

Чебыкина Влада Игоревна

Выпускная квалификационная работа
Финансовое моделирование деятельности
предприятия

Уровень образования: магистратура

Направление 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Основная образовательная программа ВМ.5505.2019 «Математическое и
информационное обеспечение экономической деятельности»

Научный руководитель:

кандидат физ.-мат. наук, доцент

Раевская Анастасия Павловна

Рецензент:

ведущий специалист отдела

развития

ООО «Сбондс.ру»,

Кириченко Кирилл Александрович

Санкт-Петербург

2021

Содержание

Введение.....	4
Постановка задачи.....	9
Обзор литературы.....	10
Глава 1. Задача оценки компании.....	14
1.1. Определение и актуальность.....	14
1.2. Подходы и методы.....	14
1.3. Понятие стоимости капитала.....	19
Глава 2 Математическая модель оценки компании.....	21
2.1. Модель фирмы.....	21
2.2. Бизнес-модель фирмы.....	22
2.2.1. Валовая рентабельность инвестиций (gross return on investment (GRI)).....	22
2.2.2. Предположения для модели примитивной фирмы.....	24
2.2.3. Свойства фирмы.....	25
2.3. Оценка фирмы.....	28
2.3.1 Денежный поток.....	28
2.3.2. Горизонт планирования, конечное состояние, бессрочный долг компании.....	28
2.3.3. Расчетная формула стоимости оценки компании.....	30
Глава 3. Численное моделирование.....	31
3.1. Исходные данные и промежуточные расчеты.....	31
3.1.1. Нахождение GRI и стоимости примитивной фирмы V^p	33
3.2. Оценка стоимости компании.....	36
3.3. Анализ полученных результатов.....	38
3.4. Пользовательский интерфейс для оценки компании.....	39
Выводы.....	43
Заключение.....	45
Список литературы.....	46
Приложение А. Процесс мартингейла	

Приложение Б. Процесс Гаусса-Винера

Приложение В. Конфлюэнтная гипергеометрическая функция

Приложение Г. Код программы

Введение

Финансовое моделирование – это важная методология, используемая менеджерами всех уровней для предоставления бизнес-решений. Этот процесс должен начинаться с понимания бизнес-целей и определения экономических концепций, на которых основана модель.

Сегодня финансовые модели находят широкое применение в управлении финансовыми и нефинансовыми корпорациями. Их значение может только возрастать с течением времени, поскольку как системные технологии, так и финансовые технологии продолжают изменять финансовые рынки и управление фирмами. Трейдеры применяют финансовые модели для торговли ценными бумагами; аналитики используют их для анализа акций и облигаций; корпорации – для моделирования финансового и стратегического планирования.

Управление бизнес-процессами, веб-технологии, методологии моделирования/архитектуры и математические модели оказывают значительное влияние на трансформацию бизнеса. Математическая модель может быть использована для представления отношений между модулями проекта и ресурсами, а также поддерживать систему принятия решений для урегулирования проблем проекта.

Целостная система моделирования должна быть способна моделировать все возможные типы проблем и предлагать своевременные решения, используя естественный формализм, который может быть применен в различных ситуациях.

Финансовые модели – это описание бизнес-системы с использованием математических понятий с целью оценки и прогнозирования финансового состояния коммерческой организации по широкому спектру входных данных, таких как денежные потоки, финансовые данные, показатели фондового рынка и т.д., а также по соответствующим нефинансовым показателям, таким как факторы риска. Результаты такого рода моделирования помогают компании увидеть вероятные финансовые результаты в количественном выражении.

Целесообразность финансового моделирования обусловлена многими факторами, одними из самых существенных являются [1]:

- неопределенность будущего;
- необходимость координации деятельности различных подразделений фирмы в процессе использования ими материальных, финансовых и других видов ресурсов;
- ограниченность ресурсов, требующая оптимизации экономических последствий их использования, и др.

Целью финансового моделирования деятельности предприятия является виртуальное воссоздание реального бизнеса. Таким образом, задача заключается в установлении видов связей между эндогенными и экзогенными переменными с помощью математических зависимостей для характеристики рассматриваемой экономической системы.

К наиболее частым в использовании финансовым моделям относятся [2]:

1. Модель трёх форм отчётности. Этот подход связывает отчет о прибылях и убытках, баланс и отчет о движении денежных средств в одну динамически связанную финансовую модель [2].
2. Модель дисконтированных денежных потоков (Discounted Cash Flow или DCF-модель). Метод предполагает определение ожидаемого денежного потока проекта и его дисконтирование по ставке, представляющей собой сумму премии за риск и рыночной процентной ставки [3].
3. Модель для слияния или поглощения (M&A). M&A – это общий термин, используемый для описания консолидации компаний или активов посредством различных типов финансовых транзакций, включая слияния, поглощения, консолидации, тендерные предложения, покупку активов и управленческие приобретения [4].
4. Модель для первичного публичного размещения (Initial Public Offering или IPO-модель). IPO относится к процессу предложения акций частной корпорации общественности при новой эмиссии акций. Соответствующие модели позволяют произвести оценку компании перед выходом на биржу [5].

5. Модель финансируемого выкупа (Leveraged Buyout или LBO-модель) – приобретение другой компании с использованием значительной суммы заемных денег для покрытия стоимости приобретения [6]. Транзакция LBO обычно требует финансового моделирования с графиками долга и является продвинутой формой финансовых моделей.
6. Модель суммы частей (Sum-of-the-Parts или SOTP-модель) – это процесс оценки компании путем определения стоимости ее совокупных подразделений, если бы они были выделены или приобретены другой компанией. SOTP часто используется, когда компания является конгломератом и имеет подразделения в разных отраслях [7].
7. Модель консолидации – это процесс объединения финансовых данных из нескольких отделов или хозяйствующих субъектов для дальнейшего анализа [2].
8. Бюджетная модель используется для моделирования в финансовом планировании и анализе, чтобы составить бюджет на следующие несколько лет, обычно в диапазоне одного, трех и пяти лет. Бюджетные финансовые модели должны основываться на ежемесячных или квартальных цифрах и сильно полагаться на отчет о прибылях и убытках [2].
9. Прогнозная модель – метод, который использует исторические данные в качестве входных данных для получения обоснованных оценок, позволяющих прогнозировать направление будущих тенденций. Компании используют прогнозирование, чтобы определить, как распределять свои бюджеты или планировать предполагаемые расходы на предстоящий период времени [8].
10. Модель оценки опционов – это вероятностный подход к определению стоимости опционного контракта. Основная цель – рассчитать вероятность того, что опцион будет исполнен или окажется в деньгах (ITM) по истечении срока его действия. Некоторые часто используемые модели для оценки опционов – это модели Блэка-Шоулза, биномиальное ценообразование опционов и моделирование Монте-Карло [9].

Поскольку существуют различные виды финансовых моделей, необходимо знать цель создания этой модели. Другими словами, для того, чтобы действительно сделать модель полезной для оценки будущих решений, у компании должна быть причина, почему и что они хотят измерить в отношении эффективности компании. Можно выделить следующие цели создания финансовых моделей [2], [10]:

- оценка стоимости бизнеса;
- сравнение предприятий с их аналогами в отрасли;
- привлечение капитала;
- развитие бизнеса;
- принятие управленческих решений;
- продажа или отчуждение активов и бизнес-единиц;
- распределение капитала/ресурсов;
- бюджетирование и прогнозирование.

Как только определено, для чего используется модель, компания может определить надлежащий вид и функциональность этой модели для получения необходимых результатов. Одна из возможных концептуальных структур финансовой модели предприятия выглядит следующим образом (Рисунок 1) [1]:

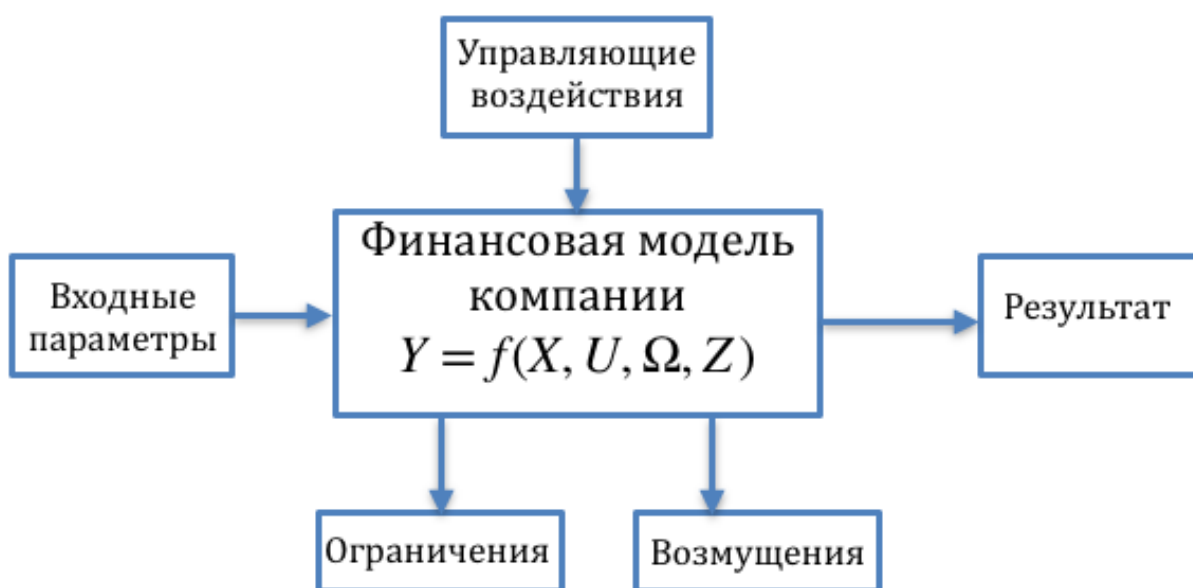


Рис. 1 Концептуальная структура финансовой модели компании

Важным вопросом при построении финансовой модели является степень детализации информации. С одной стороны, чем детальнее отображены в модели деятельность и взаимодействия составляющих компании, тем точнее будут результаты моделирования и тем эффективнее будет последующее использование модели на практике. С другой стороны, разработка финансовой модели может представлять собой нетривиальную задачу, трудоемкость решения которой значительно может превысить эффект от ее применения. Следовательно, одной из ключевых задач, стоящих при разработке финансовой модели предприятия, является достижение баланса, при котором минимум показателей обеспечивает максимальную информативность.

Задача, которая будет изучена в данном исследовании, – это оценка предприятия. В качестве расчетной модели выбрана расширенная модель Мертона, в основе которой лежит дисконтирование денежных потоков. Подробно актуальность и основные концепции задачи рассмотрены в Главе 1.

Постановка задачи

Целями данной работы является построение бизнес-модели компании розничной торговли и оценка стоимости компании Wildberries.

Для достижения целей поставлены следующие *задачи*:

- Изучить предметную область – финансовое моделирование.
- Подготовить расширенный обзор литературы.
- Изучить существующие подходы и концепции оценки компаний.
- Провести анализ финансового положения компании, подготовить начальные данные.
- Проанализировать и реализовать аналитическую модель оценки бизнеса на основе модели Мертона.
- Провести численное моделирование бизнес-модели для оценки стоимости бизнеса.
- Создать инструмент для оценки стоимости бизнеса (пользовательский интерфейс).

Обзор литературы

Modigliani и Miller [11] были первыми, кто исследовал взаимосвязь между операциями фирмы в реальном секторе и корпоративными финансовыми решениями в финансовом секторе. Их теории позволили сформулировать модель фирмы, которая определяет то, как следует оценивать фирму. Теория предполагает, что для определения стоимости акций, облигаций или других обязательств к фирме необходимо определить стоимость фирмы. В первом предложении теория предполагает отсутствие корпоративных или личных налогов. Но при отсутствии налогов игнорируется важный аспект корпоративных заимствований. Чтобы исправить этот недостаток, во втором предложении введена возможность вычета налога на проценты путем введения ставки корпоративного налога [12].

В 1977 г. Miller предложил третью версию теории [13]. Он показал, что второе предложение вводит корпоративный налог, но игнорирует личный налог. Корпоративное решение должно определяться на основе после уплаты налогов, а не на основе до налогообложения, потому что и акционеры, и держатели облигаций заинтересованы в декларациях после уплаты налогов. Модель Миллера утверждает, что стоимость фирмы зависит от свободных денежных потоков, генерируемых от операций, и не зависит от финансового управления фирмы, которым может быть уровень левиреджа (измерение степени, в которую фирма или проект могут увеличить операционную прибыль за счет увеличения выручки).

В 1974 году экономист Robert Merton [14] предложил модель для оценки структурного кредитного риска компании путем моделирования собственного капитала компании как опциона на покупку ее активов. Эта модель позволяет упростить оценку компании, а также помогает аналитикам определить, сможет ли компания сохранить платежеспособность, анализируя сроки погашения и общие суммы долга. Формула модели Мертона имеет следующий вид:

$$E = V_t N(d_1) - K e^{-r\Delta T} N(d_2),$$

где

$$d_1 = \frac{\ln \frac{V_t}{K} + (r + \frac{\sigma_v^2}{2})\Delta T}{\sigma_v \sqrt{\Delta T}},$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_v \sqrt{\Delta T},$$

E – теоретическая стоимость капитала компании, V_t – стоимость активов компании в период времени t , K – стоимость долга компании, t – текущий период времени, T – будущий период времени, r – безрисковая процентная ставка, N – кумулятивное стандартное нормальное распределение, σ – стандартное отклонение доходности акций.

Позднее эту модель расширили Fischer Black и Myron Scholes [15] для разработки модели ценообразования, которая представляет собой дифференциальное уравнение для определения цен опционов. Модель Black-Scholes предполагает, что цена активно торгуемых активов следует геометрическому броуновскому движению с постоянным дрейфом и волатильностью. Применительно к опциону на акции модель учитывает изменение постоянной цены акции, временную стоимость денег, цену исполнения опциона и время истечения срока действия опциона.

Корпоративное управление начинается с понимания бизнес-модели фирмы. Бизнес-модель может быть описана как условное обязательство по бизнес-рisku, указав основные риски бизнеса, структуру затрат (переменные и постоянные затраты) бизнеса и распределение операционной прибыли. Подход, описанный в [16], является расширением модели Мертона и включает операционный левэридж. Такое финансовое моделирование фирмы позволяет определить ожидаемую доходность капитала, изучить возможности арбитража между ценами на акции и облигации, определить относительную стоимость акций в аналогичных секторах рынка, а также реализовать другие стратегии и оценки портфеля акций. Подробно базовая бизнес-модель рассмотрена в Главе 2.

В настоящее время использование модели Мертона по-прежнему остается актуальным в исследованиях, что подтверждается многочисленными

публикациями, содержащими различные модификации изучаемой модели. Например, в статье [17] разработан новый способ реализации модели Мертона, который дает представление о связях между кредитными рынками и рынками опционов.

В исследовании [18] сравнивается точность модели ценообразования опционов Мертона (option pricing theory – OPT) с приближением балансовой стоимости долга (book value of debt – BVD). В работе приведены убедительные доказательства того, что модель Мертона обеспечивает более точные оценки стоимости долга, чем приближение BVD. Подход OPT – это легко оцениваемая альтернатива приближению BVD.

В статье [19] модель Мертона исследуется с помощью квантовой математики. Автор предлагает модель осциллятора разделения рисков для ценообразования корпоративных купонных облигаций. В результате получены явный вид цены купонной облигации с разделением рисков и аналитически точное значение стохастических купонов.

Чтобы учесть эффект скачка в динамике стоимости фирмы и рассмотреть долг фирм с рычагами, в работе [20] изучается проблема ценообразования варрантов на акции в фирме с долгом, когда цена базового актива соответствует процессу скачкообразной диффузии Мертона. Используя подход мартингейла, основанный на стоимости фирмы, ее волатильности и параметрах скачкообразной составляющей, предлагается система оценки стоимости варрантов с различным сроком погашения долга.

Модель дисконтированного денежного потока (Discounted Cash Flow Method (DCF)) является одним из членов целого семейства связанных моделей оценки фирмы. Эта концепция используется в многочисленных исследованиях в области финансов, в том числе в работах, описанных выше. Она оценивает собственный капитал фирмы путем дисконтирования свободного денежного потока от операций фирмы до приведенной стоимости производственных активов фирмы, а затем вычитает стоимость процентного долга фирмы, чтобы получить стоимость капитала как остаточный.

Статья Pablo Fernandez [21] представляет собой обобщенный сборник всех методов и теорий оценки компании с использованием дисконтированных денежных потоков. В работе показаны десять наиболее часто используемых методов оценки компаний по дисконтированным денежным потокам: скорректированная приведенная стоимость (APV), свободный денежный поток, дисконтированный по средневзвешенной стоимости капитала (WACC), денежные потоки капитала с поправкой на риск и т.д.

Актуальность использования концепции дисконтированного денежного потока подтверждается наличием современных исследований таких, как работа L. Peter Jennergren [22] и Donatien Hainaut [23].

Целью статьи [22] является изучение более тонкой структуры формулы терминальной стоимости в модели дисконтированных денежных потоков. В работе исследуются компоненты постоянной стоимости, в частности капитальные затраты и экономия на налогах в результате амортизации основных средств. Обсуждается оценка двух трудноуловимых параметров, связанных с капитальными затратами, экономическим сроком службы оборудования и капиталоемкостью.

Оценка компаний и определение оптимального времени остановки для деятельности являются центральными вопросами в корпоративных финансах. В исследовании Donatien Hainaut [23] предлагается структура моделирования для оценки компаний, финансируемых за счет случайных обязательств, таких как страховые компании или коммерческие банки. Прибыль и затраты определяются процессами двойного экспоненциального скачка-диффузии, и банкротство объявляется, когда доход падает ниже порогового значения по умолчанию, которое пропорционально расходам. Выражение в закрытой форме для стоимости собственного капитала получается в терминах операторов ожидаемой приведенной стоимости с задержкой изъятия инвестиций и без нее. Одна из целей модели – максимизация капитала.

Глава 1. Задача оценки компании

1.1. Определение и актуальность

Оценка – это процесс определения стоимости определенных активов (материальных или нематериальных), ценных бумаг, обязательств и конкретного бизнеса как непрерывно действующего предприятия или любой компании, зарегистрированной или не котирующейся на бирже, или других форм организации, партнерства или собственности [24].

Процесс оценки включает как количественную, так и качественную оценку отрасли, которая должна быть частью стандартной операционной процедуры любого владельца бизнеса в качестве полезной и важной концепции по управлению бизнесом.

Актуальность выбранного направления исследования заключается в большой значимости процесса оценки в различных сферах финансовой деятельности. Оценка компании используется для планирования, оценки влияния различных стратегий на стоимость компании, при слиянии/поглощении компаний, для привлечения кредита, для определения стоимости доли владения и определения стоимости бизнеса для продажи и т.д.

1.2. Подходы и методы

Можно выделить следующие подходы оценки стоимости компании [25]:

- сравнительный (direct market comparison approach);
- доходный (income approach);
- затратный (cost approach).

Каждый из подходов базируется на некоторых методах оценки. Доходный подход состоит из двух методов: метод дисконтированных денежных потоков и метод капитализации. Сравнительный подход опирается на методы рынка капитала, отраслевых коэффициентов и сделок. Затратный подход базируется на методе ликвидационной стоимости и методе чистых активов [26].

Доходный подход – совокупность методов оценки стоимости объекта оценки, основанных на определении ожидаемых доходов от использования

объекта оценки (п. 13 ФСО №1). Перечислим основные концепции и модели доходного подхода.

Ключевой принцип финансовых теорий – теория приведенной стоимости.

Приведенная стоимость (Present Value (PV)), также известная как приведенная дисконтированная стоимость, представляет собой стоимость ожидаемого потока дохода, определенную на дату оценки. Текущая стоимость обычно меньше будущей стоимости, потому что деньги имеют потенциальный доход. Это характеристика, называемая временной стоимостью денег [27].

Метод капитализации прибыли. Это подход к оценке дохода, который определяет стоимость бизнеса на основе текущего денежного потока, годовой нормы прибыли и ожидаемой стоимости бизнеса. Формула [28]:

$$Value = \frac{NPV}{Cap\ rate},$$

где *Value* – стоимость компании, *NPV* – чистая приведенная стоимость, *Cap rate* – ставка капитализации.

Модель дисконтированных дивидендов (discounted dividend model (DDM)) [29]. Это количественный метод, используемый для прогнозирования цены акций компании, основанный на теории, согласно которой ее текущая цена равна сумме всех ее будущих дивидендных выплат с учетом дисконтирования до их текущей стоимости [30].

Расчетная формула:

$$Price = \frac{Div_1}{(1+r)} + \frac{Div_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Div_n}{(1+r)^n}$$

или

$$Price = \sum_{t=1}^n Div \cdot \frac{(1+g)^t}{(1+r)^t},$$

где

Price – цена акции,

Div – дивиденды,

r – ставка дисконтирования,

g – темп роста дивидендов,

t – период времени

n – количество лет.

Наиболее распространенный и простой расчет DDM известен как *модель роста Гордона* (Gordon Growth Model (GGM)) [31], которая предполагает, что компания существует вечно и что при оценке акций компании наблюдается постоянный рост дивидендов. Чтобы определить цену акций, приносящих дивиденды, GGM принимает во внимание переменные: $Price$ – стоимость акции, D – ориентировочная стоимость дивидендов в следующем году, R – стоимость собственного капитала компании, g – постоянный темп роста дивидендов на неограниченный срок. Используя эти переменные, уравнение для GGM выглядит следующим образом:

$$Price = \frac{D}{R - g}.$$

Метод дисконтированных денежных потоков. DCF выражает приведенную стоимость бизнеса как функцию его будущей способности к денежной прибыли. В этом методе оценщик оценивает денежные потоки любого бизнеса после покрытия всех операционных расходов, налогов и необходимых инвестиций в оборотный капитал и капитальных затрат [24]. Формула для расчета дисконтированного денежного потока имеет следующий вид:

$$DCF = \frac{CF_1}{(1 + r)} + \frac{CF_2}{(1 + r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1 + r)^n},$$

где

DCF – дисконтированный денежный поток,

CF – денежный поток,

r – ставка дисконтирования,

n – количество временных периодов.

Остановимся на понятии денежного потока. Свободный денежный поток – это чистая сумма денежных средств и их эквивалентов, переводимых в бизнес и выходящих из него [32].

Рассмотрим классификацию денежных потоков для целей оценки фирмы, которая предложена Aswath Damodaran [33]. Выделяется 2 типа свободных денежных потоков:

- Свободный денежный поток для фирмы (Free Cash Flow to the Firm (FCFF)) представляет собой денежный поток от операций, доступных для распределения после учета амортизационных расходов, налогов, оборотного капитала и инвестиций [34]. Расчет FCFF может иметь несколько форм. Представим в работе самую распространенную:

$$FCFF = NI + NC + (I \cdot (1 - TR)) - LI - IWC,$$

где

NI – чистая прибыль,

NC – безналичные расходы,

I – процентные расходы.

TR –налоговая ставка,

LI –долгосрочные инвестиции,

IWC –инвестиции в оборотный капитал.

- Свободный денежный поток к собственному капиталу (Free Cash Flow to Equity (FCFE)) – это мера того, сколько денежных средств доступно акционерам компании после выплаты всех расходов, реинвестиций и долга [35].

Расчетная формула:

$$FCFE = NI + DA - \Delta WCR - Investments + NB,$$

где:

NI – чистая прибыль,

DA – амортизация,

ΔWCR – изменения в требуемом рабочем капитале,

$Investments$ – инвестиции,

NB – разница между полученными и погашенными кредитами/займами.

Таким образом, в зависимости от денежных потоков существуют два типа оценки на основе DCF.

Модель оценки компании с учетом долгов:

$$Enterprise\ Value = \frac{FCFF_1}{(1+r)} + \frac{FCFF_2^2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FCFF_n^n}{(1+r)^n}.$$

Модель оценки акционерного капитала:

$$Equity\ Value = \frac{FCFE_1}{(1+r)} + \frac{FCFE_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FCFE_n}{(1+r)^n}.$$

Отметим, что теория финансов утверждает, что теоретически правильным является только метод дисконтированных денежных потоков [36].

Сравнительный подход базируется на коэффициентах, рассчитанных на основе результатов деятельности фирм, аналогичных показателям оцениваемой компании. Используя сопоставимые данные, можно рассчитать или оценить стоимость компании. К наиболее распространенным сравнительным коэффициентам (мультипликаторам) относятся [37]:

- P/E (Price/Earnings) – рыночная капитализация к чистой прибыли;
- EV/S (Enterprise value/Sales) – стоимость компании к выручке компании;
- $EV/EBIT$ – стоимость компании к EBIT (прибыль до вычета налога на прибыль и процентов);
- P/B (Price/Book value) – рыночная капитализация к балансовой стоимости собственного капитала.

В рассматриваемом подходе выделяют три метода оценки [38]:

- Метод рынка капитала – анализ компаний аналогов с фондового рынка.
- Метод сделок – частный случай метода рынка капитала, в котором определяется стоимость контрольного пакета акций.

- Метод отраслевых коэффициентов основывается на соотношениях между ценой и конкретными финансовыми показателями.

Затратный подход используется для определения стоимости бизнеса с точки зрения баланса. Затратный подход включает методы балансовой стоимости и скорректированных чистых активов. Первый рассчитывает стоимость, используя данные в бухгалтерских книгах компании. Его недостатки включают неучтенные нематериальные активы и зависимость от исторических затрат, а не от текущей справедливой рыночной стоимости (fair market value (FMV)). Метод скорректированных чистых активов конвертирует балансовую стоимость в FMV и учитывает все нематериальные активы и обязательства (зарегистрированные и неучтенные) [39].

1.3. Понятие стоимости капитала

Стоимость капитала – минимальная норма прибыли компании [40]. Прежде чем бизнес сможет получать прибыль, он должен, по крайней мере, генерировать достаточный доход, чтобы покрыть стоимость капитала, который он использует для финансирования своей деятельности. Каждая компания должна на раннем этапе разработать свою финансовую стратегию. Стоимость капитала становится решающим фактором при принятии решения, какой путь финансирования выбрать: заемный капитал, собственный капитал или их комбинация [41].

Существует три основных способа расчета стоимости капитала: стоимость заемного капитала, стоимость собственного капитала и средневзвешенная стоимость капитала (Weight average cost of capital (WACC)) [37].

Стоимость заемного капитала (cost of debt) – это процентная ставка, выплачиваемая компанией по своему долгу. Однако, поскольку процентные расходы не подлежат налогообложению, задолженность рассчитывается после налогообложения следующим образом:

$$\text{Cost of debt} = r_D \cdot (1 - \tau_c),$$

где

r_D – доходность заемного капитала,

τ_c – налоговая ставка.

Стоимость собственного капитала сложно рассчитать, поскольку она не отражается в балансе. Модель ценообразования капитальных активов (Capital Asset Pricing Model (CAPM)) предлагает следующую формулу для расчета стоимости собственного капитала:

$$CAPM = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f),$$

где

r_f – безрисковая ставка,

r_m – премия за риск, то есть доходность, которую инвесторы ожидают от рынка (измеренная историческими рядами),

β – степень корреляции между инвестицией и рынком.

Стоимость капитала фирмы обычно рассчитывается с использованием формулы средневзвешенной стоимости капитала, которая учитывает стоимость как заемного, так и собственного капитала. Каждая категория капитала фирмы взвешивается пропорционально, чтобы получить смешанную ставку:

$$WACC = \frac{E}{D + E} \cdot r_E + \frac{D}{D + E} \cdot r_D \cdot (1 - \tau_c), \quad (1)$$

где

E – собственный капитал,

D – заемный капитал,

r_E – доходность собственного капитала.

Отметим, что чем меньше средневзвешенная стоимость капитала, тем больше прибыль. Следовательно, рационально варьировать соотношение собственных и заемных средств в общем объеме привлекаемого капитала так, чтобы показатель $WACC$ был минимальным. Структуру капитала, при которой показатель $WACC$ минимален, принято называть оптимальной [42].

Глава 2. Математическая модель оценки компании

В основе исследования лежит изучение, анализ, численная реализация модификации модели Мертона, которая описана в этой главе.

Модель Мертона (1974) основана на относительной оценке, определяя любые корпоративные условные обязательства относительно базовой стоимости фирмы, без упоминания источников денежных потоков. Спецификация бизнес-модели фирмы заключается в выявлении рисков денежных потоков фирмы. Моделируя характерные особенности производственного процесса, можно получить представление о риске денежных потоков фирмы и ее соответствующей ставке дисконтирования.

2.1. Модель фирмы

Фирма – это экономический субъект, состоящий из трех основных компонентов: организационная структура, состоящая из ее владельца, менеджеров и сотрудников; производственный процесс, в результате которого создаются товары и услуги; и финансовый процесс, обеспечивающий финансирование проектов и распределение доходов между заинтересованными сторонами.

Финансовый процесс состоит из двух основных компонентов: финансирование и корпоративные финансы. Финансирование предполагает внешнее или внутреннее финансирование проектов или производственных процессов. Корпоративные финансы связаны с распределением средств между заинтересованными сторонами.

Отметим, что фирмы не похожи друг на друга: они предоставляют различные услуги экономике. Стоимость каждого бизнеса зависит от его функций. У каждой фирмы свой способ организации бизнеса для получения прибыли. Более того, каждой фирме требуется своя бизнес-модель, поскольку у нее есть свои профили риска и доходности. Таким образом, метод оценки компании должен учитывать бизнес-процессы этой компании.

В данном исследовании введено предположение, что цель менеджмента компании состоит в том, чтобы максимизировать текущую стоимость для акционеров. Максимизация стоимости для акционеров не только практикуется в корпоративном управлении, но также является подходящей целью для экономики в целом: более здоровые фирмы приносят пользу своим сотрудникам, поставщикам и клиентам. Прибыльная фирма приносит пользу широкому кругу участников, поскольку прибыль часто косвенно распределяется между заинтересованными сторонами. Кроме того, с ростом долевого участия прибыльность фирмы ведет к созданию богатства в экономике [43]. Использование подобной метрики (стоимости акций) позволяет согласовывать цели всех акционеров с целями менеджмента.

2.2. Бизнес-модель фирмы

Рассмотрим базовую бизнес-модель на примере торговой розничной сети [16].

Рыночные предположения:

- отсутствие рисков процентных ставок;
- кривая доходности плоская (т.е. разница между ставками долгосрочных и краткосрочных облигация небольшая);
- фирма стремится максимизировать выгоду акционеров;
- рынок эффективен.

2.2.1. Валовая рентабельность инвестиций (gross return on investment (GRI))

Бизнес-модель розничной сети начинается с определения фактора бизнес-риска. Центральное место в анализе бизнеса розничной сети занимают продажи на магазин. Количественный показатель, за которым внимательно следят, – это продажи в сопоставимых магазинах или в аналогичных магазинах. Он определяется как изменение продаж по сравнению с предыдущим годом для магазинов, открытых более одного года. Эта мера позволяет избежать

искажения сезонных эффектов, поскольку большая часть продаж в некоторых розничных сетях зависит от рождественского сезона. Это также позволяет избежать увеличения, связанного с открытием большего количества магазинов для увеличения общих продаж, в то время как продажи в расчете на один магазин снижаются. Показатель подчеркивает главный бизнес-риск: поведение потребителей. Изменения продаж в одном и том же магазине могут выявить изменения в поведении потребителей, которые могут улучшить или отрицательно повлиять на прибыльность фирмы.

По этой причине введем такой показатель, как валовая рентабельность инвестиций:

$$GRI = \frac{\text{продажи}}{\text{капиталовложение}}.$$

Знаменатель – это капитальные вложения, а не портфельные инвестиции. Валовая прибыль на капитальные вложения – это показатель продаж одного и того же магазина на единицу стоимости магазина. Предположим, что в сетевом магазине N магазинов, и каждый магазин производит одинаковые продажи. Когда применяется *GRI* к сетевому магазину, тогда в числителе используется общий объем продаж, а в знаменателе – совокупные инвестиции в магазины. Показатель измеряет объем продаж за счет капитальных вложений магазина до учета стоимости проданных товаров и накладных расходов.

Предполагается, что *GRI* является неопределенным и является основным источником бизнес-рисков для розничной сети. Когда магазин улавливает тенденцию в покупательском поведении потребителей, *GRI* будет увеличиваться, и сеть магазинов будет приносить значительную прибыль. И наоборот, при спаде продаж *GRI* упадет.

Чтобы смоделировать риск *GRI* для магазина розничной сети, предполагается, что он следует биномиальной решетке, которая является логнормальной (или мультипликативной) без дрейфа. Это процесс мартингейла (Приложение А), в котором ожидаемое значение *GRI* в любой узловой точке равно реализованному *GRI* в этой узловой точке (Рисунок 2).

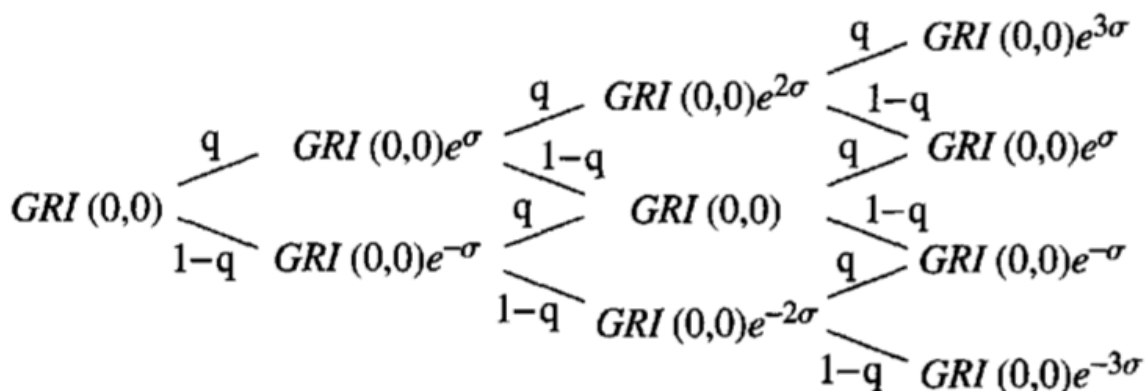


Рис. 2 Биномиальная решетка валовой прибыли от инвестиций (*GRI*)

Рыночная вероятность q выбирается так, чтобы ожидаемое значение риска за один период было наблюдаемым риском в начале каждого шага, то есть риск следует процессу мартингейла, описанному ниже:

$$GRI(n, i) = q \cdot GRI(n + 1, i + 1) + (1 - q) \cdot GRI(n + 1, i),$$

$$q = \frac{1 - e^{-\sigma}}{e^{\sigma} - e^{-\sigma}},$$

где σ – волатильность (статистическая мера разброса доходности для денежного актива [44]) фактора риска, n – узлы времени, i – узлы состояния.

Поскольку риск фирмы одинаков на каждом узле, а производственный процесс одинаков на каждом узле решетки, будем предполагать, что стоимость капитала постоянна во всех состояниях и во все времена.

2.2.2. Предположения для модели примитивной фирмы

Применяя подход оценки условных обязательств к оценке фирмы, начнем с определения примитивной фирмы как базовой ценной бумаги. Примитивная фирма – это простое юридическое лицо, обладающее свойствами:

- у фирмы нет долгов и обязательств, кроме акций (которые обращаются на бирже);
- фирма не платит корпоративный налог (изоляция налоговых вопросов от бизнес-рисков);

- фирма имеет основные средства (capital asset (CA)), которые не амортизируются, их стоимость не меняется (например, розничные магазины). Этот основной актив представляет собой совокупные капитальные вложения фирмы.

Есть стоимость проданных товаров, переменные затраты, но нет фиксированных затрат. Стоимость проданных товаров обычно включает расходы на закупку, складирование, распространение, фрахт, размещение и страхование. В модели магазин просто покупает товары у поставщиков и перепродает их по более высокой цене.

Валовая прибыль (аналитический показатель, который выражается как чистая сумма продаж компании за вычетом стоимости проданных товаров [45]), маржа валовой прибыли (процентная доля валовой прибыли от чистых продаж [45]) являются важными показателями рентабельности розничной торговли. Учитывая, что магазин розничной сети является каналом сбыта, валовая прибыль определяет рентабельность потока бизнеса. Валовая прибыль – это чистая прибыль фирмы, поскольку нет других операционных и финансовых затрат. Пусть маржа валовой прибыли равна m . Вся прибыль распределяется между акционерами в виде дивидендов.

2.2.3. Свойства модели:

1. Рассмотрим узел времени n и состояния i . Поскольку CA – это вложенный капитал, продажи на этом узле равны $GRI(n, i) \cdot CA$. Ввиду того, что валовая рентабельность инвестиций $GRI(n, i)$ с $GRI(0,0)$ в качестве начальной точки соответствует процессу мартингейла, ожидаемые продажи на любом будущем горизонте равны $GRI(n, i) \cdot CA$. Следовательно, в любой данный момент времени n и состояние i ожидаемая прибыль фирмы равна $GRI(n, i) \cdot CA \cdot m$.
2. Валовая прибыль на инвестиции – единственный источник риска для денежного потока. Изменение CA или ожидаемых денежных потоков не повлияет на характеристики риска фирмы. Согласно теории Miller and

Modigliani (MM) [3], для этого риска существует стоимость капитала ρ . Риск фирмы не меняется от одного узла к другому на биномиальной решетке, и поэтому стоимость капитала для фирмы должна быть одинаковой во всех узлах.

3. Тогда стоимость примитивной фирмы (V^P) зависит только от $GRI(n, i)$, CA и m . То есть в любом узле стоимость фирмы:

$$V^P(n, i) = V^P(GRI(n, i); CA, m).$$

Выручка всегда положительна, потому что GRI следует мультипликативному процессу, а стоимость фирмы в каждой узловой точке биномиальной решетки равна:

$$V^P(n, i) = \frac{CA \cdot GRI(n, i) \cdot m}{\rho}, \quad (2)$$

где ρ – постоянная, не меняется со временем n и состоянием i .

Учитывая биномиальный процесс в модели фирмы, которая используется в исследовании в качестве базовой безопасности, мы можем вывести нейтральные с точки зрения риска вероятности (risk-neutral probability) – это вероятности возможных будущих результатов, скорректированные с учетом риска [46], $p(n, i)$, в момент времени n и состояние i . Нейтральные по отношению к риску вероятности $p(n, i)$ можно вычислить из биномиального дерева V^P . Пусть $V^P(n, i)$ – стоимость фирмы в узле (n, i) . В активном состоянии стоимость фирмы равна:

$$V^P(n + 1, i + 1) = \frac{CA \cdot GRI(n + 1, i + 1) \cdot m}{\rho}.$$

По определению биномиального процесса валовой отдачи от инвестиций:

$$V^P(n + 1, i + 1) = V^P(n, i) \cdot e^\sigma$$

Кроме того, фирма выплачивает денежный дивиденд в размере $C_u = V(n, i) \times \rho \times e^\sigma$. Следовательно, общая стоимость фирмы V_u за мгновение до выплаты дивидендов в активном состоянии равна:

$$V_u^p = V^p \cdot (1 + \rho) \cdot e^\sigma.$$

Аналогично, общая стоимость фирмы V_d за момент до выплаты дивидендов в неактивном состоянии равна:

$$V_d^p = V^p \cdot (1 + \rho) \cdot e^{-\sigma}.$$

Тогда риск-нейтральная вероятность p определяется как вероятность, которая гарантирует, что ожидаемая общая доходность будет безрисковой.

$$p \cdot V_u^p + (1 - p) \cdot V_d^p = (1 + r_f) \cdot V^p,$$

где r_f – безрисковая процентная ставка (норма доходности).

Подставляя V^p , V_u и V_d в уравнение (2) и решая относительно p , имеем:

$$p = \frac{A - e^{-\sigma}}{e^\sigma - e^{-\sigma}}, \quad (3)$$

$$A = \frac{1 + r_f}{1 + \rho}. \quad (4)$$

Пока волатильность и стоимость капитала не зависят от времени n и состояния i , риск-нейтральная вероятность также не зависит от состояния и времени и одинакова в каждой узловой точке биномиальной решетки.

Как правило, стоимость капитала бизнес-риска не известна. Однако относительная оценка позволяет нам определить соответствующую стоимость капитала любых условных обязательств по тому же основному бизнес-рisku. Установив биномиальный процесс для базовой модели фирмы, используя теорию ММ, согласно которой стоимость капитала зависит от риска бизнеса, можно относительно оценить все другие условные обязательства по бизнес-рisku.

2.3. Оценка фирмы

2.3.1. Денежный поток

Предполагается, что у фирмы есть фиксированные затраты, фиксированные расходы для операционных целей. Стоимость фирмы – V . Фиксированная стоимость не зависит от единиц проданных товаров. Постоянные издержки (FC) аналогичны фиксированным купонным выплатам по бессрочному долгу.

Пусть фирма платит корпоративный налог и, предполагаем, что это эквивалентно тому, что государство владеет определенной долей (τ_c) акций фирмы. Это упрощающее допущение возможно, поскольку цель модели не состоит в том, чтобы исследовать влияние налогов на корпоративные решения.

Следовательно, фирма, предполагая, что чистый оборотный капитал не требуется, имеет стохастический свободный денежный поток $CF(n, i)$.

$$CF(n, i) = (CA \cdot GRI(n, i) \cdot m - FC) \cdot (1 - \tau_c) - I(n, i),$$

где $I(n, i)$ – капитальные вложения, сделанные в фирму в момент времени n и состоянии i .

В данном исследовании влияние инвестиций отделено от анализа стоимости фирмы, поэтому полагаем, что инвестиционные возможности отсутствуют ($I = 0$).

2.3.2. Горизонт планирования, конечное состояние, бессрочный долг компании

Следуя подходу, аналогичному методу дисконтированного свободного денежного потока при оценке фирмы, предполагается, что существует временной горизонт планирования T . Фирма оценивается в каждом узле на горизонте планирования T .

Если компания не объявила дефолт до достижения горизонта T , то ее стоимость можно определить. Как и в модели дисконтированного свободного денежного потока, сделаны некоторые упрощающие допущения. Во-первых,

предполагается, что стоимость фирмы без налогов и постоянных затрат соответствует нейтральному с точки зрения риска стохастическому процессу (Приложение А), описанному ниже дифференциальным уравнением вида [14]:

$$dV = rVdt + \sigma_V dz,$$

где r является мгновенной ожидаемой нормой прибыли в единицу времени, σ_V – дисперсия доходности в единицу времени, dz – стандартный процесс Гаусса-Винера (Приложение Б).

Влияние фиксированных затрат на эту фирму аналогично влиянию бессрочного долга перед фирмой, полностью ориентированной на акционерный капитал. Банкротство происходит, когда стоимость фирмы ниже рыночной стоимости бессрочного долга.

Для оценки бессрочного долга в работе используется формула Мертона.

$$F(V^p, \infty) = \frac{FC}{r_f} \left(1 - \frac{\left(\frac{2FC}{\sigma^2 V^p}\right)^{\frac{2r_f}{\sigma^2}}}{\Gamma\left(2 + \frac{2r_f}{\sigma^2}\right)} M\left(\frac{2r_f}{\sigma^2}, 2 + \frac{2r_f}{\sigma^2}, \frac{-2FC}{\sigma^2 V^p}\right) \right),$$

где

V^p – стоимость примитивной фирмы в каждом состоянии и периоде времени,

FC – годовые фиксированные затраты,

r_f – безрисковая процентная ставка, одинаковая, для каждого периода,

σ – стандартное отклонение GRI (мгновенная волатильность доходности фирмы в единицу времени),

$M(\cdot)$ – конфлюэнтная гипергеометрическая функция (Приложение В),

Γ – гамма-функции вида:

$$\Gamma(x) = \int_0^x t^{x-1} e^{-t} dt,$$

$$\Gamma(a, x) = \int_x^{\infty} t^{a-1} e^{-t} dt.$$

2.3.3. Расчетная формула оценки фирмы

Следовательно, стоимость фирмы до вычета налогов в каждой узловой точке решетки на горизонте планирования представляет собой примитивную стоимость фирмы за вычетом стоимости «бессрочного долга», которая представляет собой приведенную стоимость постоянных затрат с учетом возможности дефолта фирмы в будущем. Поскольку фирма должна платить налоги, которые основаны на части прибыли, мы делаем упрощающее предположение, что стоимость фирмы равна части стоимости фирмы до налогообложения. Доля определяется как $(1 - \tau_c)$. Это предположение не совсем соответствует налоговому кодексу. Однако для цели оценки, поскольку это предположение используется только в конце горизонта планирования, такое приближение приемлемо.

Стоимость фирмы в момент времени T в конце периода планирования в каждом узле равна:

$$V(n, i) = \text{Max} \left[\left\{ \frac{CA \cdot GRI(n, i) \cdot m}{\rho} - F \left(\frac{CA \cdot GRI(n, i) \cdot m}{\rho} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + (CA \cdot GRI(n, i) \cdot m - FC) \right\} (1 - \tau_c), 0 \right], \quad (5)$$

где $F(V^P(n, i))$ – приведенная стоимость бессрочного долга. Ограничение нулем предполагает дефолт компании при ее отрицательной стоимости, т.к. фирма не способна выполнять обязательства.

Глава 3. Численное моделирование

В данной главе будут представлены результаты численного моделирования описанной в Главе 2 бизнес-модели оценки стоимости компании. Программа написана на языке Python. Часть кода программы представлена в Приложении Г.

В качестве объекта оценки выбрана крупная российская компания Wildberries (ООО «Вайлдберриз»), которая специализируется на розничной торговле, осуществляемой непосредственно при помощи информационно-коммуникационной сети Интернет.

SWOT-анализ отрасли интернет-торговли:

Сильные стороны	Слабые стороны
<ol style="list-style-type: none">1. Сотрудники-профессионалы.2. Качественная маркетинговая стратегия.	<ol style="list-style-type: none">1. Некачественный подбор контрагентов для осуществления доставки.2. Низкий уровень проработки сайта.
Возможности	Угрозы
<ol style="list-style-type: none">1. Кратный рост отрасли (одна из наиболее быстрорастущих).2. Массовый переход потребителей в онлайн.3. Быстрое развитие технологий.	<ol style="list-style-type: none">1. Снижение реальных доходов населения.2. Отсутствие у клиентов уверенности в завтрашнем дне ввиду сложившейся экономической ситуации.3. Стремительное развитие конкурентов, увеличение их долей рынка.

Табл. 1 SWOT-анализ отрасли интернет-торговли

3.1. Исходные данные и промежуточные расчеты

Для расчетов использованы бухгалтерская отчетность и финансовый анализ компании Wildberries за 2018-2020 гг. [47]. В контексте математической модели в качестве начальных данных (показатели фирмы в момент времени $n = 0$, в состоянии $i = 0$) последовательно взят каждый год из рассматриваемого периода с целью сопоставления результатов модели с историческими.

В первую очередь рассчитаем стоимость капитала компании. Для этого используем расчетную формулу (1) средневзвешенной стоимости капитала

(WACC). Для нахождения стоимости капитала необходимы следующие данные (Таблица 2):

Показатели компании	Условное обозначение	2018	2019	2020
Чистая прибыль	NI	1 881 635 тыс. руб.	4 414 832 тыс. руб.	2 113 772 тыс. руб.
Собственный капитал	E	1 697 147 тыс. руб.	7 936 927 тыс. руб.	9 579 845 тыс. руб.
Доходность собственного капитала (ROE)	r_E	51 %	54, 25 %	50, 8 %
Заемный капитал	D	4 305 263 тыс. руб.	17 242 793 тыс. руб.	32 009 088 тыс. руб.
Доходность заемного капитала	r_D	43,7 %	25 %	12, 25 %
Ставка налога	τ_c	20 %		
Стоимость капитала (WACC)	ρ	42 %	31 %	24 %

Табл. 2 Финансовые показатели фирмы (1)

Доходность собственного капитала (Return on Equity (ROE)) измеряет прибыльность корпорации по отношению к акционерному капиталу [48]. В качестве ROE используется среднее значение показателя за последние 7, 8, 9 лет (2012-2018, 2012-2019, 2012-2020 гг.).

Доходность заемного капитала демонстрирует целесообразность и полезность вложения средств сторонних участников. Показатель рассчитывается по формуле:

$$r_D = \frac{NI}{D}.$$

Далее, для нахождения стоимости компании необходимо рассчитать величину фиксированных затрат фирмы (FC), которая состоит из суммы себестоимости, коммерческих расходов и управленческих расходов.

Рассчитаем начальное значение валовой рентабельности инвестиций $GRI(0,0)$ как отношение валовой прибыли к капитальным вложениям (CA) за каждый год. По некоторым данным, чтобы компания получила прибыль,

показатель GRI розничного магазина должен быть не ниже 3,0 [49]. Маржа валовой прибыли (валовая рентабельность) определяется как отношение валовой прибыли к выручке компании. Уровни валовой рентабельности значительно варьируются от одного сектора к другому. В розничной торговле допустимым является показатель в 30% и выше [50]. Волатильность фактора риска, σ , определяется как стандартное отклонение GRI [16]. Для расчета σ использованы исторические данные валовой прибыли и капитальных вложений за 2012-2020 гг.

Показатели компании	Условное обозначение	2018	2019	2020
Валовая прибыль	GP	22 354 704 тыс. руб.	44 801 266 тыс. руб.	66 410 914 тыс. руб.
Выручка	P	65 509 790 тыс. руб.	116 946 049 тыс. руб.	169 773 813 тыс. руб.
Основной капитал (капитальные вложения)	CA	3 162 394 тыс. руб.	6 283 416 тыс. руб.	10 229 252 тыс. руб.
Фиксированные затраты	FC	65 721 122 тыс. руб.	107 253 563 тыс. руб.	160 078 742 тыс. руб.
Валовая рентабельность инвестиций	$GRI(0,0)$	7,07 %	7,13 %	6,49 %
Маржа валовой прибыли	m	32 %	38 %	39 %
Стоимость капитала $WACC$	ρ	42 %	31 %	24 %
Безрисковая процентная ставка [51]	r_f	6 %		
Волатильность фактора риска	σ	1,4		
Налоговая ставка	τ_c	20 %		

Табл. 3 Финансовые показатели фирмы (2)

3.1.1. Нахождение GRI и стоимости примитивной фирмы V^P

Перейдем к алгоритму, описанному в Главе 2. Изначально необходимо получить биномиальную решетку для описания рисков компании, т.е. построить биномиальную решётку валовой рентабельности инвестиций, аналогичной

Рисунку 2. В качестве горизонта планирования выберем $n = 3$. В узлах (n, i) , где $n = i$ находятся наиболее вероятные прогнозы стоимости в рассматриваемый период времени.

Рассмотрим три случая $n = 0, i = 0$. Получены следующие результаты (Рисунки 3, 4, 5):

- 2018 год

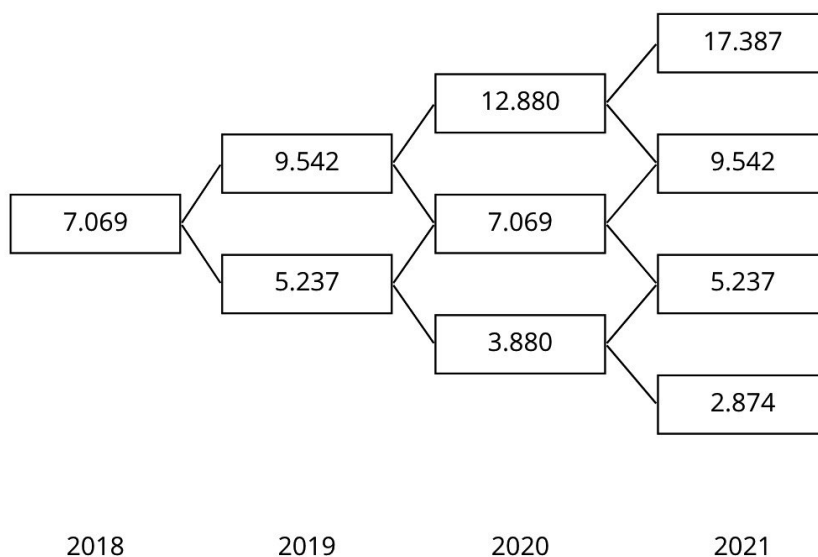


Рис. 3 Биномиальная решетка распределения GRI ($n = 0, i = 0 - 2018$ год)

- 2019 год

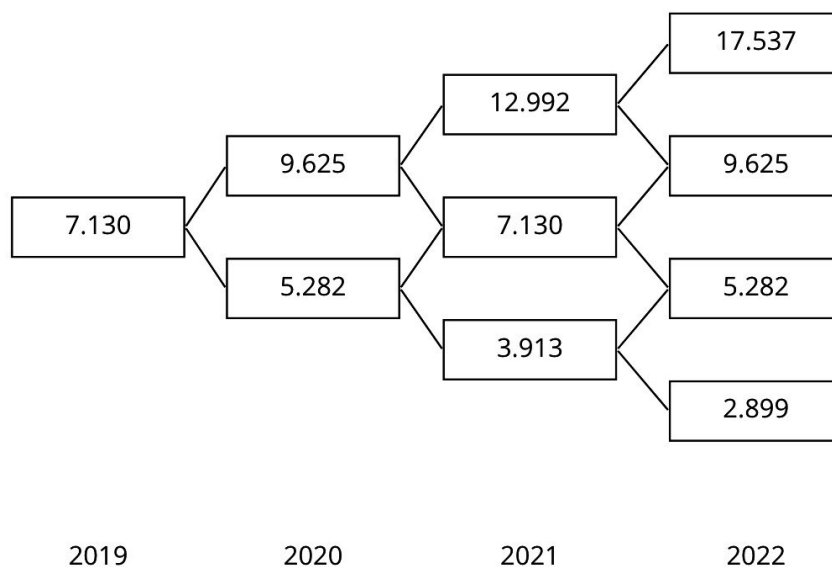


Рис. 4 Биномиальная решетка распределения GRI ($n = 0, i = 0 - 2019$ год)

- 2020 год

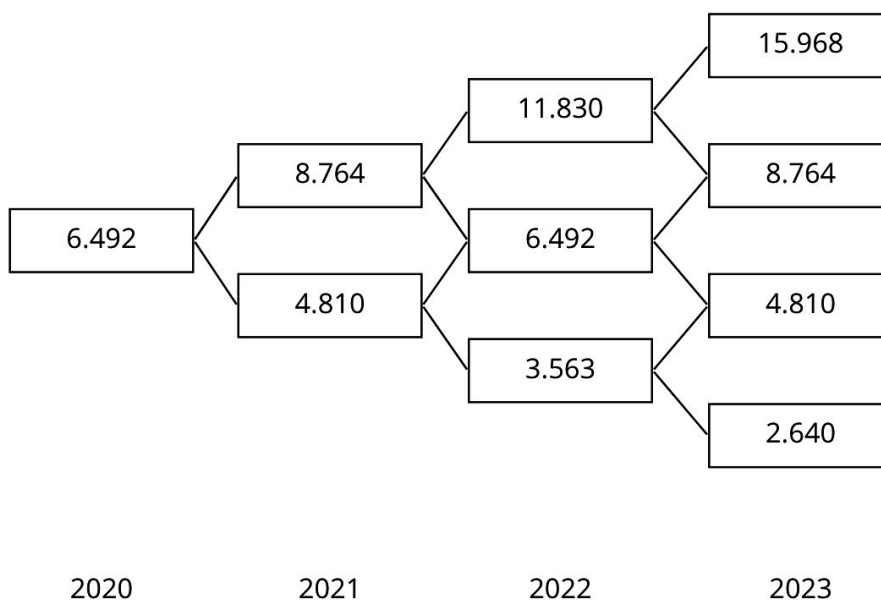


Рис. 5 Биномиальная решетка распределения GRI ($n = 0, i = 0 - 2020$ год)

По формуле (2) стоимость примитивной фирмы (V^P) в каждой узловой точке биномиальной решетки равна (Рисунки 6, 7, 8) (значения указаны в млн руб.):

- 2018 год

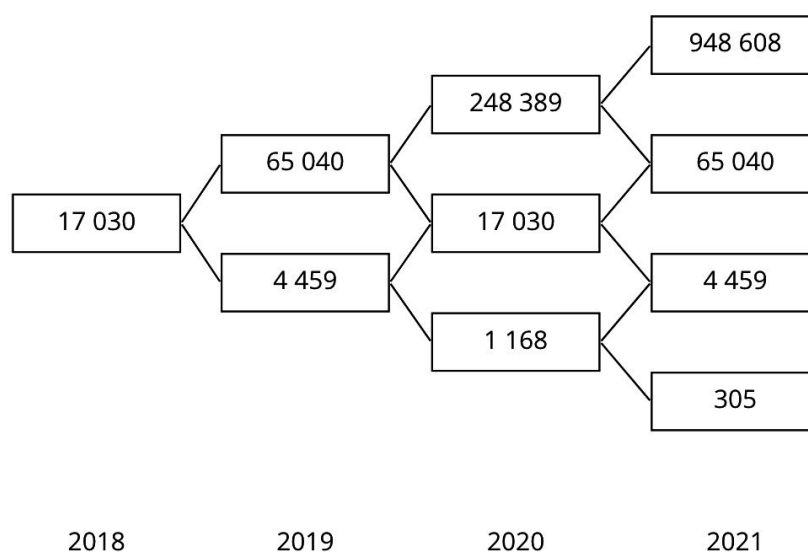


Рис. 6 Биномиальная решетка распределения V^P ($n = 0, i = 0 - 2018$ год)

- 2019 год

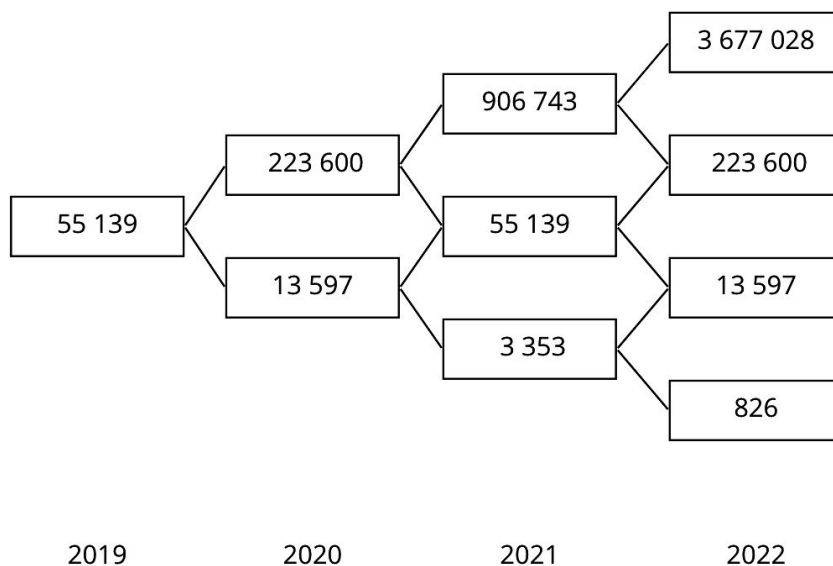


Рис. 7 Биномиальная решетка распределения V^P ($n = 0, i = 0 - 2019$ год)

- 2020 год

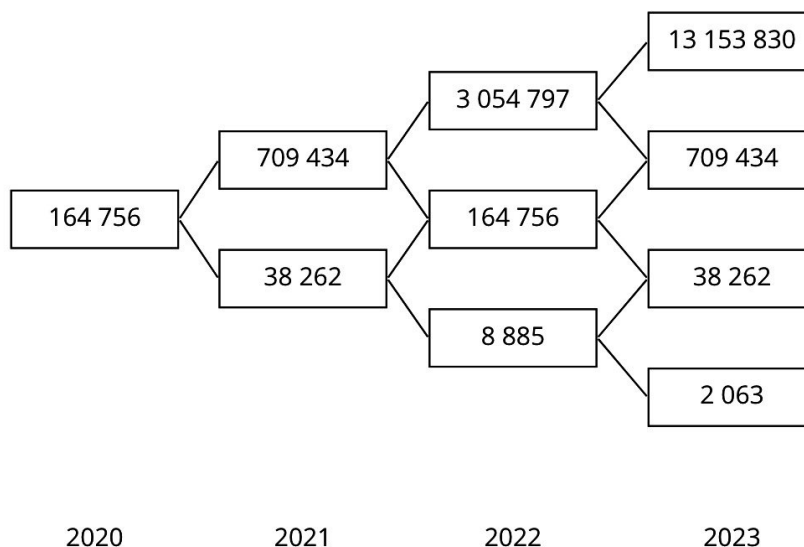


Рис. 8 Биномиальная решетка распределения V^P ($n = 0, i = 0 - 2020$ год)

3.2. Оценка стоимости компании

Наконец, используя данные из таблицы 3, а также полученные значения $GRI(n, i)$, $V^P(n, i)$ проведены расчеты стоимости компании по формуле (5). По данным рейтинга Forbes стоимость компании Wildberries в феврале 2018 года

оценивалась в 602 млн долларов США (34 млрд рублей) [52] , в феврале 2019 года – 1,2 млрд долларов США (78 млрд рублей) [53], в феврале 2020 года – 14,5 млрд долларов США (1058,5 млрд рублей) [54]. Возьмем эти оценки в качестве целевых для численного моделирования.

Получены следующие оценки стоимости компании Wildberries (показатели приведены в млн.руб.) (Рисунки 9, 10, 11):

- 2018 год

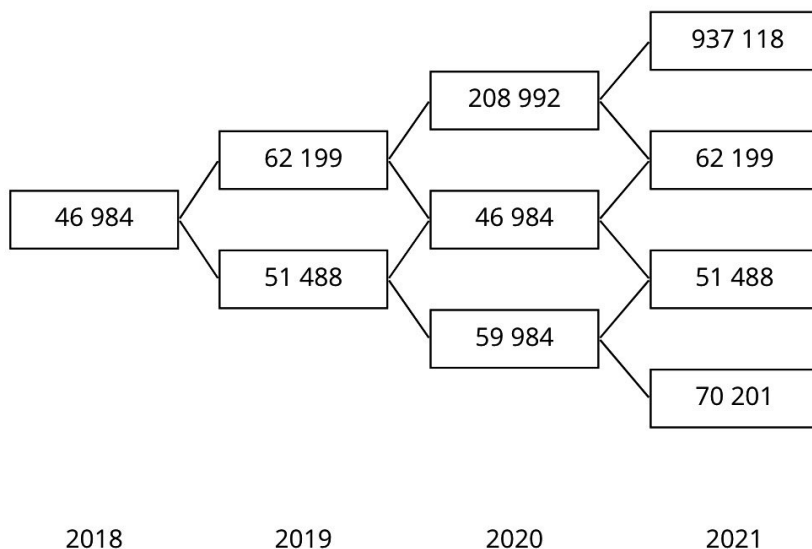


Рис. 9 Биномиальная решетка распределения $V(n = 0, i = 0 - 2018$ год)

- 2019 год

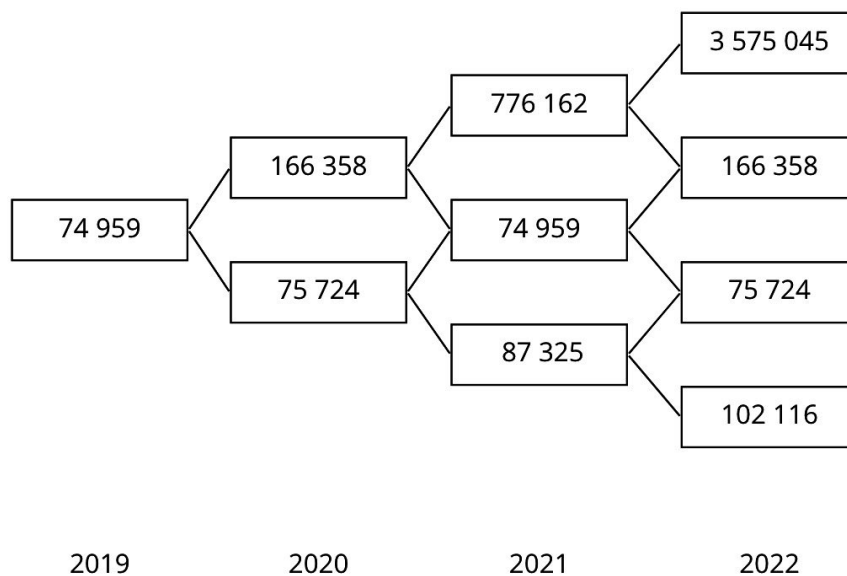


Рис. 10 Биномиальная решетка распределения $V(n = 0, i = 0 - 2019$ год)

- 2020 год

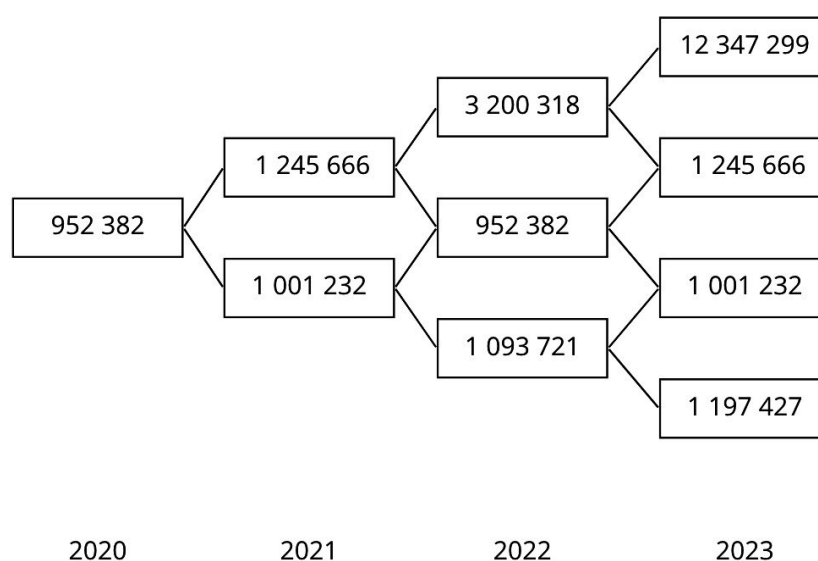


Рис. 11 Биномиальная решетка распределения $V(n = 0, i = 0 - 2020$ год)

3.3. Анализ полученных результатов

Стоит отметить, что оценки, предложенные в рейтингах Forbes, получены иным методом, нежели предложенный в данном исследовании. К тому же, расчетный метод, применяемый компанией Forbes, не предоставляется в открытых источниках, что усложняет интерпретацию полученных результатов.

Проанализировав полученные результаты, сделаны следующие выводы (на основе наиболее вероятных показателей):

- Оценки в фирмы в начальные моменты ($n = 0, i = 0$) 2018-2020 гг. достаточно близки к целевым показателям по данным рейтингов Forbes, что говорит о целесообразности применения модели для расчета стоимости в текущий момент времени.
- Начальные данные – 2018 год: прогнозное значение на 2019 год (62 млрд руб.) находится ближе к расчётному показателю модели за 2019 год (74 млрд руб.), чем к целевому значению (78 млрд руб.). Этот показатель можно считать адекватным. Прогноз на 2020 год (208 млрд. руб.) значительно отличается от целевого значения (1058,5 млрд рублей), но близок к прогнозному по начальным данным 2019 г. (166 млрд). Подобные результаты можно объяснить

экономической ситуацией в мире в 2020 году, которая сложилась на фоне пандемии коронавируса и стала крайне благоприятной для интернет-компаний, особенно для маркетплейсов и агрегаторов. Подобные экономические изменения крайне сложно предсказать, что и не способна сделать рассмотренная модель.

- Важным результатом модели является схожая тенденция стремительного роста стоимости компании, что коррелирует с реальными оценками фирмы и ее развитием.

3.4. Пользовательский интерфейс для расчёта стоимости компании

В данной работе создан пользовательский интерфейс для использования вышеописанного метода оценки стоимости компании на практике. Инструмент расчета имеет следующий вид (Рисунок 12):

The screenshot shows a web application titled "Калькулятор стоимости фирмы" (Company Value Calculator). The interface is divided into two main sections. On the left, under the heading "Введите параметры фирмы" (Enter company parameters), there are ten input fields for the following data points: Revenue (2110), Fixed Capital (1150), Gross Profit (2100), Fixed Expenses (2120+2210+2220), Net Profit (2400), Equity Capital (1300), Return on Equity (ROE) %, Debt Capital (1510), Tax Rate (VAT) %, and Risk-free rate %. A "Рассчитать" (Calculate) button is located at the bottom of this section. On the right, there are two output areas: "Оценка текущей стоимости:" (Current value estimate) and "Прогноз стоимости через:" (Forecast value in). The forecast section includes three radio button options: "1 год", "2 года", and "3 года". A footer note states: "* В скобках указан номер строки бухгалтерского баланса" (In parentheses, the balance sheet line number is indicated).

Рис. 12 Пользовательский интерфейс оценки компании

Пользователю необходимо корректно ввести числовые данные компании в специальные поля. Единицы измерения (рубли, доллары США, евро и тп.), а также порядок (тысячи, миллионы и т.д.), выбирает сам пользователь и получает соответственный результат. Числовые значения, указанные в скобках у названий параметров, – это номера строк в бухгалтерском балансе фирмы. Программа рассчитает стоимость фирмы по алгоритму предложенной бизнес-модели компании. В результате получаем оценку стоимости компании на текущий год и наиболее вероятную прогнозную оценку стоимости компании на 1, 2 и 3 года. В случае некорректного ввода данных, программа выдаст ошибку, например (Рисунок 13):

The screenshot shows a window titled "Калькулятор стоимости фирмы" (Company Valuation Calculator). It contains a form with the following fields and values:

Parameter	Value
Выручка (2110)	169773813
Основной капитал (1150)	dgh
Валовая прибыль (2100)	66410914
Фиксированные затраты (2120+2210+2220)	160078742
Чистая прибыль (2400)	2113772
Собственный капитал (1300)	9579845
Доходность собственного капитала (ROE), %	50,8
Заемный капитал (1510)	32009083
Налоговая ставка (НДС), %	20
Безрисковая %-ая ставка, %	6

Below the form is a "Рассчитать" (Calculate) button. A red error message is displayed on the right side of the interface:

Поле 'Основной капитал' имеет неверный формат! Введите целое или действительное число (например 123 или 456.78).

At the bottom left, there is a note: "* В скобках указан номер строки бухгалтерского баланса" (The number in parentheses indicates the line number in the balance sheet).

Рис. 13 Некорректный ввод данных в пользовательском интерфейсе

Аналогично, если стоимость фирмы меньше 0, то предполагается ее дефолт (Рисунок 14):

Калькулятор стоимости фирмы

Введите параметры фирмы

Выручка (2110)	169773813
Основной капитал (1150)	10229252
Валовая прибыль (2100)	66410914
Фиксированные затраты (2120+2210+2220)	16007874200
Чистая прибыль (2400)	0
Собственный капитал (1300)	9579845
Доходность собственного капитала (ROE), %	50.8
Заемный капитал (1510)	32009083
Налоговая ставка (НДС), %	20
Безрисковая %-ая ставка, %	6

Оценка текущей стоимости:
1 173 313 658

Прогноз стоимости через:

1 год	Дефолт фирмы
2 года	Дефолт фирмы
3 года	Дефолт фирмы

Рассчитать

* В скобках указан номер строки бухгалтерского баланса

Рис. 14 Демонстрация вывода результатов при дефолте компании

Расчет стоимости компании Wildberries по данным за 2020 год с использованием интерфейса представлен на Рисунке 15.

Отметим, что для использования интерфейса необходимы только ключевые количественные данные, которые можно найти в открытом доступе для многих компаний, что является преимуществом разработанного инструмента оценки. Все промежуточные показатели, такие как волатильность, стоимость капитала и т.д., рассчитывает программа.

Таким образом, пользователь интерфейса может получить прогнозные оценки стоимости компании на несколько лет на основе доказанных математических теорий, используя относительно небольшое количество данных о компании, без предварительных расчётов каких-либо параметров.

Калькулятор стоимости фирмы

Введите параметры фирмы

Выручка (2110)	169773813
Основной капитал (1150)	10229252
Валовая прибыль (2100)	66410914
Фиксированные затраты (2120+2210+2220)	160078724
Чистая прибыль (2400)	2113772
Собственный капитал (1300)	9579845
Доходность собственного капитала (ROE), %	50.8
Заемный капитал (1510)	32009083
Налоговая ставка (НДС), %	20
Безрисковая %-ая ставка, %	6

Оценка текущей стоимости:
952 381 944

Прогноз стоимости через:

1 год	1 245 665 963
2 года	3 200 318 515
3 года	12 347 299 153

Рассчитать

* В скобках указан номер строки бухгалтерского баланса

Рис. 15 Расчет стоимости компании Wildberries по данным 2020 года

Выводы

В исследовании представлена общая структура бизнес-модели для предприятий розничной сети. Модель включает стандартные компоненты фирмы с постоянными и переменными затратами и с неопределенными продажами. Доходы прямо пропорциональны капитальным вложениям. Однако эта бизнес-модель может не применяться к другим секторам бизнеса, потому что каждый сектор учитывает другие факторы при анализе своих фирм.

Представленная модель рассматривает фирму как условное обязательство по ее бизнес-рискам. Такой подход позволяет сосредоточить внимание на соотношении стоимости фирмы через бизнес-риск в бизнес-модели. Моделируя стоимость фирмы для увеличения первоначальной валовой прибыли на инвестиции, можно получить представление о распределении риска и стоимости условных обязательств фирмы.

Полученные оценки стоимости компании Wildberries в период с 2018 г. по 2020 г. можно интерпретировать как альтернативные к общедоступной оценке организацией Forbes. Некоторые показатели значительно отличаются, что можно объяснить использованием различных моделей, инструментов, данных при расчетах. К тому же, пандемия коронавируса в 2020 году значительно повлияла на динамику стоимости компании Wildberries, т.к. резко возрос спрос на услуги интернет-торговли. Подобные «всплески» экономики рассмотренная модель не учитывает. Тем не менее, можно расценить полученные результаты как адекватные, в силу того, что они приближены к целевым.

Отметим, что одной из целей разработки модели было достижение баланса, при котором минимум показателей обеспечивает максимальную информативность. В рассмотренной модели используется лишь малая часть балансовых показателей фирмы из бухгалтерского учета, которые есть в открытом доступе, что может упростить и ускорить процесс оценки. Все предположения о бизнес-модели фирмы основаны на фундаментальных финансовых теориях, обоснованных математически. Вышеперечисленные факты говорят о преимуществах реализованной модели. В качестве недостатков

можно отметить громоздкость некоторых вычислений, а также их математическая сложность, что усложняет использование модели специалистами, не владеющими математическим аппаратом. Также, модель учитывает не все количественные параметры, которые могут влиять на стоимость фирмы, и вовсе не учитывает качественные данные. Таким образом, созданный инструмент стоит использовать как один из этапов оценки стоимости компании. Используя построенные распределения стоимости фирмы (биномиальные решетки), можно рассмотреть различные вероятные сценарии изменения стоимости компании и на их основе формулировать возможные стратегии для принятия решений.

Заключение

В ходе проделанной работы были изучены различные направления в задаче финансового моделирования деятельности предприятия. Рассмотрены основные финансовые модели, концепции, теории оценки предприятия. Подробно изучена и проанализирована базовая финансовая модель фирмы для ее оценки на основе модели Мертона. Предварительно проанализировано финансовое положение интернет-магазина Wildberries, подготовлены начальные данные, рассчитаны промежуточные показатели финансовой деятельности фирмы. Проведены численные расчеты путем программной реализации модели на языке Python для данных компании Wildberries за период 2018-2020 гг.. Полученные численные результаты соответствуют известным опубликованным данным. Создан пользовательский интерфейс для оценки стоимости компаний по основным общедоступным параметрам фирмы.

Список литературы

1. Кузнецов, Н.И. Разработка финансовой деятельности компании [Электронный ресурс] / Кузнецов Н.И., Лукасевич И.Я. // Анализ финансового состояния предприятия. – 2010 - . – Режим доступа: https://afdanalyse.ru/publ/investicionnyj_analiz_teorija_razrabotka_finansovoj_modeli_dejatelnosti_kompanii/27-1-0-345, свободный. – Загл. с экрана. (03.11.20).
2. Jay Ashar. What are the different financial models? [Electronic resource] / Jay Ashar // Financial Director. – 2019. – Режим доступа: <https://www.financialdirector.co.uk/2019/11/06/what-are-the-different-financial-models/>, свободный. – Загл. с экрана. (01.11.20).
3. Thomas S. Y. Ho, Sang Bin Lee. The Oxford guide to financial modeling. Applications for capital markets, corporate finance, risk management, and financial institutions. Part I. Derivates Valuation. Introduction: Discounted cash flow method. – New York: Oxford University Press, 2004 – P. 762.
4. Hayes, A. Guide to mergers and acquisitions (M&A) [Electronic resource] / Adam Hayes // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/m/mergersandacquisitions.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (01.11.20).
5. Fernando, J. Initial public offering (IPO) [Electronic resource] / Jason Fernando// Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/i/ipo.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (01.11.20).
6. Kenton, W. Leveraged buyout (LBO) [Electronic resource] / Will Kenton // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/l/leveragedbuyout.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (01.11.20).
7. Hargrave, M. Sum-of-the-parts valuation – SOTP [Electronic resource] / Marshall Hargrave // Investopedia. – 2020. – Режим доступа: [https://www.investopedia.com/terms/s/sumofpartsvaluation.asp#:~:text=The%20sum%2Dof%2Dthe%2Dparts%20valuation%20\(SOTP\),or%20acquired%20by%20another%20company.&text=The%20equ](https://www.investopedia.com/terms/s/sumofpartsvaluation.asp#:~:text=The%20sum%2Dof%2Dthe%2Dparts%20valuation%20(SOTP),or%20acquired%20by%20another%20company.&text=The%20equ)

- [ity%20value%20is%20then,non%20operating%20assets%20and%20expenses](#), свободный. – Загл. с экрана. (01.11.20).
8. Tuovila, A. Forecasting [Electronic resource] / Alicia Tuovila // Investopedia. – 2020. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/f/forecasting.asp#:~:text=Forecasting%20is%20a%20technique%20that,an%20upcoming%20period%20of%20time>, свободный. – Загл. с экрана. (01.11.20).
 9. Gainti, A. Option pricing theory [Electronic resource] / Akhilesh Gainti // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/o/optionpricingtheory.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (01.11.20).
 10. Kopp, M. Financial modeling [Electronic resource] / Carol M. Kopp // Investopedia. – 2020. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/f/financialmodeling.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (01.11.20).
 11. Modigliani F., M. Miller. The cost of capital, corporation finance and the theory of investment // American Economic Review. – 1958. – Vol. 48. – P. 267-297.
 12. Modigliani F., M. Miller. Corporate income taxes and the cost of capital: A correction. American Economics Review. – 1963. – Vol.53. – P. 433-443.
 13. Miller M. H. Debt and taxes // Journal of Finance. – 1977. – Vol. 32. – P. 261-275.
 14. Merton R. C. On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates // Journal of Finance. – 1974. – Vol. 29. – P. 449-470.
 15. Black F., Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities // Journal of Political Economy. – 1973. – Vol. 83, No. 3. – P. 637-654.
 16. Thomas S. Y. Ho, Sang Bin Lee. The Oxford guide to financial modeling. Applications for capital markets, corporate finance, risk management, and financial institutions. Part III. Corporate finance. Valuation of a firm: the business model. – New York: Oxford University Press, 2004 – P. 762.
 17. John C. Hull, Izzy Nelken, Alan D. White. Merton's model, credit risk and volatility skews // Journal of Credit Risk. – 2005. – Vol. 1, No. 1. – P. 27.

18. Allan C. Eberhart. A comparison of Merton's option pricing model of corporate debt valuation to the use of book values // *Journal of Corporate Finance*. – 2005. – Vol. 11, Is. 1-2. – P. 401-426.
19. Belal Ehsan Baaquie. Merton's equation and the quantum oscillator: Pricing risky corporate coupon bonds // *Physica A: Statistical mechanics and its applications*. – 2020. – Vol. 541, 123367.
20. Qing Zhou, Xili Zhang. Pricing equity warrants in Merton jump–diffusion model with credit risk // *Physica A: Statistical mechanics and its applications*. – 2020. – Vol. 557, 124883.
21. Pablo Fernandez. Valuing companies by cash flow discounting: Ten methods and nine theories // *Managerial finance*. – 2007. – Vol. 33, No. 11. – P. 853-876.
22. L. Peter Jennergren. Continuing value in firm valuation by the discounted cash flow model // *European journal of operational research*. – 2008. – Vol. 85, No 3. – P. 1548-1563.
23. Donatien Hainaut. Evaluation and default time for companies with uncertain cash flows // *Insurance: Mathematics and Economics*. – 2015. – Vol. 61. – P. 276–285.
24. *Valuations & business modelling*. – New Delhi, The Institute of company secretaries of India: M P Printers, 2019. – P. 512.
25. Proposed new international valuation standards. Exposure draft. international valuation standard council. – 2010.
26. Вашакмадзе, Т. Подходы к оценке стоимости бизнеса [Электронный ресурс] / Вашакмадзе Теймураз // *Корпоративный менеджмент*. – 2018. – Режим доступа: https://www.cfin.ru/appraisal/business/intro/Valuation_Standard.shtml, свободный. – Загл. с экрана. (12.02.21).
27. Moyer Charles, William Kretlow, James McGuigan. *Contemporary financial management* (12 ed.) // Winsted: South-Western publishing Co. – 2011. – P. 147–498.
28. Scott, G. Capitalization of earnings [Electronic resource] / Gordon Scott // *Investopedia*. – 2020. – Режим доступа: https://www.investopedia.com/terms/c/capitalization_of_earnings.asp, свободный. – Загл. с экрана. (16.03.21).

29. John Burr Williams, *The Theory of Investment Value*. – Cambridge: Harvard University Press, 1938; 1997 reprint, Fraser Publishing. – P. 613.
30. Chen, J. Dividend discount model – DDM [Electronic resource] / James Chen // Investopedia. – 2020. – Режим доступа: [https://www.investopedia.com/terms/d/ddm.asp#:~:text=The%20dividend%20discount%20model%20\(DDM,back%20to%20their%20present%20value](https://www.investopedia.com/terms/d/ddm.asp#:~:text=The%20dividend%20discount%20model%20(DDM,back%20to%20their%20present%20value), свободный. – Загл. с экрана. (12.02.21).
31. Myron J. Gordon. *The Investment, Financing, and Valuation of the Corporation*. – Homewood: R.D. Irwin Inc., 1962. – P. 256.
32. Hayes, A. Cash flow [Electronic resource] / Adam Hayes // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/c/cashflow.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (19.02.21).
33. Дамодаран, А. Инвестиционная оценка: Инструменты и методы оценки любых активов / Асват Дамодаран; Пер. с англ. – 5-е изд. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. – С. 1340.
34. Hayes, A. Free cash flow to the firm (FCFF) [Electronic resource] / Adam Hayes // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: [https://www.investopedia.com/terms/f/freecashflowfirm.asp#:~:text=Free%20cash%20flow%20to%20the%20firm%20\(FCFF\)%20represents%20the%20amount,%20C%20working%20capital%20C%20and%20investments.&text=It%20is%20one%20of%20the,analyze%20a%20firm's%20financial%20health](https://www.investopedia.com/terms/f/freecashflowfirm.asp#:~:text=Free%20cash%20flow%20to%20the%20firm%20(FCFF)%20represents%20the%20amount,%20C%20working%20capital%20C%20and%20investments.&text=It%20is%20one%20of%20the,analyze%20a%20firm's%20financial%20health), свободный. – Загл. с экрана. (19.02.21).
35. Kenton, W. Free cash flow to equity – FCFE definition [Electronic resource] / Will Kenton // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/f/freecashflowtoequity.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (11.03.21).
36. John Vinturella, Suzanne Erickson. *Raising Entrepreneurial Capital* (Second Edition), Chapter 5, Valuation: Survey of Methods. – Elsevier, 2013. – P. 143-174.
37. Stefano Caselli. *Private equity and venture capital in Europe: markets, techniques, and deals*, Chapter 13 – Techniques of equity value definition. – Academic Press, 2010. – P. 187-204.

38. И.В. Косорукова, С.А. Секачев, М.А. Шуклина. Оценка стоимости ценных бумаг и бизнеса. – М: МФПА, 2011. – С. 672.
39. 3 approaches to valuing a business [Electronic resource] // Dannible and McKee. – 2021. – Режим доступа: <https://www.dmcpas.com/article/3-approaches-to-valuing-a-business/>, свободный. – Загл. с экрана. (16.03.21).
40. Richard A. Brealey, Stewart C. Myers, Franklin Allen. Principles of corporate finance. – New York: McGraw-Hill, 1956. – P. 967.
41. Hayes, A. Cost of Capital [Electronic resource] / Adam Hayes // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/c/costofcapital.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (01.03.21).
42. Солодов, А. К. WACC не считается никак? [Электронный ресурс] / Солодов А. К. // Audit-it.ru. Бухгалтерский учет. Налоги. Аудит. – 2013. – Режим доступа: <https://www.audit-it.ru/articles/finance/a106/613681.html>, свободный. – Загл. с экрана. (01.03.21).
43. Copeland, T, T. Koller, J. Murrin. Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies, 3rd ed. – New York: John Wiley & Sons, 2000. – P. 492.
44. Kuepper, J. Volatility [Electronic resource] / Justin Kuepper // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/v/volatility.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (17.09.20).
45. Hayes, A. Gross Profit [Electronic resource] / Adam Hayes // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/g/grossprofit.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (20.10.20).
46. Peters, K. Risk-Neutral Probabilities [Electronic resource] / Katelyn Peters // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/r/risk-neutral-probabilities.asp#:~:text=What%20Are%20Risk%2DNeutral%20Probabilities,to%20compute%20expected%20asset%20values>, свободный. – Загл. с экрана. (20.11.20).
47. ООО "ВАЙЛДБЕРРИЗ": бухгалтерская отчетность и финансовый анализ [Электронный ресурс] // Audit-it.ru. Бухгалтерский учет. Налоги. Аудит. –

- 2021 – Режим доступа: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7721546864_ooo-vayldberriz, свободный. – Загл. с экрана. (17.04.21).
48. Fernando, J. Return on Equity – ROE [Electronic resource] / Jason Fernando // Investopedia. – 2021. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/r/returnonequity.asp>, свободный. – Загл. с экрана. (10.04.21).
49. Gross margin return on inventory investment [Electronic resource] // Wikipedia. – 2020. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Gross_margin_return_on_inventory_investment#cite_note-1, свободный.– Загл. с экрана. (18.04.21).
50. Gross margin (Валовая рентабельность) [Electronic resource] // Finrange. – 2021. – Режим доступа: <https://finrange.com/dictionary/g/gross-margin>, свободный. – Загл. с экрана. (20.04.21).
51. Безрисковая ставка [Электронный ресурс] // Conomy. – 2011-. – Режим доступа: <https://old.conomy.ru/stavki-gko>, свободный. – Загл. с экрана. (17.04.21).
52. Седлов, Д. 20 самых дорогих компаний Рунета — 2018. Рейтинг Forbes. [Электронный ресурс] / Д. Седлов, Ю. Титова, Е. Ганжур и др.// Forbes. – 2018. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tehnologii-photogallery/357559-20-samyh-dorogih-kompaniy-runeta-2018-reyting-forbes?photo=4>, свободный. – Загл. с экрана. (15.04.2021)
53. Седлов, Д. 20 самых дорогих компаний Рунета — 2019. Рейтинг Forbes. [Электронный ресурс] / Даниил Седлов, Юлия Титова, Алексей Сивашенко и др. // Forbes. – 2019. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tehnologii-photogallery/372539-20-samyh-dorogih-kompaniy-runeta-2019-reyting-forbes>, свободный. – Загл. с экрана. (15.04.2021)
54. Тофанюк, Е. 30 самых дорогих компаний Рунета — 2020. Рейтинг Forbes. [Электронный ресурс] / Е. Тофанюк, Н. Камитдинов, Т. Ломская и др. // Forbes. – 2021. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/biznes-photogallery/421235-30-samyh-dorogih-kompaniy-runeta-reyting-forbes?photo=2>, свободный. – Загл. с экрана. (15.04.2021)

55. Martingale (probability theory) [Electronic resource] // Wikipedia. – 2021. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Martingale_\(probability_theory\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Martingale_(probability_theory)), свободный. – Загл. с экрана. (09.04.2021)
56. Thomas S. Y. Ho, Sang Bin Lee. The Oxford guide to financial modeling. Applications for capital markets, corporate finance, risk management, and financial institutions. Part III. Corporate finance. 19. Technical Matters: Market Model and Binomial Lattices. – New York: Oxford University Press, 2004 – P. 762.
57. Колесников А.В. Лекции по теории вероятностей. – Москва, Высшая Школа Экономики, Математический факультет, 2013. – С.52.
58. Hypergeometric functions [Electronic resource] // Режим доступа: <https://homepage.tudelft.nl/11r49/documents/wi4006/hyper.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. (05.03.2021)
59. MacDONALD, A. Properties of the confluent hypergeometric function [Electronic resource] / A. D. MacDONALD. – Massachusetts Institute of Technology, 1948. – P. 28. – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/4382205.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. (05.02.2021)

Приложение А. Процесс мартингейла

Определение 1 [56]

Стохастический процесс (случайный процесс) на вероятностном пространстве $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$ – это функция $x : [0, T] \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}$, где для каждого $0 \leq t \leq T$, $x(t, \cdot)$ – случайная величина на $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$.

В теории вероятностей мартингал – это последовательность случайных величин (то есть случайный процесс), для которой в конкретный момент времени условное ожидание следующего значения в последовательности равно текущему значению, независимо от всех предыдущих значений [55].

Определение 2 [56]

Существует последовательность случайных величин M_0, M_1, \dots, M_n на вероятностном пространстве $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$. Последовательность σ -алгебр $\mathcal{F}_0, \mathcal{F}_1, \dots, \mathcal{F}_n$ удовлетворяет свойству $\mathcal{F}_0 \subset \mathcal{F}_1 \subset \dots \subset \mathcal{F}_n \subset \mathcal{F}_{n+1}$. Если каждая M_k является \mathcal{F}_k -измеримой для каждого k , $\mathbb{E}(M_{k+1}|k) = M_k$, тогда последовательность M_k – это мартингал.

Процесс мартингейла не имеет определенной тенденции, потому что ожидаемое значение в определенный момент времени в будущем равно текущему значению. Если ожидаемое значение больше текущего значения, стохастический процесс имеет тенденцию расти, и наоборот.

Приложение Б. Процесс Гаусса-Винера

Определение 3 [57]

Стохастический процесс W_t называется винеровским процессом, если он обладает следующими свойствами:

1. Случайный вектор $(W_{t_1}, \dots, W_{t_n})$, $0 \leq t_1 < t_2 < \dots < t_n \leq T$ (T – множество индексов) имеет распределение Гаусса и $W_0 = 0$ п.н.
2. $\mathbb{E}W_t = 0$, $\mathbb{E}(W_t W_s) = t \wedge s$.
3. Траектории $t \rightarrow W_t(\omega)$ непрерывна для всех $\omega \in \Omega$.

Винеровский процесс является математической моделью броуновского движения, а также гауссовским процессом с непрерывными траекториями.

Приложение В. Конфлюэнтная гипергеометрическая функция

Определение 4 [58]

Ряд $\sum c_n$ называется гипергеометрическим, если отношение $\frac{c_{n+1}}{c_n}$

является рациональной функцией от n .

Определение 5 [59]

Конфлюэнтная (вырожденная) гипергеометрическая функция $M(\alpha, \gamma, z)$ определяется как решение, ограниченное в начале координат, линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка:

$$z \frac{d^2 M}{dz^2} + (\gamma - z) \frac{dM}{dz} - \alpha M = 0,$$

где α, γ и z не ограничены.

Представление решения в виде ряда. Следующий ряд сходится для всех значений z :

$$M(\alpha, \gamma, z) = 1 + \frac{\alpha}{\gamma} z + \frac{\alpha(\alpha + 1)}{\gamma(\gamma + 1)} \frac{z^2}{2} + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\Gamma(\gamma)\Gamma(\alpha + n)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\gamma + n)} \frac{z^n}{n!}.$$

Приложение Г. Код программы

Основная программа

```
from scipy.special import gamma, gammalncc, hyp1f1, hyperu
import numpy as np
from conf import conf
# from conf import conf_2020 as conf

# формула нахождения маржи валовой прибыли
def m():
    val = conf.gp / conf.s
    return val

# формула нахождения риск-нейтральной вероятности
def p():
    A = (1 + conf.rf) / (1 + ro())
    return (A - np.exp(-conf.sigma)) / (np.exp(conf.sigma) - np.exp(-conf.sigma))

# формула нахождения валовой рентабельности инвестиций
def GRI(n: int, i: int):
    gri_0_0 = conf.gp / conf.ca
    if n == 0:
        return gri_0_0
    return gri_0_0 * np.exp(conf.sigma * (2 * i - n))

# формула нахождения стоимости примитивной фирмы
def Vp(n: int, i: int):
    val = (conf.ca * GRI(n, i) * m()) / ro()
    return val

# формула нахождения стоимости фирмы
def V(n: int, i: int):
    vp = Vp(n, i)
    val1 = (vp - Fee(vp) + (conf.ca * GRI(n, i) * m() - conf.fc)) * (1 - conf.tau)
    return max(val1, 0)

# доходность заемного капитала, %
def rd():
    return conf.np / conf.d

# гипогометрическая функция
def M(vp: float):
    a = (2 * conf.rf) / (np.square(conf.sigma))
    b = (2 * conf.fc) / (np.square(conf.sigma))
    val = hyp1f1(a, 2 + a, -b / vp)
    return val + conf.m_const

# ---
def Fee(vp: float):
    val1 = (2 * conf.fc) / (np.square(conf.sigma) * vp)
    val2 = (2 * conf.rf) / np.square(conf.sigma)
    val3 = gamma(2 + (2 * conf.rf) / np.square(conf.sigma))
    val4 = (conf.fc / conf.rf) * (1 - (np.power(val1, val2) / val3) * M(vp))
    return val4
```



```

# средневзвешенная стоимость капитала
def WACC():
    val1 = conf.e * conf.re
    val2 = conf.d * rd() * (1 - conf.tau)
    return (val1 + val2) / (conf.d + conf.e)

# стоимость капитала
def ro():
    return WACC()

# нормальная неполная гамма функция
def incgamma(a: float, x: float):
    return gammaincc(a, x) * gamma(a)

def value():
    A = (1 + conf.rf) / (1 + ro())
    return (A - np.exp(-conf.sigma)) / (np.exp(conf.sigma) - np.exp(-conf.sigma))

```

Пользовательский интерфейс

```

import sys
from PyQt5 import QtWidgets
import gui
import model.utils as utl
from conf import conf

class SuperGui(QtWidgets.QMainWindow, gui.Ui_MainWindow):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setupUi(self) # Это нужно для инициализации дизайна
        self.pushButton.clicked.connect(self.on_click)

    def on_click(self):
        error_float_template = 'Поле \'%s\' имеет неверный формат! Введите целое или действительное  
число \
                (например 123 или 456.78).'
        step = 'Выручка'
        try:
            conf.s = float(self.val_s.text())
            step = 'Основной капитал'
            conf.ca = float(self.val_ca.text())
            step = 'Валовая прибыль'
            conf.gp = float(self.val_gp.text())
            step = 'Фиксированные затраты'
            conf.fc = float(self.val_fc.text())
            step = 'Чистая прибыль'
            conf.np = float(self.val_np.text())
            step = 'Собственный капитал'
            conf.e = float(self.val_e.text())
            step = 'Доходность собственного капитала'
            conf.re = float(self.val_re.text()) / 100
            step = 'Заемный капитал'
            conf.d = float(self.val_d.text())
            step = 'Налоговая ставка'
            conf.tau = float(self.val_tau.text()) / 100
            step = 'Безрисковая %-ая ставка'

```

```

    conf.rf = float(self.val_rf.text()) / 100
    conf.sigma = 1.46
    conf.m_const = 0.5
except ValueError:
    self.msg.setText(error_float_template % step)
    return
str_default = 'Дефолт фирмы'
v_0_0 = utl.V(0, 0)
self.pred0year.setText(frmt_nmb(v_0_0) if v_0_0 > 0 else str_default)
v_1_1 = utl.V(1, 1)
self.pred1year.setText(frmt_nmb(v_1_1) if v_1_1 > 0 else str_default)
v_2_2 = utl.V(2, 2)
self.pred2year.setText(frmt_nmb(v_2_2) if v_2_2 > 0 else str_default)
v_3_3 = utl.V(3, 3)
self.pred3year.setText(frmt_nmb(v_3_3) if v_3_3 > 0 else str_default)

def show_gui():
    app = QtWidgets.QApplication(sys.argv) # Новый экземпляр QApplication
    window = SuperGui() # Создаём объект класса SuperGui
    window.show() # Показываем окно
    app.exec_() # и запускаем приложение

def frmt_nmb(nmb: float):
    return '{0:,.}'.format(int(nmb)).replace('.', ', ')

```