

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра теории функций и стохастического анализа

ДЮРАЦИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ К АНАЛИЗУ ДАННЫХ

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 412 группы

направления 01.03.02 — Прикладная математика и информатика

механико-математического факультета

Цветиковой Анастасии Дмитриевны

Научный руководитель

доцент, к. ф.-м. н.

Е. В. Гудошникова

Заведующий кафедрой

д. ф.-м. н., доцент

С. П. Сидоров

Саратов 2021

Актуальность темы. Актуальность исследования заключается в том, что необходимо раскрыть проблему возникновения рисков у инвесторов и определить каким образом инвестор может минимизировать свои риски. Облигации по сравнению с другими финансовыми инструментами считаются менее рискованными. Однако, у этих финансовых инструментов также есть свои риски, которые инвестору необходимо проанализировать. В работе изучены риски как у эмитента, так и у инвестора. Поэтому помимо того, что будут расписаны риски для инвестора, а также проанализирован самый главный риск инвестора, в отдельном пункте будет рассмотрен один из рисков эмитента – риск неразмещения желаемого объема облигаций. Мерой риска для инвестора могут выступать дюрация Маколея и модифицированная дюрация. Дюрация Маколея позволяет оценить насколько рискованными являются облигации по отношению друг к другу. Модифицированная дюрация позволяет не только оценить степень рискованность вложений, но и построить прогноз цен на облигации при определенных изменениях рыночной доходности.

Целью бакалаврской работы является:

1. Изучение теоретических основ понятия дюрация и ее видов.
2. Определение способа использования дюрации Маколея и модифицированной дюрации как меры риска.
3. Создание программного кода для обработки данных и прогнозирования цен на облигации при разных начальных условиях.

Объект исследования - облигации нефтегазового сектора.

Предмет исследования - дюрация и модифицированная дюрация облигаций нефтегазового сектора.

Для достижения целей поставленных в работе необходимо решить следующие **задачи**:

1. обосновать теоретические аспекты облигаций;
2. изучить такие показатели риска как дюрация и модифицированная дюрация;
3. выявить факторы, влияющие на дюрацию;
4. оценить риски инвестора на рынке облигаций нефтегазового сектора;
5. провести комплексный анализ ситуации на рынке облигаций нефтегазовой отрасли;

6. составить прогноз цен на облигации нефтегазового сектора при изменении рыночной доходности
7. Разработать алгоритм для обработки данных.
8. Программно реализовать разработанный алгоритм на языке C#.

Структура и содержание бакалаврской работы. Работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложения.

Основное содержание работы

Во введении формулируется цель бакалаврской работы и решаемые задачи, дается краткое содержание каждого раздела.

В первом разделе рассматриваем вводную информацию, а теоретические основы понятия дюрация и ее видов.

Дюрация - одна из важнейших характеристик денежного потока, которая определяет чувствительность его текущей стоимости к изменению процентной ставки. Существует два вида дюрации: дюрация Маколея и Модифицированная дюрация.

$$\text{Дюрация Маколея} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+r)^{t_j}} \cdot t_j + \frac{N}{(1+r)^{t_n}} \cdot t_n}{P}$$

C – купонный платеж в денежном выражении.

r – доходность облигаций.

t – время поступления выплаты (купона или номинала).

N – номинал облигации в денежном выражении.

P – текущая цена облигации.

$$\text{Модифицированная дюрация} = \frac{\text{Дюрация Маколея}}{\left(1 + \frac{YTM}{n}\right)}$$

YTM - доходность к погашению¹.

n - количество купонных платежей в год.

¹Доходность к погашению (YTM) – это ставка внутренней доходности денежного потока по облигации при намерении покупателя удерживать эту облигацию до погашения.

Рассматриваются понятие дюрации аннуитета, понятие облигации и дюрации облигации.

Аннуитет – это серия одинаковых платежей через одинаковые промежутки времени.

Облигация - это

- эмиссионная долговая ценная бумага, владелец которой имеет право получить от лица, её выпустившего (эмитента облигации), в оговорённый срок её номинальную стоимость деньгами или в виде иного имущественного эквивалента.

- долговая бумага, по которой заемщик (тот кто выпускает облигации) должен в оговоренный срок вернуть кредитору (инвестору) стоимость облигации (номинал) и процент за пользование средствами (купонный доход).

Главная задача облигаций - защита сбережений и создание небольшой прибыли. В этой же главе рассматривается вопрос связи дюрации с изменением цены облигации. Для того чтобы прогнозировать изменение цены облигации используется два таких показателя как дюрация и выпуклость.

Во втором разделе рассматривается применение дюрации в качестве меры риска. Приводятся факторы, влияющие на дюрацию.

Факторы, влияющие на дюрацию:

1) Срок до погашения облигации:

Чем больше срок до погашения, тем больше дюрация.

2) Купонная ставка

Облигации с более низкой купонной ставкой более чувствительны к ситуации на рынке. Облигации с более высокой купонной ставкой менее рискованы.

3) Уровень рыночной доходности

При увеличении рыночной доходности значение дюрации увеличивается.

В третьем разделе в качестве меры риска рассматривается модифицированная дюрация. Вводится понятие «мера выпуклости».

Выпуклость относится к форме кривой, которая описывает зависимость между ценой и доходностью. Мера выпуклости отражает реакцию цены на изменение процентных ставок.

Модифицированная дюрация представляет собой первую производную функции цены от доходности. Мера выпуклости представляет собой вторую производную. Рассчитывается мера выпуклости по данной формуле:

$$K = \frac{2C}{YTM^3} \left(1 - \frac{1}{(1 + YTM)^n}\right) - \frac{2Cn}{YTM^2(1 + YTM)^{n+1}} + \frac{n(n + 1)(100 - c/YTM)}{(1 + YTM)^{n+2}}$$

Благодаря мере выпуклости и модифицированной дюрации, инвестор может сделать прогноз, как изменится цена на облигацию при изменении доходности на рынке. Тем самым, инвестор может минимизировать свои риски. Инвестор будет выбирать ту облигацию у которой при изменении доходности, волатильность будет меньше всего, если данный инвестор хочет минимизировать свои риски.

Во втором и третьем разделе проводится расчет значений дюрации для облигаций нефтегазового сектора. Полученные результаты анализируются и создается прогноз цен на облигации нефтегазового сектора. Расчет проводится по данным из общего доступа.

Анализируются облигации компаний нефтегазового сектора. Нефтегазовый сектор является одним из самых ликвидных, особенно в России.

Анализ проводился по 1761 облигационному выпуску, список данных облигаций находится в открытом доступе. Рассматривались и облигации, и еврооблигации. Государственные облигации не рассматриваются, потому что они являются финансовыми инструментами с небольшим риском. В некоторых странах государственные облигации считаются безрисковыми вложениями. В данной работе дюрация применяется для оценки риска для инвесторов. Поэтому для анализа будет целесообразнее рассматривать облигации, у которых риск выше.

Анализ выявил, что более долгосрочные облигации являются более рисковыми, чем краткосрочные. Чем дальше срок погашения, тем меньшее он оказывает влияние на дюрацию. Купонная ставка оказывает влияние на дюрацию долгосрочных облигаций. Однако, наибольшее влияние на дюрацию долгосрочных облигаций оказывает частота купонных выплат.

Если сравнивать две облигации с одинаковым сроком погашения, то цена сильнее возрастет на ту облигацию, у которой купонная ставка меньше,

так как эта облигация будет более рискованной, и значение модифицированной дюрации у нее будет выше, как показано на рисунке.

Используя модифицированную дюрацию и меру выпуклости, инвестор может сделать прогноз, как изменится цена на облигацию, если рыночная доходность упадет или возрастет. Зачастую инвестор приобретает не одну конкретную облигацию, а несколько облигаций. Инвестору необходимо проанализировать такой портфель и оценить риски такого портфеля. Инвестор может использовать дюрацию для портфеля облигаций.

Купонная ставка, которую назначает эмитент, учитывается при расчете дюрации. Дюрация Маколея предназначена оценить степень рискованности облигации, которую он желает приобрести, и возможно желает держать до конца срока погашения. Однако, зачастую инвестор приобретая облигации не планирует их держать до конца срока обращения, он планирует их продать по цене выше той, по которой он приобрел облигации. В данной ситуации у инвестора возникает риск того, что цена на облигацию может слишком сильно снизиться. Инвестору следует оценивать волатильность цены на облигацию. Высокая волатильность цены на облигацию будет означать более высокий риск для инвестора. Некоторые инвесторы хотят себя обезопасить от рисков волатильности, поэтому таким инвесторам важно знать, насколько сильно могут меняться цены на облигации, которые они приобрели.

Цена на облигацию может измениться за счет изменения рыночной доходности. Рассчитать как изменится цена на облигацию, можно с помощью дюрации Маколлея. Она позволяет рассчитать аппроксимированное процентное изменение цены на облигацию. Существует более точный показатель, который может показать, как изменится цена при изменении среднерыночной доходности. Данный показатель – модифицированная дюрация.

В четвертом разделе описывается процесс численной реализации прогноза цен на облигации нефтегазового сектора.

Дюрация Маколея

Дюрация – это показатель средневзвешенного срока действия облигации, весами которого являются купонные платежи, поступающие в период обра-

щения облигации. Дюрация Маколея рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{cM}{(1+k)^t} t + \frac{M}{(1+k)^n} n}{\sum_{t=1}^n \frac{cM}{(1+k)^t} + \frac{M}{(1+k)^n}}$$

где

c - купонная ставка.

M – номинал.

k - альтернативная доходность (среднерыночная доходность).

t - срок до погашения.

n - срок погашения.

Формула справедлива для выплат раз в год. Если выплаты происходят q раз в год, то qn - количество купонных платежей, c/q - ставка по платежу.

Дюрация является мерой риска.

Влияние факторов на дюрацию

Срок погашения - возрастает = Дюрация - возрастает

Купонная ставка - возрастает = Дюрация убывает

Рыночная доходность возрастает = Дюрация убывает

Модифицированная дюрация

Модифицированная дюрация рассчитывается по формуле:

$$MD = \frac{D}{1 + YTM}$$

где

D - дюрация Маколея.

YTM – доходность к погашению.

Доходность к погашению по дисконтной облигации:

$$YTM = \frac{M - P}{P} * \frac{365}{d}$$

где

M – номинал

P - цена покупки облигации

d - количество дней до погашения

Доходность к погашению по купонной облигации при ежегодных выплатах:

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{c}{(1 + YTM)^t} + \frac{M}{(1 + YTM)^n}$$

При выплатах два раза в год:

$$P = \sum_{t=1}^{2n} \frac{c/2}{(1 + YTM)^t} + \frac{M}{(1 + YTM)^{2n}}$$

где n - количество лет.

Соотношение YTM и c ведут к следующим соотношениям текущей цены и номинала.

$$c < YTM = P < M$$

$$c = YTM = P = M$$

$$c > YTM = P > M$$

Таким образом, если $P = M$, то $YTM = c$.

Зависимость изменения цены облигации от изменения среднерыночной доходности имеет вид:

$$\Delta P = -MD * \Delta k$$

где Δk - изменение среднерыночной доходности (десятичная дробь, не в процентах). Процентное изменение цены облигации:

$$\Delta P_{\%} = -MD * \Delta k_{\%}$$

где $\Delta k_{\%}$ - изменение среднерыночной доходности в процентах.

Модифицированная дюрация является первой производной функции цены от доходности $P(k)$.

Вторая производная называется мерой выпуклости и рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{2C}{YTM^3} \left(1 - \frac{1}{(1 + YTM)^n}\right) - \frac{2Cn}{YTM^2(1 + YTM)^{n+1}} + \frac{n(n+1)(1 - \frac{c}{YTM})}{(1 + YTM)^{n+2}}$$

Зависимость изменения цены облигации от изменения среднерыночной доходности через вторую производную имеет вид:

$$\Delta P = K * \frac{\Delta k^2}{2}$$

Процентное изменение цены:

$$\Delta P_{\%} = K * \frac{\Delta k^2}{2} * 100\%$$

Для расчетов использовались данные по торгам облигациями нефтегазового сектора, предоставленные в общем доступе. Данные были отсортированы по росту срока обращения облигаций. Для каждой позиции были рассчитаны модифицированная дюрация и мера выпуклости. На основании обоих показателей был сделан прогноз для процентного изменения цены облигации при разных условиях. Для обработки данных и формирования массивов с результатами вычислений было создано приложение на языке C#. Данные из файла с результатами расчетов были импортированы в Excel, где были построены соответствующие графики.

В заключении описываются этапы проделанной работы и сделанные выводы.

Значение дюрации можно использовать разными способами. Дюрацию Маколея прежде всего используют для того, чтобы сравнить между собой облигации с различными параметрами. Чем выше значение дюрации у облигации, тем более рискованной является облигация для инвестора. Инвестор, который планирует держать облигацию до конца срока обращения, получив значения дюрации Маколея, отберет для себя подходящие облигации. Также инвестор может получить значение дюрации для целого портфеля облигаций и снизить свои риски, минимизировав значение дюрации портфеля.

Инвестор, который предпочитает продать облигации по цене выше, с помощью модифицированной дюрации может рассчитать прогнозное значение его выигрыша или проигрыша в случае изменения доходности на рынке. Выбирая облигации с меньшим значением модифицированной дюрации, ин-

вестор способен и снизить свои риски, и построить прогнозы цен для данной облигации.

Используя реальные данные, удалось выяснить, что срок до погашения увеличивает рискованность облигации для инвестора, увеличивает волатильность цен на данную облигацию. По мере увеличения срока большее влияние на увеличение рисков оказывает купонная ставка и частота выплаты купонов.

В приложении приводится код численной реализации прогноза цен на языке C#.