

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра _____ теории функций и
_____ стохастического анализа

Разработка ПП для моделирования волатильности

финансовых средств

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) _____ 4 _____ курса _____ 451 _____ группы

направления (специальности) _____ 38.03.05 Бизнес-информатика

Механико-математический факультет

Харитоновой Светланы Дмитриевны

Научный руководитель

С. П. Сидоров

Зав. кафедрой

зав.каф., д.ф.м.н.

С. П. Сидоров

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Задачи моделирования и прогнозирования изменчивости различных показателей, например, акций, курсов валют на финансовых рынках, потребительского спроса в наше время являются наиболее распространенными. Предсказывать поведение меняющихся цен становится все сложнее, тем самым возрастают требования к точности прогнозирования.

Возникает необходимость в новых методах и подходах к прогнозированию, т.к. традиционные модели временных рядов, не всегда могут справедливо учитывать характеристики, которыми обладают финансовые временные ряды.

Одна из особенностей финансовых рынков состоит в том, что неопределенность, присущая рынку, изменяется во времени. Из этого наблюдается «кластеризация волатильности». Термин «волатильность» используется, для неформального обозначения разброса переменной. Формальной мерой волатильности служит дисперсия. Эффект кластеризации волатильности отмечен для таких рядов, как изменение цен акций, валютных курсов.

Изменения в дисперсии имеют весьма важное значение для понимания финансовых рынков, так как инвесторы требуют более высокую ожидаемую доходность в качестве компенсации за проведение рискованных активов. Официальным названием для изменчивости дисперсии на различных интервалах наблюдения является гетероскедастичность.

Традиционные модели временных рядов, такие, как модель ARIMA, не могут адекватно учесть все характеристики, которыми обладают финансовые временные ряды, и поэтому требуют расширения и применения новых моделей. Одним из таких расширений являются ARCH-процессы (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity). На основе этой модели стало возможно предсказывать изменение волатильности. Данный метод анализа экономических временных рядов позволяет гораздо достовернее прогнозировать тенденции изменения ВВП, потребительских цен, процентных ставок, биржевого курса и других экономических показателей не только на ближайший день или на неделю, но даже и на год вперед.

Расширением ARCH-модели является GARCH-модель волатильности, где на текущую волатильность влияют как предыдущие изменения цен, так и предыдущие оценки волатильности («старые новости» или «предыстория»).

В работе оценивается влияние объемов торгов на волатильность ценных бумаг при помощи дополненных GARCH-моделей.

Цель работы. Основной целью является выяснение того, улучшается ли объяснительная сила GARCH-моделей при включении объема торгов в GARCH модели в качестве экзогенных переменных. Для проведения данного исследования рассматриваются 5 компаний из списка FTSE 100.

Объект исследования. Модель GARCH(1,1), дополненная объемом торгов.

Предмет исследования. Влияние объема торгов в модели GARCH(1,1) на волатильность.

Задачи. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить ARCH и GARCH модели, их свойства;
- рассмотреть и применить дополненные GARCH модели;
- оценить влияние на волатильность торгового объема;
- выявить недостатки модели.

Научная новизна исследования.

- оценена значимость влияния включения торгового объема в GARCH – модель;
- выявлены основные преимущества и недостатки моделей.

1 Основное содержание работы

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух теоретических и одной практической части, заключения, списка использованных источников и приложения.

Введение содержит основные положения: актуальность темы исследования; цель, объект, предмет, задачи исследования.

Первый раздел «Рыночные риски» раскрывает сущность рыночных рисков. На процесс принятия управленческих решений разного масштаба (от повседневных до стратегических и жизненно важных для организации) влияет большое количество различных условий и факторов. Предсказать достоверно тот или иной исход ситуации мешает неопределенность, которая выражается в недостатке информации, данных, а также в влиянии фактора случайности. Разновидность такой экономической неопределенности - риск.

Риском называют ситуацию, связанную с наличием определенного выбора между несколькими предполагаемыми вариантами альтернатив. Наступление рискосодержащего события влечет за собой как положительный, так и отрицательный результат. Иначе говоря, риск – это возможность наступления успеха или неудачи.

Рыночный риск – это риск возникновения у кредитной организации убытков вследствие неблагоприятного изменения рыночной стоимости финансовых инструментов торгового портфеля и производных финансовых инструментов кредитной организации, а также курсов иностранных валют и (или) драгоценных металлов.

Важнейшее свойство риска, которое позволяет руководителю вовремя предпринять действия для уменьшения негативного влияния отдельных факторов, это вероятность. Вероятность отражает расчет частоты наступления того или иного результата и выполнить такую оценку возможно только при наличии достаточной статистической информации (данные, показатели, экспертные оценки и прогнозы).

Основными источниками риска являются [4]:

- во – первых, спонтанность природных процессов и явлений, стихийные бедствия;

- во – вторых, случайность. Возможность проявления некоторых социально-экономических и технологических процессов приводит к тому, что в подобных условиях одно и то же событие может происходить неодинаково. Это говорит о невозможности однозначного прогноза наступления ожидаемого результата;

- в – третьих, наличие противоборствующих тенденций, разногласие в интересах. Например, в результате военных действий предприниматель может столкнуться с запретом на экспорт или импорт, конфискацией товаров и предприятий, а также замораживанием иностранных инвестиций;

- в – четвертых, вероятностный характер НТП: общее направление развития науки и техники может быть предсказано с определенной точностью, т.е. технический прогресс недостижим без риска, что предопределено его вероятностной природой.

- в – пятых, неполнота информации о процессе, явлении, по отношению к которому принимается решение, а также изменчивость информации. Чем ниже качество информации, которая используется при принятии решений, тем выше риск наступления нежелательных последствий такого решения.

Выделяют следующие основные виды рыночных рисков:

1. Процентный риск
2. Фондовый риск
3. Валютный риск

Процентный риск - это один из видов банковского риска, обусловленный колебанием рыночных процентных ставок, которое может привести к уменьшению или к потере прибыли банка от кредитно-депозитных операций.

Фондовый риск или риск инвестиций в акции - это риск убытков, который может возникнуть вследствие неблагоприятного изменения рыночных цен на фондовые ценности (ценные бумаги, а также закрепляющие права на участие в управлении) торгового портфеля и производные финансовые инструменты под влиянием факторов, связанных как с эмитентом фондовых ценностей и производных финансовых инструментов, так и общими колебаниями рыночных цен на финансовые инструменты. Т.е. компания несет убытки, так как стоимость ее ценных бумаг падает.

Валютный риск, или риск курсовых потерь, связан с интернационализацией рынка банковских операций, созданием транснациональных (совместных) предприятий и банковских учреждений и диверсификацией их деятельности; представляет собой возможность денежных потерь в результате колебаний валютных курсов.

Во втором разделе «Модели гетероскедастичности» рассматриваются модели ARCH, GARCH и дополненные GARCH модели.

В первую очередь определяется понятие «волатильность». Волатильностью называют статистический финансовый показатель, характеризующий изменчивость цены актива [2]. Волатильность отражает степень неопределенности того, насколько сильно может измениться цена ценной бумаги.

При высокой волатильности цена может значительно измениться в любом направлении за короткий промежуток времени. При низкой волатильности цена ценной бумаги будет изменяться равномерно, плавно в течении длительного периода времени. Исходя из показателя волатильности можно оценить, насколько рискованно вкладывать деньги в тот или иной инструмент. Чем выше волатильность курса в данный промежуток времени, тем выше и риски.

Для описания изменчивости волатильности во времени, для решения проблемы учета серий случайных больших выбросов доходностей финансовых инструментов, а также неоднородности случайных ошибок при расчете волатильности широкое применение получили модели условной гетероскедастичности (ARCH-GARCH). Гетероскедастичность означает неоднородность наблюдений, которая выражается в неодинаковой (непостоянной) дисперсии случайной ошибки регрессионной модели.

Модель ARCH впервые была предложена Энглом в 1982 году [1]. Авторегрессионная условная гетероскедастичность (ARCH – AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity) - применяемая в эконометрике модель для анализа временных рядов (в первую очередь финансовых) у которых условная (по прошлым значениям ряда) дисперсия ряда зависит от прошлых значений ряда, прошлых значений этих дисперсий и иных факторов. Данная модель предназначена для объяснения кластеризации волатильности на финансовых рынках, когда периоды высокой волатильности длятся некоторое время, сме-

няясь затем периодами низкой волатильности, причем среднюю (долгосрочную, безусловную) волатильность можно считать относительно стабильной. Обозначим p_t – стоимость финансового актива в момент t , тогда $r_t = \ln \frac{p_t}{p_{t-1}}$ – логарифмическая доходность финансового актива момент t .

Пусть I_{t-1} – информация о прошлом, содержащая значения всех цен вплоть до момента $t - 1$. Инвестор владеет информацией I_{t-1} во время принятия инвестиционного решения в момент $t - 1$. Ожидаемая доходность μ_t актива есть условное среднее от r_t , при условии I_{t-1} , т.е. $\mu_t = E(r_t | I_{t-1})$.

Тогда $\varepsilon_t = r_t - \mu_t$ есть неожиданная часть доходности в момент t . Ожидаемая волатильность σ_t^2 в момент t есть условная дисперсия переменной r_t при условии I_{t-1} , т.е. $\sigma_t^2 = Var(r_t | I_{t-1})$.

Модель, которую предложил Энгл – авторегрессионная модель условной гетероскедастичности порядка q , или ARCH(q).

Пусть (u_n) есть последовательность i.i.d. случайных переменных, таких, что $u_t \sim N(0, 1)$. Процесс (ε_t) называется процессом ARCH(q), если

$$\varepsilon_t = \sigma_t u_t, t \in Z \quad (1.1)$$

где (σ_t) есть неотрицательный процесс, такой, что

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (1.2)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_q$ являются параметрами. Эффект шока от доходности за период i ($i \leq q$) на текущую волатильность выражается параметром α_i .

Уже в 1986 году Боллерслев [3] предложил обобщение этой модели (GARCH). Обобщенная модель авторегрессионной условной гетероскедастичности Боллерслева ограничивает условную переменную временного ряда зависимостью от квадратов остатков предыдущего временного периода. Модели типа GARCH предназначены для объяснения кластеризации волатильности. Этот феномен также называют GARCH-эффектом.

Процесс (ε_t) есть обобщенный авторегрессионный условно гетероскедастичный процесс GARCH(1,1), если $\varepsilon_t = \sigma_t u_t, t \in Z$, где (σ_t) есть неотрица-

тельный процесс, такой, что

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \epsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (1.3)$$

В этой модели параметр α отражает влияние случайных отклонений в предыдущий период на σ_t , а β измеряет часть реализованной дисперсии в предыдущий период, которая переносится в текущий. Величины параметров α и β определяют краткосрочную динамику волатильности временного ряда, сумма $\alpha + \beta$ этих параметров отражает эффект сохранения волатильности во времени.

Многие исследователи в качестве прокси-переменной для количества информации, поступившей на рынок, используют объем торгов. Используется следующее предположение: чем больше новостей, связанных с некоторой компанией (ценной бумагой), поступает на рынок, тем большее количество инвесторов интерпретируют эффект этих новостей различным образом и, следовательно, получают стимул к торговле. Если ожидания разных групп инвесторов относительно будущего различаются, то осуществляется большее количество биржевых сделок. Таким образом, происходит одновременное увеличение объема сделок и волатильности. Заметим, что положительная корреляция между объемом торгов и волатильностью подтверждена многими эмпирическими исследованиями [5]. Это наблюдение дало толчок к развитию следующей альтернативной модели, дополненной объемом торгов.

Рассматриваются дополненные объемом торгов GARCH(1,1)-модели:

1. Модель, дополненная текущим объемом (GARCH-volume)
2. Модель, дополненная вчерашним объемом (GARCH-volume-L)

В случае модели, дополненной объемом, процесс ϵ_t таков, что:

$$\epsilon_t = \sigma_t u_t, t \in Z, \quad (1.4)$$

где σ_t – неотрицательный процесс, такой, что:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \epsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \gamma V_t, \quad (1.5)$$

где $V_t = \nu_t/\nu^*$ – масштабированный объем торгов (ν_t – величина объема торгов ценной бумаги в день t и $\nu^* = \max_t \nu_t$), u_t – нормально распределенные независимые величины, $\omega > 0, \alpha, \beta \geq 0, \alpha + \beta < 1, \gamma$ – параметры модели.

Чтобы оценить влияние предыдущего объема торгов на эффект сохранения волатильности в модели GARCH, рассматривается модель, дополненная вчерашним объемом:

$$\varepsilon_t = \sigma_t u_t, t \in Z, \quad (1.6)$$

где σ_t – неотрицательный процесс, такой, что:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \gamma V_{t-1}, \quad (1.7)$$

где $V_{t-1} = \nu_{t-1}/\nu^*$ – масштабированный объем торгов (ν_{t-1} – величина объема торгов ценной бумаги в день $t-1$), u_t – нормально распределенные независимые величины, $\omega > 0, \alpha, \beta \geq 0, \alpha + \beta < 1, \gamma$ – параметры модели.

Третий раздел работы – эмпирическое исследование. За основу были взяты данные о доходностях акций (а, именно, недельные цены закрытия) 5-ти компаний, входящих в список FTSE 100 (англ. Financial Times Stock Exchange Index, рус. Футси 100) – ведущий индекс Британской фондовой биржи (лондонский биржевой индекс), считается одним из наиболее влиятельных биржевых индикаторов в Европе [7]. Данные взяты за период: 2 января, 2014 – 30 декабря, 2016 по следующим компаниям: British American Tobacco (Табачная отрасль), Barclays (Банковское дело), HSBC (Банковское дело), Legal General (Страхование), Centrica (Энергетика). Проведенный анализ данных показал, что нулевая гипотеза о нормальном распределении логарифмических доходностей отвергается для всех компаний.

Для написания программного продукта использовался пакет Matlab. Параметры модели были найдены методом максимального правдоподобия. Входными данными в данном пакете является столбец логарифмических доходностей финансового актива r_t , а выходными – коэффициенты α, β, ω .

По результатам оценки параметров модели GARCH (1,1) $\alpha + \beta$ превышает 0,9 для большинства компаний, что свидетельствует о присутствии GARCH-

эффекта. Добавление объема торгов привело к ослаблению GARCH-эффекта для всех компаний.

Применение модели GARCH, дополненной текущим объемом (GARCH-volume) показало, что как только объем V_t включался в качестве объясняющей переменной в уравнение, для большинства компаний из списка FTSE100 сумма $\alpha + \beta$ становилась меньше, чем соответствующая величина чистой модели GARCH(1,1). Таким образом, ослабление GARCH-эффекта позволяет утверждать, что текущий объем торгов является хорошей прокси-переменной количества информации, поступающей на рынок. Применение модели, дополненной вчерашним объемом (GARCH-volume-L) не дало никаких свидетельств о влиянии лага объемов торгов на волатильность. Более того, оценки параметров α , β близки по значениям к соответствующим оценкам модели GARCH(1,1).

В силу того что GARCH (1,1) (нулевая модель) является частным случаем модели GARCH-volume (альтернативной модели), для их сравнения может быть использован тест отношения правдоподобия [6]. Тест отношения правдоподобия отвергает нулевую гипотезу, если значение статистики больше критического значения при заданном уровне значимости.

В приложении представлен код на Matlab для реализации GARCH(1,1) модели, а также моделей, дополненных объемом торгов (GARCH-volume и GARCH-volume-L).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были рассмотрены обобщенные авторегрессионные модели условной гетероскедастичности, а именно, модель- GARCH и GARCH модели, дополненные объемом. Модель GARCH была дополнена объемом торгов с целью оценки его влияния на волатильность. Нужно отметить значительное влияние объемов торгов на текущую волатильность акций. Включение объема торгов в GARCH-модель первого порядка в качестве экзогенной переменной приводит к уменьшению GARCH- эффекта. Это означает, что объемы торгов хорошо описывают и объясняют текущую волатильность.

В случае нестабильной ситуации на финансовых рынках, характеризующейся высокой изменчивостью значений различных показателей (курсов валют, акций, ставок по кредитам и т.д.), имеет место гетероскедастичность (т.е. изменчивость дисперсии на различных интервалах наблюдения). Обычные линейные регрессионные модели в таком случае могут оказаться слишком грубыми. Одним из возможных решений данной проблемы является использование моделей типа GARCH, хорошо описывающие такую изменчивость волатильности во времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Engle, R.F. Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with the Estimates of the Variance of U.K. Inflation / R.F. Engle // *Econometrica*. – 1982. – № 50. – P. 987–1008.
2. Волатильность [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Волатильность> (Дата обращения 02.03.2017).
3. Bollerslev T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, Vol. 31, pp. 307–327.
4. Орлова, И.В., Пилипенко, А.И., Половников, В.А., Федосеев, В.В., Орлов, П.В. Оценка и анализ рисков. – Москва, 2002. – С. 4–9.
5. Karpoff J.M. The relation between price changes and trading volume: a survey. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, – Vol. 22, pp. 109–126, 1987.
6. Cox D.R., Hinkley D.V. .Theoretical Statistics. Chapman and Hall. – 1974. *Statistics*, Vol. 2, pp. 253–260.
7. Данные по компаниям FTSE 100 [Электронный ресурс]. – URL: <http://finance.yahoo.com> (Дата обращения 27.03.2017).