

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМИТЕТОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ РЕАКЦИИ ЦЕН НА НЕФТЬ НА ИЗМЕНЕНИЕ В ЗАПАСАХ НЕФТИ***Виктория Викторовна АКБЕРДИНА^а, Николай Павлович ЧЕРНАВИН^б, Федор Павлович ЧЕРНАВИН^с**

^а доктор экономических наук, доцент, профессор, руководитель отдела региональной промышленной политики и экономической безопасности, Институт экономики Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Российская Федерация
akb_vic@mail.ru
orcid.org/0000-0002-6463-4008
SPIN-код: 3338-6438

^б аспирант, Институт экономики Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Российская Федерация
ch_k@mail.ru
orcid.org/0000-0002-2093-9715
SPIN-код: 5722-9436

^с кандидат экономических наук, главный экономист ПАО «Сбербанк», Екатеринбург, Российская Федерация
chernavin_fedor@mail.ru
orcid.org/0000-0003-4105-231X
SPIN-код: 9237-5190

• Ответственный автор

История статьи:

Получена 27.02.2018

Получена в доработанном виде 13.03.2018

Одобрена 28.03.2018

Доступна онлайн 29.05.2018

УДК 51-77+330.4+336.764/.768

JEL: C38, C53, C65, G17

Ключевые слова: метод комитетов, анализ данных, финансовые рынки, нефть Brent, отчет EIA

Аннотация

Предмет. Прогнозирование цен на нефть, которое имеет особое значение для всех участников финансовых рынков, так как этот фактор влияет на отрасль.

Цели. Раскрыть логику развития методов анализа и прогнозирования, используемых на финансовых рынках, выработать методологию работы с комитетными конструкциями при анализе данных с финансовых рынков, построить комитетную модель для прогнозирования движений на рынке нефти.

Методология. Применялся метод комитета большинства. Источником информации о рыночных ценах и запасах нефти выступили данные с сайтов компании Финам, Investing.com и аналитической платформы Bloomberg.

Результаты. В рамках составления модели комитета большинства проведен анализ внутрисуточных котировок в день выхода отчета EIA и изменения запасов нефти за период с 11.02.2009 по 14.02.2018. Составлена модель для прогнозирования повышенной волатильности цен на нефть после выхода отчета EIA с долей верных прогнозов более 79 на обучающей выборке и 57 на контрольной.

Выводы. Метод комитетов применим в качестве инструмента прогнозирования изменения ценовых движений нефти.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

Для цитирования: Акбердина В.В., Чернавин Н.П., Чернавин Ф.П. Применение метода комитетов к прогнозированию реакции цен на нефть на изменение в запасах нефти // *Финансы и кредит*. — 2018. — Т. 24, № 5. — С. 1079 — 1097.

<https://doi.org/10.24891/fc.24.5.1079>

Введение

Финансовый рынок выступает важной структурой в системе рыночных отношений.

Здесь путем совершения сделок с финансовыми активами осуществляется перераспределение временно свободных денежных средств между различными экономическими участниками. Но финансовые рынки являются не только средством перераспределения финансовых

*Статья составлена в соответствии с планом НИР ИЭ УрО РАН «Методология исследования структурных изменений отраслевых рынков в условиях трансформации механизмов управления государственными ресурсами» № 0404-2015-0015 в ИСГЗ ФАНО.

ресурсов, но и составляют важный индикатор состояния всей финансовой системы и экономики в целом. Можно сказать, что смысл финансового рынка состоит скорее в выявлении направления перераспределения, которое позволяет выделять наиболее эффективные сферы приложения денежных ресурсов в экономике.

В свою очередь для субъекта хозяйственной деятельности финансовые рынки представляют возможность поучаствовать в этом перераспределении в целях извлечения прибыли. Однако данные рынки лишь перераспределяют финансовые ресурсы, а не создают, поэтому любой заработок одного участника здесь — это убыток другого. Таким образом, можно говорить об особо конкурентной среде на финансовых рынках. Чтобы победить при столь высокой конкуренции необходимо понимать взаимодействие различных сил на финансовых рынках и их влияние на котировки активов, чтобы успешно прогнозировать цены на них. Экономические законы рынка и психологию толпы формируют нелинейные зависимости, понимание которых требует целостного восприятия финансовых рынков. Формирование такого восприятия требует колоссального опыта работы на финансовых рынках и многих лет постоянного изучения всех их аспектов. Более того, кроме знаний требуется психологическая устойчивость, чтобы быть способным не дать своим эмоциям повлиять на объективность принимаемых решений.

Однако на современном этапе развития финансовых рынков появилась возможность использовать технологии автоматизированного анализа данных для прогнозирования движения цен финансовых активов, которые способны учитывать даже нелинейные зависимости. Наиболее популярные на сегодня технологии нейросетевого моделирования позволяют строить торговые стратегии даже без многолетнего опыта и психологической устойчивости, но требуют широких математических познаний в теории построения нейронных сетей. Поэтому поиск оптимального решения между способностью

модели эффективно прогнозировать рыночные котировки и легкостью в изучении и построении такой модели является значимой проблемой в теории инвестирования и работы на финансовых рынках.

В рамках данной статьи авторами представлена работа метода комитетов применительно к фьючерсу на нефть, одному из наиболее значимых инструментов финансового рынка. Соответственно цель работы состоит в том, чтобы показать практическое применение метода комитетов к прогнозированию будущих котировок цен на нефть.

Анализ финансовых рынков

На сегодня методы технического анализа являются наиболее популярными инструментами на финансовых рынках. Технический анализ финансовых рынков — это совокупность методов прогнозирования будущей динамики цены финансового актива на основе прошлого движения его цены и объемов торгов. Историю развития данного вида анализа можно условно разделить на два основных периода:

- 1900-х по 1970-е гг.;
- 1977 г. по настоящий момент.

Начало XX в. стало важным периодом в развитии финансового рынка в США. Особенно это касается 1920-х гг., когда рост экономики США был особенно впечатляющим в связи с итогами I Мировой войны, в результате которой основной конкурент США в лице Европы и России на долгое время выбыл из игры. Вместе с тем на заре XX в. бурно начали вводиться научные новшества в повседневную жизнь. Началась электрификация, появились автомобилестроение, кинематограф и многое другое. К 1929 г. на Америку приходилась половина мировой промышленной продукции¹. Такое позитивное положение дел, естественно, привело к росту фондового рынка и соответственно и интереса к нему. Именно в это время происходит

¹ История США. Т. 3. М.: НАУКА, 1985.
URL: http://www.history.vuzlib.su/book_o072_page_23.html

формирование мифа о легких деньгах, предоставляемых за счет инвестиций в финансовые инструменты, что привело буквально к взрывному росту объемов торгов на фондовых биржах США. Вместе с тем на финансовые рынки стали все больше внедряться новые технологии, такие как телеграф и телефон. Это была настоящая революция с точки зрения распространения информации. Иными словами, в данном периоде резко возросла скорость принятия решений и соответственно появилась потребность в развитии методов, способных проанализировать возросший поток данных.

В это время принципиально новые идеи для анализа финансовых данных предложил американский журналист, сооснователь Dow Jones & Company — Чарльз Доу. Им в период с 1900 по 1902 г. была опубликована серия статей о рынке ценных бумаг, которые легли в основу «теории Доу». Согласно «теории Доу» при торговле на рынке ценных бумаг необходимо руководствоваться принципами, указанными в *табл. 1*.

Эти принципы легли в основу методов технического анализа, став своего рода аксиомами спекулятивной торговли. Даже несмотря на то, что данные идеи были выдвинуты более чем 100 лет назад, они остаются столь же актуальными, как и раньше.

Второй период начинается свой отчет с 1977 г. Это связано с тем, что в июне 1977 г. был выпущен персональный компьютер Apple II, который ввел вычислительные технологии в массовый обиход. Именно с данного момента начинается новый виток в развитии технического анализа за счет применения вычислительных технологий. Появились возможности мгновенной визуализации текущих данных в виде графиков, а также проведение анализа поступающей информации в реальном времени, что значительно простимулировало процесс развития методов технического анализа. В первую очередь это коснулось методов графического анализа, которые благодаря своей простоте и наглядности привлекли наиболее широкое внимание публики.

Но вместе с тем колоссальный рывок получили и количественные методы, прогнозирующие рынок посредством математических вычислений. Одним из родоначальников данного метода считается Эдвард Торп, американский профессор математики. Еще в 1967 г. Торп показал применимость классической теории вероятности для прогнозирования биржевых котировок в своей книге «Победи рынок: научная система фондового рынка», где доказывает, что с использованием математических методов можно приобрести преимущество при игре на бирже [1].

Несмотря на это количественные методы анализа не сразу нашли свое место под солнцем, что связано, во-первых, с их сложностью, требующей значительных познаний в математике; во-вторых, с инфраструктурной неготовностью отрасли (не было еще всеобщей информатизации, низких комиссий, необходимого программного обеспечения). Поэтому развитие количественных методик приобрело известность лишь значительно позднее. Вместе с тем поскольку развитие указанных методов не сразу приобрело популярность, постепенно такие методы отделились от технического анализа и стали самостоятельным направлением.

Следующей важной точкой развития в указанном периоде стало появление Интернета. За счет внедрения онлайн технологий произошли значимые изменения в самой процедуре торгов. Появилась возможность практически мгновенной подачи заявок на покупку/продажу через онлайн-терминалы. Более того, участникам рынка стала в одинаковой мере доступна большая часть значимой финансовой информации. Так, финансовый рынок стал настоящим олицетворением эффективного рынка. Говоря об этом в рамках гипотезы эффективного рынка Юджина Фамы, можно сказать о переходе рыночной эффективности со слабой формы (известна цена финансового актива и объемы торгов им) к средней форме (дополнительно доступна в равной мере вся публичная информация, влияющая на финансовый актив).

Всеобщее внедрение электронных технологий и соответствующее увеличение эффективности повлекло за собой структурные изменения на самой фондовой бирже, которые происходят прямо на наших глазах. В первую очередь второе рождение получили количественные методы инвестиций. Среди трейдеров всеобщими и употребимыми стали словосочетания «алгоритмическая торговля», «автоматизированная торговля», «роботы» и неиспользование их в торговле уже считается дурным тоном. Соответствующие изменения коснулись и самих участников торгов. Появилась отдельная каста трейдеров, называемых квантами, и соответствующие им квантовые хедж-фонды.

На *рис. 1* представлен график доли торгов на американском рынке в зависимости от вида инвестора по данным нью-йоркской исследовательской фирмы Tabb Group. Согласно им уже в начале 2010 г. на квантовые фонды приходилось практически 13,75 рынка, что было на уровне доли, приходящейся на банковский трейдинг и почти на 10 меньше доли традиционных управляющих активами, а для остальных хедж-фондов разница составляла более 11. Такие цифры уже впечатляют, однако к началу 2017 г. ситуация снова меняется в сторону квантовых фондов. Они становятся абсолютными лидерами с долей около 27,5, опережая предыдущего лидера примерно на 5.

Таким образом, видно, что количественные методы анализа занимают особое место на финансовом рынке и имеют колоссальные темпы развития. Вместе с ними растет и количество самих методов, которые в перспективе могут зарабатывать миллиарды долларов. Однако стоит отметить, что большинство методов не были созданы именно для прогнозирования и работы на финансовых рынках, а пришли из других областей. Сейчас всеобщее внимание финансового сообщества привлечено к нейросетевым методам анализа, однако существуют и другие методы, не нашедшие до сих пор своего места среди всей совокупности количественных методов. К ним, на наш взгляд, можно отнести метод комитетов.

Метод комитетов

Этот метод относится к методам классификации, который несмотря на значительный аналитический потенциал так и не нашел широкого применения на финансовых рынках. Метод комитетов позволяет получить некоторое обобщенное решение в противоречивых ситуациях, когда однозначное решение отсутствует [2]. Понятие комитета было введено в 1965 г. в статьях по распознаванию образов С.М. Эйблоу и Д.Дж. Кейлора [3, 4]. Дальнейшие значимые теоретические и практические разработки метода были проведены в трудах отечественных ученых, докторов физико-математических наук, В.Д. Мазурова и М.Ю. Хачая [2, 7–13]. Логика работы метода напоминает работу «обычного комитета» как коллегиального руководящего органа, где решение принимается на основании решений группы экспертов. В случае метода комитетов роль экспертов исполняют несколько разделяющих линейных дискриминантов (гиперплоскостей), называемых также членами комитета, каждый из которых голосует за решение по-своему. Графически в самом простом виде разделение выглядит как показано на *рис. 2*.

Из *рис. 2* видно, что в случае двух признаков классификация геометрически представима в виде двумерного пространства, а член комитета в виде линии². Для понимания сути классификации с использованием метода комитетов рассмотрим более сложные классы объектов в пространстве двух признаков, разделенные комитетом из семи членов. Пример такой классификации с отображением направления «голосования» членов комитета в виде стрелок приведен на *рис. 3*.

В зависимости от методики оценки решений каждого отдельного члена комитета выделяют комитеты единогласия, большинства и старшинства. В случае *рис. 3* имел место комитет единогласия, так как разделение происходило только по единогласному решению всех членов комитета. В данной

² В случае n -го числа признаков, классификация будет представима в виде n -мерного пространства с разделяющими гиперплоскостями $(n - 1)$ порядка

работе будет использоваться комитет большинства, где для принятия решения достаточно «голосования за» более половины членов комитета. Математическое представление комитета большинства:

$$\sum_{i \in I} p_{ij} \cdot x_i^t + b^t - L \cdot z_j^t \leq \varepsilon \quad j \in J_1, t \in T; \quad (1)$$

$$\sum_{i \in I} p_{ij} \cdot x_i^t + b^t + L \cdot z_j^t \geq -\varepsilon \quad j \in J_2, t \in T; \quad (2)$$

$$\sum_{t \in T} z_j^t \leq m + y_j \quad j \in J_1; \quad (3)$$

$$\sum_{t \in T} z_j^t \leq m + y_j \quad j \in J_2; \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J_1} y_j \leq K_1 \cdot f; \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J_2} y_j \leq K_2 \cdot f. \quad (6)$$

При следующей целевой функции минимума:

$$\min f. \quad (7)$$

Описание обозначений из (1–7) даны в табл. 2.

Стоит отметить, что в последнем исследовании авторов³ также использовался метод комитета большинства для прогнозирования биржевых котировок, однако в нем не использовался Чебышевский критерий, в связи с чем результаты для одного из классифицируемых множеств могли быть значительно хуже, чем для другого. Попробуем показать работу метода на примере фьючерса на нефть, одного из наиболее значимых финансовых активов, котировки которого имеют непосредственное влияние, практически на все сегменты рынка.

Рынок нефти

На текущий момент анализ нефтяных котировок является крайне востребованным направлением анализа на финансовых рынках, так как нефть — это основополагающий ресурс современной экономики. Уровень цен на нефть способен кардинально менять саму структуру мировой экономики и оказывать

влияние на все сферы нашей жизни. Более того, указанный актив крайне чувствителен к любым изменениям как фундаментального, так и технического характера, и поэтому ему присуща высокая волатильность. Из-за этого прогнозирование цен на нефть представляет интерес для самого широкого круга участников финансовых рынков. В зависимости от выбранной оценки строятся бюджеты стран, планы компаний, торговые стратегии.

В свою очередь существует проблема недостоверности выбранных прогнозов реальной действительности. Многие аналитики смело готовы заявлять о грядущих ценах на нефть, несмотря на изменчивый характер самого актива. Основой для таких заявлений служат, как правило, результаты фундаментального и технического анализа, которые являются наиболее популярными и проверенными временем методиками анализа.

Технический анализ финансовых рынков — это совокупность методов прогнозирования будущей динамики цены финансового актива на основе прошлого движения его цены и объемов торгов. В основе его лежит графический и количественный анализ поступающей биржевой информации.

Фундаментальный анализ занимается оценкой ситуации с точки зрения политической, экономической и финансово-кредитной политики. Информация об учетных ставках центральных банков, экономический курс правительства, возможные перемены в политической жизни страны, а также всевозможные слухи и ожидания являются наиболее важными в фундаментальном анализе.

Как правило, полноценный анализ цен на нефть включает в себя оба этих вида. Однако нередки случаи, когда при одинаковых входных данных аналитики принимают диаметрально противоположные решения. Это связано с большой ролью опыта работы аналитика на финансовых рынках, который позволяет взвешивать роль и силу всей совокупности фундаментальных и технических факторов, что приводит в итоге к

³ Акбердина В.В., Чернавин Н.П., Чернавин Ф.П. Применение метода комитетов к прогнозированию движения валютных курсов и цен на нефть // Финансы и кредит. 2017. Т. 23. № 46. С. 2746–2761.

конечному решению. В свою очередь надо иметь в виду, что принимаемое решение подвержено влиянию человеческого фактора и может зависеть от психологического, эмоционального и физиологического состояния аналитика.

Современные технологии машинного обучения позволяют минимизировать роль человеческого фактора в принятии решений. Более того, аналитику требуется значительное время для анализа всей текущей информации, машине для этого нужно лишь мгновение. В данной статье показано применение такого метода машинного обучения, как метод комитетов.

Для прогнозирования котировок нефти необходимо выбрать, какие фундаментальные и технические факторы мы будем использовать, а также определиться в каком временном горизонте мы будем делать прогноз. Из всей совокупности фундаментальных факторов в случае нефти особо выделяется отчет по запасам сырой нефти Информационного Агентства энергетики (EIA). Данный отчет определяет еженедельное увеличение баррелей коммерческой нефти, имеющихся в наличии американских фирм. Уровень материальных запасов влияет на цену нефтепродуктов, которые в свою очередь оказывают влияние на инфляцию и другие экономические силы⁴.

При прогнозировании реакции рынка на выход новых данных по запасам наибольшее значение имеет не сам факт увеличения или уменьшения запасов, а насколько сильно изменения соответствуют ожиданиям участников рынка. Последние определяются многочисленным количеством факторов, но в случае отчета по запасам EIA основную роль играют данные по запасам Американского института нефти (далее по тексту — API (American Petroleum Institute)), единственной национальной неправительственной организации США, занимающейся исследованиями всех аспектов и обеспечивающей деятельность по регулированию вопросов в области нефтяной и газовой промышленности. Каждую неделю институт API публикует отчет, основанный на

⁴ Запасы сырой нефти в США. URL: <https://ru.investing.com/economic-calendar/eia-crude-oil-inventories-75>

прогнозах изменений в нефтяной промышленности США за неделю. Стоит сказать, что данные API выходят днем раньше отчета по запасам EIA. За столь короткое время, как правило, не успевает появиться новая информация, способная существенно повлиять на ожидания рынка, поэтому можно говорить, что рост волатильности цены на нефть отмечается в случае резких расхождений между отчетом API и официальными данными EIA. Однако даже при незначительных расхождениях при работе в краткосрочном временном периоде отмечается повышенная волатильность⁵.

Описание прогностической модели

В соответствии с описанием рынка нефти попробуем составить прогностическую модель. Для этого выделим следующие общие зависимости реакции цен на нефть от данных по запасам EIA, на которую можно обратить внимание при исследовании движения котировок в момент выхода данных.

Существует первоначальная реакция рынка на данные по запасам, когда участники торгов еще не успели в полной мере оценить всю роль новых значений. Такая реакция отличается высокими выбросами цен с моментальными изменениями цены в течение первых секунд после выхода данных.

За первоначальной реакцией следует ответная реакция, которая либо подтверждает первоначальную реакцию, либо опровергает, если окажется, что первоначальная реакция была ошибочной.

Зачастую первоначальную реакцию сложно предсказать, особенно когда данные по запасам не слишком сильно расходятся с текущими ожиданиями рынка. Более того, так как первоначальная реакция происходит практически мгновенно, то бессмысленно пытаться оценить ее в момент выхода данных. Однако для трейдеров для выбора величины фиксации убытков (стоп-лосс) и фиксации прибыли (тейк-профита) может представлять

⁵ Запасы нефти в США по данным API (Американского института нефти). URL: <https://fortrader.org/economic-forex/zapasy-syroj-nefti-v-ssha-po-dannym-amerikanskogo-institutita-nefti-api.html>

интерес возможность оценки дальнейшей краткосрочной волатильности рынка в зависимости от величины первоначальной реакции и других сопутствующих фундаментальных и технических факторов.

Таким образом, выделим искомую величину для прогнозирования и информативные параметры. Влияние данных на рынок имеет ограниченный характер, и сила этого влияния с течением времени естественно ослабевает, поэтому для оценки имеет смысл использовать короткий временной интервал. В рамках данной статьи было решено, что первоначальная реакция рынка может быть оценена в течение первых 5 минут после выхода данных, а прогноз имеет смысл делать через 30 минут после первоначальной реакции, так как, на наш взгляд, это оптимальное время для оценки рынка участниками и не слишком длинный диапазон, чтобы на рынок могли повлиять дополнительные факторы. Соответственно будем прогнозировать не направление движения цен на нефть марки Brent, а силу этого движения, таким образом, что если изменение цены оказалось выше, чем величина средней недельной получасовой волатильности цен на нефть марки Brent, то наблюдение с таким изменением цены будем относить к классу J_1 , иначе наблюдение относим к классу J_2 . В указанной формулировке задачи можно выделить следующие параметры p_{ij} для каждого j -го наблюдения, указанные в *табл. 3*.

Приведенные в *табл. 3* фундаментальные параметры отражают в количественном выражении соответствие запасов рыночным ожиданиям. В свою очередь обозначенные технические параметры выражают общую реакцию рынка на фундаментальные изменения запасов и общую волатильность.

Результаты

Для анализа были собраны данные по запасам EIA и API, а также 5-минутным котировкам нефти марки Brent за период с 11.02.2009 по 09.08.2017. Данные были получены с использованием сайтов компании Финам, Investing.com и аналитической платформы

Bloomberg. Указанные сведения были обработаны и сформировали обучающие и контрольное множества с характеристиками, указанными в *табл. 4*.

При составлении контрольного множества для сохранения репрезентативности были учтены следующие факторы. Во-первых, в связи с немногочисленностью наблюдений контрольное множество составляет $1/3$ от числа наблюдений в обучающем множестве. Во-вторых, в контрольном множестве присутствуют данные не только за 2009 и 2010 гг., но и последние данные за 2017 и 2018 гг. В-третьих, контрольное множество делится поровну на классы J_1 и J_2 , чтобы иметь возможность объективно оценить решающее правило в случае, если оно окажется эффективным в определении лишь одного класса из двух. По обучающему множеству были построены для сравнения комитеты большинства из трех, пяти и семи членов. Результаты прогнозирования на обучающем и контрольном множествах представлены в *табл. 5*.

Перед тем как анализировать результаты, стоит оговорить, какие результаты можно назвать удовлетворительными при выполнении следующих двух условий:

- классификация для каждого класса на обучающем множестве имеет более 50 верных решений;
- общая классификация на контрольном множестве имеет более 50 верных решений.

Указанные правила позволяют утверждать, что построенная модель превосходит принятие решений без стратегии, когда вероятность равняется 50. Исходя из *табл. 5* мы можем видеть, что под выбранные условия подходят все решающие правила. В связи с этим необходимо определить, какой фактор будет решающим при оценке качества решающего правила. В первую очередь отметим, что с практической точки зрения основное значение имеет не результат, полученный на обучающей выборке, а результат контрольной выборки. Кроме того, важен результат, полученный для каждого класса, так как низкий результат по

одному классу даже при высоком результате другого класса, будет говорить о нестабильности прогностической способности данной модели. В связи с этим в последнем столбце таблицы введен коэффициент $J_1 \cdot J_2$, представляющий собой произведение результатов для каждого класса.

Теперь вернемся к *табл. 5* и рассмотрим ее подробней. Здесь можно видеть, что на обучающем множестве с ростом числа членов комитета происходит стабильный рост общего числа верных решений. При этом можно заметить, что начиная с комитета из семи членов начинает увеличиваться расхождение между классами J_1 и J_2 , которое составляет 11,66 и 16,96 для комитетов из семи и девяти членов соответственно, тогда как для комитетов из трех и пяти членов этот показатель равен лишь 6,45. Однако при этом контрольное множество показывает обратный результат, и начиная с седьмого члена снижается общее количество верных решений и увеличивается расхождение между классами J_1 и J_2 .

Несмотря на то, что комитет из трех членов показал итоговый результат на обучающей выборке хуже, чем остальные комитеты, но при этом этот комитет обладает наилучшим коэффициентом $J_1 \cdot J_2$. Стоит отметить, что комитет из пяти членов также показал качественный результат по общему числу верных решений для обучающего и контрольного множеств: 71,73 и 64,86 соответственно. Однако на контрольном множестве, несмотря на самый лучший общий результат, его коэффициент $J_1 \cdot J_2$, так и остался низким в связи с большим расхождением между классами J_1 и J_2 , которое составило целых 67,3, что говорит о возможных повышенных рисках снижения прогностической способности данного решающего правила. В *табл. 6* приведены коэффициенты для комитета из трех членов.

Внимательный читатель заметит, что в *табл. 6* коэффициенты для x_8^t принимают значение +1 или -1. Это связано с тем, что коэффициенты каждого члена комитета в нашей модели нормировались относительно значения для x_8^t , поскольку такой вид

решающего правила, с точки зрения авторов, представлялся более простым для восприятия.

Для оценки роли параметров в модели и сравнения полученных результатов были также проведены расчеты с изменением двух параметров, а именно p_{1j} и p_{3j} . При расчете указанных параметров были заменены значения запасов API, значением прогнозируемых запасов согласно аналитической платформе Bloomberg. Такое изменение связано с тем, что многие профессиональные трейдеры работают на данной платформе и соответственно обращают значительное внимание на ее прогнозы. В *табл. 7* указаны результаты для модели с измененными параметрами.

Согласно данным все комитеты показали результат, удовлетворяющий обозначенным условиям применимости модели в качестве торговой стратегии. Более того, можно видеть, что закономерность роста общего числа успешного прогнозирования на обучающем множестве и увеличения расхождения перестало выделяться так же четко, как в предыдущем примере в *табл. 5*. При этом стоит отметить, что значительный рост в числе верных решений, как например в случае пяти членов, также в итоге привел к увеличению расхождения на контрольной выборке. При рассмотрении общего результата для обучающего и контрольного множества можно заметить, что перестала проследиваться зависимость увеличения числа успешных прогнозов с ростом числа членов комитета, однако при этом решающим правилам с более высоким результатом на обучающей выборке соответствуют более высокие результаты на контрольной выборке. Таким образом, в случае использования прогнозных значений с платформы Bloomberg связь между обучающей и контрольной выборкой стала более заметной. Согласно коэффициенту $J_1 \cdot J_2$, наилучшие решения дает комитет из девяти членов. Решающее правило для данного комитета представлено в *табл. 8*.

Сравнивая решающие правила из *табл. 6* и *8*, можно отметить, что по коэффициенту $J_1 \cdot J_2$ комитет из трех членов для API

показал слегка более высокий результат, чем комитет из девяти членов для Bloomberg, 0,331 и 0,312 соответственно. Однако при этом комитет из девяти членов обладает значительно более высоким результатом 79,76 с расхождением менее 4 против 68,45 с расхождением более 6 у комитета из трех членов для API. С учетом малого размера контрольной выборки и незначительного расхождения по коэффициенту $J_1 \cdot J_2$ можно говорить о том, что комитет из девяти членов для Bloomberg более эффективен и при увеличении контрольной выборки он сможет улучшить результаты по коэффициенту $J_1 \cdot J_2$.

Заключение

В ходе исследования метод комитетов позволил учесть в модели не только технические данные, такие как биржевая цена актива, но и фундаментальные показатели изменения запасов нефти по отчету EIA с учетом данных по отчету API и прогнозов с платформы Bloomberg. Результатом работы стали построенные решающие правила из трех, пяти, семи и девяти членов комитета.

Анализ полученных результатов позволяет прийти к следующим выводам. В первую очередь комитет из трех членов обладает значительно меньшим количеством верных решений на обучающей выборке. Однако увеличение числа членов комитетов не всегда ведет к росту количества верных решений на обучающей выборке. В случае использования данных по отчету API повышение количества членов комитета действительно привело к увеличению числа верных прогнозов, но уже при использовании прогнозов с платформы Bloomberg данная зависимость не прослеживалась. Однако в случае платформы Bloomberg можно отметить тот факт, что с увеличением числа верных прогнозов на обучающей выборке также растет число верных прогнозов на контрольной выборке. Стоит также отметить, что замечена зависимость между ростом расхождения числа верных прогнозов между классами J_1 и J_2 для обучающей и контрольной выборки. Для случаев со значимыми расхождениями на контрольной выборке были свойственны также

крупные расхождения на обучающей выборке. Таким образом, использование Чебышевского критерия в модели выглядит обосновано, поскольку он позволил минимизировать расхождение на обучающей выборке.

Построенные комитеты могут быть использованы как дополнительный инструмент анализа при торговле сразу после выхода статистики по нефти. Получаемые сигналы по прогнозируемой волатильности могут применяться для управления риском за счет выставления более точных стоп-лосс и тейк-профит заявок.

Сравнение полученных правил показало, что в первом случае использования данных по отчету API более эффективным оказался комитет с минимальным количеством членов (три члена), несмотря на худший результат по обучающей выборке, так как он позволил получить наилучший результат на контрольной выборке по коэффициенту $J_1 \cdot J_2$.

В свою очередь при использовании прогнозов с платформы Bloomberg лучший результат по коэффициенту $J_1 \cdot J_2$ показал комитет с максимальным количеством членов (девять членов). В ходе анализа модели на основе прогнозов с Bloomberg можно прийти к выводу о том, что она более точно отражает реальные торговые зависимости, благодаря чему прослеживается упомянутая прямая зависимость числа верных прогнозов на обучающей и контрольной выборках. В связи с этим можно предположить, что прогноз запасов нефти с аналитической платформы Bloomberg является более значимым для рынка в целом, чем запасы согласно отчету API. Однако данный вопрос не был рассмотрен со всех точек зрения и вероятно модель, использующую данные отчета API, можно улучшить за счет дополнительных параметров. Более того, стоит отметить, что в связи со спецификой исследования, вызванной еженедельной публикацией новых данных по запасам нефти, обучающая и контрольная выборки были относительно небольшими, поэтому с выходом новых данных будет возможность увеличить выборки для дальнейшего улучшения полученных результатов.

Таблица 1**Основные принципы «теории Доу»****Table 1****Basic principles of the Dow theory**

| Принцип | Описание |
|--|---|
| Рынок учитывает все | Любой фактор, способный повлиять на изменение цены, отразится в динамике индекса |
| Существует три типа трендов | Первичный (или долгосрочный). Вторичный (или среднесрочный). Малый (или краткосрочный) |
| Тренд имеет три фазы | Фаза накопления, когда наиболее дальновидные и информированные инвесторы начинают покупать. Вторая фаза участия, когда в игру включаются те, кто использует технические методы следования за тенденциями. Третья фаза реализации, когда в действие вступает широкая публика, и на рынке начинается ажиотаж. Это первый признак окончания тренда |
| Индексы должны подтверждать друг друга | Любой значительный сигнал к повышению или понижению должен пройти по нескольким индексам |
| Биржевые индексы должны подкреплять друг друга | Сигнал от одного технического индикатора должен быть подтвержден показаниями другого технического индикатора |
| Тренд подтверждается объемами торгов | Объем торгов должен повышаться, когда цены двигаются в направлении основной тенденции |

Источник: [14]

Source: [14]

Таблица 2**Описание обозначений из формул (1–7)****Table 2****Description of symbols from formulas (1–7)**

| Обозначения | Описание |
|---------------|--|
| J_1 и J_2 | Множества, которые необходимо разделить |
| J | Множество наблюдений ($J_1 \cup J_2$) |
| K_1 и K_2 | Количество наблюдений для J_1 и J_2 соответственно |
| I | Множество параметров наблюдений |
| T | Множество членов комитета (гиперплоскостей) |
| i, j, t | Индексы для I, J и T соответственно |
| p_{ij} | i -й параметр j -й наблюдения (константы) |
| x_i^t | Коэффициенты гиперплоскостей (искомые переменные) |
| b^t | Свободные члены гиперплоскостей (искомые величины) |
| L | Очень большое число |
| ε | Очень малое число (используемое для строгости ограничений) |
| z_j^t | Булевы переменные для фиксации нарушений условий разделения множеств |
| y_i | Ошибки (погрешность) вычислений |
| m | Меньшинство, то есть менее половины членов комитета (задаваемая константа) |
| f | Величина минимизации (Чебышевский критерий) |

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

Параметры модели оценки волатильности цен на нефть после выхода данных EIA

Table 3

Parameters of the model to estimate the volatility of oil prices after the EIA data release

| <i>i</i> | Описание параметра | Значение |
|----------------------------------|---|--|
| Фундаментальные параметры | | |
| 1 | Относительное изменение запасов EIA с учетом данных по API | $\frac{[\text{Запасы EIA}]^n - [\text{Запасы API}]^n}{[\text{Общий объем запасов}]^n}$, где n — индекс, отражающий порядковый номер выхода данных |
| 2 | Относительное изменение запасов EIA | $\frac{[\text{Запасы EIA}]^n}{[\text{Общий объем запасов}]^n}$ |
| 3 | Предыдущее относительное изменение запасов EIA с учетом данных по API | $\frac{[\text{Запасы EIA}]^{(n-1)} - [\text{Запасы API}]^{(n-1)}}{[\text{Общий объем запасов}]^{(n-1)}}$ |
| 4 | Предыдущее относительное изменение запасов EIA | $\frac{[\text{Запасы EIA}]^{(n-1)}}{[\text{Общий объем запасов}]^{(n-1)}}$ |
| Технические параметры | | |
| 5 | Величина средней 30-минутной волатильности цен на нефть в течение недели | Скользящая средняя абсолютного 30-минутного изменения за неделю |
| 6 | Максимальное изменение цены на нефть в течение 5 мин. после выхода данных | $\frac{[\text{ЦН}_5]^n}{[\text{max или min ЦН}]^n}$, где ЦН_5 — цена нефти за 5 мин. до выхода данных; max или min ЦН — максимум или минимум цены на нефть в течение 5 мин. после выхода данных |
| 7 | Максимальное изменение цены на нефть в течение 5 мин. после выхода данных за прошлую неделю | $\frac{[\text{ЦН}_5]^{(n-1)}}{[\text{max или min ЦН}]^{(n-1)}}$ |
| 8 | Насколько цена на нефть через 5 мин. после выхода данных отличается от максимального изменения в эти 5 мин. | $\frac{[\text{ЦН}^5]^n}{[\text{max или min ЦН}]^n}$, где ЦН^5 — цена нефти через 5 мин. после выхода данных |

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Характеристики обучающего и контрольного множеств

Table 4

Characteristics of the training and control sets

| Показатель | Обучающее множество | | | Контрольное множество | | |
|-----------------------|-----------------------|-------|-----|---|-------|-----|
| | J_1 | J_2 | J | J_1 | J_2 | J |
| Количество наблюдений | 129 | 207 | 336 | 56 | 56 | 112 |
| Период изучения | 10.11.2010—09.08.2017 | | | 11.02.2009—03.11.2010, 09.08.2017—14.02.2018 | | |

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5**Результаты прогнозирования на обучающем и контрольном множестве****Table 5****Results of forecasting on the training and test sets**

| Кол-во членов | Обучающее множество | | | Контрольное множество | | | |
|------------------|---------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-----------------|
| | J_1 | J_2 | J | J_1 | J_2 | J | $J_1 \cdot J_2$ |
| 3 | 72,65 | 66,21 | 68,45 | 53,57 | 61,82 | 57,66 | 0,331 |
| 5 | 67,52 | 73,97 | 71,73 | 98,21 | 30,91 | 64,86 | 0,304 |
| 7 | 76,92 | 88,58 | 84,52 | 62,5 | 49,09 | 55,86 | 0,307 |
| 9 | 74,36 | 91,32 | 85,42 | 23,21 | 80 | 51,35 | 0,186 |

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring**Таблица 6****Коэффициенты решающего правила для комитета из 3 членов****Table 6****Coefficients of the decision rule for the three member committee**

| t | x'_1 | x'_2 | x'_3 | x'_4 | x'_5 | x'_6 | x'_7 | x'_8 | b' |
|-----|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | -1,015 | -0,609 | -1,22 | 1,347 | 16,06 | -0,913 | 0,162 | 1 | -32,967 |
| 2 | -0,495 | -0,514 | -2,911 | 0,092 | -12,437 | -0,691 | -0,999 | 1 | 28,988 |
| 3 | 0,039 | -0,168 | -4,075 | -1,434 | -3,193 | -0,295 | 0,762 | -1 | 6,433 |

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring**Таблица 7****Результаты прогнозирования на обучающем и контрольном множествах для модели с измененными параметрами****Table 7****Results of forecasting on the training and test sets for the model with modified parameters**

| Кол-во членов | Обучающее множество | | | Контрольное множество | | | |
|------------------|---------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-----------------|
| | J_1 | J_2 | J | J_1 | J_2 | J | $J_1 \cdot J_2$ |
| 3 | 67,52 | 63,01 | 64,58 | 55,36 | 45,45 | 50,45 | 0,252 |
| 5 | 78,63 | 84,47 | 82,44 | 28,57 | 87,27 | 57,66 | 0,249 |
| 7 | 71,79 | 75,8 | 74,4 | 53,57 | 50,91 | 52,25 | 0,273 |
| 9 | 82,05 | 78,54 | 79,76 | 46,43 | 67,27 | 56,76 | 0,312 |

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring

Таблица 8
Коэффициенты решающего правила для комитета из 9 членов

Table 8
Coefficients of the decision rule for the nine member committee

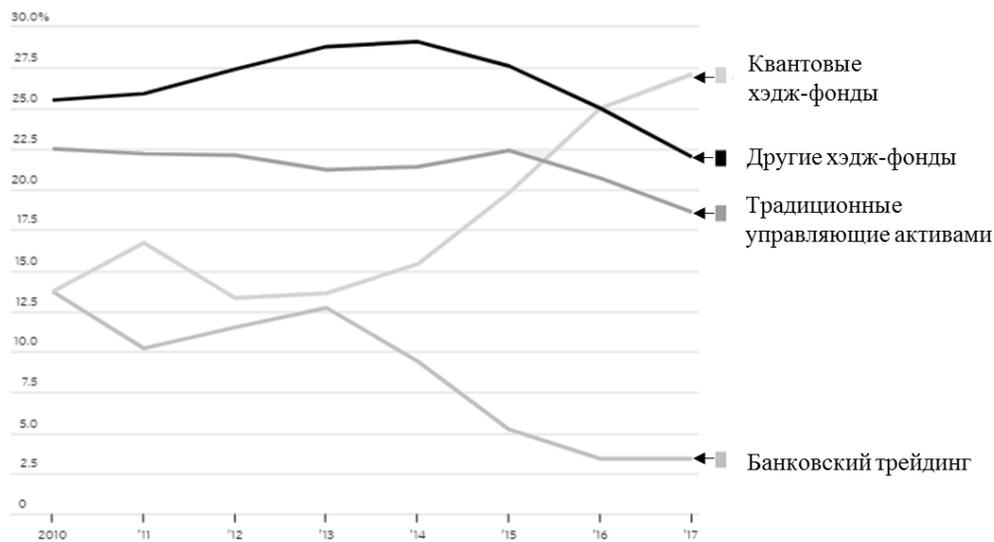
| t | x'_1 | x'_2 | x'_3 | x'_4 | x'_5 | x'_6 | x'_7 | x'_8 | b' |
|-----|--------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|
| 1 | -0,245 | -22,405 | 15,475 | -12,916 | 21,073 | -28,877 | 25,696 | -1 | 87,072 |
| 2 | 0,933 | -0,643 | 0,165 | -0,643 | -3,12 | 0,011 | 0,595 | -1 | 3,028 |
| 3 | 0,331 | 0,326 | 1,358 | 0,754 | 1,177 | 0,794 | -0,021 | 1 | 17,274 |
| 4 | 2,211 | -2,098 | 6,241 | -3,175 | 3,394 | 2,551 | 3,083 | 1 | -19,704 |
| 5 | 1,917 | -2,319 | 2,476 | -1,808 | -5,158 | 2,582 | 2,871 | 1 | 9,101 |
| 6 | -3,905 | 3,348 | 2,552 | 4,932 | -30,14 | 1,133 | -6,083 | 1 | 79,189 |
| 7 | -2,982 | 2,6 | -3,59 | 1,683 | -4,575 | -0,283 | -2,09 | -1 | 1,528 |
| 8 | 6,489 | -5,744 | -11,241 | -1,737 | 3,497 | -2,967 | 2,385 | 1 | 7,989 |
| 9 | -1,258 | 4,167 | -34,112 | 7,102 | 187,45 | -21,51 | -5,553 | 1 | -401,53 |

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1
Доля торгов на американском рынке в зависимости от вида инвестора

Figure 1
The share of trading in the U.S. market depending on investor type

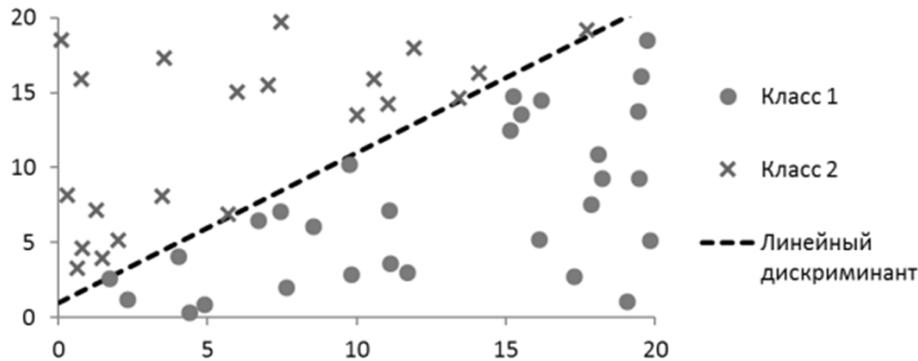


Источник: Zuckerman G., Hope B. The Quants Run Wall Street Now. URL: <https://www.wsj.com/articles/the-quants-run-wall-street-now-1495389108>

Source: Zuckerman G., Hope B. The Quants Run Wall Street Now. URL: <https://www.wsj.com/articles/the-quants-run-wall-street-now-1495389108>

Рисунок 2
«Идеальная» модель классификации

Figure 2
An 'ideal' model of classification

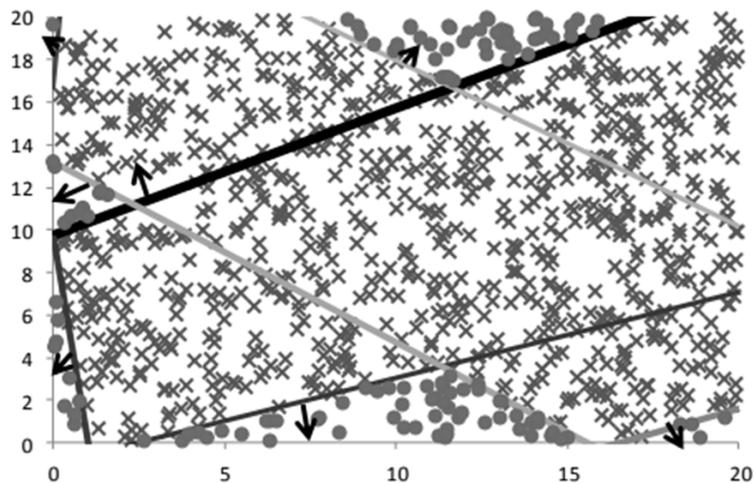


Источник: [15]

Source: [15]

Рисунок 3
Разделение множества комитетом из 7 членов

Figure 3
Parting the set by the seven member committee



Источник: Никонов О.И., Чернавин Ф.П., Медведева М.А. Проблемы классификации: метод комитетов. XII Международная научно-практическая конференция «Устойчивое развитие российских регионов: экономическая политика в условиях внешних и внутренних шоков». Екатеринбург: УрФУ, 2015.
URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/34287/1/urrr_2015_120.pdf

Source: Nikonov O.I., Chernavin F.P., Medvedeva M.A. [Classification problems: A committee method]. *Ustoichivoe razvitie rossiiskikh regionov: ekonomicheskaya politika v usloviyakh vneshnikh i vnutrennikh shokov: materialy XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. 12th Int. Sci. Conf. Sustainable Development of Russian Regions: Economic Policy under External and Internal Shocks]. Yekaterinburg, Ural Federal University Publ., 2015.
URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/34287/1/urrr_2015_120.pdf (In Russ.)

Список литературы

1. *Thorp E.O., Kassouf S.T.* Beat the Market: A Scientific Stock Market System. Random House, 1967, 221 p.
2. *Мазуров В.Д.* Метод комитетов в задачах оптимизации и классификации. М.: Наука, 1990. 248 с. URL: <http://bookre.org/reader?file=578371&pg=3>
3. *Ablow C.M., Kaylor D.J.* Inconsistent Homogeneous Linear Inequalities. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 1965, vol. 71, iss. 5, p. 724. URL: <https://doi.org/10.1090/S0002-9904-1965-11360-X>
4. *Ablow C.M., Kaylor D.J.* A A Committee Solution of the Pattern Recognition Problem. *IEEE Transactions on Information Theory*, 1965, vol. 11, iss. 3, pp. 453–455. URL: <https://doi.org/10.1109/TIT.1965.1053785>
5. *Мазуров В.Д., Хачай М.Ю.* Комитетные конструкции // Известия Уральского государственного университета. Серия Математика и механика. 1999. № 14. С. 77–108. URL: <http://hdl.handle.net/10995/24572>
6. *Мазуров В.Д., Хачай М.Ю., Рыбин А.И.* Комитетные конструкции для решения задач выбора, диагностики и прогнозирования // Труды Института математики и механики УрО РАН. 2002. Т. 8. № 1. С. 66–102. URL: <http://www.mathnet.ru/links/bd7b5b1c832c5a5699cc15db607bc402/timm289.pdf>
7. *Мазуров В.Д., Хачай М.Ю.* Комитетные конструкции как обобщение решений противоречивых задач исследования операций // Дискретный анализ и исследование операций. 2003. Т. 10. № 2. С. 56–66. URL: <http://math.nsc.ru/publishing/DAOR/content/2003/06/56.pdf>
8. *Мазуров В.Д.* О построении комитета системы выпуклых неравенств // Кибернетика. 1967. № 2. С. 56–59.
9. *Мазуров В.Д., Кривоногов А.И., Казанцев В.С.* Комитеты в принятии решений // Кибернетика. 1984. № 1. С. 90–95.
10. *Мазуров В.Д.* Математические методы распознавания образов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979.
11. *Хачай М.Ю.* О существовании комитета большинства // Дискретная математика. 1997. Т. 9. № 3. С. 82–95. URL: <https://doi.org/10.4213/dm485>
12. *Хачай М.Ю.* Об оценке числа членов минимального комитета системы линейных неравенств // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1997. Т. 37. № 11. С. 399–1404. URL: <http://www.mathnet.ru/links/95af4b3ab55fa8a67d36e5b0135cb116/zvmmf1999.pdf>
13. *Хачай М.Ю.* Об одной игре с природой, связанной с принятием решений большинством голосов // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2002. Т. 42. № 10. С. 1609–1616. URL: <http://www.mathnet.ru/links/94714d1d76e91eef214b69196bc1f2c0/zvmmf1123.pdf>
14. *Мэрфи Дж.Дж.* Технический анализ фьючерсных рынков. Теория и практика. М.: Сокол, 1996. URL: https://ru.wit-invest.com/userfiles/file/dzhon_dzh.merfi_-_tehnicheskij_analiz_fyuchersnyh_rynkov._teoriya_i_praktika.pdf

15. Никонов О.И., Чернавин Ф.П. Построение рейтинговых групп заемщиков – физических лиц с применением метода комитетов // *Деньги и кредит*. 2014. № 11. С. 52–54.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

APPLYING THE COMMITTEE MACHINE METHOD TO FORECAST RESPONSES OF OIL PRICES TO CHANGES IN OIL RESERVESVictoriya V. AKBERDINA^{a*}, Nikolai P. CHERNAVIN^b, Fedor P. CHERNAVIN^c^a Institute of Economics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation
akb_vic@mail.ru
orcid.org/0000-0002-6463-4008^b Institute of Economics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation
ch_k@mail.ru
orcid.org/0000-0002-2093-9715^c PAO Sberbank, Yekaterinburg, Russian Federation
chernavin_fedor@mail.ru
orcid.org/0000-0003-4105-231X

• Corresponding author

Article history:Received 27 February 2018
Received in revised form
13 March 2018
Accepted 28 March 2018
Available online
29 May 2018**JEL classification:** C38,
C53, C65, G17**Keywords:** committee
machine method, data mining,
financial market, oil,
EIA report**Abstract****Subject** The article addresses oil price forecasting, being very important for all financial market actors as oil is an essential asset and any changes in oil prices have a direct influence on the entire financial markets industry.**Objectives** The purposes of the study are to describe the logic of developing the analytical and forecasting methods, which are used on financial markets; to devise a committee machine methodology to analyze data from financial markets; to build a real committee machine model for oil price forecasting.**Methods** To forecast oil prices, we apply the committee machine method with majority logic. Main sources of information on market prices and oil reserves include websites of FINAM company, Investing.com, and Bloomberg analytical platform.**Results** Constructed committee machines with majority logic of 3 and 5 members are the results of the research. To build the models, we analyzed intraday quotes on the day of the EIA report publishing and changes in oil supplies from 11 February 2009 to 9 August 2017. Based on the analysis and comparison of the models' quality, we built a model to forecast heightened volatility of oil prices after the EIA report release.**Conclusions** The findings show that the committee machine method can be used as a tool to forecast oil price changes.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

Please cite this article as: Akberdina V.V., Chernavin N.P., Chernavin F.P. Applying the Committee Machine Method to Forecast Responses of Oil Prices to Changes in Oil Reserves. *Finance and Credit*, 2018, vol. 24, iss. 5, pp. 1079–1097. <https://doi.org/10.24891/fc.24.5.1079>**Acknowledgments**The article is prepared in accordance with the R&D plan of the Institute of Economics of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences *A Methodology to Research Structural Changes in Industrial Markets under Transformation of Mechanisms of State Resources Management*, No. 0404–2015–0015 in the FASO Russia.**References**

1. Thorp E.O., Kassouf S.T. *Beat the Market: A Scientific Stock Market System*. Random House, 1967, 221 p.
2. Mazurov V.D. *Metod komitetov v zadachakh optimizatsii i klassifikatsii* [The committee machine method in problems related to optimization and classification]. Moscow, Nauka Publ., 1990, 248 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=578371&pg=3>

3. Ablow C.M., Kaylor D.J. Inconsistent Homogeneous Linear Inequalities. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 1965, vol. 71, iss. 5, p. 724.
URL: <https://doi.org/10.1090/S0002-9904-1965-11360-X>
4. Ablow C.M., Kaylor D.J. A Committee Solution of the Pattern Recognition Problem. *IEEE Transactions on Information Theory*, 1965, vol. 11, iss. 3, pp. 453–455.
URL: <https://doi.org/10.1109/TIT.1965.1053785>
5. Mazurov V.D., Khachai M.Yu. [The committee machine constructions]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika. Komp'yuternye nauki*, 1999, no. 14, pp. 77–108. (In Russ.) URL: <http://hdl.handle.net/10995/24572>
6. Mazurov V.D., Khachai M.Yu., Rybin A.I. [Committee constructions for solving problems of selection, diagnostics, and prediction]. *Trudy Instituta matematiki i mekhaniki UrO RAN*, 2002, vol. 8, no. 1, pp. 66–102. (In Russ.)
URL: <http://www.mathnet.ru/links/bd7b5b1c832c5a5699cc15db607bc402/timm289.pdf>
7. Mazurov V.D., Khachai M.Yu. [Committee constructions as generalization of solutions of contradictory problems of operations research]. *Diskretnyi analiz i issledovanie operatsii = Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 2003, vol. 10, no. 2, pp. 56–66.
URL: <http://math.nsc.ru/publishing/DAOR/content/2003/06/56.pdf> (In Russ.)
8. Mazurov V.D. [On construction of the convex inequality system committee]. *Kibernetika = Cybernetics*, 1967, no. 2, pp. 56–59. (In Russ.)
9. Mazurov V.D., Krivonogov A.I., Kazantsev V.S. [Committees in decision-making]. *Kibernetika = Cybernetics*, 1984, no. 1, pp. 90–95. (In Russ.)
10. Mazurov V.D. *Matematicheskie metody raspoznavaniya obrazov* [Mathematical methods of pattern recognition]. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR Publ., 1979.
11. Khachai M.Yu. [On the existence of a majority committee]. *Diskretnaya matematika = Discrete Mathematics and Applications*, 1997, vol. 9, no. 3, pp. 82–95.
URL: <https://doi.org/10.4213/dm485> (In Russ.)
12. Khachai M.Yu. [Estimate of the number of members in the minimal committee of a system of linear inequalities]. *Zhurnal vychislitel'noi matematiki i matematicheskoi fiziki = Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 1997, vol. 37, no. 11, pp. 1399–1404.
URL: <http://www.mathnet.ru/links/95af4b3ab55fa8a67d36e5b0135cb116/zvmmf1999.pdf> (In Russ.)
13. Khachai M.Yu. [A game against nature associated with majority-vote decision making]. *Zhurnal vychislitel'noi matematiki i matematicheskoi fiziki = Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2002, vol. 42, no. 10, pp. 1609–1616.
URL: <http://www.mathnet.ru/links/94714d1d76e91eef214b69196bc1f2c0/zvmmf1123.pdf> (In Russ.)
14. Murphy J.J. *Tekhnicheskii analiz fyuchersnykh rynkov. Teoriya i praktika* [Technical Analysis of the Futures Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications]. Moscow, Sokol Publ., 1996. URL: https://ru.wit-invest.com/userfiles/file/dzhon_dzh.merfi_-_tehnicheskii_analiz_fyuchersnyh_rynkov._teoriya_i_praktika.pdf
15. Nikonov O.I., Chernavin F.P. [Constructing Rating Groups of Retail Borrowers Using the Committee Method]. *Den'gi i kredit = Money and Credit*, 2014, no. 11, pp. 52–54. (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.