

Том 15, 2018, № 2
Vol. 15, 2018, No. 2

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Управление рисками
и мусорная катастрофа

Volume Headline:

Risk management
and garbage catastrophe



Официальное издание Экспертного совета МЧС России и Российского научного общества анализа риска
Official Edition of the Expert Council of EMERCOM of Russia and Russian Scientific Society for Risk Analysis

Том 15, 2018, № 2
Vol. 15, 2018, No.2

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis



Общероссийская общественная организация
«Российское научное общество анализа риска»



ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)



Финансовый издательский дом
«Деловой экспресс»

Редакционный совет:

Воробьев Юрий Леонидович (председатель)

кандидат политических наук, заместитель Председателя Совета Федерации
Федерального Собрания Российской Федерации, председатель Экспертного совета МЧС России

Акимов Валерий Александрович (заместитель председателя)

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)

Шарков Андрей Валентинович

генеральный директор АО ФИД «Деловой экспресс»

Фалеев Михаил Иванович

кандидат политических наук, начальник ФКУ «Центр стратегических исследований гражданской защиты МЧС России»,
Президент Российского научного общества анализа риска

Редакционная коллегия:

Быков Андрей Александрович (главный редактор)

доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
вице-президент Российского научного общества анализа риска

Порфирьев Борис Николаевич (заместитель главного редактора)

академик РАН, доктор экономических наук, профессор, руководитель Центра анализа и управления рисками
и заведующий лабораторией анализа и прогнозирования природных и техногенных рисков экономики,
Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН

Башкин Владимир Николаевич

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН

Голембиовский Дмитрий Юрьевич

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры исследования операций факультета вычислительной
математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова

Елохин Андрей Николаевич

доктор технических наук, член-корреспондент РАЕН, начальник отдела страхования ПАО «ЛУКОЙЛ»

Живетин Владимир Борисович

доктор технических наук, профессор, ректор Международного института проблем риска

Каранина Елена Валерьевна

доктор экономических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии естествознания, заведующий кафедрой финансов
и экономической безопасности ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Колесников Евгений Юрьевич

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Поволжского государственного
технологического университета, Председатель Российского научного общества анализа риска в Республике Марий Эл

Макашина Ольга Владиленовна

доктор экономических наук, профессор, профессор Департамента общественных финансов, Финансовый
университет при Правительстве РФ

Малышев Владлен Платонович

доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник ФКУ «Центр стратегических исследований гражданской защиты
МЧС России»

Махутов Николай Андреевич

член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, Председатель Рабочей группы при Президенте РАН по анализу
риска и проблем безопасности, главный научный сотрудник Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Мельников Александр Викторович

доктор физико-математических наук, профессор, факультет математических и статистических наук, Университет
провинции Альберта, Эдмонтон, Канада

Морозко Нина Иосифовна

доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Денежно-кредитные отношения и монетарная политика»,
Финансовый университет при Правительстве РФ

Ревич Борис Николаевич

доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья
населения Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Родионова Марина Евгеньевна

кандидат социологических наук, PhD, профессор Российской Академии Естествознания, доцент Департамента социологии,
заместитель проректора по проектам Финансового университета при Правительстве РФ

Сорогин Алексей Анатольевич

кандидат технических наук, директор по специальным проектам АО ФИД «Деловой экспресс»

Сорокин Дмитрий Евгеньевич

член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве РФ

Соложенцев Евгений Дмитриевич

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий лабораторией интегрированных систем
автоматизированного проектирования Института проблем машиноведения РАН

Сосунوف Игорь Владимирович

кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)

Содержание

Колонка редактора

- 4 О мусорной экологической катастрофе
А. А. Быков, Главный редактор

Управление рисками

- 6 Система управления рисками крупных компаний. Практика оценки рисков в ОАО «РЖД» и направления развития
В. А. Гапанович, ОАО «Российские железные дороги», г. Москва
И. Б. Шубинский, О. Б. Проневич, В. Э. Швед,
АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», г. Москва
- 22 Информационное обеспечение мониторинга и рисков развития социально-природно-техногенных систем
В. В. Москвичёв, Институт вычислительных технологий СО РАН, Красноярский филиал, г. Красноярск
В. В. Ничепорчук, Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск
В. П. Потапов, Институт вычислительных технологий СО РАН, Кемеровский филиал, г. Кемерово
О. В. Тасейко, Институт вычислительных технологий СО РАН, Красноярский филиал,
Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева,
г. Красноярск
М. И. Фалеев, Центр стратегических исследований МЧС России, г. Москва
- 34 Внедрение вероятностно-статистического метода и риск-ориентированного подхода в практику планирования гражданской обороны
А. В. Шевченко, ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ», пос. Развилка, Московская область

Риск экологический

- 50 Риски мусорной экологической катастрофы России
Ю. И. Соколов, Российское научное общество анализа риска, г. Москва
- 64 Негативные экологические последствия разработки месторождений полезных ископаемых в России в прошлом веке: проблемы бывшего ГОК «Тувакобальт»
В. И. Забелин, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл

Оценка риска

- 72 Оценка и учет инвестиционных рисков при прогнозных исследованиях развития ТЭК
Ю. Д. Кононов, Д. Ю. Кононов, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск
- 78 Оценка риска аварийного истечения газа из газопровода при аномальных метеоусловиях Севера
М. И. Захарова, Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН, г. Якутск

Риск кредитный

- 86 Оценка вероятности дефолта компании на основе системно-динамической модели
Д. С. Куренной, Д. Ю. Голембиовский, МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва

- 93 Аннотации статей на английском языке

- 95 Инструкция для авторов

УДК: 519.865.5

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2018

Оценка вероятности дефолта компании на основе системно-динамической модели

Д. С. Куренной,
Д. Ю. Голембиовский,
МГУ им. М. В. Ломоносова,
г. Москва

Аннотация

В работе демонстрируется возможность использования системно-динамической модели нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия для оценки вероятности его дефолта на основе метода Монте-Карло. Полученные результаты сравниваются с данными рейтинговых агентств.

Ключевые слова: системная динамика, кредитные риски, обратное стресс-тестирование, управление рисками.

Содержание

Введение

1. ARIMA-GARCH-модели макроэкономических параметров

2. Оценка вероятности дефолта компании

Заключение

Литература

Введение

В настоящее время разработано значительное число математических методов оценки вероятности дефолта заемщика, основанных на анализе значений различных количественных и качественных показателей предприятия [5, 19]. При этом большинство из методов не учитывает структуру компании, ее динамику в условиях изменяющихся внешних факторов и предполагает наличие большой выборки данных об аналогичных предприятиях.

Данная работа демонстрирует возможность использования системно-динамической модели [4, 5, 11, 17] для оценки вероятности банкротства компании, что позволяет избавиться от указанных недостатков. В парадигме системной динамики исследуемое предприятие представляется в виде непрерывно взаимодействующих элементов и внешних факторов. Связи между элементами описываются функциональными зависимостями и дифференциальными уравнениями, которые определяют динамику компании и степень ее устойчивости по отношению к различным макроэкономическим сценариям. Поведение макроэкономических переменных в работе описывается при помощи ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделей [1, 3, 16], применяющихся в эконометрике

для прогнозирования нестационарных временных рядов. Вероятность дефолта компании определяется в результате ряда экспериментов, проводимых по методу Монте-Карло над полученной системно-динамической моделью, как доля макроэкономических сценариев, приводящих к разорению предприятия.

Статья состоит из двух частей. Первый раздел посвящен изложению концепции моделирования внешних для предприятия параметров с помощью ARIMA-GARCH-моделей и содержит описание основных свойств системно-динамической модели нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия, вероятность дефолта которого оценивается в рамках данного исследования. Вторая часть представляет сравнительный анализ результатов моделирования с данными рейтинговых агентств Moody's и Fitch. Заключение содержит выводы об эффективности данного подхода к оценке кредитного риска заемщиков.

1. ARIMA-GARCH-модели макроэкономических параметров

Системная динамика представляет собой подход имитационного моделирования, предназначенный для описания структуры и динамики сложных систем на основе концепции потоков, накопителей и обратных связей [4, 11], которым соответствует формальное представление в виде системы дифференциальных уравнений.

Целью данной работы является исследование возможности использования принципов системной динамики для оценки вероятности дефолта нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия. На основе финансовой отчетности периода 2007—2015 гг. и информации из других открытых источников была построена системно-динамическая модель компании Башнефть [12, 17], которая ведет добычу с 1932 г. и разрабатывает около 170 месторождений на территории Башкортостана, Татарстана, Оренбургской области и Ханты-Мансийского автономного округа. Полное описание рассматриваемой системно-динамической модели содержится в [17].

Ключевым элементом данной системы является накопитель «Средства в рублях», равенство нулю которого означает дефолт предприятия. В качестве

внешних параметров, оказывающих влияние на состояние модели, рассматриваются цены на нефть и нефтепродукты, которыми торгует предприятие, курс доллара к рублю, ставка привлекаемых и погашаемых кредитов, основная ставка НДПИ, удельные себестоимости добычи, переработки и общехозяйственных расходов. Необходимо отметить, что события 2016 г., связанные с покупкой этой компании ПАО «Роснефть», при построении модели не учитывались.

В рамках данного исследования указанные внешние параметры системы описываются при помощи ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделей, которые применяются в эконометрике для анализа и прогнозирования нестационарных временных рядов [1, 3, 16]. Основная концепция таких моделей состоит в определении зависимости текущей величины ряда от его предыдущих значений и экзогенных факторов с учетом случайных ошибок. Стандартная модель авторегрессии — скользящего среднего (англ. ARMA; autoregressive moving average) может быть формализована следующим образом:

$$Y_t = c + \sum_{i=1}^p a_i \cdot Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_i \cdot e_{t-i} + e_t,$$

где p и q — натуральные числа, определяющие порядок модели; $a_1, \dots, a_p$ и $b_1, \dots, b_q$ — действительные числа, являющиеся коэффициентами авторегрессии и скользящего среднего соответственно; c — константа; $\{e_t\}$ — стационарный случайный процесс.

Интегрированные модели авторегрессии — скользящего среднего (англ. ARIMA; integrated autoregressive moving average) являются обобщением ARMA-моделей для нестационарных временных рядов. Основная идея заключается в переходе от нестационарного процесса к стационарному путем взятия разностей некоторого порядка. Фактически модель $ARIMA(p, d, q)$ означает, что разности временного ряда порядка d подчиняются модели $ARMA(p, q)$:

$$\Delta^d Y_t = c + \sum_{i=1}^p a_i \cdot \Delta^d Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_i \cdot e_{t-i} + e_t, \quad (1)$$

где Δ^d — оператор разности временного ряда порядка d , означающий последовательное взятие d раз разностей первого порядка.

При помощи лагового оператора L : $LY_t = Y_{t-1}$ формулу (1) можно записать в виде

$$(1-L)^d Y_t = c + \left(\sum_{i=1}^p a_i \cdot L^i \right) (1-L)^d Y_t + \left(1 + \sum_{i=1}^q b_i \cdot L^i \right) e_t.$$

Обобщенные модели авторегрессионной условной гетероскедастичности (англ. GARCH; AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity) используются для анализа временных рядов, у которых условная дисперсия изменяется и зависит от своих предыдущих значений и прошлых значений ряда. В контексте ARIMA-моделей они применяются к стационарному процессу e_t :

$$e_t = \sigma_t \cdot z_t;$$

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^s \gamma_i \cdot \sigma_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^r \beta_i \cdot e_{t-i}^2,$$

где c_0 — константа; γ_i и β_i — коэффициенты модели; $\{z_t\}$ — случайный процесс независимых одинаково распределенных случайных величин.

В рамках данного исследования $\{z_t\}$ подчиняется стандартному нормальному закону. Таким образом, совокупность уравнений, описывающих ARIMA(p, d, q)-GARCH(r, s)-модель, имеет следующий вид:

$$(1-L)^d Y_t = c + \left(\sum_{i=1}^p a_i \cdot L^i \right) (1-L)^d Y_t + \left(1 + \sum_{i=1}^q b_i \cdot L^i \right) e_t;$$

$$e_t = \sigma_t \cdot z_t;$$

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^s \gamma_i \cdot \sigma_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^r \beta_i \cdot e_{t-i}^2.$$

При наличии действующих на случайный процесс экзогенных факторов используются модифицированные интегрированные модели авторегрессии — скользящего среднего ARIMAX(p, d, q)-GARCH(r, s). В рамках данного исследования рассматривается модификация с одним экзогенным фактором (X_t) без лаговой зависимости, в данном случае соответствующие уравнения модели записываются следующим образом:

$$(1-L)^d Y_t = c + \left(\sum_{i=1}^p a_i \cdot L^i \right) (1-L)^d Y_t + \left(1 + \sum_{i=1}^q b_i \cdot L^i \right) e_t + w \cdot X_t;$$

$$e_t = \sigma_t \cdot z_t;$$

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^s \gamma_i \cdot \sigma_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^r \beta_i \cdot e_{t-i}^2,$$

где w — действительное число.

Для каждого внешнего параметра рассматриваемой компании осуществлялось построение ARIMA-GARCH- или ARIMAX-GARCH-моделей на основе исторических данных периода 2007—2014 гг. с помощью пакета прикладных программ MATLAB [14]. Модифицированная интегрированная модель авторегрессии — скользящего среднего позволяет учесть корреляцию между рассматриваемыми макропараметрами. Таким образом, отражается влияние цен нефти на цены нефтепродуктов и курс доллара. Выбор конкретных значений p, d, q, s и r обусловлен минимальной величиной байесовского информационного критерия (BIC) [10] для различных комбинаций указанных параметров из множества $\{1, 2, 3, 4, 5\}$. Значения BIC и параметров, определяющих порядок авторегрессий, представлены в табл. 1. Статистическая значимость и качество всех построенных моделей оценены на основе асимптотического теста Фишера и анализа стандартных ошибок коэффициентов авторегрессий. Средняя ошибка аппроксимации для полученных моделей не превышает 9,8%.

Графики, изображенные на рис. 1 и 2, иллюстрируют поведение основных внешних факторов в течение 22 кварталов исторического периода 2010—2014 гг. и 50 реализаций их ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделей на прогнозируемом временном промежутке 2014—2021 гг., отличающихся друг от друга поведением случайного процесса z_t . В рамках данной статьи не представляется возможным продемонстрировать полный статистический анализ всех построенных авторегрессий из-за большого количества внешних параметров, однако на основе полученных графиков и вышеизложенного можно сделать вывод о достаточном для целей исследования качестве статистических моделей.

Порядок ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделей внешних параметров¹

Таблица 1

Внешний фактор системно-динамической модели	p	d	q	s	r	X	BIC
1. Курс доллара к рублю	1	1	1	0	1	1 (2)	109,61
2. Цены на нефть (мировые)	3	2	1	3	2	0	169,87
3. Цены на нефть (РФ)	3	2	1	4	1	1 (2)	386,22
4. Цены на дизель (мировые)	2	0	1	2	1	1 (2)	269,67
5. Цены на дизель (РФ)	2	1	1	3	2	1 (3)	357,52
6. Цены на бензин (мировые)	3	2	1	2	1	1 (2)	283,10
7. Цены на бензин (РФ)	2	1	1	2	2	1 (3)	383,74
8. Цены на мазут (мировые)	3	2	1	3	2	1 (2)	247,01
9. Цены на мазут (РФ)	3	2	1	2	2	1 (3)	358,32
10. Средние цены на прочие нефтепродукты (мировые)	3	2	1	3	3	1 (2)	260,85
11. Средние цены на прочие нефтепродукты (РФ)	3	1	1	1	3	1 (3)	387,89
12. Основная ставка НДПИ	3	2	2	3	3	0	270,87
13. Удельная себестоимость общехозяйственных расходов	1	1	1	1	1	0	311,86
14. Удельная себестоимость переработки	3	0	1	2	2	0	302,73
15. Удельная себестоимость добычи	3	2	1	2	1	0	269,15
16. Ставка привлекаемых кредитов	1	1	1	2	2	0	74,28

Примечание. Столбец X указывает на наличие (значение «1») или на отсутствие (значение «0») в модели экзогенного фактора, номер которого указан в скобках в соответствии с данной таблицей.

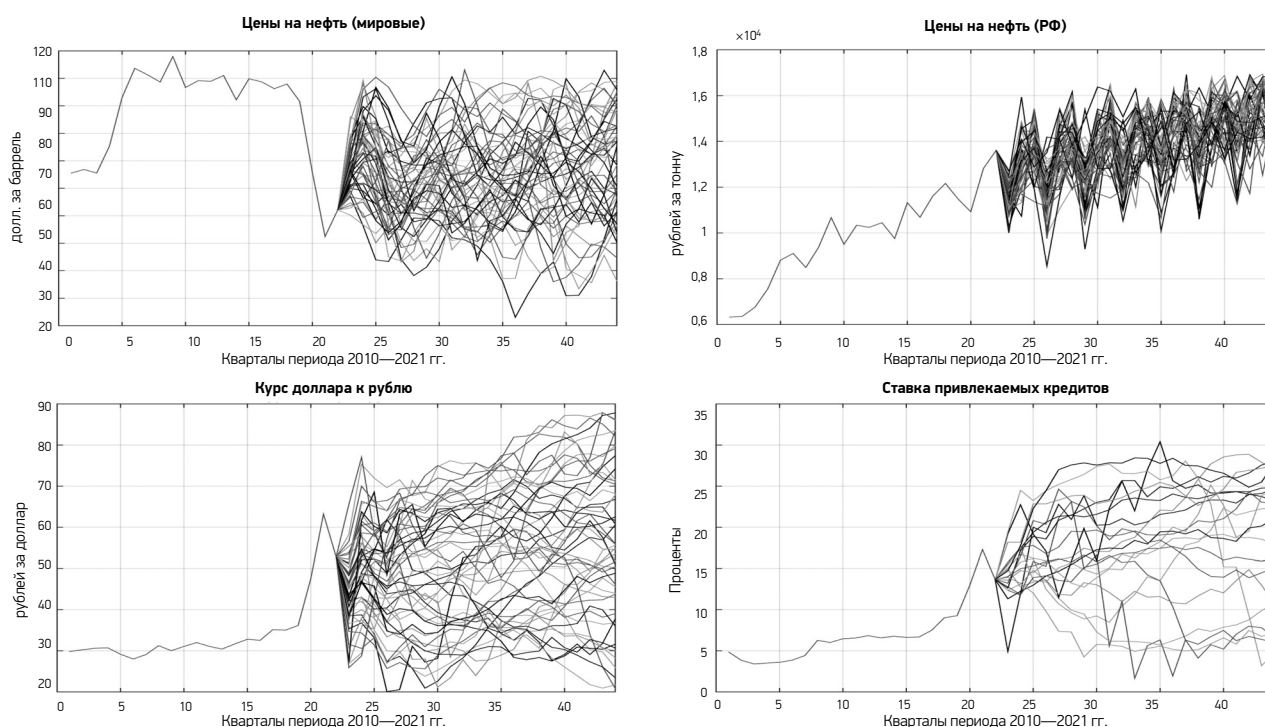


Рис. 1. Макроэкономические переменные. Исторические данные и реализации соответствующих ARIMA-GARCH и ARIMAX-GARCH моделей в течение моделируемого периода

¹ В данном случае нулевое значение параметра, определяющего порядок, означает отсутствие соответствующего слагаемого в ARIMA-GARCH-модели.

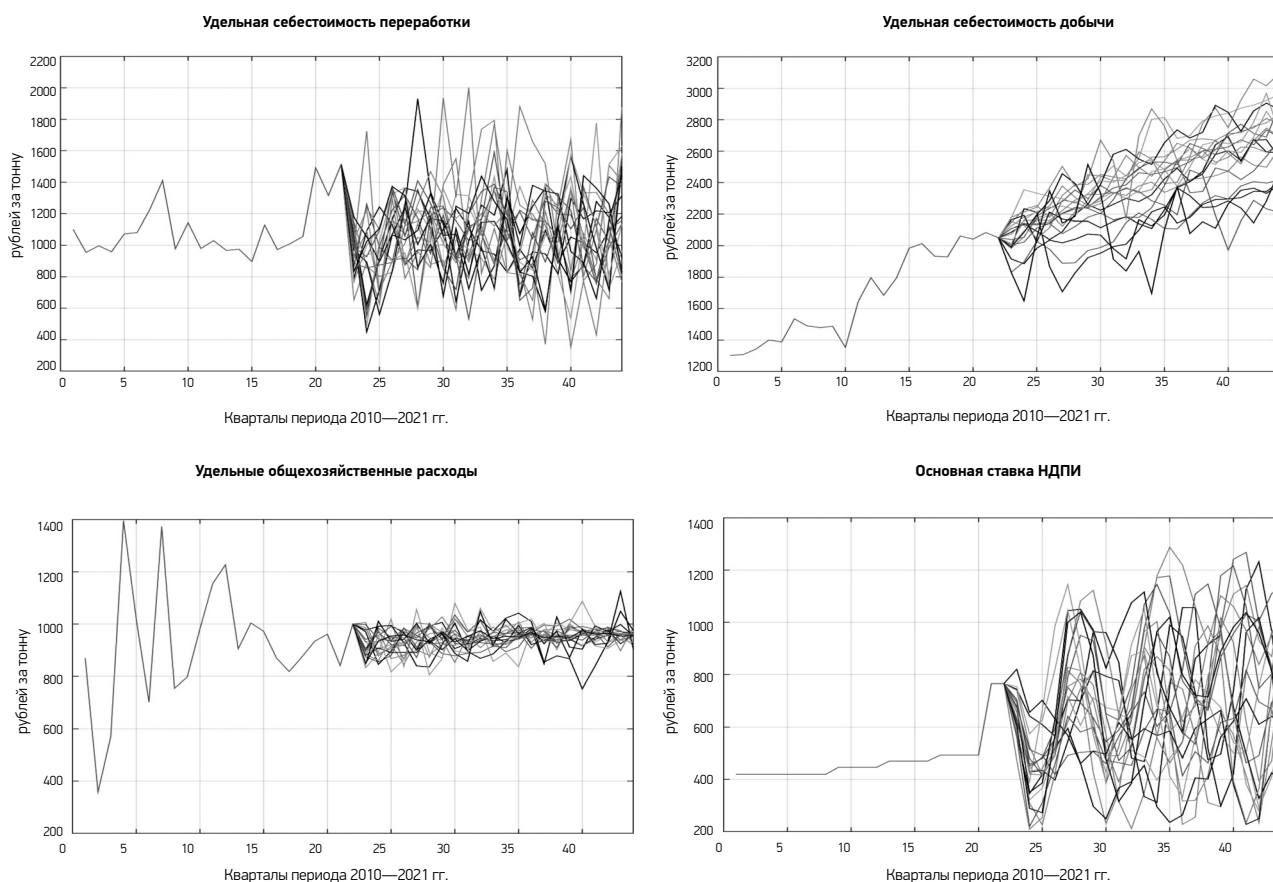


Рис. 2. Макроэкономические переменные. Исторические данные и реализации соответствующих ARIMA-GARCH-моделей в течение моделируемого периода

2. Оценка вероятности дефолта компании

Для того чтобы оценить вероятность дефолта нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия, была произведена симуляция системно-динамической модели компании со второго квартала 2014 г. с учетом различных сценариев внешних макроэкономических параметров, реализуемых описанными ARIMA-GARCH- и ARIMAX-GARCH-моделями. Общее количество экспериментов по схеме Бернулли с двумя исходами составило 10 000. В каждом из них фиксировался факт наступления или ненаступления банкротства предприятия в течение различных периодов времени: одного, двух, трех, четырех, пяти и десяти лет. В результате

вероятность дефолта для каждого временного промежутка рассчитывалась по формуле

$$p = \frac{k}{n},$$

где k — количество экспериментов, в которых компания претерпела дефолт; n — общее число запусков модели.

Затем осуществлялось построение доверительных интервалов с уровнями доверия 95 и 99% при помощи стандартного метода Клоппера — Пирсона [1] для биномиального распределения. Полученные результаты представлены в табл. 2. В данном случае вероятность дефолта показывает процент случаев,

Оценка вероятности дефолта нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия

Таблица 2

Период наступления дефолта	$L_{\text{нижн}}^{95}$	$L_{\text{верхн}}^{95}$	$L_{\text{нижн}}^{99}$	$L_{\text{верхн}}^{99}$	Вероятность дефолта, %	Moody's (1983—2016)	Fitch (1981—2015)	Moody's (2015)
1 год	0,787	1,182	0,736	1,252	0,97	0,47	0,77	0,905
2 года	1,987	2,581	1,904	2,682	2,27	1,54	2,51	
3 года	3,386	4,141	3,278	4,267	3,75	2,85	4,04	
4 года	4,667	5,539	4,54	5,683	5,09	4,15	5,58	
5 лет	8,524	9,66	8,355	9,845	9,08	5,47	6,83	
10 лет	10,949	12,213	10,76	12,417	11,56	10,36	9,92	

$L_{\text{нижн}}^{95}$, $L_{\text{верхн}}^{99}$ — нижняя и верхняя границы доверительного интервала с уровнем доверия 95%.

$L_{\text{нижн}}^{95}$, $L_{\text{верхн}}^{99}$ — нижняя и верхняя границы доверительного интервала с уровнем доверия 99%.

Moody's (1983—2016) — средний процент разорившихся компаний в течение различного периода (1—5 лет и 10 лет) и имевших рейтинг Ba1.

Fitch (1981—2015) — средний процент разорившихся компаний в течение различного периода (1—5 лет и 10 лет) и имевших рейтинг BB+.

Moody's (2015) — процент разорившихся в 2015 г. компаний с рейтингом Ba1.

соответствующих дефолту предприятия (т.е. определяется как $p \cdot 100$).

В 2015 г. компании Башнефть был присвоен рейтинг Ba1 агентством Moody's [15] и BB+ агентством Fitch [13]. В табл. 2 показан средний процент разорившихся компаний с этим рейтингом в течение различных периодов времени (1—5 и 10 лет), установленный на основе данных временного отрезка 1983—2016 гг. для Moody's и 1981—2015 гг. для Fitch. Последний столбец содержит информацию о проценте предприятий, имевших рейтинг Ba1 агентства Moody's в начале 2015 г. и объявивших дефолт в течение этого года. Обратим внимание, что средний за период 1983—2016 гг. процент разорившихся в течение года компаний ниже аналогичного показателя для 2015 г. При этом данные рейтинговых агентств различаются между собой на 1—1,5 пункта, что позволяет считать подобную разницу при сравнении результатов моделирования с оценками рейтинговых агентств допустимой.

На основе представленной таблицы можно сделать вывод о близости данных рейтинговых агентств и оценки вероятности дефолта, полученной с помощью системно-динамической модели. В большинстве случаев модельная вероятность банкротства лежит между оценками рейтинговых

агентств, а найденные доверительные интервалы покрывают величину среднего процента разорившихся компаний с погрешностью в 0,1—3 пункта. Наиболее точными можно назвать результаты, полученные при оценке вероятности наступления дефолта в течение одного года, двух, трех и четырех лет. Расхождения, имеющие место при рассмотрении прогнозных периодов в 5 и 10 лет, можно объяснить недостаточной для таких больших промежутков времени точностью ARIMA-GARCH-моделей, которые не способны учесть изменения, произошедшие на рынке за это время. Кроме того, использованная при построении системно-динамической модели компании Башнефть информация не является исчерпывающе полной, так как основана только на анализе открытых источников. Заметим, что банки имеют возможность получать любые данные от своих заемщиков и тем самым уточнять его системно-динамическую модель.

Заключение

В статье предложен способ оценки вероятности дефолта нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия на основе системно-динамической модели, описывающей структуру и поведение исследуемой компании. В качестве внешних параметров,

влияющих на состояние компании, были рассмотрены цены на нефть и нефтепродукты, которыми торгует предприятие, курс доллара к рублю, ставка привлекаемых и погашаемых кредитов, основная ставка НДС, удельные себестоимости добычи, переработки и общехозяйственных расходов. Моделирование динамики внешних факторов в течение периода 2015—2025 гг. осуществлялось по методу Монте-Карло на основе ARIMA-GARCH-моделей.

Сравнительный анализ полученных результатов и данных Moody's и Fitch демонстрирует близость моделируемой вероятности банкротства предприятия и соответствующих оценок рейтинговых агентств, что позволяет сделать вывод о приемлемости описанного подхода для оценки вероятности дефолта заемщика.

Литература

1. Bollerslev T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity // *Journal of Econometrics*. 1986. № 31. P. 309—328.
2. Clopper C.J. The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial / C.J. Clopper, E.S. Pearson // *Biometrika*. 1934. № 26. P. 404—413.
3. Engle R.F. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the UK inflation // *Econometrica*. 1982. № 50. P. 987—1008.
4. Forrester J.W. *Urban Dynamics* / Pegasus Communications. 1969.
5. Forrester J.W. *Industrial Dynamics* / MIT Press. 1961.
6. Gurný P., Gurný M. Comparison of credit scoring models on probability of default estimation for us banks // *Prague economic papers*. 2013.
7. Morecroft J. and Sterman J. (eds.) *Modeling for Learning Organizations*. Portland, OR: Productivity Press. 1994.
8. Riddalls C.E., Bennett S. Modeling the dynamics of supply chains // *International Journal of Systems Science*. 2000.
9. Roberts E.B. (editor) *Managerial Application of System Dynamics* / Productivity Press. 1994.
10. Schwarz G. Estimating the dimension of a model // *Annals of Statistics*. 1978. № 2. P. 461—464.
11. Sterman J.D. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: McGraw-Hill Companies, 2000.
12. URL: http://www.bashneft.ru/shareholders_and_investors/finance-results/
13. URL: <https://www.fitchratings.com/site/regulatory>
14. URL: <https://www.mathworks.com/>
15. URL: <https://www.moodys.com/Pages/GuideToDefault-Research.aspx>
16. Бокс Дж., Дженкинс Т. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. М.: Мир, 1974.
17. Куренной Д.С., Голембиовский Д.Ю. Системно-динамическая модель кредитного риска нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей компании // *Проблемы анализа риска*. Т. 14. 2017. № 1 С. 6—22.
18. Справочник аналитика [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bashneft.ru/>
19. Тотьмянина К.М. Обзор моделей вероятности дефолта // *Управление финансовыми рисками*. 2011. № 1 (25). С. 12—24.

Сведения об авторах

Куренной Дмитрий Святославович: аспирант кафедры исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова

Количество публикаций: 3

Область научных интересов: системная динамика, оптимизация, машинное обучение, математическое моделирование

Контактная информация:

Адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 52

Тел.: +8 (915) 492-26-25

E-mail: dima-kurennoy@yandex.ru

Голембиовский Дмитрий Юрьевич: профессор кафедры исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова, д. т. н., профессор

Количество публикаций: более 50

Область научных интересов: стохастическая оптимизация, производные финансовые инструменты, управление рисками, системная динамика

Контактная информация:

Адрес: 119435, г. Москва, Новодевичий проезд, д. 6, кв. 24

Тел.: +8 (916) 142-83-51

E-mail: golemb@cs.msu.ru