

УДК: 300:45

Владимир Петрович Ковалевский, доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов и моделей в экономике, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»
e-mail: mme@mail.osu.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦЕН НА АВТОМОБИЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Цель: разработать математические модели для прогнозирования цен на топливо. **Методы исследования:** в ходе исследования применены адаптивные методы прогнозирования одномерных временных рядов, методы нечетких временных рядов. **Актуальность исследования:** цены на бензин и дизельное топливо являются одним из определяющих факторов для экономики региона в целом, так как опосредовано они влияют на все ценообразование. Рост цен на дизельное топливо, широко используемое в сельском хозяйстве, в конечном итоге приводит к росту цен на продукты питания. Затраты на топливо и горюче-смазочные материалы – основная статья расходов транспортных компаний и напрямую влияет на тарифы перевозчиков. Таким образом, является актуальной разработка прогнозов региональных цен на топливо. **Результаты:** разработанные модели прогнозирования цен на топливо позволяют получать представление об уровне цен на основные виды топлива в краткосрочной перспективе, что дает возможность принимать хозяйствующим субъектам эффективные управленческие решения на основе планирования затрат на топливо.

Ключевые слова: адаптивные модели, прогноз цен на топливо, нечеткие временные ряды.

Уровень и динамика цен на нефтяные виды топлива выступают значимыми факторами для экономики региона в целом. Связано это с тем, что от цен на топливо зависит ценообразование практически во всех видах экономической деятельности. Так, повышение цен на дизельное топливо, которое, как правило, используется в сельском хозяйстве, в конечном итоге приводит к росту цен на продукты питания. Затраты на топливо и горюче-смазочные материалы – основная статья расходов транспортных компаний, соответственно это влияет на тарифы перевозчиков. В таких условиях немаловажный аспект ведения экономической деятельности – это обладание данными о перспективах изменения цен на топливо, соответственно актуальной является разработка прогнозов региональных цен на топливо.

Вопросами прогнозирования цен на топливо занимались в своих исследованиях такие ученые, как Барабанова Л.В., Ермолаев М.Б., Сапрыкина Е.А., Сафина Т.А., Семенычев Е.В. и др. [1, 2, 7, 8, 9]. Для прогнозирования авторы используют данные по одномерным временным рядам. Исследования подтверждают наличие сезонной компоненты в рядах динамики цен на различные виды топлива. Использование адаптивных методов прогнозирования дают прогнозы более высокой точности, нежели прогнозы по моделям, в которых информация учитывается равнозначно. В известных нам работах исследователи прогнозируют цены на один-два вида топлива на основе, как правило, одного метода. На наш взгляд для более полного представления о картине происходящего требуются прогнозы по всем основным видам топлива. Кроме того, интерес представляют не только стандартные статистические методы прогнозирования, но и методы на основе нечетких временных рядов, которые дают возможность осуществлять прогнозирование

в условиях постоянно изменяющихся условий и недостаточности однородной информационной базы.

Анализируя цены на автомобильное топливо в Приволжском федеральном округе, отметим, что средние цены на дизельное топливо и бензин автомобильной марки АИ-95 в Оренбургской области сложились самые высокие по всему округу. Так, в январе 2018 года в Оренбургской области за литр АИ-95 нужно было заплатить 40,91 руб., а в Пензенской области он стоил на 90 коп. дешевле. В целом в половине регионов ПФО бензин этой марки можно было купить дешевле более чем на 50 копеек. Одни из самых низких цен на все виды автомобильного топлива в ПФО, за тот же период, наблюдаются в Нижегородской и Пензенской областях.

Проведем моделирование динамики средних цен на рассматриваемые виды топлива в регионе [5]. Информационная база представляет собой средние потребительские цены в Оренбургской области на автомобильное топливо. Данные представлены одномерными месячными временными рядами за январь 2006 г. – декабрь 2017 г. Графики временных рядов цен на автомобильное топливо в регионе представлены на рисунке 1.

По рисунку 1 можно увидеть, что в период с начала 2006 г. по август 2008 г. происходило повышение цен на бензин и дизтопливо. Наиболее существенный рост цен наблюдался с осени 2007 г. Экономический кризис характеризовался некоторым снижением цен на топливо в Оренбургской области. Период снижения с июня 2009 г. сменил направление на повышение средних цен на все виды топлива, которое наблюдается по настоящее время. Так в 2017 г. годовой темп прироста цены на дизельное топливо составил 5,8%, годовые приросты цен на бензин марок АИ-92 и АИ-95 составили соответственно 3,8% и 2,4%.

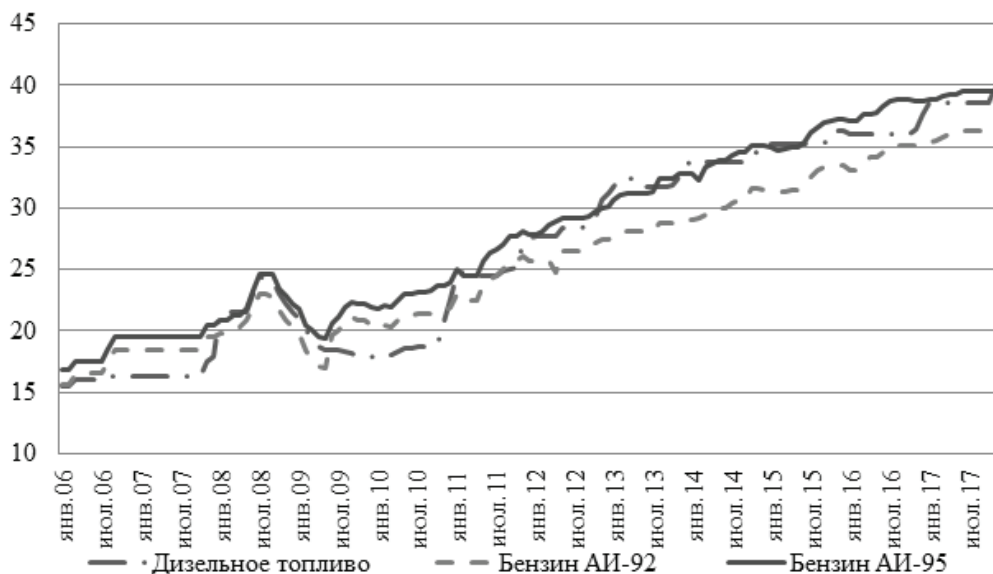


Рисунок 1. Динамика цен автомобильного топлива в Оренбургской области в 2006–2017 гг.

Предварительно исследуем характер временных рядов. Для проверки гипотез о наличии тенденции в рядах динамики воспользуемся непараметриче-

скими критериями. Выводы после применения таких критериев приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты проверки гипотез о наличии тренда во временных рядах цен на автомобильное топливо

Показатель (марка автомобильного топлива)	Критерий серий, основанный на медиане выборки	Критерий «восходящих и нисходящих» серий	Критерий, основанный на ранговой корреляции
АИ-92	гипотеза о постоянстве мат. ожидания не отвергается	гипотеза о постоянстве мат. ожидания не отвергается	гипотеза о постоянстве мат. ожидания не отвергается
АИ-95	гипотеза о постоянстве мат. ожидания не отвергается	гипотеза о постоянстве мат. ожидания не отвергается	гипотеза о постоянстве мат. ожидания не отвергается
ДТ	гипотеза о постоянстве мат. ожидания не отвергается	гипотеза о постоянстве мат. ожидания не отвергается	гипотеза о постоянстве мат. ожидания не отвергается

Согласно результатам тестирования, представленным в таблице 2, делается вывод о наличии в исследуемых временных рядах тенденции.

Следующим этапом исследования временных рядов является определение характера нестационарности ряда динамики TS-ряд (time stationary process) или DS-ряд (difference stationary process) [1]. Необходимость определения характера тренда определяется корректностью метода исключения тренда [13, 14]. Характер тренда определяет выбор метода прогнозирования.

При тестировании на характер тренда используются критерии единичного корня. В частности, нами в исследовании использованы обобщенный

тест Дики-Фуллера (ADF-тест), критерий Квятковского-Филлипса-Шмидта-Шинна (KPSS-тест) и тест Филлипса-Перрона [10]. Проверка производилась для обнаружения одного и более единичных корней, с включением различных вариантов регрессоров в тестируемую модель [12]. По итогам применения (по всем трем тестам) сделан вывод о принадлежности временных рядов цен на автомобильное топливо к DS рядам (с одним единичным корнем).

Моделирование исследуемых одномерных временных рядов проведем на основе подхода Бокса-Дженкинса. На практике широкое применение получили модели авторегрессии (АР) и скользя-

шего среднего (СС), а также смешанные модели авторегрессии скользящего среднего (АРСС). Их обобщением, подходящим для описания нестационарных временных рядов, являются модели авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего – АРПСС (p, d, q), а также сезонные АРПСС [13]. В случае, если исследователь обладает достаточным объемом наблюдений по динамике цен на топливо (более тысячи наблюдений, например, по дням в течение нескольких лет), то можно применить аппарат дробно-интегрированных временных рядов [11].

Будем подбирать модель в классе АРПСС и САРПСС моделей (порядок интеграции $d = 1$) [14]. При выборе порядка авторегрессии и скользящего среднего опирались на анализ графиков оценок автокорреляционной и частной автокорреляционной функций, а также расчет информационных критериев [3]. Оценивание моделей проводилось в ППП Gretl.

Для ряда средних цен на дизельное топливо при сезонном лаге в 12 месяцев получена следующая оценка САРПСС (1,1,0) (1,0,1):

$$\Delta \hat{y}_t = 0,399 \cdot \Delta y_{t-1} + 0,967 \cdot \Delta y_{t-12} - 0,869 \cdot \delta_{t-12} \quad (1).$$

Для цен на бензин марки АИ-92 получена следующая оценка АРПСС(7,1,0):

$$\Delta \hat{y}(t) = 0,14 + 0,188 \cdot \Delta y_{t-1} - 0,202 \cdot \Delta y_{t-7} \quad (2).$$

Для цен на бензин марки АИ-95 при сезонном лаге в 12 месяцев оценка модели САРПСС (1,1,0) (2,1,0) имеет вид:

$$\Delta \hat{y}_t = 0,351 \cdot \Delta y_{t-1} - 0,702 \cdot \Delta y_{t-12} - 0,322 \cdot \Delta y_{t-13} \quad (3).$$

Анализ остатков для всех представленных моделей показал, что они пригодны для прогнозирования.

Прежде чем перейти к прогнозированию, оценим качество построенных моделей с помощью ретроспективного прогноза (рисунок 2).

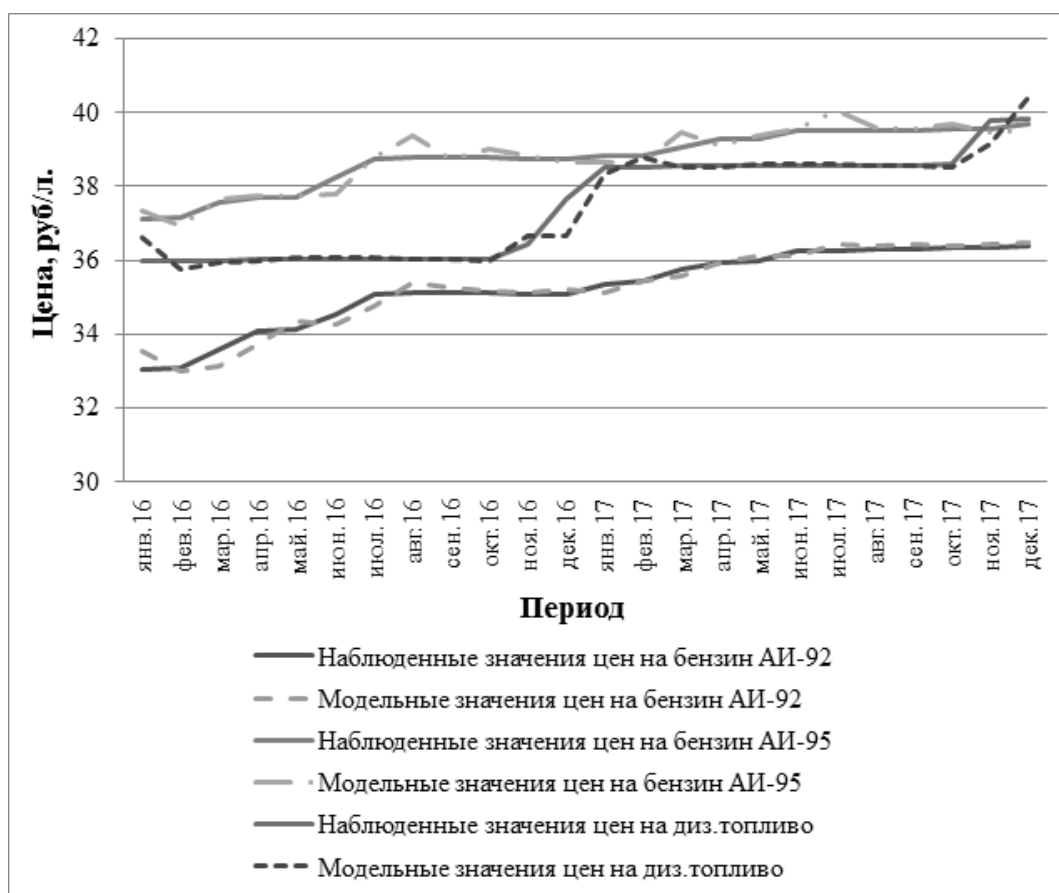


Рисунок 2. Результаты ретроспективного прогноза цен автомобильного топлива (2016–2017 гг.)

Также оценка прогнозной точности проводилась на основе показателя точности МАРЕ (средняя абсолютная процентная ошибка).

В результате расчета средней абсолютной про-

центной ошибки, где контрольной выборкой выступали данные до 2017 г. получили, что МАРЕ для цен на дизельное топливо составила 1,19%, для цен на бензин марок АИ92 и АИ95 1,29% и 1,31%

соответственно. Полученные значения средних абсолютных процентных ошибок менее 8%, то есть модели обладают высоким качеством.

Построим на их основе прогноз цен на автомобильное топливо на 2018 год, результаты точечного прогнозирования приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты прогноза цен на автомобильное топливо на 2018 г. на основе САРПСС и АРПСС моделей

Период	Прогноз					
	Дизельное топливо, руб./л		Бензин автомобильный марки АИ-92, руб./л		Бензин автомобильный марки АИ-95, руб./л	
	Прогноз	Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	Факт
январь	40,10	40,91	36,51	37,69	39,71	40,91
февраль	40,03	40,91	36,96	37,69	39,79	40,93
март	40,09	40,91	36,94	37,69	40,98	40,93
апрель	40,95	41,24	37,12	37,99	41,93	41,06
май	40,95	43,40	37,90	40,01	42,13	43,27
июнь	41,01	44,89	38,37	41,01	42,55	44,77
июль	41,08	–	38,53	–	43,82	–
август	42,10	–	39,69	–	44,14	–
сентябрь	42,12	–	39,83	–	44,27	–
октябрь	42,10	–	39,97	–	44,33	–
ноябрь	42,71	–	40,11	–	45,33	–
декабрь	43,06	–	40,25	–	45,38	–

Согласно таблице 2, в 2018 г. продолжится рост цен на дизельное топливо, и к декабрю цена за литр составит 43 руб. и 6 коп. Темп роста цены в 2018 г. прогнозируется в 7,38%. По результатам интервального прогноза цена не опустится ниже 36,12 руб. и не превысит 48,57 руб. за литр. Продолжится рост цен на бензин марки АИ-92, на конец года ожидаемая цена составит 40 руб. 25 коп. за 1 литр, темп прироста цен на бензин марки АИ-92 в 2018 г. по прогнозам составит 10,24%. При этом цена не опустится ниже 35,76 руб. и не превысит 43,59 руб. за литр. Темп прироста цен на бензин марки АИ-95 в 2018 г. составит 14,2% и на конец года ожидаемая цена составит 45 руб. 38 коп. за 1 литр. Согласно интервальному прогнозу цена не опустится ниже 38,12 руб. и не превысит 49,57 руб. за литр. Если сравнивать прогнозные значения с вновь поступившими данными за первое полугодие 2018 года, то можно увидеть, что разработанные модели дают наименьшие расхождения для АИ-92. Здесь расхождение в точечном прогнозе менее чем на 70 копеек в первом квартале. Для дизельного топлива и АИ-95 до марта месяца прогнозные значения расходятся с реальными на один рубль и менее, в июне прогноз ниже реальных значений почти на два рубля.

Для уточнения результатов прогнозирования предлагается рассмотреть возможность моделирования цен на автомобильное топливо на основе

нечетких временных рядов. Используя модель временного ряда вида (4), воспользуемся алгоритмом, предложенным нами в работе [4].

$$y_t^j = y_{t-1}^i \circ R_{i,j}(t, t-1), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}, t = \overline{1, T} \quad (4).$$

Наша задача сводится к оценке отношения нечеткой импликации [4, 6]. Результаты прогнозирования представлены в таблице 4.

Согласно таблице 3, в течение прогнозного 2018 г. ожидается повышение цен в регионе на все виды топлива. Наибольший рост цены прогнозируется для дизельного топлива (темп прироста составит 29%), в то время как цена на бензин марки АИ-95 практически не изменится в течение года (темп прироста менее 5%). Если сравнивать прогнозы с реальными значениями (таблица 3), то наилучший прогноз получен для дизельного топлива. Здесь прогноз завышен приблизительно на 2 рубля. По другим видам топлива прогнозные значения ниже реальных более чем на 1-2 рубля.

По ретроспективным прогнозам по данным за 2006–2017 рассчитали среднюю абсолютную процентную ошибку. Получили, что MAPE для цен на дизельное топливо составила 10,3%, для цен на бензин марок АИ92 и АИ95 10,2% и 12,1% соответственно. В целом качество модели удовлетворительное (MAPE < 15%), но ниже результатов, полученных по (С)АРПСС моделям.

Таблица 3. Результаты прогноза цен на автомобильное топливо на 2018 г. на основе моделей нечетких временных рядов

Период	Прогноз					
	Дизельное топливо, руб./л.		Бензин автомобильный марки АИ-92, руб./л.		Бензин автомобильный марки АИ-95, руб./л.	
	Прогноз	Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	Факт
январь	40,77	40,91	36,60	37,69	39,70	40,91
февраль	41,96	40,91	36,77	37,69	39,71	40,93
март	43,07	40,91	37,05	37,69	39,72	40,93
апрель	43,72	41,24	37,21	37,99	40,02	41,06
май	44,91	43,40	37,48	40,01	40,03	43,27
июнь	46,02	44,89	37,65	41,01	40,03	44,77
июль	46,67	–	37,93	–	40,73	–
август	48,61	–	38,09	–	40,74	–
сентябрь	49,72	–	38,37	–	41,05	–
октябрь	50,37	–	38,53	–	41,05	–
ноябрь	51,56	–	38,80	–	41,61	–
декабрь	52,67	–	38,97	–	41,61	–

Построим обобщенный прогноз цен на нефтяные виды топлива. Необходимость построения обобщенного прогноза вызван тем, что разные методы дали завышенные и заниженные по сравнению с реальными уровнями значения. В качестве весов

в обобщении прогноза взяты коэффициенты обратные показателю качества прогноза. То есть, чем выше точность, тем выше вес частного прогноза. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Значения весов для обобщения прогноза

Наименование показателя вида топлива	Коэффициент w_1 (модель АРПСС)	Коэффициент w_2 (модель НВР)
дизтопливо	0,954	0,046
бензин АИ-92	0,920	0,080
бензин АИ-95	0,932	0,068

Результаты обобщения прогнозов средних цен на топливо в Оренбургской области представлены на рисунке 3.

По рисунку 3 можно видеть, что прогнозируется повышение цен в регионе на все виды автомобильного топлива. Как видно по рисунку, обобщение прогнозов повысило точность прогнозов. Однако значения прогнозов оказались заниженными по сравнению с наблюдаемыми ценами в первом полугодии 2018 г. Это объясняется нарушением естественного процесса ценообразования на рынке, вызванного обострением политической обстановки и вводимыми пакетами санкций.

В результате исследования характера рядов динамики цен на автомобильное топливо был осу-

ществлен выбор метода прогнозирования с учетом их нестационарности и периодичности. Качество моделей удовлетворительное, согласно полученным результатам продолжится рост цен на основные виды автомобильного топлива в Оренбургской области. Полученные прогнозные значения могут использоваться в стратегическом и оперативном управлении в организациях транспортной сферы, сельского хозяйства и других, поскольку отражают тенденцию изменения цен. Разработанные модели могут применяться другими исследователями при прогнозировании цен на топливо: адаптивный характер моделей позволяет добавлять в модель новые порции наблюдений без необходимости перерасчета оценок параметров моделей.

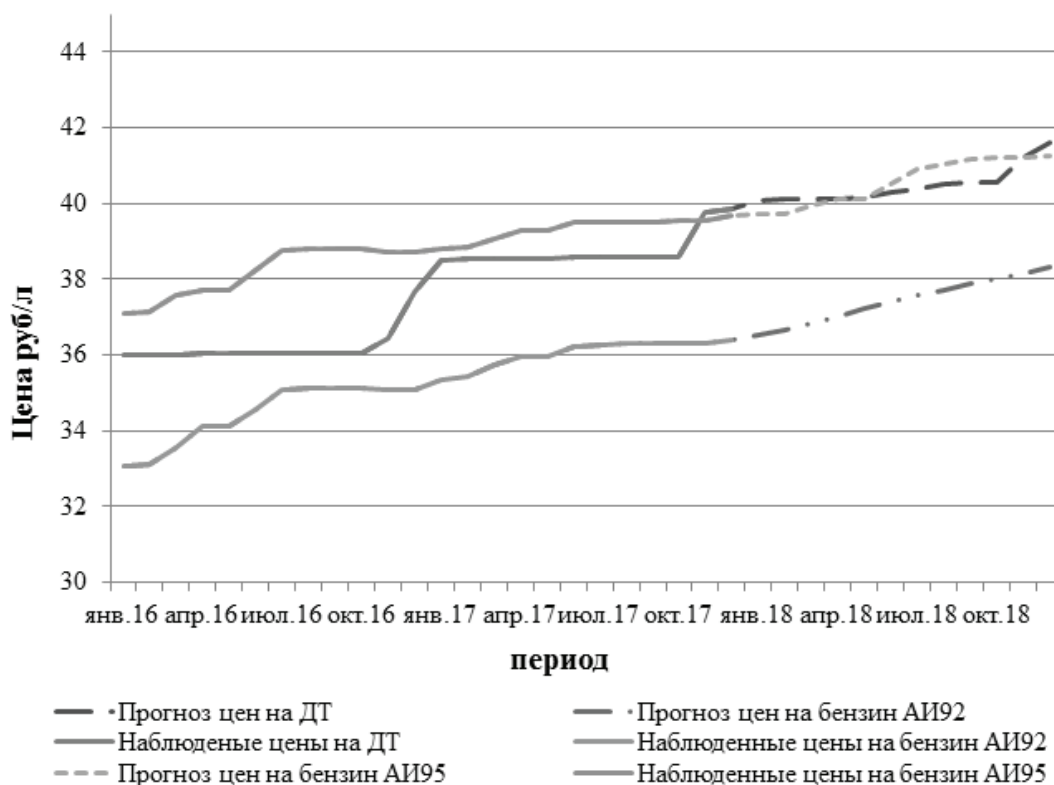


Рисунок 3. Обобщенный прогноз средних цен на автомобильное топливо в Оренбургской области на 2018 г.

Литература

1. Барабанова, Л.В. К вопросу о корректности эконометрического моделирования цен бензина на региональных розничных рынках РФ / Л.В. Барабанова // Анализ, моделирование и прогнозирование экономических процессов материалы: материалы VII Международной научно-практической конференции. Волгоградский государственный университет; Воронежский государственный университет; Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского. – Волгоград, ООО «Консалтинговое агентство», 2015. – С. 13-22.
2. Ермолаев, М.Б. Динамика цен на автобензин в Ивановской области: статистическое моделирование / М.Б. Ермолаев, О.В. Сизова // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – № 4. – С. 194-200.
3. Канторович, Г.Г. Анализ временных рядов / Г.Г. Канторович // Экономический журнал ВШЭ. – 2002. – № 3. – С. 379-401.
4. Ковалевский, В.П. Моделирование и прогнозирование цен на основные виды топлива на основе нечетких временных рядов / В.П. Ковалевский, А.В. Раменская // Экономика и предпринимательство. – 2013. – № 10 (39). – С. 572-575.
5. Мхитарян, С.В. Прогнозирование продаж с помощью адаптивных статистических методов / С.В. Мхитарян, Л.А. Данченко // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-4. – С. 818-822.
6. Раменская, А.В. Математическое моделирование стратегии модернизации оборудования на предприятии: монография / А.В. Раменская, А.Г. Реннер; под ред. А.Г. Реннера – Самара: СамНЦ РАН, 2018. – 172 с.
7. Сапрыкина, Е.А. Прогнозирование цен на дизельное топливо с помощью модели авторегрессии / Е.А. Сапрыкина // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 7-3. – С. 30-35.
8. Сафина, Т.А. Построение прогноза цен на бензин / Т.А. Сафина // Вестник Марийского государственного технического университета. – № 1. – С. 22-31.
9. Семенычев, Е.В. Мониторинг изменения цен на бензин с использованием моделей авторегрессии скользящего среднего / Е.В. Семенычев, Е.И. Куркин, П.А. Молостова // Вопросы экономики и права. – 2011. – № 32. – С. 273-279.
10. Туктамышева, Л.М. К вопросу о методах идентификации характера тренда / Л.М. Туктамышева // Интеграция науки и практики в профессиональном развитии педагога. Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 2010. – С. 963-967.
11. Туктамышева, Л.М. Дробно-интегрированные модели авторегрессии скользящего среднего в прогнозировании цен на нефть / Л.М. Туктамышева, А.Р. Манбетов // Математические методы и модели в ис-

следовании актуальных проблем экономики России: материалы Международной научно-практической конференции / науч. ред. Р.Р. Ахунов. – Уфа, ООО Аэтерна, 2016. – С. 224-225.

12. Bai, J. Estimating and Testing Linear Models with Multiple Structural Changes / J. Bai , P. Perron // *Econometrica*. – 1998. – Vol. 66. – pp. 47-78.

13. Dickey, D. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root / D. Dickey, W. Fuller // *J. of the American Statistical Association*. – 1979. – Vol. 74. – pp. 427-431.

14. Perron, P. The Great Crash, the Oil Price Shock, and The Unit Root Hypothesis // *Econometrica*. – 1989. – Vol. 57. – pp. 1361-1401.