

УДК 338.27

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ КАК ФУНКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Г.А. Дегтяренко¹, И.В. Долгова²

^{1,2}Северо-Западный институт управления филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

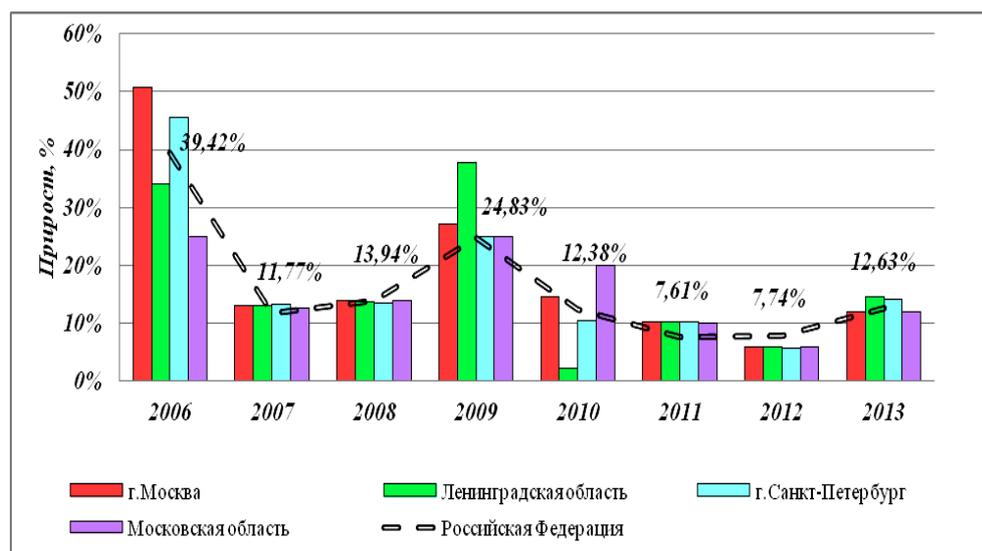
Прогнозирование как функция менеджмента играет важную роль в управлении в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Для построения прогнозов в этой сфере можно использовать математические модели, что и показано в данной статье с использованием классических методов прогнозирования. Методом линейных контрастов выбран рациональный метод прогнозирования, а так же предложен алгоритм построения модели прогноза и даны рекомендации по его использованию.

Ключевые слова: *прогнозирование, жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ), тарифы, электроэнергия, метод наименьших квадратов, метод Хольта, метод линейных контрастов.*

Управление одной из сложнейших подсистем экономики жилищно-коммунальным хозяйством (ЖКХ) и ее составными частями является важной задачей, так как затрагивает основные социальные аспекты общества, и неразрывно связано с состоянием экономики страны в целом.

Цены на энергоснабжение, как и на тепло, газ и другие составляющие жилищно-коммунального хозяйства как в России в целом, ее регионах, так в других странах, неуклонно растут, поэтому даже самая простейшая математическая модель, созданная для их упреждения, может быть полезна как для потребителей, так и руководителей.

В среднем прирост по РФ тарифа на электроэнергию к предыдущему году за последние 8 лет составляет 17 %. На рис.1 представлен прирост к предыдущему году тарифов на электрическую энергию в России, в среднем, в Санкт-Петербурге, Ленинградской области, Москве и Московской области.



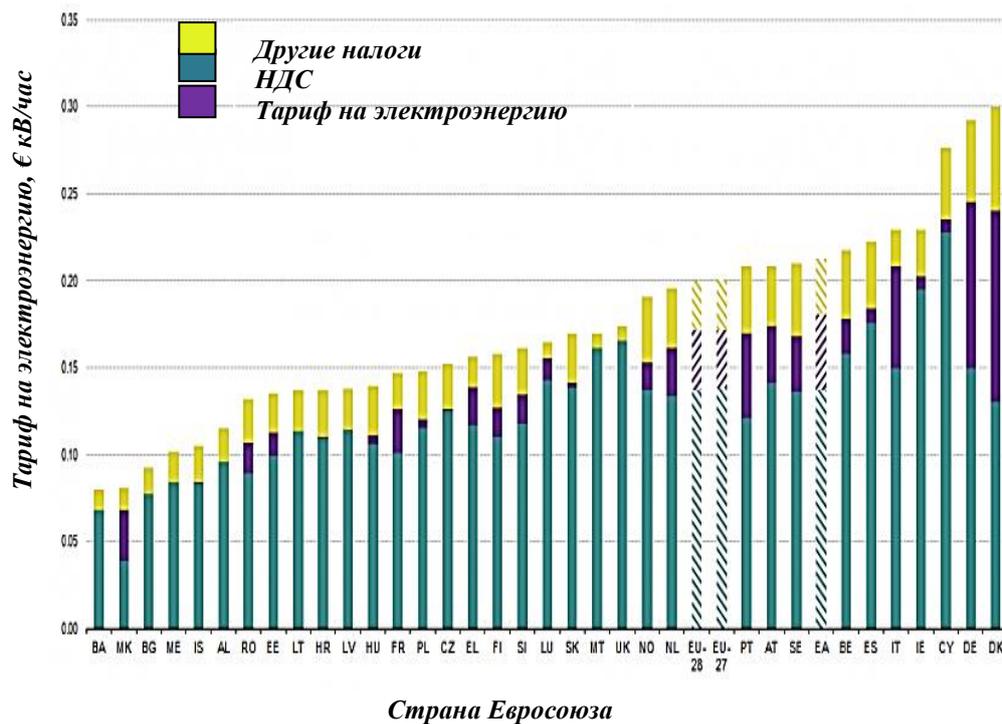
Р и с . 1. Прирост к предыдущему году тарифов на электроэнергию в среднем по РФ, %

Наибольший прирост тарифов наблюдался в 2006 году, затем ситуация постепенно нормализовалась, и к 2008 году прирост составил 14%, однако в 2009 году наблюдался очередной скачек – в среднем по РФ тариф на электроэнергию вырос на 25%. Ситуация начала стабилизироваться после 2010 года и прирост в 2013 году относительно 2012 года составил 13%.

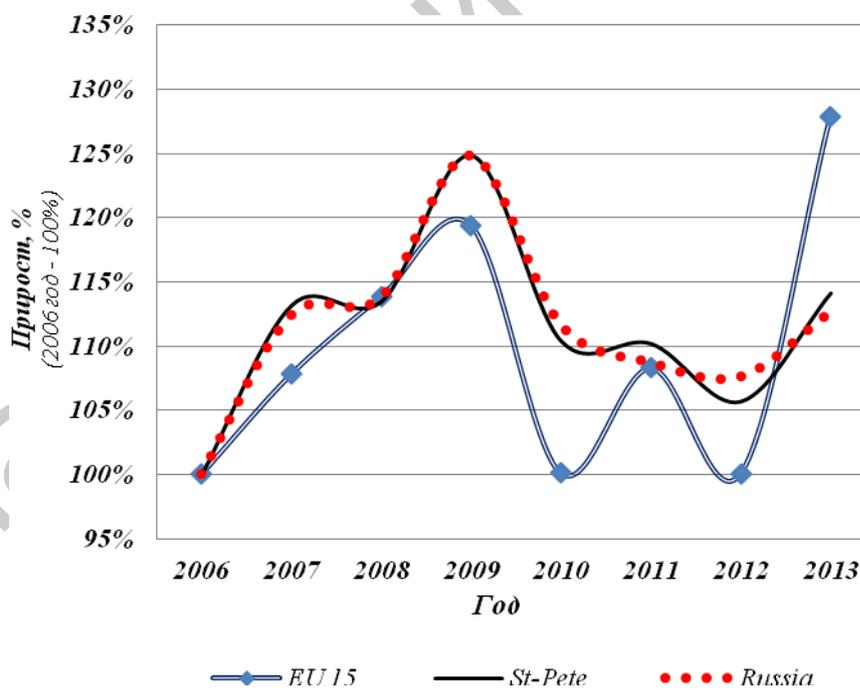
Если сравнивать основы тарифообразования в Европейских странах, то следует выделить следующие основные моменты. Цены на электроэнергию в разных странах Евросоюза могут варьироваться в пределах одной области или распределительной сети внутри страны. В стандартных регулируемых монопольных рынках, тарифы на электроэнергию, как правило, разделяются для следующих категорий пользователей: бытовых, коммерческих и промышленных. Для бытовых потребителей разделяют 4 потребительские зоны: минимальная (< 1000 кВт/ч), незначительные (1000-2500 кВт/ч), средние (2500-5000 кВт/ч), большие (5000-15000 кВт/ч), максимальные (> 15000 кВт/ч).

На рис.2 представлены тарифы на электроэнергию для средней категории пользователей по некоторым странам Евросоюза. Так, тарифы на электроэнергию в течение первого полугодья 2013 года были самыми высокими в Дании (EUR 0,30 кВт/ч), в Германии (EUR 0,29 кВт/ч), на Кипре (EUR 0,28 за кВт/ч) и в Ирландии (EUR 0,23 за кВт/ч). Самые низкие цены на электроэнергию в ЕС для населения в Болгарии (EUR 0,09 за кВт/ч), Румынии (EUR 0,13 за кВт/ч) и в Эстонии (EUR 0,14 за кВт/ч) [5].

Поскольку около четверти европейской тепло- и электроэнергии вырабатывается за счёт газа, очевидно, что колебания цены на газ получают отклик и в сфере электроснабжения, и в сфере отопления, тем более что динамика цен газа оказывает влияние и на динамику цен энергоносителей-субститутов, в частности, угля.



Р и с . 2. Цены на электроэнергию для бытовых потребителей в странах Евросоюза, 1 квартал 2013 года (€, кВт/ч)



Р и с . 3. Динамика тарифов на электроэнергию в России, Санкт-Петербурге и Евросоюзе (15 стран), %

Если сравнивать динамику величины тарифа на электроэнергию между EU-15 (средний тариф в 15 островных стран Еврозоны), Россией и Санкт-Петербургом (данные 2006 года приняты за 100%) видно, что изменения тарифов в Евросоюзе происходит более скачкообразно, нежели, чем в России, хотя тенденция в целом одинаковая (рис. 3).

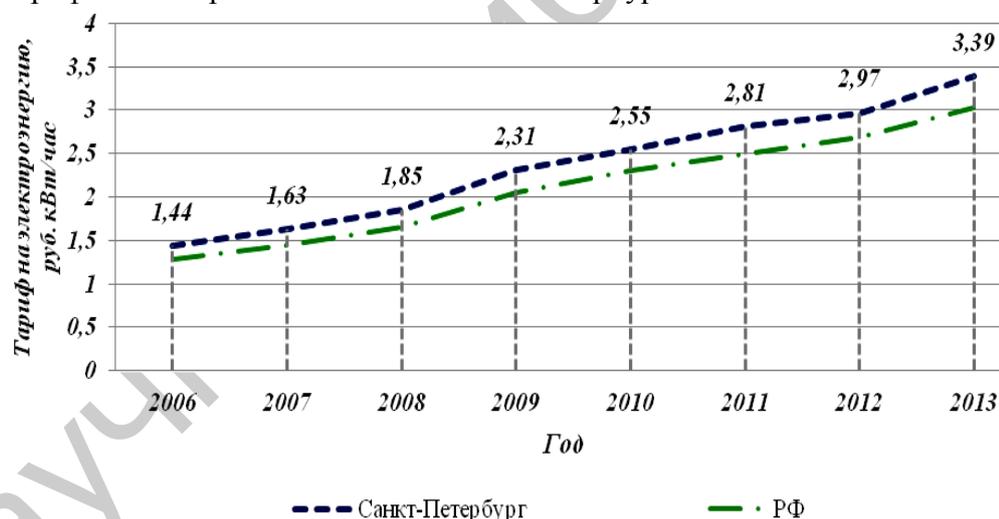
Энергоснабжение, отопление, газ и т.д. являются элементами коммунальных услуг, предоставляемые населению, и желательно, чтобы их стоимость была упреждена заранее.

Формирование прогноза изменения величины тарифов представляет собой достаточно трудную задачу, в силу особенностей функционирования данной сферы и тех факторов, которые влияют на стоимость предоставляемых услуг. При этом формирование наиболее точного и корректного прогноза необходимо на всех уровнях системы жилищно-коммунального хозяйства России.

К основным факторам, влияющим на величину тарифов на коммунальные услуги, можно отнести следующие:

- объем реализации коммунальных услуг, то есть, чем больше объем реализации услуг, тем меньше размер тарифа;
- степень изношенности сетей и оборудования влияет на расходы, необходимые для поддержания систем снабжения услугами в рабочем состоянии;
- особенности технологического процесса производства и транспортировки коммунальных услуг каждой конкретной ресурсоснабжающей организации;
- топливная составляющая, зависящая от вида и цены используемого топлива (стоимость жидкого и твердого топлива, как правило, существенно выше стоимости природного газа);
- уровень загрузки источника тепловой энергии (ТЭЦ, котельных), чем выше уровень загрузки, тем ниже тариф и др.

На рис.4. представлены математические ожидания (средние) тарифов на энергоснабжение в Санкт-Петербурге и России.



Р и с .4. Средние значения (математические ожидания) тарифов на энергоснабжение в Санкт-Петербурге и России, руб.

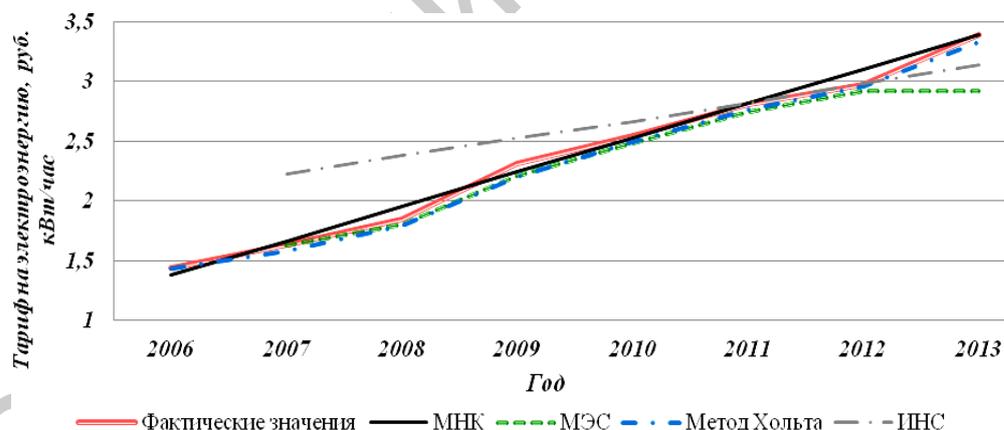
Если сравнивать тариф на электроэнергию в Санкт-Петербург со средним по РФ, то можно сказать, что динамика цен на данный вид услуг совпадает с общероссийской тенденцией, однако, стоимость электроэнергии для бытовых потребителей выше на 10 %, чем в среднем по РФ (рис. 4).

В такой конъюнктуре возрастает важность конечных долгосрочных и краткосрочных прогнозов, как для промышленных и бытовых потребителей, так и для регулирующих и контрольных органов.

Мониторинг этих процессов играет важную роль в управлении системой ЖКХ. Кроме того, как было установлено, тарифы на коммунальные услуги это не детерминированные, а непрерывные случайные процессы с дискретным временем [1, с.22]. Управление этим случайным процессом достаточно сложная задача, однако крайне необходимая.

Прогнозные значения тарифа на электроэнергию для бытовых потребителей в квартирах без электроплит были получены на основе классических методов (построения линий регрессии методом наименьших квадратов (МНК), получения экстраполяционных зависимостей методом экспоненциального сглаживания (МЭС) и методом Хольта (МХ)) и современного метода искусственных нейронных сетей (ИНС), анализ которого в данной работе рассмотрен не будет [2, с.8].

Не приводя подробных расчетов, покажем результаты, полученные с использованием этих методов (рис. 5).



Р и с. 5. Прогнозные значения тарифов, полученные методами МНК, МЭС, МХ, ИНС в сравнении с фактическими значениями тарифов, руб.

Уравнение регрессии, полученное МНК, имеет вид

$$Y = 0,288x - 575,747,$$

где Y – значение тарифа, x – год.

При использовании МЭС было выбрано значение постоянной сглаживания $\alpha = 0,8$, а в МХ - с весами $\alpha = 0,4$ и $\beta = 0,3$, давшие в

эксперименте наименьшие значения ошибок MAD и MAPE. Исползованные значения весов согласуются с данными, приведенными в [3, с. 16].

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что все использованные методы для получения упрежденных значений тарифов, так или иначе, отражают фактическую динамику тарифа, и оценить, какой из них наиболее адекватен, используя только относительные и абсолютные значения ошибок прогноза, без детального исследования систематических ошибок самих методов не представляется возможным [1, с. 22].

Для создания простейшей математической модели прогнозирования, была сделана попытка отбора из использованных способов, метод, обладающий наименьшими систематическими ошибками.

В эксперименте участвовали только классические методы, так как суть метода ИНС существенно отличается от классических методов и подходы к его анализу различны.

Как показали расчеты, средний квадрат ошибок прогноза по трем использованным методам отличается только в третьем знаке (табл. 1).

На основе метода линейных контрастов по критерию Г. Шеффе, была исследована факторная изменчивость тарифа и выявлены методы, дающие наименьшую систематическую ошибку при упреждении тарифов.

Средний квадрат ошибок прогноза (MSE)

Т а б л и ц а 1

	Метод наименьших квадратов (МНК)	Метод экспон. сглаживания (МЭС)	Метод Хольта (МХ)
MSE	0.005	0.005	0.004

Суть вычисления критерия Г. Шеффе состояла в том, что вычислялся линейный контраст L_k – линейной комбинации средних m_k с некоторыми константами C_k , то есть выражение

$$L_k = \sum_{k=1}^l C_k m_k,$$

где C_k определялись из формулировки проверяемой гипотезы, причем

$$\sum_{k=1}^l C_k = 0.$$

Так как статистика

$$\tilde{L}_k = \sum_{k=1}^l C_k \bar{x}_k$$

будет, очевидно, несмещенной оценкой контраста L_k , то ее и использовали для построения критерия.

Дисперсия этой оценки

$$D[\tilde{L}_k] = \sum_{k=1}^l C_k^2 \frac{\sigma^2}{n_k} = \sigma^2 \sum_{k=1}^l \frac{C_k^2}{n_k}.$$

В качестве оценки дисперсии выбрали величину

$$S_{L_k}^2 = \frac{Q_0}{n-l} \sum_{k=1}^l \frac{C_k^2}{n_k} = S_0^2 \sum_{k=1}^l \frac{C_k^2}{n_k}.$$

Отсюда

$$S_{L_k} = S_0 \sqrt{\sum_{k=1}^l \frac{C_k^2}{n_k}}.$$

Как показал Г. Шеффе, что для любого контраста L_k выполняется равенство

$$P\{\tilde{L}_k - S_{L_k} \sqrt{v_A F_{1-\alpha}(v_A, v_0)} \leq L_k \leq \tilde{L}_k + S_{L_k} \sqrt{v_A F_{1-\alpha}(v_A, v_0)}\} = \alpha.$$

Следовательно, если доверительный интервал

$$J_{L_k} = (\tilde{L}_k - S_{L_k} \sqrt{v_A F_{1-\alpha}(v_A, v_0)}; \tilde{L}_k + S_{L_k} \sqrt{v_A F_{1-\alpha}(v_A, v_0)})$$

не покрывает $L_k = 0$, то выбранная гипотеза $H_0: L_k = 0$ отвергается с вероятностью ошибки α , одной и той же для любого контраста L_k . В противном случае гипотеза принимается [4, с. 335-388].

Оказалось, что наибольшую систематическую ошибку дает метод экспоненциального сглаживания, соответственно применять его для прогнозирования тарифов на электроэнергию менее целесообразно.

Наиболее рациональными методами для получения прогнозных тарифов можно назвать регрессионный метод с использованием МНК и метод Хольта.

Аналогичные прогнозные методы можно использовать для различных категорий потребителей (бытовых и промышленных, сельских и городских) и для разных тарифов (отопление, водоотведение и т.д.). Тарифное прогнозирование позволяет проводить более глубокий анализ текущей ситуации и тенденций будущего.

Учитывая проведенные исследования, простейшая математическая модель прогнозирования тарифов на электроэнергию, может быть представлена в виде алгоритмической модели, включающей в себя:

1. подготовку исходных данных (все необходимые данные Федеральная служба государственной статистики размещает на своем сайте, на сайтах региональных подразделений ФГС, а так же на информационных сайтах уполномоченных организаций);
2. первичный анализ исходных данных, в том числе и графический (это позволяет выявить первоначальные зависимости);
3. вычисление прогнозных значений с использованием линий регрессии, построенных методом наименьших квадратов и методом Хольта;

4. систематический анализ ошибок прогнозирования с использованием указанных методов, позволяющий избежать «некачественного» прогноза и нерациональных решений, которые они могут повлечь за собой;

5. выработку необходимых рекомендаций по организации, планированию, учету и контролю получаемой базы данных (при сравнении с текущим уровнем состояния тарифов).

Подобные исследования и использование математических методов могут проводиться:

- на любом уровне – региональном и муниципальном;
- органами власти для обоснования стратегии по формированию цен и тарифов на услуги ЖКХ;
- Росстатом (при проведении региональных сопоставлений);
- экономистами разных уровней власти (для формирования бюджетов, местных, региональных, федеральных и потребительских корзин);
- любыми предприятиями и организациями, чья работа непосредственно зависит от изменений цен на данный вид услуг.

Список литературы

1. Дегтяренко Г.А. Моделирование социально-экономических показателей жилищно-коммунального хозяйства /Г.А. Дегтяренко, И.В. Долгова // Математика, статистика и информационные технологии в экономике, управлении и образовании: материалы II Международной научно-практ. конф. 5 июня 2013 г. Тверь. – Тверь, 2013.- с. 19-23.
2. Долгова И.В. Нейронные сети в прогнозировании социально-экономических показателей в сфере электроэнергетики / Долгова И.В., Дегтяренко Г.А. // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий: научно-практ. журнал № 3 (7) 2013. – Омск, 2013. – с. 3-8.
3. Васильев А.А. Результаты исследования моделей прогнозирования Брауна и Хольта в расширенном диапазоне значений параметров сглаживания
4. / А.А. Васильев, Е.В. Васильева // Математика, статистика и информационные технологии в экономике, управлении и образовании: материалы II Международной научно-практ. конф. 5 июня 2013 г. Тверь. – Тверь, 2013.- с. 14-18.
5. Шеффе Г. Дисперсионный анализ.- М: Наука, 1980.- С. 512.

6. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Electricity_and_natural_gas_price_statistics#Electricity_prices_for_household_consumers (13.12.2013)

FORECASTING AS A MANAGERIAL FUNCTION IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

G.A. Degtyarenko¹, I.V. Dolgova²

^{1,2}North-West Institute of Management the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, St. Petersburg

Forecasting as a managerial function plays an important role in the management in the field of housing and communal services. Forecasting in this field can be done on the base of mathematical models, as it's shown in this article using the classical forecasting methods. The method of linear contrasts determines the optimal model, as well as an algorithm for constructing the forecast model and recommendations for its use.

Keywords: *forecasting, housing and communal services (HCS), rates, electricity, least squares method, Holt's method, method of linear contrasts.*

Об авторах:

ДЕГТЯРЕНКО Галина Анатольевна – заслуженный деятель науки РФ, профессор, доктор технических наук, профессор Кафедры бизнес-информатики, математических и статистических методов, Северо-Западного института управления филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, e-mail: dga_spb@mail.ru

ДОЛГОВА Ирина Владимировна – аспирант Северо-Западного института управления филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, e-mail: irina77710@yandex.ru

About the authors:

DEGTJARENKO Galina Anatol'evna – Honored worker of science, professor, doctor of technical sciences, professor of the Department of Business Informatics, mathematical and statistical methods of North-West Institute of Management the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, St. Petersburg, e-mail: dga_spb@mail.ru

Dolgova Irina Vladimirovna – postgraduate research student North-

West Institute of Management the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, St. Petersburg, e-mail: irina77710@yandex.ru

References

1. Degtjarenko G.A. Modelirovanie social'no-jekonomicheskikh pokazatelej zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva, Matematika, statistika i informacionnye tehnologii v ekonomike, upravlenii i obrazovanii: materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakt. konf. 5 ijunja 2013, Tver', Tver', 2013. 19-23 p.
2. Dolgova I.V. Nejronnye seti v prognozirovanii social'no-ekonomicheskikh pokazatelej v sfere Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionnyh tehnologij: nauno-prakt. zhurnal no 3 (7) 2013, Omsk, 2013. 3-8 p.
3. Vasil'ev A.A. Rezul'taty issledovanija modelej prognozirovanija Brauna i Hol'ta v rasshirennom diapazone znachenij parametrov sglazhivaniya. Matematika, statistika i informacionnye tehnologii v jekonomike, upravlenii i obrazovanii: materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakt. konf. 5 ijunja 2013 Tver'., Tver', 2013. 14-18 p.
4. Sheffe G. Dispersionnyj analiz. Moscow: Nauka, 1980. 512 p.
5. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Electricity_and_natural_gas_price_statistics#Electricity_prices_for_household_consumers (13.12.2013)