

**Научная статья**

DOI 10.34130/2070-4992-2022-2-4-438

УДК 338.27:330.42

**Сравнительная оценка неопределённости информации  
в прогнозных моделях отраслей энергетики****Сергей Львович Садов**Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера  
Федерального исследовательского центра «Коми научный центр  
Уральского отделения Российской Академии наук», Сыктывкар, Российская Федерация,  
sadov@energy.komisc.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается задача сравнительной оценки уровней неопределённости информации. Разработка метода её решения, необходимого для прогнозирования развития отраслей энергетики, — основная цель исследования. Методической основой решения поставленной задачи выбран метод анализа иерархий, поскольку совокупность факторов, определяющих уровень неопределённости прогнозов, может быть оценена только качественно. В соответствии с требованиями данного метода построена полная трёхуровневая иерархия, на верхнем уровне которой — неопределённость прогнозов, на втором — основные факторы, непосредственно влияющие на неё, и на третьем — отрасли энергетики, для которых оценивается неопределённость. Экспертным путём выбраны парные оценки влияния факторов на неопределённость и аналогичные оценки отраслей для каждого из факторов. Все оценки обладают необходимыми свойствами транзитивности и согласованности. Основным новым результатом работы стало выявление двух групп отраслей, для которых уровни неопределённости, необходимой для прогнозирования информации, существенно разнятся. Так, производство электроэнергии, нефти и нефтепродуктов отличаются высокой неопределённостью, а производство тепловой энергии, угля и газа, нетрадиционные и возобновляемые отрасли энергетики характеризуются умеренной неопределённостью. Применение этого результата плодотворно при моделировании перспектив развития топливно-энергетического комплекса — в его основу целесообразно положить варианты отраслей, обладающих меньшей неопределённостью, и дополнять их вариантами прочих отраслей, согласованными с предыдущими вариантами. Так минимизируется негативное влияние высокого уровня неопределённости некоторых отраслей энергетики. В перспективе решение поставленной задачи позволит перейти к количественной оценке дефицита исходной информации для отраслей энергетики с учётом их специфики. Это позволит осознанно подходить к прогнозам, дифференцируя их использование в зависимости от достоверности.

**Ключевые слова:** отрасли энергетики, прогнозирование, неопределённость, сравнительная оценка, метод анализа иерархий

**Финансирование.** Статья подготовлена в рамках НИР № 121072700045-1 «Модели и методы адаптации систем энергетики в современных условиях их функционирования и развития».

**Для цитирования:** Садов С. Л. Сравнительная оценка неопределённости информации в прогнозных моделях отраслей энергетики // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2022. Т. 2. Вып. 4. С. 438–446. <https://doi.org/10.34130/2070-4992-2022-2-4-438>

**Original Article****Comparative assessment of the information uncertainty  
in forecast models of energy sectors****Sergei L. Sadov**The Institute of Socio-Economic and Energetic problems of the North,  
Federal Research Center «Komi Scientific Centre of the Ural Division  
of the Russian Academy of Sciences», Syktyvkar, Russian Federation,  
sadov@energy.komisc.ru

**Abstract.** *The article discusses the task of comparative assessment of the uncertainty levels of information. The solving method is necessary for predicting the development of energy sectors and it is the main purpose of the study. The methodological basis for solving the assigned task is chosen by the method of analytical hierarchy process, since the totality of factors that determine the level of uncertainty of forecasts can only be evaluated qualitatively. In accordance with the requirements of this method, a complete three-level hierarchy is built, at the upper level of which is the uncertainty of forecasts, the second — factors that directly affect it, and on the third are the energy sectors, for which uncertainty is evaluated. Expert path has selected paired assessments of the factors influence on uncertainty, and similar assessments of industries for each of the factors. All assessments have the necessary properties of transitivity and consistency. The main new result of the work was the identification of two groups of industries, for which the levels of uncertainty necessary for predicting information significantly vary. Thus, the production of electricity, oil and oil products distinguish high uncertainty, and the production of thermal energy, coal and gas, non-traditional and renewable industries are characterized by moderate uncertainty. The use of this result is fruitful in modeling the development prospects of the fuel and energy complex — it is advisable to put the options for industries that have less uncertainty, and supplement them with options for other industries agreed with previous options. Thus, the negative impact of the high level of uncertainty of some industries of energy is minimized. In the future, the solution to the posed task will allow us to go to quantitatively assessing the shortage of initial information for the energy sectors, taking into account their specifics. This will consciously approach to the forecasts, differentiating their use depending on reliability.*

**Keywords:** *energy sectors, forecasting, uncertainty, comparative assessment, analytical hierarchy process*

**Funding.** The article was prepared within the research work No. 121072700045-1 «Models and methods of adaptation of energy systems in modern conditions of their functioning and development».

**For citation:** Sadv S. L. Comparative assessment of the information uncertainty in forecast models of energy sectors. *Corporate Governance and Innovative Economic Development of the North: Bulletin of the Research Center of Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University.* 2022. Vol. 2, issue 4. Pp. 438-446. <https://doi.org/10.34130/2070-4992-2022-2-4-438>

## Введение

Неопределённость сопровождает человека в течение всей жизни и во всех сферах деятельности. Она многолика и вездесуща. Поэтому проблемы взаимосвязи неопределённости, точности, надёжности и повышения качества прогнозов уже долгое время волнуют исследователей [1]. Первые исследования неопределённости относятся к XVII в., в которых вероятность трактовалась как относительная частота повторения случайных событий в ходе многократных испытаний. Вероятностно-статистическая интерпретация точности прогнозирования надолго стала основой анализа их неопределённости, а статистические методы — главным инструментом. Эта ситуация имеет место и поныне. Вычислительные эксперименты на основе компьютерного моделирования являются наиболее распространенным подходом к решению проблем количественной оценки неопределённости и часто используются в практике принятия решений. В литературе, посвящённой методам прогнозирования, можно найти много примеров вероятностно-статистических методов и показателей. Так, в работе [2] для измерения погрешности прогнозов использована оценка Брайера — аналог известного показателя из теории вероятности — среднеквадратической ошибки. Оценка допускает разложение на составляющие — надёжность, разрешение и неопределённость. Их анализ позволяет определить пути повышения качества прогноза.

Оригинальный метод, позволяющий оценивать вероятности наступления прогнозируемых событий через матрицу апостериорных погрешностей прогнозирования и матрицу уточнённых оценок, полученных на основе новой информации, изложен в [3]. Произведение данных матриц несет в себе полную информацию о погрешностях, присущих эксперту при составлении прогнозов. Вектор вероятностей наступления прогнозируемых событий представляет собой собственный вектор этой полной матрицы погрешностей прогнозирования, отвечающий её единичному собственному значению. А в работе по оценке макроэкономических прогнозов в качестве показателя неопределённости прогноза авторы используют стандартное отклонение отдельных прогнозов относительно медианного согласованного прогноза [4].

В энергетических исследованиях также широко используется вероятностно-статистический подход. Например, в [5] исследуется зависимость спроса и цен на энергоресурсы в регионе в условиях усложнения взаимосвязей экономики и энергетики и роста неопределённости будущего развития страны и

территорий. Имитируется поведение поставщиков энергоресурсов и крупных потребителей в зависимости от изменения цен на энергоресурсы, возможностей существующих и новых технологий, мер по энергосбережению и т. п. Неопределённость будущих условий развития учитывается посредством задания интервалов возможных значений параметров модели с вероятностями их реализации в этих интервалах. Работа [6] посвящена подходам к оценке неопределённости прогнозов спроса и цен на энергоресурсы, излагаются соответствующие методы решения задачи.

Многие работы касаются проблем принятия решений в условиях риска и неопределённости. Так, в [7] подчёркивается, что управление рисками, играющее ключевую роль для финансовых институтов в условиях неопределённости, является сложной задачей, решению которой может способствовать междисциплинарный подход, в частности использование концепций статистической физики для описания финансовых систем. На основе анализа данных о финансовых рынках предложена новая модель динамики рыночных цен с нетривиальной изменчивостью, которая учитывает обстоятельство, что рынки ведут себя не так, как они должны вести себя в соответствии с традиционными моделями. В статье [8] для улучшения прогнозов и повышения надёжности диагнозов авторы предлагают меры, с помощью которых можно оценить риск, которому подвергается пациент с неопределённым диагнозом. В работе по оценке прогнозов ключевых макроэкономических показателей Резервного банка Австралии [9] авторы использовали прошлые ошибки прогнозов для построения доверительных интервалов и других оценок неопределённости прогнозов. Их оценки показали, что неопределённость прогнозов высока.

Встречаются исследования и более широкого методологического плана. В работе [10] сделан акцент на переосмысление самого понятия «измерение». Измерению мешают неточность и неоднозначность терминов используемого языка. Объект измерения должен быть чётко определён. Измерение трактуется как совокупность снижающих неопределённость наблюдений, результат которых выражается некой величиной. Т.е. с этой точки зрения измерение — итеративный процесс снижения неопределённости. В экономическом плане снижение неопределённости имеет свою цену, отсюда возникает проблема экономически обоснованного снижения неопределённости. В [11] фиксируются особенности прогнозирования в условиях детерминированности, риска и неопределённости. Похожим образом в [12] рассматриваются разные подходы к прогнозированию. Отмечается, что переход от вербальных формулировок оценки вероятности к числам заставляет прогнозистов лучше прочувствовать разницу между степенями неопределённости.

Методологически важное утверждение содержится в [13]. Формулировка его состоит в том, что прогнозирование и планирование представляют собой многоэтапный процесс раскрытия неопределённостей, связанных с внешней средой и состоянием объекта управления. Прогнозирование рассматривается как способ максимально снять неопределённость при планировании. Динамично меняющиеся обстановка и сам объект управления погружают задачу принятия решения в нечёткую среду, так как значительная часть информации выражается в нечёткой словесной форме. В статье [14] авторы отмечают, что «Золотое правило прогнозирования» — быть консервативным. Но в настоящее время сложные статистические процедуры и распространение больших данных заставляют прогнозистов нарушать это «Золотое правило». В результате, несмотря на значительный прогресс в методах прогнозирования, основанных на фактических данных, практика прогнозирования во многих областях не улучшилась за последние полвека.

Подводя итог краткому обзору, отметим, что для задачи оценки уровней неопределённости информации, необходимой при прогнозировании перспектив отраслей энергетики, вероятностно-статистический подход будет неработоспособен из-за быстро меняющихся внешних условий, когда ретроспективная информация быстро устаревает. При построении прогнозных моделей топливно-энергетического комплекса и его отраслей актуальна проблема оценки адекватности исходных данных моделей целям прогнозирования, а также возможностей повышения их качества в информационных аспектах. На самых начальных этапах моделирования необходимо иметь представление, модели какого размера и какой сложности имеет практический смысл разрабатывать и применять. Погоня за размером и сложностью не должна быть самоцелью — лишь гармоничное сочетание модельной и информационной составляющих будут способствовать успеху прогнозного исследования. Ввиду возрастания волатильности социальных и экономических процессов в среде, в которой функционирует и развивается ТЭК, возрастает и неопределённость, сопровождающая попытки прогнозирования его перспектив. Поэтому стремление к количественной точности прогнозов теряет практический смысл.

В связи с этим встаёт вопрос — с помощью каких средств, показателей и инструментов можно зафиксировать соразмерность модельных построений и качества доступной информации? Сложность

заключается в том, что эта информация носит качественный характер (включая полноту, достоверность и другие аспекты). Её количественное наполнение (набор показателей, их динамика во времени) имеют при этом второстепенное значение. Из методов, работающих с качественными показателями, следует отметить метод анализа иерархий (МАИ), разработанный американским математиком Томасом Саати [15]. Базируясь на парных сравнениях влияния признаков или факторов, он в итоге формирует обобщённую оценку их значимости, выраженную в безразмерных единицах (долях или процентах). МАИ как раз подходит для решения поставленной задачи качественной оценки информационной составляющей прогнозных исследований топливно-энергетического комплекса и его отраслей, так как эта проблема хорошо поддаётся иерархическому структурированию. И поскольку для многих задач экономики и управления, связанных с отношениями между людьми, нет возможности оперировать чётко определёнными результатами численных измерений, то МАИ в такой ситуации даёт исследователям возможность получать устойчивые и соответствующие реалиям результаты, имея в качестве исходной информации сравнительные экспертные оценки качественного характера [16], получаемые при парном сравнении факторов и показателей [17].

### Методология исследования

При построении иерархической модели необходимо определиться с составом наиболее важных отраслей ТЭК и факторов, влияющих на неопределённость перспектив его развития. Число тех и других не должно быть большим, чтобы не загромождать модель малозначительными деталями, не затруднять подготовку исходной информации и интерпретацию результатов расчётов. Руководствуясь этими резонами, были выбраны характеристики следующих отраслей ТЭК (см. рис.):

- добыча нефти, включая газовый конденсат;
- добыча природного газа;
- добыча угля;
- производство электроэнергии;
- производство теплоэнергии;
- производство нефтепродуктов;
- уровень развития нетрадиционной энергетики (которую можно оценить через их долю в выработке электрической и тепловой энергии).

Итак, всего имеем семь основных характеристик ТЭК, которые формируют его динамику. Стоит задача дать сравнительную оценку неопределённости, с которой эти характеристики можно спрогнозировать.

К факторам, влияющим на неопределённость прогнозов, можно отнести:

- волатильность потребления и производства энергоресурсов, вызываемую кризисными явлениями в мировой экономике и природными катаклизмами;
- инерционность процессов добычи и производства энергоресурсов;
- научно-технический прогресс, определяющий конкурентоспособность традиционных и новых альтернативных источников энергии, в т.ч. возобновляемых.

Эти факторы оказывают разное влияние на неопределённость результатов прогнозирования. Метод анализа иерархий (МАИ) путём экспертного сравнения влияния того или иного фактора для каждой пары показателей позволяет численно оценить обобщённую неопределённость прогнозных оценок в относительных единицах (или процентах). Тем самым появляется основание для ранжирования достоверности (как величины, обратной неопределённости) прогнозов.

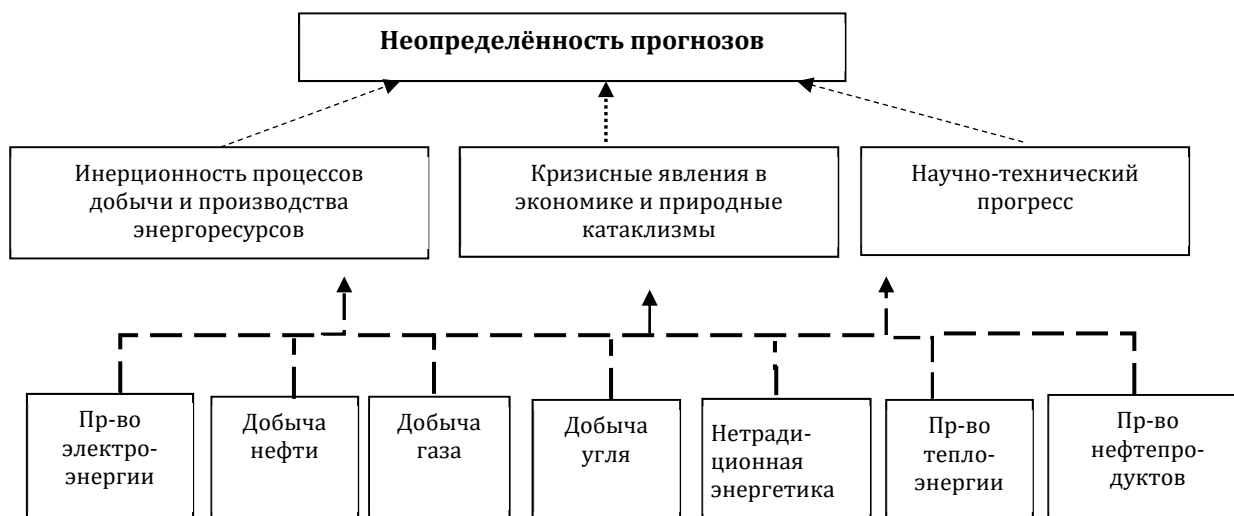
Вышеприведённые характеристики ТЭК образуют нижний уровень иерархии, а факторы — средний. Замыкает модель на верхнем уровне итоговый показатель — неопределённость прогнозов (рис. 1). Построенная таким образом иерархия является полной, что упрощает работу с ней и интерпретацию полученных результатов расчётов, повышает их надёжность.

После построения иерархии требуется произвести попарное оценивание факторов и отраслей ТЭК и записать полученные оценки в виде обратносимметричных матриц. Для заполнения этих матриц используется 9-балльная шкала сравнений [15]. Например, для факторов А и В:

- 9 баллов означает, что фактор А по значимости абсолютно превосходит фактор В;
- 7 — что А явно важнее В;
- 5 — А значительно важнее В;
- 3 — А незначительно важнее В;

1 — А и В одинаково важны.

Чётные баллы 8, 6, 4 и 2 выражают промежуточные градации оценок.



**Рис. Полная иерархия для сравнительной оценки неопределённости прогнозов характеристик ТЭК**

**Fig. Full hierarchy for comparative evaluation performance prediction uncertainties of the FEC**

*Источник:* построено автором в соответствии с требованиями метода анализа иерархий [15].

*Source:* built by the author in accordance with analytical hierarchy process requirements [15].

Необходимым требованием при использовании метода анализа иерархий является соблюдение транзитивности и хорошие показатели согласованности исходных данных в матрицах парных сравнений. Если эти требования нарушаются, что особенно часто случается при работе группы экспертов, то следует воспользоваться приёмами, изложенными в работах Т. Саати по этим вопросам [18; 19]. Если же парные оценки даёт один эксперт, то, как показано в работе [20], выполнение достаточно простой процедуры предварительного ранжирования позволяет избежать нарушения транзитивности и удержать показатели согласованности матриц попарных сравнений в требуемых пределах. Эта процедура применима и при работе группы экспертов.

### Результаты исследования и их обсуждение

Итак, исходными данными для решения поставленной задачи нахождения уровней неопределённости прогнозов элементов ТЭК будут заполненные попарными оценками обратнo-симметричная матрица  $3 \times 3$  для неопределённости и три матрицы  $7 \times 7$  для влияющих на неопределённость факторов. Все их элементы оцениваются экспертно. В случае, когда какой-либо фактор можно увязать с количественным показателем, значения последнего переводятся в качественные оценки посредством применяемой в МАИ вышеописанной 9-балльной шкалы.

При заполнении матрицы попарных сравнений факторов для описания их влияния на конечный показатель следует руководствоваться следующим результатом процедуры предварительного ранжирования: кризисы — инерционность — НТП. При этом значимость первого фактора по сравнению со вторым превосходит значимость второго фактора по сравнению с третьим, что выражается следующими попарными оценками:

1	1/3	3
3	1	6
1/3	1/6	1

В этой матрице факторы в строках и столбцах располагаются в том же порядке, что и на рис. 1. Нормализованный собственный вектор данной матрицы, соответствующий её наибольшему собственному числу, есть  $[0.250, 0.655, 0.095]$ , а отношение согласованности (ОС) равно 0.016, что существенно меньше 0.1 — допустимой верхней границы значений ОС [15].

Данные о значимости отраслей ТЭК для факторов представляются в виде матриц, столбцы и строки которых соответствуют отраслям ТЭК в порядке, указанном на рис. 1. Так, для первого фактора — инерционности процессов добычи и производства энергоресурсов — ранжированный ряд (в порядке убывания) выглядит следующим образом: электроэнергия — тепловая энергия — уголь — газ — нефть — нефтепродукты — нетрадиционные источники энергии, а матрица попарных сравнений — с нормализованным собственным вектором  $[0.351, 0.066, 0.104, 0.160, 0.031, 0.241, 0.045]$ , значение относительной согласованности  $OS=0.025$ . Здесь, как и ранее, порядок отраслей ТЭК соответствует порядку на рис. 1.

1	5	4	3	7	2	6
1/5	1	1/2	1/3	3	1/4	2
1/4	2	1	1/2	4	1/3	3
1/3	3	2	1	5	1/2	4
1/7	1/3	1/4	1/5	1	1/6	1/2
1/2	4	3	2	6	1	5
1/6	1/2	1/3	1/4	2	1/5	1

Для второго фактора — кризисных явлений в экономике и природных катаклизмов — ранжированный ряд таков: нефть — нефтепродукты — электроэнергия — нетрадиционные источники энергии — уголь — газ — тепловая энергия. Матрица попарных сравнений:

1	1/3	4	3	2	5	1/2
3	1	6	5	4	7	2
1/4	1/6	1	1/2	1/3	2	1/5
1/3	1/5	2	1	1/2	3	1/4
1/2	1/4	3	2	1	4	1/3
1/5	1/7	1/2	1/3	1/4	1	1/6
2	1/2	5	4	3	6	1

с нормализованным собственным вектором  $[0.160, 0.351, 0.045, 0.068, 0.104, 0.031, 0.241]$ ,  $OS=0.025$ .

Для третьего фактора — научно-технического прогресса — получен следующий ранжированный ряд: нетрадиционные источники энергии — электроэнергия — нефтепродукты — газ — нефть — тепловая энергия — уголь. Матрица попарных сравнений для НТП такова:

1	4	3	6	1/2	5	2
1/4	1	1/2	3	1/5	2	1/3
1/3	2	1	4	1/4	3	1/2
1/6	1/3	1/4	1	1/7	1/2	1/5
2	5	4	7	1	6	3
1/5	1/2	1/3	2	1/6	1	1/4
1/2	3	2	5	1/3	4	1

с нормализованным собственным вектором  $[0.241, 0.068, 0.104, 0.031, 0.351, 0.045, 0.160]$ ,  $OS=0.025$ .

Как можно видеть, исходные данные имеют достаточно высокое качество — требованию транзитивности удовлетворяют все матрицы, а их показатели относительной согласованности намного меньше 0,1. После умножения справа матрицы  $7 \times 3$ , состоящей из столбцов нормализованных собственных векторов всех трёх матриц факторов, на нормализованный собственный вектор матрицы неопределённости прогнозов отраслей ТЭК получим вектор, компонентами которого являются веса (численные показатели относительной значимости) семи рассмотренных отраслей, образующих на рис. 1 нижний уровень иерархии — [0.215, 0.254, 0.065, 0.087, 0.110, 0.085, 0.184].

В итоге получаем следующую упорядоченную последовательность показателей неопределённости в относительных величинах (см. табл.). Видно, что отрасли энергетики чётко делятся на две группы по величине неопределённости, сопровождающей прогнозы их развития.

Это имеет важное методологическое значение для получения прогнозов развития топливно-энергетического комплекса в целом с минимальным по возможности уровнем неопределённости. Это возможно, если моделирование ТЭК начать с отраслей с меньшим уровнем неопределённости, а затем дополнять модель вариантами оставшихся отраслей, увязанными (согласованными) с вариантами отраслей из первой группы.

Таблица

## Показатели неопределённости прогнозов отраслей ТЭК, %

Table

## Indices of uncertainty of forecasts of fuel and energy industries, %

Отрасль	Неопределённость, %
Добыча нефти	25,4
Производство электроэнергии	21,5
Производство нефтепродуктов	18,4
Нетрадиционная энергетика	10,9
Добыча угля	8,7
Производство тепловой энергии	8,5
Добыча газа	6,5

Источник: составлено автором по результатам расчётов.

Source: composed by the author based on the results of calculations.

### Заключение

Разработанный на основе иерархического моделирования метод нахождения сравнительной оценки неопределённости прогнозов отраслей энергетики позволил выделить среди них две группы, у которых уровни неопределённости информации, необходимой для получения прогнозов, существенно различаются. С одной стороны, производство электроэнергии, нефти и нефтепродуктов отличаются высокой неопределённостью, а с другой, производство тепловой энергии, угля и газа, а также нетрадиционные и возобновляемые источники энергии характеризуются умеренной неопределённостью. Если это обстоятельство учесть при моделировании и исследовании перспектив развития топливно-энергетического комплекса, появляется возможность проводить целостный в своей основе прогноз ТЭК с минимизацией негативного влияния высокого уровня неопределённости, свойственного некоторым отраслям энергетики. Для этого следует положить в основу прогноза варианты отраслей, обладающих меньшей неопределённостью, и дополнять их вариантами отраслей с высокой неопределённостью, согласовав их с предыдущими вариантами.

Решив поставленную в статье задачу, в дальнейшем можно будет перейти к следующей проблеме — количественной оценке дефицита исходной информации для разных отраслей энергетики с учётом их специфики. Выбор инструментария в данном случае определяется тем обстоятельством, что свести воедино количественные и качественные характеристики дефицита можно лишь к качественному показателю. Наиболее подходящей на данном этапе представляется теория нечётких множеств и её основной инструмент — функция принадлежности. Тип и конкретная форма функций принадлежности зависят от многих факторов и обстоятельств — должны учитываться значимость отраслей для экономики и населения (вместе и порознь по основным группам потребителей), их капиталоемкость и инерционность развития, экологические аспекты их функционирования и развития, необходимое время адаптации на изменение внешних и внутренних условий и т. д. Овладение инструментарием

количественной оценки дефицита информации позволит осознанно подходить к прогнозам-ориентирам, дифференцируя их использование в зависимости от их достоверности.

### Список литературы

1. Рузавин Г. И. Неопределённость, вероятность и прогноз // *Философский журнал*. 2009. № 2. С. 77–92.
2. Багузин С. В. Оценка прогноза. Количественное измерение неопределённости. URL: <https://baguzin.ru/wp/otsenka-prognoza-kolichestvennoe-izmerenie-neopredelennosti/> (дата обращения: 08.11.2022).
3. Мадера А. Г. Метод определения вероятностей прогнозируемых событий при принятии решений // *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2016. № 2. С. 38–45.
4. Bauer C., Neuenkirch M. Forecast Uncertainty and the Taylor Rule // *Research Papers in Economics*, 2017, 5/15, pp. 1–32
5. Мазурова О. В., Гальперова Е. В. Учет неопределённости экономических параметров при оценке рыночного спроса на энергоресурсы в регионе // *Экономика региона*. 2017. Т. 13. № 2. С. 465–476. DOI: 10.17059/2017-2-12.
6. Мазурова О. В. Зависимость неопределённости динамики цен и спроса на энергоресурсы от горизонта прогнозирования // *Проблемы прогнозирования*. 2018. № 2 (167). С. 72–78.
7. Мантенья Р. Н., Стенли Г. Ю. Введение в эконофизику: Корреляция и сложность в финансах. М.: Книжный дом «Либроком», 2009. 198 с.
8. Fink W., Lipatov V., Konitzer M. Diagnoses by general practitioners: Accuracy and reliability // *International Journal of Forecasting*. Science Direct. 2009, vol. 25, pp. 784–793.
9. Tulip P., Wallace S. Estimates of Uncertainty around the RBA's Forecasts. Economic Research Department Reserve Bank of Australia // *Research Discussion Paper*. 2012. № 2012-07.
10. Хаббард Д. Как измерить всё, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе. М.: Олимп-Бизнес, 2009. 320 с.
11. Суменков В. С., Суменков С.М., Новикова Н. Ю. Методология прогнозирования технико-экономических параметров предприятия в условиях неопределённости // *Экономические науки*. 2020. № 5 (186). С. 114–118. DOI: 10.14451/1.186.114.
12. Тетлок Ф., Гарднер Д. *Думай медленно — предсказывай точно. Искусство и наука предвидеть опасность*. М.: АСТ, 2018. 384 с.
13. Акимов В. А., Жарёнов А. Б. Неопределённость в прогнозировании и планировании. Общонаучный аспект // *Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования*. 2014. Т. 4. № 1(6). С. 167–173.
14. Armstrong J. S., Green K. C., Graefe A. Golden rule of forecasting: Be conservative // *Journal of Business Research*, 2015, vol. 68, no. 8, pp. 1717–1731.
15. Саати Т. *Принятие решений. Метод анализа иерархий* / пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
16. Thomas L., Saaty T., Vargas L. G. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Boston: Kluwer Academic, 2001. 345 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-3597-6.
17. Saaty T. L., Thomas L. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors-The Analytic Hierarchy/Network Process // *Review of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences, Series A: Mathematics (RACSAM)*, 2008, 102 (2), pp. 251–318. DOI: 10.1007/bf03191825.
18. Saaty T. L., Thomas L. *Mathematical Principles of Decision Making: Comprehensive coverage of the AHP, its successor the ANP, and further developments of their underlying concepts*. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications. 2009. 302 p.
19. Saaty T. L., Thomas L. On the Measurement of Intangibles. A Principal Eigenvector Approach to Relative Measurement Derived from Paired Comparisons // *Notices of the American Mathematical Society*, 2013, 60(2), pp. 192–208. DOI: 10.1090/noti944.
20. Sadov S. L. Finding the potential contribution of the fuel and energy sectors to increase the energy efficiency of the economy // *Corporate Governance and Innovative Economic Development of the North. Bulletin of Research Center of Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University*, 2019, no. 4, pp. 92–98. DOI: 10.34130/2070-4992-2019-4-92-98.

### References

1. Ruzavin G. I. Uncertainty, probability and forecast. *Filosofskij zhurnal* [Philosophical magazine], 2009, no. 2, pp. 77–92. (In Russ.).
2. Baguzin S. V. *Ocenka prognoza. Kolichestvennoe izmerenie neopredel'jonosti* [Forecast assessment. Quantitative measurement of uncertainty]. Available at: <https://baguzin.ru/wp/otsenka-prognoza-kolichestvennoe-izmerenie-neopredelennosti/> (accessed: 08.08.2022). (In Russ.).
3. Madera A. G. The method for determining the probabilities of predicted events under decision making. *Iskustvennyj intellekt i prinjatje reshenij* [Artificial intelligence and decision making], 2016, no. 2, pp. 38–45. (In Russ.).
4. Bauer C., Neuenkirch M., 2017. Forecast Uncertainty and the Taylor Rule. *Research Papers in Economics*, 5/15, pp. 1–32.



5. Mazurova O. V., Gal'perova E. V. Accounting for the uncertainty of economic parameters in assessing market demand for energy resources in the region. *E'konomika regiona* [The economy of the region], 2017, vol. 13, no. 2, pp. 465–476. DOI: 10.17059/2017-2-12. (In Russ.).
6. Mazurova O. V. The dependence of the uncertainty of the dynamics of prices and demand for energy resources on the forecasting horizon. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of forecasting], 2018, no. 2(167), pp. 72–78. (In Russ.).
7. Manten'ja R. N., Stenli G. Ju. *Vvedenie v jekonofiziku: Korreljacija i slozhnost' v finansah* [Introduction to Enophysics: Correlation and difficulty in finance]. Moscow: Book house «Librokom», 2009. 198 p. (In Russ.).
8. Fink W., Lipatov V., Konitzer M., 2009. Diagnoses by general practitioners: Accuracy and reliability. *International Journal of Forecasting. Science Direct*, vol. 25, pp. 784–793.
9. Tulip P., Wallace S., 2012. Estimates of Uncertainty around the RBA's Forecasts. *Economic Research Department Reserve Bank of Australia. Research Discussion Paper*, no. 2012-07.
10. Hubbard D. *Kak izmerit' vsjo, chto ugodno. Ocenka stoimosti nematerial'nogo v biznese* [How to measure anything. Assessment of the cost of intangible in business]. Moscow: Closed joint-stock company «Olimp-Biznes», 2009. 320 p. (In Russ.).
11. Sumenkov V. S., Sumenkov S. M., Novikova N. Ju. Methodology for forecasting the technical and economic parameters of the enterprise in conditions of uncertainty. *E'konomicheskie nauki* [Economic sciences], 2020, no. 5(186), pp. 114–118. DOI: 10.14451/1.186.114. (In Russ.).
12. Tetlok F., Gardner D. *Dumaj medlenNo. — predskazyvaj tochno. Iskusstvo i nauka predvidet' opasnost'* [Think slowly — predict for sure. Art and science to anticipate danger]. Moscow: AST, 2018. 384 p. (In Russ.).
13. Akimov V. A., Zharyonov A. B. Uncertainty in forecasting and planning. General scientific aspect. *Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya* [Civil Protection Strategy: Problems and Research], 2014, vol. 4, no.1(6), pp. 167–173. (In Russ.).
14. Armstrong J. S., Green K. C. Graefe A., 2015. Golden rule of forecasting: Be conservative. *Journal of Business Research*, vol. 68, no. 8, pp. 1717–1731.
15. Saaty T. *Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhij* [Decision making. Analytic Hierarchy Process]. Moscow: Radio and communications, 1993. 278 p. (In Russ.).
16. Saaty T. L., Vargas L. G., 2001. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. *Boston: Kluwer Academic*. 345 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-3597-6.
17. Saaty T. L., 2008. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors — The Analytic Hierarchy/Network Process. *Review of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences, Series A: Mathematics (RACSAM)*, 102 (2), pp. 251–318. DOI: 10.1007/bf03191825.
18. Saaty T. L., 2009. Mathematical Principles of Decision Making: Comprehensive coverage of the AHP, its successor the ANP, and further developments of their underlying concepts. *Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications*. 302 p.
19. Saaty T. L., 2013. On the Measurement of Intangibles. A Principal Eigenvector Approach to Relative Measurement Derived from Paired Comparisons. *Notices of the American Mathematical Society*, no. 60(2), pp. 192–208. DOI: 10.1090/noti944.
20. Sadov S. L., 2019. Finding the potential contribution of the fuel and energy sectors to increase the energy efficiency of the economy. *Corporate Governance and Innovative Economic Development of the North. Bulletin of Research Center of Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University*, no. 4, pp. 92–98. DOI: 10.34130/2070-4992-2019-4-92-98.

### **Информация об авторе**

**Сергей Львович Садов** — доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории комплексных топливно-энергетических проблем, Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской Академии наук» (Российская Федерация, 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 26).

### **Information about the author**

**Sergei L. Sadov** — Doctor of Economics, Leading Research Worker of the Fuel and Energy Problems Laboratory, Institute of the Socio-Economic and Energy Problems of the North of the Federal Research Center “Komi Scientific Center of the Ural’s branch of the Russian Academy of Sciences” (26, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, 167982, Russian Federation).

*Статья поступила в редакцию: 08.12.2022*

*Одобрена после рецензирования: 12.12.2022*

*Принята к публикации: 16.12.2022*

*The article was submitted: 08.12.2022*

*Approved after reviewing: 12.12.2022*

*Accepted for publication: 16.12.2022*