

Так ли плохи отрицательные веса в объединении прогнозов?

Цель исследования. В настоящей работе предлагается рассмотреть проблему отрицательности весовых коэффициентов при объединении прогнозов. Объединение прогнозов как метод уже давно зарекомендовал себя на практике в качестве хорошего способа повышения точности прогнозирования. Но в литературе вопросу отрицательности весов при объединении уделено мало внимания, хотя случаи получить такой вес на практике достаточно распространены. Не рассматриваются и не анализируются причины, почему такое может произойти. Зачастую при получении весов меньше нуля такие весовые коэффициенты обнуляются, тем самым исключая из объединения и информацию, содержащуюся в частном методе прогнозирования, что может снизить точность объединенного прогноза. В связи с этим важно понять, почему при объединении прогнозов может получиться отрицательный вес и определить варианты, как избежать подобных ситуаций в объединении без потери в точности.

Материалы и методы. Предлагается рассмотреть различные подходы для исключения отрицательных весов при объединении

прогнозов, в том числе усечение весовых коэффициентов или же наложение на них ограничений, рассматривается вариант последовательного объединения прогнозов.

Результаты. В результате получен исчерпывающий список причин, почему при объединении прогнозов можно получить отрицательные весовые коэффициенты, какие риски они несут и как избежать их возникновения.

Заключение. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что сами отрицательные веса при объединении прогнозов могут являться триггерами для определения проблем при объединении. Но их сохранение опасно, так как они могут привести к неопределенным результатам прогнозирования и ухудшить точность полученного объединенного прогноза. Предлагаемые в работе методы позволяют обойти отрицательность весов без сильного ухудшения в точности прогнозирования.

Ключевые слова: объединение прогнозов, прогнозирование, весовые коэффициенты, доля.

Anton A. Surkov

Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Are Negative Weights in Combining Forecasts So Bad?

Purpose of the study. In this paper, we consider the problem of negativity of weight coefficients when combining forecasts. Combining forecasts as a method has long ago proved itself in practice as a good way to improve forecast accuracy. However, in the literature little attention is paid to the issue of negative weights during aggregation, although the cases of obtaining such weights in practice are quite common. The reasons why this may happen are not considered or analyzed. Often, when obtaining weights less than zero, such weights are reset to zero, thus excluding the information contained in the particular forecasting method from the combination, which may reduce the accuracy of the combined forecast. In this regard, it is important to understand why when combining forecasts, negative weight can be obtained and determine options for how to avoid such situations in combining without losing accuracy.

Materials and methods. It is proposed to consider various approaches to eliminate excluded weights when combining forecasts, including

truncation of weight coefficients or imposing restrictions on them, including the option of sequential combining of forecasts.

Results. The result is a list of reasons why negative weights can be obtained when combining forecasts, what risks they have and how to avoid them.

Conclusion. Based on the results obtained, it can be concluded that the negative weights themselves when combining forecasts can be triggers for identifying problems when combining. However, it is dangerous to retain them, as they can lead to uncertain prediction results and degrade the accuracy of the resulting combined forecast. The proposed methods of work allow you to bypass the negativity of the weights without a strong deterioration in forecasting.

Keywords: combination of forecasts, forecasting, weight coefficients, share.

Введение

На сегодняшний день все чаще при прогнозировании экономических явлений перед исследователем встает вопрос выбора наиболее оптимальной модели прогнозирования. При этом такая модель должна быть наиболее точной, менее затратной в расчетах и универсальной из тех, которые может использовать исследователь. Но

на практике уже давно сложилось мнение что не существует единой универсальной модели прогнозирования, которая бы могла полностью и точно смоделировать изучаемый процесс и дать точный прогноз. Кроме этого, существуют и сомнения в том, что чем сложнее модель прогнозирования, тем точнее будет результат.

В связи с этим появилась альтернатива выбору лучшей

модели — объединение прогнозов. Объединение прогнозов (или комбинирование) — это процесс совмещения нескольких прогнозных результатов (частных прогнозов), полученных по разным моделям прогнозирования, чтобы получить более точный и надежный единый прогноз. На практике, оно все чаще используется при прогнозировании в различных сферах,

включая бизнес, экономику, науку и технологии [1].

Объединение прогнозов имеет лучший результат в сравнении с частными прогнозными моделями, потому что оно позволяет уменьшить ошибку прогнозирования, тем самым повысить его точность. При объединении прогнозов, полученных по различным моделям, вероятность того, что все они ошибутся одновременно, намного ниже, чем вероятность ошибки каждой модели отдельно. Кроме того, объединение прогнозов позволяет учесть различные факторы и информацию, используемую в частных моделях прогнозирования, которая может повлиять на предсказание, и построить более комплексную и точную объединенную модель. В результате, объединение прогнозов позволяет снизить риски и повысить качество прогнозирования.

Сам подход объединения восходит еще к наблюдениям Гальтона в 1906 г., который установил, что усреднение большого числа оценок является достаточно близким значением к фактическим данным [2]. Непосредственно к прогнозированию объединение впервые было применено в 1963 г. Барнардом [3]. Тогда он, в своей работе, отметил, что среднее арифметическое двух прогнозов может превзойти по результатам каждого из включенных в среднее частных прогнозов. А основополагающей и главной научной статьей по объединению прогнозов считается работа Бейтса и Грейнджера 1969 г., в которой авторы популяризовали и наглядно представили основы объединения прогнозов, в том числе и собственные методы объединения [4]. С тех пор появилось множество работ в этом направлении, большинство из которых посвящено методам построения весовых коэффициентов при объединении прогнозов.

Недавние исследования М4 Макридакиса и его команды в очередной раз подтвердили актуальность подхода с объединением [5]. Так из 17 наиболее точных методов прогнозирования 12 представляли собой объединения частных прогнозов, полученных по статистическим моделям. А самым точным методом стало объединение прогнозов с использованием статистических моделей прогнозирования и моделей с использованием машинного обучения.

Наиболее распространенной формой объединенного прогноза является линейная форма:

$$F = \sum_{i=1}^n f_i w_i, \quad (1)$$

где F – объединенный прогноз,

f_i – i -й частный прогноз,

w_i – весовой коэффициент, с которым i -й частный прогноз включается в объединенный прогноз.

Кроме линейной, формы для объединения прогнозов также используют и другие формы объединения. Но на практике они встречаются довольно редко.

Основной задачей при объединении является выбор подходящего метода построения весовых коэффициентов [1, 6, 7]. При этом, существует различное множество подобных методов для объединения прогнозов. Правильный его подбор позволяет добиться более точного результата, недостижимого при применении отдельных частных методов прогнозирования.

Самый простой подход – это среднее арифметическое всех частных прогнозов [8]. Этот метод основан на предположении, что все прогнозы равноценны и вероятность того, что один из них будет наиболее точным, равна вероятности того, что и другой прогноз будет наиболее точным. Всем частным прогнозам

в объединении придается одинаковый весовой коэффициент.

В других же случаях используется взвешенное среднее. В этом случае каждый прогноз взвешивается по степени его точности. Другими словами, более точные прогнозы получают больший вес, чем менее точные. Такой подход позволяет учитывать не только вероятность того, что прогноз будет верным, но и степень уверенности в этом прогнозе.

В ходе объединения на весовые коэффициенты накладываются определенные ограничения. Сумма весов должна равняться единице. Это следует из того, что весовые коэффициенты указывают на долю и значимость частных методов прогнозирования в объединении, что позволяет правильно интерпретировать вклад каждого частного прогноза в объединение. С математической точки зрения, ограничение на сумму весовых коэффициентов, является следствием свойств средневзвешенного значения. Средневзвешенное значение представляет собой линейную комбинацию частных прогнозов, где веса представляют относительную важность каждого прогноза. Веса должны составлять в сумме единицу, чтобы гарантировать то, что средневзвешенное значение является правильным средним значением частных прогнозов.

Кроме этого, объединенный прогноз представляет собой выпуклую комбинацию частных прогнозов. Если же сумма весов будет не равна единице, то это будет значить, что объединенный прогноз находится вне диапазона частных прогнозов. Например, если сумма весов больше единицы, объединение прогнозов будет смещено в сторону частных прогнозов с более высокими весами и может превышать максимум отдельных прогнозов. И наоборот, если

сумма весов меньше единицы, объединенный прогноз будет смещен в сторону прогнозов с меньшими весами и может упасть ниже минимума частных прогнозов.

Вторым ограничением является положительность весовых коэффициентов. С логической точки зрения, это условие выдвигается в связи с тем, что доля информации, используемая при разработке прогноза каким-либо частным методом прогнозирования, не может быть отрицательной. Не может быть отрицательной и уверенность в точности метода прогнозирования, использующегося для получения частного прогноза.

В совокупности оба условия гарантируют что объединенное значение частных прогнозов будет значением, которое находится где-то между этими частными прогнозами.

Если сумма весовых коэффициентов обычно равняется единице, даже если этого условия изначально не было для объединения, то отрицательные весовые коэффициенты на практике встречаются достаточно часто. Хотя это встречается не для всех методов построения весовых коэффициентов. Но в любых ситуациях отрицательный вес может уменьшить влияние частного прогноза на итоговый результат и снизить точность объединения. Кроме этого, отрицательный вес зачастую не имеет адекватной естественной интерпретации относительно объединения. Поэтому, на практике отрицательный весовой коэффициент обычно обнуляют или же приводят к положительному значению через ограничения других весов.

Несмотря на серьезность вопроса с отрицательностью весов при объединении прогнозов, в литературе по объединению прогнозов этому практически не посвящено исследований. Что является ошибкой, так как исследова-

ние причин возникновения отрицательных весов и возможности их устранения напрямую влияет на точность объединенного прогноза.

Исследование причин отрицательности весов

Во многих работах по объединению прогнозов условие на положительность весов определяется как одно из основных ограничений. Но причины, почему это условие необходимо или же, почему в целом появляются отрицательные веса обычно не рассматриваются.

Основной и фактически единственной теоретической работой с исследованием отрицательности весовых коэффициентов можно назвать статью [9]. В статье приведен разбор причины, почему при объединении может получиться отрицательный вес. На примере объединения двух частных прогнозов авторы статьи показали, что отрицательный вес получается в случае, если корреляция между двумя прогнозами положительная и больше соотношения дисперсий σ_2/σ_1 (где σ_1 – дисперсия первого прогноза, а σ_2 – второго). В этом случае оба прогноза будут либо завышены относительно

фактических данных, либо занижены. И в случае, если бы у обоих прогнозов были бы положительные веса, то это привело бы к еще большему завышению или занижению объединения. В связи с чем отрицательный вес у одного из частных прогнозов «корректирует» положение объединенного прогноза относительно фактических данных.

В случае же более двух частных прогнозов в объединении, отрицательные весовые коэффициенты появляются в объединении в случае если есть хотя бы один весовой коэффициент имеет значение близкое к единице или же превышает ее, т.е. если один из частных прогнозов сильно коррелирован с фактическими данными, а также, если несколько прогнозов в объединении сильно завышают свои значения в сравнении с фактическими данными.

Такой случай можно проиллюстрировать на практике. В [10] при использовании второго метода Грейнджера и Раманатана [11] при объединении прогнозов производства электроэнергии по четырем частным методам прогнозирования были получены следующие весовые коэффициен-

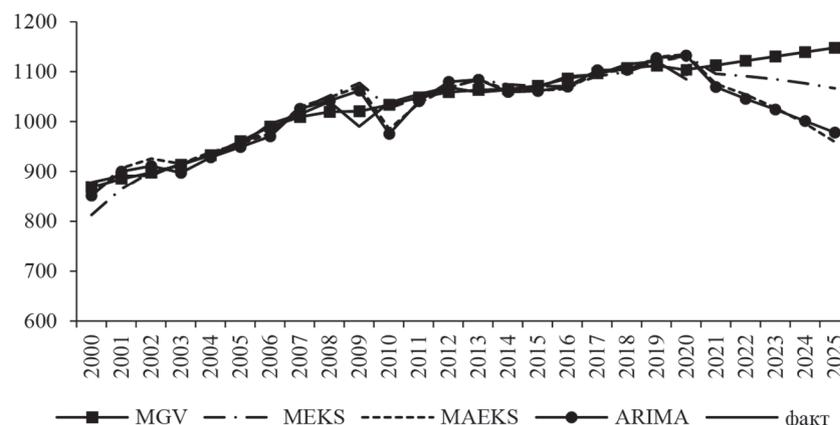


Рис. 1. Прогнозные результаты для производства электроэнергии при объединении прогнозов вторым методом Грейнджера и Раманатхана, млрд кВт ч.

Fig. 1. Forecast results for electricity generation when combining forecasts by the second method of Granger and Ramanathan, billion kWh.

ты: для метода гармонических весов (MGV) был получен весовой коэффициент, равный 1,089, для простого экспоненциального сглаживания (MEKS) – (-0,065), для экспоненциального сглаживания с трекинг-сигналом (MAEKS) – 0,093, для модели прогнозирования ARIMA (ARIMA) – (-0,117). Таким образом, как минимум два частных прогноза получили отрицательный вес при объединении прогнозов. На рис. 1. Представлено графическое изображение частных методов прогнозирования и фактические данные по производству электроэнергии в период с 2000 г. по 2025 г., взятые из той же работы [10].

В представленном примере имеется две причины, по которой получаются отрицательные коэффициенты. Первая причина, что MEKS и MAEKS взаимно сильно коррелированы, поэтому, учитывая точность двух методов прогнозирования, одному из частных прогнозов был определен отрицательный вес. По второй причине MGV в основном незначительно превышал в своем расчете фактические значения временного ряда. Учитывая его высокую точность это в совокупности привело к тому, что для прогноза, полученного по методу MGV, в объединении был получен вес больше единицы. В тоже время ARIMA в прогнозе сильно занижает возможное значение и компенсирует своим весом значение прогноза от MGV. По этой причине в объединении присутствует два весовых коэффициента меньше нуля.

Исходя из существующих работ по объединению прогнозов и оценке отрицательных весовых коэффициентов, а также из практического опыта применения объединения прогнозов, можно выделить несколько основных причин, по которым при объединении прогнозов в расчетах образуются отрицательные весовые коэффициенты:

1. Недостаточное количество данных: если временной ряд для прогнозирования слишком мал, то метод объединения прогнозов может столкнуться со сложностями при подборе адекватных весов. А сами частные методы прогнозирования в таких ситуациях чаще ошибаются. Это может привести к отрицательным весам, которые не имеют физического обоснования.

2. Не корректный выбор модели для получения частного прогноза: некоторые модели прогнозирования не подходят для конкретных типов данных и могут обнаружить отрицательные веса в результате объединения прогнозов.

3. Несовместимость между прогнозами: иногда различные прогнозы не совместимы друг с другом, т.е. наблюдается сильная корреляция между частными прогнозами в объединении. В этом случае при их объединении таких прогнозов всегда появляются отрицательные весовые коэффициенты.

4. Шум и выбросы в данных могут привести к ошибочным весам, включая отрицательные веса.

5. Ошибки при обучении с использованием нейронных сетей для объединения прогнозов. Некоторые методы обучения моделей прогнозирования могут привести к появлению отрицательных весов при их объединении, если на этапе обучения веса не были адекватно настроены.

6. Занижение или завышение нескольких частных прогнозов в объединении в сравнении с реальными данными. В случае если один из частных прогнозов слишком завышает свое значение относительно фактических данных (или же наоборот, слишком занижает), то при объединении такой частный прогноз будет иметь либо вес больше единицы, либо же отрицательный вес. В случае если частный прогноз получит вес больше единицы,

то объединению прогнозов придется компенсировать это за счет отрицательного веса для другого частного прогноза, чтобы сумма весов была равна единице.

При этом, стоит отметить, что авторы работы [9] выдвинули тезис, о том, что сами по себе отрицательные весовые коэффициенты не являются серьезной проблемой при объединении прогнозов. По их мнению, отрицательный весовой коэффициент полезен в случае, если оба частных прогноза (на примеры объединения двух прогнозов) условно завышают или занижают истинное значение исследуемого процесса.

В целом, отрицательные весовые коэффициенты действительно могут иметь несколько положительных эффектов для объединения прогнозов:

1) **Корректировка ошибок.** Отрицательные веса могут помочь исправить ошибки в частных прогнозах, предоставленных различными моделями, путем ослабления влияния наиболее неточных прогнозов и укрепления влияния более точных.

2) **Увеличение точности.** При объединении прогнозов имеется вероятность, что одна модель будет сильнее влиять на результат, чем другая. Отрицательные веса помогают уравновесить различные прогнозы и их влияние на финальный результат. Это позволяет увеличить точность прогнозирования.

3) **Уменьшение ошибок на разных этапах.** В некоторых случаях отрицательные веса могут помочь уменьшить ошибку на начальных этапах работы с данными (например, очистка данных, введение дополнительных параметров), что в свою очередь может привести к более точным и надежным результатам.

Но все эти преимущества определяют основное направление использования отри-

цательных весов в объединении – определение ошибок в данных или же в частных методах прогнозирования и их устранение. Т.е., отрицательные веса могут служить индикаторами проблем в объединении прогнозов и указывать на то, в каком месте необходима корректировка исследования.

Но для объединения прогнозов отрицательный вес несет больше потенциальных проблем чем преимуществ.

Как избежать отрицательности весов?

Избежать отрицательности весов при объединении прогнозов можно как на этапе выбора моделей прогнозирования, так и на этапе работы с полученным результатом при объединении.

В первом случае стоит придерживаться общего правила – использовать для объединения прогнозов только те частные методы прогнозирования, которые дают результаты, не сильно коррелированные между собой. При этом, стоит использовать методы, которые более полно могут охватить информацию об исследуемом процессе, чтобы точность прогнозирования при объединении была выше относительно частных методов.

Кроме этого, если есть необходимость получить только положительные веса, то для объединения стоит использовать методы, которые априори дают только такие коэффициенты. Например, простое среднее, логично, не даст отрицательные веса при объединении. Из более сложных методов, методы, предложенные Бейтсом и Грейнджером [4] также не могут дать отрицательных весов при расчете объединения. Хороший результат можно получить и используя гребневую регрессию [12] для определения весовых коэффициентов.

Что бы избежать ситуации с завышением или занижением

частными прогнозами фактических результатов при объединении, можно использовать усечение частных прогнозов. В работе [13] авторы предложили исключать из объединения частные прогнозы, которые дают аномальные результаты. При этом, можно не полностью убирать такие прогнозы, а заменять их на результаты частных прогнозов, которые наиболее близкие по значению тем, что исключаются. Такой подход позволит не полностью отказываться от информации для объединения, которая заключалась в исключаемых частных прогнозах.

Использование экспертной информации и методов построения весов на ее основе также не могут привести к отрицательности весовых коэффициентов. Для этого, например, можно использовать формулы Фишберна или подход с использованием метода попарных предпочтений [14].

Также существуют и методы, которые накладывают ограничения на веса (граничные условия) еще на стадии расчета коэффициентов. В работе [15] приводится метод объединения прогнозов с использованием экспертной информации для определения граничных интервалов для весовых коэффициентов объединения.

В случае же если при расчете объединения все же используется метод, который может привести к отрицательности весов, потому что он более точен в сравнении с другими методами, то либо стоит оставить результат как есть, либо же приводить веса к положительному виду. При этом, при изменении полученных весов, скорее всего точность прогнозирования снизится.

В работе [9] авторы предложили исключить отрицательные веса через обрезку. При этом, они не полностью обнуляли отрицательный весовой коэффициент, а корректиро-

вали веса с учетом возможного негативного эффекта от них. Это, как определили авторы работы, позволило с одной стороны избежать последствий из-за исключения весового коэффициента, с другой стороны привлечь дополнительную информацию из частного прогноза, который был с отрицательным весом.

В своих методах авторы предлагали проводить оценку полученным весовым коэффициентом и сравнивать их с некоторым граничным условием, полученным через минимизацию среднеквадратической ошибки прогнозирования [16]. При этом, для оценки весовых коэффициентов использовалось отрицательное значение полученного граничного условия.

Всего было представлено пять различных вариантов обрезки весов.

1) Три двухступенчатых метода, в которых оптимальные веса оцениваются относительно отрицательного значения обрезки. В этих случаях вес заменяется граничным значением, если он меньше него, а если же больше – то корректируется параметром масштабирования, другими словами – нормализуется по сумме, равной единице.

2) Два одноступенчатых метода, при которых поиск оптимального веса происходит через решение задачи линейного программирования с ограничениями на сумму и минимальным значением веса (граничное условие).

Во всех рассмотренных случаях авторы определили, что дисперсия объединенного прогноза была минимальной из возможной, что не сильно оказало влияние на точность прогноза. Но при этом, фактически не избавило объединение от отрицательных весов.

Для получения граничного условия можно использовать и положительное граничное значение [10]. Для этой цели

можно рассмотреть предложение по использованию постоянной константы. Такой подход включает в себя три этапа расчетов.

На первом этапе проводится объединение прогнозов любым методом объединения, без каких-либо ограничений на положительность весов. На втором этапе выделяются отрицательные весовые коэффициенты и находится максимальное по модулю значение: $w_{\max} = \text{Max}(|w_i|)$. После этого ко всем весовым коэффициентам, полученным на первом этапе модифицированного объединения прогнозов, прибавляется найденный максимальный модуль с добавлением постоянной константы ε . В качестве ε необходимо использовать положительное число, стремящееся к нулю и выбранное таким образом, что его значение на несколько порядков меньше точности прогнозной модели.

Таким образом, модифицированные весовые коэффициенты имеют следующий вид:

$$w_i' = w_i + w_{\max} + \varepsilon, \quad i = 1 \dots n.$$

где w_i – весовые коэффициенты, полученные по исходному методу объединения прогнозов,

w_{\max} – максимальный весовой коэффициент из w_i .

Третий этап заключается в преобразовании весов. Сумма весовых коэффициентов приводится к единице.

Обозначим R разницу между суммой модифицированных коэффициентов, полученных на втором этапе и единицей:

$$R = (w_1' + \dots + w_n') - 1,$$

и определим новые весовые коэффициенты с учетом ограничения на сумму:

$$w_i'' = w_i' - r_1, \dots, w_n'' = w_n' - r_n,$$

где

$$r_1 + \dots + r_n = R.$$

Для этого необходимо выполнение следующего соотношения:

$$\frac{w_i'}{w_1' + \dots + w_n'} = \frac{w_i''}{(w_1' + \dots + w_n') - R}, \quad i = 1 \dots n$$

Так как $(w_1' + \dots + w_n') - R = 1$, то

$$\frac{w_i'}{w_1' + \dots + w_n'} = w_i' - r_i, \quad i = 1 \dots n.$$

Из этого следует, что r_i равно:

$$r_i = \frac{w_i' R}{w_1' + \dots + w_n'}.$$

Получив значение r получим модифицированные коэффициенты, которые будут в сумме давать единицу. Эти весовые коэффициенты будут положительными. Единственным недостатком предлагаемой модификации является определение ε . Это значение должно быть минимальным, но при этом, значимым. Учитывая опыт применения обрезки, в качестве ε как раз можно использовать значение граничного условия из работы [9].

Еще одним подходом по исключению отрицательного веса может стать последовательное объединение прогнозов. Его основная идея – ите-

ративное объединение сначала двух частных прогнозов, потом объединение полученного результата с третьим частным прогнозом и т.д. На каждом последующем шаге (после первого) объединение может происходить не только с одним частным прогнозом, но и с их другими объединениями. Схему последовательного объединения прогнозов можно увидеть на рис. 2.

При этом на каждом этапе последовательного объединения осуществляют перебор возможных комбинаций для объединения с целью найти такую комбинацию, при которой отсутствовали бы отрицательные коэффициенты. В случае, если на каком-то из шагов объединения после первого шага нет комбинаций прогнозов с положительными весами, то вместо объединения с частным прогнозом (например, 3-й прогноз на рис. 1) может быть проведено объединение с другим объединением прогнозов, полученным на предыдущем шаге.

Предлагаемая методика более подробно рассматривалась и применялась на практике в работе [17]. Полученные ре-



Рис. 2. Последовательное объединение прогнозов

Fig. 2. Sequential consolidation of forecasts

зультаты позволили сделать вывод, что второй метода К. Грейнджера и Р. Раманатхана с использованием последовательного прогнозирования может незначительно снизить точность прогнозов при использовании обычного объединения прогнозов, но не слишком существенно. Так, из семи рассмотренных временных рядов, последовательное объединение прогнозов ухудшило точность прогнозирования (в сравнении средней относительной ошибки) только в двух случаях (в среднем на 5,4%), в двух случаях изменений вообще не было, а в трех остальных точность немного увеличилась (в среднем на 3,5%).

Однако при этом предлагаемый подход последовательного объединения позволяет избавиться от отрицательных коэффициентов и является более предпочтительным вариантом для практического использования.

Но у последовательного объединения имеется недостаток – это громоздкость вычислений. Вполне вероятно, что для достижения необходимого объединения придется рассмотреть множество различных комбинаций объединенных прогнозов. И если перебор

комбинаций еще возможен при небольшом количестве временных рядов и частных прогнозов, то количество комбинаций будет геометрически расти при увеличении числа или временных рядов, или частных прогнозов.

Заключение

В прогнозировании уже давно возник вопрос о том, как оптимальнее объединить несколько частных прогнозов, чтобы получить более точный результат и не потерять важную информацию об исследуемом процессе. На сегодняшний день существует множество методов построения весовых коэффициентов при объединении прогнозов, которые призваны ответить на этот вопрос. Но многие из них не учитывают ограничений на отрицательность весовых коэффициентов.

При этом, ряд исследователей выдвигают предположения, что отрицательный вес при объединении прогнозов является частью процесса повышения точности прогнозирования. Отрицательный вес действительно может привести к повышению точности объединенного прогноза, но такое повышение

происходит из-за того, что эти веса компенсируют ошибки в данных или же неточности в частных прогнозах.

В целом же, необходимо учитывать, что использование отрицательных весов при объединении прогнозов может привести к непредсказуемым результатам и искажению конечного прогноза, понижая его точность. Поэтому, чтобы получить адекватный и точный результат, необходимо учитывать все нюансы и возможные ограничения при объединении прогнозов. Использование положительных весов, которые корректно учитывают вклад каждого частного прогноза, является более эффективным подходом для улучшения качества и точности прогнозирования.

Тем более что уже существует множество различных вариантов избежать отрицательных весов при объединении. Рассмотренные выше подходы хотя и приводят к снижению точности прогнозирования по сравнению с использованием отрицательных весов в объединении, но такое снижение точности не является существенным и может быть допущено в целях минимизации потерь от применения отрицательных весов.

Литература

1. Френкель А.А., Сурков А.А. Определение весовых коэффициентов при объединении прогнозов // Вопросы статистики. 2017. № 12. С. 3–15.
2. Surowiecki J. The wisdom of crowds. New York: Anchor books, 2005. 336 p.
3. Barnard G.A. New methods of quality control // Journal of the Royal Statistical Society. Ser A. 1963. № 126. С. 255–258.
4. Bates J.M., Granger C.W.J. The combination of forecasts // Operational Research Quarterly. 1969. № 20. С. 451–468.
5. Makridakis S., Spiliotis E., Assimakopoulos V. The M4 competition: Results, findings, conclusion and way forward // International Journal of Forecasting. 2018. № 34. С. 802–808.
6. Френкель А.А., Сурков А.А. Объединение прогнозов – эффективный инструмент повышения точности прогнозирования // Экономист. 2015. № 1. С. 44–56.

7. Armstrong J.S. Combining forecasts. A Handbook for Researchers and Practitioners. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2001. С. 417–439.
8. Winkler R.L., Clemen R.T. Sensitivity of weights in combining forecasts // Operations Research. 1992. № 40. С. 609–614.
9. Radchenko P., Vasnev A. L., Wang W. Too Similar to Combine? On Negative Weights in Forecast Combination // International Journal of Forecasting. 2023. № 39. С. 18–38.
10. Френкель А.А., Сурков А.А. Объединение прогнозов – эффективный инструмент повышения точности прогнозирования. М.: URSS. 2023. 200 с.
11. Granger C.W.J., Ramanathan R. Improved methods of combining forecasts // Journal of Forecasting. 1984. № 3. С. 197–204.
12. Френкель А.А., Волкова Н.Н., Сурков А.А., Романюк Э.И. Использование методов

гребневой регрессии при объединении прогнозов // *Финансы: теория и практика*. 2018. № 4. С. 6–17.

13. Jose V. R. R., Winkler R. L. Simple Robust Averages of Forecasts: Some Empirical Results // *International Journal of Forecasting*. 2008. № 24. С. 163–169.

14. Сурков А.А. Объединение экономических прогнозов с использованием экспертной информации // *Статистика и экономика*. 2019. № 5. С. 4–14.

15. Головченко В.Б., Носков С.И. Комби-

нирование прогнозов с учетом экспертной информации // *Автоматика и телемеханика*. 1992. № 11. С. 109–117.

16. Fan J., Zhang J., Yu K. Vast portfolio selection with gross-exposure constraints // *Journal of the American Statistical Association*. 2012. № 107. С. 592–606.

17. Френкель А.А., Волкова Н.Н., Сурков А.А., Романюк Э.И. Пошаговая модификация метода объединения прогнозов Гренджера-Раманатхана // *Вопросы статистики*. 2018. № 6. С. 16–25.

References

1. Frenkel' A.A., Surkov A.A. Determination of weight coefficients when combining forecasts. *Voprosy statistiki = Questions of statistics*. 2017; 12: 3-15. (In Russ.)

2. Surowiecki J. *The wisdom of crowds*. New York: Anchor books; 2005. 336 p.

3. Barnard G.A. New methods of quality control. *Journal of the Royal Statistical Society. Ser A*. 1963; 126: 255-258.

4. Bates J.M., Granger C.W.J. The combination of forecasts. *Operational Research Quarterly*. 1969; 20: 451-468.

5. Makridakis S., Spiliotis E., Assimakopoulos V. The M4 competition: Results, findings, conclusion and way forward. *International Journal of Forecasting*. 2018; 34: 802–808.

6. Frenkel' A.A., Surkov A.A. Consolidation of forecasts is an effective tool for improving the accuracy of forecasting. *Ekonomist = Economist*. 2015; 1: 44–56. (In Russ.)

7. Armstrong J.S. *Combining forecasts. A Handbook for Researchers and Practitioners*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher; 2001: 417–439.

8. Winkler R.L., Clemen R.T. Sensitivity of weights in combining forecasts. *Operations Research*. 1992; 40: 609–614.

9. Radchenko P., Vasnev A. L., Wang W. Too Similar to Combine? On Negative Weights in Forecast Combination. *International Journal of Forecasting*. 2023; 39: 18-38.

10. Frenkel' A.A., Surkov A.A. Ob'yedineniye

prognozov – effektivnyy instrument povysheniya tochnosti prognozirovaniya = Combining forecasts is an effective tool for improving forecasting accuracy.. Moscow: URSS; 2023. 200 p. (In Russ.)

11. Granger C.W.J., Ramanathan R. Improved methods of combining forecasts. *Journal of Forecasting*. 1984; 3: 197-204.

12. Frenkel' A.A., Volkova N.N., Surkov A.A., Romanyuk E.I. Use of ridge regression methods when combining forecasts. *Finansy: teoriya i praktika = Finance: Theory and Practice*. 2018; 4: 6-17. (In Russ.)

13. Jose V. R. R., Winkler R. L. Simple Robust Averages of Forecasts: Some Empirical Results. *International Journal of Forecasting*. 2008; 24: 163–169.

14. Surkov A.A. Combining economic forecasts using expert information. *Statistika i ekonomika = Statistics and Economics*. 2019; 5: 4-14. (In Russ.)

15. Golovchenko V.B., Noskov S.I. Combining Forecasts Taking into Account Expert Information. *Avtomatika i telemekhanika = Automation and Telemechanics*. 1992; 11: 109–117. (In Russ.)

16. Fan J., Zhang J., Yu K. Vast portfolio selection with gross-exposure constraints. *Journal of the American Statistical Association*. 2012; 107: 592–606.

17. Frenkel' A.A., Volkova N.N., Surkov A.A., Romanyuk E.I. Step-by-step modification of the Granger-Ramanathan forecast combining method. *Voprosy statistiki = Questions of statistics*. 2018; 6: 16-25. (In Russ.)

Сведения об авторе

Антон Александрович Сурков
К.э.н., Старший научный сотрудник
Институт экономики РАН,
Москва, Россия
Эл. почта: surkoff@inbox.ru

Information about the author

Anton Alexandrovich Surkov
Cand. Sci. (Economics), Senior Researcher
Institute of Economics of the Russian Academy of
Sciences, Moscow, Russia
E-mail: surkoff@inbox.ru