

Объединение экономических прогнозов с использованием экспертной информации

Цель исследования. Целью настоящей работы является рассмотрение возможности использования экспертной информации при объединении прогнозов как дополнительного фактора повышения точности экономического прогнозирования. Использование методики объединения прогнозов все чаще встречается в отечественной практике экономического прогнозирования. Большинство исследователей сходятся во мнении что объединение прогнозов повышает точность прогнозирования через использование всей доступной информации об изучаемом процессе, включаемой в отдельные методы прогнозирования.

На сегодняшний день существует множество методов построения весовых коэффициентов при объединении прогнозов, но все они в первую очередь основываются на использовании только статистической информации об изучаемом процессе. Но экономическое прогнозирование не может быть линейным в своей динамике, множество внешних факторов постоянно оказывают влияние на прогнозируемый процесс, а некоторые внутренние могут не затрагиваться используемыми методами. В этом случае необходимо привлечение экспертной информации или внешней информации о полученном прогнозе для повешения его точности и корректировки дальнейшего развития экономического процесса. Это особенно актуально на сегодняшний день, в период цифровизации экономики и увеличения влияния социальных и политических факторов на динамику экономических явлений.

Материалы и методы. Для этой цели, непосредственно могут использоваться методы построения интегральных показателей на основе экспертной информации или же привлечение такой информации на стадии построения объединенного прогноза, для внесения корректировок полученного объединенного прогноза. Некоторые из этих подходов уже используются в зарубежной

практике экономического прогнозирования, в отечественной же практике они пока что мало известны. Одним из таких подходов может являться использование метода попарных предпочтений или же применение формул Фишберна для ранжирования частных методов прогнозирования по точности. Рассмотренные в работе подходы могут использоваться в качестве инструментов по построению весовых коэффициентов или же в качестве корректировки полученных результатов прогнозирования.

Результаты. В качестве итога настоящей статьи сделаны попытки по предложению возможных методов объединения прогнозов, с использованием экспертной информации, сформирована сводная таблица с оценкой того или иного метода объединения прогнозов и сделаны выводы о целесообразности их применения на практике. Такая таблица позволит лучше разобраться в направлении привлечения экспертной информации в объединение прогнозов и выбрать наиболее подходящий подход для дальнейшего его использования на практике.

Заключение. Объединение прогнозов уже давно зарекомендовало себя как эффективный метод повышения точности прогнозирования. Данная методика не может ухудшить получаемый результат, в большинстве случаев увеличивая точность. Использование экспертной информации в объединении прогнозов является следующим этапом совершенствования данной методики и требует отдельного дальнейшего практического исследования возможных инструментов по привлечению экспертной информации в объединение.

Ключевые слова: объединение прогнозов, экономическое прогнозирование, экспертная информация, метод попарных предпочтений, интегральный показатель

Anton A. Surkov

Financial University under the Government of the Russian Federation, Institute of Economics, RAS, Moscow, Russia

The combination of the economic forecasts using expert information

Purpose of the study. The aim of this work is to consider the possibility of using expert information when combining forecasts as an additional factor in improving the accuracy of economic forecasting. Using the methodology of combining forecasts is increasingly found in the domestic practice of economic forecasting. Most researchers agree that combining forecasts improves forecasting accuracy by using all available information about the process under study, which is included in individual forecasting methods.

Today, there are many methods for constructing weighting factors when combining forecasts, but all of them are primarily based on the use of only statistical information about the process under study. But economic forecasting cannot be linear in its dynamics, many external factors constantly affect the forecasted process, and some internal ones may not be affected by the methods used. In this case, it is necessary to attract expert information or external information about the forecast obtained in order to increase its accuracy and adjust the further development of the economic process. This is especially true today, during the period of digitalization of the economy and the increasing influence of social and political factors on the dynamics of economic phenomena.

Materials and methods. For this purpose, methods of constructing integral indicators based on expert information or directly using such information at the stage of constructing a joint forecast can be directly used to make adjustments to the resulting combined forecast. Some of these approaches

are already used in foreign practice of economic forecasting, while in domestic practice they are still little known. One of such approaches may be the use of the pairwise preference method or the application of Fishburn formulas for ranking particular forecasting methods by accuracy. The approaches considered in this work can be used as tools for constructing weight coefficients or as a correction of the obtained forecasting results.

Results. As a result of this article, attempts have been made to propose possible methods for combining forecasts using expert information, a summary table has been compiled with an assessment of one or another method of combining forecasts, and conclusions are drawn on the appropriateness of their application in practice. Such a table will make it possible to better understand the direction of attracting expert information to combine forecasts and choose the most suitable approach for further use in practice.

Conclusion. Combining forecasts has long established itself as an effective method for increasing forecast accuracy. This technique cannot degrade the result, in most cases increasing accuracy. The use of expert information in combining forecasts is the next step in improving this technique and requires a separate further practical study of possible tools for attracting expert information to the pool.

Keywords: consolidation of forecasts, economic forecasting, expert information, method of pairwise preferences, integral indicator

Введение

Сегодня все чаще на практике для повышения точности прогнозирования применяются методы объединения прогнозов [1, 2]. Данное направление повышения точности прогнозирования широко известно в зарубежной практике экономического прогнозирования. В настоящий момент объединение прогнозов все чаще встречается и в отечественном прогнозировании.

Объединение прогнозов достаточно эффективный способ использования информации о прогнозируемом процессе, полученной различными отдельными методами прогнозирования, с целью ее последующего объединения в единый результат [3].

Суть построения объединенного прогноза заключается в выведении единого общего прогноза, который бы состоял бы из использующихся частных методов прогнозирования. Такие прогнозы взвешиваются с использованием весовых коэффициентов:

$$F = \sum_{i=1}^n w_i x_i,$$

где x_i – индивидуальные прогнозы, полученные по n различных методов прогнозирования;

w_i – весовые коэффициенты при частных методах прогнозирования.

Наиболее распространенной формой объединения прогнозов является непосредственно линейная форма. Она более точно отражает главный смысл методики – объединение всей доступной информации о прогнозируемом процессе и построение более точного прогнозного результата на основе более широкой информации. Весовые коэффициенты при объединении прогнозов будут представлять долю информации частного метода прогнозирования, ко-

торая включается в объединенный прогноз [4].

Наиболее часто при объединении прогнозов только усредняют использующиеся в объединении частные методы прогнозирования [5]. Даже такой подход приводит к повышению точности прогнозирования, так как включает больше информации о прогнозируемом процессе чем каждый из частных методов прогнозирования. Но при таком подходе нет усиления информации от более точного метода прогнозирования [6]. Логично придавать более точному методу прогнозирования больший вес, так как этот метод прогнозирования должен иметь большую долю информации в общем прогнозе [7]. С этой точки зрения сумма весовых коэффициентов должна быть ограничена сверху и равняться единице:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

Необходимость данного условия хорошо продемонстрировано в работе Грейнджера и Раманатхана [8]. Кроме условия на сумму весов, с точки зрения интерпретации весовых коэффициентов как доли информации, все веса в объединенном прогнозе должны быть положительными. Иначе, отрицательные весовые коэффициенты или веса больше единицы не могут быть правильно интерпретированы. В таком случае необходимо пояснение почему информация, использующаяся в том или ином методе прогнозирования, включается в единый прогноз с отрицательным весовым коэффициентом. Зачастую это связано с переоценкой более точного метода прогнозирования и корректировка этой переоценки через включение иных частных методов прогнозирования с отрицательным весом.

В общем итоге задачу объединения прогнозов мож-

но представить в следующем виде:

$$F = \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$w_i > 0, i = 1, \dots, n.$$

Как уже отмечалось ранее, на сегодняшний момент существует множество методов по построению весовых коэффициентов для объединенного прогноза [9, 10, 11]. Выбор того или иного метода построения весовых коэффициентов при объединении прогнозов остается всегда за исследователем [12], а также зависит от подхода к объединению частных методов прогнозирования, например, минимизировать ошибку прогноза через метод наименьших квадратов или же через решение задачи линейного программирования. При этом методология объединения прогнозов практически не предполагает использования экспертной информации как дополнительного источника повышения точности прогнозирования, хотя интерес в этом направлении имеется [13]. Построение весовых коэффициентов основывается только на статистических характеристиках используемых частных методов прогнозирования или же на точности их прошлых значений.

Но на экономические процессы постоянно действуют различные внешние факторы, информация о которых не заложена в частных методах прогнозирования. Экономическое прогнозирование не может линейно развиваться и подвержено постоянным «взлетам и падениям». Для таких прогнозов уже недостаточно только внутренней информации. Поэтому, зачастую при прогнозировании экономических процессов исследователи корректируют полученные результаты на основе своего опыта и

для учета возможных изменений в процессе в будущем.

Учитывая, что точность объединенного прогноза напрямую зависит от уровня включенной информации в объединение [14], то получается, что без использования внешней или экспертной информации такой прогноз теряет в точности.

В этой связи необходимо развитие методов объединения прогнозов, с целью исправления недостатков, связанных с недостаточным использованием экспертной информации о прогнозируемом процессе. Таким развитием может считаться как предложение новых методов объединения прогнозов [15], которые бы учитывали все недостатки [16], так и привлечение дополнительной экспертной информации, как отдельного ресурса при улучшении точности прогнозирования.

Стоит определиться что под экспертной информацией понимается информация, представленная сторонними экспертами о динамике дальнейшего развития изучаемого процесса. А под внешней информацией понимается информация, которая не используется статистическими методами прогнозирования. Она может быть, как связанной напрямую, так и косвенно влияющей на изучаемый процесс (например, экологическая, политическая или социальная информация).

Учитывая опыт использования экспертной информации в прогнозировании и вне его можно определить, что для построения весовых коэффициентов при объединении прогнозов хорошо подходят методы построения обобщенного интегрального показателя, использующегося в экономических или социальных целях. И тот и другой подход в своей основе используют общие принципы – оценить и взвесить свои компоненты и

на основе полученных весов определить единый результат. Кроме того, построение интегральных показателей достаточно часто использует и экспертную информацию, что как раз подходит для целей настоящего исследования.

Также для включения экспертной информации в объединение прогнозов достаточно учесть в прогнозе экспертную оценку. Такая оценка может быть, как корректировка полученных частных методов прогнозирования, так и как оценка доверительных интервалов объединенного прогноза. Наряду с этим также можно использовать и внешнюю информацию о смежных процессах, чтобы скорректировать прогноз.

Рассмотрим более подробно предложения по использованию экспертной информации в объединении прогнозов. Для простоты разделим все подходы на две части – применение методики построения интегрального показателя в объединении прогнозов и иные подходы использования экспертной и внешней информации при объединении. После рассмотрения данных подходов необходим анализ целесообразности их применения в объединении.

В качестве итога данного исследования предлагается общая сводная таблица, включающая в себя как описание используемых методик, так и их преимущества, и недостатки.

Применение методики построения интегрального индекса при объединении прогнозов

Объединение прогнозов и построение интегрального индекса при помощи экспертных методов являются достаточно схожими задачами. В качестве наиболее простого способа определения весовых коэффициентов через экспертную информацию можно исполь-

зовать *методы ранжирования и методы приписывания баллов*.

Идея методов ранжирования и приписывания баллов в том, чтобы каждому из индивидуальных прогнозов придать определенный балл относительно его точности прогнозирования. Чем выше была точность прогнозирования, тем больший балл (от нуля до единицы) получит прогноз. В дальнейшем, для получения непосредственно самих весовых коэффициентов для объединения, необходимо нормировать выставленные баллы относительно их суммы. Таким образом будет выполнены условия на положительность весовых коэффициентов и на их сумму, которая должна равняться единице.

Необходимо отдельно выделить метод, основанный на применении *формул Фишберна* [17], который по своей сути так же является одним из методов ранжирования. В этом случае ранжирование происходит не исследователем, а на основе статистических характеристик, что повышает точность прогнозирования относительно других методов ранжирования и приписывания баллов.

Первая формула Фишберна:

$$w_i = \frac{2(m-i+1)}{m(m+1)}, \quad i = 1 \dots m,$$

где m – число отдельных методов прогнозирования, а i – ранг отдельного метода прогнозирования. Присвоение рангов можно проводить относительно точности методов. Более точному методу прогнозирования присваивается первый ранг, менее точному – последний.

Вторая формула Фишберна:

$$w_i = \frac{2^{m-i}}{2^m - 1}.$$

Третья формула Фишберна:

$$w_i = a_i + \frac{1 - \sum_{i=1}^m a_i}{\sum_{i=1}^m (b_i - a_i)} (b_i - a_i),$$

где $a_i \leq w_i \leq b_i$ интервалы возможных значений для весовых коэффициентов, предложенных на основании экспертной оценки. В этом случае, кроме ранжирования, необходима так же и экспертная информация относительно интервалов возможных значений.

К методам объединению прогнозов с использованием экспертной информации можно так же отнести и *метод попарных предпочтений (сравнений)*. Этот метод является достаточно известным и часто используется на практике как для получения общего интегрального индекса, так и для выявления приоритетных показателей [18, 19]. Кроме этого, метод попарных предпочтений является и достаточно распространенным методом, используемым при объединении прогнозов.

Гупта и Вильсон описали матрицу попарных предпочтений, как инструмент для нахождения оптимальных весовых коэффициентов для объединенного прогноза [20, 21].

Суть метода заключается в следующем. Предположим, что «истинные» веса даются вектором $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, где α_i ($i = 1, \dots, n$) – теоретически лучший вес, присвоенный i -му частному показателю. Тогда вероятность того, что частный показатель i «предпочтительнее» (меньшая дисперсия при прогнозировании) частного показателя j , может быть вычислена по формуле α_i/α_j . Матрица «попарных предпочтений» среди частных показателей в этом случае описывается следующим образом:

$$O = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \dots & \alpha_1 \\ \alpha_1 & & \alpha_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_n & \dots & \alpha_n \\ \alpha_1 & & \alpha_n \end{pmatrix}.$$

Каждая запись o_{ij} может быть интерпретирована как вероятность предпочтения

частного показателя i показателю j . Заметим, что каждый элемент матрицы положителен и что $o_{ij} = 1/o_{ji}$, а диагональные элементы равны единице. Следовательно, $O\alpha = n\alpha$. Зная матрицу O , вектор весов α обеспечивается в соответствии с решением $(O - nE) = 0$, где E – единичная матрица. Так как матрица O имеет единичный ранг и ее след равен n , то лишь одно из собственных значений не равно нулю, и оно равняется n . Таким образом, данная матрица «попарных предпочтений» совместима и ее всегда можно решить относительно α . Конечно, матрица O должна быть сначала оценена. Более подробно о применении метода попарных предпочтений можно найти в работе [22].

Преимуществом данного метода является то, что оценка матрицы может быть произведена различными способами в зависимости от целей исследования. На практике в методе попарных предпочтений используется оценка на основании того, сколько раз тот или иной индивидуальный метод прогнозирования был точнее или предпочтительнее, чем сравниваемый с ним другой индивидуальный метод прогнозирования. Но в качестве оценки матрицы попарных предпочтений можно использовать и другую различную информацию, в том числе и полученную на основании оценок экспертов [23].

Схожим с методом попарных предпочтений является метод анализа иерархий по алгоритму Саати [24]. Данный метод по существу отличается от метода попарных предпочтений определением матрицы попарных предпочтений. Но этот метод будет уступать по точности методу попарных предпочтений в силу субъективности определения матрицы попарных предпочтений.

Еще одним вариантом использования экспертной ин-

формации при объединении прогнозов является использование экспертной информации о доверительных границах исследуемого процесса. В этом случае экспертные оценки используются не для получения объединенного прогноза, они определяют возможные прогнозные результаты. Привлекаемые эксперты на основании своего опыта определяют возможные границы (доверительные интервалы) для объединенного прогноза и прогнозирование в дальнейшем уже проводится с учетом данной информации. Доверительные интервалы имеют большое значение в социально-экономическом прогнозировании, так как на практике, не редко существует несколько альтернативных вариантов будущего положения изучаемого процесса. И все эти варианты необходимо учитывать при прогнозировании.

Также в качестве возможного использования экспертной информации при объединении стоит рассмотреть *метод рандомизированного сводного показателя*, предложенного Н.В. Ховановым [25]. Для него нет необходимости знать вообще числовую информацию об изучаемом процессе. Метод использует нечисловую, неточную и неполную информацию (ННН). Сводный показатель выстраивается на основе оценки весовых коэффициентов при вероятности с которой произойдет то или иное событие.

Другое использование внешней и экспертной информации при объединении прогнозов

Кроме случаев, когда для объединения прогнозов используются подходы построения интегрального индекса, экспертную информацию можно использовать и другими способами. Так, экспертную информацию можно использо-

вать как *оценку доверительных интервалов прогнозных результатов*.

В случае использования экспертных оценок в качестве определения доверительных интервалов, к задаче определения объединенного прогноза добавляются дополнительные ограничения на прогнозные результаты. В.Б. Головченко и С.И. Носков предложили использование экспертной информации и определении общего прогноза в двух возможных случаях [26]:

1) Детерминированная задача, эксперты высказались только по отношению к возможным интервалам для прогнозируемого процесса. В этом случае решается простая задача линейного программирования (3) с использованием дополнительных ограничений.

2) Вероятностная задача, эксперты так же предложили оценки правдоподобия. В этом случае к задаче линейного программирования (3) добавляются условия, связанные с вероятностными характеристиками информации, полученной от экспертов.

Предлагаемые подходы являются достаточно простыми в вычислениях и могут использоваться для широкого круга различных задач. Но так как эти подходы, как и заявляется изначально, имеют применение только при определении доверительных интервалов объединенного прогноза, то они не могут оказывать влияние непосредственно на точность прогнозирования, но могут быть дополнительным инструментом в случае если имеется экспертная информация, которую необходимо привлечь при прогнозировании.

Еще одним подходом к использованию экспертной информации при объединении прогнозов является *использование в объединении уже скорректированных прогнозных результатов экспертами*. В этом случае, как отмечают Ван Дайк

и Филипп Френсис весовые коэффициенты для объединения двух частных прогнозов будут иметь следующий вид [27]:

$$w_1 = \frac{\sigma_2^2 + v_2^2 - 2z_2 - \sigma_{12} - v_{12}}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_{12} + v_1^2 - 2z_1 + v_2^2 - 2z_2 - 2v_{12}}$$

$$w_2 = 1 - w_1,$$

где σ_i — ковариация i -ого прогноза;

σ_{12} — ковариация между двумя прогнозами;

v_i — ковариация корректировки прогноза экспертом;

z_i — ковариация между ошибками прогноза и ошибкой корректировки прогноза экспертом.

Описанные ранее методы определения весовых коэффициентов используют оценки экспертов в своих вычислениях. К сожалению, эти методы являются достаточно субъективными и сильно зависят от компетентности экспертов. Но в качестве информации, влияющей на изучаемый процесс можно рассматривать не только оценки экспертов о прогнозируемом процессе, но и другие процессы и даже оценки этих процессов. Так, зная уровень взаимосвязи между двумя процессами можно определить корректирующий коэффициент для объединенного прогноза рассматриваемого процесса. В случае если два процесса подвержены одной и той же динамике, то оценивая один из процессов можно получить и оценку для другого процесса. Но для этого необходимо чтобы временные ряды, описывающие изучаемые процессы, были коинтегрированы между собой.

Под коинтеграцией временных рядов принято понимать ситуацию, при которой ряды имеют схожий тренд и не сильно удаляются друг от друга в течение времени. Более мате-

матическое определение коинтеграции следующее: если некоторая линейная комбинация двух временных рядов имеет порядок интегрирования меньший чем порядок интегрирования каждого из рядов, то говорят, что временные ряды коинтегрированы [28]. Саму коинтеграцию между временными рядами можно определить при помощи теста Йохансена, который реализован во многих пакетах статистических программ. Таким образом, если для объединения прогнозов нескольких временных рядов будет подобран показатель со схожими изменениями во времени, то его изменения можно будет учесть при прогнозировании исходного временного ряда.

Методика прогнозирования с использованием информации от коинтегрированных временных рядов достаточно простая. На первом этапе происходит определение временного ряда, который будет использоваться для последующего прогнозирования. Такой ряд должен быть коинтегрированным к объединению прогнозов, которое используется в исследовании, и должен иметь достаточно доступной информации о прогнозируемой динамике изменений.

В последующем между объединением прогнозов и коинтегрированному к нему временному рядом определяется корректирующий коэффициент, определяемый зависимость между ними. Такой коэффициент в дальнейшем сможет скорректировать динамику объединения прогнозов на основе доступной информации. В этом случае форма объединенного прогноза будет иметь следующий вид:

$$F = \gamma \left(\sum_{i=1}^n w_i x_i \right),$$

где γ — корректирующий коэффициент.

Корректировку и пересчет корректирующего коэффициента необходимо производить на каждом последующем шаге прогнозирования с привлечением новой информации. При этом, для расчет корректирующего коэффициента можно использовать более чем один временной ряд или фактор, влияющий на исследуемый процесс.

Сам корректирующий коэффициент можно получить, например, через отношение изменения коинтегрированного временного ряда к временному ряду, по которому строится объединенный прогноз.

Так, если определить внешние факторы, которые могут повлиять на изучаемый процесс и оценить их влияние, то при корректировке объединенного прогноза можно избавиться от коинтегрированного временного ряда и корректировать прогноз только на основании определённых факторов.

Обсуждение предлагаемых методик

Как можно отметить из рассмотрения методов построения интегральных показателей в качестве дополнения к объединению прогнозов, не все рассмотренные подходы будут приводить к повышению точности прогнозирования. Отдельно остановимся на некоторых выводах, сделанных на основе анализа описанных выше методов.

Если рассматривать методы ранжирования и приписывания баллов, то данный подход приведет к ухудшению точности прогнозирования относительно отдельных методов. Это связано в первую очередь с тем, что ранжирование и баллы не позволяют качественно оценить отдельные методы прогнозирования, из-за чего весовые коэффициенты распределяются относительно индивидуальных прогнозов не точно. Веса при таком определении будут приближительными и субъективными. Более

точные частные прогнозы оказываются недооцененными.

Так, в большинстве случаев, применяя подход ранжирования или приписывания баллов, при объединении четырех индивидуальных прогнозов, самый точный прогноз будет иметь всегда вес, равный 0,4. А менее точный индивидуальный прогноз – 0,1. И эти значения будут постоянными и, по сути, не будут отражать реального вклада индивидуальных прогнозов в объединенный прогноз. По этой причине, методы ранжирования или приписывания баллов не подходят для их использования при построении весовых коэффициентов объединенного прогноза.

Формулы Фишберна позволяют более точному методу прогнозирования придавать больший вес, как наиболее важному методу. Но построение весовых коэффициентов по формулам Фишберна так же не дают необходимого увеличения точности прогнозирования, так как даже первому по рангу методу прогнозирования будет придаваться недооцененный вес, что и скажется на точности. То есть более точный индивидуальный прогноз получит вес, который будет меньше чем тот, который мог быть рассчитан на основе обычных методов объединения прогнозов. Это хорошо видно по первым двум формулам Фишберна, по которым можно получить веса, схожие с весами при обычном ранжировании индивидуальных прогнозов. Кроме этого, при ранжировании, в случае если прогнозы имеют достаточно близкие значения, им будут придаваться веса, ко-

торые сильно отличаются между собой. Более приемлемой для объединения прогнозов может оказаться третья формула Фишберна, которая позволяет на основании экспертной оценки границ для весов придать более точные весовые коэффициенты для индивидуальных прогнозов.

Так же, как и в случае простого ранжирования, по первым двум формулам Фишберна весовые коэффициенты всегда будут постоянными, в зависимости от числа отдельных методов прогнозирования и не зависимо от точности самих используемых в объединении методов. Для третьей формулы Фишберна будет важно указать граничные условия для весовых коэффициентов, что может быть сделано на основании экспертных оценок.

Для примера, так же сравним полученные весовые коэффициенты для четырех отдельных методов прогнозирования. Результаты можно увидеть в табл. 1.

В приведенном примере, самым точность методов убывала от первого к последнему. В случае использования первой формулы Фишберна получаем результат аналогичный использованию простого ранжирования. При второй формуле Фишберна результат уже более приемлемый, но точность такого прогнозирования будет недостаточной. В третьей формуле Фишберна использовались специальные границы для весовых коэффициентов: 1 метод – от 0,8 до 0,9; 2 метод – от 0,1 до 0,2; 3 метод – от 0,01 до 0,03; 4 метод – от 0,01 до 0,02.

Таблица 1

Определение весовых коэффициентов с использованием формул

	1-я формула Фишберна	2-я формула Фишберна	3-я формула Фишберна
1 метод	0,4	0,533	0,832
2 метод	0,3	0,267	0,132
3 метод	0,2	0,133	0,023
4 метод	0,1	0,067	0,013

Таким образом, оценка границ для весовых коэффициентов в третьей формуле Фишберна может позволить ее использование при объединении прогнозов.

С точки зрения повышения точности прогнозирования, достаточно хорошие результаты может показать метод попарных предпочтений. Но данный метод все же находится ближе к статистическим методам объединения прогнозов, хотя в своих расчетах может использовать построение матрицы попарных предпочтений на основе экспертных оценок.

Метод рандомизированного сводного показателя Хованова является сложным в применении и требует использования программной реализации. Но при этом, метод не зависит от субъективности экспертной оценки, неточности используемых данных и достаточно часто применяется на практике [29]. Его так же можно использовать и при объединении прогнозов. Но в таком случае, в качестве индивидуальных прогнозов будут использоваться не их значения, а их оценки вероятностей того что фактическое значение бу-

дет равняться тому или иному прогнозному значению.

Метод корректировки исходных прогнозов и последующее их объединение в целом не сложен в расчетах, но требует использование экспертов в той области, в которой производится прогнозирование. Хотя авторы предлагаемой методики отметили что в целом использование даже менее точных скорректированных экспертами прогнозов в объединении показывает более точные результаты чем использование отдельных скорректированных или не скорректированных частных прогнозов.

Таблица 2

Методы объединения прогнозов с использованием экспертной информации

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
Метод ранжирования и метод приписывания баллов	Наиболее простые методы с использованием ранжирования отдельных прогнозов по их точности.	Не требуют дополнительной информации об исследуемом процессе. Более точные индивидуальные прогнозы получают больший вес.	Не приводят к повышению точности прогнозирования. Весовые коэффициенты рассчитываются на основании выданной оценки, без учета информации о том или ином отдельном методе прогнозирования. Близким по значению прогнозам соответствуют веса с большим отличием по значению.
Формулы Фишберна	Более корректное распределение оценок индивидуальным методом прогнозирования относительно методов ранжирования и приписывания баллов	Так же являются простыми методами использования экспертной информации при объединении прогнозов.	Так же имеют низкий прирост по точности относительно простого усреднения индивидуальных прогнозов. Имеют те же недостатки что и методы приписывания баллов и ранжирования.
Метод попарных предпочтений	Каждый из индивидуальных прогнозов оценивается предпочтением относительно других прогнозов. На основании всех оценок выстраивается матрица предпочтений, каждый элемент которой является предпочтительным весом для конкретного индивидуального прогноза. Кроме экспертных оценок для оценки матрицы предпочтений можно использовать и информацию о точности того или иного отдельного метода прогнозирования.	Метод предполагает различную оценку матрицы предпочтений, что делает его универсальным методом с использованием экспертной информации. Является программируемым методом и приводит к повышению точности прогнозирования относительно отдельных методов. Метод не требует большого количества информации об изучаемом процессе. Достаточно гибкий метод, корректирующий свои результаты относительно новой полученной информации. Хорошо приспособлен для использования экспертной информации.	Имеет меньшую точность относительно других методов объединения прогнозов.
Метод рандомизированных сводных показателей	На основании всей доступной информации об изучаемом процессе, которая представляется как нечисловая, неполная и неточная, вычисляются оценки весов в общем сводном показателе. Оценка весов производится на основе случайного (рандомного) выбора из всех возможных вариаций весовых коэффициентов. В качестве же самих показателей, при весовых коэффициентах выступают вероятности того что реальные данные будут равны данному показателю.	Достаточно эффективный метод корректировки объединенного прогноза с использованием нескольких видов экспертной информации. Не требует знания числовой, точной и полной информации об изучаемом процессе.	Необходимо использование нескольких видов экспертной информации. Сам метод требует программной реализации и не может быть применен без необходимых знаний о методологии. Сложность расчетов.

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
Использование экспертной информации для определения граничных интервалов	Привлечение экспертов для определения максимальных и минимальных значений для объединенного прогноза. После чего задача объединения сводится к решению задачи линейного программирования с ограничениями.	Отсутствие необходимости в большом количестве экспертной информации.	Необходима экспертная информация о граничных интервалах изучаемого процесса в будущем.
Корректировка частных прогнозов экспертами перед их объединением	Предлагается привлечение экспертов на стадии получения и корректировки частных прогнозов. Основе оценки дисперсий как частных прогнозов, так и скорректированных экспертов вырабатываются весовые коэффициенты объединенного прогноза.	Дополнительное повышение точности прогнозирования с использованием информации, предоставленной экспертами.	Необходимость привлечения реальных экспертов в той области, в которой производится прогнозирование.
Применение коинтегрируемых временных рядов	Вычисление корректирующего коэффициенты для объединения прогнозов с использованием другого коинтегрируемого временного ряда. Динамика известного временного ряда переносится на динамику исследуемого ряда.	Корректировка полученного объединенного прогноза на основе экспертной информации. Быстрая адаптация корректирующего коэффициента к внешним изменениям. Уточнение используемого объединенного прогноза относительно внешних влияющих факторов.	Низкая точность прогнозирования. Корректирующий коэффициент может зависеть от факторов, которые не будут оказывать влияние на исследуемый процесс.

Все описанные выше методы можно свести в общую таблицу (табл. 2). Таблица представляет все преимущества и недостатки методов построения интегрального показателя, которые можно использовать для построения весовых коэффициентов при объединении прогнозов и которые были описаны в данной работе.

Стоит отметить, что естественно это не единственные методы, которые можно использовать при корректировке результатов объединенного прогноза, но данные методы являются наиболее часто встречающимися в экономической практике и не требуют дополнительных экспертных опросов, что бывает достаточно трудно провести и задействовать при объединении прогнозов.

Заключение

В экономике сегодня существует множество методов прогнозирования, которые являются достаточно эффективными. В связи с этим, большая роль отводится совершенствованию этих методов, увеличе-

ния их точности, в том числе и за счет использования различной доступной информации для прогнозирования.

Объединение прогнозов является достаточно эффективным и надежным способом повышения точности информации, особенно в условиях неопределенности в выборе того или иного метода прогнозирования. Но даже объединение прогнозов требует дальнейшего своего совершенствования.

В период бурно развивающейся цифровой и информационной экономики особенно важно использование в экономическом прогнозировании и планировании различных источников информации. В экономическом прогнозировании уже нельзя использовать только статистический аппарат без привлечения экспертной информации и экспертных оценок. В этой связи, необходимо так же привлекать экспертную информацию и при объединении прогнозов.

На сегодняшний день существуют некоторые подходы с применением экспертной информации, которые можно

было бы использовать при построении весовых коэффициентов объединенного прогноза. Но не все из них могут повысить точность прогнозирования. Наиболее оптимальным методом объединения прогнозов с использованием экспертной информации является метод попарных предпочтений и третья формула Фишберна, хотя эти методы и используют больше статистические данные об исследуемом процессе.

Если же брать непосредственно оценки экспертов, то для такого объединения хорошо подойдет именно метод попарных предпочтений, в котором матрица попарных предпочтений будет выстраиваться на основе оценок экспертов. Так же в этом случае можно в объединении использовать уже скорректированные прогнозы экспертами.

Учитывая недостаточную глубину разработки и использования объединения прогнозов, а тем более объединения с использованием экспертной информации, то эта тема является весьма актуальной и заслуживает большего внимания.

Литература

1. Kolassa S. Combining exponential smoothing forecasts using Akaike weights // *International Journal of Forecasting*. 2011. № 27 (2). P. 238–251.
2. Tian J., Anderson H. M. Forecast combinations under structural break uncertainty // *International Journal of Forecasting*. 2014. № 30 (1). P. 161–175.
3. Bates J.M. and Granger C.W.J. The combination of forecasts // *Operational Research Quarterly*. 1969. Vol. 20. P. 451–468.
4. Granger C.W.J. Invited review: combining forecasts – twenty years later // *Journal of Forecasting*. 1989. № 8. P. 167–173.
5. Goodwin P. New evidence on the value of combining forecasts // *Foresight*. 2009. № 12. P. 33–35.
6. Armstrong J.S. Combining forecasts: the end of the beginning or the beginning of the end? // *International Journal of Forecasting*. 1989. № 5. P. 585–588.
7. Newbold P. and Granger C. W. J. Experience with forecasting univariate time series and the combination of forecasts // *J.R. Statist. Soc.* 1974. Vol. 137. P. 131–164.
8. Granger C.W.J. and Ramanathan R. Improved methods of combining forecasts // *Journal of Forecasting*. 1984. № 3. P. 197–204.
9. Френкель А.А., Сурков А.А. Определение весовых коэффициентов при объединении прогнозов // *Вопросы статистики*. 2017. № 12. С. 3–15.
10. Clemen R.T. Linear constraints and the efficiency of combined forecasts // *Journal of Forecasting*. 1986. Vol. 5. P. 31–38.
11. Stock J.H. and Watson M.V. Combination forecasts of output growth in a seven country data set // *Journal of Forecasting*. 2004. № 23. P. 405–430.
12. Claeskens G., Magnus J.R., Vasnev A.L. and Wang W. The Forecast Combination Puzzle: A Simple Theoretical Explanation. 2014. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://ssrn.com/abstract=2342841>.
13. Franses F.H. and Dick van Dijk Combining expert adjusted forecasts // *Journal of Forecasting*. 2019.
14. Armstrong J. S. Combining forecasts // *Kluwer Academic Publishers*. 2001. P. 1–19.
15. Matsypura D., Thompson R., Vasnev A. Optimal selection of expert forecasts with integer programming // *Omega*. 2017. Vol. 78. P. 165–175.
16. Френкель А.А., Волкова Н.Н., Сурков А.А., Романюк Э.И. Пошаговое объединение индивидуальных прогнозов на основе метода Грейнджера-Раманатхана // *Вопросы статистики*. 2018. № 6. С. 16–24.
17. Макарова И.Л. Анализ методов определения весовых коэффициентов в интегральном показателе общественного здоровья // *Международный научный журнал «Символ науки»*. 2015. № 7. С. 87–95.
18. Кривулин Н.К., Гладких И.В. Построение согласованной матрицы парных сравнений в маркетинговых исследованиях на основе методов тропической математики // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. Менеджмент*. 2015. № 1. С. 3–43.
19. Френкель А.А., Волкова, Н.Н., Сурков А.А. Методология построения интегральных индексов экономического развития России // *Экономика и предпринимательство*. 2017. № 9 (2). С. 1183–1193.
20. Gupta S. and Wilton P.C. Combination of forecasts: an extension // *Management Science*. 1987. Vol. 3. P. 356–371.
21. Gupta S. and Wilton P.C. Combination of Economic Forecasts: An Odds-Matrix Approach // *Journal of Business and Economic Statistics*. 1988. Vol. 6. P. 373–379.
22. Сурков А.А. Применение метода попарных сравнений при объединении экономических прогнозов // *Учет. Анализ. Аудит*. 2019. № 3. С. 32–43.
23. Спиридонов С.Б., Булатова И.Г., Постников В.М. Анализ подходов к выбору весовых коэффициентов критериев методом парного сравнения критериев // *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2017. Том 9. № 6. С. 1–24.
24. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 360 с.
25. Хованов Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб: Издательство С.-Петербургского университета, 1996. 196 с.
26. Головченко В.Б., Носков С.И. Комбинирование прогнозов с учетом экспертной информации // *Автоматика и телемеханика*, 1992. № 11. 109–117.
27. Dick van Dijk and Philip Hans Franses Combining expert-adjusted forecasts // *Journal of Forecasting*. 2019. № 5. P. 415–421
28. Engle R.F. and Granger C.W.J. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing // *Applied Econometrics*. 2015. 39 (3). P. 107–135.
29. Назарова Ю.А. Прогнозирование мировых цен на нефть по нечисловой экспертной информации // *Вестник Финансового Университета*. 2015. № 3. С. 155–160.

References

1. Kolassa S. Combining exponential smoothing forecasts using Akaike weights. *International Journal of Forecasting*. 2011; 27 (2): 238–251.
2. Tian J., Anderson H. M. Forecast combinations under structural break uncertainty. *International Journal of Forecasting*. 2014; 30 (1): 161–175.
3. Bates J.M. and Granger C.W.J. The combination of forecasts. *Operational Research Quarterly*. 1969; 20; 451–468.
4. Granger C.W.J. Invited review: combining forecasts - twenty years later. *Journal of Forecasting*. 1989; 8: 167–173.
5. Goodwin P. New evidence on the value of combining forecasts. *Foresight*. 2009; No. 12: 33–35.
6. Armstrong J.S. Combining forecasts: the end of the beginning or the beginning of the end? *International Journal of Forecasting*. 1989; 5: 585–588.
7. Newbold P. and Granger C. W. J. Experience with forecasting univariate time series and the combination of forecasts. *J. R. Statist. Soc.* 1974; 137: 131–164.
8. Granger C. W. J. and Ramanathan R. Improved methods of combining forecasts. *Journal of Forecasting*. 1984; 3: 197–204.
9. Frenkel' A.A. Surkov A.A. Determination of weighting coefficients when combining forecasts. *Voprosy statistiki = Questions of statistics*. 2017; 12: 3–15. (In Russ.)
10. Clemen R. T. Linear constraints and the efficiency of combined forecasts. *Journal of Forecasting*. 1986; 5: 31–38.
11. Stock J.H. and Watson M.V. Combination forecasts of output growth in a seven country data set. *Journal of Forecasting*. 2004; 23: 405–430.
12. Claeskens G., Magnus J.R., Vasnev A.L. and Wang W. The Forecast Combination Puzzle: A Simple Theoretical Explanation. 2014. [Internet]. Available from: <https://ssrn.com/abstract=2342841>.
13. Franses F.H. and Dick van Dijk Combining expert adjusted forecasts. *Journal of Forecasting*. 2019.
14. Armstrong J.S. Combining forecasts. Kluwer Academic Publishers. 2001; 19.
15. Matsypura D., Thompson R., Vasnev A. Optimal selection of expert forecasts with integer programming. *Omega*. 2017; 78: 165–175.
16. Frenkel' A.A., Volkova N.N., Surkov A.A., Romanyuk E.I. Step-by-step union of individual forecasts based on the Granger-Ramanathan method. *Voprosy statistiki = Statistics Issues*. 2018; 6: 16–24. (In Russ.)
17. Makarova I.L. Analysis of methods for determining weight coefficients in the integral indicator of public health. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal «Simvol nauki» = International scientific journal «Symbol of Science»*. 2015; 7: 87–95. (In Russ.)
18. Krivulin N.K., Gladkikh I.V. Building a consistent matrix of paired comparisons in marketing research based on methods of tropical mathematics. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ser. Menedzhment = Bulletin of St. Petersburg University. Ser. Management*. 2015; 1: 3–43. (In Russ.)
19. Frenkel' A.A., Volkova, N.N., Surkov A.A. The methodology of building integral indices of economic development of Russia. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economics and Entrepreneurship*. 2017; 9 (2): 1183–1193. (In Russ.)
20. Gupta S. and Wilton P. C. Combination of forecasts: an extension. *Management Science*. 1987; 3: 356–371.
21. Gupta S. and Wilton P.C. Combination of Economic Forecasts: An Odds-Matrix Approach. *Journal of Business and Economic Statistics*. 1988; 6: 373–379.
22. Surkov A.A. Application of the method of pairwise comparisons when combining economic forecasts. *Uchet. Analiz. Audit = Accounting. Analysis. Audit*. 2019; 3: 32–43. (In Russ.)
23. Spiridonov S.B., Bulatova I.G., Postnikov V.M. Analysis of approaches to the selection of weighting coefficients of criteria by the method of pairwise comparison of criteria. *Internet-zhurnal «Naukovedeniye» = Internet-journal «Science of Science»*. 2017; 9; 6: 1–24. (In Russ.)
24. Saati T.L. Prinyatiyesheniyprizavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: analiticheskiye seti = . Decision making with dependencies and feedbacks: analytical networks. Moscow: LIBROKOM; 2009. 360 p. (In Russ.)
25. Khovanov N.V. Analiz i sintez pokazateley pri informatsionnom defitsite = Analysis and synthesis of indicators with information deficit. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg University; 1996; 196 p. (In Russ.)
26. Golovchenko V.B., Noskov S.I. Combination of forecasts taking into account expert information. *Avtomatika i telemekhanika = Automation and Remote Control*, 1992; 11: 109–117. (In Russ.)
27. Dick van Dijk and Philip Hans Franses Combiningexpert-adjusted forecasts. *Journal of Forecasting*. 2019; 5: 415–421.
28. Engle R.F. and Granger C.W.J. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Applied Econometrics*. 2015; 39 (3): 107–135.
29. Nazarova YU.A Forecasting world oil prices by non-numeric expert information. *Vestnik Finansovogo Universiteta = Bulletin of the Financial University*. 2015; 3: 155–160. (In Russ.)

Сведения об авторе

Антон Александрович Сурков
*Финансовый Университет при Правительстве
РФ, Москва, Россия*
Институт экономики РАН, Москва, Россия
Эл. почта: surkoff@inbox.ru

Information about the author

Anton A. Surkov
*Financial University under the Government of the
Russian Federation, Moscow, Russia*
Institute of Economics RAS, Moscow, Russia
E-mail: surkoff@inbox.ru