МЕТОД СРАВНЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ПРОГНОЗНЫХ ОЦЕНОК ПРИ КОМПЛЕКСИРОВАНИИ

Романенков Ю.А.[1], Лобач Е.В.[2]

[1]Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»,

[2]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

We solved the problem of improvement of methodological base for a decision support system in the process of short-term prediction of indicators of organizational-technical systems by developing new, and adapting existing, methods of complexification that are capable of taking into consideration the interval uncertainty of expert forecast estimates. Critical analysis was performed and recommendations on their practical application were developed. Recommendations for parametric setting of the analytic function of preferences were stated.

Процесс краткосрочного прогнозирования, как правило, включает в себя этап априорного оценивания параметров состояния объекта принятия решений, для которого характерна ситуация, когда лицу, принимающему решение (ЛПР) доступна прогнозная информация из нескольких источников (или полученная разными методами). Это приводит к необходимости решать задачу комплексирования прогнозных оценок, полученных из нескольких источников [1], причем в условиях объективной неопределенности первичных данных.

Постановка задачи. Пусть в текущий момент времени $t=T$ исследователю доступны интервальные прогнозные оценки параметра системы для момента $t=T+1$, полученные из разных источников (или разными методами) общим количеством N:

$$\left[\hat{x}_i\right]=\left[\underline{\hat{x}}_i,\ \overline{\hat{x}}_i\right],\ i=1,...,N. \tag{1}$$

Необходимо синтезировать консолидированную интервальную прогнозную оценку путем комплексирования частных интервальных оценок источников.

В случае, когда известны результаты предыдущего оценивания, т.е. величина абсолютных отклонений в интервальной форме для момента времени $t=T$

$$\left[\Delta_i\right]=x\big|_{t=T}-\left[\hat{x}_i\right]\Big|_{t=T}=\left[\underline{\Delta}_i,\ \overline{\Delta}_i\right],\ i=1,...,N, \tag{2}$$

возникает задача количественного сравнения интервальных чисел (интервалов).

Суть ее состоит в том, чтобы определить количественную меру предпочтения одного интервального числа над другим. Применение классической интервальной арифметики в данном случае не снимает проблему, а лишь усугубляет ее, поскольку разница между интервальными числами – есть интервальное число.

Тем не менее, перспективы практического применения интервального анализа вынуждают исследователей искать подходы к решению этой задачи. Например, в работе [2] предложен графоаналитический подход. Он позволяет оценить меру достоверности гипотез о взаимном расположении двух чисел внутри интервалов, однако не может быть использован для определения количественной меры отношения между самими этими числами.

Второй путь предложен в работах [3, 4] и связан с коррекцией интервальной логики. Обобщая некоторые близкие, но строго не тождественные варианты логических отношений между интервальными числами, удается получить стройную логическую систему, которая, однако, дает сбои в некоторых частных случаях.

Еще один вариант нестрогой формализации задачи сравнения интервальных чисел состоит в использовании в качестве меры сравнения величины дистанции между интервальными числами. В этом случае становится принципиально возможным построение и анализ графа с интервальными числами в вершинах, однако нестрогое соблюдение дистрибутивной логики делает практическое применение этого подхода затруднительным.

Предлагаемый подход. Для определения количественной меры близости интервальных ошибок к нулю введем четную, монотонно убывающую функцию, неотрицательную на всей вещественной оси, которая отражает предпочтения ЛПР относительно значений ошибок прогноза. Задавшись конкретной формой зависимости $u\left(\Delta\right)$, становится возможным ввести количественный показатель близости интервальной оценки к нулю. В качестве него может быть принята высота прямоугольника, эквивалентного по площади определенному интегралу функции $u\left(\Delta\right)$ на интервале ошибки (рис. 1):

$$u^{*} = \frac{1}{\overline{\Delta} - \underline{\Delta}} \int_{\underline{\Delta}}^{\overline{\Delta}} u\left(\Delta\right) d\Delta. \tag{3}$$

Очевидно, что в этом случае набор интервальных ошибок (2) может быть количественно проранжирован с помощью показателей u_i^{*}, $i=1,\ldots,N$.

Пронормировав показатели u_i^{*}, получим весовые коэффициенты w_i системы комплексирования следующим образом:

$$w_i = \frac{u_i^*}{\sum_{i=1}^{N} u_i^*},\ i = 1,...,N. \qquad (4)$$

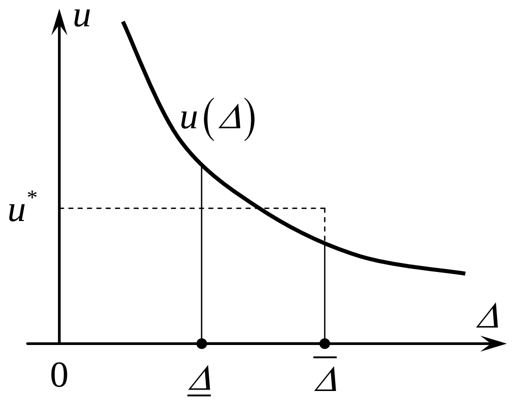

Рисунок 1 – Графическая интерпретация меры близости интервальной оценки к нулю

Можно убедиться, что при $u(\Delta) = \frac{1}{\Delta^2}$ и при $wid\left[\hat{x}_i\right] \to 0,$ коэффициенты (4) оказываются равными соответствующим коэффициентам для точечного взвешенного комплексирования [1, 5].

На рис. 2 представлены некоторые формы зависимости $u(\Delta),$ среди которых ЛПР может выбирать подходящую для конкретного исследования.

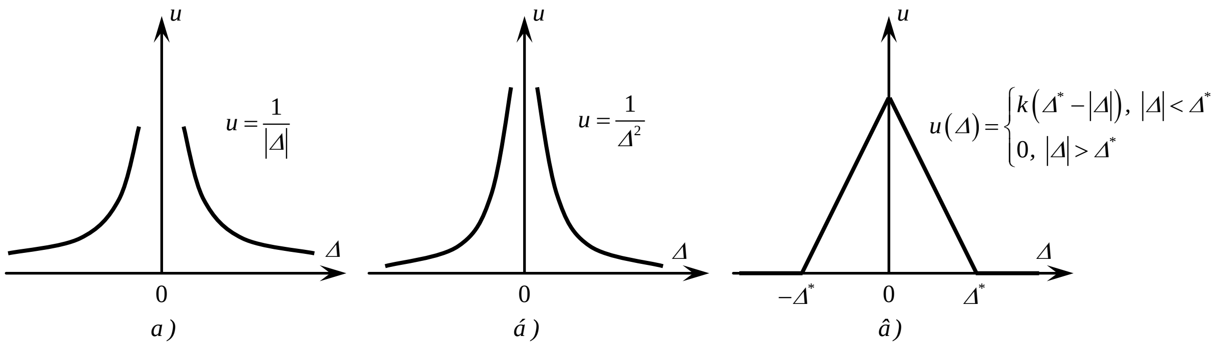

Рисунок 2 – Виды функций предпочтения ЛПР относительно ошибок прогноза:
а – обратно пропорциональная; *б* – обратно квадратическая; *в* – кусочно-линейная

Из рис. 2, *в* видно, что выбор соответствующей формы позволяет исключить из модели комплексирования источники, не обеспечивающие погрешность, выше заданного значения Δ^*, тем самым переводит модель комплексирования в разряд селективных моделей [6].

В случае использования функции предпочтения $u(\Delta)$ с вертикальной асимптотой (например, рис. 2, *а*, *б*) следует учесть, что ее свойство

$$\lim_{\Delta \to 0^+} u(\Delta) = \lim_{\Delta \to 0^-} u(\Delta) = \infty \qquad (5)$$

делает показатель u^* для интервалов, содержащих нуль, неинформативным.

На практике этот эффект можно легко парировать либо аналитически (сдвигом аргумента), либо алгоритмически (выбором для нуль содержащих интервалов другого вида функции предпочтения $u(\Delta)$.

К преимуществам предлагаемого метода можно отнести следующие его особенности:

1. Предложенный математический аппарат позволяет синтезировать модель комплексирования в достаточно общем виде, объединив в единой аналитической форме классы гибридных [7] и селективных моделей.

2. Реализация алгоритмов, реализующих предложенный метод, проста, а ее результаты – наглядны, что немаловажно в процессе принятия управленческих решений.

Список литературы

1. Бидюк, П. И. Анализ качества оценок прогнозов с использованием метода комплексирования / П. И. Бидюк, А. С. Гасанов, С. Е. Вавилов // Системнi дослiдження та iнформацiйнi технологiї. – 2013. – № 4. – С. 7-16.

2. Вощинин, А. П. Интервальный анализ данных: развитие и перспективы / А. П. Вощинин // Заводская Лаборатория. – 2002. – Т. 68, No. 1. – С. 118-126.

3. Левин, В. И. Упорядочение интервалов и задачи оптимизации с интервальными параметрами / В. И. Левин // Кибернетика и систем. анализ. – 2004. – № 3. – С. 14-24.

4. Левин, В. И. Сравнение интервалов и оптимизация в условиях неопределенности / В. И. Левин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2002. – № 3. – С. 383-389.

5. Романенков, Ю. А. Комплексирование прогнозных оценок в системе мониторинга показателей состояния бизнес-процесса / Ю. А. Романенков, В. М. Вартанян, Д. С. Ревенко // Системи управлiння, навiгацiї та зв'язку: зб. наук. пр. – Полтава: ПНТУ. – 2014. – №2(30). – С. 79-86.

6. Васильев, А. А. Объединение прогнозов экономических показателей на основе бивес-оценки с весовой функцией Хьюбера / А. А. Васильев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – №10-4. – С. 44-47.

7. Qingying Lai. A Hybrid Short-Term Forecasting Model of Passenger Flow on High-Speed Rail considering the Impact of Train Service Frequency / Qingying Lai, Jun Liu, Yongji Luo, Minshu Ma // Mathematical Problems in Engineering. – 2017. – № (3). – PP. 1-9.