

УДК 652.22

С. Н. ГЕРАСИН, Е. Б. КАЙКОВА, В. Я. ТЕРЗИЯН, канд. техн. наук

ИНТЕРВАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОБРАБОТКЕ ЭКСПЕРТНЫХ МНЕНИЙ. МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ОТСЕЧЕНИЙ

В условиях неопределенности для принятия решений широко используется метод экспериментального оценивания. Обычно решались две задачи: сбор экспертной информации (в этом плане разрабатывается метод Дерби [1]) и обработка оценок экспертов с целью получения из субъективной информации какого-либо объективного результата. Основой для решения второй задачи служит метод статистического точечного оценивания [2]. По-видимому, такой подход к обработке экспертных мнений не единственен. Действительно, предположим, что эксперт оценивает некоторый числовой параметр системы, причем вместо точечной оценки он определяет интервал, в который, по его мнению, попадает данный параметр. Сам эксперт, т. е. любой носитель субъективного мнения, обладает некоторой суммой знаний о параметре, поэтому очевидно, что чем выше квалификация эксперта, тем уже интервал мнений.

Рассмотрим следующую задачу. Требуется определить значение некоторого параметра X . Предположим, что изменение точечного

значения данного параметра X_0 затруднено по ряду причин. Для оценки параметра привлекается группа из n экспертов. Каждый i -й эксперт из этой группы дает числовой интервал $[a_i, b_i]$, в который, по его мнению, попадает значение X_0 . Каждый эксперт должен гарантировать принадлежность X_0 выбранному им интервалу и при этом стремиться определить интервал как можно меньшей длины. Понятно, что чем выше квалификация эксперта, тем меньше он даст интервал, гарантирующий попадание в него значения X_0 . Рассмотрим случай, когда условия оценивания параметра всеми экспертами одинаковы, т. е. внешние воздействия в одинаковой степени влияют на принятие решения каждым экспертом. Задача заключается в следующем. Необходимо найти процедуру обработки мнений группы экспертов, позволяющую с учетом внешних воздействий на экспертов с большой степенью точности оценить значение исследуемого параметра X . Цель данной работы — решение приведенной задачи и некоторых ее приложений.

Традиционное решение поставленной задачи наглядно можно представить следующим образом. Расположенные в порядке убывания длин однородные пластины, концы которых соответствуют координатам отрезков экспертных оценок, накладываются друг на друга. Координату центра тяжести полученной системы можно принять за результат обработки экспертных мнений. Очевидно, что подобный подход нарушает условие принадлежности объективной точечной оценки каждому субъективному интервалу. Видно также, что результат смещен относительно середины наименьшего отрезка в сторону удлинения «левых» частей мнений менее квалифицированных экспертов, хотя логично предположить, что такое удлинение является результатом внешних воздействий на мнение экспертов. Как уже говорилось, длина отрезка-мнения уменьшается с увеличением квалификации эксперта и стремится к объективной точечной оценке X_0 при стремлении к бесконечности квалификации эксперта. Поэтому в рассмотренном примере логично было бы соединить кривой левые концы отрезков, расположив их параллельно на одинаковом расстоянии друг от друга в порядке убывания длин, и аналогично поступить с правыми концами отрезков. Затем проследить за поведением этих двух кривых за пределами наименьшего отрезка и найти их точку пересечения. Теперь с большей степенью вероятности можно утверждать, что координата точки пересечения этих кривых является решением поставленной задачи и лежит правее середины наименьшего отрезка, в отличие от предыдущего подхода, и принадлежит всем отрезкам.

Можно предположить, что при отсутствии каких-либо воздействий внешней среды на принятие решения экспертами, независимо от квалификации экспертов, отрезки-мнения в основном располагались бы симметрично относительно середины наименьшего отрезка с незначительными случайными отклонениями. Явно выраженная односторонняя асимметрия говорит о наличии воздействия. В этом случае метод позволяет при обработке интервальных экспертных мнений «отфильтровать» влияние внешних помех. Рассмотр-

ренный подход может быть реализован следующей процедурой, которую назовем методом последовательных отсечений.

Опишем формально исходные данные для решения поставленной задачи. Обозначим через S множество сведений об оцениваемом параметре системы, каждому i -му эксперту соответствует некоторое подмножество S'_i множества S . Под экспертом будем понимать некоторый оператор A , определенный на множестве S и действующий в одноэлементное упорядоченное подмножество декартова квадрата множества действительных чисел R^1 :

$$A : S \rightarrow R^1 \times R^1.$$

Таким образом, мнение i -го эксперта записывается интервалом $[a_i, b_i]$, причем эксперт дает не произвольные действительные числа a_i и b_i , а их рациональное приближение. Однако, чтобы не усложнять запись, будем полагать оценку вещественной.

На оператор A наложим ряд требований.

а. $A(\emptyset)$ — не существует.

Это требование означает при содержательной интерпретации, что эксперт, ничего не зная об оцениваемом параметре, отказывается от ответа.

б. $A(S) = X_0$,

где X_0 — истинное значение оцениваемого параметра. Эти граничные требования не нуждаются в подробном объяснении.

Более внимательно рассмотрим вопросы, связанные с квалификацией экспертов. Понятно, что квалификация экспертов может быть различна, однако, относительно некоторых экспертов нельзя сказать, кто из них более квалифицирован. Это означает, что множество экспертов частично упорядочено [1]. Поступим следующим образом: объединим неупорядоченных экспертов приблизительно равной квалификации в один класс, тогда вместо множества экспертов L мы получим некоторое множество, состоящее из непересекающихся классов $\{L_i\}_{i \in N}$. Такое разбиение множества определяет некоторое отношение эквивалентности. Множество классов эквивалентности образует так называемое фактор-множество L/L_i . Тем самым осуществлен канонический эпиморфизм $g : L \rightarrow L/L_i$ или вложение L в фактор-множество L/L_i . На множестве L/L_i можно ввести отношение порядка, согласованное с квалификацией эксперта. Сформулируем дальнейшие требования.

в. Если A_i и A_j — эксперты из одного класса, $A_i(S') = [a_i, b_i]$, $A_j(S'') = [a_j, b_j]$, $S' \subset S$, $S'' \subset S$, причем S' содержит больше информации об оцениваемом параметре, чем S'' , то имеет место условие $|b_i - a_i| \leq |b_j - a_j|$.

Данное условие означает, что из двух экспертов одинаковой квалификации более узкий интервал мнений даст эксперт, имеющий больше информации об оцениваемом параметре.

г. Если $A_i < A_j$, где A_i, A_j — эксперты из различных классов \leq — отношение порядка, $A_i(S') = [a_i, b_i]$, $A_j(S') = [a_j, b_j]$, $S' \subset S$ то имеет место условие $|b_j - a_j| \leq |b_i - a_i|$.

Данное условие означает: более квалифицированный эксперт при одном и том же количестве информации об оцениваемом параметре дает более узкий интервал мнений.

д. Для любого эксперта $a \leq X_0 \leq b$, где X_0 — истинное значение оцениваемого параметра. Это условие означает, что, независимо от внешних воздействий, каждый эксперт должен гарантировать попадание истинного значения оцениваемого параметра в интервал своего мнения.

Рассмотрим процедуру метода последовательных отсечений для обработки результатов экспертного оценивания, базирующуюся на приведенных выше условиях.

Сначала экспертные мнения (отрезки) упорядочиваются по возрастанию длины. Получаем упорядоченную последовательность отрезков:

$$[a_1, b_1], [a_2, b_2], \dots, [a_n, b_n].$$

Если $a_1 = b_1$, то задача решена: $X_0 = a_1 = b_1$.

Далее определяются координаты так называемого базового отрезка $[c, d]$, который является пересечением отрезков-мнений всех экспертов. Пример получения базового отрезка приведен на рис. 1

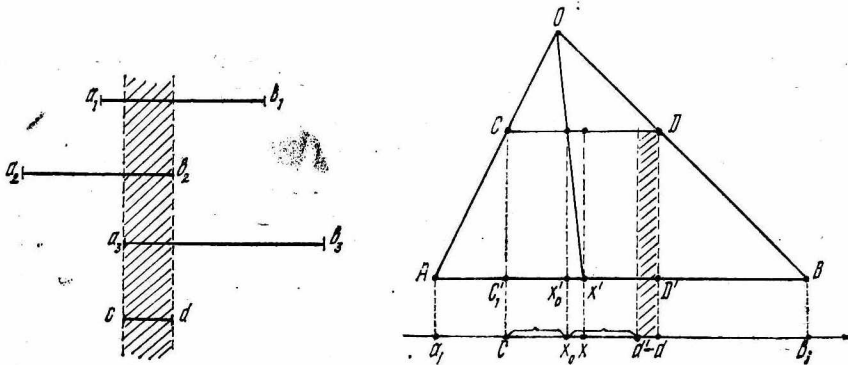


Рис. 1. Построение базового отрезка

Рис. 2. Уточнение базового отрезка

Согласно условию (д), базовый отрезок содержит истинное значение X_0 анализируемого параметра и является наименьшим из всех отрезков-мнений.

Суть предлагаемого метода заключается в последовательном отсечении справа и слева частей базового отрезка в соответствии с мнением каждого эксперта в порядке возрастания длины соответствующих отрезков-мнений. Середина полученного таким образом базового отрезка и принимается за решение поставленной задачи.

Итак, пусть $[c, d]$ — координаты текущего базового отрезка; $[a_i, b_i]$ — координаты текущего анализируемого отрезка, тогда координаты нового базового отрезка $[c', d']$ пересчитываются по следующему правилу:

$$c' = \max\left(c, \frac{d^2 - c^2 + 2b_i c - a_i d - b_i d}{b_i - a_i}\right);$$

$$d' = \min\left(d, \frac{d^2 - c^2 - 2a_i d + b_i c + a_i c}{b_i - a_i}\right).$$

После выполнения этой операции для всех экспертов получаем результирующий базовый отрезок $[c_p, d_p]$. Его середину считаем результатом обработки мнений n -экспертов

$$x_0 = \frac{c_p + d_p}{2}.$$

Метод последовательных отсечений имеет наглядную геометрическую интерпретацию. Расположим отрезки AB и CD , обозначающие соответственно текущий анализируемый отрезок-мнение $[a_i, b_i]$ и текущий базовый отрезок $[c, d]$, параллельно друг другу на произвольном расстоянии (рис. 2). Текущим приближенным конечного результата является середина отрезка CD — точка X . Необходимо найти новый базовый отрезок $[c', d']$ и следующее приближение результата X_0 . Соединим концы отрезков прямыми AC и BD и продолжим их до получения треугольника AOB . Соединим прямой точку O и проекцию X' точки X на прямую AB . Координата X_0 точки пересечения полученной прямой с отрезком CD и является искомым приближением результата. А новый базовый отрезок $[c', d']$ получается путем отсеечения от отрезка CD (в данном случае справа) части таким образом, чтобы точка X_0 стала серединой нового базового отрезка. Здесь наглядно видно, что данный метод как бы отсекает, учитывая мнение эксперта, влияние внешнего воздействия, которое сдвинуло его мнение вправо относительно центра базового отрезка. Нетрудно убедиться, что результат не зависит от расстояния, на котором находятся отрезки AB и CD . В первую очередь учитывается мнение экспертов с более узким интервалом мнений, т. е. более квалифицированных или имеющих больше информации об оцениваемом параметре, а мнение менее квалифицированных экспертов уже незначительно меняют базовый отрезок.

Таким образом, метод последовательных отсечений является удобной эвристической реализацией идеи.

Данный метод можно обобщить на случай более сложного оценивания, когда группа экспертов распознает объект, характеризуемый набором из числовых параметров. Тогда мнением i -го эксперта можно назвать вектор интервалов по каждому параметру:

$$\{[a_i^1, b_i^1], [a_i^2, b_i^2], \dots, [a_i^m, b_i^m]\}.$$

Истинным значением параметров оцениваемого объекта является вектор $\{X_0^1, X_0^2, \dots, X_0^m\}$, который находится методом последовательных отсечений, примененным к каждой координате векторов-мнений. Интерес представляет задача, когда эксперт дает не вектор интервалов, а языковую спецификацию объекта или его параметров. Спецификация, являясь более общей, чем объект, как теорией, характеризующей целый класс объектов, представим: вектором интервалов по каждому из возможных параметров объекта. Если спецификация не затрагивает некоторый параметр, то на соответствующем месте ставится \emptyset , например:

$$\{[1, 5], [2, 3], \emptyset, [1, 4], \emptyset\} (m=5).$$

Предположим, имеется некоторая система, база знаний которой позволяет автоматически заменять языковую спецификацию вектором интервалов. База знаний системы также содержит информацию о некоторых конкретных объектах в форме векторов значений их параметров. Процесс распознавания некоторого объекта группой экспертов можно представить следующим образом. Каждый эксперт дает информацию об анализируемом объекте либо в форме вектора-интервалов изменения параметров, либо вектора-спецификаций параметров, либо просто спецификацию объекта, либо комбинацию указанных вариантов. Мнение эксперта из указанной формы система автоматически переводит в вектор интервалов. Далее происходит обработка экспертных мнений последовательно по каждой компоненте вектора в соответствии с приведенным выше методом. В результате получается вектор значений параметров анализируемого объекта. Затем в базе знаний находится вектор значений, наиболее близкий к полученному, а соответствующий ему объект является результатом экспертной идентификации.

Таким образом, метод последовательных отсечений можно применять не только для числовых экспертных оценок, но и для оценок в форме языковых спецификаций. Здесь прослеживается взаимосвязь экспертного оценивания с естественно-языковыми системами, системами распознавания образов, проблемами идентификации.

Метод будет эффективен в диалоговых системах при работе с нечеткими множествами, в частности, при исчислении времени реализации событий в рамках размытых временных интервалов [3].

Список литературы: 1. Кузьмин В. Б. Построение групповых решений в пространствах четких и нечетких отношений. М., 1982. 167 с. 2. Алимов Ю. И. Измерение моментов системы случайных величин. Свердловск, 1984. 84 с. 3. Кайкова Е. Б. Система анализа временных естественно-языковых конструкций // Пробл. бионики. 1988. Вып. 41. С. 55—63.

Поступила в редколлегию 09.11.88