

4. *Карпов С.Ю.* Особенности организации и управления деятельностью по расследованию пожаров в рамках реформирования Федерального Государственного пожарного надзора МЧС РФ//Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2019. – № 4. – С. 22-27.

5. *Карпов С.Ю., Прус Ю.В.* Модель прогнозирования продолжительности сбора первоначальной информации на месте пожара функцией Кобба-Дугласа//Технологии техносферной безопасности. – 2020. – № 1. – С. 93-106.

6. *Клейнер Г.Б.* Методы анализа производственных функций. – М.: Информэлектро, 1980. – 72 с.

7. *Орлов А.И.* Нечисловая статистика. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 513 с.

---

**Гучук В.В.**

### **Прикладные аспекты реализации процедуры объективизации экспертной кластеризации сложных объектов**

**Аннотация:** Рассматриваются возможности реализации процедуры объективизации – интерактивной процедуры, которая позволяет улучшать качество кластеризации по экспертным оценкам слабо формализуемых многопараметрических объектов и способствует повышению надежности функционирования систем управления такими объектами. Она основывается на простейших предположениях о свойствах объектов. В работе описываются возможные эффекты от применения этой процедуры.

**Ключевые слова:** экспертные оценки, объект, кластеризация, объективизация, измеряемые параметры

Рассматриваются возможности реализации процедуры объективизации, предложенной автором в [1], которая позволяет улучшать качество кластеризации по экспертным оценкам, и может способствовать повышению надежности функционирования систем управления слабо формализуемыми многопараметрическими объектами.

Одной из причин, вызывающих необходимость применения подобных процедур, является то, что зачастую приходится иметь дело с кластерами без линейного порядка между ними, а также с весьма неоднородной структурой выборки объектов. Хотя решению такого рода задач посвящено большое число исследований [2], в большинстве случаев достоверность (надежность) проведенной экспертной кластеризации, в силу сочетания объективных причин и субъективизма оценок, является недостаточной для практического использования. Объективизация заключается в применении к имеющимся экспертным оценкам итеративной процедуры переклассификация, основанной на системе:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\exists i, (\vec{V}_n \in \{\vec{V}\}_i)(K_{n,i} < K_*) \rightarrow \\ ((\exists j, K_{n,j} > K^{**}) \& (\forall j, K_{n,j \neq i} < K_{**})) \rightarrow (\vec{V}_n \in \{\vec{V}\}_j); \\ (\forall i, (\vec{V}_n \notin \{\vec{V}\}_i) \rightarrow \\ ((\exists j, K_{n,j} > K^{**}) \& (\forall l, K_{n,l \neq j} < K_{**})) \rightarrow (\vec{V}_n \in \{\vec{V}\}_j); \\ (\exists i, (\vec{V}_n \in \{\vec{V}\}_i) \& (K_{n,i} < K_*)) \rightarrow \\ ((\exists j, K_{n,j} > K^{**}) \& (\forall l, K_{n,l \neq i} > K_{**})) \rightarrow (\vec{V}_n \notin \{\vec{V}\}_m); \\ (\exists i, (\vec{V}_n \in \{\vec{V}\}_i) \& (K_* \leq K_{n,i} \leq K^*)) \rightarrow \\ (\exists j, K_{n,j} > K^{**}) \rightarrow (\forall m, \vec{V}_m \notin \{\vec{V}\}_m). \end{array} \right.$$

Здесь:  $N$  – число векторов,  $n$  – порядковый номер вектора  $\vec{V}_n$ ,  $\{\vec{V}\}_i$  – множество векторов  $i$ -го класса (класс вектора определяется согласно экспертной оценке или предыдущей переклассификации),  $K_{n,i}$  – коэффициент принадлежности  $n$ -го вектора к  $i$ -му классу,  $K_{**}$ ,  $K_*$ ,  $K^*$ ,  $K^*$  – минимальные и максимальные пороговые значения для коэффициентов принадлежности. Область значений ниже  $K_*$  ( $K_{**}$ ) соответствует отсутствию выраженных признаков конкретного класса, а область значений выше  $K^*$  ( $K^*$ ) – явному наличию признаков класса. Значения с одним «звездным» индексом используются при анализе степени принадлежности к своему классу



валидностью используемых параметров, сложностью выбора минимальных и максимальных пороговых значений, а также изначально субъективным формированием числа классов и самих классов. Как показывает практика, в результате полностью автоматической объективизации может, например, исчезнуть класс, обладающий важными прикладными свойствами. В результате объективизации отсеиваются заведомо ошибочные решения экспертов, повышается достоверность результатов кластеризации и формируются более адекватные формализованные методы идентификации экспериментальных данных. Помимо функции «оздоровления» классовобразующих множеств, процедура объективизации обладает также и другими полезными свойствами. Прежде всего, она позволяет оценить состоятельность кластеризации для каждого из классов, а также дополнительно аттестует измеримые параметры на профпригодность к идентификации векторов. Последнее свойство является крайне важным, поскольку процедура формирования и подбора измеримых параметров по определению является неформализованной, эвристической и априори вообще не гарантирует саму возможность решения задачи идентификации. После проведения нескольких итераций по объективизации некоторые множества могут разделиться на два или более подмножеств, другие, напротив, сохраняют свой ареал и могут даже увеличить свою размерность. Первый вариант наводит на мысли об известной в несколько другой сфере многометной (multi-label) классификации [3], в которой классифицируемый объект может принадлежать нескольким классам одновременно, и сами классы являются не взаимоисключающими (возможно, даже вложенными). Задачи такого типа, например, характерны для анализа изображений.

Второй вариант потенциально соответствует случаю выполнения гипотезы компактности [4], и в этом случае степень идентифицируемости (доля верно идентифицированных объектов на экзамене) состоятельных множеств в результате объективизации может увеличиться на 20–30 %. Возможна и ситуация с отказом от наличия в перечне множеств некоторого несостоятельного множества (случай вырождения множества).

Применение описанной процедуры объективизации может не только скорректировать состав множества, но и расширить его.

Вообще же, как показывает практика, состав корректируется, но мощность множества может меняться незначительно.

Еще одной важной характеристикой при объективизации является наличие и минимизация ошибок идентификации второго рода [5]. Либо эксперт относит объект не к своему классу, либо на очередном этапе объективизации алгоритм причисляет объект к одному классу, а дальнейший параметрический анализ идентифицирует его как принадлежащий к другому классу.

Назовем коэффициентом проникновения  $K_{n,i}''$  кластерный коэффициент принадлежности к  $i$ -му классу  $n$ -го вектора («чужого» вектора), предварительно отнесенного экспертом или алгоритмом к другим классам. Помимо представительности выборки, валидности измеряемых параметров и т. п., на величину погрешности идентификации оказывает влияние и выбор алгоритма идентификации, который должен быть устойчивым относительно выбора параметров, используемых для обучения на ОБ и идентификации на ТВ, а также позволять получать минимальные ошибки идентификации. Результаты применения объективизации проявляются, в первую очередь, в повышении степени идентифицируемости (улучшение может достигать 10–20 %). В отдельных случаях может достигаться и больший эффект.

В ряде случаев процедура объективизации может не только корректировать состав множества, но и заметно расширять его. Однако, как показывает практика применения объективизации, чаще наблюдается либо обратный эффект, либо мощность множества практически не меняется.

В целом, определяющее влияние на эффективность процедуры объективизации, оказывают несколько факторов.

Факторы внутреннего (формального) характера:

- 1.1. Представительность выборки векторов.
- 1.2. Валидность измеряемых параметров.

Факторы внешнего (привносимого) плана:

- 2.1. Потенциальная возможность экспертного оценивания.
- 2.2. Качество экспертных оценок.

Работы по объективизации экспертных оценок проводились и ранее [6]. Процедуры разрабатывались для уточнения выставленных в ранговых шкалах экспертных оценок качества

одной группы объектов и их можно использовать внутри процедуры объективизации экспертной кластеризации.

Следует отметить, что объективизации экспертных оценок служат и стандартные, для экспертного оценивания, процедуры обработки оценок. Используется, например, привлечение достаточно большой группы экспертов, проведение отбора наиболее компетентных экспертов, формирование из оценок отдельных экспертов сбалансированных оценок и т. п.

Описанная процедура объективизации была использована при разработке алгоритмов анализа больших массивов информации [7].

#### Литература:

1. *Гучук В.В.* Технология объективизации экспертной кластеризации слабо формализуемых объектов//Вестник УГАТУ. – 2014. – Т. 18. № 5 (66). – С. 149-154.
  2. *Литвак Б.Г.* Экспертные оценки и принятие решений. – М.: Патент, 1996. – 271 с.
  3. *Петровский М.И., Глазкова В.В.* Метод многометной (multi-label) классификации на основе попарных сравнений с отсечением наименее релевантных классов / Сборник докладов 13-ой Всероссийской конференции «Математические методы распознавания образов». – М.: МАКС Пресс, 2007. – С. 197-200.
  4. *Айзерман М.А., Браверман Э.М., Розоноэр Л.И.* Метод потенциальных функций в теории обучения машин. – М.: Наука, 1970. – 384 с.
  5. *Фомин Я.А.* Распознавание образов. Теория и применения. – М.: Фазис, 2014. – 460 с.
  6. *Kuznetsov M.P., Strijov V.V.* Methods of expert estimations concordance for integral quality estimation//Expert Systems with Applications. – 2014. – Vol. 41(4). – P. 1988-1996.
  7. *Guchuk V.V.* Application of algorithms of objectifying expert clustering of Multiparameter objects in the analysis of big arrays of information//Advances in Systems Science and Applications. – 2018. – Vol 18. №1. – P.102-109.
-