

ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

Г. В. ЯЛОЯН

ОБ ОДНОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ОЦЕНКИ
КАЧЕСТВА ОБЪЕКТА

На современном этапе развития автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) наиболее актуальной проблемой представляется автоматизация функций контроля объекта управления на отдельных этапах его обработки [1]. В настоящее время имеются несколько подходов к решению этой проблемы с позиций теории искусственного интеллекта [2]. Наиболее эффективными нам представляются результаты, полученные при применении методов распознавания образов [3], для которых характерны широкая универсальность, высокая надежность и достоверность получаемых результатов.

Описываемый в статье метод оценки качества произвольного объекта предусматривает определение функциональной связи между качеством объекта и его параметрами путем выявления степени влияния отдельных параметров на конечный результат.

Задачу определения функциональной связи между качеством объекта и его параметрами удобно формально представить в терминах теории измерений.

Пусть имеется эмпирическая система с отношением

$$S = \langle S, T \rangle, \quad (1)$$

где S — непустое множество объектов; T — бинарное отношение, имеющее смысл «качественнее чем». Так же задана производная система измерений:

$$Z = \langle S, X_1, X_2, \dots, X_m \rangle, \quad (2)$$

где X_1, X_2, \dots, X_m — определенные в S числовые функции (признаки).

Назовем систему с отношением $S' = \langle S', T' \rangle$ подсистемой с отношением S , если ее областью является подмножество множества элементов системы S ($S' \subset S$), а отношение T' — подмножество отношения T .

Далее, определим на некоторой конечной подсистеме

$$S' = \langle S', T' \rangle$$

функцию G , гомоморфно отображающую ее в конечную числовую систему с отношением

$$R' = \langle A, \text{ „} \langle \text{ „} \rangle, \text{ „} \rangle,$$

где A — конечное множество действительных чисел (оценок качества); « \langle » — отношение, имеющее смысл «меньше чем».

Тогда имеет место выражение:

$$\forall s_i, s_j \in S [s_i Ts_j \rightarrow G(s_i) \geq G(s_j)]. \quad (3)$$

Искомый критерий качества определяется как числовая функция

$$F = F(X_1, X_2, \dots, X_m), \quad (4)$$

для которой справедливо следующее утверждение:

$$\forall s_i, s_j \in S [s_i Ts_j \rightarrow F_i \geq F_j], \quad (5)$$

где

$$F_l = F(X_1^l, X_2^l, \dots, X_m^l), \quad l = i, j; \quad X_k^l = X_k(S_l), \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

Таким образом, установлено гомоморфное отображение системы S в числовую систему с отношением

$$R = \langle B, \text{ „} \langle \text{ „} \rangle, \text{ „} \rangle,$$

где B — подмножество действительных чисел.

Обычно, оценивая качество того или иного объекта, эксперт пытается проанализировать в первую очередь отклонения от нормы отдельных, наиболее важных на его взгляд, параметров объекта, а затем вывести интегрированную оценку всего объекта в целом.

Формализуем логические действия эксперта и при достаточно общих предположениях и некоторых дополнительных ограничениях построим модель процесса оценивания качества объекта.

Модель представляет собой бинарное дерево решений, в вершинах которого расположены многоместные предикаты вида:

$$P = L_1 \vee L_2 \vee \dots \vee L_k;$$

$$L_i(X_{i1}, X_{i2}, \dots) = (X_{i1} > \alpha_{i1}) \wedge (X_{i2} > \alpha_{i2}) \wedge \dots,$$

где α_{ij} — граничные значения признаков.

Количество одноместных предикатов, входящих в предикат L_i , в принципе произвольно и ограничивается априори заданным числом D . Количество многоместных предикатов конечно. Конечные вершины дерева идентифицируют различные классы качества, причем качество объектов улучшается по мере продвижения по дереву «сверху вниз», т. е. класс 1 — класс объектов самого плохого качества, класс 2 — следующий по качеству и т. д. Описание класса 3, например, таково: это множество объектов, для которых истинен предикат $\bar{P}_1 \wedge \bar{P}_2 \wedge P_3$ (черточка сверху означает отрицание).

Выбор дерева решений именно такой конфигурации, а также конкретный вид многоместных предикатов обусловлен следующими основными гипотезами.

1. Крайним значениям информативных признаков соответствуют объекты худшего качества и наоборот, те признаки информативны, которые на объектах худшего качества принимают крайние значения.

2. Объекты худшего качества в общем случае описываются с помощью меньшего числа признаков, чем объекты лучшего качества.

3. Для всякого объекта лучшего качества предикат, идентифицирующий объекты худшего качества, должен быть ложным.

Введем для подмножеств множество S' понятие „оценка качества подмножества“. Оценка $\tilde{A}(M)$ подмножества $M \subseteq S'$ является функцией оценок A объектов этого подмножества и должна отражать интегральную оценку подмножества в целом. Естественным определением оценки подмножеств является среднеарифметическое значение оценок объектов, входящих в это подмножество:

$$\tilde{A}(M) = \frac{1}{m} \sum_{S \in M} A(S), \quad (6)$$

где m — количество объектов в M .

В общем случае способ задания оценки зависит от шкалы, с помощью которой измерялись объекты из S' .

Алгоритм формирования функциональной связи между критерием качества объекта и его признаками, использующий приведенные гипотезы, строится по следующей схеме.

Исходными данными алгоритма является матрица $n \times (m + 1)$, где n — количество объектов в S' , m — количество признаков, описывающих объект, $(m + 1)$ -ый столбец — оценки A .

Для всех признаков X_1, X_2, \dots, X_m вычисляются оценки подмножеств объектов, соответствующих одному, двум, ..., n их крайне большим значениям. Запоминается описание подмножеств вида $X_i > \alpha_i$, оценка которых минимальна (подмножества «наихудшего» качества). То же самое выполняется для крайне малых значений признаков и запоминается описание вида $X_i < \beta_i$. Соединяя полученные одноместные предикаты конъюнкциями по 2, 3, ..., r , вычисляем оценки подмножеств, для которых полученные многоместные предикаты истинны. Описание подмножества, оценка которого минимальна, помещается в вершину формируемого дерева, а объекты этого подмножества исключаются из S' , после чего процесс повторяется до тех пор, пока все объекты из S' не окажутся описанными.

Значение критерия качества F для всех объектов подмножества, соответствующего конечной вершине дерева, приравнивается к оценке всего множества.

Если оценки подмножеств двух соседних конечных вершин окажутся статистически неразличимыми, то предикаты, идентифицирующие

эти подмножества, объединяются дизъюнкцией, а вершины сливаются в одну.

В результате работы алгоритма формируется дерево решений, т. е. определяется функциональная связь (4) между критерием качества и параметрами объекта.

Кроме основной задачи — определения связи между качеством объекта и параметрами — описанный алгоритм может быть использован и для решения другой задачи, имеющей самостоятельное значение: определение информативности признаков, что позволяет сформировать оптимальную систему признаков. Действительно, признаки, входящие в предикаты вершин, ближайших к корню сформированного дерева решений, следует признать более важными, чем признаки, с помощью которых формируются предикаты «низшего уровня». Признаки, вообще не участвующие в описании классов качества, либо совершенно несущественны, либо они полностью могут быть заменены комбинацией остальных признаков.

Таким образом, предложенный метод позволяет получить критерий качества объекта, максимально адекватный реальной функциональной зависимости качества объекта от его параметров.

ЕрПИ им. К. Маркса

18. IX. 1983

Գ. Վ. ՅԱՈՅԱՆ

ՕՐՅԵԿՏԻ ՈՐԱԿԻ ԳԵԱՀԱՏՄԱՆ ՄԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Հողվածում շարադրված է օբյեկտի որակի շափանիշի կազմավորման պարամետրական մեթոդ, որը հիմնված է օբյեկտի որակի և նրա պարամետրերի միջև ֆունկցիոնալ կապի հաստատման վրա: Մշակված մեթոդը թույլ է տալիս նաև հայտնաբերելու տեղեկատու հատկանիշների լավագույն համախմբությունը: Մեթոդում կիրառված սկզբունքները բավականին համընդհանուր են, որը թույլ է տալիս կիրառել այն գիտատեխնիկական և ժողովրդատնտեսական բազմազան խնդիրների լուծման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Шиндовский Э., Шюрц О. Статистические методы управления качеством.— М.: Мир, 1976.— 597 с.
2. Хант Э. Искусственный интеллект.— М.: Мир, 1978.— 558 с.
3. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов.— М.: Наука, 1979.— 368 с.