

ЦЗЮАНЬ ЧЖОУ

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
Ланчжоуский профессионально-технический колледж, Китай

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СТЕПЕНИ СОВПАДЕНИЯ ВХОДНЫХ СТРОК С ОБЩИМ СВОЙСТВОМ МОДАЛЬНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ И В ТРЕХЗНАЧНОЙ ЛОГИКЕ ЛУКАСЕВИЧА

При решении задач искусственного интеллекта с неполной информацией об объекте или в случае, когда объекты с такими описаниями раньше не встречались, встает вопрос о степени совпадения описания этого объекта с ранее исследованными.

Ранее для объектов, описания которых заданы с помощью строки бинарных признаков и отсутствовавших в обучающей выборке, предложено понятие степени совпадения распознаваемого объекта с описанием, гарантирующим попадание объекта в класс.

В настоящей работе предлагается использование модальной логики и трёхзначной логики Лукасевича для решения той же задачи.

Введение. При решении задач искусственного интеллекта (ИИ) описание исследуемых объектов часто представлены в виде бинарной или конечнозначной строки. При неполной информации об объекте или в случае, когда объекты с такими описаниями раньше не встречались, встает вопрос о степени совпадения описания этого объекта с ранее исследованными.

В работе [1] для объектов, описания которых заданы с помощью строки бинарных признаков и отсутствовавших в обучающей выборке, предложена модификация нейронной сети, в которой возможно вычисление степени совпадения распознаваемого объекта с описанием, гарантирующим попадание объекта в класс. При этом вводится понятие «степень совпадения» описаний объектов.

В настоящей работе предлагается использование модальной логики и трёхзначной логики Лукасевича для решения той же задачи.

1. Модальные операторы и значение истинности переменной. Модальная логика – логическая система, изучающая структуру рассуждений, в состав которых входят модальности (модальные операторы). Будет использоваться трёхзначная логика Лукасевича в качестве модели для модальной логики. Формула x имеет значения $\{0, 1/2, 1\}$ в трёхзначной логике Лукасевича, где 0 означает “невозможно”, $1/2$ – “неопределенно”, 1 – “необходимо”.

Модальную логику можно рассматривать как расширение логики первого порядка за счет введения модальностей необходимости (\Box) и возможности (\Diamond). Пусть x – переменная, которая может принимать значение из отрезка $[0, 1]$, где 1 соответствует значению *истина*, 0 – значению *ложь*.

Формула $\Box x$ интерпретируется как “необходимо x ”, а формула $\Diamond x$ – как “возможно x ”.

Взаимосвязь между \Box и \Diamond выражается формулами:

$$\Box x = \neg \Diamond \neg x \quad (1)$$

$$\Diamond x = \neg \Box \neg x \quad (2)$$

Приведенные соотношения между $\Box x$, $\Diamond x$ доказаны О. В. Германом [2].

2. Общее свойство, максимальное общее свойство объектов и степень совпадения двух описаний. Пусть исследуемый объект описывается с помощью конечнозначной строки, задающей свойства этого объекта.

Определение 1. Общим свойством объектов с описаниями $\alpha^k = (\alpha_1^k, \dots, \alpha_n^k)$ и $\alpha^m = (\alpha_1^m, \dots, \alpha_n^m)$ называется строка вида $\alpha^{km} = (\alpha_1^{km}, \dots, \alpha_n^{km})$, где если $\alpha_i^k \neq \alpha_i^m$, то $\alpha_i^{km} = *$ и если $\alpha_i^{km} \neq *$, то $\alpha_i^k = \alpha_i^m$ и $\alpha_i^{km} = \alpha_i^m$.

Определение. Максимальным общим свойством объектов с описаниями $\alpha^k = (\alpha_1^k, \dots, \alpha_n^k)$ и $\alpha^m = (\alpha_1^m, \dots, \alpha_n^m)$ называется их общее свойство с максимальным количеством значений отличных от *.

Пример. Пусть $\alpha^1 = (1, 0, 0, 1, 1)$ и $\alpha^2 = (1, 1, 0, 0, 1)$.

Общие свойства α^1 и α^2

$(1, *, *, *, *)$ $(*, *, *, *, 1)$ $(1, *, *, *, 1)$ $(1, *, 0, *, 1)$.

Максимальным общим свойством α^1 и α^2 является $(1, *, 0, *, 1)$.

Определение. Степень совпадения $\text{deg}(x_1, x_2)$ двух описаний x_1 и x_2 называется отношение количества символов отличных от * в их максимальном общем свойстве к количеству символов в их описаниях.

Например, в предыдущем примере $\text{deg}(\alpha^1, \alpha^2) = \frac{3}{5}$.

3. Нечеткие сети. В работе [1] представлена модель нечеткой нейронной сети, меняющей свою конфигурацию (рис. 1). В висячих вершинах сети находятся описания объектов. В каждой «отцовской» вершине записаны общие свойства «дочерних».

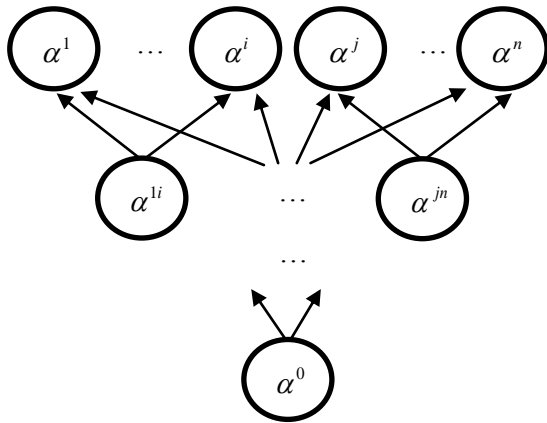


Рис. 1. Модель нечеткой нейронной сети

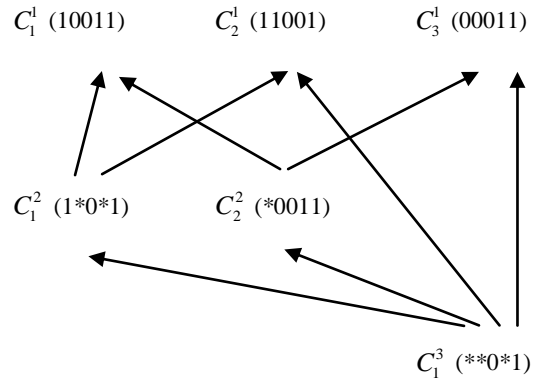


Рис. 2. Пример сети с обучающей выборкой (10011), (11001) и (00011)

Например, если заданы описания объектов в обучающей выборке (10011), (11001) и (00011), то сеть представлена на рис. 2, где $C_1^1, C_2^1, C_3^1, C_1^2, C_2^2, C_1^3$ – ячейки. Для степени совпадения описания объекта x с содержимым ячейки C вместо $\text{deg}(x, C)$ будем писать $\text{deg}_C(x)$.

На рис. 3 представлены степени совпадения входной строки (10001) с общими свойствами объектов, записанных в ячейках.

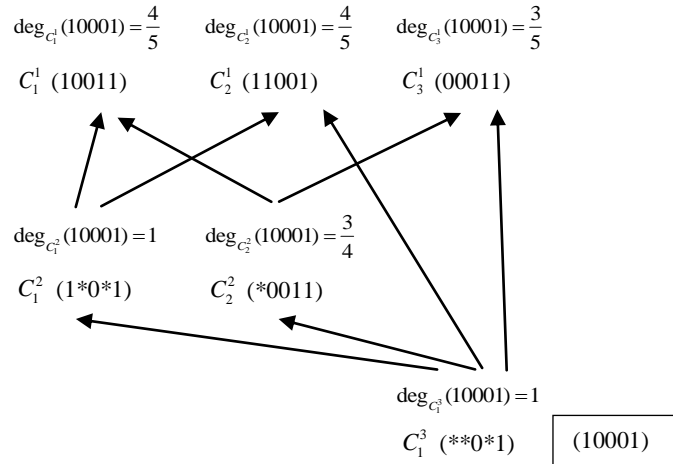


Рис. 3. Распознавание объекта x с описанием (10001), отсутствовавшего в обучающей выборке

Например, так как содержимое ячейки C_2^2 равно (*0011), то $\deg_{C_2^2}(x) = \frac{3}{4}$. Для ячейки C_1^2 с содержимым (1*0*1) $\deg_{C_1^2}(x) = 1$. Для ячейки C_1^1 с содержимым (10011) $\deg_{C_1^1}(x) = \frac{4}{5}$.

4. Представление степени совпадения входных строк с общим свойством модальными операторами и в трехзначной логике Лукасевича. В соответствии с написанным выше, в данном контексте, вместо $\deg_{C_1^1}(x) = \frac{4}{5}$ пишем $\diamond C_1^1$ (т.к. $\frac{4}{5} > \frac{1}{2}$), вместо $\deg_{C_2^2}(x) = \frac{3}{4}$ — $\diamond C_2^2$ и $\deg_{C_3^1}(x) = \frac{3}{5}$ — $\diamond C_3^1$, то есть возможно принятие решения (10001) в соответствующей ячейке.

Таким образом, получили степень совпадения входных строк с общим свойством объектов модальными операторами в трехзначной логике Лукасевича (рис. 4).

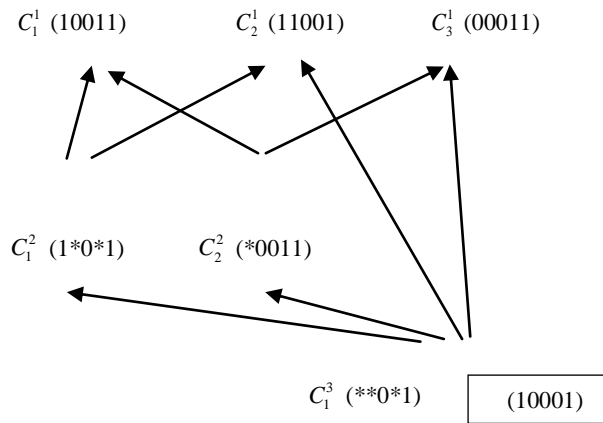


Рис. 4. Представление степени совпадения с помощью модальных операторов

Заключение. На основе работы [1] представлена степень совпадения входных строк с общим свойством объектов модальными операторами в трехзначной логике Лукасевича. Работа может получить развитие для нечетно-значных логик Лукасевича. Также этот подход может быть использован в логико-предикатных сетях [3], используемых для распознавания сложных структурированных объектов, описываемых формулами исчисления предикатов.

Работа проводилась при поддержке стипендии Китая на учебу за рубежом.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Косовская Т.М.** О нейронных сетях, меняющих конфигурацию: [презентация: материалы совместного мероприятия СПбГУ и ООО «Техкомпания Хуавэй» в формате онлайн Open Day Huawei 2021 (день открытых дверей), 1 декабря 2021 г.]
2. **Герман О.В.** Введение в теорию экспертных систем и обработку знаний. Минск: Дизайн ПРО, 1995. 255 с.
3. **Kosovskaya Tatiana.** Fuzzy Recognition by Logic-Predicate Network. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. 2020. Vol. 5. № 4. P. 686-699.

Juan Zhou (St. Petersburg State University, St. Petersburg; Lanzhou vocational technical college, Lanzhou)

Representation of the degree of coincidence for input strings with a common property using modal operators and Lukasiewicz's three-valued logic

When solving artificial intelligence problems, the description of the objects under study is often presented as a binary or finite-valued string. If an object's information is incomplete or an object with such a description has been absent before, the degree of coincidence between the descriptions of the object and the previously studied one will be calculated. T.M. Kosovskaya previously suggested a neural network modification for objects, whose descriptions are provided by a string of binary features but are not included in the training sample. The degree of coincidence for a recognized object may be calculated using a description that checks that the object matches to the neural network's class. At the same time, the concept of “degree of coincidence” of object descriptions is introduced. In this paper, modal logic and Lukasiewicz's three-valued logic is used to solve the same problem.