

УДК 623.618

С.А. Олизаренко

Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ О РАСПОЗНАВАНИИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ И НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

В статье разработан метод формализации знаний о распознавании сложных (групповых) объектов на цифровых аэрофотоснимках на основе нечеткой кластеризации и нечеткого логического вывода на основе интервальных нечетких множеств второго типа. В качестве входных данных метода рассматриваются распознанные компактные (точечные) объекты с использованием сверточных нейронных сетей.

Ключевые слова: компактный объект, сложный объект, кластеризация, распознавание, класс, подкласс, нечеткое множество, цифровой аэрофотоснимок.

Введение

Постановка проблемы. В настоящее время обработка изображений, полученных в процессе выполнения воздушной разведки, является важнейшей составляющей процесса обработки разведывательной информации. Основным этапом обработки изображений, полученных по результатам воздушной разведки, является этап дешифрирования аэрофотоснимков. При этом дешифрирование включает процессы выявления, распознавания и интерпретации. В последние несколько лет одним из наиболее эффективных подходов к выявлению и распознаванию компактных (точечных) объектов является подход, основанный на использовании методов глубокого обучения. На данный момент основными «глубокими» моделями являются глубокие нейронные сети (Deep Neural Networks (DNN)) [1]. С другой стороны, вопросы автоматизированного распознавания сложных (групповых) объектов, рассматриваемых как совокупность компактных (точечных) объектов, в настоящее время являются не достаточно исследованными, в том числе и с точки зрения формального представления знаний о распознавании объектов подобной категории в рамках соответствующих информационных технологий [2].

Анализ литературы. В настоящее время существует достаточное количество публикаций, описывающих различные подходы к распознаванию компактных (точечных) объектов, в том числе и на основе методов глубокого обучения. Например в [3] можно найти общее сравнение функциональных возможностей наиболее известных программных средств для решения задач глубокого обучения. В [4] рассмотрены средства, обеспечивающие возможности для создания полностью связанных нейросетей (fully connected neural network, FC NN), в [5] сверточных нейронных сетей (convolutional neural

network, CNN), в [6] автоенкодеров (autoencoder, AE) и ограниченных машин Больцмана (restricted Boltzmann machine, RBM). Однако вопросы распознавания сложных (групповых) объектов в ходе дешифрирования аэрофотоснимков в данных публикациях не рассматриваются.

Цель статьи: разработка метода формализации знаний о распознавании сложных (групповых) объектов на цифровых аэрофотоснимках на основе нечеткой кластеризации и нечеткого логического вывода.

Основная часть

В общем случае задачу формализации знаний о распознавании сложных (групповых) объектов на цифровом аэрофотоснимке можно представить как решение следующих подзадач:

– разбиение заданного множества распознанных компактных (точечных) объектов одного класса (подкласса) на цифровом снимке на классы однородных групп сложного (группового) объекта. С математической точки зрения, данная подзадача формулируется следующим образом: необходимо сгруппировать элементы исследуемого множества в подмножества, называемые кластерами, так, чтобы подобные элементы относились к одному и тому же множеству, а неподобные – к различным подмножествам. Учитывая, что параметры сложных (групповых) объектов находятся в некоторых пределах, задаваемых интервальными величинами, в дальнейшем рассматриваются нечеткие кластеры;

- формальное представление процесса пересчета пиксельных координат распознанного компактного (точечного) объекта в геодезические координаты с последующим определением взаимного пространственного положения объектов на цифровом снимке;

- формальное представление параметров сложных (групповых) объектов на цифровом в виде нечетких чисел и лингвистических переменных;

– формальное представление правил распознавания сложных (групповых) объектов на цифровом снимке в виде иерархической базы нечетких продукционных правил;

- формальное представление процесса распознавания сложных (групповых) объектов на цифровом снимке на основе алгоритма нечеткого вывода.

При разработке метода формализации знаний о распознавании сложных (групповых) объектов на цифровом снимке учитываются следующие ограничения и допущения:

- в качестве категорией сложного (группового) объекта для распознавания в данном исследовании рассматривается категории «класс» и «подкласс» в соответствии с определенными возможностями метода формализации знаний о распознавании компактных (точечных) объектов воздушной разведки;

- в качестве входных данных используются распознавания компактных (точечных) объектов на цифровом снимке с использованием нейросетевого детектора на основе сверточных и нечетких нейронных сетей;

– построение функций принадлежности в условиях и заключениях нечетких продукционных правил осуществляется с использованием наиболее простых форм функций принадлежности, а именно – кусочно-линейных функций;

- при распознавании сложных (групповых) объектов рассматриваются объекты, включающие элементы (компактные (точечные) объекты), которые по характеру работы располагаются открыто и при этом рассматриваются как основные демаскирующие признаки сложных (групповых) объектов.

Обобщенная схема выбора нечеткой кластер-процедуры предусматривает выполнение следующих двух основных этапов:

– обоснование выбора одного из трех типов методов нечеткого подхода к кластеризации (эвристического, оптимизационного, иерархического);

– обоснование выбора конкретного алгоритма нечеткой кластер-процедуры.

В качестве методов нечеткого подхода к кластеризации предлагается использование эвристических методов. Это связано с тем, что:

– существует содержательное представление об условиях объединения объектов кластеризации (компактных (точечных) объектов воздушной разведки) в нечеткие кластеры (однородные группы сложного (группового) объекта);

– число нечетких кластеров считается заранее неизвестным в силу существующей неопределенности знаний о наличии сложных (групповых) объектов воздушной разведки на цифровом аэрофото-снимке при их автоматизированном распознавании.

В качестве алгоритма эвристической нечеткой кластер процедуры предлагается использование алгоритма Кутюрье-Фьюлео. Это связано с тем, что в рамках эвристического направления нечеткого

подхода, главным критерием выбора алгоритма является соответствие особенностей алгоритма содержательной постановке задачи.

Исходя из постановки задачи формализации знаний о распознавании сложных (групповых) объектов и с учетом, того что интервальные нечеткие множества типа 2 (ИНМТ2) являются более эффективными по сравнению с классическими нечеткими множествами, в качестве математического аппарата формализации параметров распознавания сложных (групповых) объектов предлагается использовать ИНМТ2. При этом совокупность нечетких продукционных правил представляет собой базу правил (БП) и рассматривается как структурный элемент соответствующей базы знаний (БЗ) о распознавании сложных (групповых) объектов.

При разработке метода формализации знаний о распознавании сложных (групповых) объектов в качестве нечеткого продукционного правила, описывающего наперед заданный класс сложного (группового) объекта, будем использовать правила с MISO-структурой, где в качестве условий используются формализованные представления результатов распознавания компактных (точечных) объектов, определения их количественного состава и взаимного пространственного расположения на цифровом снимке, а в качестве заключений используются значения (номера (наименования) классов сложных (групповых) объектов) формализованные с использованием ИНМТ2. Предлагается следующая структура метода формализации знаний о распознавании сложных (групповых) объектов:

- формальное представление процесса выявления однородных групп сложных (групповых) объектов воздушной разведки на основе нечеткой кластер-процедуры для формирования множества нечетких кластеров (однородных групп сложных (групповых) объектов) и распределения объектов нечеткой кластеризации (компактных (точечных) объектов) по полученным нечетким кластерам;

- формальное представление процесса пересчета пиксельных координат компактного (точечного) объекта в геодезические координаты с последующим определением взаимного пространственного положения объектов на снимке;

– формальное представление входных и выходных параметров задачи распознавания сложных (групповых) объектов воздушной разведки в виде лингвистических переменных (ЛП) и нечетких чисел на основе ИНМТ2;

– формальное представление процесса распознавания сложных (групповых) объектов в виде упорядоченной совокупности нечетких продукционных правил, иерархически соединенных в многоуровневую нечеткую модель;

- выполнение контроля полноты и непротиворечивости многоуровневой нечеткой модели распознавания сложных (групповых) объектов;

- разработка комплексного алгоритма распознавания сложных (групповых) объектов на основе многоуровневой нечеткой продукционной модели;

- разработка логической модели процесса распознавания сложных (групповых) объектов воздушной разведки с использованием конструкций представления логических моделей языка объектно-ориентированного моделирования UML.

Многоуровневая структура нечеткой продукционной модели распознавания сложных (групповых)

объекта формируется в виде иерархического соединения нечетких продукционных моделей $V_1^{КСГО}$ (БП для распознавания сложного (группового) объекта воздушной разведки, элементами которого являются однородные группы компактных (точечных) объектов) и $V_2^{КСГО}$ (БП для распознавания сложного (группового) объекта воздушной разведки, элементами которого являются сложные (групповые) и компактные (точечные) объекты) с соответствующими ЛП. В этом случае выходы базы правил $V_1^{КСГО}$ являются входами базы правил $V_2^{КСГО}$ (рис. 1).

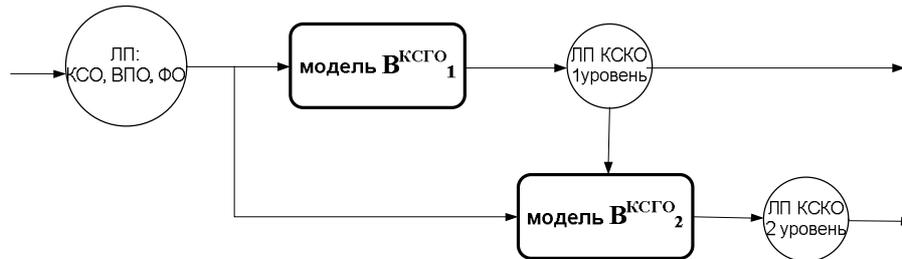


Рис. 1. Иерархическое соединение баз нечетких продукционных правил в рамках многоуровневой нечеткой продукционной модели $V^{КСГО}$

Выводы

Разработанный метод формализации знаний о распознавании сложных (групповых) объектов на цифровых аэрофотоснимках на основе нечеткой кластеризации и нечеткого логического вывода позволяет учесть основные параметры распознаваемых сложных (групповых) объектов с учетом предварительного распознавания компактных (точечных) объектов с использованием сверточных нейронных сетей. При этом разработанный метод рассматривается как элемент информационной технологии разработки базы знаний о распознавании объектов на цифровых аэрофотоснимках с использованием нейросетей и нечеткой логики.

Список литературы

1. Deep learning in neural networks: An overview / J. Schmidhuber // *Neural Networks*. – 2015. – Т. 61. – P. 85-117.

2. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.

3. Сравнение библиотек глубокого обучения на примере задачи классификации рукописных цифр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/itseez/blog/254747/#Paper1>.

4. Hinton G.E. Learning multiple layer so representation / G.E. Hinton // *Trends in cognitive sciences*. – 2007. – Т. 11, № 10. – P. 428-434.

5. Le Cun Y. Convolution al networks and applications in vision / Y. Le Cun, K. Kavukcuoglu, C. Farabet // *ISCAS*. – 2010. – С. 253-256.

6. Hayat M. Learning on-line a reconstruction models for image set classification / M. Hayat, M. Bennamoun, S. An // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2014. – P. 1907-1914.

Надійшла до редколегії 16.10.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Тимочко, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАТЬ ПРО РОЗПІЗНАВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ І НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИВЕДЕННЯ

С.А. Олізаренко

У статті розроблено метод формалізації знань про розпізнавання складних (групових) об'єктів на цифрових аерофотознімках на основі нечіткої кластеризації і нечіткого логічного висновку на основі інтервальних нечітких множин другого типу. В якості вхідних даних методу розглядаються розпізнані компактні (точкові) об'єкти з використанням згортальних нейронних мереж.

Ключові слова: компактний об'єкт, складний об'єкт, кластеризація, розпізнавання, клас, підклас, нечітка множина, цифровий аерофотознімок.

METHOD OF FORMALIZING KNOWLEDGE ON RECOGNITION OF COMPLEX OBJECTS BASED ON FUZZY CLUSTERIZATION AND FUZZY LOGICAL CONCLUSION

S.A. Olizarenko

The method of formalizing knowledge on recognition of complex (group) objects on digital aerial photographs based on fuzzy clustering and fuzzy logic inference based on interval fuzzy sets of the second type is developed. As the input data of the method, the recognized compact (point) objects using convolutional neural networks are considered.

Keywords: compact object, complex object, clustering, recognition, class, subclass, fuzzy set, digital aerial photograph.