

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ
СОСТОЯНИЯ СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОСЕВОВ
ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Погорелов Анатолий Валерьевич, доктор географических наук, профессор

Кубанский государственный университет
350075, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149
E-mail: pogorelov@nm.ru

Кузнецов Константин Владимирович, аспирант

Кубанский государственный университет
350075, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149
E-mail: kvkuznetsov88@gmail.com

Рассмотрено применение метода нечеткой классификации для выделения неблагоприятных участков сельскохозяйственных посевов. На примере полей озимой пшеницы в Краснодарском крае определены границы и площади таких участков. Показана эффективность предложенного метода.

Ключевые слова: нечеткая классификация, растениеводство, спутниковый снимок, вегетационный индекс, ГИС-моделирование.

**APPLICATION OF FUZZY CLASSIFICATION FOR CROPS CONDITION
EVALUATION USING REMOTE SENSING DATA**

Pogorelov Anatoliy V., D.Sc. in Geography, Professor

Kuban State University
149 Stavropolskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350075
E-mail: pogorelov@nm.ru

Kuznetsov Konstantin V., Post-graduate student

Kuban State University
149 Stavropolskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350075
E-mail: kvkuznetsov88@gmail.com

Application of the method of fuzzy classification to highlight hot spots of agricultural crops. On the example of winter wheat fields in the Krasnodar region and the area defined by the boundaries of these areas. The efficiency of the proposed method. Krasnodar region – agricultural region, who is currently a leading position in the production of many agricultural products in the Russian Federation, especially in the area of crop production. An important prerequisite to facilitate further development of the crop, is the real-time monitoring of agricultural land and crops. Due to the large annual acreage edge (more than 3.6 million hectares) is necessary traceability of crops, which in turn requires the implementation of modern methods of distance, including remote sensing. One of the priority tasks of monitoring crops is edge detection "hot spots" and then define their areas. Under the hot spots we mean local areas within a field of crops with significant heterogeneity of the date satellite imagery. Timely allocation of these areas at an early stage of maturation of a culture allows for activities to address them, including local reseeding winter. Along the way, the accumulation of data on the distribution of these sites may establish the causes of their formation (natural or caused by man). It is proposed to use the techniques of estimating the local spatial uniformity of crops to isolate hot spots. With the localization of defective areas of crops used fuzzy classification methods, learning-oriented classes with elements within the class as uniform as possible, but as different from other classes of elements. [3] More detail on some of the theoretical aspects of the proposed methodology.

Key words: fuzzy classification, agriculture, satellite imagery, vegetation index, GIS Modeling.

Краснодарский край – аграрный регион, занимающий в настоящее время ведущее место по производству многих видов сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации, особенно в области растениеводства. Важной предпосылкой, способствующей дальнейшему развитию растениеводства, является оперативный мониторинг земель и сельскохозяйственных посевов. В связи с большой ежегодной посевной площадью края (более 3,6 млн га) возникает необходимость оперативного контроля посевов, что, в свою очередь, предполагает реализацию современных методов дистанционного, в том числе, спутникового зондирования. Одной из приоритетных задач мониторинга посевов является выделение границ «неблагоприятных участков» с последующим определением их площадей. Под неблагоприятными участками понимаются локальные области в пределах поля с выраженной неоднородностью посевов на дату спутниковой съемки. Своевременное выделение таких участков на ранней стадии созревания той или иной культуры дает возможность проведения мероприятий по их устранению, включая локальный пересев озимых. Попутно при накоплении сведений о распределении этих участков возможно установление причин их образования (естественных или обусловленных человеком).

Предлагается использовать приемы оценки локальной пространственной однородности посевов, позволяющие выделить неблагоприятные участки. При локализации дефектных участков посевов применены методы нечеткой классификации, ориентированные на получение классов, элементы которых внутри класса максимально однородны, но предельно отличаются от элементов других классов [3]. Более подробно остановимся на некоторых теоретических аспектах предложенной методики. Рассмотрим термин «граница», поскольку именно с определением границ связано решение поставленной задачи. Согласно определению И.С. Щукина, «... граница – это линия или переходная полоса, при пересечении которой происходит существенное изменение природных условий» [6]. С использованием континуальной модели геопространства изменяются представления о границе. Если при дискретном переходе (граница – линия) площадь ее равна 0, то при континуальном переходе границу следует представить в виде двух- или трехмерного образования. Такие граничные образования в географии обозначают целым рядом терминов: периферия, краевая зона, переходная зона, пограничная зона, маргинальная зона, контактная зона, экотон [1, 2, 4, 5]. Их объединяет общность свойств: высокая внутренняя неоднородность, топологическая неопределенность, относительно высокие пространственные градиенты неких показателей. Таким образом, в контексте рассматриваемого вопроса границей независимо от масштаба пространственного образования служит «переходная полоса» [3].

Приведем примеры использования нечеткой классификации в изучении объектов геопространства, когда в действительности границы между классами имеют нечеткий, переходный характер: классификация климатических данных [10], классификация типов растительности [9], классификация почв [11], геологических, медицинских исследований [7]. Понятно, что для выделения неблагоприятных участков посевов также целесообразно применить методы нечеткой классификации.

В качестве информационного показателя, на основе которого можно провести объективную классификацию посевов, использовано значение ин-

декса *NDVI* (Normalized Difference Vegetation Index – количественный показатель количества фотосинтетически активной фитомассы) в ячейках растра.

Программным продуктом, обеспечивающим проведение классификации, выступил BoundarySeer, реализующий для осуществления нечеткой классификации метод кластеризации k-means. Данный метод разбивает множество элементов на заранее известное число кластеров *k*. Алгоритм работает так, чтобы минимизировать дисперсию на точках каждого класса:

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2, \quad (1)$$

где *k* – число кластеров, *S_i* – полученные кластеры; *μ_i* – центры масс векторов.

В каждой итерации происходит переопределение центра масс для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге, происходит разбиение на кластеры вновь; алгоритм завершается, когда на итерации не происходит изменения кластеров. Результатом нечеткой классификации является вероятность принадлежности элемента классу [3].

Приведем основные принятые параметры алгоритма для осуществления нечеткой классификации в BoundarySeer:

1. Ввод количества классов *k*. Начальные точки кластеров устанавливаются случайным образом.

2. Выбор значения степени размытости (нечеткости) *φ*: может принимать значение от 1 до ∞.

3. Выбор значения остановки *ε*. Данный параметр определяет уровень конвергенции, необходимый перед прекращением кластеризации. Принято рекомендуемое значение *ε* = 0,001 [11].

В работе в качестве исходных данных использовались данные микроспутников RapidEye с разрешением 6,5 м (дата съемки 02.05.2010 г.), а также векторные данные (границы сельскохозяйственных полей Северского района), предоставленные департаментом сельского хозяйства Краснодарского края. Подготовка растровых данных включала расчет индекса *NDVI* и экспорт полученного растра в формат ASCII инструментом «Raster to ASCII» пакета ArcGIS. Классификация посевов проводилась в пакете BoundarySeer и выполнялась в отношении двух классов – благоприятные и неблагоприятные участки посевов.

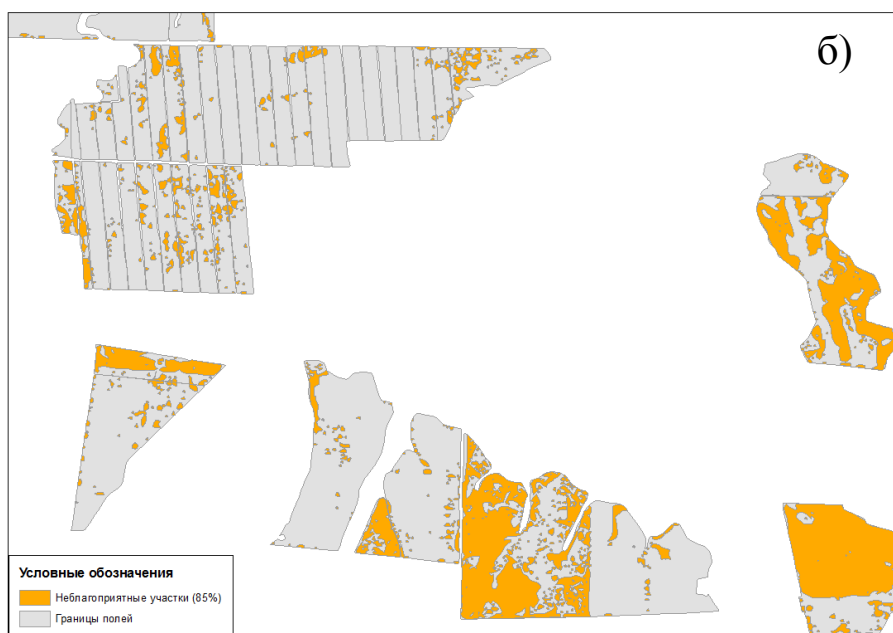
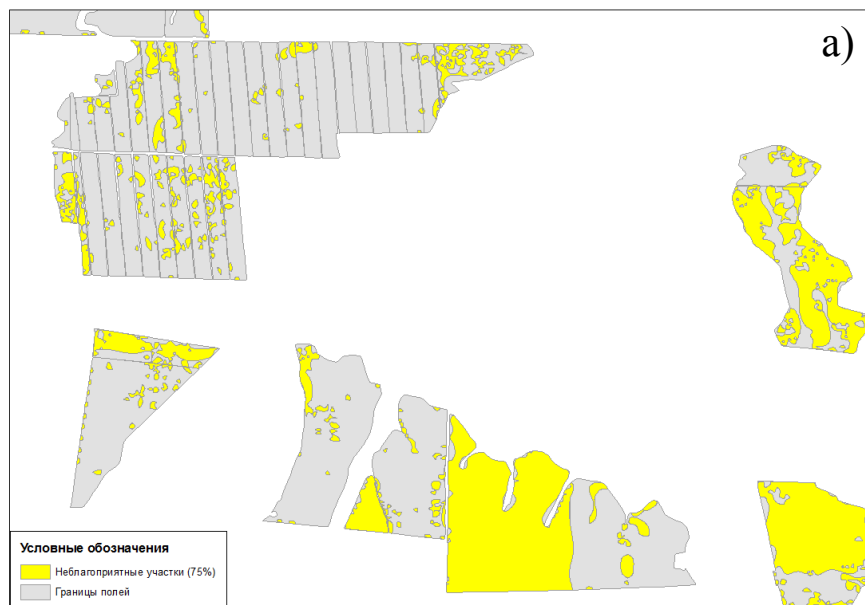
В процессе исследования влияния параметров алгоритма на результаты классификации осуществлен экспериментальный расчет с различными значениями параметра *φ*, по данным которого выбрано значение степени размытости *φ* = 3.

В связи с тем, что множество полей представляет собой дискретное пространство, выделить границу автоматически с помощью средств программного комплекса BoundarySeer затруднительно. Поэтому решено определять границу на основе разной вероятности принадлежности к классу неблагоприятные участки посевов: 75 %, 85 % и 95 %. Полученные растры экспортированы в формат .img. Далее с помощью инструмента «Raster to polygon» в пакете ArcGIS растры конвертированы в векторный формат .shp.

На рисунке представлены примеры выделенных неблагоприятных участков с заданной вероятностью принадлежности к классу неблагоприятные участки.

На основе полученных результатов рассчитаны площади неблагоприятных участков посевов озимой пшеницы Северского района Краснодарского края как для каждого поля в отдельности, так и для всех полей района общей площадью 114 км² (табл.). Полученные результаты характеризуют состояние посевов

Северского района: 33 % площади по рассматриваемым критериям локальной однородности посевов с 75%-й вероятностью являются неблагоприятными. Вполне закономерно с увеличением вероятности принадлежности площади таких посевов уменьшаются, занимая 27 % и 12 % соответственно при 85%-й и 95%-й вероятностях.



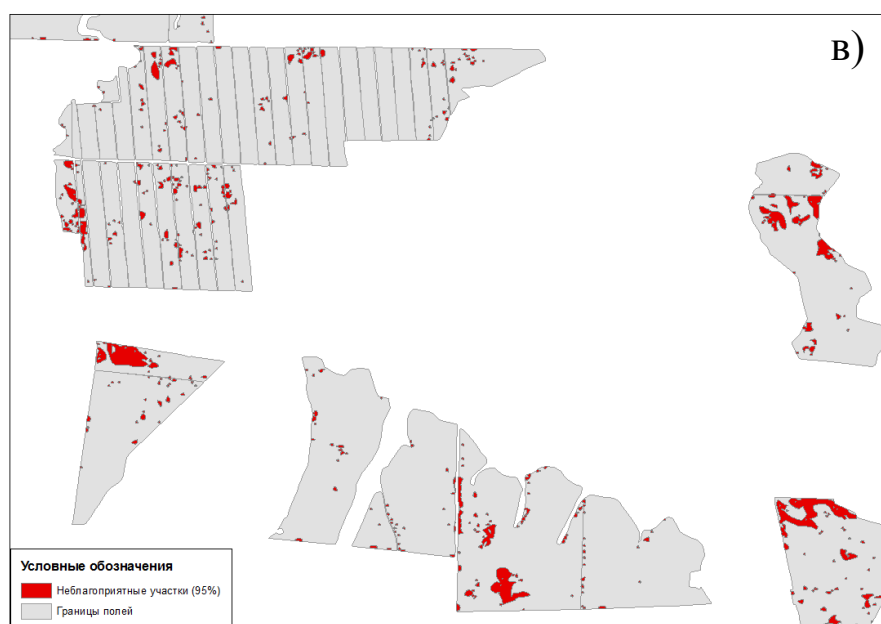


Рис. Результаты выделения участков посевов на основе а) 75%-й, б) 85%-й, в) 95%-й вероятности принадлежности к классу неблагоприятные участки

Таблица

**Площадь неблагоприятных участков посевов озимой пшеницы
Северского района Краснодарского края**

Вероятности принадлежности, %	Площадь неблагоприятных участков	
	км ²	%
75	37,64	33,09
85	30,77	27,05
95	13,14	11,55

В заключение необходимо отметить, что данный метод позволяет проводить автоматизированную и достаточно объективную классификацию состояния посевов на основе вегетационного индекса *NDVI*, выделять неблагоприятные участки в границах полей по признаку их пространственной однородности, оценивать их площадь. Для дальнейшего совершенствования метода желательна экспериментальная обработка спутниковых снимков на территориях с другими физико-географическими условиями, а также другими культурами.

Список литературы

1. Дьяконов К. Н. Изучение вертикального строения ландшафта / К. Н. Дьяконов // Методика ландшафтных исследований. – Ленинград, 1971. – С. 67–73.
2. Коломыц Э. Г. Ландшафтные исследования в переходных зонах / Э. Г. Коломыц. – Москва : Наука, 1987. – 118 с.
3. Погорелов А. В. Проблема определения границ Большого Кавказа с позиции нечеткой классификации / А. В. Погорелов, П. Б. Нетребин // Геоинформационные технологии и космический мониторинг : мат-лы IV конф. молодых ученых. – Ростов-на-Дону, 2011. – С. 180–187.
4. Ретеюм А. Ю. Земные миры / А. Ю. Ретеюм. – Москва : Мысль, 1988. – 268 с.

5. Родоман Б. Б. Основные типы географических границ / Б. Б. Родоман // Географические границы. – Москва : Изд-во Московского государственного университета, 1982. – С. 19–32.
6. Шукин И. С. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / И. С. Шукин. – Москва : Советская Энциклопедия, 1980. – 703 с.
7. Bezdek J. C. Some non-standard clustering algorithms. / J. C. Bezdek // Developments in numerical ecology. – Berlin: Springer-Verlag, 1987. – P. 225–287.
8. Brown D. G. Mapping historical forest types in Baraga County Michigan, USA as fuzzy sets / D. G. Brown // Plant Ecology 134: 1998. – P. 97–111.
9. Lowell K. A Fuzzy surface cartographic representation for forestry based on Voronoi diagram area stealing / K. A. Lowell // Canadian Journal of Forest Research 24, 1994. – P. 1970–1980.
10. McBratney A. B. Application of fuzzy sets to climatic classification / A. B. McBratney, A. W. Moore // Agricultural and Forest Meteorology 35. – 1985. – P. 165–185.
11. McBratney A. B., DeGrujter J. J. A continuum approach to soil classification by modified fuzzy k-means with extra grades / A. B. McBratney, J. J. DeGrujter // Journal of Soil Science 43. – 1992. – P. 159–175.

References

1. Dyakonov K. N. *Izuchenie vertikalnogo stroeniya landshafta* [The study of the vertical structure of the landscape]. *Metodika landshaftnykh issledovaniy* [Landscape Research Methodology], Leningrad, 1971, pp. C. 67–73.
2. Kolomyts E. G. *Landshaftnye issledovaniya v perekhodnykh zonakh* [Landscape research in the transition zones]. Moscow: Nauka, 1987, 118 p.
3. Pogorelov A. V., Netrebin P. B. *Problema opredeleniya granits Bolshogo Kavkaza s pozitsii nechetkoy klassifikatsii* [The problem of determining the boundaries of the Greater Caucasus to the position of fuzzy classification]. «Geo-informatsionnye tekhnologii i kosmicheskii monitoring» [«GIS technology and space monitoring»] works IV conference of young scientists, Rostov on Don, 2011, pp. 180–187.
4. Reteyum A. Yu. *Zemnye miry* [Terrestrial worlds]. Moscow : Mysl [Thought], 1988, 268 p.
5. Rodoman B. B. *Osnovnye tipy geograficheskikh granits* [The main types of geographic boundaries]. *Geograficheskie granitsy* [Geographical boundaries], Moscow: Publishing house of Moscow State University, 1982, pp. 19–32.
6. Shchukin I. S. *Chetyrekhyazychnyy entsiklopedicheskiy slovar terminov po fizicheskoy geografii* [Quadrilingual Encyclopedic Dictionary of Physical Geography]. Moscow : Soviet Encyclopedic, 1980, 703 p.
7. Bezdek J. C. Some non-standard clustering algorithms. Developments in numerical ecology, Berlin : Springer-Verlag, 1987, pp. 225–287.
8. Brown D. G. Mapping historical forest types in Baraga County Michigan, USA as fuzzy sets / D. G. Brown // Plant Ecology 134: 1998, pp. 97–111.
9. Lowell K. A Fuzzy surface cartographic representation for forestry based on Voronoi diagram area stealing . Canadian Journal of Forest Research 24, 1994, pp. 1970–1980.
10. McBratney A. B., Moore A. W. Application of fuzzy sets to climatic classification. Agricultural and Forest Meteorology 35, 1985, pp. 165–185.
11. McBratney A. B., DeGrujter J. J. A continuum approach to soil classification by modified fuzzy k-means with extra grades. Journal of Soil Science 43, 1992, pp. 159–175.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Шведова Ирина Николаевна, старший преподаватель

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: inshvedova@mail.ru