геохимических веществ, удобрений, загрязняющих веществ. Почвы повышений менее увлажнены, чем почвы понижений, что приводит к необходимости дополнительных мероприятий по орошению или осушению, соответственно. Почвы соседних повышений и понижений заметно отличается по свойствам, особенно гидротермическим и геохимическим. В результате измерений уровня воды в колодцах выявлено, что на повышениях водоносный горизонт расположен несколько глубже, чем в понижениях. Грунтовые воды повышений чище. В верхних точках потока водный горизонт располагается на глубине 7-9 м, ниже по потоку – 4-6 м, в нижней точке крупных оврагов и на уровне уреза рек – выходит на поверхность в виде ключей. Следует отметить, что ни в коем случае нельзя допускать прокладку дороги даже по незначительным понижениям. Проселочные дороги должны проходить только по повышениям, что избавит от бесконечных и бесполезных ремонтных работ. Проводить подземные коммуникации, планировать размещение жилых и хозяйственных построек также следует с использованием карты пластики рельефа - избегая перепадов высот по повышениям и понижениям. Неправильное размещение приведет к быстрому износу кабеля и труб; разрушению жилых и хозяйственных построек.

Список литературы.

1. Степанов И.Н. Пространство и время в науке о почвах. М. Наука, 2003, 184 с.
2. Степанов И.Н. Теория пластики рельефа и новые тематические карты. М., Наука, 2006, 230 с.
3. Степанова В.И., Баранов И.П. Использование геоморфологического метода потоковых структур для прогноза месторождений нефти и газа./ Материалы XXXIII пленума Геоморфологической комиссии РАН; Саратов 2013 г. С 450-453.
4. Баранов И.П., Паниди Е.А., Степанова В.И., Трофимец Л.Н. Изучение вторичного перераспределения цезия-137 на пахотном склоне с использованием элементов морфометрического анализа рельефа./ Сборник статей XXXII Пленума Геоморфологической Комиссии РАН, Белгород, 2012. С. 157-162.
5. Степанова В.И. Использование геоморфологического метода потоковых структур в прецизионном земледелии// Сборник статей XXXII Пленума Геоморфологической Комиссии РАН, Белгород, 2012. С. 349-353.

Анализ региональных особенностей размещения населенных пунктов России методами пространственной статистики

Ю.В Тувалева, Т.Е. Самсонов
Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова
Россия, г.Москва, Ленинские горы, д.1

Y.Tuvaleva, T.Samsonov
Lomonosov Moscow State University
1 Leninskiye Gory str., Moscow, Russia.

Abstract.

The work is dedicated to description of Russian settlements patterns using spatial statistics. Spatial statistics is a powerful analysis method which reveals the properties of 2D point distributions. The methods differ from each other in issues to solve: for cluster analysis (Morishita index, create histogram), distribution characteristics estimation (the k-Morishita index, B-function, index lakunarity), clustering (k-means, ISODATA) and other. The capabilities of modern GIS programs for these methods are described. New instruments for calculation of k-Morishita index and B-function are programmed using Python language. Then all regions of Russia are analyzed to reveal the potential of spatial statistics in description of city distribution patterns and their differences. Results are used in compilation of the map "Regional specific features of human settlements location in Russia".

Использование методов анализа пространственных распределений точечных объектов является важной составной частью географических исследований, особенно социально-экономических: при анализе расположения населенных пунктов и его влияния на уровень развития страны или региона, а также при создании карт, в которых необходимо правильно отобразить распространение какого-либо показателя. Кроме того, данные методы нашли свое применение и в других отраслях науки: биологии, археологии, геологии и др.

В рамках работы:

- проанализированы и обобщены разработанные численные характеристики распределений точечных объектов и подходы к их оценке;

• разработаны скрипты на языке Python для оценки индекса k-Моришита и B-функции (расстояние до границ);

• изучены технические возможности ГИС-пакетов и пакетов статистического анализа данных;

• описанные методы пространственной статистики использованы для определения типа распределения населенных пунктов России.

В данной работе использованы материалы базы данных DCW масштаба 1:1000000, данные сервиса OpenStreetMap, а также цифровой топографической карты России масштаба 1:1000000.

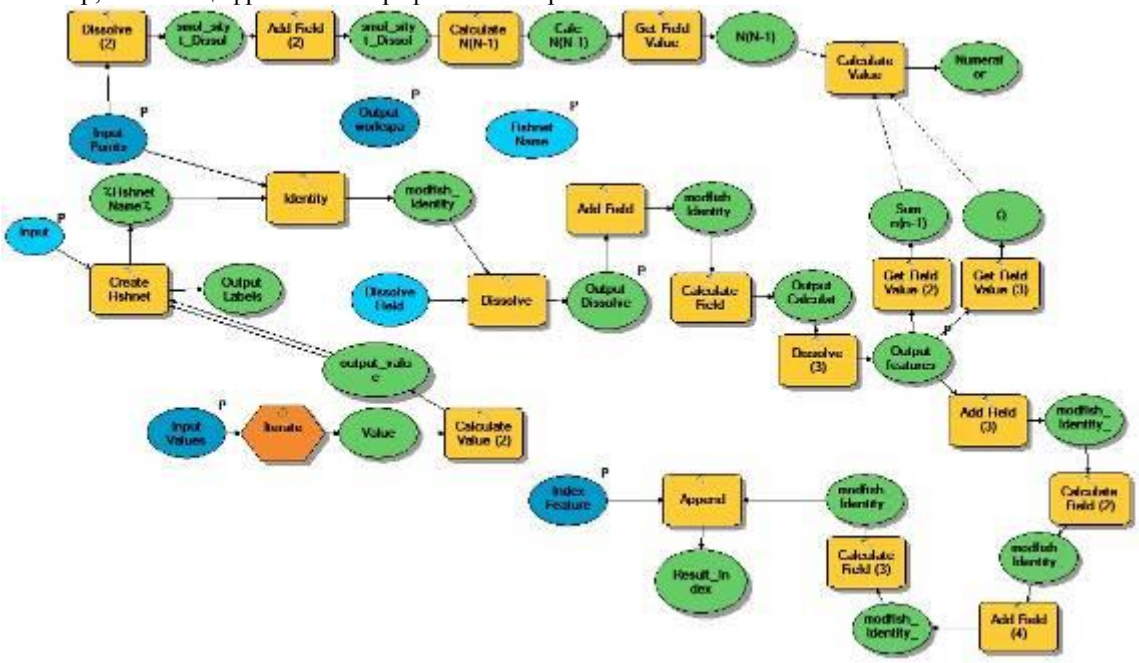

Рис.1.Модель для вычисления индекса Моришита.

Для оценки кластерности применяются ***индекс Моришита*** и построение гистограмм по расстояниям между точечными объектами и гистограмм площадей по полигонам Вороного. Индекс Моришита определяет вероятность того, что при выборе двух случайных точек они окажутся в одной ячейке [Демьянов, Савельева, 2010]. По поведению диаграммы Моришита можно судить об особенностях расположения точечных объектов.

Значения для построения диаграммы, получены по формуле:

$$I_\delta = Q\,\frac{\sum_{i=1}^{Q} n_i\,(n_i - 1)}{N\,(N-1)},$$

где N – полное число точек сети мониторинга; Q - число ячеек разбиения; n_i ($i = 1,2, \ldots, Q$) – число точек сети мониторинга, попавших в i-ю ячейку.

Для оценки особенностей размещения используются ***индекс лакунарности*** (индекс пустот), ***k-Моришита*** и ***B-функция*** (расстояние до границ). Вычисление расстояния до границ зависит от формы исследуемой территории [Joyner, Ross, Seier, 2013].

• если исследуемая поверхность прямоугольной формы

$$B_R(d) = 1 - \frac{(w-2d)(l-2d)}{lw} = \frac{2d(w+l-2d)}{wl},$$

где w и l – ширина и длина прямоугольной поверхности, d – расстояние между точками и границей;

• если в форме окружности

$$B_C(d) = 1 - \frac{\pi(r-d)^2}{\pi r^2} = \frac{d(2r-d)}{r^2},$$

где r- радиус.

Индекс k-Моришита является обобщением для индекса Моришита. Главное отличие от классического индекса Моришита заключается в том, что присутствует коэффициент k, с ростом которого индекс более чувствителен к особенностям распределения объектов [Golay, Kanevski, 2013].

$$I_{k,\delta} = Q^{k-1}\,\frac{\sum_{i=1}^{Q} n_i\,(n_i - 1)(n_i - 2)\cdots(n_i - k + 1)}{N\,(N-1)(N-2)\ldots(N-k+1)}$$

Учитывая сложность интерпретации индекса k-Моришита и B-функции, были написаны скрипты для их вычисления.

Рис.2. Результаты вычисления индекса Моришита на примере некоторых субъектов России.

Алгоритмы ***К-средних***, ***ISODATA*** применяются для выделения кластеров. Алгоритм К-средних позволяет разделить набор точечных данных на кластеры и рассчитать центроид для каждой группы объектов, по которым впоследствии определяется тип размещения [Li, 2007].

Рассмотрены технические возможности ArcGIS Desktop 10.1 и QGIS Desktop 2.0.1. В ГИС-пакете ArcGIS Desktop 10.1 имеется модуль Spatial Statistics Tools для изучения пространственных распределения и кластеризации, однако не все инструменты применимы для точечных объектов. Ряд аналитических функций отсутствует. В среде геобработки ModelBuilder построена модель для вычисления индекса Моришита (рис.1). Построены гистограммы размещения поселений. В QGIS Desktop 2.0.1 по умолчанию ограниченное количество инструментов для анализа, однако, существует возможность составления аналитических инструментов.

Вид диаграммы Моришита позволяет определить тип размещения (рис.2):

- если величина индекса с ростом размера ячейки растет и стремится к 1, то распределение равномерное;
- если значения индекса Моришита не зависят от размера ячейки и примерно равны 1, то распределение имеет случайный характер;
- если величина индекса с ростом размера ячейки уменьшается или растет выше 1, то распределение кластерное.

Результаты построения гистограмм площадей по полигонам Вороного и расстояний между точечными объектами представлены на рис. 3 и 4. Если размещение населенных пунктов равномерное, то число пар почти одинаково для всех расстояний. Если количество пар увеличивается при увеличении расстояния, то имеет место кластерное распределение. Гистограмма площадей полигонов для регулярной сетки представляет собой дельта-функцию, т.к. все полигоны имеют один размер. Если в сети имеются какие-либо особенности, то на гистограмме присутствуют искажения.

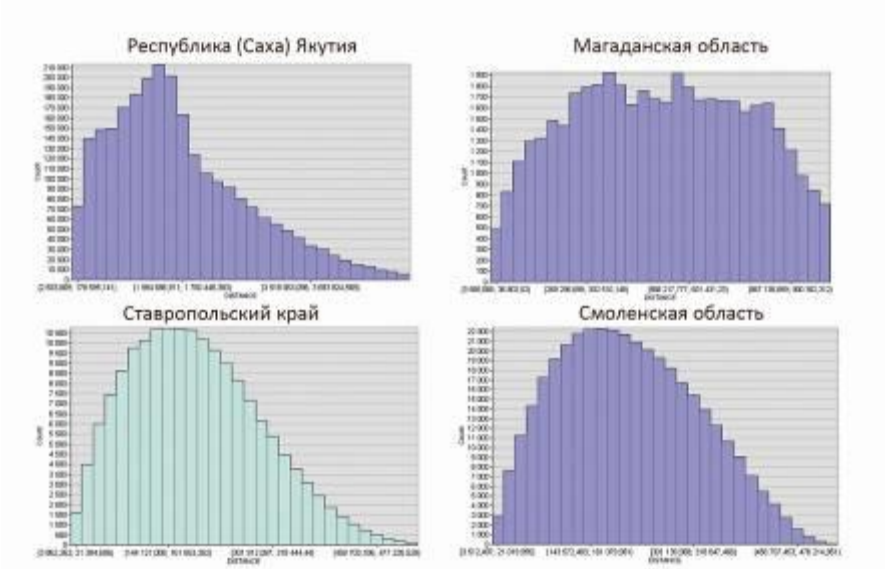

Рис.3.Гистограммы расстояний между населенными пунктами.

Построение гистограммы по центроидам алгоритма К-средних позволяется оценить неравномерность размещения в самом кластере (рис.5). Для построения гистограмм такого рода необходимо в начале применить алгоритм К-средних, затем отобразить центроиды кластеров и в гистограмме по одной оси указать номер кластера, а по другой – количество населенных пунктов в данном кластере. Если количество объектов практически одинаково для каждого кластера, то характерно равномерное или распределение близкое к равномерному.

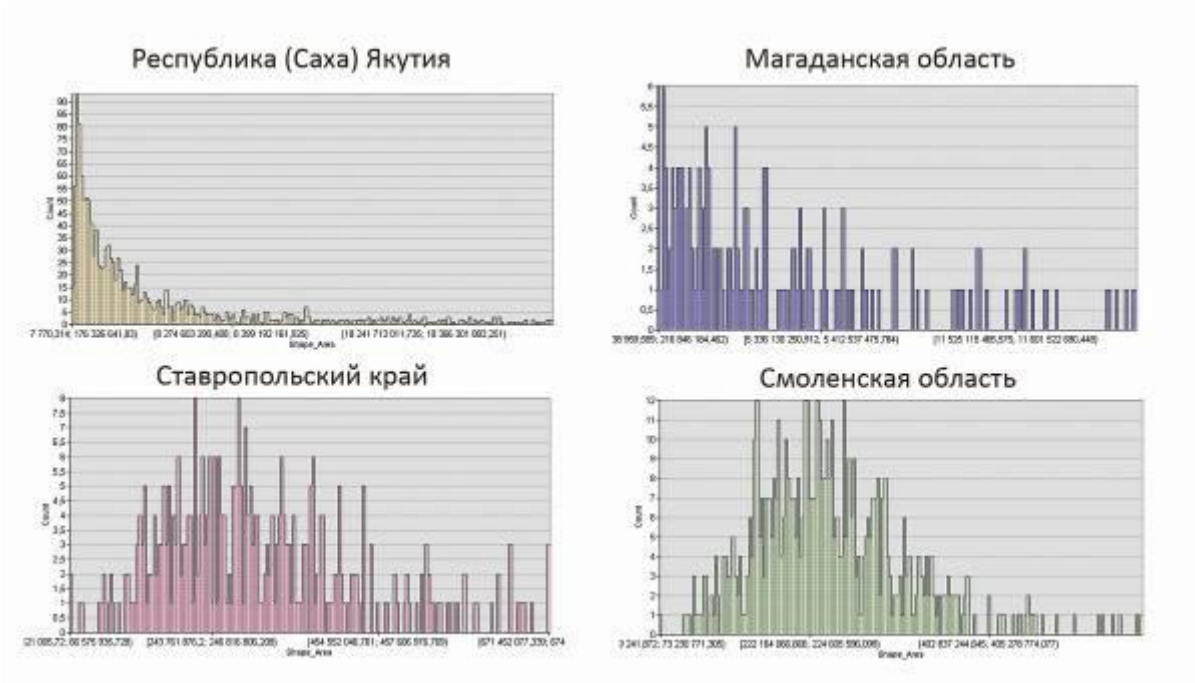

Рис.4. Гистограмма площадей по полигонам Вороного.

Все описанные методы использованы при анализе пространственного распределения населенных пунктов России. Тип распределения населенных пунктов имеет ярко выраженную связь с уровнем развития и физическими особенностями территории. Например, регионы Сибири и Дальнего Востока преимущественно имеют кластерный или близкий к кластерному тип распределения, а для регионов Центральной России характерен равномерный и случайный тип распределения. Также учитывается особенности распределения: форма региона, направление расположения населенных пунктов, их тяготение к границам, автомобильным или железным дорогам и водным объектам. Так, регионы, в которых появление поселений связано с характером освоения и существует сильное влияние физических условий, количество

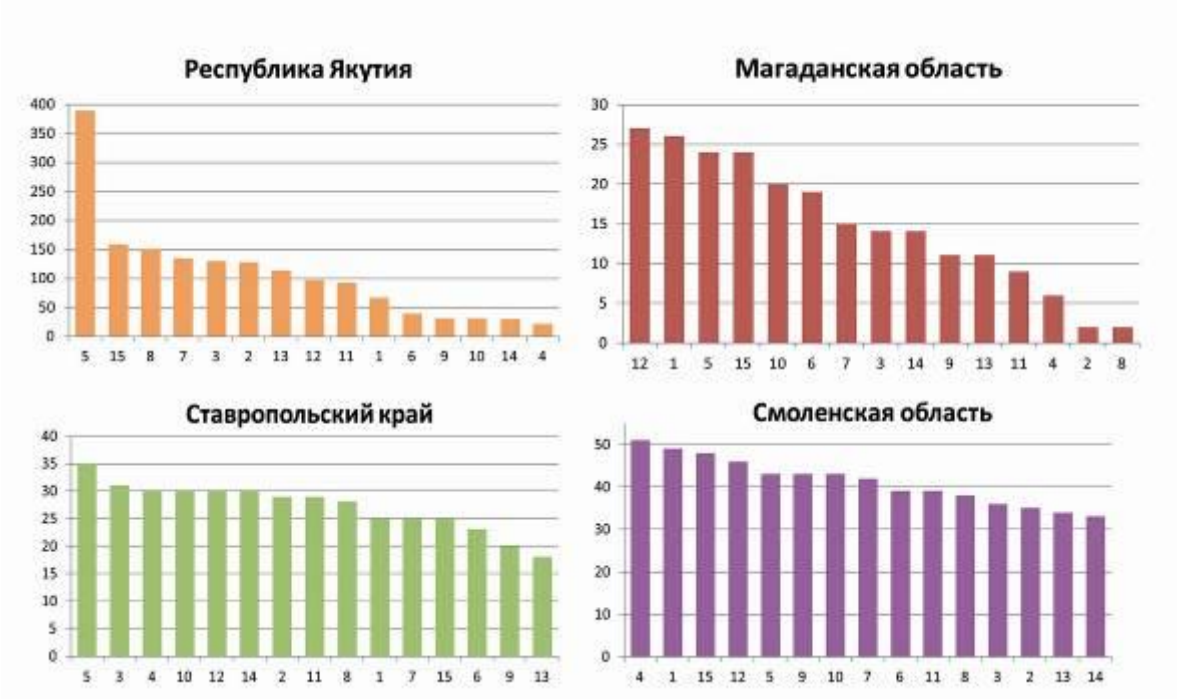

Рис.5.Гистограммы количества населенных пунктов на каждый кластер по алгоритму К-средних.

населенных пунктов уменьшается по мере отдаления от магистралей или от моря: Приморский край, республика (Саха) Якутия и др.

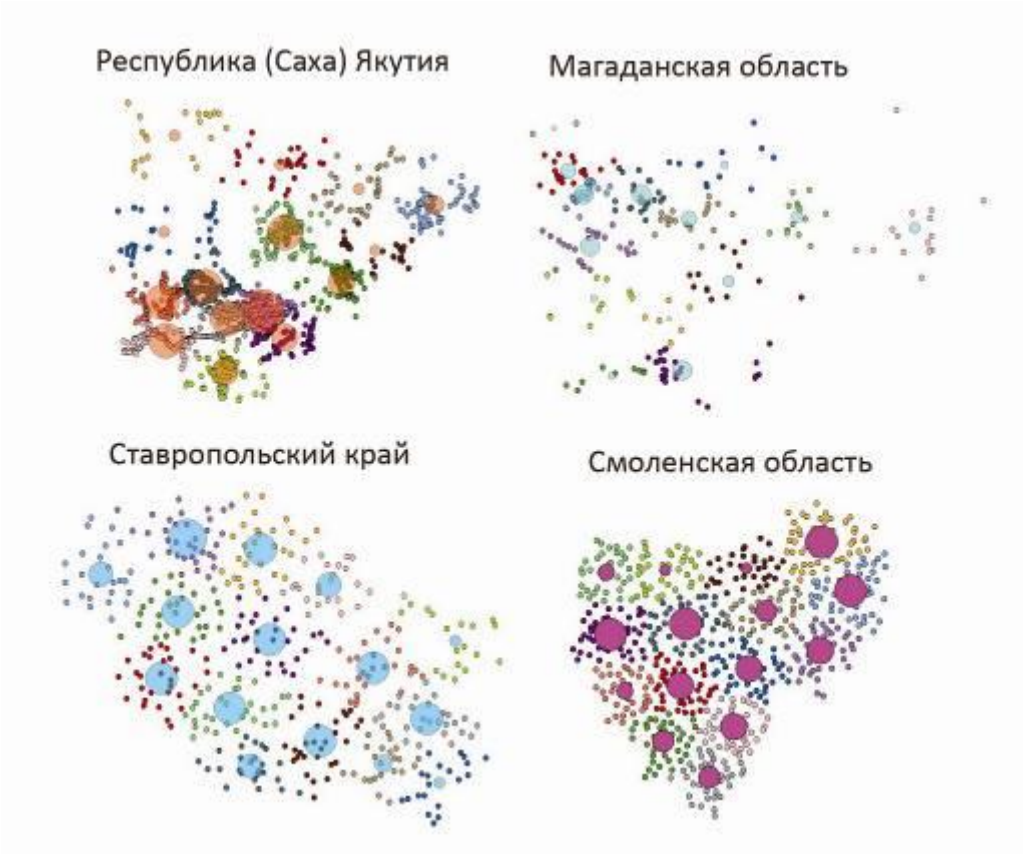

Рис.6.Выделение кластеров по алгоритму К-средних.

По результатам, полученным при использовании различных методов пространственной статистики, разработана классификация типов распределения на примере населенных пунктов России:

- кластерный тип;
- близкий к кластерному;
- равномерный тип;
- близкий к равномерному;
- случайный тип.

Результаты работы использованы при составлении карты «Региональные особенности размещения населенных пунктов России».

Литература.

1. В.В.Демьянов, Е.А.Савельева. Геостатистика: теория и практика. Москва: Наука, 2010: 327с.
2. Li Z. Algorithmic foundation of multi-scale spatial representation. 2 изд. New York: CRC Press, 2007. 303с.
3. The Multipoint Morishita Index for the Analysis of Spatial Patterns / J.Golay, M.Kanevski, C.D. Vega Orozco [и др.]. arXiv e-Prints:1307.3756v1, 2013, 18p.
4. Joyner M., Ross C., Seier E. Distance to the border in spatial point patterns // Spatial Statistics. 2013. June. №6. С.24-40