

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Мокогон Д.А.², Кукоба Н.А.¹

научный руководитель канд. физ.-мат. наук Картушинский А.В.

¹Институт космических и информационных технологий

²Институт биофизики СО РАН

Введение

Оценка и прогнозирование скорости изменения характеристик природных систем является важной задачей современной науки. Выявление градиентных характеристик природных объектов необходимо для выявления зон с различной динамической активностью. Спутниковые измерения в видимом и инфракрасном диапазонах представляют собой изображения с пространственными полями различных характеристик природных объектов. Расчет пространственных градиентов характеристик земной поверхности в широтном и меридиональном направлении позволяет выявлять зоны со значительными различиями, которые могут трактоваться как граничные. Градиентные поля метеорологических характеристик в атмосфере и гидрологических в водных системах позволяют оценивать интенсивность изменчивости динамических процессов. Метеорологические фронты и гидрологические фронты определяются именно по расчетам соответствующих градиентов. Процессы с низкой скоростью динамической активности в пространстве, такие как эрозия почвы, растительный покров, морфология поверхности Земли, по градиентным полям практически не оцениваются.

Основной целью данной работы является реализация метода расчета градиентных характеристик земной поверхности по спутниковым данным.

Исходные материалы, методы и средства

В настоящее время накоплен достаточно большой объем данных полученных методами дистанционного зондирования Земли, что позволяет решать поставленные задачи по анализу изменения пространственно-временных характеристик наземных объектов при помощи градиентного метода. Тем не менее, на данном этапе исследования существует необходимость разработки алгоритма расчета градиентных полей земной поверхности, и реализация соответствующего программного обеспечения.

Для отработки алгоритма в тестовом режиме используется карта высотной зональности. Она практически не имеет временной динамики и является статической. Выбор данных высотной зональности поверхности обусловлен необходимостью получения зон с высокими значениями изменений уровней поверхности, т.е. величинами перепадов высот. Величины перепадов могут быть использованы в различных сферах деятельности. Для примера, полученные с помощью данного подхода градиенты перепадов, позволяют оценить: осадки-накопления снегового покрова (на склонах горных хребтов); интенсивность эрозии почвы (ветровая или антропогенная и т.д.); также результаты данного исследования могут быть полезны в геоинформационных системах для анализа типов растительностей, почв и прочих параметров, связанных с областью изучения.

Для использования градиентного подхода в качестве инструмента для анализа пространственных характеристик, выбрана карта цифровой модели рельефа (ЦМР) или *digitalelevationmodel*[1] (*dem*-карта) Красноярского края, полученная по спутниковым

данным. Источником исходных данных, является интернет ресурс: <http://www.computamaps.com/>.

Данные представлены файлом формата tiff размером 1800 на 1800 пикселей и пространственным разрешением в 1 км (рис. 1). За тестовый участок взята область 100x100 км с неоднородным рельефом местности. Выбор данного рельефа обусловлен спецификой применяемого метода. Для более наглядной визуализации поверхности на рисунке 2 представлена 3D модель карты высот выбранного участка.

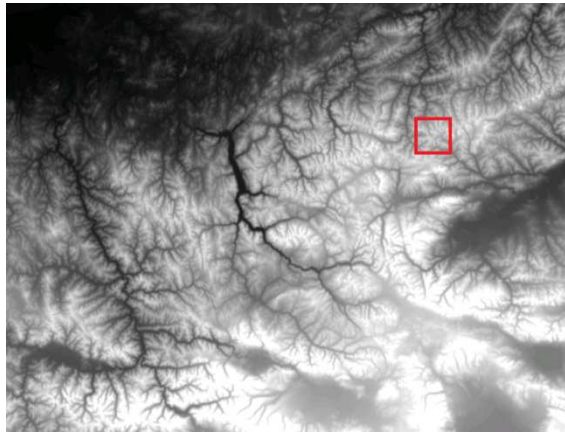


Рисунок 1 – ДвухмернаяDEM-карта с изображаем тестового участка

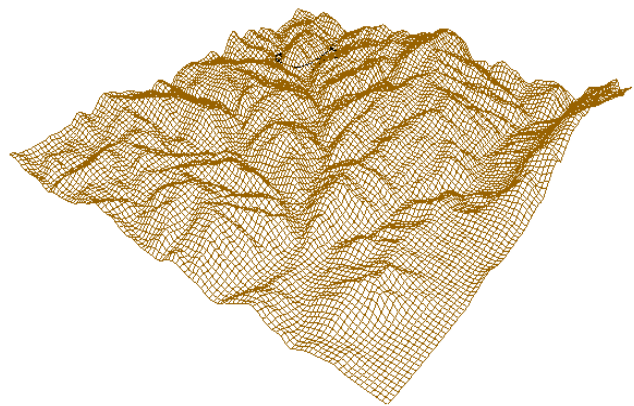


Рисунок 2 – 3D модель тестового участка

Так как в работе используется статический объект (данные высот), то расчет градиентов только в одном направлении, например широтном по x или меридиональном по y может исказить общую картину расчетного поля. Поэтому для тестирования метода используются абсолютные значения градиентов (рис. 3), рассчитанные с помощью широтных и меридиональных значений градиентов.

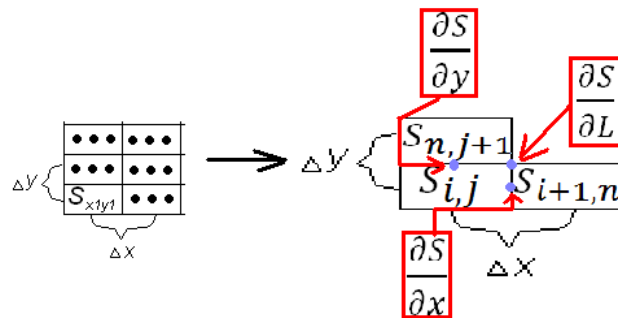


Рисунок 3 – Схема сеточного расчета абсолютного значения градиента

Для нахождения градиентов используются соответствующие разностные уравнения.

Для расчета широтных значений градиентов используется разностное уравнение в следующем виде:

$$\frac{\partial S}{\partial x} = \frac{S_{i+1,n} - S_{i,n}}{\Delta x}, (1)$$

где S – исходная величина для расчета градиента;

x – пространственная широтная компонента;

Для расчета меридиональных значений градиентов:

$$\frac{\partial S}{\partial y} = \frac{S_{n,j+1} - S_{n,j}}{\Delta y}, \quad (2)$$

где y – пространственная меридиональная компонента;

для расчета абсолютных значений градиентов:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)^2 = \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial y}\right)^2 = \left(\frac{S_{i+1,n} - S_{i,n}}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{S_{n,j+1} - S_{n,j}}{\Delta y}\right)^2, \quad (3)$$

где L – пространственная компонента.

$$\frac{\partial S}{\partial L} = \sqrt{\left(\frac{S_{i+1,n} - S_{i,n}}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{S_{n,j+1} - S_{n,j}}{\Delta y}\right)^2}. \quad (4)$$

Построение пространственной модели градиентов высот проводится при помощи программного продукта ENVI 4.7 на языке программирования IDL [2]. Разработан программный продукт, производящий расчет значений перепадов высот на основе градиентного подхода. В результате обработки получены нормализованные пики перепадов высоты поверхности. После обработки полученных результатов, на рисунке 4 представлены наибольшие перепады тестовой области карты высот.

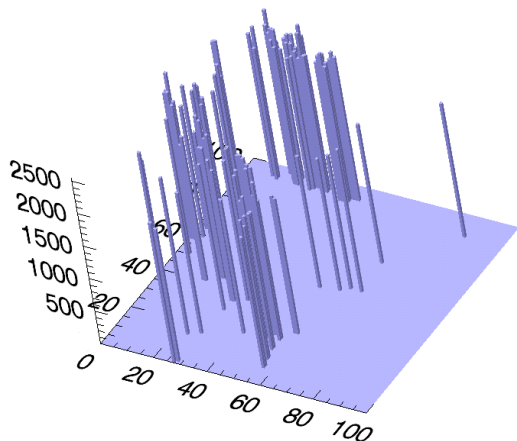


Рисунок 4 – Полученные значения пиковых величин градиентов для тестового участка

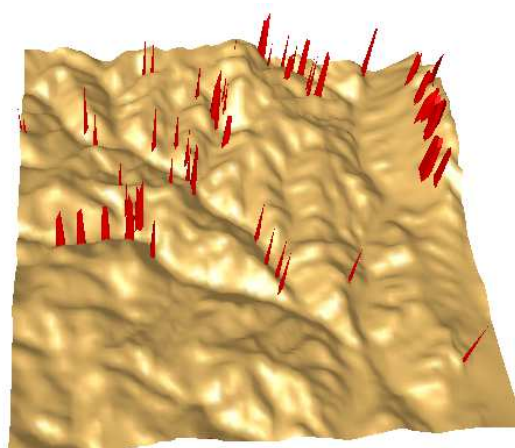


Рисунок 5 – Результаты применения градиентного подхода, представленные в виде 3D модели

Для более наглядной демонстрации полученных результатов на рисунке 5 представлена 3D модель полученных пиков наложенных на выбранную область карты высот. Рисунок 5 демонстрирует, что пики расположены на местах наибольших перепадов высот, то есть на склонах.

В качестве выводов можно отметить, что реализация метода градиентного расчета позволил оценить точное местоположение и величину полученных перепадов, которые практически невозможно определить визуально.

Метод изменчивости пространственных характеристик земной поверхности по спутниковым данным может быть использован для изучения наземных объектов в различных сферах деятельности. В перспективе планируется доработка программного продукта и применение данного алгоритма для анализа пространственно-временных рядов данных поверхностных характеристик Земли с использованием данных спутникового зондирования.

Список использованных источников

1. Описание формата dem. [Электронный ресурс]: URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_elevation_model (дата обращения: 21.02.2014)
2. Электронная документация программному комплексу ENVI. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.envisoft.ru/> (дата обращения: 21.02.2014)