Одним из способов укладки бетона является метод сращивания, при этом бетон укладывается в два слоя. Укладка производится по технологии мытого бетона с армированием. В итоге удастся добиться такого эффекта, что текстура верхней части становится шероховатой, практически как на асфальтобетонном покрытии. Тем самым увеличивается коэффициент сцепления колес с дорогой и уменьшается аварийность. Для защиты дорог подобного вида от разрушений полотно покрывается специальными средствами (пены, пленки, гидрофобные жидкости), которые покрывают поверхность пленкой и защищают от перепадов температуры, проникновения влаги и т.д. [1]

Рисунок 2 – Строительство цементобетонного дорожного полотна.

Учитывая опыт зарубежных коллег, а так же опираясь на результаты исследования отечественных научных школ можно говорить о том, что при условии соблюдения технологических особенностей проектирования и строительства цементно-бетонных дорог, есть возможность эффективного долговечного развития транспортной инфраструктуры России, что является неотъемлемым условием экономического благополучия регионов с характерным резкоконтинентальным климатом.

1. <http://www.belta.by/society/view/pokrytie-iz-tjazhelogo-betona-vpervye-primeneno-pri-rekonstruktsii-respublikanskih-dorog-269608-2017/>
2. <http://stroitel5.ru/osobennosti-dorozhnogo-betona.html>
3. <https://www.stroygaz.ru/news/item/v-rossii-sozdana-assotsiatsiya-betonnykh-dorog/>
4. <https://www.zr.ru/content/articles/906374-drugoyu-dorogoj-chem-tsementobet/>

Тютюков А.С., Богданец Е.С.

Оценка погрешности построения цифровых моделей рельефа в программе Surfer

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(Россия, Пермь)*

doi:10.18411/lj-05-2018-93

idsp: 000001:lj-05-2018-93

Аннотация

Проанализированы методы построения цифровых моделей рельефа. Рассмотрена зависимости между отклонением цифровой модели и изменением рельефа местности.

Исследована зависимость погрешности построения поверхности от величины уклона рельефа.

Ключевые слова: уклон, поверхность, рельеф местности, Surfer, корреляция, SRTM.

В настоящее время активно используются различные методы дистанционного зондирования для построения рельефа земной поверхности. Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ) – это изучение земной поверхности с помощью космических или авиационных средств. Материалы дистанционного зондирования (ДЗ) являются частью большой системы сбора, переработки, регистрации и использования данных. ДЗЗ может быть пассивным, используя отраженное с поверхности земли тепло, и активным – использующие вынужденное излучение объектов. С помощью ДЗЗ получают информацию о физических и химических свойствах объектов.

Данные, полученные в результате дистанционного зондирования, активно используются в географических информационных системах. Это все типы данных, получаемых с носителей космического и авиационного базирования, а также фототеодолитная съемка, сейсмомангнитная и электромагнитная разведка недр, гидроакустическая съемка рельефа морского дна и другие способы.

Основные преимущества использования данных дистанционного зондирования для составления карт: актуальность данных на момент исследования, высокая точность определения границ объектов, более высокий коэффициент объективности выделения объектов и отнесения объекта к определенному классу. Кроме этого, использование данных дистанционного зондирования позволяет сократить объем наземных исследований и таким образом сократить сроки исследования [1, с.7].

Первичным результатом дистанционного зондирования является облако точек с присвоенными им атрибутами и свойствами. Далее проходя через многоуровневый анализ и обработку данных, мы можем получить массив измерений рельефа земной поверхности по регулярной сетке.

Когда топограф ведет съемку земной поверхности, он измеряет характерные точки рельефа. В то же время, как регулярная сетка равными квадратами покрывает всю территорию.

Актуальная задача – определить наиболее подходящий метод для обработки массивов данных дистанционного зондирования для построения наиболее точной поверхности рельефа.

Для проведения исследования был взят участок поверхности SRTM на территории Пермского края. Размер участка составил 3км на 3км. Исходная ячейка SRTM размерами 75м на 75м была разрежена на ячейку размерами 200м на 200м. Исходная поверхность SRTM была принята за эталон.

Для построения поверхностей по данному массиву точек использовалась программа Surfer. В Surfer встроено большое количество методов построения поверхностей и которых были выбраны пять методов, которые строят поверхность наиболее близкую к реальному рельефу [2, с.27]:

1. «Kriging» - геостатистический метод, решает задачу интерполяции с применением линейных оценок.
2. «Natural Neighbor», Метод естественной окрестности – позволяет получать хорошие изолинейные карты по наборам данных, содержащим скопления выборочных точек в одних подобластях исследуемой территории и разреженные выборочные точки в других подобластях.
3. Триангуляция с линейной интерполяцией - метод использует алгоритм построения триангуляции Делоне - разбиения области исследования на совокупность треугольников.

4. «Inverse Distance to a Power», Метод обратных расстояний - метод работает в предположении, что экспериментальные значения, измеренные близко от интерполируемого местоположения, оказывают большее влияние на результат оценки, чем удаленные от него на значительное расстояние.
5. Модифицированный метод Шепарда – метод является точным интерполятором, так же может экстраполировать значения за пределы диапазона выборочных данных.

При построении поверхностей дополнительные настройки методов были установлены по умолчанию.

Из построенных поверхностей были взяты для сравнения точки, лежащие в центре исходных ячеек регулярной сетки, что показано на рис.1. Всего сравнивалось 225 точек.

Рис.1. Схема выбора точек для сравнения.

В результате были получены отклонения в точках сравнения. В качестве критерия точности использовалась средняя квадратическая погрешность.

Таблица 1.

Значения СКП для каждого метода.

	Kriging	NaturalNeighbor	Триангуляция с линейной интерполяцией	Inverse Distance to a Power	Модифициро- ванный метод Шепарда
СКП	3,81760293	3,8517916	3,93782429	4,85941926	4,01181562

Как видно из таблицы 1, поверхность, построенная методом «Kriging» наиболее точно соответствует эталонной поверхности. Стоит отметить, что метод «Kriging» дает хорошие результаты для большинства наборов данных, в силу чего является рекомендуемым и выбранным по умолчанию в программе Surfer.

Наихудший результат показал метод «Inverse Distance to a Power», что можно объяснить тем, что исследования проводились по регулярной сетке точек, а не по облаку точек. Расстояния между точками были одинаковы, следовательно, метод присваивал им одинаковый вес и одинаковое влияние, что отразилось на результате.

Рассматривая полученные поверхности и сравнивая их с непосредственно с рельефом эталона, можно заметить, что ошибки построения распределены не однородно, а заметно увеличиваются или уменьшаются в определенных участках.

Присвоив величину отклонений по модулю к исследуемым точкам, были построены изолинии. Наложив данные изолинии на эталонную поверхность SRTM,

можно заметить, что ошибки построения возрастают в местах с большим изменением рельефа местности (рис.2-3).

В данном случае, сравнивая по итогам исследования наиболее и наименее точный метод, видно, что данный принцип сохраняется независимо от метода построения поверхности.

Рис.2. Карта ошибок на примере метода «Kriging».

Рис.3. Карта ошибок на примере метода «Inverse Distance to a Power».

Можно сделать предположение, что на величину ошибки построения поверхности влияет не только метод построения, но также уклон и направление уклона.

Чтобы проверить данную гипотезу, были найдены коэффициенты корреляции между величиной уклона поверхности и величиной отклонения построенной поверхности от эталона, а также между дирекционным углом направления уклона и величиной отклонения построенной поверхности от эталона. Коэффициенты корреляции были найдены для способов «Kriging» и «Триангуляция с линейной интерполяцией». Исходные данные были поделены по четвертям дирекционного угла, для того, чтобы можно было оценить изменение коэффициента корреляции. По полученным результатам была построена лепестковая диаграмма (рис.4), для большей наглядности.

Рис.4. Коэффициенты корреляции для способов «Kriging» и «Триангуляция с линейной интерполяцией».

Из данной диаграммы можно сделать вывод, что корреляция незначительна, но в определенных местах она присутствует. Самый высокий коэффициент корреляции наблюдается в четверти 270-360 градусов, составляя 0,55 при методе «Kriging», 0,51 при методе «Триангуляция с линейной интерполяцией».

Таблица 2.

Значения уклона в % для метода «Kriging».

Диапазон четверти	Среднее	Min	Max
0-90	7.6	0	20.1
90-180	8.4	0.7	23.1
180-270	8.5	1.5	20.1
270-360	4.2	1.5	16.0

Из таблицы 2 видно, что в четверти 270-360 градусов средняя величина уклона значительно меньше, чем в остальных, из чего можно сделать вывод, что величина уклона влияет на корреляцию, а, следовательно, и на величину ошибки построения поверхности.

1. Дистанционное зондирование земли: учеб. пособие /Е. Н. Сутырина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.
2. Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer): учеб. пособие/ К.А. Мальцев, С.С. Мухарамова. – Казань: Казанский университет, 2014. – 103 с.

Фахретдинов И.Н., Тихомиров Д.А.

**Интенсификация теплообмена и повышение энергетических показателей
пароперегревателя в электрических парогенераторах**

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет»
(Россия, Балашиха)

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
(Россия, Москва)

doi:10.18411/lj-05-2018-94

idsp: 000001:lj-05-2018-94

Аннотация

Разработана конструкция электрического перегревателя пара низкого давления с применением оребренного трубчатого нагревательного элемента. Представлена его схема.