

# Один подход к визуализации масштабируемой модели рельефа

Ким П.А

Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики, СО РАН,

г. Новосибирск, Россия

kim@ooi.sscs.ru

## Аннотация

Свойства различных моделей рельефа, применяемых в фундаментальных геофизических исследованиях Земли, оказывают существенное влияние, на характер и возможности разрабатываемых информационных технологий поддержки полномасштабных вычислительных моделей земных процессов и явлений, использующих космические данные дистанционного зондирования.

Рассмотрена *масштабируемая модель рельефа* для представления территории бассейнов больших рек Сибири (Иртыш, Обь, Лена), позволяющая производить распределение и расчет водного стока по дистанционным данным метеорологических наблюдений, а также динамически уточнять значения параметров модели с сохранением ее основных свойств в масштабном ряду визуального отображения модели.

Работа частично поддержана грантами РФФИ 05-05-98006, РФФИ 05-07-98011, РФФИ 05-07-90057.

**Ключевые слова:** моделирование, вертикальное представление данных, геометрические построения, ассоциативные операции, интегральные уравнения.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Развертывание лабораторного распределенного с динамически перестраиваемой структурой программно-аппаратного комплекса для обработки аэрокосмических снимков [1], содержащего средства хранения, выбора/поиска и оперативного использования большеобъемных и многовариантных данных дистанционного зондирования земли, и насчитываемых модельных данных, предполагает его оснащение необходимым программно-информационным обеспечением. Программная среда, поддерживающая указанные средства, также должна обладать свойствами параллельной обработки, сетевых взаимодействий, распределенности вычислений и хранения геоданных.

Акцентируя внимание на развитии технологий практического применения возможностей комплекса, необходимо очертить круг «представительных» задач и программных разработок, наиболее предпочтительных для данной архитектуры.

К таким задачам могут быть отнесены – разработка, запуск и экспериментальная эксплуатация полномасштабной вычислительной модели бассейна реки Обь.

Основными практическими результатами моделирования должны быть: 1) разработка и оптимизация параллельных алгоритмов построения пространственной модели рельефа на основе комплексной географической информации (матрицы высот территории, карты изолиний/изогипс, данных экспедиционных съемок с использованием GPS,

космоснимков в различных диапазонах, радиолокационных снимков и т.п.)

2) разработка и исследование методов параллельной, распределенной, интеллектуализированной технологии выделения на пространственной модели рельефа речной сети и соответствующих бассейнов (Линий водораздела)

3) Разработка и реализация полномасштабной балансовой модели стока реки Обь для фундаментальных исследований в области гидрологии и экологии,

## 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Официально признаваемая неполнота информации о структуре рельефа Земли, именуемая в картографии, как «белые пятна на карте», является одним из источников целесообразности разработки масштабируемых моделей рельефа. В числе этих источников можно назвать также и относительную ограниченность вычислительных ресурсов, вынуждающую их экономии путем сжатия или аппроксимации информации для представления глобальной модели рельефа Земли. Однако хочется отметить и принципиальную позицию, оправдывающую масштабируемый подход к построению модели, связанный с особенностями дистанционного восприятия информации об объекте, разноудаленном от постов наблюдения.

Проблема масштабирования может быть проиллюстрирована на примере территориально-распределенной системы постов, при которой дистанция наблюдения определяет степень подробности представления информации об объектах. Таким образом, точность представления модели определяется не только степенью детальности представления модели, но и объективной стороной процесса, в которой степень близости поста наблюдения (или напротив удаленность) определяет возможность детализированного получения информации, т.е. объем (масштаб) воспринимаемой информации дозируется характеристиками приемного канала. Эффективность – полезность, характеризующая масштабируемую модель проявляется в процессе визуального отображения ее на дисплейных устройствах. При этом трудностью является несогласованность (универсальных) алгоритмов машинной графики для аппроксимации элементов изображения, и специфических особенностей расчета детализации собственно модели, должных в совокупности «похоже» отображать «виртуальную реальность» масштабного изменения изображения при информационной неполноте конечно-дискретной модели рельефа [2,3,4]. Похожесть изображения фрагментов модели на реальность определяется механизмом зрительного восприятия поверхностей, образуемых стандартными визуализируемыми элементами, отображающими различные классы поверхностей.

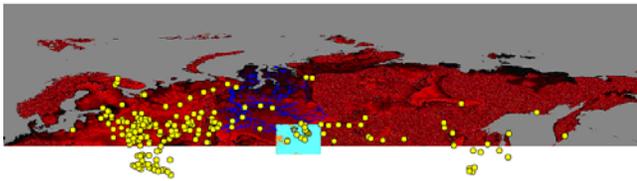


Рис.1. Матрица рельефа с большим шагом

При увеличении изображения детальность картины определяется генерализацией конкретного фрагмента. Таким образом, уточняющие подробности матрицы рельефа появляющиеся по мере увеличения изображения, не находят своего продолжения на границах с фрагментами, обладающими более подробной матрицей высот рельефа. Следовательно, необходимо синхронное управление всей матрицей, чтобы автоматически подавались те данные, которые входят в нужный диапазон. К сожалению, для больших территорий полностью задать все данные система не в состоянии.

На представленных рисунках 1 – 8 проиллюстрированы проблемы согласования разномасштабности данных особенно ярко проявляющиеся на границах их примыкания.

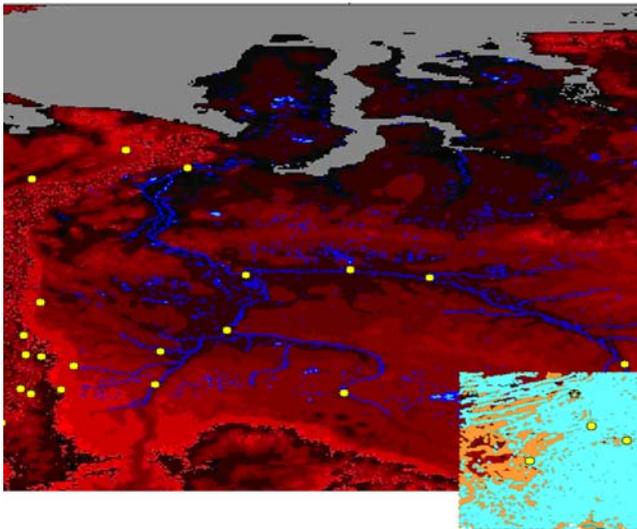


Рис.2 Фрагмент модели масштаба бассейна реки.

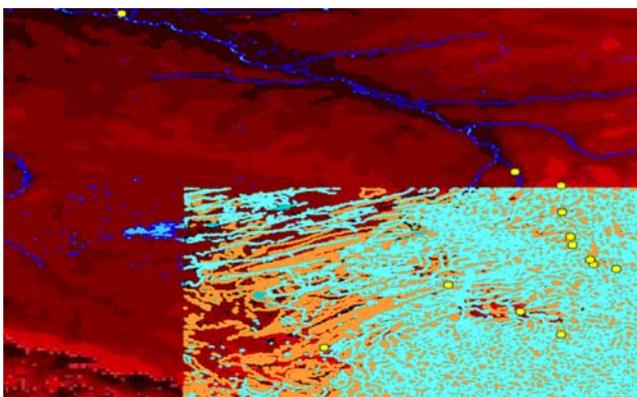


Рис.3. Зона водосбора притоков

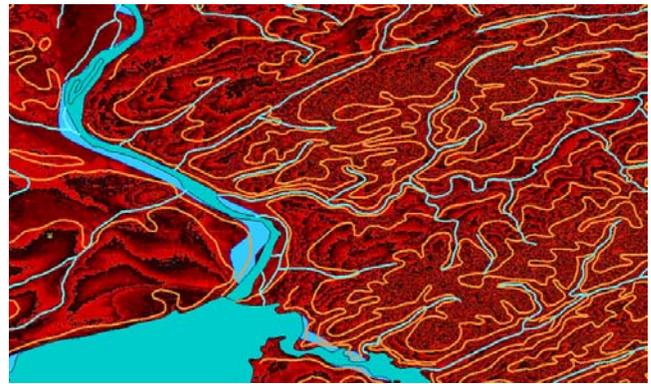


Рис.4. Зона нижнего бьефа Новосибирского водохранилища

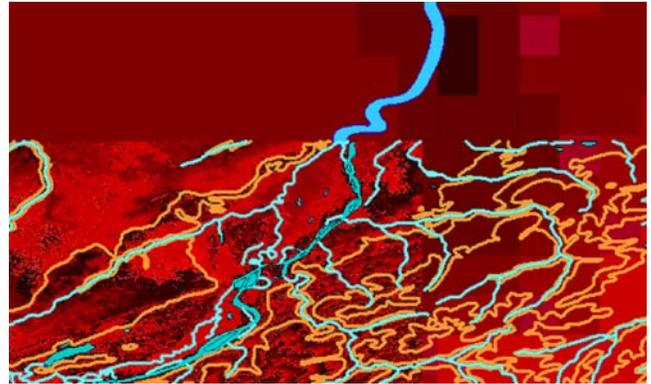


Рис.5. Фрагмент границ прилегания разномасштабной информации



Рис.6. Корреляция плохо согласованных данных разных источников.

При четко выраженном несоответствии разнородных данных, их согласование проводится из общих соображений, на основании анализа природы и источников данных. Если принять, что более точным является регулярная матрица рельефа, то, тем не менее, линии уровня горизонталей и топология речной сети обеспечивают эффективную информацию о характере рельефа вблизи них, а также позволяют выявить стратегию аппроксимации этих условных линий.

Стратегии сглаживания, отраженные в сглаженных краях пикселей изображения, иллюстрируют стремление воспроизвести рельеф посредством в пределе непрерывной дифференцируемой функцией.

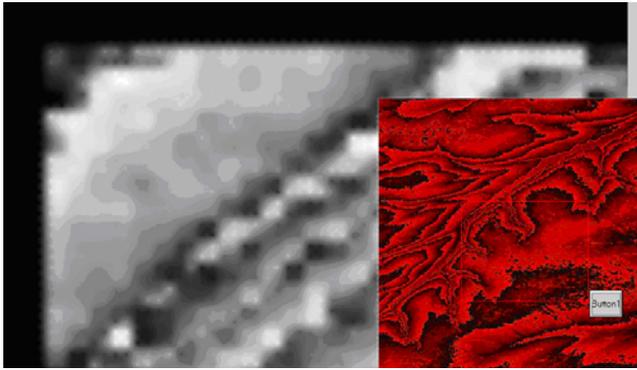


Рис.7. Корреляция разномасштабных данных



Рис.8. Четко выраженные края пиксела грубой модели масштабированы (увеличение).

Итак, из множества вариантов обоснования эффективности-полезности масштабируемой модели – выделяем отображение реальной ситуации неполноты модели, и второе это возможность согласованного увеличения детализации модели.

### 3. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Модель аппроксимирует непрерывную в функциональном математически смысле поверхность заданную на конечном множестве пунктов/значений. Рассматриваемая территория разбивается на участки, полностью покрывающие ее без пересечения. Традиционно, это может быть регулярная сетка, но для общности мы задаем модель для произвольного конечного разбиения территории на ограниченные участки. При этом каждому участку отвечает только одна точка из множества исходных. Рассмотрим «ступенчатую» аппроксимацию, задав значения для всех точек участков разбиения, равными заданному для точки данного участка.

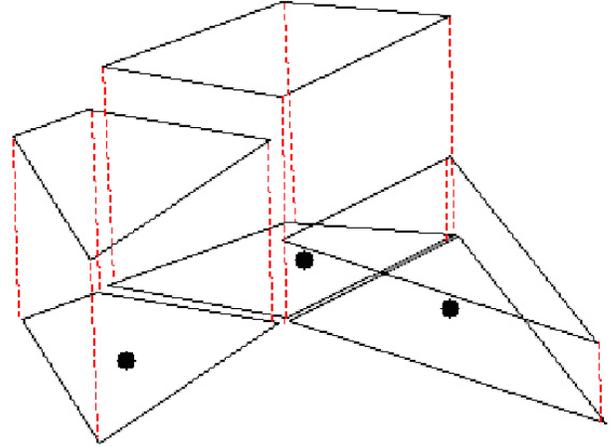


Рис.9. Ступенчатая модель рельефа.

Следующим шагом сглаживаем эту поверхность выбирая поверхности, отсекающие над каждым участком тот же самый объем, что и ступенчатая функция.

Когда поверхность задана уравнением  $z = f(x, y)$ , то площадь поверхности вычисляется по формуле

$$S = \iint_G \sqrt{(f'_x)^2 + (f'_y)^2 + 1} dx dy$$

здесь  $G$  - проекция поверхности  $S$  на плоскость  $xOy$ . Решение должно обеспечивать минимальную площадь всей поверхности.

При этом на каждом участке разбиения должно сохраняться равенство объема над участком разбиения «**объему соответствующей ступеньки**».

То есть, для каждого участка выполнено

$$(\forall i) \iint_{G_i} f(x, y) dx dy = S_{G_i} \times h_{G_i}$$

где,  $S_{G_i}$  - площадь соответствующего участка, а  $h_{G_i}$  - усредненное значение высоты для данного участка.

И интеграл по всей территории, должен равняться сумме объемов конечного числа разбиений. при минимальности площади обтягивающей поверхности.

$$\iint_G f(x, y) dx dy = \sum_i S_{G_i} \times h_{G_i}$$

В качестве решения рассматриваем функцию, получающуюся выделением функции с минимальной по площади поверхностью для класса/семейства непрерывных функций, для которых объем (или интеграл по элементу разбиения равен фиксированным значениям, вычисляемых из стандартно заданных точек.

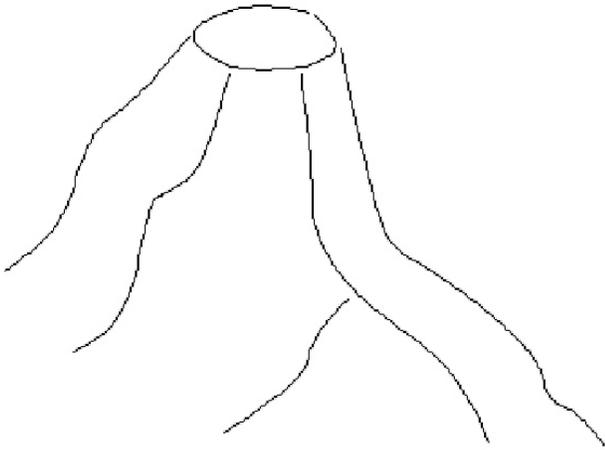


Рис.10. Схематичное изображение сглаженной поверхности, отвечающей рис.9.

Одним из способов разбиения могут быть рассмотрены различные варианты диаграмм Вороного.

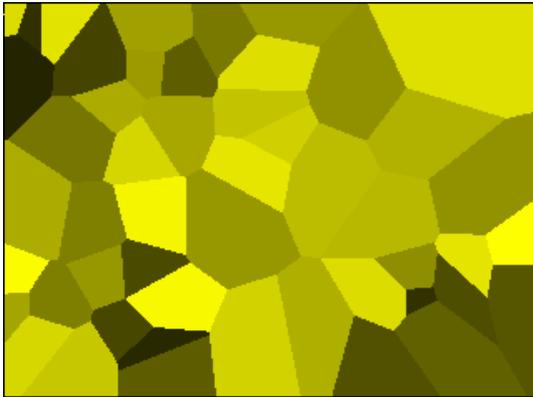


Рис.11. Площадное разбиение плоскости диаграммами Вороного

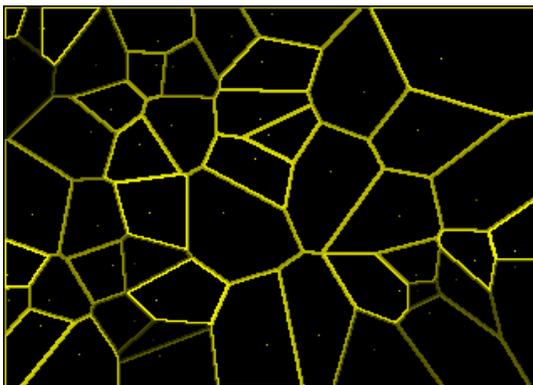


Рис.12. Ограничивающее разбиение плоскости диаграммами Вороного

Для получения решения в виде рельефной поверхности рассматриваем интегральную оценку каждого площадного элемента, порожденного для конкретной точки.

Предполагается, что при уточнении площадного элемента мы получаем более точное решение для каждого конкретного фрагмента участка рельефа.

Математическое обоснование корректности масштабируемой модели рельефа предполагает теоретическое исследование и решение следующих двух ключевых вопросов:

- Существование и единственность решения интегрального уравнения формальной модели.
- Численное решение расчета элементов визуализации поверхности для конкретных реализаций модели.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам экспертизы представленной на конференцию настоящей работы, были получены замечания, фиксирующие ряд моментов, на которых следовало бы акцентировать внимание:

– Почему неприменим существующий опыт решения этой известной задачи давно реализованной во многочисленных ГИС?

Ключевым словом здесь является «масштабирование». Одни и те же известные модели, построенные на разных сетках никак математически не сравниваются между собой. Предлагаемая постановка задачи предлагается впервые.

- Собственно решение задачи и, тем более, какие либо результаты, характеризующие эффективность, отсутствуют.

Главным направлением последующих исследований этой крупной математической задачи и обозначено нахождение таковых результатов. Таким образом, наличие формально определяемой поверхности, как решения некоторого интегрального уравнения, дает основание надеяться на отыскание эффективных параллельных алгоритмов отображения реалистичных поверхностей рельефа. Исследователей приглашаем к сотрудничеству.

- “КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ” излишне кратко. В ней следует привести хотя бы основные характеристики, касающиеся предлагаемой модели.

К сожалению, задание модели в форме решения интегрального уравнения, для которого неизвестны, ни существование, ни единственность его решения, логически не может оправдать представления и оценок гипотетически ожидаемых позитивных характеристик такого решения.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА.

[1] **Ким П.А.** Сибирский виртуальный программно-аппаратный комплекс СВПАК-2003: ГИС-моделирование.// Труды Всероссийской научно-методической конференции «Моделирование географических систем», Россия, Иркутск, 1-3 ноября 2004,с. 78-80.

[2] **Ким П.А.** On a Method of Magnification of the Fragments of a Raster Image of a Line. Pattern Recognition and Image Analysis, Vol.9, No.2,1999, pp.267-268.

[3] **Ким П.А., Pyatkin V.P., Rusin E.V.** Some EDT Based Algorithms for the Computational Geometry Problems Solution.. // Труды Международной конференции “Математические методы в геофизике”, 8-12 октября, 2003, Новосибирск: Изд. ИВМиМГ СО РАН,2003, ч.1,-р. 100-103. .

[4] Kim P.A., Pyatkin V.P., Rusin E.V. The Metric Approach to a Discrete Disconnected Object Recognition//Proc. of the IASTED International Conference, ACIT'2002, June 10-13, 2002, Novosibirsk, Russia, p. 534-538.

### Сведения об авторе

Ким Павел Алексеевич - с.н.с., к.ф.-м.н., Лаборатория математического обеспечения обработки изображений. Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики. Дом 6, пр. Лаврентьева, Новосибирск, 630090, Россия

Тел.: 8-3833-307-332

E-mail: [kim@ooi.sccc.ru](mailto:kim@ooi.sccc.ru)

### About the author

Pavel A. Kim, Ph.D, senior researcher

Image processing laboratory

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of SB RAS

6, Lavrentiev ave., 630090, Novosibirsk, Russia

Tel.: 007-3833-307-332

E-mail: [kim@ooi.sccc.ru](mailto:kim@ooi.sccc.ru)

## THE APPROACH TO VISUALIZATION THE SCALABLE MODEL OF THE RELIEF

### Abstract

Properties of various models of the relief used in fundamental geophysical researches of the Earth, render essential influence, on character and capabilities of developed information technologies of support of full scale computing models of earth processes and the phenomena using space data of remote sensing.

The scaled model of a relief for representation of territory of pools of the big rivers of Siberia is considered (Irtysh, Ob, Lena), allowing to make distribution and calculation of a water drain under remote data of meteorological supervision (observations), and also dynamically to update values of parameters of model with preservation of its (her) main (basic) properties in a scale number (series) of visual display of model.

The main goal is - to find the decision of integral equation

$$z = f(x, y)$$

where

$$\iint_G f(x, y) dx dy = \sum_i S_{G_i} \times h_{G_i}$$

and

$$S = \iint_G \sqrt{(f'_x)^2 + (f'_y)^2 + 1} dx dy$$

is minimal.

**Keywords:** modeling, vertical data presentation, geometrical constructions, associative operations, integral equations