

Визуализация рельефа местности визуально равноплотными сетками

Выполнил: Бурков Денис Игоревич, гр. 6057/2

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доц. Жуков Сергей Юрьевич

Постановка задачи

- Разработать подсистему визуализации рельефа
 - большая площадь до 200x200 км
 - зона видимости до 40 км
 - детализация до 15 см (размер катка БТ)
 - реальное время (≥ 60 кадров/с)
 - область применения – Единое виртуальное поле боя (ЕВПБ)
- Требуется:
 - обеспечить инвариантность решения при поворотах и незначительном перемещении камеры

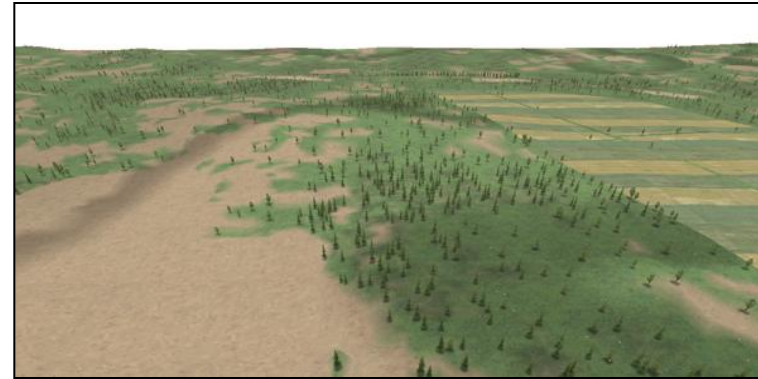


Рис.1. Ландшафт

Постановка задачи.

Равноплотность в экране

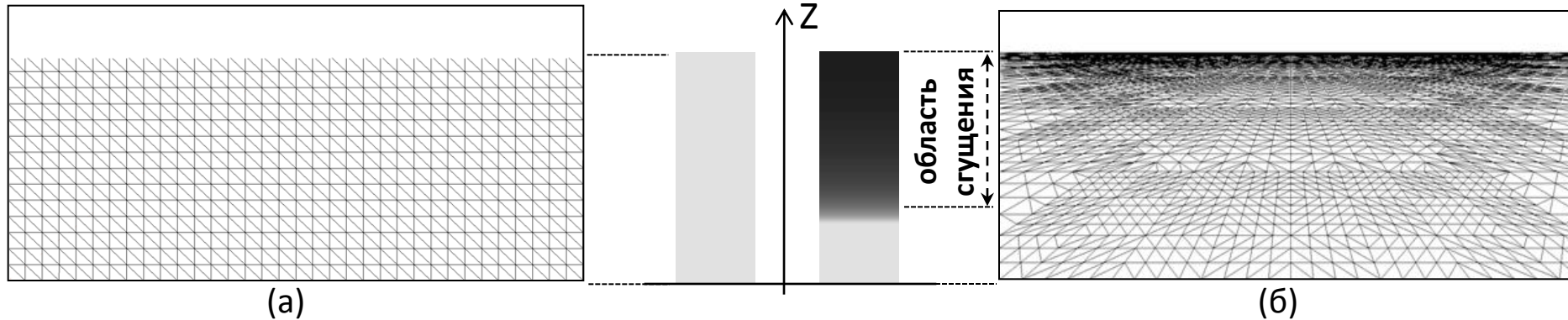


Рис.1. Визуальное сравнение а) идеальный случай и б) существующие сеточные методы

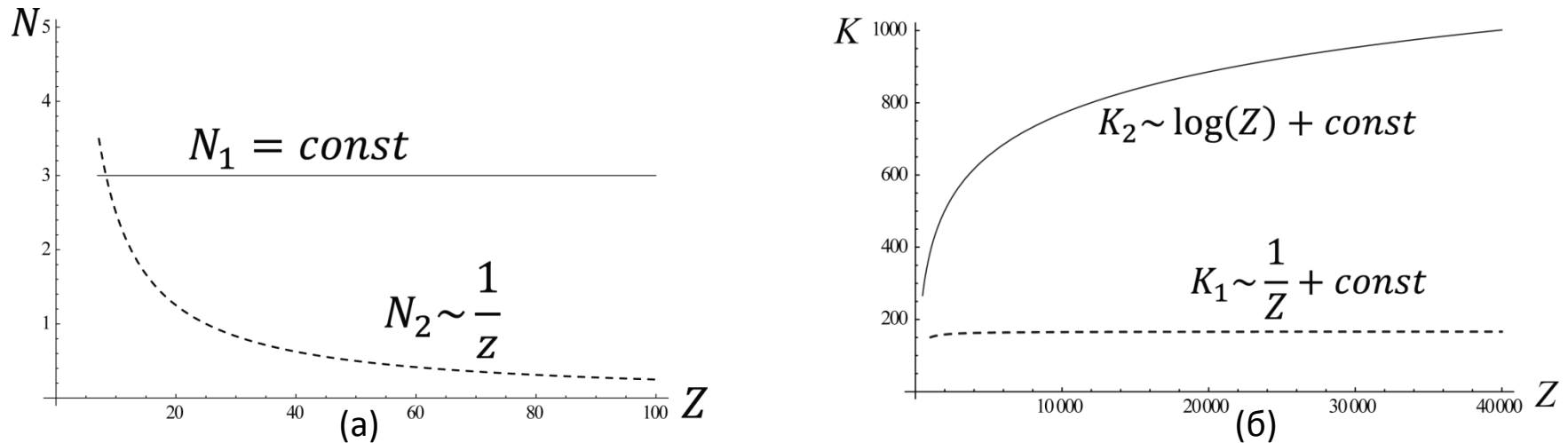


Рис.2. Сравнение характеристик а) N - кол-во экранных пикселей на ребро ячейки сетки, б) K - кол-во точек сетки по оси Z , где 1 – идеальный случай, 2 – существующие методы

Обзор существующих методов.

Критерии

1. Оптимизация под графический процессор (GPU)

- Использование аппаратной тесселяции

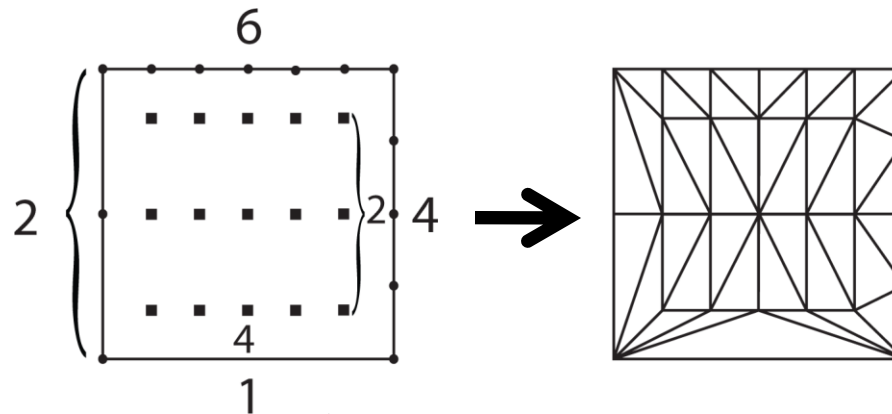


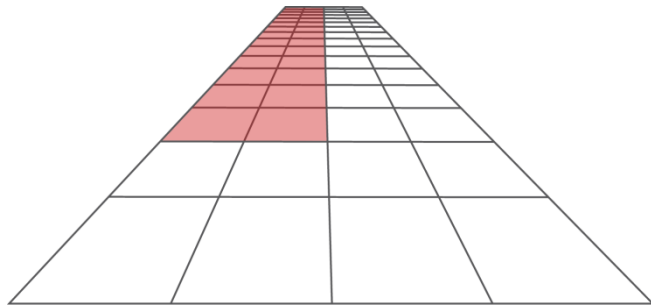
Рис.1. Пример работы аппаратного тесселятора.
Числа означают подразбиение элементов

2. Поддержка уровней детализации (LOD – level of detail)
3. Приближение плотности сетки в экране к равномерной (ScrReg – screen regular)
4. Инвариантность решения при повороте и незначительном перемещении (Inv – invariant)

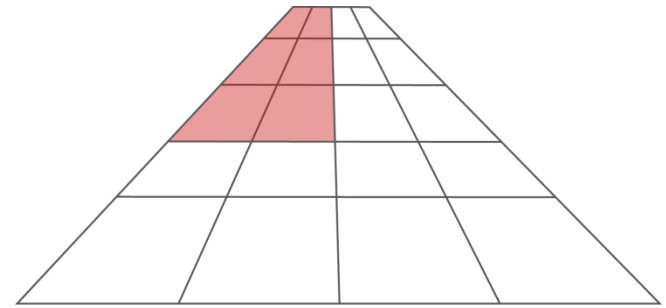
Таблица 1. Сравнение существующих методов

Метод	GPU	LOD	ScrReg	Inv	Замечания; ссылки
Трассировка лучей	+	+	+	+	Слишком медленный [GPURayCasting; Dick 09]
Триангуляционные методы					
Неравномерные триангуляции	-	+	-	+	Triangle Irregular Networks (TIN) [Hoppe 98]
Регулярные триангуляции	-	+	-	+	[Lindstrom et al 96], [ROAM Duchaineau 97]
Тесселяционные методы					
«Ручная»	+	+	-	+	Раскрытие ячеек на CPU. Ячейка имеет всего два уровня детализации [Strugar 10]
Аппаратная	+	-	-	+	Всего один уровень детализации. Плавная детализация только вблизи наблюдателя [Tatarchuk 08]
Вложенные регулярные сетки	+	+	-	+	Сетки равноплотные по осям [Geometry clipmaps; Losasso, Hoppe 04]
Проективные сетки	+	+	+	±	Ранее реализованный подход в ЕВПБ. Инвариант выполняется частично [Dachsbacher et al 04], [Романов 10]

Равноплотная аппроксимация (в экране)



(a)



(б)

Рис.1. Аппроксимации а) неравноплотная, б) равноплотная в экране

При неравноплотном аппроксимации увеличивается плотность сетки вдали

- Преимущество – значительное уменьшение числа треугольников
- Сложность и новизна – реализаций и статей, описывающих данный подход, не известно

Требуется:

- **модифицировать систему детализации** (критерий раскрытия ячеек, сшивка разных уровней детализации);
- **оптимизировать для GPU** (использование аппаратной тесселяции).

Система уровней детализации

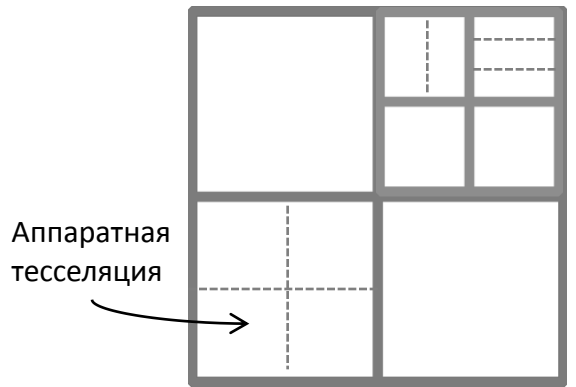


Рис.1. Квадро-дерево

Алгоритм 1. Стандартный обход квадро-дерева

`OPENCELL(Cell)`

```
1  if VisibilityTest(Cell)
2      then if Cell.level = 0 or LODIsOptimal(Cell)
3           then RenderQueue.add(Cell)
4           else for each Subcell in Cell.childs
                  OpenCell(Subcell)
```

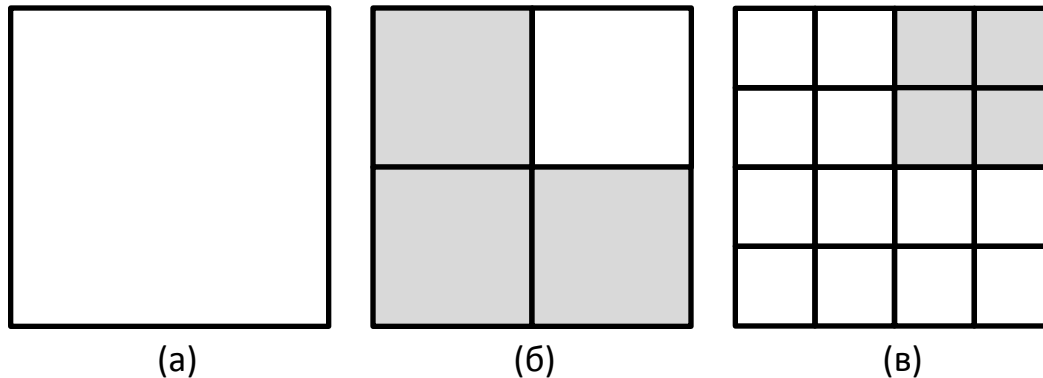


Рис.2. Представление квадро-дерева слоями б), в), г).
Серым отмечены терминальные узлы (ячейки)

Обход квадро-дерева на GPU

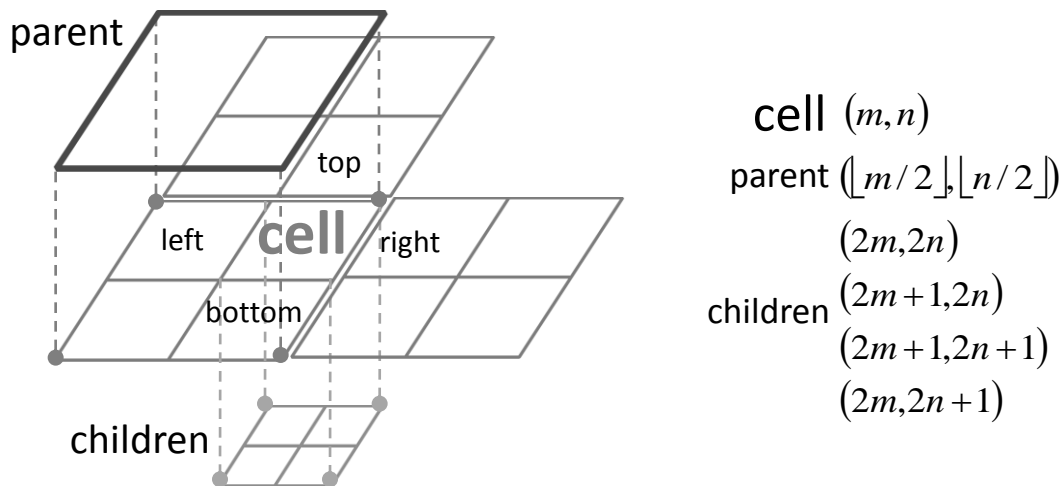


Рис.1. Адресация к отцовскому, соседним и дочерним ячейкам

Обход сверху вниз

- Последовательно для каждого слоя с N по 0 :
 1. для каждой ячейки, чей отец – узел в квадро-дереве, выполняется шейдерная программа;
 2. в результате выполнения шейдерной программы ячейка может быть отмечена как узловая или листовая.

Описание метода равноплотной аппроксимации

Этапы:

1. Обход квадрато-дерева (сверху вниз) с проверками на видимость и выполнение **критерия раскрытия ячеек**.
Результат – маски слоёв

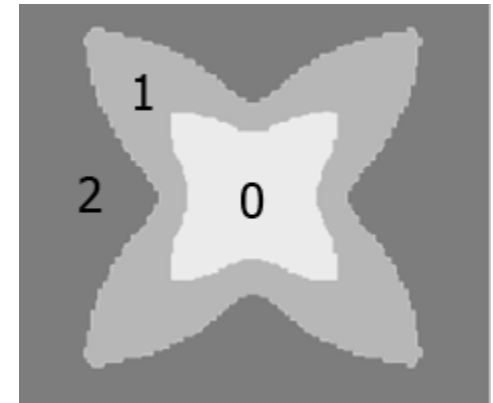


Рис.1. Совмещенные маски слоёв

2. Обход квадрато-дерева (снизу вверх) и обеспечение «корректной» стыковки ячеек

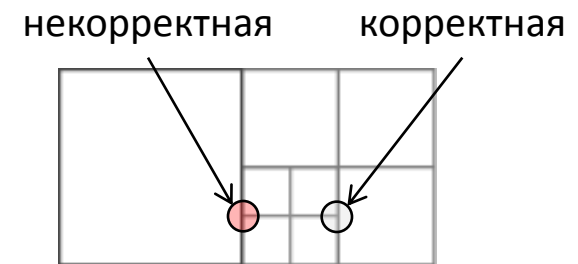


Рис.2. Стыковка ячеек

3. Обход квадрато-дерева (сверху вниз) и **сшивка соседних ячеек**

Критерий раскрытия ячеек

Для каждой ячейки вычисляются обобщающие характеристики

- β – максимальный угол возвышения
- $H : (W, H)$ – ограничивающий объем (AABB)

Вычисление подразбиения ячейки

V – наблюдатель, P – лежит в AABB ячейки

$$F(\alpha, \beta, P) = -\cot \alpha \cos \beta \sqrt{y^2 + (x \sin \beta - z \cos \beta)^2} +$$

$$|\cos \beta| \sqrt{\cot^2 \alpha (y^2 + (x \sin \beta - z \cos \beta)^2) + x^2 + y^2 + z^2}$$

$$dx_{opt} = \min_{P \in AABB} F(\alpha_{threshold}, \beta, P)$$

Критерий раскрытия ячейки

$$\lceil W / dx \rceil > MaxTessLevel ,$$

где $MaxTessLevel (= 64)$ – максимальный уровень тесселяции

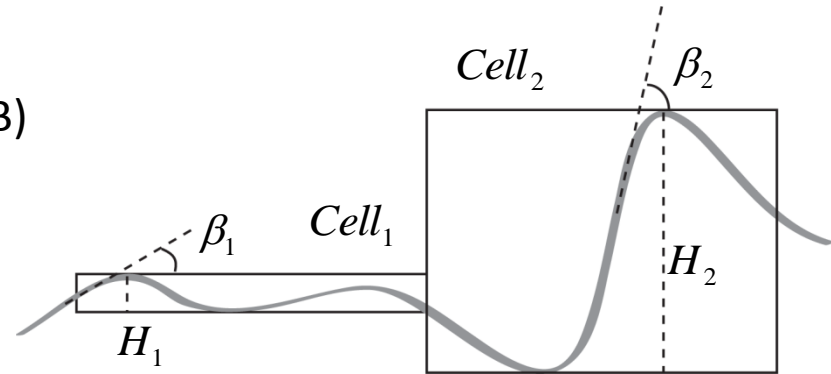


Рис.1. Характеристики рельефа

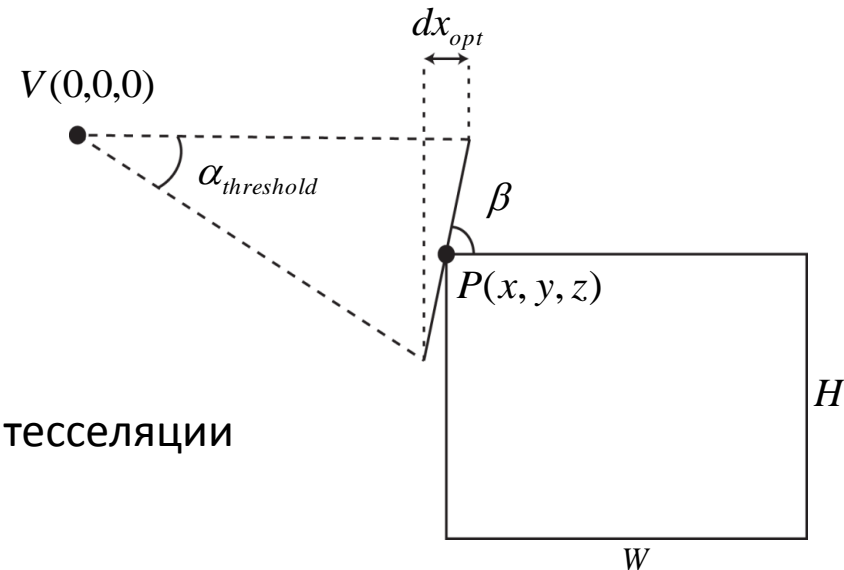


Рис.2. Вычисление подразбиения

Сшивка соседних ячеек

Идея – ввести детерминированную функцию тесселяции ребра

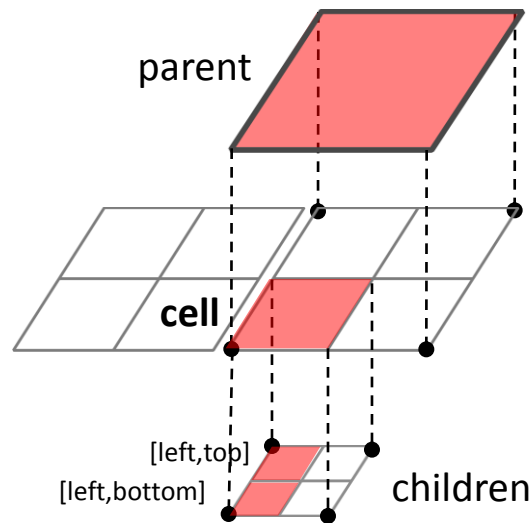


Рис.1. Возможные соседи (справа)

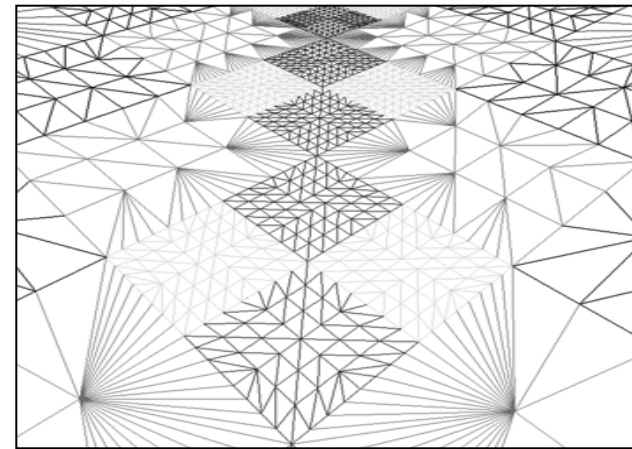


Рис.2. Пример сшивки

Алгоритм 2. Сшивка ячейки с правым соседом

`SEWRIGHTSIDEOfCELL(Cell)`

```
1  if Marked(Cell.right.child[right,top])
2    then tessFactor =  $2^{\lceil \log_2(\max(\textit{Cell.right.child[left,top].xTess}, \textit{Cell.right.child[left,bottom].xTess})) \rceil}$ 
3    else if Marked(Cell.parent.right)
4      then tessFactor =  $2^{\lceil \textit{Cell.parent.right.xTess} \rceil} / 2$ 
5      else tessFactor = Cell.right.xTess
```

Результаты

- Выведен критерий раскрытия ячеек для равноплотной аппроксимации
- Предложен новый алгоритм равноплотной аппроксимации рельефа
- Алгоритм реализован полностью на GPU
- Эффективность метода подтверждена на практике

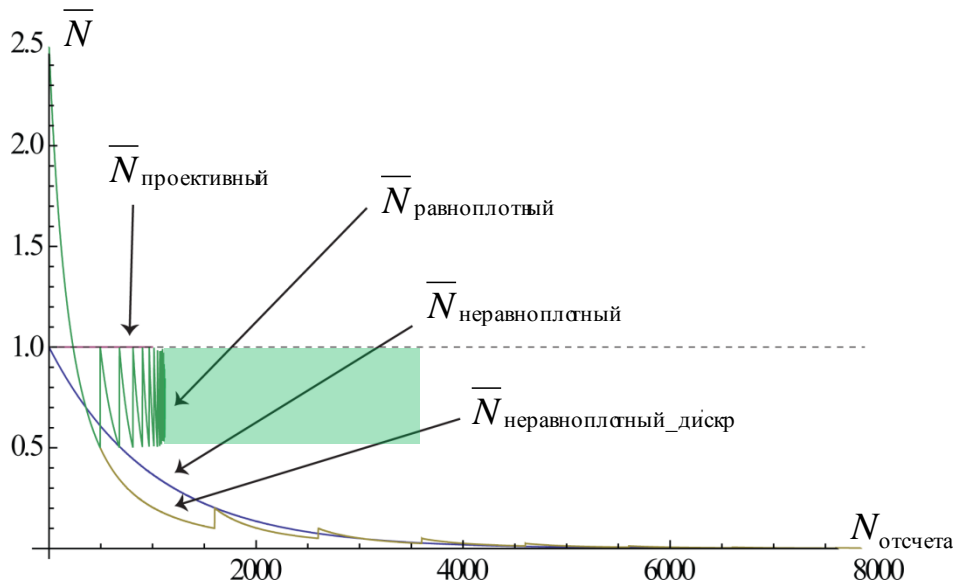


Рис.1. Сравнительные график числа пикселей приходящихся на ребро сетки для разных методов

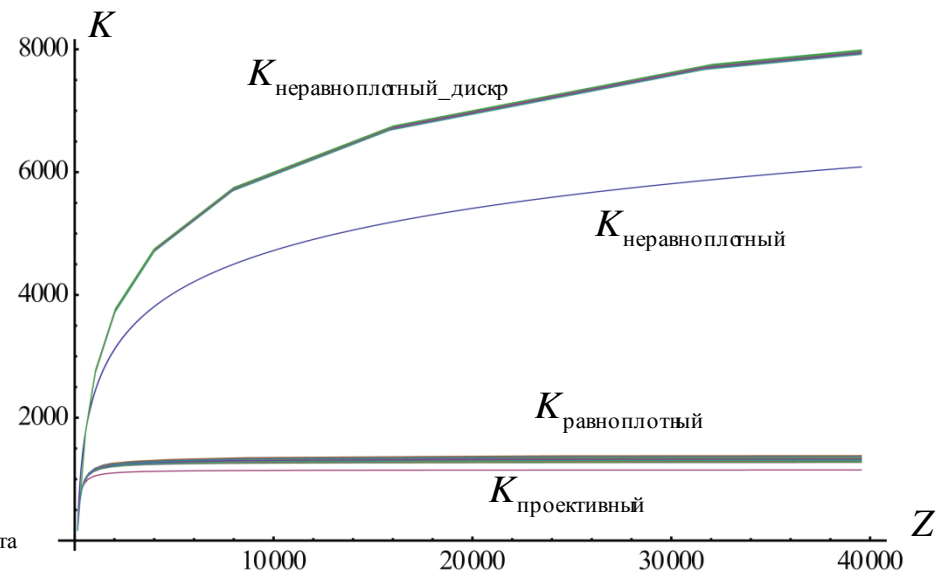
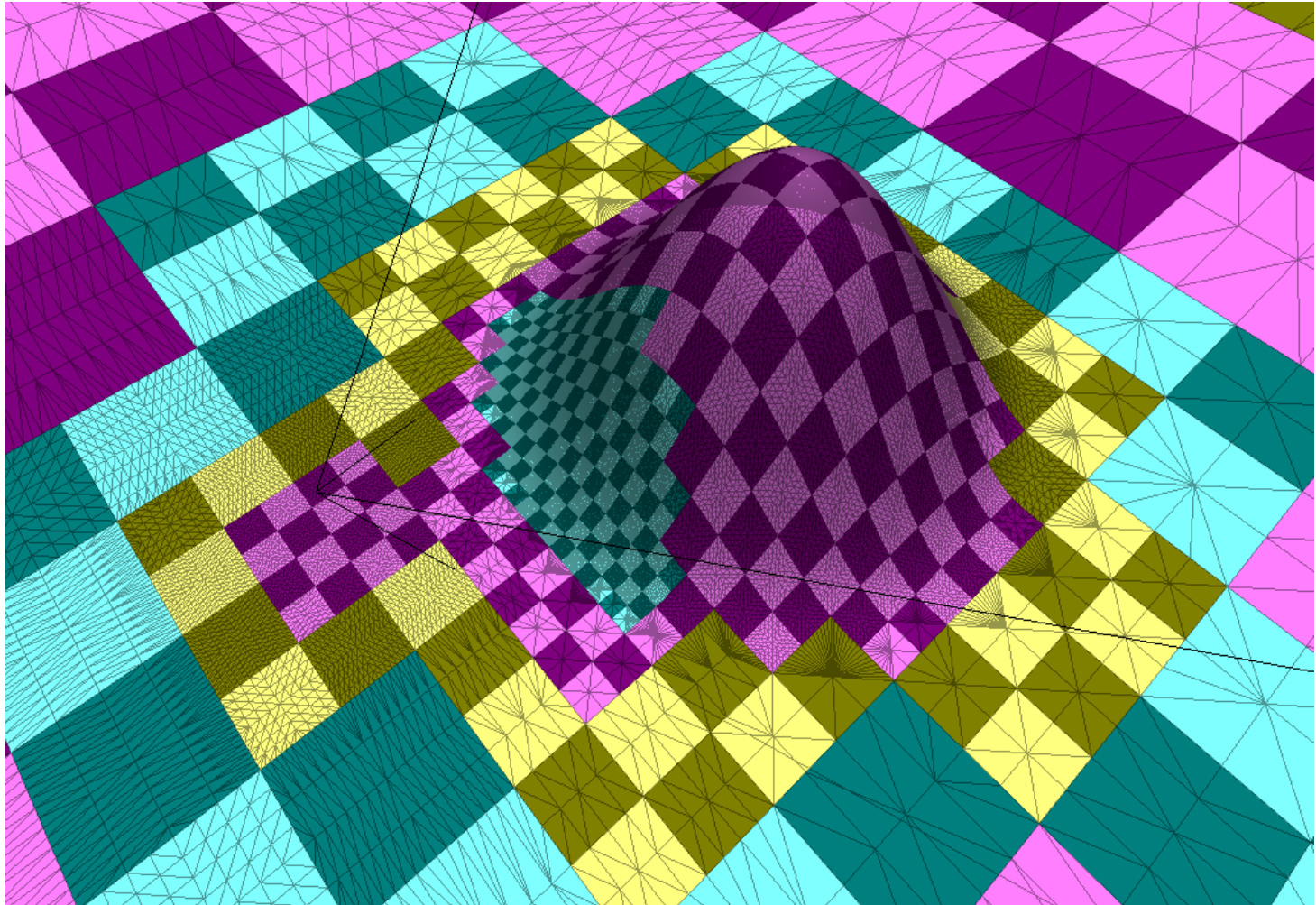


Рис.2. Сравнение числа точек сетки по оси Z с ростом зоны видимости

Пример работы метода равноплотной аппроксимации



Спасибо за внимание.