

权利要求书

1、一种基于分布式系统的海量 DEM 金字塔切片并行构建方法，其特征在于，具体包括以下步骤：

S1 获取源 DEM 的元数据 Metadata；

S2 建立所述源 DEM 的局部坐标系，对所述源 DEM 进行切分形成若干个可并行计算的切片 Tile；并根据所述源 DEM 的参数计算每一个所述切片 Tile 的索引值记为 Key，以<Key, Tile>键值对为计算单元组成一个保存源 DEM 的元数据的链表 List<Key, Tile>，将<Key, Tile>按照索引值 Key 分布到不同的计算节点进行计算；

S3 根据是否定义了最大层次 MaxZoom，进行设置或计算最大层次 MaxZoom，设置需要的输出切片 Tile 的参数；根据设定的坐标系和切分规则计算输出切片 Tile 的参数；

S4 计算节点并行构建所分配的键值对<Key, Tile>，根据索引值 Key 合并同一计算节点上的高程值 Value；分别根据索引值 Key 按照所述输出切片 Tile 的长、宽、分辨率参数计算所对应的切片 Tile 的外包矩形 Extend，计算输入切片 Tile 中每个网格单元 cell 的坐标，再根据设定的输出坐标系，计算每个所述网格单元 cell 在输出坐标系的坐标；根据每个所述网格单元 cell 的坐标计算相应的所述网格单元 cell 所在的输出切片 Tile 的索引值 Key，并将其加入一个映射 Map 中，组成一个映射 Map<Key, List<cell>>；

S5 将计算节点上相同索引值 Key 的链表 List<cell>合并；根据索引值 Key 合并所有计算节点上的链表 List<cell>，形成一个键值对<Key, List<cell>>；

S6 根据输出切片 Tile 的参数和坐标系，计算输出切片 Tile 的网格单元 cell 的坐标，接着根据采样方式从合并的键值对<Key, List<cell>>中计算网格单元 cell 的高程值 Value；

S7 利用 8 邻域算法，修正输出切片 Tile 边缘的高程值；根据生成的所述链表 List<Key, Tile>，循环获取每个切片 Tile 的四边网格单元 cell 和与之相邻的 8 个切片 Tile，取相邻切片 Tile 的网格单元高程值的平均值作为相应网格单元 cell 的高程值 Value，达到切片 Tile 拼接的平滑；

S8 判断当前层次 Zoom 是否满足终止条件，若满足终止条件，则结束；若不满足终止条件则根据上一级层次计算下一级层次和下一级层次的切片 Tile 的外包

矩形 Extend 的宽度和高度，计算方法： $NZ = CZ - 1$ ， $W = EW/2^{(NZ+1)}$ ， $H = EH/2^{(NZ+1)}$ ，其中 NZ 表示下一级层次，CZ 表示当前层次，EW、EH 表示原始 DEM 的宽度和高度，W、H 表示切片 Tile 的宽度和高度；

S9 根据上一级层次切片 Tile 和采样算法，并行计算生成下一级层次切片 Tile 和索引值 Key；根据索引值 Key、下一级的层次和切片 Tile 的参数计算当前层次切片 Tile 所对应的下一级层次的索引值 Key，利用所述采样算法从当前层次切片 Tile 采样下一级层次切片的高程值，构成下一级层次切片 Tile 的子切片和索引值 Key，在每个节点上合并相同的索引值 Key，构成键值对 <Key, List<Tile>>；接着根据索引值 Key，合并所有节点上相同的索引值 Key 的切片 Tile，组成下一级层次的切片 Tile，再执行步骤 S7；

S10 循环执行步骤 S8~S9，直到判断层次 Zoom 满足终止条件，所述终止条件为：若设定了层次 MinZoom，则判断当前层次 Zoom 是否达到设定层次 MinZoom，若达到，则终止；若未设定层次 MinZoom，若当前层次 zoom 小于 0，则终止。

2、根据权利要求 1 所述的基于分布式系统的海量 DEM 金字塔切片并行构建方法，其特征在于，所述步骤 S1 中所述元数据 Metadata 包括原始分辨率、坐标系，以及原坐标系下 DEM 的外包矩形 Extent 数据。

3、根据权利要求 1 所述的基于分布式系统的海量 DEM 金字塔切片并行构建方法，其特征在于，所述步骤 S2 中建立源 DEM 的局部坐标系具体为：建立以源 DEM 左上角为原点，向下向右为正方向的坐标系；根据设定切片 Tile 的宽和高，将源 DEM 数据切分为多个切片 Tile，为了将源 DEM 进行初步的切分，以构成链表 List<Key, Tile>，其中索引值 Key 的计算方法：

$$Key = C + "_" + R, C = (x - XMin) / TW, R = (y - YMin) / TH$$

其中，C、R 表示切片 Tile 的行列号，x、y 表示切片 Tile 任意一点的切片坐标，XMin 表示源 DEM 的外包矩形 Extent 的 X 最小值，YMin 表示源 DEM 的外包矩形 Extent 的 Y 最小值，TH 是初始切片 Tile 的高，TW 是初始切片 Tile 的宽。

4、根据权利要求 3 所述的基于分布式系统的海量 DEM 金字塔切片并行构建方法，其特征在于，所述步骤 S3 若未设定层次 MaxZoom，则需要计算层次 MaxZoom，计算过程是根据源 DEM 的外包矩形 Extend 的左下点坐标和右上点的坐标，并将左下点坐标和右上点的坐标进行投影转换，转换为经纬度坐标，

其中左下点坐标是 (SLon, SLat)，右上点的坐标是 (ELon, ELat)；接着根据公式计算层次 MaxZoom，计算公式如下：

$$dLat = ((ELat - SLat) / 180.0) \cdot \pi$$

$$dLon = ((ELon - SLon) / 180.0) \cdot \pi$$

$$lat1 = (SLat / 180.0) \cdot \pi$$

$$lat2 = (ELat / 180.0) \cdot \pi$$

$$a = (\sin(dLat / 2) \cdot \sin(dLat / 2)) + (\sin(dLon / 2) \cdot \sin(dLon / 2) \cdot \cos lat1 \cdot \cos lat2)$$

$$dist = R \cdot 2 \cdot \arctan\left(\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{1-a}}\right)$$

$$MaxZoom = (\log(2\pi R / dist - tileSize) / \log(2))$$

其中，MaxZoom 为最大层次，dLat 表示纬度差，dLon 表示经度差，lat1 表示 SLat 的弧度，lat2 表示 ELat 的弧度，a 表示计算的中间值，dist 表示两点的距离，tilesize 表示 Tile 设置的最大边长，R 表示 WGS84 椭球的长半轴， $R = 637817$ 。

5、根据权利要求 3 所述的基于分布式系统的海量 DEM 金字塔切片并行构建方法，其特征在于，所述步骤 S4 中网格单元 $cell = \langle x, y, Value \rangle$ ，其中 x, y 是在切片 Tile 的坐标，Value 是高程值。

6、根据权利要求 5 所述的基于分布式系统的海量 DEM 金字塔切片并行构建方法，其特征在于，所述步骤 S4 并行计算输入切片 Tile，根据输出切片 Tile 的参数将输入切片 Tile 的 DEM 值划分到不同的输出切片 Tile 中；其中首先根据输入切片 Tile 的索引值 Key 计算 Tile 的外包矩形 Extend，计算公式：

$$MinX = ExMinX + col \cdot W$$

$$MinY = ExMinY + row \cdot H$$

$$MaxX = ExMinX + (col + 1) \cdot W$$

$$MaxY = ExMinY + (row + 1) \cdot H$$

其中，MinX、MinY、MaxX、MaxY 分别表示外包矩形 Extend 的最小最大 XY 坐标值，col、row 是输入切片 Tile 的行列号，ExMinX、ExMinY 表示源 DEM 的外包矩形 Extend 的最小的 X、Y 坐标值，H 表示切片 Tile 的高，W 表示切片 Tile 的宽。

7、根据权利要求 5 所述的基于分布式系统的海量 DEM 金字塔切片并行构建方法，其特征在于，所述步骤 S7 利用 8 邻域算法，修正切片 Tile 边缘的高程值 Value 时，对输出的链表 List<Key, Tile>并行计算相邻的切片 Tile，取四周除

交点外的相邻网格单元 cell 值，并对上下或左右的 cell 取值，将取到的 cell 值取平均值作为指定网格单元 cell 的高程值 Value；四个角点的高程值的计算是取切片 Tile 的相邻的另外的三个切片 Tile 与相应角点的值，并取平均值作为相应网格单元 cell 的高程值 Value。