



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108010103 B

(45)授权公告日 2019.12.24

(21)申请号 201711195302.9

(22)申请日 2017.11.24

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108010103 A

(43)申请公布日 2018.05.08

(73)专利权人 武汉大学
地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
武汉大学

(72)发明人 张万顺 程美玲 彭虹 王永桂

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 肖珍

(51)Int.Cl.

G06T 11/20(2006.01)

G06F 16/29(2019.01)

(56)对比文件

CN 103425856 A,2013.12.04,

CN 103886187 A,2014.06.25,

CN 104598701 A,2015.05.06,

CN 105631168 A,2016.06.01,

US 2007038421 A1,2007.02.15,

CN 105844709 A,2016.08.10,

赵佳婧等.基于较高精度土壤库的三峡水库
汇水区径流模拟.《水土保持研究》.2017,第24卷
(第3期),第45-52、58页.

彭虹等.太湖流域典型区域水生态环境系统
模拟平台研究.《中国水利水电科学研究院学
报》.2011,第9卷(第1期),第47-52页.

审查员 邓迪

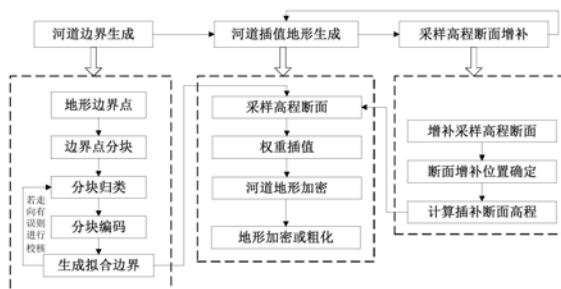
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

复杂河道地形快速精细生成方法

(57)摘要

本发明公开了一种河道地形快速精细生成方法。通过对复杂地形边界点的空间关系进行统一分块、归类、编号,将零散边界点拟合天然河道走向并生成新河道边界,解决河道大量边界点无序问题;通过有限河道监测断面地形,基于权重插值方法,实现河道地形快速生成;通过河道插值生成地形,利用待增补断面与河道已知采样高程断面的距离和比降变化,实现河道断面的精确增补。本发明根据河道零散边界点和地形高程采样数据无法满足河道水动力计算精度要求的特点,采用了拟合河道边界、河道地形插值和河道采样高程断面增补的方式,充分考虑到了天然河道走势和地势变化特点,有效减少了地形插值误差。



1. 一种复杂地形快速精细生成方法,其特征在于,包括如下步骤:

第一步,河道边界趋势拟合:根据河道边界散点分布,按照走向趋势变化进行分块编码;对分块编码散点,进行趋势拟合,拟合河道边界的整体走向;整体走向判定无误,则执行第二步;若判定边界走向有误,则继续执行第一步;

第二步,对区域高程采样点进行加密:首先,根据已知监测断面高程采样点及河道边界要素,采用权重法,计算出加密点的空间位置信息;其次,依据地势变化,对加密点高程进行插值计算;最后,依据空间加密点的密集程度要求,进行进一步细化或粗化;

第三步,采样高程点断面增补:当已知监测断面不足时,易造成河道弯道处插值地形失真;读取弯道处待增补断面地形点的空间位置,根据待增补断面与河道上游已知监测断面的距离以及比降变化,得到待增补断面上插值点的高程,完成采样高程点断面增补,再按照第二步,完成整个河道插值地形加密处理;

所述的第一步包括以下步骤:

步骤1,流域水系结构和边界的识别:将河道CAD图层导入GIS中,将线转换成线图层,或者基于高分辨率遥感影像数据,识别水系结构层中的流域边界范围层,导入GIS中转化为线图层;

步骤2,对线图层进行处理,包括河流边界的处理及坐标系转化:首先,对河流边界线图层进行编辑,对于少数复杂小枝杈存在的地方,可进行边界线平滑化处理,便于后续插值;其次,在GIS中,完成WGS 1984坐标系到WGS 1984 UTM Zone 49N坐标系的坐标转化;最后,将处理后的线图层在GIS中进行线转点,分成河道左岸与右岸依次处理;

步骤3,河道边界散点的分块编码:按照河道散点坐标X和Y分布的走向,将其分为四种类型,即:X从小到大且Y从小到大,Y从小到大且X从大到小,X从大到小且Y从大到小,Y从大到小且X从小到大,四种情况分别赋予其属性值ND为①、②、③、④;通过勾画矩形框,将散点进行分块,河道分块后,要读取每块上面的最小的X1,Y1和最大的X2,Y2,即每个矩形块的左下角点和右上角点的两个点;按照从河道上游往下游依次分块,编号,构建河道边界散点关系表,该表中包含块的编号,块的范围,块的方向,块所属的左右岸边界线,以及左右岸边界线的分块块数;

步骤4,通过边界散点数据,判断边界散点所属的分块:基于每块的分块范围,搜索全局散点,判断边界散点的所属分块;基于每块内的散点坐标,以及块的方向属性,利用多项式曲线拟合,在误差最小情况下,拟合出当前分块的边界点趋势,依次类推,拟合出左右岸各分块的边界点趋势;

步骤5,分块的边界趋势拟合结束后,需将全部拟合河道边界点导入EXCEL中,按照拟合趋势连线,若无交叉或断线情况,则拟合无误,反之,需校核分块的拟合方向,重新进行拟合;

所述的第二步包括以下步骤:

步骤1,以采样高程点为初始高程断面,基于生成河道拟合边界数据,通过权重插值方法生成加密点平面位置(X,Y);

步骤2,加密点高程插值计算:基于初始高程点断面及加密高程点平面位置,按照对应比例进行计算,计算包括:①以初始高程断面上采样点的起点距,计算每个采样点在整个断面上的相对位置比例;②通过上下游两个断面上采样点位置的权重和高程,按照X方向和Y

方向设定的插值距离,将上下游两个断面重新插值,并获取高程;③在上下游两个断面之间,按照X和Y方向设定的插值距离,进行河段上空间插值,获取每点的插值坐标(X,Y);④根据插值坐标,计算每个插值断面上各插值点在断面上的相对位置比例;⑤搜索初始上下游高程断面采样点与插值断面插值点的权重相等的两点,根据两点间的距离以及河道的坡度变化大小,计算插值点位置的高程;

步骤3,完成细化或粗化计算:调整X和Y方向的插值距离,重复步骤1和步骤2,直到达到精确反应河道地形为止;

所述的第三步包括以下步骤:

步骤1,河道区域弯道处采样高程断面的增补,根据弯道宽度在弯道横断面上选取两点,该两点所在断面即为待增补断面,读取待增补断面上插值点的空间位置,并运用GIS计算插值点的坐标;

步骤2,根据待增补断面的坐标,找到在已知插值完成断面中的权重位置,确定该权重处插值的原始河道地形断面上各插值点的起点距,从而得到待增补断面上各点的起点距;

步骤3,以待增补断面与上游已知采样高程断面的相对距离和比降变化,得到待增补断面上点的高程,其可通过下式求取:

$$H_i = h_i + l * k$$

式中, H_i 为待增补断面上起点距为*i*处的高程值; h_i 为上游采样高程断面上起点距为*i*处的高程值; l 为待增补断面与上游采样高程断面的相对距离; k 为待增补断面与上游采样高程断面之间的河道比降;

步骤4,完成待增补断面上的起点距和高程值,将待增补断面插入到原始采样高程断面,合并成新的采样高程断面数据集,再按照第二步,完成整个区域干支流高程采样点的加密处理。

复杂河道地形快速精细生成方法

技术领域

[0001] 本发明属于地理信息系统空间技术领域,涉及河道地形的拟合,特别涉及一种复杂河道地形快速精细生成方法。

背景技术

[0002] 数字高程模型 (DEM) 是描述地表起伏形态特征的空间数据模型,是由地表规则网格点高程值构成的矩阵,形成栅格结构数据集。在水动力及水环境数值模拟中,计算网格上地形值能否反映真实地形非常重要,会直接影响计算精度。DEM是实际地形表面的再现,其对地形表达的可信程度,很大程度上取决于高程采样点的分布与密度。然而,高程采样点无法对地表面所有点进行观测,只能获取一定数量的高程采样断面数据,这些采样断面反映了地形的局部或者部分特征。尤其是对河道来讲,在许多实际情况没有整个河道的连续地形数据,只有一定间距下的断面地形数据,数值模拟计算时需要通过插值方法由断面数据得到网格地形值,尤其河道转弯或河流交汇等起伏变化很大处的地形。如何快速生成河道地形,并满足高精度和高效率的计算需求,是当前环境管理与模拟分析所面临的重要问题,也是地形插值精度所面临的重要技术问题。

[0003] 现有关于空间地形高程采样点加密的插值方法,主要集中在空间内插方法。空间内插是根据分布在插点周围的样本点求出其值。现有内插方法包括最近邻法、反距离加权法、多项式法等,计算相对简单,但其忽略了样本点间存在的空间联系,插值结果往往受样本点的影响较大。克里金插值法以空间自相关为基础,利用原始样本点数据和半方差函数的结构性,对区域化变量的待内插点进行无偏最优估值。这类插值方法插值精度相关较高,但计算步骤较为繁琐,计算速度较慢。

[0004] 空间内插方法给地形插值提供了一定的参考基础,高程内插应用上其通常考虑高程数值插值精度,忽略了插值河道边界以及监测断面不足的影响。目前,缺少一种在复杂河道快速精细的地形生成方法,尤其是在加密过程中,在确保高程数值精度和计算效率的情况下,如何依照河道走势和地势变化是获取高精度的插值地形的关键。本发明即针对该问题,实现了复杂河道地形的精细快速生成,能满足数值模拟计算精度和效率需求。

发明内容

[0005] 本发明针对上述问题,面向地形高程采样点数据,设计了一种复杂地形快速精细生成方法。该方法涵盖了河道边界生成、区域高程采样点加密以及增补监测断面三大关键技术环节,能够有效解决高精度地形建模中高程采样点不足而导致地形表达失真的问题。

[0006] 为实现上述发明目的,本发明采用的技术方案如下:

[0007] 一种复杂地形快速精细生成方法,包括如下步骤:

[0008] 第一步,河道边界趋势拟合:根据河道边界散点分布,按照走向趋势变化进行分块编码;对分块编码散点,进行趋势拟合,拟合河道边界的整体走向;整体走向判定无误,则执行第二步;若判定边界走向有误,则继续执行第一步;

[0009] 第二步,对区域高程采样点进行加密:首先,根据已知监测断面高程采样点及河道边界要素,采用权重法,计算出加密点的空间位置信息;其次,依据地势变化,对加密点高程进行插值计算;最后,依据空间加密点的密集程度要求,进行进一步细化或粗化;

[0010] 第三步,采样高程点断面增补:当已知监测断面不足时,易造成河道弯道处插值地形失真;读取弯道处待增补断面地形点的空间位置,根据待增补断面与河道上游已知监测断面的距离以及比降变化,得到待增补断面上插值点的高程,完成采样高程点断面增补,再按照第二步,完成整个河道插值地形加密处理。

[0011] 上述第一步包括以下步骤:

[0012] 步骤1,流域水系结构和边界的识别:将河道CAD图层导入GIS中,将线转换成线图层,或者基于高分辨率遥感影像数据,识别水系结构层中的流域边界范围层,导入GIS中转化为线图层;

[0013] 步骤2,对线图层进行处理,包括河流边界的处理及坐标系转化:首先,对河流边界线图层进行编辑,对于少数复杂小枝杈存在的地方,可进行边界线平滑化处理,便于后续插值;其次,在GIS中,完成WGS 1984坐标系到WGS 1984UTM Zone 49N坐标系的坐标转化;最后,将处理后的线图层在GIS中进行线转点,分成河道左岸与右岸依次处理;

[0014] 步骤3,河道边界散点的分块编码:按照河道散点坐标X和Y分布的走向,将其分为四种类型,即:X从小到大且Y从小到大,Y从小到大且X从大到小,X从大到小且Y从大到小,Y从大到小且X从小到大,四种情况分别赋予其属性值ND为①、②、③、④;通过勾画矩形框,将散点进行分块,河道分块后,要读取每块上面的最小的X1,Y1和最大的X2,Y2,即每个矩形块的左下角点和右上角点的两个点;按照从河道上游往下游依次分块,编号,构建河道边界散点关系表,该表中包含块的编号,块的范围,块的方向,块所属的左右岸边界线,以及左右岸边界线的分块块数;

[0015] 步骤4,通过边界散点数据,判断边界散点所属的分块:基于每块的分块范围,搜索全局散点,判断边界散点的所属分块;基于每块内的散点坐标,以及块的方向属性,利用多项式曲线拟合,在误差最小情况下,拟合出当前分块的边界点趋势,依次类推,拟合出左右岸各分块的边界点趋势;

[0016] 步骤5,分块的边界趋势拟合结束后,需将全部拟合河道边界点导入EXCEL中,按照拟合趋势连线,若无交叉或断线情况,则拟合无误,反之,需校核分块的拟合方向,重新进行拟合。

[0017] 上述第二步包括以下步骤:

[0018] 步骤1,以采样高程点为初始高程断面,基于生成河道拟合边界数据,通过权重插值方法生成加密点平面位置(X,Y);

[0019] 步骤2,加密点高程插值计算:基于初始高程点断面及加密高程点平面位置,按照对应比例进行计算,计算包括:①以初始高程断面上采样点的起点距,计算每个采样点在整个断面上的相对位置比例;②通过上下游两个断面上采样点位置的权重和高程,按照X方向和Y方向设定的插值距离,将上下游两个断面重新插值,并获取高程;③在上下游两个断面之间,按照X和Y方向设定的插值距离,进行河段上空间插值,获取每点的插值坐标(X,Y);④根据插值坐标,计算每个插值断面上各插值点在断面上的相对位置比例;⑤搜索初始上下游高程断面采样点与插值断面插值点的权重相等的两点,根据两点间的距离以及河道的坡

度变化大小,计算插值点位置的高程;

[0020] 步骤3,完成细化或粗化计算:调整X和Y方向的插值距离,重复步骤1和步骤2,直到达到精确反应河道地形为止。

[0021] 上述第三步包括以下步骤:

[0022] 步骤1,河道区域弯道处采样高程断面的增补,根据弯道宽度在弯道横断面上选取两点,该两点所在断面即为待增补断面,读取待增补断面上插值点的空间位置,并运用GIS计算插值点的坐标;

[0023] 步骤2,根据待增补断面的坐标,找到在已知插值完成断面中的权重位置,确定该权重处插值的原始河道地形断面上各插值点的起点距,从而得到待增补断面上各点的起点距;

[0024] 步骤3,以待增补断面与上游已知采样高程断面的相对距离和比降变化,得到待增补断面上点的高程,其可通过下式求取:

$$[0025] \quad H_i = h_i + l * k$$

[0026] 式中, H_i 为待增补断面上起点距为*i*处的高程值; h_i 为上游采样高程断面上起点距为*i*处的高程值; l 为待增补断面与上游采样高程断面的相对距离; k 为待增补断面与上游采样高程断面之间的河道比降;

[0027] 步骤4,完成待增补断面上的起点距和高程值,将待增补断面插入到原始采样高程断面,合并成新的采样高程断面数据集,再按照第二步,完成整个区域干支流高程采样点的加密处理。

[0028] 本发明与现有技术相比,具有以下优点和效果:

[0029] (1)本发明提出的河道边界拟合方法,兼顾了区域地形要素及线性地形要素,在边界点零散无序的情况下,将边界点重新分块定义并进行边界拟合,最大程度挖掘和保持地表地形特征,该方法为地形数据采集规范完善提供了技术支撑。

[0030] (2)本发明构建并实现的地形高程采样点加密方法,在顾及地表形态特征的基础上实现了稀疏样点向密集样点的转变,实现了高程采样方式的基本覆盖。该方法提高了地形建模数据精度,特别是复杂河道地形建模的数据精度。

[0031] (3)本发明构建了增补监测断面方法,在监测断面不足情况下,最大化利用已有监测断面信息和插值地形,结合地势变化趋势,最大限度精度插值支流地形。该方法极大地提高了地形插值精度,解决了采样高程断面缺乏问题。

附图说明

[0032] 图1为河道地形插值技术框架;

[0033] 图2为河道边界散点分块编码示意图;

[0034] 图3为分块编码方向属性定义示意图;

[0035] 图4为生成拟合河道边界示意图;

[0036] 图5为地形插值加密过程示意图,(a)已知监测断面,(b)插补河道地形;

[0037] 图6为河道地形插值2倍细化过程示意图,(a)原始插值地形,(b)2倍细化插值地形;

[0038] 图7大宁河河道地形插值2倍细化,(a)大宁河河道地形插值细化前,(b)大宁河河

道地形插值细化后;

[0039] 图8大宁河增补采样高程断面, (a) 大宁河DN₁₄和DN₁₅断面间插值地形, (b) 大宁河DN₁₄和DN₁₅断面间增补断面后插值地形。

具体实施方式

[0040] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述:

[0041] (一) 河道边界散点分块编码

[0042] ①将大宁河河道的CAD地形导入GIS处理:需要对线图层进行处理,包括河流边界的处理及其与干流连接吻合度的处理。首先,在GIS中对河流边界线图层进行编辑,对于少数复杂小枝杈存在的地方,可进行边界线平滑化处理,便于后续插值。其次,在GIS左侧窗口中,“Layers”上右键,选择“Properties-Coordinate system-Predefined-Projected coordinatesystems-UTM-WGS 1984-Northern Hemisphere-WGS 1984UTM Zone 49N”,完成WGS1984坐标系到WGS 1984UTM Zone 49N坐标系的坐标转化。

[0043] ②线转点:在GIS工具箱中“Data management Tools-Features-Feature to point”,将线图层转成点图层,可分为左岸线和右岸线两个图层。在点图层属性表里新加两列(双精度),命名X和Y,重新计算坐标,完成后导出属性表为.dbf格式文件,即得到河流边界点坐标。

[0044] ③分块编码:如图2所示,按照河道左右岸边界散点的坐标(X,Y),分为X从小到大且Y从小到大,Y从小到大且X从大到小,X从大到小且Y从大到小,Y从大到小且X从小到大的四种形式,先对河道边界散点从上游往下游依次进行分块,并进行编号,先右岸再左岸,边界散点分块编码如图2所示。河道分块后,要读取每块上面的最小的X₁,Y₁和最大的X₂,Y₂。在GIS中就是每块的左下角点和右上角点的两个点。按照从大宁河从河道上游到下游依次读取每块的左下角点和右上角点两个点的坐标,同时判断每块的方向,分块编码方向属性定义如图3所示。

[0045] ④分块关系表构建:基于上述三步的编码,构建如图3所示的河道边界散点关系表,如表1所示。表1中,分块方向:①、②、③、④分别表示X从小到大且Y从小到大,Y从小到大且X从大到小,X从大到小且Y从大到小,Y从大到小且X从小到大;左右岸边界线:1为左边界线,2为右边界线;

[0046] 表1河道边界散点关系表

分块 编号	X1	Y1	X2	Y2	分块 方向	左右岸 边界线
[0047] S1	387784.2	3436230	387997	3436246	①	1
S2	387996.3	3436229	388112.9	3436237	④	1
S3	388111.7	3436236	388498.8	3436312	②	1
S4	388493.2	3436311	388498.5	3436337	①	1
S5	388493.1	3436337	388502.2	3436345	④	1
S6	388501.8	3436325	388568.5	3436345	①	1
S7	388567.5	3436324	388659.1	3436376	④	1
S8	388659.1	3436357	388690.2	3436376	①	1
S9	388690.1	3436357	389746	3436701	①	2
S10	389745.8	3436685	389776.2	3436701	④	2
S11	389775.7	3436685	390414.6	3437057	①	2
S12	390414.6	3437044	390483.7	3437058	④	2
S13	390479.5	3437039	390483.7	3437044	①	2
S14	390479.8	3437012	390573.6	3437039	④	2
[0048] S15	390573.6	3437012	390593.9	3437018	①	2

[0049] ⑤拟合河道边界。在河道拟合完毕后,还有一点需要特别注意,将全部拟合河道边界点放入EXCEL中,进行点连成线,确保新生成的边界点是按照顺序的即无交叉或断线情况(图4),否则就会插值地形有很大影响。因此,在生成完河道边界点后,一定要放入EXCEL中校核一遍。

[0050] (二)河道地形插值

[0051] ①以采样高程点为初始高程断面,基于生成河道拟合边界数据,通过权重插值方法生成加密点平面位置(X,Y)。如图5所示,在已知两个监测断面 DN_n 与 DN_{n+1} 之间进行河道地形插补(图5(a)),得到两个断面间的插值地形点高程(图5(b))。

[0052] 1)以初始高程断面上采样点的起点距,计算每个采样点在整个断面上的相对位置比例;

[0053] 2)通过上下游两个断面上采样点位置的权重和高程,按照X方向和Y方向设定的插值距离,将上下游两个断面重新插值,并获取高程;

[0054] 3)在上下游两个断面之间,按照X和Y方向设定的插值距离,进行河段上空间插值,获取每点的插值坐标(X,Y);

[0055] 4)根据插值坐标,计算每个插值断面上各插值点在断面上的相对位置比例;

[0056] 5)搜索初始上下游高程断面采样点与插值断面插值点的权重相等的两点,根据两点间的距离以及河道的坡度变化大小,计算插值点位置的高程。

[0057] ②完成细化或粗化计算:调整X和Y方向的插值距离,重复步骤1和步骤2,直到达到精确反应河道地形为止(图6)。如图7所示,在三峡利于大宁河局部河段上,通过将X和Y方向的插值距离有原来的40m、40m(图7(a))调整为20m、20m(图7(b)),更能反应出河道的真实地形变化。

[0058] (三)采样高程断面增补

[0059] ①大宁河一共22个采样高程断面,一共21段,在第21段上,原始的采样高程断面为

DN₁₄和DN₁₅,插值出的河道地形如图8(a)所示,需在弯道处进行增补采样高程断面,根据弯道宽度在弯道横断面上选取两点,该两点所在断面即为待增补断面DN₁₄₊₁,读取待增补断面上上插值点的空间位置,并运用GIS计算其坐标(图8(b));

[0060] ②根据待增补断面DN₁₄₊₁的坐标,找到在已知DN₁₄与DN₁₅两个断面间完成的插值地形中沿河道方向的权重,从而确定该权重处的垂直河道插值断面上各插值点的起点距值,得到待增补断面DN₁₄₊₁上各插值点的起点距;

[0061] ③以待增补断面DN₁₄₊₁与上游已知采样高程断面DN₁₅的相对距离500m和比降变化0.0013,得到待增补断面DN₁₄₊₁点的高程,其可通过下式求取:

$$[0062] \quad H_i = h_i + l * k \quad (1)$$

[0063] 式中, H_i 为待增补断面上起点距为*i*处的高程值; h_i 为上游采样高程断面上起点距为*i*处的高程值; l 为待增补断面与上游采样高程断面的相对距离; k 为待增补断面与上游采样高程断面之间的河道比降。

[0064] ④完成待增补断面上的起点距和高程值,将待增补断面插入到原始采样高程断面,合并成新的采样高程断面数据集,一共23个断面,再按照第二步,完成整个区域干支流高程采样点的加密处理,如图8(b)所示。

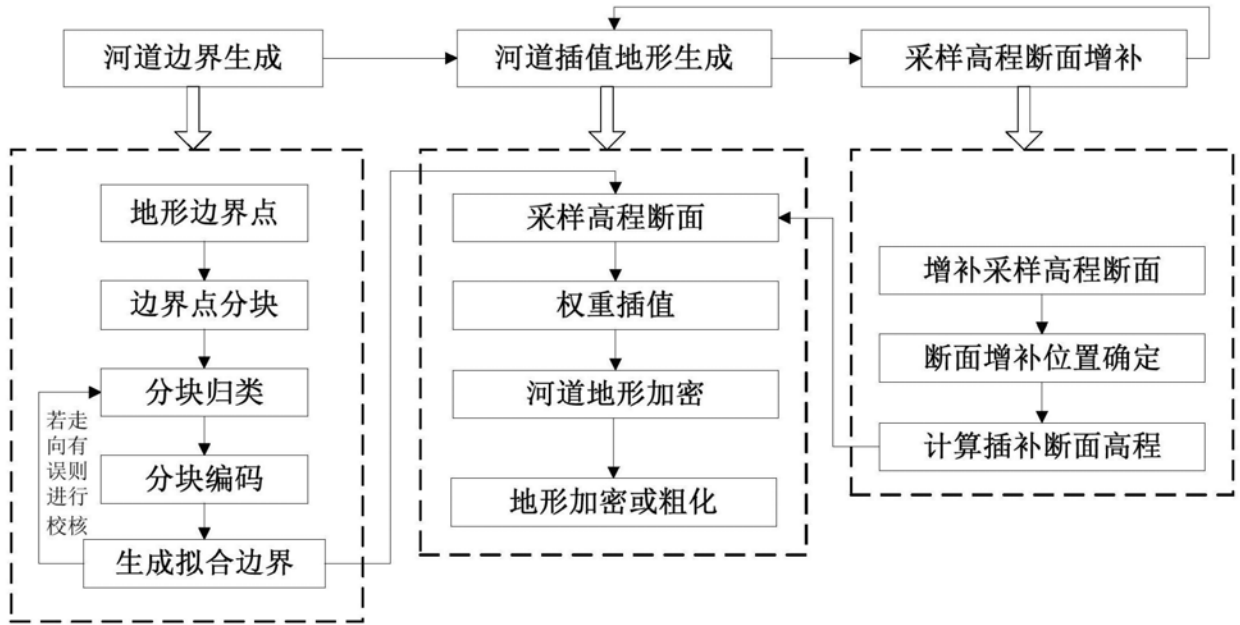


图1

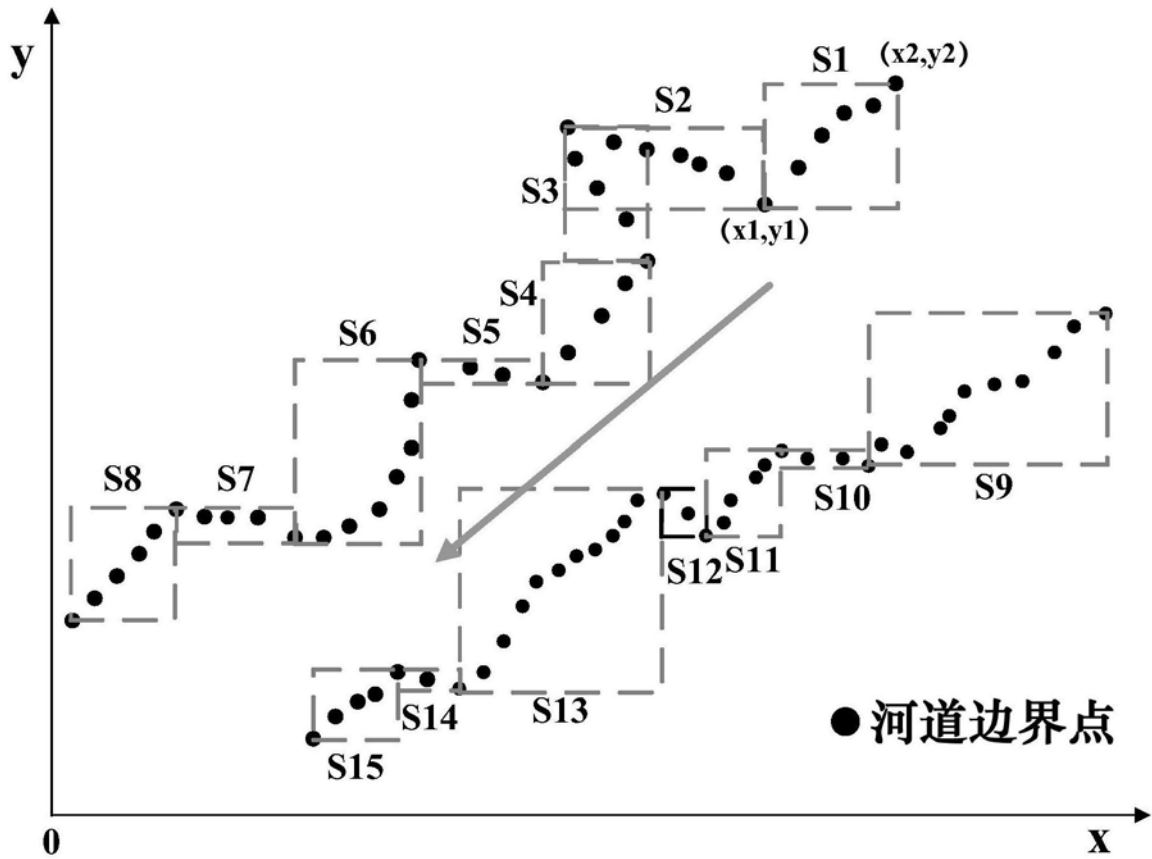


图2

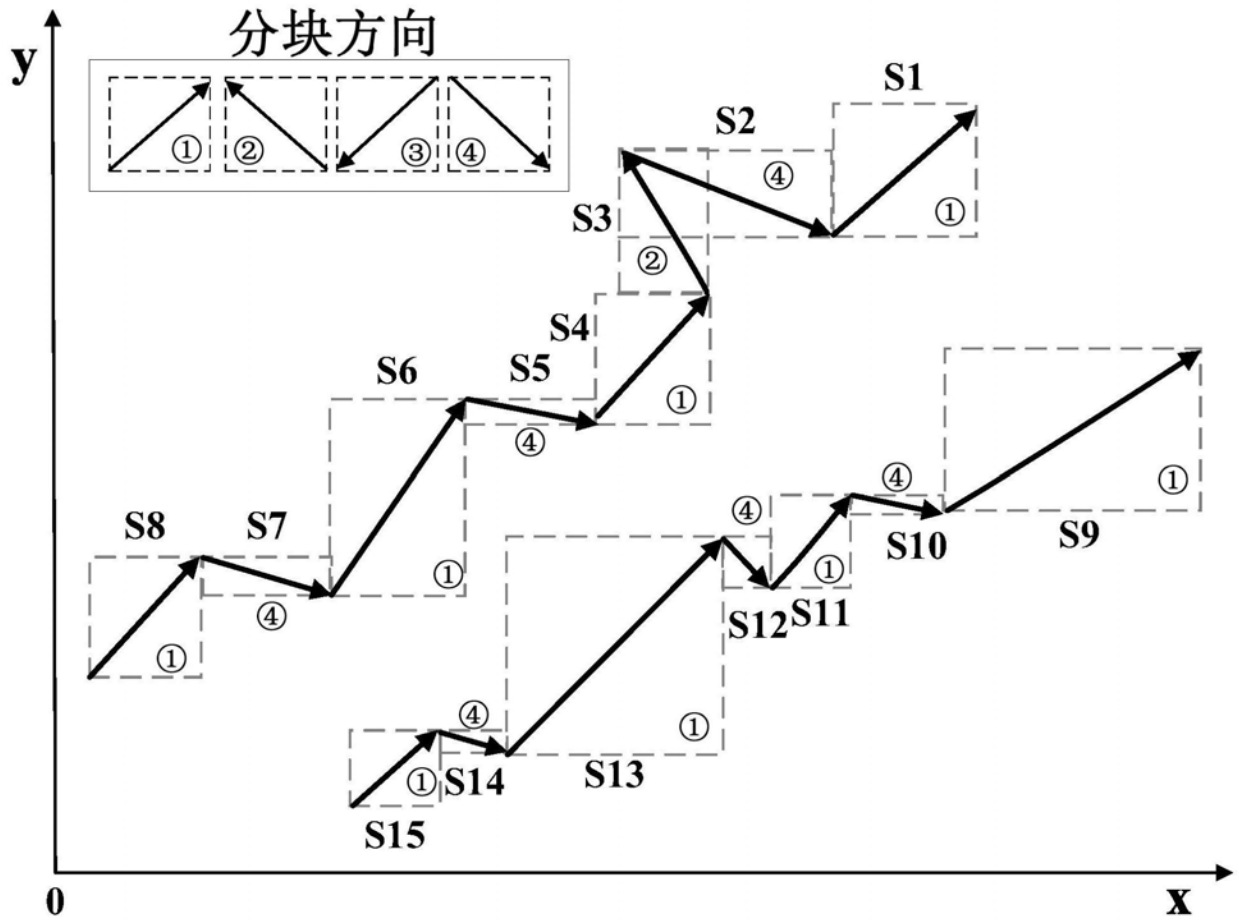


图3

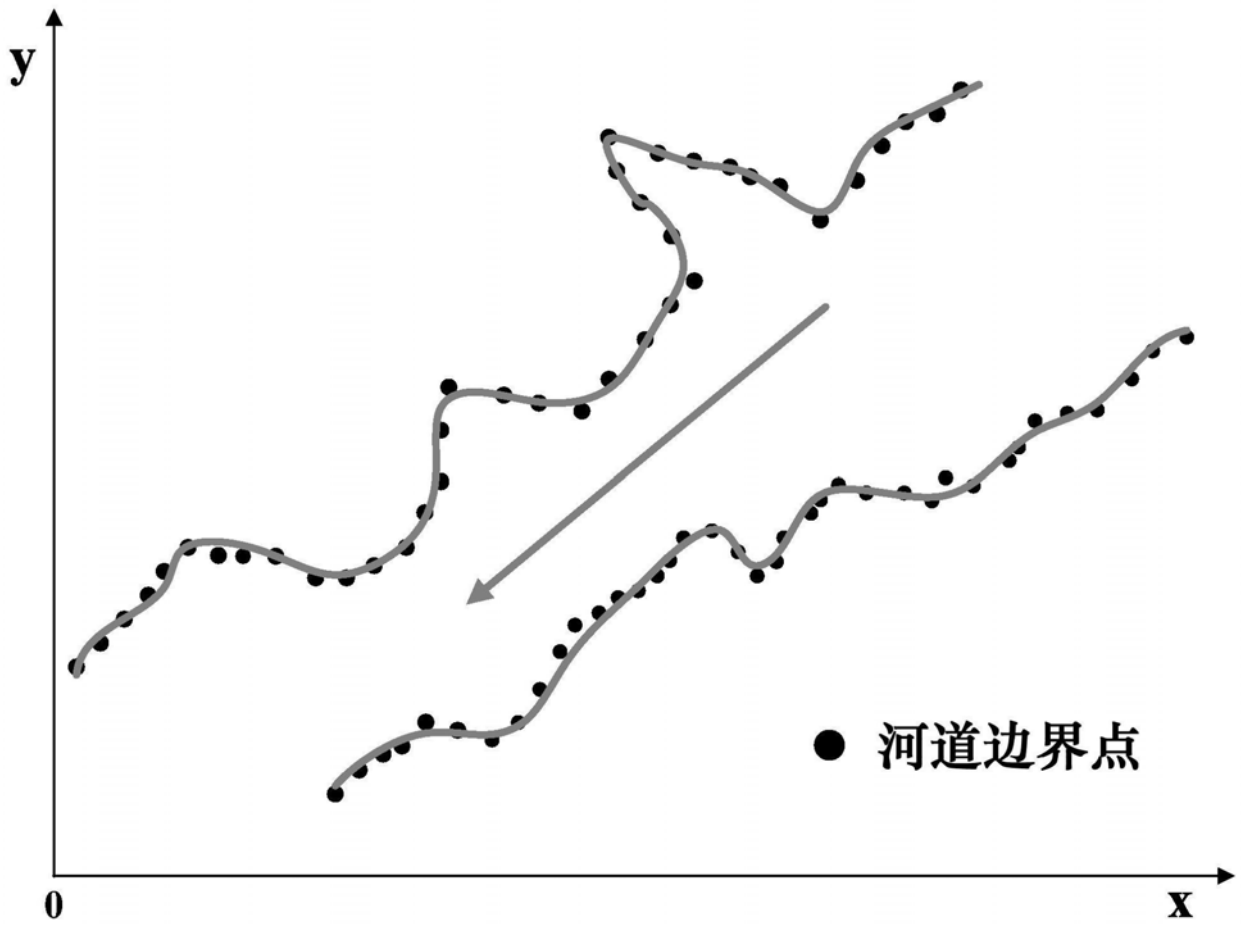
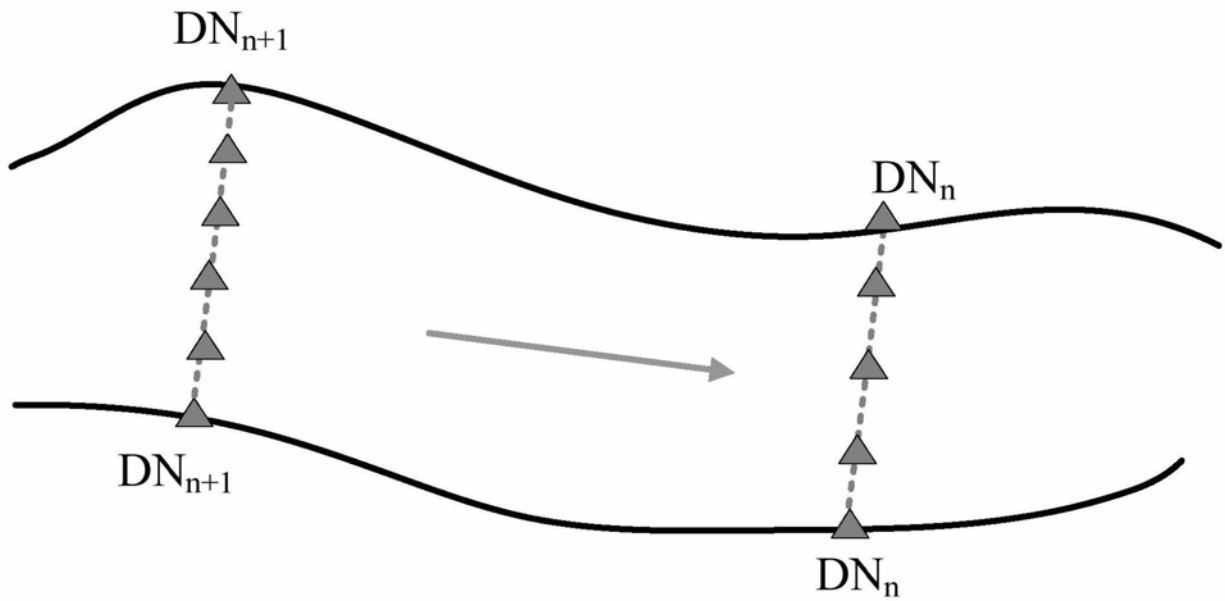
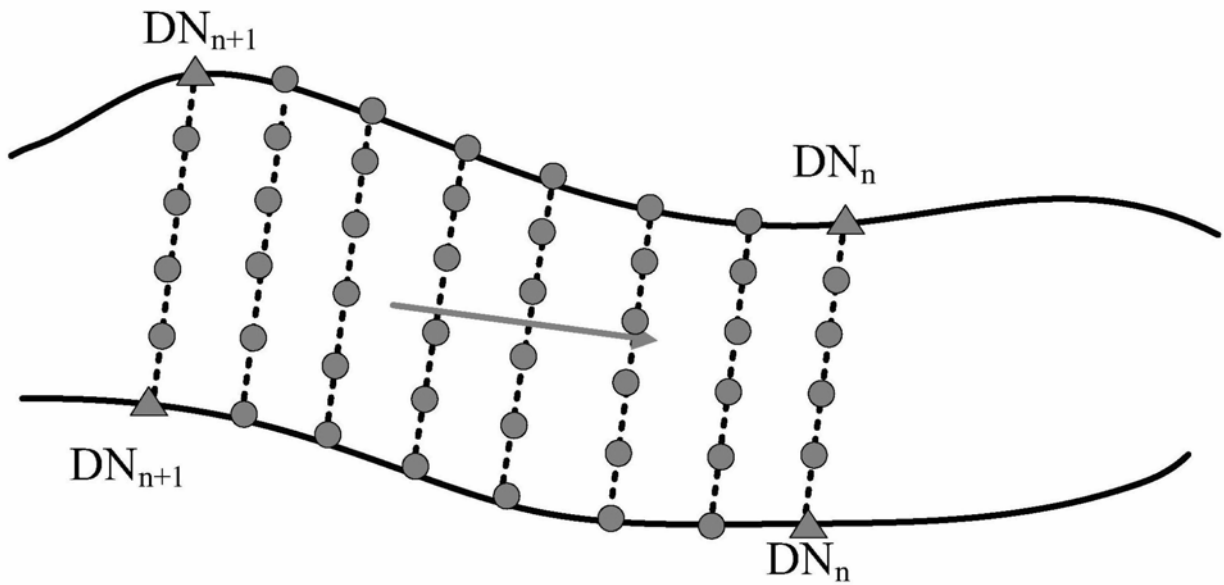


图4



▲ 采样高程点 DN 已知采样高程断面编号

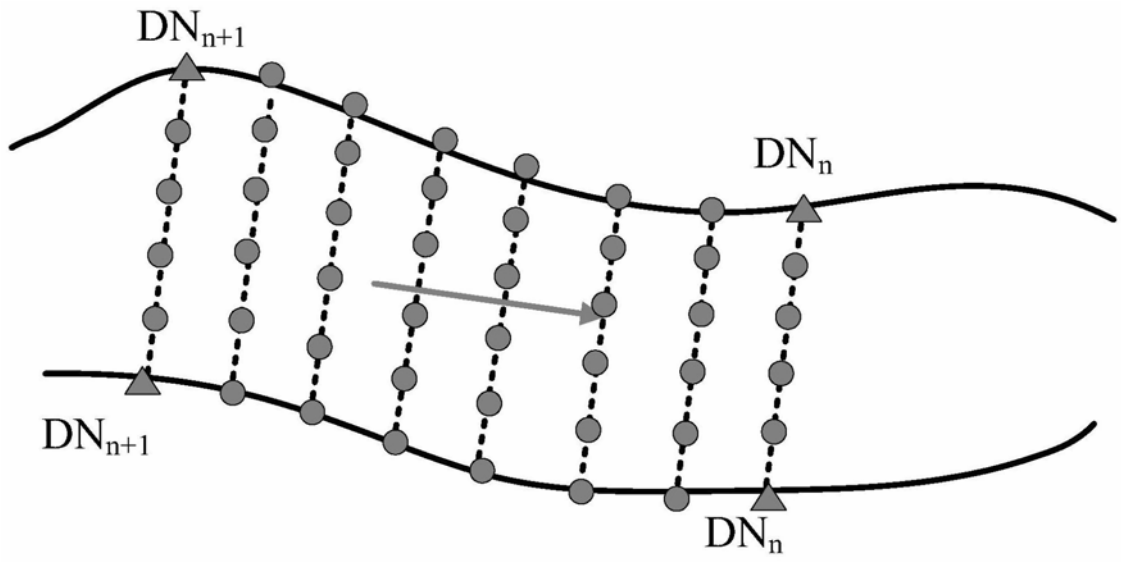
(a)



▲ 采样高程点 ● 加密高程点 DN 已知采样高程断面编号

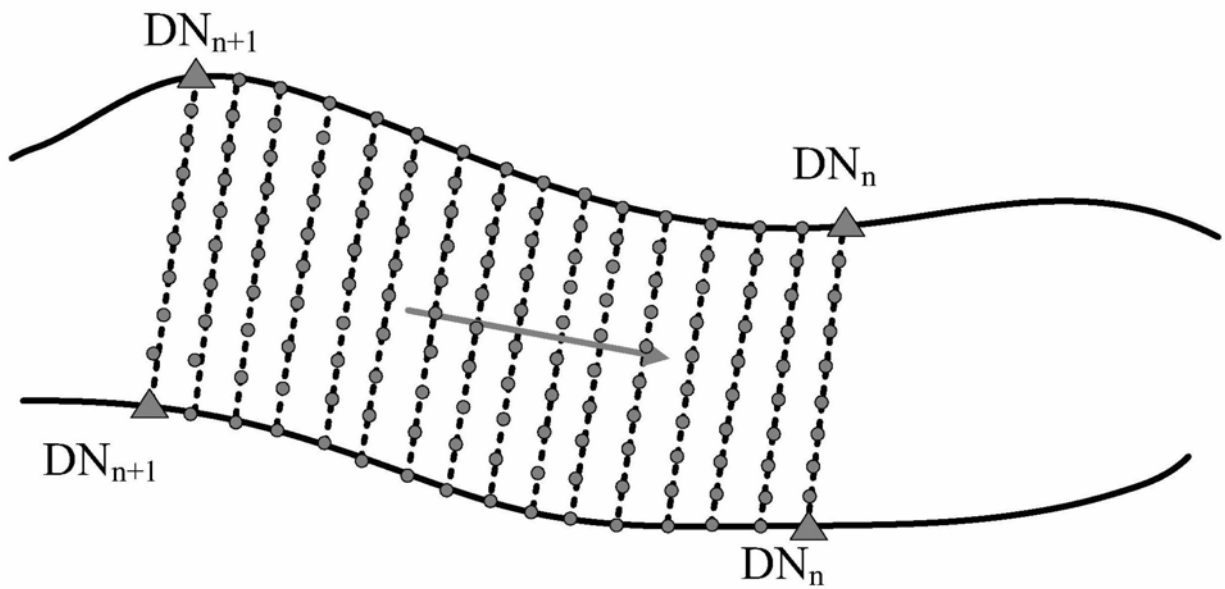
(b)

图5



▲ 采样高程点 ● 加密高程点 DN 已知采样高程断面编号

(a)



▲ 采样高程点 ● 加密高程点 DN 已知采样高程断面编号

(b)

图6

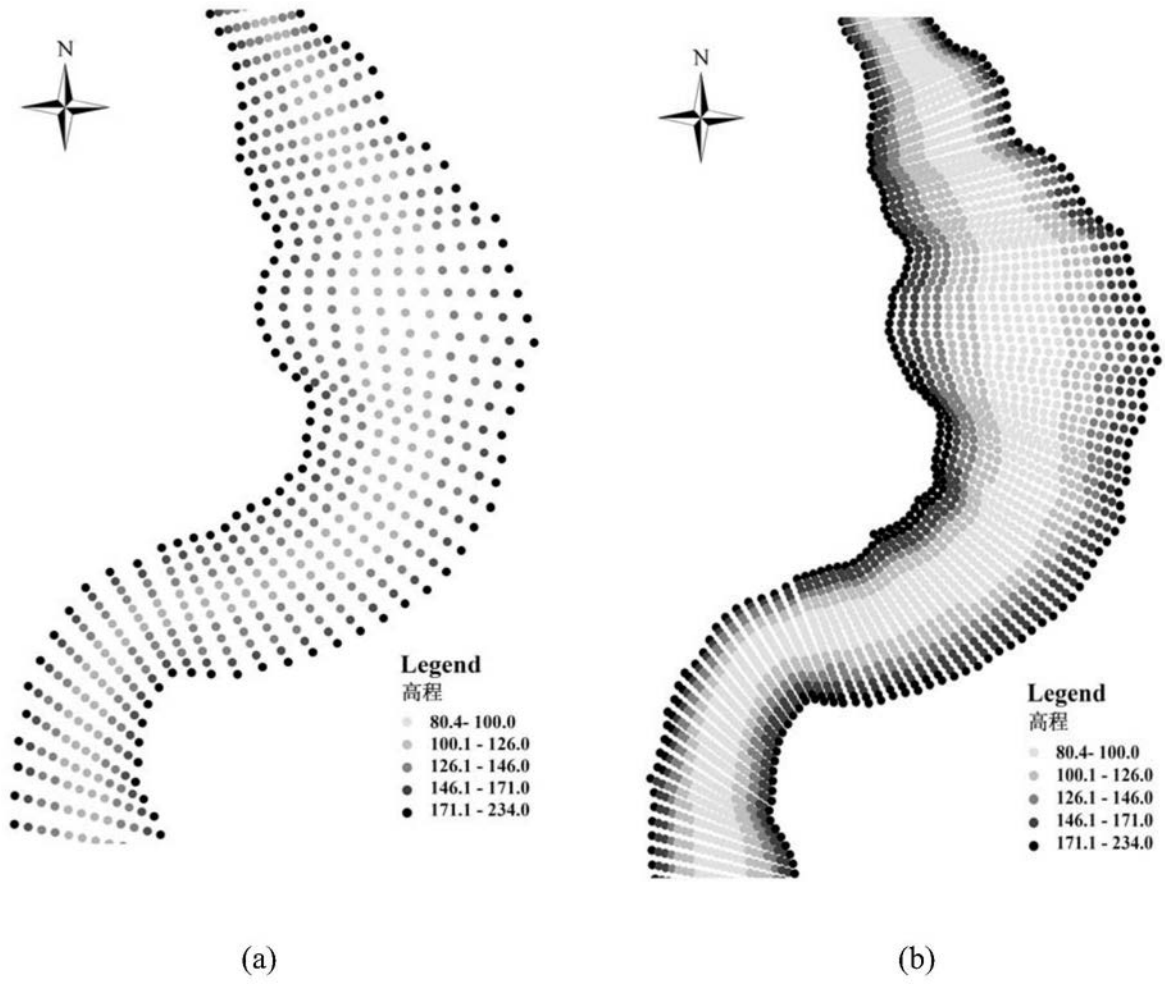
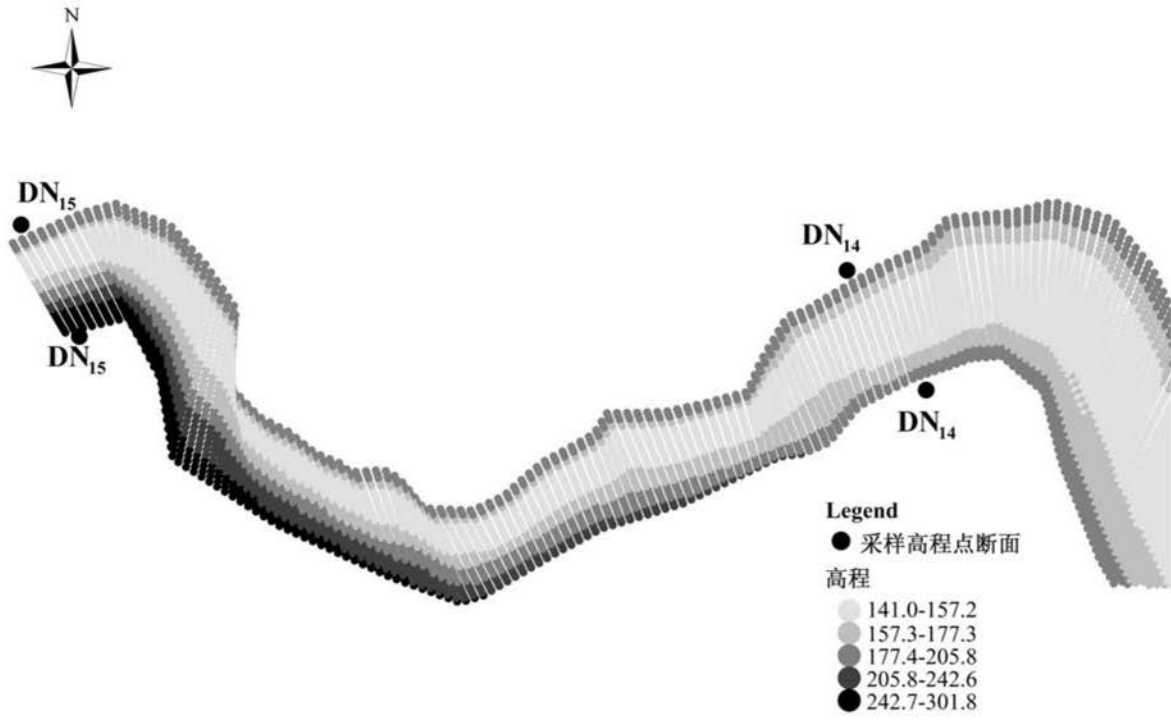
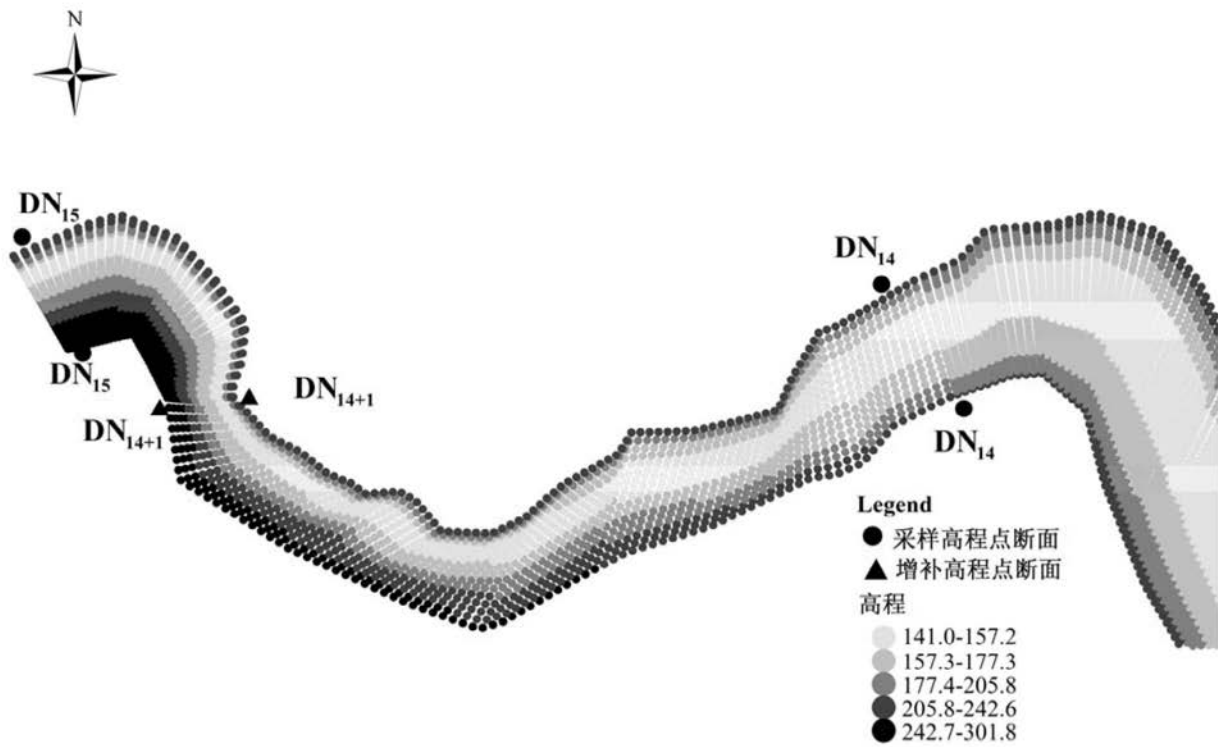


图7



(a)



(b)

图8