



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109344473 A

(43)申请公布日 2019.02.15

(21)申请号 201811085455.2

(22)申请日 2018.09.18

(71)申请人 南京师范大学

地址 210024 江苏省南京市鼓楼区宁海路
122号

(72)发明人 董甜甜 李安波 徐诗宇 闫国年

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所
(普通合伙) 32204

代理人 冯艳芬

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

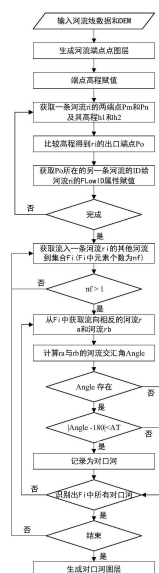
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种基于形态特征的对口河识别方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于形态特征的对口河识别方法,具体包括步骤:首先,基于研究区矢量水系图,结合研究区域的DEM数据,计算河流流向;其次,提取组成河流交汇角的两直线河段,并计算河流交汇角;最后记录所形成河流交汇角为平角的两河流,生成对口河图层。本发明能在已有的矢量水系网图上,通过计算流向、提取直线边、计算河流交汇角等环节,快速实现对口河的自动提取。本发明与现有技术相比,既提高了识别效率,又可有效避免人工操作时的误判和漏判。



1. 一种基于形态特征的对口河识别方法,其特征在于该方法包括:

(1) 基于研究区域的水系矢量线图层和DEM数据,计算每条河流的流向,并将流向信息存储到集合 $ToID = \{t_i | i=0,1,2,\dots,nr-1\}$, t_i 表示河流 r_i 流向的河流序号子集合, nr 为河流个数;

(2) 根据集合 $ToID$,获取流入任一河流 r_i 的所有河流,并将其存储到集合 F_i 中, $i \in 0,1,2,\dots,nr-1$;若集合 F_i 中元素小于2,则执行步骤(6),否则执行步骤(3);(3)从集合 F_i 中获取两条未计算过河流交汇角的河流 r_a 和河流 r_b ,并计算其河流交汇角 θ ;

(4) 当 $|\theta-180|$ 小于用户设置的理想角度与实际角度之间的最大角度差阈值时,判定河流 r_a 和河流 r_b 为对口河,否则判定为非对口河;

(5) 循环执行(3)到(4),直至集合 F_i 中任意两条河流都被处理;

(6) 循环执行(2)到(5),直至所有河流都被处理;

(7) 将所有的对口河生成对口河图层。

2. 根据权利要求1所述的基于形态特征的对口河识别方法,其特征在于:步骤(1)具体包括:

(1-1) 读取研究区域水系矢量线图层中河流线数据到集合 $R = \{r_i | i=0,1,2,\dots,nr-1\}$ 中, i 表示河流序号;

(1-2) 获取集合 R 中所有河流的两个端点,并存储到集合 $P = \{p_j = \{rID_j, H_j\} | j=0,1,2,\dots,np-1\}$ 中, p_j 表示第 j 个点, np 为点个数, rID_j 表示第 j 个点所属河流序号, H_j 第 j 个点的高程属性;

(1-3) 根据研究区域的DEM数据对集合 P 中每一个点的高程属性赋值;

(1-4) 获取集合 P 中任意一条河流 r_i 的两个端点 p_{jm} 和 p_{jn} ,并按照下式从中选出出口端点 $p_{to,i}$, $i \in 0,1,2,\dots,nr-1$;

$$p_{to,i} = \begin{cases} p_{jm}, & \text{当 } H_{jm} < H_{jn} \text{ 时} \\ p_{jn}, & \text{当 } H_{jm} > H_{jn} \text{ 时} \end{cases}$$

(1-5) 根据集合 P 和集合 R ,获取包含点 $p_{to,i}$ 但点 $p_{to,i}$ 不为其出口端点的所有河流,并将这些河流的序号存储到子集合 t_i 中;

(1-6) 循环执行步骤(1-4)到(1-5),直至所有河流被处理,将所有子集合 t_i 组合形成集合 $ToID = \{t_i | i=0,1,2,\dots,nr-1\}$ 。

3. 根据权利要求1所述的基于形态特征的对口河识别方法,其特征在于:步骤(2)具体包括:

(2-1) 读取一条河流 r_i , $i \in 0,1,2,\dots,nr-1$,对于河流 r_i ,获取 $ToID$ 中包含序号 i 的所有河流序号子集合,并将子集合对应的河流放入集合 F_i 中;

(2-2) 若集合 F_i 中元素的个数小于2,则执行步骤(6);否则,执行步骤(3)。

4. 根据权利要求1所述的基于形态特征的对口河识别方法,其特征在于:步骤(3)具体包括:

(3-1) 从集合 F_i 中获取两条未计算过河流交汇角的河流 r_a 和河流 r_b ;

(3-2) 获取河流 r_a 的出口端点,标记为0,并将点0放入空的直线河段集合 Pa 中,设置 $k=2$;

(3-3) 以点0为起点方向,提取河流 r_a 的第k个点放入集合Pa中;

(3-4) 计算当前集合Pa所形成的子河段的直线近似度 S_a ;

(3-5) 若 S_a 小于或等于用户设置的最大直线近似度阈值,且河流 r_a 的端点还未放入集合Pa中,则将 $k=k+1$,返回执行步骤(3-3);否则,执行步骤(3-6);

(3-6) 从集合Pa中删除最后加入的点;

(3-7) 若当前集合Pa所形成的子河段的实际长度 L_a 小于最短平直河段长度阈值 L_T ,则执行步骤(5);否则,执行步骤(3-8);

(3-8) 对于河流 r_b ,按照步骤(3-2)到(3-6)执行,从而得到河流 r_b 的直线河段集合Pb;

(3-9) 分别提取集合Pa、Pb所形成的子河段的终点ae、be;

(3-10) 根据终点ae、be按照下式计算方向向量 n_a 和 n_b ;

$$\begin{cases} n_a = ae.x - O.x, & ae.y - O.y \\ n_b = be.x - O.x, & be.y - O.y \end{cases}$$

式中 $(O.x, O.y)$ 为起点0的坐标, $(ae.x, ae.y)$ 、 $(be.x, be.y)$ 分别为终点ae、be的坐标;

(3-11) 采用下式计算河流交汇角 θ :

$$\theta = \arccos\left(\frac{n_a.x * n_b.x + n_a.y * n_b.y}{\sqrt{n_a.x^2 + n_a.y^2} * \sqrt{n_b.x^2 + n_b.y^2}}\right)$$

式中, $(n_a.x, n_a.y)$ 为向量 n_a 的坐标值, $(n_b.x, n_b.y)$ 为向量 n_b 的坐标值。

5. 根据权利要求4所述的基于形态特征的对口河识别方法,其特征不在于:步骤(3-4)中直线近似度 S_a 的计算公式为:

$$S_a = \frac{\|O - ae\|}{Len(O, ae)}$$

式中, ae为Pa所形成的子河段的终点, $\|O - ae\|$ 表示Pa所形成的子河段的实际长度, $Len(O, ae)$ 表示点0与ae之间的理想直线长度。

一种基于形态特征的对口河识别方法

技术领域

[0001] 本发明涉及地理信息技术和水文学领域,尤其涉及一种基于形态特征的对口河识别方法。

背景技术

[0002] 河流是作用于地球表层的最广泛和活跃的外营力,是陆地水循环的主要路径。水系是不同等级的河流在流域内构成的河道系统。除了受自然环境的控制,水系形态特征的形成还受到地质构造的影响,从而在平面图形上会呈现出特有的具有展部排列规律的排列。前人已有大量研究表明水系样式、河流阶地、河谷形态等都会对褶皱和断裂等构造活动做出积极响应。通过对水系密度和形态特征等水系特性的分析,能够间接的实现地质构造和地壳运动的解析。

[0003] 对口河的基本特征表现为两条河流从两边向一个中心处汇流,且这两条河流近似在一条直线上。现阶段基于形态特征对特定河流的识别大多都是由解译人员人工完成的,解译人员在关于水系的专题地图上,借助自身的专业知识和判读经验,对水系的形态特征做出区分判断,进而识别出特定河流。相比之下,借助计算机自动化通过识别水系形态特征来识别特定河流的研究还有待进一步发展。

发明内容

[0004] 发明目的:本发明针对现有技术存在的问题,提供一种基于形态特征的对口河识别方法,本发明从对口河的形态特征出发,通过计算河流流向、计算河流交汇角等环节,形成一种高效的对口河自动识别方法。

[0005] 技术方案:本发明所述的基于形态特征的对口河识别方法包括:

[0006] (1) 基于研究区域的水系矢量线图层和DEM数据,计算每条河流的流向,并将流向信息存储到集合 $ToID = \{t_i | i = 0, 1, 2, \dots, nr-1\}$, t_i 表示河流 r_i 流向的河流序号子集合, nr 为河流个数;

[0007] (2) 根据集合 $ToID$,获取流入任一河流 r_i 的所有河流,并将其存储到集合 F_i 中, $i \in 0, 1, 2, \dots, nr-1$;若集合 F_i 中元素小于2,则执行步骤(6),否则执行步骤(3);

[0008] (3) 从集合 F_i 中获取两条未计算过河流交汇角的河流 r_a 和河流 r_b ,并计算其河流交汇角 θ ;

[0009] (4) 当 $|\theta - 180|$ 小于用户设置的理想角度与实际角度之间的最大角度差阈值时,判定河流 r_a 和河流 r_b 为对口河,否则判定为非对口河;

[0010] (5) 循环执行(3)到(4),直至集合 F_i 中任意两条河流都被处理;

[0011] (6) 循环执行(2)到(5),直至所有河流都被处理;

[0012] (7) 将所有的对口河生成对口河图层。

[0013] 进一步的,步骤(1)具体包括:

[0014] (1-1) 读取研究区域水系矢量线图层中河流线数据到集合 $R = \{r_i | i = 0, 1,$

2.....nr-1} 中, i 表示河流序号;

[0015] (1-2) 获取集合 R 中所有河流的两个端点, 并存储到集合 $P = \{p_j = \{rID_j, H_j\} \mid j=0, 1, 2, \dots, np-1\}$ 中, p_j 表示第 j 个点, np 为点个数, rID_j 表示第 j 个点所属河流序号, H_j 第 j 个点的高程属性;

[0016] (1-3) 根据研究区域的 DEM 数据对集合 P 中每一个点的高程属性赋值;

[0017] (1-4) 获取集合 P 中任意一条河流 r_i 的两个端点 p_{jm} 和 p_{jn} , 并按照下式从中选出出口端点 $p_{to,i}$, $i \in 0, 1, 2, \dots, nr-1$;

$$[0018] \quad p_{to,i} = \begin{cases} p_{jm}, & \text{当 } H_{jm} < H_{jn} \text{ 时} \\ p_{jn}, & \text{当 } H_{jm} > H_{jn} \text{ 时} \end{cases}$$

[0019] (1-5) 根据集合 P 和集合 R , 获取包含点 $p_{to,i}$ 但点 $p_{to,i}$ 不为其出口端点的所有河流, 并将这些河流的序号存储到子集合 t_i 中;

[0020] (1-6) 循环执行步骤 (1-4) 到 (1-5), 直至所有河流被处理, 将所有子集合 t_i 组合形成集合 $ToID = \{t_i \mid i=0, 1, 2, \dots, nr-1\}$ 。

[0021] 进一步的, 步骤 (2) 具体包括:

[0022] (2-1) 读取一条河流 r_i , $i \in 0, 1, 2, \dots, nr-1$, 对于河流 r_i , 获取 $ToID$ 中包含序号 i 的所有河流序号子集合, 并将子集合对应的河流放入集合 F_i 中;

[0023] (2-2) 若集合 F_i 中元素的个数小于 2, 则执行步骤 (6); 否则, 执行步骤 (3)。

[0024] 进一步的, 步骤 (3) 具体包括:

[0025] (3-1) 从集合 F_i 中获取两条未计算过河流交汇角的河流 r_a 和河流 r_b ;

[0026] (3-2) 获取河流 r_a 的出口端点, 标记为 0, 并将点 0 放入空的直线河段集合 Pa 中, 设置 $k=2$;

[0027] (3-3) 以点 0 为起点方向, 提取河流 r_a 的第 k 个点放入集合 Pa 中;

[0028] (3-4) 计算当前集合 Pa 所形成的子河段的直线近似度 S_a ;

[0029] (3-5) 若 S_a 小于或等于用户设置的最大直线近似度阈值, 且河流 r_a 的端点还未放入集合 Pa 中, 则将 $k=k+1$, 返回执行步骤 (3-3); 否则, 执行步骤 (3-6);

[0030] (3-6) 从集合 Pa 中删除最后加入的点;

[0031] (3-7) 若当前集合 Pa 所形成的子河段的实际长度 L_a 小于最短平直河段长度阈值 LT , 则执行步骤 (5); 否则, 执行步骤 (3-8);

[0032] (3-8) 对于河流 r_b , 按照步骤 (3-2) 到 (3-6) 执行, 从而得到河流 r_b 的直线河段集合 P_b ;

[0033] (3-9) 分别提取集合 Pa 、 P_b 所形成的子河段的终点 ae 、 be ;

[0034] (3-10) 根据终点 ae 、 be 按照下式计算方向向量 n_a 和 n_b ;

$$[0035] \quad \begin{cases} n_a = ae.x - O.x, & ae.y - O.y \\ n_b = be.x - O.x, & be.y - O.y \end{cases}$$

[0036] 式中 $(O.x, O.y)$ 为起点 0 的坐标, $(ae.x, ae.y)$ 、 $(be.x, be.y)$ 分别为终点 ae 、 be 的坐标;

[0037] (3-11) 采用下式计算河流交汇角 θ :

$$[0038] \quad \theta = \arccos\left(\frac{n_a.x * n_b.x + n_a.y * n_b.y}{\sqrt{n_a.x^2 + n_a.y^2 * n_b.x^2 + n_b.y^2}}\right)$$

[0039] 式中, $(n_a.x, n_a.y)$ 为向量 n_a 的坐标值, $(n_b.x, n_b.y)$ 为向量 n_b 的坐标值。

[0040] 进一步的, 步骤 (3-4) 中直线近似度 S_a 的计算公式为:

$$[0041] \quad S_a = \frac{\|O - ae\|}{Len(O, ae)}$$

[0042] 式中, ae 为 Pa 所形成的子河段的终点, $\|O - ae\|$ 表示 Pa 所形成的子河段的实际长度, $Len(O, ae)$ 表示点 O 与 ae 之间的理想直线长度。

[0043] 有益效果: 本发明与现有技术相比, 其显著优点是: 本发明从对口河的形态特征出发, 通过计算河流流向、计算河流交汇角等环节, 形成一种高效的对口河自动识别方法, 既提高了识别效率, 又可有效避免人工操作时的误判和漏判。

附图说明

[0044] 图1是本实施例中采用的实验数据图;

[0045] 图2是本发明提供的基于形态特征的对口河自动识别方法的流程图;

[0046] 图3是所有河流的端点示意图;

[0047] 图4是本发明中计算夹角的流程图;

[0048] 图5是本发明中河流交汇角的示意图。

[0049] 图6是本实施例中提取的对口河示意图。

具体实施方式

[0050] 下面对本发明技术方案进行详细说明, 本实例的实验数据采用的是庐山地区的水系数据 (图1)。区内水系类型丰富, 且构造运动对其形态形成的影响作用较为明显。下面结合附图, 并通过描述一个具体的实施例, 来进一步说明。

[0051] 如图2所示, 本实施例提供的基于形态特征的对口河识别方法具体包括以下步骤:

[0052] (1) 基于研究区域的水系矢量线图层和DEM数据, 计算每条河流的流向, 并将流向信息存储到集合 $ToID = \{t_i | i = 0, 1, 2, \dots, nr-1\}$, t_i 表示河流 r_i 流向的河流序号子集合, nr 为河流个数。本实施例中, $nr = 196$ 。

[0053] (1-1) 读取研究区域水系矢量线图层中河流线数据到集合 $R = \{r_i | i = 0, 1, 2, \dots, nr-1\}$ 中, i 表示河流序号;

[0054] (1-2) 获取集合 R 中所有河流的两个端点, 并存储到集合 $P = \{p_j = \{rID_j, H_j\} | j = 0, 1, 2, \dots, np-1\}$ 中, p_j 表示第 j 个点, np 为点个数, rID_j 表示第 j 个点所属河流序号, H_j 第 j 个点的高程属性; 本实施例中, 集合 P 如图3所示, $np = 398$;

[0055] (1-3) 根据研究区域的DEM数据对集合 P 中每一个点的高程属性赋值;

[0056] (1-4) 获取集合 P 中任意一条河流 r_i 的两个端点 p_{jm} 和 p_{jn} , 并按照下式从中选出口端点 $p_{to,i}$, $i = 0, 1, 2, \dots, nr-1$;

$$[0057] \quad p_{to,i} = \begin{cases} p_{jm}, & \text{当 } H_{jm} < H_{jn} \text{ 时} \\ p_{jn}, & \text{当 } H_{jm} > H_{jn} \text{ 时} \end{cases}$$

[0058] 例如,河流 r_0 两端点分别为 p_0 和 p_1 ,因为 $H_0 < H_1$,所以河流 r_0 的出口端点 $p_{to,0} = p_1$;

[0059] (1-5) 根据集合P和集合R,获取包含点 $p_{to,i}$ 但点 $p_{to,i}$ 不为其出口端点的所有河流,并将这些河流的序号存储到子集合 t_i 中;例如,河流 r_0 的出口端点为 p_1 ,不存在符合条件的河流,所以 t_0 中不赋值;河流 r_3 的出口端点为 p_7 ,只有一条河流要素 r_2 满足条件,所有只将序号2存储到集合 t_3 中;

[0060] (1-6) 循环执行步骤(1-4)到(1-5),直至所有河流被处理,将所有子集合 t_i 组合形成集合 $ToID = \{t_i | i=0,1,2,\dots,nr-1\}$ 。

[0061] (2) 根据集合 $ToID$,获取流入任一河流 r_i 的所有河流,并将其存储到集合 F_i 中, $i \in 0,1,2,\dots,nr-1$ 。若集合 F_i 中元素小于2,则执行步骤(6),否则执行步骤(3)。

[0062] 该步骤具体包括:

[0063] (2-1) 读取一条河流 r_i , $i \in 0,1,2,\dots,nr-1$,对于河流 r_i ,获取 $ToID$ 中包含序号 i 的所有的河流序号子集合,并将子集合对应的河流放入集合 F_i 中;例如,包含序号1的河流序号子集合有 t_6 和 t_{17} ,则将序号6和17放入集合 F_1 中;

[0064] (2-2) 若集合 F_i 中元素的个数小于2,则执行步骤(6);否则,执行步骤(3)。

[0065] (3) 从集合 F_i 中获取两条未计算过河流交汇角的河流 r_a 和河流 r_b ,并计算其河流交汇角 θ 。

[0066] 如图4所示,该步骤具体包括:

[0067] (3-1) 从集合 F_i 中获取两条未计算过河流交汇角的河流 r_a 和河流 r_b ;例如,选取 r_6 和 r_{17} ;

[0068] (3-2) 获取河流 r_a 的出口端点,标记为0,并将点0放入空的直线河段集合 Pa 中,设置 $k=2$;本实施例中,河流 r_6 的出口端点即点0为(39393875.0,3278630.0);

[0069] (3-3) 以点0为起点方向,提取河流 r_a 的第 k 个点放入集合 Pa 中;

[0070] (3-4) 计算当前集合 Pa 所形成的子河段的直线近似度 S_a :

$$[0071] \quad S_a = \frac{\|O - ae\|}{Len(O, ae)}$$

[0072] 式中, ae 为 Pa 所形成的子河段的终点, $\|O - ae\|$ 表示 Pa 所形成的子河段的实际长度, $Len(O, ae)$ 表示点0与 ae 之间的理想直线长度

[0073] (3-5) 若 S_a 小于或等于用户设置的最大直线近似度阈值,且河流 r_a 的端点还未放入集合 Pa 中,则将 $k=k+1$,返回执行步骤(3-3);否则,执行步骤(3-6);本实施例中,设置的最大直线近似度阈值 $ST=1.05$;

[0074] (3-6) 从集合 Pa 中删除最后加入的点;本实施例中,河流 r_6 第17次循环提取点放入集合 Pa 后直线近似度 $S_a = 1.069 > ST$,集合 Pa 中删除最后加入的点(39393820.3,3278470.7);

[0075] (3-7) 若当前集合 Pa 所形成的子河段的实际长度 La 小于最短平直河段长度阈值 LT ,则执行步骤(5);否则,执行步骤(3-8);本实施例中,用户设置的最短平直河段长度 $LT=100m$;

[0076] (3-8) 对于河流 r_b ,按照步骤(3-2)到(3-6)执行,从而得到河流 r_b 的直线河段集合 P_b ;

[0077] (3-9) 分别提取集合 P_a 、 P_b 所形成的子河段的终点 ae 、 be ;本实施例中,本实施例中,当河流 r_a 为 r_6 ,河流要素 r_b 为 r_{17} 时,终点 $ae = (39393848.1, 3278497.7)$, $be = (39394270.4, 3278060.2)$,如图5所示;

[0078] (3-10) 根据终点 ae 、 be 按照下式计算方向向量 n_a 和 n_b ;

$$[0079] \quad \begin{cases} n_a = ae.x - O.x, & ae.y - O.y \\ n_b = be.x - O.x, & be.y - O.y \end{cases}$$

[0080] 式中 $(O.x, O.y)$ 为起点 O 的坐标, $(ae.x, ae.y)$ 、 $(be.x, be.y)$ 分别为终点 ae 、 be 的坐标;本实施例中,当河流 r_a 为 r_6 ,河流要素 r_b 为 r_{17} 时, $n_a = (-26.8, -132.3)$, $n_b = (395.4, -569.8)$;

[0081] (3-11) 采用下式计算河流交汇角 θ :

$$[0082] \quad \theta = \arccos\left(\frac{n_a.x * n_b.x + n_a.y * n_b.y}{\sqrt{n_a.x^2 + n_a.y^2} * \sqrt{n_b.x^2 + n_b.y^2}}\right)$$

[0083] 式中, $(n_a.x, n_a.y)$ 为向量 n_a 的坐标值, $(n_b.x, n_b.y)$ 为向量 n_b 的坐标值。本实施例中,当河流 r_a 为 r_6 ,河流要素 r_b 为 r_{17} 时, $\theta = 46.2^\circ$ 。

[0084] (4) 当 $|\theta - 180|$ 小于用户设置的理想角度与实际角度之间的最大角度差阈值时,判定河流 r_a 和河流 r_b 为对口河,否则判定为非对口河。本实施例中,用户设置的理想角度与实际角度之间的最大角度差阈值 $AT = 15^\circ$,河流 r_6 和 r_{17} 的河流交汇角 θ 为 46.2° ,因为 $|46.2^\circ - 180^\circ| > 15^\circ$,所以河流 r_6 和 r_{17} 不是对口河;

[0085] (5) 循环执行(3)到(4),直至集合 F_i 中任意两条河流被处理。

[0086] (6) 循环执行(2)到(5),直至所有河流都被处理。

[0087] (7) 将所有的对口河生成对口河图层。如图6所示。

[0088] 以上所揭露的仅为本发明一种较佳实施例而已,不能以此来限定本发明之权利范围,因此依本发明权利要求所作的等同变化,仍属本发明所涵盖的范围。

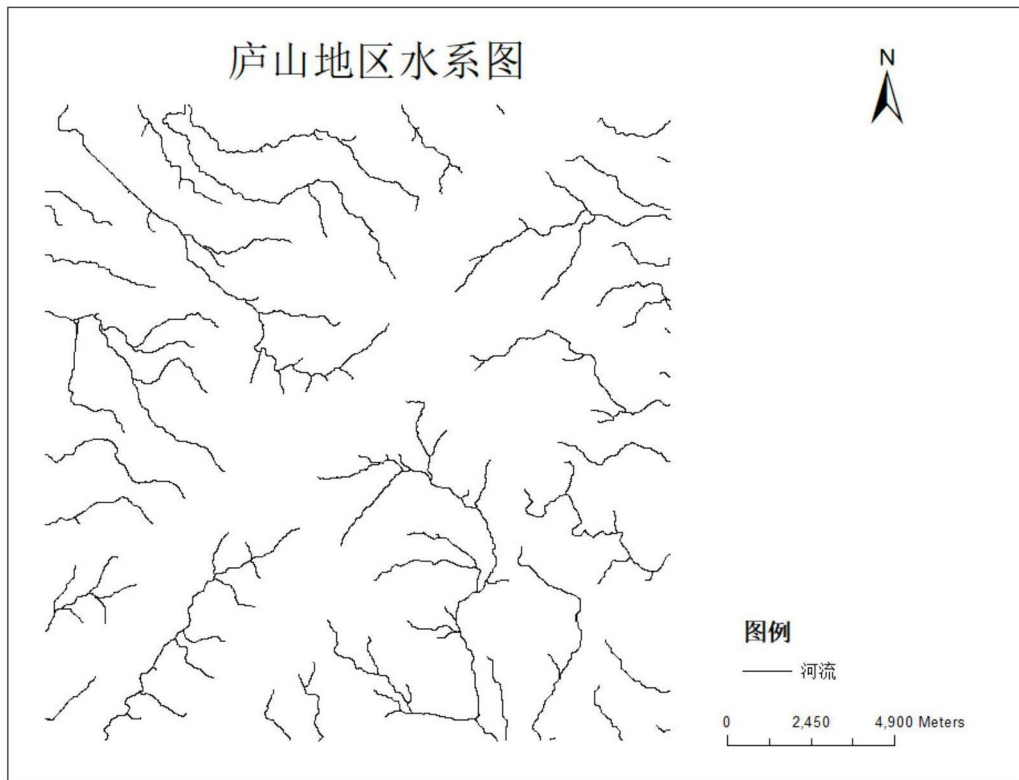


图1

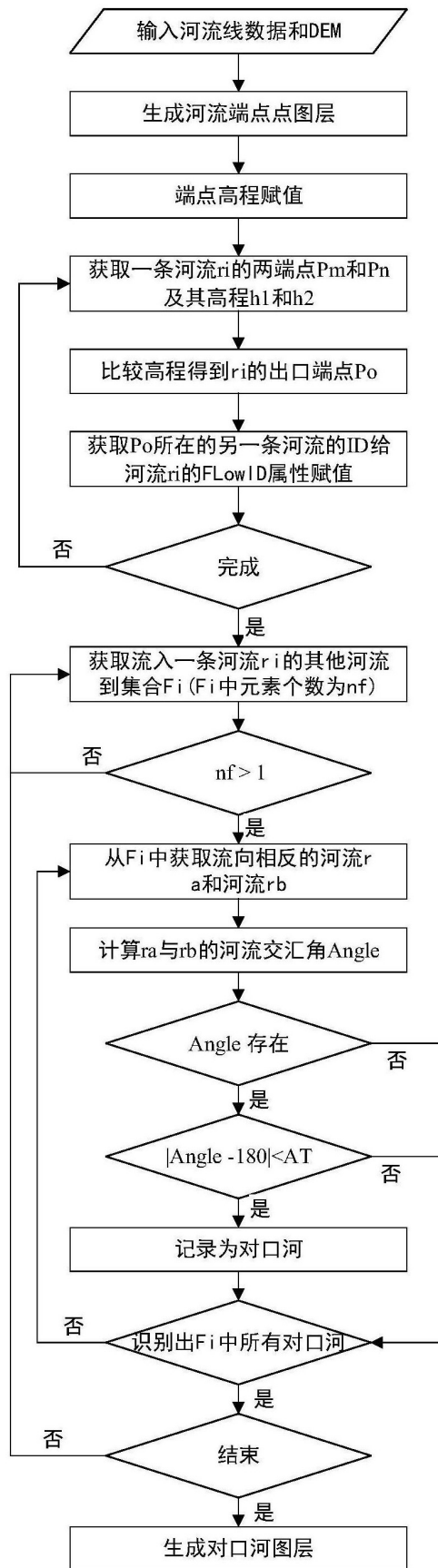


图2

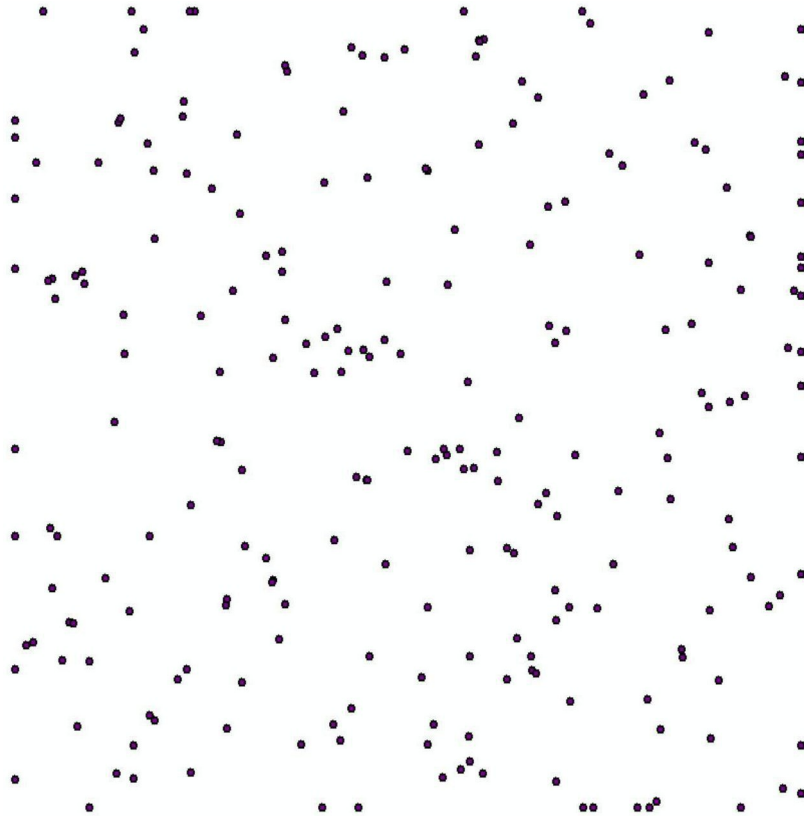


图3

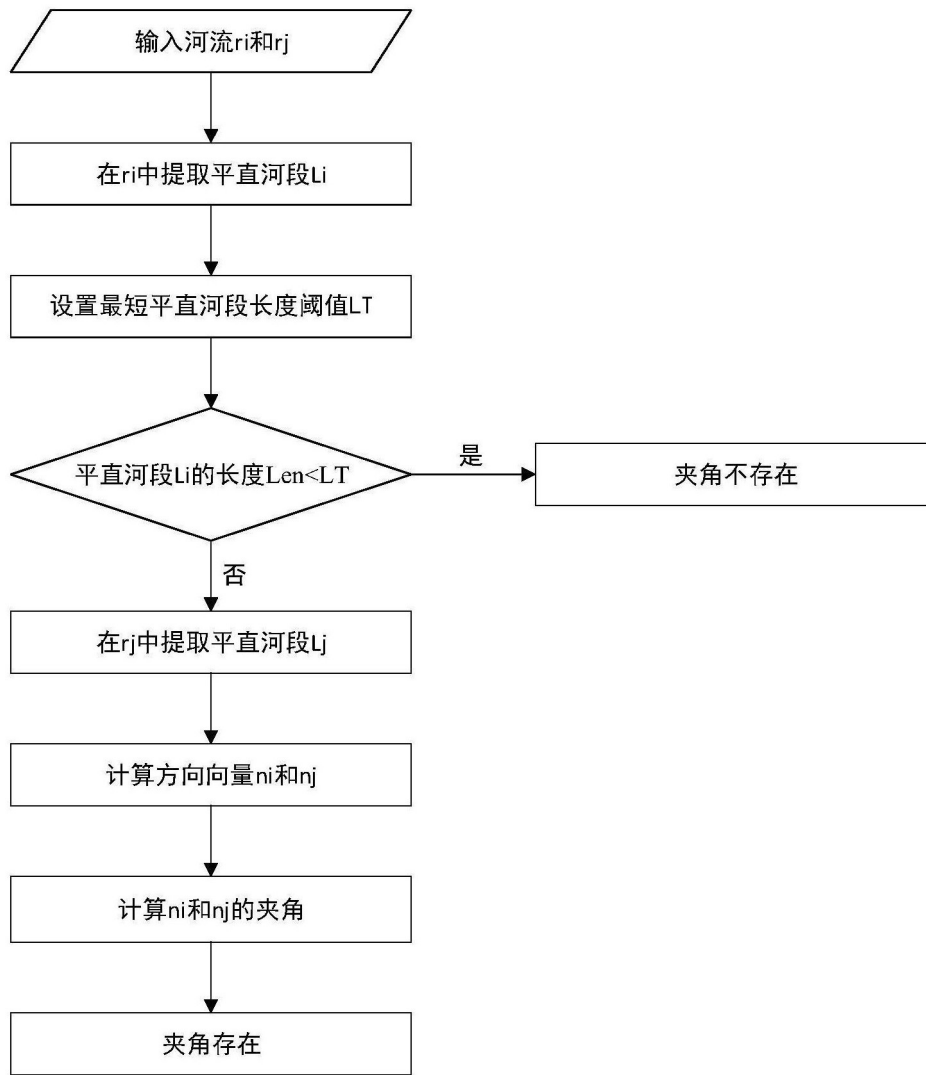


图4

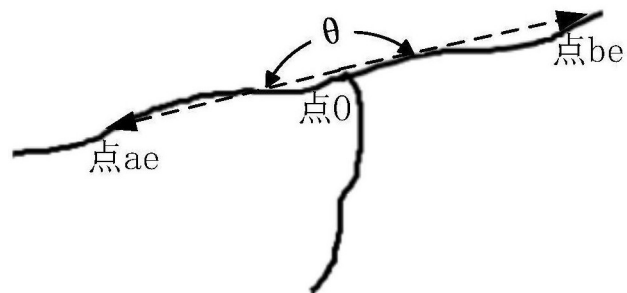


图5

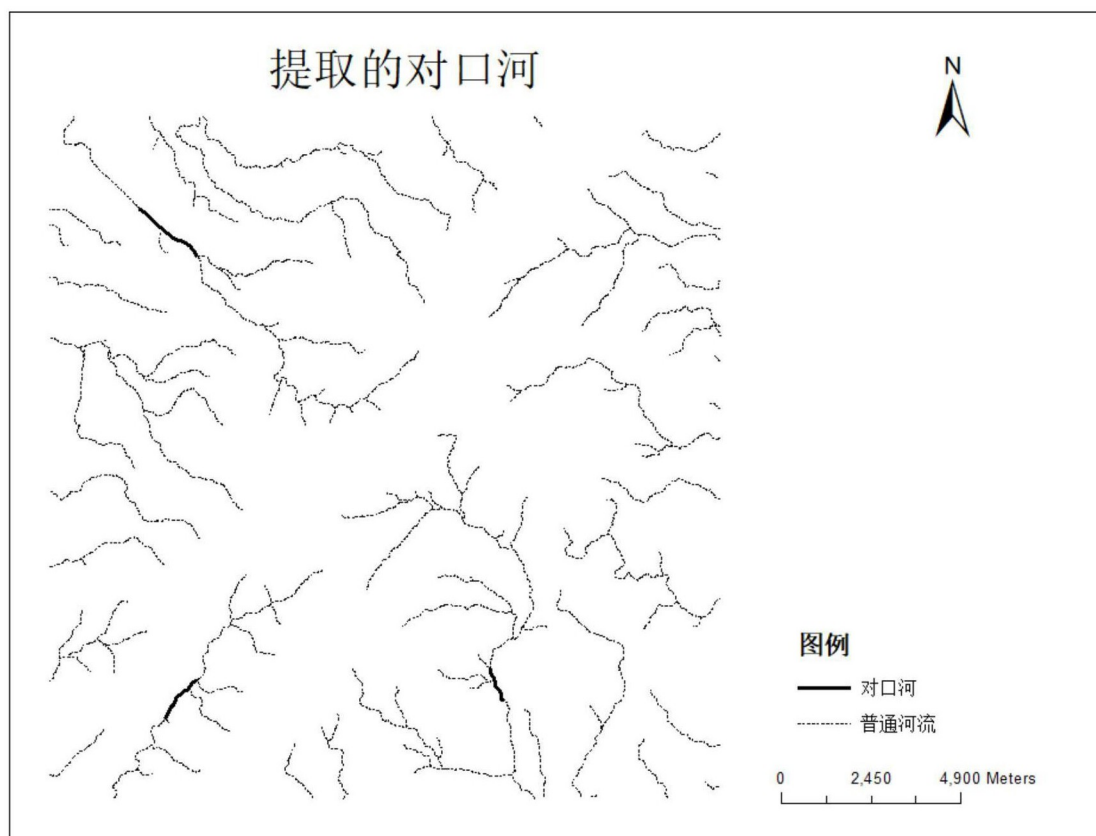


图6