



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118940552 B

(45) 授权公告日 2024. 12. 27

(21) 申请号 202411428947.2

(22) 申请日 2024.10.14

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118940552 A

(43) 申请公布日 2024.11.12

(73) 专利权人 湖南科技大学

地址 411201 湖南省湘潭市雨湖区和平街
道桃园路2号

(72) 发明人 韩用顺 杨鑫 方军 王云

张东水 马开森 杨易之 邓慧婷

刘雅畅 张润林

(74) 专利代理机构 北京知艺互联知识产权代理
有限公司 16137

专利代理师 孙一方

(51) Int.Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 30/13 (2020.01)

G06F 111/08 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 117116382 A, 2023.11.24

CN 118246783 A, 2024.06.25

审查员 张敏

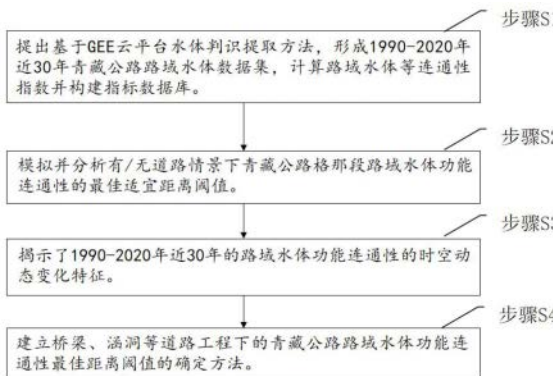
权利要求书3页 说明书12页 附图18页

(54) 发明名称

路域水体功能连通性阈值确定方法及趋势
研判分析系统

(57) 摘要

本发明公开了一种路域水体功能连通性阈值确定方法及趋势研判分析系统,属于水体连通性领域,其中路域水体功能连通性阈值确定方法包括以下步骤:提出基于GEE云平台水体判识提取方法,形成30年间公路路域水体数据集,计算路域水体等连通性指数并构建指标数据库;模拟并分析有无道路情景下公路路域水体功能连通性的最佳适宜距离阈值;揭示30年间的公路路域水体功能连通性的时空动态变化特征;建立桥梁、涵洞等道路工程下的公路路域水体功能连通性最佳距离阈值确定方法,并设计研制路域功能连通性阈值确定方法及趋势研判分析系统。本发明根据水体的时间变化特征,设置不同情景,并对水体连通性进行评价,为路域条件下的水体连通性提供数据支撑。



1. 一种路域水体功能连通性阈值确定方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤S1:提出基于GEE云平台水体判识的提取方法,形成若干年公路路域水体数据集,计算路域水体连通性指数并构建指标数据库;

步骤S2:模拟并分析在有无道路情景下公路路域水体功能连通性的最佳距离阈值;

步骤S3:揭示若干年公路路域水体功能连通性的时空动态变化特征;

步骤S4:建立桥梁、涵洞道路工程下的公路路域水体功能连通性最佳距离阈值的确定方法;

步骤S5:通过上述步骤设计研制路域功能连通性阈值确定方法及趋势研判分析系统;

步骤S1包括以下步骤:

S101.基于GEE云平台计算影像的 *EVI* 指数,建立路域水体数据集;

EVI 的计算公式为:

$$EVI = 2.5 * (NIR - R) / (NIR + 6 * R - 7.5 * B + 1);$$

其中 *NIR* 代表近红外波段反射率, *R* 代表红波段的反射率, *B* 为蓝光波段的反射率;

S102.设置 $EVI < 0.1$,剔除植被对水体造成的影响;

S103.建立基于GEE-MNDWI-大津算法Ostu的水体提取模型,自动确定图像的最佳二值化阈值;

S104.使用 processImagewater 函数处理影像,计算MNDWI的直方图并使用大津算法确定阈值并生成水体掩膜;

S105.利用getYearlywater函数获取公路路段30年间的水体影像数据集;

S106.将数据导入ARCGIS10.7中,将水体的栅格数据通过栅格转要素工具转为矢量文件并产生节点文件和连接文件;通过ArcGIS10.7,为水体添加编号字段和属性字段,并在ArcGIS10.7的插件Coneforinputs中产生所需的节点文件和连接文件,节点文件为水体斑块的面

S107.确定距离阈值,设定100m、200m、400m、500m、1000m、2000m、5000m、10000m及20000m共9个距离阈值对30年间的水体功能连通性进行分析,将对阈值范围进行拓宽,设定100m、200m、400m、500m、750m、1000m、2000m、3000m、4000m、5000m、10000m及20000m共12个距离阈值对30年间最后一年

S108.获取节点文件和连接文件后,依据S105设定的距离阈值,通过软件Conefor2.6计算水体的功能连通性;

S109.选取链接数、组分数、景观重合概率指数、整体连通性指数、可能连通性指数及斑块重要性指数综合分析路域水体的功能连通性及其最适距离阈值。

2.根据权利要求1所述的路域水体功能连通性阈值确定方法,其特征在于:步骤S109中,链接数 *NL* 指研究区内水体斑块之间的连接数量;

组分数 *NC* 指功能或者结构上相互连接的斑块组成的整体,孤立的水体斑块会形成一个组件且不同的组件中无功能关系,其中最大组分斑块数指斑块数量最多的组分数,最大组分面积指斑块数量最多的组分数的面积;

景观重合概率指数:

$$LCP = \sum_{i=1}^{NC} \left(\frac{c_i}{A_L} \right)^2;$$

式中, NC 为组分数, c_i 是组成部分 i 的所有斑块的大小之和, A_L 是研究区的总面积;

整体连通性指数 IIC : 是基于二元连接的模型, 说明其任意两个水体斑块之间直接连通的情况;

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i \bullet a_j}{1 + nl_{ij}}}{A_L^2};$$

式中, n 为水体斑块的数量; a_i 和 a_j 分别为斑块 i 和 j 的面积; nl_{ij} 为斑块 i 与斑块 j 间最短路径上的链接数; A_L 为研究区的总面积, $0 \leq IIC \leq 1$;

可能连通性指数 PC : 是指研究区内水体斑块可能的扩散的概率, 基于概率模型;

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i \bullet a_j \bullet p_{ij}^*}{A_L^2};$$

式中, p_{ij}^* 为斑块 i 和 j 间最大扩散概率, $0 < PC < 1$, A_L 为研究区的总面积;

斑块重要性指数 dPC :

$$dPC = \frac{PC - PC_{\text{remove}}}{PC} \times 100\%;$$

式中, PC_{remove} 表示剔除某斑块后的连接度指数。

3. 根据权利要求2所述的路域水体功能连通性阈值确定方法, 其特征在于: 步骤S2包括以下步骤:

S201. 采用国际常用标准, 设置有无道路情景, 确定不同等级公路影响缓冲区距离: 其中高速公路的影响域为1000m, 国道为500m, 省道为500m, 县道为250m及乡道为100m, 并在ARCGIS中用擦除命令将路网影响域从景观生境中擦除作为有道路的情景;

S202. 在没有道路的情景下, 将阈值划分为以下4个区间:

距离阈值为100-500m, NC 值下降, NL 值增加, 最大组分斑块数增加, 最大组分面积增加;

距离阈值为500-1000m, NC 值减少, 最大组分斑块数增加, 最大组分面积增加;

距离阈值为1000-3000m, NC 值减少, 最大组分斑块数增加, 最大组分面积增加, 景观重合概率指数增加;

距离阈值为>3000m, 组分数减小, 最大组分斑块数和最大组分面积增加, 景观重合概率指数增加;

通过分析选择500-1000m的距离阈值范围内进行功能连通性的研究;

S203.在有道路的情景下, LCP 、 IIC 及 PC 指数的均值下降。

4.根据权利要求3所述的路域水体功能连通性阈值确定方法,其特征在于:步骤S202中,距离阈值为100-500m, NC 值由2223下降至1221, NL 值由543增加至2031,最大组分斑块数由15增加到88,最大组分面积由16.967km²增加至19.257km²;

距离阈值为500-1000m, NC 值由1221减少至664,最大组分斑块数由88增加到180,最大组分面积从19.257km²增加至29.328km²;

距离阈值为1000-3000m, NC 值由664减少至157,最大组分斑块数由180增加到830,最大组分面积从29.328km²增加至142.071km²,景观重合概率指数从0.581增加至0.826;

距离阈值为>3000m,组分数减小至3,随着距离阈值的不断增加,水体斑块的组分数将会减小至1且不变化,所有的斑块同属于1个组分;

步骤S203中, LCP 、 IIC 及 PC 指数的均值分别由0.685、0.529及0.579下降至0.669、0.526及0.560。

5.根据权利要求4所述的路域水体功能连通性阈值确定方法,其特征在于:步骤S3包括以下步骤:

S301.确定距离阈值范围为500-1000m,通过计算不同年份的整体连通性指数 IIC 和可能连通性指数 PC 来判断在不同的距离阈值下,指数的变化趋势是否相同;

S302.考虑野生动植物迁徙的扩散情况,初步将距离阈值定为500m进行研究,在距离阈值为500m时, ICC 增加, PC 增加;

S303.利用ARCGIS软件,按照自然间断点的方法将斑块重要性指数 dPC 分为5个等级,分别为高等级、较高等级、中等级、较低等级及低等级。

6.根据权利要求5所述的路域水体功能连通性阈值确定方法,其特征在于:步骤S302中,在距离阈值为500m时, IIC 从0.127增加至0.429, PC 由0.139增加至0.442;30年间组分分数的变化呈现三峰两谷的趋势。

7.根据权利要求6所述的路域水体功能连通性阈值确定方法,其特征在于:步骤S4包括以下步骤:

S401.在公路沿线开展水体连通度的野外考察及现场调研工作,完成公路沿线的现场拍照、录像、记录、无人机拍摄、三维激光扫描,得到桥梁和隧道的实地点位数据;

S402.将数据导入ARCGIS中,分析不同道路布设形式对水体连通性造成的影响范围。

8.根据权利要求1-7任一项所述的一种路域水体功能连通性阈值确定方法的趋势研判分析系统,其特征在于:包括

数据获取及指数构建模块:基于GEE平台进行路域水体的判识提取,形成公路路段30年间的水体数据集,计算路域水体等连通性指数并建立指标数据库;

路域水体功能连通性阈值确定模块:模拟并分析有无道路情景下公路路段路域水体功能连通性的最佳适宜距离阈值;

路域水体功能连通性动态变化模块:获取30年间的路域水体功能连通性的时空动态变化特征;

道路工程下阈值确定模块:建立桥梁、涵洞道路工程下的公路路域水体功能连通性最佳距离阈值的确定方法。

路域水体功能连通性阈值确定方法及趋势研判分析系统

技术领域

[0001] 本发明涉及水体连通性技术领域,尤其是涉及一种路域水体功能连通性阈值确定方法及趋势研判分析系统。

背景技术

[0002] 近些年来,连通性已经成为水文和生态研究的重点,连通性会影响景观要素之间的流动。水体连通性尤其重要,水体连通性与水文循环要素内部或之间以水为媒介的物质、能量和生物的传输有关,是描述和预测水体对气候和景观变化反应的一个重要特征。水体连通性是指水体之间在物理上相互连接的程度,这包括河流、湖泊、湿地、地下水体等之间的自然流动或人工渠道连接。良好的水体连通性对于维持生态系统健康至关重要,它有助于:

[0003] 物种迁移与基因交流:促进水生生物在不同水体间的迁徙,增加生物多样性;水质净化:水流的交换可以分散污染物,帮助水体自然净化;洪水调节:连通的水系能更有效地接纳和输送雨水,减少洪涝灾害风险;水资源管理:对于饮用水供应、灌溉、工业用水等,连通性保证了水资源的有效分配和利用。

[0004] 水体连通性包括结构和功能连通性两类,结构连通性指的是水体之间物理连接的状态,包括是否存在直接的水流通道、这些通道的宽度、深度、连续性等物理特征。这涉及到河流网络的完整性、河岸带的状况、以及是否存在如水坝、桥梁、道路等人为障碍物。功能连通性则关注这些物理连接如何影响水流、物质(如营养盐、沉积物)、以及水生生物在不同水体之间的实际流动和交换效果。即使水体间存在物理连接,如果水流受到限制、水质问题或生态屏障的影响,功能连通性也可能受损。

[0005] 道路的建设、运营及人类活动的干扰导致的空间异质性使得水体连通性下降,阻碍了正常的景观生态过程和调节能力,因此在现有水体空间格局分布且难以改变的情况下,尽可能找到适宜的阈值范围建立组分之间的空间生态联系,是维持生态安全和生态系统稳定性的必然选择。

发明内容

[0006] 为解决上述背景技术中的问题,本发明的目的是提供一种路域水体功能连通性阈值确定方法及趋势研判分析系统,根据水体的时间变化特征,设置不同道路情景模式,在此基础上对路域水体连通性的最适距离阈值进行判定,并对水体连通性进行评价,为路域条件下的水体连通性提供数据支撑。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种路域水体功能连通性阈值确定方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤S1:提出基于GEE云平台水体判识的提取方法,形成若干年公路路域水体数据集,计算路域水体连通性指数并构建指标数据库;

[0009] 步骤S2:模拟并分析在有无道路情景下公路路域水体功能连通性的最佳距离阈

值;

[0010] 步骤S3:揭示若干年公路路域水体功能连通性的时空动态变化特征;

[0011] 步骤S4:建立桥梁、涵洞道路工程下的公路路域水体功能连通性最佳距离阈值的确定方法;

[0012] 步骤S5:通过上述步骤设计研制路域功能连通性阈值确定方法及趋势研判分析系统。

[0013] 优选的,步骤S1包括以下步骤:

[0014] S101.基于GEE云平台计算影像的 EVI 指数,建立路域水体数据集;

[0015] EVI 的计算公式为:

[0016] $EVI = 2.5 * (NIR - R) / (NIR + 6 * R - 7.5 * B + 1)$;

[0017] 其中 NIR 代表近红外波段反射率, R 代表红波段的反射率, B 为蓝光波段的反射率;

[0018] S102.设置 $EVI < 0.1$,剔除植被对水体造成的影响;

[0019] S103.建立基于GEE-MNDWI-大津算法Ostu的水体提取模型,自动确定图像的最佳二值化阈值;

[0020] S104.使用 processImagewater 函数处理影像,计算MNDWI的直方图并使用大津算法确定阈值并生成水体掩膜;

[0021] S105.利用getYearlywater函数获取公路路段30年间的水体影像数据集;

[0022] S106.将数据导入ARCGIS10.7中,将水体的栅格数据通过栅格转要素工具转为矢量文件并产生节点文件和连接文件;通过ArcGIS10.7,为水体添加编号字段和属性字段,并在ArcGIS10.7的插件Coneforinputs中产生所需的节点文件和连接文件,节点文件为水体斑块的面积;

[0023] S107.确定距离阈值,设定100m、200m、400m、500m、1000m、2000m、5000m、10000m及20000m共9个距离阈值对30年间的水体功能连通性进行分析,将对阈值范围进行拓宽,设定100m、200m、400m、500m、750m、1000m、2000m、3000m、4000m、5000m、10000m及20000m共12个距离阈值对30年间最后一年的水体功能连通性进行单独分析;

[0024] S108.获取节点文件和连接文件后,依据S105设定的距离阈值,通过软件Conefor2.6计算水体的功能连通性;

[0025] S109.选取链接数、组分数、景观重合概率指数、整体连通性指数、可能连通性指数及斑块重要性指数综合分析路域水体的功能连通性及其最适距离阈值。

[0026] 优选的,步骤S109中,链接数 NL 指研究区内水体斑块之间的连接数量;

[0027] 组分数 NC 指功能或者结构上相互连接的斑块组成的整体,孤立的水体斑块会形成一个组件且不同的组件中无功能关系,其中最大组分斑块数指斑块数量最多的组分数,最大组分面积指斑块数量最多的组分数的面积;

[0028] 景观重合概率指数:

[0029]
$$LCP = \sum_{i=1}^{NC} \left(\frac{c_i}{A_L} \right)^2$$
;

[0030] 式中, NC 为组分数, c_i 是组成部分 i 的所有斑块的大小之和, A_L 是研究区的总面积;

[0031] 整体连通性指数 IIC : 是基于二元连接的模型, 说明其任意两个水体斑块之间直接连通的情况;

$$[0032] \quad IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i \bullet a_j}{1 + nl_{ij}}}{A_L^2};$$

[0033] 式中, n 为水体斑块的数量; a_i 和 a_j 分别为斑块 i 和 j 的面积; nl_{ij} 为斑块 i 与斑块 j 间最短路径上的链接数; A_L 为研究区的总面积, $0 \leq IIC \leq 1$;

[0034] 可能连通性指数 PC : 是指研究区内水体斑块可能的扩散的概率, 基于概率模型;

$$[0035] \quad PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i \bullet a_j \bullet p_{ij}^*}{A_L^2};$$

[0036] 式中, p_{ij}^* 为斑块 i 和 j 间最大扩散概率, $0 < PC < 1$, A_L 为研究区的总面积;

[0037] 斑块重要性指数 dPC :

$$[0038] \quad dPC = \frac{PC - PC_{\text{remove}}}{PC} \times 100\%;$$

[0039] 式中, PC_{remove} 表示剔除某斑块后的连接度指数。

[0040] 优选的, 步骤S2包括以下步骤:

[0041] S201. 采用国际常用标准, 设置有无道路情景, 确定不同等级公路影响缓冲区距离: 其中高速公路的影响域为1000m, 国道为500m, 省道为500m, 县道为250m及乡道为100m, 并在ARCGIS中用擦除命令将路网影响域从景观生境中擦除作为有道路的情景;

[0042] S202. 在没有道路的情景下, 将阈值划分为以下4个区间:

[0043] 距离阈值为100-500m, NC 值下降, NL 值增加, 最大组分斑块数增加, 最大组分面积增加;

[0044] 距离阈值为500-1000m, NC 值减少, 最大组分斑块数增加, 最大组分面积增加;

[0045] 距离阈值为1000-3000m, NC 值减少, 最大组分斑块数增加, 最大组分面积增加, 景观重合概率指数增加;

[0046] 距离阈值为>3000m, 组分数减小, 最大组分斑块数和最大组分面积增加, 景观重合概率指数增加;

[0047] 通过分析选择500-1000m的距离阈值范围内进行功能连通性的研究;

[0048] S203. 在有道路的情景下, LCP 、 IIC 及 PC 指数的均值下降。

[0049] 优选的, 步骤S202中, 距离阈值为100-500m, NC 值由2223下降至1221, NL 值由543增加至2031, 最大组分斑块数由15增加到88, 最大组分面积由16.967km²增加至

19.257km²;

[0050] 距离阈值为500-1000m, *NC* 值由1221减少至664,最大组分斑块数由88增加到180,最大组分面积从19.257km²增加至29.328km²;

[0051] 距离阈值为1000-3000m, *NC* 值由664减少至157,最大组分斑块数由180增加到830,最大组分面积从29.328km²增加至142.071km²,景观重合概率指数从0.581增加至0.826;

[0052] 距离阈值为>3000m,组分数减小至3,随着距离阈值的不断增加,水体斑块的组分数将会减小至1且不变化,所有的斑块同属于1个组分;

[0053] 步骤S203中, *LCP*、*IIC* 及 *PC* 指数的均值分别由0.685、0.529及0.579下降至0.669、0.526及0.560。

[0054] 优选的,步骤S3包括以下步骤:

[0055] S301.确定距离阈值范围为500-1000m,通过计算不同年份的整体连通性指数 *IIC* 和可能连通性指数 *PC* 来判断在不同的距离阈值下,指数的变化趋势是否相同;

[0056] S302.考虑野生动植物迁徙的扩散情况,初步将距离阈值定为500m进行研究,在距离阈值为500m时, *IIC* 增加, *PC* 增加;

[0057] S303.利用ARCGIS软件,按照自然间断点的方法将斑块重要性指数 *dPC* 分为5个等级,分别为高等级、较高等级、中等级、较低等级及低等级。

[0058] 优选的,步骤S302中,在距离阈值为500m时, *IIC* 从0.127增加至0.429, *PC* 由0.139增加至0.442;30年间组分数的变化呈现三峰两谷的趋势。

[0059] 优选的,步骤S4包括以下步骤:

[0060] S401.在公路沿线开展水体连通度的野外考察及现场调研工作,完成公路沿线的现场拍照、录像、记录、无人机拍摄、三维激光扫描,得到桥梁和隧道的实地点位数据;

[0061] S402.将数据导入ARCGIS中,分析不同道路布设形式对水体连通性造成的影响范围。

[0062] 本发明还提供了一种路域水体功能连通性阈值确定方法的趋势研判分析系统,包括

[0063] 数据获取及指数构建模块:基于GEE平台进行路域水体的判识提取,形成公路路段30年间的水体数据集,计算路域水体等连通性指数并建立指标数据库;

[0064] 路域水体功能连通性阈值确定模块:模拟并分析有无道路情景下公路路段路域水体功能连通性的最佳适宜距离阈值;

[0065] 路域水体功能连通性动态变化模块:获取30年间的路域水体功能连通性的时空动态变化特征;

[0066] 道路工程下阈值确定模块:建立桥梁、涵洞道路工程下的公路路域水体功能连通性最佳距离阈值的确定方法。

[0067] 因此,本发明采用上述一种路域水体功能连通性阈值确定方法及趋势研判分析系统,具有以下有益效果:

[0068] (1) 本发明设置不同道路情景模式,在此基础上对路域水体连通性的最适距离阈值进行判定,并揭示了若干年水体连通性的时空动态变化特征及筛选水体的重要斑块;与

传统水体连通性计算相比,从路域整体角度考虑水体的内在连通性,且实时反映水体连通性的动态变化特征;

[0069] (2) 本发明基于野外实地调查及数据收集,建立公路路域水体功能连通性最佳距离阈值的确定方法,形成最终的水体连通性最佳距离阈值;区别于目前水文连通多局限于宏观尺度河网水系的连通情况,以及微观尺度的土壤的孔隙水之间的连通,从实际入手,获得路域水体的可能连通性情况及其阈值范围。

[0070] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0071] 图1为本发明实施例的步骤流程示意图;

[0072] 图2为本发明实施例的技术路线示意图;

[0073] 图3为本发明实施例的青藏公路格那段无道路情景下链接数和组分数图;

[0074] 图4为本发明实施例的青藏公路格那段无道路情景下景观重合概率指数图;

[0075] 图5为本发明实施例的青藏公路格那段无道路情景下最大组分斑块数图;

[0076] 图6为本发明实施例的青藏公路格那段无道路情景下最大组分面积图;

[0077] 图7为本发明实施例的道路缓冲设置图;

[0078] 图8为本发明实施例的青藏公路格那段有道路情景下链接数和组分数图;

[0079] 图9为本发明实施例的青藏公路格那段有道路情景下景观重合概率指数图;

[0080] 图10为本发明实施例的1990年不同距离阈值的整体连通性指数和可能连通性指数变化趋势图;

[0081] 图11为本发明实施例的1995年不同距离阈值的整体连通性指数和可能连通性指数变化趋势图;

[0082] 图12为本发明实施例的2000年不同距离阈值的整体连通性指数和可能连通性指数变化趋势图;

[0083] 图13为本发明实施例的2005年不同距离阈值的整体连通性指数和可能连通性指数变化趋势图;

[0084] 图14为本发明实施例的2010年不同距离阈值的整体连通性指数和可能连通性指数变化趋势图;

[0085] 图15为本发明实施例的2015年不同距离阈值的整体连通性指数和可能连通性指数变化趋势图;

[0086] 图16为本发明实施例的2020年不同距离阈值的整体连通性指数和可能连通性指数变化趋势图;

[0087] 图17为本发明实施例的1990-2020年间整体连通性指数和可能连通性指数变化趋势图;

[0088] 图18为本发明实施例的1990年斑块重要性区域占比示意图;

[0089] 图19为本发明实施例的1995年斑块重要性区域占比示意图;

[0090] 图20为本发明实施例的2000年斑块重要性区域占比示意图;

[0091] 图21为本发明实施例的2005年斑块重要性区域占比示意图;

[0092] 图22为本发明实施例的2010年斑块重要性区域占比示意图;

- [0093] 图23为本发明实施例的2015年斑块重要性区域占比示意图；
[0094] 图24为本发明实施例的2020年斑块重要性区域占比示意图；
[0095] 图25为本发明实施例的青藏公路格那段有无道路情景下水体连通性对比示意图；
[0096] 图26为本发明实施例的青藏公路格那段有无道路情景下水体连通性对比示意图；
[0097] 图27为本发明实施例的系统结构示意图。

具体实施方式

[0098] 为了使本发明实施例公开的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明实施例进行进一步详细说明。应当理解,此处描述的具体实施例仅仅用以解释本发明实施例,并不用于限定本发明实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。

[0099] 需要说明的是,术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或服务器不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0100] 相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0101] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“上”、“下”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0102] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“安装”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0103] 如图1、图2所示,本发明所述的一种路域水体功能连通性阈值确定方法,包括以下步骤:

[0104] 步骤S1:提出基于GEE云平台水体判识提取方法,形成1990-2020年近30年青藏公路路域水体数据集,计算路域水体等连通性指数并构建指标数据库。具体步骤如下:

[0105] S101. 基于GEE云平台计算影像的 EVI 指数。 EVI 的计算公式为:
$$EVI = 2.5 * (NIR - R) / (NIR + 6 * R - 7.5 * B + 1)$$
,其中 NIR 代表近红外波段反射率, R 代表红波段的反射率, B 为蓝光波段的反射率;

[0106] S102. 设置 $EVI < 0.1$,剔除植被对水体造成的影响;

[0107] S103. 建立基于GEE-MNDWI-大津算法(Ostu)的水体提取模型,其中大津算法用来自动确定图像的最佳二值化阈值;具体步骤如下:

[0108] 1) 首先要获取直方图的信息:

```
[0109] var counts = ee.Array(ee.Dictionary(histogram).get('histogram'));
```

```
[0110] var means = ee.Array(ee.Dictionary(histogram).get('bucketMeans'));
```

```
[0111] var size = means.length().get([0]);
```

[0112] 2) 其次进行总计数和总和:

```
[0113] var total = counts.reduce(ee.Reducer.sum(), [0]).get([0]);
```

```
[0114] var sum = means.multiply(counts).reduce(ee.Reducer.sum(), [0]).get([0]);
```

```
[0115] var mean = sum.divide(total);
```

[0116] 3) 看直方图计算类间方差后,根据类间方差的排序使用`mean.sort(bss).get([-1])`选择方差最大的均值作为最佳阈值。

[0117] S104.使用 `processImagewater` 函数处理影像,计算MNDWI的直方图并使用大津算法确定阈值并生成水体掩膜。具体步骤如下:

[0118] ①利用`var his_if = image.reduceRegion({ 进行计算影像的直方图, var his_if2 = ee.Algorithms.If(his_if, his_if.get("MNDWI"), null)`对直方图进行判断其是否存在;

[0119] ②使用`get_water`根据其直方图情况计算Ostu阈值,并生成水体掩膜;

[0120] ③最后使用该函数`var water = ee.Algorithms.If({, 如果直方图存在的话, 对水体掩膜进行计算, 否则返回Null。`

[0121] S105.利用`getYearlywater`函数获取青藏公路格那段1990-2020年近30年的水体影像数据集;

[0122] S106.将数据导入ARCGIS10.7中,将水体的栅格数据通过栅格转要素工具转为矢量文件并产生节点文件和连接文件。通过ArcGIS10.7,为水体添加编号字段和属性字段,并在ArcGIS10.7的插件Coneforinputs中产生所需的节点文件和连接文件。本方法中节点文件为水体斑块的面积;

[0123] S107.确定距离阈值,距离阈值是生态流的最大可达距离,用以判断研究区域内水体斑块之间生态流的存在或强弱。本方法中设定100m、200m、400m、500m、1000m、2000m、5000m、10000m及20000m共9个距离阈值对1990-2020年的水体功能连通性进行分析,为深入研究适宜阈值,将对阈值范围进行拓宽,设定100m、200m、400m、500m、750m、1000m、2000m、3000m、4000m、5000m、10000m及20000m共12个距离阈值对2020年的功能连通性进行单独分析;

[0124] S108.获取节点文件和连接文件后,依据S105设定的距离阈值,通过软件Conefor2.6计算水体的功能连通性;

[0125] S109.选取链接数、组分数、景观重合概率指数、整体连通性指数、可能连通性指数及斑块重要性指数综合分析路域水体的功能连通性及其最适距离阈值。

[0126] 其中链接数(*NL*)指研究区内水体斑块之间的连接数量;

[0127] 组分数(*NC*)指功能或者结构上相互连接的斑块组成的整体,孤立的水体斑块将会形成一个组件且不同的组件中没有功能关系,其中最大组分斑块数指斑块数量最多的组分数,最大组分面积指斑块数量最多的组分数的面积;

[0128] 景观重合概率指数:

$$[0129] \quad LCP = \sum_{i=1}^{NC} \left(\frac{c_i}{A_L} \right)^2;$$

[0130] 式中:其中 NC 为组分数, c_i 是组成部分 i 的所有斑块的大小之和, A_L 是研究区的总面积;

[0131] 整体连通性指数 (IIC):是基于二元连接的模型,说明其任意两个水体斑块之间直接连通的情况;

$$[0132] \quad IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i \bullet a_j}{1 + nl_{ij}}}{A_L^2};$$

[0133] 式中: n 为水体斑块的数量; a_i 和 a_j 分别为斑块 i 和 j 的面积; nl_{ij} 为斑块 i 与斑块 j 间最短路径上的链接数; A_L 为研究区的总面积。 $0 \leq IIC \leq 1$ 。当 $IIC = 0$ 时,表明水体斑块之间不连接;

[0134] 可能连通性指数 (PC):是基于概率模型,是指研究区内水体斑块可能的扩散的概率;

$$[0135] \quad PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i \bullet a_j \bullet p_{ij}^*}{A_L^2};$$

[0136] 式中: p_{ij}^* 为斑块 i 和 j 间最大扩散概率,即最大连接概率。 $0 < PC < 1$,其值越接近于1,说明功能连通性越好, A_L 为研究区的总面积;

[0137] 斑块重要性指数:

$$[0138] \quad dPC = \frac{PC - PC_{\text{remove}}}{PC} \times 100\%;$$

[0139] 式中:其中 PC_{remove} 表示剔除某斑块后的连接度指数。

[0140] 步骤S2:模拟并分析在有/无道路情景下青藏公路格那段路域水体功能连通性的最佳适宜距离阈值。具体步骤如下:

[0141] S201.为说明道路对青藏公路格那段水体连通性的影响,采用国际常用标准,设置有/无道路情景,确定不同等级公路影响缓冲区距离:其中高速公路的影响域为1000m,国道为500m,省道为500m,县道为250m及乡道为100m,并在ARCGIS中用擦除命令将路网影响域从景观生境中擦除作为有道路的情景;

[0142] S202.在没有道路的情景下:随着距离阈值的增加,链接数NL、景观重合概率指数LCP、最大组分斑块数、最大组分面积呈递增的趋势,而组分数总体呈现逐渐减小的趋势,据此,将阈值划分为以下4个区间:如图3、图4、图5、图6所示,

[0143] 距离阈值为100-500m, NC 值由2223快速下降至1221, NL 值由543增加至2031, 最大组分斑块数由15增加到88, 最大组分面积由16.967km²增加至19.257km², 在此区间内, NC 值下降明显, NL 值、最大组分斑块数快速的增加, 表明功能连通性在此距离阈值范围内容易受到阈值的影响, 功能连通性对于生态系统的稳定性具有重要的意义, 如果功能连通性因为阈值的影响变化明显, 说明该区间不适合用来描述功能连通性;

[0144] 距离阈值为500-1000m, NC 值由1221减少至664, 最大组分斑块数由88增加到180, 最大组分面积从19.257km²增加至29.328km², 在此区间内, NC 值虽然仍旧在下降, 但是速度变缓, 最大组分斑块数和最大组分面积变化不大, 说明在此区间内功能连通性较为稳定, 有利于开展功能连通性的分析;

[0145] 距离阈值为1000-3000m, NC 值由664减少至157, 最大组分斑块数由180增加到830, 最大组分面积从29.328km²增加至142.071km², 景观重合概率指数从0.581增加至0.826, 在此区间内最大组分斑块数、最大组分面积及景观重合概率指数变化较大, 说明内部的稳定性较差, 组分本身就是景观的组成部分, 其稳定性差将会影响功能连通的连续性;

[0146] 距离阈值为>3000m, 组分数逐渐平缓的减小至3, 最大组分斑块数和最大组分面积骤增, 景观重合概率指数平缓的增加, 并接近于1, 随着距离阈值的不断增加, 水体斑块的组分数将会减小至1且不在变化, 所有的斑块同属于1个组分, 在此区间内, 意味着所有的斑块都可以相互连接并可以作为生态栖息地, 但这与研究区的实际情况不相符;

[0147] S203. 通过分析可以得到, 500-1000m的距离阈值范围内适宜进行功能连通性的研究。

[0148] S204. 如图7、图8、图9所示, 在有道路的情景下, 距离阈值范围的变化不大, 仍在500-1000m的范围内, 但在受到道路的干扰后, 水体连通性指数明显降低, 其中 LCP 、 IIC 及 PC 指数的均值分别由0.685、0.529及0.579下降至0.669、0.526及0.560。不同距离阈值条件的景观连接度指数都呈现下降的趋势。有无道路情景下青藏地区交通廊道的路域水体功能连通性变化特征如下表所示。

[0149] 表1 有无道路情景下青藏地区交通廊道的路域水体功能连通性变化特征

[0150]

距离 阈值/m	链接数 (NL)		组分数 (NC)		景观重合概率 指数 (LCP)		整体连通性指 数 (IIC)		可能连通 性指数 (PC)	
	无道 路	有道 路	无道 路	有道 路	无道 路	有道 路	无道 路	有道 路	无道 路	有道 路
100	543	506	2223	2197	0.435	0.433	0.422	0.422	0.430	0.429
200	909	863	1900	1882	0.437	0.435	0.423	0.423	0.433	0.432
400	1662	1598	1397	1394	0.451	0.449	0.427	0.426	0.439	0.437
500	2031	1960	1221	1222	0.455	0.453	0.429	0.429	0.442	0.440
750	2981	2886	880	892	0.552	0.469	0.442	0.433	0.477	0.446
1000	4089	3969	664	678	0.581	0.495	0.447	0.436	0.491	0.452
2000	9581	9346	287	294	0.799	0.792	0.478	0.475	0.547	0.523
3000	16452	16107	157	166	0.826	0.823	0.504	0.502	0.588	0.565
4000	24495	24010	94	102	0.847	0.845	0.523	0.522	0.621	0.599
5000	33522	32889	63	65	0.901	0.898	0.543	0.541	0.650	0.629
10000	89818	87969	8	8	0.958	0.955	0.761	0.757	0.834	0.806
20000	232510	225517	3	3	0.983	0.981	0.946	0.940	0.994	0.956
均值	35624	33968	741	742	0.685	0.669	0.529	0.526	0.579	0.560

[0151] 步骤S3:揭示了1990-2020年近30年的路域水体功能连通性的时空动态变化特征。具体步骤如下:

[0152] S301.以2020年为例,确定适宜的距离阈值范围为500-1000m,接着通过计算不同年份的整体连通性指数 (*IIC*) 和可能连通性指数 (*PC*) 来判断在不同的距离阈值下,指数的变化趋势是否相同。由如图10、图11、图12、图13、图14、图15、图16所示,1990-2020年不同距离阈值的 *IIC* 和 *PC* 值虽大小有所不同,但却有相同的变化趋势, *IIC* 和 *PC* 总体呈现增加的趋势,但是可能连通性指数 *PC* 的值总是整体大于整体连通性指数 *IIC*,这是由于 *IIC* 和 *PC* 之间的主要区别在于前者是基于二进制连接模型,后者依赖于更加详细的概率连接模型;

[0153] S302.由于已经确定了阈值的适宜范围,且考虑野生动植物迁徙的扩散情况,初步将距离阈值定为500m进行后续的研究。由图17可以看出,在距离阈值为500m时,整体连通性指数 (*IIC*) 和可能连通性指数 (*PC*) 呈现递增的趋势, *IIC* 从1990年的0.127增加至2020年的0.429, *PC* 由1990年的0.139增加至0.442。

[0154] 由表可知,组分是由一组连接成的斑块组成的单元,在距离阈值500m时,1990-2020年组分数的变化呈现“三峰两谷”的趋势,其中1995年的组分数最小,1990年的组分数

最大。

[0155] 表2 1990-2020年组分数、斑块重要性程度面积与占比

年份	组分数	斑块重要性程度面积 (km ²)									
		高等级	占比/%	较高等级	占比/%	中等等级	占比/%	较低等级	占比/%	低等级	占比/%
1990	1298	98.666	12.250	62.555	7.767	33.228	4.126	73.148	9.082	537.817	66.775
1995	982	98.360	15.107	40.453	6.213	34.953	5.368	66.089	10.150	411.240	63.161
2000	1006	107.071	21.852	53.111	10.840	27.955	5.705	26.465	5.401	275.372	56.201
2005	1203	102.383	12.451	67.217	8.175	35.542	4.322	14.213	1.729	602.913	73.323
2010	1209	170.623	28.121	47.906	7.895	35.373	5.830	54.481	8.979	298.370	49.175
2015	1175	214.398	28.904	14.501	1.955	25.634	3.456	63.736	8.592	423.498	57.093
2020	1221	280.846	35.217	26.749	3.354	19.380	2.430	25.868	3.244	444.632	55.755

[0157] S303.斑块的功能分析方面,斑块重要性指数 *dPC* 包含了更多斑块的空间位置信息,因此其更具有优势。利用ARCGIS软件,按照自然间断点的方法将斑块重要性指数 *dPC* 分为5个等级,分别为高等级、较高等级、中等等级、较低等级及低等级。高等级区域主要分布在研究区楚玛尔河及那曲河附近,低等级区域分布在研究区的北部,即格尔木河附近的区域。如图18、图19、图20、图21、图22、图23、图24,1990-2020年斑块重要性低等级区域占比较高,分别为66.775%、63.161%、56.201%、73.323%、49.175%、57.093%及55.755%,其中2010年斑块重要性低的区域面积占比最小,面积为298.370km²,2005年的面积最大,为602.913km²;斑块重要性高的区域面积排名为2020年>2015年>2010年>2000年>2005年>1990年>1995年,2020年斑块重要性高的区域面积为280.846km²,面积占比为35.217%,1995年的面积为98.360km²,占比为15.107%;斑块重要性较高的区域面积排名为2005年>1990年>2000年>2010年>1995年>2020年>2015年;斑块重要性中等等级的区域面积排名为2005年>2010年>1995年>1990年>2000年>2015年>2020年。

[0158] 步骤S4:建立桥梁、涵洞等道路工程下的青藏公路路域水体功能连通性最佳距离阈值的确定方法。具体步骤如下:

[0159] S401.在青藏公路沿线开展水体连通度的野外考察及现场调研工作,完成公路沿线的现场拍照、录像、记录、无人机拍摄、三维激光扫描等,得到桥梁和隧道的实地点位数数据;

[0160] S402.将数据导入ARCGIS中,分析不同道路布设形式对水体连通性造成的影响范围;如图25、图26所示,无道路穿越情景下,水体连通性较好,有道路且公路沿线修建桥梁、涵洞等处对水体连通性造成一定的影响,但影响范围不超过1000m。

[0161] 如图27所示,本发明所述的路域功能连通性阈值确定方法的趋势研判分析系统,包括:

[0162] (1) 数据获取及指数构建模块: 基于GEE平台进行路域水体的判识提取, 形成1990-2020年的水体数据集, 计算路域水体等连通性指数并建立指标数据库;

[0163] (2) 路域水体功能连通性阈值确定模块: 模拟并分析有/无道路情景下青藏公路格那段路域水体功能连通性的最佳适宜距离阈值;

[0164] (3) 路域水体功能连通性动态变化模块: 1990-2020年近30年的路域水体功能连通性的时空动态变化特征;

[0165] (4) 道路工程下阈值确定模块: 建立桥梁、涵洞等道路工程下的青藏公路路域水体功能连通性最佳距离阈值的确定方法。

[0166] 最后应说明的是: 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其进行限制, 尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换, 而这些修改或者等同替换亦不能使修改后的技术方案脱离本发明技术方案的精神和范围。

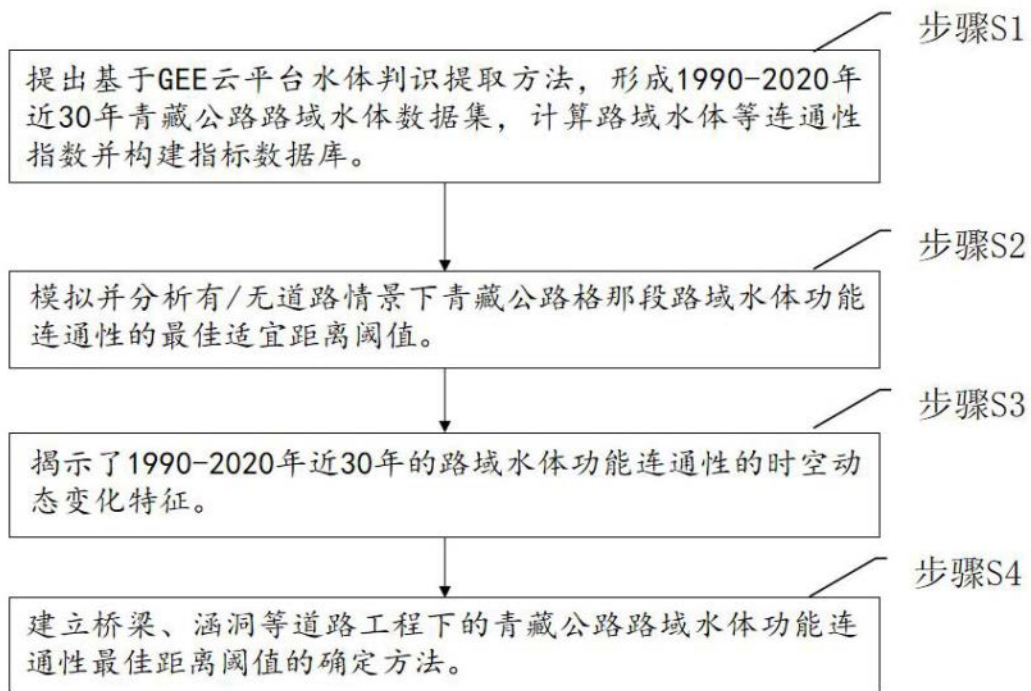


图 1

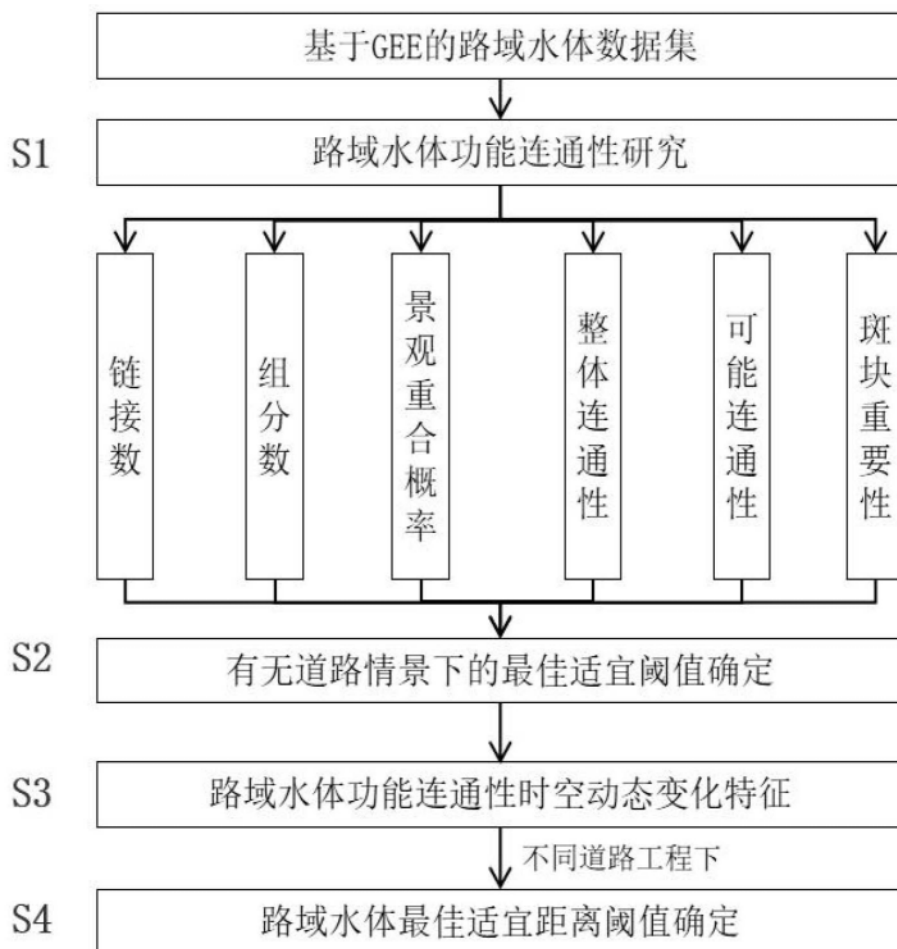


图 2

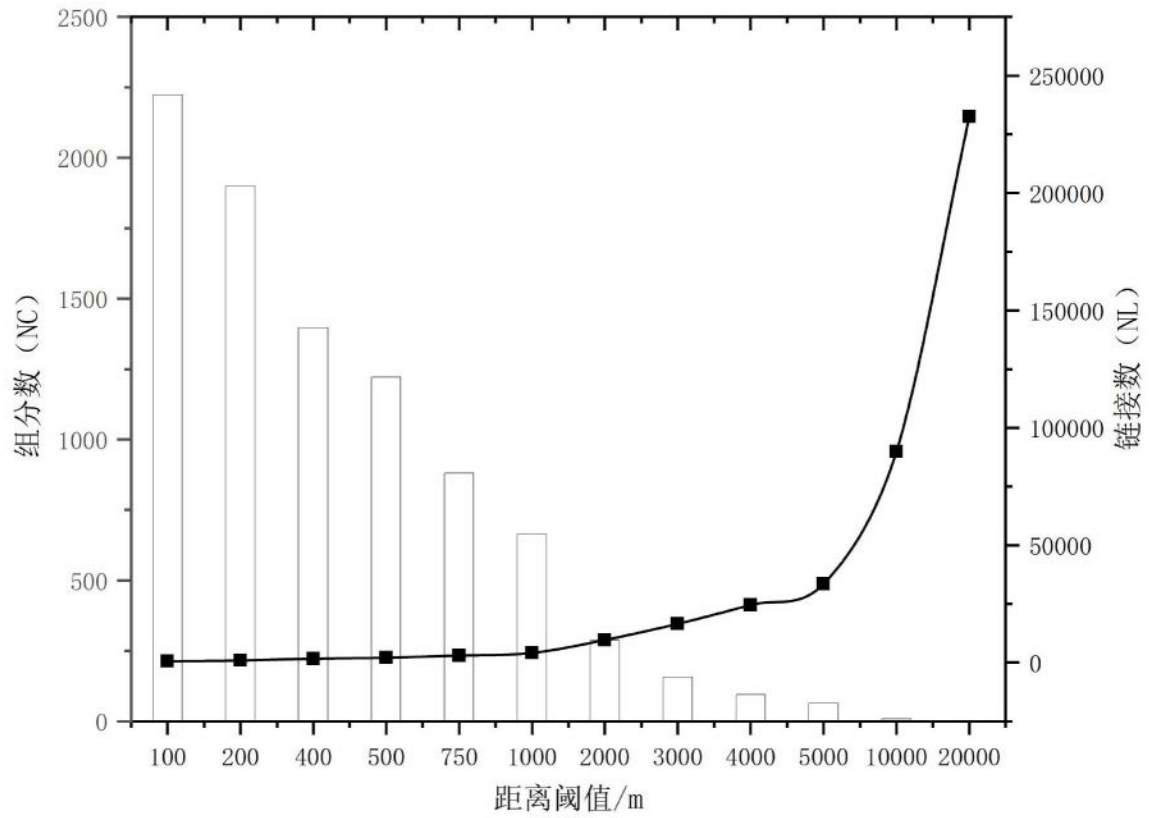


图 3

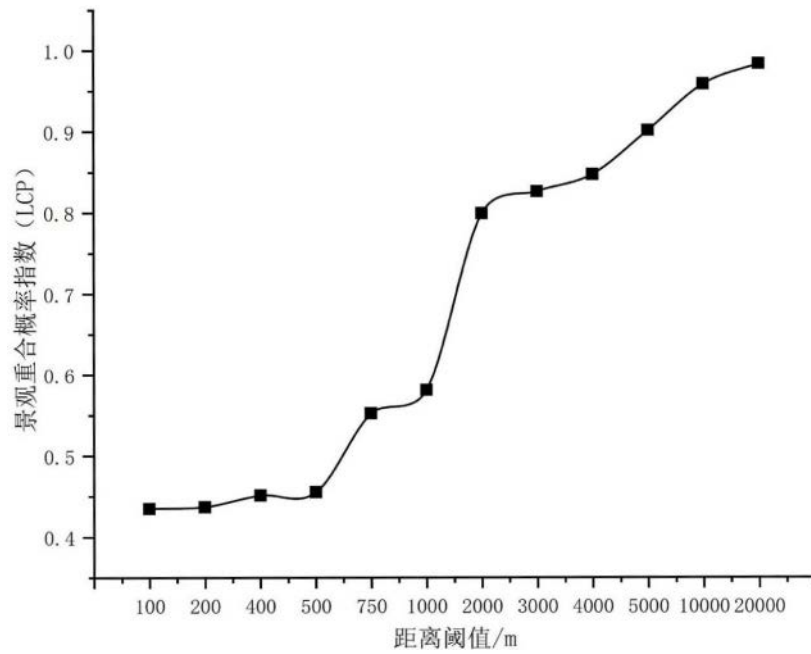


图 4

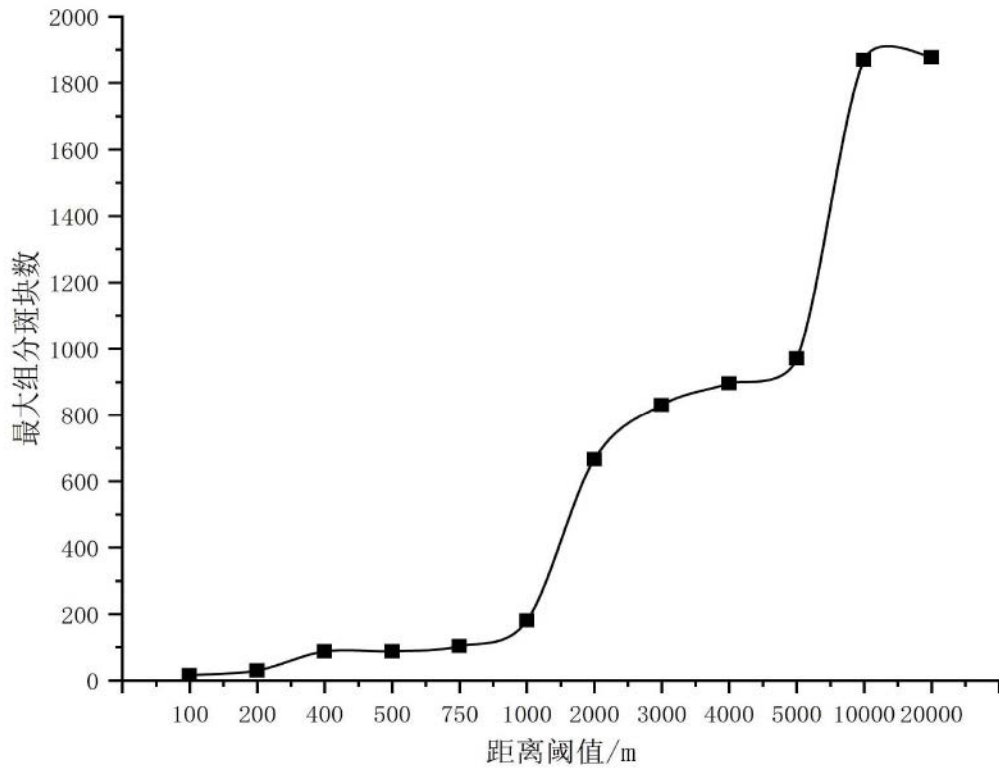


图 5

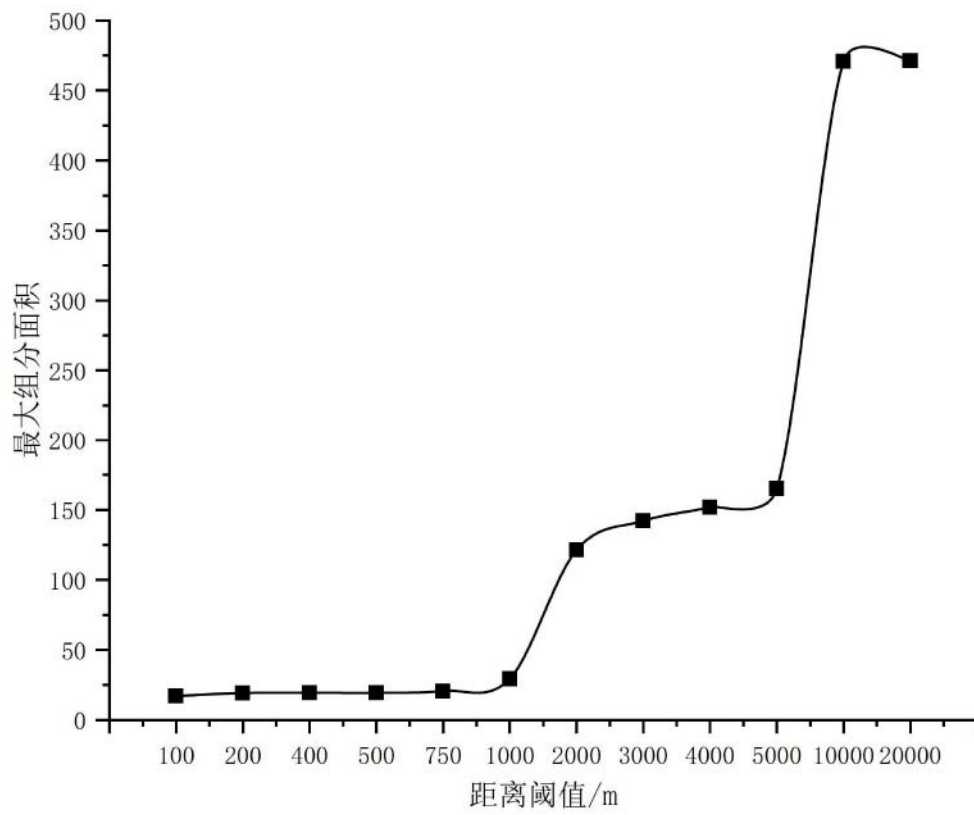


图 6

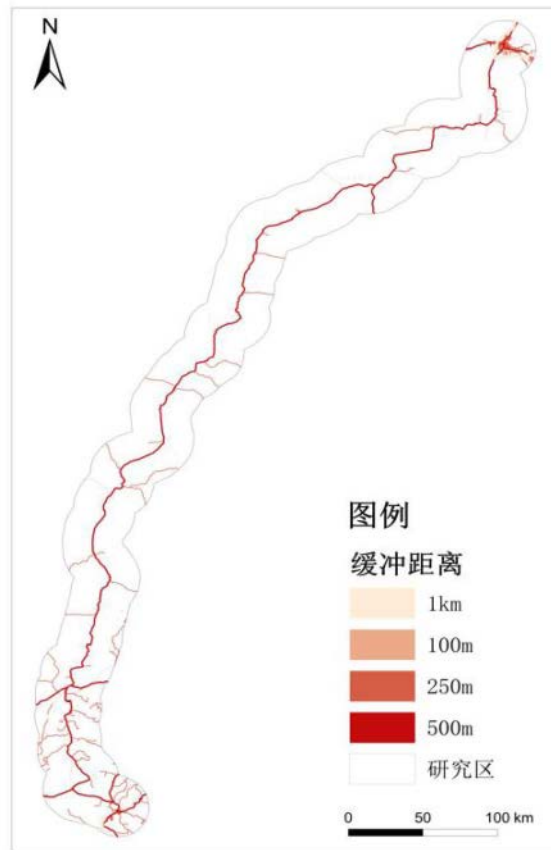


图 7

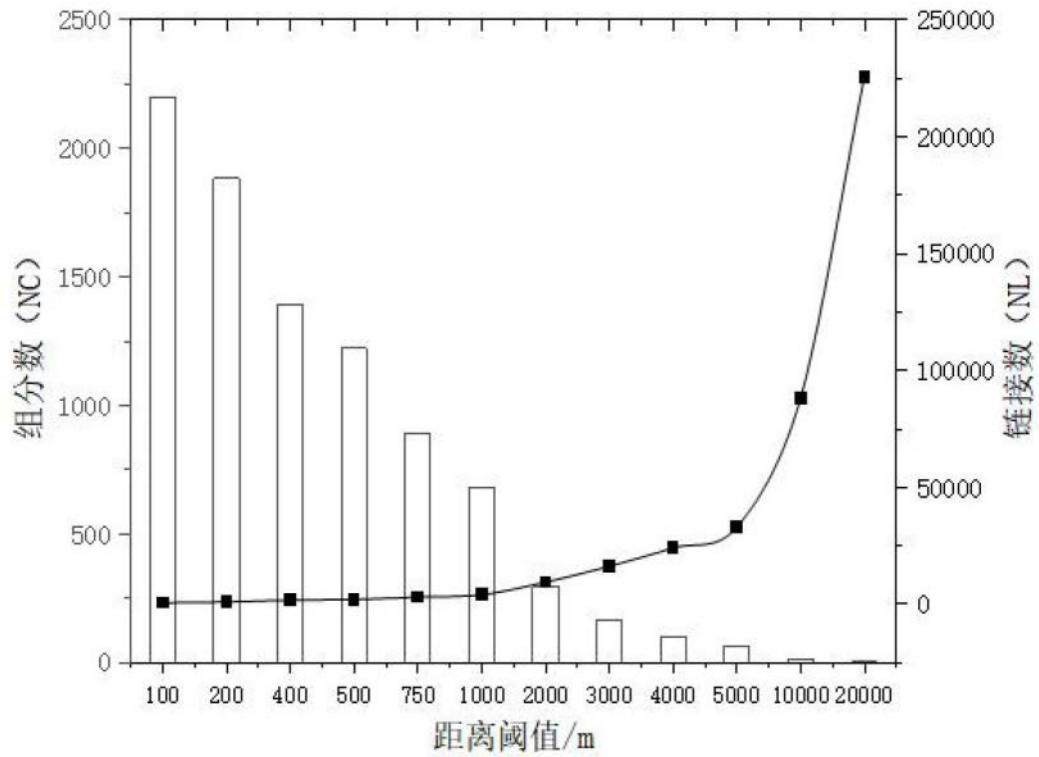


图 8

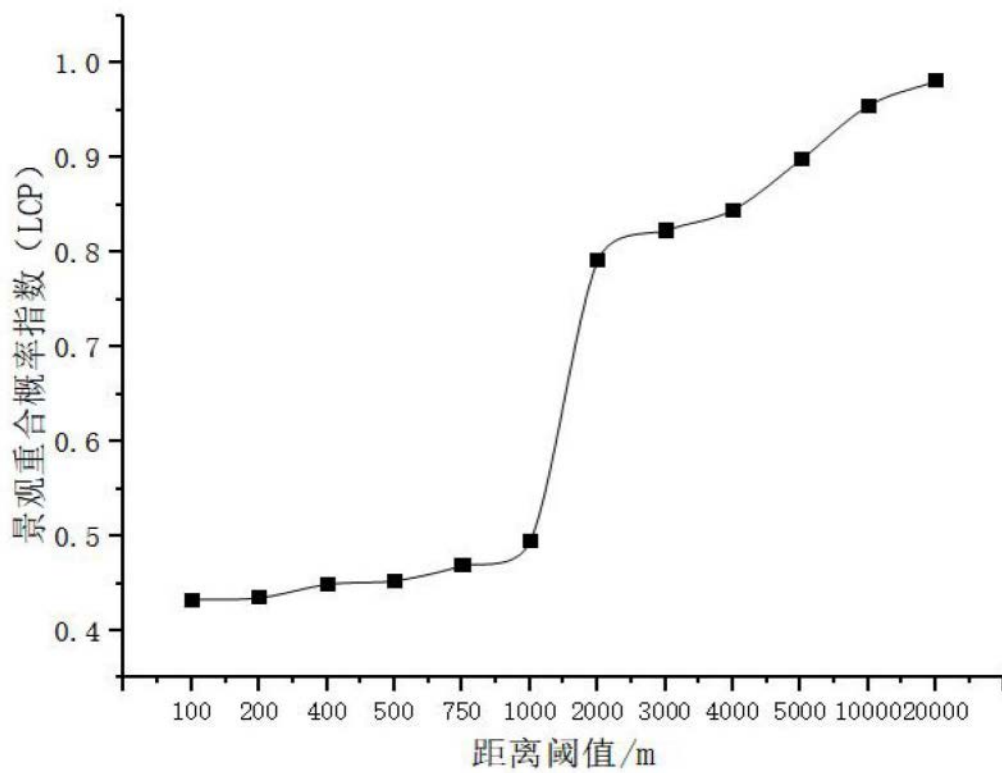


图 9

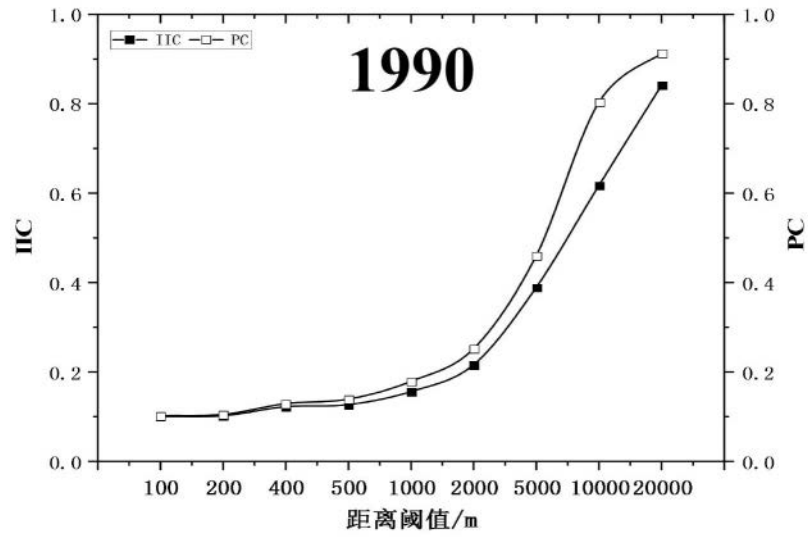


图 10

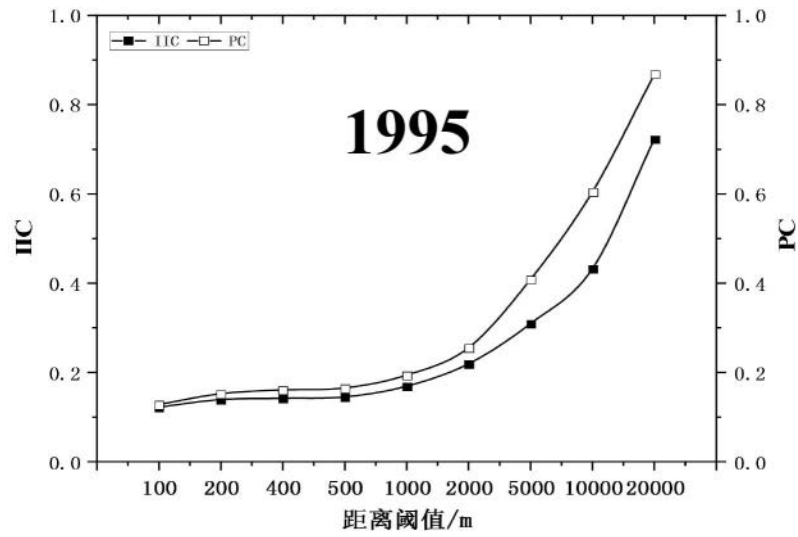


图 11

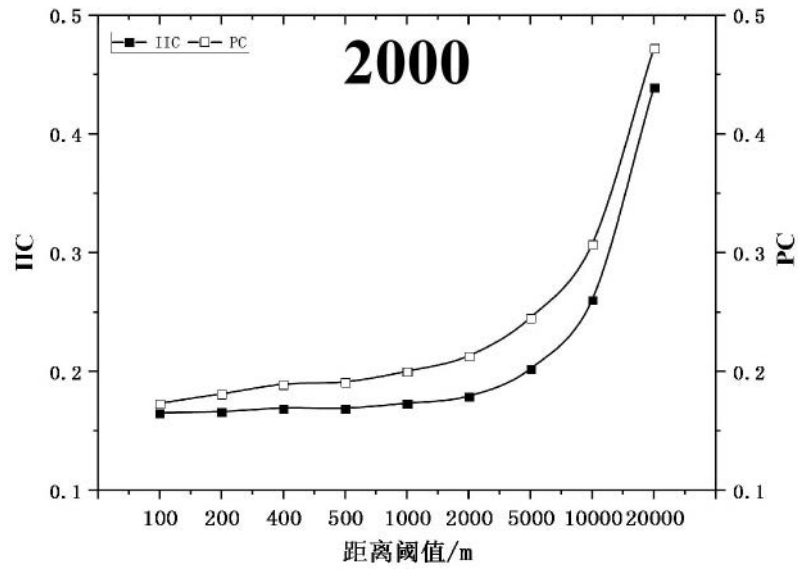


图 12

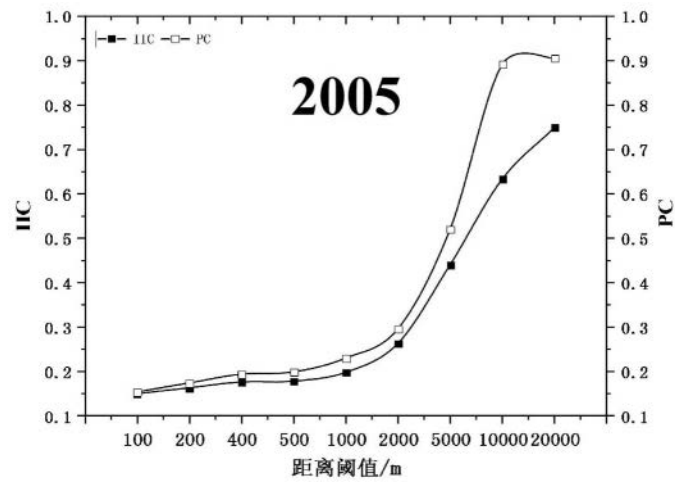


图 13

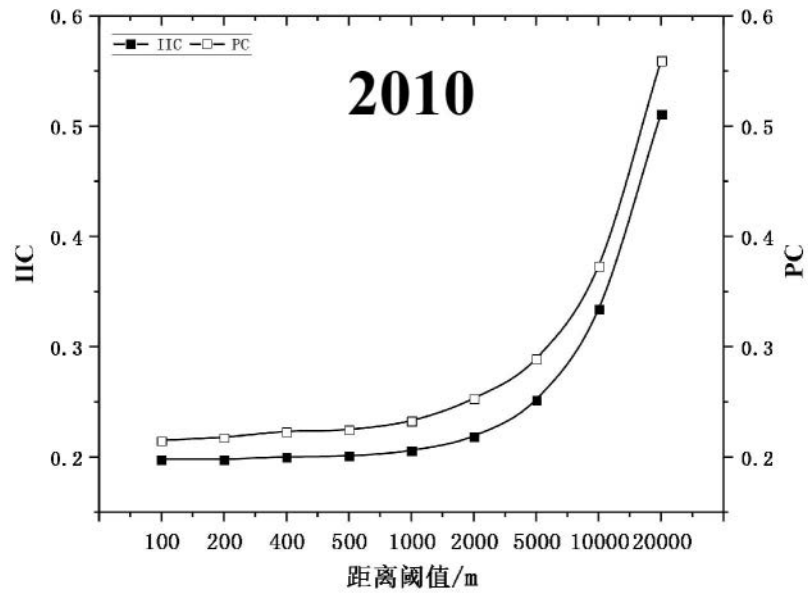


图 14

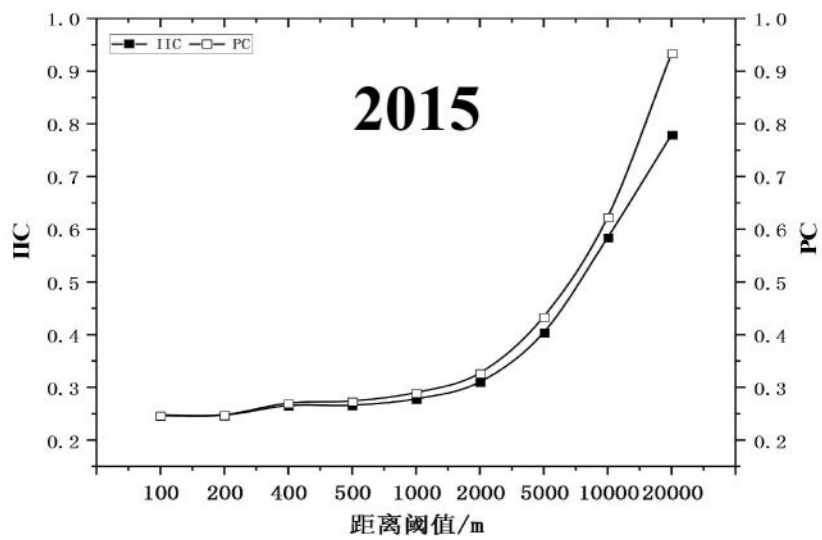


图 15

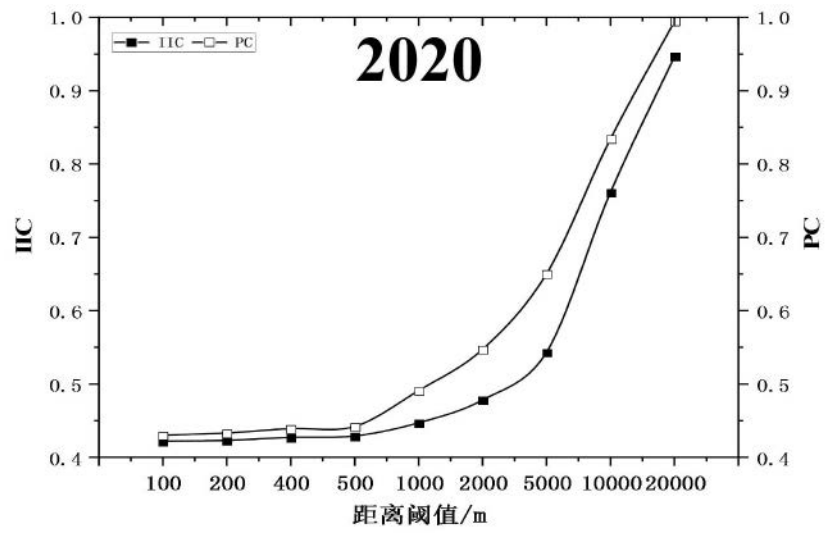


图 16

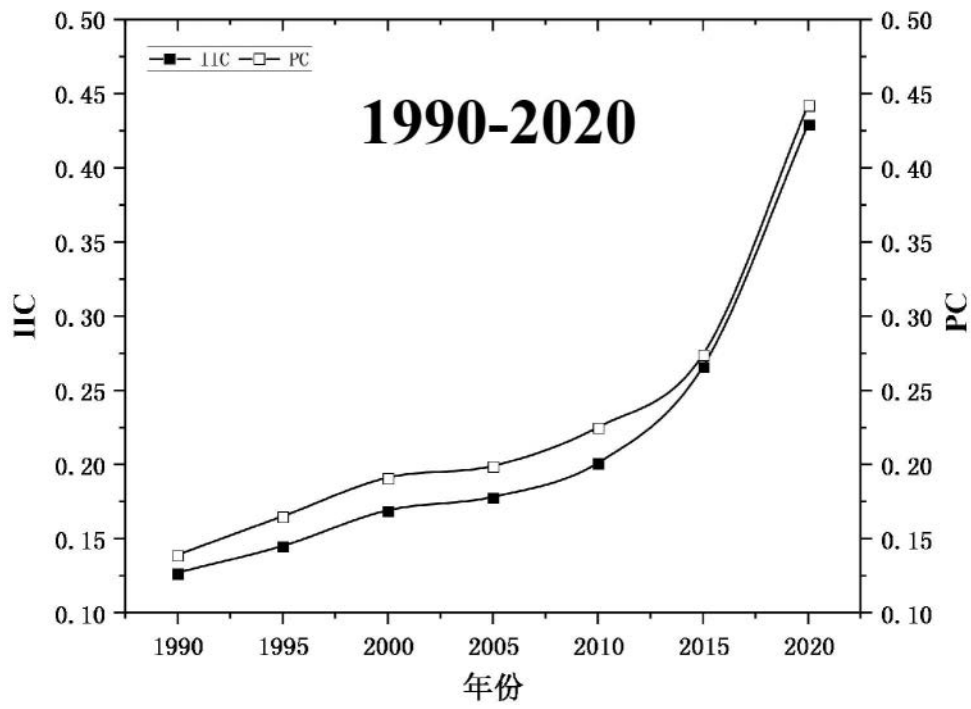


图 17

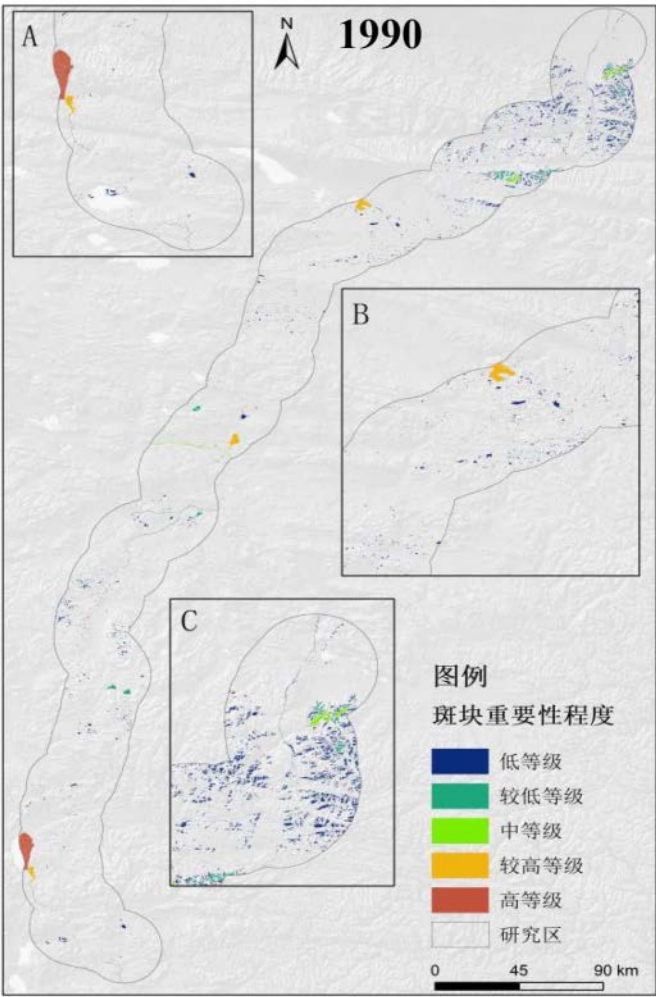


图 18

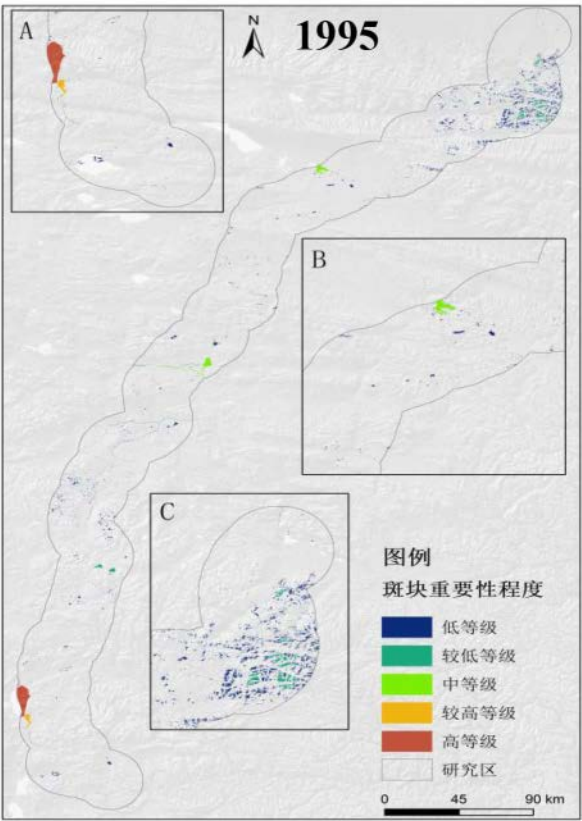


图 19

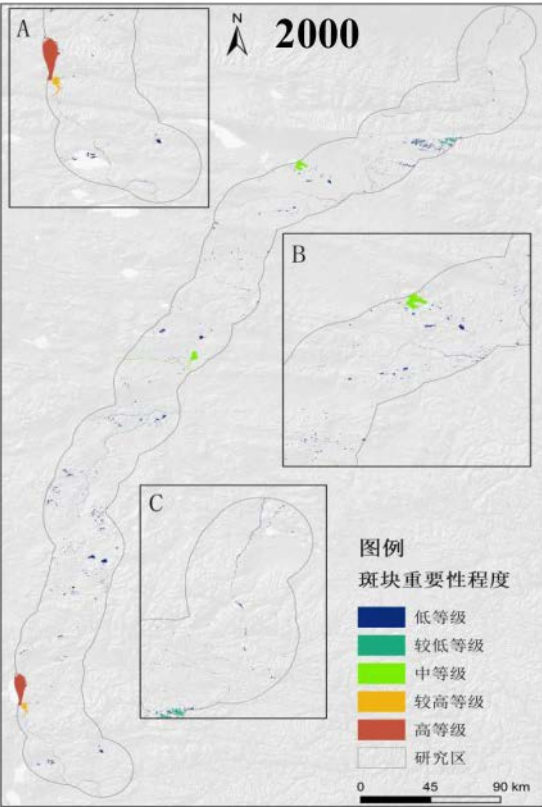


图 20

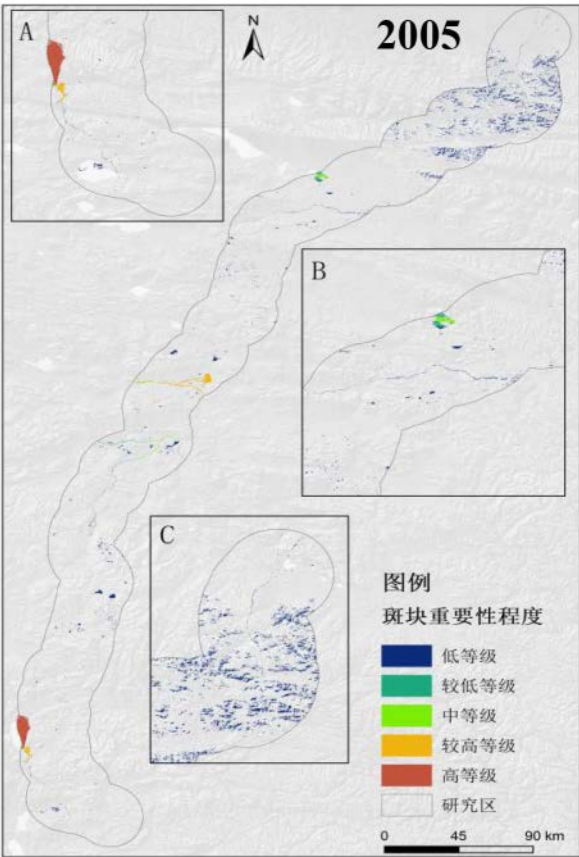


图 21

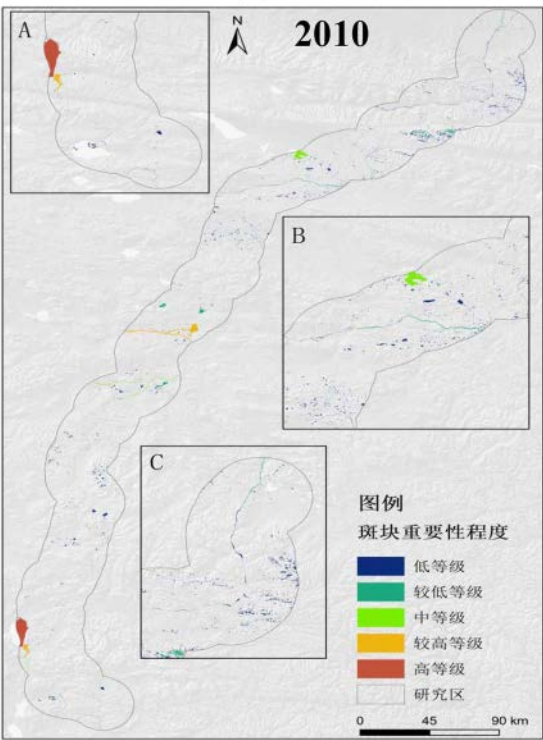


图 22

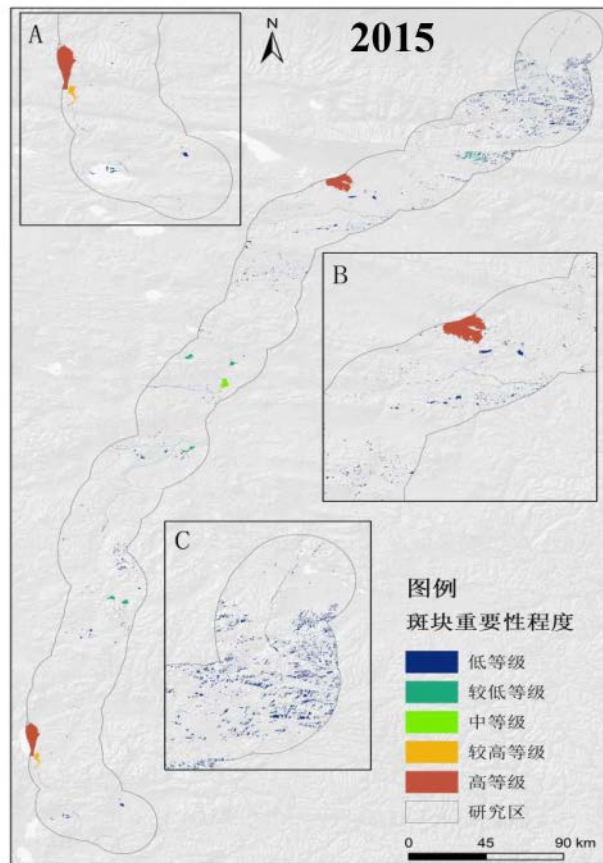


图 23

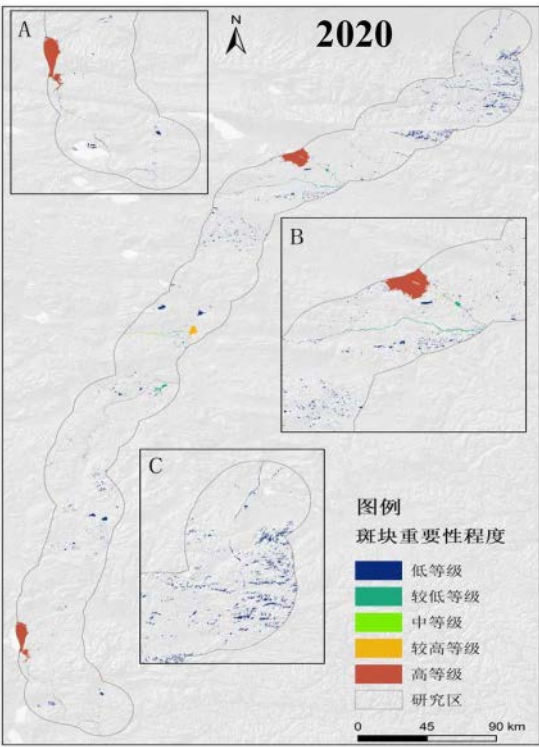


图 24

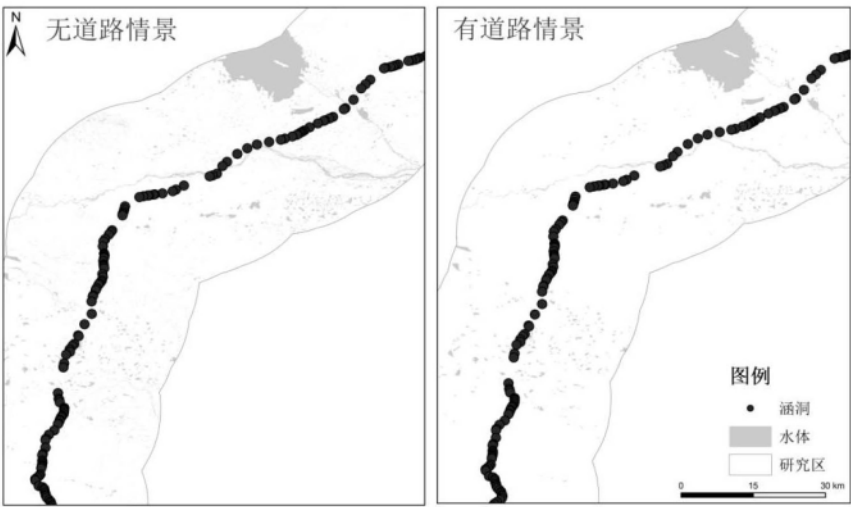


图 25

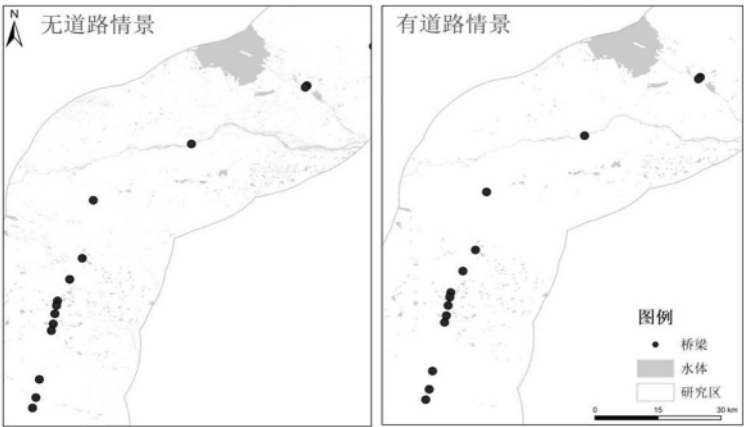


图 26

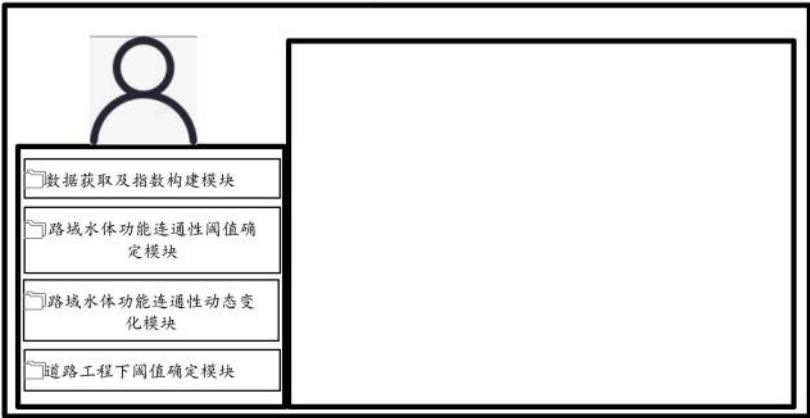


图 27