

基于 TM 影像的流域河网信息提取

宗佳亚, 魏舟 (陕西省区域地质矿产研究院, 陕西咸阳 712000)

摘要 针对韭园沟流域的 TM 影像, 采用单波段阈值法、谱间关系法、归一化水体指数、HIS 彩色模型 4 种方式进行流域河网信息提取, 得出以下结论: ① 基于 TM 影像 6 波段的单波段阈值提取方法, 可以获得较清晰的河网信息, 主支流河网连续性较好, 河流脉络明显, 但是由于遥感影像上阴影的影像, 单波段改变提取阈值难以把阴影与水体进行有效区分, 提取效果仅能作为一个参考; ② 利用谱间关系法和 IHS 颜色模型提取的河网, 主干道提取效果明显, 大面积的水体也可以很好地表现, 支流河网只能表现大致的轮廓, 存在许多严重的断流现象。

关键词 TM 影像; 流域河网; 水体信息; 阈值

中图分类号 S127 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)25-0068-04

Information Extraction of River Network in River Basin Based on TM Image

ZONG Jia-ya, WEI Zhou (Shanxi Institute of Regional Geology and Mineral Resources, Xianyang, Shaanxi 712000)

Abstract In the process of research, the TM effect on Jiuyuangou watershed was studied by single-band threshold method, spectral correlation method, normalized water index and HIS color model. The results were as follows: ① Based on TM The single-band threshold extraction method can obtain relatively clear river network information, the main tributary river network continuity was good, the river context was obvious, but because of the shadow image on the remote sensing image, the single-band change extraction threshold can not distinguish shadow and water. ② The use of spectral relationship between the method and IHS color model extracted from the river network, the main road extraction effect is obvious, a large area of water can also be a good performance, tributary river network only, the river can only be used as a reference, Can show a rough outline, there are many serious disconnection phenomenon.

Key words TM image; Watershed River Network; Water information; Threshold

TM 影像数据具有更新方便、获取容易的特点, 利用 TM 影像提取水系信息, 能够快速、准确地获取流域水系信息, 对流域管理具有重要意义^[1]。遥感影像提取流域水体信息的方法主要有目视解译、计算机自动解译 2 种^[2]。

遥感影像最早期的信息提取主要依靠目视解译^[3-4], 目视解译的基础依据是解译人员的相关专业知识, 对于空间信息的提取具有较大优势, 但其缺点也十分明显, 如个体解译差异性较大、解译成本较高等。陆家驹^[5]采用山地阴影间判读方法, 分别对航片和 TM 影像进行目视解译, 发现 TM 影像的解译结果对水系分析有效; 遥感水体信息的提取方法主要有单波段法、多波段法 2 种, 常用的水体信息提取方法主要有单 HIS 空间水体提取模型、谱间关系法、波段阈值法、归一化水体指数^[6]。针对水路界限反映较为明显的 TM5 波段主要采用单波段阈值法, 利用影像的灰度特征通过数据采样来确定阈值^[7]; 周成虎等^[7]在前人研究的基础上提出了谱间关系法, 该方法通过分析其他地物与水体在 TM 影像不同波段上的灰度曲线图, 发现水体具有独特的谱间关系特征, 即波段 2 + 波段 3 的灰度值大于波段 4 + 波段 5 的灰度值; 归一化水体指数考虑水体的波谱特征是在 TM₂ 具有较强的透射性, TM₅ 处于水的吸收带内, 反映含水量敏感, 因此利用 TM₂ 波段与 TM₅ 波段数值之差和这 2 个波段数值之和的比值定义为归一化水体指数 (NDWI)。HIS 彩色模型提取出物体的亮度 I、色度 H、饱和度 S 能够准确、定量地描述颜色特征^[8]。其中, 亮度 I 和饱和度 S 的取值为 0 ~ 1, 色度 H 取值 0 ~ 360^[9]。对于将 TM 的假彩色合成影像变换到 IHS 色度空间的思路是把 TM 图像的 3 个波段合成的 RGB 假彩色图像变

换到 IHS 色度空间形成新的图像, 新图像的 3 个层数据不再是 3 个波段的灰度数据, 而是亮度层、色度层、饱和度层。针对以上几种方式的 TM 特定区域的河网信息提取研究较少。该研究采用单波段阈值法、谱间关系法、归一化水体指数、HIS 彩色模型 4 种方式对韭园沟流域的 TM 影像进行流域河网信息提取, 旨在为快速获取流域水系及为流域管理提供借鉴。

1 数据获取

1.1 研究区概况 韭园沟流域位于陕西省绥德县城东北方向约 5 km 处, 现有 22 个行政村, 位于无定河的中游左岸。流域面积 70.7 km², 流域内梁峁起伏, 沟壑纵横交错, 地形支离破碎, 植被稀疏, 土壤受流水侵蚀剧烈, 在流域内有明显的黄土地貌形态特征和流水侵蚀特点。

1.2 遥感数据的获取 所用遥感数据均来自中国科学院对地观测与数字地球科学中心开展的对地观测数据共享计划。在数据查询界面, 选择所需要影像的行政区域、所需卫星、轨道号及成像时间。研究区域完全落在条代号 127、列编号 34 的区域内, 经纬度分别为 UL 纬度 38.395482920501713, UL 经度 108.25741166724431; UR 纬度 38.427558337976102, UR 经度 110.92338531285375; LL 角纬度 36.526807341184075, LL 角经度 108.32487889739241; LR 角纬度 36.556798917699815, LR 角经度 110.92527279598849。太阳方位角 147°, 太阳高度角 47°, 分辨率 30 m, 坐标系统为 WGS84; 成像时间: 当年 7、8 月, 因此地表径流最为明显。

2 遥感影像的前期处理

遥感影像预处理主要包括辐射校正、噪声剔除、几何校正 3 个过程。

2.1 辐射校正 辐射校正在今后的遥感研究中至关重要, 选择正确的辐射校正方法对最终的结果有重要的作用。辐

作者简介 宗佳亚 (1982—), 男, 陕西西安人, 助理工程师, 硕士, 从事土地规划与地理信息相关研究。

收稿日期 2017-07-31

射校正有 2 类,一是传感器的辐射校正;二是照度校正、大气校正等。

2.2 噪声剔除 噪声主要包括 4 种形式——独立噪声、随机噪声、周期恒定噪声和无恒定周期噪声,因产生原因各异,噪声去除所采用方法也各不相同,实际上噪声的概念比较广泛,只要妨碍分类效果的信息都可以称作噪声。试验过程中采用 ERDAS 软件中的 jority 滤波对训练区进行了纯化,采用该方法来减弱噪声对训练区统计信息的影响,且常见的孤立噪声在影像中分布面积均较小,即使在分类过程中被错分,之后进行的制图综合中,一般也能将划入正确类别中,将其对制图精度的影响降至最小。

2.3 几何校正 几何校正往往在影响使用之前,因受卫星传感器视角、地表曲率影响,星下点以外的地物往往会发生几何形变。几何校正包括粗校正和精校正,一般在校正过程中只需要进行几何精校正。

遥感图像处理流程中的顺序在几何校正中显得尤为重要。校正顺序上,如果先进行了几何校正,波谱信息会由于重采样造成损失,影像中较暗部分在各波段间原有的相关性可能会被破坏,从而影响辐射校正。而对于几何校正和后续处理,如图像增强、影像分类等的顺序,如果几何校正在这些操作之前进行,重采样造成的波谱信息的损失可能是不可逆的,但如果增强在几何校正之前完成,这将导致对多种处理图像的几何校正,并因此增加了处理几何校正的机时和工作量。

3 TM 影像的流域水文信息提取

3.1 单波段阈值法 单波段阈值法利用对水陆界线反映较好的 TM 影像的第 5 波段或是红外波段,根据影像的灰度特征经过数据采样确定其合适阈值,利用单波段信息对水体进行提取。提取模型:对流域进行建模处理→选择模型计算方法→提取河流图。 $TM5 < T$, $TM5$ 表示第 5 波段的灰度值, T 为水体提取的灰度阈值。

另外, $TM6$ 波段为远红外波段,对水体的区分度也较好,下面是在 Erdas 中的建模实现。在 ERDAS 软件中选择, Modeler 模块 > > Model Maker, 打开建模界面。在界面中拖入要处理的遥感影像,然后选择处理方法,选择合适的阈值。

3.2 谱间关系法提取水体

(1) 谱间关系法是由周成虎等^[7]提出,该方法细致研究分析水体与其他典型地物在遥感影像各波段上的灰度曲线图,利用区分度较高的波段组合,发现水体在不同波段之间存在着特殊关系,即 $TM2 + TM3$ 的灰度值大于 $TM4 + TM5$ 灰度值加上阈值 K 。提取模型如式(1)所示:

$$TM2 + TM3 > TM4 + TM5 + K \quad (1)$$

式(1)中, K 是根据该地区研究对象光谱反射率经反复试验设定的阈值。图 1 为提取的效果。

(2) 在进一步研究的基础上,发现 TM 影像中水体还具有波段 4 与波段 2 的灰度值的比值小于 0.9 的特性,有学者提出了改进的多波段谱间关系模型:

$$(TM2 + TM3) - (TM4 + TM5) > K$$

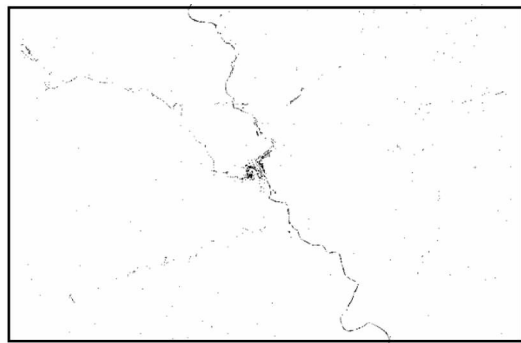


图 1 谱间关系法提取效果

Fig. 1 Extract effect of relationship method

$$TM4/TM2 < 0.9$$

(2)

其中, K 是基于研究区中研究对象的光谱反射率的积累计算确定出的阈值。此类算法模型的研究以及恰当的应用可以更加有效地在 TM 影像上提取出河流等面域较宽大的水域(图 2)。而且可在一定程度上对阴影干扰进行合适的消除处理。但存在的问题是,对于河网密布和一些地形阴影非常发育山区中的水体,该模型难以有效地对细小的水体进行提取,也不能有效地去除地形阴影。

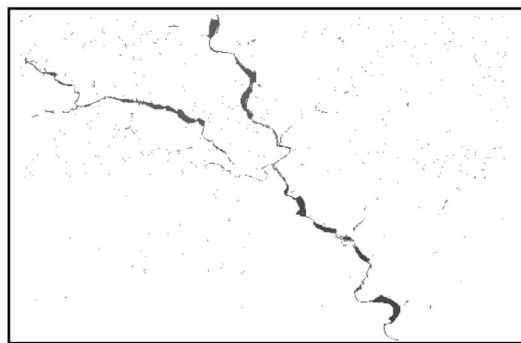


图 2 面状水域

Fig. 2 Surface water

3.3 归一化水体指数 通过对水体的波谱特征研究可知,在 $TM2$ 波段水体有较强的透射性,而 $TM5$ 波段处于水体反射吸收带内,反映水体信息敏感,因此可以采用 2 波段和 5 波段数值之差和这 2 个波段数值之和的比值作为归一化水体指数(NDWI),当 $NDWI > 0$ 时提取出来的地物可以认为是水体。归一化水体指数的计算模型如下:

$$NDWI = (TM2 - TM5) / (TM2 + TM5) \quad (3)$$

3.4 基于 IHS 彩色模型的水体提取 研究区域大部分是较小的水体,由于 TM 影响的特征,较小水体易与影像上阴影部分混淆,利用常规的识别方法不容易提取。通过目视分析可以发现,利用谱间关系法提取模型关系式 $TM2 + TM3 > TM4 + TM5 + K$ 提取的水体信息中,大面积的水域清晰准确,但是对小面积水体与影像阴影混淆严重。必须经过其他方法的改进(图 3)。

HIS 颜色模型和人们感受颜色的方式密切相关,在此基础上可以构建 IHS(即亮度、色调、饱和度)模型进行小面积水体的识别。构建 IHS 模型的方法大致步骤:①从 TM 影像中选择合适的波段组合,合成 RGB 假彩色图像;②利用 ER-

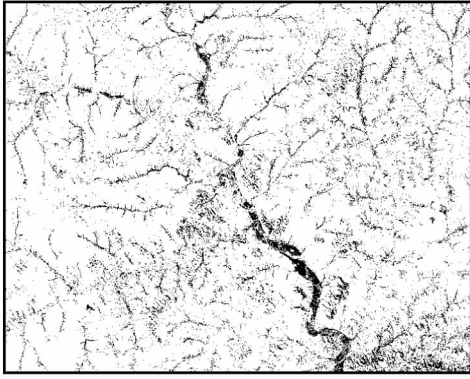


图3 改进的多波段谱间关系模型提取效果

Fig.3 Extraction effect of improved multi-band spectral correlation model

DAS 软件提供的 IHS 变换功能,将假彩色合成图像变换成 IHS 彩色图像。在新的图像中,小面积水体的亮度 I、色调 H、饱和度 S 可以构建模型来完成识别:

$$a_i - k_1 \alpha_i < I < a_i + k_1 \alpha_i \quad (4)$$

$$a_h - k_2 \alpha_h < I < a_h + k_2 \alpha_h$$

$$a_s - k_3 \alpha_s < I < a_s + k_3 \alpha_s$$

式(4)中, a_i 、 a_h 、 a_s 是 I、H、S 在合成后影像中的均值, α_i 、 α_h 、 α_s 是 I、H、S 在合成影像中的样本标准差, k_1 、 k_2 、 k_3 为系数,在 ERDAS 中建模实现流程见图 4。

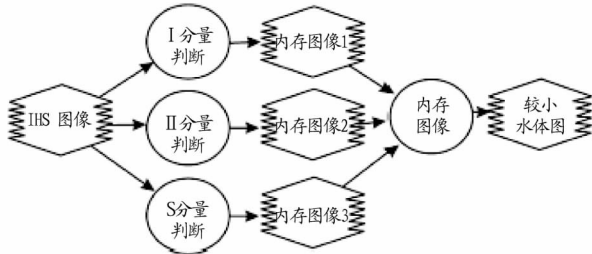


图4 较小水体识别模型

Fig.4 Smaller water recognition model

对重采样的数据分析获得 I、H、S 分量的样本均值分别是 0.376、137.729、0.338, I、H、S 分量的样本标准差分别是 0.073、10.152、0.049, 系数 K 值依次是 1.09、1.05、1.15, 将上述数据填入 IHS 彩色模型中, 进行水体识别。LSH 变换后的影像见图 5, LHS 提取效果见图 6。

4 水体提取后处理

4.1 断流连接 由于桥梁枯水期断流等缘故, 提取出的河流可能并不是连续的, 可以利用膨胀腐蚀技术连接断流处, 并且平滑边缘、填补小孔洞。断流连接算法的基本步骤: ①确定膨胀处理的区域, 把要进行膨胀的象元进行标示。该步骤可用来连接河流间的线状断裂区域, 同时也能平滑河流的外边缘。②对已经膨胀的区域采取腐蚀化, 用膨胀点作为约束条件选择出要进行腐蚀的区域, 尽可能恢复河流现实形状。

经过断流连接之后, 可能还存在一些独立、小面积水体, 这可能是被误提的水体 (如池塘等), 也有可能是真实存在的水体。要根据其所处位置和面积形状的要素进行判断, 并删

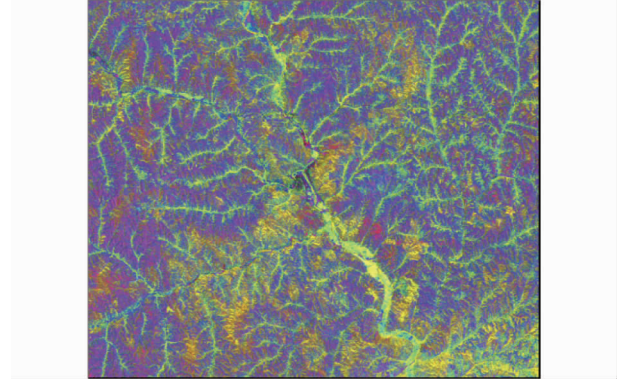


图5 IHS 变换后的影像

Fig.5 IHS Transformed images

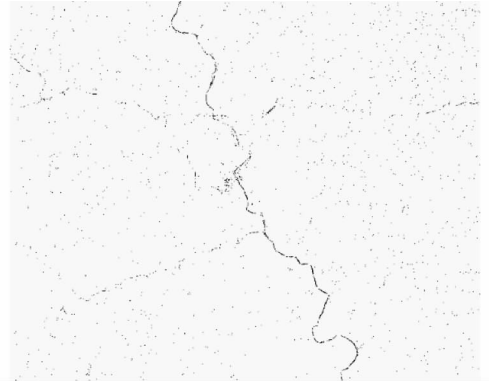


图6 IHS 提取的效果

Fig.6 IHS Extract the renderings

除误提区域。

4.2 矢量化处理 一般情况下, 在对河流目标进行提取以后, 仍需要对其具体的地理位置坐标进行合适的存储处理, 这样不仅能够方便地进行检索操作, 还可以方便其他相关处理操作。但是海量数据存储往往占用太多存储空间, 因此, 对河流的研究区域进行抽取骨架操作, 然后对其进行矢量化, 将会妥善解决这一问题。

4.2.1 河流骨架的抽取。 所谓图像骨架实质是指图像中的骨骼部分, 图像骨骼用来描述对应图像的几何和相关的拓扑性质的重要特征。骨架提取的过程则常常被称作图像“细化”过程。而通常为了突出研究河流区域的形状特征, 减少繁杂的多余信息, 需要对图像进行很大程度的细化, 从而提取河流的骨架情况。

图像细化后所要求的结果应该是单像素相连的一种骨架, 而且中间应该不会被断开。笔者在对河流进行具体细化的过程中, 应用了较为常用的求二值目标区域的骨架计算方法, 最后提取了河流的骨架情况。

4.2.2 河流骨架矢量化。 河流骨架实质是许多零散象元不同程度的集合, 因此对骨架边缘进行一定规则的追踪处理, 就可以得到一条河流众多支流的骨骼曲线所涉及的象元点列, 一般使用链式码来抽象地表示以上所出现的曲线点列。但是因为曲线是由直线段组成的, 所以如果能够找到所有的直线段之间的交点, 这样便完成了曲线的矢量化。使用基于斜率差矢量化方法, 首先将曲线点列中那些斜率相同 (链

式码相同)的相邻象元点集成合并为一些较短的线。然后将斜率相似的相邻短线进一步合并为一些直线,这些直线之间的交点则就是曲线矢量化数据。

5 遥感影像中河网提取

TM 图像中河流自动提取并矢量化的效果见图 7~12。试验结果表明,该方法得到了较理想的河流矢量数据。但由于膨胀腐蚀操作,对线状的细小支流存在漏提的现象,这有待进一步研究。

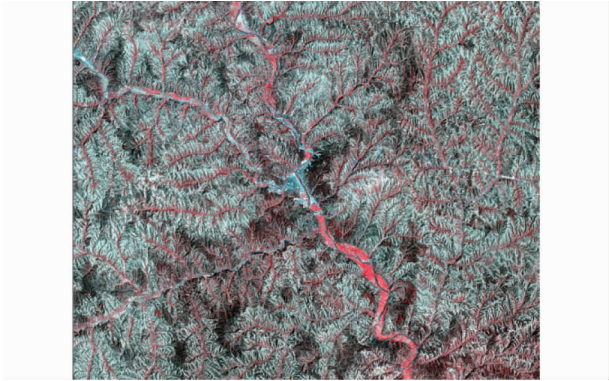


图 7 TM 影像(432)
Fig.7 TM image(432)

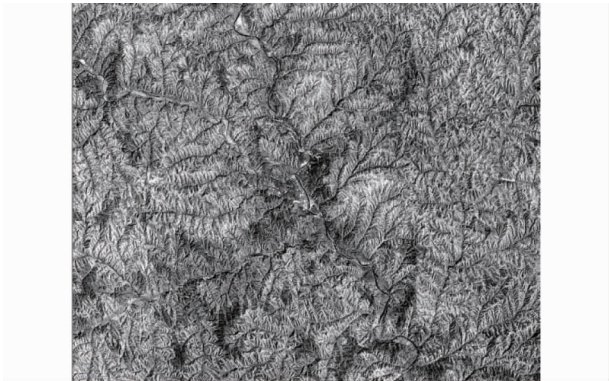


图 8 TM 波段
Fig.8 TM band

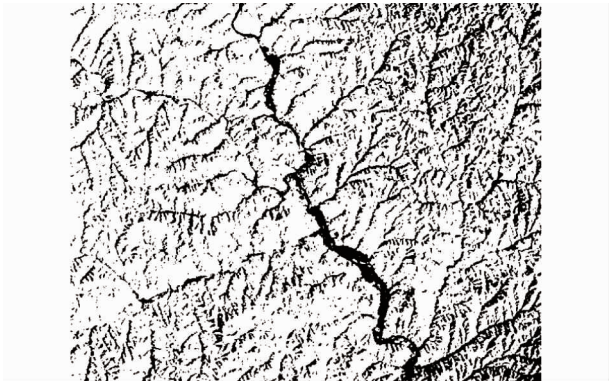


图 9 单波段阈值提取效果
Fig.9 Single-band threshold extraction

对比提取效果(图 7~12)可以发现,各种提取方法各有利弊。其中单波段阈值法(图 9),河网脉络较明显,主干道清晰,支流也能很好的表现,但是在阴影和河网的提取中出现较多混淆,造成较大面积的阴影误提;水体归一化系数提

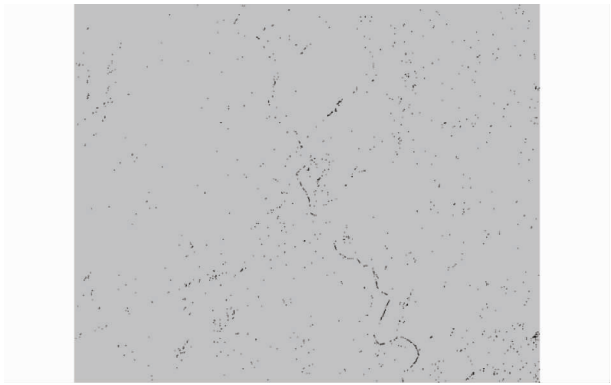


图 10 水体归一化处理效果
Fig.10 Water body normalization effect

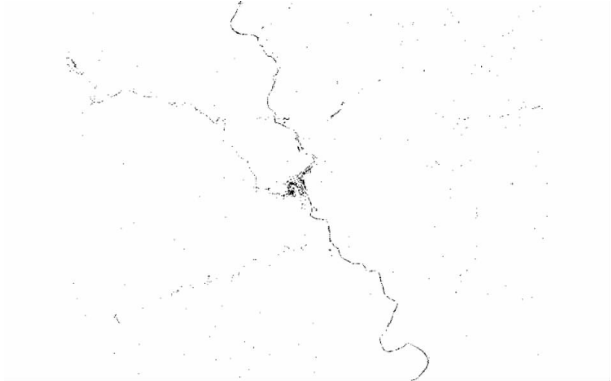


图 11 谱间关系法提取效果
Fig.11 Inter-spectral relationship extraction

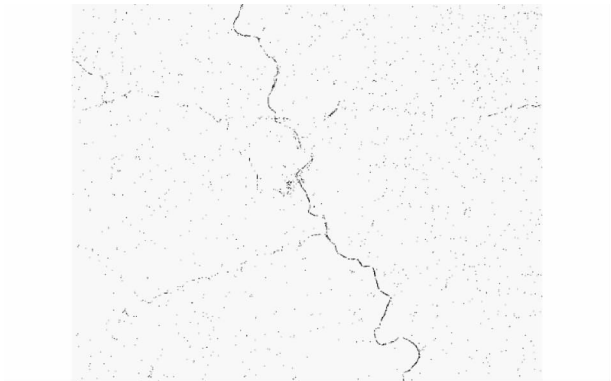


图 12 IHS 颜色模型提取效果
Fig.12 IHS color model extract effect map

取(图 10)的效果能勉强表现出河流主干道,对支流和小面积的水域提取效果不佳,相对于其他几种提取方法效果略差;谱间关系法(图 11)提取出的河流主干道清晰,大面积的水域表现清晰,支流中存在较多断流的区域,这与遥感影像的成像时间有一定的关系;IHS 颜色模型(图 12),在几种方法中效果最好,河流的主干道可以清晰地表现,支流中的断流问题也有较大程度的改进。

6 结论

在 TM 影响中,水体提取时最大的干扰信息是阴影信息,水体由于反射率较低,DN 值相对偏小,易与阴影混淆。在研究中单波段提取方法时,两者很难有效提取,但是利用(下转第 79 页)

可供性。影响原料可供性的因素包括 4 个方面:

3.1 环境敏感区 即影响原料收集可通达性规划的重要障碍。由于发酵的原料往往是畜禽粪污和农作物秸秆,其在运输过程中易产生恶臭或者粉尘污染,因此其运输过程中需要尽量减少对道路周边环境的影响,在运输路径的规划上需要尽量避开居民区、水源地等环境敏感区。

3.2 乡村道路的完善程度 即交通的可达性。无论是原料的产地还是沼气工程点,往往都是选址在远离居民点的乡间地区,因此原料的运输往往需要经过大量乡村公路,此时乡村道路的完善程度对原料的运输起到至关重要的影响,具体包括多点之间道路是否通畅,道路的路况是否便于运输车辆的行驶。

3.3 原料的收集成本 由于原料来源复杂、季节变化大,因此在收集时往往采用分散收集,此时需要考虑单个收集点原料可供量与收集成本之间的平衡,对于路途较远或者原料可供量较少而导致收集成本过高的收集点往往不予考虑,一般只考虑实际运距在 10 km 以内且达到一定规模的收集点。

3.4 原料收集的技术水平和工具配套情况 原料的收储运体系需要一定的收集技术,并配到相应的工具设备,如秸秆的收集中就需要配套秸秆打捆设备,工具的应用可以节约收集和转运的时间,进而提高收集效率,能够在有限的时间内完成更多原料的收集与运输。

4 结语

我国沼气与生物天然气经历了多年的探索与发展,当前正处于转型升级的阶段,产业化与区域化发展是其必然的选择,而科学、合理的规划对区域内整个产业的发展将起到至关重要作用。通过建立相关模型,对算法优化后进行求解并引入地理信息系统技术,可以得到可视化的原料收储运体系

优化结果。做好原料收储运体系的构建与优化可以降低原料的收集成本,并有效保障沼气工程的长期稳定运行。

参考文献

- [1] 成满伟,朱洪光,徐宇鹏,等. 沼气与生物天然气产业发展模式比较分析[J]. 安徽农业科学,2017,45(18):48-50.
- [2] CHENG X W,ZHU H G,ZHANG T L,et al. Biogas production from anaerobic digestion of high oil waste[J]. Meteorological and environmental research,2017(2):54-58.
- [3] 李秀金. 生物质天然气市场前景可期[J]. 化工管理,2016(16):54.
- [4] HÖHN J,LEHTONEN E,RASI S,et al. A geographical information system (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland[J]. Applied energy,2014,113(1):1-10.
- [5] YEO I A,YEE J J. A proposal for a site location planning model of environmentally friendly urban energy supply plants using an environment and energy geographical information system(E-GIS) database(DB) and an artificial neural network(ANN)[J]. Applied energy,2014,119(3):99-117.
- [6] 梁会民,陈文月,殷洁,等. 基于网络分析的快递网点布局优化研究[J]. 物流科技,2015,38(4):37-40.
- [7] 唐秀英,杨琳琳,施杰,等. 生鲜农产品冷链物流系统网点布局优化[J]. 物流技术,2015,34(5):134-136.
- [8] 兰鑫. 银行网点布局优化系统的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2012.
- [9] ABOUSAEIDI M,FAUZI R,MUHAMAD R. Geographic information system (GIS) modeling approach to determine the fastest delivery routes. [J]. Saudi journal of biological sciences,2016,23(5):555-564.
- [10] KANCHANABHAN T E,ABBAS M J,SRINIVASAN S,et al. Optimum municipal solid waste collection using geographical information system (GIS) and vehicle tracking for Pallavapuram municipality [J]. Waste management & research; the journal of the international solid wastes & public cleansing association, iswa,2011,29(3):323-339.
- [11] KHAN D,SAMADDER S R. Allocation of solid waste collection bins and route optimisation using geographical information system: A case study of Dhanbad City, India[J]. Waste management & research,2016,34(7):666-676.
- [12] 石兆,符卓. 时变网络条件下带时间窗的食品冷链配送定位—运输路径优化问题[J]. 计算机应用研究,2013,30(1):183-188.
- [13] 查伟雄,孙敬. 基于模拟退火算法的危险货物道路运输路径优化双层规划模型[J]. 公路交通科技,2012,29(4):101-106.

(上接第 71 页)

谱间关系可以在不同程度上进行修正,该研究采用的几种方法多是几个光谱之间简单的加减,采用一些较复杂的数学方法的可行性也有待进一步研究。综上所述可得出以下结论:①基于 TM 影像 6 波段的单波段阈值提取方法,可以获得较清晰的河网信息,主支流河网连续性较好,河流脉络明显,但是由于遥感影像上阴影的影像,单波段改变提取阈值难以把阴影与水体进行有效区分,提取效果仅能作为参考。②利用谱间关系法和 IHS 颜色模型提取的河网,主干道提取效果明显,大面积的水体也可以很好的表现,支流河网只能表现大致的轮廓,存在许多严重的断流现象。

参考文献

- [1] 李栋梁. 基于 TM 影像的水系信息提取及变化制图研究[D]. 南京:河海大学,2006.
- [2] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2013.
- [3] 杨晓平. 基于 TM 遥感图像的流域地貌研究[J]. 科技通报,2003,19(2):150-153.
- [4] 孙家柄. 遥感原理、方法和应用[M]. 测绘出版社,1997.
- [5] 陆家驹. 多种遥感资料河网水体的有效译解[J]. 水利学报,1993(1):43-47,52.
- [6] 王刚,李小曼,田杰. 几种 TM 影像的水体自动提取方法比较[J]. 测绘科学,2008,33(3):141-142.
- [7] 周成虎,骆剑承,杨晓梅,等. 遥感影像地理解析与分析[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [8] 刘学军,徐鹏. 交通地理信息系统[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [9] 李军利,查良松,王中. 动态分段思想在公路地理信息系统中的实现[J]. 测绘与空间地理信息,2006,29(1):67-70.