

GIS 在北京延庆大庄科辽代冶铁遗址群 景观考古研究中的初步应用

李 潘¹, 刘海峰^{1,2}, 潜 伟¹, 李延祥¹, 陈建立³

(1. 北京科技大学冶金与材料史研究所, 北京 100083; 2. 南京信息工程大学科学技术史研究院, 江苏南京 210044;
3. 北京大学考古文博学院, 北京 100871)

摘要: 以北京延庆县大庄科乡冶铁遗址群为例, 对空间结构及其与资源、环境间的关系通过 GIS 工具进行分析。根据对冶炼活动有显著关系的影响因子, 建立遗址分布之间的定量关系, 进而模拟小区域范围内的遗址预测。研究发现, 该区冶铁遗址群对地理位置中的坡度和高程因素展现出较强的依赖性, 主要表现为遗址的坡度(7°以下)和高程(650m以下)数值均相对较小; 遗址与水系间联系明显, 冶铁遗址主要集中在河流交汇处, 方便冶炼过程及相关活动水源的供应; 而随着冶炉容积(即冶铁产量)的增加, 小范围内的冶铁遗址选择, 并未以铁矿资源距离就近为最佳选取原则, 表明了人类生产活动中对资源的依赖程度有所减低。

关键词: 景观考古; 冶铁遗址; GIS; 大庄科乡

中图分类号: K878.5, P901, X24 **文献标识码:** A

0 引言

冶铁活动位置的选取在很大程度上受景观因素的影响, 而对遗址景观考古方面的研究, 因涉及社会文化和自然景观, 且观察到社会的改变随着时间的推移动态呈现^[1], 故传统考古学方法尚不能提供详尽的解释, 而借助于多学科交叉的地理信息系统(GIS), 为理论阐释、方法革新和实践检验提供了便捷的方式^[2]。早在上世纪就有 Kvamme L^[3]做过相关计算机建模分析应用, 倪金生^[4]也曾从地理角度建立预测模型对不同考古学文化特征进行了说明, 此外秦臻^[5]、张海^[6]、冯德显^[7]、鲁鹏^[8]、谢立华^[9]在相关领域均有尝试。对于历史文化遗存主要集中在明清时代的北京军事要塞大庄科乡^[10], 境内的辽金时期冶炼遗址群作为 2014 年全国考古十大发现之一, 有重要研究意义。对水泉沟冶铁遗址的布局, 有推测古人在建设冶铁场时, 已经有了较为周密的规划, 合理利用了周边的地理和交通环境^[11]。故此希望通过 ArcGIS 的模型模拟, 以北京大庄科乡冶铁遗址群为例, 试对冶炼选址等活动做出一些相关解

释和预测。

1 模型变量选择和数据来源

1.1 模型变量选择

借助于 GIS 工具, 通过确定各相关影响因子系数来建立模型探讨研究区域内遗址的相关问题, 是对遗址景观考古研究的重要应用之一。本研究主要模拟遗址建造过程的最佳选址, 运用模型对遗址出现的概率进行宏观预测。

主要使用的软件是由美国环境系统研究所(ESRI)开发的地理信息系统软件 ArcGIS, 该软件被 Windows、Unix 等操作系统所支持, 在个人用户与企业用户中都比较流行。也正是由于 ArcGIS 软件的广泛普及, 对于用户不同层次的需求日臻完善, 本研究的需求可以借助于 ArcGIS 的应用平台顺利地实现。

为了较为简洁直观的表述, 采用理想状态下较为简化的线性模型来对遗址的最佳选址规律进行模拟。

多变量线性回归模型如下:

$$Y = \sum a_i x_i$$

式中, Y 是因变量, x_i 是自变量, a_i 是回归系数。

收稿日期: 2015-05-18; 修回日期: 2015-09-22

基金项目: 国家自然科学基金资助(51374031)

作者简介: 李 潘(1991—), 女, 北京科技大学硕士研究生, 科学技术史专业, E-mail: priscillapan.lee@gmail.com

通讯作者: 潜 伟(1972—), 北京科技大学冶金与材料史研究所所长, 博士生导师, E-mail: qianwei@ustb.edu.cn

由此通过不同地理位置 Y 值的高低判断遗址选择的最佳区间,其中 Y 值越高,代表该地区越适宜作为冶铁活动选址。

在本式中,对自变量选择 4 个环境因子,即高程、坡度、与铁矿距离、与河流距离,依此有 x_1 为高程值, x_2 为坡度值, x_3 为铁矿距离值, x_4 为河流距离值。

需要注意的是,对区域的最佳选址的确定,是基于理想状态下的模型,需要假设:1)误差在每个自变量数据集中呈正常分布;2)误差具有 0 的平均值;3)对于多有自变量值,误差的变化是恒量;4)误差是相互独立的;5)各独立变量之间的相关性很低^[12]。

针对数据来源的实际情况和需求,对下面一些影响因子变量进行了筛选与确定:

1) 高程:作为土地资源固有的重要环境因子,制约着土地的利用方式^[13],在冶金生产过程中,高程的确定不仅需要考虑原料运输成本,还要考虑遗址建造的成本,比较直观的是较高的相对高程会带来成本的增加;

2) 坡度:与高程一样,坡度亦是土地资源的环境因子之一,坡度较大(即较为陡峻)的地方同样增加了冶炼的选址成本;

3) 朝向:光照条件是人类选址的重要因子,从农耕活动到居住区建造都会充分考虑采光条件,但是考虑到辽代冶铁手工业生产已具备较大自主活动的的能力,木料来源需要的朝向与遗址需要的朝向不

需要保持同步,且从现有遗址发掘出现的鼓风口判断,人力鼓风的可能性较大,几乎不依赖于自然风力,故对朝向的选择不作为参考因素;

4) 与铁矿资源的距离:毫无疑问,铁矿资源与冶铁活动息息相关,通常来说距离铁矿路程较远相应运输成本将会增加;

5) 距河流的距离:河流作为一个资源与环境因素的综合,在给水资源以及水运交通方面,都是一个重要的影响因子。

在坡度数据上,坡度的取值存在着损失^[14],但这并不代表,只有绝对的精度才有实验意义。有学者证明如果 DEM 分辨率在 70m 以内,可以得到较为理想的误差模拟效果^[15],由于数据主要来源于 NASA^[16]、METI 联合推出的 GDEM 30m 遥感数据,故认为现有数据精度对后期数据分析相对可信。其次,坡度的三阶反距离平方权差分算法,在现有六大算法中精确度较高^[17],而该算法为 ArcGIS 软件所默认^[18],故认为对研究区域内坡度、坡向精度分析算法过程也为可信。

1.2 数据来源

涉及的环境因子数据主要来自地形图、遥感影像数据和部分实地调查(图 1)。其遥感影像数据来自于美国航空航天局(NASA)与和日本经济产业省(METI)联合发布的全球数字高程数据产品 ASTER GDEM(ASTER Global DEM)^[16],精度约为 30m。

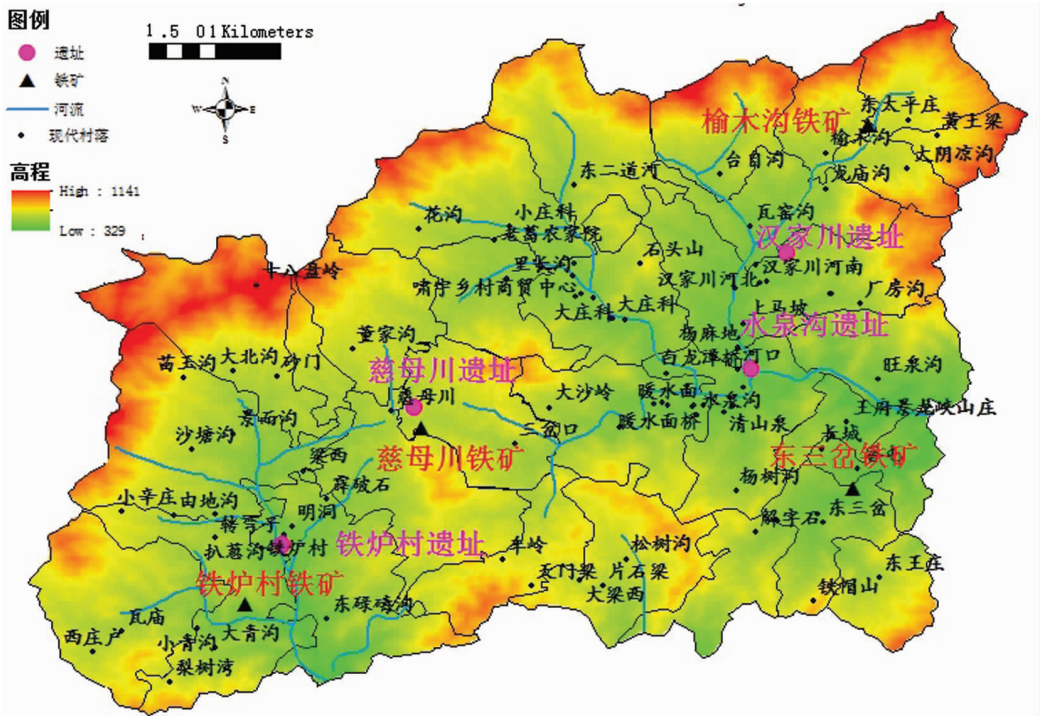


图 1 大庄科乡原始要素图

Fig. 1 The original elements map in Dazhuangke

2 预测模型

主要通过 ArcGIS 的空间分析功能,实现对冶炼遗址选址的分析。首先利用上文提及的 ASTER GDEM 数据派生出坡度数据,以及创建由实地调查所得到的铁矿遗址点,还有加载地形图及其水系河

流分布数据派生出相关环境因子对应的欧式几何距离数据集。然后再对这些数据进行重分类,并对数据集取相同的等级范围,按照均一的影响因子赋值权重,最后合并这些数据即可创建显示预测模型遗址位置分布的地图。

逻辑过程如如图 2 所示。

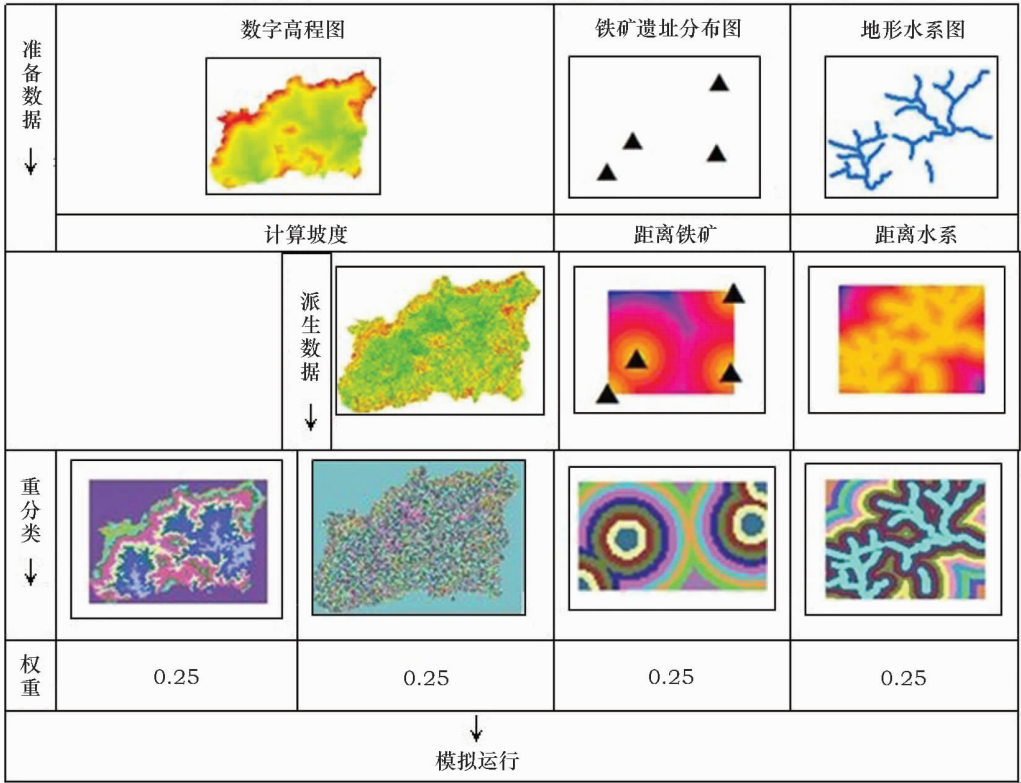


图 2 模拟实验的逻辑过程

Fig. 2 Logical process of simulation experiment

其中,在重分类数据中以 10 个等级划分重分类数据,并采用默认的自然 break 进行区域分级;为了简单直观表现模型对 4 个重要环境因子权重比例相同,故每个因子的取值均为 0.25;将处理好的数据通过 Map Algebra 分析计算得到最终适宜性数据集,图 5 所示的深蓝区域即为较适宜选址区域。

3 结果和讨论

通过对研究区域范围内地理因素的分析,发现高程值域范围为 329m 到 1141m,整体数值近似呈正态分布。境内已发掘遗址高程在 430 ~ 600m 数值范围内,遗址的选择有较为鲜明的趋向性。

坡度数据方面,整体数据呈近似不规则正态分布,坡度主要集中约为 6°至 23°区间内,如图 4 所示。

对比发现现有遗址的整体坡度均偏低,联系上文推断该区域辽金时期在遗址选择上针对地形可能已经有了较为科学的标准。

对遗址与河流距离的分析,认为遗址的选择都集中在河流较近的地方,其中水泉沟遗址距河流的水平距离约 50m,周边遗址距离水系的距离也未超过 600m,体现了生产生活对水源的依赖性。

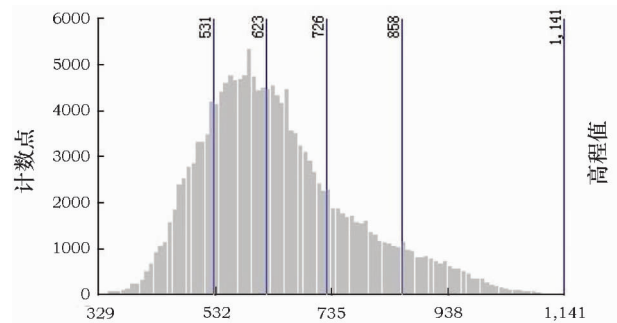


图 3 大庄科乡境内冶铁遗址的高程数据分布

Fig. 3 Altitude data distribution in Dazhuangke iron smelting sites

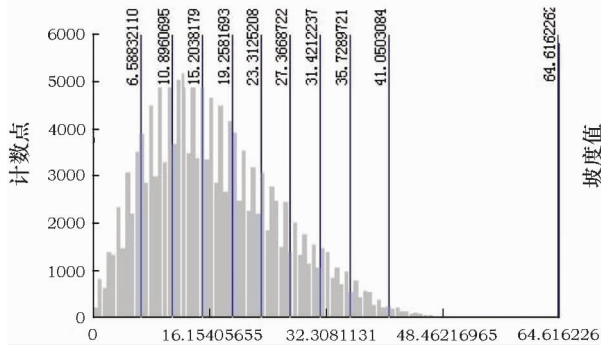


图 4 大庄科乡境内冶铁遗址的坡度分布图

Fig. 4 Slope distribution in Dazhuangke iron smelting sites

再次,通过遗址点对铁矿资源分布图的距离分析,按照原料获取的就近原则,水泉沟遗址与东三岔铁矿资源点的距离约 2.7km,相较周边遗址距离较远,可能体现了该时期大庄科境内的冶炼活动已经存在较强的原料运输能力。因而,对于类似水泉沟这种较大规模的冶炼遗址,没有就近选择东三岔附近的有利遗址区域,或与当时特定的历史条件及自然因素有关,需要借助更多的资料做进一步细致的探讨。

最后,将现有遗址数据加载于模拟效果图中,对比发现遗址的选择基本符合理想模型的判断依据,均出现在高频概率(深蓝色)逻辑选址中,可能说明了辽金时期冶炼场地的选址有较为客观科学的规律。

综合模型分析:

1) 区域内高程数值中,400~750m 区间占较大比例,其中以高程数值在 531~650 m 范围内居多;而慈母川、铁炉村、汉家川和水泉沟四处已发现遗址点的高程则分布范围是 430~610 m 之间,且大部分集中在 430~550m 区间内,认为大庄科冶铁遗址的选择倾向于较低高程的区域。

2) 区域内坡度数值中,4.5°~27°区间占较大比例,其中以坡度数值在 9°~16°范围内居多;研究发现遗址点大部分的坡度低于 7°,即代表遗址分布在坡度较缓的地方,可能说明辽金时期燕山南麓地区的人类对遗址建造已经有明显的坡度大小取舍,结合高程环境特征属性,表明遗址点多选择在较为适宜农业活动的地方。

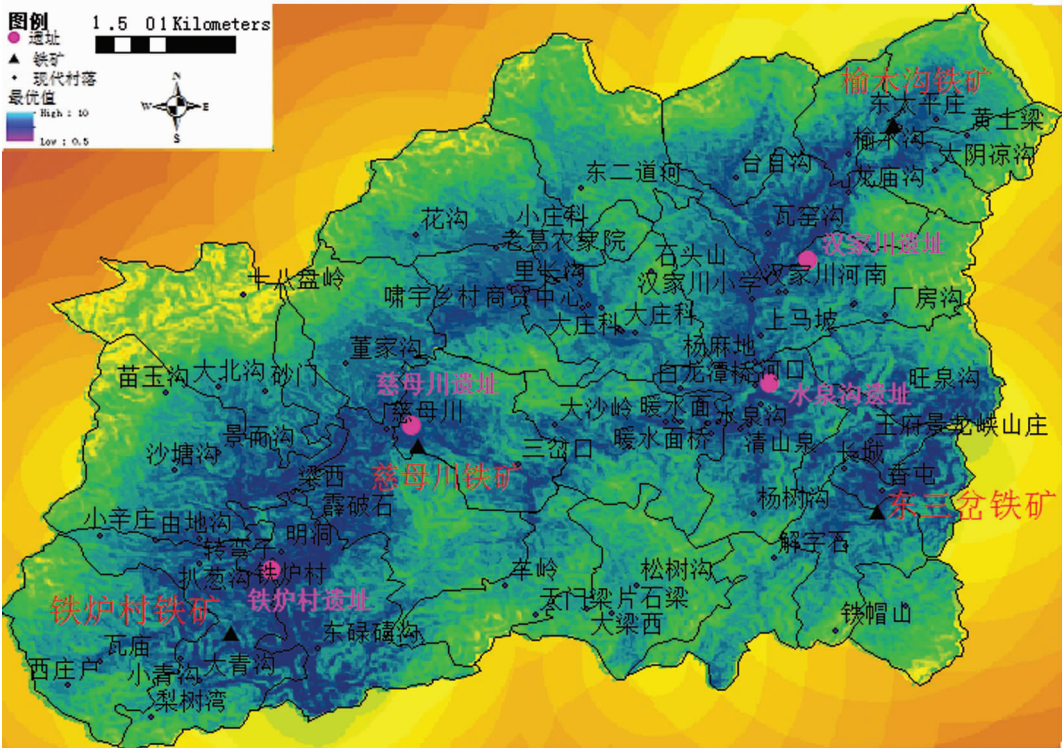


图 5 模型的最佳选址结果示意图

Fig. 5 The best location of the model

3) 所有遗址点与水系水平距离比较接近,汉家川遗址点、慈母川遗址点、铁炉村遗址点与水系水平距离都保持在 200~600m 范围之间,这或者与避免洪涝有关,水泉沟遗址保持在 100m 范围内,很大

程度上归咎于冶炼规模的需要及交通的便利,其次也因为遗址位于的二级台阶已经具有相当的防洪能力。

4) 小区域内的消费布局,从遗址与资源分布

关系来说,消费区域选址对河流水系的依赖因素较大,一方面由于河流本身多出现在低洼地区(即相对高程较低);另一方面,直接来说,河流为铁矿等原料的运输提供了便利;其次,间接来说,因为冶铁活动衍生出的其他生产、生活活动需要水资源的补给。验证逻辑模型发现,现已探明遗址均出现支流较多的区域,这与模拟概率结果较为一致。

此外,以东三岔铁矿区与水泉沟遗址点为具体案例,由于东三岔地区是发现距离水泉沟遗址最近的铁矿区,同时地质研究表明东三岔矿区中的铁金属储量(C2级)约为909062吨^[19]。以水泉沟冶铁遗址的最大炉型量化计算^[20]也足够满足古代冶铁的需求,初步认为东三岔地区是水泉沟遗址的重要铁矿来源。模拟结果表明,东三岔铁矿与龙泉峪村之间有呈近似扇形的大规模适宜建址区域。而发现的水泉沟遗址距离模拟最高概率区却尚有距离,尤其在水泉沟村与龙泉峪村交界处还有一片不属最佳逻辑选址的空间。从两方面解释有:首先,由于东三岔特殊的地质地貌不适合大规模冶铁遗址的建造选址,东三岔香屯地区处于向斜褶皱地区。同时岩层的倾角处于70°~80°之间^[19],进行大规模的冶炼活动本身就有危险。另外活动伴随的矿山开采以及森林砍伐都会诱发造成区域环境问题,间接对冶铁活动造成阻碍;其次,就地理位置而言,东三岔地区对炼铁制成品的交通运输并未有足够优势,相反,选择水泉沟作为遗址建造点距离汉家川遗址更加接近,方便了遗址群之间的管理以及冶铁活动后期的加工,这与近期在水泉沟遗址附近考古发掘结果相一致^[10];第三,水泉沟冶铁遗址的铁矿可能不来源于东三岔,而来源于其他铁矿,如位于同一条水系上流的榆木沟。但总的来说,大庄科该时期的冶铁活动的选址可能已经形成了对地质条件和交通因素等综合的衡量标准。

不可否认,近代遥感数据与古代地貌之间不会存在绝对吻合,但是由于地质地貌的变动不会变化太大,故对由此产生误差忽略不计,选址条件中默认不涉及土地平整。故此,通过数学逻辑模型和计算机运行模拟仿真模型,有相对可信性和有效性的检验^[21]。同时,虽然在逻辑模型被现有数据检验得到了较好的验证,但是部分源自样本数据过少。此外,由于自然规律具有相似性,猜测与人口分布类似,遗址分布的选择本质上或是离散非连续的^[22]。希望后续研究中发现更多遗址,通过更加科学的SPSS分析,及对数回归模型等的应用,以期获得更为亟待填补的普适性模型。

4 结论

通过综合分析北京延庆县大庄科乡冶铁遗址群之间的各自环境特征,初步认为辽代燕山南麓地区冶铁遗址的选择倾向于满足相对高程较低、坡度较低、离资源距离较近等因素的综合。从本研究的模型来看,慈母川、铁炉村以及东三岔附近较高概率存在尚未发现的新遗址。

致谢: 本工作得到北京市文物研究所刘乃涛、郭京宁、魏然等同志的大力支持,在此以表感谢。

参考文献:

- [1] Crumley C, William H. Landscape: A unifying concept in regional analysis[M]// Interpreting space: GIS. London: Taylor and Francis, 1990: 73-79.
- [2] 张 海. 景观考古学—理论、方法与实践[J]. 南方文物, 2010, (4): 8-17.
ZHANG Hai. Landscape archaeology—theory, method and practice [J]. Cultural Relics Southern China, 2010, (4): 8-17.
- [3] Kvamme L. Computer processing techniques for regional modeling of archaeological site locations[J]. Advance Comput Archaeol, 1983, (1): 26-52.
- [4] 倪金生. 山东沭河上游流域考古遗址预测模型[J]. 地理科学进展, 2009, 28(4): 489-493.
NI Jin-sheng. Predictive model of archaeological sites in the upper reaches of the Shuhe River in Shandong[J]. Progress Geography, 2009, 28(4): 489-493.
- [5] 秦 臻. 舞钢、西平地区战国秦汉时期冶铁遗址研究—从微观到宏观[D]. 北京: 北京大学硕士论文, 2011: 73-83.
QIN Zhen. Studies on the iron smelting sites in Wugang and Xiping Counties during Warring States, Qin and Han Periods— from micro to macro perspective [D]. Beijing: Peking University, 2011: 73-83.
- [6] 张 海, 方燕明, 席 玮, 等. 以WEB和3S技术为支持的南水北调禹州段考古区域系统调查[J]. 华夏考古, 2012, 4: 138-145.
ZHANG Hai, FANG Yan-ming, XI Wei, et al. The regional systematic survey of South-to-North Water Diversion Project in Yuzhou by the WEB and 3S techniques [J]. Huaxia Archaeol, 2012, 4: 138-145.
- [7] 冯德显, 贾 晶, 乔旭宁. 区域性中心城市辐射力及其评价——以郑州市为例[J]. 地理科学, 2006, 26(3): 266-272.
FENG De-xian, JIA Jing, QIAO Xu-ning. Assessment on radiant ability of regional central city—a case Study of Zhengzhou City [J]. Scientia Geographica Sinica, 2006, 26(3): 266-272.
- [8] 鲁 鹏, 田 燕, 杨瑞霞. 环嵩山地区9000 a.B.P.—3000 a.B.P. 聚落规模等级[J]. 地理学报, 2012, 67(10): 1375-1382.
LU Peng, TIAN Yan, YANG Rui-xia. The study of size-grade of settlements around the Songshan Mountain in 9000 a.B.P.—3000 a.B.P. based on SOFM networks [J]. Acta Geographica Sinica, 2012,

- 67(10):1375-1382.
- [9] 谢立华,李颖翀,王洪镇,等. GIS支持下的古窑址与地理环境关系研究——以福建省为例[J]. 文物保护与考古科学, 2013, 25(4):100-105.
XIE Li-hua, LI Ying-chong, WANG Hong-zhen, *et al.* Relationship between ancient kilns in Fujian and their geographic environments based on GIS data[J]. *Sci Conserv Archaeol*, 2013, 25(4):100-105.
- [10] 延庆县文化委员会. 北京延庆县历史文化遗存锦集[M]. 北京:新华出版社, 2012:91.
Cultural Committee of Yanqing County. Cultural heritages in Yanqing County, Beijing[M]. Beijing: Xinhua Press, 2012:91.
- [11] 王启立. 燕山地带部分辽代冶铁遗址的初步调查研究[D]. 北京:北京科技大学硕士论文, 2012:53.
WANG Qi-li. Preliminary investigation and research of several iron smelting sites of Liao Dynasty in Yanshan Region[D]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2012:53.
- [12] Chang K. Introduction to geographic information systems[M]. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2006:401.
- [13] 周万村. 三峡库区土地自然坡度和高程对经济发展的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 15-21.
ZHOU Wan-cun. Impact of land nature slope and sea level elevation on the economic development[J]. *Resources Environment Yangtze Basin*, 2001:15-21.
- [14] Yao Hung-Chien, Tung Chiung-Chang, Zhou Yin-Wang. The study on the slope information derived from DEM with different spatial resolutions—a case study of Wu-Shan-To reservoir[J]. *J Taiwan Agricult Eng*, 2008, 54(2):1-8.
- [15] 赵牡丹,陈正江,晋 锐. DEM提取地面平均坡度误差的量化模拟[J]. 水土保持通报, 2002, 2(3):55-57.
ZHAO Mu-dan, CHEN Zheng-jiang, JIN Rui. A math-simulation on accuracy of gradient extracted from DEMs[J]. *Bulletin Soil Water Conserv*, 2002, 2(3):55-57.
- [16] NASA. ASTER Global DEM[EB/OL][2014-09-22]. <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>
- [17] 何振芳,赵牡丹,韩 羽. 不同地貌类型坡度提取算法的比较[J]. 水土保持通报, 2008, 28(4):126-129.
HE Zhen-fang, ZHAO Mu-dan, HAN Yu. Comparison of extracting slope algorithms in different types of landscape[J]. *Bulletin Soil Water Conserv*, 2008, 28(4):126-129.
- [18] 李粉玲,李京忠,张琦翔. DEM提取坡度·坡向算法的对比研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(17):7355-7357.
LI Fen-ling, LI Jing-zhong, ZHANG Qi-xiang. Algorithm comparison of slope and aspect from DEM[J]. *J Anhui Agri Sci*, 2008, 36(17):7355-7357.
- [19] 冶金部石景山钢铁公司. 北京延庆东三岔矿区香屯——铁洞沟区段地质勘探报告:第一期储量报告[R], 1960:12, 41.
Shijingshan Iron and Steel Company of Administration of Metallurgy. Geological survey report of Xiangtun-Tiedonggou area at Dongsancha iron deposits in Yanqing County, Beijing[R]. 1960:12, 41.
- [20] 黄 兴. 中国古代冶铁竖炉炉型研究[D]. 北京:北京科技大学博士论文, 2014:109-115.
HUANG Xing. A study on the profiles of iron smelting shaft furnaces in ancient China[D]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2014:109-115.
- [21] 刘小林,温程杰,张江水. 运用GIS进行空间选址分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(4):19-21.
LIU Xiao-lin, WEN Cheng-jie, ZHANG Jiang-shui. Analysis of spatial location selection using GIS[J]. *Geomatics Spatial Inform Technol*, 2010, 33(4):19-21.
- [22] 吕安民,李成名,林宗坚,等. 人口密度的空间连续分布模型[J]. 测绘学报, 2003, 32(4):344-348.
LU An-min, LI Cheng-ming, LIN Zong-jian, *et al.* Spatial continuous surface model of population density[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2003, 32(4):344-348.
- [23] 夏正楷. 环境考古学——理论与实践[M]. 北京:北京大学出版社, 2012:14-15.
XIA Zheng-kai. Environmental archaeology principles and practice. [M]. Beijing: Peking University Press, 2012:14-15.

A preliminary study of landscape archaeology of the Liao Dynasty iron smelting sites in Dazhuangke, Yanqing, Beijing, using the Geographic Information System technique

LI Pan¹, LIU Hai – feng^{1,2}, QIAN Wei¹, LI Yan – xiang¹, CHEN Jian – li³

(1. *Institute of Historical Metallurgy and Materials, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;*

2. *Institute for History of Science and Technology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;*

3. *School of Archaeology and Museology, Peking University, Beijing 100871, China)*

Abstract: This article was aimed at understanding the relationship between environment, resources and human behavior in an ancient iron smelting site using the Geographic Information System (GIS). The Dazhuangke area, at Yanqing County, Beijing, has four iron smelting sites and several iron deposits that turn out to be a suitable case for the study. According to the significance of environment and resources factors that had impact on smelting activities, the quantitative relationship between the sites distribution and the geographic characters of small area within the scope of the site were established. The study suggests that the sites were strongly dependent on the geographic characteristics such as slope and the height. Most smelting sites were concentrated in the areas with low slope (below 7°) and low altitude (below 650 meters). The relationship between the sites and rivers is close because rivers could provide access to water resources and facilitate other activities. As the development of smelting furnace (i. e. , production of iron smelting) grew, a short distance to the iron ore resource was not a high priority choice among small scale iron smelting sites. The results indicate that human production activities depended less on the resources.

Key words: Landscape archaeology; Iron smelting site; GIS; Dazhuangke

(责任编辑 潘小伦)