基于指数模型的郑州—洛阳地区史前聚落遗址空间分布

毕硕本[1],计 晗[1],梁静涛[2],乔文文[2],李禧亮[1]
(1. 南京信息工程大学遥感学院,南京 210044; 2. 南京信息工程大学计算机与软件学院,南京 210044)

摘 要:为了探究郑州—洛阳地区史前人类聚落遗址空间分布规律,在GIS支持下,主要使用高程分析、坡度坡向分析和缓冲区分析等空间数据分析方法,分别获取4个史前文化时期聚落遗址分布与高程、坡度、坡向、离水距离4种环境因子的关系。在此基础上构造适宜性指数评价系统,建立聚落遗址指数模型,将模型结果与遗址具体分布情况进行比较,阐述遗址分布的特征和原因,并据此解读史前人地关系演变。研究结果表明:① 史前人类遗址选址对上述4因子具有强烈的选择倾向:地势较低的地区更有利于人类生活、交通和农作物种植;坡度较小的平原地带受地表径流势能作用相对较小,有利于建造房屋和抵御自然灾害;阳坡(朝南)不仅可在一定程度上抵挡风寒,也适宜植被和作物生长,有利于人类获得更多的生产、生活资料;而河流湖泊则可为人类提供充足的水源。② 在4个史前文化时期中,裴李岗时期的人类生存能力较弱,对环境依赖性较强,为谋求生存,必须尽可能占据环境最优区域;在仰韶前期和仰韶后期,人类适应和改造自然的能力逐步提高,不仅能够选择条件较优的居住点,还开始扩展新的生存领域;龙山时期人类按自由意志活动的能力进一步增强,体现在遗址数量大幅增长,并开始出现社会分化现象,部分人群凭借某种特权得以优先占据条件最好的区域。

关 键 词:空间分析;指数模型;史前聚落遗址;郑州—洛阳
doi: 10.11820/dlkxjz.2013.10.003

1 引言

随着当前文化建设的推进,对于人类文明起源及其发展的研究越来越受到关注。郑州—洛阳地区处中原腹地,是中国古代文明发祥地之一,是夏、商、周三代都城所在,也是之后许多朝代的政治、经济、文化中心,还是中国近代考古学的发源地,因而成为相关研究的热点地区。近年来,历史、地理和考古学界已经对郑洛地区史前人类遗址进行过不少研究,但利用空间分析方法开展定量研究还不多见。

本文借助ArcGIS软件,应用空间分析方法,研究郑洛地区4个连续的史前文化期——裴李岗文化期(7000-5000 B.C.)、仰韶文化前期(5000-3500 B.C.)、仰韶文化后期(3500-2500 B.C.)和龙山文化期(2500-2000 B.C.)(赵春青, 2001)聚落遗址的空间分布特征及关联,探究史前人类适应和改造自然生态环境及社会环境的行为,以定量化的方式揭示中原文明的发展与人地关系演变。

2 聚落空间分析研究进展

近年来,将GIS工具及相关分析方法应用于聚落地理研究的成果逐渐增多,较具代表性的如邸凯昌等(1997)把探测性的数据分析与空间分析相结合,揭示了空间数据中蕴含的特征规律;胡最等(2012)认为传统聚落非常适合采用GIS与地学图谱相结合的研究方法,且定义了包含聚落空间分布等数据元素的数据库;汤国安等(2000)应用缓冲区分析、多层面复合分析等分析方法,得出陕北榆林地区乡村聚落空间分布受自然和人为因素影响的结论;冯文兰等(2008)运用GIS工具对岷江上游乡村聚落的空间、地形、水源与交通网等特征信息进行提取,发现某些聚落在空间分布上存在的不合理现

收稿日期:2013-05;**修订日期:**2013-07.
基金项目:国家自然科学基金项目(41071253,41271410)。
作者简介:毕硕本(1965-),男,山东潍坊人,博士,教授,博士生导师,主要从事空间数据挖掘、三维可视化研究。
E-mail: bishuoben@163.com

象；杨林等(2012)对洛阳地区史前聚落遗址的数量、规模、地形地貌的空间关联信息进行可视化的表达与分析，充分挖掘空间及属性知识；单勇兵等(2012)借助ArcGIS软件对徐州乡村聚落点进行适宜性评价，得出其与聚落分布密度呈强正相关的结论；邓辉等(2009)建立8500 a BP以来长江中游平原地区古文化遗址GIS数据库，对不同时期遗址的空间分布特征进行系统分析，结果显示存在显著差异。综上所述，在聚落地理领域运用GIS空间分析工具，研究其空间分布特征是可行的。

针对影响聚落分布的具体因素，朱诚等(2007)认为气候因子的影响较大；郭媛媛等(2013)将聚落点与地貌类型因子进行叠置分析；韩茂莉等(2008)用离道路距离因子分析聚落分布；袁薇薇等(2013)定性确定聚落选址对高程因子的偏好；郭晓冬等(2012)的研究表明，聚落分布的河流与道路指向性明显；闫丽洁等(2012)利用GIS中的距离分析、三维分析和空间统计工具探明，研究区内遗址受高程、坡度、水系三大自然环境因素的制约，没有考虑坡向因素；倪金生(2009)建立基于GIS的沭河上游考古遗址预测模型，探讨遗址分布沿干流、支流的分布规律；Otinger(1981)在阿肯色州，Hasenstab(1990)在新泽西州，Kvamme(1983)在克罗莱拉均建立过预测模型；郭文政等(2010)考察了聚落选址的坡度与坡向因素，没有涉及水源条件；胡珂等(2011)则较全面地讨论了聚落选址与多种地形地貌因子的关系，且得出聚落选址因子排序表，为本文的因子权重确定提供了参考。

对于探究选址因子的GIS技术方法，刘建国等(2006)利用空间叠置分析、缓冲区分析、坡度与坡向分析、可视域分析、水文分析等多种技术，得到汾河中游与滏河流域仰韶文化聚落分布与环境的关系，拓展了后人进行聚落空间分析的研究思路和手段。

有关指数模型，王兴菊等(2011)采用线性加权法构建GIS指数模型，对山东省蒙阴县山洪灾害防治区划进行等级划分；封志明等(2008)构建了基于GIS的人居环境指数评价模型。但综合考虑选址因子、将指数模型应用于聚落分布的研究尚不多见。

3 聚落遗址空间分析

3.1 数据预处理

首先对收集到的地形图、文物图的扫描图进行几何校正、图形裁剪、拼接等处理。其次，建立空间数据库，提取相关的空间特征数据，主要包括郑洛地区等高线图层、水系图层和4个时期的聚落遗址图层。

3.2 空间数据分析

由于裴李岗时期数据记录没有仰韶前、后期多，无法充分反映聚落点随高程的分布规律，因此本文只使用仰韶前、后期聚落点数据参与分析。

(1) 高程分析

首先利用矢量的等高线数据，创建不规则三角网；再将其转换为规则格网，得到未经渲染的郑洛地区DEM；然后运用ArcGIS 9.3的按点取值工具，通过空间查询、数据统计等功能，提取不同高程值上的遗址数(表1)。

从绝对数量来看，在仰韶前期，超过半数(57.7%)聚落分布在300 m以内，绝大多数(93.3%)分布在700 m以内；在仰韶后期，300 m以内聚落比例过半(58.1%)，700 以m内占绝大部分(94.0%)。从整体趋势来看，前后两期聚落点的数目都随高程的增加渐渐衰减。综上所述，可以300 m和区间[600, 700)的均值650 m作为划分高程因子等级的间断点。

(2) 坡度分析

首先利用郑洛地区DEM生成坡度图，然后利用空间分析工具提取不同坡度范围内的遗址数，分析遗址分布与坡度的关系。与高程规律类似，仰韶前、后期遗址坡度在1°以下的比例均超过一半(分别为54.5%和56.6%)，坡度3.5°以下遗址比例接近

表1 不同高程范围内聚落数量统计

Tab.1 Statistics of the settlement within the range of elevation

	仰韶前期		仰韶后期	
高程/m	个数	累计/%	个数	累计/%
[0, 100)	11	5.0	17	5.6
[100, 200)	81	41.5	105	40.5
[200, 300)	36	57.7	53	58.1
[300, 400)	35	73.5	47	73.7
[400, 500)	20	82.5	26	82.3
[500, 600)	14	88.8	18	88.3
[600, 700)	10	93.3	17	94.0
[700, 800)	3	94.6	6	96.0
[800, 900)	6	97.3	6	98.0
[900, 1000)	3	98.7	4	99.3
[1000, 最大值)	3	100.0	2	100.0

90%(分别为88.3%和88.8%),两者可以作为划分坡度因子等级的间断点(表2)。

(3) 坡向分析

先用郑洛地区DEM生成坡向图,接着使用空间分析工具提取仰韶前、后期不同坡向范围的遗址数,分析遗址分布与坡向的关系,最后得到以坡向和各坡向范围内聚落遗址数为坐标轴绘制的雷达图(图1,图中30°处对应的遗址数为30°~60°坡向范围内遗址总数,其余类推)。

从图1可以看出,阴坡(315°~360°以及0°~45°)范围的聚落数总量最少,而阳坡(135°~225°)范围涵盖了聚落数总量中的绝大部分。

(4) 河流缓冲区分析

对抽象为线要素的郑洛地区河流矢量数据图层,进行1~14 km,步长为1 km的14级缓冲区分析,以河流中线位置为基准自动建立多级缓冲多边形。得到的新图层分别与郑洛地区4个文化时期的遗址点图层进行相交叠置分析,从而获得河流对不同时期遗址分布的影响。

在表3中,1~4 km内聚落比例均在10%以上(分别为10.7%和10.1%),超过4 km时比例锐减一半(分别为5.8%和5.9%),7 km内数量出现小幅的回升,至10 km聚落累计比例均达到97%以上。因此将4 km、7 km、10 km作为划分离水距离因子等级的分断点。

4 聚落遗址空间分布模型

在获取上述高程、坡度、坡向、离水距离等要素后,综合考虑这些因子,建立恰当的空间分布模型,

表2 不同坡度范围内聚落数量统计

Tab.2 Statistics of the settlement within the range of slope

	仰韶前期		仰韶后期	
坡度/°	个数	累计/%	个数	累计/%
[0,0.5)	81	36.5	120	39.3
[0.5 ,1)	40	54.5	52	56.6
[1, 1.5)	28	67.1	38	69.2
[1.5, 2)	19	75.7	17	74.8
[2, 2.5)	14	82.0	19	81.2
[2.5, 3)	11	87.0	13	85.5
[3, 3.5)	3	88.3	10	88.8
[3.5, 最大值)	26	100.0	32	100.0

表3 不同离水距离内聚落数量统计

Tab.3 Statistics of the settlement within the range of distance from water

	仰韶前期		仰韶后期	
距离/km	数量	比例/%	数量	比例/%
1	60	26.7	78	25.4
2	44	19.6	60	19.5
3	32	14.2	34	11.1
4	24	10.7	31	10.1
5	13	5.8	18	5.9
6	12	5.3	19	6.2
7	13	5.8	20	6.5
8	9	4.0	19	6.2
9	5	2.2	8	2.6
10	9	4.0	10	3.3
11	1	0.4	4	1.3
12	1	0.4	2	0.7
13	1	0.4	3	1.0
14	1	0.4	1	0.3

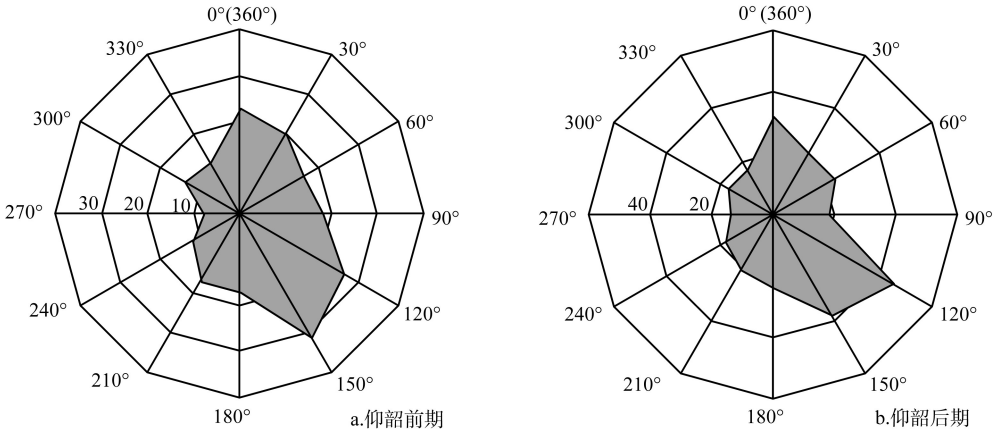


图1 不同坡向范围内聚落分布

Fig.1 Settlement distribution within the range of aspect

有助于进一步挖掘史前人类在获取资源、适应自然和改造自然的不断探索中形成的规律及其行为模式。

4.1 指数模型

指数模型是由组合图层或多个格网计算指数值，并生成分等级的地图，其中以加权分析法最为常用。具体步骤如下：

(1) 确定变量权重

通过评估每个变量对其他变量的相对重要性，建立成对比较矩阵。求出矩阵特征向量和最大特征根，判断是否满足一致性检验条件。

(2) 对各变量观测值评分及标准化处理

评估每个变量观测值并给出得分。通常是将观测值分类，对每个类型评分，然后将各观测值数据标准化。本文采用Min-Max标准化法对原始数据进行线性变换。公式如下：

$$x'=(x-m_i)/(m_a-m_i) \tag{1}$$

式中：m_i和m_a为某属性的最小、最大值；x'为原始值x映射成在区间[0,1]的标准化值。

(3) 加权求和

最后将指数模型表达为线性方程，指数值是每个变量得分值的加权和。公式如下：

$$V=\sum_{i=1}^{n}(SP_i\times WP_i) \tag{2}$$

式中：V为指数值；SP_i为图层(或某格网点)某变量观测数据的标准化值；WP_i为该变量权重；n为变量数。

4.2 聚落指数模型参数确定

确定各因素权重指标方法如下：

(1) 运用相互比较评定法，构造聚落分布的高程因子(E)、坡度因子(S)、坡向因子(A)和离水距离(R)因子4个指标组成的判断矩阵M：

$$M=\begin{bmatrix} m_{ee} & m_{es} & m_{ea} & m_{er} \\ m_{se} & m_{ss} & m_{sa} & m_{sr} \\ m_{ae} & m_{as} & m_{aa} & m_{ar} \\ m_{re} & m_{rs} & m_{ra} & m_{rr} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & 3 & \frac{1}{5} \\ 2 & 1 & 4 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{5} \\ 5 & 3 & 5 & 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

式中：$m_{ij}^{(i,j\{e,s,a,r\})}$表示元素$i$与$j$的重要性之比(则元素$j$与$i$的重要性之比为$1/m_{ij}$)，可取标度范围为1~9。标度越大，则前者比后者越重要。

(2) 将M的每一列向量经过归一化、按行求和、再归一化，得到各因素的权重w及最大特征根λ_{max}。求得$w=(0.143,0.238,0.071,0.549)^T$，$\lambda_{max}=4.144$。

(3) 根据上述λ_{max}值对该矩阵进行一致性检验。求得$CR=\frac{\lambda_{max}-n}{(n-1)\times 0.9}=0.053<0.1$，通过检验。故4因子权重确定为$w=(0.143,0.238,0.071,0.549)^T$。

史前人类对居住地高程(*elevation*)的选择通常有一定要求。居住地过高给生活和交通带来不便，也不利于农作物的种植。根据3.2节分析结果(下同)，将高程变量观测值划分为3个等级。等级1：*elevation*<300 m确定为地势最优；等级2：300 m≤*elevation*<650 m确定为地势较优；等级3：*elevation*≥650 m确定为地势条件差。

较大的坡度(*slope*)对聚落的建设带来更大的困难和成本，且发生自然灾害的可能性较高，因此一般认为，地域越平坦越适合聚落选址。将坡度变量观测值划分为3个等级。等级1：*slope*<1°确定为坡度最优；等级2：1°≤*slope*<3.5°确定为坡度较优；等级3：*slope*≥3.5°确定为坡度条件差。

坡向(*aspect*)是地表接收和重新分配太阳辐射的重要物理量之一。坡向朝南的住处能使人类更少受到寒冷北风的侵扰；接收到更多光照可使植被生长茂盛，可提供更多的食物、木材、药材等人类生存发展资源。由此推断，史前聚落选址通常选择朝南或尽可能朝南的光照条件较优处。将坡向变量观测值划分为3个等级。等级1：135°≤*aspect*<225°以及平地确定为光照条件最优，其中平地被表示为*aspect*=−1；等级2：45°≤*aspect*<135°和225°≤*aspect*<315°确定为光照条件较优；等级3：0°≤*aspect*<45°和315°≤*aspect*<360°确定为光照条件差。

人类生活与农业生产离不开水源，靠近河流湖泊能获得充沛的天然水源。将离水距离(*dis_river*)因子也划分为3个等级。等级1：*dis_river*<4 km确定为水源条件最优；等级2：4 km≤*dis_river*<7 km确定为水源条件较优；等级3：7 km≤*dis_river*≤10 km确定为水源条件差。

分别设定等级1, 2, 3的初始值为1, 2, 3，由(1)式计算各等级标准化值，结果对应各等级的标准化值分别为0, 0.5, 1。

4.3 建模及结果分析

根据上述模型理论及得到的模型参数值，建立史前聚落指数模型。

首先确定用于研究的各目标因子图层，对各图层分别赋予权重(上述w值)。然后对各变量观测值赋予等级(以等级值表示分值)，即对郑洛地区高程、

坡度、坡向、离水距离4个图层进行重分类，最后对重分类后的各个图层运用栅格计算器进行标准化处理(图2)。

最后进行叠加计算。即运用(2)式，对各等级分值加权总和，输出图层的各格网点指数值。指数值最小的即为最适宜的遗址分布区域，反之最不适宜。具体为，在ArcGIS 9.3中运用栅格计算器建立求值表达式：

$$V=0.143\times dem+0.238\times slope+0.071\times aspet+0.549\times river \quad (4)$$

式中：V表示图层叠加指数值；*dem*表示高程栅格图；*slope*表示坡度栅格图；*aspect*表示坡向栅格图；*river*表示离水距离栅格图。

最终得到图3所示聚落分布综合等级。其中暖色区域的聚落居住适宜度越高，冷色的越低。

将(4)式计算生成的栅格图与各时期聚落点图层进行叠合分析，再运用GIS逐点取值工具对遗址点数量进行统计，对0~1范围内的指数值以0.1为间隔划分为A~J共10个等级(表4，表5)。

由表4、5，得出各个时期在优化区域内的分布情况：

(1) 横向比较10个等级

等级列前6的“A~F”优化区域，其遗址累积比例在4个时期均高达90%以上(分别为92.7%、91.6%、91.3%和94.1%)。各等级遗址数均随时间推移逐渐增加；等级居中的遗址(E、F级)增速最快，高等级(A~D级)次之，低等级(G~J级)居末。

(2) 纵向比较4个时期

在裴李岗时期，81.8%的聚落点分布于A~C等级，而A等级所占比例最大(65.5%)，这说明在早期由于人类对自然环境的适应和改造能力不强，必须依托具有自然环境和资源优势最大的地域。

到了仰韶前期，聚落数量比例达到80%以上的等级范围由A~C扩展到了A~D，B等级聚落数所占比例相比裴李岗时期增长一倍以上。这表明人类已经具备部分改造自然生活环境的能力，不需要完全借助最有利的地理条件。而在仰韶后期，前4等级聚落数略低但仍接近80%，但A等级聚落比例持

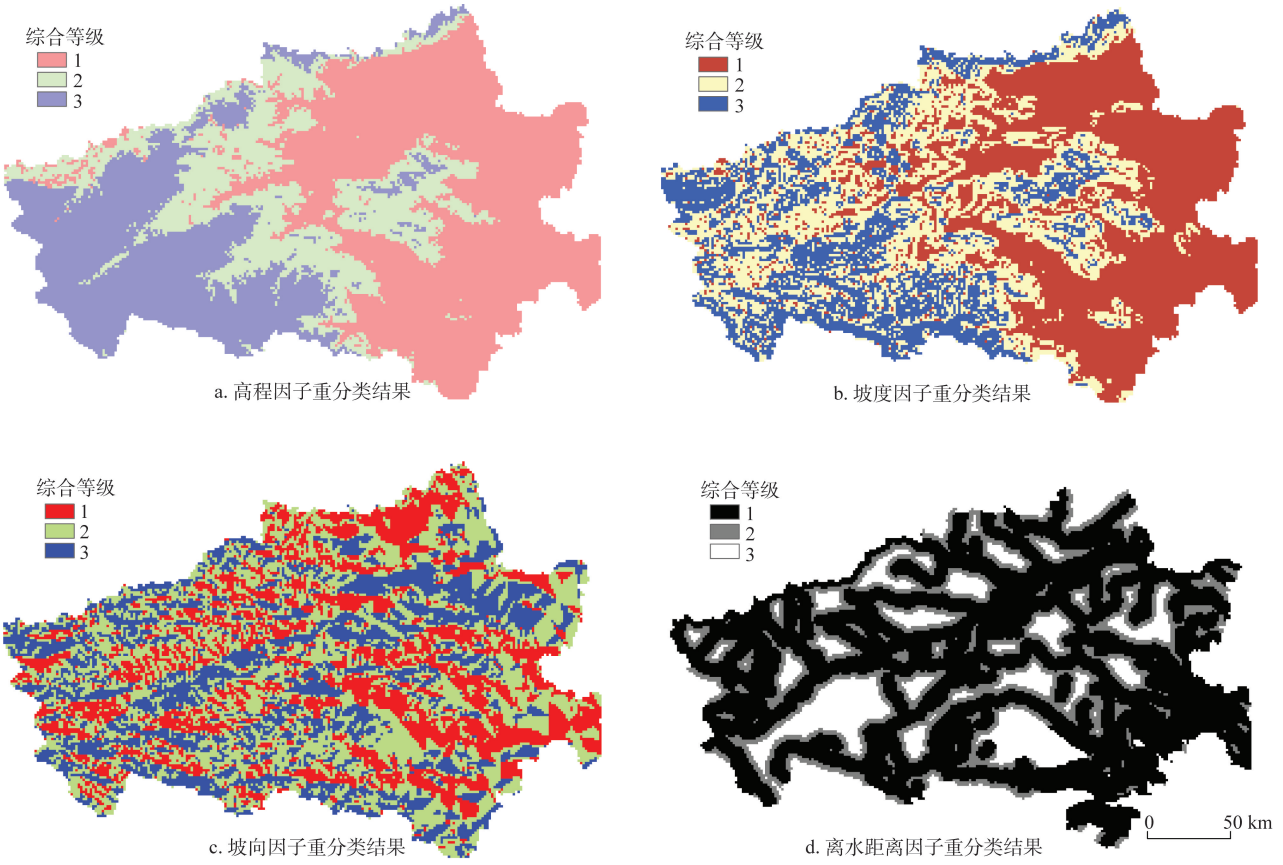


图2 基于不同影响因子的空间重分类结果

Fig.2 Spatial reclassification results based on the four factors

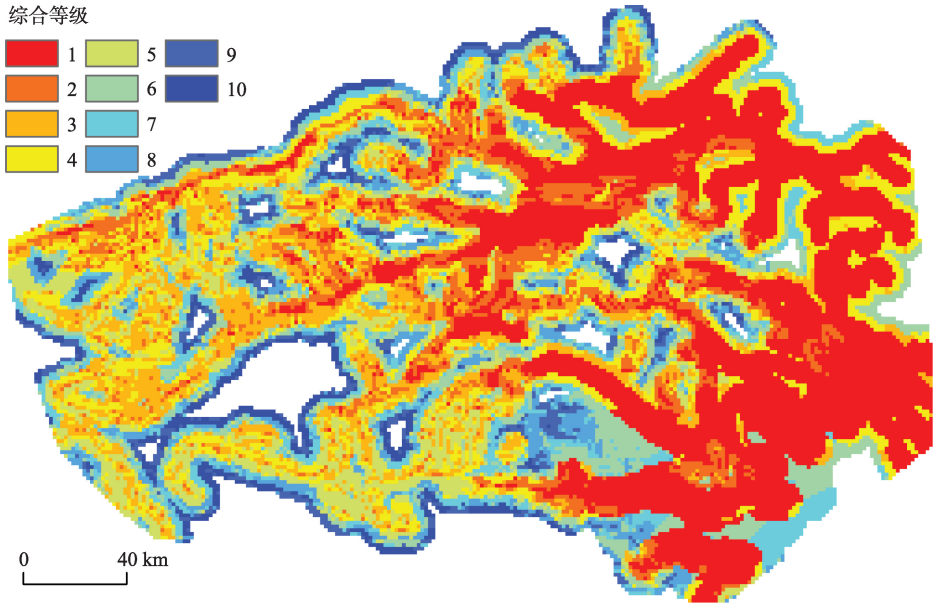


图3 聚落遗址综合等级图

Fig.3 Overall grades of the settlement sites

表4 裴李岗时期、仰韶前期聚落遗址等级分布统计

Tab.4 Statistics of levels of the settlement sites during the Peiligang and Early Yangshao Period

等级	裴李岗时期				仰韶前期			
	数量	累计量	比例/%	累计/%	数量	累计量	比例/%	累计/%
A	36	36	65.5	65.5	86	86	40.2	40.2
B	5	41	9.1	74.5	40	126	18.7	58.9
C	4	45	7.3	81.8	24	150	11.2	70.1
D	4	49	7.3	89.1	22	172	10.3	80.4
E	1	50	1.8	90.9	11	183	5.1	85.5
F	1	51	1.8	92.7	13	196	6.1	91.6
G	4	55	7.3	100.0	7	203	3.3	94.9
H	0	55	0.0	100.0	9	212	4.2	99.1
I	0	55	0.0	100.0	1	213	0.5	99.5
J	0	55	0.0	100.0	1	214	0.5	100.0

表5 仰韶后期、龙山时期聚落遗址等级分布统计

Tab.5 Statistics of levels of the settlement sites during the Late Yangshao and Longshan Period

等级	仰韶后期				龙山时期			
	数量	累计量	比例/%	累计/%	数量	累计量	比例/%	累计/%
A	112	112	38.9	38.9	203	203	45.6	45.6
B	46	158	16.0	54.9	61	264	13.7	59.3
C	34	192	11.8	66.7	58	322	13.0	72.3
D	33	225	11.5	78.1	51	373	11.5	83.8
E	17	242	5.9	84.0	17	390	3.8	87.6
F	21	263	7.3	91.3	29	419	6.5	94.1
G	11	274	3.8	95.2	13	432	2.9	97.1
H	13	287	4.5	99.7	6	438	1.3	98.4
I	1	288	0.3	100.0	4	442	0.9	99.3
J	0	288	0.0	100.0	3	445	0.7	100.0

续下降(从65.5%、40.2%到38.9%),表明这一时期人类总体活动范围虽没有明显扩张,但聚落等级优劣对史前人类选址已经不起决定性作用,人类按自由意志活动的能力进一步增强。

最后在龙山时期,A等级聚落比例却出现显著增长(相比仰韶后期增长约6.7%),有可能是由于当时社会开始出现阶级分化,掌握一定权力的较高等级阶层占据了具有最优适宜度的聚落地区。

5 主要结论

本文使用多种空间分析方法,分别对应用高程、坡度、坡向、离水距离4种环境因子对郑洛地区遗址进行研究,建立加权求和聚落指数模型,获得遗址分布等级图,最后将4个文化时期的遗址具体分布情况与该等级图作叠加比较,得到如下认识:

(1) 较低的居住地更利于人类生活、交通和农作物种植。在仰韶前期,史前人类对高程在[100, 200] m以内(占36.5%)的低平原地区具有最强烈的选择倾向性,其次是[200, 300] m(占16.2%)与[300, 400] m(占15.8%)的高平原地区。[200, 400] m以内为200 m以内与400 m以外聚落聚集区(非密集)的第一高程过渡区;[600, 700] m为400 m到600 m的聚落聚集区与600 m以外聚落聚集区之间的第二高程过渡区。仰韶后期的数据和规律与此相似。

(2) 坡度、坡向因子对遗址选址有较大限制。坡度越小,地表径流产生的势能作用强度越小,受流水侵蚀的程度相对更轻,同时有利于房屋的建造和抵御自然灾害(如滑坡、泥石流等)。就坡向而言,东南方向的聚落数最大,符合人文地理学中聚落选址的一般规律:朝南更能抵挡风寒,还适合植被、作物等的生长,为人类生存发展提供更多资源。

(3) 距河[1, 4] km内每个以1 km为间距的离水距离区间在仰韶前、后期的聚落比例数均达10%以上,7 km处聚落比例在5%以上,随后下降到上述一半,至于10 km以外的聚落数几乎可以忽略不计。可见,靠近河流湖泊等天然水源居住是史前人类最便捷的选择。

(4) 遗址的综合等级分布情况。在裴李岗时期,A等级聚落数量占65.5%,与其之后的等级(均小于10%)相比占明显优势,表明该时期人类生存能力较弱,对环境条件依赖显著,因而必须占据最优化的区域以谋求生存。在仰韶前、后期,A等级聚落仍为最大众的选择,但与裴李岗时期相比下降幅度超过25%,同时还出现了由B、C、D等级组成的次于A等级的第二集团(聚落比例均在10%到20%之间),且E~H等级分布有少量比例的聚落。这表明史前人类探索条件较优居住地、适应自然的能力有所提高:一部分人学会找到优等居住地,另一部分开始拓展新的生存空间。到了龙山时期,史前文化繁荣发展,遗址的数量和密度均大幅增加,生产力水平显著提升。A等级聚落比例开始回升,表明这时可能已存在社会分化现象,部分群体凭借权力占据最优等级聚居区;I、J两个代表最劣聚居条件的等级在绝对数量上较前3个文化时期有少量增加,表明人类按自由意志生活、甚至改造自然的能力进一步增强。

本研究还可以考虑对其他因子(如文化层厚度等)进行空间分析,至于探索更多的人地环境因子(如气候条件等),还有待于在后续研究中进行扩展和补充以及考古专家证实。

参考文献(References)

Bi S B, Guo W Z, Lv G N. 2010. Aspect and slope analysis of prehistoric settlement sites in Zhengzhou-Luoyang region. Science of Surveying and Mapping, 35(6):139-141. [毕硕本, 郭文政, 闾国年. 2010. 郑洛地区史前聚落遗址坡向坡度分析. 测绘科学, 35(6): 139-141.]

Deng H, Chen Y Y, Jia J Y, et al. 2009. Distribution patterns of the ancient cultural sites in the middle reaches of the yangtze river since 8500 a BP. Acta Geographica Sinica, 64(9): 1113-1125. [邓辉, 陈义勇, 贾敬禹, 等. 2009. 8500 a BP以来长江中游平原地区古文化遗址分布的演变. 地理学报, 64(9): 1113-1125.]

Di K C, Li D R, Li D Y. 1997. A framework of spatial data mining and knowledge discovery. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 22(4): 328-332. [邸凯昌, 李德仁, 李德毅. 1997. 空间数据发掘和知识发现的框架. 武汉测绘科技大学学报, 22(4): 328-332.]

Feng W L, Zhou W C, Li A N, et al. 2008. Gis-based spatial analysis on rural settlement centralization in the upper minjiang river basin: A case study of Maoxian County. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 17(1): 57-61. [冯文兰, 周万村, 李爱农, 等. 2008. 基于GIS的岷江上游乡村聚落空间聚集特征分析: 以茂县为例. 长江流域资源与环境, 17(1): 57-61.]

Feng Z M, Tang Y, Yang Y Z, et al. 2008. Establishment and aApplication of human settlements environment index

model based on GIS. Acta Geographica Sinica, 63(12): 1327-1336. [封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 2008. 基于GIS的中国人居环境指数模型的建立与应用. 地理学报, 63(12): 1327-1336.]

Guo X D, Ma L B, Zhang Q Y. 2012. A GIS-based research on the spatial evolution characteristics and driving mechanism of the rural settlements in Qin'an County. Economic Geography, 32(7): 56-62. [郭晓东, 马利邦, 张启媛. 2012. 基于GIS的秦安县乡村聚落空间演变特征及其驱动机制研究. 经济地理, 32(7): 56-62.]

Guo Y Y, Mo D W, Mao J L, et al. 2013. The relationship between settlements distribution and environmental changes from the neolithic to Shang-Zhou Periods in north Shangdong Province. Acta Geographica Sinica, 68(4): 559-570. [郭媛媛, 莫多闻, 毛龙江, 等. 2013. 山东北部地区聚落遗址时空分布与环境演变的关系. 地理学报, 68(4): 559-579.]

Han M L, Zhang Y, Fang C, et al. 2008. Location and environment of the settlements and man-land relationship in West Liaohe River Basin since Holocene. Geographical Research, 27(5): 1118-1128. [韩茂莉, 张一, 方晨, 等. 2008. 全新世以来西辽河流域聚落环境选择与人地关系. 地理研究, 27(5): 1118-1128.]

Hasenstab R J, Resnick B. 1990. GIS in Historical Predictive Modelling: The Fort Drum Project//Allen K M S, Green S W, Zubrow E B W. Interpreting space: GIS and Archaeology. London: Taylor & Francis.

Hu K, Mo D W, Mao L J, et al. 2011. Spatial analysis and landscape significance of mankind settlement sites in Wuding River Basin in mid-Holocene. Scientia Geographical Sinica, 31(4): 415-420. [胡珂, 莫多闻, 毛龙江, 等. 2011. 无定河流域全新世中期人类聚落选址的空间分析及地貌环境意义. 地理科学, 31(4): 415-420.]

Hu Z, Liu C L, Deng Y Y, et al. 2012. Research progress on traditional settlements landscape's gene. Progress in Geography, 31(12): 1620-1627. [胡最, 刘春腊, 邓运员, 等. 2012. 传统聚落景观基因及其研究进展. 地理科学进展, 31(12): 1620-1627.]

Kvamme K L. 1983. A manual for predictive site location models: Examples from the grand junction district, Colorado. Colorado: Bureau of Land Management, Grand Junction District.

Liu J G, Wang L. 2006. The study of settlements archaeology supported by spatial analysis. Remote Sensing Information, (3): 51-53. [刘建国, 王琳. 2006. 空间分析技术支持的聚落考古研究. 遥感信息, (3): 51-53.]

Ni J S. 2009. Predictive model of archaeological sites in the upper reaches of the Shuhe River in Shandong. Progress in Geography, 28(4): 489-493. [倪金生. 2009. 山东沭河上游流域考古遗址预测模型. 地理科学进展, 28(4): 489-493.]

Otinger J L, Scholtz S C. 1981. Settlement predictions in sSparta: A locational analysis and cultural resource assessment in the uplands of Calhoun County, Arkansas. Blytheville, AR: Arkansas Archaeological Survey.

Shan Y B, Ma X D, Xuan Y. 2012. Suitability analysis of the rural settlements in Xuzhou based on GIS. Areal Research and Development, 31(6): 156-160. [单勇兵, 马晓冬, 宣勇. 2012. 基于GIS的徐州市乡村聚落空间适宜性分析. 地域研究与开发, 31(6): 156-160.]

Tang G A, Zhao M D. 2000. A GIS based research on the distribution of rural settlements: Taking Yulin Area as an example. Economic Geography, 20(5): 1-4. [汤国安, 赵牡丹. 2000. 基于GIS的乡村聚落空间分布规律研究: 以陕北榆林地区为例. 经济地理, 20(5): 1-4.]

Wang X J, Lu Y, Hao Y W. 2011. Study of regionalization of flash flood prevention based on GIS index model. Water Resources and Power, 29(9): 54-57. [王兴菊, 卢岳, 郝玉伟. 2011. 基于GIS指数模型的山洪灾害防治区划方法研究. 水电能源科学, 29(9): 54-57.]

Yan L J, Shi Y S, Yang R X, et al. 2012. Research on the characteristics of prehistoric settlement sites distribution based on GIS. Geomatics World, 10(2): 44-48. [闫丽洁, 石忆邵, 杨瑞霞, 等. 2012. 借助GIS研究史前聚落遗址的空间分布特征. 地理信息世界, 10(2): 44-48.]

Yang L, Pei A P, Guo N N, et al. 2012. Spatial modality of prehistoric settlement sites in Luoyang Area. Scientia Geographical Sinica, 32(8): 993-999. [杨林, 裴安平, 郭宁宁, 等. 2012. 洛阳地区史前聚落遗址空间形态研究. 地理科学, 32(8): 993-999.]

Yuan W W, Han M L. 2013. The explanation on the selection of settlements and environment in Haidong Prefecture, Qinghai Province during the mid-Holocene. Geographical Research, 32(5): 942-951. [袁薇薇, 韩茂莉. 2013. 全新世中期青海海东地区聚落选址与环境解读. 地理研究, 32(5): 942-951.]

Zhao C Q. 2001. The evolution of the neolithic settlements in Zhengzhou-Luoyang Region. Beijing, China: Peking University Press. [赵春青. 2001. 郑洛地区新石器时代聚落的演变. 北京: 北京大学出版社.]

Zhu C, Zhong Y S, Zheng C G, et al. 2007. Relationship of archaeological sites distribution and environment from the Paleolithic Age to the Warring States time in Hubei Province. Acta Geographica Sinica, 62(3): 227-242. [朱诚, 钟宜顺, 郑朝贵, 等. 2007. 湖北旧石器至战国时期人类遗址分布与环境的关系. 地理学报, 62(3): 227-242.]

Spatial distribution of prehistoric settlement sites in Zhengzhou–Luoyang Region based on index model

BI Shuoben[1], JI Han[1], LIANG Jingtao[2], QIAO Wenwen[2], LI Xiliang[1]

(1. School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;
2. School of Computer and Software, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: To study the distribution mechanism of prehistoric human settlements in Zhengzhou-Luoyang region, the relationships between the settlements distribution and the four environmental factors including elevation, slope, aspect and distance from water are analyzed with the support of GIS. On that basis, in the form of a graph of the region showing different suitability levels, a suitability index evaluation system is constructed and the settlement index model is established. The results of the model are then compared to the specific circumstances of the site distribution to explain the characteristics of, and possible reasons for, the settlements distribution. This approach enables the research based on documents and archaeological survey to reach more rational conclusions, and has great value for the interpretation of man-land relationship. The results show that: (1) Prehistoric settlement site selection was strongly influenced by the four environmental factors mentioned above. Low plain area was more convenient for prehistoric human to live, commute and plant crops. Most sites lied in the almost flat areas for minimum impact caused by the potential energy of the surface runoff, and it also helped build houses and resist natural disasters. Living at places facing the south not only kept out the wind but also promoted vegetation, growing crops and other farm produce. Water resources were made possible by living near lakes and rivers. (2) In Peiligang Period, the survival skills of humans had yet to be developed. They were heavily dependent upon the surroundings. They had to occupy the most suitable areas as much as possible to live on the abundant natural resources. In the Early Yangshao Period, based on the fact that the number of people living in the most suitable places decreased, humans had become adapted to nature and started to explore it. Not only they found out ways to locate the best places for living, but also they began to expand their living environment, suggesting that humans had advanced in their ability to carry out the production activities on their own. In the Late Yangshao Period, the capability of human activities didn't expand, and the suitability played less of role in choosing settlement sites. In Longshan Period, the prehistoric culture boosted, productivity increased, and by contrast the number of humans living at most suitable settlement sites increased, which means social stratification appeared so that the higher class had the power to occupy the most suitable settlement sites. The ability for humans to live by their free will or even remodel the nature had been further improved. To sum up, the research on spatial distribution of the Neolithic settlement sites in Zhengzhou-Luoyang region on the basis of index model provides a new approach to the field of archaeology from managing and decision-making aspects.

Key words: spatial analysis; index model; prehistoric settlement sites; Zhengzhou-Luoyang Region