

环嵩山地区 9000 aB.P.-3000 aB.P.聚落规模等级

鲁 鹏^{1,2}, 田 燕², 杨瑞霞³

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 2. 河南省科学院地理研究所, 郑州 450052;
3. 中国科学院对地观测与数字地球科学中心, 北京 100094)

摘要:选取遗址面积、文化层厚度、重要遗物、重要遗迹4个变量,利用SOFM网络对环嵩山地区9000 aB.P.-3000 aB.P.聚落按照裴李岗、仰韶、龙山、夏商4个阶段分别进行聚类分析,以此对区域不同时期早期聚落的规模等级进行划分,其中裴李岗时期聚落划分为2个级别,仰韶、龙山时期聚落均划分为3个级别,夏商时期聚落划分为4个级别。结果表明,裴李岗时期区域聚落等级规模之间的差异不明显,大致在距今5000年左右的仰韶文化中晚期,区域聚落规模等级出现分异,这种分异在龙山时期得以延续,并于夏商时期最终形成。此外,规模等级划分结果还对于特定时期文化面貌的区域差异有所反映,具体表现在裴李岗时期3个区域所属的不同文化系统与夏、商文化不同的空间分布特征。通过环嵩山地区9000 aB.P.-3000 aB.P.聚落规模等级研究发现,SOFM网络具有的邻近单元相互竞争、相互学习特征可以降低遗址面积不准确对于分类结果的影响,非常适合于早期聚落规模等级的划分。

关键词: SOFM; 环嵩山地区; 9000 aB.P.-3000 aB.P.; 早期聚落; 聚类分析; 规模等级

1 引言

环嵩山地区是指以嵩山为核心的郑州、洛阳、许昌、平顶山及其周边地区。这里是中国最早的国家诞生之地,是中华文明起源的核心区域。区域分布有9000 aB.P.-3000 aB.P.聚落上千座^[1],整体上乘承了裴李岗文化—仰韶文化—龙山文化—夏商文化这一中原史前文化演化序列。环嵩山地区也是中华文明出现最早的地区,王城岗遗址“禹都阳城”逐渐确认^[2],以及二里头、郑州商城、偃师商城等诸多遗址的宏伟气势及出土的重要文物充分说明其在中华文明进程中的关键作用^[3]。

由于与早期社会分化等文明探源研究的重大问题关系密切,早期聚落规模等级的划分历来备受关注。但对早期聚落规模等级的划分主要以考古调查的遗址面积为唯一指标,等级数量的确定与不同等级聚落的规模范围则主要通过研究者丰富的经验确定^[4]。然而,遗址面积常常是调查者通过散落陶片的分布范围确定,其不但是个约数,而且常常与实际面积有较大出入。此外,依据经验划分的规模等级尽管也能对实际情况有所反映,但这种划分方式具有较大的主观性,对于研究者的学术水平和工作经验过多依赖。因此,迫切需要创立早期聚落规模等级划分更具科学性与普适性的方式与方法。

自组织特征映射模型(Self-Organizing Feature Map,简称SOFM)是一种无监督学习类的神经网络系统,这种网络系统无需被告知与输入模式相关联的输出或类别的期望值,其在神经网络中通过邻近单元的相互学习、相互竞争,自适应地发展成为对不同性质信号敏感的区域,以此提取特征或规律^[5]。基于自组织、自适应的学习能力,SOFM已被广泛的

收稿日期: 2012-04-03; 修订日期: 2012-06-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(41001124); 国家科技支撑计划项目课题(2010BAK67B02); 国家社科基金重大项目(11&ZD183) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41001124; National Key Technology R&D Program, No.2010BAK67B02; The Major Plan of National Social Science Foundation of China, No.11&ZD183]

作者简介: 鲁鹏(1978-),男,助理研究员,博士研究生,主要从事环境考古研究。E-mail: bulate_0@163.com

通讯作者: 杨瑞霞, E-mail: yrx1999@vip.sina.com

应用于自然区划^[6]、城市智能分类^[7]、污染综合评价^[8]、生态脆弱性评价^[9]、气候要素时空变化^[10]、土壤分类^[11]、植物群落分类^[12]、遥感影像分类^[13]等多个领域，但在早期聚落规模等级研究中的应用较为少见。作为非监督型的模式识别技术，SOFM应用于早期聚落规模等级研究的优势在于：① 具有客观性优势，可以克服传统专家经验集成的等级划分范式下主观性强的缺陷，能够为早期聚落规模等级划分提供一套当前条件下适用于各种水平研究者的科学合理的方式与方法；② 神经元之间自发的相互竞争、相互学习特征在一定程度上能够减少依靠单一指标进行早期聚落规模等级划分数据质量问题所引起的误差，可以减少考古数据不确定性对研究结果的影响；③ 凭借特定的算法和计算机强大的计算能力，SOFM能够快速把握区域早期聚落规模等级的分异特征，大大提高工作效率，尤其适用于宏观空间尺度下具有海量数据的早期聚落规模等级划分工作。

选择与早期聚落规模等级密切相关的多种因素，通过SOFM网络对环嵩山地区9000 aB.P.-3000 aB.P.聚落按照裴李岗、仰韶、龙山、夏商4个阶段分别进行聚类分析，以此划分环嵩山地区不同阶段聚落规模等级，并通过地图形式对各阶段不同规模等级聚落的空间分布特征进行展示，不仅能够为与文明探源研究关系密切的社会分化、聚落形态演化、文化迁移等重要领域的研究工作提供依据与帮助，而且创建了早期聚落规模等级划分更为科学合理的方式与方法，对于类似研究具有重要的参考与借鉴意义。

2 原理与方法

2.1 聚类变量确定

依据考古学资料各类数据与聚落规模等级的相关程度，选取遗址面积、文化层厚度、重要遗迹、重要遗物作为聚类变量。其中遗址面积能够反应早期聚落的大小规模、居民容量、活动范围等直接影响聚落规模等级的因素，尽管具有较大的误差性，但仍为早期聚落规模等级划分最为重要的标准。文化层指包含有文化遗物的堆积层，其厚度能够反映人类聚居的时间跨度、活动强度与频度，因此也与聚落的规模等级关系密切。由于对贵重资源的垄断，青铜器、玉器、礼器等往往是早期社会的身份地位象征，因此也能够对聚落规模等级有所反映。城墙、宫殿、大型墓葬、祭祀场所、公共活动场所等重要遗迹也能反映早期聚落的规模等级，重要遗迹也成为早期聚落规模等级划分的重要依据^[14]。

客观的讲，早期聚落规模等级的差异应在遗址面积、文化层厚度、重要遗迹、重要遗物方面均有反映。但受保存状况、早期社会发展水平、考古学调查方式、遗址揭露程度以及考古研究进展等的影响，通过目前的考古学资料还无法全面了解早期聚落各类遗存的完整特征，选取的4个变量都在一定程度上存在数据缺失或不完整的可能性。但通过4个变量的综合应用，一方面可以进一步确认一些聚落的高等级水平，一个面积大、文化层厚且出土或发现有重要遗迹与遗物的聚落遗址，无疑比仅凭遗址面积的大小更能说明该聚落遗址的较高地位。另一方面，4个变量的综合应用还能对一些遗址保存面积小但其他方面具有较大优势的聚落遗址的等级进行修正，以此提高这些聚落遗址的规模等级。综上，总共选取遗址面积、文化层厚度、重要遗物、重要遗迹4个因素作为早期聚落规模等级的划分

表1 变量说明表

Tab. 1 Variable description

变量	变量类型	单位	备注
遗址面积	数量型变量	10 km ²	
文化层厚度	数量型变量	m	
重要遗迹	分类型变量		包含城墙、宫殿、大型墓葬、祭祀场所、公共活动场所等重要遗迹为 1，不包含为 0。
重要遗物	分类型变量		包含青铜器、玉器、礼器等重要遗物为 1，不包含为 0

依据。其中遗址面积与文化层厚度为数量型变量,重要遗物、重要遗迹为分类型变量。

2.2 SOFM网络工作原理

SOFM由芬兰学者Kohonen提出。其主要通过模拟人类大脑皮层中所存在的一种“侧抑制”现象构建。SOFM学习规则是一种与上述大脑皮层竞争(侧抑制)相似的算法。竞争学习中每一时刻只有一个输出单元激活,或每组输出单元中只有一个激活,输出单元为了激活而竞争(在本身趋向激活的同时,抑制其他单元使之不激活)。最简单的是胜者全取单元(Winner Take-All, WTA)。SOFM网络在接受输入样本之后进行竞争学习,功能相同的输入靠得比较近,不同的分得比较开,以此将一些无规则的输入自动排开。通过一定的学习算法,使相连的节点表征出输入不同的类别特性,称之为特征映射。如果样本足够多,那么在权值分布上可近似于输入样本的概率密度,在输出神经元上也反映了这种分布,即概率大的样本集中在输出空间的某一个区域。不论输入样本是多少维的,都可投影到低维的某个数据空间上。在高维空间中比较相近的样本,投影到低维空间中也比较相近。自组织特征映射网络是无监督的分类方法,与传统的分类方法相比,它所形成的分类中心能映射到一个曲面或平面上,并且保持拓扑结构不变。SOFM网络学习过程如下:

(1) 权值初始化,用小的随机数对各权向量赋予初值,各节点权值应取为不一样的。

(2) 在样本集中随机选择一个样本 x 作为输入。

(3) 在时刻 t ,选择最佳匹配单元 i (竞争过程)。这里是选定输入向量 x 与所有权向量之间的最相似者作为获胜单元。用欧氏距离表示,则有:

$$\|x - w_c\| = \min \|x_i - w_i\| \quad (1)$$

式中: c 表示获胜单元。确定邻域大小或邻域函数(协作过程)。令 NB_c 表示对应于获胜单元 c 周围的一组下标。获胜单元及其相邻单元的权值随后更新。

(4) 修正权值

$$\Delta w_i = \eta(x - w_i), \quad i \in NB_c \quad (2)$$

式中: η 为正的学习率。为了实现较好的收敛性能,学习速率和邻域规模应逐步缩小。

(5) 进行下一次学习,直到形成有意义的映射图。

(6) 如果不定义获胜单元的邻域,可以用一个获胜单元周围的邻域函数替代。常用的邻域函数是高斯函数:

$$\Omega_c(i) = \exp\left(\frac{-\|p_i - p_c\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

式中: p_i 和 p_c 分别是输出单元 i 和 c 的位置; σ 是邻域函数的宽度。

SOFM网络对输入数据有很好的“聚类”作用,用聚类中心(各输出节点的权向量)代表原输入,可以起到数据压缩的作用,这种压缩是对输入数据的一个很好近似。

2.3 环嵩山地区早期聚落规模等级划分步骤

环嵩山地区早期聚落规模等级划分通过以下步骤对数据进行处理与分析:①整理环嵩山地区早期聚落规模等级划分所需要的聚类数据与空间分布数据;②在Matlab下编程实现SOFM网络,并调用环嵩山地区早期时期4个阶段的聚落数据分别进行聚类分析;③在ArcGIS下分类显示4个阶段早期聚落聚类分析结果的空间分布特征;④对研究结果进行分析。

3 规模等级划分

3.1 数据整理

从1:5万标准地形图提取市县边界作为工作底图。聚落数据主要来源于《文物地图集·

河南分册》、第三次文物普查数据及最新考古调查数据。聚落数据按照裴李岗、仰韶、龙山、夏商4个时期分别整理,属性包括编码、聚落名称、地理位置(市、县、乡、村)、空间坐标、时代、遗址面积、文化层厚度、重要遗物、重要遗迹等。其中遗址面积、文化层厚度、重要遗迹与重要遗物利用已发表的考古发掘报告一一订正,已确保数据的准确性。部分缺失数据通过平均值进行补充。此次共整理环嵩山地区早期聚落1931座,其中裴李岗时期聚落73座,仰韶时期聚落563座,龙山时期聚落661座,夏商时期聚落634座。

3.2 聚类计算

SOFM网络训练初始化过程中,需要将输入数据进行归一化处理,以保证神经元相互竞争标准的统一性。但在早期聚落规模等级划分中,参与聚类的4个变量具有不同的特征。其中遗址面积与文化层厚度为变量型变量,归一化的结果为0~1之间的一组数据。而重要遗迹与重要遗物为分类型变量,归一化后结果不变。这样,参与聚类的遗址面积与文化层厚度数据除最大值外,其余均小于1,但重要遗迹与重要遗物数据包括多个1值,这种结果将对权值分配与调节以及最终聚类结果产生影响。因此,本例不适合进行数据归一化处理。通过分析环嵩山地区早期聚落各类数据分布特征,发现遗址面积与重要遗迹、重要遗物数据分布的差异性主要位于面积为30~50万 m^2 的区间内,即大于50万 m^2 的遗址重要遗迹、重要遗物的出土或发现较为常见,小于30万 m^2 的遗址几乎不见重要遗迹、重要遗物,而30~50万 m^2 的遗址重要遗迹、重要遗物的发现较为随机。为体现重要遗迹、重要遗物在聚类过程中的竞争能力,取极大值50作为重要遗迹、重要遗物数据处理系数。同时根据遗址面积与文化层厚度两类数据平均值的差异倍数,以遗址面积为标准,确定文化层厚度数据处理系数为5。即最终参与聚类的数据为原始遗址面积数据、5倍的文化层厚度数据、50倍的重要遗物与重要遗迹数据。此外,根据所整理不同时期的聚落数量与数据间的差异程度,确定裴李岗时期聚落划分2个等级,仰韶、龙山时期聚落分别划分3个等级,夏商时期聚落划分4个等级。

在Matlab下编程实现SOFM网络聚类算法。分别调入裴李岗、仰韶、龙山、夏商4个时期的聚落数据进行聚类运算。通过计算,最终将裴李岗时期聚落分为2个等级,其中一级聚落3座,分别为唐户遗址、瓦窑嘴遗址与中山寨遗址。仰韶时期聚落分为3个等级,其中一级聚落9座,分别为滩小关遗址、高平寨遗址、苏羊遗址、水兑遗址、西马庄西北遗址、杨沟遗址、寨湾南遗址、太仆遗址与双槐树遗址;二级聚落83座,包括大河村遗址、青台遗址、西山遗址等。龙山时期聚落分为3个等级,其中一级聚落14座,分别为胜岗遗址、新砦遗址、古城寨遗址、王城岗遗址、稍柴遗址、菠萝窑遗址、寨湾南遗址、禄地遗址、瓦店遗址、太仆遗址、樊寨遗址、杨庄遗址、王湾遗址与上庄遗址;二级聚落59座,包括站马屯遗址、蒲城店遗址、灰嘴遗址、姪李遗址等。夏商时期聚落分为4个等级,其中一级聚落2座,为郑州商城与二里头遗址;二级聚落20座,包括二里岗遗址、小双桥遗址、望京楼遗址、新砦遗址、偃师商城、马垌遗址等。聚类分析完成后,将分析结果导入ArcGIS,对环嵩山聚落早期遗址等级规模的空间特征进行显示(图1)。

由于对重点聚落遗址的关注,区域重要的聚落遗址一般均已进行细致深入的考古学研究,这类遗址的数据质量在一定程度上得到保证。因此,通过SOFM划分的区域高等级聚落与考古学研究基本一致。但在次一等级聚落方面,SOFM对原有研究进行一定的修正与补充,许多面积较小聚落的规模等级得到提升。结果显示,各个阶段不同等级聚落在其规模上体现一定的差异性,不同等级聚落数量结构趋于合理,而且高级别聚落基本涵盖考古学研究所关注的重点遗址,尤其各阶段一级聚落基本上为该阶段区域最为重要的聚落遗址。

3.3 结果分析

总体来看,裴李岗时期聚落等级规模并没有体现出明显的分异,这一时期聚落的遗址

面积和文化层厚度总体上差别不大，且迄今为止在这类遗址中还未发现能够代表聚落等级的城墙等重要遗迹和贵重礼器等重要遗物。至仰韶时期，尽管区域内仍未发现能够代表聚

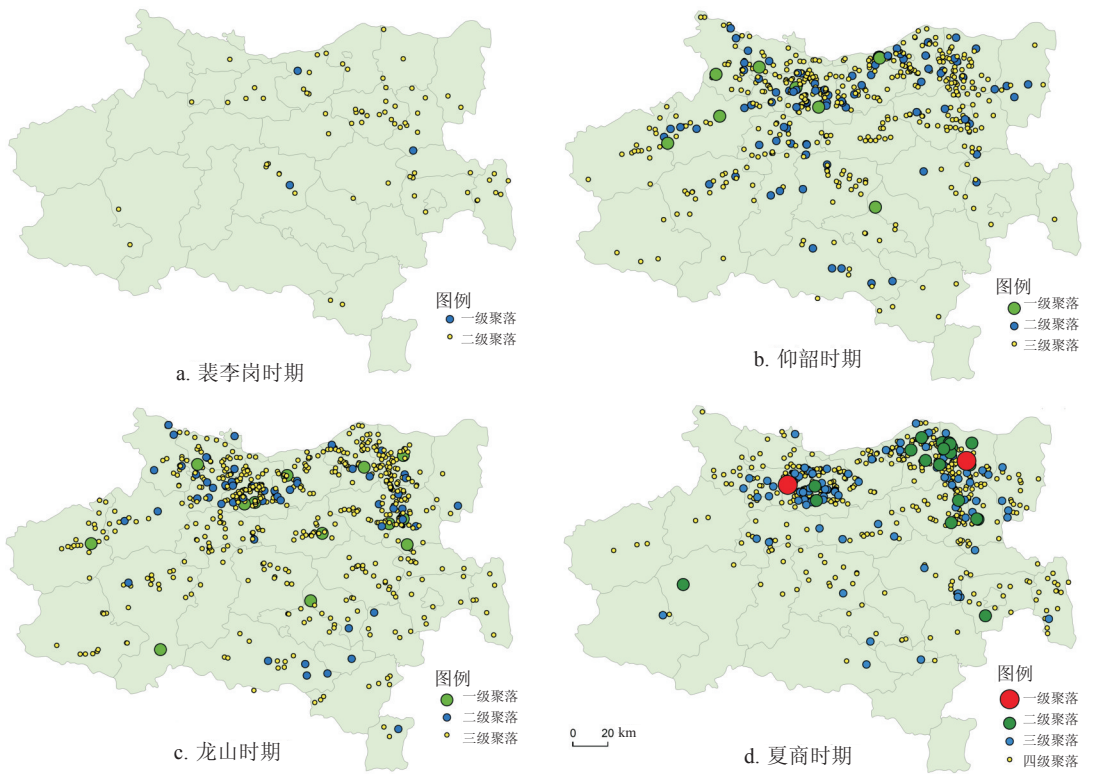


图1 环嵩山地区9000 a.B.P.-3000 a.B.P.聚落规模等级图

Fig. 1 The size-grade map of settlement in 9000 a.B.P.-3000 a.B.P. around Songshan Mountain

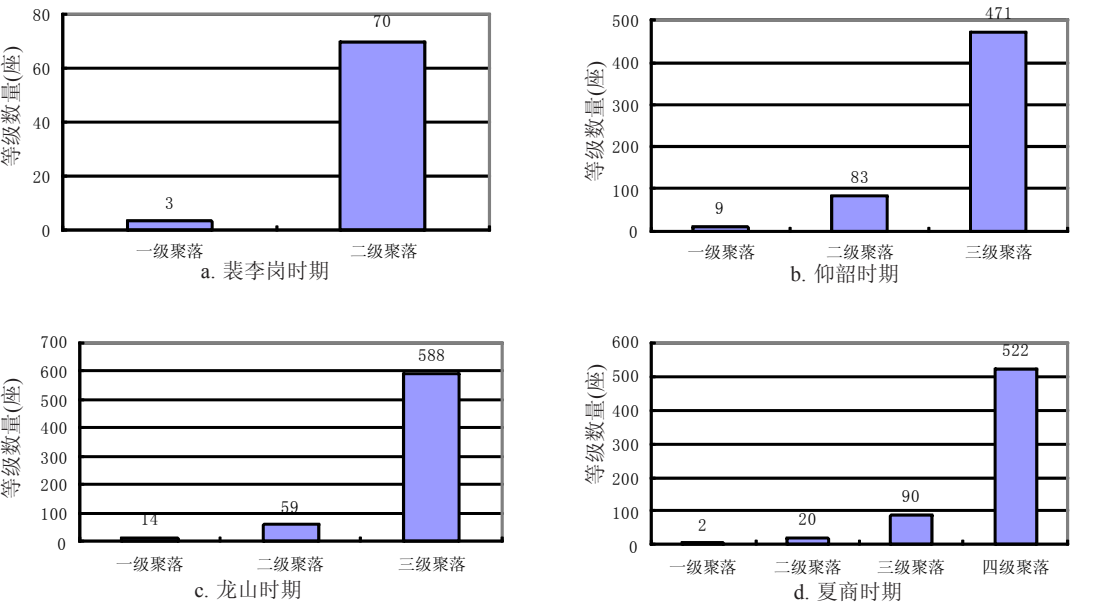


图2 环嵩山地区9000-3000 a.B.P.聚落规模等级数量统计图

Fig. 2 The size-grade number of settlement in 9000 a.B.P.-3000 a.B.P. around Songshan Mountain

落等级的重要遗物,且只有西山遗址发现有城墙遗存,但遗址面积与文化层厚度出现明显的差异,其中面积最大的双槐树遗址达 $100\text{万}\text{m}^2$,最小的仅几千 m^2 。考虑到一级、二级聚落以仰韶中晚期文化类型为主^[15],可以推断环嵩山地区早期聚落大致从距今5000年左右的仰韶中晚期开始出现等级规模之间的分化。至龙山时期,这种聚落等级规模分化的特征得以延续,尽管这一时期区域聚落遗址面积、文化层厚度之间的差异程度大体上与仰韶时期相当,但众多以军事防御为主要功能的古城(王城岗遗址^[16]、古城寨遗址^[17]、新砦遗址^[18]、蒲城店遗址^[19])的出现以及一级、二级聚落总数较仰韶时期略微减少更多的反映出龙山时期文化整合的态势与特征。至夏商时期,环嵩山地区早期聚落等级规模分异最终形成,不同等级聚落的数量结构特征趋于合理。这一时期分别出现两座具有都邑性质的大型聚落,分别为代表夏文化的二里头遗址与代表商文化的郑州商代遗址,这两个大型聚落规模宏大,而且均发现有代表其等级身份的重要遗迹与遗物(二里头遗址的宫城遗址、青铜器、绿松石龙形器^[20]以及郑州商代遗址的商城遗址、宫殿遗址、大型青铜礼器^[21]等)。

从空间分布特征看,环嵩山地区早期聚落规模等级划分的结果一定程度上反映出不同区域各时期文化性质之间的差异。以裴李岗时期为例,3个一级聚落唐户遗址、瓦窑嘴遗址、中山寨遗址分别位于颍水流域、伊洛河流域与汝河流域。考古学研究表明,这3个区域裴李岗文化面貌存在一定的差异,据此推断3个区域裴李岗文化可能分属于不同的文化系统^[22],其中唐户遗址属裴李岗—荻沟系统,瓦窑嘴遗址属坞罗西坡系统^[23],中山寨遗址属中山寨系统^[24]。此外,夏商时期聚落等级划分结果也能体现类似信息,两个大型聚落二里头遗址与郑州商代遗址分别代表了夏文化与商文化的空间分布特征。因此,聚落规模等级划分结果对特定时期文化类型的区分具有一定的参考与借鉴意义。

4 讨论与结论

SOFM网络通过邻近单元的相互学习、相互竞争,自适应地发展成为对不同性质信号敏感的区域,以此提取特征或规律。其可以降低早期聚落的遗址面积不确定性对分类结果的影响,非常适合于早期聚落规模等级的划分。

环嵩山地区9000 aB.P.-3000 aB.P.聚落规模等级划分结果显示,裴李岗时期聚落等级规模之间的差异不明显。大致在距今5000年左右的仰韶文化中晚期,区域聚落规模等级出现分异,这种分异在龙山时期得以延续,并于夏商时期最终形成。这一结果一定程度上对于中华5000年文明史有所印证。

环嵩山地区9000 aB.P.-3000 aB.P.聚落规模等级划分结果还对于特定时期文化面貌的区域差异有所反映。具体表现在裴李岗时期3个区域所属的不同文化系统与夏商文化不同的空间分布特征。这对于特定时期文化类型的区分具有一定的参考与借鉴意义。

尽管基于SOFM网络的环嵩山地区9000 aB.P.-3000 aB.P.聚落划分具有一定的科学性与合理性,结果能够一定程度上反映区域文化面貌与文化演进特征,但必须认识到,任何一种方式或方法均具有其自身的局限性,只有通过多种方式的对比与参考,才能获取更为准确的规律与特征。因此,环嵩山地区9000 aB.P.-3000 aB.P.聚落规模等级研究还需引进更多的先进方法,还需通过不同方法的相互对比与借鉴进行更为深入的研究。

致谢:感谢北京大学城市与环境学院李双成教授、莫多闻教授、刘耕年教授对于本文的指导。感谢河南省文物局司治平处长、王瑞琴处长,郑州市文物考古研究院张松林院长、顾万发院长、汪松枝先生给予的数据支持。陈盼盼、闫丽洁、周金燕进行了数据处理与制图工作,在此一并表示感谢。

参考文献 (References)

- [1] China State Bureau of Cultural Relics. The Cultural Relics Atlas of China (Henan Fascicule). Beijing: SinoMaps Press, 1991: 4-9. [国家文物局. 中国文物地图集 (河南分册). 北京: 中国地图出版社, 1991: 4-9.]
- [2] Henan Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, School of Archaeology and Museology, Peking University. The Archaeological Research and Study of Wangchenggang Site in Dengfeng County. Zhengzhou: Elephant Press, 2007: 325-327. [河南省文物考古研究所, 北京大学考古文博学院. 登封王城岗考古发现与研究. 郑州: 大象出版社, 2007: 325-327.]
- [3] Zhou Kunshu, Zhang Songlin, Zhang Zhenyu et al. The statement of Songshan Mountain culture circle. Cultural Relics of Central China, 2005, (1): 12-20. [周昆叔, 张松林, 张震宇 等. 论嵩山文化圈. 中原文物, 2005, (1): 12-20.]
- [4] Xu Shunzhan. The study of Yangshao cultural settlement group in Henan. Cultural Relics of Central China, 2001, (5): 19-28. [许顺湛. 河南仰韶文化聚落群研究. 中原文物, 2001, (5): 19-28.]
- [5] Li Shuangcheng, Zheng Du. Applications of artificial neural networks to geosciences: Review and prospect. Progress in Geography, 2003, 18(1): 68-76. [李双成, 郑度. 人工神经网络模型在地学研究中的应用进展. 地理科学进展, 2003, 18(1): 68-76.]
- [6] Huang Jiao, Gao Yang, Zhao Zhiqiang et al. Comprehensive physiographic regionalization of China using GIS and SOFM neural network. Geographical Research, 2011, 30(9): 1648-1659. [黄娇, 高阳, 赵志强等. 基于 GIS 与 SOFM 网络的中国自然区划. 地理研究, 2011, 30(9): 1648-1659.]
- [7] Liu Yaobin, Song Xuefeng. Function classification of several cities in the Yangtze Delta based on SOFM neural network. Yunnan Geographical Environment Research, 2005, 17(6): 19-22. [刘耀彬, 宋学锋. 基于 SOFM 人工神经网络的长江三角洲地区城市职能分类. 云南地理环境研究, 2005, 17(6): 19-22.]
- [8] Ma Luyi, Xu Xuegong. Evaluation of the offshore sediment heavy metal pollution in Hebei Province based on the artificial neural network method. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(1): 11-16. [马禄义, 许学工. 基于人工神经网络方法的河北省近海沉积物重金属污染综合评价. 生态环境学报, 2010, 19(1): 11-16.]
- [9] Li Shuangcheng, Wu Shaohong, Dai Erfu. Assessing the fragility of ecosystem using artificial neural network model. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(3): 621-626. [李双成, 吴绍洪, 戴尔阜. 生态系统响应气候变化脆弱性的人工神经网络模型评价. 生态学报, 2005, 25(3): 621-626.]
- [10] Li Shuang, Wang Yang, Li Shuangcheng. Spatio-temporal patterns of climatic change in China in recent 30 years. Geographical Research, 2009, 28(6): 1593-1605. [李爽, 王羊, 李双成. 中国近 30 年气候要素时空变化特征. 地理研究, 2009, 28(6): 1593-1605.]
- [11] Fu Qiang, Wang Zhiliang, Liang Chuang. Application of self-organizing competition artificial neural networks in soil classification. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2002, 22(1): 39-43. [付强, 王志良, 梁川. 自组织竞争人工神经网络在土壤分类中的应用. 水土保持通报, 2002, 22(1): 39-43.]
- [12] Zhang Jintun, Yang Xiaohong. Application of self-organizing neural networks to classification of plant communities in Pangquangou Nature Reserve, North China. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(3): 1005-1010. [张金屯, 杨洪晓. 自组织特征人工神经网络在庞泉沟自然保护区植物群落分类中的应用. 生态学报, 2007, 27(3): 1005-1010.]
- [13] Luo Kai, Luo Xu, Feng Zhongke et al. Application of SOFM neural network in classification of remote sensing images. Journal of Beijing Forestry University, 2008, 30(Suppl.1): 73-77. [罗凯, 罗旭, 冯仲科 等. 自组织特征映射神经网络在遥感影像分类中的应用. 北京林业大学学报, 2008, 27(增刊1): 73-77.]
- [14] Li Boqian. The issue about the standard of civilization forming//Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences, Zhengzhou Academy of Cultural Relics and Archaeology. The Theoretic and Practice of Chinese Settlement Archaeology. Beijing: Science Press, 2010: 15-20. [李伯谦. 关于文明形成的判断标准问题//中国社会科学院考古研究所, 郑州市文物考古研究院. 中国聚落考古的理论与实践. 北京: 科学出版社, 2010: 15-20.]
- [15] Zhao Chunqing. The Evolvment of New Stone Age Settlement in Zhengzhou and Luoyang. Beijing: Peking University Press, 2001: 115-122. [赵春青. 郑洛地区新石器时代聚落的演变. 北京: 北京大学出版社, 2001: 115-122.]
- [16] Fang Yanming. The discussion of the age and some correlative questions about Wangchenggang city-site in Dengfeng. Archaeology, 2006, (9): 17-23. [方燕明. 登封王城岗城址的年代及相关问题探讨. 考古, 2006, (9): 17-23.]
- [17] Henan Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Xinmi Academy of the Yan-Huang History and Culture. Excavation of Guchengzhai Longshan Cultural City-site in Xinmi City, Henan Province. Huaxia Archaeology, 2002, (2): 53-82. [河南省文物考古研究所, 新密市炎黄历史文化研究会. 河南新密市古城寨龙山文化城址发掘简报. 华夏考古, 2002, (2): 53-82.]
- [18] Research Center for Ancient Civilization, Peking University, Zhengzhou Institute of Cultural Relics and Archaeology. Excavation of Xinzhai Site in Xinmi City, Henan Province. Cultural Relics, 2004, (3): 4-19. [北京大学古代文明研究中心, 郑州市文物考古研究所. 河南省新密市新砦遗址 2000 年发掘简报. 文物, 2004, (3): 4-19.]

- [19] Henan Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Pingdingshan Municipal Bureau of Cultural Relics. Excavation of Puchengdian site in Pingdingshan City, Henan. *Cultural Relics*, 2008, (5): 31-49. [河南省文物考古研究所, 平顶山市文物局. 河南平顶山蒲城店遗址发掘简报. *文物*, 2008, (5): 31-49.]
- [20] Xu Hong, Chen Guoliang, Zhao Haitao. The preliminary research about the settlement pattern of Erlitou site. *Archaeology*, 2004, (11): 23-31. [许宏, 陈国梁, 赵海涛. 二里头遗址聚落形态的初步考察. *考古*, 2004, (11): 23-31.]
- [21] Henan Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology. Zhengzhou City of Shang Dynasty. Beijing: Cultural Relics Press, 2001: 135-142. [河南省文物考古研究所. 郑州商城. 北京: 文物出版社, 2001: 135-142.]
- [22] Zhao Shigang. The discussion about some question of Peiligang Culture. *Huaxia Archaeology*, 1987, (2): 78-83. [赵世纲. 关于裴李岗文化若干问题的探讨. *华夏考古*, 1987, (2): 78-83.]
- [23] Liao Yongmin. The tentative analysis about the relics of Wuluoxipo Culture. *Cultural Relics of Central China*, 1994, (1): 38-40. [廖永民. 垆罗西坡文化遗存试析. *中原文物*, 1994, (1): 38-40.]
- [24] The First Archaeological Team in Henan, IA, CASS. Zhongshanzhai site in Ruzhou City, Henan. *Journal of Archaeology*, 1991, (1): 57-89. [中国社会科学院考古所河南一队. 河南汝州中山寨遗址. *考古学报*, 1991, (1): 57-89.]

The Study of Size-Grade of Settlements around the Songshan Mountain in 9000-3000 aBP Based on SOFM Networks

LU Peng^{1,2}, TIAN Yan², YANG Ruixia³

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Institute of Geography, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450052, China;

3. Center for Earth Observation and Digital Earth, CAS, Beijing 100094, China)

Abstract: Choosing site area, culture layer thickness, important relics and important remains as the variables, we used cluster analysis of the ancient settlements of four cultural periods respectively, which were Peiligang, Yangshao, Longshan and Xiashang in 9000-3000 aBP. around the Songshan Mountain through the SOFM networks method, and classified each type of ancient settlements into different size-grades. By this means, the Peiligang settlements were divided into two grades, Yangshao and Longshan settlements were divided into three grades respectively, and Xiashang settlements were divided into four grades. The result suggested that the size-grade diversity of ancient settlements was not significant during Peiligang period in this area. The size-grade diversity of ancient settlements began at about the mid-late stage of Yangshao period (5000 aBP.), continued during Longshan period and finally formed in Xiashang period. Moreover, the result also reflected the regional difference of cultural characteristic in a certain period, which was mainly represented in the three Peiligang cultural systems distributed in different areas. There were also different spatial characteristics between Xia and Shang cultures. Based on the size-grade study on ancient settlements around the Songshan Mountain, we found that the SOFM networks method was very suitable for size-grade classification of ancient settlements, as using this method, adjacent cells would compete and learn from each other, which could reduce the effect on classification result by the inaccuracy of site acreages.

Key words: SOFM; the area around Songshan Mountain; 9000-3000 aBP.; ancient settlement; cluster analysis; size-grade