

## 多源遥感影像的最优尺度选择

陈春雷, 武刚

(北京林业大学 信息学院, 北京 100083)

**摘要:** 遥感信息普遍存在着尺度效应, 合适的空间分辨率可以反映特定目标的空间结构特性。基于地理学第一规律, 选择了目前主要采用的 2 种方法——局部变异和变异函数对最优尺度的选择进行研究, 并针对传统方法的局限性提出了改进方案。通过同一地区的遥感卫星 Landsat 7, Spot-5/HRG 和 QuickBird 遥感影像, 对不同的景观区域采用不同的方法进行了比较研究。根据实验, 得出了局部变异适合微观、变异函数则更适用于宏观问题的结论, 并得到了不同数据源在不同景观类型下的最优尺度。最后, 根据最优尺度选择的结果, 讨论了不同数据源的适用性。图 4 表 4 参 19

**关键词:** 森林测计学; 遥感; 最优尺度; Landsat 7; Spot-5; QuickBird

**中图分类号:** S758.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2011)01-0164-09

## Choice of optimal scale for multi-source remote sensing images

CHEN Chun-lei, WU Gang

(School of Information Science & Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Spatial scaling effects are a universal issue for the remote sensing. The appropriate spatial resolution can reveal the spatial structure of specific objects. Based on the First Law of the Geography, frequently used local variance and variograms methods are adopted in this research. Because of the limitation of conventional methods, the modified scheme is available for reference. With Landsat 7, Spot-5/HRG and QuickBird images in the same region, the two different methods are compared for different landscape patterns. The findings of the experiment indicate that local variance method is suitable for microcosmic field and variograms method is competent for macroscopic domain. Furthermore, the optimal scales of multi-source images in different circumstances are also obtained. According to the results of the optimal scale, the applicability of different images is discussed. [Ch, 4 fig, 4 tab, 19 ref.]

**Key words:** forest mensuration; remote sensing; optimal scale; Landsat 7; Spot-5; QuickBird

遥感的不同应用领域, 对尺度有着不同的理解, Lam 等<sup>[1-2]</sup>定义了 4 种与空间现象相关的尺度, 其中空间尺度, 即遥感影像空间分辨率代表了空间细节水平以及与背景分离的能力, 反映了地表信息的层次性, 成为遥感数据处理与分析的主要挑战问题<sup>[3]</sup>。空间分辨率对于遥感分类精度的影响存在着两面性<sup>[4]</sup>: 高空间分辨率减少了边界的混合像元, 但同时也使得类别内部的光谱变异增大。随着高分辨率尤其是高空间分辨率传感器的不断涌现, 用户对遥感数据的选择有了很大的空间。不同尺度的影像有着不同的适用领域: 高空间分辨率数据广泛应用于精度要求相对较高的局部领域, 而中分辨率的影像能较好地满足大范围特别是资源调查的需求, 低分辨率的数据则往往应用于宏观范畴特定目标的监测<sup>[5]</sup>。由于遥感信息普遍存在着尺度效应, 对于特定的问题, 总是希望通过一定的方法, 找到一个合适空间分辨率的遥感影像来反映特定尺度上研究目标的空间分布结构等特性, 合适的空间分辨率也被称为最优分辨率或最优

收稿日期: 2010-02-03; 修回日期: 2010-06-16

作者简介: 陈春雷, 博士研究生, 从事遥感在林业上的应用研究。E-mail: jhcclai@yeah.net。通信作者: 武刚, 教授, 博士生导师, 从事森林资源信息管理、决策支持系统及系统集成和电子商务等研究。E-mail: wugang@bjfu.edu.cn

尺度。本研究试对最优尺度的选择方法进行比较分析，并对其局限性进行改进，以此为基础，判别不同地物类型在多种遥感影像下所对应的最优尺度，通过定量研究地学现象与遥感影像之间的对应关系，从空间角度为遥感影像的选择提供参考依据。

## 1 研究现状

针对尺度的研究很多，Davis 等<sup>[6]</sup>给出了不同应用领域对应的遥感数据空间和时间尺度，并定义了不同的应用与遥感数据类型的对应关系。而 Krawitz 等<sup>[7]</sup>也针对不同空间尺度的环境特征问题，提出了不同的空间分辨率要求，将环境特征分为巨型、大型、中型以及小型几个类别，并定义了不同问题需要的空间尺度。Woodcock 等<sup>[8]</sup>于 1987 年发表的 *The Factor of Scale in Remote Sensing*，则成为研究遥感尺度问题的经典文献，并通过局部变异曲线图来确定最优尺度。Atkinson 等<sup>[9]</sup>根据地统计学理论，通过计算不同分辨率图像的变异函数来确定最优分辨率，该方法亦可通过正则化而得到任意尺度上的变异函数<sup>[10-11]</sup>。基于传统方法的局限性，明冬萍等<sup>[12]</sup>采用可变窗口对局部变异的改进，韩鹏等<sup>[13]</sup>采用信息熵，柏延臣等<sup>[14]</sup>基于离散度的方法，都对最优尺度的选择进行了有益的探讨。

## 2 研究方法

空间信息的特征包括空间依赖性、可变性、可分性和地域性等。空间依赖性来自于 1970 年 Tolber<sup>[15]</sup>提出的著名的“第一地理规律”：所有的地理事物是相关的，并且地理事物在空间上愈近，其相关性就愈大；反之，空间距离愈远，则相关性愈小。由于局部变异(local variance)和变异函数(variograms)方法应用的理论前提是空间统计学中的空间依赖性理论，在经典统计学的基础上，可用于分析地理的空间特征，简单而实用，故本研究采用这 2 种经典的方法进行研究。

### 2.1 局部变异

Woodcock 等<sup>[8]</sup>认为，遥感影像的空间结构表现为所研究区域目标的大小与空间分辨率的关系，并通过遥感影像的局部变异曲线(graphs of local variance)来确定最优分辨率(国内的文献多将作者原文中的 local variance 翻译为局部方差，而国外也多将它如此引用，虽然采用标准差与方差的不同计算方法对结论不会产生影响，但是尊重原文献的内容，本研究亦采用标准差的计算方法，并将它翻译为局部变异)。

局部变异是利用一个  $3 \times 3$  像素的移动窗口来计算窗口内的标准差，并对所有窗口的标准差取平均值。该方法基于以下理论基础：当图像分辨率比较高，地物由多个像素组成的时候，相邻像素空间依赖，因而局部变异值较低；当目标物的大小接近像素时，相邻的像素相似性降低，局部变异值增大，至局部变异达到最大；当分辨率进一步降低，每个像素含有不同的地物目标，表现为混合像元，像素之间的空间依赖程度又会开始增强，局部变异逐渐减小。这样，通过不同分辨率下的局部变异值，即可生成局部变异曲线图，当曲线达到顶峰时，局部变异值就达到最大值，此时所对应的空间分辨率，即为最优尺度。

对于影像区域内的任何一个像素，除了边缘部分不能形成完整窗口外，每一个像素都可以被视作移动窗口的中心而参与计算。对于某个移动窗口，假设窗口的大小为  $(m, n)$ ，则窗口内的标准差  $\sigma$  通过式(1)计算得到：

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [f(i, j) - \bar{f}]^2}{mn} \quad (1)$$

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} f(i, j)}{mn} \quad (2)$$

式中： $f(i, j)$ 表示第  $k$  个移动窗口中的第  $i$  列，第  $j$  行的灰度值， $\bar{f}$ 表示当前移动窗口中所有像素灰度值的平均值，计算方法见式(2)。对于所选择影像区域，局部变异( $V_L$ )可通过式(3)得到：

$$V_L = \frac{\sum_{k=1}^K \sigma_k}{K} \quad (3)$$



### 3 比较实验

#### 3.1 实验数据

本研究选择的实验区域辖属经济发达的杭州市萧山区，坐标范围为(30°13'1.07"N, 120°12'36.61"E) ~ (30°6'49.35"N, 120°17'40.92"E)。该区域地处浙东低山丘陵区北部、浙江平原区南部，位于北亚热带季风气候区南缘。植被类型属浙皖山丘青冈 *Cyclobalanopsis glauca* 和苦槠 *Castanopsis sclerophylla* 林栽培植被区，代表性常绿阔叶树种有木荷 *Schima superba* 和樟树 *Cinnamomum camphora* 等，马尾松 *Pinus massoniana* 在区内分布较广。实验区(图 1)由 7 个景观区域类型组成：①无公害蔬菜基地；②经济开发区；③市区；④山区；⑤旅游度假区；⑥农业示范区；⑦城乡结合部。其中：山区部分被城市建筑和道路分割为 41, 42 和 43 等 3 个部分，整个区域标记为 0。



图 1 研究区内的不同景观类型

Figure 1 Research region with different landscape patterns

根据目前常见的遥感影像，本研究选择的 3 种遥感数据源

分别为：①Landsat 7(采集时间为 2003 年 3 月 26 日)；②Spot-5/HRG(采集时间为 2003 年 2 月 6 日)；③QuickBird(采集时间为 2005 年 7 月 16 日)。在数据使用前，分别对①的多光谱和全色波段进行了多项式校正，对②和③的多光谱和全色波段分别进行了正射校正，目标影像均为西安 1980 坐标系；利用 Minnaert 方法对各数据类型进行了地形辐射校正，以降低山区地形阴影对光谱的影响；最后采用 PCI Geomatic 10.0 中的 PANSHARP 模块对不同数据源的多光谱和全色波段进行了分辨率融合(由于 PANSHARP 基于最小二乘法最佳近似原始数据与融合后数据之间的灰度值关系，具有较好的融合效果<sup>[16]</sup>，因此，本研究采用了该融合方法)。根据 3 种数据源的多光谱及其各自对应的融合数据，构成 6 种多光谱影像，分别标记为 ETM + MX, ETM + Fuse, Spot-5 MX, Spot-Fuse, QBMX, QBFuse, 空间分辨率分别为 30.00, 15.00, 10.00, 5.00, 2.44, 0.61 m。对不同景观区域内的主要地物类型，进行一定数量的取样，并分别量取最短和最长边，其大小见表 1。

表 1 各区域主要地物类型样本大小

Table 1 Sizes of dominant ground features in different regions

区域	建筑/m	农田/m	水系/m	各树种样本大小/m		
				马尾松	木荷	樟树
1	9.5 ~ 12.8	9.6 ~ 46.7				
2	50.2 ~ 120.4					
3	19.5 ~ 56.8					
41, 42, 43				3.6 ~ 4.2	4.4 ~ 5.2	8.4 ~ 9.7
5	22.3 ~ 44.9	11.3 ~ 66.5	216.4 ~ 571.9			9.9 ~ 11.4
6	12.3 ~ 17.1	11.8 ~ 77.4	45.5 ~ 734.0			
7	11.1 ~ 16.7	7.2 ~ 13.0				

说明：栏目中的数据分别为选择样本的平均短边和平均长边。

#### 3.2 实验方法及改进

对于局部变异，采用了 Woodcock 等原有的计算方法。对于变异函数的正则化，随着支撑尺度的像素由 1, 2, ..., n 变大，分别计算变异函数值，h 在每个支撑尺度下的值均为 1；Atkinson 等采用了模型化的方法来拟合变异函数，为了便于与局部变异方法进行比较，从简化难度，尊重原始数据等考虑，本研究未采用模型进行拟合，而是以原影像计算结果为准。

原文献中 2 种方法都只针对单一波段进行了分析，而未考虑各数据类型多光谱的特点。以整个研究

区域的QBMX数据为例,形成不同波段的局部变异曲线、东西向不同波段的变异函数曲线和正则变异函数图,分别见图2~4。

从图2和图3可以看出,无论是局部变异还是变异函数,不同的波段会得到不同的结果,以近红外波段的变异最大,绿波段次之,红波段最低。正是由于上述2种方法的原始文献中只针对单一波段的情况下进行了论述,后人往往归咎为其局限性<sup>[17]</sup>,而进行了其他方式的探讨<sup>[13-14]</sup>。因此,如何将该方法推广到多光谱的情况,也是影响上述2种方法应用的关键因素,本研究选择各数据类型共有的3个波段绿(G),红(R),近红外(NIR)进行研究。

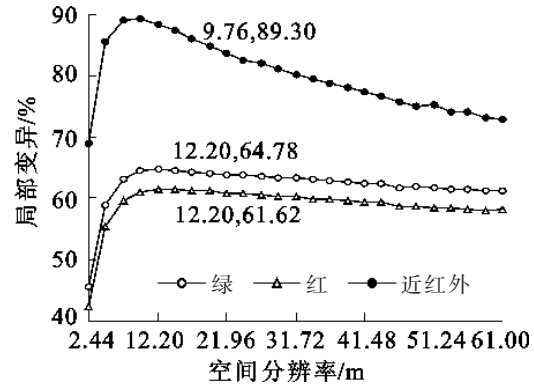


图2 研究区域内QBMX不同波段的局部变异曲线  
Figure 2 Graphs of local variance of QBMX with different bands in the research region

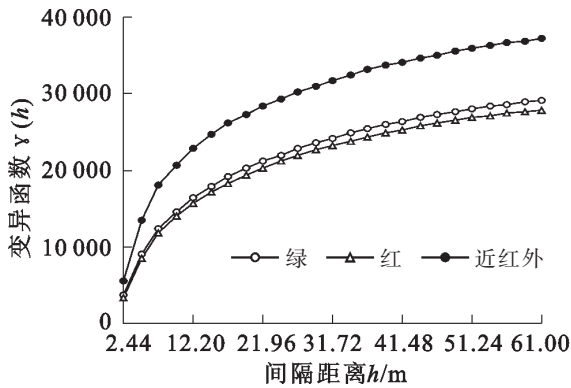


图3 QBMX不同波段在东西方向上变异函数曲线图  
Figure 3 Graph of variograms with different bands of QBMX for east and west orientation

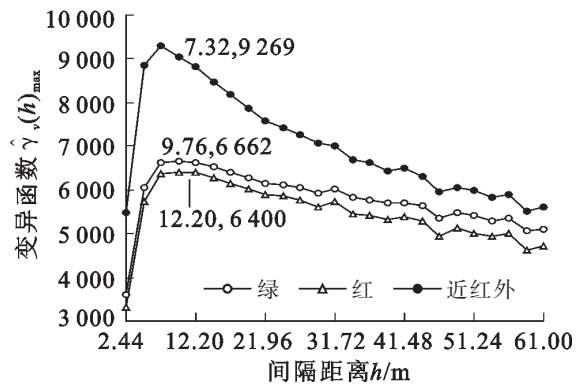


图4 QBMX不同波段在东西向上的最大值  
Figure 4 Maximum semivariance with different bands of QBMX for east and west orientation

变异函数除了不同的波段外,在不同方向上得到的结果也有可能不同,因此,必须考虑其各向异性的特点。对于西北—东南、东北—西南2种情况,变异函数表示为 $\gamma(h\sqrt{2})$ ,也就是说,间隔距离为 $h\sqrt{2}$ ,由于间隔距离的变大,其结果往往大于 $\gamma(h)$ ,因此,本研究并未考虑这2个方向上的变异情况。另外,原文献中在方向上采取了垂直(南北)和水平(东西)方向的相邻像素等权重的处理方法,为了对不同方向上的差异进行比较,本研究对东—西、南—北2个方向的变异函数分别进行计算。

针对传统文献在光谱和方向上的局限性,本研究认为可以采用4种方案,以满足不同的需要。假设采用局部变异方法在不同的波段上得到的最优尺度为 $C_i$ ( $i$ 表示波段号),通过变异函数在不同的波段和不同的方向上得到的最优尺度为 $C_{ij}$ ( $i$ 表示波段号, $j$ 表示方向)。局部变异结果可视为变异函数的特例,即下标 $j$ 为固定值1。则对于 $C_{ij}$ ,有4种合并方式,得到目标最优尺度( $S_0$ ): ①取最大值 $S_0 = \max(C_{ij})$ ; ②取最小值 $S_0 = \min(C_{ij})$ ; ③取平均值 $S_0 = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_{ij})$ ; ④取其中任一值 $S_0 = C_{ij}$ 。其中, $m$ 为波段数, $n$ 为选择的方向数量。

为了保证获取信息的完整性,避免提取信息的缺失,本研究采用了方案②,即取最小值的方式,以确保研究的严谨性。

## 4 结果分析

### 4.1 实验结果

对不同数据源的不同波段、不同景观区域的局部变异值进行计算,得到表2。而各数据类型的不同波段、不同方向、不同景观区域的变异函数计算结果见表3。从实验结果可以看出,2种方法得出的结



论是类似的，这异于 Atkinson 和 Curran 关于局部变异小于变异函数得到的最优尺度的结论。

表 2 各数据源基于局部变异方法得到的最优尺度

Table 2 Optimal scale of different images based on local variance

数据类型	波段	各数据源最优尺度/m									
		0	1	2	3	41	42	43	5	6	7
ETM + MX	G	90	60	60	60	90	90	60	-	60	60
	R	90	60	60	60	90	90	60	-	90	90
	NIR	90	60	60	60	60	90	90	-	90	90
ETM + Fuse	G	45	30	75	45	90	30	45	-	45	30
	R	60	30	75	45	90	60	45	-	45	45
	NIR	75	90	60	45	60	45	30	-	90	90
Spot-5 MX	G	20	20	50	20	70	40	-	-	20	20
	R	20	20	30	20	70	40	-	-	20	20
	NIR	20	20	30	20	80	70	-	-	30	20
Spot-5 Fuse	G	10	10	10	10	-	-	-	-	10	10
	R	10	10	10	10	-	-	-	-	10	10
	NIR	15	15	15	10	-	-	-	-	20	15
QBMX	G	12.20	7.32	-	9.76	7.32	7.32	7.32	-	26.84	9.76
	R	12.20	7.32	-	9.76	12.20	9.76	7.32	-	26.84	12.20
	NIR	9.76	7.32	-	7.32	4.88	4.88	4.88	-	12.20	7.32
QBFuse	G	9.76	4.88	-	7.32	2.44	3.05	3.05	-	14.64	7.93
	R	9.76	4.88	-	7.93	2.44	3.05	3.05	-	12.20	7.93
	NIR	9.76	6.71	-	7.93	4.27	4.88	5.49	-	12.81	7.93

说明：“-”表示无最优尺度存在。

根据方案②，对各个景观区域进行最优尺度选择的时候，采用局部变异方法有 11 个无解，变异函数则有更多的情况下得不到最优尺度，为 17 个；2 种不同的方法在整个研究区均得到了最优尺度。周成虎等<sup>[18]</sup>在实验的基础上，认为局部变异适合研究微观精细景观结构，而变异函数则适用于较大范围和尺度的宏观景观问题，这也与本实验结果相吻合。因此，对整个研究区域，本研究采用变异函数的结果；而每个分区域，则采用局部变异的方法。最后得到的各个数据源的最优尺度，见表 4(对于每个数据类型下的每个区域，如果有一个因子不存在最优尺度值，则认为该数据类型在该区域无最优尺度)。

#### 4.2 数据分析

根据实验结果，由于景观特征的不同，不同区域所对应的最优尺度也存在差异，而整个区域与每个分区域的尺度也往往表现为不同；对于变异函数，由于各向异性的特点，因此不同的方向上得到的结果不同，所以得出的最优尺度也可能不同，因此，采用不同方向等权重处理会影响到尺度选择的合理性；不同的数据源，由于原始空间分辨率的不同，对地表反映的综合程度存在着差异，因此结果也不同；另外，对于同一景观区域，2 种不同的研究方法得出的结论可能不同。

区域 5 为湘湖旅游度假区，包含了湖泊、建筑和丘陵多种景观类型，往往曲线无顶峰出现，无法求得最优尺度。该区域的局部变异曲线呈单调递增的趋势，优势度为 0.744 2；对于类型比较集中，以建筑占优势的市区 3，优势度为 1.241 5；而以常绿阔叶树种为主体的山区为 41，优势度为 1.155 1。山区和市区的局部变异曲线均出现了先递增后递减的理想状态。可见，研究区域的地物类型是否单一，会影响曲线的形状，对于最优尺度选择的研究也有着很大的影响。

实验结果的另外一个特殊现象是，在山区部分，Spot-5 Fuse 数据各个波段均无最优尺度。从局部变

表3 各数据源基于变异函数方法的最优尺度  
Table 3 Optimal scale of different images based on variograms

数据类型	波段	各数据源最优尺度/m									
		0	1	2	3	41	42	43	5	6	7
ETM + MX	G	90/90	90/60	90/90	60/60	210/120	90/-	60/60	-/-	60/90	90/60
	R	90/90	90/60	90/90	60/60	210/90	90/-	60/60	-/-	60/90	90/90
	NIR	90/90	90/60	90/90	60/60	90/90	-/-	60/60	-/-	90/120	90/60
ETM + Fuse	G	60/60	45/45	75/75	45/45	-/90	30/-	45/60	60/60	45/45	45/45
	R	60/60	45/45	75/75	45/45	-/90	30/-	45/60	60/60	45/45	45/45
	NIR	90/75	90/90	75/75	75/90	-/105	30/-	30/45	-/-	90/90	90/90
Spot-5 MX	G	30/20	20/20	60/20	20/20	-/30	20/20	20/20	20/20	30/20	20/20
	R	30/20	20/20	60/20	20/20	-/70	20/20	20/20	30/20	30/20	20/20
	NIR	40/20	20/20	60/20	40/20	-/80	-/-	30/20	-/-	40/30	30/20
Spot-5 Fuse	G	10/10	-/10	10/10	10/10	10/10	10/10	10/-	10/10	10/10	10/10
	R	10/10	-/10	10/10	10/10	10/-	10/10	10/-	-/15	10/10	10/10
	NIR	25/15	15/15	25/15	20/15	-/-	25/-	-/-	-/-	30/20	15/15
QBMX	G	9.76/9.76	4.88/7.32	-/-	7.32/7.32	7.32/9.76	9.76/9.76	14.64/7.32	-/-	12.20/12.20	7.32/7.32
	R	12.20/9.76	4.88/7.32	-/-	7.32/7.32	9.76/9.76	9.76/9.76	14.64/7.32	-/-	12.20/12.20	7.32/7.32
	NIR	7.32/9.76	4.88/7.32	-/-	7.32/7.32	4.88/4.88	4.88/4.88	7.32/7.32	9.76/19.52	12.20/17.08	7.32/7.32
QBFuse	G	7.93/10.37	3.66/6.10	-/-	7.32/8.54	4.27/7.93	6.71/6.71	7.32/9.15	-/-	11.59/11.59	6.10/7.93
	R	7.93/10.37	4.88/6.10	-	7.32/8.54	7.32/7.93	6.71/6.71	7.32/9.15	-/-	9.76/11.59	6.10/7.93
	NIR	7.93/10.37	6.10/6.10	-/-	7.32/7.93	5.49/5.49	6.10/6.71	7.32/7.32	-/-	9.76/12.81	6.10/7.93

说明：“-”表示无最优尺度存在；数据格式 a/b 表示东西/南北向上的最优尺度。

表4 各数据源不同区域的最优尺度  
Table 4 Optimal scale of different regions from different images

数据类型	各数据源最优尺度/m									
	0	1	2	3	41	42	43	5	6	7
ETM + MX	90	60	60	60	60	90	60	-	60	60
ETM + Fuse	60	30	60	45	60	30	30	-	45	30
Spot-5 MX	20	20	30	20	70	40	-	-	20	20
Spot-5 Fuse	10	10	10	10	-	-	-	-	10	10
QBMX	7.32	7.32	-	7.32	4.88	4.88	4.88	-	12.20	7.32
QBFuse	7.93	4.88	-	7.32	2.44	3.05	3.05	-	12.20	7.93

说明：“-”表示无最优尺度存在。

异曲线图看出，其近红外波段在尺度域内呈单调递增的趋势，红、绿2个波段则在5~55 m的范围内则呈现下降趋势，因此可推断曲线的顶峰该出现在小于5 m的范围内。该区域的变异函数曲线呈现单调递增的趋势，无变程与块金值的出现，与理想的球状模型也相差较大。

## 5 结论与讨论

根据表4中的结果，结合表1中地物样本的大小，可以得出如下结论：①ETM + MX数据所获得的最优尺度范围为[60,90]，该数据反映的是农田、建筑以及树木的综合体，因此适合于宏观区域的分类

研究；②ETM + Fuse 得出的最优尺度为 [30,60]，所反映的依然是各地物的综合体；③Spot-5 MX 得到的最优尺度除了山区为 70 m 外，其他多为 20 m，也就是说在 10 ~ 20 m 范围内的目标地物可以得到很好的反映，在该分辨率下已可以反映建筑、农田的主要特征；④对于 Spot-5 Fuse 数据，除了山区部分外，其他所有研究区域的结论都是 10 m，也就是说反映的是 5 ~ 10 m 范围的目标，而对于山区部分，则都未得到最优尺度，尽管其分辨率达到了 5 m，依然不能区分到具体的树种个体；⑤QBMX 的原始分辨率为 2.44 m，从该分辨率至最优尺度范围内的地物都可以得到准确的提取，对于山区部分，其最优尺度都为 4.88 m，该尺度也与取样树木的直径非常接近；⑥QBFuse 除了山区部分外，其他的研究区域与 QBMX 的结论俱相同，在该空间分辨率下，山区部分更小冠幅的乔灌(如白栎 *Quercus fabri* 等)，已表现为独立个体，因此，与 QBMX 相比，得到的尺度更小，在区域 41, 42 和 43 下得到的最优尺度分别为 2.44, 3.05 和 3.05 m。

山区部分主要为林业用地，也是林业研究的重点区域。在该区域内，Landsat 7 影像反映的是不同植被类型的综合特征，对于 5 m 分辨率的 Spot-5 Fuse 影像并没有得到最优尺度，而在 QBMX 下则得到了 4.88 m 的最优解。因此，对于单株乔木树种来说，分辨率从 2.44 到 5.00 m 之间是一个敏感区域，在以后的研究中引入其他的数据类型，如 IKONOS-2 的 4 m 多光谱数据等，将会对本研究进一步补充和拓展。虽然 Spot-5 通过影像的超分辨率重建技术，在不改变成像系统的前提下，基于解析延拓理论，对 5.00 m 的全色影像实现了超模式的 2.50 m 空间分辨率，并被认为接近 3.00 m 分辨率的效果<sup>[19]</sup>，但是根据本研究的实验结果，对于林业调查中精度要求较高的领域，应该慎用该数据；Spot-5/HRG 全色波段只覆盖了绿、红 2 个波段区域，因此，经融合产生的影像近红外波段部分，并非地物信息的真实反应，这也是影响实验结果的一个重要原因。

不同的区域，往往有着不同的景观特征，并不是一定存在一个单一的或最佳的尺度能全面和准确地定义地物的形状和尺寸。实验表明，采用局部变异的方法能反映微观特征，而变异函数则更适合解释宏观问题的空间结构。当然，对于遥感影像最优尺度的研究多在于技术探讨，而非硬性地求得精确解。基于某个数据类型，从原始空间分辨率到根据计算获得的最优尺度之间大小的地物，在该数据源上会得到准确的表达，而在地物的大小与计算结果相等的情况下，为理想状况，即在最小的数据量的基础上，地物信息能被准确获取，这也是研究的意义所在。遥感数据固然受着尺度的重要影响，本研究的宗旨也是从空间分辨率的角度探讨遥感数据的选取问题，但遥感影像也同时受到光谱尺度、时间尺度的制约。另外，数据的可获取性(是否有存档数据、编程数据的采集能力等)以及随着空间分辨率的提高而引起的成本增加也是遥感影像选择中不可忽略的因素。

#### 参考文献：

- [1] CAO Changyong, LAM N S N. Understanding the scale and resolution effects in remote sensing and GIS [G]. // QUATTROCHI D A, GOODCHILD M F. *Scale in Remote Sensing and GIS*. Boca Rotan: Lewis Publishers, 1997: 57 - 72.
- [2] 刘悦翠, 樊良新. 林业资源遥感信息的尺度问题研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19 (4): 165 - 169.  
LIU Yuecui, FAN Liangxin. On scale issues of remote sensing in forestry [J]. *J Northwest For Univ*, 2004, 19 (4): 165 - 169.
- [3] 苏理宏, 李小文, 黄裕霞. 遥感尺度问题研究进展[J]. 地球科学进展, 2001, 16 (4): 544 - 548.  
SU Lihong, LI Xiaowen, HUANG Yuxia. An review on scale in remote sensing [J]. *Adv Earth Sci*, 2001, 16 (4): 544 - 548.
- [4] MARKHAM B L, TOWNSHEND J R G. Land cover classification accuracy as a function of sensor spatial resolution [C]// Environmental Research Institute of Michigan. *Proceedings of the 15th International Symposium of Remote Sensing of Environment*. Ann Arbor: [s.n.], 1981: 1075 - 1090.
- [5] 贾海峰, 刘雪华. 环境遥感原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 130 - 141.
- [6] DAVIS F W, QUATTROCHI D A, RIDD M K, et al. Environmental analysis using integrated GIS and remotely sensed data: Some research needs and priorities [J]. *Photogramm Eng Remote Sens*, 1991, 57 (6): 689 - 697.
- [7] KRAWITZ L. *Earth Resources Program Scope and Information Needs* [R]. Philadelphia: NASA-CR-141767 General



Electric Co, 1974.

- [8] WOODCOCK C E, STRAHLER A H. The factor of scale in remote sensing [J]. *Remote Sens Environ*, 1987, **21** (3): 311 – 332.
- [9] ATKINSON P M, CURRAN P J. Choosing an appropriate spatial resolution for remote sensing investigations [J]. *Photogramm Eng Remote Sens*, 1997, **63** (12): 1345 – 1351.
- [10] WOODCOCK C E, JUPP D L B, STRAHLER A H. The use of variograms in remote sensing (I) Scene models and simulated images [J]. *Remote Sens Environ*, 1988, **25**: 323 – 348.
- [11] WOODCOCK C E, STRAHLER A H, JUPP D L B. The use of variograms in remote sensing (II) real digital images [J]. *Remote Sens Environ*, 1988, **25**: 349 – 379.
- [12] 明冬萍, 王群, 杨建宇. 遥感影像空间尺度特性与最佳空间分辨率选择[J]. *遥感学报*, 2008, **12** (4): 529 – 537.
- MING Dongping, WANG Qun, YANG Jianyu. Spatial scale of remote sensing image and selection of optimal spatial resolution [J]. *J Remote Sens*, 2008, **12** (4): 529 – 537.
- [13] 韩鹏, 龚健雅, 李志林. 基于信息熵的遥感分类最优空间尺度选择方法[J]. *武汉大学学报: 信息科学版*, 2008, **33** (7): 676 – 679.
- HAN Peng, GONG Jianya, LI Zhilin. A new approach for choice of optimal spatial scale in image classification based on entropy [J]. *Geoma Inf Sci Wuhan Univ*, 2008, **33** (7): 676 – 679.
- [14] 柏延臣, 王劲峰. 基于统计可分性的遥感数据专题分类尺度效应分析[J]. *遥感技术与应用*, 2004, **19** (6): 443 – 449.
- BO Yanchen, WANG Jinfeng. Exploring the scale effect in thematic classification of remotely sensed data: the statistical separability-based method [J]. *Remote Sens Technol Appl*, 2004, **19** (6): 443 – 449.
- [15] TOBLER W R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region [J]. *Econ Geogra*, 1970, **46** (2): 234 – 240.
- [16] 陈春雷, 武刚. 遥感影像中像素级融合方法的评价研究[J]. *浙江林业科技*, 2009, **29** (4): 59 – 64.
- CHEN Chunlei, WU Gang. Evaluation of pixel-level fusion method for remote sensing images [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2009, **29** (4): 59 – 64.
- [17] 韩鹏, 龚健雅. 遥感尺度选择问题研究进展[J]. *遥感信息*, 2008 (1): 96 – 99.
- HAN Peng, GONG Jianya. A review on choice of optimal scale in remote sensing [J]. *Remote Sens Inf*, 2008 (1): 96 – 99.
- [18] 周成虎, 骆剑承. 高分辨率卫星遥感影像地学计算[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 42 – 56.
- [19] 谭兵, 邢帅, 徐青, 等. Spot-5 超模式数据处理技术研究[J]. *遥感技术与应用*, 2004, **19** (4): 249 – 252.
- TAN Bing, XING Shuai, XU Qing, et al. A research on Spot-5 supermode image processing [J]. *Remote Sens Technol Appl*, 2004, **19** (4): 249 – 252.