

适合人口普查区域划分的遥感影像最佳空间分辨率研究

马维军^①, 刘德钦^①, 李玉群^②, 程佳^①

(^① 中国测绘科学研究院, 北京 100830; ^② 北京天下图数据技术有限公司, 北京 100037)

摘要: 根据人口普查区域划分对地理信息的需求, 分析总结了不同区域类型和不同人口数量等级普查区域对遥感影像的要求。对主要确定普查区域界线的地物进行了归纳, 依据遥感影像最佳空间分辨率的概率模型, 分析得出不同区域满足人口普查区域划分需要的遥感影像最佳空间分辨率, 并通过实验区的实际应用进行了验证, 作为全国人口普查普查区域划分及制图选择遥感影像空间分辨率的依据。

关键词: 人口普查; 遥感影像; 空间分辨率

doi: 10. 3969/ j. issn. 1000- 3177. 2011. 01. 016

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000- 3177(2011) 113- 0077- 05

Research on the Optimal Spatial Resolution of Remote Sensing Image for Census Area Division

M A Wei jun^①, LIU De qin^①, LI yu qun^②, CHENG Jia^①

(^① Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830; ^② Peace Map Co. Ltd, Beijing 100037)

Abstract: The different demands of each type and each level of census area to remote sensing image were summarized in this paper. Based on the probability model of optimal spatial resolution of remote sensing image, the optimal spatial resolution of remote sensing image of each type and each level of census area were concluded. The conclusion was validated in experimental area and used in the 6th National Population Census of China.

Key words: census; remote sensing image; spatial resolution

1 引言

人口普查是我国一项重要的国情国力调查。随着我国经济快速发展, 人口流动性逐年加大, 人户分离现象也日趋普遍。为了保证人口普查不重不漏, 如何进行任务分工, 成为人口普查的一个难点所在。国际上惯用的办法就是按照地域原则进行任务分工。随着计算机技术和3S(GIS, GPS 和RS)技术的快速发展, 各种空间信息成果的应用门槛逐渐降低。以空间数据为基础, 绘制完整覆盖全国的人口普查区域地图, 以地块为单位进行人口普查任务分工的方法在我国成为可能。

遥感影像以其全国无缝覆盖, 更新速度快的特

点, 成为人口普查区域划分的首选空间数据源。但在多种遥感影像中选择合适的空间分辨率成了一个新的难题。主要因为: 人口普查区域界线通常以道路、围墙等地物为界, 精细的空间分辨率可以保证此类地物的准确分辨, 提高人口普查区域划分的准确性, 但由于遥感影像的空间分辨率的大小对影像分类精度影响的两面性^[1], 过高的空间分辨率会造成细节信息过多, 干扰了整体地物的分辨, 同时, 会造成数据量、工作量的增加, 不利于人口普查区域划分; 人口普查区域的空间尺度不断发生变化, 由于最佳遥感影像分辨率与研究景观格局的内在特征有关^[1], 对于不同尺度的人口普查区域, 遥感影像的最佳空间分辨率也不相同。如何针对不同的情况, 选择遥感影像的最佳

收稿日期: 2010- 09- 26 修订日期: 2010- 12- 13

基金项目: 国家高技术发展研究计划“863”课题(2006A A120105)。

作者简介: 马维军(1976-), 男, 主要从事人口地理信息系统相关研究。

E mail: weijunma@ casm. ac. cn

空间分辨率是利用遥感影像进行人口普查区域划分的重点。

2 人口普查区域分类及划分要求

人口普查区域按区域等级划分,可以分为6级,即:省级(指省、自治区、直辖市),地级(地区、地级市、州、盟),县级(县、区、县级市、旗),乡级(乡、镇、街道),以及普查区(村委会、居委会)和普查小区^[2],如图1。随着普查区域等级的降低,普查区域的空间范围逐级缩小,区域分界依据的空间地物也变得越来越精细。按照区域类型划分,可以分为城市、城郊和农村3种类型。不同区域类型,人口普查区域的空间尺度也不尽相同。一般而言,同等级的人口

普查区域在城市的空间尺度最小,城郊次之,农村地区最大。普查区域划分所依据的地物的空间尺度也随之同向变化。比如,在城市一般以城市道路、广场、围墙等为界,农村常以农田、河流、山岭等为界。界线所依据的空间地物尺寸也呈现出从城市到农村由细变粗的趋势。

全国人口普查区域采用逐级的方式进行划分。人口普查区域划分有如下要求^[2]:人口普查区域要求下级区域完整覆盖上级区域,并最终完整覆盖全国范围,不重不漏;人口普查区域以明确的地物作为划分依据;人口普查区域界线不能穿越建筑物;人口普查区域以行政区划界线为依据。

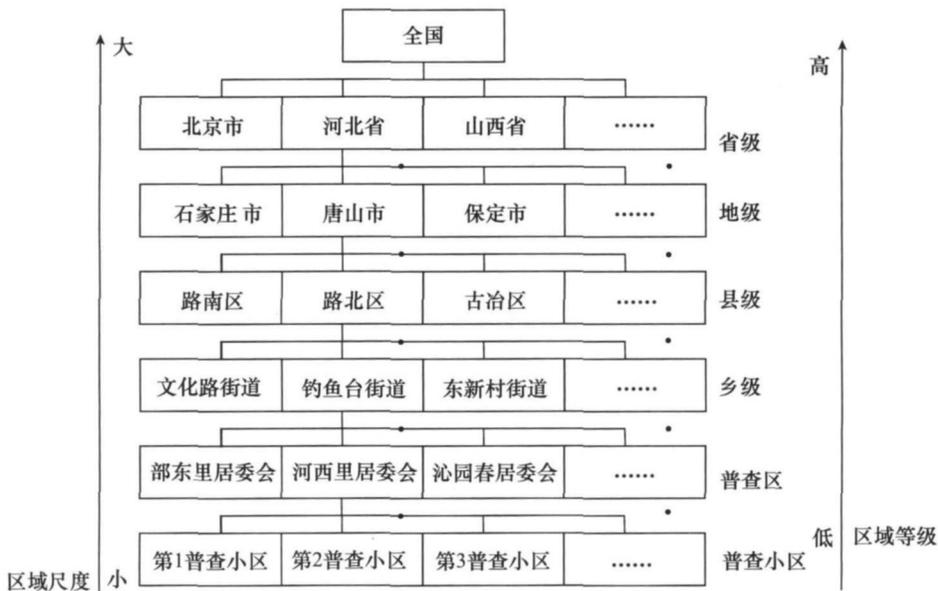


图1 人口普查区域分级图

3 基于遥感影像的人口普查区域划分需解决的关键问题

针对不同等级、不同区域类型的人口普查区域划分,适合的遥感影像的最佳空间分辨率各不相同。不同情况下,都存在一个最佳分辨率,既可以满足普查区域划分需求,同时又可以消除噪声。如何针对不同情况选择最佳空间分辨率的遥感影像是人口普查区域划分面临的关键问题。

3.1 最佳空间分辨率选择理论依据

如何结合研究的应用需要选择遥感影像的最佳尺度和空间分辨率是地学研究中一项非常重要的任务^[1]。空间分辨率过低,会造成空间地物难以分辨,过高会造成噪声过多^[4],同样不利于空间地物分类。因此,在空间分辨率从高到低的逐渐变化的过程中,

存在一个适合研究情况的最佳分辨率。最佳空间分辨率应该满足以下条件:

- (1) 保证研究目标以纯像元形式出现;
- (2) 同时保证背景地物以混合像元的形式出现。

空间分辨率越高,越容易满足条件(1),空间分辨率越低,满足条件(2)的可能性越高。因此就需要在满足条件(1)的情况下,尽可能的降低影像的空间分辨率^[4]。此规则可以抽象地描述为:“最佳分辨率是保证研究对象以纯像元出现概率最大时的最低空间分辨率”。

假设,研究对象的宽度为 L , 遥感影像的空间分辨率为 S , 研究对象在遥感影像上以纯像元出现的概率为 $P(S, L)$, 它是研究对象尺寸和遥感影像空间分辨率的函数。

$$P(S, L) = \begin{cases} 1 & S < L/2 \\ 2(L-S)/L & L/2 < S < L \\ 0 & S > L \end{cases} \quad (1)^{[4]}$$

对上述公式,在 $L/2 < S < L$ 区间分别对 S 和 L 求偏导数,结果如下:

$$\frac{\partial P}{\partial S} = -\frac{2}{L} \quad (2)$$

$$\frac{\partial P}{\partial L} = 2S \cdot L^{-2} \quad (3)$$

从公式(2),(3)可以看出,因为 L, S 均应大于 0, P 对 S 的一阶偏导数小于 0,所以 P 对 S 为减函数,即随着 S 的升高, P 会减小,如图 2; P 对 L 的一阶偏导大于 0,所以 P 对 L 为增函数,即随着 L 的增大, P 会逐渐增大,如图 3。由公式(1)可得:当遥感影像的空间分辨率大于研究对象的空间尺寸时,研究对象以纯像元出现的概率为 0。此时,很难从遥感影像中分辨该地物,随着影像分辨率的提高,空间地物以纯像元出现的概率逐渐提高,当分辨率等于研究对象尺寸的 $1/2$ 时,研究对象以纯像元出现的概率为 1,并且,随着影像空间分辨率的提高,概率不会发生变化。因此,认为最佳分辨率是研究对象的尺寸的 $1/2$ 。

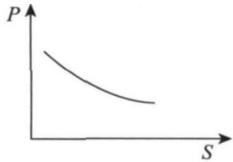


图 2 P 随 S 增大而减小

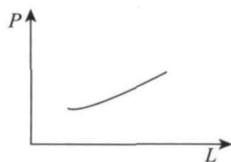


图 3 P 随 L 增大而增大

3.2 普查区域划分对遥感影像的需求分析

普查区域按区域等级可分为 6 级,即省级、地级、县级、乡级、普查区和普查小区。按类型可分为城市、郊区和农村 3 种。不同等级、不同类型的人口普查区域对遥感影像有不同的要求。另外,普查区域划分是仅作为人口普查任务分工的依据,不作为人口普查工作以外其他用途^[2],所以,在不同地区,对区域边界线的定位精度也有不同的要求。一般要求普查区域界线不穿越建筑物即可。因此在建筑物密集地区,界线精度要求最高,建筑物稀疏地区,界线精度要求较低。

(1) 不同等级的人口普查区域划分对遥感影像的要求:

省、地、县三级人口普查区域和同时期的国家同等级的行政区域一致^[2],国家已有标准界线,因此,在人口普查区域划分时不作为重点。以下重点讨论乡镇、普查区和普查小区界线绘制对遥感影像的要求。由于人口普查区域的等级越低,分界线所依据

的地物会越来越精细。例如一般在城市中,乡、镇、街道办事处之间的界线通常会以城市快速路、主干路为依据,而普查区界线通常会以主干路、次干路等为依据。普查小区界线通常以次干路、小区内部道路、小区围墙等为界。在农村地区,乡镇之间的界线一般以山岭、河流、道路等为界,而普查区(村)界线一般以田块、村路、池塘等为界。普查小区一般以村内道路、胡同、标志建筑物、标志性地物等为界,例如独立树、桥梁、水库等。因此,随着界线等级的逐渐降低,对影像的要求会逐渐升高。一般情况下,各级界线对遥感影像的空间分辨能力有如下要求,如表 1:

表 1 不同区域等级对遥感影像的要求

乡镇界线	普查区界线	普查小区界线
清晰分辨城市道路、小区、广场、地标性建筑物、立交桥等大型地物;清晰分辨河流、道路、居民地、河流等。	能清晰分辨城市非主要道路,区域性标志建筑物;能清晰分辨大型地块、水库、河流、池塘等。	清晰分辨小区围墙,小区道路、胡同,小型广场、花池等中小型地物;能清晰分辨村中道路,重要田埂,水渠、院落等。

随着普查区域等级的逐渐降低,区域划分依据的空间地物的尺度逐渐降低,即 L 逐渐减小,因此要求 S 要逐渐减小,即最佳空间分辨率会逐渐升高。

(2) 不同区域类型,对遥感影像的要求:

人口普查区域划分重点是对人口居住地进行划分,人口居住地区型一般可以分为城市、城郊和农村 3 种类型。城市人口高度集中,建筑物分布密集。一般建筑类型以楼房为主。普查区域划分一般以各级道路为依据。由于人口密集,普查区域覆盖范围很小,普查区域绘制依据的地物尺度小,即 L 相对较小,要提高识别精度,势必要减小 S ,即提高遥感影像的空间分辨率。在城市地区进行人口普查区域划分,选用的遥感影像需能清晰分辨楼房、道路、广场、围墙、巷道、绿地等常见城市地物。农村地区一般人口稀疏,建筑物比较分散,以平房为主,普查区域一般以农田、山岭、河流、道路等地物为依据,普查区域范围大,分界线依据的空间地物尺寸相对较大,即 L 较大,这时可降低 S ,即降低遥感影像的空间分辨率。在农村地区划分人口普查区域,选用的遥感影像能分辨道路、河流、湖泊、村落、山地等地物类型即可。城郊及小城镇的特点是人口居住较集中,建筑物类型是楼房、平房交互出现,对遥感影像的要求介于城市和农村中间,一般要求能分辨主要道路、大型广场等地物即可,如表 2。

表 2 不同区域类型对遥感影像的要求

城市(人口密集地区)	城郊(人口混杂区)	农村(人口稀疏地区)
清晰分辨巷道、围墙、楼房、桥梁、广场、绿地、花池等城市地物	分辨主要道路、大型建筑物、大型广场等城市常见地物,以及院落等建筑类型	清晰分辨居民地、田地、山地等不同地貌类型,分辨河流、湖泊、道路、田块、山脊线、山谷线等通常作为不同村庄间分界线的地物

4 实验

农村地区乡镇界和普查区(村)界通常以地块、山岭、河流、道路等地物为界,村与村之间相距较远,绘制乡镇界、普查区界只要能分辨居民地、农田、山岭、河流、道路即可。居民地、农田等通常为面状,在较低的空间分辨率的遥感影像上即可分辨,河流和道路等线状地物对分辨率要求较高。因此我们以道路作为研究目标,来确定最佳空间分辨率。选择乡村道路为参照对象,根据文献[6],乡村道路的总宽度约为 11.5m。根据本文 3.1 理论要求,农村地区绘制乡镇界、普查区界的最佳空间分辨率应该是 6m 左右。普查小区通常以村内道路、胡同等为界,这些类型的地物没有统一的规范要求,尺寸可大可小,可参照乡镇界和普查区界线,适当提高空间分辨率。考虑到农村地区建筑物稀疏,对普查区域界线的精度要求较低,只要不切割建筑物即可,因此,用于普查区域划分时的遥感影像空间分辨率可以在理论值的基础上适当降低。

在大中城市,各级界线多以道路为界。因此,我们以道路为研究目标,确定遥感影像的最佳空间分辨率。一般情况下,大、中城市乡镇级界线以快速路、主干道、次干路为界,普查区界线通常以城市次干路、支路为界,普查小区界线以城市支路和居住区内部道路为界。小城市乡镇界通常以干路为界,普查区通常以支路为界,普查小区通常以支路和居住区内部道路为界。相关标准规范规定的道路宽度如表 3、4、5:

表 3 大中城市各级道路宽度^[7]

城市类型	城市人口(万人)	快速路(m)	主干道(m)	次干路(m)	支路(m)
大城市	> 200	40~ 45	45~ 55	40~ 50	15~ 30
大城市	< = 200	35~ 40	40~ 50	30~ 45	15~ 20
中等城市			35~ 45	30~ 40	15~ 20

表 4 小城市各级道路宽度^[7]

城市类型	城市人口(万人)	干路(m)	支路(m)
小城市	> 5	25~ 35	12~ 15
小城市	1~ 5	25~ 35	12~ 15
小城市	< 1	25~ 30	12~ 15

表 5 城市居住区内部各级道路宽度^[8]

道路类型	宽度(m)
居住区道路	> = 20
小区路	6~ 9

在选择适合于各级界线的最佳空间分辨率时参照上述标准规范中的最小宽度,依据本文 3.1 节公式,得到城市最佳遥感影像空间分辨率见表 6:

表 6 城市遥感影像最佳空间分辨率表

城市类型	城市人口(万人)	乡镇(m)	普查区(m)	普查小区(m)
大城市	> 200	20	7.5	3
大城市	< = 200	15	7.5	3
中等城市		15	7.5	3
小城市		12.5	6	3

城市郊区情况较复杂,兼具城市和农村的特点,可参照小城市标准,在分辨率上适当降低。

在上述理论指导下,分别针对 3 种不同的区域类型,选取合肥市蜀山区(城市及城郊),盘锦市兴隆台区(中小城市)和大洼县(农村),对乡镇、普查区、普查小区等不同等级的普查区域划分进行了实验。实验选用的遥感影像空间分辨率从 0.61m 至 30m,如图 4、图 5。



TM/ETM 影像



P5 影像



Quickbird 影像

图 4 实验用部分遥感影像



图5 乡镇普查区及普查小区图

通过实验,得出如表7所示的空间分辨率遥感影像可以满足人口普查区域划分的要求。与理论值相比,城市地区所需遥感影像空间分辨率有适当提高,主要是由于城市地区建筑物密集,另外,在实际工作过程中会造成分辨率损失(例如打印输出影像),因此需要适当提高空间分辨率。农村地区的空间分辨率与理论值相比有较大幅度的降低,主要是由于计算理论值时依据的参考地物过于精细造成的。在农村广大地区,各级界线通常以山岭、田块等地物为界,分辨这些地物比分辨乡村道路所需的分辨率有较大的降低。城市郊区及小城镇地区的空间分辨率基本介于城市和农村之间。

表7 实验结果一览表

	城市(m)	城郊及小城镇(m)	农村(m)
乡镇界线	< 5	< 10	< 15
普查区界线	< 5	< 5	< 15
普查小区界线	< 2.5	< 5	< 10

5 结束语

运用遥感影像作为人口普查区域划分的依据能很好地满足人口普查区域划分的要求,保证人口普查分工不重不漏,针对不同的区域类型和区域等级,需选用不同空间分辨率的遥感影像。通过定性分析发现,随着区域等级的降低,最佳空间分辨率不断提高,并且在不同的区域类型,最佳分辨率也会不同。通过实验对其进行了定量验证,实验结果表明在城市地区,绘制乡镇街道、普查区、普查小区界线一般应该保证采用的遥感影像空间分辨率高于2.5m,在城郊及小城镇地区,可选用5m左右空间分辨率的影像,在农村地区一般应该高于10m。综合考虑实验结果,在城市地区,建议选用IKONOS影像(1m),条件不具备的地方,可适当降低空间分辨率,选用SPOT5(2.5m);城郊及小城镇地区,可选择SPOT5影像(2.5m)或IRS-P5(2.5m)影像,农村地区采用SPOT4(10m),可适当放宽至Landsat7 EMT⁺(15m)。

参考文献

- [1] 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- 536.
- [2] 第六次全国人口普查办公室. 第六次全国人口普查工作细则[Z].
- [3] 张廷斌,唐菊兴,刘登忠. 卫星遥感图像空间分辨率适用性分析[J]. 地球科学与环境学, 2006, 28(1): 79- 82.
- [4] 杜永明,秦其明. 不同分辨率对遥感影像中识别人造地物的影响[J]. 遥感技术与应用, 2001, 16(4): 214- 217.
- [5] 龚明劫,张鹰,张芸. 卫星遥感制图最佳影像空间分辨率与地图比例尺关系探讨[J]. 测绘科学, 2009, 34(4): 232- 233.
- [6] JTJ 011- 94. 公路路线设计规范[S].
- [7] GB50220- 95. 城市道路交通规划设计规范[S].
- [8] GB50180- 93. 城市居住区规划设计规范[S].