

doi: 10.6046/zrzyyg.2021279

引用格式: 程滔. 一种与遥感影像同步纠正的矢量地理信息采集方法[J]. 自然资源遥感,2022,34(3):59-64. (Cheng T. A method for vector geographic information acquisition based on synchronous correction with remote sensing images[J]. Remote Sensing for Natural Resources,2022,34(3):59-64.)

一种与遥感影像同步纠正的矢量地理信息采集方法

程 滔

(国家基础地理信息中心,北京 100830)

摘要: 针对现有的基于遥感影像的矢量地理信息采集存在的局限性,提出一种随遥感影像同步纠正的矢量地理信息采集方法。首先不对原始遥感影像进行高精度正射纠正处理,矢量地理信息采集直接基于原始遥感影像进行;待矢量地理信息采集完成后,再对原始遥感影像进行高精度正射纠正处理;同时,将矢量地理信息成果按照原始遥感影像正射纠正同一模型、同步纠正,实现遥感影像与矢量地理信息空间坐标系的一致、同步。一方面解决外业调查核查过程中存在的数据安全隐患问题,另一方面有利于改善现有生产工艺流程,提高地理信息采集的时效性。选取平地 and 山地 2 种典型地形实验区,以 WorldView-2 遥感影像为数据源,采用提出的方法实现了矢量地理信息采集。结果表明:该方法能够保证成果空间定位精度基本满足要求,并能有效解决现有的改进技术方法中可能产生的要素交叉与缝隙问题。

关键词: 矢量; 遥感影像; 纠正; RPC; 工艺流程

中图法分类号: P 237; TP 391.4 文献标志码: A 文章编号: 2097-034X(2022)03-0059-06

0 引言

遥感影像蕴含的信息能够反映自然资源的真实状态,随着遥感影像资源越来越丰富,遥感影像的应用领域也不断拓展和深化,在自然资源调查监测和生态环境监测等方面发挥着越来越重要的作用^[1]。而随着工程化应用的深入以及重要作用的不断提升,对基于遥感影像进行矢量地理信息采集的时效性、准确性也提出了更高的要求。

现有的基于遥感影像的矢量地理信息采集,均是采用内业采集、外业调查核查、内业编辑整理的工艺流程^[2-3]。在空间定位方面,首先是对遥感影像进行高精度正射纠正处理;然后基于数字正射影像进行矢量地理信息内业采集,对于内业采集判读存疑的信息,利用外业调查核查进行确定^[4];最后将外业成果进行内业编辑整理,得到最终矢量地理信息成果。在外业调查核查过程中,需要将数字正射影像存储在电脑中,或经地图制图工艺,生产成纸图,在外业进行信息记录。该技术流程是目前工程化应用中使用最广泛的技术流程。

从基于遥感影像的矢量地理信息采集工艺流程

可以看出,矢量地理信息的空间坐标是由遥感影像决定的,两者之间存在绝对一致性。然而,经过高精度正射纠正处理后的遥感影像具有高精度的空间定位信息,属于带密级的成果,那么基于数字正射影像采集的矢量地理信息成果也具有了带密级的属性。这便带来 2 个方面的局限性:一是外业调查核查存在数据安全隐患^[5];二是地理信息采集方式受限,不能很好地利用公开影像进行地理信息采集,不易于提高地理信息采集时效性。

为了克服高精度正射纠正处理后的遥感影像带密级属性、不便于应用的问题,研究人员对通用技术进行了改进,发展出了先基于原始遥感影像或者经过粗纠正的遥感影像进行矢量地理信息采集的改进方法^[6-8]。

然而,在改进方法中,也存在相关问题未得到解决。对于线状、面状的矢量地理信息,相邻要素的节点在采集过程中如果不一致,那么,在将矢量地理信息同步纠正到与遥感影像一致的空间坐标系下时,可能会产生要素交叉或缝隙的情况。例如,相邻的道路、房屋建筑地表覆盖面状要素,有一条相邻边重合,道路要素中采集了 2 个节点,房屋建筑要素中采集了 3 个节点;高精度正射纠正后,2 个节点连接结果与 3

个节点连接结果不一定重合,可能会出现交叉或缝隙现象。原始遥感影像存在投影差,矢量地理信息采集完成后,再进行纠正过程中,如果不进行投影差改正,可能会出现扭曲变形现象。例如,原始遥感影像中为直线形的道路地表覆盖面状要素,一般在各边采集首尾 2 个节点构成多边形;高精度正射纠正后,进行了投影差改正,原始多边形经纠正后的各边仍然由首尾 2 个节点相连,结果仍然为直线形,但如果实际道路地表覆盖面状要素为弧形,那么,结果就与实际道路不套合。改进方法中,对矢量地理信息的纠正使用较多的方法是仿射变换方法或者多项式方法,是否进行投影差改正未有相关介绍,纠正精度能否达到相应规范要求存在不确定性。

针对这些问题,本文提出一种基于遥感影像的矢量地理信息采集新技术流程,矢量地理信息采集直接基于原始遥感影像进行,待矢量地理信息采集完成后,利用控制资料,采用有理多项式系数(rational polynomial coefficient, RPC)模型对原始遥感影像进行高精度正射纠正处理^[9-11];同时,将矢量地理信息成果采用同一控制资料、同一 RPC 模型、同步纠正到物方大地坐标,实现遥感影像与矢量地理信息空间坐标系的一致、同步,满足地理信息采集、影像应用与成果空间定位精度需求。

1 实验区与数据源

选取平地 and 山地 2 种典型地形实验区,获取了实验区 WorldView - 2 卫星遥感影像(图 1),采用了全色波段和 RGB 真彩色波段,空间分辨率分别为 0.5 m 和 2.0 m,平地 and 山地实验区面积分别为 64 km² 和 100 km²。同时,获取了实验区数字高程模型(digital elevation model, DEM)数据,平地 and 山地实验区高程范围分别为 [6,88] m, [1 323,2 160] m。

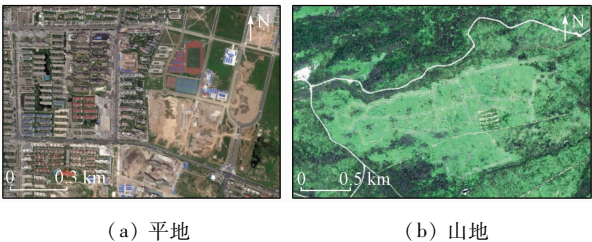


图 1 WorldView - 2 B5(R), B3(G), B2(B)合成影像
Fig. 1 WorldView - 2 image combined with B5(R), B3(G), B2(B)

2 研究方法

与遥感影像同步纠正的矢量地理信息采集方法

流程如图 2 所示。

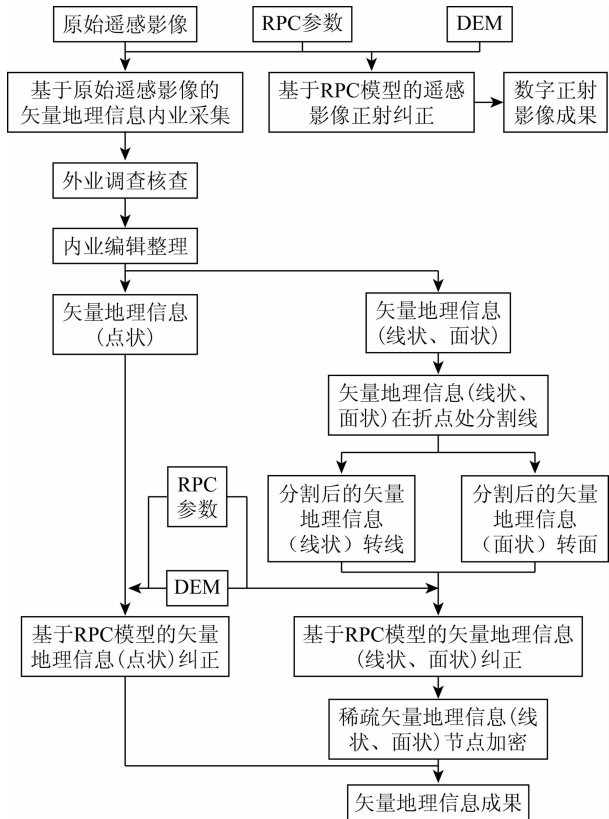


图 2 本文方法流程图

Fig. 2 Flow chart of the proposed method

2.1 基于原始遥感影像的矢量地理信息采集

基于原始遥感影像进行矢量地理信息采集,包括内业采集、外业调查核查、内业编辑整理。采集完成后,得到与原始遥感影像空间坐标系一致的矢量地理信息,包括点状、线状、面状 3 种类型的要素。

2.2 基于 RPC 模型的遥感影像正射纠正

对原始遥感影像进行正射纠正,是利用原始遥感影像获取时的卫星传感器的轨道参数、方位参数、焦距等数据,对其进行空间绝对定位,使其具有物方大地坐标的过程。

RPC 模型是一种广义的新型遥感卫星传感器成像模型,精度高、形式简单,能够替代复杂的严格成像模型,因此,目前已成为各类新型遥感影像最通用的正射纠正模型。RPC 模型将地面点物方大地坐标(纬度、经度、高程)与其对应的像方坐标(列、行)用比值多项式进行表达。由物方大地坐标求解像方坐标为 RPC 正算,由像方坐标求解物方大地坐标为 RPC 反算。计算过程中,通常将物方大地坐标和像方坐标正则化到[-1, 1]。RPC 正算公式^[12]为:

$$Y = \frac{Num_L(P, L, H)}{Den_L(P, L, H)}, \quad (1)$$

$$X = \frac{Num_S(P, L, H)}{Den_S(P, L, H)}, \quad (2)$$

$$Num_L(P,L,H) = a_1 + a_2L + a_3P + a_4H + a_5LP + a_6LH + a_7PH + a_8L^2 + a_9P^2 + a_{10}H^2 + a_{11}PLH + a_{12}L^3 + a_{13}LP^2 + a_{14}LH^2 + a_{15}L^2P + a_{16}P^3 + a_{17}PH^2 + a_{18}L^2H + a_{19}P^2H + a_{20}H^3, \quad (3)$$

$$Den_L(P,L,H) = b_1 + b_2L + b_3P + b_4H + b_5LP + b_6LH + b_7PH + b_8L^2 + b_9P^2 + b_{10}H^2 + b_{11}PLH + b_{12}L^3 + b_{13}LP^2 + b_{14}LH^2 + b_{15}L^2P + b_{16}P^3 + b_{17}PH^2 + b_{18}L^2H + b_{19}P^2H + b_{20}H^3, \quad (4)$$

$$Num_S(P,L,H) = c_1 + c_2L + c_3P + c_4H + c_5LP + c_6LH + c_7PH + c_8L^2 + c_9P^2 + c_{10}H^2 + c_{11}PLH + c_{12}L^3 + c_{13}LP^2 + c_{14}LH^2 + c_{15}L^2P + c_{16}P^3 + c_{17}PH^2 + c_{18}L^2H + c_{19}P^2H + c_{20}H^3, \quad (5)$$

$$Den_S(P,L,H) = d_1 + d_2L + d_3P + d_4H + d_5LP + d_6LH + d_7PH + d_8L^2 + d_9P^2 + d_{10}H^2 + d_{11}PLH + d_{12}L^3 + d_{13}LP^2 + d_{14}LH^2 + d_{15}L^2P + d_{16}P^3 + d_{17}PH^2 + d_{18}L^2H + d_{19}P^2H + d_{20}H^3, \quad (6)$$

式中： $a_1, a_2, \dots, a_{20}, b_1, b_2, \dots, b_{20}, c_1, c_2, \dots, c_{20}, d_1, d_2, \dots, d_{20}$ 为有理多项式系数； (P, L, H) 为正则化的物方大地坐标； (X, Y) 为正则化的像方坐标。

$$P = \frac{Lat - Lat_{OFF}}{Lat_{SCALE}}, \quad (7)$$

$$L = \frac{Long - Long_{OFF}}{Long_{SCALE}}, \quad (8)$$

$$H = \frac{Height - Height_{OFF}}{Height_{SCALE}}, \quad (9)$$

$$X = \frac{Samp - Samp_{OFF}}{Samp_{SCALE}}, \quad (10)$$

$$Y = \frac{Line - Line_{OFF}}{Line_{SCALE}}, \quad (11)$$

式中： $Lat_{OFF}, Lat_{SCALE}, Long_{OFF}, Long_{SCALE}, Height_{OFF}, Height_{SCALE}$ 为物方大地坐标的正则化参数。 $Samp_{OFF}, Samp_{SCALE}, Line_{OFF}, Line_{SCALE}$ 为像方坐标的正则化参数。

目前,遥感影像数据提供方为了保护商业机密^[13],会将解算出来的 RPC 参数、正则化参数随遥感影像一起提供给用户^[14-15],用户利用 RPC 参数、正则化参数,结合 DEM,依据上述公式,即可建立物方大地坐标与像方坐标之间的有理函数模型,进行坐标解算,从而实现遥感影像正射纠正。加入 DEM 数据的目的是对投影差进行改正。

2.3 基于 RPC 模型的矢量地理信息纠正

矢量地理信息从要素数据结构类型的角度分为点状、线状、面状 3 种类型。矢量地理信息纠正过程中,对点状、线状、面状要素分别进行处理。对于点状要素,直接基于 RPC 模型,利用 RPC 参数、正则化参数、DEM 数据,采用 RPC 反算,将节点坐标由像方坐标求解到物方大地坐标,使点状要素与纠正后的数字正射影像具有一致的空间坐标系。线状、面状要素纠正,需要经过以下处理过程:

1) 线状、面状要素在折点处分割线。对于线状、面状要素,针对相邻要素的相邻边重合部分采集

的节点如果不一致,会导致纠正后可能产生要素交叉或缝隙的问题,本文采用在折点处分割线的方法进行解决。在折点处分割线的方法,是对所有相邻要素的相邻边重合部分采集的节点进行遍历,存在不一致的地方均进行要素分割,生成一个新的节点,从而保证相邻边重合部分的节点空间位置、数量完全一致。

2) 分割后的线状要素转线。对于线状要素,经折点处分割线处理后,再将各要素节点重新连接,转成新的线状要素。该线状要素与原线状要素的唯一不同只是增加了新的节点,要素属性与原线状要素一致。

3) 分割后的面状要素转面。对于面状要素,经折点处分割线处理后,再将各要素节点重新连接,转成新的面状要素。该面状要素与原面状要素的唯一变化只是增加了新的节点,要素属性与原面状要素一致。

4) 线状、面状要素纠正。对于线状、面状要素,经折点处分割线、转线、转面处理后,即可基于 RPC 模型,利用 RPC 参数、正则化参数、DEM 数据,采用 RPC 反算,将节点坐标由像方坐标求解物方大地坐标,使线状、面状要素与纠正后的数字正射影像具有一致的空间坐标系。

5) 稀疏线状、面状要素节点加密。对于线状、面状要素,经过上述步骤处理后,要素与数字正射影像上实际地物几何边界可能存在差异。原因是 RPC 模型纠正进行了投影差改正,原始遥感影像中为直线形的要素,在采集时一般采集首尾 2 个节点,如果数字正射影像上实际地物形状为弧形,那么该要素可能会出现因中间缺少节点而与实际地物边界不套合的情况。此时,可对稀疏线状、面状矢量地理信息进行节点加密,使其与数字正射影像上实际地物边界套合。该处理方法也解决了现有技术的不足。

2.4 矢量地理信息成果

经上述处理后,得到矢量地理信息成果,包括所有点状、线状、面状要素,成果空间坐标系与数字正射影像具有一致性,从而实现了与遥感影像同步纠

正的矢量地理信息采集。

3 结果与分析

3.1 基于原始遥感影像的矢量地理信息采集

基于平地 and 山地实验区原始遥感影像,分别采集了点状、线状、面状矢量地理信息,以面状矢量地理信息为例,局部区域叠加原始遥感影像后的结果如图 3 所示。



图 3 矢量地理信息采集结果
(底图为原始遥感影像)

Fig. 3 Results of vector geographic information acquisition

3.2 基于 RPC 模型的遥感影像与矢量地理信息纠正

图 4 为基于 RPC 模型的影像与矢量地理信息



图 4-1 矢量地理信息纠正结果
(底图为数字正射影像)

Fig. 4-1 Correction results of vector geographic information

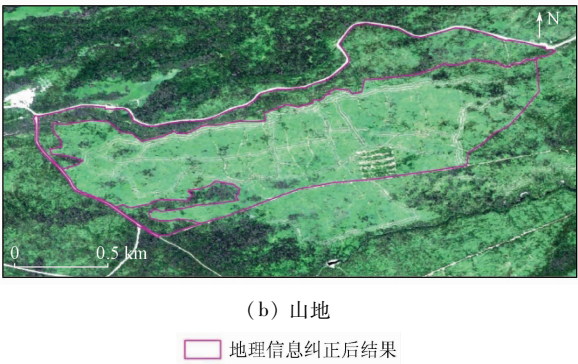


图 4-2 矢量地理信息纠正结果
(底图为数字正射影像)

Fig. 4-2 Correction results of vector geographic information

纠正结果。对面状要素中相邻要素的相邻边重合部分采集的节点不一致情况进行了分割线、转线与转面处理。利用自主研发的矢量地理信息与遥感影像同步纠正系统,基于 RPC 模型,对平地 and 山地实验区原始遥感影像进行正射纠正;同时,采用同一 RPC 参数和 DEM,将矢量地理信息纠正到物方大地坐标,得到纠正后的结果。

3.3 结果分析

经过 RPC 模型正射纠正,各要素具有物方大地坐标,从图 3—4 可以看出,原始遥感影像的投影差得到一定改正;同时,矢量地理信息各要素的节点也实现了投影差改正,其物方大地坐标与正射纠正后的遥感影像套合较好。通过对面状要素中相邻要素的相邻边重合部分采集节点不一致的情况进行分割线、转线与转面处理,解决了要素交叉与缝隙问题。

为了量化套合精度,采集明显地物点作为检查点,对矢量地理信息纠正结果与数字正射影像的套合精度进行了检测,采用中误差指标,计算得出平地 and 山地实验区的套合精度分别为 0.71 m 和 0.96 m,该套合精度能够满足高精度地理信息采集要求。从套合精度检测结果可以看出,平地实验区的矢量地理信息纠正结果与数字正射影像的套合精度优于山地实验区,这种情况与遥感影像正射纠正时不同地形纠正结果精度差异是一致的。

根据行业标准可知,0.5 m 空间分辨率遥感影像最高能够满足 1:5 000 比例尺数字正射影像图制作;1:5 000 比例尺平面位置精度为平地、丘陵地 2.5 m,山地、高山地 3.75 m;1:10 000 比例尺平面位置精度为平地、丘陵地 5 m,山地、高山地 7.5 m。平地 and 山地实验区的矢量地理信息纠正结果与数字正射影像的套合精度、叠加遥感影像正射纠正精度,基本能够控制在标准要求的范围内,这也证明该方法基本能够满足成果空间定位精度要求,能够为相

关流程优化提供方法参考。

4 结论

本文提出的方法基于遥感影像正射纠正原理，采用 RPC 模型，实现了一种与遥感影像同步纠正的矢量地理信息采集方法。该方法有利于降低因高精度正射纠正处理后的遥感影像带密级而存在的数据安全风险、提升遥感影像利用和地理信息采集的时效性，推动地理信息采集工艺流程的优化，可以为自然资源调查监测等工作提供方法参考。

在对矢量地理信息纠正过程中，采用折点处分割线、转线与转面操作方法，有效解决了现有技术方法可能产生的要素交叉和缝隙的问题。针对稀疏矢量地理信息，采用节点加密的方法保证了成果与数字正射影像上实际地物边界套合，弥补了现有技术的不足。

针对矢量地理信息与遥感影像同步纠正过程中大数据处理问题，本文开发了矢量地理信息与遥感影像同步纠正系统，采用栅格分块算法解决了大数据输入瓶颈、计算承载能力受限、计算内存溢出、计算结果一体化输出效率较低的问题，采用数据集内循环机制满足了批量纠正的需求，提升了纠正效率，保障了成果空间定位精度。

参考文献 (References) :

[1] 唐新明,王鸿燕. 资源三号卫星应用分析与展望[J]. 航天器工程,2016,25(5):1-10.
Tang X M,Wang H Y. Analysis and prospect of application of ZY-3 satellite[J]. Spacecraft Engineering,2016,25(5):1-10.

[2] 国务院第一次全国地理国情普查领导小组办公室. 地理国情普查数据采集技术方法[M]. 北京:测绘出版社,2013:1-76.
Office of The Leading Group for The First National Geographic Condition Investigation. Technology and method of data collection in national geographic condition investigation[M]. Beijing: Sino-Maps Press,2013:1-76.

[3] 王西萍,许存玲,李 若,等. 地理信息数字成果采编一体化流程实现[J]. 测绘标准化,2017,33(1):15-17.
Wang X P,Xu C L,Li R,et al. Implementation of collecting and editing integration in the production of geographic information data[J]. Standardization of Surveying and Mapping,2017,33(1):15-17.

[4] 程 滔,周 旭,贾云鹏. 地理国情监测与基础测绘联合生产外业作业系统设计思考[J]. 地理信息世界,2018,28(4):202-206.
Cheng T,Zhou X,Jia Y P. Design consideration of field surveying system for joint production of geographic national conditions monitoring and basic surveying and mapping[J]. Geomatics World,2018,28(4):202-206.

[5] 李 虎,朱恒华,花卫华,等. 矢量地理数据安全保护关键技术

和方法[J]. 地球科学,2020,45(12):4574-4588.

Li H,Zhu H H,Hua W H,et al. Key technologies and methods for vector geographic data security protection[J]. Earth Science,2020,45(12):4574-4588.

[6] 王占宏,吴满意,田怀启,等. 单片测绘矢量数据的正射纠正[J]. 测绘通报,2017(2):75-78.
Wang Z H,Wu M Y,Tian H Q,et al. Ortho-rectification for annotation vector data of single chip image[J]. Bulletin of Surveying and Mapping,2017(2):75-78.

[7] 申学林,李见阳,陈 勇,等. 基于粗纠正卫星影像源进行 1:5 万 DLG 生产“一体化”工艺流程的探索[J]. 测绘,2009,32(3):130-132.
Shen X L,Li J Y,Chen Y,et al. The technical exploration of 1:50 000 database integrative produce based on rough corrective rsdom[J]. Surveying and Mapping,2009,32(3):130-132.

[8] 王春波. 浅谈基于粗纠正影像源进行 1:10 000 DLG 生产“内外业一体化”工艺流程[J]. 测绘与空间地理信息,2012,35(4):178-179.
Wang C B. discussion on integrated mapping technique for field and indoor work to produce 1:10 000 DLG based on rough corrective images[J]. Geomatics and Spatial Information Technology,2012,35(4):178-179.

[9] 秦绪文,田淑芳,洪友堂,等. 无需初值的 RPC 模型参数求解算法研究[J]. 国土资源遥感,2005,17(4):7-10,15. doi:10.6046/gtzyyg.2005.04.02.
Qin X W,Tian S F,Hong Y T,et al. The algorithm for parameters of RPC model without initial value[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2005,17(4):7-10,15. doi:10.6046/gtzyyg.2005.04.02.

[10] 王海侠,高 飞,胡小华. 基于 RPC 模型的 QuickBird 影像正射纠正研究[J]. 现代测绘,2010,33(6):13-15.
Wang H X,Gao F,Hu X H. The research about QuickBird images ortho-rectification based on RPC models[J]. Modern Surveying and Mapping,2010,33(6):13-15.

[11] 巩丹超,张永生. 有理函数模型的解算与应用[J]. 测绘学院学报,2003,20(1):39-46.
Gong D C,Zhang Y S. The solving and application of rational function model[J]. Journal of Institute of Surveying and Mapping,2003,20(1):39-46.

[12] 张 过,李德仁. 卫星遥感影像 RPC 参数求解算法研究[J]. 中国图象图形学报,2007,12(12):2081-2088.
Zhang G,Li D R. The algorithm of computation RPC model's parameters for satellite imagery[J]. Journal of Image and Graphics,2007,12(12):2081-2088.

[13] 刘 军,王冬红,毛国苗. 基于 RPC 模型的 IKONOS 卫星影像高精度立体定位[J]. 测绘通报,2004(9):1-3.
Liu J,Wang D H,Mao G M. High precision stereo positioning of IKONOS satellite images based on RPC model[J]. Bulletin of Surveying and Mapping,2004(9):1-3.

[14] 张永生,刘 军. 高分辨率遥感卫星立体影像 RPC 模型定位的算法及其优化[J]. 测绘工程,2004,13(1):1-4.
Zhang Y S,Liu J. The positioning algorithm based on RPC model and its optimizing of stereo images from high resolution remote sensing satellites[J]. Engineering of Surveying and Mapping,2004,13(1):1-4.

[15] 陈静波,宋伟东. 基于有理函数模型的 IKONOS 单片正射纠正方法研究[J]. 测绘工程,2008,17(5):19-22.

Chen J B, Song W D. Research on orthorectification of IKONOS

single photo based on rational function model[J]. Engineering of Surveying and Mapping,2008,17(5):19-22.

A method for vector geographic information acquisition based on synchronous correction with remote sensing images

CHENG Tao

(National Geomatics Center of China, Beijing 100830, China)

Abstract: Given the limitations in the existing vector geographic information acquisition based on remote sensing images, this study proposed a new method, in which the vector geographic information is orthorectified synchronously with remote sensing images. Firstly, the original remote sensing images are no longer processed using high – precision orthorectification, and vector geographic information acquisition is directly carried out based on the original remote sensing images. The original remote sensing images are processed using high – precision orthorectification after the vector geographic information acquisition. Moreover, the vector geographic information is synchronously corrected using the same model based on the original remote sensing images, thus achieving the consistency and synchronization between the remote sensing images and vector geographic information. This method can eliminate the potential risks in data security in the process of field investigation and can help optimize the existing production process and improve the timeliness of vector geographic information acquisition. Taking WorldView – 2 remote sensing images as the data source, this study performed the vector geographic information acquisition of two selected typical types of terrain, i. e. , plain and mountain, using this method. The results show that this method can ensure that the spatial positioning accuracy of the results can roughly meet relevant requirements and can effectively address the problems of the feature intersection and gaps possibly occurring in the existing improved techniques and methods.

Keywords: vector; remote sensing image; correction; RPC; process flow

(责任编辑: 张 仙)