

机载扫描仪地面数据预处理

朱福清

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

摘要: 介绍机载扫描仪地面数据预处理系统及其所达到的目标, 描述磁带数据 CCT 格式化过程, 给出扫描仪图象几何校正和辐射度校正的新方法及所得到的结果.

关键词: CCT 格式器, 几何校正, 辐射校正.

引言

建立机载扫描仪地面数据预处理系统的目的主要是为了能够快速地回放, 显示和分析扫描仪所获取的图象, 并对图象质量进行评价; 还为了给应用部门提供可靠的航空遥感信息源, 并合作开展利用航空遥感技术直接进行找矿和油气方法的研究. 针对机载扫描仪的特点, 我们研制了专用配套设备与接口, 提出了磁带数据预处理的某些新方法, 并编制了相应软件, 在应用遥感新技术进行找矿和油气研究中, 获得了较为满意的结果.

1 地面数据预处理系统

机载扫描仪地面数据预处理系统方框图如图 1 所示, 它由通用遥感图象处理系统、CCT 转换子系统和 386 微机系统三个部分组成. 通用遥感图象处理系统配置 PDP-11/24 小型机、ARIES-III 图象分析系统及磁带机等, 利用地面控制点 (GCP) 进行图象几何校正, 辐射度校正及一整套对航空图象的增强技术和各种变换统计与分类处理. CCT 转换子系统由模拟和数字磁带机及自行研制的转换控制接口构成, 它是一个硬件化的独立运行子系统. 微机系统配有可重写磁光盘驱动器, 数字磁带机适配器和 SCT-CP220 型彩色视频拷贝处理器. 系统的输出有计算机兼容磁带 (CCT)、IBM 软盘、光盘、190mm 胶片以及彩色硬拷贝与彩色薄膜.

2 CCT 转换子系统

CCT 高速转换器是系统的主要输入设备. 它是一个多路数据采集与格式转换装置, 与磁带机和监视器组成了完整的地面回放显示系统.

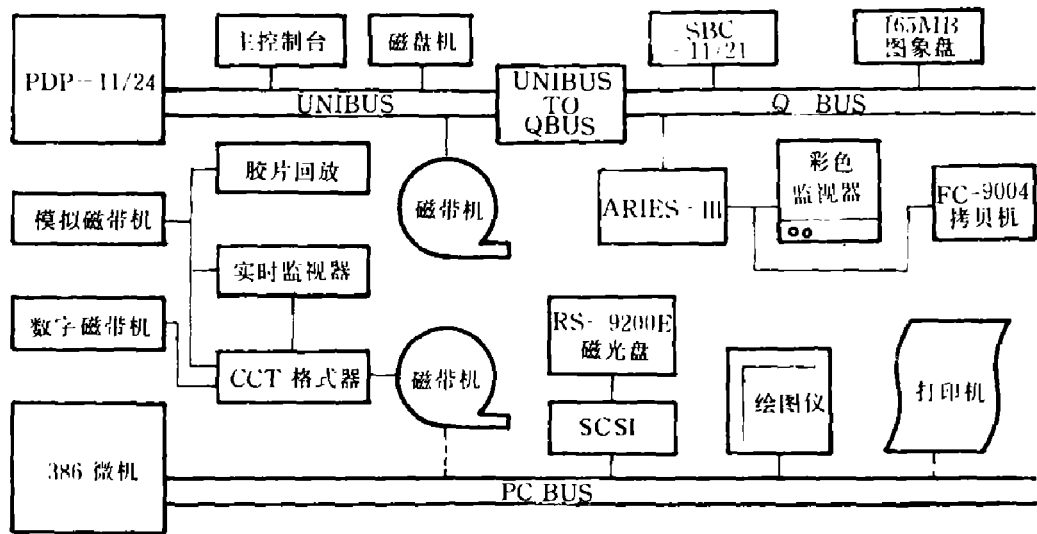


图 1 地面数据预处理系统框图

Fig. 1 Block diagram of the ground data pre-processing system

2.1 硬件设计

图 2 是 CCT 高速转换装置框图，多通道模拟信号经多路器时分送入高速 A/D 转换器 CA3318，完成数据数字化与 BIP 格式化。在时序脉冲控制下，数字数据交替存入 A、B 行缓冲区，每个缓冲区有 32K 字节容量，可存满一行多光谱图象。地物门只在地物信号出现时才开放。通道选择门选择所需转换的通道数。CPU 不断查询行同步脉冲，并据此发出写磁带命令。A、B 缓冲区数据在每一行开始时交替读出并写入磁带。CPU 采用 2 个并行接口的 Z80A 芯片，分别用于接收状态信息和发命令字，它在中断 0 方式下工作。

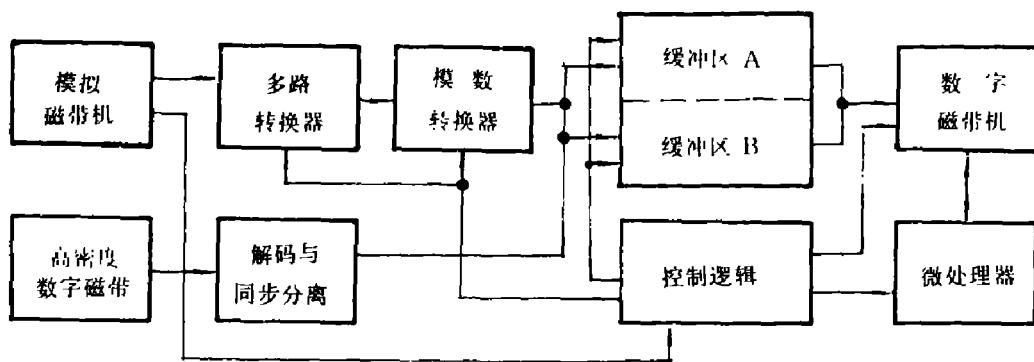


图 2 CCT 高速转换装置方框图

Fig. 2 Schematic diagram of CCT formatter

HDDT 由高密度数字磁带机回放，解码与同步分离电路将 $Bi-\phi-L$ 码变换为 NRZ-L 码，利用锁相环路技术从数据流中提取位时钟和行同步信号。

2.2 主要技术指标

CCT 高速转换装置的主要技术性能如下：(1) 模拟输入通道数为 1~8；(2) 数字输入通道

数为 1~19; (3) 数字化精度为 $8\text{-bit} \pm \frac{1}{2}\text{LSB}$; (4) 多光谱象元配准精度小于二分之一象元; (5) 在 CCT 转换过程中, 可提供多种方式显示多波段遥感图象, 以检查图象的质量; (6) 可快速读出 CCT 上图象数据, 对给定的子区目标进行快速查找与定位; (7) 外接 75 IPS, 1600 BPI 数字磁带机, 生成 CCT 时输入数据速率可达 90KB, 写满一盘磁带的时间为 6min. 根据扫描仪技术参数, 扫描总视场为 90° , 瞬时视场为 3mrad, 如果扫描速率取 60line/sec, 那么 8 个通道数据速率可达 252KB. 但在大多数应用场合, 扫描速率仅取 20line/sec, 这时地面回放不需要降低模拟磁带机的速度, 就可实现数据输入速率的匹配.

2.3 CCT 数据记录格式

机载扫描仪图象数据记录格式有 BIP, BIL, BSQ 或其它由用户指定的格式. 提供的原始磁带均为 BIP 格式, 经过预处理的图象数据为 BSQ 格式, 或指定格式.

图象数据文件通常是按照飞行航带划分的, 一条航带上的信息作为一个或几个数据文件, 当被分成两个以上文件时, 相邻文件上图象数据有部分重叠. 文件长度可以任意指定. 每扫描行取 560 个象元点, 热红外波段还包括高低温参考源, 参考源数据插在一行数据指定字段. BIP 格式最大记录长度为 $560 \times 19 = 10640\text{B}$, 记录长度是根据光谱通道数设定的.

3 几何校正

机载扫描仪几何畸变比卫星图象大, 这是由于飞机平台姿态变化及扫描角较大等因素所决定的, 因此必须进行几何校正.

3.1 扫描重叠率校正

扫描仪的扫描镜完成一维扫描, 并借助飞机的向前飞行完成二维扫描, 为使扫描不发生漏扫, 扫描线间保持一定的重叠是完全必需的, 但这使地物目标沿飞行方向拉长了, 因此需要对扫描线间重叠进行校正. 校正后图象行数为:

$$L = \frac{L_0 \cdot V}{R \cdot \beta \cdot H}, \quad (1)$$

式(1)中 L_0 为校正前图象行数, V 为飞机航速, R 为扫描速率, β 为瞬时视场, H 为飞行高度.

3.2 TANGENT 失真校正

扫描仪对地物目标的扫描可视为以瞬时视场为象元对地物目标的采样过程. 瞬时视场对应的横向地面分辨尺寸随着扫描角增大而增大, 图象边缘比例尺逐渐变小, 产生 TANGENT 失真. 以机下点分辨尺寸对扫描条带进行均匀采样分割, 可校正图象畸变. 校正后图象象元数将增加, 一行图象应有象元数 N 和实际象元数与瞬时视场之间的关系为:

$$N = \frac{2 \tan(M\beta)}{\beta}, \quad (2)$$

式(2)中 β 为瞬时视场角, M 为实际图象行象元数. 对于红外细分光谱扫描仪, $M = 256$, $\beta = 6\text{mrad}$, 由式(2)可求出 $N = 320$.

一般来说, 第 N 个象元总是落在第 M 个与第 $(M + 1)$ 个象元点之间. 根据距离相等关

系, 可求出 N 与 M 对应关系 (见表 1). 第 N 个新象元的灰度值由第 M 个象元与第 $(M + 1)$ 个象元灰度值重新采样获得. 校正前后图象如图 3 所示.

表 1 校正前后象元位置对应关系

Table 1 The relationship between the new and the old pixel positions

N	1	2	3	4	5	6	7	8	...	153	154	155	156	157	158	159	160
M	1	1	2	3	4	5	6	7	...	123	124	124	125	125	126	126	127

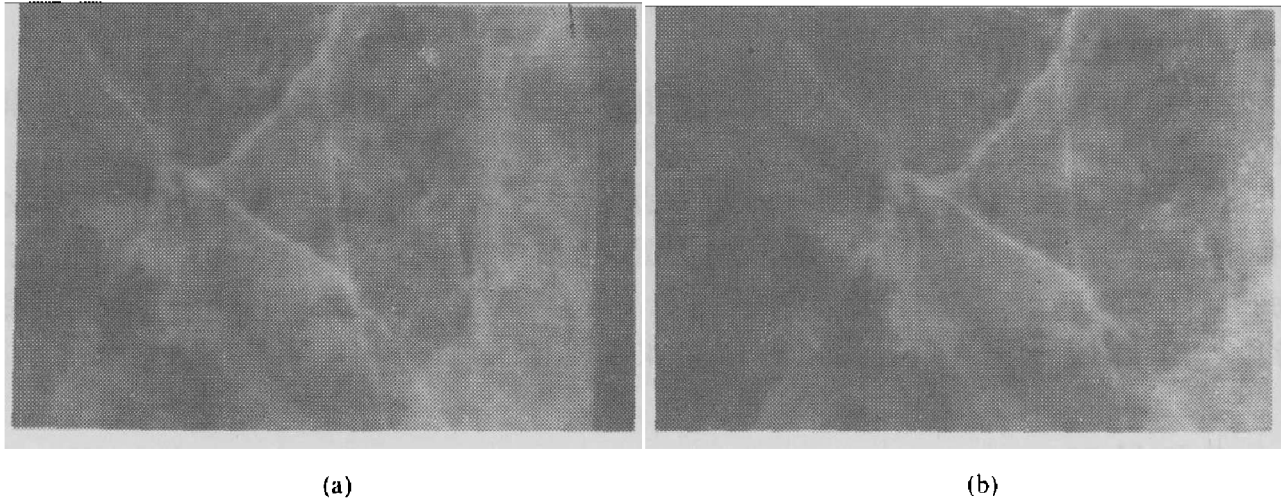


图 3 图象 TANGENT 失真校正. (a)未校正图象; (b)已校正图象

Fig. 3 Tangent distortion correction of the image. (a)uncorrected, (b)corrected

3.3 侧滚校正

飞机平台姿态校正, 主要考虑滚动校正. 选用 ZT-32 电位计式垂直陀螺仪, 线性好, 体积小, 滚动范围大. 侧滚校正就是利用陀螺仪输出的代表飞机相对于地垂线偏离的侧滚信号, 建立一个相对于地面不滚动的补偿信号, 改变每条扫描线的起始时间, 逐行校正由飞机滚动引起的图象扭曲.

由图 4 可见, 数字化侧滚校正器由陀螺仪、A/D 转换器、可预置计数器及门电路组成.

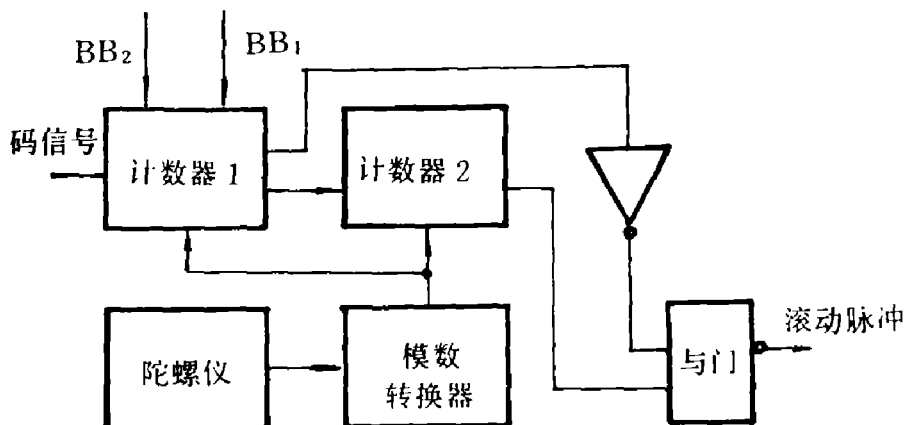


图 4 侧滚校正器框图

Fig. 4 The schematic diagram of roll correction circuit

侧滚信号经量化后作为计数器预置数码。计数器在码信号驱动下, 对应于每一个预置数码, 都输出一个脉冲, 当预置数码改变时, 此脉冲在 BB_2 与 BB_1 区间内左右滚动, 其大小与飞机滚动角成比例, 该脉冲就是要得到的经过补偿的图象行同步脉冲。其中 BB_2 和 BB_1 之间为 40° , 该范围正好与陀螺仪的滚动范围相吻合, 大约包含 240 个象元。显然, 应用 8 位 A/D 转换器, 校正精度可以达到一个象元。图 5 是图象侧滚校正图。把经过补偿的行同步信号输至扫描仪通道中, 混合记录在磁带上。在地面回放中, 将这一信号作为行起始信号, 即可自动进行侧滚校正。

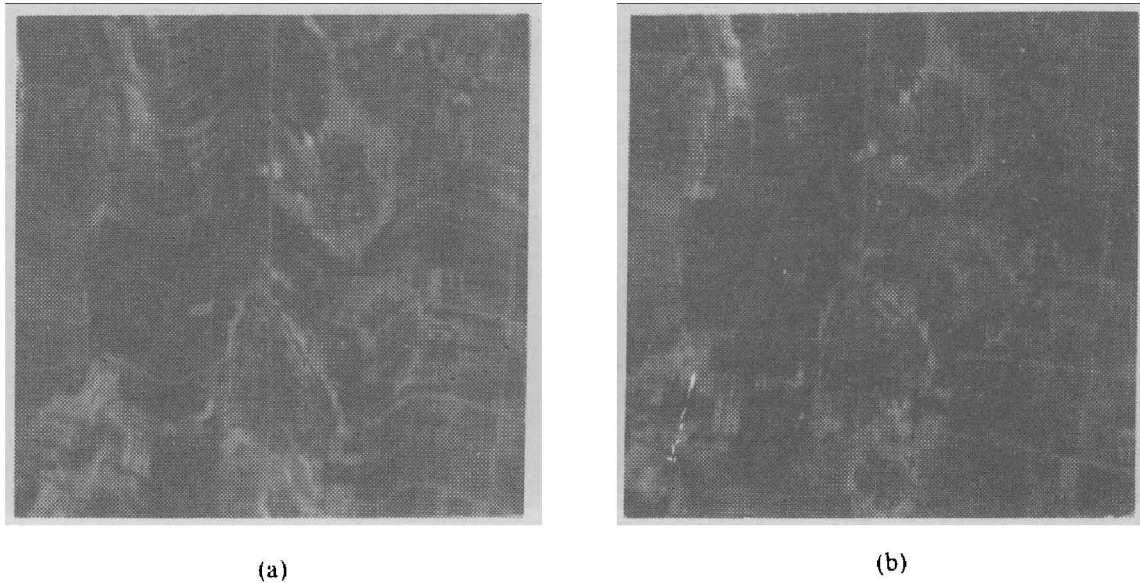


图 5 图象侧滚校正。(a)未校正图象, (b)已校正图象

Fig. 5 The roll correction of the image. (a) uncorrected, (b) corrected

4 辐射度校正

在航空遥感中, 扫描仪扫描角度的变化, 太阳与扫描仪相对位置的关系, 大气的变化, 地形起伏及传感器受电气的干扰等都会引起辐射度畸变, 均需要进行校正。

4.1 边缘辐射度校正

由于机载扫描仪扫描角度较大, 在获取的图象中, 沿飞行方向左右两边缘有时会出现较亮(辐射度较强)或较暗(辐射度较弱)色调。假设图象上各类地物的象元为随机分布, 在统计样品足够多的条件下, 边缘辐射度校正步骤为:

(1) 利用公式(3) 求出辐射校正前一维平均图象

$$DN(S, b) = \frac{1}{L_2 - L_1} \sum_{l=L_1}^{l=L_2} DN(S, b, l); \quad (3)$$

式中 S 为穿轨迹象元号, b 为波段号, l 为扫描行号, DN 为象元灰度值。

(2) 求中间条带平均值(辐射度没有畸变)

$$DN(b) = \frac{1}{64} \sum_{S=193}^{S=320} DN(S, b); \quad (4)$$

(3) 求差值图象, 即畸变的大小,

$$\Delta DN(S, b) = DN(S, b) - DN(b); \quad (5)$$

(4) 逐行逐点逐波段进行图象校正

$$DN'(S, b, l) = DN(S, b, l) - \Delta DN(S, b). \quad (6)$$

校正处理的结果如图 6 所示.

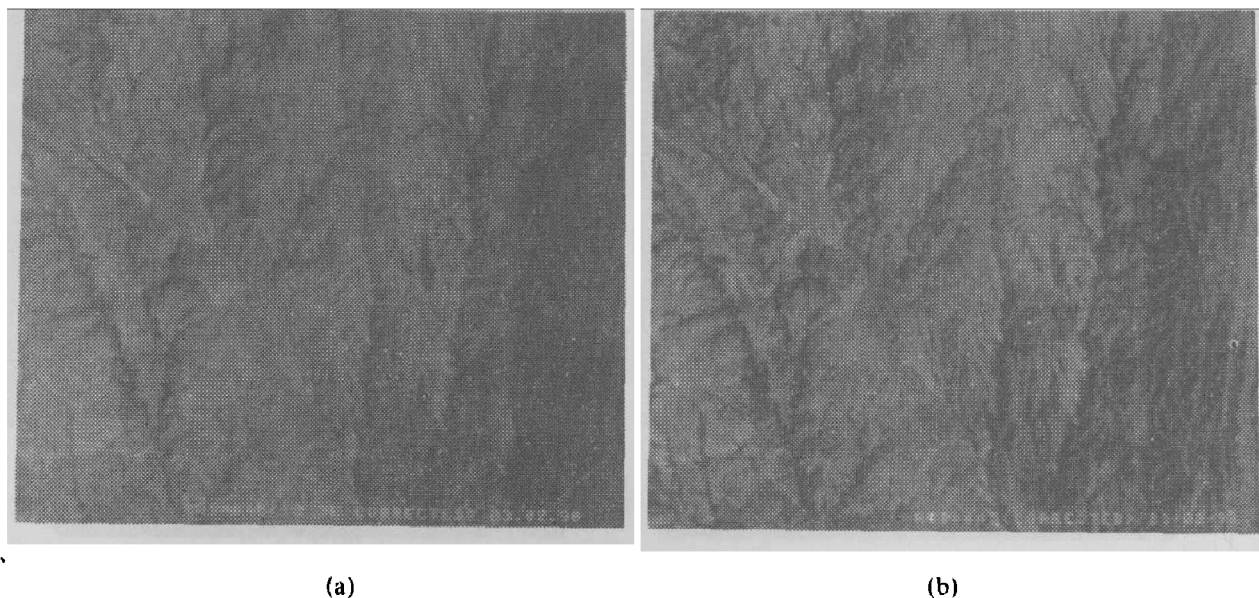


图 6 图象边缘辐射校正. (a) 未校正图象, (b) 已校正图象
Fig. 6 The border radiometric correction of the image. (a) uncorrected, (b) corrected

4.2 数据归一化

在遥感分析中, 采用反射率而不采用辐射量的绝对值, 这是因为反射率能反映地物的辐射特性和属性, 是相对值, 可以相互比较, 物理意义也比较明确. 因此图象的归一化处理主要集中于反射率图象的变换. 如果把大气影响仅作为一种偏置来处理, 图象灰度 DN 与地物反射率 ρ 符合线性模型:

$$DN = a\rho + b, \quad (7)$$

或者

$$\rho = a'DN + b'; \quad (8)$$

式 (7), (8) 中 a 、 b 、 a' 、 b' 为待定系数. 根据野外光谱测量数据, 应用线性回归方法计算得到红外细分光谱各波段反射率变换方程 (见表 2). 由表 2 反射率变换方程揭示了地物反射率与图象 DN 值之间的定量关系. 据此可以把遥感图象上任一地区的灰度级图象变换为反射率图象, 进而利用反射率图象提取专题特征信息.

图 7 显示了多光谱数据归一化前后植被影像光谱曲线的变化, 以及与野外测量光谱曲线的对比, 可以看出归一化后影像光谱曲线比较真实地反映了植被光谱特征.

表 2 反射率变换方程
Table 2 The reflective transformation equations

波段	相关系数	反射率变换方程	波段	相关系数	反射率变换方程
1	0.9420	$\rho = 1.5385DN - 61.5384$	4	0.8983	$\rho = 1.4815DN - 44.4444$
2	0.9390	$\rho = 1.2500DN - 25.0000$	5	0.9313	$\rho = 1.7857DN - 57.1429$
3	0.8994	$\rho = 1.2987DN - 20.7792$	6	0.9496	$\rho = 1.3333DN$

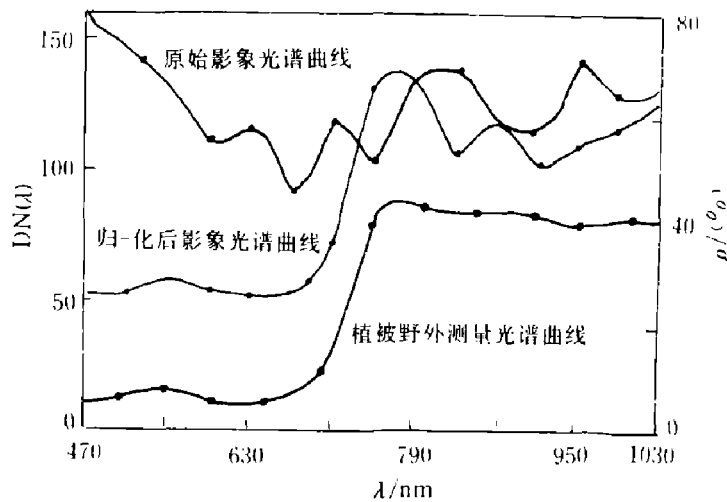


图 7 植被反射率曲线
Fig. 7 Vegetation reflectivity curves

5 结果与应用

CCT 高速转换器是机载扫描仪重要配套设备, 能适应各种不同记录方式, 应用本文提出的方法, 对其中一部分磁带数据进行了预处理, 以及在地质找矿、海洋环境预报监测方面的专题图象处理, 均获得了预期的效果。

致谢: 本项工作得到了耿瑞珍、赵淑华、吴常泳及课题组内其他同志的大力协助, 在此一并致谢。

参考文献

- 1 朱福清. 遥感信息, 1988, (4): 23
- 2 朱福清. 环境遥感, 1991, 6(1): 77
- 3 马藻乃. 遥感概论, 北京: 科学出版社, 1984: 99

GROUND DATA PRE-PROCESSING FOR AIRBORNE SCANNER

Zhu Fuqing

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: The ground data pre-processing system and its goals have been presented briefly and the process of CCT formalization of tape data described. Some methods and their application results for geometric correction and radiometric correction of the image are given.

Key words: CCT formatter, geometric correction, radiometric correction.