

文章编号: 1007-6301 (2001) 01-0036-08

多源信息的集成与融合及其 在遥感制图中的优化利用

齐清文¹, 裴新富²

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 黄河上中游管理局规划院, 西安 710043)

摘要: 多源信息的集成和融合是地球信息科学领域的一大热点问题, 它的意义和必要性与地球信息本身的特征、采集信息的手段特征及信息处理平台或系统的特点三方面紧密相联系。本文从不同传感器信息的集成和融合、遥感信息与非遥感地学信息的集成和融合、不同格式的 GIS 数据的集成和复合三个方面研究了多源信息集成和融合的方法、前沿技术和应用领域, 进而以黄土高原土壤侵蚀遥感调查和制图任务为例, 介绍了多源信息集成和融合技术在该项目中的优化应用实例, 包括技术流程分析、信息源分析、多源信息在土壤侵蚀遥感调查和制图中的融合方法、从遥感图像解译信息到 GIS 数据库的转换技术等。

关键词: 多源信息; 信息集成和融合; 土壤侵蚀; 遥感制图

中图分类号: P283.8 **文献标识码:** A

多源信息的集成与融合一直是地球信息科学领域的一大热点问题, 国内外许多专家在这方面已有相当多的研究。本文以国际流行的大型 GIS 软件包之一 MGE 为例, 结合黄土高原土壤侵蚀遥感调查和制图项目, 阐述作者在这一问题上的处理方法及关键技术, 目的之一是与同行专家交流这方面的心得, 目的之二则是介绍 MGE 强大而丰富的 GIS- 遥感一体化的功能和技术特点。

1 多源信息集成和融合的意义

多源信息的集成与融合的意义和必要性是与地球信息本身的特征、采集信息的手段特征以及信息处理平台或系统的特点三方面相联系的。

首先, 从不同种类的地学信息来看, 其内容有空间、时间和属性三方面特征; 按其生成、传输和被利用的过程来看有无限可扩充性、多样性、可扩散和传输性、可共享性和可开发性等特征。地学信息流从被 RS、GPS 等手段获取, 到 GIS 中的信息分离和组合、信息加工, 再经过专业模型和专家系统分析处理后, 产生目的、计划和策略等新的信息, 然后被输送到因特网等各种输出平台上进行信息传递, 用户获取信息后可将它们施用到日常生

收稿日期: 2001-01; **修订日期:** 2001-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49801017)

作者简介: 齐清文 (1963-), 男, 博士后, 副研究员。主要从事地图学和 GIS 的理论与技术研究。先后在国内外学术刊物和学术会议上发表论文 30 余篇, 出版专著 (合著) 一部。

活和工程中去。这样产生的新的信息又有可能再次被利用, 形成新一轮的、更高层次的信息流(见图 1)。所以, 地学信息流本身是自然地融通在一起的, 不能被人为地割裂成许多片段, 这是地学信息的不可分割性。但由于人类认识的局限性, 人们对地物的描述不能够同时获得时间、空间、属性三个方面的信息, 而只能固定一个因素而动态地研究另外两个因素, 在信息描述上人为地采用可分的手段。这种人为的分割表现在实际应用中就是分别从各个方面描述信息流, 把从不同方面获得的信息再收集加工, 最后加以利用, 即把信息技术分割为信息获取、信息处理和信息应用三个互不关联的方面。信息流本身的不可分割性和实际工作中信息技术的分割性是造成对信息理解、描述、应用上的误差的主要根源。这是因为 RS、GIS 和 GPS 中任意一个都主要侧重于信息流的三个特性中的一个或二个方面,

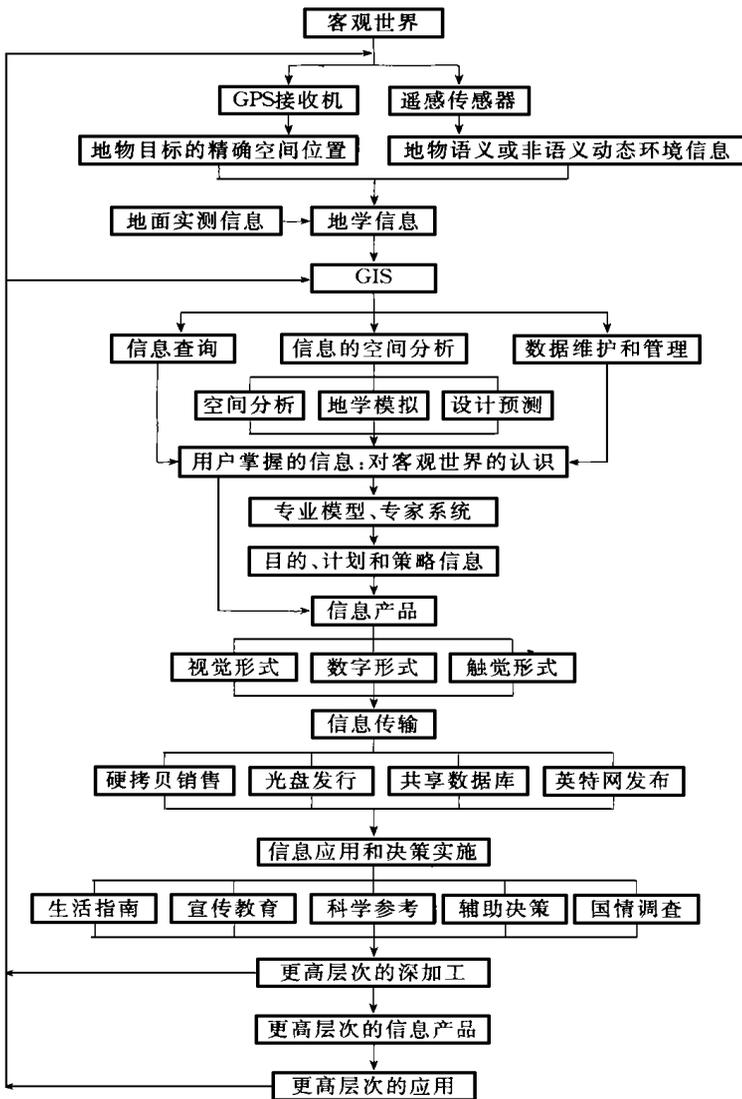


图 1 地球信息科学中的信息流

Fig. 1 Information flow in Geo-information Science

例如 GPS 侧重于空间定位特征的获取, RS 主要侧重于时间动态特征的获取, GIS 侧重于属性与空间、时间的特性的联结和管理(而并非采集)。多源多类信息的集成与融合的目的就是尽可能完美地获取地物空间、时间和属性三个特征的信息,还原地学信息流的本来面目,以大大提高信息精度和信息利用的效率。

其次,从遥感或其它手段采集来的同一种或同一类地学信息,存在着不同空间分辨率和时间分辨率的区别。采用集成与融合方法,能使不同空间分辨率或不同时间分辨率和时相的遥感图像达到互相补充、互相印证和取长补短,同时又不过多增加购买图像的成本。例如在利用 TM 图像进行信息提取和制图时,可在关键部位或典型地段结合分辨率较高的 SPOT 卫星图像或俄罗斯小卫星图像,以提高其分辨率;又如所使用的图像的时段对于判读某类地物有利,却对其它地物不利,或者在有些时相的图像上云的干扰很多,就可以融合进其它时相的图像,以提高其信息利用率和解译可信度。

第三,从现实的信息存贮和处理情况来看,目前运行的企业化 GIS 的特点是信息源分布分散,信息获取种类繁多,信息容量巨大,对信息进行处理的模型众多,模型与数据的联系复杂,空间数据处理系统与管理信息系统、办公自动化系统、通讯指挥系统等形成了多种多样的联结关系;此外,涉及的单位人员也较多。因此迫切需要进行异种硬件、异种软件、异种网络环境中的信息的集成和融合。

2 不同传感器信息的集成和融合

不同传感器遥感信息的集成和融合是在各幅图像相互位置配准后,形成新的多波段或多时相复合图像的过程。由于不同传感器接收的数据的地面分辨率与光谱分辨率多有不同,新集成和融合后的图像能使它们的优点互相补充,取长补短,提高地面分辨率或提高光谱分辨率,产生一幅高质量的图像,可用于目视解译分析、进一步的计算机定量分析和遥感制图。

不同传感器遥感信息的集成和融合是解决多源海量数据综合提取利用的有效途径之一。它将有利的增强多重数据分析和环境动态监测能力,改善遥感信息提取的及时性和可靠性,有效地提高数据的使用率,为大规模的遥感应应用研究提供了一个良好的基础,使花费大量经费获得的遥感数据得到充分利用。

不同传感器遥感影像的集成和融合分下面几个步骤完成:

(1) 图像几何纠正和重采样:即对图像进行内插,使被融合的各图像的分辨率保持一致。然后进行灰度重采样,使两类图像得到相对纠正。纠正方法是在两幅图像上选取 20~30 个相关纠正点,用多项式方法求得相对纠正系数。进而按纠正系统进行几何纠正。

(2) 图像的辐射改正:以其中的一幅图像为准,找到某个要改正的象元点,在其上开一个 3×3 的标准窗口;同时在另一幅图像的所对应象元为中心的移动窗口计算相关系数,找到具有最大相关系数 p 的象元。两相应象元的辐射值按一定的数学模型计算,便可获得改正值。

(3) 图像融合:可采用最简单的多波段合成法;当然,为取得满意的效果,也可采取较新的算法。主要有:

· 基于象元的影像加权融合——即对两幅图像中相对应的象元点的灰度或色度进行

加权融合。加权系数是按照两图像需要强调的程度来确定。

- 基于小波理论和影像融合——据影像频域分析, 同一地区不同类型的影像, 低频部分差别不大, 高频成分相差很大。小波变换后在变换域内具有分频特性, 将影像作多层小波分解, 各子带均值都近似为零, 而方差随尺度 $2j$ 增大而增大。融合过程为: 先在确定的邻区窗口内, 在分辨率 $2j$ 下, 分别对融合的影像数据统计均值和方差, 然后确定子带和基带融合值。

- 基于类别的影像融合——即先对图像进行分类, 然后根据分类情况对图像上的不同类别区分别进行融合。

3 遥感信息与非遥感地学信息的集成和融合

遥感信息与非遥感地学信息的集成和融合是一个很困难的课题, 因为目前还无法在图像处理中自动把非图像空间数据加入进去。遥感中应用 GIS 数据集, 通常都是人工建立模型, 设置各种参数, 力图在图像处理中更好地应用空间数据来提高分类精度, 增加遥感信息量。

GIS 信息与遥感信息集成的方法有:

- 在遥感分类前, GIS 数据用于影像分区;
- 在分类中作为一个数据层辅助分类;
- 辅助进行分类后处理。

例如, GIS 数据中最常见的是地形信息, 包括坡度、坡向和高程等。在实际分类中, 如果发现坡度 > 35 的地区极少种植水稻, 就可以把地形数据层中坡度 > 35 的地区作为非水稻区而不予考虑。但在一些丘陵地区 > 35 的地区也种植水稻, 因此对于这些地区 > 35 坡度线就不适用。此外, 丘陵梯田分布高度大都在 200m 以下, 所不还可以利用高度信息来剔除非水稻象元, 提高影像处理速度和精度。

在实际工作中, 遥感信息与 GIS 信息相集成和融合的最常用的地方是制作遥感影像地图。

4 不同格式的 GIS 数据的集成和复合

不同格式的 GIS 数据的集成在现实应用中十分普遍, 其实现方法有以下三种:

(1) 外部数据交换式集成

这是一种最为直接、最容易实现的方法。每个 GIS 软件都有自己的数据格式和数据存储方式。为了与其它软件进行数据交换, 往往定义一种外部数据交换格式, 例如 AutoCAD 的 DXF、MGE 的 ASCII 格式、ARC/INFO 的 E00 格式等。这种数据格式一般是 ASCII 码文件, 用户通过阅读说明书可以直接读写这种外部数据文件, 并与本系统的数据进行集成和复合。然而, 这些外部数据交换格式由各软件厂商定义, 所包含的内容和表达方式不尽相同。为了规范和统一起见, 许多国家和行业部门制定了自己的外部数据文件交换标准, 要求在一个国家或一个部门采用公共的数据交换格式, 如美国的 DLG 和 STDS 等。这种空间数据交换标准在一定程度上能够解决不同格式的 GIS 数据的集成和复合问题。但它不是最

佳方案。一是使用这种方法耗费大量的人力物力，二是难以做到空间数据的实时更新，保持数据的一致性。其中一部分数据（边界线和小区数据）来自ARC/INFO，通过MGE的ASCII Loader 软件转换为MGE的数据；另一部分是AutoCAD的DWG数据（城市交通网络数据），通过MicroStation的Import工具转换为MGE的矢量数据，然后再通过赋要素、赋属性等步骤得到MGE数据；此外还有一部分是MGE本身的数据。通过三种数据的集成和复合后，完成了长春市城市交通规划GIS的数据准备。从而实现了交通网络的最佳路径选择操作。

(2) 基于空间数据相互操作协议的数据集成

这种数据集成方法的思路是以开放性的“地学数据相互操作协议”为基础，制定出一套各方均能接受的空间数据操纵函数API。各厂商在出售其软件时提供一个与这一API函数一致的驱动软件，不同的软件就可以相互操纵对方的数据。这种协议类似于关系数据库ODBC。目前这一工作进展顺利，Intergraph公司推出的GeoMedia可以直接调用ARC/INFO的数据。

这种数据集成方式虽然比前面所述的外部数据交换方式方便得多，但也还存在一些问题。例如，由于各种GIS软件存储的空间信息不尽相同，为顾全大局，所定义的API函数提供的信息可能是最小的。

(3) 基于空间数据共享平台的数据集成

这种方式从思路讲是最佳的，但在实现上是十分困难的。因此，本文不推荐这种方式。

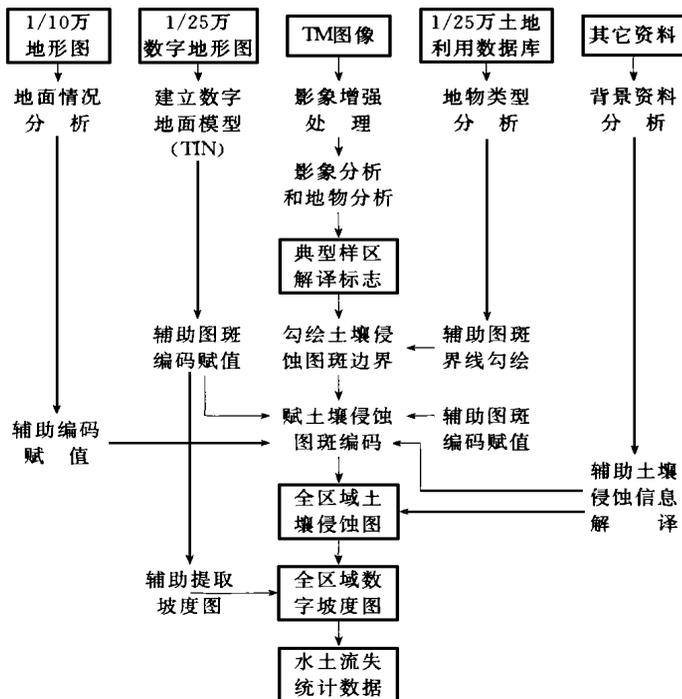


图 2 黄土高原土壤侵蚀遥感制图流程

Fig. 2 Workflow of RS image based mapping for soil erosion in loess plateau

5 多源信息融合在黄土高原土壤侵蚀遥感调查与制图中的应用

本项目为“黄河流域内蒙古片土壤侵蚀遥感调查与制图”黄河流域内蒙古部分。总面积 14.5 万 km²，涉及 6 个盟市、28 个旗县，涉及 1/10 万地形图 100 幅，涉及 TM 影像 15 景。项目区范围西起乌海市以及宁夏与内蒙交界，北边界为阴山分水岭，东边为集宁市和卓资县的大黑海，南边为蒙晋交界和蒙陕交界。项目区内地貌类型齐全，包括黄土丘陵区（主要是“丘 1”和“丘 2”两个子区部分）、土石山区、风沙区、干旱草原区、冲积平原区等五个地貌类型区。

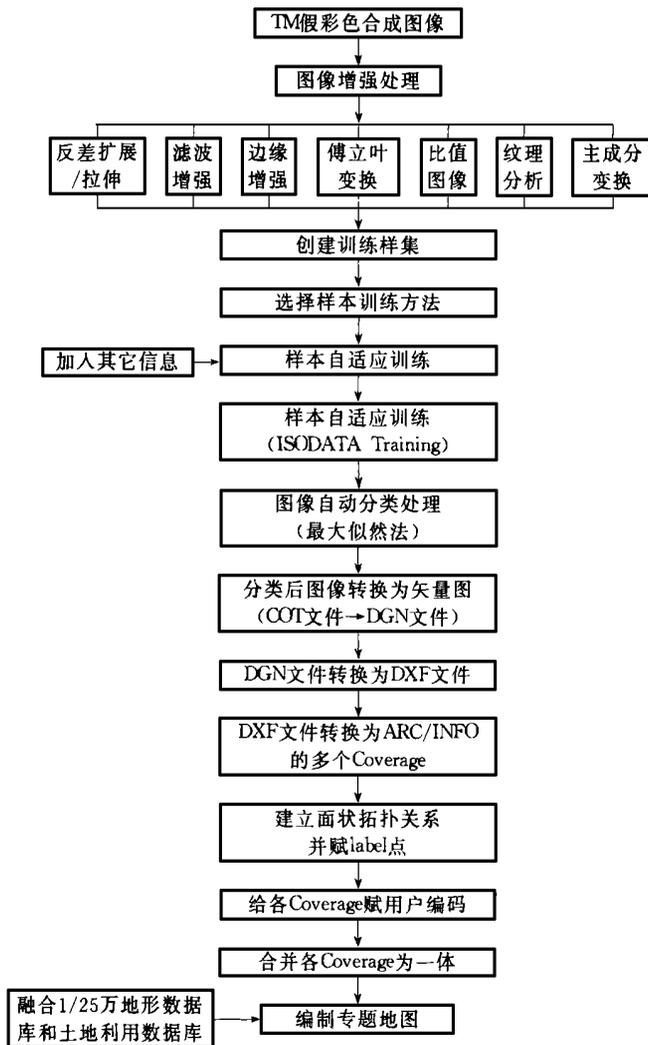


图 3 基于 MGE 的遥感自动解译并进行土壤侵蚀制图的流程

Fig. 3 Workflow of automatic interpretation of RS image and mapping for soil erosion based on MGE

本项目的目标是以 TM 遥感图像和地形图作为主要信息来源, 采用人工目视判读、计算机遥感图像增强处理和自动解译相结合的方法, 研究、总结和提取项目区内的土壤侵蚀类型- 强度图和坡度图。

在本项目中采用了多源信息的集成与融合技术, 主要是遥感信息与非遥感信息的融合、不同 GIS 数据库之间的集成与融合两方面。图 2 和图 3 分别说明的是项目的总体技术流程和用 MGE 进行遥感图像自动判读并自动转换为 GIS 数据库的技术流程。

从图 2 看出, 本项目的信息源主要有四种: TM 图像、1/10 万地形图(纸图)、1/25 万地形图数据库、1/25 万土地利用数据库。其中 TM 图像共有 15 景, 均为第 3、4、5 波段, 是本项目的主要的、核心的信息来源。它的分辨率为 30 米, 现势性较强(时间均为 90 年代后期), 能够基本满足项目区的土壤侵蚀调查和制图的精度要求。1/10 万地形图(纸图)共有 100 余幅, 它为本项目提供了十分精确的地形控制和地物关系参考, 因此是本项目不可缺少的基础资料。1/25 万地形数据库、1/25 万土地利用数据库均为重要的专题判读参考和验证信息。由于土壤侵蚀专题的复杂性, 只有 TM 图像还不能达到完全判读和制图的目标, 因此需要结合其它信息, 即通过直接标志与各种相关的间接标志的相互配合、相互印证、相互融合, 顺利进行勾绘土壤侵蚀图斑边界并赋予分类- 分级用户编码等工作。

参考文献:

- [1] 卢中正, 谭克龙, 雷建年等. 信息融合技术在神府- 东胜地区环境评价中的应用[J]. 地球信息科学, 2000, 2(1).
- [2] 乔玉良. 信息融合技术在山西土壤侵蚀监测与动态分析[J]. 地球信息科学, 2000, 2(2).
- [3] 齐清文, 张安定. 多比例尺 GIS 数据库多重表达的方法和技术[J]. 地理研究, 1999, 18(2).
- [4] 张显峰, 崔伟宏. 运用 RS、GPS 和 GIS 技术进行大比例尺土地利用动态监测的实验研究[J]. 地理科学进展, 1999, 18(2).
- [5] 王晓栋, 崔伟宏. 数字地球的时空维实现[J]. 地理科学进展, 1999, 18(2).
- [6] 刘少创. 信息融合技术对澜沧江(湄公河)源头的判释[J]. 地球信息科学, 1999, 1(2).
- [7] 孙家柄, 刘继林, 李军. 多源遥感影像融合[J]. 遥感学报, 1998, 2(1).
- [8] 李军, 周成虎. 地球空间数据元数据标准初探[J]. 地理科学进展, 1998, 17(4).
- [9] 方红亮, 黄绚. 地学应用中的遥感图象处理中若干问题的分析[J]. 地理研究, 1997, 16(2).
- [10] 张健挺. 地理信息系统集成若干问题探讨[J]. 遥感信息, 1998(1).
- [11] 刘震, 李树楷. 遥感、地理信息系统与全球定位系统集成研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(2).

Integration and Fusion of Multi-source Information and its Optimized Using in RS Image Based Mapping

Q I Q i n g - w e n¹, P E I X i n - f u

- (1. Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101 China;
2. Planning Division, Bureau of Upper & Middle Reaches of Huanghe River, Xi'an 710043 China)

Abstract: The integration & fusion of multi-source information is one of the key problems in Geo-information Science. Its significance is linked closely with the feature of geo-information, the technological characteristics of information gathering, as well as the feature of

system for information processing

This paper expounded the author's study on the method, the latest techniques and the application, of integration & fusion for multi-source information, detailed in three respects, i.e., the integration & fusion of information from different RS sensors and platform, the integration & fusion of RS information with non-RS information, and the integration & fusion of GIS data in different format

Furthermore, the author analyzed the optimized using of this technique, taking the RS image based investigation of soil erosion in Loess Plateau as an example, including the analysis of technical workflow for RS based image mapping, the analysis of various information sources and the method information fusion, as well as information transformation technology from RS based image to GIS database, etc

The paper concluded that for the purpose of optimum utilization of information from various sources, the integration & fusion of multi-source information is remarkably important, and the methods & techniques related in this paper are highly efficient and usable

Key words: Multi-source Information; Integration & fusion of Information; Soil erosion; RS Image Based Mapping