

文章编号: 1007-6301 (2001) 01-0089-08

数字地球时代 “3S” 集成的发展

马荣华, 黄杏元, 蒲英霞

(南京大学城市与资源学系, 江苏 南京 210093)

摘要: 本文指出了数字地球时代 “3S” 与数字地球的关系以及 GIS、GPS、和 RS 的本质, 从其本质出发分析了 “3S” 两两结合的方式和关键技术, 并指出了目前的发展现状。两两结合的缺陷和弱点导致了 “3S” 的完全集成, “3S” 集成是当今空间科学领域的一个研究前沿, 具有相当的难度, 目前理论研究仍落后于实际应用。 “3S” 技术的迅猛发展, 最终导致了地球信息科学的诞生。数字地球推动了 “3S” 技术向着更深更广的领域发展, “3S” 技术成为数字地球的核心技术和基础技术之一。

关 键 词: 数字地球; “3S”; 地球信息科学

中图分类号: N941; X87 **文献标识码:** A

1 引言

人们对新兴事物总是表现出极高的热情, 记得 90 年代初 “3S” 刚提出的时候, 杂志、书刊等媒体引用之多, 频次之高, 实在引人注目。之后, 也就在 1998 年 1 月, 美国副总统戈尔提出了 “数字地球” 的概念, “数字地球” 瞬间变成了耀眼的明星, 数字地球时代到来了。相比之下, “3S” 暗淡了许多。其实, 片面强调 “数字地球” 而忽视 “3S” 集成的研究是 “筑高楼而忽视地基” 的表现。笔者认为, 数字地球是 “3S” 的归宿, “3S” 技术是数字地球的核心技术和基础技术之一, 没有 “3S”, 或者说构建不好 “3S” 系统集成基础, 数字地球将是一句空话。我们应看清 “3S” 集成的发展过程, 正确评价 “3S” 在数字地球中的作用以及对 “地球信息科学” 的产生所作的贡献, 从基础抓起, 继续关注 “3S”, 发展 “3S” 集成系统。

2 数字地球与 “3S”

1998 年 1 月 31 日, 美国副总统戈尔在洛杉矶加利福尼亚科学中心举行的开放地理信息系统协会 (OGC) 年会上发表了题为 “数字地球: 理解 21 世纪我们这颗星球” 的报告。之后, “数字地球” 受到了各国各部门以及众多专家学者的极大关注。美国国家制图科学委员会主席 Goodchild 先生于 1998 年 12 月 15 日在武汉测绘科技大学作了有关数字地球的

收稿日期: 2001-02; 修订日期: 2001-03

作者简介: 马荣华 (1972-), 男, 山东临沂人, 南京大学城市与资源学系博士生。主要从事地理信息系统与遥感研究, 在 《地理学报》、《测绘学报》等学术刊物上发表论文 10 余篇。E-mail: mrhua@263.net

演讲;美国联邦地理数据委员会 (FGDC) 于 1999 年 2 月 2 日在美国地质调查局 (USGS) 召开了美国第四次数字地球研讨会。在我国,“数字地球”已引起了极大的关注和重视。中科院遥感所国家遥感中心建立了数字地球的互联网站;陈述彭、李德仁等院士都著文谈及数字地球;值得提及的是,1999 年 12 月 24 日在北京召开了国际数字地球研讨会,国务院副总理李岚清到会祝贺并发表重要讲话,进一步推动了数字地球的发展;众多新闻媒体如《文汇报》、《中国科学报》以及《科技日报》等都对数字地球作过报道。近期,中央电视台正在播放数字地球系列专题片。种种迹象表明:数字地球时代到来了。

2.1 “3S”技术是数字地球的核心技术和基础技术之一

戈尔认为数字地球是嵌入海量数据的多分辨率的真实地球的三维显示。众多专家学者对数字地球的理解不甚相同,许多问题如数字地球与 RS、GIS、GPS 等学科的关系等还需进一步探讨。但不管怎样理解,数字地球总需要现代空间技术的支撑,获取、处理和应用这些多分辨率的海量数据需要“3S”。离开了“3S”,数字地球将是一个空的口号和目标;当然,没有“3S”,也不可能提出数字地球。“3S”技术是数字地球的核心技术之一(图 1、图 2),一方面数字地球的研究为“3S”技术的发展创造了条件,另一方面“3S”技术的发展为数字地球的建设提供了技术支持,没有“3S”技术的发展,现实变化中的地球是不可能以数字的方式进入计算机网络系统。当然,数字地球也离不开互操作技术、网络技术以及现代通讯等技术的支撑;没有它们,“3S”所包含的数据将无法有效地传递、交流和共享。

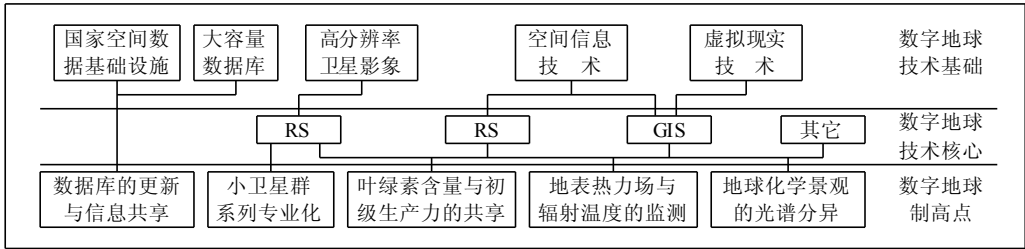


图 1 “3S”与数字地球
Fig. 1 “3S” and Digital Earth

2.2 数字地球成为“3S”技术发展的强力推动剂和最终归宿

数字地球从一开始提出就引起了各个方面的注意,它实际上是其它技术发展的最高阶段,是“3S”发展的最终归宿(图 2)。要实现数字地球的战略目标,就必须从基础抓起,推动“3S”技术向纵深发展。数字地球加深了人们对“3S”集成的认识和理解,“3S”集成有了发展的具体方向和目标。

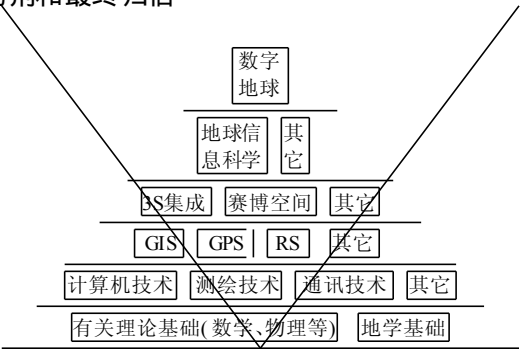


图2 数字地球的体系结构
Fig. 2 Architecture of Digital Earth

3 “3S”集成的发展现状

“3S”是 GPS (全球定位系统)、RS (遥感) 和 GIS (地理信息系统) 的简称,“3S”集

成是指将遥感、空间定位系统和地理信息系统这三种对地观测新技术有机地集成在一起^[2]。但是, “3S” 技术≠GPS+ RS+ GIS^[2,6~8], 有些专家学者认为还应有数字摄影测量系统 DPS 和专家系统 ES 即 “4S”。但不管是 “3S” 还是 “4S”, 都应有现代通信技术和通信手段的参与。可见, “3S” 技术应等于 (p₁GPS+ p₂RS+ p₃GIS+ …+ p_iITS) (p_i 为权)^[6]。这已经取得了统一性认识。因此, 有关专家认为 “3S” 这个称谓欠妥^[9,10]。为此, 王之卓先生把 “3S” 及其与之互相联系的, 服务目的相同的概括为一门新的学科^[9]。 “3S” 的英文名字也几经易改, 90 年代初叫做 Integration of GIS, RS and GPS, 取 “集成” 之意; 3、4 年后, 又叫 Assembling of GIS, RS and GPS, 取 “融合” 之意; 1998 年后, Digital Earth 即数字地球实际上成为了 “3S” 的代名词, 但 “3S” 不是 Digital Earth 的全部, 而是其一部分。

“3S” 集成是必要的, 也是可能的。王之卓先生从学科发展的角度论述了 “3S” 集成的必然, 刘震等认为: 地理信息是一种信息流, 遥感、地理信息系统和全球定位系统中的任意一个系统都是侧重了信息流的特性中的一个方面, 而不能满足准确地、全面地描述地理信息流的要求, 所以迫切需要一种全新的遥感、地理信息系统和全球定位系统的集成系统。总之, 无论从物质的运动形式, 地学信息的本身特征还是从 “3S” 各自的技术特性出发, “3S” 集成都是科技发展的必然结果。

3.1 GPS、RS 和 GIS 的本质

(1) GPS 的本质是利用空间三角测量的原理通过空中卫星和地面接收机获取经纬度坐标 (U, K), 高程 (H) 和时间 (t) 之间的关系, 从而为测高、导航 (定位) 等服务。在一定的时间内, 它们之间的关系可用式 (1) 表示:

$$H_j = f(U, K)$$

(1)

式中 j 表示观测点, H_j 是一些离散值。

(2) RS 的本质是运用地物的光谱反射原理通过卫星传感器和地面接收系统获取地面坐标 (x, y), 反射值 (z), 波段 (K) 和时间 (t) 之间的关系, 从而得到所需地物的真实反映, 所获得的信息可用式 (2) 表示:

$$I = f(x, y, z, K, t)$$

(2)

当 t=t₀ 时获得的是静止图象, 当 K=K₀ 时获得的是单波段图象。但不管怎样, 最终都是为了获得 z=f(x, y) 的关系。

(3) GIS 的本质就是对不同类的信息进行分析、处理和加工, 可用式 (3) 表示:

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$$

(3)

式中 I 表示源信息; I₁, I₂, …, I_n 表示不同类的信息; “+” 取数据融合之意, 不是简单的数据叠加与合成。

3.2 从本质看 “3S” 的两两结合

“3S” 的两两结合即 GPS 与 RS 的结合、GPS 与 GIS 结合和 RS 与 GIS 的结合。两两结合是 “3S” 集成的低级和基础起步阶段, 其中 RS 与 GIS 的结合是核心^[9]。

(1) GPS 与 RS 结合的关键在硬件, 即 GPS 与 RS 传感器的结合; 在软件上就是要解决 H_j 和 z 的关系。二者的结合就是要实现无地面控制点 (GCP) 的情况下空对地的直接定位。

(2) GPS 与 GIS 结合的关键在软件, GPS 作为 GIS 的数据源用于寻找目标, 帮助 GIS 定位以及数据更新。二者的集成可利用地面与空间的 GPS 数据进行载波相位差分测量以满足 GIS 不同比例尺数据库的要求。二者集成的最成功的应用是车辆导航与监控, 但此类应

用只是 GPS、GIS 技术的一种初级水平的集成方式。

(3) RS 与 GIS 的结合中关于 RS 与 GIS 所发挥的作用问题有两种不同的观点, 一种认为二者不平衡, GIS 是 RS 的一个研究内容; 另一种认为二者平衡, 此时研究 GIS 要从地理信息、地球信息科学的角度去研究。但一般认为, RS 是 GIS 的信息源, GIS 是 RS 的分析工具, 即同意前一种观点。RS 与 GIS 的结合有 3 种方式即: ¹ 分开但平行的结合 (不同的用户界面, 不同的工具库和不同的数据库); ⁰ 表面无缝的结合 (同一用户界面, 不同的工具库和不同的数据库); [»] 整体的结合 (同一用户界面, 同一工具库和同一数据库)。目前, ESRI 公司与 ERDAS 公司的合并代表了 RS 与 GIS 软件结合的潮流, 这主要是指二者数据结构和数据模型相互结合。二者数据库平台的结合的代表是 SDE (数据库引擎), 其标志是空间数据与属性数据共存在同一平台上。二者的集成就是把不同数据源的数据集成到统一的坐标环境下, 实现多种信息的动态管理与空间分析。有关 RS 与 GIS 结合的实际应用很多, 由于篇幅关系, 此处不再赘述。

“3S” 两两结合比单独操作有更好的效果, 但是仍有诸多缺陷。主要是缺乏统一的坐标空间, 光谱数据和空间数据时间上的不一致, 以及不具备封装独立的数据和方法能力的技术。因此把三者结合起来形成一体化的信息技术体系是非常迫切的。这主要是指数据获取平台的革新和新的信息融合方法的应用^[11]。

3.3 “3S” 的集成

“3S” 集成是当今空间科学领域的一个研究前沿, 它的发展目标是 “在线的连接、实时的处理”^[14]。 “3S” 集成是一项技术难度极高的高科技^[2, 8]。为了实现 “3S” 技术集成, 需要探索 “3S” 集成的有关理论, 提高 “3S” 集成的技术方法和拓广 “3S” 集成的应用范围。实际上, “3S” 集成的发展正如 GIS 的发展一样, 应用超前于理论。但目前应用水平的 “3S” 集成是肤浅的, 仅是表面的集成, 功能互补而已, 还没有实现 “3S” 的真正集成, “3S” 集成要解决数据存储, 数据处理, 数据传输以及数据可视化等问题。因此, “3S” 集成的源泉是数据 (信息), 集成的归宿还是数据 (信息)。刘震等认为信息获取, 信息处理和应用是一体的, 不可分割的, 并把信息流的描述列为 “3S” 集成的关键问题之一。基于此而提出了 “3S” 集成系统的概念模型 (图 3); 认为 “3S” 的结合不是一种等结构的结合, 而是有层次的有机的结合 (图 4)。

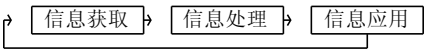


图 3 “3S” 集成系统的概念模型 (据刘震等, 1997)

Fig. 3 Concept model of “3S” integrating system (From Liu Zhen et al, 1997)

刘震等从地学信息的时间特征、光谱特征和几何特征等角度出发建立了 “3S” 集成的参数方程, 认为具有同步的获取空间和波谱数据的高重复观测能力的平台, 支持具有数据封装能力的地理信息系统是 “3S” 集成技术的关键。李树楷提出了 “3S” 技术的理论方法和技术系统, 并指出了 “3S” 技术的特点, 李德仁对 “3S” 技术集成中需要解决的理论问题和关键技术作了系统详细的论述。

“3S” 集成包括空基 “3S” 集成和地基 “3S” 集成^[28]。直接空对地定位理论 (无地面控制、简单影像相关的立体观测理论和向量求端点坐标的理论) 是 “3S” 技术的基本理论之

—^[6, 8]。尤红建等根据 GPS 定位的位置、激光测距以及姿态数据, 采用几何三角关系推求出了遥感象元的三维坐标, 从而实现了三维遥感直接对地定位, 但其中误差的影响和特性尚需进行深入的研究。WUMMS 是一个由武汉测绘科技大学设计的基于 GPS、GIS 和 CCD 相机的多目的移动式测绘系统, 其中解决了地基 “3S” 集成的一些技术难点问题。

目前状况下, 图形处理系统和图象处理系统分别采用不同的数据结构和数据模型。而图形和图象是 “3S” 数据的最主要的两种表现形式, 因此 “3S” 集成的软件方面, 重点应放在图形和图象的统一处理上, 从建立统一的数据结构和数据模型的基点出发, 探讨

“3S” 集成多维复合分析理论。市场流行软件中, ERDAS 无疑是这方面的优秀代表, 它直接采用了 ARC/INFO 的数据结构, 完全实现了图象数据和矢量数据的综合一体化处理。“3S” 有两种方式三种模式。孙家柄等从应用的角度出发, 认为不同的应用目的有不同的系统集成方案, 并设计了一套主要用于遥感调查分析和导航的集成系统方案。“3S” 集成要解决语义和非语义信息的提取问题, 就必须利用专家系统 ES, 涉及到数字摄影测量系统 DPS, 为此, 李德仁提出了 “3S” 集成中以 “3S” 为主的 “3S” 的整体结合模式^[7]。

3. 4 “3S” 集成应用

在 “3S” 还没有实现真正集成之前, “3S” 集成应用的各子系统 (即 GPS 子系统、RS 子系统和 GIS 子系统) 应以系统论 “系统总体最优” 为原则确定技术路线。目前, “3S” 已广泛应用于环境动态监测等领域。“3S” 集成系统在新疆北部天然草地估产技术中的应用已取得了成功。有关 “3S” 集成的实际应用还有很多, 此处不一一例举。

4 “3S” 促进了地球信息科学的诞生

我们从有关刊物上经常看到 Geomatics, Geo-Informatics, Iconic-Informatics, Geographic Information Science 以及 Geo-Information Science 等科学名词。它们之间究竟有什么区别, 我们暂且不谈; 但它们都与现代信息技术, 如 GPS、RS、GIS 以及数字通讯网络等密切相关。地球系统科学要研究全球变化、区域模型以及区域之间的宏观调控^[22]。研究的内容具有全球性、宏观性、空间性和周期性。随着人类社会步入信息时代, 传统的研究手段已不能适应新的社会生产力发展水平, 地球科学急需其它技术领域的参与和加盟。70 年代初期, 美国国防部为满足其军事部门海陆空高精度导航、定位和定时的需求而建立了 GPS。80 年代以来尤其 90 年代以来, GPS 卫星定位和导航技术与现代通信技术相结合, 在空间定位技术方面引起了革命性的变革。用 GPS 同时测定三维坐标的方法将测绘定位技术从陆地和近海扩展到整个海洋和外层空间, 从静态扩展到动态, 从事后处理扩展到实时 (准实时) 定位和导航, 从而大大拓宽了它的应用范围和在各行各业中的作用。RS 技术经历了 30 多年的探索, 已发展到相当成熟的阶段。它具有宏观性和周期性。GIS 是以采集、存贮、管理、分析和描述整个或部分地球表面与空间和地理分布有关的数据和空间信息系统。因此它对空间数据管理是十分有效的。GPS、RS、GIS 三者各有优点, 它们从不同侧面在

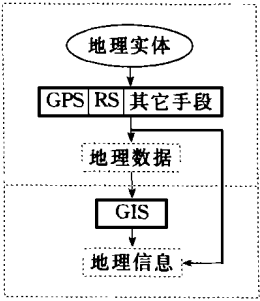


图4 “3S”一体化模型
(据刘震等, 1995)
Fig. 4 Model of “3S” of integration (From Liu Zhen et al, 1997)

加速或改变着地球系统内部的能量流动。在不断实践过程中，人们又认识到为了使这种能量流动实时、准确、合理、客观，仅靠这“3S”是不够的，还必须建立能量流动关系的数学模型，并需要通讯和网络等技术的帮助与参与。就这样，上述以“3S”为主的现代信息技术依靠其解决问题的实用性和有效性等特点受到了人们的普遍欢迎，掀起了人们学习“3S”，应用“3S”的热潮。解决现代地学问题的手段、技术方法改变了，进而推动了整个地球系统科学的发展。传统的地球系统科学已不能涵盖这些内容，最终促使了“地球信息科学”的诞生（图 5）。地球信息科学的诞生进一步确立了“3S”在相关领域中技术上的领导地位。作为一门新兴的交叉学科，人们对它的认识又各不相同，于是出现了文中提到的许多相互类似但又不相同的科学名词。

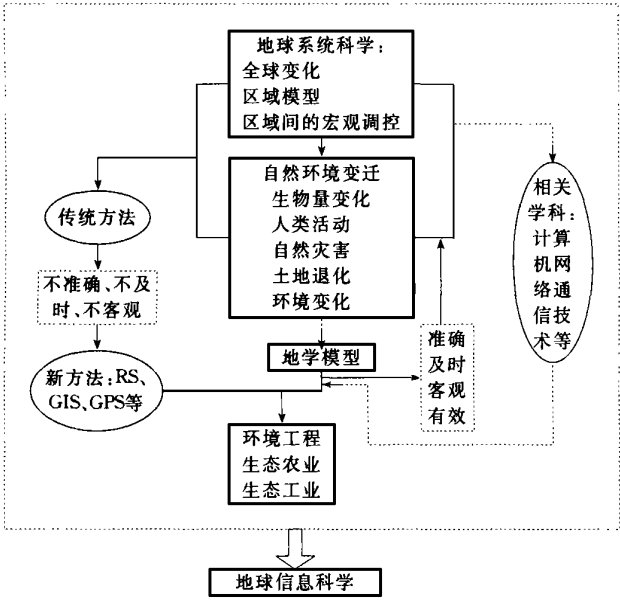


图 5 “3S”促使“地球信息科学”诞生

Fig. 5 Birth of Geo-information science advanced by “3S”

5 结论与展望

- (1) “3S”的集成是GIS、GPS和RS三者发展的必然结果。三者最初独立发展，但各有优缺点，因此有了“3S”的两两结合，其中应用最广泛、技术最成熟的当属GIS与RS的结合，二者结合的关键在软件，即实现图形和图象的真正集成。后来，动态监测、作物估产等领域的应用又把“3S”的完全集成推上了历史舞台，从而揭开了地理学等学科发展的新篇章。
- (2) “3S”的迅猛发展使得传统的地球系统科学所涵盖的内容发生了变化，最终导致了“地球信息科学”的诞生。“地球信息科学”的诞生进一步确立了“3S”在技术上的领导地位。
- (3) 数字地球的提出，得益于“3S”的迅猛发展和应用逐渐走向成熟，“3S”技术成为

数字地球的核心技术和基础技术之一; 数字地球的提出进一步推动了 “3S” 的发展。二者是相辅相成共同发展的。

参考文献:

- [1] 阿尔·戈尔. 数字地球——认识 21 世纪我们这颗星球[N]. 中国科学报, 1998-8-18.
- [2] 李德仁, 李青泉. 论地球空间信息科学的形成[J]. 地球科学进展, 1998, 13(4): 319~326.
- [3] 杨崇俊. “数字地球”周年综述[A]. 见: 数字地球[C]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999: 96~105.
- [4] 李德仁. 数字地球与“三 S”[A]. 见: 中国地理信息系统协会 1999 年年会论文集[C], 1999: 1~6
- [5] 刘晶. “数字地球”的制高点——访陈述彭院士[J]. 中国国家地理杂志, 2000(1): 16~24.
- [6] 李树楷. 初论“S”一体化技术[J]. 环境遥感, 1995, 10(1): 76~80.
- [7] 李德仁. 论 GPS、DPS、RS、GIS 和 ES 的结合[A]. 见: RS、GIS、GPS 的集成和应用[C]. 北京: 测绘出版社, 1995: 200~209.
- [8] 李德仁. 论 RS、GPS 与 GIS 集成的定义、理论与关键技术[J]. 遥感学报, 1997, 1(1): 64~68.
- [9] 王之卓. 遥感、地理信息系统及全球定位系统的发展过程及其集成[A]. 见: RS、GIS、GPS 的集成和应用[C]. 北京: 测绘出版社, 1995: 1~8.
- [10] 刘震, 李树楷. 遥感、地理信息系统及全球定位系统集成研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(2): 157~159.
- [11] 刘震, 李树楷. 三“S”一体化技术和方法的探讨[J]. 环境遥感, 1995, 10(2): 152~160.
- [12] 陈述彭, 赵英时. 遥感地学分析[C]. 北京: 测绘出版社. 1990: 175~197.
- [13] 尤红建, 马景芝 等. 基于 GPS、姿态和激光测距的三维遥感直接对地定位[J]. 遥感学报, 1998, 2(2): 63~66.
- [14] 王晓栋, 崔伟宏. 县级土地利用动态监测技术系统研究——以包头市郊区县为例[J]. 自然资源学报, 1999, 14(3).
- [15] 李建龙, 蒋平等. RS、GPS、GIS 集成系统在新疆北部天然草地估产技术中的应用进展[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 504~508.
- [16] 舒宁. 新型传感器与 3S 集成[A]. 见: RS、GIS、GPS 的集成和应用[C]. 北京: 测绘出版社, 1995: 195~199.
- [17] 孙家柄, 舒宁 等. GIS、GPS、RS 集成系统及其应用[J]. 遥感信息, 1995(2): 27~31.
- [18] 孙家柄. 3S 集成系统及其应用[A]. 见: RS、GIS、GPS 的集成和应用[C]. 北京: 测绘出版社, 1995: 210~213.
- [19] 陆锋, 崔伟宏. 车辆导航与监控中 GPS/GIS 实时定位配准误差分析[J]. 遥感学报, 1999, 3(4): 312~317.
- [20] Goodchild M. Geographic Information Science[J]. *IJGIS*, 1992, 6(1): 1~45.
- [21] Gagnon P. Coleman D T. Geomatics, an integrated systematic approach to meet the need for spatial information [J]. *CISM Journal*, 1990, 44(4): 377~379.
- [22] 陈述彭, 曾杉. 地球系统科学与地球信息科学[J]. 地理研究, 1996, 15(2): 1~10.
- [23] 周成虎, 鲁学军. 对地球信息科学的思考[J]. 地理学报, 1998, 53(4): 372~379.
- [24] Chen Shupeng, Zhou Chenghu. Geographic Information Science and Digital Earth[D]. <http://159.226.117.45/towardsdigitalearth.htm>. 2000.
- [25] 陈军. 建设中国 NSDI 推动数字地球发展[A]. 见: 中国地理信息系统协会 1999 年年会论文集[C], 1999: 7~13.
- [26] 陈述彭, 周成虎 等. 信息时代的地理科学研究[A]. 见: 地理学发展与创新[C]. 北京: 科学出版社, 1999: 27~33.
- [27] Goodchild M. Egenhofer M et al. Introduction to the Varenus project[J]. *IJGIS*, 1999, 13(8): 731~745.
- [28] 李德仁, 关泽群. 空间信息系统的集成与实现 [M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2000. 3.

Development on the Integrating of “3S” in the Era of Digital Earth

MA Rong- hua, HUANG Xing- yuan, PU Ying- xia

(Dept. of Urban & Resources Science, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract: The relationship between “3S” and digital earth as well as the essence of GIS, GPS and RS is discussed. Then we analyze the integrating between each of “3S” and the their key technique based on their essence respectively. What's more, the actual situation of development is also analyzed. The defect of the integrating between each other results in the full integrating of “3S”. And the full integrating is one of the front of study on the area of spatial science. As a result, it is very difficult to the study. At the present, the study on the theory is dropped behind the practice. After our analyzing by their development at present and the key technique of integration of GIS, GPS and RS, the conclusions are drawn: (1) the integrating of “3S” is the essential result of development of GIS GPS and RS, and the most extensive application and the most perfect technique is the integrating of GIS and RS. (2) the rapid development of “3S” makes the content of earth system science extend and results in the birth of Geo-informatics. (3) the birth of digital earth benefits from the rapid development of “3S” and the its extensive and successful application. “3S” technique is one of the basic and kernel technique of digital earth. Certainly, the birth of digital earth also pushes the development of “3S” more deeply and more extensively. The technique of “3S” is one of the key techniques of Digital Earth. And they are complemented each other. As a result, they must develop commonly.

Key words: Digital Earth; “3S”; Geo-information Science