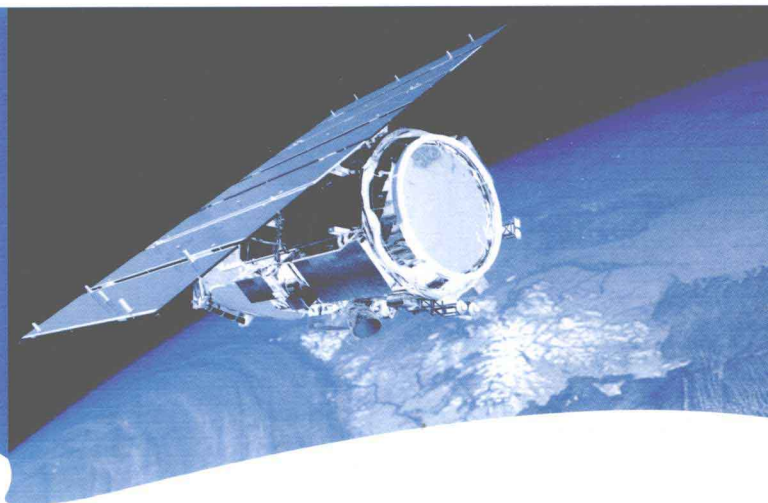


环境空间信息技术 原理与应用

主 编 郭 冻
薛达元
副主编 杜世宏
夏建新
黄 琦



HUANJIANG KONGJIAN XINXI JISHU
YUANLI YU YINGYONG

高等院校环境类系列教材

环境空间信息技术原理与应用

主 编 郭 烁 薛达元

副主编 杜世宏 夏建新 黄 琦

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

环境空间信息技术原理与应用/郭砾, 薛达元主编.

—北京: 中国环境科学出版社, 2011.9

高等院校环境类系列教材

ISBN 978-7-5111-0493-9

I. ①环… II. ①郭… ②薛… III. ①信息技术—
应用—环境科学—研究—高等学校—教材 IV. ①X

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 030680 号

责任编辑 张维平
封面设计 玄石至上

出版发行	中国环境科学出版社 (100062 北京东城区广渠门内大街 16 号) 网 址: http://www.cesp.com.cn 联系电话: 010-67112765 (总编室) 发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)
印 刷	北京市联华印刷厂
经 销	各地新华书店
版 次	2011 年 9 月第 1 版
印 次	2011 年 9 月第 1 次印刷
开 本	787×1092 1/16
印 张	26.25
字 数	600 千字
定 价	78.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

空间信息系统 (spatial information system, SIS), 是地球空间信息科学 (geo-spatial information science) 的技术系统, 它是基于计算机技术和网络通信技术的解决与地球空间信息有关的数据获取、存储、传输、管理、分析与应用等问题的信息系统。其核心技术就是“3S”技术, 即全球定位系统 (GPS)、遥感 (RS) 和地理信息系统 (GIS) 三大支撑技术的简称, 是目前对地观测系统中空间信息获取、存贮、管理、更新、分析和应用的平台。环境空间信息技术就是利用遥感、全球定位技术、地理信息系统和计算机网络等当代宏观资源环境信息采集的主要技术手段, 进行环境信息的采集、存储、处理与分析以及媒体传播与网络通信等诸多方面的研究与管理。在人类面临的全球性环境问题的解决, 经济与信息的全球化, 国家经济战略、安全战略和政治战略的研究与决策, 自然资源的调查、开发与利用, 区域和城市的规划与管理, 自然灾害预测和灾情监控, 工程设计、建设与管理, 环境监测与治理等诸多环境管理与研究的方面, 空间信息技术都有着十分广泛的应用。

环境空间信息技术涉及计算机科学、地图学、生物学、信息和管理学、环境科学、空间科学及测量学等学科, 是用来处理和分析环境空间数据的一门综合性信息技术。经过几十年的发展历程, 环境空间信息技术目前已成为环境和空间信息产业中不可缺少的重要组成部分, 越来越受到世界各国和社会各界的重视, 并广泛用于环境保护的许多部门, 如保护区规划、资源环境管理、生态环境监测、灾害预测、地质勘探测量等领域。随着人们对空间信息认识的逐步加深, 数字产品的日益普及, 以及计算机网络技术的发展, 环境空间信息技术应用的深度和广度还将进一步深入和拓宽, 最终将呈现社会化应用的趋向。

目前, 环境空间信息技术正进入了一个新的发展时期, 其应用和研究已成为国际上的热点领域。鉴于资源和环境是人类赖以生存发展的物质基础, 随着国民经济的迅速发展, 各行各业对资源开发利用和环境保护的需求越来越高, 面临的问题日趋多样化、复杂化。因此在协调经济发展和环境保护, 以及在确保区域可持续发展等重要问题上, 环境空间信息技术都是不可缺少的支撑技术。

本书基于空间信息技术的基本原理,首先系统介绍了遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)的理论基础、技术方法及“3S”技术集成的内涵;继而根据各技术体系在环境中应用的实例,详细介绍了它们在环境领域的最新研究成果和应用实践。内容共分十一章,第一章介绍空间信息系统概述;第二章至第四章主要从环境空间信息的管理与分析、环境信息的空间获取技术、环境信息的空间定位与导航技术的角度论述相关的专业基础知识;第五章介绍了环境信息的交流与发布;第六章至第八章分别从水环境遥感、大气环境遥感、环境灾害调查等方面论述遥感技术的应用;第九章介绍全球定位系统的应用;第十章至第十一章从地理信息技术的角度重点论述该技术在环境保护、灾害预测中的应用。

本书可作为高等院校生态学与环境科学相关专业教材,也可作为相关领域科研和管理人员参考书目。由于作者水平有限,书中难免还存在错误与不足之处,敬请读者给予批评指正。

郭 沛

2011年5月于美国费城

目 录

第 1 章 空间信息系统概述	1
1.1 空间信息系统的相关概念	1
1.2 空间信息系统的组成与功能	8
1.3 空间信息系统的核心技术	9
思考题	11
第 2 章 环境空间信息的管理与分析——GIS	12
2.1 地理信息系统概述	12
2.2 地理信息系统组成	18
2.3 地理信息系统功能	21
2.4 地理信息系统设计	58
2.5 地理信息系统 (GIS) 应用模型	71
思考题	80
第 3 章 环境信息的空间获取技术——RS	81
3.1 遥感概述	81
3.2 遥感原理	85
3.3 遥感系统	111
3.4 遥感图像处理	123
3.5 遥感图像解译	146
3.6 遥感信息模型	161
思考题	171
第 4 章 环境信息的空间定位与导航技术——GPS	172
4.1 全球定位系统概述	172
4.2 GPS 构成	172
4.3 GPS 定位	173
4.4 GPS 导航	176
4.5 误差分析	187
思考题	199

第5章 环境信息的交流与发布——计算机网络.....	200
5.1 计算机网络的概述.....	200
5.2 计算机网络的分类.....	207
5.3 计算机网络结构.....	213
5.4 计算机网络体系结构.....	215
5.5 计算机网络安全.....	229
思考题.....	242
第6章 水环境遥感原理	243
6.1 水体的光谱特征.....	243
6.2 水资源遥感监测.....	247
6.3 水质遥感监测.....	258
6.4 海洋水色遥感.....	275
思考题.....	284
第7章 大气环境遥感	285
7.1 大气环境遥感原理.....	285
7.2 大气微波遥感.....	299
7.3 大气激光探测.....	312
7.4 对地观测卫星对大气圈的监测.....	325
思考题.....	330
第8章 遥感技术在环境灾害调查中的应用	331
8.1 气象灾害遥感.....	331
8.2 地质灾害遥感.....	340
8.3 森林火灾遥感监测.....	345
8.4 病虫害遥感调查.....	348
思考题.....	352
第9章 全球定位技术在生态环境保护中的应用.....	353
9.1 GPS 技术在群落生态研究中的应用.....	353
9.2 GPS 技术在濒危和特有种保护方面的应用.....	357
9.3 GPS 技术在林业资源调查中的应用.....	358
9.4 GPS 技术在环境地形测绘中的应用.....	364
思考题.....	366
第10章 地理信息系统在环境保护中的应用	367
10.1 GIS 在动物生态学中的应用	367
10.2 GIS 在动物卫生学研究中的应用	373

10.3 GIS 在保护区建立与管理中的应用	374
10.4 GIS 在生态学模型中的应用	381
10.5 GIS 在生态环境综合评价中的应用	382
思考题.....	386
 第 11 章 地理信息系统在环境灾害预测中的应用.....	387
11.1 GIS 在滑坡灾害研究中的应用.....	387
11.2 GIS 在水灾风险评估及预测中的应用.....	390
11.3 GIS 在水灾害应急管理决策中的应用.....	395
思考题.....	399
 参考文献	400

第 1 章

空间信息系统概述

1.1 空间信息系统的相关概念

1.1.1 信息与信息系统

1.1.1.1 信息

信息是当今社会的标志。随着社会的进步，人们越来越认识到知识就是力量，信息就是财富。信息在社会生产和人类生活中起到越来越大的作用，并以其不断扩展的内涵和外延，渗透到人类社会、经济和科学技术的众多领域，使人类继工业社会之后，正式迈入信息社会。信息的增长速度和利用程度，已成为现代社会文明和科技进步的重要标志。

信息这一术语是在人类社会互通情报的实践过程中产生的。在 19 世纪以前，人们对信息的认识一直处在原始和经验阶段。虽然理论上没有深刻认识，但是，人类对信息的利用却从来没有停止过，尽管这种利用是低水平的，常常是不自觉的，而且，基本上是通过人类的信息器官的天赋功能来进行。即便如此，人类还是创造了不少方法利用信息。例如，创造文字来记录信息；发明纸张、印刷术储存信息；发明算盘进行信息处理等。人类真正自觉认识信息问题并触及信息本质是在 20 世纪 40 年代以后。随着信息论这一学科的诞生，信息这一名词成了科学上的概念，它的含义就不再仅仅是我们日常生活中所说的信息了。理论上的主要标志是香农（C. E. Shannon）1948 年发表的论文《通信的数学理论》和维纳（N. Wiener）的专著《控制论——动物和机器中的通信和控制问题》，并由此奠定了信息科学的基础。此后，信息科学蓬勃发展，极大地推动了社会的进步。什么是信息？英文“information”信息一词的含义是情报、资料、消息、报道、知识的意思，所以长期以来有人认为，信息就是消息，是具有新内容、新知识的消息。有人认为，信息就是情报，是对我们有价值的情报。不可否认，信息与它们之间的确存在着密切的联系。但是信息的含义要比消息、情报等的含义更广泛、更深刻（张维明等，2009）。

信息不等于情报、知识、情况，它们都只是人类社会中客观存在的部分消息，不代表信息的全体。信息也不等同于消息。我们知道，在电视、电话、广播、互联网等通信系统中传递的是各种各样的消息。这些被传递的消息有着各种不同的形式，例如文字、符号、数据、语言、音符、图像、视频等，所有这些不同形式的消息都是能被人们感觉器官所感知的。人们通过通信，接收到消息后，得到的是关于描述某种事物状态的具体

内容。例如，听气象广播，气象预报为“晴间多云”，这就告诉了我们某地的气象状态，而“晴间多云”广播语言则是对气象状态的具体表述。再如，电视中转播球赛，人们从电视中看到了球赛进展的情况，而电视中播放的视频图像则是对球场状态的描述。可见，语言、图像等消息都是对客观物质世界的各种不同运动状态或存在状态的表述。同样，消息也可以表述人们头脑里的思维活动。例如，朋友给你打电话，告诉你“过几天我要出国”，你就知道了你朋友的想法。这时，此语言消息则反映了人的主观世界——大脑物质的思维运动所表现出来的思维状态。因此，用文字、符号、数据、语言、音符、图片、图像等能够被人们感觉器官所感知的形式，把客观物质运动和主观思维活动的状态表达出来后就成为信息。由此可见，消息中包含信息，是信息的载体。得到消息，从而获得信息，而且统一信息可以用不同的消息来载荷。如前例中，足球比赛的进展情况可以用电视图像、广播、报纸等不同的消息来表述。同一则消息也可以载荷不同的信息。因此，信息与消息是既有区别又有联系的。

历史上，关于信息的定义有几十种之多，我们无须去研究哪种定义更加确切，但是，关于信息可以明确以下两点（边馥苓，2006）：

（1）信息的存在不以主体（如人、生物或机器系统）存在为转移，即使主体根本不存在，信息也可以存在，它在客观上反映某一客观事物的现实情况。例如，人们使用照相机、摄像机可以记录一些正在发生的事件，尽管当时的真实场景现在已经不存在，但是，这些设备记录下来的信息却可以再现当时的情景。再比如，考古学就是从古代遗留的信息中了解曾经发生的历史事件，这些事件在人类历史中或人类出现以前就已经存在，只不过没有为现在的人感知和利用而已。目前，信息已经被公认为物质世界的基本属性之一，它与物质和能量构成物质世界的三大支柱。从这种意义上讲，信息就是信息，它不是物质也不是能量，它是关于物质运动千差万别状态的知识，是事物内部结构和外部联系的运动状态和方式。

（2）信息在主观上可以接受和利用，并指导人们的行动。人类在改造客观世界的过程中，需要从客观世界中获取信息，通过感觉器官感知信息，通过大脑分析、处理信息。这时，信息就具有了比原来意义上更为丰富的内涵。作为主体的人，能够理解信息的状态和方式，能够判断信息的效用价值，能够利用信息来创造价值。从这种意义上讲，信息是主体（人）所感知或该主体所表述的相应事物的运动状态及其变化方式，包括状态及其变化方式的形式、含义及效用。信息（information）与数据（data）是信息系统中最基本的术语，两者的含义并不相同。信息系统工程中对数据的理解是：数据是指记载下来的事实，是客观实体属性的值。或者说，数据是可以记录、通信和识别的符号，它通过有意义的组合来表达现实世界中实体（具体对象、事件、状态或活动）的特征。数据的记载方式多种多样，在逻辑上数据主要包括数值型、文字型、语音型、图形图像型、视频型等多种类型。数据用什么形式表达，取决于不同的媒体，以多种媒体形式表示的数据称为多媒体数据。

信息系统工程中对信息的理解是：

- （1）信息是表现事物特征的一种普遍形式；
- （2）信息是数据加工的结果；
- （3）信息是数据的含义，数据是信息的载体；

(4) 信息是帮助人们做出决策的知识;

(5) 信息是实体、属性、值所构成的三元组。

我们可以这样来理解信息:信息是构成一定含义的一组数据。这个提法把信息理解为一组有意义的数据,从而对信息处理的理解就更清楚一些。信息并非等同于数据,信息是一种已经被加工为特定形式的数据。这种数据形式对接收者来说是有确定意义的,对人们当前和未来的活动产生影响并具有实际价值。由上可知,数据与信息有着不可分割的联系。信息是由处理系统加工过的数据,是一种原料与成品的关系(图 1-1)。

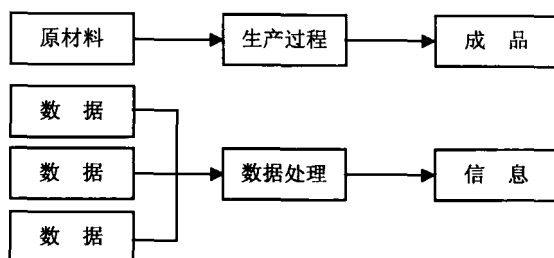


图 1-1 信息与数据关系(引自边馥苓, 2006)

1.1.1.2 信息的性质

(1) 事实性

信息最早是“关于客观事物的可通信的知识,通信是把信息用于事实”。所以,事实是信息的中心价值,不符合事实的信息不仅没有价值,而且,可能价值为负。例如,战场上,获取敌方的情报越准确,则战胜对方的把握越大,己方的损失越小,否则,损失越大。信息反映了客观事物的运动状态和方式,但是,信息不是客观事物本身。信息可以脱离其源物质而相对独立存在。例如,用文字可以记录一个时期政治、经济、科技、文化等的发展状况,随着时间流逝它们已经成为历史,但是文字中记录的信息却是真实历史的反映。事实性是信息的第一和基本的性质。信息系统中,我们应当充分重视信息的事实性,破坏信息的事实性必将会给管理、决策带来错误。事实性是信息收集时最应当注意的性质。

(2) 等级性

信息系统是分等级的,对于同一问题,处于不同管理层次,所要求的信息不同。同样,信息具有等级性,它和管理层一样,分为战略级、管理级和操作级。不同等级的信息其性质也不同。例如,从来源上说,战略计划信息,即关于企业的方向、目标等,关于企业之间的联合,关于世界市场的开拓等,多来自外部,并且,其寿命最长,保密程度最高,处理方法最不固定,信息精度要求最低;管理信息(如企业资源配置、新产品品种、生产效益等)在来源上有内有外,保存寿命、保密要求等较战略计划信息低;操作信息(如生产各项指标完成情况、考勤信息等)大多来自企业内部,保存寿命、保密要求最低,信息的处理方法往往是固定的。

(3) 可压缩性

对信息可以压缩,进行集中、综合和概括,而不会丢失信息的本质。例如,关于牛顿第二定理的论述可以用一个简单的公式表示,实验时可以把实验得到的大量数据组成

一个经验公式等。信息压缩过程中要丢掉一些信息,但丢失的应当是无用的或不重要的信息。由于受计算机处理速度、通信容量、存储容量等的限制,有时,我们没有能力收集、处理和存储一个事物的全部信息,有时也没有必要收集、处理和存储一个事物的全部信息,这时,就要对信息作一定的分析,根据管理的目标,提取和目标相关的信息,舍弃其他信息。这就是信息的不完全性。例如,在视频信息传输时,通常要对信息作压缩,但必须保证图像的可识别性和真实性。只有正确地舍弃信息,才能正确地使用信息。

(4) 扩散性

信息的扩散是其本性,它总是力图冲破保密的非自然约束,通过各种渠道和手段向四面八方传播。信息的密度越大,信息源和接收者间的梯度越大,信息的扩散性越强。信息的扩散存在两面性,一方面它有利于知识的传播,另一方面可能造成信息的贬值。信息系统中,要特别注意信息的保密问题,如果没有很好的安全、保密手段,就不能保证用户正确地使用信息系统,从而导致信息系统的失效。

(5) 可传递性

信息可以通过多种传输渠道、采用多种传输方式进行传递。信息传递需要借助于物质载体。传输渠道可以是报纸、书籍、无线电广播、电话,也可以通过计算机网络和卫星等进行传输。实现信息传递功能的物质载体形式多种多样,称为信息媒介。信息传递的过程中同时伴随着物质、能量的传递,但它较物质、能量的传递更加优越。正是由于信息的可传递性和易于传递性,加快了信息资源的传输,加快了社会的发展。

(6) 共享性

信息的共享性是其重要性质。它可以被共同接收,共同占有,共同享用。物质交换原则是一方得到一物,另一方必然失去一物。信息交换双方不仅不会因信息交换使其中一方失去信息,而且会增加新的信息。这种非零和的特性,造成信息共享的复杂性。信息的共享性有利于信息成为组织的一种资源。严格地说,只有达到信息共享,信息才真正成为资源。

(7) 价值性

信息是经过加工的、有意义的数据,是一种资源,因而是有价值的。索取一份情报,或者利用大型数据库查阅文献所付费用,是信息价值的体现。信息的使用价值必须经过转换才能得到,况且,如果信息寿命衰老很快,转换必须及时,否则,信息就没有什么价值了。信息又是可以增值的,在积累的基础上,信息的增值可能从量变到质变。例如,每天天气预报的信息,预报期一过就不再有用,但多年天气预报信息的积累,可能会使我们发现气候变化的规律,从而指导我们的生产、生活。另外,信息的增值性、再生性使我们能在大量信息中提炼出有用的信息,在司空见惯的信息中分析出重要的趋势(张维明等,2009)。

1.1.1.3 信息系统

广义上说,任何系统中信息流的总和都可视为信息系统(information system, IS)。它需要对信息进行获取、传递、加工、存储等处理工作,如生命信息系统。然而,随着科学技术的进步,信息的处理越来越依赖于通信、计算机等现代化手段,使得以计算机为基础的信息系统得到了快速发展,极大地提高了人类开发利用信息资源的能力。因此,目前普遍认同的信息系统是指基于计算机、通信网络等现代化工具和手段,服务于管理

领域的信息处理系统。对信息系统概念的研究可以追溯到早期对电子数据处理系统和管理信息系统的概念的研究。管理信息系统一词最早出现在 1970 年,肯尼文(W. T. Kennevan)从管理的角度定义它为:以口头或书面的形式,在合适的时间向经理、职员以及外界人员提供过去的、现在的、预测未来的有关企业内部及其环境的信息,以帮助他们进行决策。他强调了信息支持决策,但没有包括计算机和应用模型。1985 年,美国的戴维斯(G. B. Davis)给管理信息系统一个比较完整的定义:它是一个利用计算机硬件和软件,手工作业,分析、计划、控制和决策模型以及数据库的人机系统。它提供信息支持企业或组织的运行、管理与决策功能。这个定义较全面地说明了管理信息系统的目标、功能和组成。从系统的观点看,信息系统是对信息进行采集、处理、存储、管理、检索和传输,必要时能向有关人员提供有用信息的系统,这个定义概括了信息系统的基本功能。从上面的定义可知:

(1) 信息系统的输入与输出类型明确,即输入是数据,输出是信息。

(2) 信息系统输出的信息必定是有用的,即服务于信息系统的目标,它反映了信息系统的功能或目标。

(3) 信息系统中,处理意味着转换或变换原始输入数据,使之成为可用的输出信息。处理也意味着计算、比较、交换或为将来使用进行存储。

(4) 信息系统中,反馈使用于调整或改变输入或处理活动的输出,对于管理、决策者来说,反馈是进行有效控制的重要手段。

(5) 计算机并不是信息系统所固有的。实际上,计算机出现之前,信息系统就已经存在,如动物的神经信息系统。

1.1.1.4 信息系统的基本功能

信息系统是对信息进行采集、处理、存储、管理、检索和传输,必要时能向有关人员提供有用信息的系统。这个定义概括了信息系统的基本功能(张维明等,2009;边馥苓,2006)。

(1) 信息的采集

信息的采集即信息收集。信息系统必须首先把分布在各部门、各处、各点的有关信息收集起来,记录其数据,并转化成信息系统所需形式。信息的采集有许多方式和手段,如人工录入数据,网络获取数据,传感器自动采集等。对于不同时间、地点、类型的数据需要按照信息系统需要的格式进行转换,形成信息系统中可以互相交换和处理的形式,如传感器得到的传感信号需要转换成数字形式才能被计算机接收和识别。信息采集是信息系统的一个重要环节。它关系到信息系统中流动和处理的信息的质量好坏,对信息系统的功能、作用和作用效果有着直接的影响。

(2) 信息的处理

信息的处理即对进入信息系统的数据进行加工处理,如对账务数据的统计、结算、预测分析等都需对大批采集录入到的数据作数学运算,从而得到管理所需的各种综合指标。信息处理的数学含义是:排序、分类、归并、查询、统计、预测、模拟以及进行各种数学运算。现代化的信息系统都是依靠规模大小不同的计算机来处理数据,并且,处理能力越来越强。

（3）信息的存储

数据被采集进入系统之后，经过加工处理，形成对管理有用的信息，然后，由信息系统负责对这些信息进行存储保管。当组织相当庞大时，需存储的信息是很大的，就必须依靠先进的存储技术。这时，有物理存储和数据的逻辑组织两个问题。物理存储是指将信息存储在适当的介质上；逻辑组织是指按信息的逻辑内在联系和使用方式，把大批的信息组织成合理的结构，它常依靠数据存储技术。

（4）信息的管理

一个系统中要处理和存储的数据量很大，如果不管重要与否，有无用处，盲目地采集和存储，将成为数据垃圾箱。因此，对信息要加强管理。信息管理的主要内容是：规定应采集数据的种类、名称、代码等，规定应存储数据的存储介质、逻辑组织方式，规定数据传输方式、保存时间等。

（5）信息的检索

存储在各种介质上的庞大数据要让使用者便于查询。这是指查询方法简便，易于掌握，响应速度满足要求。信息检索一般要用到数据库技术和方法，数据库的组织方式和检索方法决定了检索速度的快慢。

（6）信息的传输

从采集点采集到的数据要传送到处理中心，经加工处理后的信息要送到使用者手中，各部门要使用存储在中心的信息等，这时都涉及信息的传输问题，系统规模越大，传输问题越复杂。

1.1.1.5 信息系统的类型

信息的需要完全取决于管理的层次，设计一个系统要满足组织中所有层次人员的信息需要，这种系统是很复杂的，因为组织中使用的信息在数量、状态和类型上都是易变和不可预知的。在组织中将信息系统分成三个管理层次：操作层（底层）、战术层（中间层）和战略层（顶层）。操作层包括的人员如会计师、销售人员和商店监理，他们执行日常工作和上级管理所做的计划；战术层包括组织中的高级管理人员和参与最高管理的中层管理人员；而管理层负责决定组织的发展方向。为了解决系统复杂性这一问题，大多数组织建立不同类型的系统来满足他们的需要，见信息系统类型图（图 1-2）：

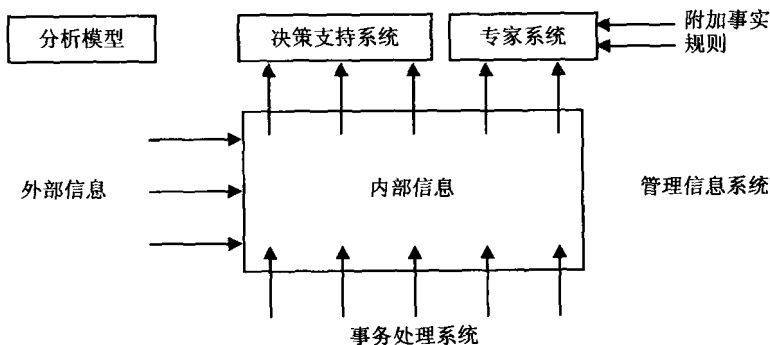


图 1-2 信息系统的类型（引自邬伦等，2004）

（1）事物处理系统（transaction process system，TPS）主要用于支持操作层人员的

日常活动，它主要负责处理日常事务。

(2) 管理信息系统 (management information system, MIS) 需要包含组织中的事务处理系统，并提供了内部综合形式的数据，以及外部组织的一般范围和大范围的数据。许多战术层提供的信息能按照该层管理者希望的那样以熟悉的和喜欢的形式提供。但是，为战术层管理者提供的另外一部分信息和大多数为战略层管理者提供的信息是不可能事先确定的。这些不确定性对管理信息系统的设计者来说是个很大的挑战。

(3) 决策支持系统 (decision support system, DSS) 能从管理信息系统中获得信息，帮助管理者制定好的决策。该系统是一组处理数据和进行推测的分析程序，用于支持管理者制定决策。它是基于计算机的交互式的信息系统，由分析决策模型、管理信息系统中的信息、决策者的推测三者相组合达到好的决策效果。

(4) 人工智能和专家系统 (expert system, ES) 是能模仿人工决策处理过程的基于计算机的信息系统。专家系统扩大了计算机的应用范围，使其从传统的资料处理领域发展到智能推理上来。MIS 能提供信息帮助制定决策，DSS 能帮助改善决策的质量，只有专家系统能应用智能推理制作决策并解释决策理由。专家系统由五个部分组成：知识库、推理机、解释系统、用户接口和知识获得系统。

1.1.2 空间信息系统的定义

空间信息系统是实现“数字地球”战略目标的有效技术途径。“数字地球”是为实现各自的国家目标服务的。在“国家”这种群体形式存在的今天，谁掌握了“数字地球”，谁就可以对本国及世界其他国家的经济、军事及其他相关状况了如指掌，成为制定和实现国家经济战略、安全战略和政治战略目标的重要工具（李树楷，薛永棋，2000）。数字地球主要包括三个部分：一是可联网的、分布式的地球数据库，有大量的地理空间信息；二是一个三维界面和一个多分辨率浏览器；三是具有集成和显示不同数据源信息的机制。可以认为，数字地球就是三维或四维多媒体或多媒体的地球空间信息系统 (spatial information system, SIS)，简称空间信息系统。

空间信息系统是地球空间信息科学 (geo-spatial information science-geomatics) 的技术系统，它是基于计算机技术和网络通信技术的解决与地球空间信息有关的数据获取、存储、传输、管理、分析与应用等问题的信息系统。空间信息系统是地理信息系统 (geographic information system, GIS)、土地信息系统 (land information system, LIS)、地籍信息系统 (cadastral information system, CIS) 等的总称，在人类面临的全球性环境问题的解决，经济与信息的全球化，国家经济战略、安全战略和政治战略的研究与决策，自然资源的调查、开发与利用，区域和城市的规划与管理，自然灾害预测和灾情监控，工程设计、建设与管理，环境监测与治理，战场数字化建设与作战指挥自动化等诸多方面，空间信息系统都有着十分广泛的应用。

1.1.3 空间信息系统与地理信息系统的区别与联系

地球空间信息系统 (geo-spatial information system)，简称空间信息系统 (SIS)，是地球空间信息科学的技术系统，它是基于计算机技术和网络通信技术的解决与地球空间信息有关的数据获取、存储、传输、管理、分析与应用等问题的信息系统。

地理信息系统是地理信息科学的技术系统，它是在计算机软硬件的支持下，运用系统工程和信息科学的理论和方法，综合地、动态地获取、存储、传输、管理、分析和利用地理信息的空间信息系统。可以说，地理信息系统（GIS）是空间信息系统（SIS）的典型代表。

SIS 是一个比 GIS 更广的概念，它显然具有与地理信息系统相同的功能部件(functional components)，但是它能处理的数据和能解决的问题要广泛一些。不过，在一般不至造成混乱的情况下，SIS 与 GIS 两个术语是可以互相代用的。

SIS 或 GIS 与一般信息系统最大的区别在于，它不仅能够存储、分析和表达现实世界的各个对象的属性信息，而且能够处理其空间定位特征，能够将空间信息和属性信息有机地结合起来，从空间和属性两个方面对现实世界的各个对象进行查询、检索和分析，并将结果以各种直观的形式形象而精确地表达出来。其主要特征如下：

(1) SIS 或 GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统，该系统由计算机软硬件环境、多功能软件模块、能准确描述地球空间地理实体的空间数据和便于沟通人机交互的用户界面组成。

(2) SIS 或 GIS 的操作对象是地球空间数据，即地球空间实体（地理实体）的空间位置数据及相应的属性数据和拓扑关系数据，这是它区别于其他类型信息系统最根本的标志，也是它的最大特点和难点。

(3) SIS 或 GIS 的技术优势，在于它的集地球空间数据采集、存储、管理、分析、制图、显示与输出于一体的数据流程，在于它的空间分析、预测预报和辅助决策的能力，这是它研究的核心（王家耀，2004）。

1.2 空间信息系统的组成与功能

空间信息系统（SIS）是由多媒体地球空间数据库子系统，模型库、知识库和符号库构成的支撑工具子系统，地球空间数据获取（采集）子系统，空间数据查询与分析子系统，仿真与虚拟子系统，决策支持子系统，制图、显示与输出子系统等部分组成（图 1-3）。

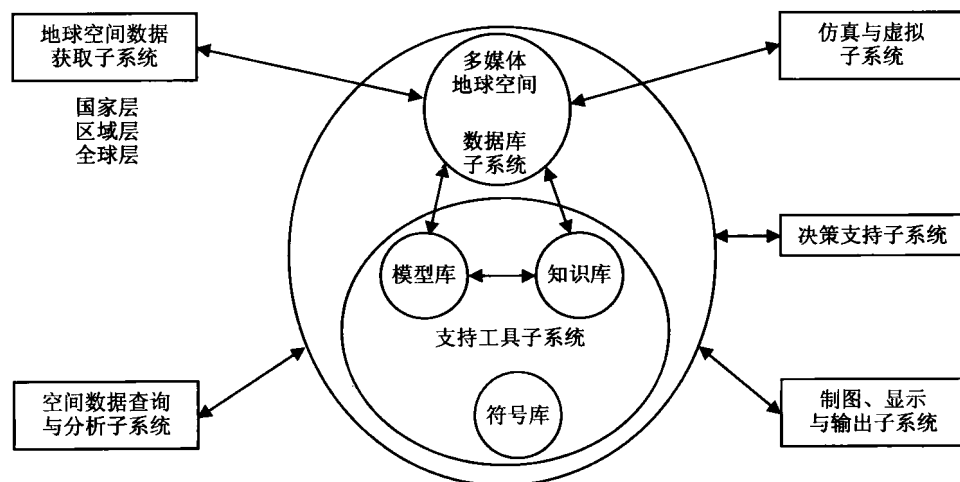


图 1-3 空间信息系统构成框架（引自王家耀，2004）

(1) 地球空间数据库(地理数据库)子系统

它是 SIS 的核心,是系统赖以运行的基础,是系统各种操作的对象,它依赖于空间数据基础设施建设提供符合标准的空间数据(地理数据),为空间数据的查询与分析、仿真与虚拟、决策支持、制图与显示输出提供所需空间数据集。空间数据库的管理功能至关重要,是有效发挥空间数据库作用的关键。

(2) 模型库、知识库和符号库构成的支撑工具子系统

模型库:面向用户的各种分析应用模型的集合。它要从地球空间数据库中存取数据,还要通过知识库调用知识,为空间数据分析、决策支持提供模型工具。

知识库:与使用地球空间信息系统有关的各方面知识的总结,存储在计算机中的知识的集合。在知识推理过程中需要调用空间数据库中的数据。由于模型本身是一种过程性知识,所以推理过程中还要调用模型,是动态地辅助决策的核心。

符号库:它以空间数据的图形显示和输出为目的,包括地图符号库和军标符号库,地图符号库是普通地图和专题地图符号的集合,军标符号库为军队标号和符号的集合。

(3) 地球空间数据获取(采集)子系统

目前,它仍是 SIS 的“瓶颈”,没有它,SIS 就是“空的”,就成了“无源之水,无本之木”。它通过全球定位系统(GPS)、遥感(RS)、地图数据采集等多种手段获取地球空间数据,并进行融合与集成。

(4) 地形仿真与虚拟现实子系统

无论从理论还是从技术的角度讲,地形或地理环境仿真与虚拟现实只能是空间信息系统的一个子系统,是扩展 SIS 功能和应用效果的技术手段。它依赖于多媒体地球空间数据库提供所需数据。为空间数据查询与分析、决策支持提供三维、动态、身临其境、可交互操作的地理环境。

(5) 空间数据查询与分析子系统

空间数据查询是 SIS 的基本功能模块,它通过空间数据库引擎高效访问海量空间数据库,为空间分析提供所需数据。SIS 的空间分析功能包括网络分析、缓冲分析、叠置分析、地形分析,以及实现数据挖掘的各种联机分析方法。

(6) 决策支持子系统

具备决策支持功能,是 SIS 发展的高级阶段。它是在多媒体地球空间数据库和支撑工具、空间查询与分析等子系统支持下实现的,是一种由数据、模型和智能支持的辅助决策子系统。目前的 SIS 大多还不具备这方面的功能。

(7) 制图、显示与输出子系统

是 SIS 的重要组成部分。它是在多媒体地球空间数据库、符号库的支持下,利用地图制图功能直观地表达查询与分析结果,直接为用户提供结论性的专题地图和专题数据集,以及各种比例尺的数字地图和各种输出方式输出的模拟地图,包括三维地图。

1.3 空间信息系统的核心技术

全球定位系统(GPS)、遥感(RS)和地理信息系统(GIS)是目前对地观测系统中空间信息获取、存贮、管理、更新、分析和应用的三大支撑技术(以下简称3S),它们有