



DILIKONGJIANQINGBAOXUE
JIAOCHENG

地理空间情报学 教程

周春平 付 琨 等编著



国防大学出版社

地理空间情报学教程

DILI KONGJIAN QINGBAOXUE JIAOCHENG

周春平 付 琨 等编著

国防大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地理空间情报学教程/周春平, 付琨等编著.

—北京: 国防大学出版社, 2016. 6

ISBN 978 - 7 - 5626 - 2399 - 1

I. ①地… II. ①周… ②付… III. ①地理信息学 - 情报学 - 教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 103363 号

地理空间情报学教程

周春平 付 琨 等编著

出版发行: 国防大学出版社

地 址: 北京市海淀区红山口甲 3 号

邮 编: 100091

电 话: (010) 66772856

责任编辑: 卜延军

责任校对: 邓彦防

封面设计: 王联众

经 销: 新华书店

印 刷: 北京毅峰迅捷印刷有限公司

开 本: 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张: 30.75

字 数: 458 千字

版 次: 2016 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 68.00 元

(如有质量问题, 本社负责调换)

序

当今世界面临恐怖袭击、局部战争、自然灾害等多种安全威胁，应对这些威胁需要及时准确的情报信息支持。资料表明，约80%的情报信息与地理信息密切相关。现代局部战争中，快速、准确地获取情报，特别是目标（任务区）的地理位置等信息，是取得战争胜利的关键因素。由信息技术快速发展和情报需求牵引结合而催生的地理空间情报为破解上述情报难题提供了新的方法和思路。

地理空间情报概念最早诞生于美国，它是通过融合空间遥感、地理信息和情报领域相关技术发展而成的一个情报门类和技术方法，具有对目标的高精度定位能力、细节表达能力以及在线的多源情报融合共享应用能力。地理空间情报通过建立开放、灵活、可靠的体系框架，将地理空间信息与情报信息有机融合，为决策者和军事行动提供一个通用、互操作的一体化综合信息环境。目前，美国已构建了较为完善的地理空间情报保障体系，并成功应用于国家政策制定、作战支援、国土安全防护、情报合作及突发事件等各类涉及国家安全和利益的领域。正如美国众议院常设情报委员会主席 Pete Hoekstra 所言，“地理空间情报科学是指引未来情报的基础和动力”。地理空间情报在美国的快速发展得益于地理空间情报专业人才培养，拥有完善的教育和培训体系。我国在地理空间情报领域的研究和应用尚处于起步阶段，亟待开展相关研究和建设工作。

周春平研究员带领的研究团队一直致力于地理空间情报研究，完成了“地理空间情报基础理论体系”“地理空间情报技术体系”

和“地理空间情报应用体系”等研究，在国内开展了从信息获取、处理、数据组织到情报分析、产品生产、分发共享应用的全流程地理空间情报技术体系框架研究和试验。该书系统论述了地理空间情报的成因、发展、技术和应用流程，涵盖了作者在该领域最新研究成果，体现了地理空间情报领域的基本要素和最新进展，具有较高的学术价值。

我愿意向广大读者推荐《地理空间情报学教程》这本专著，希望该书的出版对我国地理空间情报学的研究、发展、应用和人才培养起到积极推动作用。

周志鑫

2015.9.1

前 言

地理空间情报学是一门将图像、图像情报、地理空间信息相结合而发展起来的情报理论和技术方法，它是美国在信息时代提出的新的国家情报保障模式，是一门多学科交叉的全新学科。地理空间情报将情报与测绘科学相融合，并通过构建通用、互操作的情报保障平台，满足各级用户的情报需求。地理空间情报在军事决策、作战指挥、武器制导、计划制定等方面有着广泛的应用，同时在国土防护、突发事件救援等方面也发挥了重要作用。

当前，我国在地理空间情报领域的研究和应用刚刚起步，普遍缺乏对地理空间情报基础理论知识的系统介绍和完整理解，一定程度制约了地理空间情报的发展。本书针对广大读者对地理空间情报理论知识的迫切需求，重点介绍地理空间情报基本概况、数据搜集、数据组织与管理、数据分析、生产分发、可视化展示、共享服务、多领域应用等方面内容。

本书由周春平和付琨研究员主持编撰，拟定了全书的提纲，并负责各章节核心问题的凝练、梳理和最终审定。牛珂、余伟和杨晓月参与全书的统稿、审校和组织工作。全书共分为十章。第一章，地理空间情报概述由周春平、付琨、牛珂、杨晓月、余伟、马燕完成；第二章地理空间情报数据由杨瑞云、魏万军、孙佳、吴正升、余伟完成；第三章地理空间情报数据组织与管理由吴正升、谢宁、余伟完成；第四章遥感影像分析由时春雨、马璐、余伟完成；第五章地理信息空间分析由王建涛、王俊、赵俊保、马楠完成；第六章情报分析与融合由马兰、魏万军、付琨、邢霞、杨晓月完成；第七章地理空间情报可视化由段晓辉、魏绍宁、刘

艳博、李晓斌完成；第八章地理空间情报产品生产由马兰、周春平、付琨、杨晓月、潘娜完成；第九章地理空间情报共享服务由许东、王守斌、张学军、张秀玲完成；第十章地理空间情报应用由牛珂、周春平、付琨、杨晓月、俞明、马燕完成。

本书既可作为普及地理空间情报知识的理论读本，用于基础知识教学和培训服务，对于提升我军信息化条件下情报保障意识和能力都大有裨益；也可为信息条件下情报保障系统建设的顶层设计提供相关理论支撑。

由于地理空间情报学是一个发展中的全新学科领域，更兼编写工作匆促，所以有许多不足之处，欢迎广大读者批评指正。

目 录/CONTENTS

1 地理空间情报概述	1
1.1 地理空间情报定义	1
1.2 地理空间情报发展历程	6
1.3 地理空间情报产生原因	9
1.4 地理空间情报特点	13
1.5 地理空间情报作用	18
1.6 地理空间情报学	19
2 地理空间情报数据	29
2.1 数据类型	29
2.2 不同特性的传感器	42
2.3 遥感数据搜集系统	47
2.4 基础地理空间数据采集	65
2.5 情报搜集	74
3 地理空间情报数据组织与管理	83
3.1 地理空间坐标参考系	83
3.2 矢量地理空间数据组织与管理	97
3.3 遥感影像数据组织与管理	115
3.4 全球框架下的空间数据组织	130
4 遥感影像分析	147
4.1 遥感影像分析准备	147
4.2 遥感影像变化检测	149
4.3 面向对象影像分类	154

4.4	目标检测	160
4.5	集成与融合	176
4.6	可见光影像解译分析	180
4.7	红外影像解译分析	183
4.8	高光谱影像解译分析	186
4.9	SAR 影像解译分析	187
5	地理信息空间分析	196
5.1	空间分析技术概述	196
5.2	叠置分析	197
5.3	网络分析	203
5.4	Voronoi 图空间分析	206
5.5	空间统计分析	211
5.6	三维战场虚拟仿真分析	219
5.7	空间信息挖掘技术	227
5.8	空间分析技术军事应用	241
6	情报分析与融合	261
6.1	情报分析方法	261
6.2	情报融合方法	288
7	地理空间情报的可视化	311
7.1	可视化的概念及应用	311
7.2	地理空间情报中的可视化技术	317
7.3	全球框架下的地理空间情报可视化体系结构	355
8	地理空间情报生产	371
8.1	地理空间情报生产	371
8.2	地理空间情报产品	381
8.3	典型地理空间情报产品介绍	391
9	地理空间情报共享服务	407
9.1	地理空间情报共享服务发展概述	407

9.2 地理空间情报共享机制	409
9.3 系统共享应用模式	410
9.4 地理空间情报共享流程	414
10 地理空间情报应用	418
10.1 地理空间情报支援联合作战	419
10.2 地理空间情报支援非战争军事行动	432
10.3 典型应用系统	452
10.4 地理空间情报应用模式分析	455
附录1 术语和定义	462
附录2 美国国家地理空间情报局	466
附录3 美国国家地理空间情报系统	468
附录4 美军地理空间情报产品	469
参考文献	479

1 地理空间情报概述

1.1 地理空间情报定义

地球是人类赖以生存的美好家园，地球上不但有高山、平原、海洋、河流等自然要素，还包括了建筑物、道路、堤坝等人工地物，以及时刻发生着的自然和人类活动。其中，每一要素都分布在一定的地理位置上，具有地理空间坐标。

人类通过手工的方法，或者通过先进的技术手段，如测量系统，利用可见光、红外、多光谱、高光谱等传感器来搜集反映自然界和人类活动的的数据。原始数据本身的效用是十分有限的，将搜集到的数据进行处理与加工，包括格式转换和图像处理等，转换为其他形式，并被赋予特定意义，也就是将数据转化为信息，不但人类易于理解，而且效用也得到了增强。

信息本身是一个或一系列可能对决策者有用的事实，通过情报分析专家和整编专家，将信息进行分析与整编，把来自多个源头的信息进行综合、评价、分析和诠释，使之成为一组新的事实，即情报。情报可以提供给各级用户，对未来的局势和环境做出预期和推测，辅助决策。最终令我们对形势做出有意义评估的，不是更多的信息，而是情报。数据、信息和情报的关系如图 1.1 所示。

人类在地球上从事的任何活动都必然在一定的时间和空间中进行，必然带有位置属性信息。因此，基于时间和空间的基础地理框架，可以对其中所汇集的多源信息进行综合、分析和评估，从中得出涉及国家安全和利益的一些带有预测性的知识，解决“谁”“在哪里”“干什么”“将要干什么”的问题，也就是基于地理空间信息的情报。

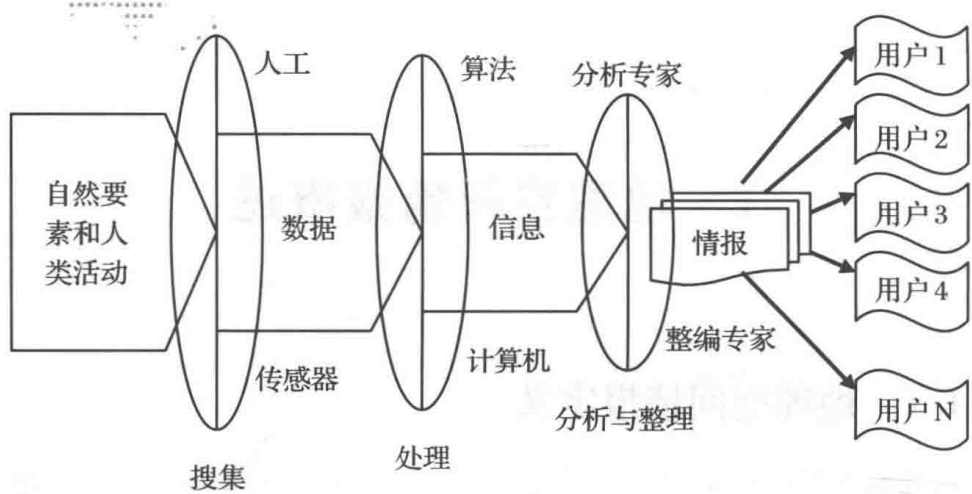


图 1.1 数据、信息和情报的关系

1.1.1 数据

数据是对客观事物的符号表示，是用于表示客观事物的未经加工的原始素材，如图形符号、数字、字母等。或者说，数据是通过物理观察得来的事实和概念，是对现实世界中的地方、事件、其他对象或概念的描述。

原始数据称为源数据，对这些源数据进行处理，从这些原始、无序的、难以理解的数据中抽取或推导出新的数据，这些新的数据称为结果数据。结果数据中对某些特定的人来说有价值、有意义的称为信息，可作为某种决策的依据或用于新的推导。这一过程被称为数据处理或信息处理。

1.1.2 信息

信息是物质存在的一种方式、形态或运动状态，也是事物的一种普遍属性，一般指数据、消息中所包含的意义，可以使消息中所描述事件的不定性减少。

信息无所不在，可以感知，但它不是事件和物质本身，信息是客观事物的存在方式或运动状态，以及关于客观事物存在方式或运动状态的陈述。不同的事物具有不同的存在方式和运动规律，从而构成了各种事物的不同特征。信息普遍存在于自然界、社会界以及人的思维之中，是客观事物本质特征千差万别的反映。信息分为两大类：自然信息与社会

信息。

数据和信息两者既互相联系又有所区别。数据是信息的符号表示,或称载体;信息是数据的内涵,是数据的词意解释。信息是数据存在的一种形式,数据只有通过解释处理才能成为有用的信息。数据可用不同的形式来表示,而信息不会随不同的数据形式而改变。

1.1.3 情报

对于“情报”的概念,目前尚未形成统一定义。克劳塞维茨在《战争论》中指出:“说到‘情报’,指的是关于敌人及其所属国家的各种信息——简而言之,就是我们自己计划和行动的基础。”目前,情报定义有的侧重于其军事含义,有的侧重于知识性,有的侧重于情报的生产过程。美国情报界对情报的定义分为文职部门和军方两种观点。

文职部门对于情报的定义是:情报是有关我们周围世界的知识。它能辅助文职和军事领导人做出决策,为应对和反制对美国利益的威胁提供支持。该定义侧重于情报的知识含义。

军方对于情报的定义是:情报是有关战斗空间和在此战斗空间中威胁力量的知识。知识的产生是为了辅助指挥官的决策,它是对所获得的有关战斗空间和威胁信息经过搜集、处理、加工、评价、综合、分析和诠释的结果。该定义侧重于情报工作的流程。

从上述定义中,可以归纳出与情报相关的三点结论。

1. 情报本质上是一种知识,这是情报最根本的含义。
2. 情报工作的主要对象是对手(或敌方),情报的主要内容是有关对手(或敌方)的情况,但也包含对己方情况的了解。
3. 情报的最终用途是为决策提供支持。情报作为一种有用的知识,是为各级决策者提供保障,其最终目的是为了维护国家的安全和利益。正因如此,情报工作的开展应以用户的需求为指导。

情报有多种分类法。其中,美国情报界按照情报搜集手段将其划分为:人力情报、地理空间情报、测量与特征情报、信号情报、公开来源情报、技术情报和反情报七类。它们被称为情报门类,也被美国情报界称为顶层概念,即“采用特定类别的技术或人力来源而清晰界定的情报搜集、处理、分析和分发领域”。“地理空间情报”则是取代原有“图像

情报”发展而成的一个新的情报门类。

1.1.4 地理空间情报

地理空间情报 (Geospatial Intelligence) 是指对影像与地理空间信息进行研究与分析,用来描述、评估和可视化地球上自然要素及与地理位置相关的活动。地理空间情报由图像、图像情报和地理空间信息组成。

其中,“地理空间”一词,意味着地理空间情报侧重于描述地球上一定位置的自然特征和人类活动。“Geo”源自希腊文,代表地球。“空间”指位置。因此,简单地说,地理空间情报表示地球上的什么东西在什么地方。然而,作为一门情报学科和特定的情报门类,地理空间情报远远超出了回答“在哪里”的问题。地理空间情报是指:对涉及地球上与位置相关的自然或人工要素等相关信息的搜集、处理和分析,并对其进行可视化表述,从中得出具有空间位置的有用信息。同时,基于情报学角度,地理空间情报可以理解作为一种“知识”,也可以理解作为一种活动或组织,指为获取这种“知识”而采取的搜集、处理、分析、分发和评估反馈等一系列活动。

地理空间信息是地理空间情报的基础框架和主要数据来源。情报本质是对含糊、未知或隐晦信息的处理,其本身就存在于一定的时空要素之中,借助于地理空间信息所提供的基础框架,可以开展情报分析工作,从而揭示事物的真相,并且对未来发展趋势进行预测。因此,地理空间信息与情报互为依存,情报在地理空间信息基础框架之上,为各级决策者在事关国家安全和利益的重大决策中提供可靠的知识保障。

“地理空间情报”是一种活动,是情报专业中的一个实践专业领域。对地理空间情报的理解见图 1.2。

1.1.5 地理空间情报基本组成要素

影像、图像情报和地理空间信息是地理空间情报的三个基本组成要素。如图 1.3 所示。这三个要素所具备的基本性能及其产品是构成地理空间情报的基础。

影像是指自然或人工地物以及相关目标和活动的照片或影像,也包括获取影像时的位置数据。主要指由天基卫星、有人(无人)机载平台或其他类似手段获取的照片和影像(该术语不包括由人手工拍摄的照片)。

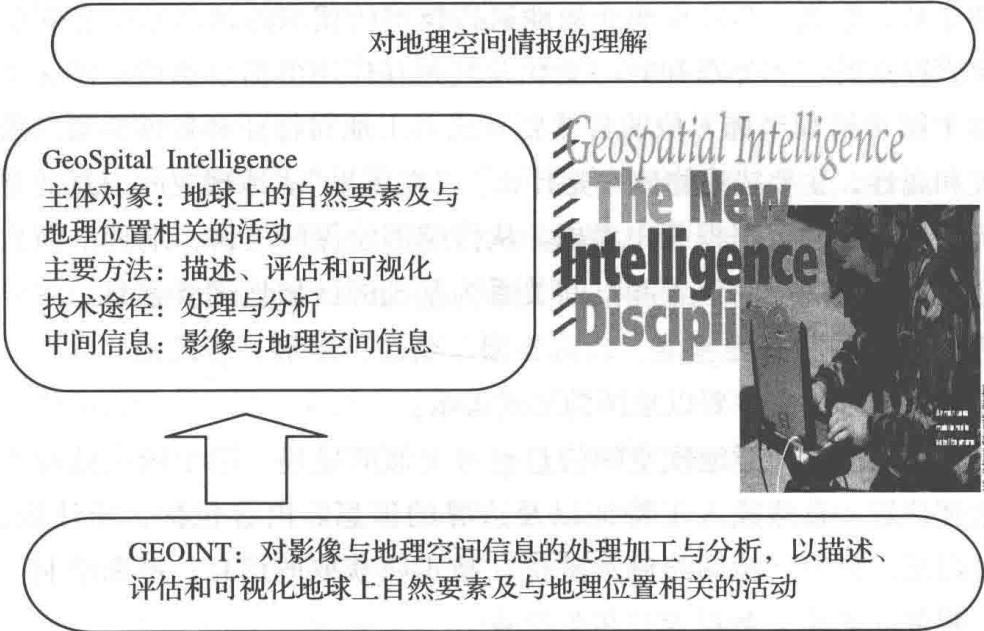


图 1.2 地理空间情报的理解

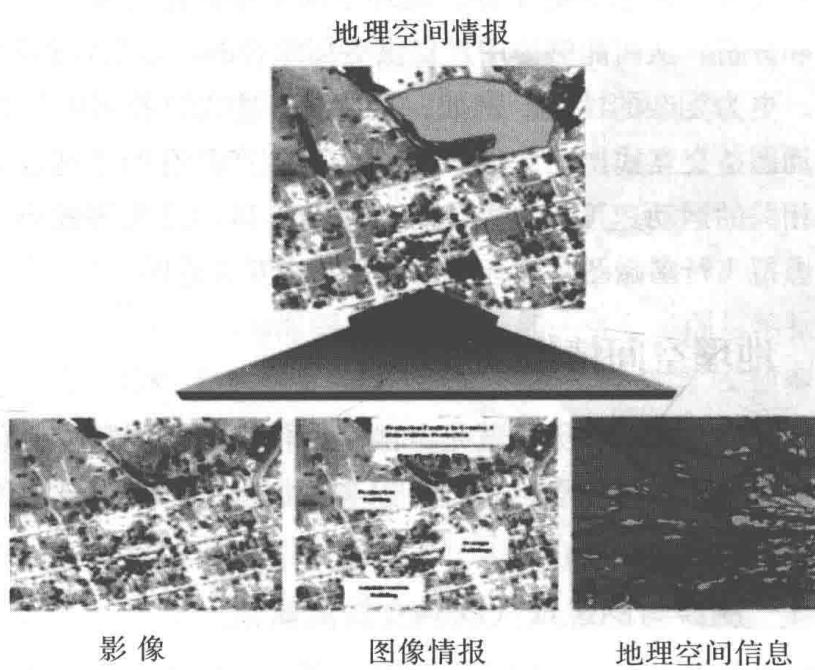


图 1.3 地理空间情报的组成要素

图像情报是指通过对图像和相关资料进行判读或分析，从而获得目标的技术性能、地理位置和相关情报的信息。地理空间信息，广义上指

各种星载、空载、车载和地面测地遥感技术所获取的地球系统各圈层物质要素存在的空间分布和时序变化及其相互作用的信息总体；狭义上指地球上赋予地理坐标方位的自然要素或人工地物特征和各种界限的精确位置和属性，主要描述物体“是什么”“在哪里”。地理空间信息通常被纳入到地理空间数据框架中考虑。从传统测绘保障上讲，地理空间数据框架是指以地理空间位置和空间关系为基础的区域地理要素集，主要包括空间坐标系和高程基准、政区界限、交通、地形、居民地、水系、地面覆盖等内容，它主要以地图的形式表示。

美国的法典中对地理空间信息也有类似的描述：用于确定地球上相关地理位置，自然或人工特征以及边界的信息。内容包括，统计数据；通过遥感、测绘（地图绘制和测量）技术所获取的信息；地图绘制、制表、测量（测绘）数据及其相关产品。

图像、图像情报、地理空间信息三者是作为地理空间情报互为补充的基本要素而非互相独立的个体。地理空间情报的能力来源于对三者能力的融合和分析，从而能够为用户提供更加综合的、定制化的情报产品，具有更新、更为复杂的性能。例如，通过对一些先进技术的综合应用来创建一些动态、交互式产品，如“任务仿真”产品有助于确定与任务或情报问题相关的运动速度，以及水流、潮汐、风、日光等效果，其形式多体现为虚拟飞行鸟瞰图、任务场景想定和交互式地图等。

1.2 地理空间情报发展历程

地理空间情报的发展历程就是以测绘为代表的地理空间信息与以图像情报为代表的情报相融合的过程，以美国地理空间情报发展历程为代表，主要划分为三个阶段。

1.2.1 测绘与图像情报的独立发展阶段

美国的测绘工作始于1803年。当年，托马斯·杰弗逊总统向新近获得的路易斯安娜地区派出了一支部队，用以对该地区进行调查并绘制地图，这便是美国最早独立实施测绘业务的开始。随后美国海军为了不依赖于英国或商业的航海图，在1830年建立了海图及测量仪器库。美国在绘制地图与海图方面的相关努力一直持续到第一次世界大战期间，这一

时期也是美国测绘业务的创始和萌芽期。

第一次世界大战期间,航空摄影逐渐成为获取战场情报的主要来源。通过对航空影像的立体观测,照片判读人员可以对数千幅航空图像进行分析、研究,并在此基础上逐渐产生了现代的图像解译和绘图法。

第二次世界大战期间,随着美国的参战,对于地图和图像情报保障的需求也急剧增长。由于在航空、照相机以及胶片等方面所获得的技术进步,极大地增加了航空照相在军事方面的应用。在此期间,将地图与解译照片相结合,这一新的方法也日趋成熟。

战后,出于对经济、军事以及对付苏联情报的需要,对相关的情报和测绘部门进行了重组和改革。1956年6月21日,艾森豪威尔总统下达命令,使用U-2高空侦察机对苏联进行秘密侦察,以查明莫斯科的动向及其潜力。与此同时,美国也开始制定一项计划,研制回收型的照相侦察卫星。这便是“科罗纳”卫星计划,该计划的首颗侦察卫星发射于1960年8月19日。为便于对该系统获取的数据进行分析,1961年1月,艾森豪威尔总统授权创建国家照片判读中心。该中心结合中央情报局、陆军、海军和空军的相关资源,解决国家所需的情报问题。

越南战争之后,出于对经济发展、新技术应用以及日益匮乏资源的需求,1972年7月1日美国国会通过法令,撤销各军兵种所属的测绘机构,创建统领美国测绘技术和装备的新机构——国防部制图局。该局包括了陆军测绘司令部、海军海洋局海图生产与发行部、空军航图与情报中心、军事空运司令部第1382大地测量中队、战略空军司令部第15侦察技术中队测绘队、美洲大地测量局及中美洲和南美洲的分支机构,以及陆军工程兵部的工程测量学校等单位。在1990年的“沙漠风暴行动”期间,国防部制图局提供了超过660万张各类地图,有力保障了军事行动的顺利实施。

1.2.2 测绘与图像情报的初步融合阶段

20世纪90年代中期,随着国家安全环境的转变,为进一步提升情报和测绘的保障力度,情报界认为有必要将两者的机构和职能进行整合,以期实现国家测绘与图像情报资源的全面融合,进而能够提供一体化的测绘(地理空间信息)保障体系。1996年,美国国会、中央情报局和国防部协商同意将国家的制图和影像分析资源相结合,成立了国家影像与