

ArcGIS 影像手册

新角度，新视野



由 Clint Brown 和 Christian Harder 编辑

ArcGIS[®]

影像手册

新角度，新视野

Esri Press
加利福尼亚州，雷德兰兹市

Esri Press, 380 New York Street, Redlands, California 92373-8100

Copyright © 2016 Esri

保留所有权利。

印刷地：美国

19 18 17 16 15 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

除非另有说明，否则本文档中包含的信息均为 Esri 的专有资产。本产品受美国版权法、特定来源国版权法以及适用国际法、公约和/或惯例的保护。未经 Esri 的书面许可，不得以任何形式或通过任何手段（电子的或机械的）复制或传输本产品的任何部分，包括复印或录制，或通过任何信息存储介质或检索系统。所有申请均应发送到：Contracts and Legal Services Manager, Esri, 380 New York Street, Redlands, California 92373-8100, USA。

本文档中包含的信息如有变动恕不另行通知。

美国政府限制权利：此处提供的任何软件、文档和/或数据均遵守许可协议的条款。许可协议中的商业许可权严格管制许可证持有者对软件、数据和文档的使用、复制或披露。在任何情况下，美国政府都不应获得超过限制权的权利。至少美国政府在使用、复制或披露时需遵守如下适用条款所述限制条件：FAR §52.227-14 Alternates I、II 和 III（2007 年 12 月）；FAR §52.227-19(b)（2007 年 12 月）和/或 FAR §12.211/12.212（商业技术数据/计算机软件）；和 DFARS §252.227-7015（2011 年 12 月）（技术数据 - 商业项目）和/或 DFARS §227.7202（商业计算机软件和商业计算机软件文档）。承包商/制造商是 Esri, 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA。

@esri.com, 3D Analyst, ACORN, Address Coder, ADF, AML, ArcAtlas, ArcCAD, ArcCatalog, ArcCOGO, ArcData, ArcDoc, ArcEdit, ArcEditor, ArcEurope, ArcExplorer, ArcExpress, ArcGIS, arcgis.com, ArcGlobe, ArcGrid, ArcIMS, ARC/INFO, ArcInfo, ArcInfo Librarian, ArcLessons, ArcLocation, ArcLogistics, ArcMap, ArcNetwork, ArcNews, ArcObjects, ArcOpen, ArcPad, ArcPlot, ArcPress, ArcPy, ArcReader, ArcScan, ArcScene, ArcSchool, ArcScripts, ArcSDE, ArcSdl, ArcSketch, ArcStorm, ArcSurvey, ArcTIN, ArcToolbox, ArcTools, ArcUSA, ArcUser, ArcView, ArcVoyager, ArcWatch, ArcWeb, ArcWorld, ArcXML, Atlas GIS, AtlasWare, Avenue, BAO, Business Analyst, Business Analyst Online, BusinessMAP, CityEngine, CommunityInfo, Database Integrator, DBI Kit, EDN, Esri, esri.com, Esri—Team GIS, Esri—The GIS Company, Esri—The GIS People, Esri—The GIS Software Leader, FormEdit, GeoCollector, Geographic Design System, Geography Matters, Geography Network, geographynetwork.com, Geoloqi, Geotrigger, GIS by Esri, gis.com, GISData Server, GIS Day, gisday.com, GIS for Everyone, JTX, MapIt, Maplex, MapObjects, MapStudio, ModelBuilder, MOLE, MPS—Atlas, PLTS, Rent-a-Tech, SDE, SML, Sourcebook•America, SpatiaLABS, Spatial Database Engine, StreetMap, Tapestry, the ARC/INFO logo, the ArcGIS Explorer logo, the ArcGIS logo, the ArcPad logo, the Esri globe logo, the Esri Press logo, The Geographic Advantage, The Geographic Approach, the GISDay logo, the MapIt logo, The World's Leading Desktop GIS, Water Writes, and Your Personal Geographic Information System are trademarks, service marks, or registered marks of Esri in the United States, the European Community, or certain other jurisdictions. CityEngine 是 Procedural AG 的注册商标，须在 Esri 的许可下进行分销。本文提及的所有其他公司、产品或服务均可能为其各自商标所有者的商标、服务标记、注册商标或注册服务标记。

请向当地书店索要 Esri Press 书目，也可通过拨打 800-447-9778 或登录 esri.com/esripress 进行订购。美国境外用户请联系当地 Esri 分销商或登录 eurospanbookstore.com/esri 进行订购。

Esri Press 书目的分销商信息：

北美：

Ingram Publisher Services

免费电话：800-648-3104 免费传真：800-838-1149

电子邮件：customerservice@ingrampublisherservices.com

英国、欧洲、中东、非洲、亚洲和澳大利亚：

Eurospan Group, 3 Henrietta Street, London WC2E 8LU, United Kingdom

电话：44(0) 1767 604972 传真：44(0) 1767 601640

电子邮件：eurospan@turpin-distribution.com

除非另有注明，否则所有图片均由 Esri 提供。

封面：这幅地球数字图像的创作灵感来源于阿波罗时期从太空中拍摄的“巨大蓝色大理石”地球照片。为了创建这幅图像，戈达德太空飞行中心大气实验室的数据科学家整合了来自静止环境观测卫星 (GOES)、海洋观测全视场传感器 (SeaWiFS) 及极轨环境卫星 (POES) 的数据和地球地形的 USGS 高程模型。图像的详细程度令人震惊，并采用以下方式对西半球进行了映射，即植被浓密的地方为绿色、植被稀疏的地方为黄色，并将山峰高度和峡谷深度扩大了 50 倍，以使地势的垂直起伏清晰可见。

封底：1968 年平安夜，宇航员 William Anders 以及阿波罗 8 号的其他成员离开地球轨道进入月球轨道，这也是人类首次完成此举的标志。这幅标志性图片由 Anders 使用哈苏相机拍摄的，当年发布时震惊了世界。

目录

前言	vi	第 6 章	91
Lawrie Jordan		创建镜像世界	
		通过 3D 影像启用新维度	
如何使用本手册	vii		
第 1 章	1	第 7 章	113
影像是看得见的情报		第 4 维度中的影像	
地理学中的罗塞塔石碑		世界上最伟大的时间机器	
第 2 章	19	第 8 章	133
遥感的本质		终极大数据	
远程收集的信息		管理影像信息是一项大数据挑战	
第 3 章	35	第 9 章	143
定义影像		未来已来，就在当下	
GIS 与影像相互协同		未来的地图将是智能影像	
第 4 章	51	贡献者与致谢	165
感知难以察觉之物			
传感器赋予我们超人一般的眼睛		制作者	166
第 5 章	73		
将影像转化为信息			
分析影像以读懂影像			

前言

GIS 与遥感技术之间始终存在着特殊的关联，这可以追溯到现代信息技术的开端。20 世纪 60 年代和 70 年代，GIS 所用的计算机系统不仅庞大、昂贵，而且主机使用穿孔卡片因此处理速度非常慢，但是，在这些早期系统中，几乎所有的基础数据图层都直接或间接来自于影像。从一开始，GIS 和遥感技术就是相辅相成的，正如同一枚硬币的两面。两者共同发展。

1972 年，第一颗商业地球观测成像卫星 Landsat 发射成功，随即引发一场革命。这颗卫星绕地球飞行，并大约每 16 天会对同一地点捕获一张新的图片。由于这颗卫星极高，因此可以为我们提供这颗星球形态各异的全貌及其运动模式。它为我们提供的不仅仅是一种新视角，更提供了审视 GIS 未来的一种全新视野。这颗卫星的发射触发了一场商业地球观测领域的革命，并持续至今。如今，太空中有数百颗（很快将有数千颗）的小型卫星、微卫星和摄像机，高空中则有无人机以及其他设备，而这些正呈爆炸式发展。

那么，50 多年来一直相辅相成的 GIS 和遥感技术接下来会有怎样的发展呢？

首先，现在人们对于简易和速度非常看重。因此显而易见，简易和速度将是未来制胜的法宝。我们看到，现代技术正在将遍布全球的众多传感器集成到当下流行的物联网中。物联网收集了大量的动态、实时信息流，而 web GIS 正是以这些信息流为源泉与核心。另外，此网络实时运作，让我们能够通过新的地理信息模型访问我们可能称之为“我的所有物的

网络”的网络以及我们自己设备上的所有信息。

虽然推动这一理念的技术非常先进，但我们依然能够理解这项技术，因为我们能够看懂图片。爱因斯坦有一句名言，“如果我看不到，我便不能理解。”当我们看到某些事物时，我们才开始理解。

现在，所有这一切都在发生日新月异的变化，再加上影像和空间分析，这将开启 GIS 历史的新篇章，因为整个社会越来越意识到地理的力量并且直观地感受到影像正通过各种各样的形式帮助我们去“看”。

我们喜欢说，未来的地图将是智能影像。



Lawrie Jordan 是 Esri 影像及遥感的主管。也是图像处理及遥感领域的先锋。



影像：未来的地图将是智能影像

如何使用本手册

请登录 TheArcGISImageryBook.com 网站查看本手册中的示例。

本手册旨在向您展示如何成为 GIS 和影像方面的高手（无论您是 GIS 专业人员、应用程序开发人员、web 设计师还是其他任何行业的技术人员）。或者换一种说法，让您更加明智、熟练、有效地利用 GIS 内的影像数据。如今，影像突然成为了非常重要的事物，未来，那些擅长发现影像、分析影像并理解影像意义所在的人将会成为时代的宠儿。

目标用户

本手册存在以下几种潜在受众。首先是世界范围内专业 GIS 和制图社区，以及每天工作中都要与地图和地理空间数据打交道的人，尤其是那些希望利用其 GIS 应用程序中的影像大有作为的人。如果您是一名数据科学家、制图人员、政府机关工作人员、城市规划者或者其他 GIS 专业人员，您可能已经在利用网络向公众推送地理信息。您可能已经本能地意识到影像作为一项令人惊奇的数据捕捉技术其内在的价值，而且这项技术可以与传统基于向量的地理空间数据完美融合。

另一类受众包括刚刚接触 GIS 的人，他们对可以用影像实现的事物非常感兴趣，这些人包括：执行飞行任务以绘制校园地图的业余无人机爱好者、计划重建项目的房地产开发商、大众科学家以及报导气候变化的博客作者。这些人可能会因对影像感兴趣而接触 GIS。

最后，那些仅仅是热爱探索世界以饱览地球美景的人也会对本手册感兴趣。而那些“空谈理论”的地理学家以及其他人在本手册以及

TheArcGISImageryBook.com 所提供的电子版本中找到大量绚丽的、有时是令人揪心的图片，以及功能强大的基于影像的 web 应用程序和地图的链接，这些图片、应用程序和地图共同编织着我们这个星球的美丽故事。只要您有一颗想要通过影像和地图更好地了解我们这个世界的求知之心，并准备随时行动便可从本手册中获益。

实践出真知

对于这本手册，实践与理论同样重要，您只需准备一台联网的个人计算机即可。当您打开链接时，即已开始了探险之旅，探索其他人制作的地图和应用程序，然后学习课程创建您自己的地图和应用程序。单击 TheArcGISImageryBook.com 中的超链接即可找到这些资源（地图、应用程序、视频以及图像总数超过 200 个）。

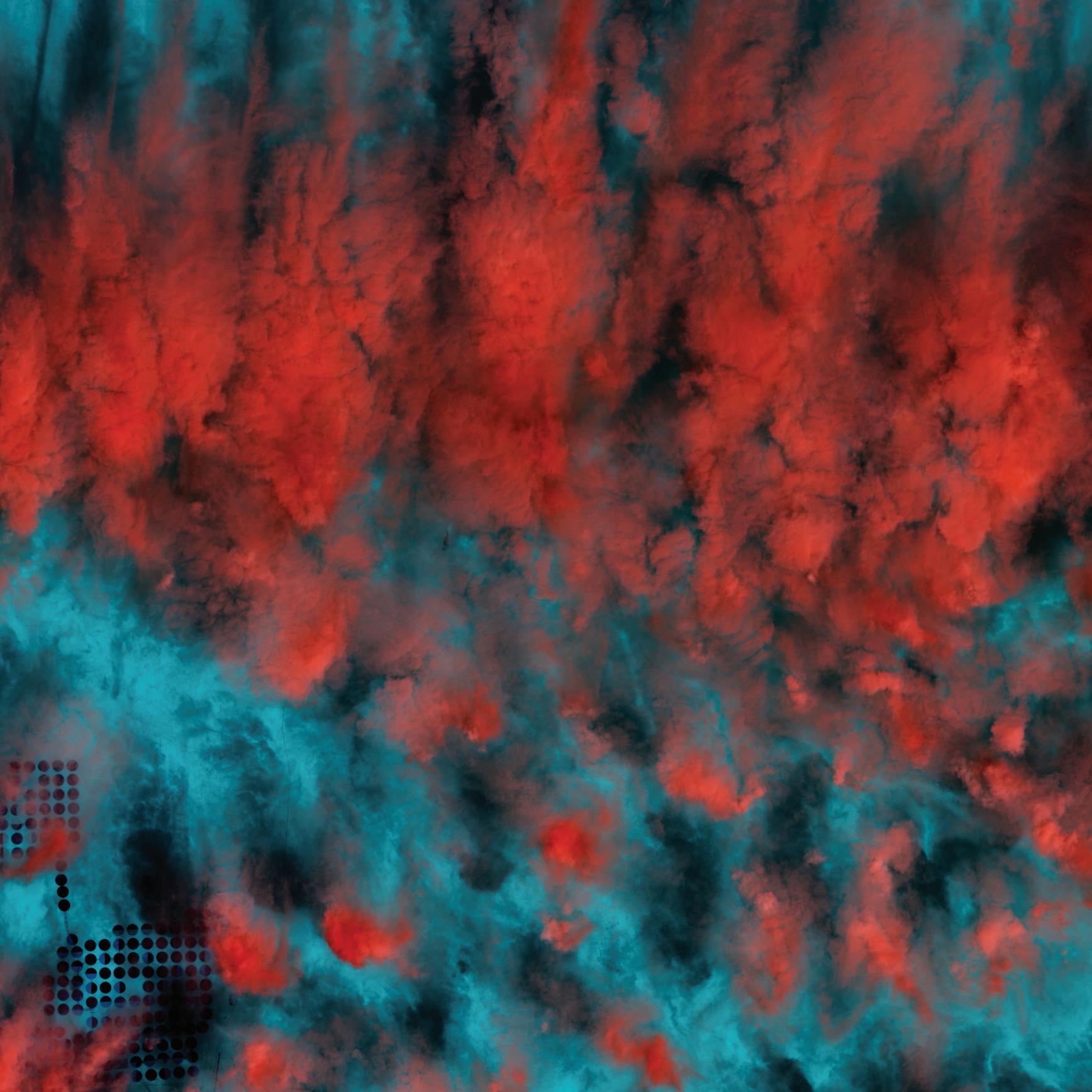
本手册介绍有关在 ArcGIS 和 web GIS 平台中应用影像的信息，是“伟大创想”标题系列的第二部分。如果您刚刚接触 GIS，您可能想要查看系列标题中的第一个标题：*ArcGIS 手册：10 大地理创想，带您玩转世界*。虽然本卷为独立作品，但很多读者仍可找到感兴趣的原始手册。

交互式内容简介

当您需查看文中关于交互式 web 内容的参考时，您需要使用本手册的 web 版本或者交互式 PDF 版本，具体内容可访问 www.thearcgisimagerybook.com 获得。



这些云纹在埃及南部地区投下了奇特诡异的阴影。在红外线下，这些云彩呈现红色而云彩下面的沙漠则是朦胧的蓝色。黑色的圆圈是中心支轴式喷灌的农场。





An aerial photograph of a landscape, likely a valley or river valley. The foreground shows a dense urban area with a grid-like street pattern. Beyond the city, there are large, irregularly shaped fields or agricultural plots in various shades of green and yellow. A winding river or stream flows through the landscape. The background consists of rugged, brownish hills or mountains. The overall scene is captured from a high angle, providing a comprehensive view of the terrain and human development.

01

影像是看得见的情报

地理学中的罗塞塔石碑

地理信息系统 (GIS) 技术既直观可见又清晰易懂。它将强大的可视化和制图功能与稳健的分析和建模工具相结合。遥感地球观测，通常在 GIS 圈中简称为影像，而影像正是 GIS 核心中明确的图形参考。同时也是解开地球运转方式奥秘的钥匙，地理学中的罗塞塔石碑，并将这一切呈现在人们眼前。当我们看到自高空拍摄的地球照片时，便能马上理解 GIS 是怎么一回事。

影像加深理解

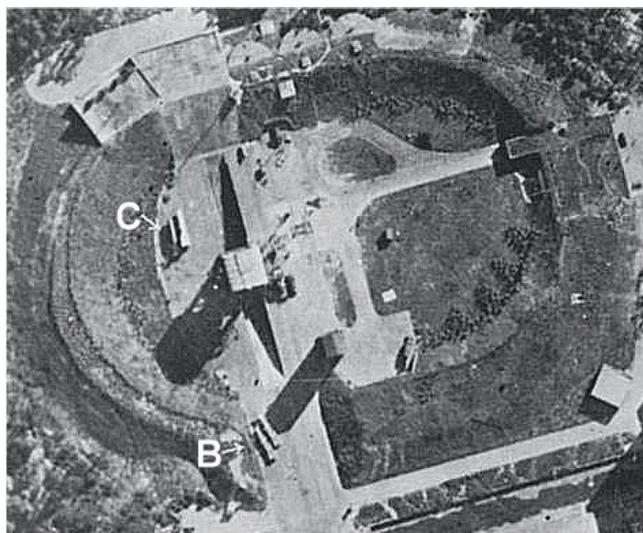
眼见不仅仅关乎为实，更关乎感知

影像这一地球观测工具的故事始于摄影，在二十世纪早期，摄影经历了翻天覆地的变化而广为社会采纳。照片为人类提供的不仅仅是一种触手可及的全新视觉表示，更是一种视角的改变。随着彩色摄影的使用愈加广泛，电影和电视逐渐演变为我们如今所知晓的一切。后来，人类开始尝试乘坐飞机在天空中遨游，使我们第一次能够从高空拍摄地球照片。而那也正是制图和观测开始转变的时代，从此人们得以通过一种全新的方式看世界。

第二次世界大战：侦察和情报收集

第二次世界大战期间，使用影像进行情报收集取得了重大进步。盟军开始使用同一感兴趣区域的多张偏移照片，将其合并以生成立体像对来促进情报收集活动。在多次情报收集行动中，有一次称为 Operation Crossbow 的行动，飞行员驾驶专为收集照片而进行重大改装（没有盛放武器的空间）的飞机深入敌军腹地拍摄了数以千计的相关照片。所收集到的信息需要由情报分析人员对成百上千个立体像对进行解释和分析。

正是这些 3D 航空像片告诉了分析人员德国开发的高度伪装火箭技术的确切位置。使盟军得以成功破坏针对大不列颠的火箭系统，从而拯救了成千上万的生命，促使第二次世界大战结束。BBC 曾制作过一部有关该主题的[优秀纪录片](#)（Operation Crossbow: 3D 眼镜如何帮助打败希特勒）。



立体影像有助于识别纳粹火箭计划的设施地点。上面照片显示了用于查看偏移像对的立体眼镜。1943年6月的这张照片（左）是第一幅显示了功能型武器的照片。可以看到两个40英尺长的V2火箭平躺在(B)处，但直到12月才意识到(C)处的结构是一个飞弹弹射器原型。

1969 年：外星人的黎明

人类首次探索月球

在二十世纪六十年代早期，许多人可能都说过人类无法在月球上行走。但在 1969 年 7 月，从月球传回地球的电视画面显示，尼尔·阿姆斯特朗和巴兹·奥尔德林在月球表面穿跃，这证明月球行走不仅从概念上来说可行 - 它就发生在我们眼前。眼见为实。

当阿姆斯特朗、奥尔德林和随后的月球宇航员将相机重新指向地球时，一个意想不到的好处变得显而易见：人类现在可以一个全新的视角审视我们的星球 - 预示着地球影像的采纳和使用。



1972 年 12 月，阿波罗 17 号宇航员从太空中拍摄地球的这一标志性照片 - 著名的“蓝色大理石”照片，为人类提供了一个全新视角来审视地球和我们在宇宙中的位置。



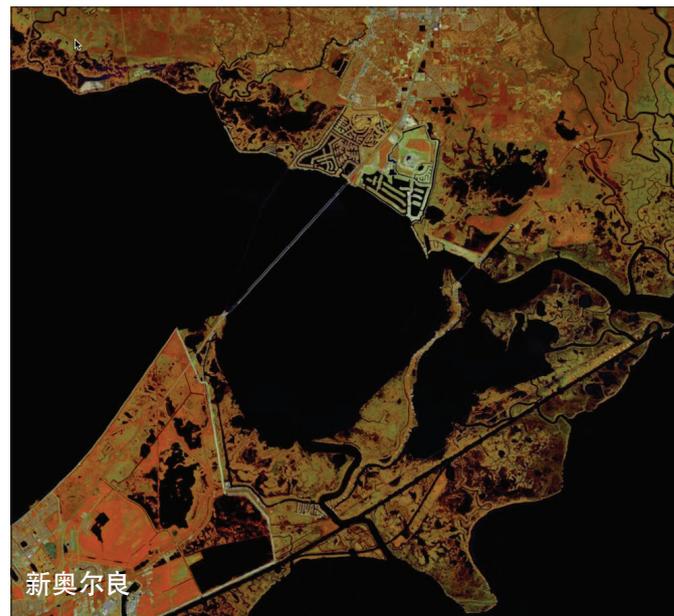
1969 年 7 月，宇航员巴兹·奥尔德林在月球上执行阿波罗 11 号任务。照片由宇航员尼尔·阿姆斯特朗（可在奥尔德林的面罩上看见）拍摄。

1972 年：Landsat 计划

提供覆盖地球的首批卫星影像

1972 年，人们利用将人类送往月球的相同空间技术发射了第一颗 Landsat 卫星。Landsat 任务为我们提供了大量非同寻常的新型地球视图。这是一个突破性系统，也是第一个面向大众、可以广泛使用的卫星影像，不仅显示了地球上的可见事物，更揭示了不可见信息，让我们得以解码世界的电磁反射学。我们可以全新的方式看地球。

这一持续性地球观测计划连同成百上千个其他卫星以及遥感任务持续至今。国家和私营企业近来也启动了许多任务来捕获地球影像，使我们可以持续观察和监测我们的星球。



自二十世纪七十年代，Landsat 传感器便开始持续生成和共享地球图片。早期，科学家们对生成的这些宝贵新视图感到非常兴奋。如今，有大量的卫星每天都在对地球拍摄成千上万次照片，形成了一个巨型虚拟地球影像库。Web GIS 正在挖掘这些影像潜藏的信息，让从业人士能够解决一系列问题，以及作为地球管家的我们所面临的挑战。

显示我家的位置！

2005 年：人类的 GIS 时代开始

就在十多年前，整个世界似乎猛然觉醒，意识到来自高空的地球影像的力量。我们通过探索由谷歌和其他制图公司在线提供的连续的、多比例世界影像地图来开始踏上制图之旅。卫星和航空摄影的结合让这些地球图片帮助我们体验影像的强大力量，世界各地的人们都开始体验到 GIS 从业人士已经了解的内容。我们可以马上放大到我们的街区，并查看我们在世界上所处的位置环境。这种新兴功能让我们能够通过奇妙的新型显微镜查看本地社区和街区。最后，我们自然不会仅仅聚焦于第一次探索的本地位置，而会查看世界上的任意角落。其结果是我们将形成一种全新的方式来体验和思考世界。

这些简单的图片捕获了人们的所思所想，提供了全新的视角并激发了新的可能性。如今，几乎所有具有 Internet 访问权限的用户都可以放大到他们自己的街区，以全新的方式来查看他们日常生活的世界。此外，世界各地的人们真正领会到将所有种类地图图层与影像相结合具有丰富、加深理解的力量。

几乎一夜之间，能够访问计算机的所有人都成为了 GIS 用户。

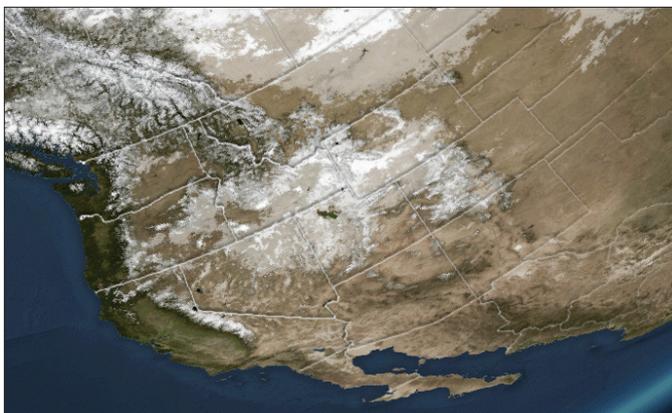


起初，我们会放大到自己的家并通过这一新视角探索我们的街区。这种体验改变了世界各地人们探索位置的方式，人们开始更全面地了解他们在世界上所处的环境。我们马上浏览我们了解的其他位置。如今，我们继续前往我们想要到达的远方。航空照片从天空的角度提供了一种新的背景环境，并永久改变了人类的视角。该地图游览查看了提供有超高分辨率影像的几个社区中的所选区域。

影像扩展您的视角

看到可见事物、不可见事物、过去以及未来

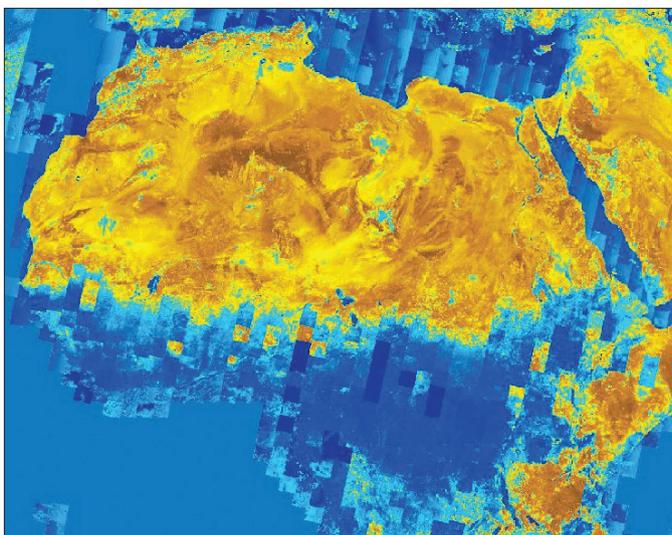
眼见为实。通过彩色影像观测世界既可直接了解相关信息，又能获得相应情形的鲜明写照和全新见解。影像的力量远不止于我们所视所见 - 更能让我们看到世界的现状。同时为我们提供了一种回顾过去以及预测未来的方式，以感知并了解地球，它所走过的历程，以及人类活动的影响和时间轴。令人惊讶的是，影像甚至能让我们看到不可见的事物，通过整个电磁波谱既可看到反射能的直观显示，从而就地球及其所有生物面临的关键问题做出更加全面明智的决策。



了解季节性气候模式

不断收集全球影像，使我们能够见证世界的运转轨迹。通过将不同时间跨度的图像结合，我们可以开始显示、演示、分析和了解地球的周期，我们从哪里来和我们要到哪里去。

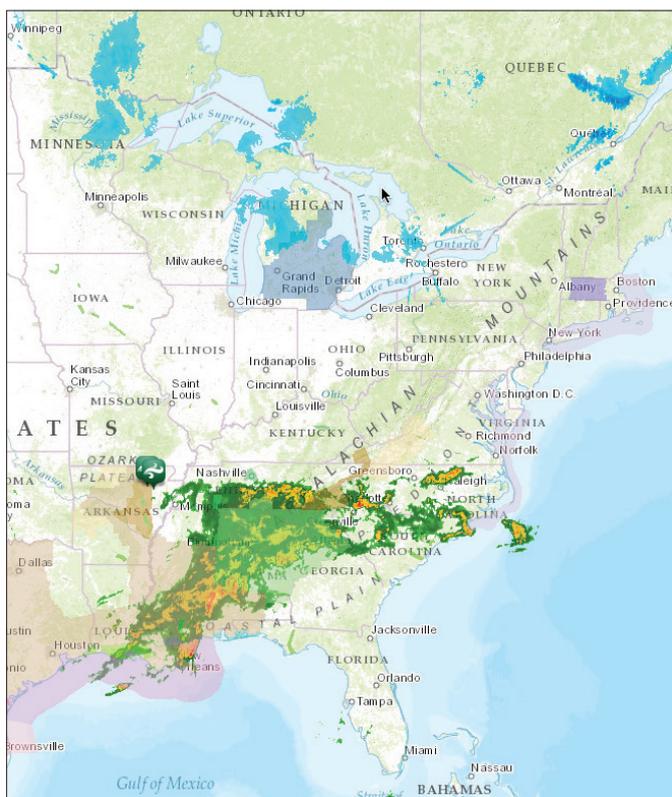
天气决定地球的“冰雪循环范围”，为所有生物提供赖以生存的珍贵水资源。该图片显示了整个北美大陆降水的季节性天气周期。



超越可见范围

影像可以超越人眼感知到的事物，让我们能够以全新的科学视角审视地球。卫星载有测量不可见信息的传感器，如，红外能，通过电磁能量波谱，我们可以生成和分析大量关乎我们这个世界的新地面视图。

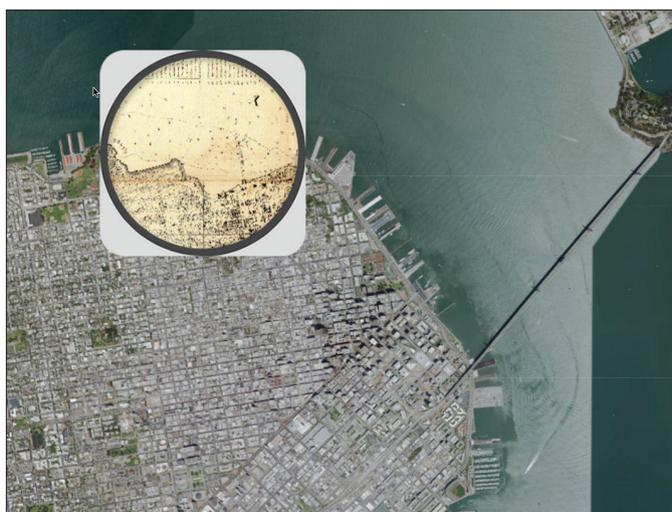
通过观察近红外（波段 5）和短波红外（波段 6），这幅北非的假彩色影像显示了植被湿度的干、湿区域。暖色反映的是地图中的干旱区域。条带图案显示了 Landsat 8 的场景覆盖区，说明了其持续绕地球飞行的轨迹，且大约每 16 天会重访一次每个场景位置。



预测和追踪日常天气

在过去十年中，成像和天气观测方面取得了重大进步，从而大幅提高了天气预报的准确性和精密性。GIS 出于运营管理考虑集成的天气数据，已使农民、应急响应团队、学区、公用事业和许多其他方面受益。专家可以利用全球气象卫星到地面上的本地气象仪器的传感器来监测和预报前所未有的天气事件。传感器网络变得越来越超本地化，可以对社区的天气事件进行连续预测。现在，我们可以获得街区未来时段内的准确天气预报。

这一来自 AccuWeather 的美国大陆的雷达衍生图层实时显示了附近的降水情况。这些近实时的天气观测以及天气预报均使用图像观测进行管理。



不止于表象

通过影像可以走进过去，将历史视图与当前影像相结合。影像采用极其简单的格式，可轻松与其他地图和图像叠加，形成类似于分层的“虚拟三明治”的结构。

这一独特的望远镜应用显示了旧金山城市如何在历史海岸线住宅区之外扩张。由于城市位置沿着圣安德烈亚斯断层，因此扩张到海湾有其独特的挑战，需要建筑工程师将桩打到距离基岩约 200 英尺以下的位置。

思想领袖： Jack Dangermond

GIS 现在包括完整的影像处理系统

早期在我们这一领域，GIS 专业人员在单独的系统中执行影像处理和 GIS。多年来，由于计算和存储限制，这些独立的系统是必要的，并且有些用户同时需要这两种系统。用户会在单独的影像系统中执行影像处理以生成关键数据图层，然后将结果输入到其 GIS 中。虽然两种系统都有地理学基础，但我们认为这些都是独立的系统和任务 - 我们甚至需要指派单独人员来运行这些系统。并且每个人都有自己的社区和方法。人们的普遍预期和理解是，成像系统和 GIS 为独立的技术，但它们却又紧密相连。

但是，从实际角度来看，这并没有什么意义。这两种技术都需要地理空间框架来存储其信息集。两种系统均将数据集作为地理图层进行管理。二者均提供地理配准的图层，以便进行结合、聚合并与其他图层叠加。当然，一个集成系统会很有意义。

直到最近才实现将 GIS 和影像结合到一个集成的完整系统中 - ArcGIS 内。其中一部分是添加到 ArcGIS 中的全新影像处理功能。现在，大影像数据处理和管理与持续扩展的 web 地球观测数据紧密联系作用；无人机任务；新的基于地面、大气和太空的传感器将迅速上线。眼前的新趋势是将这些复杂的处理功能迁移到可大规模扩展的云计算网络，以使 ArcGIS 可处理大数据集合。



Jack Dangermond 是 Esri 的总裁兼创始人，是世界范围内 GIS 软件开发领域的领导者。



Jack Dangermond 探讨影像与 GIS 的相关性

影像具有很多用途

一系列应用

到如今，影像可以为您的世界以及您希望解决的问题带来全新的视角和见解，这一点已十分了然。影像还具有许多其他优势和功能。

几乎每天都在接触新信息

图像集快速增加。访问影像的响应速度日益加快。当前所部署的卫星和传感器数目已然很多，但新部署仍在与日俱增，它们收集新数据，加入夜以继日的收集之列 - 对我们的星球进行观测的时间序列。我们可利用这些图像集来对地球表面或靠近地球表面的几乎一切事物进行制图、测量和监测。我们所有人都可以快速收集到工作所需的大量数据。当我们“走入”其他星球和星球之外时，影像已经成为我们探索的主要方法。我们向太空发送探测器并主要以影像的形式接收反馈，来了解信息观测的连续时间序列。影像通过许多有趣的方式来为我们提供新信息。

回望过去

航空影像的使用仍旧不太成熟。尽管影像仅在二十世纪才开始投入使用，但我们还是可以轻松比较影像集合中现有点在过去的观测情况。此外，我们还可以将影像与历史地图叠加，来比较过去与现在。

影像数据集合日趋丰富

影像正在引导发现的大爆炸。许多影像举措都是重复的，而且在不断增多和扩展，为我们感兴趣区域的影像数据库添枝加叶。ArcGIS 正在进行扩展，以对日益变大、动态增长的地球观测进行管理。这表明影像具有即时性并且易于整合，从而催生出各种新应用和许多新机遇 - 例如灾难响应的前后视图，快速利用新收集到的影像，影像解译和分类以及用于获取情报。随着时间的推移，许多此类技术将以有趣的新方式增长，来加深我们对社区和所面临的困难与问题的了解，以及我们如何使用 GIS 来解决这些问题。

影像让分析功能更强大

影像及其常规栅格格式让使用 ArcGIS 的分析更加丰富全面。反过来，这些分析又会对我们想要解决的问题提供更有意义的见解和视角。

最后共同协作

将 GIS 与影像处理相结合具有协同作用

所有影像形式均使用 GIS 中一种重要的常用数据格式 - 称为栅格。它是最通用的一种 GIS 数据格式。几乎任何一个数据图层均都可以被表示为栅格。这意味着您可以将所有类型的数据与影像结合，进行集成和分析。

栅格提供大量有用的 GIS 数据图层

栅格同所有数字照片一样，采用一系列大小相等的像素或像元，按照一系列行和列排列来提供覆盖制图区域的数据模型。它们可用于表示作为像素集合的图片、诸如选定要素的高程或邻域的表面、各种要素本身（换句话说，即点、线和面）以及每个时间段内具有多种状态的时间序列信息。

土地覆被和土地利用分类



地中海西部的土地覆被，根据分辨率为 30 米的主要土地特征的 [MDA](#) 全局栅格数据集得到。

水源距离



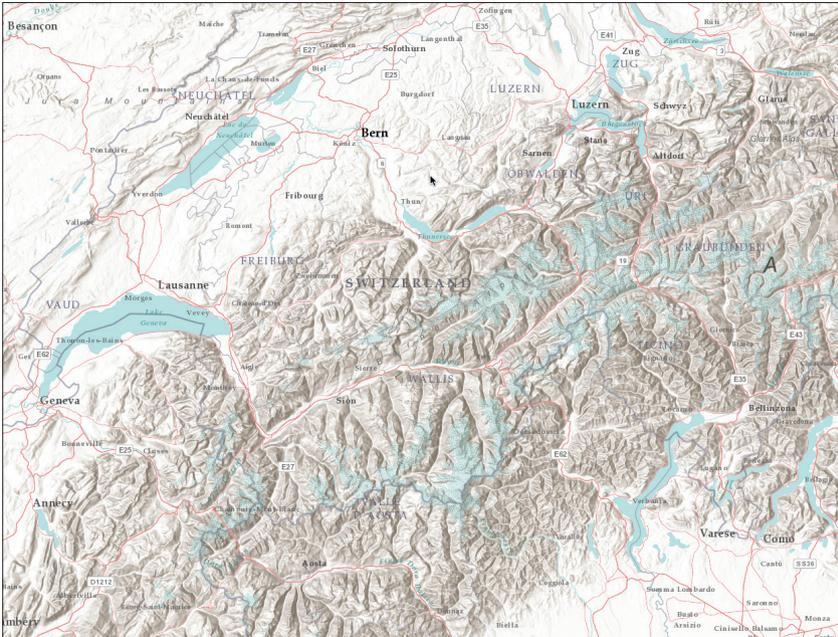
显示西非某区域中每个像元或像素到可靠水源的距离的邻域地图。水源对人类以及野生生物栖息地至关重要。溪流被叠加在距离格网上。格网中离水最近的像元为深蓝色。颜色随着与水距离的增加而逐渐变化。

三维场景



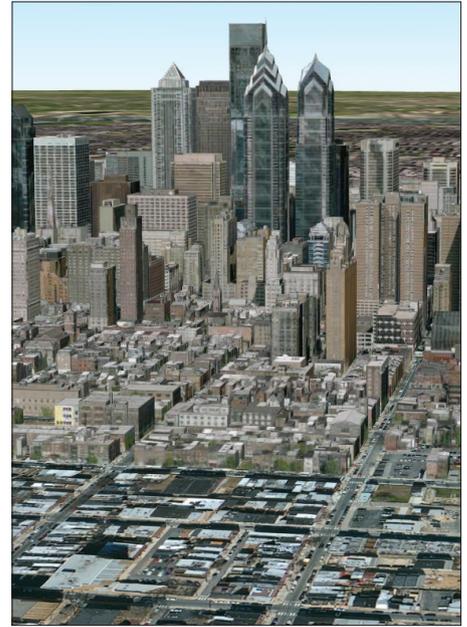
法国和意大利之间的阿尔卑斯山脉的白朗峰。该应用程序具有对全球名胜进行 3D 浏览的功能。

高程以晕渲地貌表示



全局高程显示为晕渲地貌。这是从世界范围内最佳可用数据源中编译的全局高程图层的一部分。

倾斜视角照片

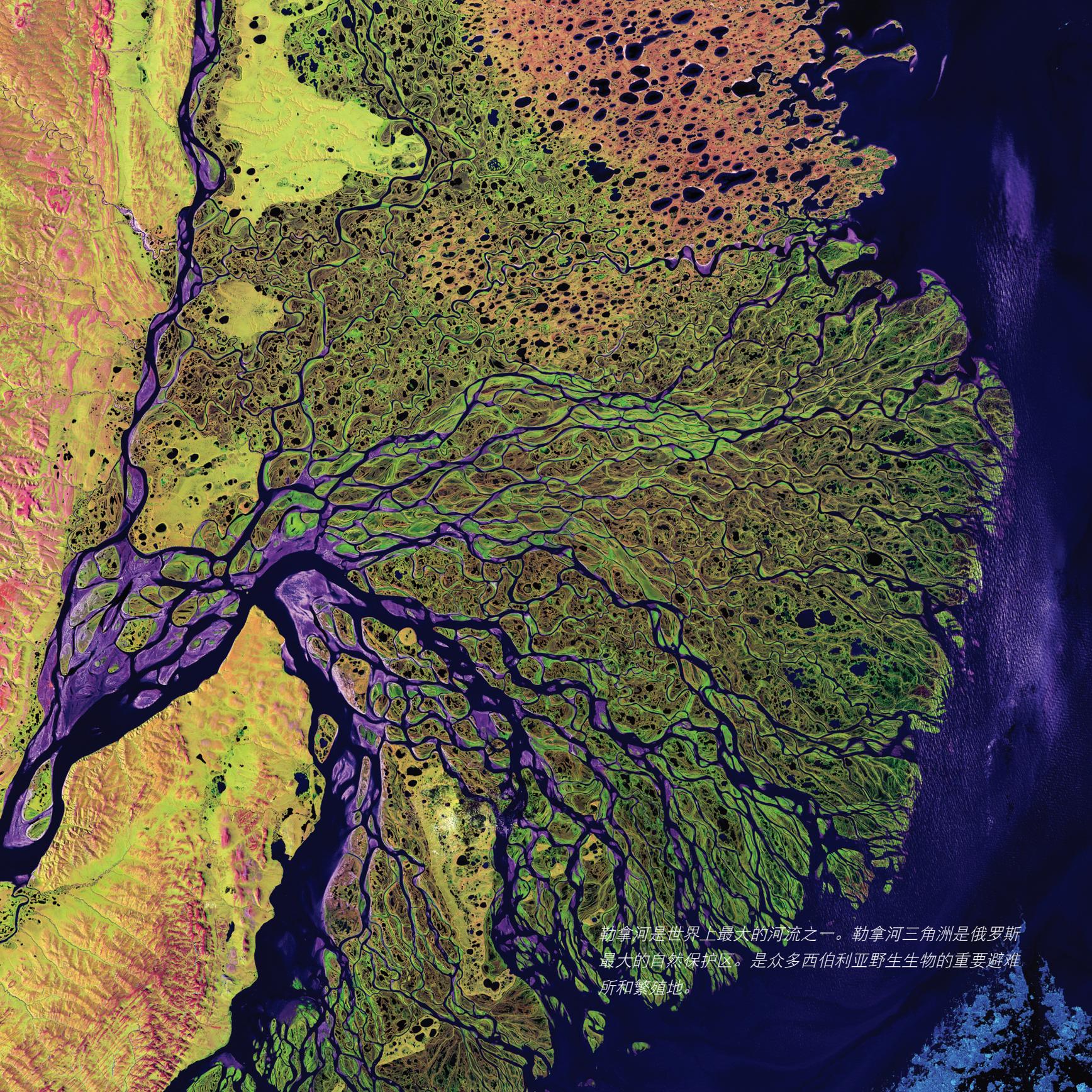


倾斜影像为实际要素提供了一种特殊的视角，以 3D 模式呈现自然细节，便于进行解译和侦察。

时间序列信息



每月积雪观测的时态影像地图的快照来自 NASA 全球陆面数据同化系统 (GLDAS)。这张地图包含了从 2000 年到 2015 年每个月的累计积雪深度。



勒拿河是世界上最大的河流之一。勒拿河三角洲是俄罗斯最大的自然保护区。是众多西伯利亚野生生物的重要避难所和繁殖地。

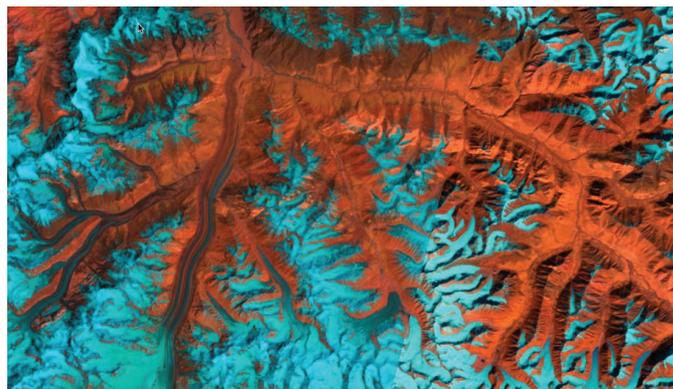
影像之美

既信息丰富又卓越超群

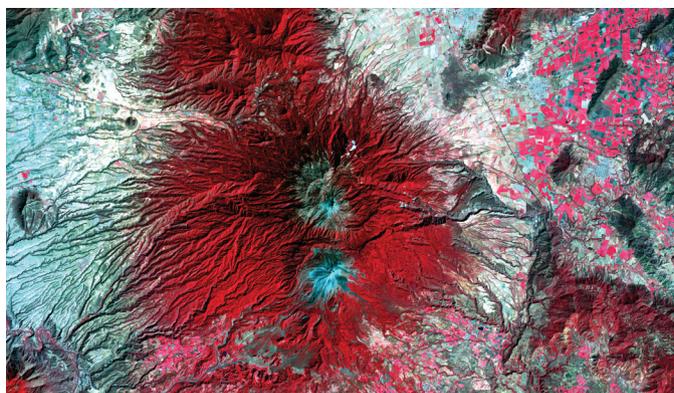
影像不仅提供了全新的视角，更寓物于形深刻我们的理解，而且很明显还为我们提供了世界的精美视图，它们是真正美丽惊人的艺术品。它们令人惊叹，点燃我们对世界的激情与幻想，引领我们去发现和探索新的天地。美国地质勘探局保有[地球艺术](#)这一图集也并非偶然。



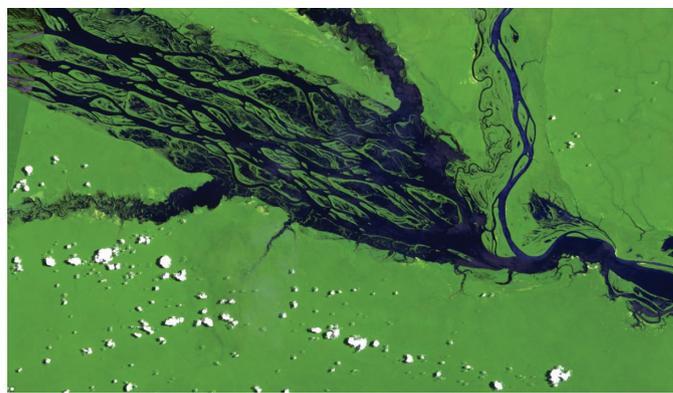
沿格陵兰岛西海岸，一小块冰川围绕着巴芬湾。



喜马拉雅山东部高耸且被积雪覆盖的山峰和山脊在中国西南部的
主要河流之间打造了一幅不规则的红蓝拼图。



科利马火山是墨西哥最活跃的火山，山顶被积雪覆盖，图为火山突然从哈利斯科州的周围爆发。



巴西的内格罗河汇聚了多条水道，是亚马逊河最大的支流。当雨季来临，暴雨让水平面升高时，河道中可见的部分淹没岛屿将消失。

太空下的地球

一幅影像的力量

在阿波罗登月的预备阶段，阿波罗 8 号是人类第一次绕月球轨道航行的太空任务。1968 年的平安夜，月球远端的阿波罗 8 号指令长弗兰克·博尔曼在他们第四次环行期间惊叹道：“哦天哪，瞧那边！地球升起来了！哇，真漂亮！”另一名宇航员比尔·安德斯抓起他的哈苏相机拍摄了这张地球从月球表面升起的著名照片。

历史学家 Robert Poole 在他的 *Earthrise: How Man First Saw the Earth* 书中表示，这幅影像标志着环境运动的开始，他说：“回顾过去，不难看出‘地出’标志着一个转折点，在这一时刻，太空时代的意义从对太空意味着什么转变为对地球意味着什么。”这一幅照片的故事完全可以折射出影像的力量。影像可以帮助我们更好地了解我们的星球、推动改变、建立联系 - 在某些情况下甚至可以发起一场运动。

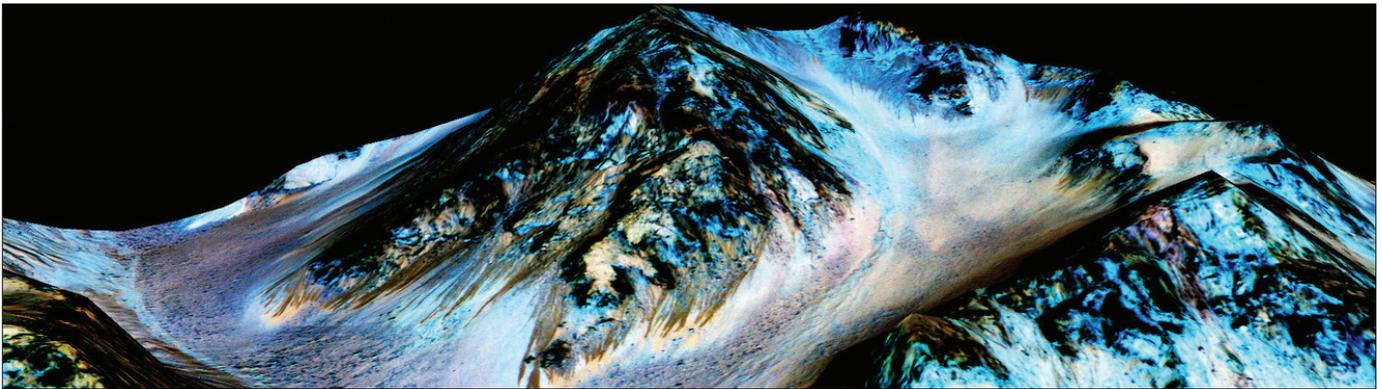


这是历史上复制次数最多且一下就能辨认出的照片之一。美国邮政服务曾在邮票上使用该图像。时代杂志曾将其放在封面。著名自然摄影师盖伦·罗威尔称，它曾经是 - 现在依旧是 - “有史以来最具影响力的环境照片”。

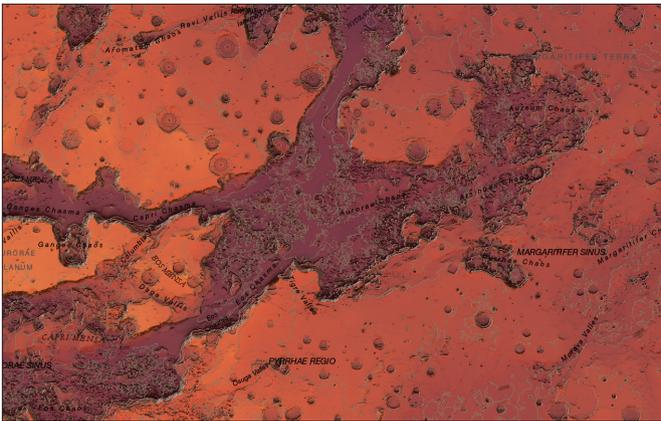
为太阳系制图

反映了人类勇于探索的精神

自人类首次登月以来，世界各地宇航局的宇航员摄影师们也开始将其镜头转移到地球之外。GIS 人员通常是科学狂热者，当然也已找到绘制地球以外的行星的地图的方法。2015 年，NASA 向世界宣布，火星轨道传感器拍摄到的多光谱影像已明确确定火星上存在流动的水 - 在 GIS 和影像分析社区也同样具有里程碑意义。



高光谱影像数据的 3D 可视化改变了我们对火星的认知。



这张地图描绘了火星生动的地理和人类在探索遥远的火星中执行的所有表面任务。



历经 30 亿英里将近 10 年的旅程，2015 年 7 月 14 日，“新视野”号星际太空探测器成为第一个探索矮行星冥王星的卫星 Charon 的航天器。

快速入门

连接和部署 ArcGIS 平台

现在您可以开始使用 ArcGIS 了。如果您是现有用户且已拥有（具有发布者权限的）ArcGIS 订阅帐户，同时，您的本地计算机上已安装有 ArcGIS Pro，则表示您已准备就绪，可直接跳至下一页。如果您没有满足以上两个条件，请继续阅读以下内容。

▶ 成为 Learn ArcGIS 组织的会员

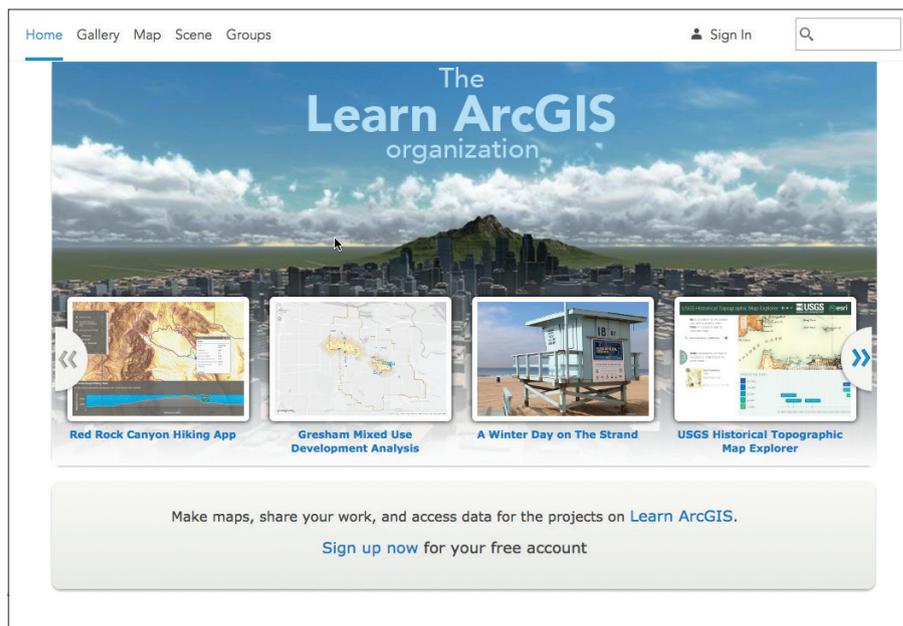
本书中的大部分课程均需在云中的 ArcGIS 平台上进行，并要求用户为 ArcGIS 组织中具有发布者权限的会员。Learn GIS 组织适合于学生和 ArcGIS 的初学者。成为会员后，您可以立即开始使用地图、浏览数据资源并将地理信息发布到 web 中。访问 [Learn ArcGIS 组织](#) 并单击 [立即注册](#) 链接激活时限为 60 天的会员。

▶ 安装 ArcGIS Pro

ArcGIS Pro 是一个可下载并安装到本地计算机上的桌面应用程序。该程序通过您在 Learn ArcGIS 组织中的会员资格为您授予 60 天的权限。检查系统需求，然后使用下方的下载按钮将软件安装到本地计算机。

▶ 系统要求

ArcGIS Pro 是一种 64 位 Windows 应用程序。要查看您的计算机是否可以运行 ArcGIS Pro，请单击 [检查要求](#)。



下载 ArcGIS Pro

Learn ArcGIS 组织专为学生使用所设。即使您已具有其他 ArcGIS 帐户，您仍可加入该组织。

Learn ArcGIS 课程

影像入门

在本课程中，您将学习如何使用 Landsat 影像以及与 Esri Landsat 应用程序配合使用的某些实际用途。您将首先去往孟加拉共和国的孙德尔本斯红树林，在这里将看到以彩色红外方式呈现的树林，并可追踪植被健康状况和土地覆被情况。然后您将在塔克拉玛干沙漠寻找水源，在马尔代夫探索淹没的岛屿。使用 40 年间积存下来的 Landsat 影像来追踪苏伊士运河随时间的发展情况，之后便可以亲自探索世界。

▶ 概览

卫星影像是一个用来绘制世界并将其可视化的越来越强大的工具。没有其他图像采集方式能在如此短的时间内覆盖如此广阔的范围。Landsat 是运行时间最长的卫星影像项目，它是两个美国政府机构之间展开的联合计划。它会在电磁光谱的不同波长上生成高质量数据，突显平时人眼看不到的要素，并衍生出大量的实际应用程序。

▶ 学习以下领域的技能：

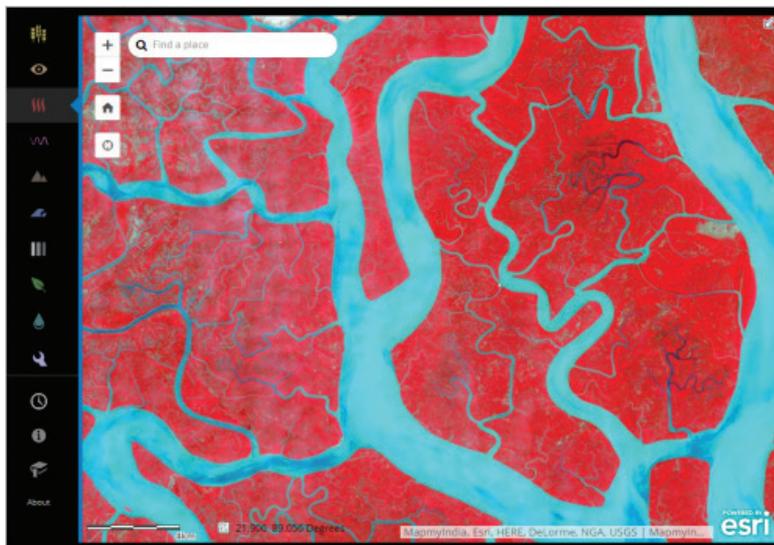
- 影像导航与探索
- 改变光谱波段以突显各种要素
- 追踪随时间发生的变化
- 构建您自己的波段组合

▶ 您需要：

- 预计时间：30 分钟

开始课程

[Esri.com/imagerybook/Chapter1_Lesson](https://esri.com/imagerybook/Chapter1_Lesson)



此应用程序使您可以通过 Landsat 卫星影像浏览全世界。Landsat 可获取地球的图像以揭示其奥秘，从火山活动到城市扩张。Landsat 利用电磁光谱观测事物，包括人眼不可见的事物。不同的光谱波段有助于我们了解珍贵且瞬息万变的地球。





02

遥感的本质

远程收集的信息

遥感 - 远程信息采集，在近代史上对人类具有深远的影响。由特殊配置的 US Army F5 采集的英国海滩 (1944 年 6 月 诺曼底战役中的一个登陆点的 WWII 代码名称) 影像显示，在本海滩上从不同大小的登陆艇中走出多只步枪军队。七十年后 - 其应用范围已经扩展到无法想象的地步，遥感仍然是最重要的勘测和地球观测技术。

高处俯瞰

遥感的功能

人类一直在寻找此地形上的有利位置。纵观历史，无论是从树顶，还是山峰亦或岩石峭壁，我们的祖先能够从哪些高处俯瞰才能回答以下重要问题：哪里有水？哪里是最佳狩猎区？敌人在哪？航空摄影最初在1858年由气球驾驶员 Gaspard-Félix Tournachon 在巴黎上空进行实践。随着摄影和实际空中飞行的出现（20世纪早期），占据高地的种种优势推动了量子理论的进步和遥感领域的诞生。

第一次世界大战期间，遥感技术作为一种全新的军事能力而走向成熟。1914年至1918年间，空中侦察从几乎为零发展成为了一项严密、复杂的技术。许多一直沿用至今的遥感程序、方法以及术语就起源于那个时期。在第二次世界大战期间，该技术以及遥感的准确性得到了提高。

接下来的一次重大进化过程是伴随着航天技术和数字摄影发生的。借助卫星技术，对整个地球进行了多次拍摄，并通过数字影像管理和传输，使这些正大量增多的影像更有用并能直接使用。如今，人类进行的多种尝试均需要稳定的影像流，其中大部分都已研究出在抓拍时将其上传到 web 的方法。



第一次世界大战期间，随着侦察机配备了能够记录敌人动向和防御的照相机，航空摄影的使用快速成熟。战争初期，侦查任务是由制图人员从空中草拟地图来完成，因此航空摄影的用途并不受到重视。

遥感捕捉的历史

遥感影像是如何记录事实的

首次航空摄影发生在 1858 年，“遥感”在此一个世纪后才问世。在出现卫星影像和数字捕捉之前的很长一段时间里，人们从远处捕捉地球表面，记录历史中的许多重大时刻，以供后代了解。



最早的航空摄影之一是 1906 年地震后，加利福尼亚旧金山的废墟场景，该影像闻名于全世界。在旧金山上空，通过距离地面高达 2,000 英尺（610 米）的风筝进行 160 度全景拍摄，然后在一张胶片上进行 17x48 英尺的接触打印，从而展示整个城市。该影像由商业摄影师 George Lawrence 拍摄，记录本城市巨大的火灾损失。



2001 年 9 月 12 日，于曼哈顿拍摄的 Landsat 7 影像显示了有毒烟羽在纽约和新泽西州的蔓延范围。



1962 年 10 月 14 日，美国对古巴的航空摄影显示的是导弹安装工、燃料箱拖车以及氧化剂箱拖车。

大量平台，大量应用程序

在确定过程中，传感器高度起到重要作用

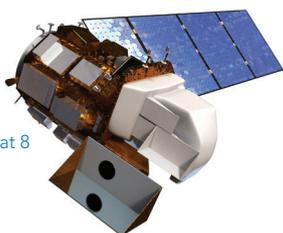
会从各种不同的高度（从地面到距离地球 22,000 英里）对现代影像进行捕捉。从每个高度捕捉的影像会为每个应用提供不同的优势。虽然这并不意味着会耗尽库存，但该图会毁掉一些最常用的传感器高度：



Syncom

地球同步卫星 ————— 22,236 英里

对于地面观察者而言，与地球旋转相吻合的卫星在天空中呈静止状态。而最常用于通信的对地同步轨道卫星，如高光谱 *GIFTS* 成像器也适用于监控现象变更，如天气情况。如天气情况。NASA 的同步通信卫星，在 20 世纪 60 年代早期启动，是第一款成功的“高空飞行器。”



Landsat 8

太阳同步卫星 ————— 375-500 英里

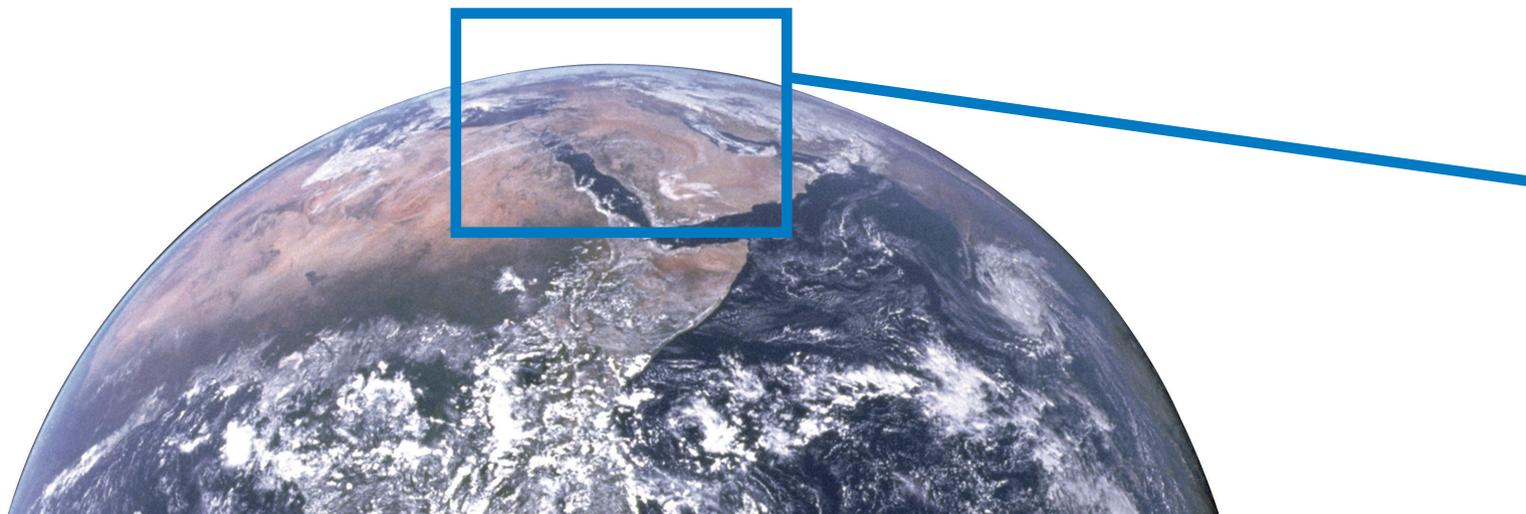
该轨道上的卫星会尽量保持太阳光与地球表面的角度一致，也就意味着科学家可以将几年内同一季度的影像进行比较，就像 Landsat 影像一样。这是地球观测传感器的基本区域。



Helios

大气卫星 ————— 100,000 英尺

同时也被称为伪卫星，这些无人机将掠过可探测大气的最高边缘。NASA 的实验 Helios 太空船已在闯入考艾岛附近的太平洋前测量太阳耀斑。





SR71 Blackbird

喷气式飞机

90,000-
30,000 英尺

喷气式飞机的飞行高度为 30,000 英尺甚至更高，可在非常短的时间内飞过灾区，为光学和多光谱影像应用提供了良好的平台。



Cessna

通用航空飞机

100-10,000 英尺

在很长一段时间里，能够低速、低空飞行的小型飞机一直是高质量航空摄影和正射影像的甜蜜点。从 Cessnas 到超轻型飞机再到直升机，这些始终是城市光学影像的常用类型。



超轻型飞机



直升机



美国海军
Silver Fox

无人机

100-500 英尺

无人机是一种新产品。其低空飞行、盘旋、可远程控制的能力为航空摄影提供了引人注目的优势，分辨率最高可低于 1 英寸。部队 UAV 可以是较小型的无人机或实际飞机。



3DR Solo 私人无人机

手持式光谱仪



智能手机



地基/手持设备

地面

越来越多的从地面捕捉的影像正在寻找其传入 GIS 工作流的方式。如 Google 街景、HERE 街面影像以及 Mapillary；手持式多光谱成像器；以及其他在管道、安全、旅游、房地产、自然资源 and 娱乐等领域寻找应用的地面传感器。

街面测绘车

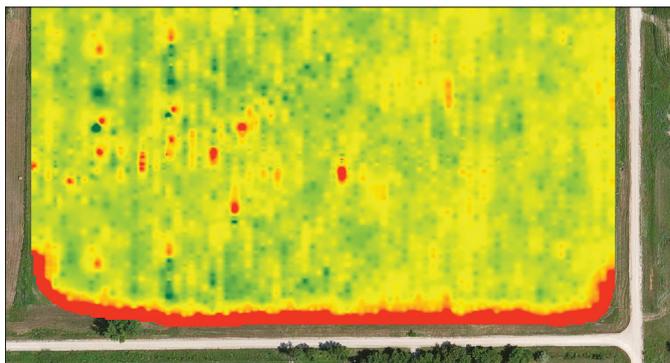


影像应用趋势

遥感已成为许多行业的一部分

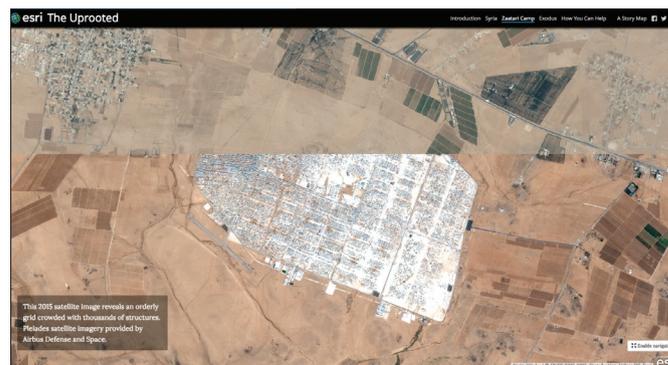
根据地面变化情况的权威记录，在涉及土地管理的传统陆地人类活动中，遥感影像具有各种广泛的应用。例如，林业、农业、采矿以及勘探等是最早采用遥感技术的行业，为其行业的发展积累了经验。

精细农业



收割期间收集的信息（其中包括任意给定位置的产量）用于帮助种植者追踪其成果，提供有价值的投入值以计算来年的播种和土壤改良费用。

人道救援



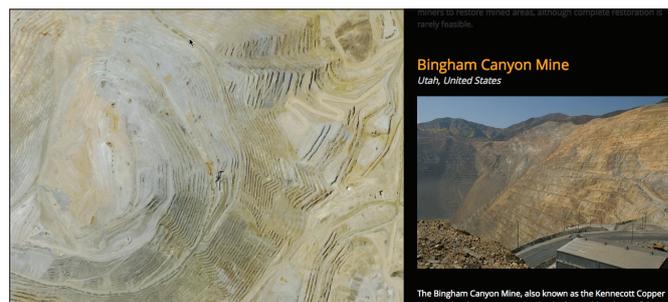
访问最新影像，了解 2012 年 7 月，扎塔利在 9 天的时间内设立的难民营。最初目的是为了容纳 60,000 人，但在设立新难民营以缓解一些压力之前其人口飙升至 150,000 多人。故事地图[连根拔起的事物](#)展现了悲惨的往事。

林业



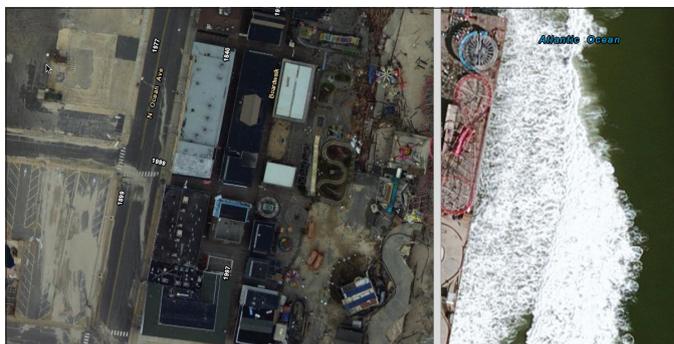
动态访问欧洲根据 Corine Land Cover 2006 库存得出的森林相关数据。Corine 表示“对环境信息的协调。”

采矿



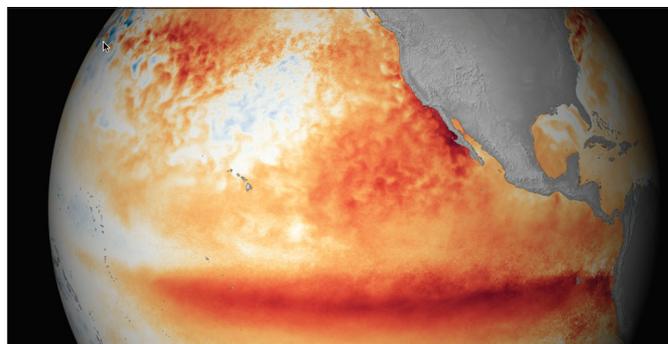
通过围绕地球轨道旋转的卫星生动显示地形的地质构造属性。

自然灾害评估



本场景介绍了新泽西州海边发生的飓风桑迪风暴潮所带来的损坏。活动的滑坡地图将国家海洋与大气管理局 (NOAA) 采集的事件之前和之后的影像进行了对比。

气候和天气研究



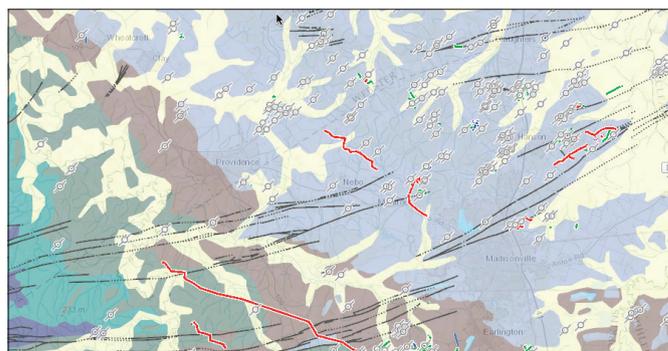
来自 NOAA 的简短地图演示回答了许多关于 El Niño 效果的问题。向下滚动，了解更多有关此气候特点和特征的信息。

工程和建设



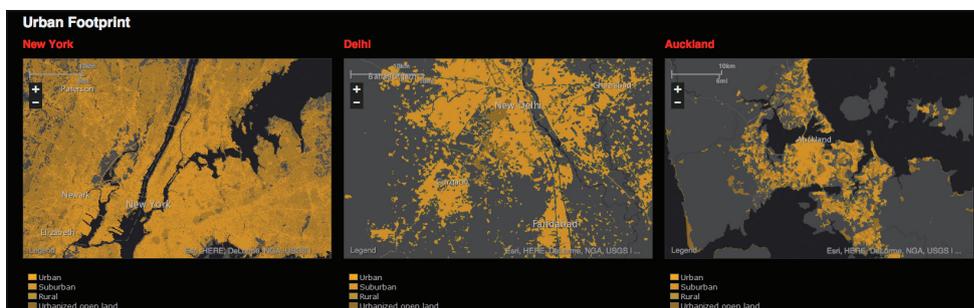
在此处显示德克萨斯州普夫卢格维尔市正在建的开发项目。

油气勘探



本地质地图由肯塔基州地质调查局进行编译，其中包含了土地使用主题、环境保护以及经济发展。

城市规划

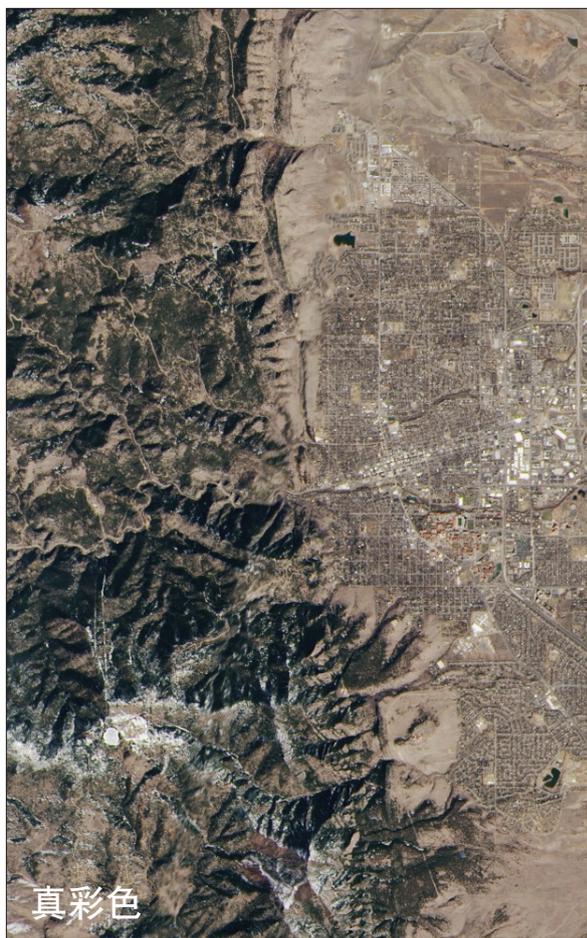


Urban Observatory 是由 TED 创始人 Richard Saul Wurman 领导的伟大项目，目的是对允许以通用比例比较城市群的数据进行编译。

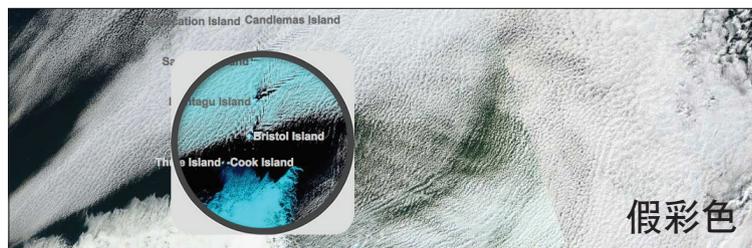
测量反射太阳能

被动传感器捕捉光谱上反射的光源

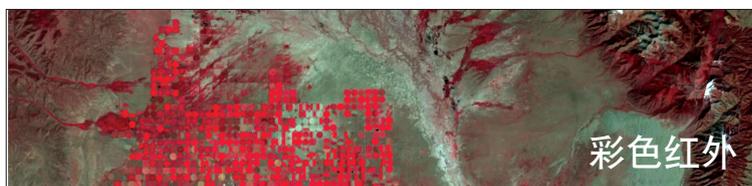
被动影像传感器捕捉其查看场景所反射或发射的能量。反射的太阳光是由被动传感器测量的最常见电磁能量资源。通过这些传感器可对地球及其气候进行全局观测。



真彩色是影像的常用色。非常适用于对陆地和
水下特征、城市研究以及勘测进行广泛分析，真
彩色影像是大眾最熟悉的影像，因此最容易被
人理解。



本地图主要展示的是 2014 年 5 月 1 日在南部大西洋南桑威奇群岛
附近的 MODIS 卫星影像。spyglass 下的假彩色重点显示了雪和冰
以及云覆盖量。



彩色红外影像，由显示为红色、绿色和蓝色的近红外、红色和绿
色能量组成，将阔叶和/或较为健康的植被突出显示深红色，同
时用浅红色表示草原或稀疏的植被区域。



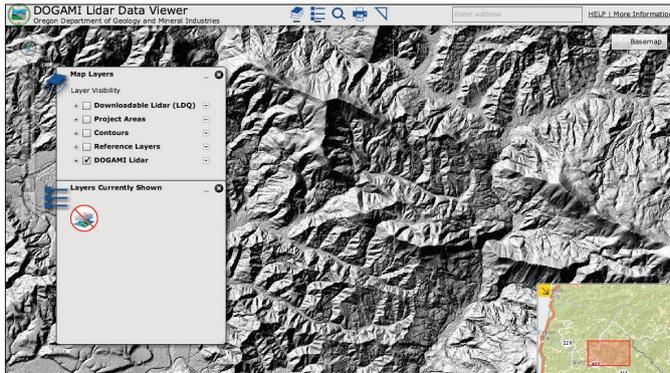
在影像传感器对宽范围光谱表现出敏感时会创建较高分辨率的全
色影像，包含整个可见光部分的光谱并以单波段灰度影像形式存
储。与处于相同系统的典型多光谱传感器相比，在本传感器上可
创建更小的像素以及更明显的影像。

测量输出能量

主动传感器可发送并接收其自己的信号

主动传感器是一种发射能量并对从地球表面或其他目标反射回的辐射进行检测的仪器。用于各种与气象学和大气相关的应用，如用于测量特定对象（如雨云）回声的雷达、用于捕获详细表面高程值以及用于测量海底深度的声纳。

激光雷达



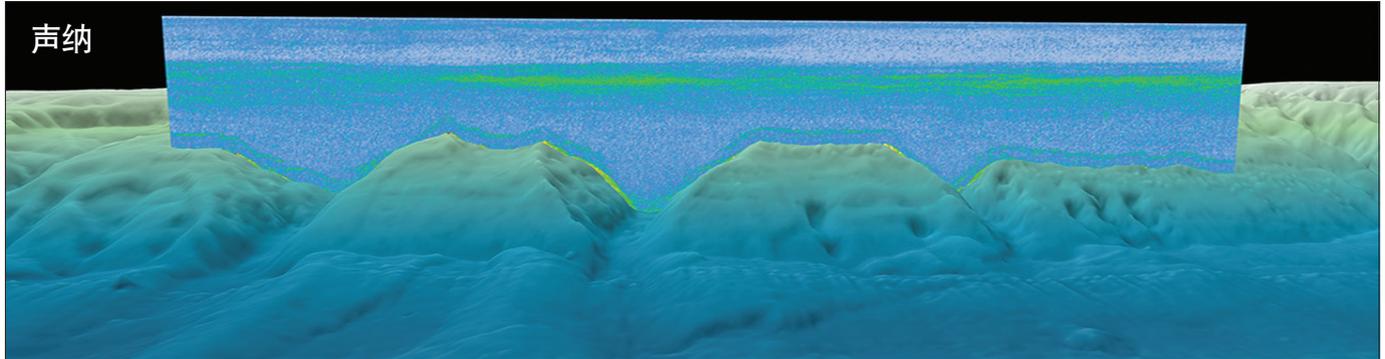
激光雷达是由飞机上安装的系统收集的，每秒钟最多可收集 500,000 个点，从而在大型区域内创建大型密集几何以及准确的高程点。俄勒冈州发布了免费的可下载激光雷达，用于识别社区价值。

雷达



雷达数据具有两个主要优势：在黑暗中进行作业，并可透过云层观察。这使其成为了智能收集和天气追踪的理想工具，如新一代雷达 (NEXRAD) 应用。

声纳



在 NOAA 领导的全球倡议中，水柱声纳数据由主动声学（声纳）技术从近表面到海底进行收集。由于船只在收集期间是移动的，因此实际数据的结束形式类似于此处显示的帷幕或帆布。NOAA 以及其他学术贡献和国际舰队正在通过此应用将世界各地的可用数据开放给调研人员和公众。

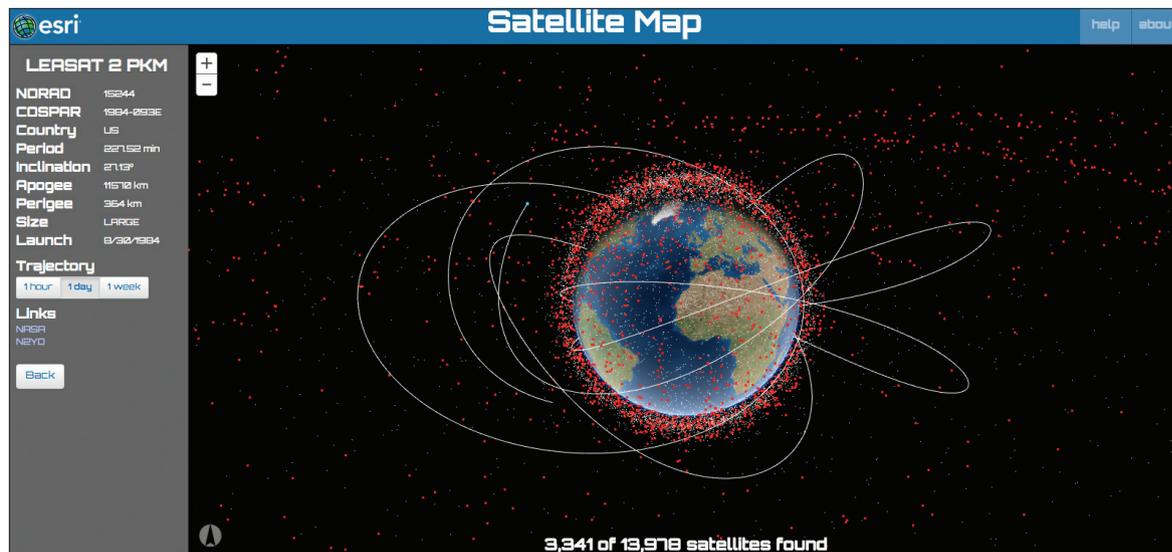
空中之眼

围绕地球轨道旋转的卫星组

共有 3,300 多个地球观测卫星围绕地球轨道进行旋转，而且该数量还在不断增加。大量“空中之眼”将前所未有的影像数据负载传递给空间分析师，寻找适用于几乎所有方面的人类活动的应用。它们包括低、中、高（对地同步）地球轨道。它们由政府机构（如 NASA 和欧洲航天局）以及私营企业（如 Digital Globe 和 Airbus）运行。从紫外区到可见光一直到近红外、中红外和热红外，以及雷达等主动微波传感器，它们涵盖了所有电磁波谱段。

但太空变得越来越拥挤。除 3,000 多个主动航天器外，世界宇航局对其他 10,000 多件“太空垃圾”（如耗尽的助力器、电量用尽的卫星、宇航员丢弃的工具以及不同事件和事故造成的其他残骸）进行了集中追踪。

随着私人发射和微卫星越来越得到青睐，我们预计传感器的数量将继续增长。不断增加的密集传感器网格为各种不同的应用提供了保障，但在有效利用和传播前所未有的源信息流的同时也带来了巨大的挑战。



该应用程序映射了大约 14,000 个围绕地球轨道旋转的对象的当前位置。数据由 Space-Track.org 进行维护，该组织旨在宣传航空安全、保护太空环境、通过与美国和国际卫星运营商以及其他实体共享态势感知信息来和平使用太空。

其他透视图

通过斜角和街面影像绘制新路线

并非所有地形均是自上至下。斜角视图提供了特殊的透视图，例如在勘测和房地产这两个应用领域中使用特殊程序。街面影像（其中著名的 Google 街景）是空间数据的另一种丰富形式，可创建拟真的、集成的导航体验。

斜角



斜角空中透视图将描述地面上建筑物和位置的前面和侧面。可将这些透视图连接在一起，从而创建无缝跨越数英里 terrain 的复合航空地图。

街面



Mapillary 是将街景照片转换为 3D 地图的平台，用于提取地理空间数据。可在几分钟内将移动手机或消费级照相机捕捉的照片连接在一起并进行重新构建，以上传至 Mapillary 和 ArcGIS。

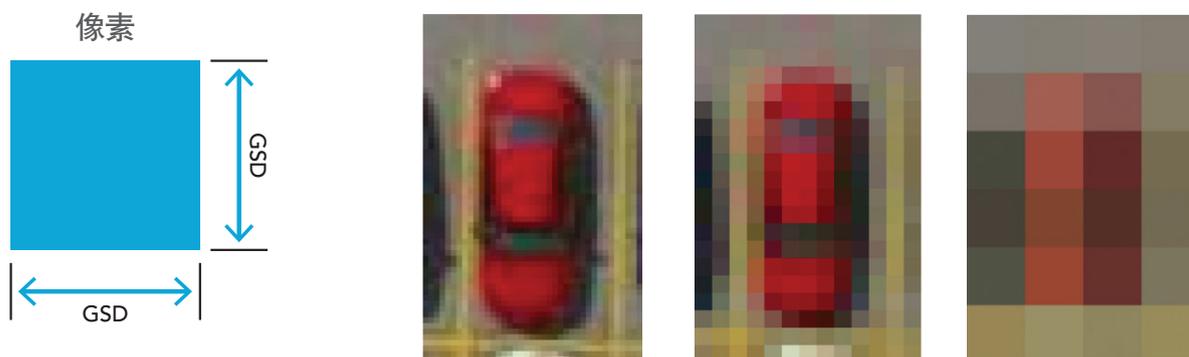
现实镜头



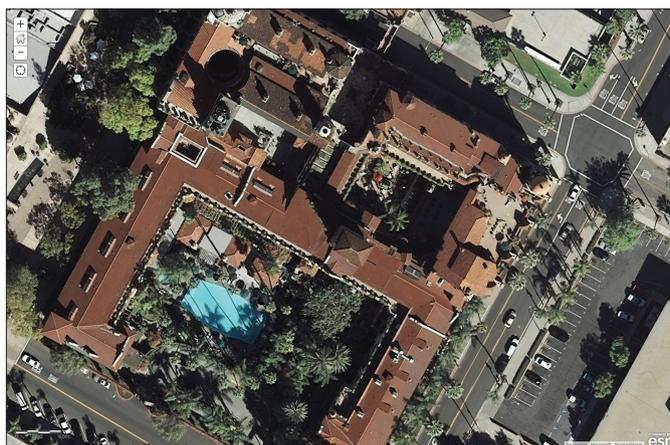
HERE Reality Lens 由高质量的街面全景视图和高精度的激光雷达数据作为支持，允许您针对街面数据执行准确的测量。

影像分辨率和地面准确性

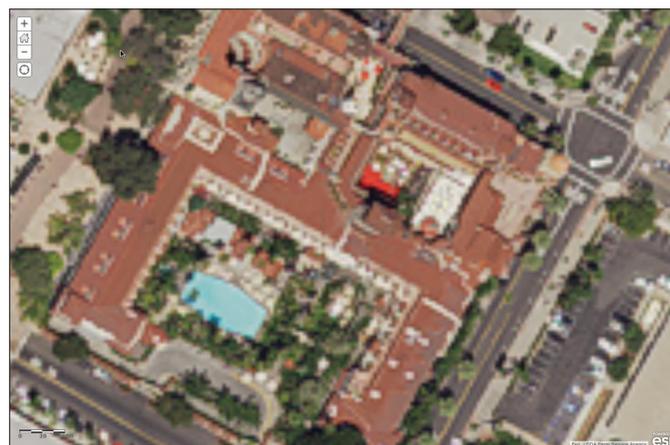
在影像中，一项重要的概念就是地面分辨率。每个影像都具有地面分辨率，通常表示为地面上的距离。影像社区将此成为地面采样间距 (GSD)。单元分辨率是以地面单位（如英尺或米）测量方形单元的高度和宽度。



汽车由三种不同的像素大小或 GSD 进行表示，但以相同比例进行显示。汽车的像素越大或 GSD 越小，对汽车进行分辨的保真度越高。在左侧，您可以识别出它是一辆轿车；但在右侧，您仅可以检测出这是一个物体。



以合适的一英尺分辨率捕捉位于加利福尼亚，里弗赛德的历史米申酒店影像。单击此影像并进行放大，直到您看到为止。每个像素大约表示地面上的一英尺。此影像类型适用于站点特定的调查和分析。



以一米的分辨率捕捉同一区域的影像。分辨率的差异非常大。一米的分辨率数据适用于捕捉和分析较大感兴趣区的现象。

思想领袖：Kass Green

影像以复杂的方式揭示了其特征和结构

像一件伟大的艺术品一样，影像以复杂的方式揭示了其特征和结构 - 它始终令人惊叹，但有时精细，有时令人不解。首先您一定会对其自然美赞叹不已 - 格陵兰荒凉的冰川、红木激光雷达剖面上精美的分支、雷达断层线的锯齿形边缘、鲜绿色的热带地区、已经确定的人类影响线、海伦斯火山森林的重生、亚洲和非洲摇晃摆动的农田以及被忘却的乞力马扎罗山积雪。每张影像都吸引我们去发现更多，一次又一次的观看。

第一次看到后，我们就开始了探索。是什么营造了如此独特的光谱响应？为什么树木生长在本区域的北坡上，而灌木生长在南坡上？不同树种的位置是否与坡度和高程相关？为什么此房屋烧毁了，而旁边的房屋却没有受到火焰的波及？共有多少人居住在此村庄？在这里生长着哪些庄稼？这里的食物足以供给这些人吗？为什么地形变化的如此显著？谁更改了它？

借助 GIS，我们发现了联系。如果幸运，我们能够通过 Collector 应用来到此领域，亲自了解与本影像和 GIS 图层相关的地形的变化方式。使用 ArcGIS 组织并配准信息图层，搜寻最具预测性的变量。我们将了解如何梳理本影像和 GIS 数据中与每个对象位置、高度、形状、纹理、环境、阴影、色调和颜色相关的信息。然后我们将绘制地图 - 我们对资源进行评价并监控它们随着时间变化的更改。

影像是我了解这个世界的门票。通过影像，我游览了全球、听到了令人惊讶的故事并遇见了有魅力的人士 - 所有在其事业和团体中体现出的激情。我有幸发现了影像中的美妙之处，通过影像，我清楚地了解了打算从事的工作。

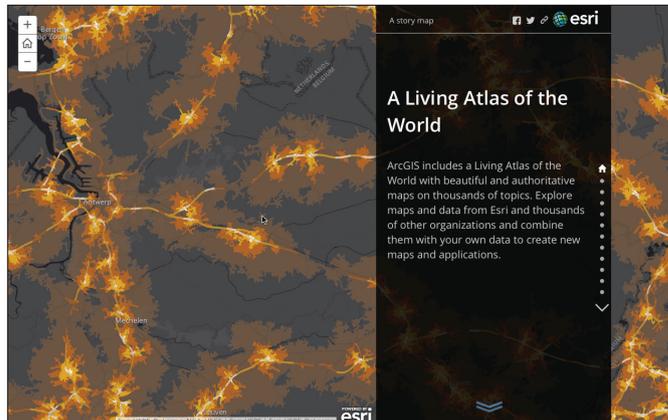
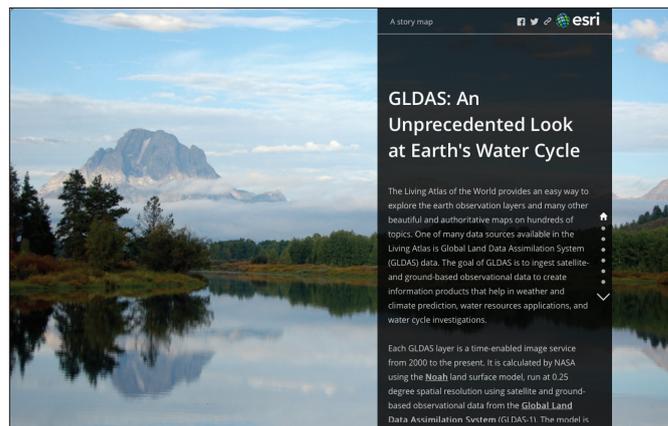


在过去 20 年里，作为首家以处理 Landsat 数据为目标的商业公司之一的创始人，Kass Green 已成为遥感技术和 GIS 的领袖人物。其新的 Esri 出版社书籍影像和 GIS：通过影像提取信息的最佳实践已计划在 2017 年发布。

快速入门

最好的入门方法是首先观看它处理实际问题时的操作（或至少了解这些问题），了解 ArcGIS 平台如何对其加以利用。接下来的 story maps 将针对影像世界提供具有指导作用的精细视图，以及其用于解决地球上一些最迫切问题的重要应用城西。

在每个 story map 结束时，您将看到已使用的资源数据链接以及一些在 ArcGIS 中合理使用数据的最佳实践。



Learn ArcGIS 课程

在 ArcGIS Earth 中使用 Living Atlas 的数据研究 3D 中生态土地利用模式

▶ 概览

Global Ecological Land Units (ELU) 地图介绍了如何使用生态和地文土地表面功能对生物圈进行系统的划分和分类。由于这是一个全球数据集，因此是使用 ArcGIS Earth 进行分析的理想数据资源。

在本课程中，您将打开 ArcGIS Earth，它是一款轻量级应用，用于访问和显示将介绍地球表面更改模式的 ELU 数据。您将对地球的不同区域进行

分析，并通过与实际经验数据进行对比来了解自己的观念如何。

学习以下领域的技能：

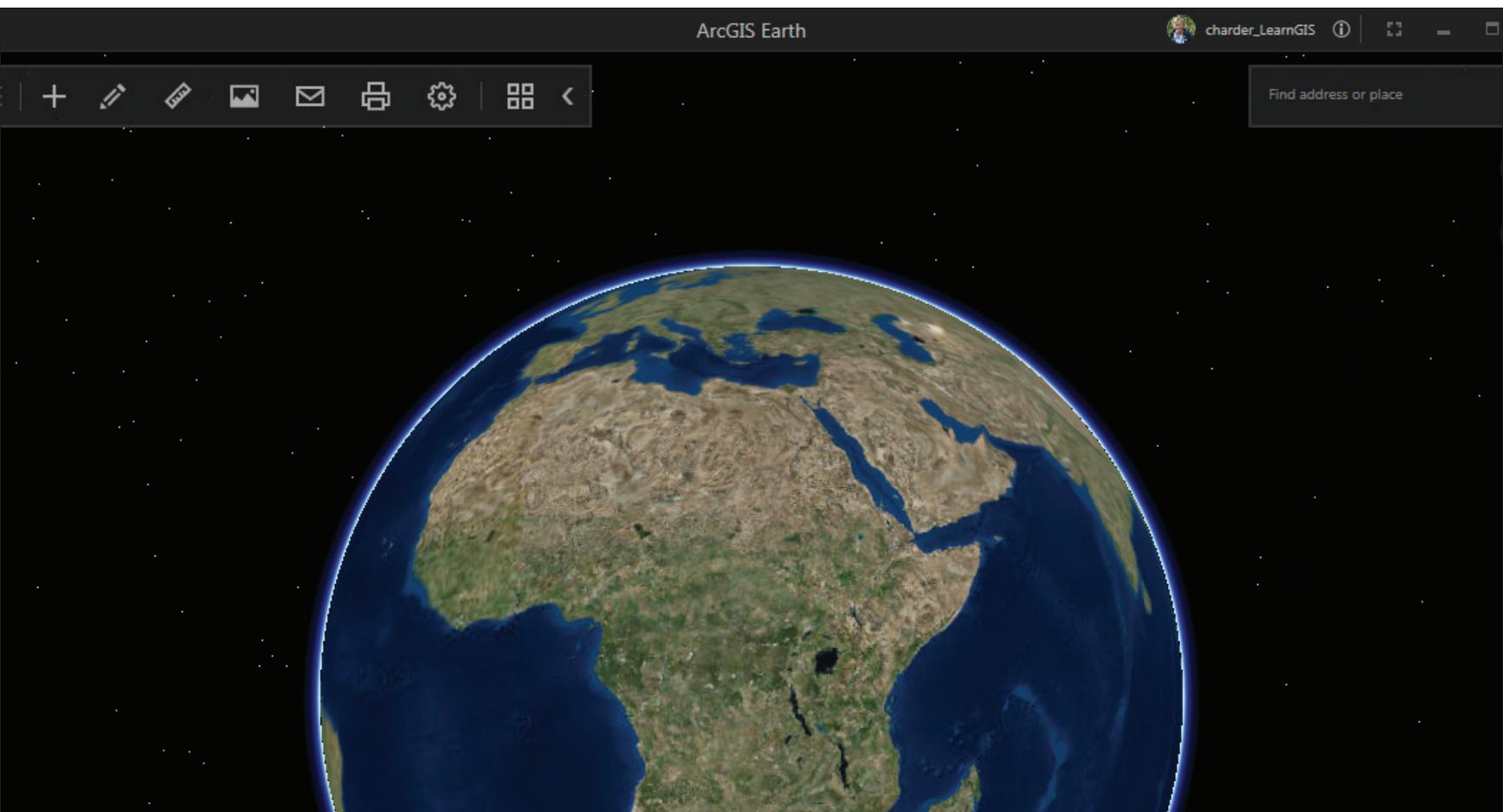
- 浏览 ArcGIS Earth
- 从 Living Atlas 加载数据
- 访问 3D KML 数据

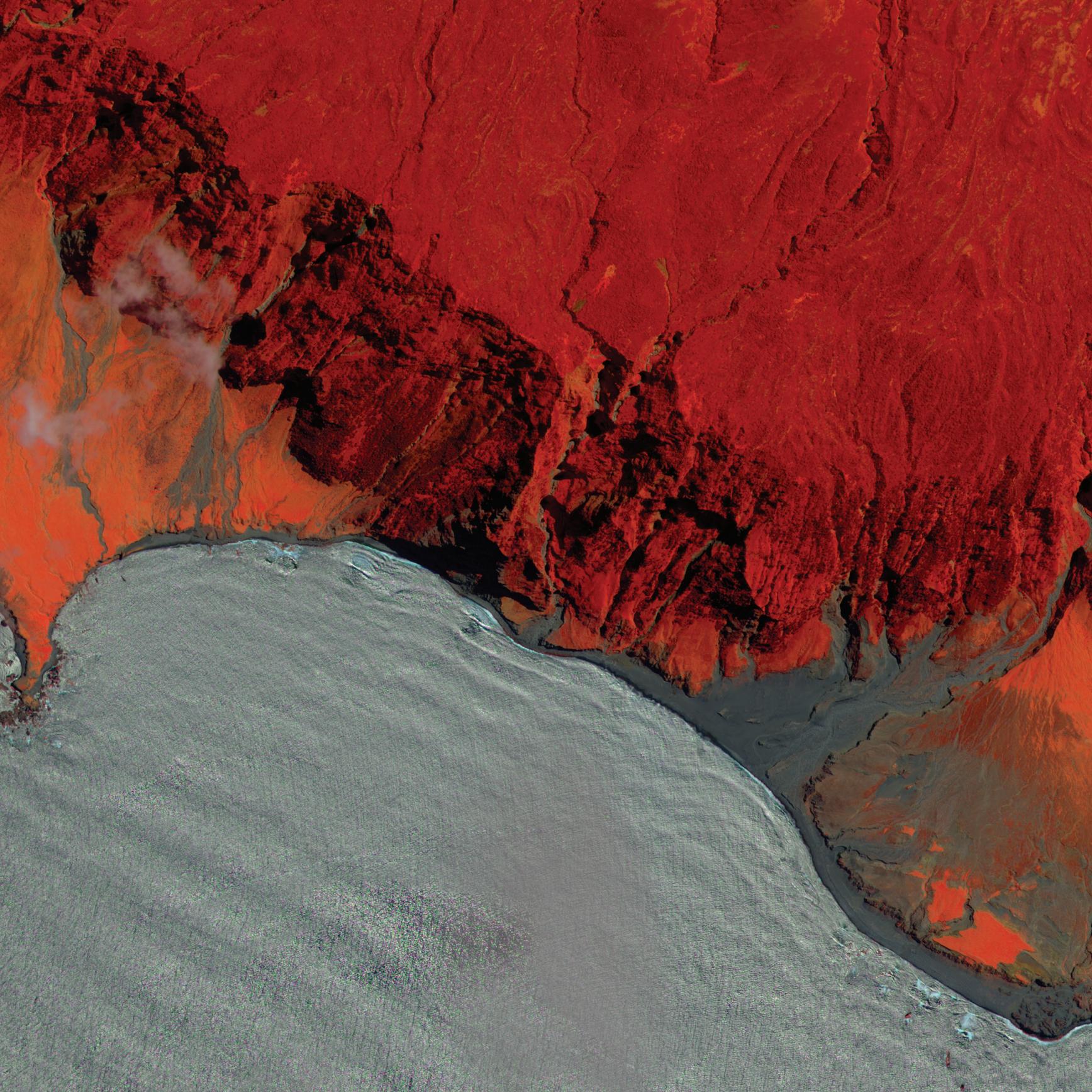
▶ 您需要：

- ArcGIS Earth
- 预计时间：15 分钟

[开始课程](#)

Esri.com/imagerybook/Chapter2_Lesson





定义影像

GIS 与影像相互协同

对于专业用户而言，影像和 GIS 被视为在概念上紧密联系的数字地理的补充形式，但在很大程度上仍然相互独立。过去，用户会使用两套系统：一套作为 GIS 系统，另一套则作为影像处理系统。现如今，正逐渐兴起一个伟大的创想：即在 ArcGIS 中基本实现两个线程的紧密结合 - 这将促进影像应用程序在以矢量为主导的传统 GIS 世界中实现急速和深远的扩张。

GIS 的基础

影像剖析

长久以来，影像在 GIS 中一直占据基础地位，在众多 GIS 应用程序中起到了协同促进作用。毫不夸张地说，影像和遥感技术为 GIS 数十年的稳定及广泛应用提供了助推力。影像是创建图像底图的理想方案，也是对地理要素进行提取、追踪或数字化的完美基础；矢量 GIS 使用点、线和面来描绘地理，而影像则是矢量 GIS 的完美补充。

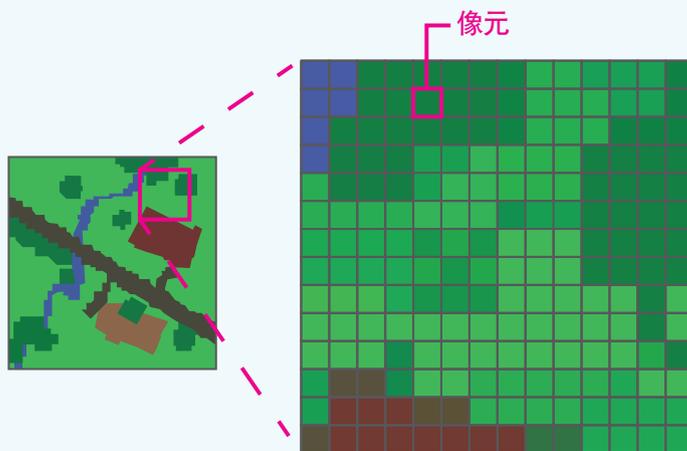
ArcGIS 是全面的影像集成机器，可作为全球数以千计的飞机、卫星、无人机和地面影像传感器全天候、全方位采集影像信息的入口。这些以数字方式捕获的观测信息可与地理空间对接；此外，由于这些信息具有时间戳，因此也可在时间类应用程序中加以使用。由此产生的信息图层被持续添加到全球共有的 GIS 地球知识储备中，使地理信息工作者们可以做得更多、更快和更有效果。

除了传统 GIS 功能，ArcGIS 也包含了全面的影像处理系统功能，可支持影像和遥感的应用、使用以及集成。

这样的功能集成以将影像与 GIS 关联的一系列关键的综合概念为基础。本章将回顾这些关键概念，同时也提供有助于理解 GIS 影像强大功能的实例来巩固这些概念。

基于像元的影像

每个影像都由很多行包含值的像元（即像素）组成。影像中每个像元表示的值可以是您在任何一张数字照片中看到的彩色像素；可以是 Landsat 场景中的观察测量结果；也可以是用于表示专题类别或表面值的其它类型的值，例如高程值或分析模型结果。



影像图层的通用性和差异性

栅格是地理空间中由像元组成的格网。格网内的格子即像元。在 GIS 中，这些像元引用了真实的地理数据。这些基于像元的栅格结构用于存储和管理所有影像数据。这种基本格网结构使得栅格数据具有通用性，可用于表示几乎任何类型的地理信息。这意味着所有类型的数据都可以与影像集成，来进行制图、高级分析和数据管理。

真彩色航拍



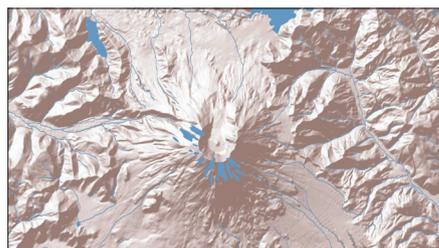
新西兰马尔堡皮鲁斯河沿岸影像。影像资料来自新西兰土地信息部 (LINZ) 庞大的国家影像数据集。

Landsat 场景



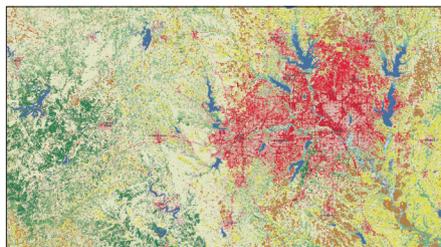
犹他州山脉和峡谷的 Landsat 8 场景。这一短波红外影像对于研究植被健康状况、变化检测、土壤干扰以及土壤类型非常有用。

高程表面



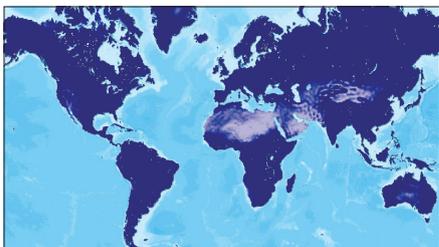
圣海伦斯火山的高程表面来自卫星捕获的数字高程模型 (DEM)，用于创建逼真的山体阴影。

土地覆被



土地覆被栅格标识了不同类型的已开发区域以及农田、森林和自然植被。每个像元都会表示出覆盖该像元的主导地位的值。

降水量



从 MODIS 卫星影像获得的这一时间序列地图中包含降水历史记录，其中显示了从 2000 年三月至今各月的降水量情况。

洪水泛滥区



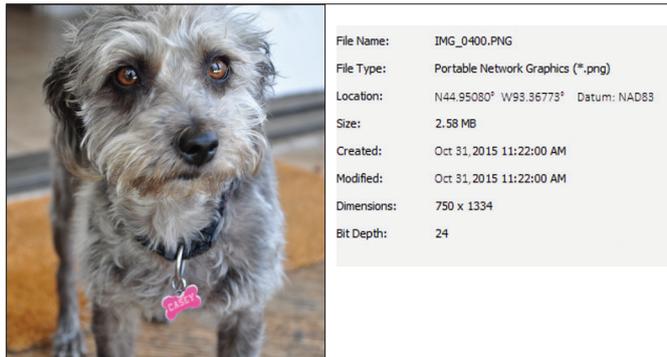
这张南卡罗来纳州查尔斯顿的地图将容易遭受沿海洪灾的区域与 1863 年美国城市沿海测量地图中的相同区域作了比较。

揭开影像的神秘面纱

影像包含元数据

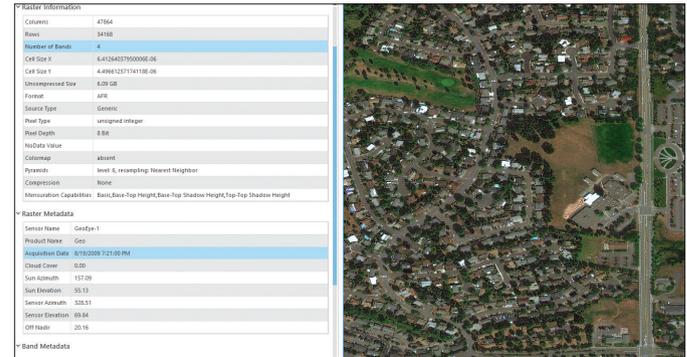
正如数字照片一样，地球观测影像中包含重要的元数据，使您可以在 ArcGIS 中实现信息的智能应用。如果软件算法使用此类信息，便可使一度繁琐异常的诸多地理配准影像技术步骤实现自动化。

数字照片元数据



您的数字照片包含照片的元数据，包括照片的拍摄时间以及相机位置（记录 GPS 坐标的地理标记）。

影像元数据



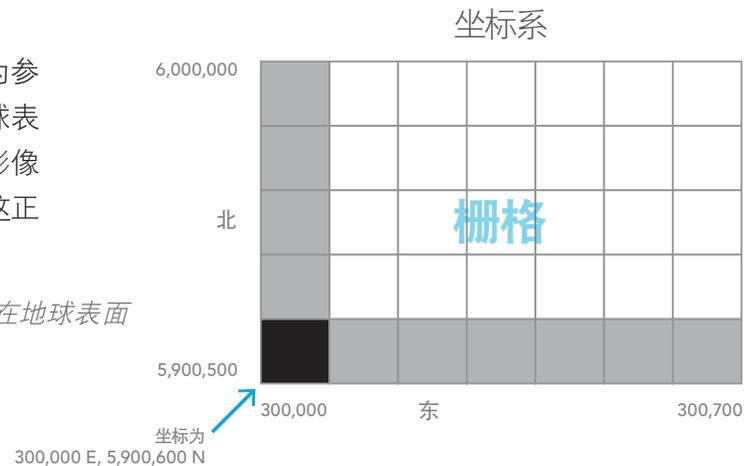
同样，无人机、飞机以及卫星影像中也包含多项详细的元数据，这些元数据可以使您对影像的空间参考（或位置）、创建日期、云覆盖量以及其它属性进行更智能的应用。

ArcGIS 利用此信息处理您的影像、创建自动化的智能显示和分析。

影像具有地理参考

GIS 数据的最显著特征是所有图层均以地球表面为参考（如果您的研究领域是其他星球，则以其它星球表面为参考）。影像数据也具有空间参考，可用于影像数据叠加并与所有其它 GIS 数据类型配合使用。这正是 ArcGIS 成为完整影像集成平台的必要条件。

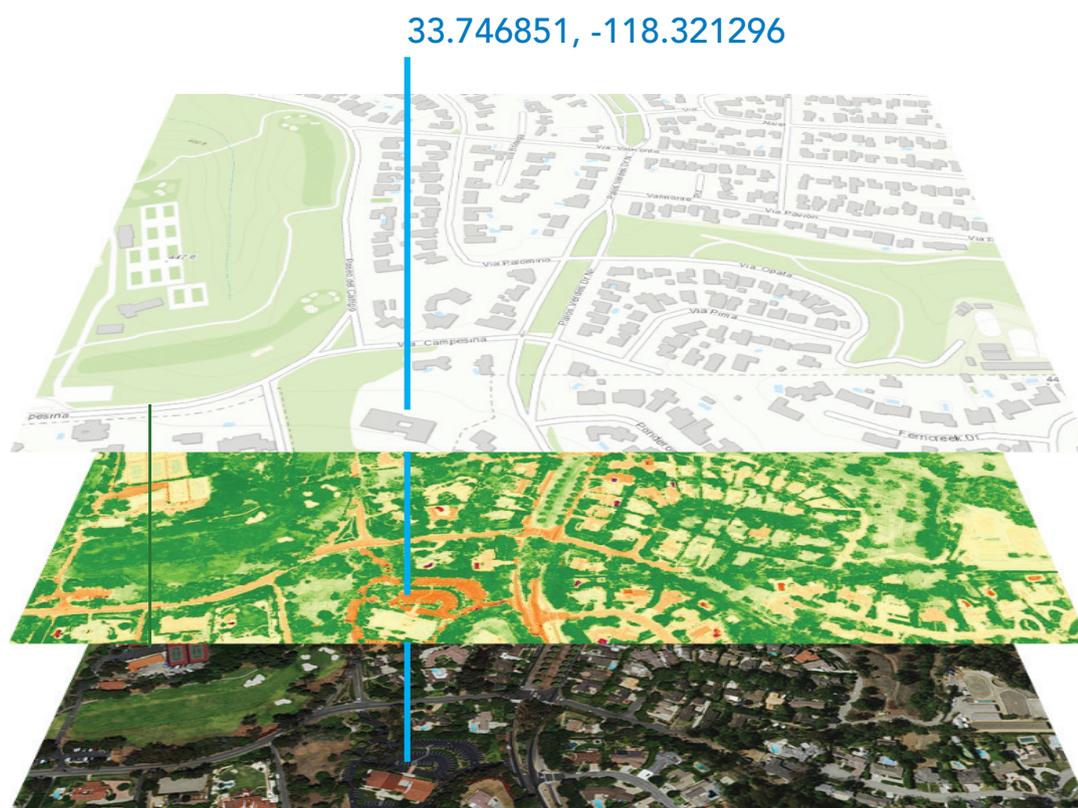
栅格所具有的空间参考可将其记录在地球表面并与其它 GIS 数据图层配合使用。



地理是对图层进行组织的关键

影像与其它地理图层对齐

影像也是 GIS 图层。像所有地理信息一样，影像也被地理配准到地球的某一个位置，这意味着影像是与其它地理图层一起记录到 GIS 中。这种叠加功能是 GIS 运行所依据的基础概念。与其它地图数据相关联时，影像除了其图片状态外，同时也变成真实的信息源，是可以与相同区域中任何其它数据图层相结合、比较以及分析的数据。



包括影像图层在内的所有图层均记录在 GIS 中并逐一对齐。以这种方式进行的信息地理配准是 GIS 的一大特点，可在同一地理空间中实现不同信息类型的显示、结合以及分析。

灵活的格式

任何 GIS 图层均可表示为栅格

一旦您发现栅格只是地理对齐的影像文件，就可以将其作为简单、通用的数据格式的基础。所有影像都只是作为栅格的集合来管理。同样，几乎任何 GIS 数据集（矢量要素、连续表面以及时间序列信息）也都可以使用栅格来表示。

GIS 通过这种方式来组织影像并使其得到有效利用。某一特定地理区域（的比例和范围）的独特数据集可形成一个图层重叠（有时称作数据立方体），这使您可以将独立图层集成为无限大的集合。因此，影像可为每个 GIS 提供大量图层，大大提升 GIS 的性能。

栅格可用于表示表面



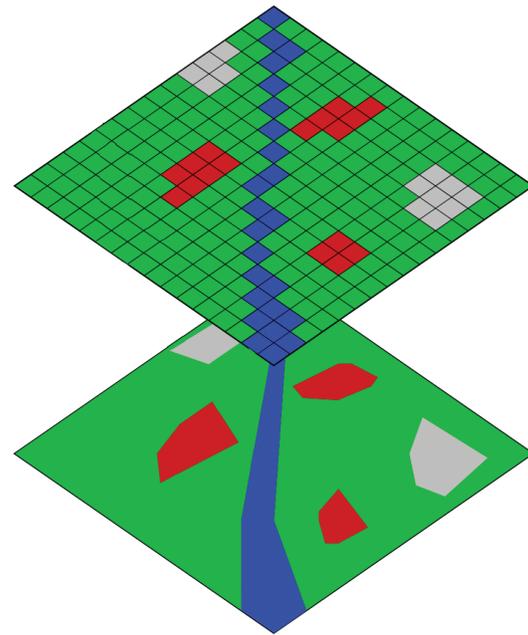
本例通过 Landsat Shaded 底图展示了南犹他州极端复杂多变的高程表面。

栅格可用于表示时间



此 Web 制图应用程序展示了 2014 年月平均积雪厚度。

栅格可用于表示要素

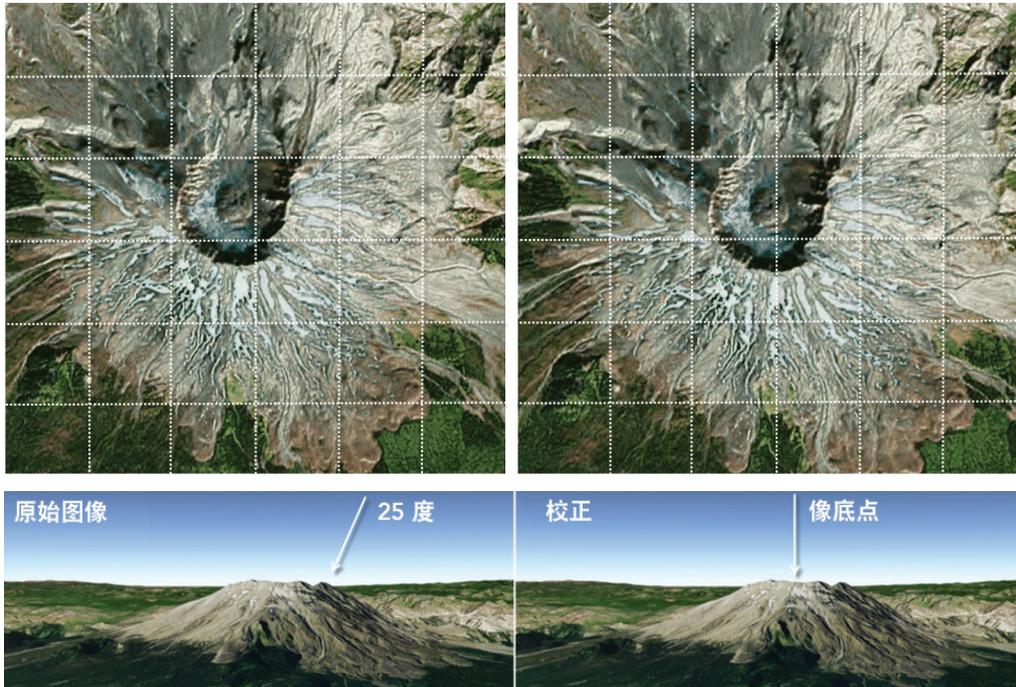


如图所示为河段矢量图（下方视图中宽度不一的蓝色面）转换为上方视图中栅格（及其它要素）的结果。

正射校正影像

使用高程实现精确影像地理配准

影像中含有大量信息，但原始航空影像或卫星影像并不能在 GIS 中直接使用，而是需要将影像中所有像素都处理为与地球上的某个精确位置 (x,y) 相对应。摄影测量是历经数十年发展的一门学科，可通过处理影像来生成精确地理配准的影像，这样的影像被称为正射校正影像（有时也简称为正射影像）。正射影像经处理后，可用于校正由传感器系统造成的光学畸变，也可校正由传感器视角和地面地形视角差异引起的地面物体位置的显著变化。



对于从倾斜角度（例如左图中 25°）捕获的视图，必须校正由地形引起的地貌位移来生成正射视图（由正上方向下，右图）。正射影像通过计算每个像素的像底点视图生成。

正射处理需要：精确的传感器描述，即传感器模型；传感器位置以及每个影像方向的详细信息；精确的地形模型，例如 ArcGIS Online 的 World Elevation 服务。影像经过正射校正后，即可在 GIS 中使用并与其它数据图层精确叠加。

多光谱影像

开启超感官认知之门

通过遥感技术可获取多种不同寻常的影像，其中也包括多光谱影像。每个影像都由一系列机载或星载传感器中的数据组成，这些传感器可以从电磁波谱中收集小切片（或波段）。下表展示了（以波段表示的）完整波长列表，该列表是由 Landsat 8 捕获的影像整合而成。以下影像是将不同波段组合为红色、绿色以及蓝色的电子显示结果或硬拷贝印刷后您所“看到”内容的示例。

波段 1	沿海气溶胶	波段 4	红色	波段 7	短波红外 2	波段 10	热红外
波段 2	蓝色	波段 5	近红外	波段 8	全色	波段 11	热红外
波段 3	绿色	波段 6	短波红外 1	波段 9	卷云		

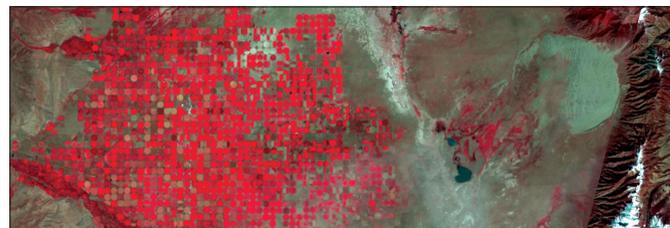
可将 Landsat 8 的影像波段进行组合，然后在此基础上创建大量用于研究和分析的科学研究数据图层。有关详细信息，请联网访问 [USGS Landsat](#)。

自然色



红色、绿色和蓝色的自然色（波段 4、3、2）组合非常适合于地面和水下要素的广泛分析以及城市研究。

彩色红外



彩色红外摄影，通称假彩色摄影，是将非人眼正常所见的颜色渲染至场景中，广泛用于显示自然资源分布情况。

陆地和水域交界面



Landsat GLS Land 以及 Water Boundary（波段 4、5、3）突出显示了陆地与水体的边缘。

植被分析



在 6、5、4 波段的组合中，灌溉植被显示为亮绿色。土壤则显示为黄褐色、褐色和淡紫色。

镶嵌数据集

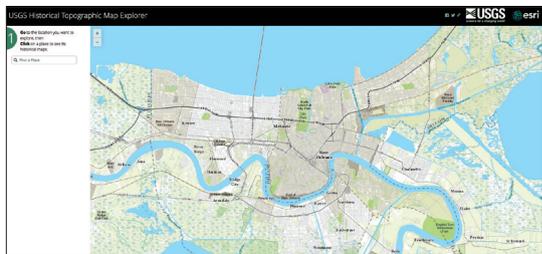
影像集合

在 ArcGIS 中，建议使用镶嵌数据集作为管理和处理影像的数据结构。镶嵌结构对于较大甚至非常庞大的影像集合都有极强的大数据处理能力。每个镶嵌由一系列相关的栅格数据集组成，您可以将初始的单独影像文件保存在磁盘上，也可将这些文件作为某一大型集成集合的一部分来进行访问。镶嵌可用于跨越多个较大区域来创建连续的影像表面。例如，您还可以使用镶嵌来处理整个大陆高分辨率影像文件的覆盖。或者您也可以按不同年份和地图比例来管理一个国家的整个历史地图序列。您也可以管理地球观测结果以及气候预报建模时间序列信息的大型多维集合（通常称为 4D）。创建镶嵌非常简单。您可以指向一系列源地理配准影像文件并在几分钟内自动集合一个镶嵌，其中每个影像均作为镶嵌集中的一个切片。



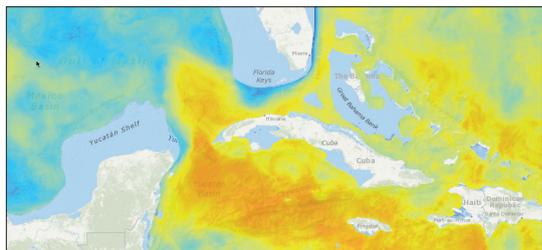
管理超大集合

左图为密歇根州、伊利诺伊州及威斯康星州周边区域的镶嵌概视图，右图为农场的乡村视图。这个国家农业影像计划 (NAIP) 的镶嵌数据集中包含了超过 400,000 个单独影像文件，覆盖了美国的大陆部分。数据集中包含每个 NAIP 影像多波段的完整信息以及在不同比例下进行影像处理的概视图。



让历史影像变鲜活

影像镶嵌也可以由扫描的历史地图组成，例如 Historical Topographic Map Explorer 中包含的 175,000 张历史 USGS 地图 - 用户可以在 ArcGIS Online 中将其作为影像镶嵌访问。您也可以对自己的历史地图以及先前的航拍照片进行地理配准并把它们整合到镶嵌中。



分析多维数据

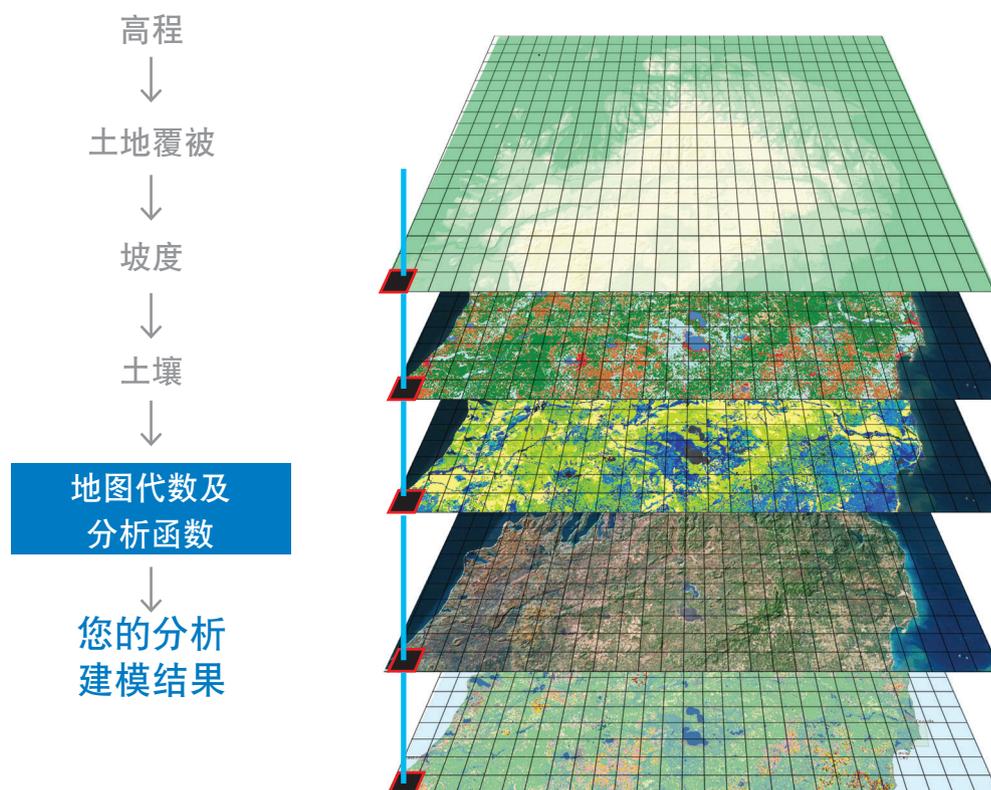
多维数据从位置、海洋深度及日期三方面进行捕获。地球科学家常把多维数据称为 4D 数据，因为它通过三维来表示位置并把时间作为第四个维度。镶嵌数据集使得管理和应用多维数据变得更为便捷。

使用栅格简化分析

图层重叠的整合

栅格提供了一种简单、通用的数据格式，可简化几乎所有类型地理数据集的处理过程，从而也简化了各种复杂的空间操作以及数学函数。执行所有类型有趣且复杂分析操作和计算的工作流也因此得到简化。当栅格像元逐一向上堆积时，它们就成为了一种可处理的数据“重叠”。

任何 GIS 数据图层都可以转换为格网数据集，这些数据集可与其它数据集整合，从而创建包含多个图层的重叠，这样即可把数据结合到有用的分析模型中。

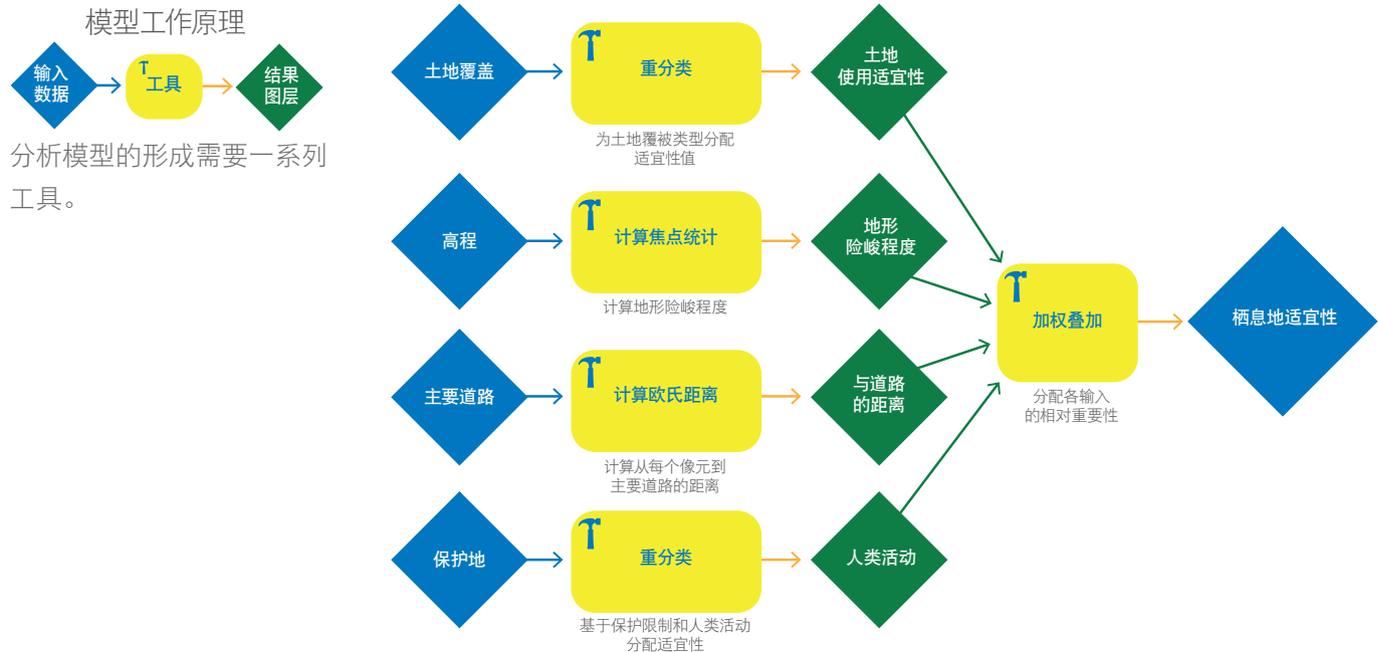


栅格可极大增强分析性能。例如，栅格逐一向上重叠时，可进行集成及叠加操作。而栅格中相邻的像元可用来计算分区统计、选定要素邻域、表面建模以及流函数。此外，在绝大多数情况下，都可以对 3D 和时间进行分析。

将栅格整合至模型中

串联一系列操作

在 ArcGIS 中，栅格图层和工具均被整合到进程模型中。每个栅格分析工具都对地理数据执行一项较小的核心操作，例如将图层与加权叠加相结合、计算各像元到特定要素的距离或跟踪表面水流的路径。由此生成的新图层可以馈送到其他工具中，以便进一步生成其他结果。通过这样的方式即可将一系列操作串联在一起，进而创建您自己的空间分析算法。这样，您就可以使用 ArcGIS 来对您能想到的任何类型的空间问题进行建模。



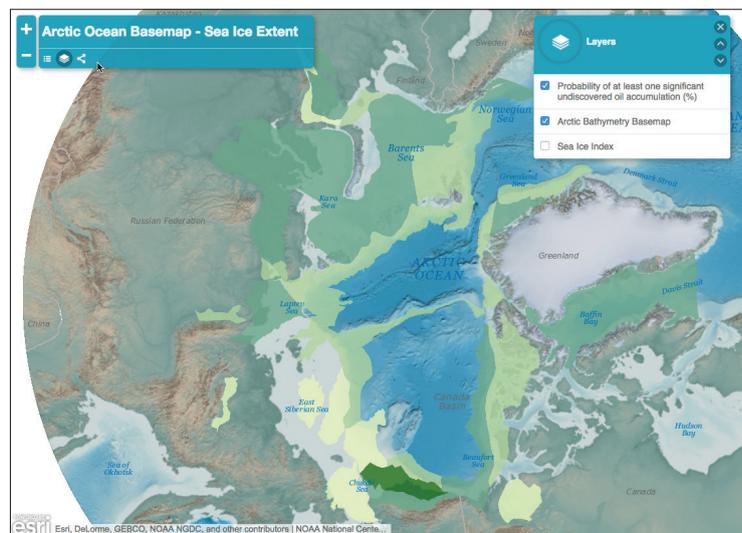
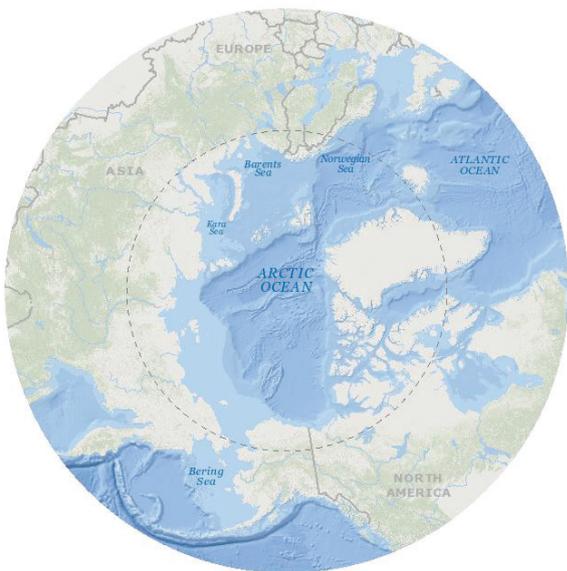
地理处理是对地理数据有序地执行一系列操作以创建新信息的过程。某些性能强大的工具可用于对栅格数据类型进行建模和整合栅格图层的操作。上图中简化的美洲狮栖息地模型是 ArcGIS 强大的栅格建模和分析性能的实例。

案例研究：“冷酷”新境界

北冰洋底图

在过去的几年里，Esri 海洋底图团队意识到，世界科学正逐渐将注意力转向北方。北冰洋海冰的消退和船舶交通的增长问题已迫在眉睫，在海洋和航海社区中也引起了集中讨论。为支持这些社区，Esri 海洋底图团队开发出了北冰洋底图。

北冰洋底图使用了对地球北极区域特别优化的极投影。兰勃特方位等积投影以阿拉斯加为中心，使北冰洋底图与以两极为中心的应用程序无缝接合。目前，北冰洋底图大量海洋图像数据均来源于与 Esri 关系密切的航海社区的权威测深数据。与 Web Mercator 版本的世界海洋底图一样，北冰洋海洋底图也包含两种地图服务。在这幅 Web 地图中，基本服务和参考服务相结合，创建出了一个地图“三明治”。



北冰洋底图（左）使用了为地球北纬 90 - 50 度区域研究进行专门优化而成的投影。这样，北冰洋底图（及其配套影像版本）便可与北极区域的其它数据进行叠加（例如右图所示为海冰范围及石油勘探数据图叠加在北冰洋底图上方的结果）。

思想领袖： Dawn Wright

惊涛之下的影像

超过 1500 人已成功登顶珠穆朗玛峰，超过 300 人已遨游太空，12 人已实现月球行走，但只有三人抵达过海洋最深处并安全返回。像奥德修斯一样，我们必须乘船去探索我们的海底世界。要收集海洋影像，我们需要依靠船载声波传感器以及水上和水下遥感装置。然后我们依靠 GIS 来将这些丰富的数据变成我们可以使用的信息，从而进行以下工作：栖息地制图和恢复、保护区设计、深海渔业管理、海啸疏散逃生方案建模、石油泄漏响应及处理、港口导航改善以及风暴侵蚀海岸过程分析。我们也通过海洋去发现新世界。我们的海洋“新”领域已经 30 多亿岁了，然而我们现有的海洋地图资料还不足以描绘海洋的十分之一 - 而且这些地图只能达到与州立公园徒步旅行地图同等的细致程度。

然而，深海探索的未来看起来却无比光明 - 这未来几乎就在我们眼前。我们正致力于开发更为先进的传感器和分析手段，也力争使二者相辅相成来发挥最大的作用。近些年来，卫星和飞机传感器在观测水表面要素上已有了上佳的表现，但在水下观测方面还远远不足。机载传感器依靠电磁提供能量，而且在水中下潜越深（相关概念：水体表面到水体底部称为“水柱”），能量畸变和消散就越多。然而声波在水下可以传播得更远、更快。因此，我们依靠水媒声波传感器来帮助我们观测水柱。我们可以通过声信号的强度（反向散射）来判定物体的形状以及海底属性。例如，重沉积区域通常不发生反



Esri 首席科学家 Dawn Wright 竭力推进 Esri 的环境、生态保护、气候以及海洋科学方面的工作议程。

射，而新喷发的海底火山熔岩流则通常较为光滑且极易发生反射。金属物体（例如沉船以及坠毁的飞机）也易于发生反射。

我们在航行中通过声波传感获得了细节最为丰富的影像，然而这样的系统观测仍然远远不够。因此，我们也需要将水下摄像和照相的遥感技术与 GIS 相互配合，以此来解析不同的维度、分辨率和数据精度，让我们更真切地了解海底世界。



观看视频： Dawn Wright 和 Jack Dangermond 关于 GIS 和海洋的讨论

快速入门

挖掘 Landsat 母脉

任何连接到 Internet 的人都可以访问 Landsat 8 数据。Amazon Web Services (AWS) 将 Landsat 8 数据向公众随时开放，因此，任何人都可以使用按需计算资源来执行分析和创建新产品，无需担心 Landsat 数据的存储成本或数据下载的耗时问题。Landsat 8 2015 年的全部场景以及 2013 和 2014 年的一组无云场景都可以自由访问。Landsat 8 的所有新场景每天都在更新，通常在数小时内捕获。

Landsat 以独特的方式观看地球。它通过获取地球上各个位置的影像来揭示地球的秘密：从火山活动到城市扩张，无一能逃过它的法眼。Landsat 可观测到电磁波谱中的更多内容，包括人眼不可见的事物。Landsat 每 16 天获取一次地球各位置的影像，因此，我们可以看到这些位置随时间推移发生了怎样的变化。

Esri 正积极参与此计划。Amazon 通过 Amazon Web Services 云托管了来自 USGS 约 1 PB 的 Landsat 影像，GIS 用户社区可自由获取和使用这些影像。Esri 已先行一步，创建了一组对公众开放的 Web 服务，这些服务每天都会更新。每天都有最新的 Landsat 8 场景添加进来，新场景和先前的场景均可直接访问。这些服务具有多光谱和时间属性，不仅提供最新的美图，而且提供 Landsat 中完整的信息内容。



Esri 总裁 Jack Dangermond 阐述 Landsat 的影响

[Change Matters 网站](#)



Landsat 8 全色锐化
15m 全色锐化自然色场景



Landsat 8 视图
30m 多光谱 8 波段场景



Landsat 8 全色
15m 全色场景



Landsat GLS-2010
Landsat GLS 2010 数据集的影像服务



山体阴影底图
绚丽的 15m 自然色底图



缨帽影像
对农业和植被监测非常有用。

Esri 获取了 Amazon AWS 云中托管的 Landsat 影像，ArcGIS 用户社区可以自由访问这些数据。以上展示的是已完成开发、可直接使用的影像服务。

Learn ArcGIS 课程

利用卫星影像评估火灾面积

2015 年夏天，野火肆虐了蒙大拿州冰川国家公园。大火熄灭后，蒙大拿州林业和资源管理部门测量了火烧痕迹以计算受灾面积。火烧痕迹测量结果可为森林重建和植被演替提供基准。然而，地面测量难度较大且不切实际。因此可考虑通过卫星影像创建测量基础。

在以下课程中，您将扮演地理空间科学家的角色，与蒙大拿州林业部门合作，执行冰川国家公园受灾情况分析工作。您首先要比较火灾发生前后的 Landsat 8 影像。然后，您要更改火灾后影像的波段组合，以此来突出显示火烧痕迹并作出定性判断。接下来，要计算影像的归一化燃烧指数（用于突出燃烧面积的比率）以量化评估结果。最后，要创建表示烧伤痕迹的要素类、计算其面积、并将面积值发布至 ArcGIS Online 与蒙大拿州林业部门进行共享。

▶ 学习以下领域的技能：

- 显示不同波段组合
- 创建自定义波段组合
- 计算归一化燃烧指数
- 将图层发布到 ArcGIS Online

▶ 您需要：

- ArcGIS Pro
- ArcGIS 组织中的发布者或管理员角色
- 预计时间：2 小时

开始课程

[Esri.com/imagerybook/Chapter3_Lesson](https://esri.com/imagerybook/Chapter3_Lesson)





感知难以察觉之物

传感器赋予我们超人一般的眼睛

影像较普通图片提供更多信息。某些传感器可探测超出人眼可见范围的能量，使我们能够“查看”范围广泛的电磁波谱。此功能使得科学家、地质学家、农民、植物学家以及其他领域专家能够调查在其他情况下处于隐藏状态的状况、事件及活动。其影响极其深远，其应用看起来永无止境。

扩大您的视角

多光谱数据可提高您的视野深度

每天，天空中大量传感器沿太空轨道运行，直接捕获地球影像。安装在卫星、飞机、无人机以及机器人上的影像装置几乎可测量、监控、拍摄和探索发生的每一件事情。其中的大部分信息最终会以影像形式呈现，影像将世界集成为一个大型、逼真、虚拟的 GIS 并部署在 web 上。

其中一些传感器的可视范围超越了我们肉眼所见，使我们能够查看不明显的事物。多光谱影像能够在有着比彩虹颜色更多维度的世界中测量和捕获人眼不可见的信息 - 其所见超过了人眼所能察觉的极限。

其他主动传感器技术（如激光和雷达）发出的信号以光速反射回来，从而向公共资料档案库添加更多的信息。某些影像传感器可以穿透云层和树木，看到其下面的景象。所探测到的某些事物太过微妙，是我们任何一种感官都无法辨别的。此信息的丰富性和即时性使得我们对影响社区和环境的自然过程与人类活动有了更深层次的认识。收集与开发此类新信息源的能力对 GIS 实践者而言越来越重要。

自第一台相机随着飞机升空开始，这已成为遥感社区的任务，如今，这些传感器在所有光谱范围内的输出，对于人们能够做出更好的决定将起到绝对重要的作用。科学工作和分析所采用的新型多光谱传感器在 GIS 中的运行方式与传统自然光场景中相同；基本原理相同。目前，收集和传输的速度与范围意

味着，信息比以往任何时候都更为及时，这使我们能够在重大人为和自然事件发生后可做出近乎实时的关键性比较。

Web GIS 堪称星球的神经系统，而整个光谱影像起着关键性作用。



随着爆裂性喷发，尼加拉瓜的摩摩通博火山于 2015 年 12 月苏醒过来。此假彩色影像突出显示了高温区域，主要是向东北部延伸的熔岩流。

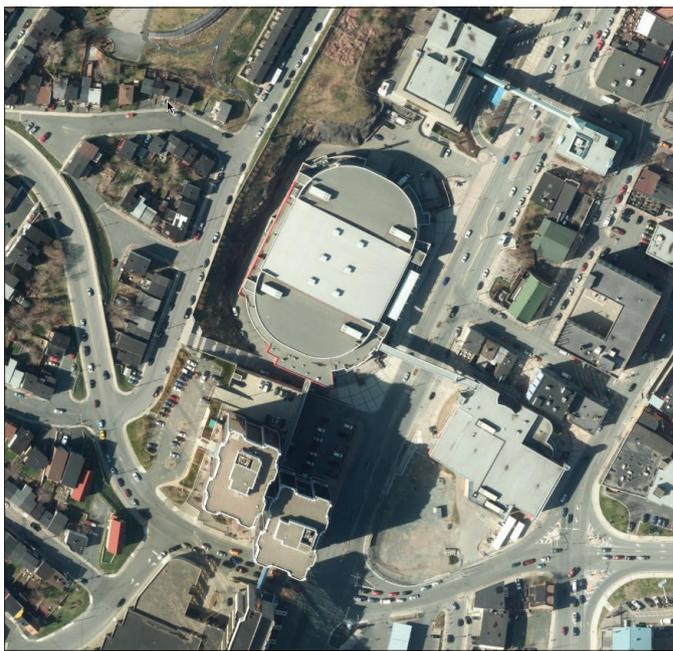
自然色影像

光谱的可见部分

手机上的相机是用于捕获照片（按照我们视觉习惯而识别的表示对象的光与颜色）的传感器。这些照片是表现为红色、绿色和蓝色深度的各种像素的集合。许多航空平台和卫星平台以同样的方式（沿着可见光谱）捕获影像，从高空获取地球的基本地理配准图片。虽然不像某些影像类型那样特别，但自然色影像的价值非常高。

从空中轻松捕获的一系列可见景观图片将带来新的认识，并可帮助我们了解地理环境和位置框架中的许多事物。此外，日益增长的传感器数与捕获频率正逐步提高影像和照片的应用价值。

世界影像



世界影像底图（在此缩放到纽芬兰圣约翰岛）是 ArcGIS 中最常用的底图，每周请求数量超过二十亿。此影像通过将数十个源连接在一起并存储在云中的方式进行缓存和优化，以便用于从全局视图到高分辨率站点视图的各种视图。

模式将变为动态活动状态

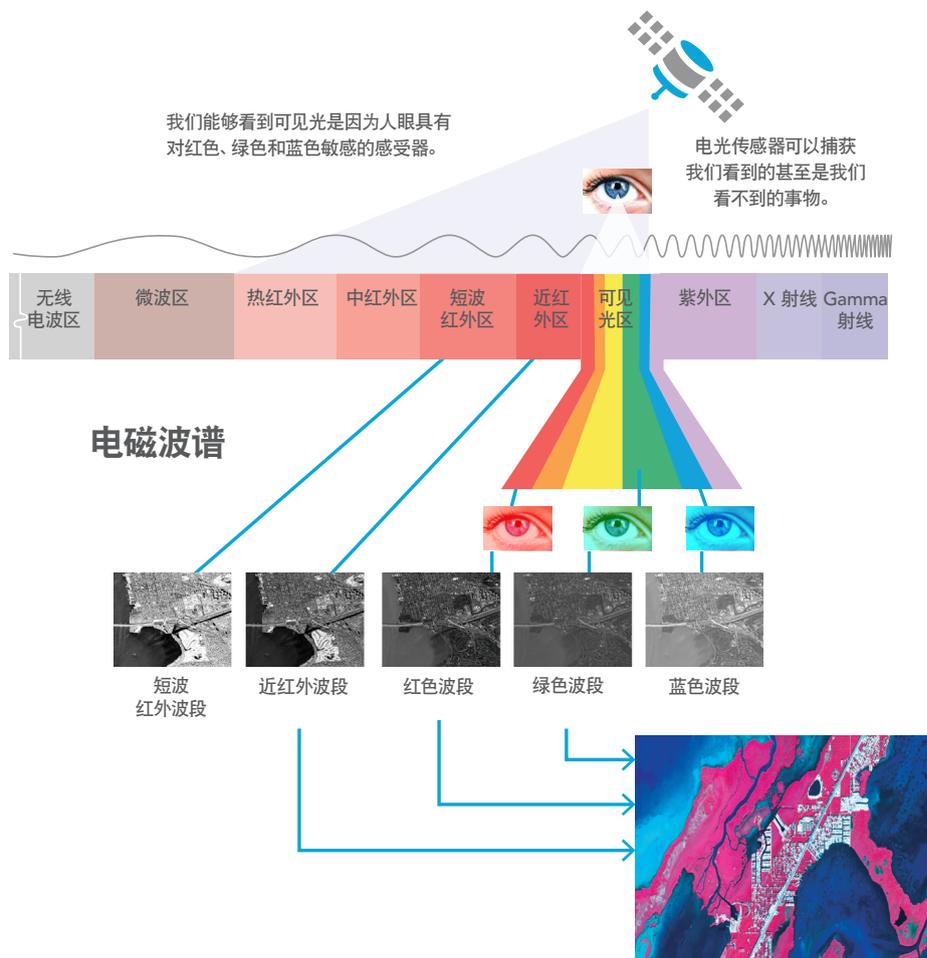


新西兰艾格蒙特国家公园是塔拉纳基山的所在地，此山是一座休眠火山。用于保护山坡上森林覆盖区域的几近圆形的边界，是通过探测真实颜色影像而展现出来的一种模式示例。单击影像以探索分布在全球各地的圆形模式的故事地图。

电磁波谱

超越可见范围

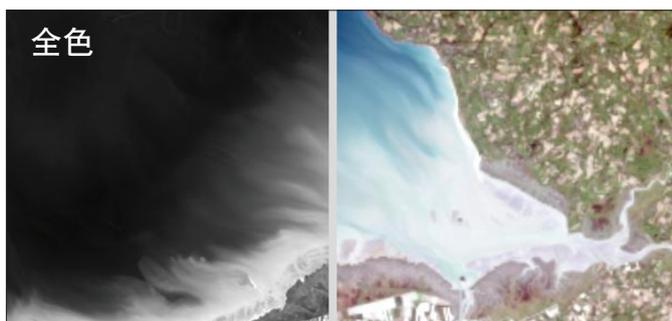
在动力飞机的早期历史中，航空照片（从上空拍摄的地球图片）在军事与科学应用中的有用性开始被发现。很快，影像专家和科学家意识到，我们能够探测到超出人眼（未使用任何辅助工具）可视范围的事物。通过探测除了彩虹以外的可见光到不可见光的各种波形，可揭示更深入更丰富的信息。结果表明，这些光谱中难以探测的领域恰恰提供了一些最有意义的信息。此类信号中隐藏了此前未知的、关于地球的各种事实，这使我们能够较原来更有效地了解世界。



此类传感器中大多可测量整个电磁波谱的波段，称为电光 (EO) 传感器。它们用于记录地面上各种事物所发出或反射来自太阳的能量波长。这些电磁信号包括整个反射能量光谱中的可见光、红外线以及其他频率波段。

多光谱波段组合

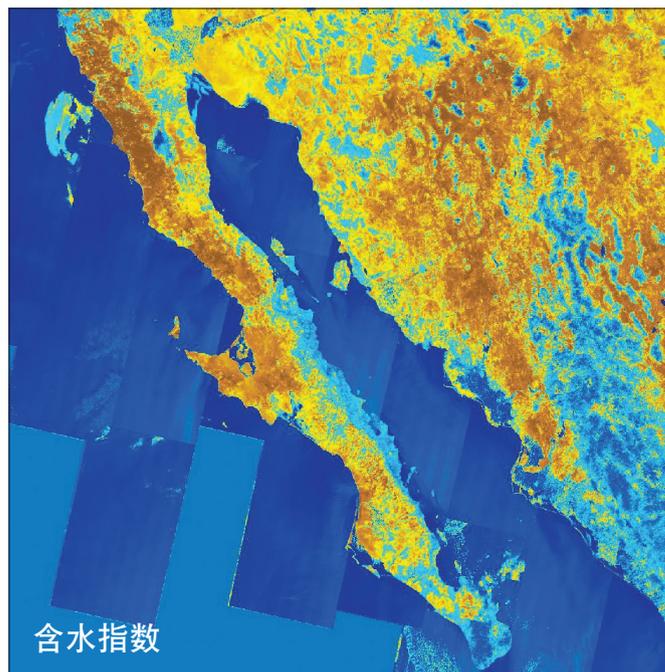
多光谱影像可测量整个电磁波谱中的不同频率范围。考虑这些不同频率的其中一个角度是颜色，而某些颜色并非人眼直接可见。这些频率范围称为波段。不同的影像传感器可测量不同的波段组合。持续时间最长且可能堪称最著名多光谱影像计划的，应该是自 20 世纪 70 年代即开始地球影像收集的 Landsat。通过将传感器三个波段的数据分配至电子显示屏（或适用于硬拷贝的打印机）的红色、绿色、蓝色通道，即可创建颜色可视化。此处提供了各种不同波段组合及其应用的一些示例。



全色影像，俗称黑白影像，通常比任意给定卫星中记录的多光谱波段分辨率更高。它保留了许多 GIS 应用的关键源，作为基本解释与分析的参考。通常，全色影像通过一个称为全色锐化的过程与其他波段进行组合，生成高分辨率场景。



在“农业”波段（5、4、1 的组合）中，充满活力的植被显示为亮绿色，健康的植被显示为深绿色，而缺水的植被显示为暗绿色。

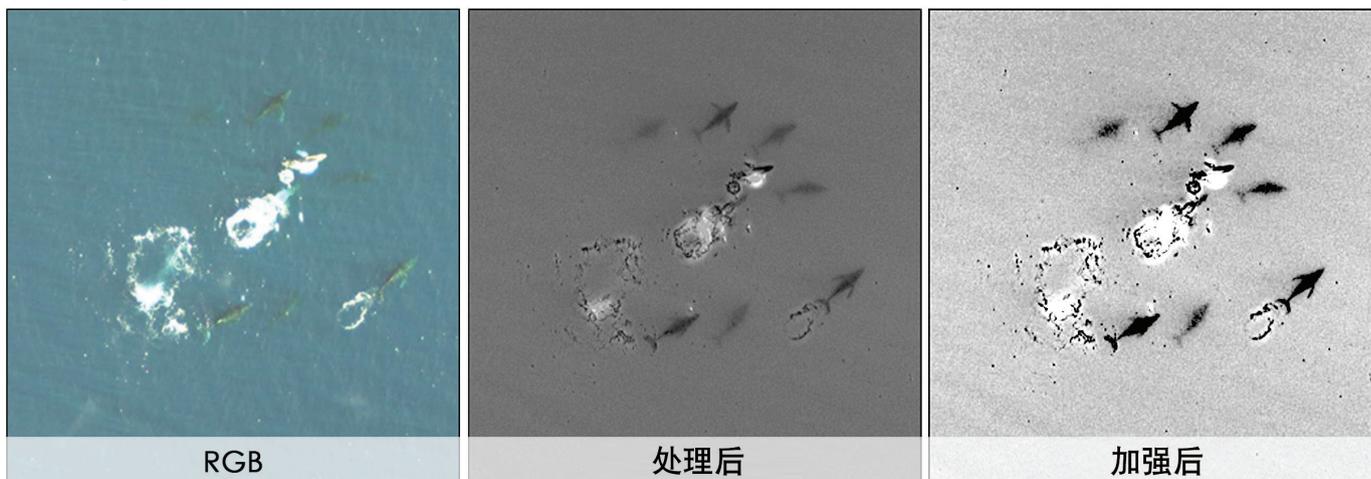


归一化差值含水指数 (NDMI) 用于评估植被中的水分含量，其中含水量高的湿地和植被显示为蓝色，随着水分含量的升高会逐渐变为深蓝色；而较为干旱的地区显示为黄色，且随着干旱程度的加剧而逐渐变为棕色阴影。影像分析，通常在指对选定多光谱波段进行组合时使用公式来计算各项指标。

多光谱影像的作用

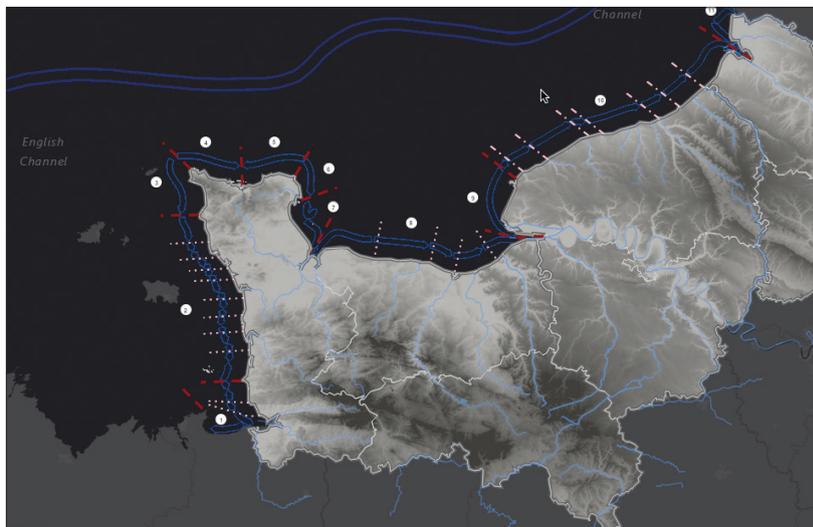
应用遥感影像数据

探测海洋哺乳动物



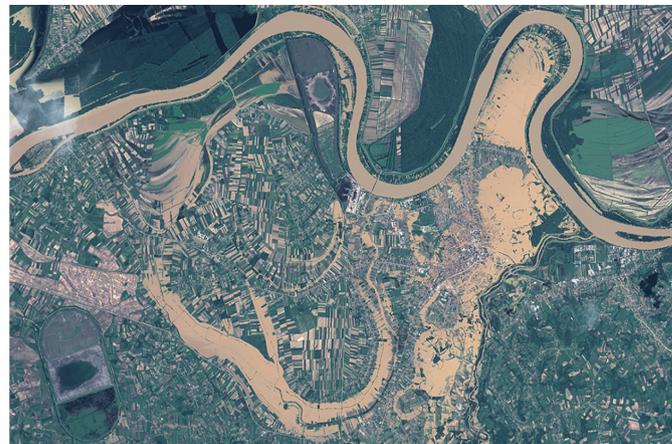
对于有关海洋哺乳动物的监测，采用白天与夜间条件相结合的方式进行分析是构建精确物种清单的有效方式。

海岸侵蚀风险的动力学研究



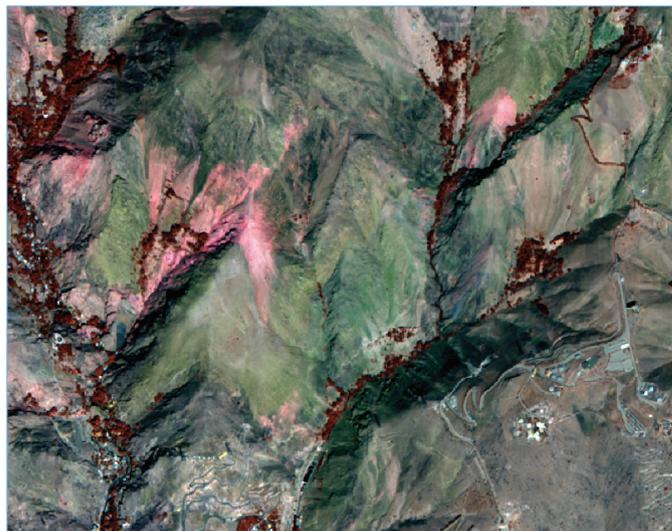
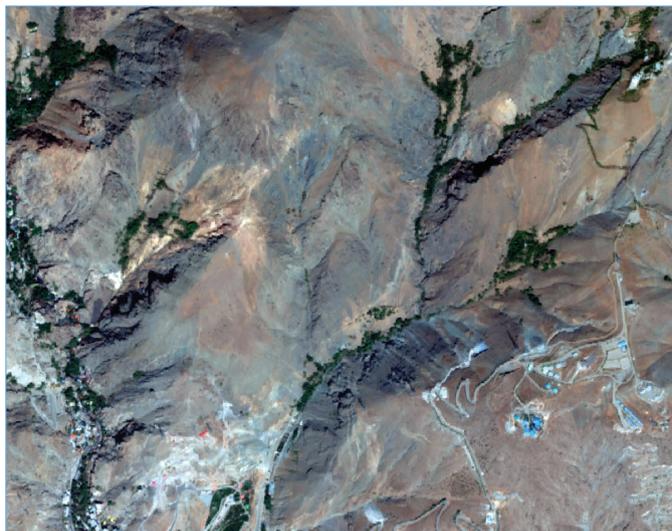
法国组织 Réseau d'Observation du Littoral Normand et Picard 采用适用于多平台的影像来研究从诺曼底到皮卡第的海岸线变迁。由法国提供的这一令人赞叹的故事地图，通过潮流、波浪以及盛行风的活动追溯了海岸沿线沉积物、沙滩和砾石的变迁。海岸侵蚀严重影响了海滩和悬崖。

监控严重洪灾



此处塞尔维亚西部两个影像的对比，可展示伴随 2014 年的一场大洪水，两条河流大量溢出至周边区域的情景。塞尔维亚的 Krupanj 和 Obrenovac 镇已完全淹没。土地和各个小块陆地已完全隐藏在水和泥浆之下。左侧影像是洪水开始当夜拍摄的 TerraSAR-X 雷达影像，已经显示了土坝上的裂痕，紧随其后的是云覆盖量减少后拍摄的光学 SPOT 影像（右侧），显示了洪水决口处彻底破坏后的景象。相比之下，所[链接的示例](#)则显示了此地区九个月前未遭遇洪水之时与洪灾最为严重的一天的影像对比。

矿物模式的采矿影像



伊朗德黑兰附近的这些视图中，左侧显示了自然色波段影像，右侧显示了短波红外 (SWIR) 影像。请注意某一特定岩石顶部是如何通过 SWIR 波段以粉色突显出来的，而且，不如自然色波段组合中那样容易辨识。岩石类型的差异使得分析师能够轻松辨识出特定矿物模式，大大地缩小了特殊材料的搜寻范围。

哥白尼计划 - 欧洲之眼鸟瞰地球

哥白尼计划是欧洲航天局 (ESA) 的地球观测计划，用于监测地球及地球环境的变化。全球人口增长致使对安全生活空间、淡水、肥沃土地和清洁空气的需求日益增长，给有限的自然资源带来了压力。

为做出有效决策，政府当局、政策制定者、企业和公民需要可靠且最新的信息服务。哥白尼计划建立在名为 Sentinels 的专用卫星星座上 - 接下来的 10 年，会将十几颗卫星发射到轨道中，涉及海洋、陆地、气象、紧急救援、安全以及大气应用。第一颗 - Sentinel-1A - 是极地轨道卫星，用于完成陆地和海洋服务的全天候、全天时工作雷达影像任务。它已经于 2014 年末上线。第二颗雷达卫星 (Sentinel-1B) 于 2016 年 4 月成功发射。Sentinel-2A 于 2015 年 6 月发射，用于监测土地、植被以及沿海水域。此卫星搭载了高分辨率光学仪器，涵盖了带宽为 290 千米的 13 个光谱波段。传感器精细的波段灵敏度意味着，它特别适用于监测城市扩张和土地使用情况，见此影像 (右侧) 中 2016 年 8 月拍摄的意大利罗马。



光学传感器 Sentinel-2A 与雷达传感器 Sentinel-1A 的组合影像揭示了罗马的城市发展，并可预测其 2016 年的潜在土地变化。链接应用可对 Sentinel 2 和 Landsat 8 进行比较。

您可以下载 ESA 应用，以实时观看 Sentinel 卫星绕地球运转情况。在 iTunes App Store 或 Android 的 Google Play 中搜索 “ESA Sentinel”。



格陵兰岛上空的 Sentinel-1A

 观看 Sentinel-1A 飞行路径的视频

[哥白尼计划在线](#)

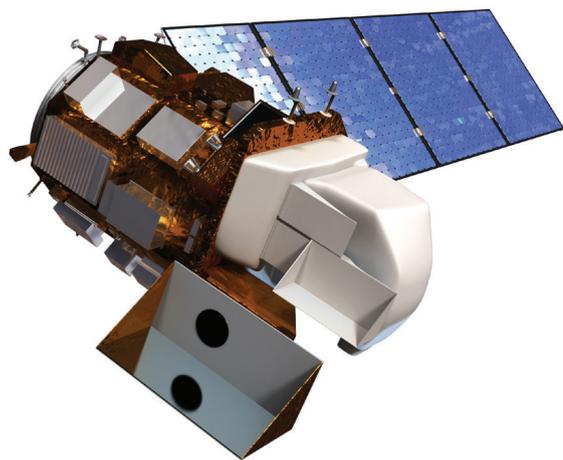
案例研究：Landsat 计划

Landsat 计划是运行时间最长的地球卫星影像观测计划。1972 年 7 月 23 日，第一颗地球资源技术卫星发射。最终重命名为 Landsat。最近的一颗（Landsat 8）于 2013 年发射。Landsat 卫星上的测量仪已捕获了数以百万计的影像。这些影像存档于世界各地的 Landsat 接收站，是用于全球变化研究、农业、制图、地质学、林业、区域规划、监测以及教育的唯一资源。可通过 USGS [EarthExplorer](https://earthexplorer.usgs.gov/) 网站查看历史存档。通过 Landsat 7 获得的数据具有八个光谱波段，空间分辨率范围为 15 到 60 米。Landsat coverage 的每一部分均每 16 天重新拍摄一次。

Landsat 8 增加了两个附加波段。最新“观鸟”计划的三个重要任务和科学目标包括：收集并存档中分辨率（每像素 30 米）多光谱影像数据，可提供至少五年时间内的全球陆地的季节性覆盖；确保 Landsat 8 数据在以下方面与先前的 Landsat 任务足够一致，包括覆盖范围和光谱特性、输出产品质量以及数据可用性，以便于研究土地覆被和土地使用随时间变化的情况；在不向使用者收取任何费用且一视同仁的基础上，将 Landsat 8 数据产品分发给公众。



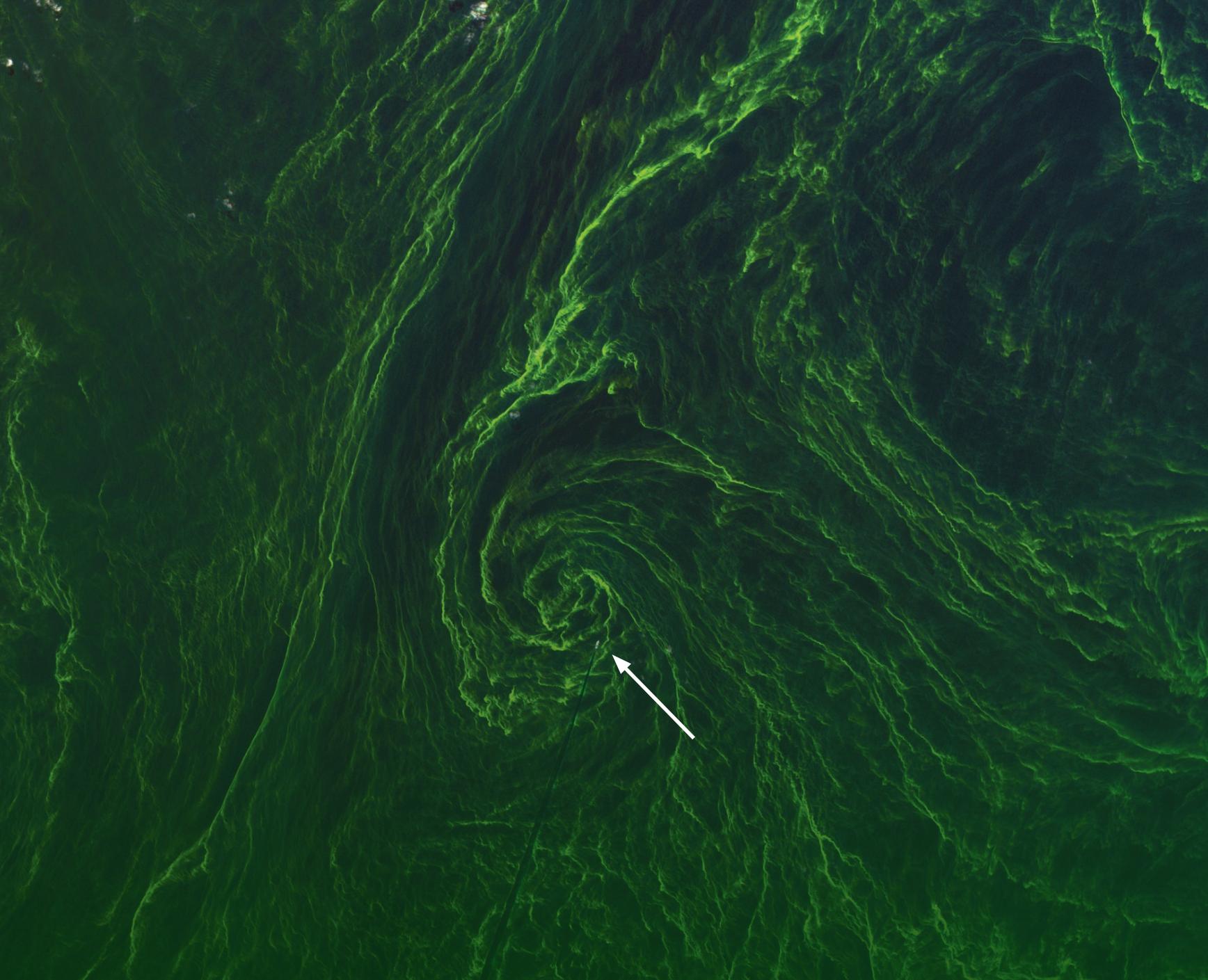
1976 年，Landsat 1（左侧，总装期间）在离加拿大东海岸 20 千米处发现了一座小型无人岛。此后，便根据该卫星的名字将岛命名为 Landsat Island。



Landsat 8 提供了两种新的光谱波段：深蓝色沿海/气溶胶波段和短波红外卷云波段，这使得科学家能够测量水质，并改进了高云、薄云的探测。



视频：Landsat 数据
连续性任务概述



波罗的海面临着严峻挑战，包括有毒污染物；深海氧缺乏；以及有毒蓝藻大量繁殖，影响了生态系统、水产养殖和旅游业。来自 Sentinel-2 的影像可显示深达 10 米的要素，揭示藻类涡流的精致细节。甚至可以看见视野中心附近的船（箭头所指的点）。船的轨迹呈现为笔直黑色的要素，此处藻类受到了船上螺旋桨混合船身后海水所产生湍流的干扰。

查找所谓的“红色边”

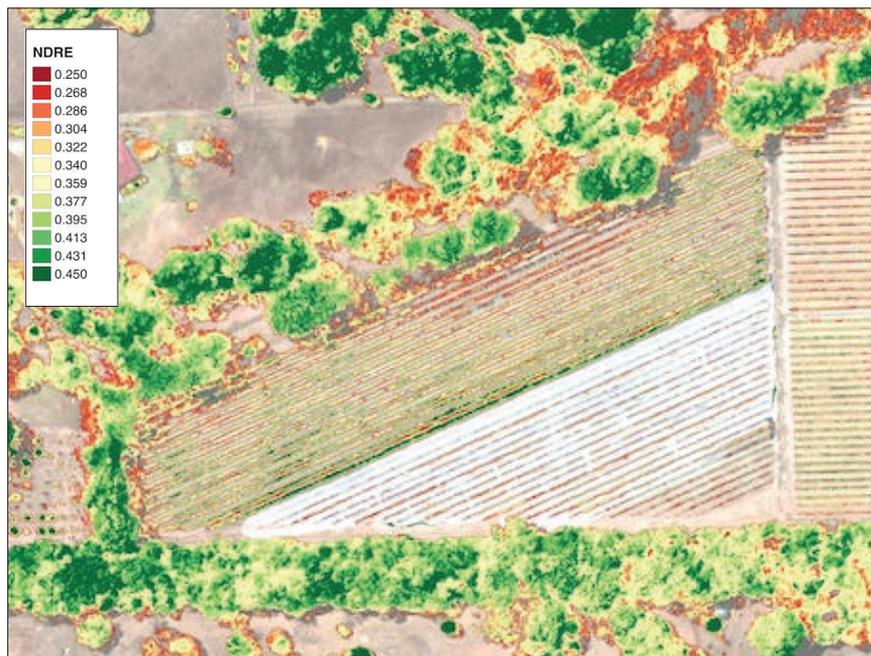
无人机机载多光谱相机正给农业带来革命性的变化

多光谱影像可以在农作物健康和活力方面提供全新视角。红色边是（可见的）红色和（人眼不可见的）近红外 (NIR) 之间的边界，之所以称为边，是因为植被的光谱图所显示亮度从红色急剧增加到了近红外。当植被受到威胁且轮廓改变时，边发生移动，且适当波长的窄光谱波段可探测显著差异。校准 MicaSense 的 RedEdge 相机，使其适用于蓝、绿、红和 NIR 的典型光谱波段且波长为 720 纳米的第五波段，从而用以探测红色边的运动。物美价廉的无人机配备上 MicaSense 相机可根据需要经常飞行，使种植者能够精细校准灌溉、施肥以及杀虫剂应用（也可通过无人机实施）。

RGB（自然色）



归一化差值红色边指数



彩色红外

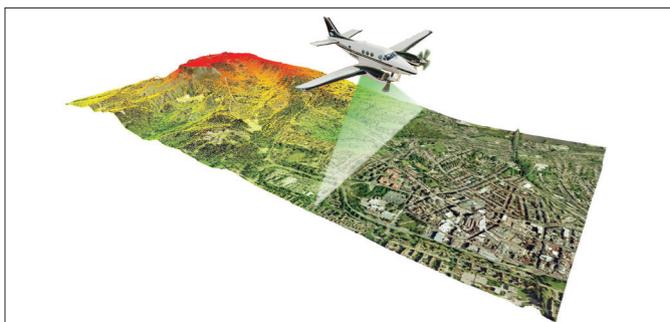


高级的、轻量级、多光谱相机为农业遥感应应用提供了精确的多波段数据。这意味着，超本地化无人机飞行可以很容易地识别农作物的受威胁区域 - 通过红色边过滤器（右侧）可见到的葡萄园上排的区域。

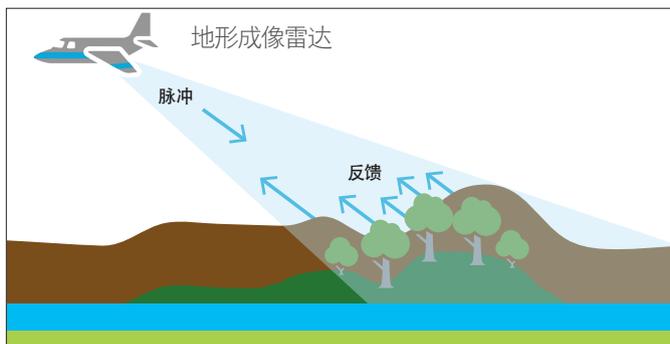
除反射日光外

激光雷达、雷达和声纳 - 主动传感器

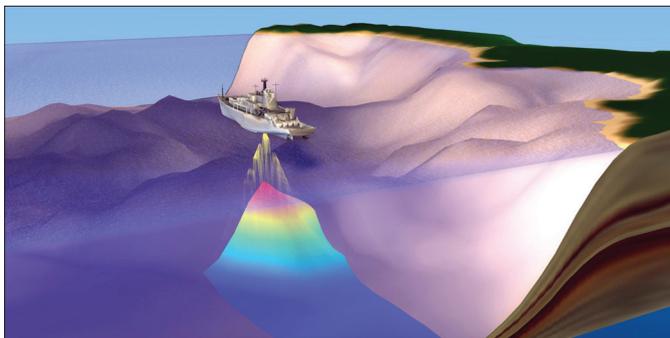
天基影像传感器通常测量从地面反射的太阳光。这通常被称为被动传感。与此相反，诸如激光雷达、雷达和声纳等主动传感器将发出能量脉冲，然后监测返回的能量。返回能量到达传感器时，返回信号的强度和um时间戳用于确定对象的精确形状和位置。主动传感器在夜间工作得非常好，这是主动传感技术的固有功能。



激光雷达使用激光技术扫描对象和景观，并基于与扫描设备间的测量距离记录这些要素的高程表面细节和形状。激光返回用于在 x,y,z 空间中生成点云，该空间包含诸如强度、视角以及非常精确的时间戳等一系列属性。激光雷达不仅可用于地形建模，还可以用于树冠、建筑物、电力线路、桥梁以及地面以上其他任何事物的建模。



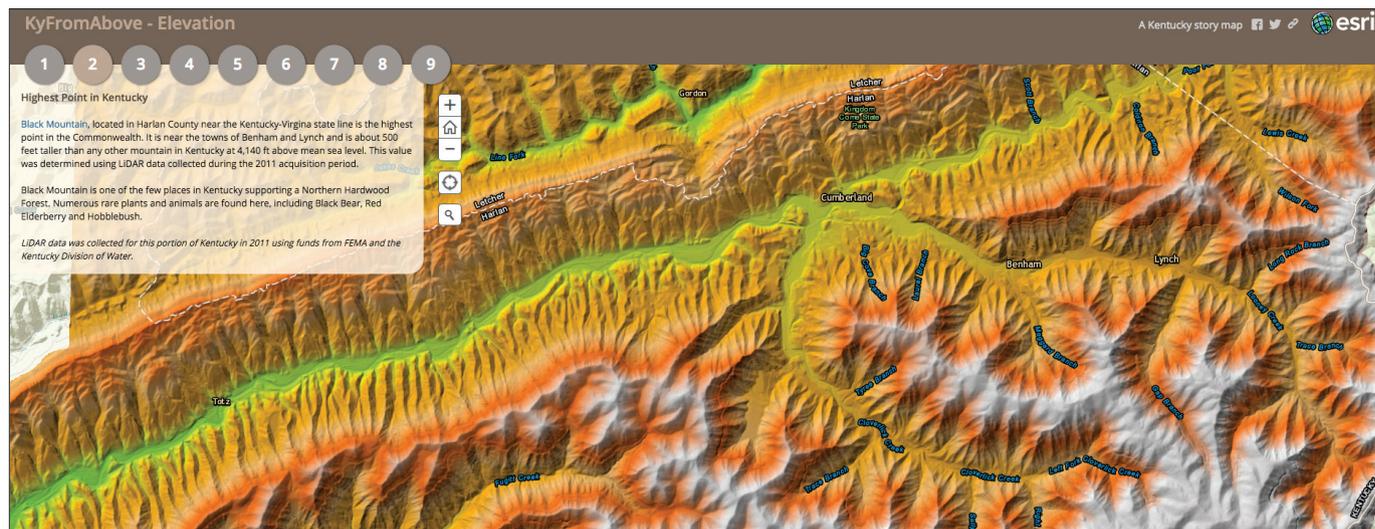
在夜间或云覆盖区域中飞行时，雷达是一种特别有用的传感器。不像光学传感器一样需要清晰无阻挡的视野，雷达在夜间和恶劣天气中同样可以很好地工作。雷达的不足之处是，其分辨率会受到无线电波长的限制。



声纳是深海探测中可选的波。声脉冲由变频器发出，并在一个向下指向海底（或是湖床或河底）的单独且狭窄的能量锥中传播。随后，变频器“监听”来自水下地形的反射能量，所提供的返回时间可转换成深度测量。

激光雷达应用

高分辨率表面高程制图



KyFromAbove 是肯塔基州政府的一项全州范围内的制图计划，包括了整个州范围内高分辨率表面高程的全面激光雷达收集。故事地图讲述了全州范围内收集以及如何对其加以使用的故事。

数字表面模型 (DSM)



激光雷达通常在主要陆地活动（如滑坡）之后收集。此 3D 场景显示了华盛顿州大规模致命性 Oso 泥石流的影响，[这则新闻在 2013 年的春天传遍了整个世界](#)。

逼真场景



LAS 文件（通用激光雷达交换格式）是点的集合，每个点都具有水平坐标和垂直高程值。LAS 文件提供了存储附加信息（如激光强度、扫描角度和返回信息）的常用格式。将场景编码为红 - 绿 - 蓝 (RGB) 时看起来极为逼真，如此处的加利福尼亚州佩特卢马的可视化。

关于雷达

高频反映

气象监测雷达 (WSR) 与多普勒气象雷达

基于气象的雷达表示用于感应降水量和降水类型（如雨、雪或冰雹）以及计算风暴系统运动的雷达类型。现代气象雷达多数为多普勒雷达，除了能够探测降水强度外，还能探测雨滴的运动和位置。可分析雷达数据，以确定风暴的结构及其造成恶劣天气的可能性。



NEXRAD 是一个分辨率高达 160 的多普勒气象雷达站网络，由美国国家气象局 (NWS) 进行操控。NEXRAD 雷达的交互式地图使您能够查看夏威夷群岛最新的天气并与其进行交互。

SRTM 高程数据

航天飞机雷达地形测绘任务 (SRTM) 是基于 NASA 航天飞机的研究工作，获得了从南纬 56° 到北纬 60° 近乎全球范围的数字高程模型，以便从太空生成完整的地球高分辨率数字地形数据库。

为了获取高程数据，航天飞机 *奋进号* 配备有两个雷达天线，一个位于飞机的有效载荷舱内，另一个位于 60 米长天线杆的末端。机上的雷达仪器应用 [合成孔径雷达](#)，用于以 30 米的分辨率生成地球 terrain 表面地图。在最初的几年里，一旦完成任务且数据可进行处理后，会将分辨率降低到 90 米公开共享。最近，高程数据已经以 30 米的全分辨率面向全球发布。



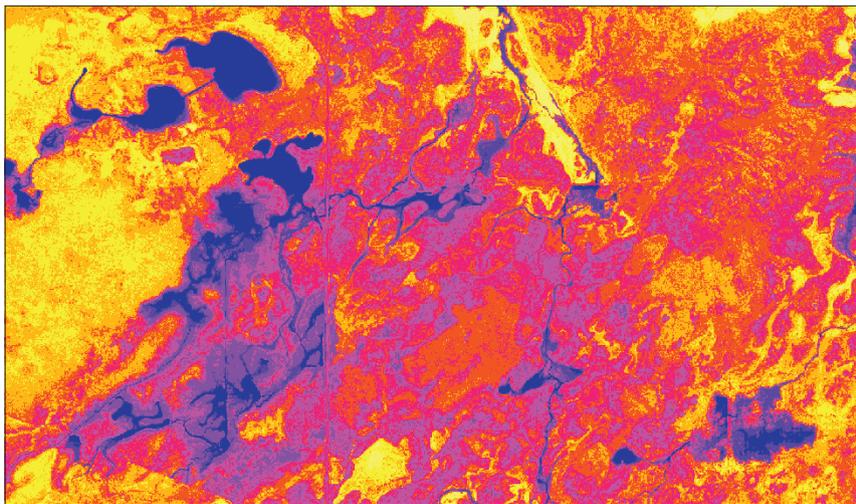
此为非洲的 web 场景浏览，采用了航天飞机雷达地形测绘任务（提供了世界上首次全球高程覆盖）所收集的高程数据。

热量在哪儿？ 气体在哪儿？

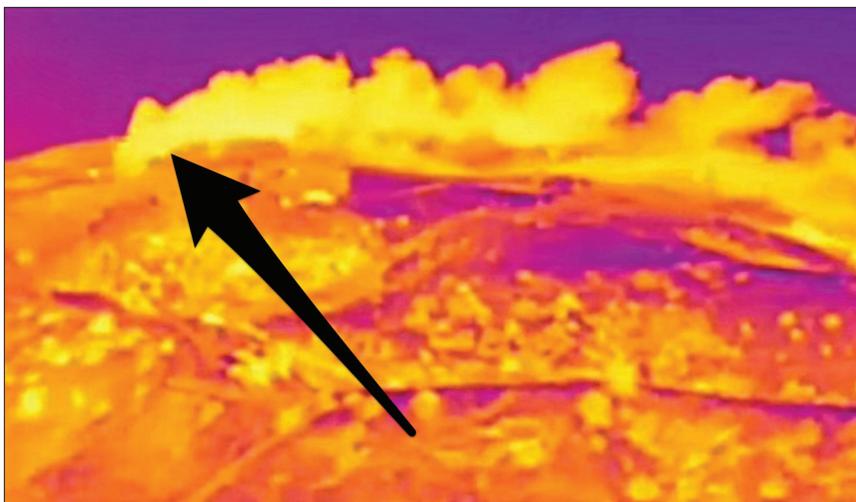
热和气体传感应用

因为地球上的所有物体都具有温度，所以它们都会发出或发散红外辐射。此类能量波长较长且可以通过热红外 (TIR) 传感器收集。由于热成像不需要光照，因而是一种昼夜皆可使用的传感器；无论白天或是黑夜，所有物体自身都会发散能量。较热的物体发散更多的能量，其热影像也是如此，较热的物体会显得更亮一些。

地热能



由美国能源部地热技术计划资助的热红外数据收集项目的一部分。此特别活跃的地热区域位于俄勒冈州中部的 Connley 山。



使用具有热红外传感器的相机所收集的影像显示了肉眼看不见的有毒气流。从加利福尼亚州波特牧场山腰释放的有毒气流持续了 110 天，最终于 2016 年 2 月停止。

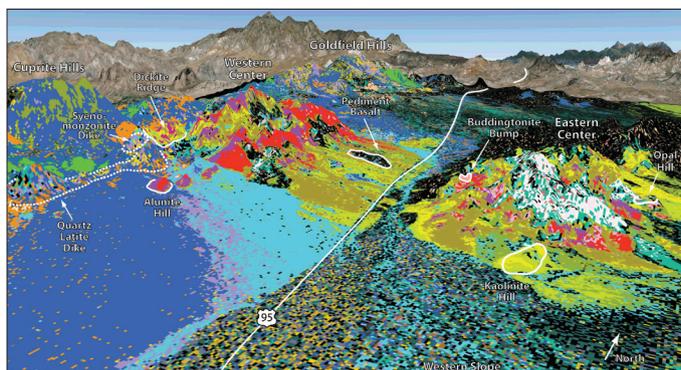
高光谱影像

辨识大地的指纹

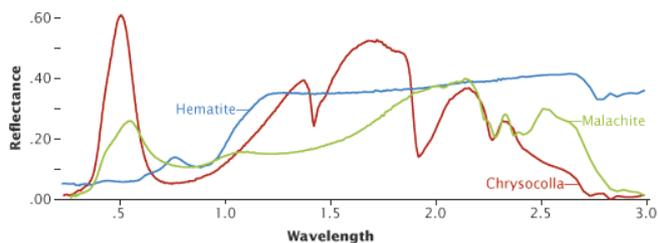
高光谱传感器使用广泛的电磁波谱观察世界，但与多光谱传感器不同，高光谱系统提供了更多的光谱波段，可用于观察详细的光谱特征。高光谱影像可用于识别特定植物与矿物。

许多使用高光谱传感器的项目设计为专门关注特定波段，以揭示特定现象的存在。这些特征可用于识别组成所扫描对象的材料。已知光谱对象的探测可借助其无论其发生在何处，都具有相似光谱特征这一趋势。例如，白松树的光谱特征是一致的，但与糖枫的特征不同。由大量的某种矿物组成的岩石与看似一样却含有另一种矿物的岩石是有区别的。这些区别用于在各种应用中识别和提取要素。

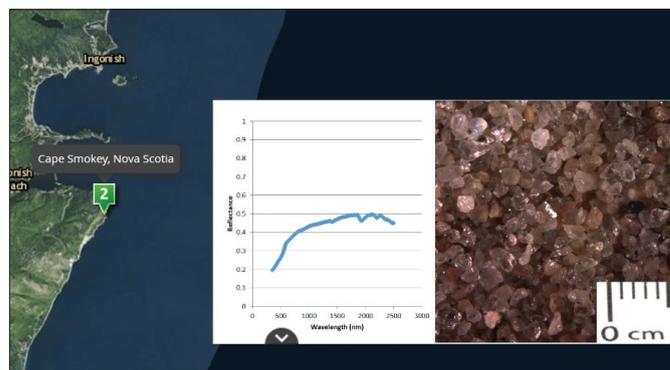
矿物地图绘制



内华达州赤铜矿的高光谱地图，提供了表面矿物学的概貌，确定了先前未识别的早期蒸汽加热水热事件（由含铁元素广泛分布导致）。



沙滩和海洋底部地图绘制



不同类型土壤和沙石的独特光谱特征使地质地图绘制或规划采矿前景变得容易。

使用高光谱影像扫描的各种材料均具有唯一特征或指纹。此图表比较了波长范围介于 200 到 3,000 纳米的赤铁矿（一种铁矿石）与孔雀石和硅孔雀石（富铜矿）的反射率。

思想领袖： Sarah Parcak

通过卫星考古保护古遗址

Sarah Parcak 想要寻找的尚未发现的古遗址，全球范围内的数量即使未达到上百万个，也可能有数十万个。作为一名卫星考古学家，她分析从远离地球表面的高空中收集的红外影像，并识别标志着视图中所隐藏人为存在的细微变化。她和她的同事之所以这样做，是为了使过去不可见的历史再现 - 并为过去提供一种新的理解。

她的灵感来自她的祖父，一位航空摄影界的开拓者。在大学中学习埃及古物学时，Parcak 学习了一门遥感课程，并且为查看埃及具有考古意义的遗址而继续研发了处理卫星数据的技术。此方法为新遗址的发现带来了一种快速且具有成本效益的方式。

在与其丈夫 Greg Mumford 的合作中，他们已在埃及的多个地方指导过调查和挖掘项目。她使用多种类型的卫星影像寻找水源和考古遗址。

她近期工作主要关注古遗址洗劫。通过埃及卫星地图绘制和各遗址随时间变化的比较，该团队注意到，自 2009 年起主要古遗址所发生的洗劫事件有 1000% 的增长。也就是说，每年有价值数百万美元的古文物被偷走。他们的愿望是：通过制图来保护未知的遗址，从而保护我们丰富且充满活力的历史。



Sarah Parcak 是空间考古学方面的权威专家。她来自缅因州班戈市，是美国国家地理学会考古学研究员、古物学家协会研究员、2013 年 TED 高级研究员。Sarah 担任伯明翰阿拉巴马大学全球观测实验室的创会理事，同时，也是这所大学里的一位教授。

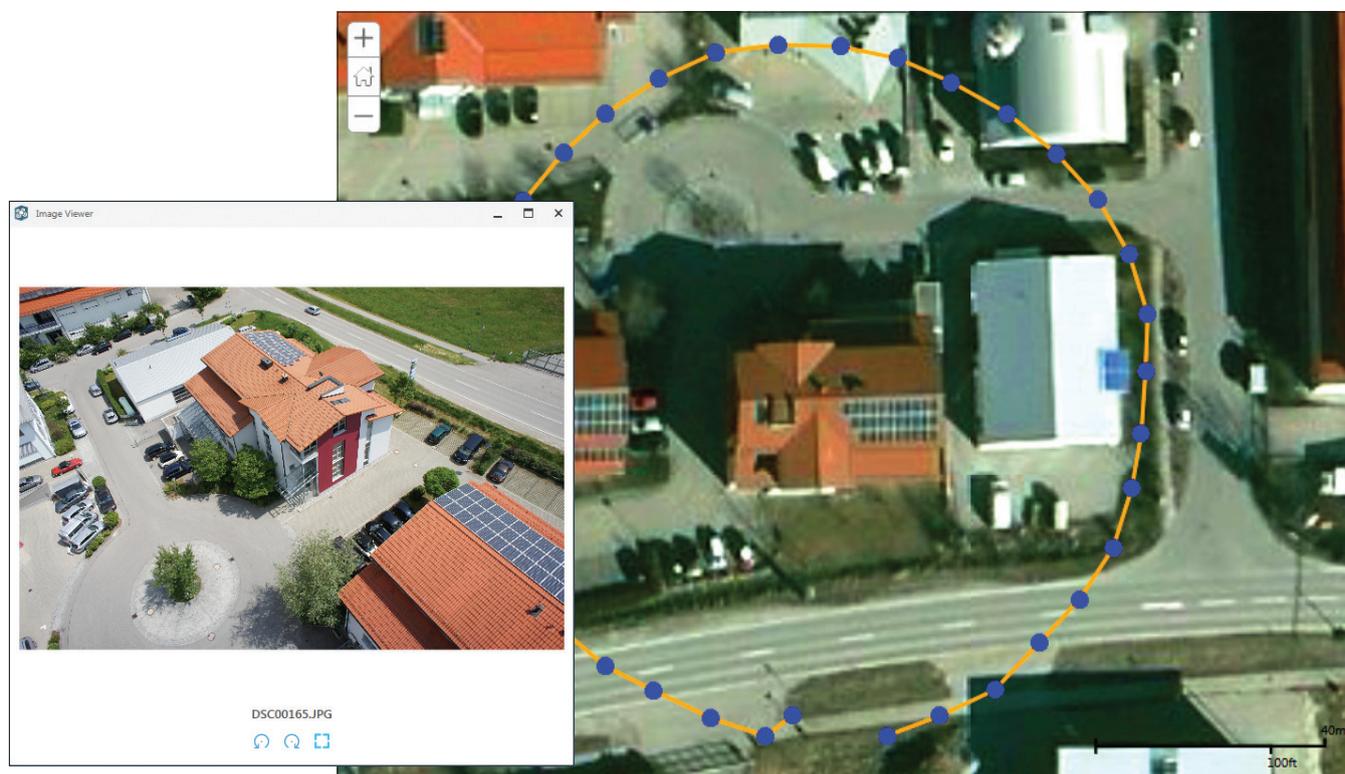


 观看 Sarah Parcak 的 TED 演讲

将地图带入影像

在影像空间中工作

并非所有的影像应用都需要将传感器数据投影到地图上，或者换句话说，不需要将影像配准到地理坐标系中。在许多应用中，使用原始影像并从相机视图进行查看是更有效、更合适的方法。此方法称为在影像空间中工作，与此相对的是在地图坐标系中工作。许多军用和民用侦察应用涉及地图视图和影像窗口两种方式的使用。例如，检测应用同时有效地使用了影像视图与地图视图。



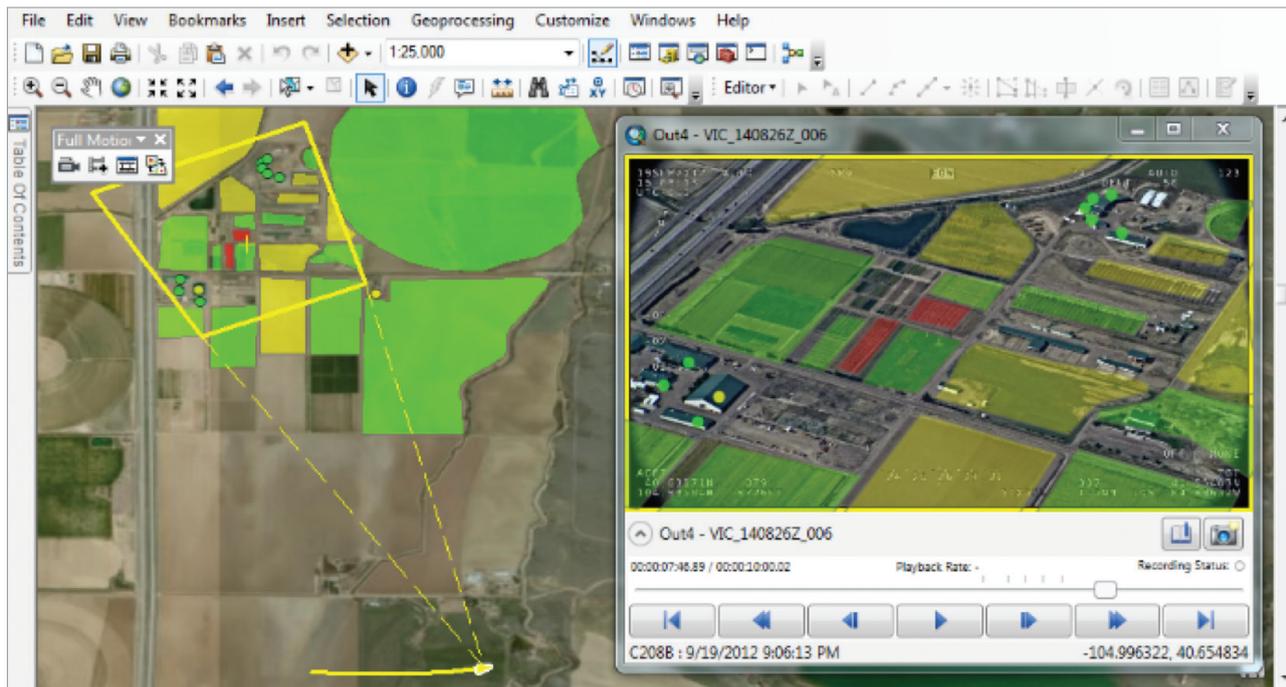
建筑物检查是无人机革命所带来的早期有用应用之一。在使用无人机的此示例中（采用定价低于 1000 美元的 3DR 型号随机飞行进行拍摄），飞行路径显示为黄色圆圈，而蓝点表示捕获点。影像查看器中的倾斜视图是查看影像空间中一系列影像的示例，用以查看由相机捕获的失真视图。

全动态视频

将视频与地图结合起来

假设您拥有可描述视频地理位置的元数据，则 ArcGIS 有能力集成并整合全动态视频（称为 FMV）。这与航空影像的地理配准原理类似，除了视频中的每帧都需要地理配准外。此类地理配准视频遵循动态影像标准委员会 (MISB) 规定的格式，该委员会将监管美国国防和情报界的全动态视频捕获的标准。

这使得 MISB 兼容视频帧的位置能够放置为地图视图中的窗口 - 且地图数据能够放置为视频中的可选覆盖。FMV 技术使您能够快速轻松地分析来自多种机载传感器（如飞机、无人机以及其他 UAV）的视频数据。

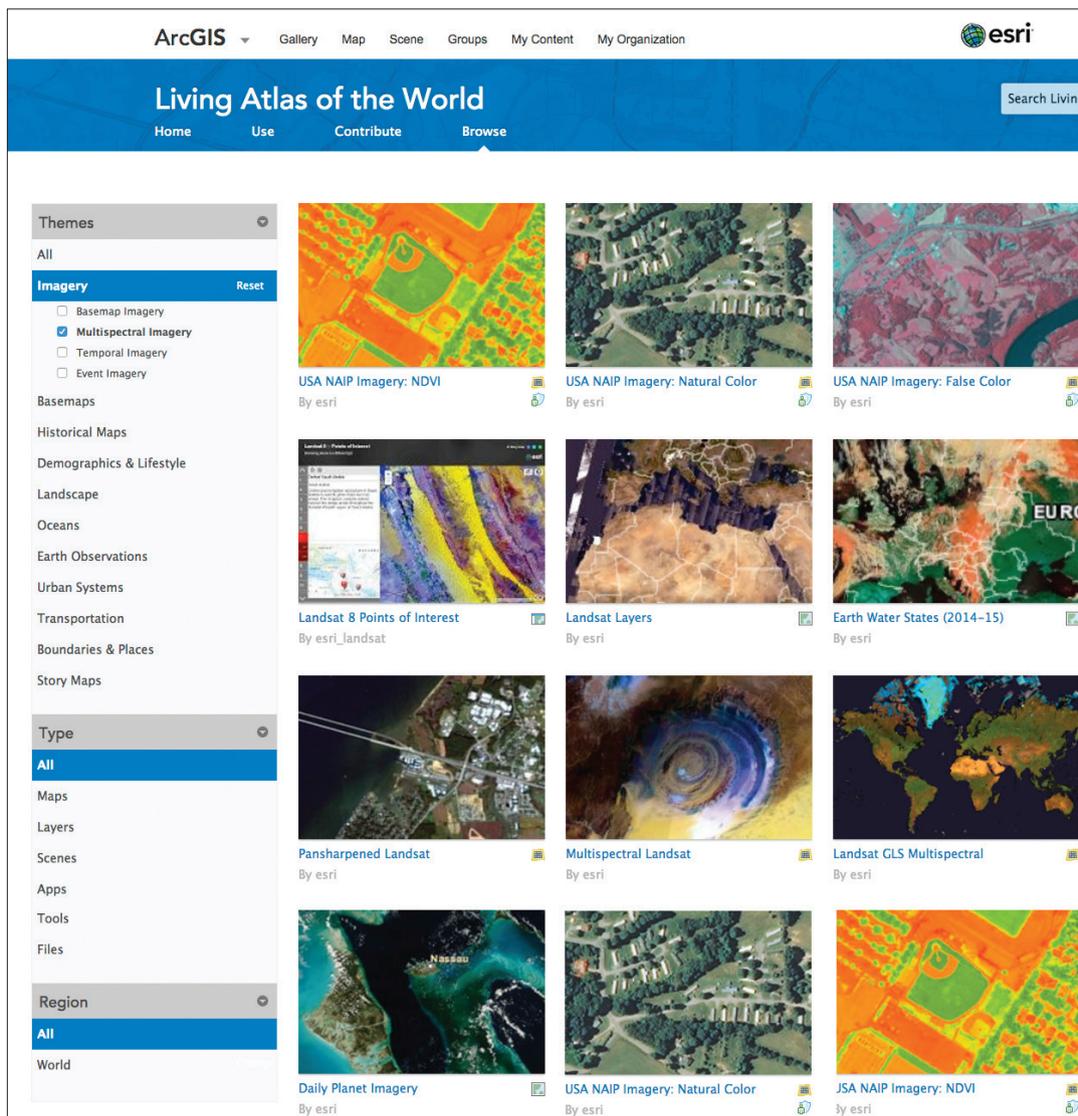


全动态视频功能将无人机（或其他飞机）相机的位置和视角链接至 GIS 地图，使您能够追踪飞机的位置和相机影像可视区域中逐帧的足迹。

快速入门

Living Atlas of the World 中的多光谱影像库

访问 ArcGIS Online 中多光谱影像的最快捷方式是通过 Living Atlas of the World。但这只是一个起点。一旦您在 ArcGIS 中打开此类服务中的任何一个，即可使用“显示影像”菜单选项来更改带宽并创建自己的组合。



Learn ArcGIS 课程

中国鄱阳湖的水位分析，使用多光谱影像标识并测量某段时间内的水面与陆地表面

在这些课程中，您将扮演地理空间科学家的角色，任务是计算 1984 至 2014 年间湖泊面积的变化。使用 Landsat 影像，将过去 30 年间不同时段所拍摄的三景湖泊影像中的土地覆被进行分类，以便仅显示湖泊水域面积。然后便可确定随时间变化的湖泊面积。

▶ 执行土地覆被分类以测量湖泊收缩面积

鄱阳湖是中国最大的淡水湖，有明显的季节性水位波动。鄱阳湖的水源来自降水和长江水，由于近几年的持续干旱和“三峡大坝”的建造，鄱阳湖最近出现了更为极端的水位波动。

旱季的水位低得惊人，即使是雨季，水位也有所下降。这些改变已经影响了当地的经济，并改变了该地区的土地覆被。但是如果当地人想要对湖泊的消失做些什么，他们的实时观察需要有科学事实依据。



一个人行走在中国鄱阳湖附近的干涸河床上。



中国的三峡大坝。

▶ 学习以下领域的技能：

- 对土地覆被进行分类
- 计算面积变化

▶ 您需要：

- ArcGIS Pro
- ArcGIS Pro Spatial Analyst 扩展模块
- 预计时间：1 小时 15 分钟

开始课程

[Esri.com/imagerybook/Chapter4_Lesson](https://www.esri.com/imagerybook/Chapter4_Lesson)



将影像转化为信息

分析影像以读懂影像

影像分析允许通过创建观点和知识的分析地图从现有数据中获得新的认知。可以使用这些栅格（基于像元）图层对地球表面上几乎所有事物进行映射和建模，例如农业、规划、水文、气候、野生动物栖息地等等。本章的“伟大创想”是影像数据，利用其基于像元的数据结构可以实现对多个图层之间大量现象的系统化和对照分析。

影像分析可以创建认知

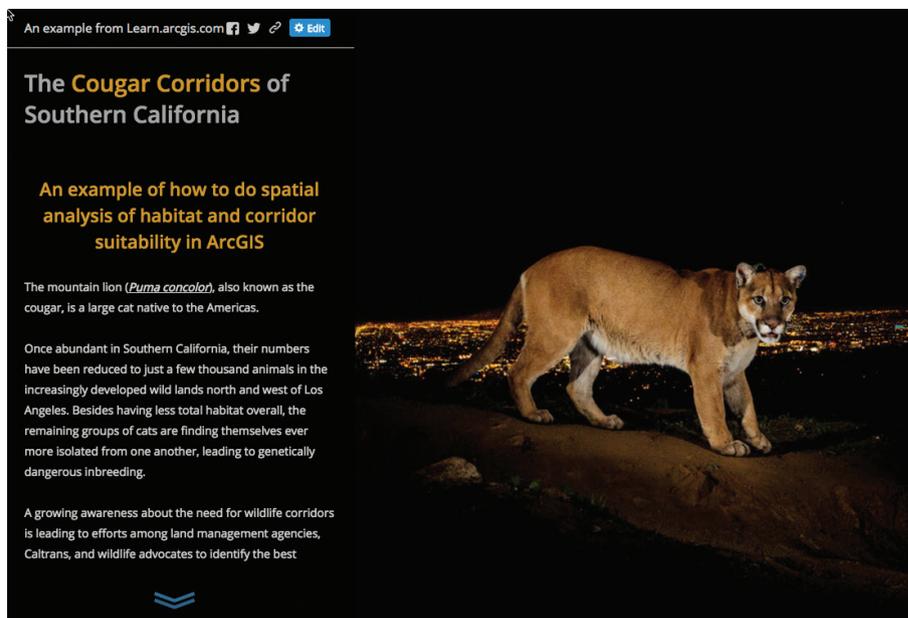
带有影像的 GIS 打开了解决复杂问题的大门

ArcGIS 提供的分析平台允许您将影像与分析模型内其他类型的地理信息相结合。这很简单。GIS 将信息组织为地理图层。同时，地球影像场景和传感器数据也可以作为图层进行访问。ArcGIS 提供了数以千计的分析运算符，这些运算符可以获取统计信息、对运动以及流经表面进行建模，帮助对图层进行组合以查找最适合和最不适合活动的区域等。

影像可为 GIS 提供通用信息供给 - 虚拟信息消防水带。反之，通过 ArcGIS 提供的大量空间分析运算符，可以获得对信息的更深入了解和认知。这些分析工具可以处理几乎所有类型的问题，例如从数据中获取统计信号、检查随时间变化的一系列事件以及预测事件的未来趋势。空间分析需要识别和获取新的信息图层，以帮助解决各种类型的问题，例如查找正确的构建地点、分析业务性能或普通景象中隐藏的新市场、评估和管理农业生产，或者监控和预测疾病。

ArcGIS 提供的分析见解几乎可以解决我们遇到的所有问题。而影像始终是分析工作中的关键信息源。

直到最近才对 GIS 和影像分析进行结合和集成。随着云和企业级服务器计算的出现，现代计算系统能够分析大量的影像信息。建模方面的限制已大幅减少，使您能够以更加深入和深刻的方式对信息进行建模和分析。

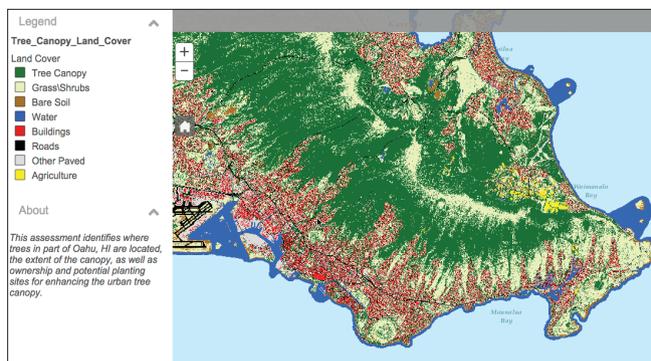


适宜性栖息地建模是此故事地图中描述的典型 GIS 和影像分析问题。可以对来自多个传感器的源数据进行组合和地理配准，土地使用规划师可以通过这种方式来标识策略，例如用于保护物种长期生存的野生动物廊道。

传统影像分析

GIS 分析影像的使用屡见不鲜。过去几十年里，诸如多光谱图层、数字高程模型和数字正射影像的影像源为建模和要素提取提供了分析基础。以下是一些常见示例。

评估当前树冠



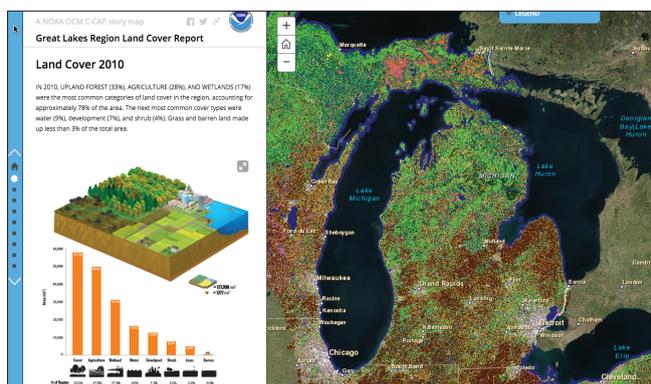
该分析可识别整个夏威夷欧胡岛的林木植被和树冠覆盖范围。USGS 在 Landsat 和其他数据源上应用了影像分析，以获取整个岛屿的土地覆被。

摄影测量



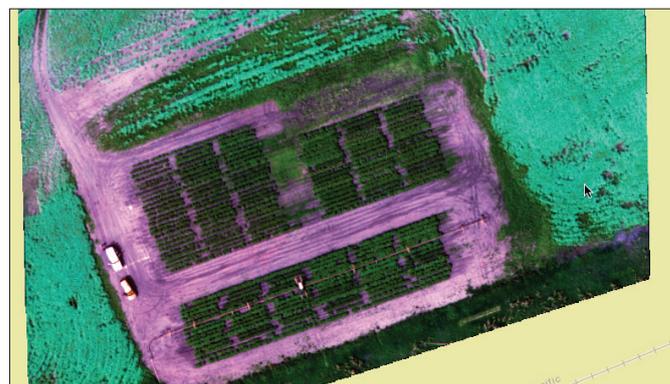
此处使用了正射影像来映射德国的港口设施。图像解译器可从这些类型的影像源捕获精确要素。

土地覆被分类



土地覆被和土地使用中的变化可以生动描绘如美国五大湖地区等地点出现的快速环境变化。

评估农作物健康



多光谱影像可以在农作物健康和活力方面提供全新视角。归一化差值植被指数 (NDVI) 可以呈现萨斯喀彻温省的健康土豆和油菜作物。

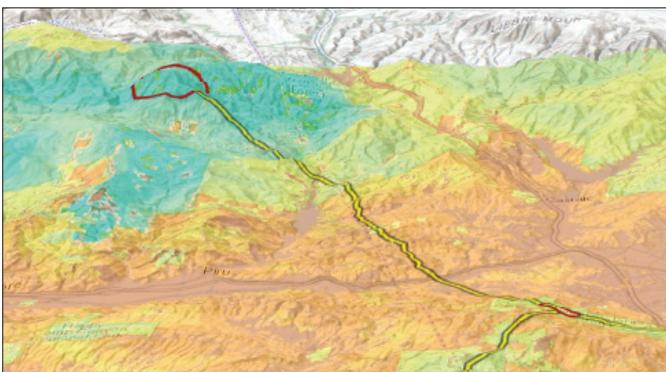
导航、流向和表面建模

高级分析和可视化的预构建



计算成本表面

成本表面是一个栅格网格，其中每个像元值表示经过该像元的出行成本。成本表面可以对事物进行建模，例如森林消防员的最佳路径、预测火灾如何蔓延或者预测美洲狮如何在其栖息地范围内移动的行程偏好。在本地图中，绿色区域表示南加利福尼亚半乡村地区中大型猫科动物的较低行程成本。



查找最佳路径

成本路径可以计算从一个地点移动到另一地点的最小成本出行路径。成本可以代表多个条件，包括实际货币支出，但是通常与完成行程所需的时间和精力相关联。在本例中，您可以查看美洲狮在两个核心栖息地区域间移动的最佳路径。



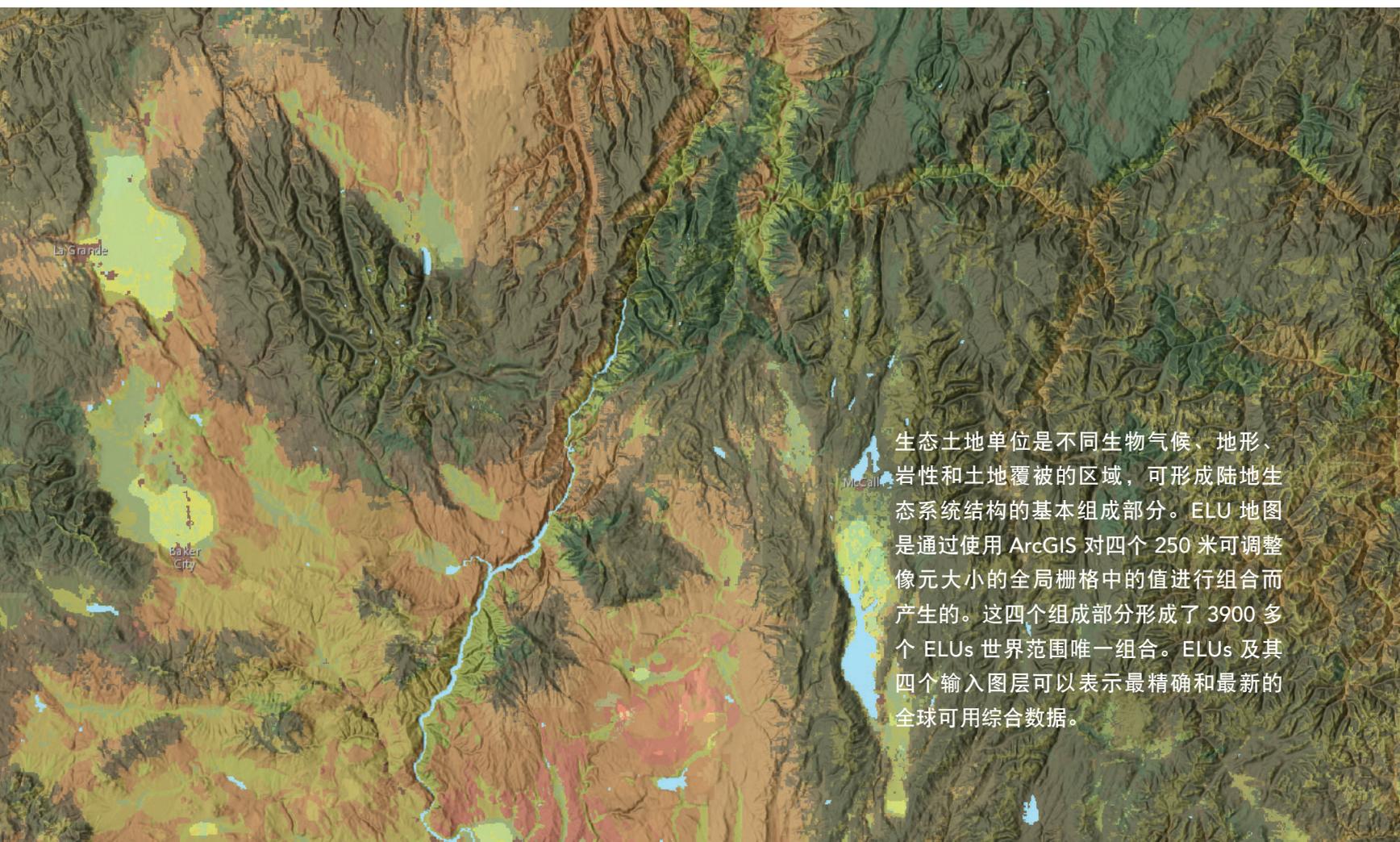
视觉和可见性分析

显示在 3D 空间中的表面具有值，可以作为视觉显示背景在其上叠加和分析数据。本透视场景显示了叠加在地形数字高程模型上的还原流域和河流。

描绘全球生态

生态土地单位项目

基于像元的数据的本质使其非常适合特定类型的高级分析，甚至不考虑矢量数据。生态土地单位 (ELUs) 项目就是一个示例。使用生态和地形地表要素描述和表征每个土地单位，叠加并组合四个全局图层（生物气候、地形、岩石类型和土地覆被），以创建描绘地球生物圈的系统划分与分类的单一输出表面。“该地图首次提供基于 Web、支持 GIS 的全球生态地形数据产品，可供土地管理者、科学家、环保人士、规划者以及公众使用全球和区域比例的景观分析和核算，” USGS 的 Roger Sayre 说道。

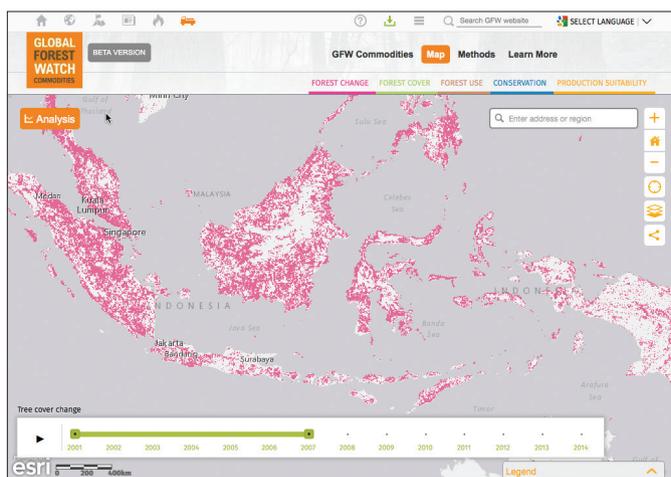


生态土地单位是不同生物气候、地形、岩性和土地覆被的区域，可形成陆地生态系统结构的基本组成部分。ELU 地图是通过使用 ArcGIS 对四个 250 米可调整像元大小的全局栅格中的值进行组合而产生的。这四个组成部分形成了 3900 多个 ELUs 世界范围唯一组合。ELUs 及其四个输入图层可以表示最精确和最新的全球可用综合数据。

描述或描绘位置

影像分割和分类

可以使用影像自动完成将土地分类和定位到特定类别中，例如不同类型的土地利用和土地覆被。然后，这些生成的图层可以用作底图，而且更为有趣的是，也可以用于后续分析中。通过对不同时段的一系列影像进行分类，分析师能够分析出位置如何变化，是源于自然力量还是人工干预。



土地覆被变化检测

该森林变化分析工具可以评估选定感兴趣区域内的总林木植被减少面积和发生的火灾次数，并根据不同的土地覆被分类显示结果。“全球森林监察”变化分析工具使用空间和时间信息，允许针对感兴趣区域内的森林植被变化、当前土地覆被和法定分类进行自己的调查。



分割

影像分割定义为将影像分割到同类组中，以使每块区域均为同类。该地图可显示在 ArcGIS 中使用要素提取分析将这些表面分割出去后，每块宗地的不可渗透表面。这是典型的影像分割应用。

适宜性分析

寻找最佳位置

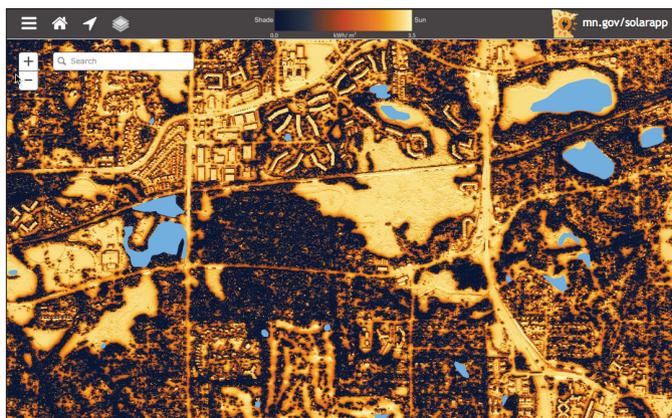
GIS 分析可以帮助解决的常见问题为：放置某物的最佳位置在哪里？适宜性模型仅用于根据目标查找进行构建或保护的理想位置。可以解决各种类型的问题，例如建造新的购物中心、种植作物、保护湿地、安放风车或在建筑物屋顶上放置太阳能板的位置。

例如，新公园选址的相关条件可能包括 1) 土地的闲置宗地面积至少为一英亩；2) 靠近河流；3) 位置不能距离现有公园过近；4) 区域内有成年树木；以及 5) 位置邻近许多人的住宅或工作单位。ArcGIS 可以使用栅格数据和影像轻松地对公园及其他场所的适宜性进行建模。以下是一些其他示例。



土地覆被作为水质指标

NOAA 已使用土地覆被作为通过 GIS 分析预测水质的方式。例如，森林和湿地附近的水质通常较好，而工业设施和大型停车场附近的区域水质通常较差。本故事地图提供了该方法的极佳概述。



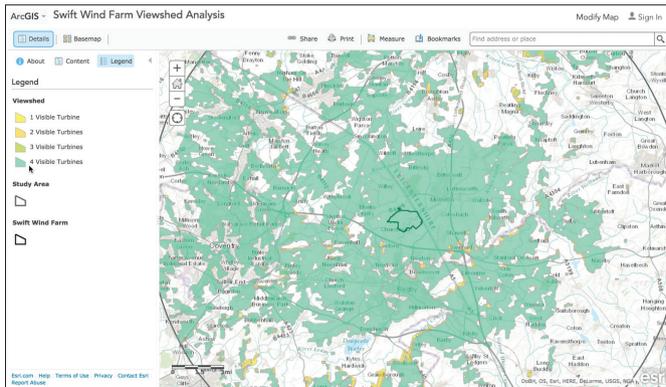
计算屋顶太阳能潜力

通过获取太阳辐射以及高程、植被、其他重要栅格和影像图层等方面，可以对整个明尼苏达州的太阳能潜力进行建模。由此，市民可以针对区域内太阳能可以作为实用性选择的位置执行快速高级评估。

我能够看见什么？

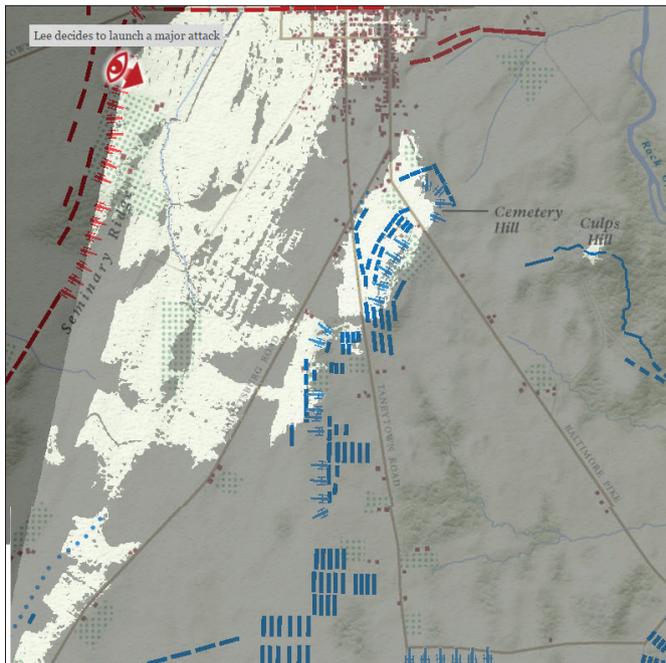
可见性分析

视域分析包括基于距离、地形甚至土地覆被来分析给定位置的可见或不可见内容。可以通过该操作来标识能够看见特定地标的位置，例如，公园的哪些区域能够看见河流，或者在城镇广场能够看见多少个风车？



在适当的位置建立风力发电厂

该视域分析可以确定英国研究区域内设有四座大型涡轮机的风力发电厂所产生的视觉影响。在城市或半城市化地区建造风力发电厂的视觉影响可能会在社区中引发争议。在建造涡轮发电厂之前，向大家公示能够看到发电厂的区域，这有助于公用事业缓和人们对其的抗拒。



计算视域

这个有趣的故事地图使用 GIS 可见性分析来讲述美国内战期间葛底斯堡战役这一决定性战役。当罗伯特·爱德华·李将军（红眼处）决心与联盟军交战时，他只能看见明亮区域中的军队；而看不见灰色阴影区域中的一切（更大部分的联盟军）。历史学家可以通过个人帐户、战役地图和基础高程图层解开李将军为何决心打胜算几率如此小的一战的谜团。

跟随水流

水文分析

水文学是研究地球上的水，特别是水相对于陆地运动的科学。因为水的运动受重力影响，所以可以使用地表的高程对水的运动方式进行建模。

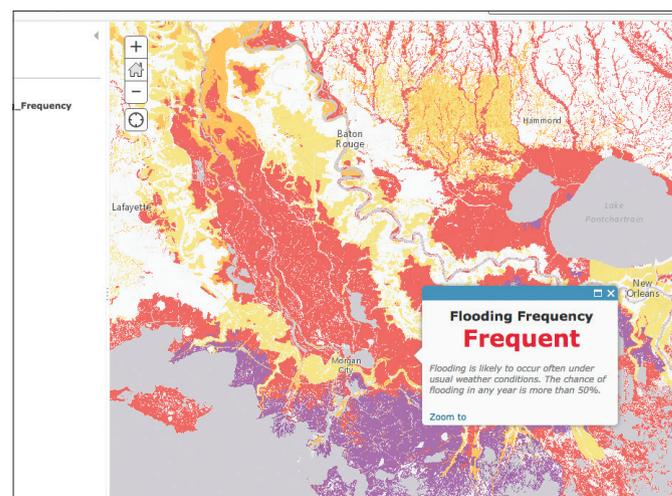
对山洪事件进行建模

易受洪水侵袭的峡谷会对美国西部半干旱地区进行娱乐活动的用户构成巨大威胁。位于圣迭戈的 NOAA 美国国家气象局已经意识到存在山洪风险，并且已经为两条易受洪水侵袭的峡谷实施了加强型防洪服务。该故事地图详细说明了在安萨-博雷戈沙漠州立公园的最高风险区域提高公众意识的方法。



洪水频率

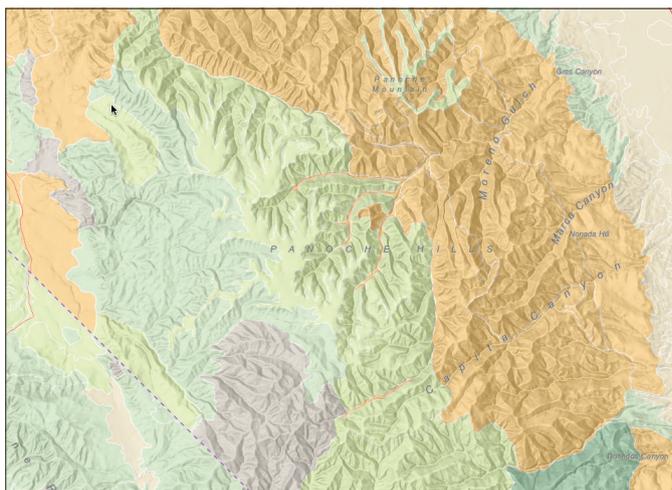
流域分析图层可以提供对洪水频率的评估，评估分为六个级别：从无到非常频繁。单击地图上的任一地点即可获取洪水频率的读数。该 30 米分辨率图层可覆盖大部分美国大陆，包括阿拉斯加、夏威夷、波多黎各、美属维京群岛以及包括关岛和塞班岛在内的多个太平洋岛屿。



栅格的可视化

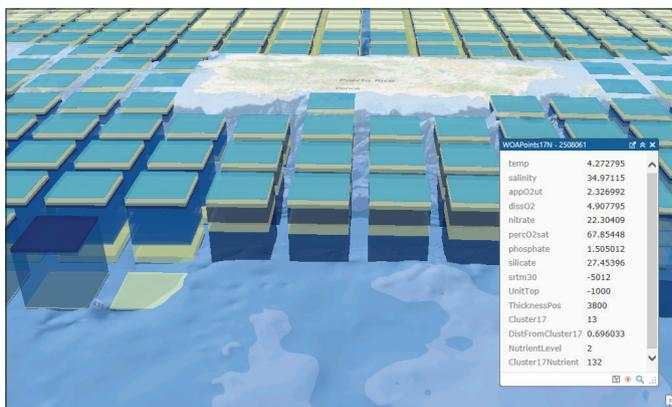
渲染器，2D 和 3D

栅格数据可以为单波段或多波段，在给定像素深度中仅具有少量唯一像素值或完整范围值。可通过多种方法将栅格数据可视化，如 3D 多波段影像和动态时间系列地图。例如，查看彩色航空摄影时，您通常看到的是一个默认应用 RGB（红、绿、蓝）渲染器的三波段栅格数据集。



计算山体阴影

分析型山体阴影可以基于给定罗盘相对太阳的方向（方位角）和高出地平线的高度将表面照明计算为值介于 0 到 255 的栅格表面。Terrain 建模和可视化可以使其他信息图层变得生动，如图所示为加利福尼亚州夫勒斯诺市西侧 Panoche Hills 的土壤地图。



海洋环境的 4D 可视化

沿海和海洋生态分类标准为组织有关海岸和海洋及其生命系统的信息提供了综合框架。该四维时间系列地图包括统一用于定义海岸和海洋生态系统的物理、生物和化学属性。以 3D 形式显示时，数据会形成重叠，分析师可以通过重叠进行钻取。

思想领袖：Gerry Kinn

影像分析不仅仅与制作漂亮的图片有关

自从发射第一颗 Landsat 起，影像分析得到了显著改进。最初，重点在于使影像可解读的影像处理；之后，重点在于提取用于填充 GIS 数据库的要素。现在，大部分必需技术已经很常见。新的重点在于处理影像的方式，通过这种方式我们可以丰富对世界的了解，从而更好地预测和管理将要发生的事件并且做到未雨绸缪。这就是我们试图在农业、林业、环境资源管理、城市规化、交通管理甚至执法等领域中实现的。

影像分析不是在真空中发展的。它会受到正在发展的相关事物影响。今天和未来，具有并行云计算功能的计算能力将得到提高；影像的形式更多、分辨率更高、采集选项更多；在采集影像前即可访问大量现有 GIS 数据集；可以通过新方法和创新方法来执行分析。所以，这场完美的发展风暴会带我们去哪里？

让我们以农业示例。在美国，大多数种植者会向 USDA 注册他们的农田和农作物。可以提供适用于整个国家的优质土壤地图和高程模型。利用下一代天气雷达，可从陆基雷达获取降雨量数据，陆基雷达每五分钟采集一次一千米以内像元大小的数据。结合其他温度数据和每日日照强度数据，作物模型可以预测每块农田的作物生长状态。从卫星、飞机或无人机采集到新影像后，可以使用多光谱影像来验证和调整这些作物模型。实际上，无人机使得数据对于个体种植者非常个性化，可以提供更高



Gerry Kinn 正在帮助将丰富的影像技术集成到 ArcGIS 平台中，以使近实时信息能够帮助用户回答重要问题。

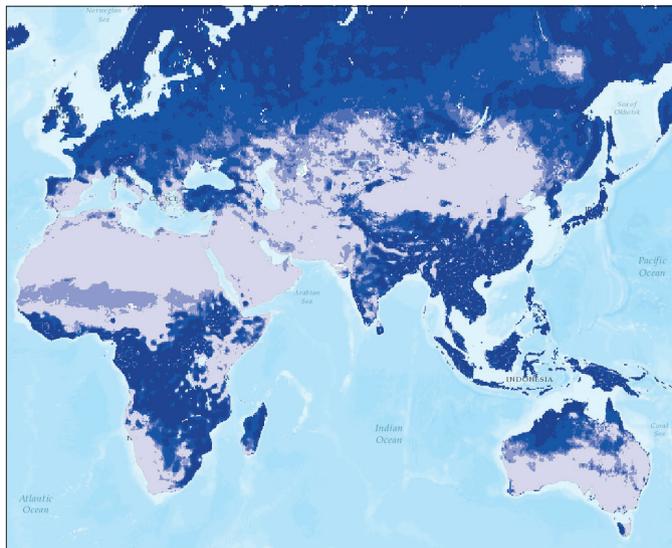
的分辨率和采集频率。分析结果可显示种植者需要采取措施来减缓水分问题、营养缺乏或杂草和害虫压力的异常位置。最终结果可以更好地了解生产是国家级还是现场级的精细农业。

影像分析不再仅仅与制作漂亮的图片有关。更确切地说，它们将遥感科学以及所有其他可用传感器和 GIS 数据进行结合，从而对每天出现在我们景观里并影响我们生活的重要流程进行建模。

影像是全局监视器

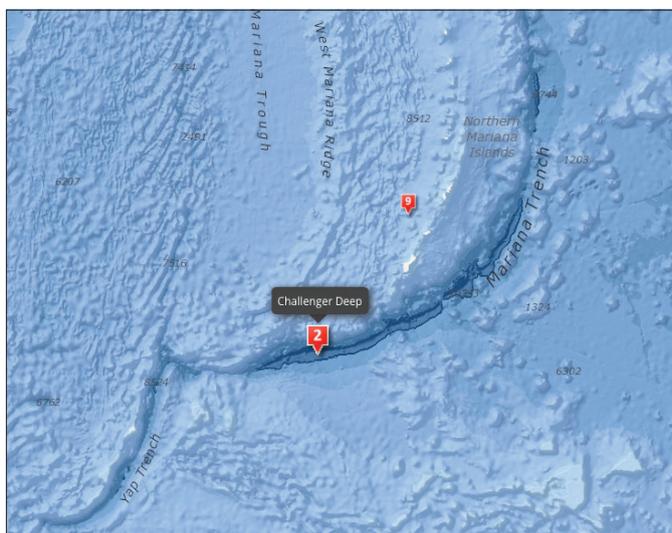
我的地图可以为我展示什么？

制图目的或所有信息设计样式都是为了突出显示数据的重点内容。在很多情况下，如果我们使数据显露出来，则复杂的空间分析将成为地图或信息显示。



降雨径流指数

当降雨落到地球表面后，大部分降雨会被捕获存储起来（例如湖泊、蓄水层、土壤湿度、积雪层和植被等中）。超出景观存储容量的降雨将成为径流，注入河流系统。在城区中，路面和其他不可渗透表面会显著增加表面径流量，而径流会将垃圾和城市废弃物冲刷到水道中，最终加剧污染和洪水严重程度。在农区中，表面和地下径流会带走多余的盐分和养分，特别是氮和磷。



深海探测

海洋测深学是关于湖床或海底水下深度的研究。也就是说，海洋测深是地形的水下对应物。该地图探索了世界海洋及其深海测深要素。

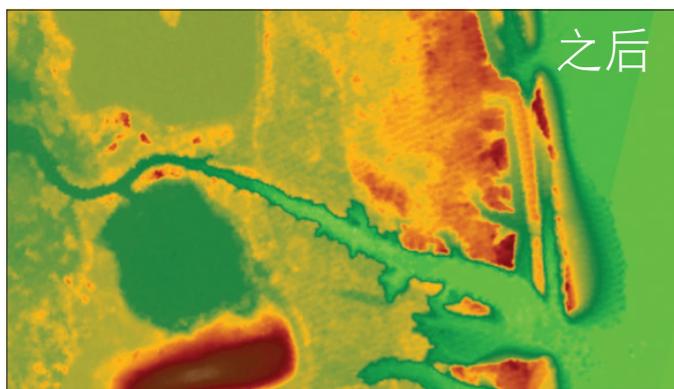
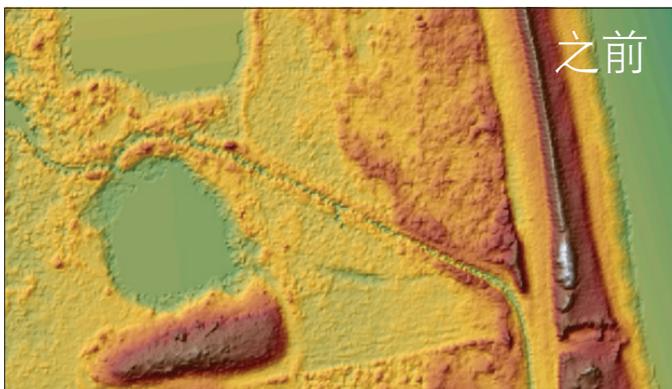
分析案例研究：飓风艾琳

使用激光雷达影像对飓风危害和侵蚀修复进行建模

2011年当飓风“艾琳”登陆北卡罗来纳州的外滩群岛时，风暴潮和风形成了两条经过豌豆岛的新通道。返回大陆的主要中继路线被损毁。由国家和地区运输部门操纵激光雷达和影像，以采集多光谱数据和表面信息。

损毁道路是当地居民唯一的进出通道。不仅需要对道路本身进行维修，还需要将周围海滩重建为缓冲区，以保护新道路。拍摄和分析影像后（仅在事件发生几天后），影像即可为相关部门提供信息，并在重建基础设施时起到不可估量的作用。

北卡罗来纳州研发了一款简单的应用程序，通过该应用程序官员可以计算需要多少车的沙子才能填补被风暴卷走的所有沙子。对于尽快修复道路和海滩所需的沙子量，可以通过在地面上绘制不同大小的图形来提供部分实际估算。



在这些生动的影像中，可以通过激光雷达影像清晰地显示海水侵蚀社区的范围（以及海水冲走的沙子量）。如果测量是精确的，官员就可以计算出需要多少自卸卡车的沙子来填补缺口和开始重建道路。



在此不可渗透表面地图中，我们可以看出每块宗地上的建筑物和道路是如何阻止水浸湿地面的。可以评估以产权人土地上不可渗透表面数量为标准的径流费用。

计算不可渗透表面

使用栅格函数

许多地方政府使用大量不可渗透表面来计算单个属性的雨水账单。可以使用动态影像处理从多光谱影像提取不可渗透表面要素，然后用于计算每块宗地不可渗透表面的总建筑面积，如北卡罗来纳州夏洛特市示例所示。该分析计算可提供由结合 GIS 和影像处理所产生协同作用的优秀图示。



该细分包括大量柏油路面和其他不可渗透表面，但是很难确定具体数量。



“训练”是任务的技术名称，该任务需要识别示例部分代表的覆盖类型，从而实现更加精确的自动分类。



红外线对于探测和提取植被非常有用。红色对于识别裸土十分重要。蓝色对于识别城市要素，特别是对于识别混凝土和屋顶十分重要。

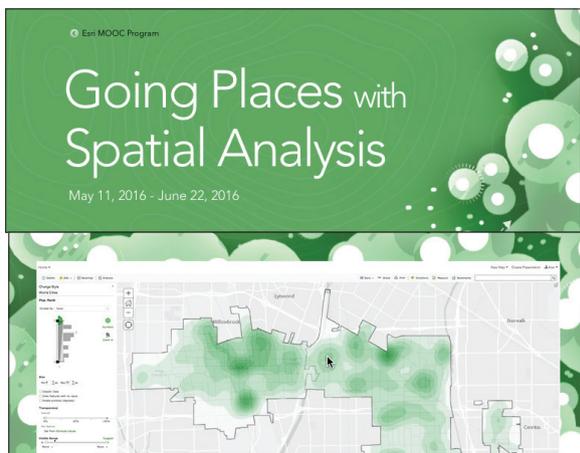
快速入门

通过空间分析发现新视角、新知识和新认知

▶ Spatial Analyst

ArcGIS Spatial Analyst 是 ArcMap 的扩展模块，它通过添加一系列的栅格空间建模和分析工具而扩充了 ArcGIS for Desktop 的功能。它可用于解决复杂的问题，例如为新的零售店选择最佳地点或确定最适合野生动物保护的区域。虽然超出了本书的范围，但它仍是认真严谨的分析师的工具包中的重要工具。

▶ 通过空间分析 MOOC 查找目的地



本课程适用的人员为：对数据分析有一定了解，并且希望了解空间数据分析的特殊功能如何提供更加深入的理解。您将免费获取 ArcGIS Online 和 Esri 基于云的 GIS 平台的完整分析功能。以前体验过 GIS 软件有一定帮助，但并非必需。

▶ ArcGIS Online 中的分析工具

Spatial Analyst 扩展模块包含种类最多的栅格特定工具，ArcGIS Online web GIS 环境也包含越来越多的此类工具。下面对 ArcGIS Online 中的部分栅格建模工具进行了概述。

计算密度



“计算密度”工具用于通过将已知量的某种现象（表示为点或线的属性）散布到整个地图上以从点要素或线要素创建密度地图。结果是按密度从小到大分类的面图层。

查找热点



“查找热点”工具可以确定数据在空间模式方面是否存在任何统计显著性的聚类。

插值点



“插值点”工具用于根据一组点的测量结果来预测新位置上的值。该工具对具有数值的点数据进行处理，并返回按预测值分类的区域。

创建缓冲区



缓冲区是一个以点、线或面要素为起点，覆盖给定距离的区域。

Learn ArcGIS 课程

依据光谱影像计算不可渗透表面

► 概览

水无法渗透的地面称为不可渗透表面，该表面表示严重的环境问题。雨水所形成的径流会引发洪水，还会将受污染物料带入湖泊和河流中。由于这些危害，许多地方政府针对具有大量不可渗透表面的宗地制订了相应经费。其中包括肯塔基州路易斯维尔市的地方政府。但是，要根据属性制定雨水账单，政府需要了解每块宗地包含的不可渗透表面面积。

通过计算单个路易斯维尔市街区的不可渗透表面会对政府有所帮助。借助 ArcGIS Pro 任务，您可以从街区的多光谱影像提取波段，以突出显示道路和灰色屋顶等城市要素。然后，您将分割影像并将其分类到土地利用类型中，由此可重新分类到可渗透或不可渗透表面中。评估分类的精度后，您将计算每块宗地不可渗透表面的面积，从而为路易斯维尔市确定雨水经费提供必要信息。



► 学习以下领域的技能：

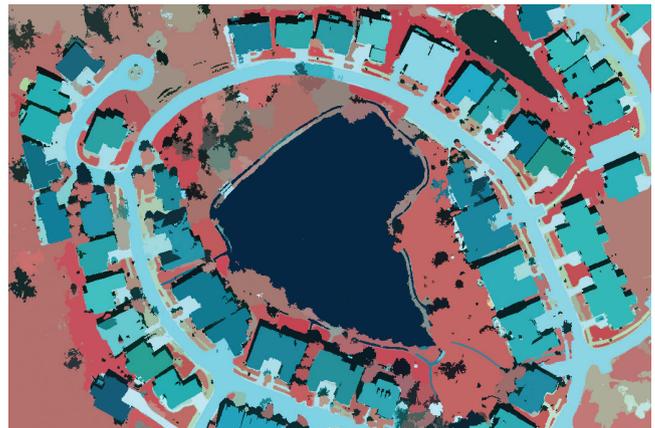
- 依照包含 ArcGIS Pro 任务的工作流
- 执行监督分类
- 评估分类精度
- 计算每个要素的土地利用面积

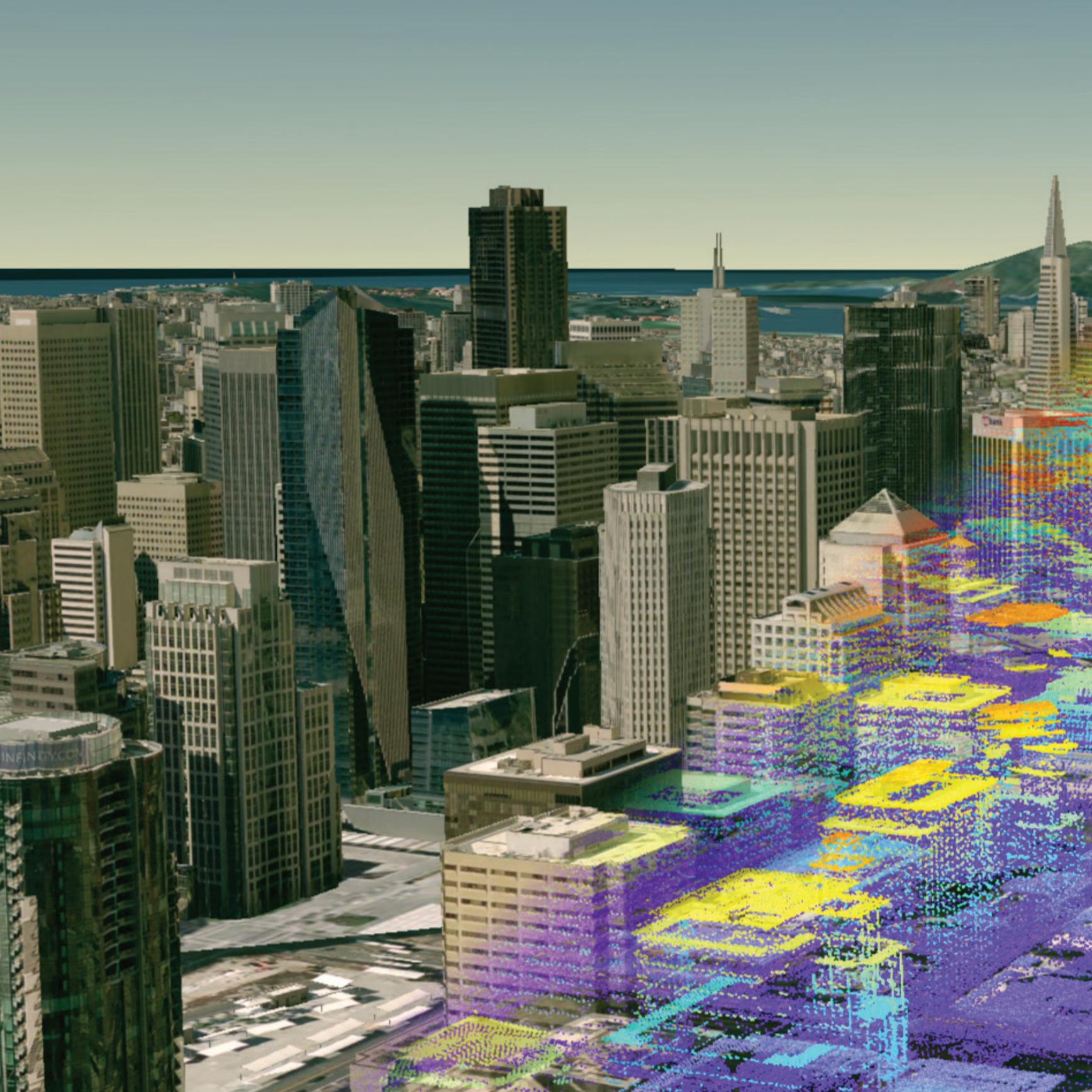
► 您需要：

- ArcGIS Pro 1.2.0 或更高版本
- ArcMap 10.3 或更高版本（可选）
- 预计时间：1 小时 30 分钟

开始课程

[Esri.com/imagerybook/Chapter5_Lesson](https://esri.com/imagerybook/Chapter5_Lesson)





创建镜像世界

通过 3D 影像启用新维度

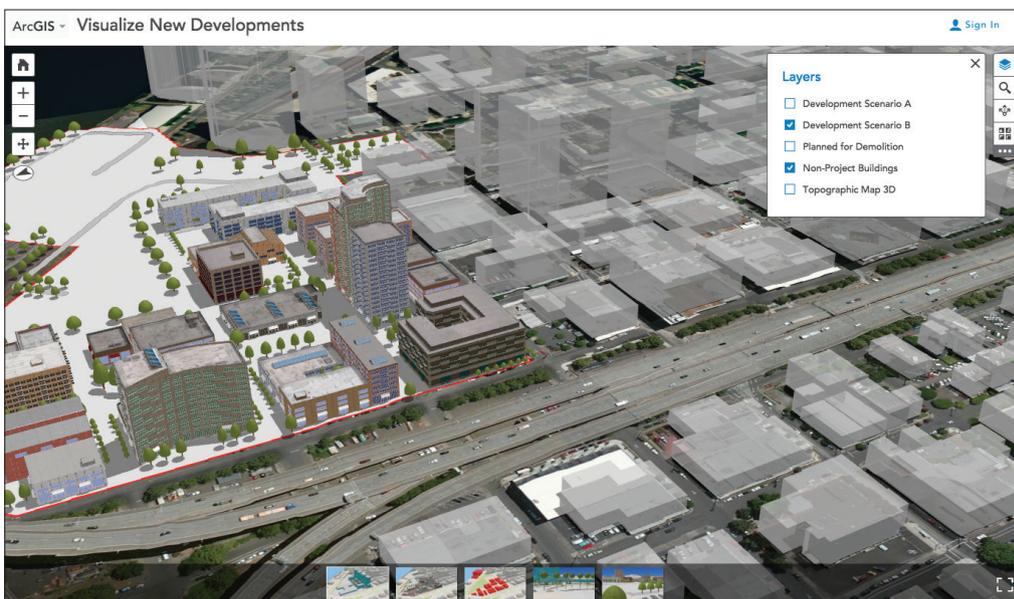
当影像与 3D 结合在一起时，您即与被描述为“镜像世界”的现实表示越来越近了。在这样一个虚拟的地球上，远程采集的影像为针对世界的实际形状和纹理进行准确建模提供了基础。镜像世界已经演变为精确的 3D 地图，它并不仅仅是一个想象的模型，其非常了不起，因为它让您大开眼界，见识到许多新鲜事物，例如真实的 3D 要素抽取、体积分析以及交互式且基于现实的地球可视化，所涉范围大至全球小至建筑物内部。

3D 影像的发展历程

在 20 世纪 90 年代之前，主流 3D 影像更多的是关于将地形的实际实测量值转换为地球地形的 2D 数字表示。这类数据是以 2D 形式查看的，因为当时普遍缺乏在 3D 模式下操作所需的 3D 查看器和巨大的计算需求。

从大约 1990 年至 2010 年，3D 软件变得日益普及，而计算能力则符合摩尔定律，性能提高而价格降低。已开始在 GIS 中使用三维对象（例如建筑物）对真实世界进行建模。3D GIS 尚未被普遍采用，大部分 3D 工作仍然是通过在 terrain 的 3D 表示上拖拽二维地图来完成的。三维对象由熟练的数据操作员利用立体图像创建而成，这是一个劳动密集型过程。大多数用户仍然无法创建 3D 对象。

让我们快进到当今技术。现在，我们拥有一条端到端工作流，可用于：处理 3D 影像；创建、编辑和维护从传感器和影像中获取的 3D 高程；执行分析和可视化；以及将沉浸式 3D 场景分享到桌面、浏览器和移动设备。在以前，这些任务从未像现在这样容易完成。利用桌面版 ArcGIS、您的企业服务器、web 以及移动设备，您就可以通过影像将您的 GIS 充分实现 3D 化。您的工作可能会涉及到各种各样的主题，包括全球气候变化、区域森林管理规划以及创建可持续、有弹性的宜居城市，甚至是某个公园或建筑物内部的特定场域作业。



在现有的建筑环境背景中，比较俄勒冈州波特兰市的城市发展建议。场景包括 3D terrain、拉伸的附近建筑物以及按程序绘制的 3D 建筑物。过去，像这样的可视化效果需要花费技艺高超的艺术家多个小时才能完成，而现在，只需一个人在几分钟内即可完成。

在 ArcGIS 中嵌入 3D

利用影像和您的 GIS 数据，ArcGIS 能够让您沉浸在您的 3D 世界中。您可以享受逼真的体验，或者也可以通过这种方法与您的分析结果进行交互。无论您是正在从多个视角探索项目站点还是发布网站用 3D web 场景，抑或是从头开始创建新的 3D 图层，有了 ArcGIS，这些任务都可以轻松完成。



讲述一个关于飓风横穿大西洋的全球性故事，或者按特定路线发送查看器使其穿过建筑物内部，或者深入查看地下公共设施要素。

ArcGIS 可以使您跨设备和平台进行交互操作。可以跨桌面和 web 共享您的 3D 场景，为特定受众（从一般公众一直到专业规划师和工程师）提供相应的细节层次和复杂程度。全新开放的基于服务器的标准 3D 流技术使您能够通过高性能且易用的 web 场景共享一个（或数百万个）3D 建筑物。

ArcGIS Pro 是平台的 3D 主力。它在您的本地桌面上运行并能提供直观的环境，在该环境中您可以创建并维护您的 2D 和 3D 图层。利用其强大的分析工具，您可以进行独特的三维研究：评估屋顶太阳能潜力；研究冬至和夏至的阴影影响；通过分析建筑物内不同位置的视野对房地产进行准确的估价。

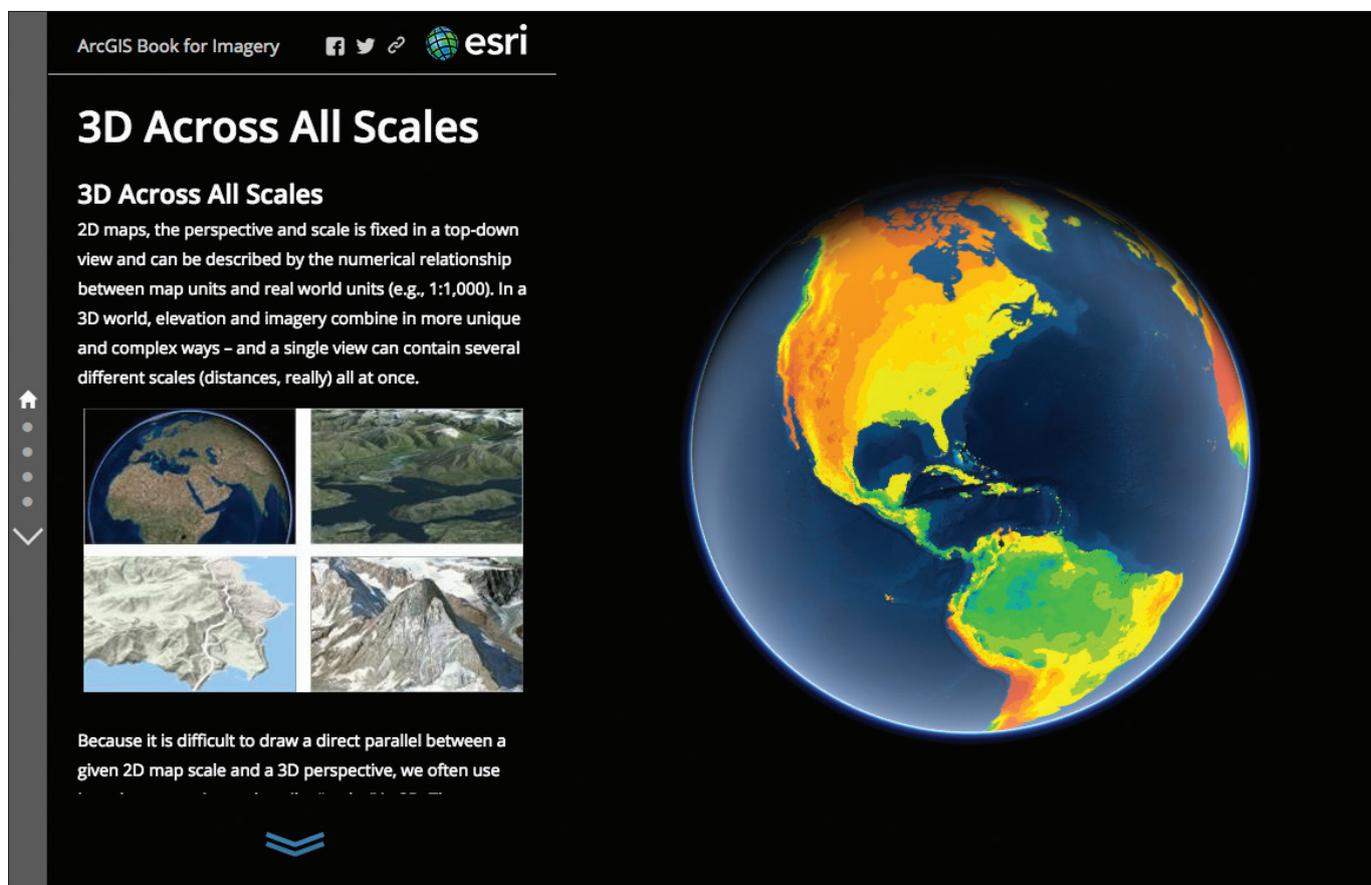
为了获得最佳效果，您可以利用基于规则的过程式建模方法创建真实世界的 3D 表示来表达您的想法和设计。例如，您可以设想未来的沿海城市和地区，它们在融入自然的设计中会开发人工鱼礁。

所有的 3D 内容都会被存储，同时通过 ArcGIS Online 轻松实现共享并投入使用。

3D 尺度

在 2D 地图中，视角和尺度均固定于俯瞰视图中，可通过地图单位与真实世界单位之间的数值关系（例如 1:1,000）来描述。在 3D 世界中，高程和影像以更为独特和复杂的方式结合 - 单个视图可同时包含多个不同尺度（实际上为多个不同距离）。前景中的要素越靠近，所使用的尺度就越大（相比于您观察窗中靠后一点的要素）。

在 3D 中，我们经常使用大类别来描述尺度。这些类别（从全球范围的全局视图一直到非常局部的场域尺度）更多的是由已完成的常用数据模式和工作类型来驱动的，而非依靠地图单位与真实世界单位之间的精确数值关系。



The screenshot shows a web page with a dark background. At the top left, it says 'ArcGIS Book for Imagery' with social media icons for Facebook, Twitter, and LinkedIn, and the Esri logo. The main heading is '3D Across All Scales'. Below it is a sub-heading '3D Across All Scales' followed by a paragraph: '2D maps, the perspective and scale is fixed in a top-down view and can be described by the numerical relationship between map units and real world units (e.g., 1:1,000). In a 3D world, elevation and imagery combine in more unique and complex ways – and a single view can contain several different scales (distances, really) all at once.' To the left of this text is a vertical navigation bar with a home icon, four dots, and a downward arrow. Below the text is a 2x2 grid of four images: a globe, a 3D terrain model, a 3D mountain range, and a close-up of a mountain peak. To the right of the text and grid is a large, colorful 3D globe showing elevation data. At the bottom of the page, there is a blue double-chevron icon pointing downwards.

ArcGIS 中的 3D 功能在所有地球尺度下均可发挥作用，从全球视角到大陆和区域视图、到城市和邻域以及各个建筑物和场地的内部和场地。

显示全局视图一直到屋顶

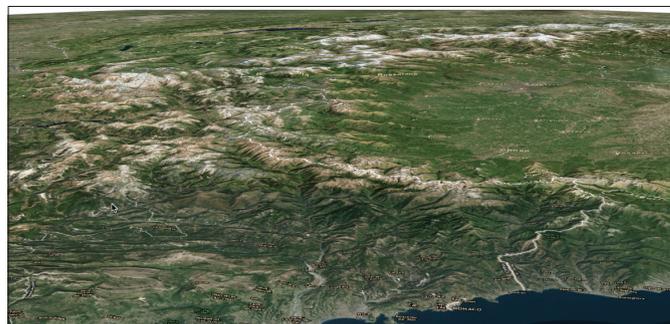
全球

在全球尺度下，3D 场景用于理解或提供洲际现象的出现背景，这些洲际现象发生于地球球面的各处。有关大范围数据集的一些常见示例包括气候、天气、海洋、全球运输以及国家/地区和大陆演示。在此尺度下，高程表面无法识别且影像分辨率也会相对比较粗糙。



区域

区域包括省和县（面积最大可达国家面积大小），在此尺度下，我们开始探测 terrain 表面的一些更为戏剧性的变化，例如峡谷和山脉。数据集仍可覆盖较大的范围，但可以更大的分辨率进行更为详细的观测。



局地

在局地尺度下，3D 要素（例如建筑物）可见，且明确界定了建筑环境和自然环境的纹理及范围。此尺度通常用于城市规划和可视化，也用于农业和农场管理。这些尺度通过高分辨率影像得到了优化。通常会添加精细的局地高程表面，以便 3D 数据与 terrain 更为精准地对齐。



场域

场域尺度用来显示那些覆盖如城市街区、校园、社区公园或一片树林等建筑物集合范围的数据集。其中还包括 3D 室内地图。在此尺度下，能否拥有准确的高分辨率高程数据非常关键，而且也会经常用到高分辨率影像。此外，还可以添加自定义底图，以便能够放大建筑物内的单独房间和地板。

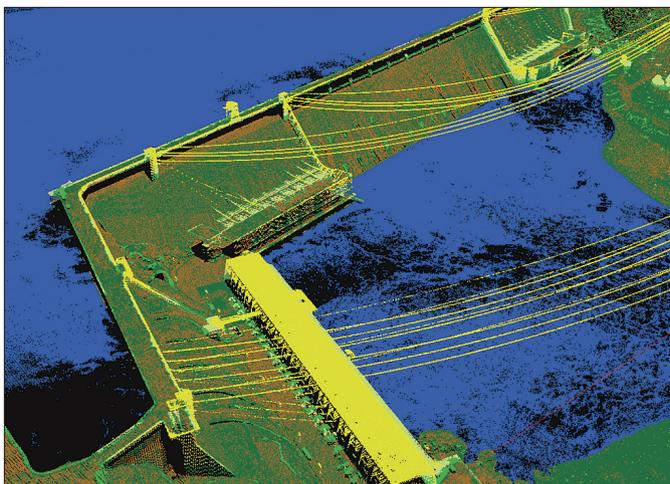


用激光雷达和雷达捕获高程

地球地形为在 3D 模式下工作提供了自然基础，您可以将对象置于 terrain 表面上方、表面上或表面下方。在 GIS 中，使用光栅格式的高程模型或有时也使用不规则三角网 (TIN) 结构来表示地形。光栅高程模型（非常常用）将地表划分为等间距的格网，每个格网单元都包含一个高程值。相比之下，TIN 则依赖于与空间中一系列 3D 点位置相连接的大小不定的三角形（或面），这样就可以在面内的任何位置对唯一的高程值进行插值。

如今，高程模型更为常见的是使用涉及激光和雷达的遥感技术进行创建。干涉合成孔径雷达 (IFSAR) 采用数对相对的雷达采集高程读数。例如，在 2001 NASA 航天飞机雷达地形测绘 (SRTM) 任务中，使用雷达以 30 米的分辨率绘制了整个地球的高程。

激光雷达已被迅速采用，作为高分辨率高程模型创建方法的标准之一。此过程采用定时激光脉冲产生高精度的密集高程点“点云”，并可以生成大量的信息产品，包括数字表面模型 (DSM)、数字地形模型 (DTM) 以及三角网格（称之为 TIN）。



激光雷达是一种主动遥感技术，其使用雷达冲击要素（例如大古力水坝），然后记录反射脉冲以生成对象的 3D 模型。在此例中，数据由 LAS 类进行符号化（水、水泥、输电线及其他）。



由索诺玛县 GIS 团队采集的加利福尼亚州佩塔卢马各个部分的详细激光雷达数据示例。

3D GIS 基础

基础高程

要素的关键 3D 属性之一是其垂直位置或基础高程。建筑物、树或其他对象的基部在此处与所谓的“裸露地表”对齐。从视觉视角与 terrain 保持良好对齐非常重要，这样不仅可以限制应与地表齐平放置的“浮动”或“掩埋”要素，同时还可以确保相对垂直位置的准确性以便于 3D 分析。

通常会对裸露地表的数字地形模型 (DTM) 进行取样，以确定要应用于要素的正确 z 值，无论这个要素是点、线、面还是多面体（体积）。可应用单个 z 值以上下垂直平移要素的位置，或者可以将要素“叠加”在高程表面上。



DEM

在实际应用中，此裸露地表数字高程模型 (DEM) 通常与数字地形模型 (DTM) 同义。DEM 产品是否优质是通过高程的精细程度（即每个像素的地面大小）及形态的呈现精度（即其 z 轴精度）来度量的。



DSM

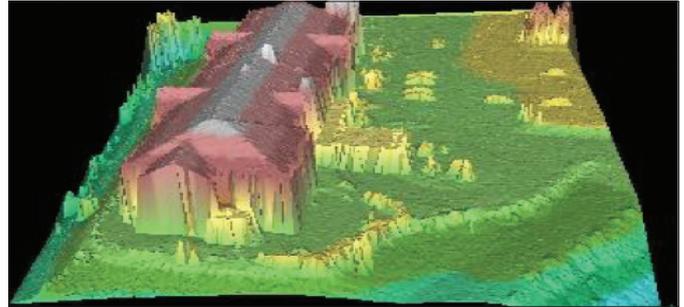
数字表面模型 (DSM) 表示投影到裸露地表之上的树、建筑物及其他要素的高度高程。

3D GIS 基础

关键高程模型

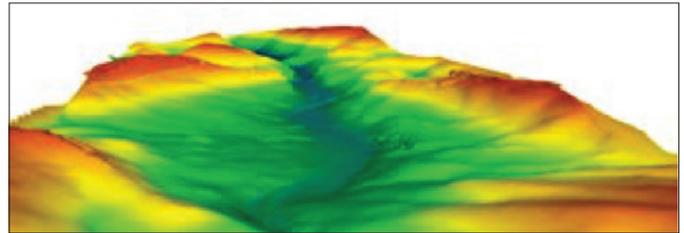
DSM: 数字表面模型

表面模型包括地形及地表的所有对象（例如树和建筑物等）。将影像叠加在 DSM 之上以创建简单的虚拟世界，或使用专用工具在 GIS 中创建新的树或建筑物要素。激光雷达通常用于创建与最先返回的数据结合使用的 DSM，因为将会使用最先返回的雷达脉冲的高程。



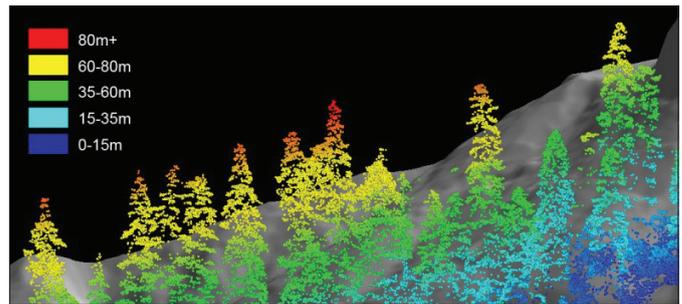
DTM: 数字地形模型

Terrain 模型通常称为裸露地表，其没有像建筑物和树之类的东西。使用 DTM 可以创建山体阴影、确定地形坡度或相对于太阳的坡向、计算地表水流或设置建筑物及其他要素的基本高度。



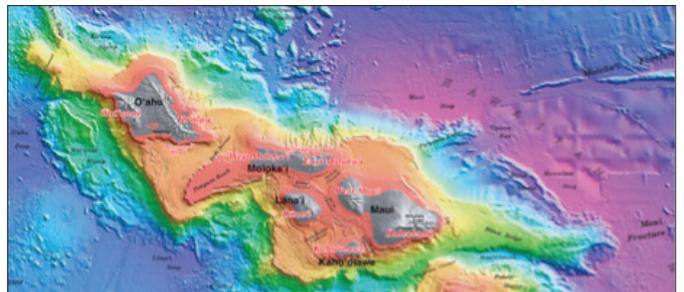
DHM: 数字高度模型

高度模型不常见，但对于您启用 3D 的 GIS 而言非常关键，可用于计算建筑物、树及其他要素在地面上方的高度。高度模型是通过计算 terrain 与表面模型之间的差值进行创建的。激光雷达正越来越多地用于创建 DHM，如图为古老的花旗松原始森林树冠高度轮廓。



深海探测

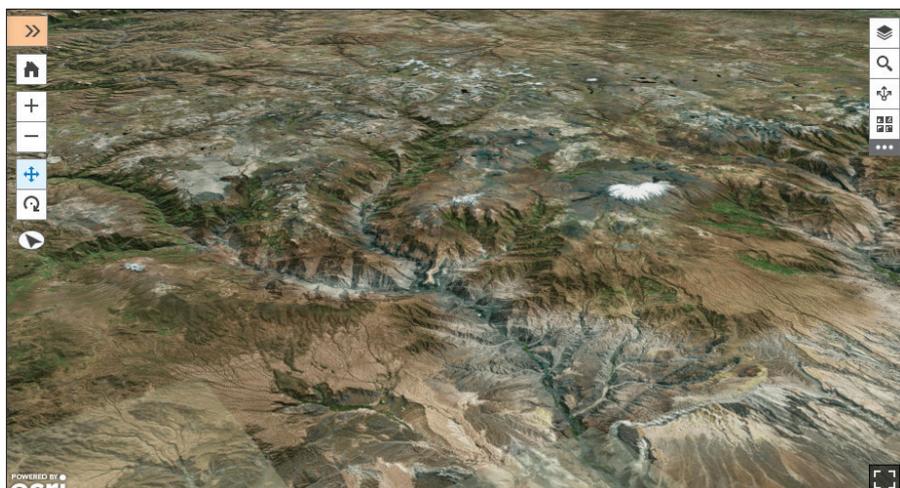
海底地形或湖床被称为深海探测，可通过多种与基于土地的地形数据相同的使用方法进行使用。测深数据通常采用声纳（一种主动传感器）进行采集，声纳与激光雷达有很多相似之处，但声纳由飘浮在水面上的船进行引导。一些沿海浅海深海探测可由飞机进行采集。



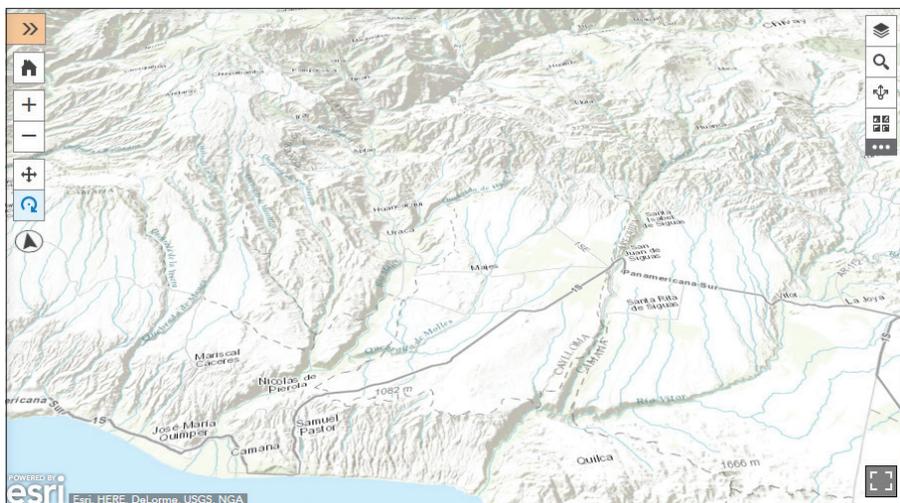
web 场景

启用 3D 的 GIS 数据

在 ArcGIS 3D 中，3D 地图称为场景，而那些在 web 和浏览器中进行操作的 3D 地图则称为 web 场景。以 terrain 为基础开始吧。所有的 3D 场景在创建时均以表面高程覆盖范围开始，您可以在该覆盖范围内叠加任何数量的 2D 地图。“转到 3D”最简单、最快速的方法是将您的影像或底图叠加到您的高程表面上作为基础。当许多 GIS 用户意识到已有多少 GIS 图层可用于 3D 模式，以及其他图层只需几小步即可实现 3D 应用时，这种方法对于他们来说尤其有用。



影像的 3D 显示可以为您的基础提供逼真的即用型 web 场景。可以很容易地将其其他 2D 和 3D 图层添加到您的 web 场景中，从而带来逼真的沉浸式 3D GIS 体验。



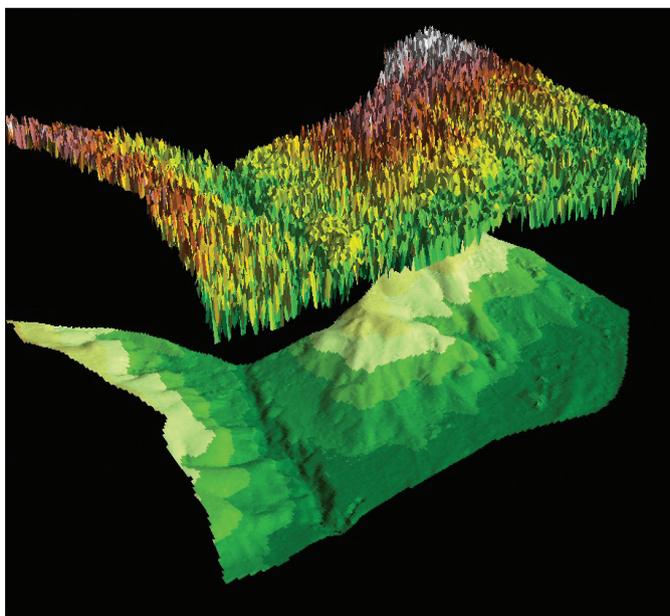
当以高程作为您的基础时，实际上任何 2D 图层都可以用来为您的用户创建迷人的 3D 场景及体验。该基础仅仅是您的 3D 制图所表示内容的开始。

创建精确的基础

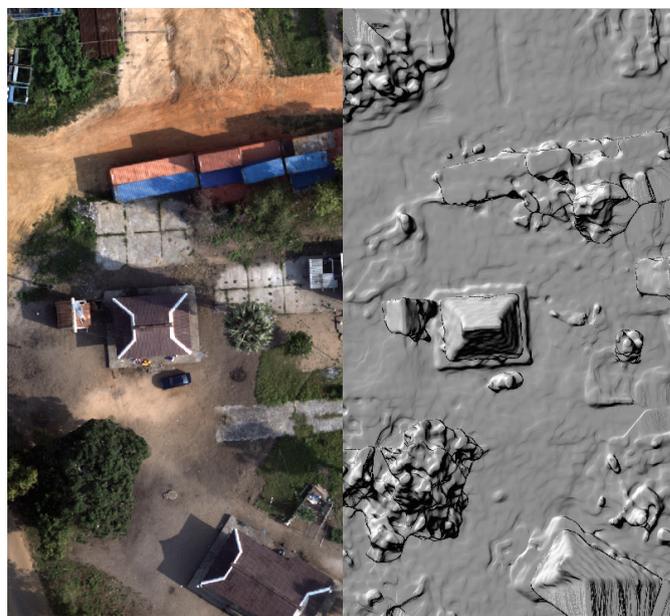
采集高分辨率高程数据

当您的工作需要更高分辨率的高程数据以便在更大的放大尺度下使用时，两个相对较新的资源可以提供额外新增的细节。这包括真实的激光雷达集合以及无人机任务，两者都可以用于生成高分辨率表面高程数据。高分辨率激光雷达集合发展迅速，可针对全新的应用启用 3D GIS。

无人机飞行还可以用于为正在被采集的照片中的每个照片像素生成高程值。这样，会为所有观测到的要素的高度生成数字表面模型，而不仅仅是裸露地表高程读数。



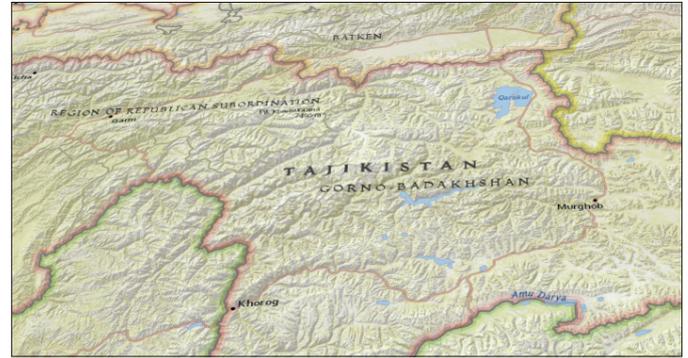
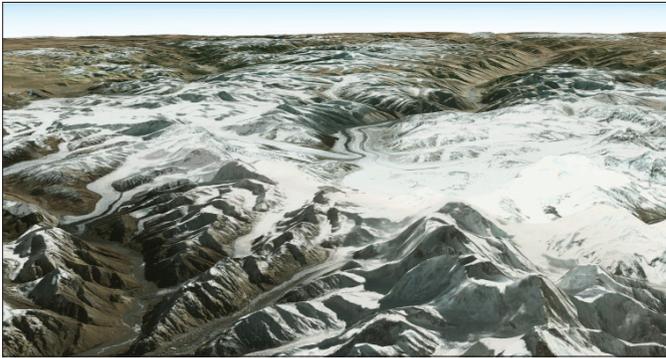
在此图像中，我们看到植被生物量的高程与裸露地表分离。生物量与表面高程均是作为最先返回信号的一部分捕获的，而裸露地表是通过分析返回的激光雷达进行计算的，以达到提取 DTM 表面高程的目的。



这幅并行视图通过消费级无人机进行采集，并通过 Drone2Map 进行处理，通过这幅视图可以对数字表面模型与垂直的正射镶嵌图案加以对比。

创建您的 3D 底图

ArcGIS 具有全球高程资源，可以针对世界上大部分地区提供分辨率为 30 米的高程。如果您有更高分辨率的高程资源（如由激光雷达或无人机获得的结果），您可以通过添加更为精细的高程来创建您自己的 3D 大尺度地图图层，以便在放大您感兴趣的区域时使用。



将任何数据叠加到三维表面后都会呈现全新的视角。无论图像数据来自喜马拉雅山脉，还是国家地理类型的底图，格栅数据都能够在 3D 模式下焕发出新的生机。

将 2D 要素转换为 3D 要素

通过向各个 2D 要素添加多个额外的属性，可以在 3D GIS 中创造性地表示部分 2D GIS 要素并加以使用。



可以采集三个位置作为点要素。通过添加一些简单属性（例如物种或常用名、树冠高度和宽度），您可以将逼真属性符号化以用树符号目录中的树来表示树，这些符号可以调整大小并置于各树的点位置。



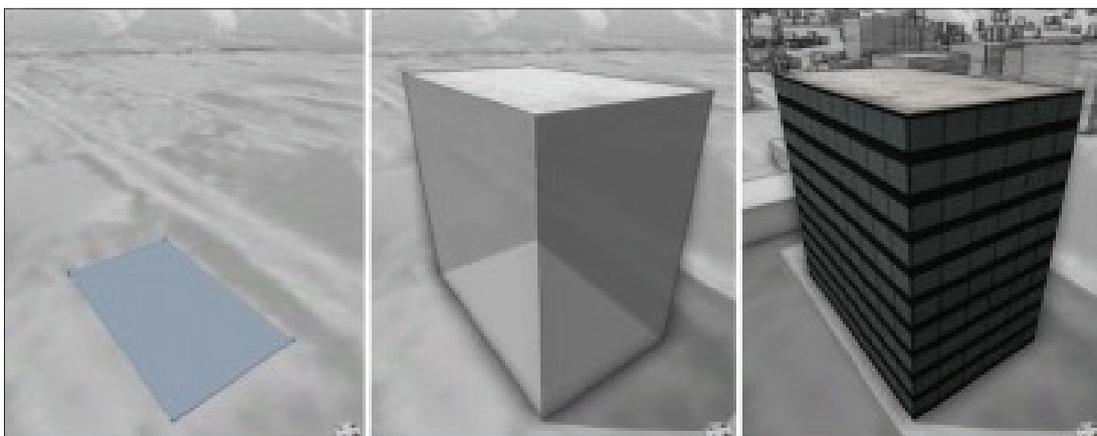
可根据建筑物的高度和楼层数对建筑物进行拉伸。同时，您可以根据需要，在不同的细节层次对其进行建模。2D 建筑物轮廓线（左）可以拉伸成砌块建筑物（中心），或者通过添加表面细节进行建模（右）。

构建建筑物和树高的模型

3D 要素的高度可通过测量其与地表的交点和其最高点之间的距离来确定。利用此基本的 z 值信息，可以对 2D 要素进行拉伸，或者可以将现有的 3D 模型拉伸至正确的高度。

利用分类的激光雷达数据，可以从数字表面模型 (DSM) 中减去产生的数字地形模型 (DTM)，以创建一个“有一定距地高度”的格栅或者一个归一化数字表面模型 (nDSM)。随后，在 2D 或 3D GIS 要素中对此 nDSM 栅格进行取样以确定最大高度值，并通过拉伸和垂直缩放将其应用于几何结构。

建筑物

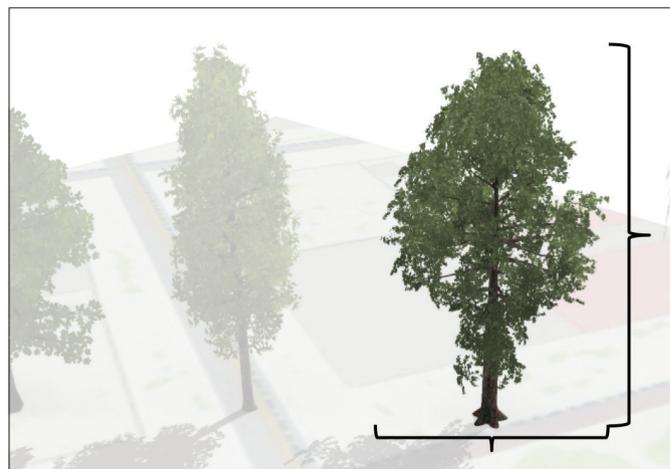


建筑物轮廓线首先与 terrain 表面对齐，然后根据高度值进行拉伸，最后根据任意属性（例如楼层数）绘制纹理。

树

树是另一类通常从影像或激光雷达提取的要素。利用相同的程序确定建筑物的基础高程和最大高度，树的高度可以手动或自动提取。随后，可根据树种（例如橡树）应用精细的 3D 符号，接着根据每棵树的高度进行垂直缩放，以及根据每棵树的树冠宽度进行水平缩放来创建逼真的符号。

逼真的 3D 树模型是根据从激光雷达获取的高度和树冠宽度属性进行缩放的。



表示 3D 建筑物

3D 建筑物可以在一系列细节或精度范围内进行表示，这通常取决于采集 3D 建筑物所使用的方法或源数据。通过 CityGML（一种用于虚拟 3D 城市模型方案）的普及，这些不同的细节层次 (LoD) 显示了实际 3D 结构的不同抽象程度。每一个 LoD 都可以以有纹理的或无纹理的形式存在，要根据数据对于抽取建筑物几何结构的可用性以及 3D 可视化和分析的具体用例选择正确的细节层次。例如，LoD1 建筑物就不适合进行阴影影响或屋顶太阳能分析，这是因为该建筑物缺少精确的屋顶形状。同样，绘有真实纹理的 LoD4 建筑物含有比外部 3D 分析所需的更多的细节。

LoD0 - 细节层次为 0 的建筑物仅仅是一个含有基础高程信息的 2D 轮廓线或多边形。换句话说，在某种程度上，该建筑物与 terrain 表面垂直对齐。

LoD1 - LoD1 建筑物是一个已拉伸至给定高度的多边形，所得闭合 3D 外壳仅包含水平和垂直平面。LoD1 建筑物可轻松创建并显示相关高度，但因其经简化的几何结构，因此最适用于 3D 可视化，而非 3D 分析。

LoD2 - 除了屋顶形态几何结构外，LoD2 建筑物外壳还包括垂直墙面，并且还可能包括烟囱或屋顶窗等细节。LoD2 建筑物适用于各种 3D 分析，例如阴影影响、视线和屋顶太阳能潜力等分析。

LoD3 - LoD3 建筑物外壳包括如 LoD2 建筑物中所示的精细墙壁和屋顶几何结构，还有其他精细的建筑细节，例如窗户、门或柱状物。LoD3 建筑物对关注场域的道路级可视化和分析有利，这些场域需要接近现实情况。

LoD4 - 建筑物外壳不仅包括精细的外部要素，还包括内部的墙壁、地板、门以及家具。LoD4 建筑物适用于室内 GIS 和可视化。



提取 3D 屋顶形态

一直以来，大多数市政当局和城市规划者（他们可能是受益最大的 GIS 用户）都无法利用技术手段创建逼真的 3D 建筑物形态。创建此类数据通常非常昂贵。幸运的是，随着使用高分辨率激光雷达和摄影测量法进行测量的城区越来越广，详细的 3D 信息变得越来越容易获得。利用此类数据，我们能够提取的建筑物建模用信息不仅包含精确的高度信息，而且还包含精确的屋顶形态信息。

按程序对建筑物进行建模的关键是精确表示建筑物的屋顶几何结构。捕获此几何结构所必需的属性如下所示：

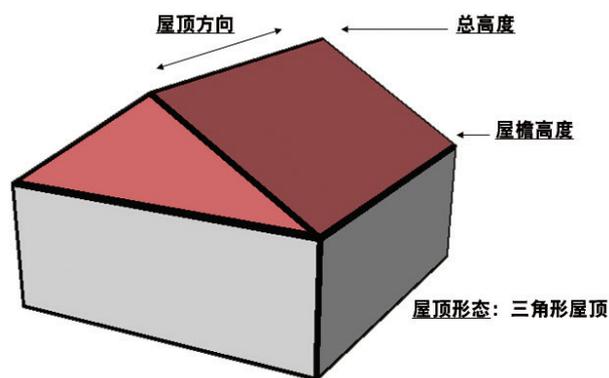
总高度 - 建筑物最高点的高度（即屋脊）。

屋檐高度 - 建筑物屋顶形态中主要屋檐的高度。

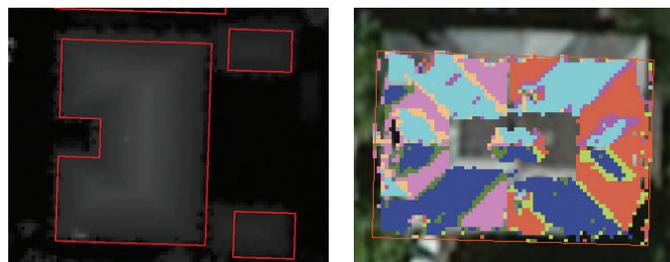
屋顶类型 - 屋顶结构的类型（平屋顶、双坡屋顶、四坡屋顶以及其他）。

屋顶方向 - 屋脊的方向。

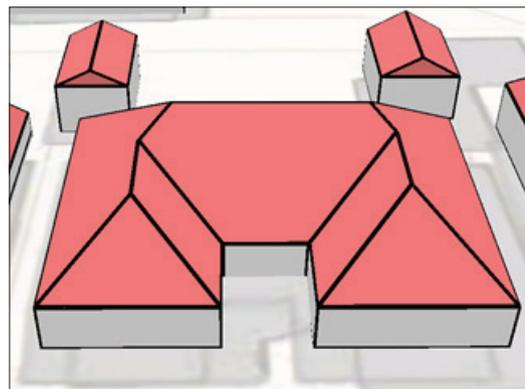
这些属性除了可以由技术人员以一次检查一栋建筑物的方式手动输入外，还可以利用 ArcGIS 中的标准工具，通过自动程序来提取屋顶形态信息。本章节末尾的 Learn ArcGIS 课程（第 112 页）对此过程进行了描述。



用于逐步创建 3D 建筑物的基本属性。



数字表面模型栅格上的建筑物轮廓线多边形（左）以及按坡度和坡向分类的屋顶。



思想领袖：Pascal Mueller

绘制我们城市的未来

如今世界上有一半以上的人口居住在城市，而且比例还在不断扩大。虽然如今农村人口规模与城镇人口规模差不多，但到 2050 年，城镇总人口将翻一番达到 70 亿。因此，城市所占区域将大大增加，建筑物也会变得更高。

三维 GIS 是塑造这种未来城市的关键工具。城市空间集合了各种三维建筑结构，包括生活单元、建筑物、宗地、街区以及邻域。这些结构由不同类型的交通网络（例如，公路、步行道和地铁线）实现互连，并与多个能源和公共设施网络图层相连。3D GIS（例如 ArcGIS）可以提供各种用于对这些现有结构进行建模并加以管理的工具。由此可打造得到所谓的智能城市，在这里所有部门会实现互连，且基础设施的性能以及城市服务的质量都会实现实时监控。

按照传统方法，在 3D 模式下对城市空间进行建模和规划时，大部分作业是手工作业，而这会消耗大量的资源。但是，随着对城市 3D 内容数量和质量要求的不断提高，迫切需要一些替代方案来实现快速半自动化的城市建模、设计和模拟。示例包括：跳出 2D 轮廓线实现 3D 建筑物外壳的可视化；维护高层建筑中公寓的 3D 地籍记录；管理 3D 分区规则和研究区划修改对经济的影响；以及进行总体规划，其中包括对城市改建的效果（尤其是密集化场景）在空间需求、交通影响、可持续能源使用以及生活质量方面进行模拟、分析和优化。

在 ArcGIS 中可以使用三维功能，这样智能城市还可以与市民进行更加积极有效的互动。因此，现在可以轻松地与市民共享 3D 信息，以更好地交流设计决策并将城市 3D 环境中的大数据进行可视化。



Pascal Mueller 是 Esri 苏黎世研发中心的主管，该研发中心致力于开发 ArcGIS 3D 软件以及获得奥斯卡奖提名的程式城市建模工具 CityEngine。



[请观看视频以了解 Pascal 和 CityEngine 开发团队的其他成员](#)

纹理

如将影像应用到建筑物或其他要素中，可将空白的 3D 几何结构转换为外观逼真的精细 3D 模型。可以采用以下两种方法中的任意一种将航空低角度倾斜（或街道级别的）影像粘贴到各个建筑面：按真实或按过程。

真实纹理

真实纹理从航空或倾斜图像中生成，这些捕获的图像用于在 3D 模式下进行建模的真实建筑物或要素。建筑物的各个表面都有唯一的纹理，用以表示各个墙面或屋顶表面在现实生活中的样子。采用这种方法通常会产生较高的数据采集成本且需要较多的人力，但是创建的 3D 场景非常逼真；例如，常见的或标志性的建筑看上去和真实的一样，所有的建筑细节一样不少。



根据照片呈现的纹理逼真的法国阿尔卑斯山脉勃朗峰。



印第安纳州印第安纳波利斯市中心区绘有精确纹理的逼真 3D 建筑模型。

过程纹理

过程纹理涉及到将典型的地理或建筑墙面和屋顶纹理应用到 3D 建筑形式上。这些纹理可以应用到现有的无纹理 3D 建筑模型中，或者可以应用到将 2D 轮廓线转换为绘有纹理的 3D 建筑物的过程建模程序中。

过程纹理根据某些规则进行应用，这些规则决定了每个建筑物的纹理类型以及纹理重复的次数。这些纹理一般从倾斜的或街道级别的图像中采集，随后会对这些纹理进行矫正并编辑，以便它们可以沿每个建筑物或每层楼的周长实现无缝重复。

为了创建最为逼真的 3D 建筑物，对纹理库进行了分组，使其应用匹配建筑物的土地使用类型、高度、楼层数以及区域建筑风格。通常，纹理库分为两类：底层（通常较高且可能包含入口门和临街商店）以及高层（均匀重复）。

虽然采用过程方法创建的建筑物的纹理可能与真实纹理不完全匹配，但是采用这种纹理生成不同的一般建筑风格并使其与实际建筑风格的外观和感觉非常接近的成本却很便宜。过程式建筑在城市规划中同样非常有用，利用过程式建筑可以非常轻松地改变拟建建筑物的高度和风格，以对不同的场景进行评估。



南卡罗来纳州格林维尔市中心区采用过程方法绘制纹理的 3D 建筑物。

采集 3D 数据

无人机如何在三维模式下捕获数据

当今技术时代的伟大奇迹之一就是能够使用无人机影像和 Drone2Map（Esri 的一款新型应用程序）生成较小研究区域的 3D 地图。在此处所描述的基本建筑物检查工作流中，无人机按预编程的路径飞行并采集一系列倾斜角度的图像。然后，软件开始创建 3D 场景。

1. 执行飞行任务



为了检查此建筑物，无人机飞行的路径近乎正圆（以黄色显示）。捕捉点为蓝点。

2. 捕捉倾斜的照片



此处显示的是由无人机的高分辨率相机捕获的全部 40 个倾斜角度图像中的 4 个。

3. 创建 3D 场景



Drone2Map 的可用输出之一是 3D PDF，这是一种能够可靠地与非 GIS 用户受众共享 3D 场景的极佳方法。

案例研究：奥特兰兹建筑物任务

两个世纪以前，George Carter 在弗吉尼亚州的利斯堡设计并建造了奥特兰兹历史山庄和花园 (Oatlands Historic House and Gardens)。如今，该套房产被当作历史遗迹加以维护。通过无人机飞行拍摄的影像，房产经理能够快速采集大量精确数据，包括可用于将提议的景观变迁（例如移除大树）可视化的详细 3D 模型。



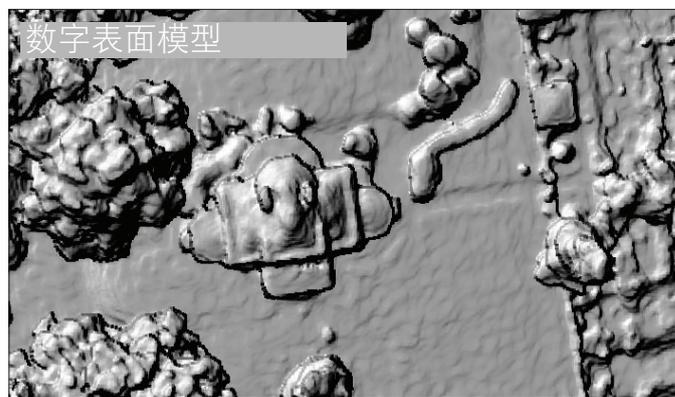
此 3D web 场景是由通过消费级私人无人机采集的点云生成的。无人机任务完成后，在不到 30 分钟的时间内即可在线完成此场景。



观看此任务的视频演示



网格就是将地理空间划分为连续的不重叠三角形的数据结构，这些三角形可以通过 RGB 值涂上颜色。



同一场地的数字表面模型揭示了丰富且详细的高程数据的载荷，很令人印象深刻。

快速入门

利用 ArcGIS 以 3D 形式显示影像的一些地点

▶ 场景查看器

场景查看器是内置在 ArcGIS Online 网站中的应用程序，用于创建 3D 场景并与 3D 场景进行交互。场景查看器可以与支持 WebGL（一种内置于大多数现代浏览器中来渲染 3D 图形的 web 技术标准）的桌面 web 浏览器结合使用。您还可以登录并创建自己的场景。



▶ Drone2Map

Drone2Map for ArcGIS 是一款桌面应用程序，它可以在 ArcGIS 中将无人机捕获的原始静止图像转化为正射镶嵌图案、3D 网格、平铺图像以及其他。为难以获取的要素和区域创建 2D 和 3D 地图。



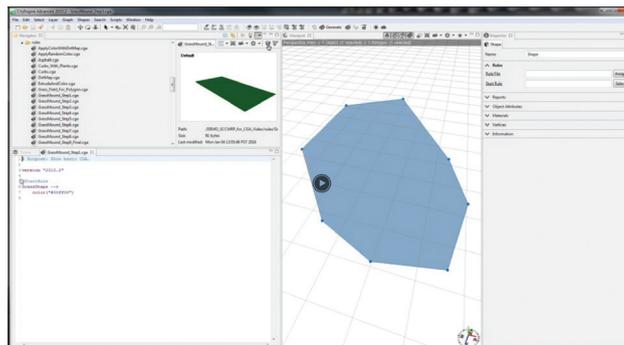
▶ ArcGIS Earth

ArcGIS Earth 是一款免费的轻量级桌面应用程序，它可供任何人轻松便捷地查看 3D 地图。ArcGIS Earth 适用于 Windows 台式电脑和平板电脑。



▶ CityEngine

CityEngine 是用于情景导向城市设计的高级工具，也为按步骤创建已构建数据提供了规则。



City Engine 快速入门

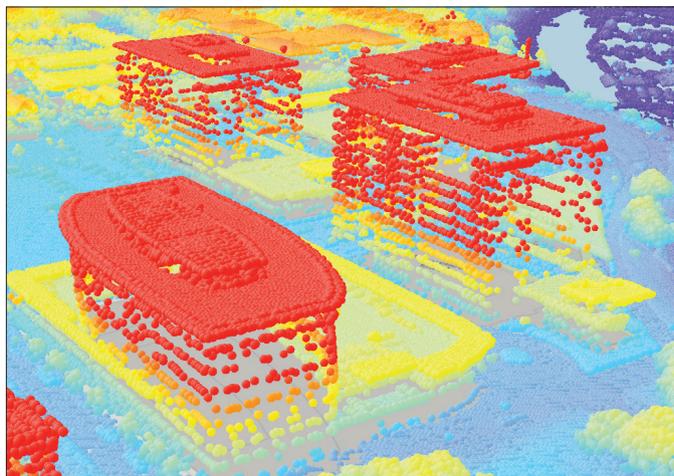
Learn ArcGIS 课程

为城市发展提取屋顶形态

► 概览

俄勒冈州波特兰的市政府希望对市中心附近的建筑物进行评估，以评价这些建筑物是否符合城市全新的绿色环保理念。评估将涉及多个方面的度量，例如日照和阴影分析，它们要求该区域 3D 场景中的建筑物具有逼真的屋顶形态。基本 3D 场景采用细节层次 (LoD) 1 建筑物：建筑物轮廓线被拉伸至统一高度。市政府想要 LoD2 建筑物，这类建筑物可以描述屋顶形态属性，例如屋檐、山墙和坡度。

您的目标是创建波特兰某一区域的 3D 场景，该场景采用 LoD2 建筑物。借助 ArcGIS Pro 任务，您可以创建一个派生自激光雷达数据的点云数据集，然后利用其制作此地区的数字高程模型。基于高程模型



中的模式，您可以将关于屋顶形态的属性数据添加到建筑物轮廓线，然后使用规则包以 3D 形式对轮廓线进行符号化。最后，在将数据转换为多面体要素类之前，您需要检查建筑物是否存在错误，并对不正确的要素进行编辑，这样您便可轻松地与市政府共享要素类了。

► 学习以下领域的技能：

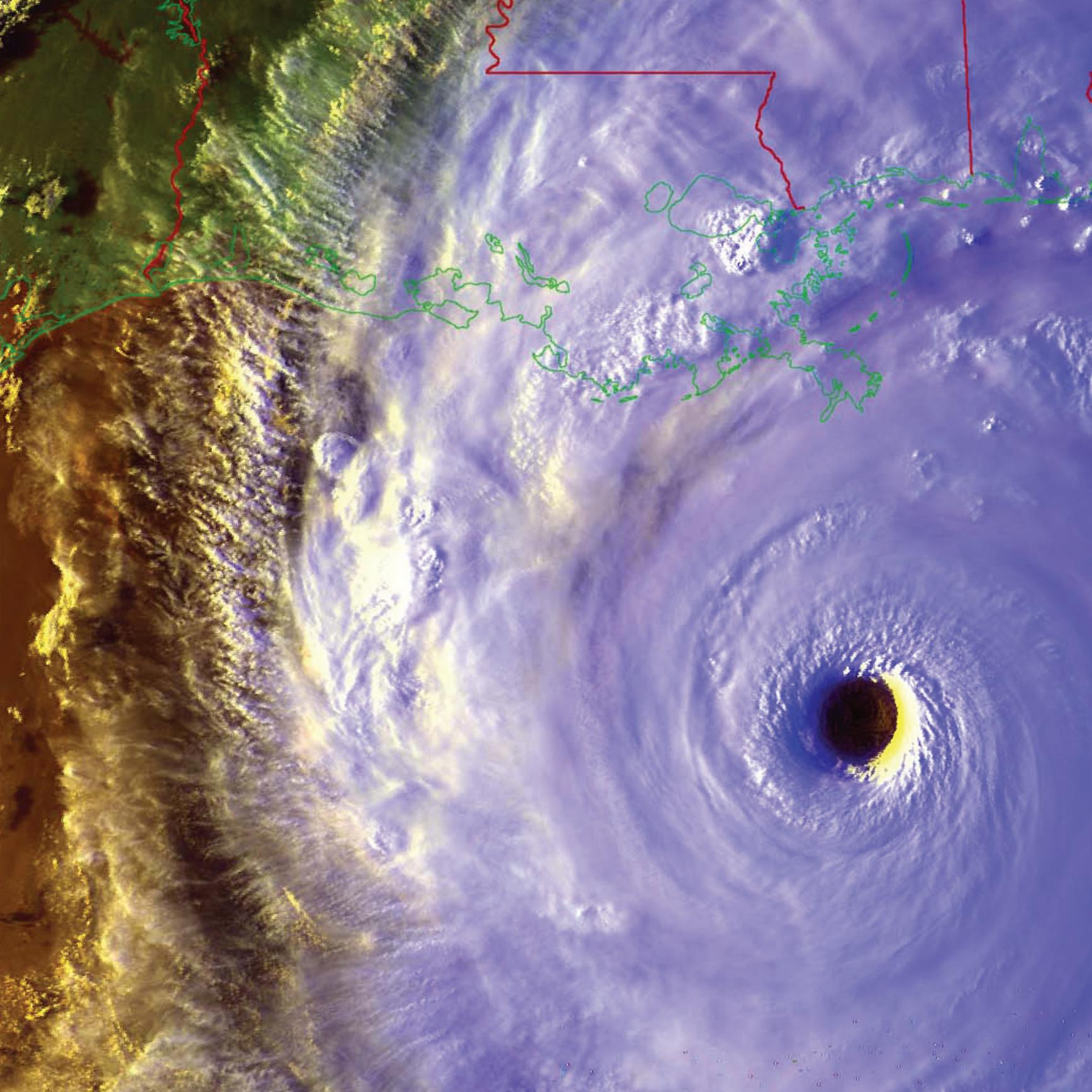
- 依照包含 ArcGIS Pro 任务的工作流
- 从激光雷达数据创建 LAS 点云数据集
- 为 3D 场景创建 LoD2 建筑物
- 编辑 3D 要素

► 您需要：

- ArcGIS Pro 1.2.0 或更高版本
- 预计时间：1 小时 20 分钟

开始课程

[Esri.com/imagerybook/Chapter6_Lesson](https://esri.com/imagerybook/Chapter6_Lesson)



第 4 维度中的影像

世界上最伟大的时间机器

时间序列或时态影像让我们能够根据时间推移系统地进行比较。其结果是出现大量潜在的穿越时光的应用程序，例如灾难性事件的前后视图和历史景观的重建，以及监控和预测未来数周、数月、数年甚至数十年可能发生的变化。本章的“伟大创想”是研究随着时间推移的动态过程。

影像关乎时间

使用影像监测我们的动态星球

为了真正了解我们的动态星球，我们不懈努力通过时间来探索信息，显现过去，了解现在，认清未来趋势。例如，地球科学家利用卫星时间序列观测来追踪每月降水模式，如积雪覆盖范围和程度，因为积雪在冬季会从高纬度地区和两极向下延伸然后在夏季消退。科学家利用卫星时间序列观测来监测干旱情况。气候学家利用模型来预测未来时间点的气候趋势。随着计算技术和 GIS 的不断发展，人们正在开发和应用新的基于时间的功能。在这样的趋势影响下，人们也越来越意识到影像的时态性至关重要。我们的世界是动态的，因此 GIS 将这一点反映出来将很有意义。而在这其中影像起着至关重要的作用。

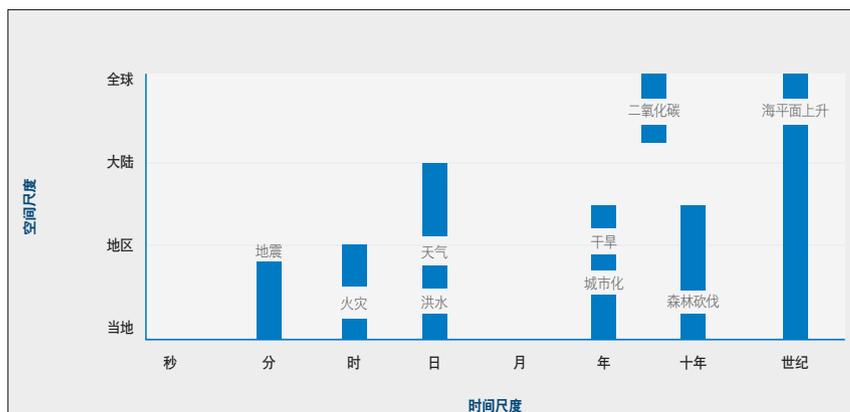
需要考虑时态的应用数不胜数。划定火灾边界需要完成一系列收集火周缘集中区域热辐射影像的任务。由于火灾瞬息万变，通常每天要执行这些任务数次。相反，森林砍伐在数年或数十年期间都会发生，因此探索森林砍伐需要覆盖区域很大而且时间跨度很长的影像。

持续进行全球观测

当前，来自传感器用于解决这些挑战的原始信息已然不少。但持续观测卫星平台仍在爆发式增长 - 政府和商业 - 所有这些都将帮助我们收集地球观测数据。许多卫星专用于持续观测，即在重复的时间段内重访相同区域 - 这里仅举几例，Landsat、MODIS、GLDAS、Sentinel、SPOT 和 RapidEye。Landsat 8 大约每 16 天（其“重访周期”）重访一次每个地球位置。MODIS 每隔一至两天收集一次覆盖全球的观测数据。等等。

影像关乎时间。

当时态发生转变时人们会有所感知，例如秋去冬来和昼夜交替。影像描绘着人类的感知并将其扩展到更广泛的时态和空间尺度。时间感知型影像能让我们对超越个人时间和空间的现象发问并予以解答。



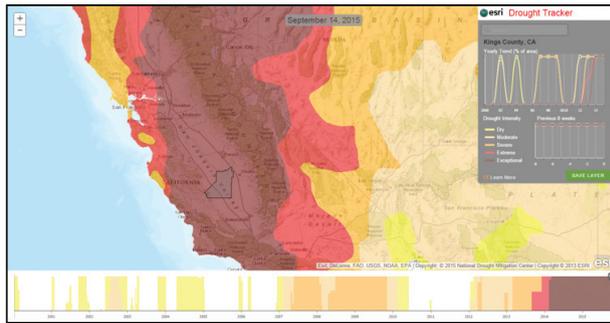
不同时空尺度下我们的星球发生的重大挑战。

时间类型

离散性、周期性、连续性

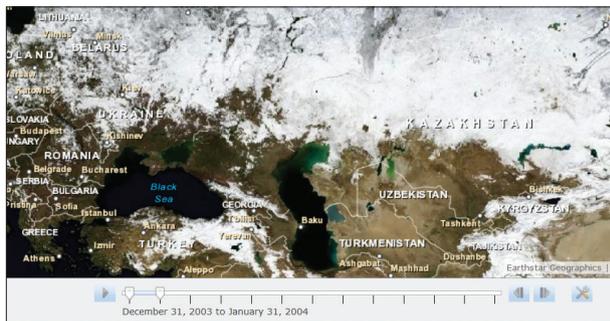
时间可被视为线性或周期性。线性时间的开始和结束时间不同，可以使用离散性、连续性或周期性时间度量来表示。视频即为在连续性时间内捕获的影像的一个示例。周期性时间捕捉在一个序列内重复发生的事件。每日观测天气即为周期性时间的一个示例。

连续性



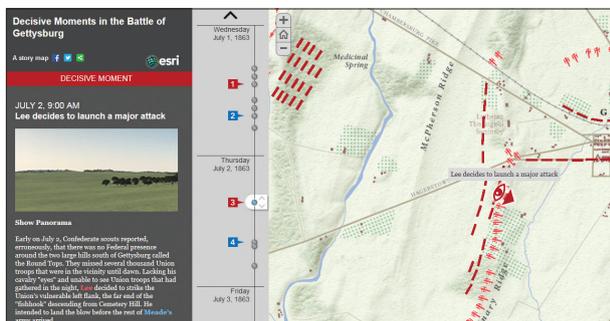
Esri Drought Tracker 应用程序为改变美国干旱状况提供了一个交互式界面，这也是监测随线性时间发生的变化中的一个示例。水资源严重缺乏时将导致农作物损害，需要自行限制用水量。严重干旱将损害农作物和牲畜，使耕地沙尘化。土地得不到融雪和降雨便无法恢复，而这一时间持续得越长，干旱和其可能的后果就越严重。

周期性



该地图描绘了 NASA 的“蓝色大理石”：由整个地球 12 个月的影像组成的图集中的下一代影像，该图集采用来自 MODIS 卫星的 500 米分辨率影像。这些每月图像显示了地表的季节性变化：温带地区（如北美和欧洲）植被的枯荣、热带的干、湿季节以及北半球积雪的延伸与消退。

离散性



影像和基于 GIS 的视域分析采用离散里程碑探索了美国内战之葛底斯堡一役期间联邦军与联盟军指挥官的视点。全景景观显示指挥官所看到的景象对其如何决策具有重要影响。单击垂直时间轴上显示的里程碑以浏览每个将军的行动和相应的战场条件。

历史影像

影像是捕获过去的最有效的动态方式之一。历史影像可以作为检测变化的基准，以让我们对管理地球的宝贵资源做出更好的决策。GIS 技术为历史地图和旧照片带来了新生 - 无论是来自地面，天空，亦或是外空。

历史扫描地图

扫描纸质地图将其转换成影像。扫描后，可对其进行地理配准并像其他图层一样将其包括在 GIS 中。历史地图可以为您的分析提供背景，并作为变化检测的基础。USGS 具有世界上最大的集合之一。



在这些扫描的历史 USGS 地形图中，可以清晰看出 1891 年到 1963 年之间，新奥尔良沼泽地住宅开发的明显变化。

历史航空照片

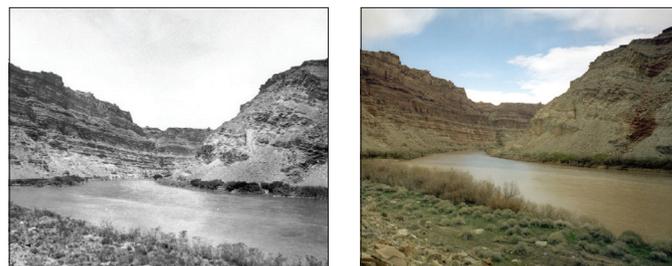
此类影像是使用气球、飞机以及最近的无人机从天空中拍摄的。提供了景观的平面（鸟瞰）视图。第一张航空影像拍摄于十九世纪末期。



1970 年和 2010 年在迪拜拍摄的这些影像显示了这一石油区域取得了前所未有的发展。

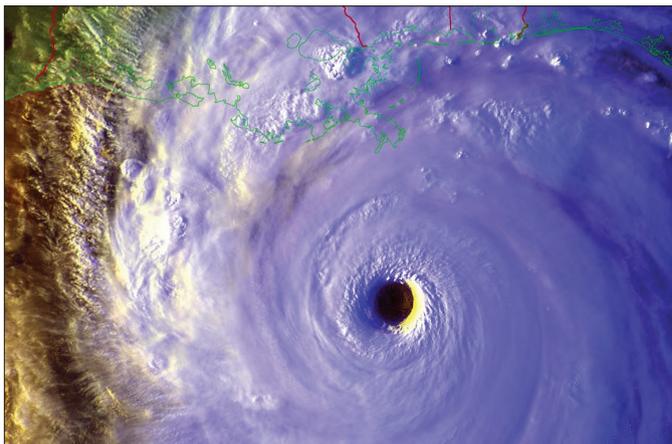
历史地面照片

摄影是可用于捕捉影像的第一种方法。历史照片可为 GIS 分析提供背景和视角。您可以找到一百年前拍下的同一地点，再次对其拍照以进行影像比较，查看发生了怎样的变化，如 [USGS 重复摄影计划](#) 便沿着科罗拉多河做出了这样的举动。

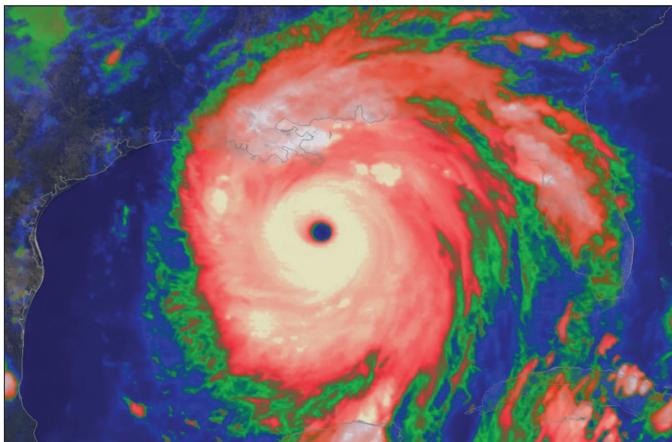


USGS 对科罗拉多河上的瀑布峡谷进行的重摄（左侧为 1889 年 5 月 31 日拍摄，右侧为 1997 年 3 月 24 日拍摄）显示了非本地旱雀草的增殖。

对地球进程进行建模



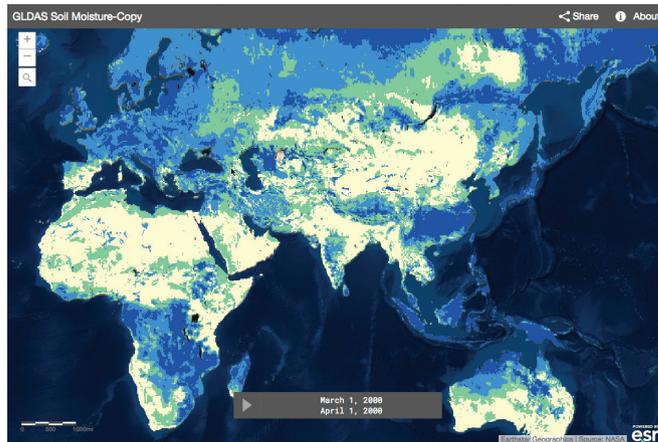
政府机构（例如 USGS 和 NOAA）保有大型可搜索影像的存档。我们可以利用历史卫星影像监测地球上地震、火灾和恶劣天气带来的影响。



这幅 2005 年的红外卫星影像动画显示了飓风卡特里娜的强度：白色表示最强，其次是红色、绿色和蓝色。

太空中有大量地球观测卫星，每天都在经过星球的选定区域来生成影像的时间序列。例如，气象卫星近实时地显示当天天气发生的变化。与此同时，还有大量卫星（例如 GLDAS）每天都在经过全球所有区域，来生成有关我们这颗星球的重要观测数据。

有趣的是，我们设计了地球物理进程的多维计算机模拟模型通过影像的时间序列来计算结果，通常是对卫星两次经过之间发生事情进行插值。其他模型也可以模拟历史条件来重建过去事件以及预测未来状况。

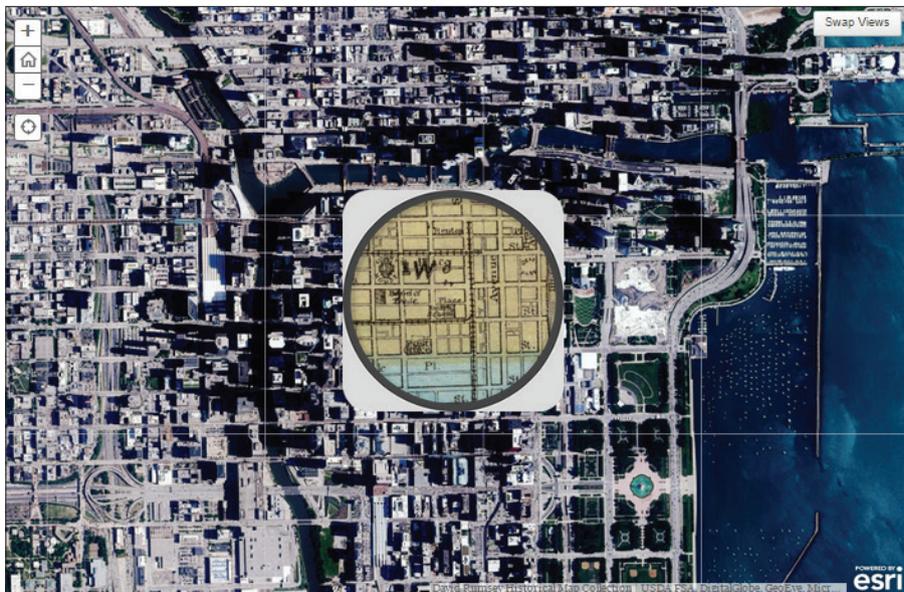


GLDAS 土壤湿度数据对诸如旱涝之类的水循环形势进行全球范围建模很有帮助，当前，这不仅对人类，而且对广泛的生物多样性都具有巨大的影响。

研究过去

影像让我们能够以数字形式重新构建过去的景观。我们可以利用一幅历史影像来研究过去的位置或一组历史影像来详细查看事物随着时空转换如何变迁。

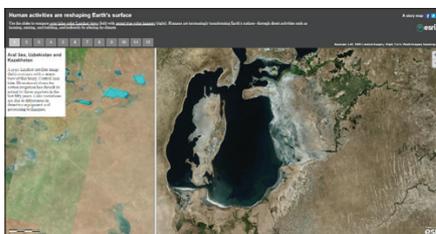
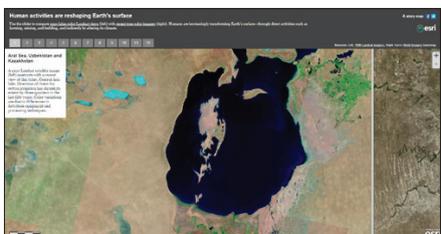
遥望大火之前的芝加哥



“大火之前的芝加哥是什么样的？”由 Smithsonian 杂志提供的这张地图演示了如何使用历史影像来了解事物随着时空转换发生的变迁。在线版读者可以看到这份嵌入式故事地图，其中将 1868 年的袖珍版芝加哥地图与最近提供的航空影像进行比较。使用望远镜比较两幅地图。浏览海滨以查看从火灾残迹中创建的新陆地。

通过时间将影像集合和历史地图组织到镶嵌中，为将先前的景观相互比较以及与现在进行比较提供了一种非常有用的工具。

咸海消失的水域



咸海曾经是世界上最大的湖泊之一，自二十世纪六十年代以来，咸海由于河水分水引流用于棉花灌溉在逐渐缩小。将中亚这一咸水湖 1990 年的 Landsat 卫星影像（左侧）与 2015 年的视图相比较表明，数十年来水域面积显著消逝。如今，此湖大小大约只有其原始大小的百分之十。

思想领袖：Greg Allord

历史地图打开了研究过去之窗和奠定了分析未来之基

我很庆幸在美国地质勘探局 (USGS) 工作多年，让我能够支持、观察那些地质学家、水文学家、工程师、水质专家、插图画家、编辑人员和制图人员的工作，同时我也十分敬重他们。正是制图人员的艺术性和精准性，让我们这个团队创作的地图内容和出版物，在这个属于打印介质、解释性科学亦或是地理范围的时代，赢得了广大人民的青睐。

研究美国环境、科学和文化的组织已存在了数十载，有些甚至可以追溯到这个国家成立的那一年。USGS 已有 136 年研究地质、地形、水和生物资源的历史。它也是我曾经工作过的地方。在 USGS，时代的转变让我们得以从手动制图过渡到数字探索阶段，现在，我们已实现数字制图和地图共享的承诺。

库管理员教导我们仅仅这样收藏硬拷贝印刷集是不够的；必须将其编目和保存。一种有效的保存过程便是捕获原始图像。这其中，传统纸质地图和报告受益尤丰。其结果是：超过 130,000 份 USGS 科学出版物可通过 <http://pubs.er.usgs.gov> 进行访问，大约 175,000 幅地形图可通过 <http://nationalmap.gov/historical/index.html> 进行访问或在 ArcGIS Online 中进行使用。这不仅使研究人员和科学家可以使用这些地图和文档，还允许更广泛的大众来欣赏其中的美妙并体验其重要性。



已退休的 USGS 制图员 Gregory Allord 致力于将约 175000 幅 USGS 地形四方图扫描并地理配准为 GeoPDF 文件，将其免费提供给 USGS 和公共网络。

USGS 和其他机构创建的地图不仅打开了回顾昨天之窗，更奠定了展望明天之基。虽然无法预测所有用户都会使用这类信息及使用情况如何，但他们能够通过 ArcGIS Online 和 Living Atlas 对历史地图存档进行访问，就这一点而言便可为世界赋予更好地理解过去、管理现在和计划并共享未来的能力。

[查看历史地图集合](#)

历史地图集

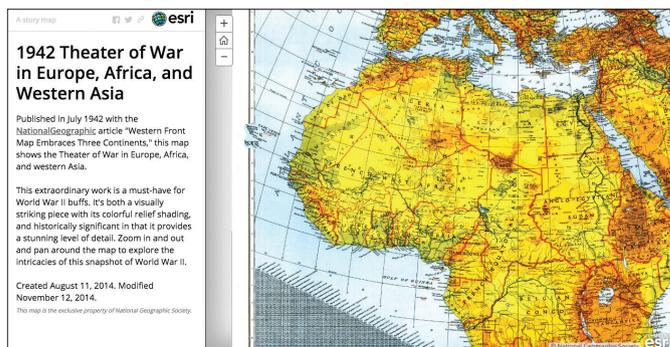
历史地图为 GIS 增添了一个重要维度。它们呈现着我们这个世界过去的面貌的清晰写照。它们描绘着我们除了使用这些地图再也无法到达的地方。它们为在现在、过去以及未来之间进行比较设定了框架。有关历史地图的一大创举就是可将其与现今世界的地图和信息整合。实际上，可将其作为新型图层添加到 GIS。完成该操作的方法是通过扫描数字化历史地图并对其进行地理配准。它们实质上会成为 GIS 中的一种新栅格图层，并为许多类型的应用程序创造机遇。

1787 年的非洲



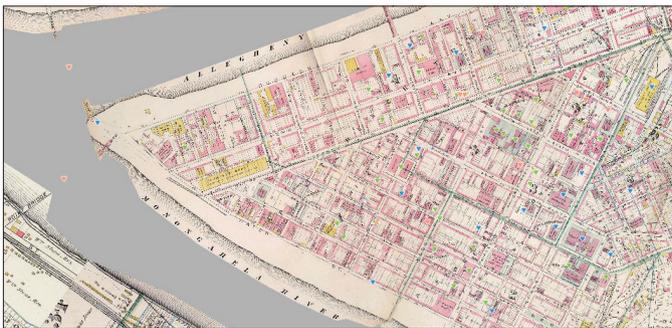
该地图描绘了大约 1787 年的整个非洲，包括其所有的州、王国、共和国、地区和岛屿。这幅著名的作品显示了许多已不复存在的有趣地名和国家/地区边界。

1942 年的战区



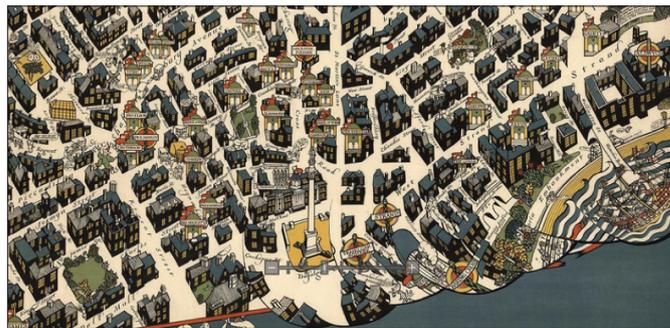
1942 年由国家地理发布，此地图显示了欧洲、非洲和西亚的战区。它对文章“西线地图环抱三洲”进行了补充。

匹兹堡地图和历史遗址查看器



这一遗址见证了过去 150 年匹兹堡的历史和迅速发展。使用滑块逐年移动，或选择单独一年。

David Rumsey 历史地图集



一个可以浏览 David Rumsey 非凡历史地图集的网站。其集合中包含 67,000 多幅历史地图。

Landsat 是一种时间机器

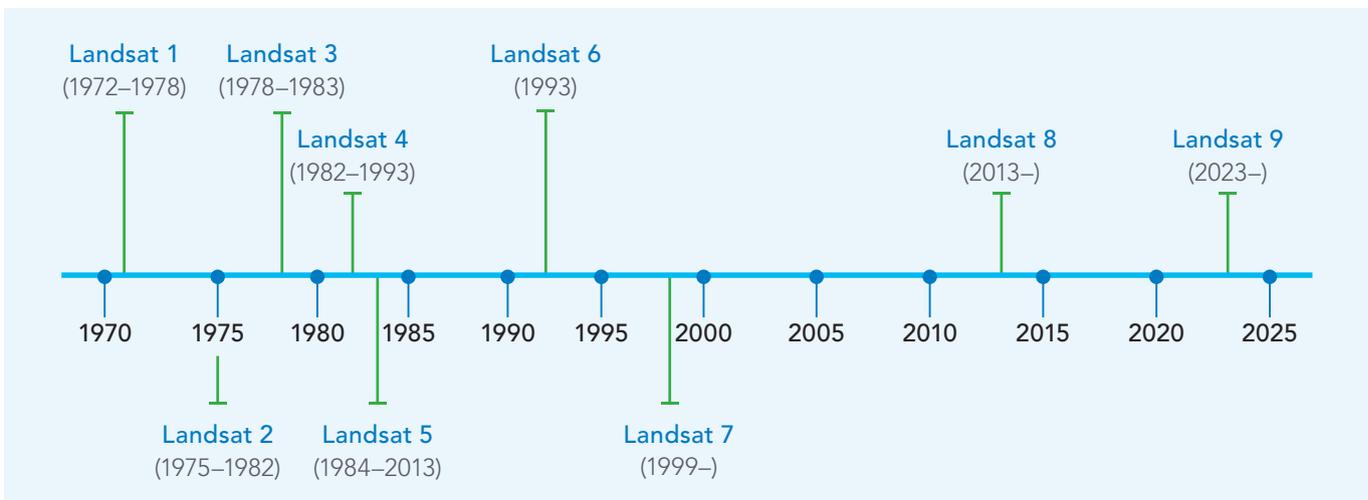
持续对全球进行观测的首批卫星

Landsat 以独特的方式观看地球。它获取地球上各个位置的影像，揭示地球的秘密，从森林砍伐模式，到农业趋势，到火山活动，再到城市扩张。Landsat 计划使用二十世纪七十年代的早期传感器开始进行收集，并通过当前的 Landsat 8 任务继续这一收集过程。由于卫星每隔几周就会对地球的各个部分进行一次捕获，因此我们可以查看和分析位置如何随时间而变化。

公开共享影像

USGS 管理 Landsat 数据计划，并将影像免费提供给所有人。这一集合已使用来自不同 Landsat 传感器的新场景持续更新了四十多年，生成了一个庞大惊人的历史地球影像资源。

而且每天都在收集新的 Landsat 场景。新场景在生成的同时，即会被添加到动态增长的影像镶嵌中，该图像镶嵌在共享数据库中含有数百万个现有 Landsat 场景，为进行历史比较提供了非常有用的信息。



映射、测量和监测

自 Landsat 计划开始，世界各地许多政府机构都启动了其自己的任务 - MODIS、欧洲航天局 (ESA) 的哥白尼计划及其最近的 Sentinel-2 卫星对和更多任务 - 以持续收集影像并公开共享地球观测数据。同时新任务还在定期启动中，不断从太空中（整个星球的宏观角度）收集时间序列地球观测数据。

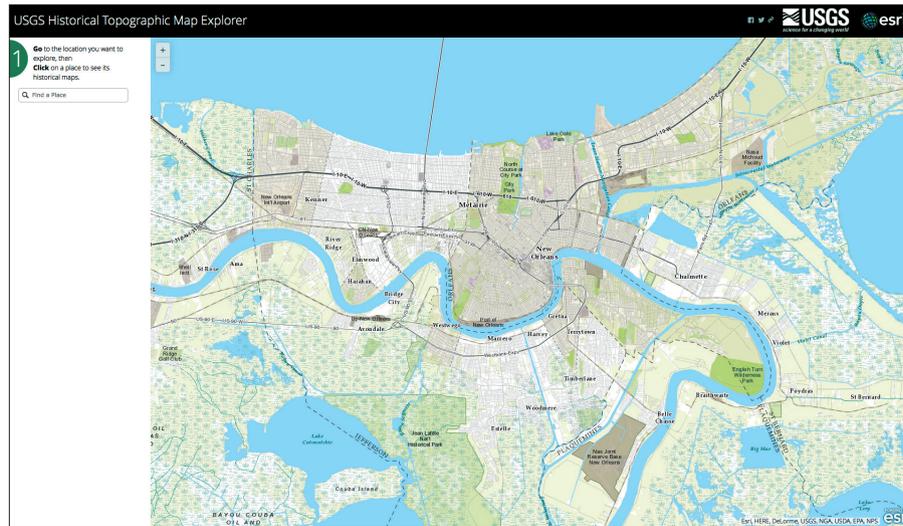
历史地图镶嵌

集合易于编译

许多地图在本质上是单一的，而其他地图则属于大型地图系列或地图集。USGS 地形图系列、洪水地图系列、保险地图系列、过去的特定任务的航空照片、David Rumsey 地图集和 *国家地理* 的历史地图储藏库 - 所有这些均是可用于丰富 GIS 的地图集示例。

对大型历史地图集进行组织和提供相应访问权限的一个有效方法就是生成集合的影像镶嵌。每个地图的性质 - 其名称、创建日期、空间参考和其他特性 - 均可记录为属性并用于创建无缝镶嵌数据集。镶嵌有助于在 GIS 中生动呈现整个地图集，启用众多的应用程序和投入使用。

USGS 历史地形图查看器



搜索或导航到感兴趣区域，然后单击地图以查看叠加在地图上的时间轴。然后单击时间轴内的任意地图，将其添加到显示中开始进行探索。

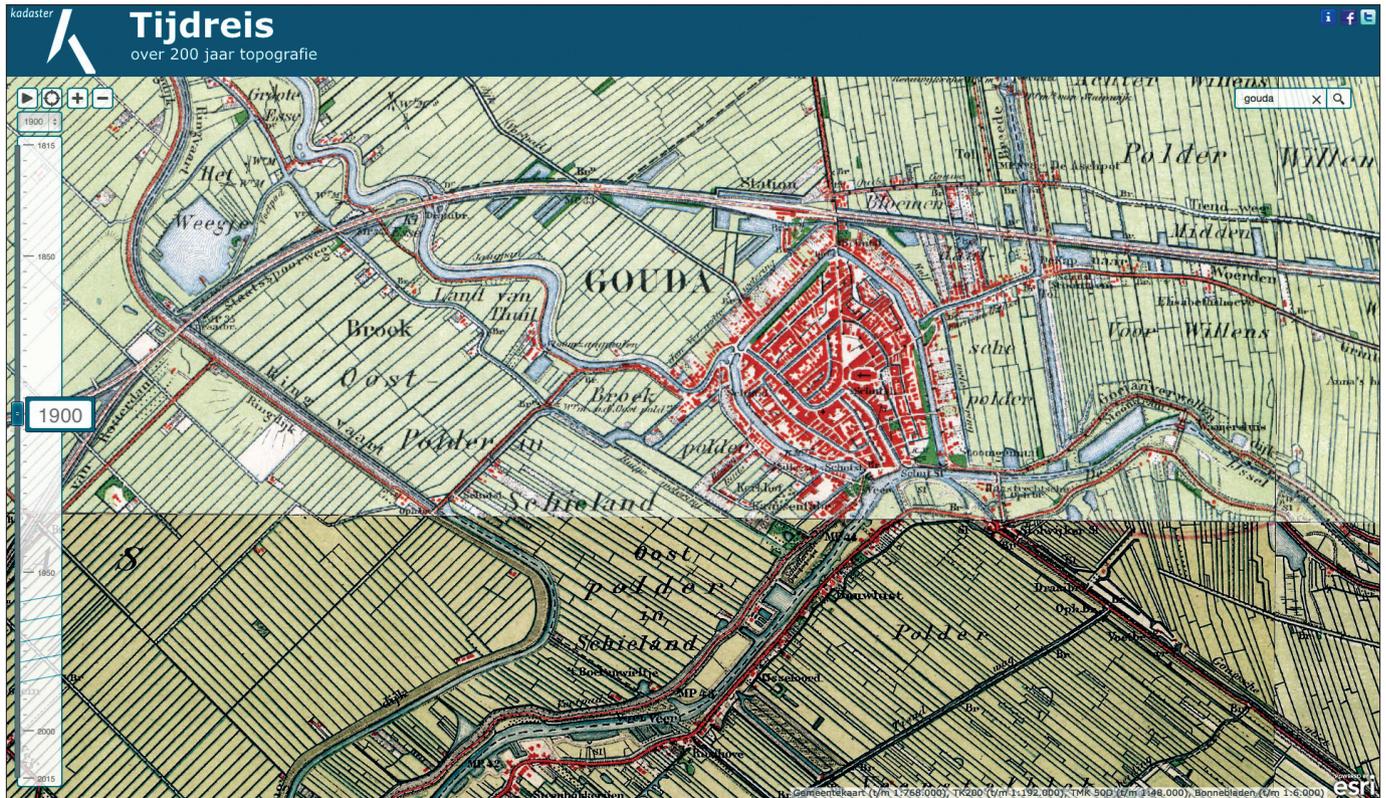
USGS 历史地形图集包括自 1882 年该图集创建以来 USGS 发布的 175,000 多幅地形图的所有比例和所有版本。

使用滑块可以改变各历史地图的透明度。右键单击地图可进行下载并共享给您的朋友和同事。

荷兰地形之两百年

由荷兰地籍创建和共享

荷兰地籍（荷兰的国家测绘局）为整个国家生成一系列各种地图比例的预缓存地图（每年），将综合性历史地形图连接到一起。这对世界各地的荷兰人民和喜欢荷兰的人们而言无疑是宏达瑰丽的地图宝藏。



荷兰具有超凡的制图历史。上面链接的创新应用程序将 200 年的地图汇集到一个界面中，只要滑动左侧的时间控件即可轻松对其进行比较。使用鼠标上的指轮可进行缩放。

事件驱动型分析

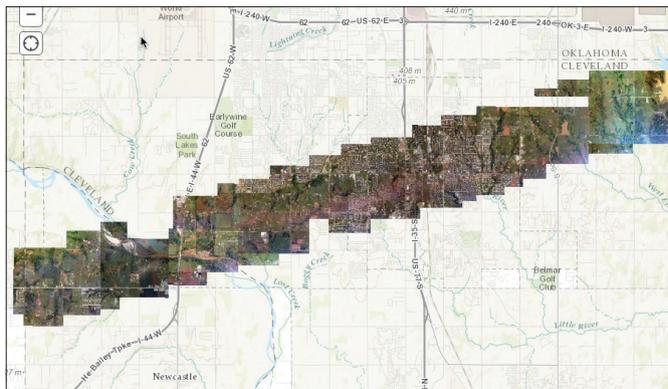
在正确的时间和正确的地点

GIS 用户希望通过将事件的最新情况与过去数日或数小时的状态进行比较来了解事件的结果。近实时影像的常见应用包括协调应急响应、执行损失评估、监测森林和农业、指挥军事行动等。

术语“近实时”指的是一个活动或事件刚发生之前到该活动或事件发生后最多两到三天间的时间范围。这一时间范围通常被描述为实时或近实时，具体取决于您在时间层面距离人们所响应的事件有多近或多远。

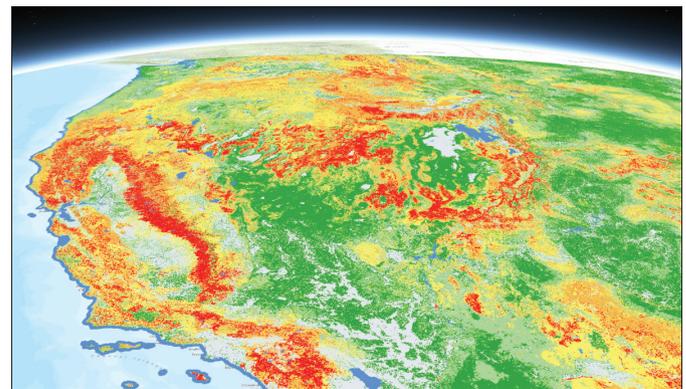
当考虑事件驱动型影像时，很重要的一点是确定您需要每隔多久观察一次影响事件的条件。在飓风期间，频繁获取区域图像有助于检测风暴方向和速度的细微变化。换句话说，能够看到特定位置的情况将极大地帮助保护生命和财产。GIS 分析人员可以通过更加频繁地对这种变化进行采样来助您一臂之力，因为及时的决策似乎更加有效。

灾难准备和响应



最终，该近实时影像将被提炼到 GIS 内可操作的信息中。例如，在 2013 年龙卷风袭击俄克拉荷马州穆尔的事件中，在一天内以六英寸的分辨率拍摄影像，并将其在线发布给响应人员和民众。

预测容易遭受火灾的区域

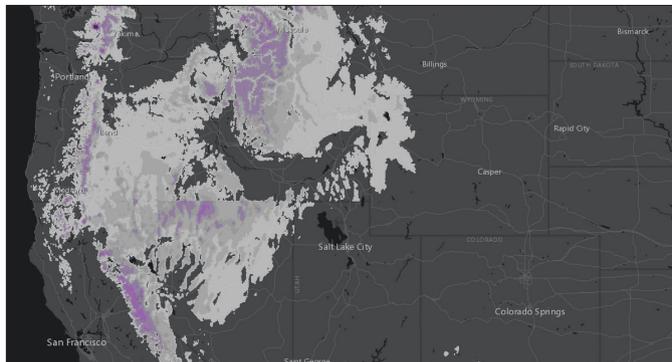


这张地图是由美国林务局和火灾模拟研究所制定，以帮助报告火灾风险评估或跨越大范围区域燃料管理所需的优先顺序。该地图显示了那些难以遏制的火灾的相对可能性。

GIS 的天气预报

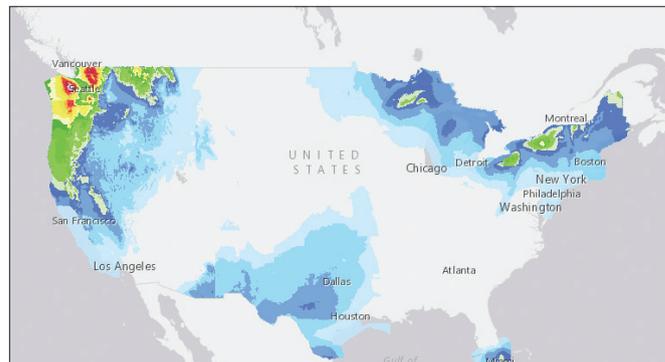
当气象学家查看卫星影像时，他们看到的不仅仅是当前天气。他们还会预见未来天气。气象学家会分析当前状况并预测接下来会发生什么。

降雪预报地图



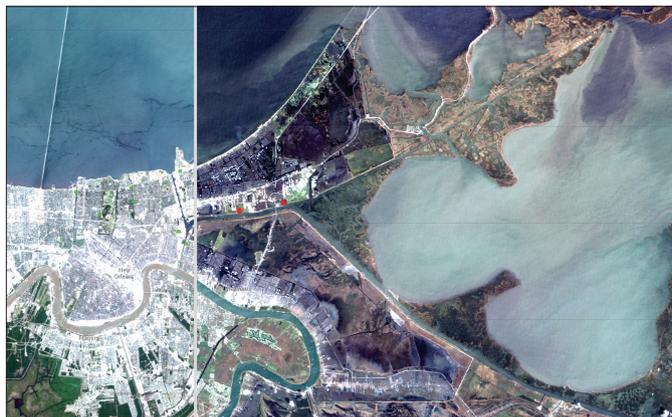
该地图显示了美国 NOAA 对积雪的最新预测。旨在回答问题，何时、何地以及未来两天将会产生多少积雪？

美国降雨量预报



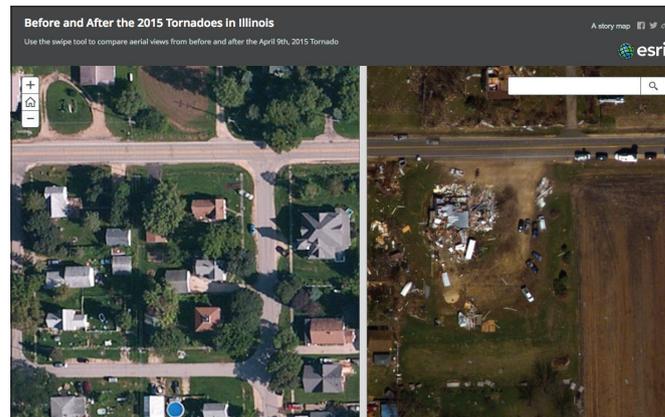
该地图显示预测的未来 72 小时降雨量。此数据每小时都会通过国家气象局生成的国家数字预测数据库进行更新。该数据集包含每六小时内增加和累积的降雨量数据。

记录极端天气的影响



飓风卡特里娜是美国历史上最具破坏性的风暴，对整个地区产生了影像长达十年的惨痛破坏。新奥尔良百分之八十被洪水淹没。单击“洪水”选项卡可查看新奥尔良的灾后天后场景。

2015 年伊利诺斯州遭遇龙卷风前后



使用该故事地图中的卷帘工具可查看 2015 年 4 月 9 日的多个龙卷风事件对伊利诺斯州费尔代尔造成的破坏。

影像有助于预知未来

对于未来可能出现诸如气候变化或海平面上升的情景，现在就应对可能发生的结果或影响提前作出有效的响应。GIS 可以将复杂的模型应用到遥远的未来，使我们能够更好地了解潜在的影响。

气候和天气预报

The screenshot displays the ArcGIS Living Atlas of the World interface. The top navigation bar includes 'ArcGIS', 'Features', 'Plans', 'Gallery', 'Map', 'Scene', and 'Help'. A search bar on the right contains the text 'scenario'. Below the navigation bar, there are tabs for 'Home', 'Use', 'Contribute', and 'Browse'. On the left side, a 'Themes' sidebar is visible, with 'Landscape' selected and 'Climate & Weather' checked. The main content area shows a grid of nine climate and weather forecast maps. The maps are arranged in three rows and three columns. The first row includes 'USA Mean Rainfall' (Sacramento, San Francisco), 'World Temperature Change 2050 Scen' (Istanbul, Ankara, Athens, Baghdad, Cairo), and 'World Temperature Change 2050 Scen' (Hanoi, Hong Kong). The second row includes 'World Temperature Change 2050 Scen' (Shenyang, Beijing, Pyongyang, Seoul), 'World Precipitation Change 2050 Scen' (Medellin, Bogota, Cali), and 'World Temperature Change 2050 Scen' (Shenyang, Beijing, Pyongyang, Seoul). The third row includes 'World Temperature Change 2050 Scen' (Alexandria, Jerusalem, Amman, Cairo), 'World Temperature Change 2050 Scen' (Dublin, Manchester, Birmingham, London), and 'World Temperature Change 2050 Scen' (Damascus, Amman, Cairo).

包含 Living Atlas 中重要自然资源信息的景观系统图层包括一系列气候预测地图。您可以通过访问气候和天气在线图库来访问这些地图。

探索我们的动态世界

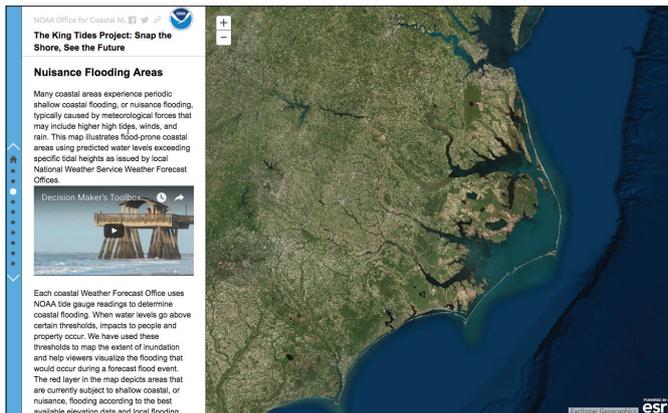
我们这颗星球瞬息万变，这一点毋庸置疑。相比于过去至少几十代人，出生在二十一世纪的人们会在更短的时间段内体验到更多的动态变化。影像和 GIS 可以帮助人们了解这些影响可能是什么以及如何减轻这种情况，同时分担相应的责任。

Atlas for a Changing Planet



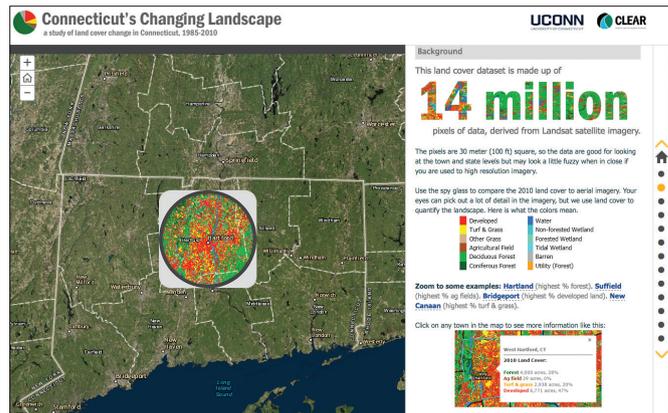
我们的星球是动态的。该故事地图为人们研究和更好地了解不断变化的世界的许多动态层面提供了一种方法。它说明了影像在与其他地理信息结合使用来阐释星球变化时的分析和解释功能。

国王潮项目：观看未来



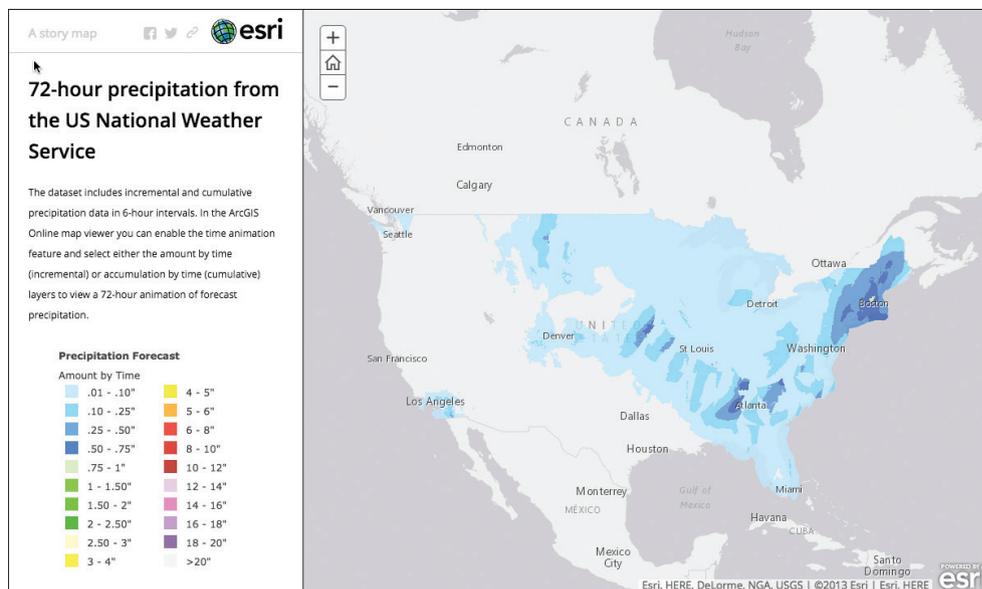
国王潮是一年中最高的海潮，是在太阳和月亮连成直线并接近地球时形成强大引力造成海水涨潮而呈现的现象。大众科学家拍摄这些影像以帮助确定未来海平面将是怎样的，海平面上升会带来什么危险以及国王潮的影响。

康涅狄格变化的景观



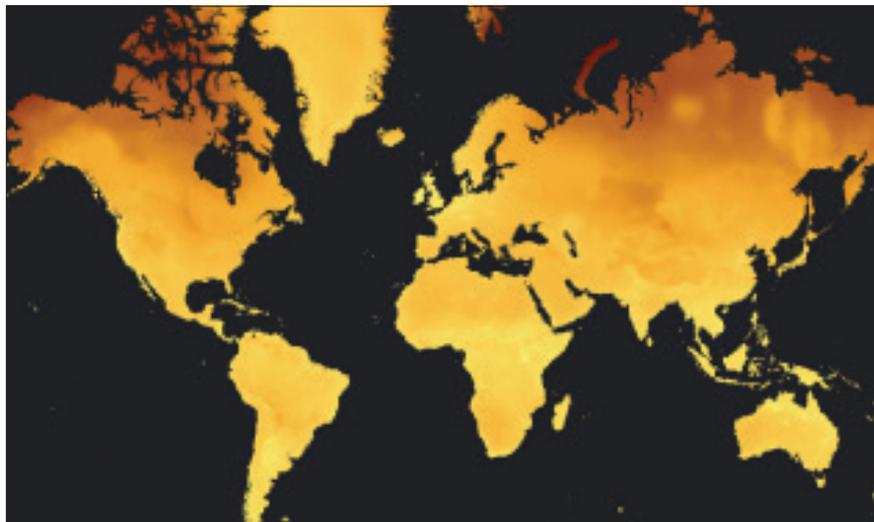
康涅狄格大学使用遥感影像来量化和了解从 1985 年到 2010 年这 25 年间的土地使用变化。

预测未来



此地图背后的数据集包含每六小时内增加和累积的降雨量数据。在 [ArcGIS Online 地图](#) 中，您可以启用时间动画要素并选择按时间的数量（增量）图层或按时间的累积量（累积量）图层来查看 72 小时的预测降雨量动画。

为后代规划



GIS 可以通过运行模拟未来状况的复杂时间序列模型，来预想未来趋势，如气候趋势。该地图预测到 2050 年年平均温度的变化。

案例研究：NOAA 海平面上升

我们星球未来海平面的高度取决于尚未作出的决策，现在还无法预知。但是，可以完全明确的一点是，接下来 100 年里：海平面将再上升至少三英尺，即使我们明天停止碳排放亦是如此，而如果我们继续以当前的速度增加排放量，则海平面会上升多达六英尺。为帮助工程师、市行政官和相关公民了解这对他们的街区而言意味着什么，NOAA 的海岸管理办公室利用影像开发了海平面上升影响查看器，预测随着海洋上升国家海岸会如何变化。



海平面上升六英尺后的曼哈顿富尔顿街。



海平面上升四英尺将毁灭新泽西州的蒙默思海滩。

该数据查看器可帮助海岸管理者、科学家和公民初步了解海平面上升的概念和海岸洪水影响。该查看器是一种使用全国统一的数据集和分析的筛查级工具。您可与数据和不同比例的地图进行交互，以帮助评估趋势和开始展示不同场景下可能的反应。还可利用滑块设想随着海平面上升一英尺、两英尺或高达六英尺时不同位置的面貌。

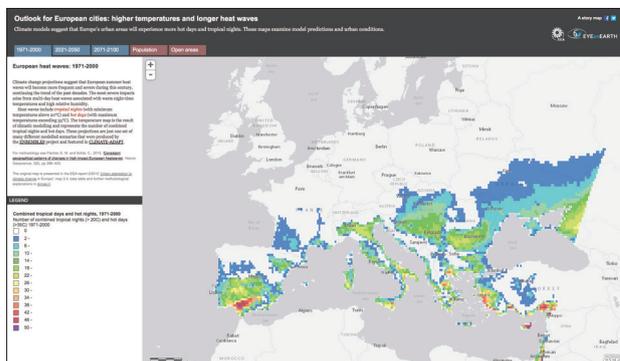
通过选项卡可将地图从自然色影像切换到显示土地使用分类和社会经济脆弱性的图层，其中提供有重要的信息而非仅仅是查看建筑物在水下的视觉效果。该应用程序甚至可预测随着海平面上升土地覆被将如何变化，重点关注对湿地和沼泽地的影响。

快速入门

通过这些从时态影像中探索的现实问题示例获得启迪

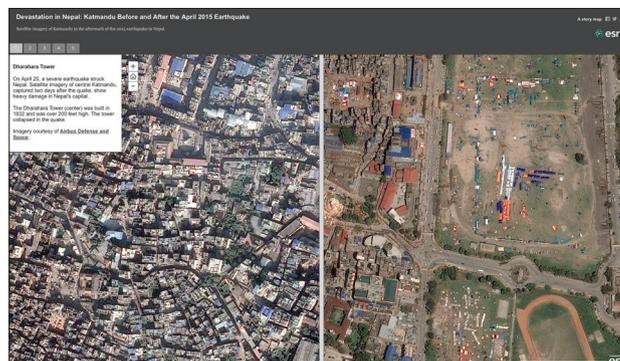
▶ 探索欧洲城市的气候变化预测

气候变化预测表明，欧洲夏季热浪将会持续过去几十年的趋势在本世纪变得更加频繁和强烈。持续多天的热浪将导致夜间温热、相对湿度过高，从而产生最严重的影响。



▶ 浏览加德满都 2015 年 4 月地震前、后的航空影像

4 月 25 日，一场强烈的地震袭击了尼泊尔。地震后两天捕获的加德满都中部卫星影像显示，尼泊尔首都遭受重大损坏。



▶ 参阅地图和影像如何一起讲述亚伯拉罕·林肯之死的故事

2015 年 4 月是亚伯拉罕·林肯遇刺 150 周年。该地图游览通过历史地图和影像叙述了约翰·威尔克斯·布斯及其共谋者的刺杀行动。



Learn ArcGIS 课程

使用启用时间的应用程序描绘土地使用变化

在过去 40 年中，泰国由于水产养殖业蓬勃发展，在土地使用方面经历了巨大的变化。大范围淹没陆地来创造虾养殖场，已对整个国家本就敏感的生态系统造成严重影响，特别是沿海地区。作为一位专注于保护和可持续利用土地的非盈利性组织的 GIS 分析师，您的目标是找到曼谷南部夜功府省的历史 Landsat 影像，来创建一个显示环境如何随时间变化的报告。将您的演示文稿展示给捐赠者和投资者以筹集资金来恢复沿海生态系统。

在本课程中，您将构建一个演示文稿来确定夜功府省的哪个区域应作为重点保护单位。您可以从 Living Atlas Landsat 存档中针对整个研究领域检索自二十世纪七十年代以来每隔十年的一幅影像。获取图像后，您将分析可用的多光谱数据来改善植被、土地和水资源。然后，您可在 ArcGIS Online 中配置时间动画工具，并创建自定义时间感知型应用程序来发布您的观测数据。

开始课程

[Esri.com/imagerybook/Chapter7_Lesson](https://esri.com/imagerybook/Chapter7_Lesson)

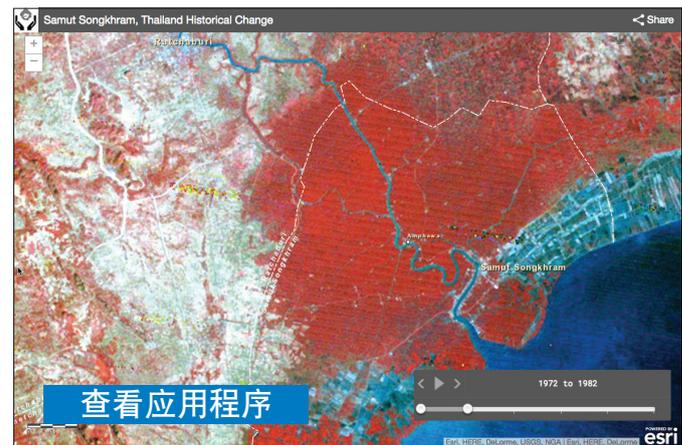


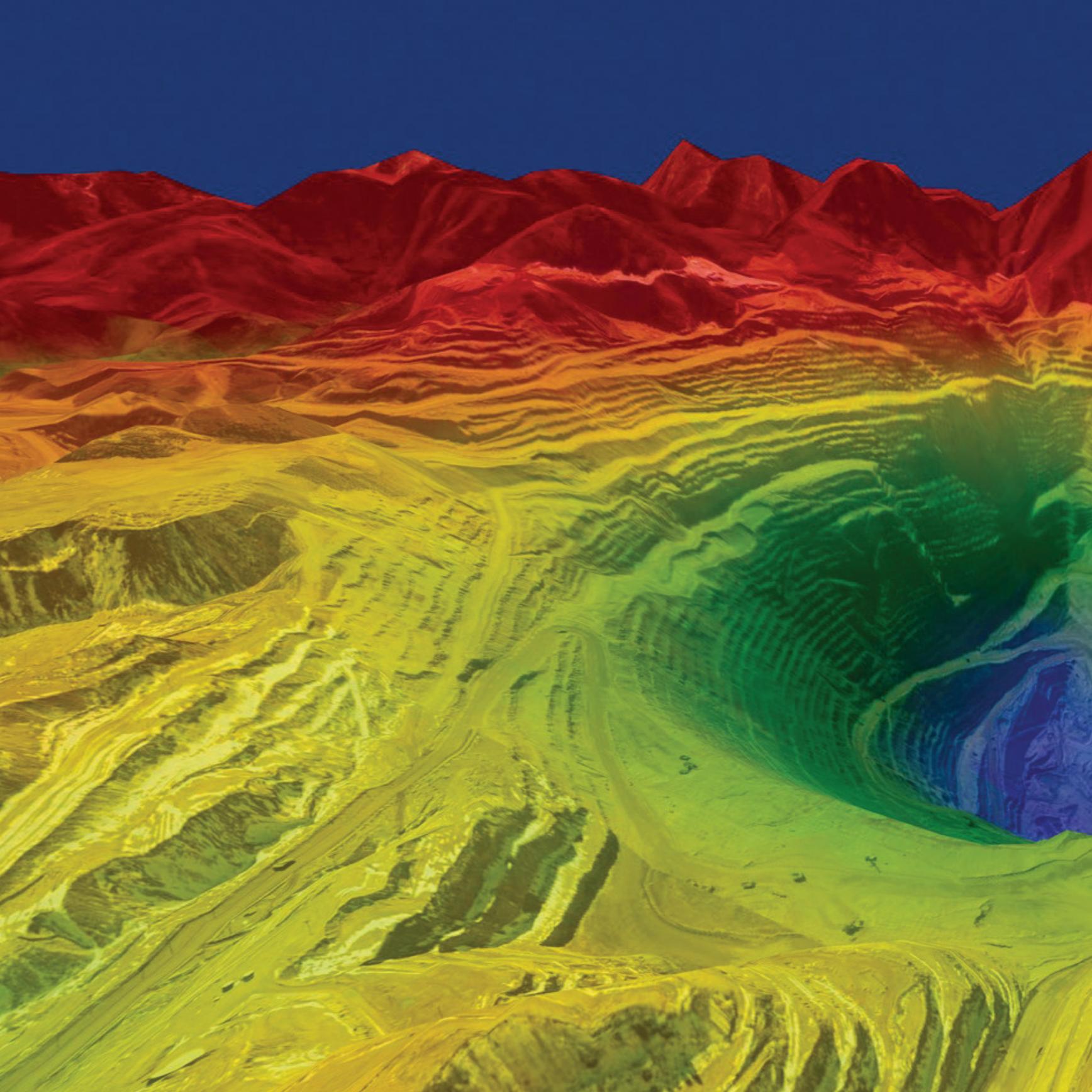
学习以下领域的技能：

- ▶ 将 Landsat 影像添加到地图
- ▶ 启用和配置时间动画
- ▶ 过滤历史卫星影像
- ▶ 更改波段组合
- ▶ 创建并共享启用时间的 web 应用程序

您需要：

- ▶ ArcGIS Online 组织中的发布者或管理员角色
- ▶ 预计时间：40 分钟





终极大数据

管理影像信息是一项大数据挑战

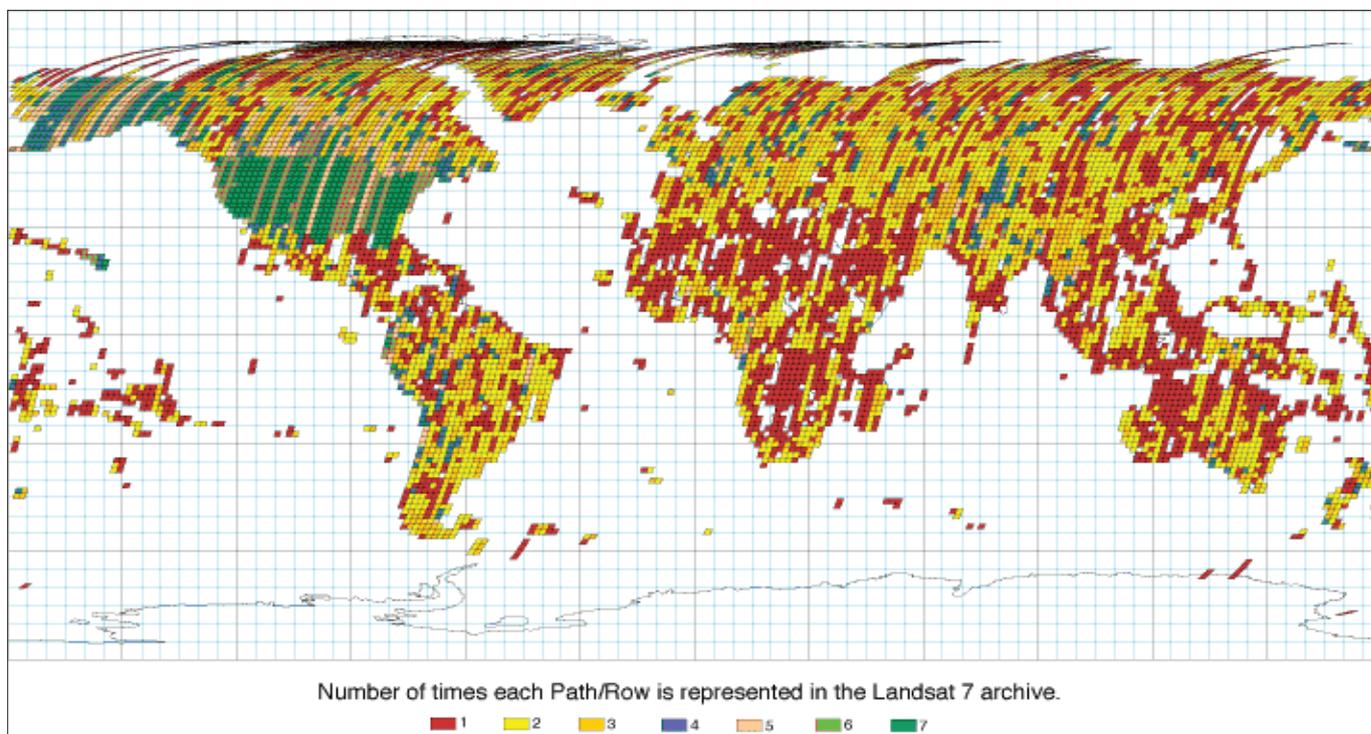
影像是大数据，也是一直摆在 GIS 用户面前的一项挑战。早些年，人们尝试应用各种方法来克服在计算和数据处理方面的严重局限性。这种局限性是由巨大的数据量和影像的收集速度导致的。但最近，随着在云中出现了新的计算架构以及 GIS 软件方面的改进，使得系统能够充分利用大量影像数据所提供的巨大商机。

影像是大数据

它与地理和时间上的广度和深度相关

世界上几乎 80 % 的数据都能够被绘制为 GIS 中的数据图层。这些数据包括影像和遥感信息、大量的要素图层、描述型数据库和表格型数据库、全动态视频、实时和历史集合、传感器馈送值以及大规模的观测值点云。令人惊讶的是，此类数据的绝大部分都源自影像和远程遥感平台（例如，来自下图所示的 Landsat 平台）。最近在 Web 和云计算领域呈现出了一些新趋势，全球的 GIS 信息正在被越来越多的人广泛使用。

我们所有人都进入到了一个通用的“全球公众参与型 GIS”中。



每天，全世界的各种地球观测 (EO) 卫星都会绘制、监测和测量我们的地球，同时产生大量的数据。这张地图说明了在 Landsat 7 任务的前 112 天获得的巨大影像数据。尽管这项任务的执行时间并不长，但某些趋势已经呈现出来。美国（包括阿拉斯加）非常绿，因为每个成像机会都被充分利用。北美主要是沙漠，由于影像需求较低，因此显示为红色。由于在 Landsat 7 采集日历上设有录像机方面的限制，因此北亚主要呈红色和黄色。

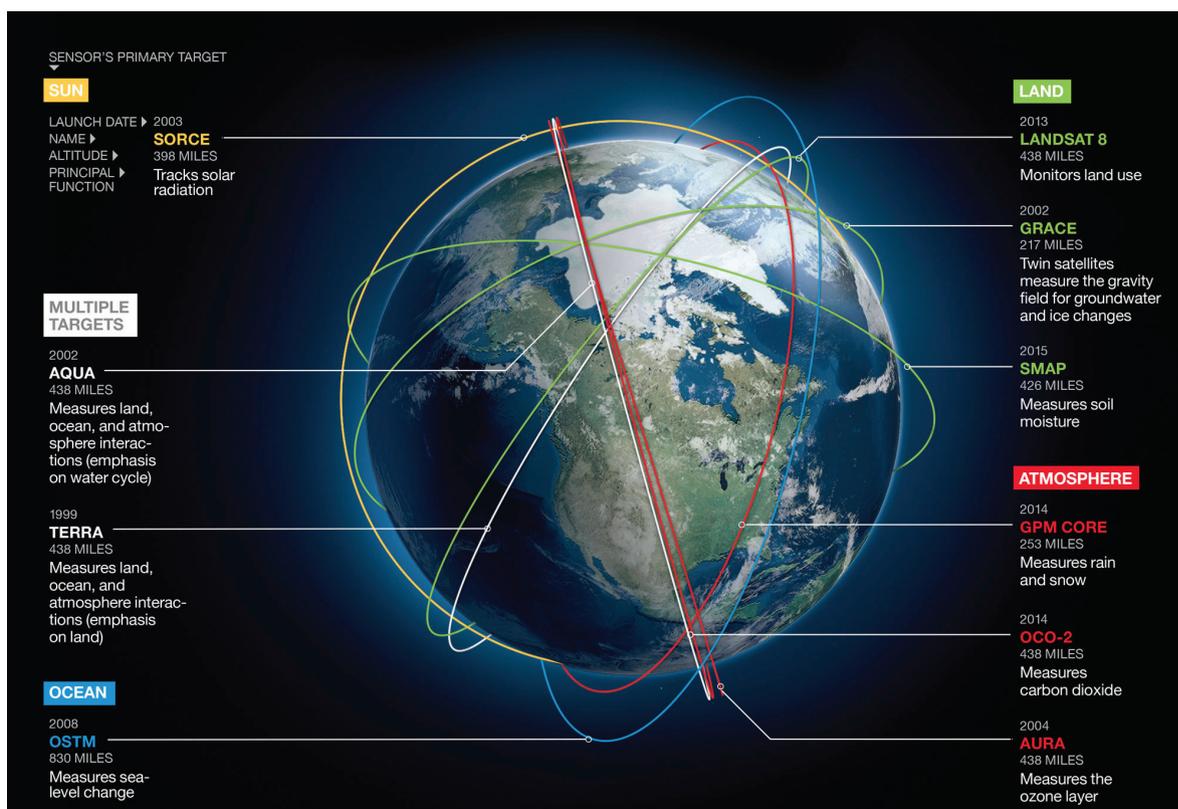
地球探测器

从空中收集大量信息

几十年来，人们一直从空中对地球进行监测，并越来越多地通过安装在卫星、飞机和无人机上的数千个传感器对地球进行测量、遥感和拍照。而且，这些采集活动的力度正在逐渐加大。美国国家航空航天局(NASA)独自管理着 19 项不同的地球观测任务（本文介绍了其中的 10 项任务）。

可以通过此技术数据集源源不断地创建影像。海量的观测值和科学测量值正在以影像的形式被采集、下载和运用到世界各地的 GIS 系统中。

而且，这些数据正在呈几何级数增长。



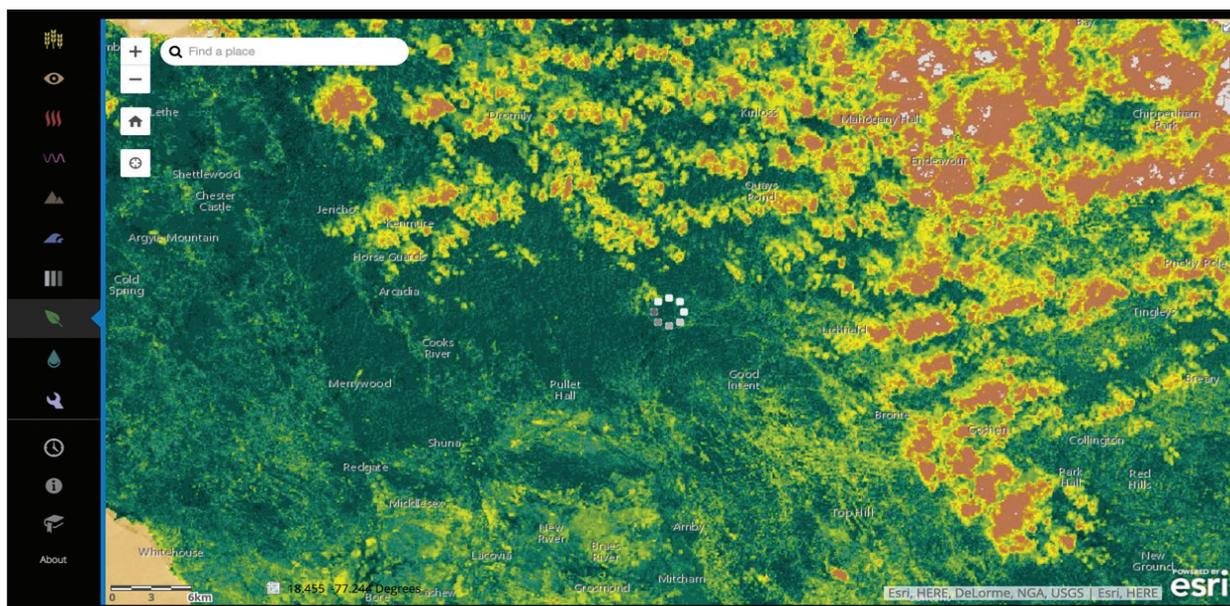
每天，我们都会采集大量的影像和遥感信息并将其运用到全世界数十万个 GIS 系统中。

云技术改变一切

云计算可按需提供影像

最近，随着云计算的快速应用以及智能手机应用程序的推陈出新，计算领域发生了根本性的转变。过去，在您的组织内安装和部署大容量的服务器来管理影像需要应对复杂性和投资方面的挑战；而现在，这些挑战已不复存在。有了云计算，您现在只需打开开关即可在云中获取一个新的服务器，随后便可在上面根据需要部署您的处理。

其中一个大数据突破是如何将 ArcGIS 直接连接到一组规模巨大的权威 GIS 影像库以及如何与其进行互操作。借助新的 Web GIS 模式，您可以使用基于云的在线 ArcGIS 平台使您的地理图形信息与其他人的地理图层保持一致。云计算能够实现海量存储和灵活计算，并且您可以根据需要对其进行扩展，从而满足您的计算需求。它提供了一些工具，用于按需使用和集成大数据。



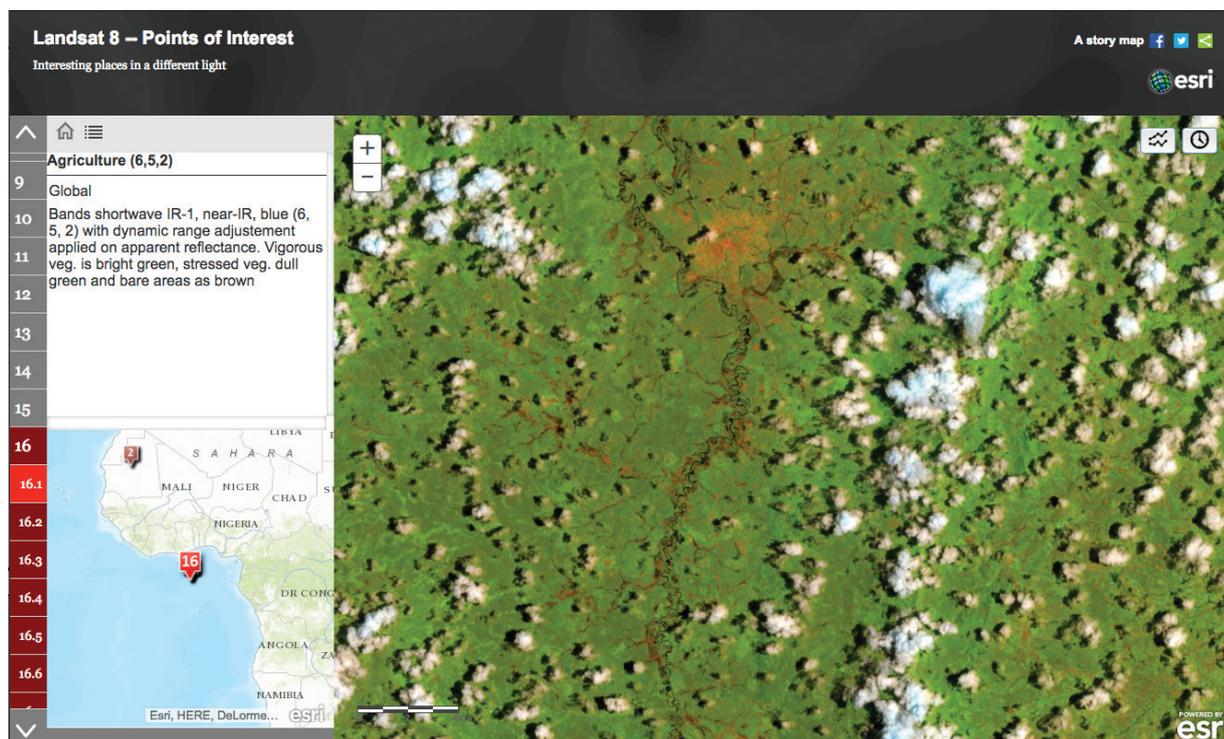
在过去的 40 年里，Landsat 积累了海量的数据，拍摄场景超过四百万之多，并且这一数字还在不断增长中。它大约每隔 16 天就会对地球上的所有地面位置进行一次拍摄。“Landsat 存档”最近部署到了 Web 上，只需点击即可启用。在此应用程序中，可使用左侧面板中的图标在不同的光谱视图之间进行切换。某些是不同波段的组合，某些则是通常计算的指数。ArcGIS 会根据您当前的视图自动增强影像，因此可尝试执行缩放和平移操作。您也可以使用时间工具（时钟图标）探索感兴趣领域的可用时间段。

案例研究：AWS Landsat

一项致力于共享 Landsat 数据的宏伟计划

2015 年，当 Amazon 宣布可在其颇受欢迎的云计算平台 Amazon Web Services 上提供 Landsat 影像时，Amazon 改变了卫星成像中的游戏规则。此计划中，Amazon 将托管为数众多的 Landsat 影像。

提供 2015 年和 2016 年的所有 Landsat 8 场景以及 2013 年和 2014 年的一组未使用云的场景。Landsat 8 的所有新场景每天都在更新，通常在数小时内捕获。AWS 在 Amazon S3 上免费提供 Landsat 8 数据并通过 ArcGIS 提供服务，以便每个人都可以使用 ArcGIS 的按需计算资源来执行分析和创建新产品，而无需担心在本地存储 Landsat 数据所产生的费用以及下载这些数据所需的时间。



这个故事地图通过使用 Landsat 8 影像的不同波段组合来提供兴趣地点的链接。针对每个位置，提供一个总体描述。地图是实时的，您可以导航到世界上的任何地点来查看相同的波段。这些地图中还包括一些微件，您可以使用这些微件从重叠影像中选择特定场景并探索世界。

早期影像

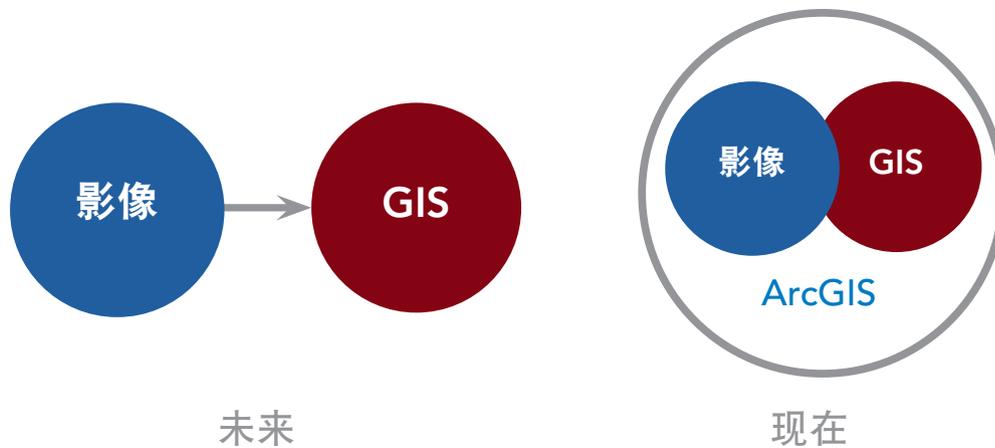
GIS 和影像处理简史

由于数据量巨大且会从各种卫星和飞机中连续获取传感器观察值，因此影像自存在的那一天开始就面临着巨大的计算挑战。早些年，甚至直到最近，对于所有大数据，大多数用户都没有获得足够的计算能力，或者没有获得足够的存储容量。另外，只有一些企业系统具有较大的容量，足以满足存储和处理方面的需求，从而利用和获取通过处理影像而获得的最大收益。

出于某些实际原因，大多数 GIS 专家和影像分析人员开发了不同的程序来解决与计算有关的问题。直到今天，许多人仍在继续解决这方面的问题。

影像处理和 GIS 是相互独立的

尽管栅格是一种能够实现强大建模和空间分析功能的通用 GIS 数据类型，但由于在大数据方面存在挑战，因此很难将影像处理系统与 GIS 集成在一起。在大多数系统实施中，影像处理系统和 GIS 是相互独立的。



过去的 GIS 和影像是独立存在的，但它们后来被集成到了 ArcGIS 中。

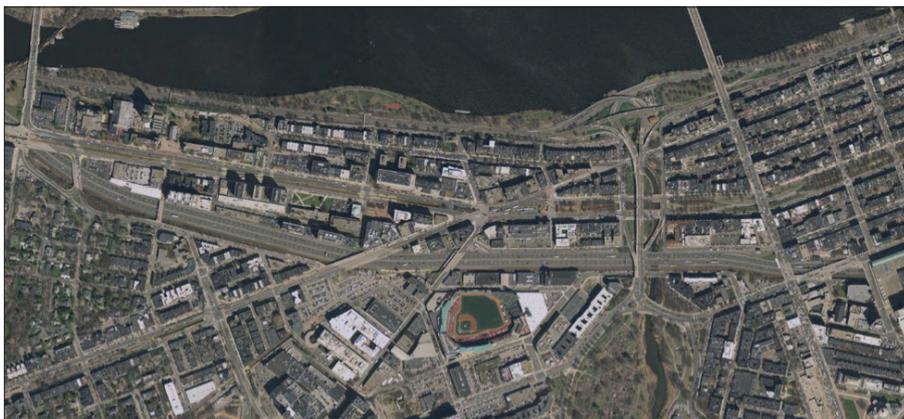
在一个系统中执行影像分析，然后再将结果馈送到单独的 GIS 中。在许多情况下，影像处理和制备由 GIS 组织外部的单独承包商负责实施，然后将结果返回给 GIS 组织。处理和集成多个图层所需的容量比实际情况更具挑战性。

共享大多数影像图层需要使用有损格式进行压缩

人们使用各种颇具创造性的技术来整合海量影像信息。一个常用的方法涉及压缩影像数据和预计算结果，例如，使用 MrSID 或 JPEG 2000 压缩。如此一来，GIS 用户便可针对其感兴趣的领域快速部署一个影像覆盖范围。事实上，如今仍然有很多用户使用 MrSID 和 JPEG2000 将关注的影像集合共享给远程工作队。

当您将影像文件转换为 MrSID 或 JPEG 2000 等有损格式时，您将会丢弃一些影像显示不需要使用的数据。这样，您得到的文件将更小，且更易于共享。但是，丢失的数据对于某些影像分析工作流而言可能至关重要。

预处理和有损压缩的一个问题是，大多数分析操作都需要原始数据。另一个问题是，预处理和压缩具破坏性，用户之后无法获得连续的数据源。



USGS 和 MassGIS 以 0.3 米分辨率提供了马萨诸塞州波士顿芬威公园附近区域的真彩色影像，用作文件共享下载内容。该影像是使用 JPEG 2000 以 16:1 压缩比创建的。



这个使用 MrSI 压缩交付的“全球土地覆被”镶嵌通过利用遥感卫星数据和产品来实现土地覆被变化和研究的可视化。MrSID 压缩可将影像数据大小减小至 20:1。然而，这也使压缩后的影像波段滞后于原始影像波段，同时去除了许多分析功能。

ArcGIS 按需支持大影像

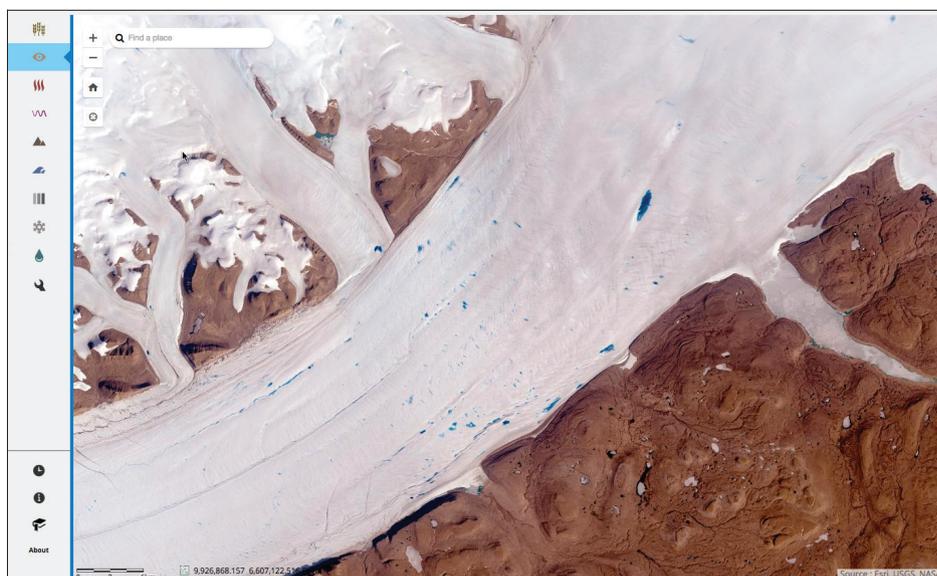
影像处理变革的终极目标

地球影像需要应对很多计算方面的挑战，其中包括如何存储和处理随着空间和时间的推移而动态增多的海量场景（简言之：“四百万个场景和计数”）。下面简要回顾一些能够使 ArcGIS 支持和充分利用“大影像”的关键功能。

大容量影像存储与镶嵌数据集

镶嵌数据集允许您存储、管理、使用和共享规模不等的影像和栅格数据集合。借助镶嵌数据集，我们能够以灵活且可扩展的方式来组合和使用规模不等的原始影像源文件集合。例如，一个镶嵌数据集可能是您从昨天刚刚完成的个人无人机飞行任务中获得的由几十个正射影像组成的小集合。与之相反，该镶嵌数据集可能包括一个完整、连续的世界影像集合 - 例如，在 Amazon Web Services 中存储和提供的整个 Landsat 8 集合或者世界的 Copernicus Sentinel-2 影像。每天有数百个新场景被添加到这两个集合中。镶嵌能够将这些场景作为内聚的影像集合灵活地进行存储、管理和使用。

ArcGIS 中的镶嵌数据集是通用的且有弹性的，可随时进行更新。它们能够将数百万个影像文件作为单个集成的数据集进行处理和管理，同时随着卫星不断地采集更多场景来摄取持续的更新内容和新增内容。镶嵌数据集始终可用 - 一种触手可及的数据源。随着地球观测平台规模的日益扩大，从中获取的数据量也不断增加，上述功能变得尤为重要。可使用镶嵌数据集管理和提供来自所有卫星系统的影像。



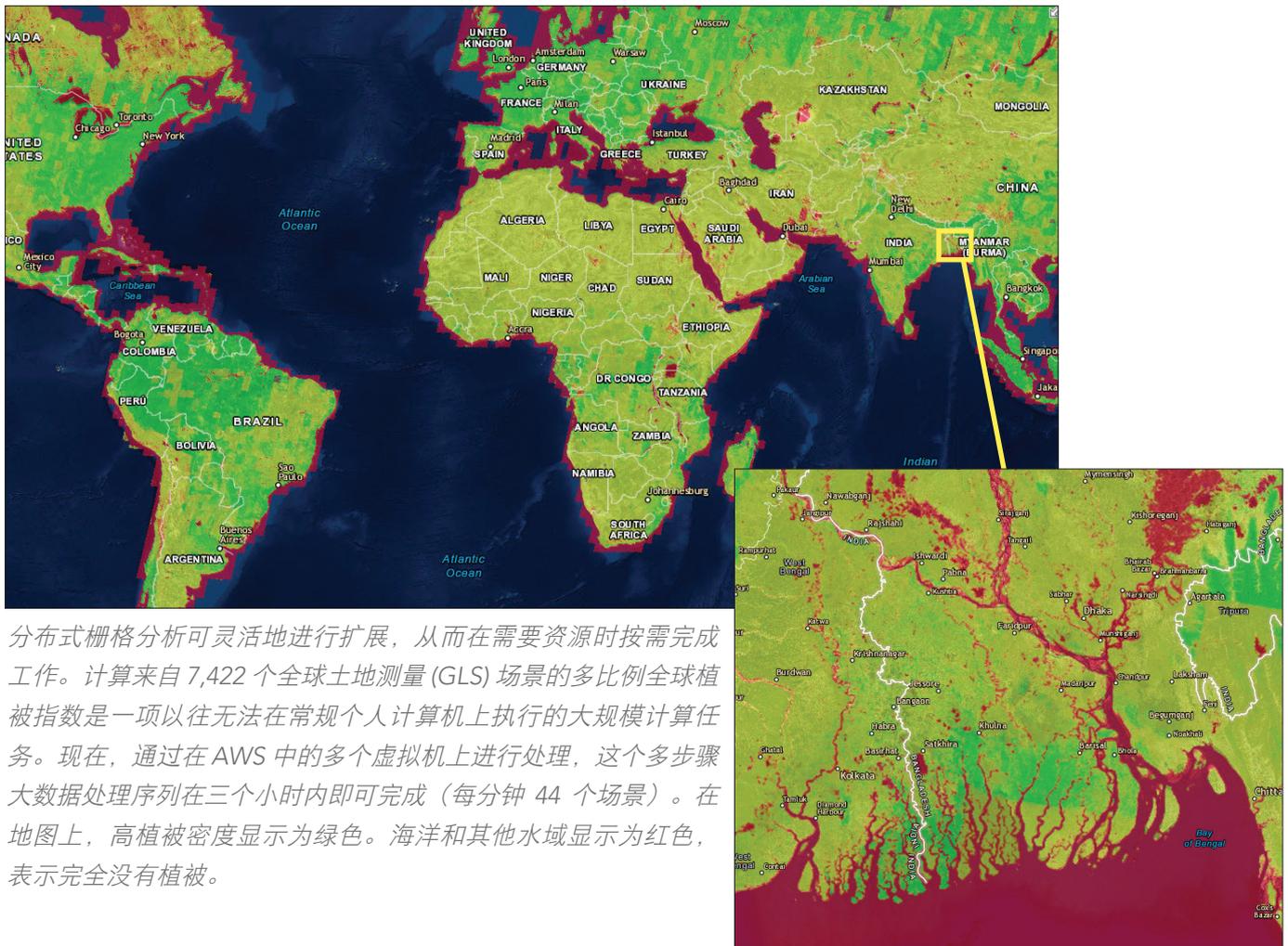
镶嵌可以处理快速增加的地球观测数据集，例如 Landsat Arctic 集合。随着每天新场景的添加，该集合在大小和范围方面都会持续增大。在线上，您可以缩放至感兴趣的区域。例如，打开“时间线”工具，然后沿着时间线单击，即可浏览完整集合。

分布式栅格数据存储

ArcGIS 可以处理多个可扩展的数据存储类型。您可以使用当前位于组织内现有计算机和服务上的影像数据。或者，您可以使用云中的分布式数据存储 - 例如，Amazon Web Services (AWS) 或 Microsoft Azure 提供的存储功能。这些存储选项可提供几乎无限的存储可扩展性。

ArcGIS 中的分布式可扩展栅格分析

ArcGIS 中的分布式栅格分析可提供灵活的大容量影像计算。ArcGIS 中的栅格分析可根据组织的需求相应扩展。在数据存储位置（位于本地网络上或位于企业网络上的服务器中），或者当您利用云存储进一步提高分布式影像分析的可扩展性时，可以应用空间分析模型和影像处理计算。在存储分布式数据的同时，会写入您的分析结果。



分布式栅格分析可灵活地进行扩展，从而在需要资源时按需完成工作。计算来自 7,422 个全球土地测量 (GLS) 场景的多比例全球植被指数是一项以往无法在常规个人计算机上执行的大规模计算任务。现在，通过在 AWS 中的多个虚拟机上进行处理，这个多步骤大数据处理序列在三个小时内即可完成（每分钟 44 个场景）。在地图上，高植被密度显示为绿色。海洋和其他水域显示为红色，表示完全没有植被。

大影像可供所有用户使用

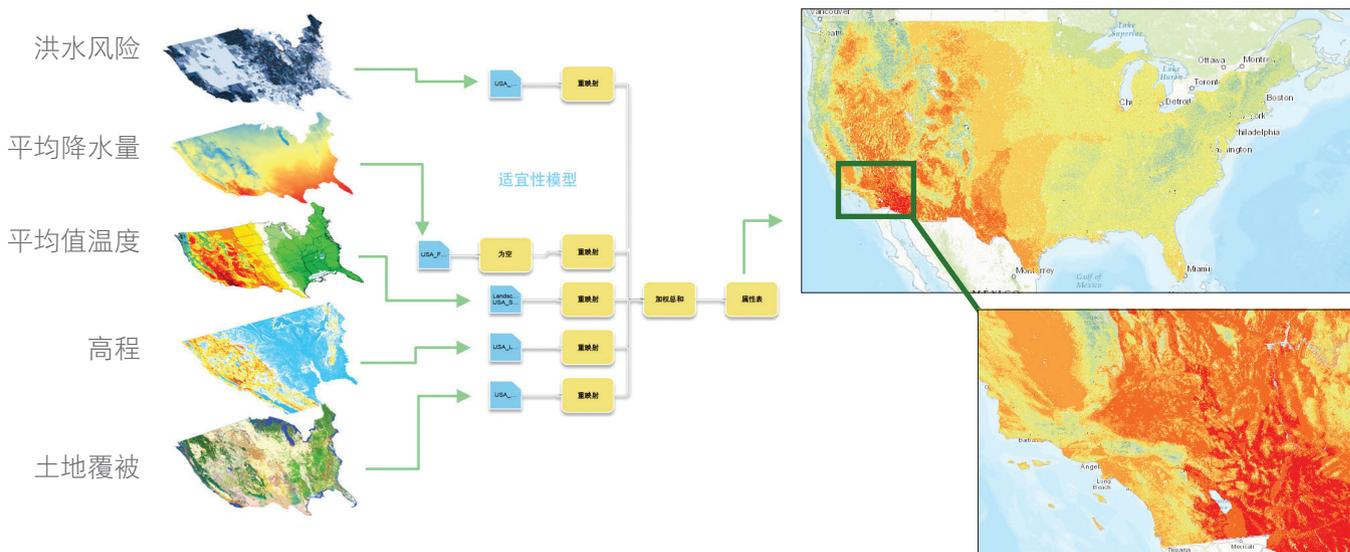
通过使用 ArcGIS 分布式栅格分析功能，当您需要大影像作品时，您可以对其进行优化。随着影像数据规模的不断增大，单个计算机可能不足以存储数据或者提供足够的计算吞吐量。当您需要影像作品时，ArcGIS 可以灵活地将其向外扩展。

ArcGIS 中的分布式数据存储和分析已针对基于云的群集计算进行了优化。通过这种方式，可实现海量影像计算的并行处理，同时充分利用镶嵌数据集固有的可扩展性。大型进程可以分布在多个并行运行的计算机上，从而大幅缩短处理时间。

大影像可实现深度理解

云计算和 ArcGIS 允许您动态扩展影像应用程序。对于许多 GIS 专业人士而言，GIS 的独特功能在于如何解锁影像分析并加以利用 - 通过计算和建模提供见解。这就是 GIS 的强大之处。可以将这些功能应用于超本地化的项目 - 例如农业领域的无人机任务。或者，它们可以跨越整个卫星集合进行处理或对气象预报进行复杂的时序仿真建模。

分布式分析计算可在多个场景之间进行扩展。



分布式栅格计算具有可扩展性。无需访问海量计算资源即可获得激动人心的结果。即使最普通的服务器配置也可以提供将持续改进的卓越性能。最重要的是灵活性 - 每个 ArcGIS 用户都可以对计算进行扩展，从而满足他们的需求。

思想领袖：Kathryn Sullivan

24 年前，我与应急情况处理经理在安德鲁飓风后共同处理被损毁的大部分佛罗里达基础设施。很多天里，我们一直在查看大量的纸质地图和人工编辑的数据，同时查找电话、水、污水和电力节点，以便为那些对地图全貌感到绝望的应急工作人员提供帮助。我们基本是手动绘制了一个初步的 GIS。令人兴奋的是，如今我们可以使用基于 Web 的平台实时合成和显示来自几十个数据源的数据。借助此类 GIS 工具，我们可以制定更加理性、更加快速和更加明智的决策，从而满足高度多样化的需求。

如今，我们依赖不断飙升的数据量为环境情报提供支撑，因为这对于保护生命和生计以及提升经济活力至关重要。但是，数据驱动环境情报仅仅是开始。我们面临的挑战是如何将此类数据与实际需求相关联，如何使此类数据在每个位置均可操作，以及如何为用户和国家元首提供帮助。必须以正确的比例和分辨率为需要的人士在需要的时候提供数据。数据必须可发现、可搜索并且易于检索。简而言之，数据必须可供您和每个人使用。

如果是这样，回报将是巨大的。借助 Esri 工具和 NOAA 数据，再保险协会可以验证索赔与准确的灾害性天气评估是否保持同步。ESRI 故事地图在暴风雨预测和强度、海平面上升、渔业影响等方面具有实际意义。NOAA 正在将美国的河流预测能力扩大到 700 倍，大约可再增加 270 万个位置。科学数据是打造所有这些环境情报产品的必要组成部分。它们可以提供应对对冲风险的真知灼见。可借助它们来了解我们的地球，从而帮助我们塑造在地球上的生活方式。



Kathryn D. Sullivan, NOAA 管理员、海洋和大气商务部长，以及前美国宇航局宇航员。

然而，对于环境情报至关重要的大量联邦数据，仍然尚未得以利用。仅 NOAA 观测值每天就就 20 TB 的数据量 - 是国会图书馆所有纸质藏书数据量的两倍。但仅有一小部分数据能够被公众轻松访问。作为美国的环境情报机构，NOAA 致力于从外界获得尽可能多的数据。我们迫切想要将实验室和硬盘中的数据交付到那些迫切想要将这些数据转变为产品、服务和预测信息的人士手里，从而让这些数据在各行各业中产生显著的价值。这些数据中蕴藏着巨大的环境和经济价值。

NOAA 正在与 Amazon、Microsoft、IBM、Google 以及“开放共享联盟”展开合作，共同挖掘上述潜能。Esri 也是积极的参与者。我们可以想象一下，一家私人气象企业通过整合之前孤立存在的数据流，引入一个易损性模型，最终使企业价值从 20 亿美元增长到 200 亿美元。设想一下，如果能够将来自卫星的数百万个数据点转换为长期雨量预测值，那么一定可以帮助农民和企业应对干旱。

就在 20 年前，我们还是通过手动方式将各个数据点连接在一起。而在 5 年前，当今数据的 90 % 还尚未产生。现在，我们在云方面不断创新，能够以全新的方式和更宽的视角观测地球。大量商机涌现出来。我们希望您能参与到塑造未来的神圣使命中来。

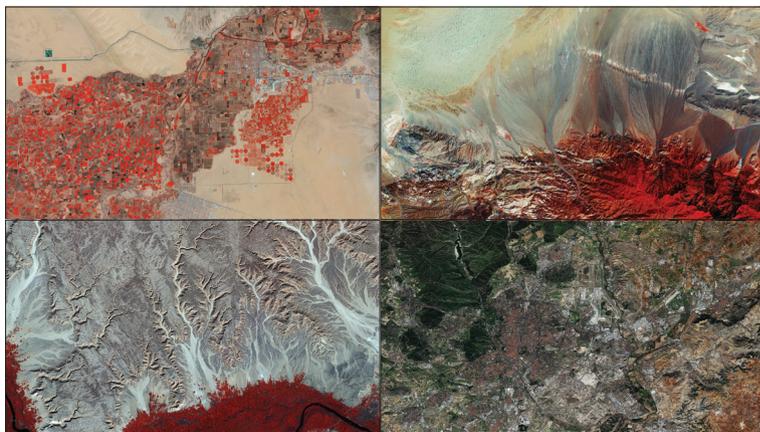


[观看 Sullivan 的视频](#)
将科技融入生活

大影像图库

此图库展示了每天采集的众多各种类型的影像和遥感信息。它以人们无法想象的方式说明了将影像运用到 GIS 中的无限商机。

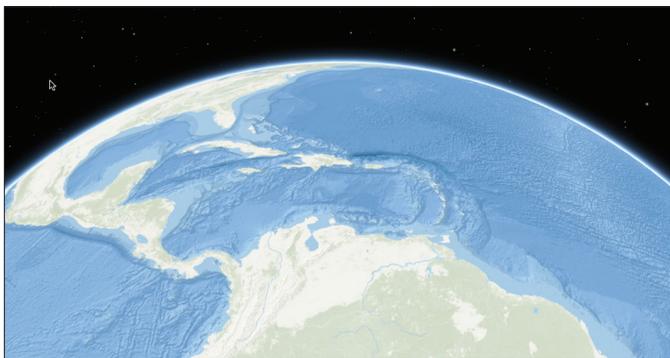
Sentinel-2



Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

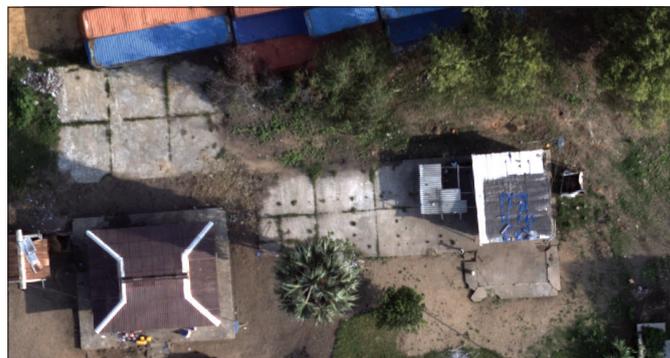
由欧洲航天局 (ESA)、欧盟委员会和行业发起的 Sentinel-2 任务由两个完全相同的卫星组成，彼此以 180 度角相对放置。Sentinel-2 针对农业、土地覆被制图和变化检测、林业和环境监测等应用执行地面观测。多光谱数据具有 13 个波段，这些波段的分辨率介于 10、20 和 60 米之间，如右表所示。这两个双胞胎卫星中的每个卫星都有长达 10 天的重访时间，因此实际上每隔五天就对地球上的每个位置重访一次。

海洋



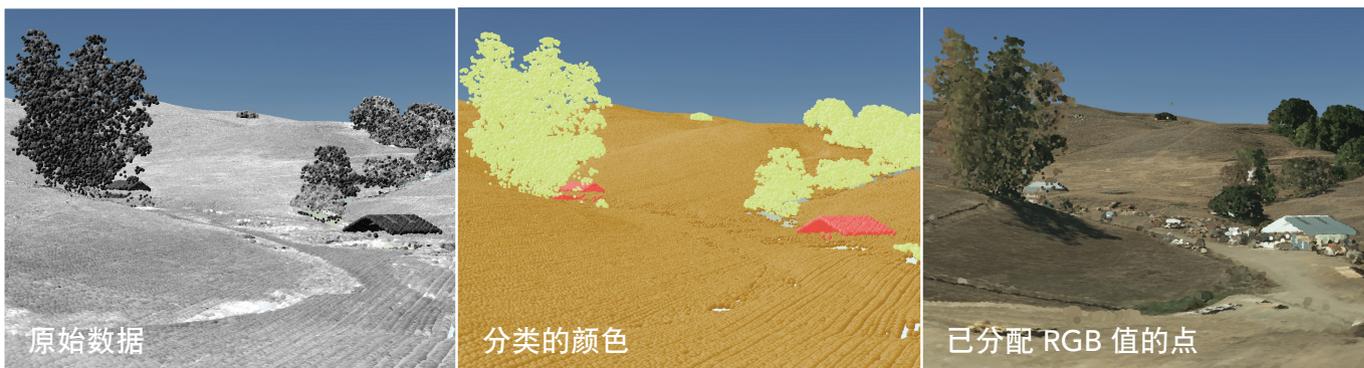
详细的地图制图并没有在陆地的边缘停止。随着海洋测量任务数量的稳步上升，一个精细的水下地图正在浮现在人们的眼前。

无人机



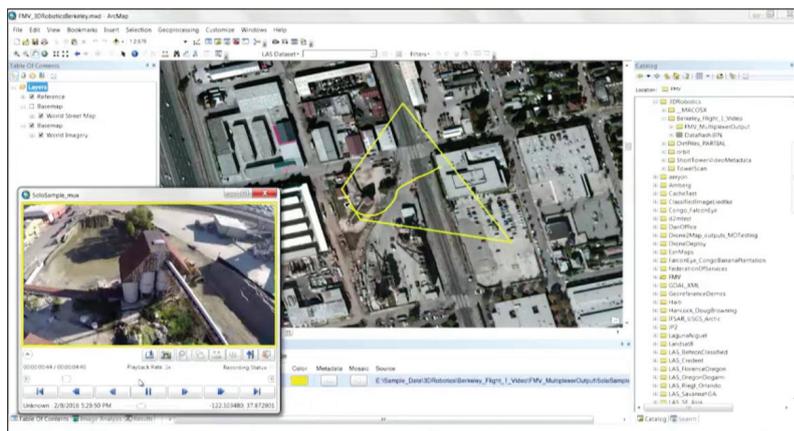
无人机低飞到地面并采集高分辨率影像的大型有效载荷。对于 Drone2Map 而言，管理和存储所有此类数据将是一项挑战。

激光雷达



激光雷达数据面临独有的大数据挑战，因为即使在一个较小的场景中也有非常多的点数，然后将它们扩大为通常较大的研究区域。所有这一切都需要多个激光雷达产品，每个产品都具有各自的特点及应用。

全动态视频



无论是由 UAV 捕获还是由飞机捕获，视频都是重要的数据源，可提供事态的动态视图以及地面上各个要素的状态。您可以使用 ArcGIS 中的全动态视频 (FMV) 功能来查看、管理、分析和共享视频内容，其中包括实时源。

历史航空照片集合



首次获得伊利诺伊州 1937 年到 1947 年的全州航拍照片。此集合包含大约 33,500 次相纸打印，这些打印经过扫描并转换为数字影像。

快速入门

镶嵌数据集图层

管理 ArcGIS Pro 中的影像从镶嵌数据集入手。它是一个数据目录，允许您对集合中的所有场景进行管理、分析和制图。

镶嵌数据集位于地理数据库中并由三个图层组成：边界、轮廓和影像。

- 如果影像集合不连续，那么边界图层会将镶嵌数据集中所有栅格数据集的范围显示成单一面或多部分面。
- 轮廓图层将该镶嵌数据集中各项的范围显示为不同面。除相关的概述之外，轮廓属性表还是镶嵌数据集中所有影像的目录。在此表中，您可根据任意属性（如云覆盖、采集日期或任何传感器特征）对影像进行分类。
- 影像图层将镶嵌作为一个集成的栅格图层来控制它的管理、分析和地图显示。在此镶嵌中应用显示属性和渲染属性（如拉伸、波段组合、重采样和镶嵌方法）。

镶嵌数据集可以进行动态和即时处理。因为在访问时即可处理影像，所以您可通过单一源动态地创建多个产品。您可从多个分辨率的多个源中提取影像并创建一个实质上无缝的镶嵌。通过数据库可访问组成镶嵌数据集的所有单独栅格，这些单独的栅格可帮助您确定显示重叠栅格的方法。

ArcGIS Pro 中的
影像和栅格

管理影像集合和栅格数据集

Learn ArcGIS 课程

从在线数据库中下载影像

在本课中，您将扮演城市规划者的角色来查找新加坡（一个以小岛疆界为界的大规模都市）的影像。新加坡人口密度高（每平方千米将近 8,000 人），因此有必要对城市发展进行严格控制。使用 LandsatLook 应用程序可在 USGS 数据库中搜索具有最低云覆盖量的相对最新影像。您将下载该影像并将其添加到 ArcGIS Pro 的地图中。然后更改默认波段组合以更加清晰地显示该影像。

▶ 概览

陆地资源卫星计划由美国地质勘探局 (USGS) 和美国国家航空航天局 (NASA) 执行，已连续收集了自 1972 年起至今星球表面的影像。该影像可从 USGS 网站上免费下载。但是，要从 400 万个 Landsat 影像中找到最符合您需求的影像并非易事。

▶ 学习以下领域的技能：

- 查找并下载 Landsat 数据
- 在 ArcGIS Pro 中显示 Landsat 数据

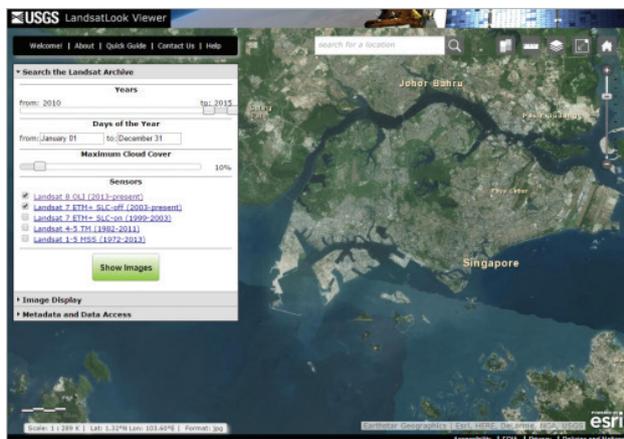
▶ 您需要：

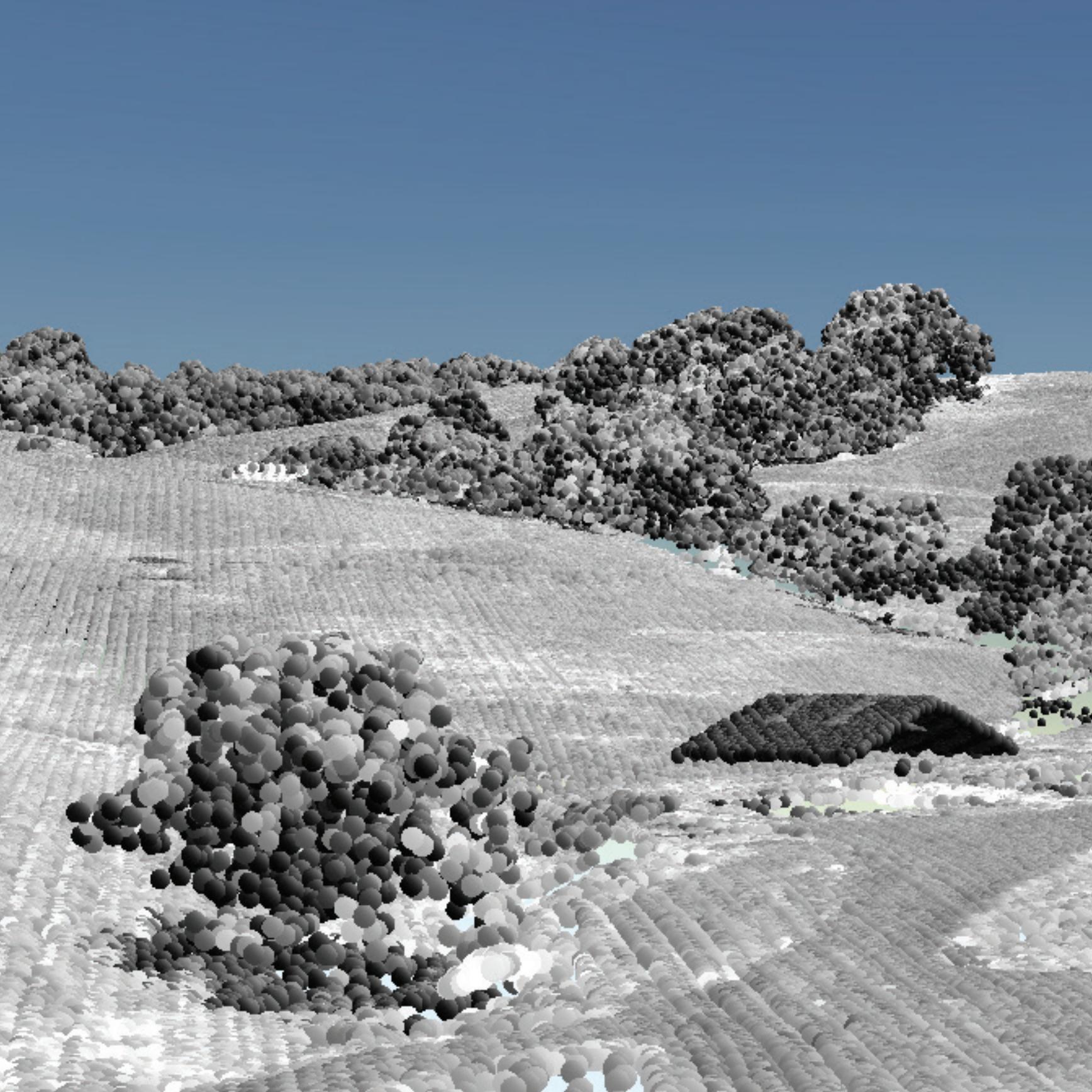
- ArcGIS Pro
- 900 MB 的硬盘空间
- 预计时间：1 小时

开始课程

[Esri.com/imagerybook/Chapter8_Lesson](https://esri.com/imagerybook/Chapter8_Lesson)

过去，只有科学技术领域的用户群体能够使用 Landsat 数据。为此，创建了 LandsatLook 自然色影像产品选项，该选项根据用于模拟自然色的所选特定波段，以一种简单易懂并且可在查看器中查看的格式提供 Landsat 影像。借助这种产品，您可以轻松显示获得的 Landsat 影像，而无需专用软件或技术专业知识。





未来已来，就在当下

未来的地图将是智能影像

如果您已经读到这里，那么您应该已经充分意识到 GIS 和影像中正在发生的巨大变革。对于迅速发展壮大的 GIS 社区，获取大量影像和地理信息从未如此便捷，而且完全没有计算和存储的限制。这并非仅针对大型组织中的特大规模企业级计算配置，对 ArcGIS 云的任何用户而言都是如此。唯一的可能就是受限于自己的想象：只有想不到，没有做不到。

我们正走进 GIS 的人类新纪元。

云计算在迅猛发展，ArcGIS 不断取得技术进步，影像和遥感数据也在呈井喷式增长 - 这对于 GIS 用户来说是一个令人振奋的时代。一场巨大的变革正悄然发生。GIS 变得更友好、更普及、更高效。每一天，我们都见证 GIS 创造着切实的改变，人们的生活也因此更富有意义。GIS 正在逐渐成为一种人类活动，人们把 ArcGIS 当作一个框架来相互合作、有效工作、改善决策、增进理解、促进交流并在世界中作出真正的改变 - 智能化改变。影像在这场变革中扮演着重要角色。

这样的新环境邀请、鼓励或者说需要组织和社区的通力合作和信息共享。我们相信这样的机会意义重大，GIS 的理念和视野将因此发生彻底的改变。您的工作范围已不局限于您所在组织的 GIS，而是更属于“世界 GIS”的重要部分。

您的专属 GIS 只是将您的观点整合到更为庞大的集成系统中。这是一个双向过程。您从其他用户处获得所需信息并加以使用，反过来，再将您的信息反馈到更大的生态系统中，以供其他组织开发和利用。

影像正引领着这场信息共享与使用的变革之路，无需再怀疑！



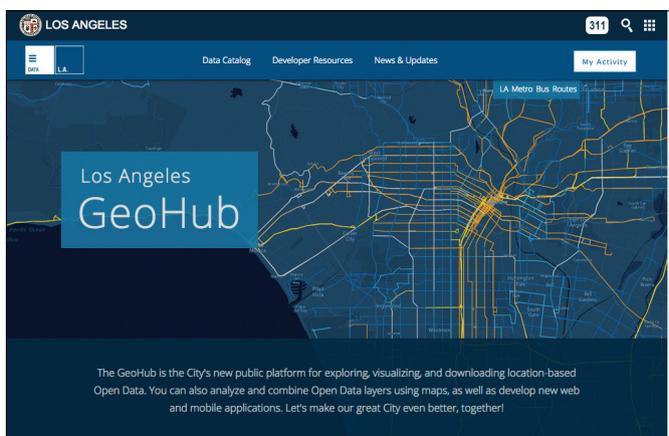
随着 GIS 把开放数据和社区参与移至云端，ArcGIS 中影像的存储量也在飞速增长。美国劳工部计划在未来十年将 GIS 工作发展为计算和技术领域中增量前三的要素。

影像为世界 GIS 开启无限可能

现代 GIS 三大要素：参与、共享和协作

GIS 的规模在不断扩大，现已在世界范围内拥有超过 350,000 名组织用户，应用范围几乎涵盖人类努力钻研的每个领域。影像是为 GIS 提供动力的引擎，同时也在全世界开启了前所未有的尝试。这就是影像的力量 - 我们看到影像时，都会在一定程度上有所领悟。

自早期 GIS 开始，人们便意识到要获得成功，就需要从其当前工作组以外的其他来源获取所需的影像和数据。人们迅速意识到了数据共享的需求。开放式 GIS 和数据共享在 GIS 社区中快速发展，而这些要素也将持续成为 GIS 实施服务的重要方面。



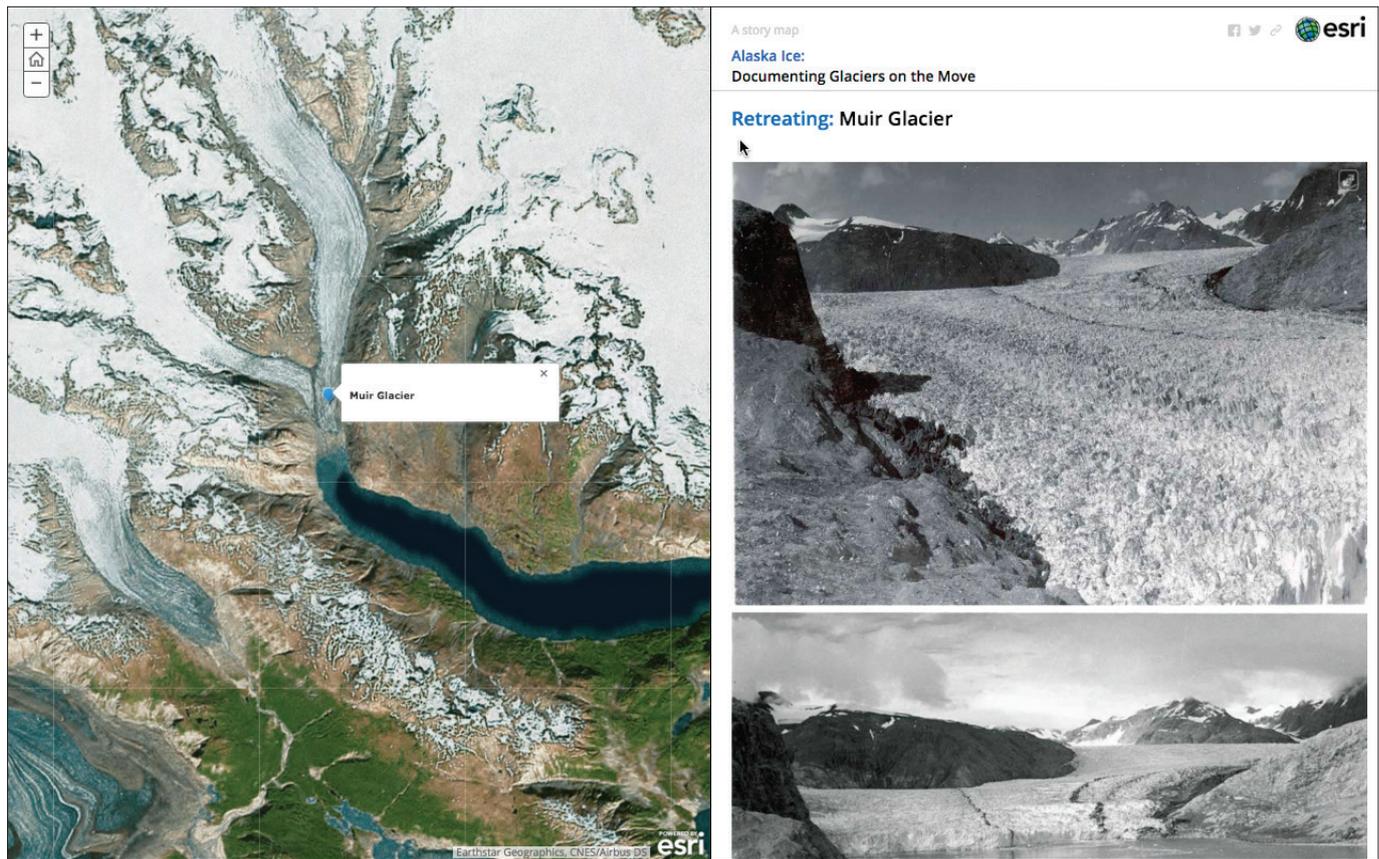
各级政府开始向公众开放其地理信息（其中包括大量影像资料），因为他们意识到这将使公民受益良多。

GIS：集成引擎

GIS 提供了一种集成引擎，这是一个意义深远的理念。我们致力于使用自己的地理信息系统的同时，也正在组建这一前景光明、功能全面的世界级 GIS。它每天都在发展，内容也日趋丰富。这一全球影像信息集合每天都在不断壮大和更新。整个 GIS 用户社区会对其中的数据和服务实现进一步构建 - 这些内容均被构建为一系列参考地球的信息图层，使得从多个源中集成信息变得极其便捷。

互联网拉近您与影像和 GIS 的距离

GIS 正向云这一巨大的计算网络靠近 - 正是云让我们都能够自由访问这些内容丰富的信息集合。每个图层都有一个 URL，即用户可以轻松找到并从中使用数据的 Web 地址。现在只需把数据图层的 URL 添加到您的 GIS 中即可开始使用。将来自不同源的图层聚合到一起，将其全部保存到 Web 地图中并作为一个应用程序发布，就这样不知不觉间您就创建了一个几乎可以与任何人共享的崭新而强大的信息产品。这一新的地理原创时代使我们能够表达自己的看法、设计自己的案例，从而更好地说服和影响他人。



这张特写故事地图足以证明阿拉斯加正在变暖。GIS 社区中多人共享的影像和 GIS 应用程序的范围非常广泛。这些资源使数以千计的组织得以在日常工作中从更大的 GIS 社区中获取和利用这些内容。当您应用 ArcGIS 时，您就会很快意识到社区共享信息的价值，您也会对其为您工作带来的巨大扩充和推动感到赞叹。

未来 GIS 畅想

未来已来，就在当下

设想这样一个未来：每位 GIS 用户都可以访问由全世界诸多组织共享的影像目录、遥感信息以及其他地理图层。更进一步的设想是这个影像目录每天都有新场景更新；每天都有新的传感器投入运行；海量信息完全向公众开放。未来已来，就在当下。

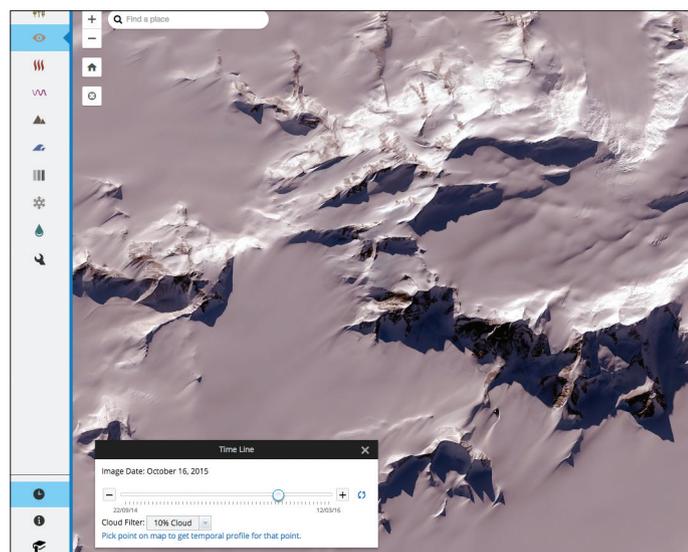
现代 GIS 已崭露头角，它联结着你我，又期待你我的参与。随着全社会信息需求与日俱增，这些现代化系统不仅仅是“鼓励”参与；更确切地说，是系统用户“亟待”我们的参与。现代化系统所取得的重要进步不容小觑，它们改变着我们对影像和 GIS 协同作用的观点和愿景。

数据存储和计算不再受限

GIS 和影像不仅需要大数据，而且更需要大计算。现在，在云系统中可实现任何级别的计算，您可以在需要的时候随时将系统打开。现在，您可以在自己的数据源近旁运行自己的高端分析。云系统的存储能力几乎无极限。只要您需要，没有做不到。用户通常不会购买大型的计算配置，他们更倾向于使用云计算来访问数据。



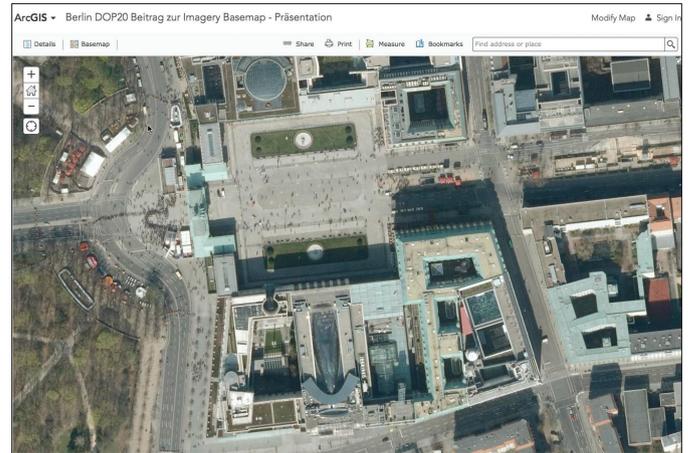
这张影像地图选自南极地区影像镶嵌数据集，该数据集是由数千个 Landsat 场景随时间变化集聚组织而成。



南极洲现有部分影像的放大视图。请注意图中的时间控制器（可通过时钟图标开启）：您可通过单击来切换不同的捕获影像。对于科学家来说，即用型数据从未像现在一样触手可及。

公共影像共享

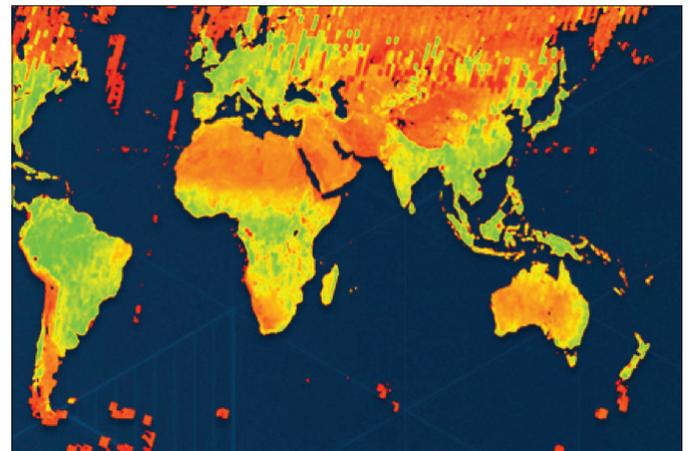
在影像处理初期，许多影像资源收集起来成本较高，而且耗时长达数月。现在乃至未来，我们则依靠大量卫星和其他平台通过多波段传感器、激光雷达以及其他数据源传送富有价值的信息。用户期待着有更适合的影像来支持他们的工作。正如拥有 GPS 智能手机后我们不再迷路，或是在客厅中拥有影院级超大荧幕一样，7*24 小时自由访问全世界影像资源即将成为我们的最新常态。人们才刚刚开始注意这场变革带来的影响。



德国柏林及全球数百个政府和组织已将最新的高分辨率正射影像提供给 ArcGIS 社区底图。

即用型分析

GIS 的精髓是借助智能分析模型来分析和整合多个图层。ArcGIS 提供一系列丰富多彩的分析工具供您在日常工作和解决问题时使用。您可将这些分析工具应用于存储在任意位置的数据（无论这些数据是存储在个人台式计算机上、大型企业计算机上还是 ArcGIS Online 的云中）。影像分析是大型影像处理最引人注目的扩展功能之一。



影像分析随处可见。影像分析师军团正在涌现，他们将致力于创建和共享各类型影像计算的模型。多元化和日益壮大的 GIS 社区日后将能够在管理库中获取这些模型。

超本地化自定义任务

无人机时代已然来临，这也为执行个人航拍任务带来无限可能。我们可以绘制自己的小型地图并以全新的方式在诸多新问题上应用 GIS - 评估街道路面；航拍检查共同沟；保护鱼类和野生动物栖息地；响应灾害和应急事件；监测气候、森林和农田以及管理我们的微观地理。



许多用户会使用无人机来执行自己的本地航拍任务，以便在其私人 GIS 应用程序中使用。借助 Drone2Map，您几乎可以瞬间创建自己研究领域的 GIS 底图基础，在此基础上您可以添加和分析任何其他类型的 GIS 图层，也就是“即时 GIS”。

自定义卫星任务

每天都有新的传感器投入运行，帮助我们构建专门的影像集合。这些影像集合中包含光谱波段，可以实现预测信息和结果的分析处理，让我们更好地监控和管理我们的操作和任务。



从国际空间站发射的鞋盒子大小的卫星。这些纳米卫星是美国国家实验室、NanoRacks 以及 Planet Labs 合作任务的一部分，用于为不同应用程序和用途提供地球的每日快照。

不断汇聚的技术趋势

机上和星上分析可同时用于访问原始影像和处理过的影像。

将来，您不仅可以从卫星下载原始影像，也可以下载处理过的影像，这些影像一经捕获即被快速执行分析计算以供您使用。

ArcGIS 的分析功能几乎可以部署到任何位置，从传感器到您的本地计算机再到智能影像的云处理。此外，这个分析处理的过程几乎是实时发生的。因此，您从这些平台看到的信息来源不仅仅是原始影像。这些平台提供了已被处理成有用信息的影像情报，以便更好地支持您的操作和活动。

计算限制将不复存在

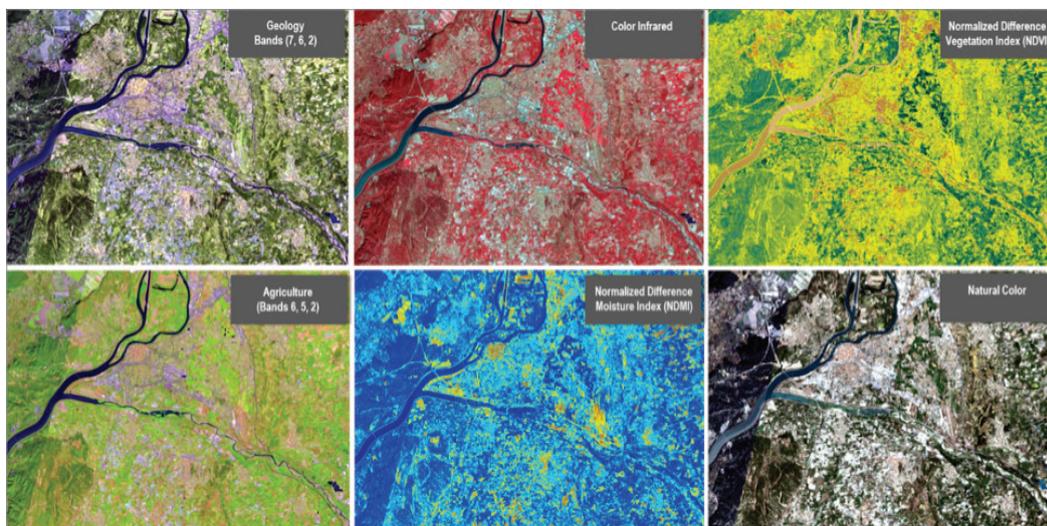
您认为有多少人可以像 Google 一样访问 10,000 台以上的计算机？谁又能负担得起？而事实上所有

ArcGIS 用户都有权访问云中的大量计算资源并从中获取分布式栅格存储和分析。

新兴的世界 GIS 将为地球提供一个宏观视角。

GIS 和影像通过整合多种地理信息图层提供了一个集成引擎。社区参与和共享在数千个组织中发展壮大，世界 GIS 中的信息和影像图层变得越发丰富和强大。在云计算的助力下，ArcGIS 让我们更深刻地理解我们的星球。

用户不仅可以对图层进行视觉上的集成，更能实现集成分析，从而获得更新颖、更深入的视角和观点，更好地理解和管理我们的世界。



多光谱影像经处理和表示后可服务于诸多领域，而且均可由传感器平台直接快速提供。影像处理算法可以被应用到原始影像中，以展示您想要的结果。在本例中，Landsat 8 场景经转换后即作为实时影像情报同步发送出来。

未来将趋于个性化



这一可导航 3D Web 场景描绘了一次真实的骑行，其中含有来自 GPS 设备的速度和心率信息，这些信息是以 3D 空间图形形式显示在叠加于夸张高程地形的高分辨率影像 Web 场景中。



各项技术的不断汇聚正引领一个难以想象的人与地理影像沉浸式交互的时代。类似 Oculus Rift 的 3D 耳机新型应用程序有望重新定义我们对周围世界的理解、重塑我们与世界的关系。作好大吃一惊的准备吧！

基于无人机影像创建 GIS 数据

2D 图库

无人机航拍照片和视频有的是垂直向下捕获，以便创建正射校正地图产品；有的则是从倾斜角度来捕获建筑物及其他基础设施，通常用于检查类应用程序。两种方法都能够生成 GIS 可用的数据。这一页展示了从 Drone2Map 会话中生成 2D GIS 数据的实例；下一页则展示了 3D 输出图库实例。

正射镶嵌



对于 GIS 用户来说，正射镶嵌才能展示真实的地面情况。正射镶嵌可以验证现有地图要素，也可以通过手动或自动数字化创建新的地图要素，为您的研究领域提供超高分辨率的 GIS 底图。

DSM



瑞士日内瓦湖畔建筑正射镶嵌与 DSM 对比。DSM 展现的是地面物体未经修饰的真实形状，其中应用了山体阴影渲染器。

基于无人机影像创建 GIS 数据

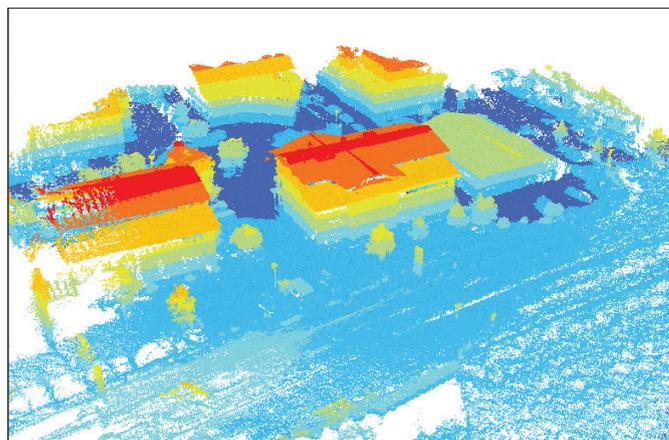
3D 图库

LAS 数据渲染为 RGB



LAS 文件为行业标准格式，用于存储机载激光雷达数据。在这个渲染中，每个点都从源照片中分配了一个 RGB 值，产生了较为逼真的效果。

LAS 数据渲染为高程



也可基于数据属性（例如此处的高程）渲染相应的 LAS 点云。红色是场景中最高的高程。

3D 网格



3D 网格是一组三角形或面连接在一起形成的所有点的集合。3D 网格可用于可导航 3D 场景。

倾斜视角照片集



相机以倾斜角度拍摄的原始照片具有多种用途。首先，这些照片可作为 3D 数据图层源。此外，每张照片也可作为独立的检查产品。

思想领袖： Kathryn Keranen 和 Lyn Malone

GIS 技术正改变学生的学习方式

您一定不止一次听“数字移民”（即出生在社会技术互联网化之前的人）说过这样的话，“我必须五岁的侄子教我如何使用智能手机上的应用程序才行。”如今的学生大多都不曾经历没有智能手机、台式机、平板电脑、笔记本电脑以及 GPS 设备的生活。他们几乎无时无刻不通过互联网、移动技术和社交媒体与世界实现数字化互联，这意味着他们是第一批真正的“数字原住民” - 这是 Pew Foundation 使用的一个术语，意思是这些人从不需要去刻意适应数字技术。这改变了现今学生与他人互动、看待世界以及使用技术的方式。发展完备的数字化同样对学生学习的方式有着显著影响。

GIS、全球定位系统 (GPS) 及遥感正从根本上改变着学生认识世界的方式。政府机构、商业团体、环保组织以及医疗行业在各自领域解决问题和作出决策所使用的工具如今已被学生们在课堂上用来探索 and 解决现实问题。

GIS 是现实世界中解决问题的工具。基于此，教育领域之外的 GIS 用户 - 政府、企业、自然资源管理、医疗保健等领域的人都在使用这一强大的技术。这是目前为止最通用、最有效的工具。无论是自然科学、数学还是经济学科；无论在小学、初中还是高中课堂 - 一旦学生在学习中使用 GIS，他们就学会了如何有效使用技术来全面解决问题，而且他们会对二十一世纪工作和生活中的挑战作出更充分的准备。

教育先驱者们长久以来都在为问题导向学习法据理力争。问题导向学习法有着开放的末端；它是一个审视全部备选方案和可能性的质询过程，而不是单纯去记忆唯一的正确解决方案。GIS 在课堂中的作用是培养问题解决技能，例如提出相关问题、获取用于调查相关问题的数据、观察和分析数据的模式、从数据分析中进行推断和得出结论以及基于调查结果采取行动。GIS 会充分培养学生解决问题的基本技能，使其顺利适应日后的工作环境。课堂中有了 GIS 的参与，学生就有了通向未来的踏板。GIS 从本质上看是跨学科的，是用于多个核心学科知识与技巧集成的理想工具。在 GIS 中，数学和地理充分融合，形成观察和分析历史、市政、环境科学、生物学、地球科学、社会学、语言学、文学以及其他研究领域数据的基础。通过跨学科分析，GIS 不仅促进了多个领域间知识的互通，同时也通过其适用性和相关性对各领域知识的学习进行了逐一强化。

在过去的 20 年里，我们见证了 GIS 风起云涌的改变，而这些改变也为我们的课堂带来极其深远的影响。二十年前，GIS 是仅能在台式机上使用的软件。要在课堂上使用 GIS，教师不得不面临软件安装和数据存储的诸多难题。在学生中实现共享和合作也总是困难重重。今天的教师和学生可以通过使用 ArcGIS Online 来规避这些问题：通过无限的开放数据源来丰富自己的个人数据，还可以通过 ArcGIS 组织强大的功能来强化数据分析、共享和协作能力。此外，移动电话数据收集应用程序迅猛发展，如今学生们



还可以在课堂之外将 GIS 应用到现实世界的研究领域。

GIS 以其他教学工具从未有过的方式激励着学生。有了 GIS，学生们就有能力解决自己社区中的现实问题或是自己真正感兴趣的问题。GIS 使他们成为自己的私人学习顾问。在收集、评估和分析与自己所提出问题相关数据的这一过程中，GIS workflow 驱使学生对数据信息进行处理，从而得出有真实数据作为支撑的结论。正如一位教师所说，“会创建地图的学生才是真正学有所得的学生。”

（成立于 2002 年、致力于发展新学习模式的公私合作制组织）21 世纪技能合作组织断言：“大多数学生在学校学习的知识和技能与他们在典型的 21 世纪社区和工作场所中所需的知识和技能间还存在着很深的鸿沟。”而将前沿技术（特别是 GIS）集成到课程中则会构建逾越这一鸿沟的坚实桥梁。

Kathryn Keranen 是来自弗吉尼亚州费尔法克斯县的一名退休教师，如今是詹姆斯·麦迪逊大学的一名兼职导师，她向学生和其他讲师讲授地理空间技术已逾 20 年。她与 Robert Kolvoord 合著了空间决策四个系列丛书。Lyn Malone 是一名教育咨询师，致力于地理空间技术的课堂应用，同时也是给绘制我们的世界：教育者和教师 GIS 课程社区地理指南一书的作者。

Keranen 和 Malone 是 Esri 出版社 ArcGIS 手册指南一书的共同作者。

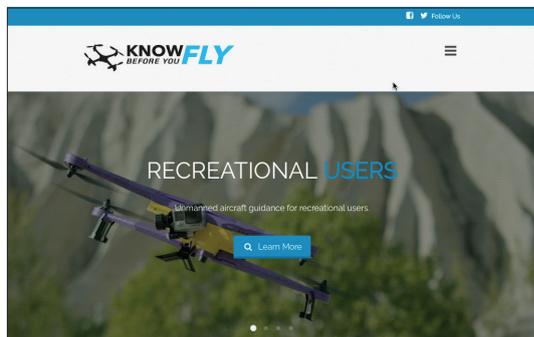
在此阐述三个核心思想。首先，密切关注您的学生。在教学过程中，您必须花费一定精力来观察和理解学生对新软件和新课程的反响。请切记，这些学生会为您的讲台带来一系列新鲜的期待，他们也将习得一整套全新的技能。我们第一次将 *ArcGIS 手册：10 大地理理想，带您玩转世界* 介绍给学生们的時候，在 20 分钟内，一组学生用手机打开了 PDF 版本的手册，同时使用笔记本电脑屏幕进行在线制图。我们还记得当时面面相觑的场景，心想，“这真的行得通吗？”没错，确实行得通，而且又过了五分钟，其他学生大多也在做同样的事了。其次，将学生已知的技能为己所用。他们在移动设备和应用程序方面的技能意味着您不必再费神编写冗长的说明。最后，也是最重要的一点，让您的学生提出自己的问题。

快速入门

无人机任务一览表

美国联邦航空管理局 (FAA) 数据显示，截至 2016 年 3 月，美国已有超过 400,000 名 UAV（无人机）操作者。在全世界范围内，这个数字可能已逾百万。对于无人机爱好者和专业人士来说，这无疑是一个激动人心的时代，而与此同时，了解国家无人机飞行规则的重要性也不容忽视。一些国家已制定相应规则，其他国家则尚未制定。在执行您的航拍任务之前，请与当地航空部门进行妥善沟通。以下列表片段由民用及商用小型无人机先行企业 3DR 提供。

- ✓ 在出发前，请确保您的控制器、无人机和移动设备已充满电并准备就绪。如果您计划使用 GoPro®，也请确保其电池已充满电。
- ✓ 在现场检查您的飞行位置是否有人群。无论您是无人机大师还是新手，都请切记不要在人群周围飞行！无法预见的飞行危险随时都可能发生，您始终要为您自身和他人的人身安全负责。
- ✓ 小型无人机（如 3DR Solo）不适合在恶劣天气条件下飞行。如遇刮风、下雪、下雨或其他恶劣天气，请将装备收拾妥当，等待天气变好。
- ✓ 应距离周边机场至少五英里。
- ✓ 远离 Wi-Fi 信号密集的环境。如果您处在有多个不同 Wi-Fi 网络的区域里，则无人机无线连接的可靠性会降低。同样，电话线杆和信号塔等高大目标也会干扰 Wi-Fi，因此也请远离这些物体。
- ✓ 要顺利起飞，需要找到一个平坦结实的起飞平面。确保各个方向都有 20 英尺的空间以供起飞和着陆。



“安全飞行指南” (Know Before You Fly) 活动由致力于无人机系统 (UAS) 安全的国际无人机系统协会 (AUVSI) 和美国航空模型协会 (AMA) 发起。FAA 也在与这两个机构开展合作，共同宣传无人机飞行安全和责任。

Learn ArcGIS 课程

Drone2Map 入门

在本课程中，您将执行德国埃特施拉格市一座办公大楼的全面检查和制图任务。您将下载 Drone2Map 试用版以及样本数据，然后使用软件来处理数据，就像这些数据刚刚从无人机中导出一样。您将设定参数来创建一系列 2D 和 3D 输出：其中包括一个正射镶嵌、3D 网格、数字表面模型乃至一种特殊的共享文件 (3D PDF)。最后，您将在 ArcGIS Online 上发布您的数据切片服务。

▶ 概览

由于尺寸或地形原因导致难以到达或完全覆盖的自然、人文及陆地类要素和地区，无人机提供了一种经济实用的影像捕获手段。使用无人机检查重要基础设施这一实践正日趋成熟，这将使人们更有效地进行固定资产检查，尤其是检视面积较大的固定资产时。

▶ 学习以下领域的技能：

- 使用 Drone2Map
- 发布 3D 数据

▶ 您需要：

- 预计时间：60 分钟
- ArcGIS 组织中的发布者角色



开始课程

[Esri.com/imagerybook/Chapter9_Lesson](https://esri.com/imagerybook/Chapter9_Lesson)



借助装备 Solo 相机的 3DR 四旋翼无人机捕获的高分辨率样本数据，您将能够创建一系列 2D 和 3D GIS 数据产品。

贡献者与致谢

贡献者

卷编辑：Clint Brown、Christian Harder

丛书编辑：Christian Harder

第 1 章 - Clint Brown

第 2 章 - Christian Harder

第 3 章 - Steve Kopp、Melanie Harlow

第 4 章 - Gerry Kinn、Cody Benkelman

第 5 章 - Nawajish Noman、Vinay
Viswambharan

第 6 章 - Brian Sims、Craig McCabe

第 7 章 - Kevin Butler、Daniel Siegel

第 8 章 - Mike Muller、Gerry Kinn,
Peter Becker

第 9 章 - Christian Harder、Clint
Brown、Tony Mason

其他贡献者 - Eric Rice、Greg Allord、Jamie
Ritchie、Kass Green、Kathryn Keranen、
Kathryn Sullivan、Lawrie Jordan、Lyn Malone、
Matt Artz、Mark Romero、Sarah Parcak

致谢

许多 Esri 制图员和数据科学家的工作具有重要作用。感谢 Aileen Buckley、Allen Carroll、Andrew Skinner、Jennifer Bell、Jim Herries、John Nelson、Kenneth Field、Lisa Berry、Nathan Shephard、Sean Breyer 和 Richie Carmichael。

Learn ArcGIS 团队成员有 Bradley Wertman、Brandy Perkins、John Berry、Kyle Bauer 和 Riley Peake。

特别鸣谢 Betty Martinez、Candace Hogan、Catherine Ortiz、Chris Andrews、Claudia Naber、Clayton Crawford、Cliff Crabbe、Dan Hedges、Dan Zimble、Dave Boyles、Dawn Wright、Eleanor Haire、Eric Laycock、Gisele Mounzer、Jeff Liedtke、Jeremy Schuyler、Jie Zhang、John Calkins、Kathleen Morgan、Kevin J. Butler、Michelle McDaniel、Mike Kataoka、Mike Livingston、Peng Gao、Renee Brandt、Sandi Newman、Steve Pablo、Veronica Rojas 和 Wei Ying 对项目的支持、反馈和输入。

最后，感谢全球范围内的影像和 GIS 用户社区使用 ArcGIS 技术完成的杰出工作。

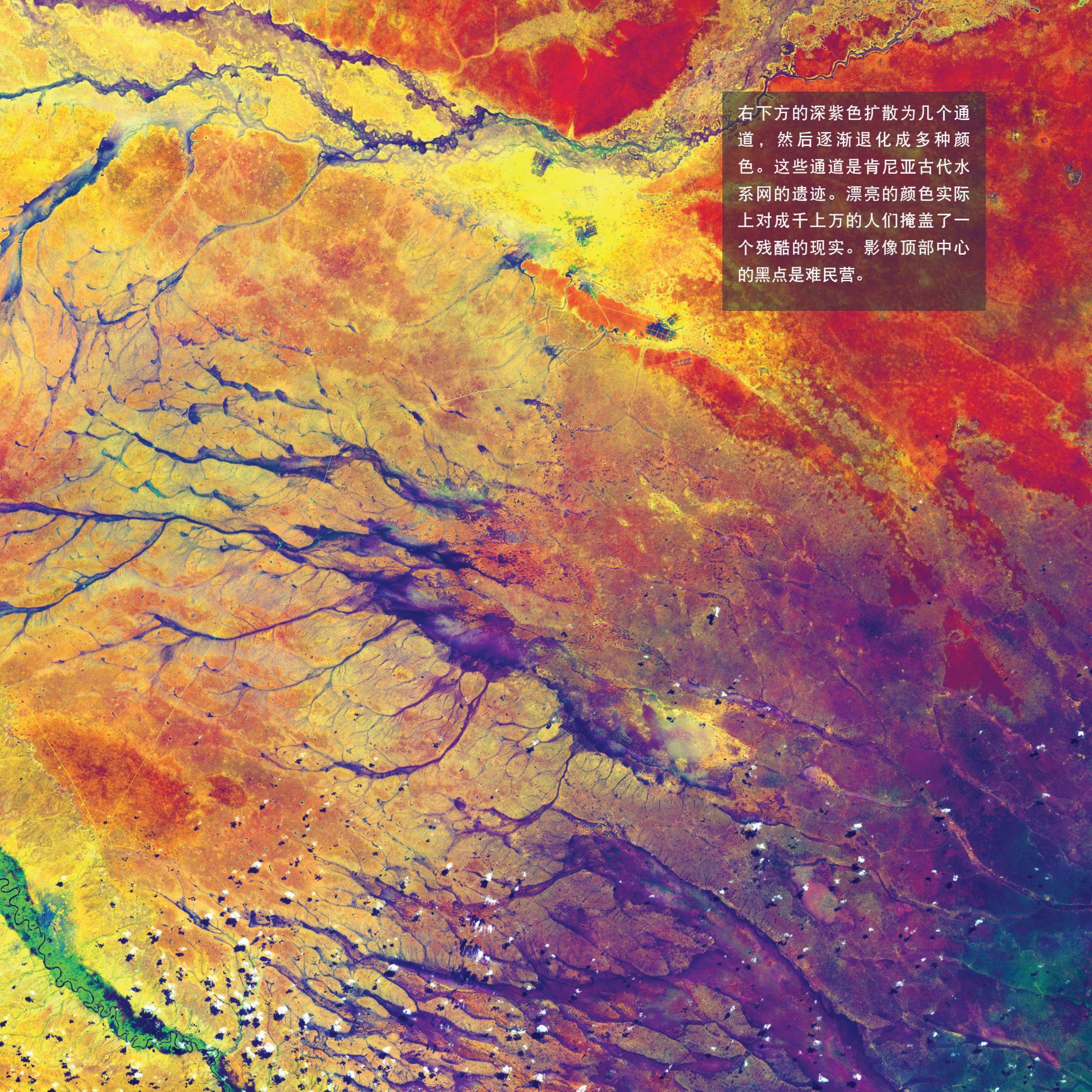
制作者名单

页码 制作者名单

- viii、ix 奇特诡异的云彩: USGS, Landsat 8。
- 1、2 影像是看得见的情报影像由 DigitalGlobe 赞助提供。
- 3 立体影像: “Operation Crossbow: 3D 眼镜如何帮助打败希特勒”照片: 来源 - BBC 新闻 / BBC 体育 / bbc.co.uk - © 2011 BBC。
- 4 蓝色大理石 (Blue Marble): NASA/阿波罗 17 号机组; 由哈里森·施密特或罗纳德·埃万斯拍摄。
- 站在月球上的 Buzz Aldrin: NASA/阿波罗 11 号机组; 由 Neil Armstrong 拍摄。
- 4 Neil Armstrong: 首次在月球上行走的一小步: 由 thenatman 提供。
- 5 Landsat 地貌底图: Esri、美国地质勘探局 (USGS)、美国国家航空航天局 (NASA)。
- 5 Landsat: 解开地球的秘密: Esri、HERE、DeLorme、美国地质勘探局 (USGS)、美国国家航空航天局 (NASA)。
- 6 高分辨率影像: Esri、Earthstar Geographics、HERE、DeLorme。
- 7 循环范围: Esri、Visible Earth、NASA。
- 7 含水指数: 干湿程度如何?: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS。
- 8 恶劣天气公共信息地图: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS、EPA、NPS | AccuWeather, Inc. | © 2013 Esri。
- 8 1859 年的旧金山和今天的旧金山: Esri、SFEI & Quantum Spatial、USDA FSA、Microsoft、David Rumsey Historical Map Collection。
- 11 全球土地覆被: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS | 源: MDAUS | Esri、HERE。
- 12 感兴趣地点: Esri、USDA、FSA、Microsoft。
- 12 每个人都能使用的山体阴影: Esri、USGS、NOAA、DeLorme、NPS、CGIAR。
- 12 Pictometry 3D 场景: Esri、USDA、FSA、Microsoft。
- 13 俄罗斯勒拿河三角洲: USGS、Landsat NASA、Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS。
- 14 科利马火山: Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS、美国地质勘探局 (USGS)、美国国家航空航天局 (NASA)。
- 14 喜马拉雅山: Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS。
- 14 巴西内格罗河: Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS。
- 15 地出: NASA。
- 16 火星上发现液态水: Esri、NASA、JPL-Caltech、亚利桑那大学。
- 16 新视野: 揭示冥王星的秘密: Esri、NASA。
- 16 火星上是否存在生命?: Ken Field、Esri、MGS (NASA/JPL/GSF) 上的火星轨道雷射测高仪 (MOLA) (分辨率约 463m/px)。官方 IAU/USGS 批准的 MRCTR GIS 实验室 (USGS) 的命名法。NASA 的登陆点数据。
- 17 Learn ArcGIS: Esri。
- 18 影像入门, Learn ArcGIS: Esri。
- 19、20 美国陆军侦查飞行: 美国国家档案馆。
- 21 带有空中侦查照相机的 RFC 飞机: 皇家飞行队。
- 22 变为废墟的旧金山, Lawrence Captive Airship 在旧金山湾上空 2,000 英尺高度俯瞰海滨, Geo.R. Lawrence Co. 作品, 全景摄影, 美国国会图书馆, 复制品编号 LC-DIG-ppmsca-07823 DLC。
- 22 MRBM 站点 1, 古巴圣克里斯托瓦尔, 1962 年 10 月 23 日: 美国政府侦查影像。
- 23 Landsat 8: NASA/美国地质勘探局、美国内政部。
- 23 Helios: NASA。
- 23 Syncom: NASA。
- 23 阿波罗 17 号看到的地球: NASA。
- 24 Lockheed SR71 Blackbird: Tsgt.
- 24 3DR Solo 私人无人机: © 3DR。
- 24 美国海军 RQ-2B 先锋无人驾驶飞机: 由摄影师二级军官 Daniel J. McLain 拍摄的海军照片。
- 24 直升飞机: 在 CC-by-1.0 下许可。
- 24 Cessna 172 Model R182 D-FRZE © Nick Dean。
- 24 配备 GPS、雷达和摄像头的 HERE 汽车: © Nokia HERE。
- 24 蓝色大理石: NASA/阿波罗 17 号机组; 由 Harrison Schmitt 或 Ron Evans 拍摄。
- 25 大天窗: Esri、Earthstar Geographics、国家地理 (内容可能不反映国家地理的当前地图政策)、DeLorme、HERE、UNEP-WCMC、USGS、NASA、ESA、METI、NRCAN、GEBCO、NOAA、increment P Corp。
- 25 欧洲森林区域 © 2012 年哥本哈根欧洲环境署; 2014 年哥本哈根欧洲环境署; Esri; DigitalGlobe; GeoEye; Earthstar Geographics; CNES/Airbus DS; USDA; USGS; AEX; Getmapping; Aerogrid; IGN; IGP; swisstopo; HERE; DeLorme; MapmyIndia; © OpenStreetMap 贡献者和 GIS 用户社区。
- 25 迁移: Esri、UNHCR、Airbus 国防和太空、PesentiStory。
- 26 厄尔尼诺现象对佛罗里达州的影响: 美国商务部/NOAA、国家气象局坦帕湾/佛罗里达州斯金。
- 26 由肯塔基大学的肯塔基州地质调查局提供。
- 26 正在建设中: 德克萨斯州普夫卢格维尔城正在积极建设的开发工程: Esri、Esri。
- 26 城市瞭望台: © 2014 Esri、Richard Saul Wurman & RadicalMedia。
- 26 飓风桑迪: AfterMap: Esri、Microsoft、NOAA、HDDS、USGS、HERE、DeLorme、MapmyIndia、© OpenStreetMap 贡献者、GeoEye、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS、USDA、AEX、Getmapping、Aerogrid、IGN、IGP、Swisstopo 和 GIS 用户社区。
- 27 世界影像底图: Esri、Earthstar Geographics、HERE、DeLorme。
- 27 高分辨率影像: Esri | Earthstar Geographics。
- 27 隐藏在南桑威奇群岛的污染源: Earthstar Geographics, 我们了解 EOS (LANCE) 系统的陆地大气影像近实时功能以及全球影像浏览服务 (GIBS) 的使用方法, 两种方法均由 NASA/GSFC/地球科学数据与信息系统 (ESDIS, <http://earthdata.nasa.gov>) 进行操作, 由 NASA/HQ 提供资金 | Esri、HERE、DeLorme。
- 27 多光谱 Landsat: Esri、USGS、AWS、NASA。
- 27 全色 Landsat: Esri、USGS、AWS、NASA。
- 28 Dogami 激光雷达数据查看器: Esri、HERE、DeLorme、MapmyIndia、© OpenStreetMap 贡献者和 GIS 用户社区。
- 28 水柱声纳数据: 国家地球物理数据中心 (2014): 水柱声纳数据采集。国家地球物理数据中心、NOAA。
- 28 Flex 的 ArcGIS 查看器: Esri、WMS 雷达反射服务由爱荷华州立大学赞助提供。
- 29 卫星地图: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、NASA。
- 30 街道级别: Mapillary。
- 30 真实镜头: HERE。
- 31 Mission Inn 解决方案: Esri、Riverside、Microsoft。
- 31 Mission Inn 解决方案: Esri、美国农业部农场服务局。
- 32 由 Jim Block 拍摄的照片。
- 33 MODIS: 地球每日视图: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS | 我们了解 EOS (LANCE) 系统的陆地大气影像近实时功能以及全球影像浏览服务 (GIBS) 的使用方法, 两种方法均由 NASA/GSFC/地球科学数据与信息系统 (ESDIS, <http://earthdata.nasa.gov>) 进行操作, 由 NASA/HQ 提供资金。
- 33 Living Atlas of the World: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
- 33 Landsat: 解开地球的秘密: Esri、HERE、DeLorme、美国地质勘探局 (USGS)、美国国家航空航天局 (NASA)。
- 33 GLDAS: 地球水循环前所未有的外观: Esri。
- 34 ArcGIS Earth: Esri。
- 35 定义影像: 影像由 DigitalGlobe 赞助提供。
- 38 GLDAS 降雨量: Esri、HERE、FAO、NOAA、NASA。
- 38 2011 年美国土地覆被: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
- 38 新西兰影像: Esri、源自 LINZ 数据服务以及根据 Creative Commons Attribution 3.0 新西兰许可重新使用。
- 38 Landsat 8 (短波红外): Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。

- 38 南卡罗来纳州查尔斯顿洪水背后的历史: USDA FSA、DigitalGlobe、GeoEye、Microsoft、CNES/Airbus DS、NOAA 海岸管理办公室、Esri、HERE、DeLorme、
- 38 晕渲地貌底图: © 2014 Esri; 源: Esri、DeLorme、USGS、NPS。
- 39 由 Christian Harder 拍摄的照片。
- 41 Landsat 地貌底图: Esri、美国地质勘探局 (USGS)、美国国家航空航天局 (NASA)。
- 41 季节性变化: Earthstar Geographics | Esri、HERE、DeLorme。
- 42 正射校正过的影像: 世界高程服务、Esri、NASA、NGA、USGS。
- 43 Landsat 8 (土地/水体边界): 新奥尔良市、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS、NASA。
- 43 Landsat 8 (近红外): 土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
- 43 Landsat 8 (真彩色): 亨茨维尔市、蒙哥马利县、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
- 43 Landsat GLS (植被分析): 亨茨维尔市、蒙哥马利县、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS、NASA。
- 44 美国 NAIP 影像: VITA、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA | Esri、美国农业部农场服务局 | VITA、Esri、HERE、DeLorme。
- 44 USGS 历史地图资源管理器: 新奥尔良市、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
- 44 科学数据发现和资源管理器: Esri、GEBCO、IHO-IOC GEBCO、NGS、DeLorme。
- 47 北冰洋底图: Esri、DeLorme、GEBCO、NOAA NGDC、NOAA、国家地理、HERE、Geonames.org 和其他贡献者。
- 47 北冰洋底图 (海冰范围): Esri、DeLorme、GEBCO、NOAA NGDC、国家冰雪数据中心、国家地理、HERE、Geonames.org 和其他贡献者。
- 48 Jack Dangermond 和 Dawn Wright 教授 - 2012 Esri 海洋峰会: Esri。
- 49 Landsat 影像/访问影像服务: Esri、USGS、Landsat NASA。
- 51、52 Landsat 影像/访问影像服务: Esri、USGS、Landsat NASA。
- 53 摩摩通博火山: Esri、HERE、DeLorme、USGS、METI/NASA。
- 54 圆形的世界 - 新西兰艾格蒙特国家公园: Esri、Earthstar、CNES/Airbus DS。
- 54 世界影像 - 纽芬兰: St. John、DigitalGlobe、GeoEye | Esri、HERE、DeLorme、NRCAN。
- 56 Landsat 8 全色 & 全色锐化: IGN、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA。
- 56 Landsat GLS (农业): Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、NASA。
- 56 含水指数: 干湿程度如何? : Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS。
- 57 海岸动力学与风险: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS | ROLNP, 2014。
- 58 监控严重洪灾: © CNES 2013-2014, Distribution Airbus DS。
- 58 矿物模式的采矿影像: Digital Globe; 由 MDA 信息系统 LLC 处理的影像。
- 59 哥白尼计划: © CNES 2013-2014, Distribution Airbus DS。
- 60 Landsat 8 照片: NASA。
- 60 Landsat 8 照片: NASA。
- 60 Landsat 数据连续性任务概述: NASA.gov。
- 61 Sentinel-2 捕获蓝藻风暴眼: ESA。
- 62 红色边: MicaSense、萨斯卡通市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、USGS、EPA、USDA、AAFC、NRCAN。
- 64 KyFromAbove - 高程: 蒙哥马利县、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA | KYAPED 合作伙伴、DGI。
- 64 奥索镇山体滑坡 3D 卷帘灾前/灾后: 带有 ArcGIS Online 影像的 Puget Sound 激光雷达联盟。(2013 年年中采集的表面)、WSDOT、USGS。
- 65 Dynamique et riques côtiers: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS | ROLNP, 2014。
- 65 NEXRAD 夏威夷: Earthstar Geographics | Esri、HERE、DeLorme。
- 66 热红外影像: MRLC、土地管理局、State of Oregon、State of Oregon DOT、State of Oregon GEO、Esri、HERE、DeLorme、INCREMENT P、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA、美国林业局。
- 66 视频 #2 - 新的波特农场天然气泄漏间隔拍摄 (12/10/15): mmforthepeople。
- 67 沙土样本的高光谱特征: Esri、Donna Selch、Caiyun Zhang、Anton Oleinik 和佛罗里达大西洋大学的 Hannah Cooper。
- 68 2- μ m 区域震动矿物地图的 3D 视图 (叠加在面向西北赤铜矿蚀变中心的 Google™ Earth 地形上) (3 倍垂直夸大)。AVIRIS 影像未延伸至赤铜矿和金矿区域的西北山脉, 因此颜色来自于 Google™ Earth 基础影像。
- 68 Sarah Parcak: 顶部照片由 BBC 的 Louise Bray 拍摄; 底部照片由 Ryan Lash @ TED 拍摄。
- 69 Drone2Map for ArcGIS 视图: 数据 © 2015 鹰眼无人机。保留所有权利。Delair-Tech DT-18 无人机。
- 70 2015 美国地理空间情报 (GEOINT) 演示的 Esri ArcGIS 全动态视频加载项: GPS World。
- 71 Living Atlas of the World: Esri。
- 72 中国长江三峡大坝: CC-by-2.0 许可下由 Le Grand Portage 拍摄的照片。
- 72 持续干旱引发鄱阳湖萎缩: 由新华社 Zhou Ke 拍摄的照片 © 2014 新华社、english.news.cn。保留所有权利。
- 73 将影像转化为信息: USGS。
- 75 南加利福尼亚的美洲狮廊道: 洛杉矶县、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
- 76 树冠土地覆被: 檀香山、Esri、HERE、DeLorme、USGS、METI/NASA、NGA、EPA、USDA | DPP、Holis、与美国农业部林业局东北研究站合作的佛蒙特大学空间分析实验室。
- 76 红色边: Micasense、萨斯卡通市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、USGS、EPA、USDA、AAFC、NRCAN。
- 76 北美五大湖区土地覆被报告: Earthstar Geographics | NOAA 海岸管理办公室 | Esri、HERE、DeLorme。
- 77 河流重生: Esri。
- 77 成本表面: Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
- 78 浏览世界生态系统的 Tapestry: Esri、GEBCO、DeLorme、NaturalVue、Metzger et al., 2012、ESA、GEO、USGS、WorldClim。
- 79 不可渗透表面分析: 蒙哥马利县、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、EPA、USDA。
- 79 Global Forest Watch Commodities: Esri、HERE、DeLorme、MapmyIndia、© OpenStreetMap 贡献者和 GIS 用户社区。
- 80 将土地覆被作为水质指标的方法: Earthstar Geographics | 商务部 (DOC)、国家海洋与大气管理局 (NOAA)、国家海洋局 (NOS)、海岸管理办公室 (OCM) | 美国人口调查局 | Esri、HERE、DeLorme。
- 80 MN 太阳能适宜性: mn.gov/solarapp。
- 81 Swift Wind Farm 视域分析: DoBH、OS、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA。
- 81 葛底斯堡战役的决定性时刻: Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA。
- 82 模拟半干旱区无资料流域的山洪事件, USGS 国家地图: 国界线数据集、国家高程数据集、地名信息系统、国家水文数据集、国家土地覆被数据集、国家结构数据集和国家交通数据集; 美国人口普查局 - TIGER/线; HERE 道路数据。
- 82 美国土壤洪水频率: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS | Esri、HERE | 源: USDA NRCS。
- 83 Panoche 山区的土壤: Esri、HERE、DeLorme、increment p、NGA、USGS、USDA - NRCS、NGA、NASA、CGIAR、NCEAS、NLS、OS、NMA、Geodata styrelsen、GSA 和 GIS 用户社区。
- 85 全球降雨径流: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、NASA。
- 85 太平洋科学与探索: Esri。
- 86 图为哈特拉斯岛罗丹萨北端的 NC 12 于 2011 年 8 月 28 日星期日被飓风艾琳摧毁。Steve Earley | 维吉尼亚向导报。
- 86 011 NOAA 国家大地测量局 (NGS) 北卡罗来纳州的激光雷达数据: 飓风艾琳应急响应地图制品: NOAA 的海洋局、沿海服务中心 (CSC)。
- 87、89 北卡罗来纳州夏洛特市的不可渗透表面: 杰弗逊县 (KY) 产权评估管理局。
- 92 旧金山带纹理的建筑物的激光雷达点云: Esri、EagleView Pictometry、NOAA。
- 93 可视化新开发项目: MRLC、Oregon Metro、土地管理局、State of Oregon、State of Oregon DOT、State of Oregon GEO、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、EPA、USDA、美国林业局。
- 95 跨所有比例的 3D: Esri。

- 96 全球比例: Esri、NASA。
- 96 Esri 校园 3D: 雷德兰兹市、里弗赛德县、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、METI/NASA、USGS、EPA、USDA。
- 96 加拿大蒙特利尔场景: Esri、USDA FSA、DigitalGlobe、GeoEye、Microsoft、CNES/Airbus DS。
- 96 Esri 校园 3D: 雷德兰兹市、里弗赛德县、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、METI/NASA、USGS、EPA、USDA。
- 97 由 LAS 类代码符号化的大古力水坝的点云: Esri、NOAA 沿海服务中心。
- 97 由索诺玛县 GIS 团队采集的加利福尼亚州佩塔卢马各个部分的详细激光雷达数据: NOAA。
- 100 我的地形场景: Esri、HERE、DeLorme、USGS、GA。
- 100 我的场景影像: Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS。
- 101 植被生物量与裸露地表分离: Fugro Geospatial、EarthData。
- 101 Drone2Map 比较: 数据 © 2015 鹰眼无人机。保留所有权利。Delair-Tech DT-18 无人机。
- 102 Landsat 自然色影像: Esri USGS、NASA、Landsat。
- 102 国家地理世界地图: 国家地理、Esri、DeLorme、HERE、INCREMENT P、USGS、NASA、ESA、METI、NRCnn、GEBCO、NOAA、INCREMENT P。
- 102 3D 建筑物模型: Esri、Pictometry International。
- 103 建筑物轮廓线: Esri。
- 103 3D 树模型: Esri。
- 107 根据照片呈现的纹理逼真的法国阿尔卑斯山脉勃朗峰: 法国 Esri、SRTM、NASA、Landsat、USGS。
- 107 印第安纳波利斯的 Pictometry 3D 场景和费城 3D 场景图层: Esri、Pictometry International。
- 113 影响长达 10 年的卡特里娜: NOAA、商务部。
- 116 季节性变化: Earthstar Geographics | Esri、HERE、DeLorme。
- 116 葛底斯堡战役的决定性时刻: Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA。
- 116 干旱追踪: Esri、HERE、FAO、NOAA | © 2015 国家干旱减灾中心 | © 2013 Esri。
- 117 显示迪拜变化: Farsi Geotech、HERE、DeLorme、USGS、METI/NASA、NGA。
- 117 距 Green 与 Colorado 河交汇处 216.3 英里的河流右侧 (桩 2429) 上游视图, 拍摄于 1889 年 5 月 31 日。Franklin A. Nims 拍摄的照片 57RS35, 由国家档案馆赞助提供。
- 117 距 Green 与 Colorado 河交汇处 216.3 英里的河流右侧 (桩 2429) 上游视图, 拍摄于 1997 年 3 月 24 日: 照片由 Robert H. Webb 拍摄, USGS 赞助提供。
- 118 飓风卡特里娜: NOAA (视频)。
- 118 GLDAS 土壤湿度-副本: Esri、Earthstar Geographics、NASA。
- 118 Katrinahd1080.mp4: NOAA。
- 119 人类活动正在修整地球表面: Esri 的世界影像底图、1990 年的 Landsat 影像。
- 119 遥望过去: USDA FSA、Microsoft | David Rumsey 历史地图集。
- 122 David Rumsey 历史地图集: www.davidrumsey.com。
- 122 1787 年的非洲: David Rumsey 历史地图集。
- 122 匹兹堡历史地图: 匹兹堡大学。
- 122 1942 年欧洲、非洲和西亚的战区: Esri、© 国家地理学会。
- 123 USGS 历史地形图资源管理器: 新奥尔良市、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
- 124 荷兰历史地图: Tijdreis。
- 125 2013 年 5 月 22 日拍摄的俄克拉荷马市和穆尔市龙卷风过后的影像: Texas Parks & Wildlife、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS | Bearing Tree 土地测量 (http://www.btls.us/)、Esri、俄克拉荷马州。
- 125 美国荒地火灾隐患: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS、EPA | 源: 火灾模拟研究所 (FMI)、USDA 林务局、Esri。
- 126 国家气象局降雨量预报: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
- 126 2015 年伊利诺斯州遭遇龙卷风前后: Microsoft | 国家海洋与大气管理局 (NOAA)、国家海洋局 (NOS)、国家大地测量局 (NGS)、遥感部门 | Esri、HERE、DeLorme、iPC。
- 126 美国降雨量预报: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
- 126 卡特里娜发生 10 年后: 新奥尔良十年的变化: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
- 127 Living Atlas of the World: Esri。
- 128 Atlas for a Changing Planet: Esri。
- 128 追踪康涅狄格土地覆被变化: 康涅狄格大学、土地使用教育与研究中心 (CLEAR)。
- 128 王潮项目: Esri、NOAA、Earthstar Geographics。
- 129 来自美国国家气象局的 72 小时降雨量情况: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
- 129 8.5 情景下, 到 2050 年的全球温度变化: Esri、GEBCO、DeLorme、NaturalVue、HERE、IPCC。
- 130 海平面上升和海岸洪水的影响: NOAA 国家海洋局。
- 131 尼泊尔的灾难: 2015 年 4 月地震前、后的加德满都: Esri、CNES/Airbus DS | Airbus 国防和太空。
- 131 亚伯拉罕·林肯遇刺: Esri。
- 131 欧洲城市的未来: 更高的温度和更为持久的热浪: Esri。
- 132 泰国夜政府历史变化: Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA。
- 133 盐湖城附近铜矿地图。GIS 基于以下图层概念构建而成: 底图图层、土壤图层、气候图层等: Esri。
- 135 Landsat 7 采集日历: USGS。
- 136 NASA 地球观测舰队: NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio。
- 137 Landsat 应用程序: 里弗赛德市、里弗赛德县、Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
- 138 Landsat 8 - 感兴趣点: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA。
- 140 2013 - 2014 年马萨诸塞州 USGS 彩色正射影像: USGS、MassGIS、Esri。
- 140 全球土地覆盖数据库: 马里兰大学、NASA、GOF-C-GOLD。
- 141 Landsat Polar 应用程序: Earthstar Geographics、Esri、USGS、NASA。
- 142 Landsat 全球土地测量: Esri、USGS、NASA Landsat。
- 143 Landsat 全球土地测量: Esri、USGS、NASA Landsat。
- 144 将科学融入生活, Kathryn Sullivan 博士 (视频): Esri。
- 144 照片来自 NOAA。
- 147 原始激光雷达数据: OpenTopography 为 Sonoma 县数据集的子集。
- 147 彩色分类的激光雷达数据: OpenTopography 为 Sonoma 县数据集的子集。
- 147 分配 RGB 值的激光雷达数据点: OpenTopography 为 Sonoma 县数据集的子集。
- 147 全动态视频加载项: Esri。
- 149 从在线数据库中下载影像: Esri、USGS、NASA Landsat。
- 153 LA Hub: 蓝图: Esri。
- 153 国家地图网站: 澳大利亚政府。
- 155 柏林 DOP20: Esri、DigitalGlobe、GeoEye、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS、USDA、USGS、AEX、Getmapping、AeroGRID、IGN、IGP、swi sstopo | 柏林 Geoport, DigitalGlobe、Microsoft | iPC。
- 156 通过 Drone2Map 和 Solo-Copy 创建的正射镶嵌影像地图: 奥林匹亚市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、EPA、USDA。
- 157 Landsat 图层: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
- 158 3D GPS 活动: 骑行 33 公里, 需 1 小时 31 分钟: Esri、USDA、FSA、Microsoft、Esri、USDA、FSA、Microsoft。
- 158 首次使用 Oculus Rift (Esri CityEngine SIGGRAPH 13, Autobrino)。
- 159 将 DSM 与正射影像相比较: 制作者名单: DigitalGlobe、Microsoft | 萨尔茨堡地理信息系统 (SAGIS)。
- 159 通过 Drone2Map 和 3DR Solo 创建的正射镶嵌影像地图: 奥林匹亚市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、EPA、USDA。
- 163 Kathryn Keranen 和 Lyn Malone: 照片由 Keranen 和 Malone 赞助提供。
- 164 Solo 无人机: 3DR。



右下方的深紫色扩散为几个通道，然后逐渐退化成多种颜色。这些通道是肯尼亚古代水系网的遗迹。漂亮的颜色实际上对成千上万的人们掩盖了一个残酷的现实。影像顶部中心的黑点是难民营。

ArcGIS 影像手册

新角度，新视野

探索影像和遥感技术如何助力现代 GIS。通读《ArcGIS 影像手册》后，您便可立即行动起来，更加明智、熟练地利用 GIS 内的影像。

即使是那些“纸上谈兵”的空想地理学家亦会欣赏本手册及其电子版本 (www.TheArcGISImageryBook.com) 中提供的大量绚丽多彩、鼓舞人心、有时是令人不安的图片，以及相关强大的基于影像的 web 应用程序和地图的链接，这些图片、应用程序和地图共同编织着我们这个星球美丽的故事并揭示着我们所面临的问题。

本手册适用于那些非常熟悉地理信息系统，和对“地理信息系统”这一术语一无所知的人们。

要以交互方式使用此在线手册，请访问
www.thearcgisimagerybook.com

