

地理信息系统 在青海湖鸟类迁徙研究中的应用

张海亭, 周园春, 胡良霖, 罗泽, 阎保平
中国科学院计算机网络信息中心, 北京 100190

摘要: 2005年5月青海湖地区爆发了世界首例迁徙候鸟大规模感染禽流感事件, 引起全球的关注。为了研究候鸟迁徙路径与禽流感传播之间的关系, 从2007年开始, 开始利用卫星定位系统对青海湖鸟类进行跟踪, 对所得到的详细卫星数据记录进行分类预处理, 建立了GPS跟踪数据库, 并采用GIS技术, 在Google Earth地理信息系统平台上展现其在青海湖的主要活动区域和迁徙路径。这一系统的实现, 使科学家更加实时、直观和方便地跟踪掌握鸟类的活动范围和迁徙路径, 为进一步研究青海湖候鸟的迁徙路线与生态环境关系, 更好地保护青海湖鸟类提供了一种重要研究工具。

关键字: 青海湖 e-Science 迁徙 地理信息系统 卫星定位

Application of Geographic Information System in Birds Migration Research of Qinghai Lake

Zhang Haiting, Zhou Yuanchun, Hu Lianglin, Luo Ze, Yan Baoping
Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract: Since the bird flu broke out in the area of Qinghai lake, we start to use the satellite to track the migratory birds in that area, activities and migration route. In order to present the satellite-tracking survey's data, the new generation GIS platform, Google Earth is discussed in this paper. Comparing with traditional birds' observation methods, it's much more real-time, plain and convenient for the survey of the birds' migration route. It provides a new thought for the further research of protecting the Qinghai lake birds and the research on the relationship between the birds' migration and the ecology.

Keywords: Qinghai Lake, Aves, Migration, Geographic Information System, Satellite Tracking

1. 引言

到80年代为止,对候鸟的迁徙路径研究一直是使用环志标记法及雷达跟踪法。80年代末期,人们就开始尝试利用人造卫星对候鸟的迁徙进行研究,并取得了很大的成功。与环志标记法及雷达跟踪法相比,卫星跟踪技术具有跟踪范围广,时间长,可以准确地得到跟踪对象的迁徙时间、地点及迁徙路径等优点。譬如1993年Seegar等对游隼(*Falco peregrinus*)的迁徙进行卫星跟踪,在短短一年间,获得了6000多个停歇点数据^[1]。比通过环志标记法在25年里进行观测研究所得到的停歇点的数据还要多。

青海湖国家级自然保护区位于青藏高原东北部,面积4952平方公里,其范围包括青海湖整个水域及鸟类繁殖、栖息的岛屿、滩涂和湖岸湿地,地跨二州三县,是青海省五大国家级自然保护区之一。2005年4月到6月,青海湖曾爆发H5N1型禽流感,造成了6000多只候鸟死亡^[2]。由于鸟类具有跨国界的迁徙行为,因此,携带有病原的鸟类常常具有大面积范围甚至全球性感染力。鸟类的迁徙行为也因此为疾病的爆发与蔓延提供了一种可能的传播途径。为了更好地保护青海湖的周边的鸟类和其他生态资源,2007年,由中国科学院计算机网络信息中心牵头,与青海湖自然保护区、中科院的动物所、病毒所、遥感所、寒旱所、微生物所和西北高原生物研究所,以及美国地质勘探局(USGS)西方生态研究中心,Patuxent野生动物研究中心和阿拉斯加科学中心等科研机构合作,联合开展了对青海湖鸟类活动及迁徙路径进行跟踪的科研项目。项目研究的主要内容是使用卫星跟踪技术对青海湖自然保护区的主要夏候鸟,如班头雁、赤麻鸭进行跟踪;对来自卫星的鸟类GPS跟踪数据进行预处理,并建立起基于关系型数据库的GPS跟踪数据库,同时使用Google Earth这一GIS工具对跟踪数据进行展示。本文包含以下内容:地理信息系统的基本概念和Google Earth工具简介,基于Google Earth的青海湖鸟类跟踪系统流程设计和实现,未来工作设想。

2. 地理信息系统和Google Earth

2.1 地理信息系统(GIS)

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是一种为了获取、存储、检索、分析

和显示空间定位数据而建立的计算机化的数据库管理系统(1998年,美国国家地理信息与分析中心定义)。这里空间数据是指使用不同方式的遥感与非遥感手段所获得的数据,它有多种数据类型,包括地图、遥感、统计数据等,它们的共同特点是都有确定的空间位置。地理信息系统的处理对象是空间实体,其处理过程正是依据空间实体的空间位置与空间关系进行的。

自1962年加拿大人Roger Tomlinson首先提出地理信息系统的概念并领导建立了国际上第一个具有实用价值的地理信息系统,即加拿大地理信息系统(Canada Geographic Information System,简称“CGIS”)以来,地理信息系统在全球范围内获得了长足的发展。经过40多年的发展,目前比较优秀的地理信息系统基础软件和应用软件有美国环境系统研究所(ESRI)的ARC/INFO、美国MapInfo公司的MapGIS/MapCAD、中国科学院地理研究所国家重点实验室的APGIS(山海通用空间信息系统)。这些软件的先后开发成功,推动了GIS学科的产业化及GIS理论研究的进一步深入开展。

2.2 Google Earth

2004年10月Google公司宣布收购了以数字地图测绘为主页Keyhole公司,并于2005年6月推出了Google Earth系列软件。Google Earth是一款虚拟地球软件,它把航拍照片、卫星照片和GIS数据整合在一起,形成一个地球的三维模型^[5]。

Google Earth支持Windows, Linux操作系统,对客户端性能要求低,结合高分辨率卫星遥感照片、电子地图和Google搜索技术,用户可以定位或浏览地球的任一地区。它提供地形和建筑物的3D显示模式,支持任意视角的倾斜或旋转,提供GIS数据存取,并免费版本向用户开发(其中的收费版本可以获得到更清晰的地理数据等服务)。利用Google Earth这些特点,可以解决中小型GIS系统的快速部署、多维空间分析等难点问题,其易操作性、可扩展性、可移植性很快得到了业界的广泛支持。

Google Earth中产生的地理信息数据(坐标、图片等)保存在KML文件格式中。KML全称是Keyhole Markup Language KML^[6],是一个基于XML语法和文件格式的文件,用来描述和保存地理信息如点、线、图片、折线并在Google Earth客户端之中显示。

KML提供以下功能:

- 指定一个地点的图标和标注来区分每一个地点
- 为每一个视图指定明确的视角来创建不同的特写镜头
 - 使用指定到屏幕或地理位置的图片标注
 - 为特定种类的标注定义显示样式
 - 为标注指定基于简单HTML语法的描述, 支持超级链接和图片的显示
- 使用目录 (folders) 对标注进行树形分类管理 (为了便于理解和符合习惯, 将“folder”翻译为“目录”, 实际上是代表一组地理标注)
- 基于时间戳记的标注可以用来进行动态的播放
- 从本地或远程的网络地址动态的加载KML文件
- 当Google Earth客户端视图变化时, 自动将视图信息发送给指定的源服务器并从服务器获取相关的标注信息

KML格式已经由国际标准化组织开放地理信息系统协会 (Open GIS Consortium, 简称OGC) 完成了KML的标准化进程, 成为一个OGC标准。在此之前, KML就已得到了Google Maps的支持, 目前还得到了其他如微软虚拟地球等软件的支持, 相信不久

将会得到更多厂商的支持。

KML被Google Earth Viewer显示的过程和HTML网页被浏览器处理差不多, 而且和HTML一样, KML也使用一种基于标签 (名称和属性) 的语法格式来描述地理标注信息, 可以说, Google Earth viewer是一个KML文件浏览器。

3. 鸟类迁徙研究系统的设计和实现

3.1 数据的采集与预处理

青海湖候鸟的卫星跟踪采用的是Argos系统^[7]。其主要由数据发射平台、卫星上的DCS (数据采集系统) 有效载荷、地面接收处理站和数据处理中心三个部分组成。由于Argos系统使用的是低轨道的极轨卫星, 因此该系统的数据采集平台可以分布在包括南、北极在内的全球范围。每个数据采集平台 (Platform Transmitter Terminal, 一般称作PTT) 可以安装多个传感器, 它们负责采集用户关心的温度、位置等数据。采集后的数据经过平台中发射单元调制后被发送到卫星上。卫星接收到这些数据后对其进行实时或存储转发后将数据转发给Argos系统的地面接收站。地面接收站对数据进行解调和处理, 再将数据通过网络、磁盘和打印等多种方式分发给用户。在跟踪候鸟迁徙时, 我们将Argos系统的数据采集平台安装在候鸟身上, 利用计算多普勒频

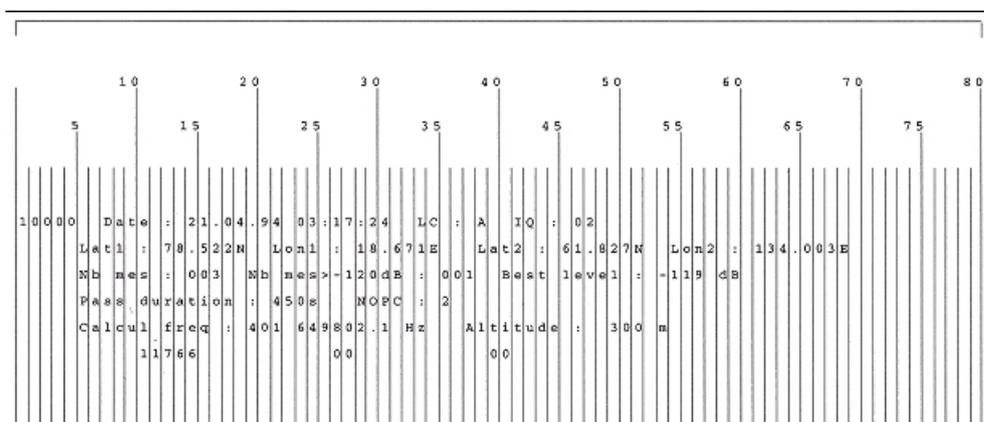


图1: Argos卫星的DIAG数据格式的一条记录

obs	animal	ptt	record_id	date	time	days_ago	hrs_ago	latitude	longitude	lc94	nmess	days_dply	sen1	sen2	sen3	sen4	gelev	gspeed	gazm
85	BH07_67695	67695	LATEST ARGOS LOCS	2008-02-05	3:27:10	2	35.06	29.257	88.731	LZ	3	317	02	18	00	29	.	.	.
86	BH07_67695	67695	LATEST GPS LOCS	2008-02-04	16:00:00	.	46.52	29.178	88.814	LG	.	316	385	0	183

图2: MySQL数据库中的两条2008年2月份的数据记录

移或在数据采集平台上安装GPS接收机，从而对候鸟进行定位，进而得到候鸟的移动轨迹。

目前青海湖候鸟的跟踪定位同时使用了上面两种定位的方法。对青海湖鸟类的跟踪的总数为37只，其中班头雁14只，携带了45g的加强型PTT，其中包含了GPS接收机，所以可以同时通过Argos卫星和GPS接收机进行定位；同样采用两种方法定位的是12只赤麻鸭，携带的是30g的PTT。另外还有鱼鸥10只，针尾鸭1只，携带的是18g的Northstar PTT，只通过Argos卫星进行定位；

所有的37只被观测候鸟中，在2008年以后继续正常返回地理信息数据的还有21只，其中班头雁8只，鱼鸥2只，赤麻鸭11只（数据统计截止日期为2008年2月17日）。

目前，鸟类的监测卫星数据，先由卫星数据服务器发送到USGS，经过相关研究人员的一次预处理之后，再将文本数据转发给网络中心。在对文本数据的分析之后，我们对数据进行了二次处理，并把数据存入关系数据库（MySQL）中。

下面分别是符合Argos卫星的DIAG数据格式的一条记录的示意图^[8]，和经过两次预处理之后存储在

数据库中的某支斑头雁的两条2008年2月份的数据记录。在整理过后的数据记录中我们可以清晰的获得鸟类的经度，纬度，高度，高程和高度角等信息(图1、图2)。

3.2 数据的展现

下面将结合具体的KML文件来说明如何使用KML数据格式来描述鸟类的迁徙路径。我们将一个KML文件中描述一个地点和一条路径的部分，分左右在图3中给出。

在KML数据格式中，如要描述一个地点的话，需要使用一个Placemark元素，它又包含有name, description, styleUrl, LookAt, TimeStamp, Point共6个子元素。其中最重要的是后两个子元素，其中TimeStamp用来描述发生的时间，可以使用标准的时间格式进行描述，其中“2007-11-17T15:00:00Z+08:00”表示的是东八区的2007年11月17日，15点整。而Point包含有描述经纬度的信息的coordinates子元素，coordinates的值“98.422, 30.219, 0”表示这个地点的地理坐标是东经98.422度，北纬30.219度。

```

- <Folder id="Qin_30g_74816">
  <name>Qin_30g_74816</name>
  + <description>
  <open>0</open>
  + <Style id="mycyanLineStyle">
  - <Placemark>
    <name>2007-11-17</name>
    - <description>
      <![CDATA[ Animal: Qin_30g_74816<br/><br/>GMT
      DateTime: 2007-11-17 15:00:00<br/><br/>Inst
      </description>
    <styleUrl>#mycyanLineStyle</styleUrl>
    - <LookAt>
      <longitude>98.422</longitude>
      <latitude>30.219</latitude>
      <altitude>0</altitude>
      <range>100000.0</range>
      <tilt>0.0</tilt>
      <heading>0.0</heading>
      <altitudeMode>relativeToGround</altitudeMode>
    </LookAt>
    - <TimeStamp>
      <when>2007-11-17T15:00:00Z+08:00</when>
    </TimeStamp>
    - <Point>
      <coordinates>98.422,30.219,0</coordinates>
    </Point>
    </Placemark>
  </Folder>
+ <Folder>
</Folder>

```

```

- <Folder>
  <name>Qin_30g_74816</name>
  <open>0</open>
  - <description>
    <![CDATA[ Path ]]>
  </description>
  - <Style id="path_mycyanLineStyle">
    - <LineStyle>
      <color>affff00</color>
      <width>4</width>
    </LineStyle>
    </Style>
  - <Placemark>
    <name>path</name>
    <styleUrl>#path_mycyanLineStyle</styleUrl>
    - <LineString>
      <tessellate>1</tessellate>
      <coordinates>98.434,30.234,0
      98.434,30.234,0 98.417,30.190,0
      98.422,30.219,0</coordinates>
    </LineString>
    </Placemark>
  </Folder>
</Folder>

```

图3：使用KML数据格式描述鸟类迁徙路径

（左侧描述的是一个地图上的点，右侧描述的是一条一共4个点的—条路径）

如果要描述一条路径，同样要使用一个Placemark元素，但是其中的子元素有所区别。当描述一条路径的时候，我们使用name, styleUrl, LineString共3个子元素，其中最重要的是LineString元素，它包含了一个描述多个点的子元素coordinates。在本例中，它的值为“98.434, 30.234, 0 98.434, 30.234, 0 98.417, 30.190, 0 98.422, 30.219, 0”，表明它分别经过了“98.434, 30.234, 0”，“98.434, 30.234, 0”，“98.417, 30.190, 0”，“98.422, 30.219, 0”四个地点（四个地点的含义参照前段）。

在青海湖基础数据平台上，我们提供了对GIS数据进行查询的页面（如图4所示）。查询时，可以选择候鸟的种类，或者具体的候鸟ID来具体限定要查看的候鸟，通过设置监控的开始时间和结束时间，来限定监控的日期，最终获得鸟类在Google Earth上KMZ文件。为了其他学科研究的数据共享，也提供了导出Excel的选项。

通过选取观测的候鸟对象，生成KML格式的数据文件，使用Google Earth打开后（如图5所示），我们能够清楚地看到候鸟的迁徙路径，大致走向是从青海湖向中国西南部飞行，然后飞向东南亚地区，其中不同颜色的曲线表示不同ID的候鸟的迁徙路径。同时对于每一次卫星发射器返回的一条记录，都会与一个Google Earth上的地点（对应图中的带X符号的圆圈图）进行对应，对每一个地点，我们将其中的数据进行了集成，显示了返回数据当时的鸟类的飞行速度，飞行方向角，飞行高度等参数。

4. 结束语

将地理信息系统与遥感技术结合起来，可以为候鸟的保护以及鸟类的迁移与生态环境的关系等研究提供一种新的思路^[4]。

Berthold等^[3]指出，保护全球的候鸟的最紧迫的课题是明确鸟类在繁殖地、中转站、越冬地等的生态需求。候鸟的迁徙路径长达数千公里，用传统的研究方法既费时又费力，有些地方甚至还不能轻易进去调查。如果在卫星遥感相片上找出经卫星跟踪得到的候鸟所利用的位置，分析这些地点的遥感数据特征，根据这些特征就可以找到候鸟的潜在栖息地，从而进行有效的保护。另外，在多年鸟类迁徙数据的基础上，通过遥感技术、GIS技术等对已有的山、川、海、湖泊、植物类别和分布，结合其他相关信息，如人类生产活动信息、气象信息等，通过相应模型的建立，可以帮助科学家进一步分析鸟类迁徙路径选择的机理以及鸟类迁徙与生态环境和人类活动的关系，甚至预测其变化规律。



图4：候鸟迁徙GPS数据的查询界面

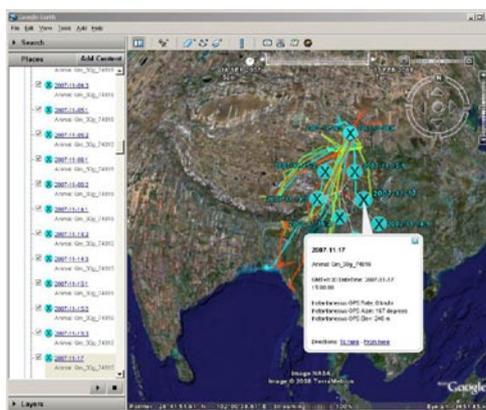


图5：Google Earth的展示界面



参考文献

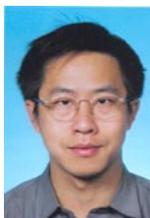
（ 下接82页 》》 ）

作者信息



张海亭

中国科学院计算机网络信息中心硕士研究生，研究方向：数据挖掘，Web开发。



罗泽

中国科学院计算机网络信息中心，博士，副高级研究员，主要研究领域包括e-Science应用、数据网格、XML检索。