

几何类航空数据与关系型数据库映射转换研究

赖欣 曾纪炜

中国民用航空飞行学院空中交通管理学院 四川 广汉 618307

摘要 现有航空情报服务系统主要基于关系型数据库,而未来航空情报管理是基于 GML 的航空数据交换模型 AIXM。在从航空情报服务向航空情报管理的过渡发展阶段须考虑具有 GML 标准几何特征的航空情报数据在关系型数据库中的表达。文中分析了航空情报交换模型中定义的几何类航空数据结构特点,以及与关系型数据库中几何类数据表达之间差异,研究了两种类型数据间进行映射转化的可行性,提出了一种将几何类航空数据向关系数据库映射的方案,并选用 Linq to XML 等可用技术对该方案的可行性进行了验证。

关键词: 航空数据交换模型;地理标记语言;关系型数据库;空间数据;可扩展标记语言

中图法分类号 TP311.13

Study on Mapping Transformation from Geometric Aviation Data to Relational Database

LAI Xin and ZENG Ji-wei

Air Traffic Management College, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan, Sichuan 618307, China

Abstract The aeronautical data exchange model based on GML is the foundation of future aeronautical information management. Aeronautical information service system currently used is mainly based on the relational model database. On the transitional stage, the expression of aeronautical information data with GML standard geometric characteristics in the relational database must be considered. The structural characteristics of geometric aeronautical data in the aeronautical information exchange model and the differences among geometric data representations in a relational database are analyzed. The feasibility of mapping between the two types of data is indicated. And then a mapping scheme of geometric aviation data to a relational database is proposed, and available technologies such as Linq to XML are used to verify the feasibility of the mapping scheme.

Keywords AIXM, GML, Relational database, Spatial data, XML

航空数据是实现航空情报服务产品生产,以及航空各类信息传递、交互的基础。国际民航组织建议的航空情报交换模型 AIXM(Aeronautical Information Exchange Mode)提供了跨各类应用程序的可靠数据建模与数据编码方式^[1],该模型是未来航空情报管理的基础。航空数据中涵盖大量具有几何特征的数据,比如机场基准点、跑道、航路点、障碍物等。为更有效地反映航空数据的几何特性,从 AIXM5.1 开始在 AIXM 中的几何特征数据均由 GML(Geography Markup Language)中的基本几何模型派生。而现行的航空情报服务系统底层数据库以关系数据库为主,因此在从航空情报服务 AIS 向数字化航空情报管理 AIM 过渡的阶段,需要将具有 GML 几何特征的航空数据进行关系型数据结构的转换。AIXM 基于 XML 语言,目前国内外研究主要集中于 XML 语言本身与不同类型数据类型之间进行转换的方法与技术^[2-5],但对于含有几何类型数据的转换方法与技术还须进一步研究。本文借鉴了 XML 语言进行异构数据类型转换的方法,重点分析了基于 GML 航空情报交换模型的几何数据结构,并与现有关系数据库的空间数据处理方法进行比较,进而提出了一种将几何类航空数据接进行关系型数据空间映射的方

案,并利用可用技术对该方法进行了验证。

1 航空情报交换模型的几何类数据结构

AIXM 是国际民航组织在全球推广的航空数据交换模型,利用该模型可以支持以数字形式管理和分发航空信息服务所需的数据。该模型具有两种体现形式:航空信息概念(AICM)与航空信息交换模型(AIXM),其中 AICM 概念模型基于 UML 语言,通过概念模型体现所有航空要素实体的属性和相互之间的关系。根据 AICM 对航空要素的定义,航空交换模型 AIXM 利用 XML 语言实现所有航空要素的计算机表达,使得航空要素可以跨应用平台在各类信息系统中存储使用。由于大部分航空要素具有几何与地理特性,因此从 AIXM5.1 版本开始基于 GML 的构建。GML 建立在 W3C 更广泛的 Internet 标准的基础上,易于在 Internet 上以共享的形式表示地理信息^[6]。

每个航空实体由 AIXM 数据结构中的 Feature 元素表示,由各类 GML 模型派生。图 1 为航空实体 AIXM XML Schema 结构图^[1]。从模型转换为 XML 航空实体需要为每个 Feature 元素添加具有唯一标示性的标识符 gml:id,该标

基金项目:民航技术创新和教育培训基金(0251812);中央高校教育教学改革专项基金(E2019035)

This work was supported by the Civil Aviation Technology Innovation and Education Training Fund (0251812) and Central College Education and Teaching Reform Special Fund (E2019035).

通信作者:赖欣(lxrzg@163.com)

识符取自 GML。同时基于所有航空实体都具有随时间变化的不稳定性,每个航空实体的 Feature 都加入了时间属性 TimeSlices,并且航空实体的其余属性都定义在时间属性 TimeSlices 的集合之下,以表示在特定时间范围内某一航空要素具有的状态。

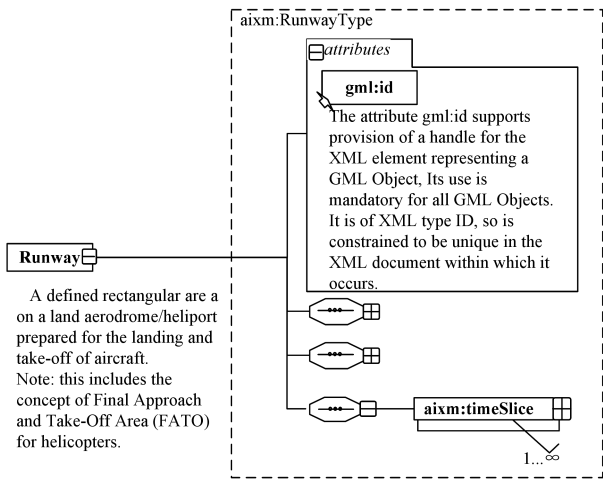


图1 AIXM XML Schema 结构

Fig. 1 AIXM XML Schema structure

分析 AIXM 结构可发现,所有 AIXM 航空数据的几何特征都源于 GML 模型名称,但会增加两个新实体(entries):“horizontalAccuracy”和“annotation”。并且每个几何类型都继承一个带有前缀“Elevated”的类,该类包含属性即 Elevation, geoIdUndulation, verticalDatum 和 verticalAccuracy,如图2所示。由此可见 AIXM 继承了 GML 所具有的功能与属性,GML 中的所有几何功能与属性都包含在 geometrybasic0d1d.xsd 等库中,可表示点、线、多边形等基本几何形状。

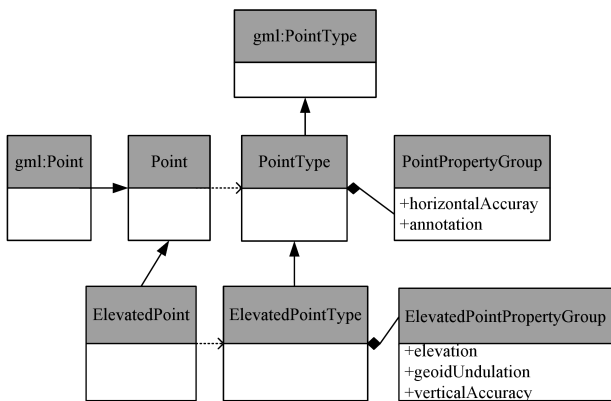


图2 AIXM 模型的几何数据结构

Fig. 2 Geometric data structure of AIXM

2 关系数据库中的几何类型数据结构

关系数据库都具有处理几何类型数据的能力,本文以广泛使用的 Microsoft SQL Server 为例。Microsoft SQL Server Spatial 是基于 .net 2.0 的空间数据引擎,支持二维空间对象的存储与转换,并且是一个开源架构^[7]。SQL Server Spatial 支持地理与几何两种数据类型,两种数据类型基于的坐标空间有差异,两种数据类型支持点、线、多边形、点集等数据类型,并以实体与抽象数据类型的形式体现。如图3所示抽象数据类型以阴影框表示。

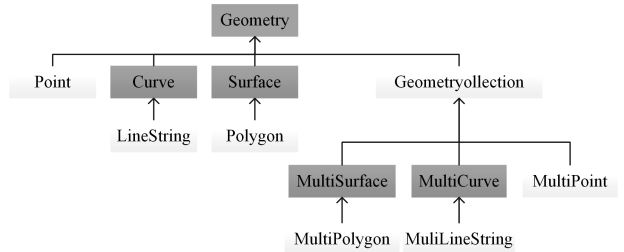


图3 SQL Server Spatial 的几何数据类型

Fig. 3 Geometric data types of SQL Server Spatial

将 GML 与 SQL Server Spatial 的数据结构进行对比,可以看出 SQL Server 中的几何数据类型与 GML 数据结构非常相似,但也存在两类具有差异的数据类型,分析结论如表1所列。

表1 GML 与 SQL Server Spatial 的数据比较

Table 1 Data structure comparison between GML and SQL

SQL Server Spatial	GML	比较结论
Point	Point	相同
Polygon	Polygon	相同
LineString	LineString;	相同
CurvePolygon	CompoundCurve	相同
MultiPoint	MultiPoint	相同
CircularString	Arc; ArcStringByBulge; ArcByBulge	差异
CompoundCurve	MultiCurve; LineStringSegment	差异

由表1可见,GML 与 SQL Server Spatial 之间的数据结构大部分可以以语法格式转换实现。根据 GML 库涵盖几何数据类型,可按分为以下3种转化层级。

层级1 geometryBasic0d1d.xsd 库中数据类型,如 Point, Polygon 等,可直接完成两种数据结构转化。

层级2 geometryPrimitives.xsd 库中数据类型,可将 Arc, ArcByBulge, ArcByCenterPoint, CircleByCenterPoint 数据类型转换为 CircularString SQL 数据类型;可将 LineString-Segment 数据类型转换为 SQL CompoundCurve 数据类型或 LineString 类型。

层级3 geometryComplexes.xsd 库中数据类型,可将 CompositeCurve 数据类型转换为 SQL CompoundCurve 数据类型;可将 CompositeSurface 数据类型转换为 CurvePolygon 或 Polygon,将 CompositeCurve 数据类型转化为 Geometry-Collection SQL 数据类型。

3 映射转换方案

根据上述对 GML 与 SQL Server Spatial 的分析对比可见,将基于 GML 的几何类航空数据进行关系数据库转化具有可行性。本文设计了一种将 AIXM 中几何类航空数据转化为关系数据库数据结构的方法。该方法涉及以下步骤:

步骤1 XML 格式 AIXM 数据的关系数据库存储;

步骤2 AIXM 数据结构解析;

步骤3 引入外键进行 GML 几何关系到 SQL Spatial 结构的映射。

在步骤1中需要完成对 XML 格式 AIXM 数据的存储。XML 为纯文本文件,可采用文件系统存储或直接关系数据库系统存储,两种方式各有优势。使用文件系统存储数据具有可读性,但查找等操作需要在特殊的内存结构 DOM API 中进行,对内存的需求是巨大的。关系数据库对 XML 数据结

构的生成会较为单一,读写性欠缺,但能保持对后续转化目标数据的一致性。

步骤 2 对保存的 AIXM 文件进行解析。典型的 AIXM 消息由根元素 AIXMBasicMessage 组成,该根元素包含单个消息元素(hasMember 元素)。这些元素中的每一个都包含一个 Feature 元素定义并标注该元素的全局标识符 gml:id。同时有一个 TimeSlice 元素描述 Feature 元素的当前状态。解析 AIXM 文件需要考虑将 Feature、TimeSlice 和 Property 元素作为独立的实体存储于数据库模型中。由于属性元素的类型很多,必须考虑不同的数据格式,可采用单表继承策略,即各个属性类型的值存储在同一个表中。然后,根据 SQL Server 的 Discriminator 列进行数据识别。

步骤 3 根据 SQL Server 的 Discriminator 列的数据识别,对 AIXM 文件中的 GML 引用进行转化,利用本文第 2 节分析得到的 GML 库与 SQL Server Spatial 的映射转化关系,在数据库模型中引入外键实现两类数据结构的转化,该外键将属性实体中 GML 库包含的 GeometryProperty 实体与 SQL

Server Spatial 对应数据结构进行替换,其余 AIXM 属性予以保留直接返回。

4 方案的实现及验证

本文采用了现有可行技术对上述方案进行了验证。首先对 XML 文件的解析采用 XmlReader 类顺序读取输入文件,并利用 Linq to XML 解析器将整个元素加载到 AIXMFeature 元素的列表。其次利用 Entity Framework 作为持久层,结合上述递归调用 buildFeature()方法对 AIXMFeature 元素的列表进行遍历并完成数据转化^[8]。转化过程中如果找到与 Feature 元素匹配的元素,则调用 buildFeature()方法,方法参数是 XmlReader 类的当前实例。如果此方法遇到 TimeSlice 元素,则调用 buildTimeSlice()方法。如果找到与 Property 匹配的元素,那么将使用与前一个“build”方法相同的行为调用 build Property()方法,但若找到与 GeometryProperty 匹配的元素则调用 build GeometryProperty()方法,根据参数格式进行 SQL Spatial 相应库的调用并返回,具体过程如图 4 所示。

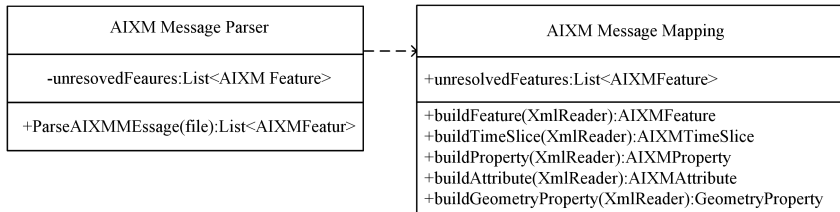


图 4 映射方案过程

Fig. 4 Process of mapping scheme

为验证提出的方案和实现方法的可行性,利用某机场跑道的 AIXM 数据 Runway.xml 进行转化验证,核心代码如下图 5 所示。

```
<message:hasMember>
<aixm:RunwayElement gml:id="9R-27L RE0">
<gml:identifier>9R-27L RE0</gml:identifier>
<aixm:timeSlice>
<aixm:RunwayElementTimeSlice gml:id="9R-27L TS0">
<gml:validTime>
<gml:TimePeriod gml:id="9R-27L TSP0">
<gml:beginPosition>2018-03-23T14:00:00</gml:beginPosition>
<gml:endPosition indeterminatePosition="unknown"/>
</gml:TimePeriod>
</gml:validTime>
<aixm:extent>
<aixm:ElevatedSurface srsName="urn:ogc:def:crs:EPSG:4269" gml:id="b9826ec1">
<gml:patches>
<gml:PolygonPatch>
<gml:exterior>
<gml:LinearRing>
<gml:posList>41.9688085725254 -87.9210282558244 41.9688078811297
</gml:posList>
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:PolygonPatch>
</gml:patches>
<aixm:elevation uom="FT">756.965940184319</aixm:elevation>
</aixm:ElevatedSurface>
</aixm:extent>
</aixm:RunwayElementTimeSlice>
</aixm:timeSlice>
</aixm:RunwayElement>
</message:hasMember>
```

图 5 AIXM 数据 Runway.xml 转化的核心代码

Fig. 5 Core code for AIXM Runway.xml data transformation

AIXM 文件仅包含一个时间片元素和多个属性元素的要素元素。执行转化过程中使用 Linq To Xml 和 XmlReader 类作为组合技术来解析输入数据,利用 Entity Framework 执行外键进行转化。为检验转化后的关系型数据与 AIXM 数据的几何特征一致性,本文分别采用 DOM 技术以及 C# 读取 AIXM 跑道数据与转化后的关系型跑道数据。利用 MATLAB 实现两类跑道数据的净空可视化仿真,如图 6 所示。由图可见两类数据均可进行有效几何数据的提取,映射方案具有可行性。

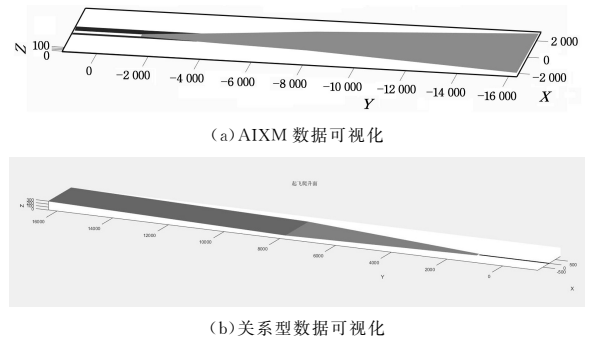


图 6 利用两种数据类型的净空可视化仿真

Fig. 6 Visual simulation using different Data Types

结束语 基于 GML 的航空情报交互模型 AIXM 是未来航空情报数据管理的基础。目前处于 AIS 向 AIM 发展的过渡阶段,须考虑 AIXM 数据结构在关系型数据库中的表达。文中对 SQL Server Spatial 和 GML 的几何映射关系进行了比较,得出 AIXM 中大多数几何形状可以通过语法转换的方式进行关系数据库的直接映射的结论。本文根据该结论设计了一种映射方法,并利用可行技术方法对该方法进行了验证。验证结果表明该方法可行,可提取有效几何数据。但验证方法的执行过程中 Entity Framework 响应较缓慢,存在 Valid-Time 属性丢失的情况,我们将在后续映射过程研究中对其进一步改进。

参考文献

[1] EUROCONTROL. Aeronautical Information Exchange Mode [EB/OL]. [2019-12]. <http://www.aixm.aero/sites/aixm.aero>.