

地物模型与地形模型的匹配技术研究

陈 苇, 陆 洪

贵州省地质矿产勘查开发局一〇五地质大队 贵州贵阳

【摘要】地物与地形模型在匹配的过程中, 针对如何实现无缝整合, 本文在详细分析构建地物模型和地形模型的基础上, 分析不同的地物及地形模型构建, 以及对地物模型与地形模型匹配的方法进行研究。

【关键词】地形模型; 地物模型; 匹配

【收稿日期】2023 年 5 月 10 日 **【出刊日期】**2023 年 6 月 23 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.20231009

Research on matching technology between terrain model and terrain model

Wei Chen, Hong Lu

105 Geological Brigade, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Guiyang, Guizhou

【Abstract】 In the process of matching ground objects and terrain models, aiming at how to achieve seamless integration, this paper analyzes the construction of different ground objects and terrain models on the basis of detailed analysis of the construction of ground objects and terrain models, and studies the matching methods of ground objects and terrain models.

【Keywords】 Terrain model; Object model; Matching

1 地物及地形模型构造相关理论

1.1 数字地形模型

数字地形模型的简称为 DTM, 数字地表模型则为 DEM。

(1) 数字地形模型的表示方法, DEM 可采用多种方法表达, 用数学方法定义的物体表面或单独的点、线等都可用 DEM 来表示。

(2) 数字地形模型的表示模型, 包括: 规则格网模型: 规则网格, 等高线模型, 不规则三角网(TIN)模型, 层次模型。

1.2 地物模型构造方法

地物是地形模型重要组成部分, 地物形状种类较多, 依据与地形三角网的构造关系, 将地物模型分两大类^[1]。第一类为依赖于地形三角网构建的地物, 是地形三角网主要的部分, 例如水库、坑塘、河流等。第二类是独立的三角网地物, 他和地形三角网的位置是相对关系。这两类地物本质不同, 在处理的过程中方法也不一样。在下面依次介绍这两大类别^[2]。

(1) 第一类地物的处理: 这类地物是地形的一

部分, 从地形分离出来, 成为单独的对象, 具有独特的属性和行为。

(2) 第二类地物的处理: 是一种位置相对关系, 在数据形式及结构上是独立的。

2 三维对象模型与地形模型的匹配

实现三维模型与地形的匹配需要考虑三个方面的内容, 三维模型在地形坐标系中的投影定位、三维模型的高度匹配和三维模型姿态与地形的匹配。三维模型与地形匹配参考点不同时, 可以将匹配方式分为点匹配、线匹配和面匹配^[3]。

2.1 点匹配

点匹配是在三维模型基础上获取一个关键点, 使整个模型与地形开始进行匹配。如图 1 所示, 点匹配是一种极为的简单算法, 该算法缺陷是将整个模型作为单点进行匹配, 忽略了建筑所在地形的周围信息及自身的特征信息。在地形剧烈变化的区域, 会使模型失真。该方法在地形起伏不大地区及建筑模型较小的情况使用较多。

2.2 线匹配

线匹配方法在需要处理三维模型空间中抽取两

个关键点, 并将这两个关键点垂直投影到三维地形表面。如图 2 所示, 线匹配方法在点匹配的基础上进行了改进, 保证了在两个关键点的方向上模型对象和地形的真实匹配。

2.3 面匹配

面匹配包括三点匹配方法及需要更多关键点的匹配。

(1) 三点匹配是利用模型中代替模型姿态的三个点来确定模型在地形上特征点的一个旋转矩阵。如图 3 所示, 三点的投影为是 P_1, P_2 和 P_3 。 N_3 投影点在平面上确定的法线方向, 在投影所在平面上的两个相互垂直的向量 Y_3 和 X_3 , $X_3Y_3N_3$ 形成三维模型的单独的模型坐标系。

(2) 四点匹配: 为解决复杂的地形条件或者复杂模型匹配, 三点面匹配方式存在一定程度的匹配不足。对面匹配方法实行进一步的改进, 关键是采用更多的点投影。四点匹配是三点匹配的进一步改进, 如图 4 所示: 四点匹配获取三维模型进行四个特征关键点, 对四点的投影位置信息进行姿态调整。

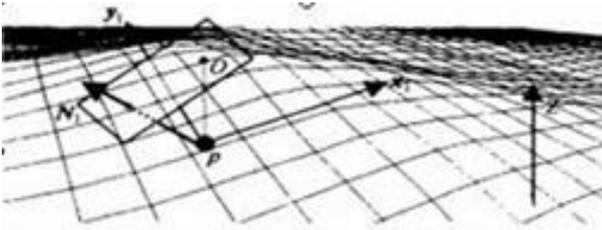


图 1 点匹配方法示意图

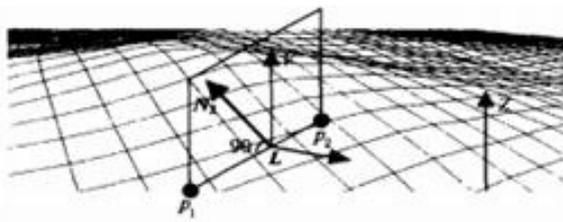


图 2 线匹配方法示意图

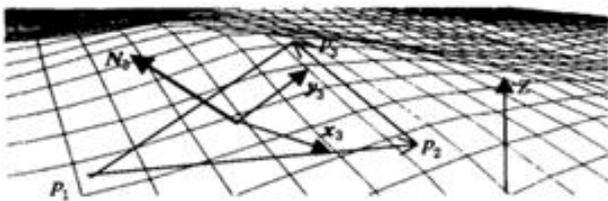


图 3 3 点面匹配方法示意图

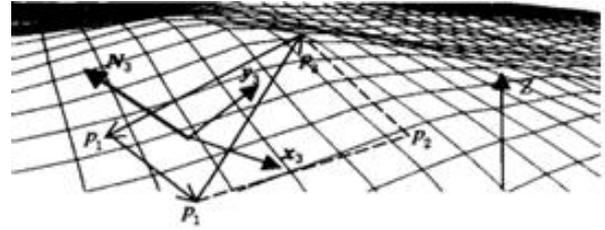


图 4 4 点面匹配方法示意图

3 三维模型匹配问题的关键

3.1 模型投影方式的选取

模型和地形匹配的主要目的是真实三维的体现。地形是评价三维模型姿态调整结果的基本参考系, 地形特征变化是最直接影响匹配方法的一个重要因素。因此根据不同地形的复杂程度, 采用不同的三点匹配、四点面匹配方法, 以保证模型不失真; 而对地形变化相对起伏不大的采用线匹配或者点匹配的方式, 有助于提高模型匹配的速度^[4]。

3.2 支撑平面在匹配过程中的确定

采用点、线、三点面匹配时, 模型关键点在地表的投影点必定位于某一平面上, 该平面的法方向由投影点的法方向或者由各点构成的线、面法方向确定, 不存在支撑平面的歧义问题。匹配中支撑平面的确定主要是指在四点匹配中如何选定构成支撑面的各投影点的问题。

一般情况下, 四点面匹配中模型的 4 个关键点在地面形成 4 个投影点, 由于地表的起伏, 多数情况下这些点不同时在一个平面上。确定三维模型的支撑平面, 也即确定 4 点中哪个点位于悬空状态中确定模型是否有一个点位于悬空状态, 可以将由其他三点构成平面计算该点的高程与投影高程计算值相比较, 出现投影高程值小的情况, 即可确定该点为潜在的悬空点 J。对于四点匹配, 判断潜在悬空点也可以采用比较对角线的方法。首先将模型关键点的投影四边形对角线再次投影到 XY 平面, 得到两对角线相交点的平面坐标, 由两对角线方程及投影相交点的坐标易求得在投影位置两对角线的高程对比关系。高程小的对角线对应的两个投影点即为潜在的悬空点, 然后可由上述方法进一步判断最终的悬空点结果。

如图 5 所示, P_1 和 P_4 为确定的潜在悬空点, 模型的前进方向为。由于模型在运动中对原始状态的继承性, 因此在初始状态下, 如果模型重心投影

位置位于支撑点 PP 连线的 P_1 (P_4) 一侧, 易知支撑平面为 PIP_2P_3 (或者 $P_2P_3P_4$)。假如中心投影落于 P , P 连线上不妨假设相对于前进方向靠前的投影点 P_1 为悬空点, 即点 $P_2P_3P_4$ 构成支撑平面。考虑到模型具有一定的高度, 因此对模型的不同状态, 模型重心在地表的投影及相对关键点投影也会发生相应的变化。初始状态下, 重心投影落在支撑平面 $P_2P_3P_4$ 内。在模型沿 V 方向前进时, 模型将继续保持其原有支撑平面的组合关系, 随着各投影点高程变化, 导致重心投影超越对角线 P_2P_3 , 而 4 个关键投影点仍然不在一个平面上时, 发生悬空点的改变, P_1 将成为新的支撑点, 且支撑平面发生离散变化, 姿态发生突变。

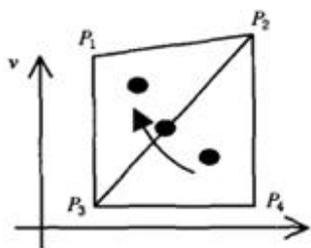


图5 模型状态变化

3.3 模型坐标系的确定及姿态的实时调整

模型姿态的实时调整, 包括模型与所在位置地表的匹配和运动中姿态的连续调整。在三类基本的匹配方法中, 均可由模型关键点投影结果确定模型坐标系在世界坐标系中的位置, 由两个坐标系中间的关系, 易得模型匹配到世界坐标系中的姿态调整矩阵。对场景中的运动三维模型, 需要实时地保持模型匹配方式选择、模型投影、支撑平面确定、旋转矩阵计算等一系列工作的循环, 实现三维模型在地表的真实感运动。

4 模型与地形匹配步骤

在虚拟环境系统中, 模型与地形的匹配包括地形准备、匹配选择、投影、模型坐标系建立、姿态显示等一系列过程。具体如下: (1) 地形、模型数据准备。通过各种三维建模方法和建模工具。建立三维地形环境和将进行匹配的三维对象模型。建立各模型的模型坐标系, 确定模型在各自坐标系中的姿态。并对运动模型定义二维的运动轨迹。(2) 初始化场景。将三维形式读入到三维模型场景中, 初始姿态的调整及态势的构建完成。(3) 匹配方式选

择和模型关键点选取。根据对系统处理能力、表现要求、场景及模型特点选定模型的匹配方式对不同匹配方式的对象进行分类, 建立场景中对象集合的匹配方式数据文件, 并提供对匹配方式的实时改变。读取对象匹配方式数据文件, 根据对象的外形、支撑点特征, 对场景中的对象进行关键点选取。(4) 模型关键点投影。根据已知的平面坐标位置选取的关键点投影到地形表面。(5) 判断模型位置, 建立匹配状态下模型关键点高程信息集。判断模型关键点所在的地形数据的网格位置, 从而获得各投影点所在的高程信息。(6) 建立模型坐标系。根据各投影点高程信息, 判断模型的支撑平面, 并由此建立模型在该位置的坐标系; 由模型坐标系和世界坐标系中间的关系, 计算模型状态调整矩阵。(7) 模型三维姿态实时显示, 根据视点位置、调整矩阵等附加信息, 在场景中显示模型的即时姿态。并读取下一个模型位置点坐标, 转(4), 需要调整匹配方式时, 转(3)。

5 总结

本文分析地物模型与地形模型匹配的相关问题, 研究了几种可行的匹配方法以及各种方法的适用范围和特点, 对构造模型和匹配过程中需要解决的关键问题进行具体分析, 并给出了相应的步骤方法。尤其是四点匹配过程中支撑面的确定及悬空点的判断, 提出了一种有效的姿态匹配算法。

参考文献

- [1] 宋汉辰, 魏迎梅等. 三维对象与地形的匹配方法研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003.
- [2] 刘春雨, 白玉琪等. 三维地形种地物模型构造方法[J]. 计算机运用, 2001.
- [3] 李雷, 蔡彩等. 城市三维地形模型中的关键技术讨论[J]. 北京测绘, 2017, (3).
- [4] 张帆. 基于线匹配的三维重建的研究与实现[J]. 武汉工程大学, 2017.
- [5] 王振龙. 时间序列分析[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006
- [6] 方永兵. 基于时间序列分析的地表沉降数据分析处理[J]. 山东理工大学学报(自然科学版), 2007.
- [7] 夏乐天, 朱永忠, 王桂芝. 工程随机过程[M]. 南京: 河海大学出版社, 2000.

版权声明: ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS