

# 虚拟战场环境中三维模型嵌入的几个关键问题

张中超, 孙继银

(第二炮兵工程学院, 陕西 西安 710025)

**摘要:**文中主要阐述了三维模型与地形整合的几个关键问题,给出了相应的解决方法,并重点解决了四点匹配过程中支撑平面的确定和悬空点的判断,提出了一种有效的姿态匹配算法,对解决虚拟战场环境中军事目标三维模型与地形整合的真实性问题,具有现实意义。

**关键词:**虚拟环境;三维模型;地形整合;支撑平面

**中图分类号:** TP391.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2006)12-0193-02

## Several Pivotal Issues of 3-D Models Inlay in Virtual Battlefield Environment

ZHANG Zhong-chao, SUN Ji-yin

(The Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

**Abstract:** Mainly talks about several pivotal issues in 3-D models inlay, gives relevant solutions, emphasizes on the conformation of the supporting-plane and the judgment of untouched support point in four-support-point matching procession. An effectual arithmetic of occurrence matching is given, and it is realistic to solve the authenticity in the match procession between the 3-D models of military targets and terrain in virtual battlefield environment.

**Key words:** virtual environment; 3-D model; terrain coordination; supporting-plane

### 0 引言

在虚拟战场环境中,随着三维地形的无规律变化起伏,位于地面的三维地物模型和三维军事模型也必须根据它与地面的接触点和邻近地形的局部特征进行姿态的变换,以避免出现部分陷于地下或悬于空中等违背自然规律的现象。文献[1],[2]基于临近地表网格数据提出一种地物匹配的方法;文献[3]提出四点匹配方法中悬空点计算的问题以及对对象结构隶属关系下模型与地形匹配的方法;文献[4]对车辆支撑点投影三角形确定、支撑面计算等问题进行了探讨。上述研究在各自应用领域中进行了试验并取得了可行的效果,但是还缺乏对整合问题中各种可行方法的效率、影响因素的进一步比较和总结,对地形整合中的关键问题,还缺乏深入的研究。

文中着重对地形整合过程中几个关键问题进行分析,对其中的四点匹配方法中相应的支撑平面的确定和悬空点的判断等问题提出了处理方法和实现算法。

### 1 整合过程中的几个关键问题

在虚拟战场环境中,三维地形无规律变化起伏、三维地物模型和三维军事模型纷繁复杂、模型姿态的实时调整、整合方法多样,使得三维模型与地形的整合过程复杂,也使得包括模型整合方法的选取、整合过程中支撑平面的确定、模型坐标系的确定及姿态的实时调整等问题异常突出。

#### 1.1 模型整合方法的选取

实现三维模型和地形的真实感效果是三维模型和地形整合的最主要目的。在实际进行模型整合过程中,除对整合的真实表现进行考虑以外,还要充分考虑不同整合方法对系统处理条件、显示条件的要求等外在条件。三维模型与地形的整合方法多样,不同的整合方法有其各自特点,具体选择哪一种方法需要均衡考虑多方面的因素,包括地形变化的幅度、系统对对象运动表现真实程度的要求和处理速度的要求、三维模型大小和场景细节水平等。

地形是三维模型姿态调整结果评价的参考系,因此地形变化特征是影响整合方法的一个最直接的因素。对于整合方法的讨论主要是基于地形的变化特征进行的,在变化比较剧烈的山地地形中,三维模型姿态整合对支撑地表比较敏感,投影区域的微小变化、地形信息的采样变化等都会对模型姿态造成明显的影响。而在变化较小的平原地形区域,模型的真实感姿态主要由地表的法方向确

收稿日期:2006-02-28

基金项目:总装“十一五”重点科研项目(E/CZWZ01)

作者简介:张中超(1982-),男,河南周口人,硕士研究生,研究方向为计算机应用、指挥自动化系统;孙继银,教授,研究方向为图像处理。

定,而地表相邻位置的法方向变化很小。因此根据地形的变化程度,可以在地形变化剧烈的地形场景中,采用三点、四点面整合的方法,保证模型不出现违背真实感常识的整合结果。而在相对平缓的区域,采用线整合乃至点整合的方法,提高系统对模型整合的处理速度。

对虚拟环境系统,不同的应用目标对环境三维模型的表现要求有很大的不同。虚拟城市等系统侧重于自然景观的三维重现,系统中的大多数三维模型是作为场景中自然对象的一部分而存在的,大多数静态对象的姿态可以在系统初始化中处理完毕,而对于运动对象,由于这些虚拟环境中的地形条件多数具有规则的特征,也可以采用点、线整合的方法进行处理。而在车辆仿真、虚拟战场等应用领域,三维对象成为场景表现的重点,这些对象多数还作为活动目标存在,三维对象集构成整个场景的绝大部分,此时应该采用相对较高精度的模型整合方法。

场景细节水平和三维模型大小也是影响模型整合方法选择的重要因素。在宏观虚拟环境中,场景渲染的重点是对整个场景概貌、布局的表现,单个对象的姿态的精确程度在整个场景中很难得到充分体现,在这种情况下可以对三维对象使用简单的点整合方法以降低整合处理的压力。在虚拟细节场景中,则须采用高精度的姿态整合方法,以保证模型姿态的真实表现。选定模型整合方法后,需要确定若干模型关键点代表整个模型对地形进行整合。模型点的选取,要能够充分代表整个模型的状态,如选择模型中心点、中心线、支撑点集等。在四点整合中,模型点的选取还要考虑支撑平面变化时算法的复杂性问题。

基于以上对整合方法选择的讨论,在实时模型整合中,为在系统处理能力允许前提下,充分提高整个场景的整合效果,还可以对模型进行分类,例如,根据三维模型在场景中的大小、重要性、与视景区域的位置进行分类,把整个三维模型集划分为适用点、线、面整合三类,分别进行整合。在固定视点场景中,还可以根据模型深度信息进行分类等。无论采用何种分类方法,提高系统的整体整合速度,保证重点模型的整合效果都是分类的依据和目标。

### 1.2 整合过程中支撑平面的确定

采用点、线、三点面整合时,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确定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。整合过程中支撑平面的确定主要是指在四点整合中,如何选定构成支撑面的各投影点的问题。

一般情况下,四点面整合中模型的四个关键点在地面形成四个投影点,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,也即确定四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<sup>[1]</sup>。

对于四点整合,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,然后可由下述方法进一步判断最终的悬空点结果。

悬空点的计算和模型代表的真实对象的重心位置相关。如图 1 所示, $P_1, P_4$  为确定的潜在悬空点,模型的前进方向为  $V$ 。由于模型在运动中对原始状态的继承性,在初始状态下,如果模型重心投影位置位于支撑点  $P_2 P_3$  连线的  $P_1(P_4)$  一侧,易知支撑平面为  $P_1 P_2 P_3$ (或者  $P_2 P_3 P_4$ )。假如中心投影落于  $P_2 P_3$  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  $P_2, P_3, P_4$  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相对关键点投影也会发生相应的变化,因此初始状态下,重心投影落在支撑平面  $P_2 P_3 P_4$  内<sup>[5]</sup>。

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,当随着各投影点高程变化,导致重心投影超越对角线  $P_2 P_3$ ,而四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。

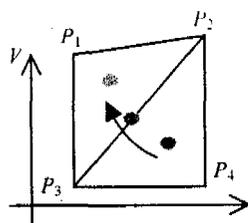


图 1 模型状态变化

在另外一种情况下,发生悬空点的改变,但并不导致离散的新支撑平面,状态仍以连续的方法改变。参照图 1,在模型沿  $V$  方向前进、保持原有支撑平面组合关系的情况下,四个投影点高程的连续变化可能导致四点某时刻位于一个平面上的情况,此时模型的继续前进可能导致悬空点的变化,但支撑平面仍保持连续变化,模型姿态并不发生突变,此时悬空点的确定恢复到初始状态下的情况。

### 1.3 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整合和运动中姿态的连续调整。在点、线、面三类基本的整合方法中,均和由模型关键点投影结果确定模型的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,易得模型整合到世界坐标系中的姿态调整矩阵。

虚拟战场环境复杂,三维地物模型和三维军事模型种类繁多,三维地形的地理特征和模型自身的物理属性决定了军事目标三维模型的表现形式既有静态的,又有动态的。对场景中运动的三维模型,需要实时地保持模型整合方法选择、模型投影、支撑平面确定、旋转矩阵计算等一系

(下转第 198 页)

