

数字地图的三维可视化研究及其若干应用

奚大平¹, 江文萍²

(1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北武汉 430079)

摘要: 三维可视化理论与技术的引入使得传统静态的、平面的地图向动态的、三维的方向发展, 地图的三维可视化正成为 GIS 与数字制图领域的一个新的研究课题. 数字地图及其建库技术的研究为其三维可视化研究提供了有力的技术支持和充足的数据来源. 主要研究基于等高线与离散高程点的地形模型 (DEM) 的建立、兼顾地形 (即基于 DEM) 的街区与街道、居民地模型的建立, 以及植被、道路、水系等各主要要素的三维模型的建立及其显示, 对三维点状地图符号库的建立、模型的动态显示及航空影像的叠加显示等进行了研究. 最后对三维可视化技术在基于数字地图的地貌晕渲、模拟飞行、虚拟城市等方面的应用作了探讨.

关键词: 数字地图; 三维可视化; 数字高程模型; 地貌晕渲; 模拟飞行; 虚拟城市.

中图分类号: TP302.4 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2002)03-0278-07

作者简介: 奚大平(1975-), 女, 助教, 主要研究方向为地图学与地理信息系统.

E-mail: xidaping@sohu.com

1 数字高程模型与地形模型的建立

1.1 数字高程模型的建立

数字高程模型 (digital elevation model, 简称 DEM) 是区域地形的数字表示, 由一系列地面点的 x, y 位置及其相联系的高程 z 按一定的结构组织在一起, 表示实际地形特征的空间分布模型, 它是空间信息系统的一个重要组成部分^[1]. 通过 DEM 可以计算得到该区域中任一点的高程信息, 因此可以基于 DEM 来建立其他地面要素的三维模型.

基于数字地图建立正方形格网的 DEM 有多种途径: 可以根据数字地图所提供的等高线与离散高程点, 通过内插来生成正方形格网的 DEM; 也可以通过先建立 TIN, 再在 TIN 上布置正方形网格, 然后再内插生成正方形格网的 DEM. DEM 数据的质量不仅依赖于原始数据的精度, 而且与内插方法有关. 在 DEM 建立的方法、内插算法的评价及 DEM 数据质量等方面已经取得了大量的研究成果^[2].

1.2 地形模型的构造

计算机图形学中的所有光滑曲面最终都是由多

边形 (主要是三角形) 无限逼近得到的, 因此建立曲面模型的实质是构造用来逼近该曲面的空间三角网^[3,4]. 基于正方形格网的 DEM 建立地形模型的主要技术如下:

1.2.1 顶点法向量的计算 法向量 (亦称法向) 是面上某一点处垂直于该面的向量, 在平面上各点有同一个方向, 因此有同样的法向量, 而在曲面上各点具有不同的法向量. 几何对象的法向量定义它在空间中的方向, 特别定义相对于光源的方向, 因此某顶点的法向量决定了对象在该点上可接受多少光照. 对于正方形格网 DEM 中的各个格网顶点, 必须依次计算其法向量.

(1) 计算三角形法向量. 在三维环境中, 每个面都具有 2 个方向, 因此计算三角形法向量时必须按相同的顺序 (顺时针或逆时针) 从三角形中找出两条有向边, 计算其叉积, 得到的结果就是该三角形的法向量 (如图 1), 一般情况下还要对结果进行单位化.

(2) 计算顶点法向量. 计算每个顶点的法向量有多种方法, 可以简单地将周围三角形的法向直接相加得到, 也可以由其周围三角形的法向加权平均得到, 并对结果向量进行单位化. 权值的取法有多种, 可以是每个三角形的面积, 也可以是每个三角形在该点处的夹角. 该权值代表当前三角形所在的面

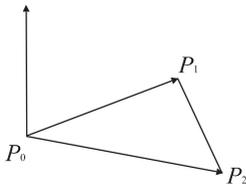


图 1 三角形的法向

Fig.1 Normal vector of triangle

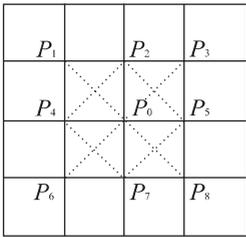


图 2 顶点法向的计算

Fig.2 Calculation of normal vector on vertex

对顶点法向量的贡献大小.如图 2 所示,顶点 P_0 的法向可以由其周围的三角形(实际上是三角面) $\triangle P_0P_1P_4$, $\triangle P_0P_4P_6$, $\triangle P_0P_6P_7$, $\triangle P_0P_7P_8$, $\triangle P_0P_8P_5$, $\triangle P_0P_5P_3$, $\triangle P_0P_3P_2$, $\triangle P_0P_2P_1$ 和 $\triangle P_0P_2P_4$, $\triangle P_0P_4P_7$, $\triangle P_0P_7P_5$, $\triangle P_0P_5P_2$ 的法向加权平均得到.由于其周围参与法向计算的三角形情况不同,因此位于 DEM 边缘或角落的顶点应另外处理.

1.2.2 顶点颜色的设置 如果地表模型不粘贴航空影像,则可以利用地势图中分层设色的原理来对三维地形模型进行分层设色,这主要是通过对各顶点分别设色来实现的.顶点的颜色可以根据其高程值从高程的分层设色表中获得,该分层设色表中所存储的是各高程带所对应的颜色.

1.2.3 三角网的构造 利用规则格网的 DEM 数据可以构建规则的三角网,如图 3 所示,设位于第 i 行、第 j 列的 DEM 格网点为 $P(i, j)$,则由一个格网的 4 个点 $P(i+1, j)$, $P(i, j)$, $P(i, j+1)$ 和 $P(i+1, j+1)$ 可以构造成 2 个三角面: $P(i+1, j) \rightarrow P(i, j) \rightarrow P(i+1, j+1)$ 和 $P(i+1, j+1) \rightarrow P(i, j) \rightarrow P(i, j+1)$,其他的三角面可依次建立.构造三角面时每个三角面中 3 个点的方向必须严格一致,可以都按顺时针方向,也可以都按逆时针方向进行组织,同时必须指定三角面的哪一面作为地表的表面.格网 DEM 也可以转成不规则三角网(TIN),它可以看作是一种由规则分布的采样点生成 TIN 的特例,其代表性的算法是保留重要点法和启发丢弃法,其目的是尽

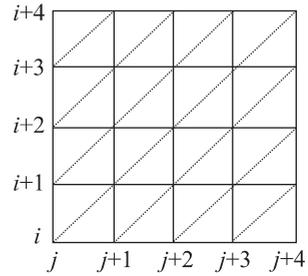


图 3 规则三角网的构造

Fig.3 Construction of triangulated regular network

量减少 TIN 的顶点数目,同时尽可能多地保留地形信息,如山峰、山脊、谷底和坡度突变处.

2 基于 DEM 的地形图线、面状要素三维模型的建立

数字地图为地图的三维可视化提供了丰富的数据来源,如:等高线与离散高程点,居民地的轮廓图形、名称及其楼层数,依比例尺道路的双线,半依比例尺道路的中心线、宽度、等级,桥梁的长、宽、高,河流、湖泊、水库等的水涯线,植被、绿化地等紧贴地表、呈面状或带状分布的要素的范围线,烟囱、水塔等独立地物的定位点等.所有这些数据都为三维地图模型的建立提供了数学基础,同时也使将来实现三维模型的属性编辑与查询成为可能^[5].DEM 在地形图要素建模中的作用主要是为各要素提供高程信息.因此,基于 DEM 构造地形图要素的三维模型的实质是在考虑地形起伏的情况下,在模拟地表的基础上建立其他要素的三维模型.由于地图要素的多样性,其三维模型的建立相当复杂,应分别对待.本文以若干典型要素为例进行了研究,其他要素的模型可参照建立.

2.1 3 个基本算法

2.1.1 算法 A:简单平面多边形的三角剖分 在处于水平(如居民地的顶部)或近似水平(如水域表面)的面状要素建模的过程中,由于多边形的不规则性,同时考虑到多边形绘制的速度及任意多边形在绘制过程中的不稳定性,必须将此类多边形进行三角网剖分,如图 4.为使问题简单化,暂且不考虑多边形内部带孔的情况,只考虑简单多边形.其基本思路如下:(1)求出简单多边形的凹凸顶点;(2)逐次割去一个权值最大的三角形,构造三角形网格,修改多边形顶点链表,并重新计算受影响的顶点的凹凸性.重复

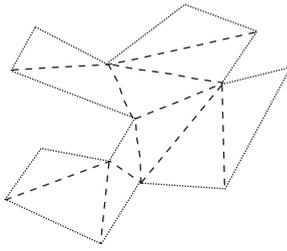


图 4 多边形的三角剖分

Fig. 4 Triangulation decomposition of polygon

这个过程,直到边界顶点链表为空时结束;(3)按最大—最小内角准则,通过局部变换,得到 Delaunay 三角剖分。

2.1.2 算法 B:具有不规则边界的曲面的构造 平面地图上任意的一块植被覆盖区或其他区域(以下简称区域),在三维模型上即成为一个具有不规则边界的曲面(以下简称不规则曲面)。由于地形表面是由规则三角网逼近而成的,所以该不规则曲面可以由区域所覆盖的三角形来构造(如图 5)(注:讨论三角形与区域的关系时只考虑平面坐标)。但是由于 DEM 的分辨率问题,简单地由区域边界内的三角形和边界穿越的三角形构造成的曲面的边界可能是锯齿状的。因此,如何正确处理区域边界穿越的三角形成为曲面构造的关键问题。笔者是通过跨越区域边界的三角形落在区域内的部分进行三角剖分来实现的。构造不规则曲面的基本思路如下:(1)获得区域的最大外接矩形,所有落在该矩形内的三角形均为候选三角形;(2)删除完全落在区域外(与区域不相交)的三角形,则剩下的是用来构造曲面的三角形,同时标记出与区域边界相交的三角形;(3)考察这些与边界相交的所有三角形,在 DEM 分辨率满足要求的条件下(即 DEM 格网、三角形足够小),可以将它们与边界的关系分为如图 6 所示的 2 种情况。在图 6a 中:三角形 $\triangle P_1P_2P_3$ 的一个顶点在区

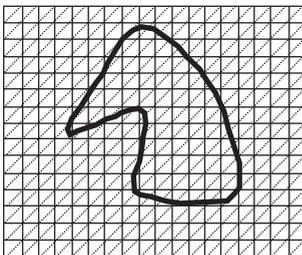


图 5 覆盖在 DEM 上的多边形区域

Fig. 5 Polygonal region covered on DEM

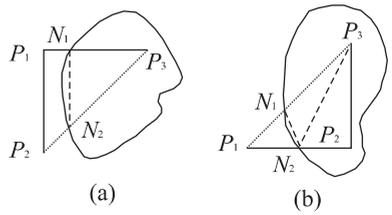


图 6 不规则多边形与三角形

Fig. 6 Irregular polygon and triangle

域内,计算得到三角形与区域边界的交点 $N_1、N_2$ 的平面坐标,同时可内插得到每个交点的 Z 坐标,用新的三角形 $\triangle P_3N_1N_2$ 取代原 $\triangle P_1P_2P_3$;在图 6b 中:三角形 $\triangle P_1P_2P_3$ 的 2 个顶点在区域内,计算得到三角形与区域边界的交点 $N_1、N_2$ 的平面坐标,同时可内插得到每个交点的 Z 坐标,交点与落在区域内的 2 个顶点组成一个四边形,连接该四边形的对角线 P_3N_2 (或 N_1P_2) 则形成 2 个新的三角形 $\triangle P_3N_1N_2$ 和 $\triangle P_3P_2N_2$ (或 $\triangle P_3N_1P_2$ 与 $\triangle N_1P_2N_2$),用新生成的 2 个三角形取代原 $\triangle P_1P_2P_3$;(4)经过更新后的三角形在考虑 Z 坐标的情况下即构成不规则曲面的三角网。

2.1.3 算法 C:基于空间曲线的垂直曲面的构造 平面地图上的一条曲线 $A((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n))$,映射到三维模型上成为一条空间曲线 $B((x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_i, y_i, z_i), \dots, (x_n, y_n, z_n))$,如图 7 所示。在建立三维地图模型的过程中,经常需要以空间曲线 B 为基础,建立一个垂直于水平面的曲面,我们称之为垂直曲面,将它作为某个三维目标的侧面,如建筑物、高架道路等的模型。

设点 $P_1(x_1, y_1, z_1), P_2(x_2, y_2, z_2), P_3(x_3, y_3, z_3), \dots, P_i(x_i, y_i, z_i), \dots, P_n(x_n, y_n, z_n)$ 为组成空间曲线 B 的一系列三维点,给定高度 h ,可以得到位于这些点正上方的一系列新的三维点: $P'_1, P'_2, P'_3,$

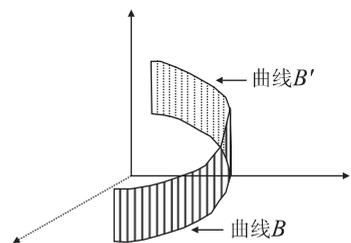


图 7 曲线与曲面

Fig. 7 Curve and surface

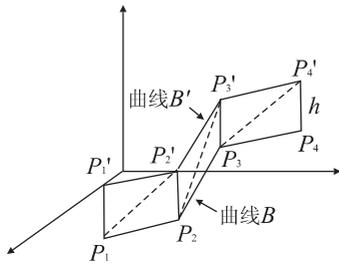


图 8 曲面三角网的构造

Fig. 8 Construction of triangulation network

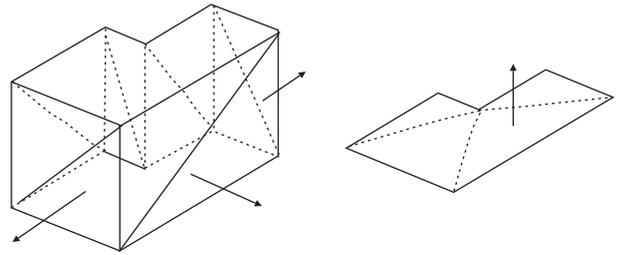


图 9 居民地模型的构造

Fig. 9 Construction of building model

..., P_i' , ..., P_n' . 如图 8 所示, 点 P_1' 的平面坐标与 P_1 的相同, 其 z 坐标为 $z_1' = z_1 + h$, 其他点依此类推, 则形成新的空间曲线 B' . 位于同一平面上的四点 $P_1P_2P_2'P_1'$ 组成一个平行四边形, 沿对角线将它剖分为 2 个三角形 $\triangle P_1P_2P_2'$ 和 $\triangle P_1P_2P_1'$, 同样可以对平行四边形 $P_2P_3P_3'P_2'$ 进行剖分得到 2 个三角形 $\triangle P_2P_3P_3'$ 和 $\triangle P_2P_3P_2'$, 依此类推, 即可形成构造曲面的三角网. 如果曲线 B 封闭, 则其首尾点处需特殊处理. 这样得到的曲面实际上是由一系列平面构成的, 平面之间有明显的转折角. 如果要得到光滑曲面, 则需要计算空间曲线 B 和 B' 顶点处的法向, 否则就需要计算各三角形的法向, 计算法向时要注意其方向.

2.2 街区、街道与居民地建筑物模型的建立

大比例尺地图所提供的资料非常丰富^[6], 可以直接获得如居民地轮廓图形、楼层数甚至建筑材料, 街区、街道, 有关地名注记的数据. 由于从地形图上无法得到楼层高度及有关数据, 所以可以根据实际情况设定一些相关的参数. 此外若有可能还要对数据进行适当处理, 如将街区、街道封闭成多边形等等.

在建立模型时可以遵循这样一个原则: 先建立街区和街道的模型, 然后在街区上建立其他居民地的模型^[7].

2.2.1 街区和街道的模型

根据街区、街道的平面图形从 DEM 获取其边界线上相应点的高程信息, 同时分别设定街区、街道高出于地表的高度为 H_1 、 H_2 (也可以设为 0, 则紧贴地表). 根据算法 B 可以建立平面图形覆盖在 DEM 上的所形成的曲面三角网, 将三角网中所有顶点的高度都增加 H_1 (街区) 或 H_2 (街道), 则得到街区、街道表面的曲面模型; 若 H_1 、 H_2 不为 0, 根据算法 C 可以建立街区、街道模型的侧面三角网.

2.2.2 居民地的模型

基于街区建立居民地的模型的过程大致如下: (1) 根据居民地每个角点的平面

坐标从 DEM 获得一个高程值, 将该值加上街区高度 H_1 , 作为该角点的高程, 所有角点的高程应大致相近, 所以可以通过取平均值或取最小值的方法确定一个值作为该建筑物的基准高程, 以保证居民地模型的顶面处于水平; (2) 由居民地的楼层数和所设定的楼层高度确定居民地的高度 H_3 , 加上基准高程即得到模型顶面的高程 H_4 , 根据算法 C 可以建立居民地模型侧面的三角网; (3) 根据算法 A 对居民地平面多边形进行三角剖分, 将剖分所得的三角形每个顶点的高程设为 H_4 , 则得到居民地屋顶平面的三角网. 如图 9 所示.

2.3 绿化地、植被、水系模型的建立

大比例尺地图上城区内的绿化地、中小比例尺地图上的植被都具有明确的边界, 且都紧贴在地表上. 其模型的构造比较简单, 首先从 DEM 中获取其平面图形的边界点高程, 根据算法 B 即可建立它们所覆盖范围的曲面的模型. 双线河流、湖泊、水库、塘等面状水系要素, 也都具有明确的边界, 并且由于其范围不大、水面近似水平, 所以可以通过平面多边形的三角剖分 (算法 A) 来建立三角网, 同时从 DEM 得到其边界高程从而建立其模型. 至于线状水系要素, 则直接从 DEM 得到线上各点的高程即可进行下一步的图形显示了.

2.4 道路

地形图提供了详细程度不同的道路的有关数据, 如宽度、等级甚至铺面材料等. 如果是双线道路, 必须将其封闭为多边形. 若所给的是道路的中心线, 先要以该线为中心, 根据道路的等级向中心线两边进行扩充得到双线数据, 然后将它封闭形成道路的多边形. 道路模型可以用紧贴地表和高出于地表两种方式来建立, 视其宽度、等级及有关具体情况来确定. 级别低的, 如乡村路、小路等, 可以让其紧贴地表, 而高速公路、国道及其他高等级公路可以让它高出于地表一定的距离, 使之尽可能地接近真实情况.

由于道路数据已经封闭为多边形,因此可以方便地建立其模型。

对于紧贴地表的道路,可以用与绿化地、植被相同的方法建立模型。对高出地表的道路,设定其高出地表的高度后用与街区和街道相同的方法建立其模型。

3 三维点状地形图符号库的建立

地形图符号的图形、尺寸与颜色是用《地形图图式》来规范的;三维符号目前还没有统一的规范,可以依据地形图符号、结合三维环境的特点和要素本身的实际意义来设计出相应的三维符号。三维符号设计好后可以组织在一起,形成符号库。生成符号库的途径有很多,可以用现有的三维模型制作软件,如 3DS MAX,依据设计好的符号来制作模型,再利用转换软件将模型转换为源程序。通过将所有模型的源程序进行编辑,最后集成在一起就形成了三维符号模型程序库。

4 地图模型的显示技术

三维地图模型可以借助三维图形库(如 OpenGL、DirectX 等)来进行显示。显示流程如图 10 所示。在地图模型显示的过程中,所有曲面(如地表)的显示应当使用其顶点的法向及其颜色,而非曲面(如建筑物)的显示,应计算并使用其三角网中各三角面的法向与颜色。此外可以使用纹理技术来增强可视化效果,如在地表上粘贴航空影像、在居民地表面粘贴建筑物影像、在植被和水系范围内粘贴与实际相似的纹理图片等。

对模型实施不同的几何变换可以生成效果不同的三维图形,所以通过对模型实施一系列连续的几何变换,可以实现模型的动态显示。三维环境比平面图形提供了更为广阔的空间,所以利用三维图形库

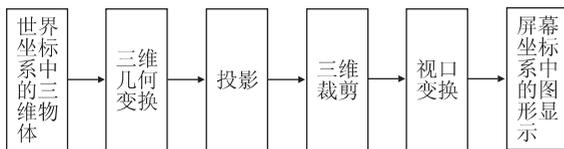


图 10 三维图形的显示流程

Fig. 10 Display procedure of three-dimensional graphics

的功能可以使地图的三维产品可视化效果更直观,可操作性更好,实用性更强。

5 若干应用

数字地图的三维可视化研究具有广泛的实际意义,笔者从地图学的角度出发,对三维可视化技术在地貌晕渲、模拟飞行、虚拟城市等方面的应用做了大量的研究。在实际应用中,首先必须将众多小范围的 DEM 拼接成一个覆盖整个制图区域的完整的 DEM,便于在显示三维图形时根据有关条件实时选取所需范围的 DEM 块,然后在该 DEM 块上显示当前范围内其他要素的模型。

5.1 地貌晕渲

从完整的 DEM 中截取某范围的 DEM 块,将该 DEM 块的中心点作为视线中心点,将位于该点正上方某处的一个点作为视点(即眼睛所在位置)。在显示三维图形时只需要显示该 DEM 块,而不必考虑其他地物要素。这样即可生成当前范围的地貌晕渲图。依据“顶点颜色的设置”可以根据需要重新任意设定分层设色,因此生成的地貌晕渲图可以是单色的,也可以是彩色的。在生成大面积区域的地貌晕渲图时,要求具备比较详细的 DEM,同时要有规律地对整个 DEM 进行分块。每次顺序地选取一块作为当前 DEM 块来生成三维图形,保存结果图片及其有关定位信息。根据这些信息可以将所有的结果图片有选择性地或全部地拼接成一个完整的图片。将生成的地貌晕渲图片与矢量图形进行叠加后,即可以作为电子地图或地图集的底图,也可以印刷出版。图 11 是用于制作《深圳市彩色地貌晕渲挂图》的晕渲图片的一部分(已缩小)。

5.2 模拟飞行

进行三维模拟飞行的前提是建立光滑连续的飞行路径,而根据路径有效地截取得到 DEM 块则是其关键,两者在不同的方面影响着三维模拟飞行的最终效果。路径特征点可以在矢量地形图上获得,也可以在全区域的三维模型上通过鼠标采点获取,在经过光滑后的路径曲线上按所要求的飞行步长(或时间)进行截取即可得到内插点,这些点即为新的路径点。在每个路径点处可以计算得到一系列模拟飞行所需要的参数,如视点位置、视线方向、观察点高度、飞行器位置,还可以得到生成指北针所需要的角度等等。这些参数获取以后就可以方便地进行



图 11 地貌晕渲

Fig. 11 Shaded relief map



图 12 模拟飞行

Fig. 12 Simulant flight



图 13 虚拟城市

Fig. 13 Virtual city

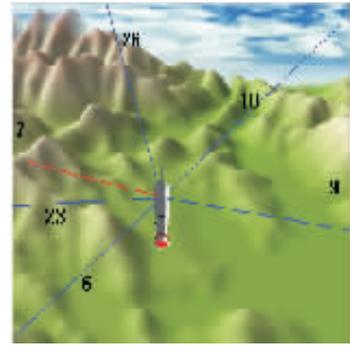


图 14 卫星通视性检测

Fig. 14 Visibility detection of airplane and satellites

DEM 的截取,得到当前路径点处显示三维图形所需要的 DEM 块.如果具备航空影像,则从影像中截取得到相应的纹理块.若不粘贴影像,可以对地形模型进行分层设色.

根据地形图可以为地图模型添加注记,该注记也是三维的.考虑到模拟飞行的方向是任意的,为了让注记真正起到标示地物的作用,可以实时根据飞行的位置计算一个角度,通过旋转这个角度让注记始终朝向观察者.若因硬件或软件的原因不能实时生成图片进行模拟飞行,可以将图片保存到图片库中,然后将其合成为视频,通过播放视频能实现非实时的三维模拟飞行.图 12 是《中国深圳》光盘地图中三维模拟飞行的其中一帧.

5.3 虚拟城市

基于大比例尺城区地形图生成的三维城市模型可称为虚拟城市.由于具备丰富的数据来源,可生成包括点状符号在内的较详细的各地物要素的三维模型.结合平面图形上的各类注记,可以为地图模型增加街道、街区、建筑物等的三维注记.如果有典型建筑物的图像,可以为其相应的模型贴上纹理.这样能

使建立的三维城市模型更加生动逼真.

通过改变观察角度、高度能够实现在虚拟城市内的模拟行走、低空飞行等.图 13 是深圳市的虚拟城市模型,图 14 是基于 DEM 进行卫星通视性检测的例子.

6 结语

可视化技术与虚拟现实技术的结合是今后发展的必然趋势,地图的三维可视化及基于虚拟现实技术的虚拟现实地图必将成为地图学的一个新的研究领域,这方面的研究将促进地图学理论和技术的进步,成为影响地图科学发展的重要技术之一.

参考文献:

[1] 江文萍,杜清运.《中国深圳》光盘地图中三维模拟飞行的研制[J].地图,2000,(4):13-15.
JIANG W P, DU Q Y. Research & development of 3D simulant flight in Shenzhen of China CD-ROM map [J]. Cartography, 2000, (4): 13 -15.

- [2] 郭伦,刘瑜,马修军,等.地理信息系统[M].第一版.北京:科学出版社,2001.
WU L, LIU Y, MA X J, et al. Geographic information system [M]. 1st Edition. Beijing: Science Press, 2001.
- [3] Moore R R, Johnson S E. Three-dimensional reconstruction and modeling of complexly folded surfaces using mathematics [J]. Computers and Geosciences, 2001, 27(4): 401–418.
- [4] Marschallinger R. Three-dimensional reconstruction and visualization of geological materials with IDL—examples and source code [J]. Computers and Geosciences, 2001, 27(4): 419–426.
- [5] 江文萍,杜清运.数字地图三维可视化的若干研究与应用[A].第三届两岸测绘发展研讨会论文集[C].香港:[s. n.], 2000. 80–89.
JIANG W P, DU Q Y. Researches and applications of 3D visibility of digital map [A]. Proceedings of the 3rd Across-the-Strait geomatics conference [C]. Hongkong: [s. n.], 2000. 80–89.
- [6] 周成虎,李军.地球空间元数据研究[J].地球科学——中国地质大学学报,2000, 25(6): 579–585.
ZHOU C H, LI J. Research into geo-spatial metadata [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(6): 579–585.
- [7] 戴福初,李军,张晓晖.城市建设用地与地质环境协调性评价的GIS方法及其应用[J].地球科学——中国地质大学学报,2000, 25(2): 209–214.
DAI F C, LI J, ZHANG X H. GIS method and its applications to evaluation of coordination between urban land use and geo-environmental potential [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(2): 209–214.

Research and Application of Three-Dimensional Visibility Based on Digital Map

XI Da-ping¹, JIANG Wen-ping²

(1. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
2. Faculty of Resources and Environment Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: The application of 3D visibility theory and technology in the cartography science promotes the evolution of the traditional, static and planar maps toward the dynamical and 3D maps, and this has become a new research field of geographic information system (GIS) and digital cartography. The study on the digital map and database provides the edgcutting technology and abundant data resources for the research on 3D maps. This paper discusses the construction of digital elevation model (DEM) which is based on contour and scattered elevation points, the modeling based on DEM and display of other elements of topography map, such as block, street, residential area, vegetation, road network and water system, etc. and gives an account of the establishment of 3D topographical symbol library, dynamical display of the model and the overlay representation with orthographic image. Finally, it explores the application of the 3D visibility technology in shaded relief maps, simulant flights, and virtual cities, etc.

Key words: digital map; 3D visibility; digital elevation model; shaded relief map; simulant flight; virtual city.