

张桀滢,李江风,谭旭,等. 基于 ArcScene 的丘陵地区土地整治三维可视化方法[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):203-207.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.045

基于 ArcScene 的丘陵地区土地整治三维可视化方法

张桀滢¹, 李江风¹, 谭旭², 陈万旭¹, 郑亮¹

[1. 中国地质大学(武汉)公共管理学院,湖北武汉 430074; 2. 国家测绘地理信息局第三地理信息制图院,四川成都 610000]

摘要:随着经济社会的发展和耕地保护压力的增大,土地整治作为提高耕地数量和质量的有效措施,将处于越来越重要的地位。因此,有效提高土地整治规划设计质量,也变得尤为重要。运用三维建模技术,研究在地理信息系统(geographic information system, GIS)平台上构建土地整治三维场景的技术方法,在总结现有研究成果的基础上,针对低山丘陵地区的土地整治项目,提出了 1 套土地整治项目三维场景的构建方案;并且以湖北省黄冈市红安县高桥镇土地整治项目为例,建立土地整治三维场景,实现了土地整治三维可视化。研究表明,该方案可以有效生成土地整治三维场景,地形地物匹配情况较好,三维可视化效果好;最后,对基础数据获取、三维建模等方面的技术进行讨论,提出了未来对该领域研究的展望。

关键词: ArcScene; 地理信息系统; 土地整治; 规划设计; 三维建模; 三维可视化

中图分类号: F301.23 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0203-05

土地资源是国家经济社会发展的物质基础。当前,我国城市化进程加快,对土地的需求越来越大,同时,保护耕地的压力也与日俱增。土地整治是对田、水、路、林、村的综合整治^[1],它作为提高耕地数量和质量的有效措施,将处于越来越重要的地位。因此,提高土地整治规划设计的可行性和合理性,具有重要的现实意义。当前的土地整治规划设计大多

是基于二维计算机辅助设计(computer aided design, CAD)平台进行的,具有很多局限性。实现土地整治规划设计成果的三维可视化可以更直观地展现规划设计场景,辅助技术人员进行规划设计,并且有利于公众参与,以增强规划设计的科学性和合理性。

目前,国内已经有众多学者对基于地理信息系统(geographic information system, GIS)的三维可视化技术作了很多探索,并尝试性地用于土地整治规划设计。对基于 GIS 的三维可视化最早的探索是在三维数字城市领域,一些学者利用 3Ds Max^[2-4]、Sketch Up^[5-7]或 Multigen Creator^[2,8]等手工建模软件构建三维模型,并在 ArcGIS^[2,3,5-7]、Skyline^[4,9]等三维平台上生成三维场景,以建立三维数字城市景观。还有学者将参数化建模(parametric modeling)方法用于三维数字城市,用专业知识和规则来确定几何参数和约束,通过简单地改

收稿日期:2017-11-29

基金项目:湖北省国土整治局技术研究项目(编号:EZC-2014-ZX0568)。

作者简介:张桀滢(1993—),男,湖北老河口人,博士研究生,主要从事土地利用规划研究。E-mail: zjh93@foxmail.com。

通信作者:李江风,博士,教授,博士生导师,主要从事土地利用规划、国土资源调查评价及地质公园规划研究。E-mail: jfli0524@163.com。

[13]袁天凤,邱道持. 重庆市耕地质量分布与经济发展的耦合[J]. 经济地理,2008,28(3):133-146.

[14]张贞,魏朝富,尚慧. 丘陵山区耕地质量的空间格局分析[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(8):901-907.

[15]宋戈,李丹,梁海鸥,等. 松嫩高平原黑土区耕地质量特征及其空间分异——以黑龙江省巴彦县为例[J]. 经济地理,2012,32(7):129-134.

[16]Kraemer R, Prishchepov A V, Mueller D A, et al. Long-term agricultural land-cover change and potential for cropland expansion in the former Virgin Lands area of Kazakhstan[J]. Environmental Research Letters,2015,10(5):054012.

[17]张超,张海锋,杨建宇,等. 耕地自然质量空间分布及其影响因素分析——以北京市大兴区为例[J]. 测绘学报,2015,44(增刊1):75-81.

[18]赵丹,赵华甫,饶杰,等. 基于趋势面的耕地质量空间分异特征及影响因素[J]. 水土保持研究,2015,22(6):219-223.

[19]李涛,孔祥斌,梁颖,等. 基于农户决策行为的耕地质量评价理论与方法构建[J]. 中国农业大学学报,2010,15(3):101-107.

[20]熊昌盛,谭荣,岳文泽. 基于局部空间自相关的高标准基本农田建设分区[J]. 农业工程学报,2015,31(22):276-284.

[21]奉婷,张凤荣,李灿,等. 基于耕地质量综合评价的县域基本农田空间布局[J]. 农业工程学报,2014,30(1):200-210.

[22]路婕,李玲,吴克宁,等. 基于农用地分等和土壤环境质量评价的耕地综合质量评价[J]. 农业工程学报,2011,27(2):323-329.

[23]陈朝,吕昌河. 基于综合指数的湖北省耕地质量变化分析[J]. 自然资源学报,2010,25(12):2018-2029.

[24]赵小娟,叶云,周晋皓,等. 珠三角丘陵区耕地质量综合评价及指标权重敏感性分析[J]. 农业工程学报,2017,33(8):226-235.

[25]王磊,李涛,曹小曙. 基于 ESDA-GIS 的广东省城乡统筹发展空间分异[J]. 经济地理,2012,32(9):44-50.

[26]王永,沈毅. 空间自相关方法及其主要应用现状[J]. 中国卫生统计,2008,25(4):443-445.

[27]谢花林,李秀彬,张燕婷,等. 基于 ESDA 的京津冀地区草地变化空间分异[J]. 自然资源学报,2012,27(7):1224-1232.

变模型中的参数值就能建立和分析新的模型^[10],避免了大量重复式的手工建模,大大提高了建模效率^[11-13]。贾明超等将三维可视化技术引入到土地整治规划设计中,通过建立空间数据库和数字表面模型,探索了可视化技术在土地整治规划设计中的应用^[14]。也有学者探索了利用 3Ds Max 软件建模,并在三维 GIS 平台上生成三维场景,实现土地整治规划设计的三维可视化^[15-16]。肖辉平将参数化建模方法引入土地整治建模中,在 CityEngine 平台上,利用 CGA (the computer generated architecture) 语言编写建模规则,通过设定参数自动生成土地整治三维场景^[17]。石若明等尝试使用面向对象的方法来表述土地整治规划设计,通过编写规则生成规则库与土地整治规划三维要素表达模型相关联,并利用规则在三维场景下智能辅助规划设计^[18]。

这些研究采用了多种方法实现土地整治三维可视化,作出了很多有益的探索,但是主要选取地形平坦的平原区作为研究区域,较少针对不同地形类型的特点,提出适合较复杂地形的土地整治三维可视化方法,导致研究成果的应用具有一定的局限性。而对丘陵地区的土地整治项目三维可视化进行

探索,可以扩大成果应用的范围,使该技术在更多的情况下可以适用。

丘陵地区地形具有一定起伏,在起伏的地形上布设三维模型,容易出现穿插的情况,所以实现地形和地物的匹配接合就尤为重要。本研究试图以无人机航测数据和二维土地整治规划设计成果为基础,利用手工建模的方法,采用数字高程模型(digital elevation model,DEM)修改等数据处理技术,在 GIS 平台上构建三维场景,实现低山丘陵地区土地整治三维可视化。

1 技术路线和前期准备

1.1 技术路线

土地整治三维建模分为 2 个部分,一是三维地形建模,二是三维要素建模^[19]。三维地形建模是指现状地表形态的三维场景生成;三维要素建模是指土地整治规划涉及的各类地物要素的三维建模。根据各要素的布设结果,将要素三维模型匹配镶嵌至三维地形场景中,以此构建规划三维场景。三维可视化技术路线如图 1 所示。

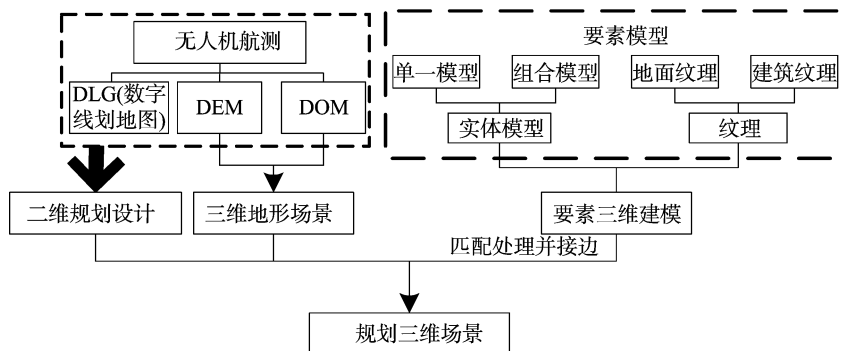


图1 土地整治三维可视化技术路线

1.2 工具与平台选择

目前主流的三维建模软件主要有 3Ds Max、SketchUp、Maya 等。3Ds Max 是目前世界上应用最广的三维建模软件,具有功能强大、操作简单、兼容性好的特点^[20],所以本研究选择 3Ds Max 作为三维要素建模工具。三维 GIS 平台具有强大的空间分析和数据管理功能,三维可视化平台选择三维 GIS 平台。主流的三维 GIS 平台主要有国外的 ArcGIS、Google Earth、Skyline,国内的 SuperMap、GeoGlobe 等。ArcGIS 作为最成熟的 GIS 平台,各类功能最为强大和全面。ArcScene 是 ArcGIS 提供的一个三维可视化环境,非常适合生成三维要素和栅格数据交互的透视图场景^[21],所以选择 ArcGIS 为三维可视化平台。

1.3 数据获取与预处理

本研究涉及到的数据主要有数字高程模型、数字正射影像(digital orthophoto map, DOM)、土地整治工程规划图及各种单体工程设计图、单体工程纹理图片等。

DEM 是用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型。DEM 的数据格式有很多种,目前为止还没有形成统一的数据标准,国内外主要的 DEM 文件格式有中国国家标准地球空间数据交换格式(CNSDTF-DEM)、美国地质调查局格式(USGS DEM)、美国环境系统研究所公司(ESRI)

的 ESRI Grid 数据格式。不同格式的 DEM 数据,高程点的记录顺序都相同,只是文件头格式不同。ArcGIS 软件无法读取 CNSDTF-DEM 格式的数据,通过修改文件头的方式进行数据格式的转换,得到可被读取的数据格式。

土地整治规划设计成果矢量图件均是 CAD 文件,需转换为 ArcGIS 标准的 Shp 格式。通过 ArcGIS 软件,利用分层转换的方法,逐层提取每种规划要素的点、线、面矢量图。

单体工程纹理图片是在进行要素三维建模时贴在实体模型表面的纹理,通过网络搜索收集和实地拍摄 2 种途径采集。

2 要素模型构建

2.1 建模内容

要素建模内容主要包括土地整治项目所涉及的所有工程的建模。土地整治所涉及的工程主要包括土地平整工程、田间道路工程、灌溉与排水工程和其他工程。要素模型按模型类型可分为点状要素模型、线状要素模型、面状要素模型。

点状要素模型主要指土地整治单体工程模型,如机耕桥、渡槽、节制闸、涵洞、涵管和泵站等,也包括树木、电线杆等独立地物。线状要素模型主要是指土地整治项目中的沟渠、道路、田埂、管线等线状对象模型。面状要素模型是指田块、河流、坑塘等要素模型。三维要素模型分类情况见表 1。

表 1 三维要素建模模型分类

工程要素分类	工程要素名称	模型类型
田	平整田块	面状要素模型
	梯田	面状要素模型
水	泵站	点状要素模型
	水闸	点状要素模型
	涵管	点状要素模型
	渡槽	点状要素模型
	农用井	点状要素模型
	沟渠	线状要素模型
	护坡	线状要素模型
	桥梁	点状要素模型
路	道路	线状要素模型
	行道树	点状要素模型
林	防护林	点状要素模型
村	房屋	点状要素模型
	公共厕所	点状要素模型
	水塘护砌	线状要素模型
	场地硬化	面状要素模型

2.2 要素模型构建

根据对要素模型的分类,不同类型的要素模型采用不同的建模方法。对于点状要素,农田水利设施、桥梁等几何模型可根据单体设计图来控制主体结构,在 3Ds Max 中制作出初级模型。然后以规划设计图、《湖北省土地整治工程宣传示范图册》及实地现场采集相片为依据,对初级模型进行进一步的细化处理。线状要素模型构建时将模型沿线状地物走向线性放样即可。对于面状要素模型,由于其结构较为简单,为减少数据量和简化建模步骤,面状要素仅采用贴纹理的方式进行三维显示。

另外,ArcGIS 中自带的三维符号库提供了很多现成的三维模型。如点状的树木、电杆、房屋,面状的田块、水面等在建模时可直接调用。

3 三维场景生成

3.1 DEM 修改

低山丘陵地区地表形态具有一定起伏,但起伏和缓,绝对高程在 500 m 以下,相对高差在 200 m 以下。面状地物覆盖面的范围较大,它的基准面是水平的,但地形有一定起伏。因此,当面状要素模型叠加到地形上时,建筑物与地表会出现穿插的情况^[22]。而且,原始 DEM 数据是项目区的现状地形数据,但是实施土地整治工程后,由于实施土地平整工程及新建基础设施,会导致表面地形的变化。因此,就须要对原始 DEM 进行编辑和修改。

DEM 修改是一个区域性的操作过程,考虑到这一特性,采取切割重构的方式进行 DEM 修改^[23],即将编辑区域内的原有地形进行剔除,通过将面状地物基准面的高程值作为约束条件对编辑区地形进行重构,填补剔除的三维地形模型,达到对地形的局部改造,从而实现地物和地形的匹配。改变区域内三维地形模型的形状和特征,并不改变区域外三维地形的原貌。DEM 修改利用 ArcMap 软件,提取待修改范围内的 DEM,再把修改范围内的 DEM 赋予新的高程值,最后将修改好的 DEM 镶嵌至原 DEM。这样就得到了规划后的 DEM。

3.2 地形场景生成

将 DEM 和 DOM 在 ArcScene 平台上进行匹配。以 DEM 为实体,DOM 为纹理,将 DEM 携带的高程数据赋予到 DOM 上,生成表现地面高低起伏的三维地表。

3.3 要素模型导入

模型制作完成后,可从 3Ds Max 软件导出 *.3DS 文件。将 *.3DS 文件导入 ArcGIS 有 2 种方式。第 1 种方式是将 *.3DS 文件导入 ArcGIS 符号库中,生成三维符号。将各规划要素保存为点,点要素可选择以相应的三维模型符号显示,然后根据二维规划数据中的位置、高程信息,将点要素放置到相应的位置,并赋予其高程值^[15]。这种方式便于大批量生成三维模型,但对模型的编辑较为不便,不适宜进行精细化操作。第 2 种方式是在 ArcScene 中,将 *.3DS 文件导入多面体类型的 Shp 文件。多面体要素可在 ArcScene 中通过移动、旋转、缩放等操作放置在二维规划数据中相应的位置。这种方式便于对模型进行编辑,可以较精细地编辑模型,但需逐个模型编辑,难以批量生成。可根据具体情况,结合要素模型类型选择适当的导入方式。

3.4 要素模型匹配处理

地物要素与地形的匹配大体有 2 种方式:一是调整地物要素以适应地形,即通过调整要素模型布设的姿态和位置来实现匹配;二是修改地形以适应地物,即根据地物约束对 DEM 进行编辑修改,以实现匹配。点状地物模型地形的关系是相对位置关系,主要起示意作用。此类地物要素与地形匹配需要采用调整地物要素的方式,只须要根据位置和高程使空间和地形保持一致,然后根据实际情况调整摆放姿态即可。面状要素模型主要适合采用修改地形的方式进行匹配。线状要素模型在三维环境中主要表现为以原始线矢量为中心线向两边扩展的面,故采用与面要素匹配相同的方式。

4 实例研究

本研究以 2015 年湖北省黄冈市红安县高桥镇高标准基本农田土地整治项目为例,该项目分为六家边和吴家大湾 2 个项目片,本研究以六家边项目片为研究区域,研究区总面积 251.98 hm²,现有耕地 152.06 hm²,建设规模 174.26 hm²。项目区为低山地,一条河流从研究区中心穿过,将研究区分为南北 2 个部分。研究区内土地利用现状以灌溉水田为主,旱地次之,土地利用类型主要有耕地、沟渠用地、道路用地、坑塘用地、田坎、河流水面。

本研究根据上面提出的技术流程,以无人机航测数据和二维规划设计成果为基础,利用 3DsMax 软件和 ArcGIS 10.2 中的 ArcMap、ArcScene 软件,进行研究区的三维建模和三维场景构建,实现土地整治三维可视化。

4.1 数据准备与处理

研究区基础数据来源于所依托的课题项目,主要包括无人机航测获取的研究区 DEM、DOM 以及研究区土地整治规划设计成果。原始 DEM 数据为 CNSDTF-DEM 格式,通过修改文件头的方法转换为 USGS DEM 格式。将原始规划图通过分层转换的方法,分别将路、沟渠、农桥、坑塘、房屋等规划要素导出为 Shp 文件。

4.2 DEM 编辑和修改

由于土地整治项目中土地平整工程的实施和各种设施的

新建,使项目区地形发生变化,需要对原始 DEM 进行编辑。DEM 修改前后情况对比见图 2。

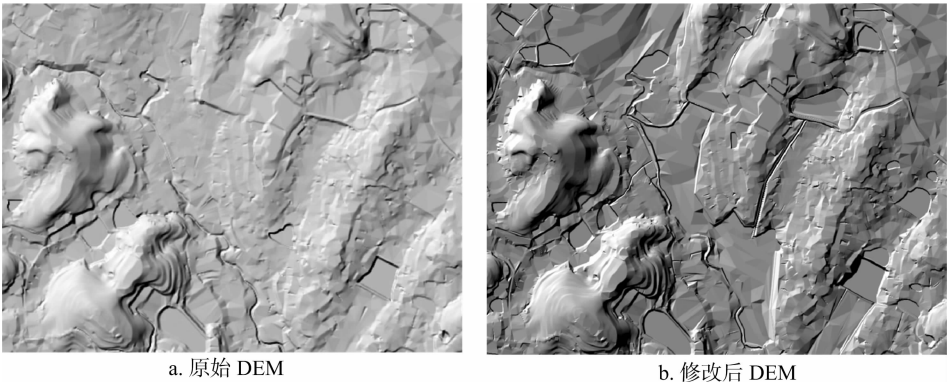


图2 DEM 修改前后对比

4.3 地形三维场景构建

将项目区 DEM 和 DOM 在 ArcScene 10.2 平台上进行匹配,设置 DOM 从 DEM 获取高程值,构建三维地表,如图 3 所示。

4.4 要素模型建模

ArcGIS 系统符号库中包含了三维模型,如树木、电杆、房屋等,本研究尽量直接使用符号库中现成的模型。对于一些复杂的单体利用 3Ds Max 软件进行建模,再导入到 ArcScene 中。

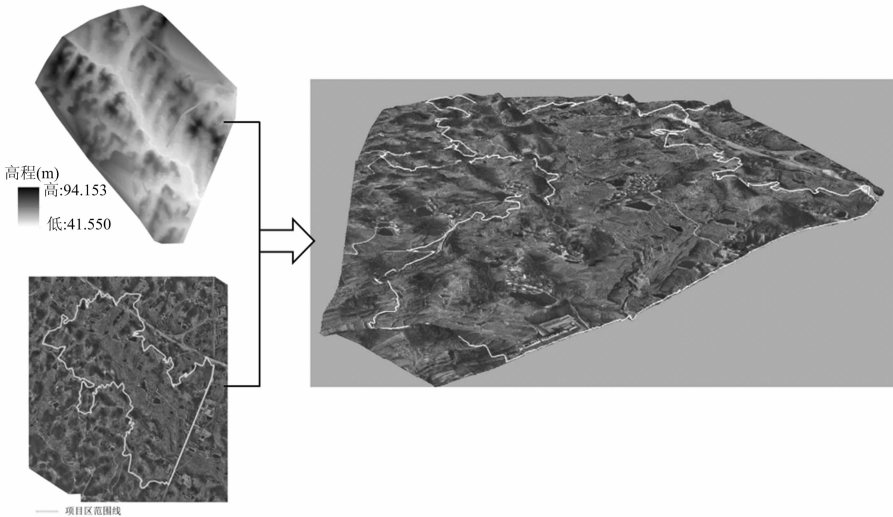


图3 DEM 和 DOM 叠加生成三维地形场景

从 3Ds Max 中导出建好的模型为 *. 3DS 文件,在 ArcScene 中导入为多面体类型的 Shp 文件,并设置好模型位置参数,完成地物模型与地形的匹配;将坑塘水面、晒谷场垂直拉升,实现二维到三维的转变,并添加相应的纹理;对于行道树等简单点要素,在符号选择器中将点设置成对应的三维符号,并根据需要调整模型大小、方向等参数,使其与地形及周围地物匹配。如此,就生成了土地整治三维场景,生成效果如图 4 所示。

5 结论与讨论

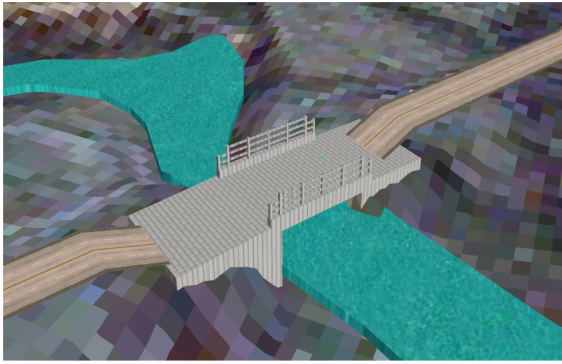
本研究提出了基于 ArcScene 的丘陵地区土地整治三维可视化方法,可以针对地面起伏平缓的低山丘陵地区有效构建土地整治三维场景,实现规划设计成果的直观表达。同时,以红安县高桥镇土地整治项目为研究对象,建立项目区土地整治规划三维场景,可视化效果较好。对土地整治规划设计成果进行三维可视化可以提高规划设计表达的直观性,让非

专业人士也能看懂规划设计成果,更有利于公众参与,以提高规划设计的合理性。

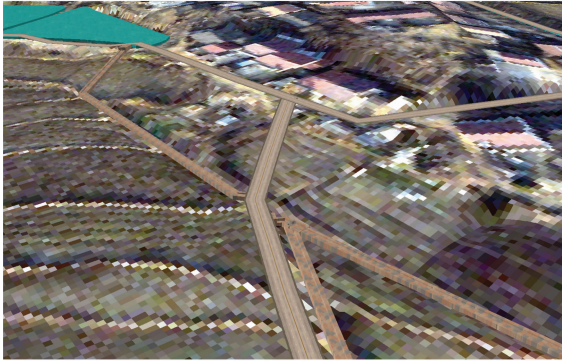
土地整治所涉及的规划设计要素三维模型种类范围不大,可以在后续研究中尝试运用三维模型库技术^[24],构建土地整治三维模型库。在进行三维建模时,可直接调用标准三维模型,并根据实际情况对模型的各种参数进行修改,以提高建模效率。同时,还可以提高土地整治三维场景的标准化程度。

本研究讨论的低山丘陵地区具有地表起伏平缓的特点,须要对 DEM 进行修改,以完成地形和地物的匹配。若要对地形更为复杂的地区进行三维建模,则须要进一步优化地形和地物的匹配方法,以使该方案满足不同条件下土地整治三维建模的需求。

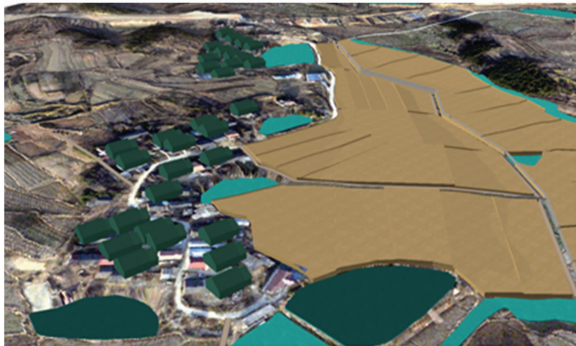
本研究是基于 GIS 平台构建三维场景,但没有充分应用 GIS 空间分析功能,对地形和各规划要素进行分析,以辅助规划设计。这一点在后续的研究中要进一步探索。



a. 桥梁三维场景效果



b. 沟渠和道路三维场景效果



c. 村庄及田块三维场景效果

图4 土地整治三维场景效果

参考文献:

- [1]刘双良. 土地整治规划[M]. 天津:天津大学出版社,2011.
- [2]康红霞. 基于 ArcGIS 的三维景观建模技术研究[D]. 西安:西安科技大学,2006.
- [3]王璐,罗丽芳. 基于 ArcEngine 与 3Ds Max 的三维数字城市研究[J]. 测绘与空间地理信息,2015,38(4):138-140.
- [4]高晋宁. 基于 Skyline 的城市三维景观模型构建研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2012.
- [5]洪德法,杨国东,王志恒. 基于 ArcScene 和 SketchUp 的虚拟校园的建立[J]. 计算机技术与发展,2008,18(12):41-43.
- [6]杜福光. 基于 ArcScene 城市三维可视化研究与应用[D]. 西安:西安科技大学,2010.
- [7]许捍卫,范小虎,任家勇,等. 基于 SketchUp 和 ArcGIS 的城市三维可视化研究[J]. 测绘通报,2010(3):52-54.
- [8]陶维刚,许振峰,毛婧一. 3Ds Max 与 MultiGen Creator 联合建模在建立三维城市模型中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2014,37(7):123-124.
- [9]唐楨,张新长,曹凯滨. 基于 Skyline 的三维技术在城市规划中的应用研究[J]. 测绘通报,2010(5):10-12.
- [10]高岩. 参数化设计——更高效的设计技术和技法[J]. 世界建筑,2008(5):28-33.
- [11]周玲. 基于参数化技术的数字城市三维建模方法[D]. 杭州:浙江大学,2013.
- [12]周长江. 数字城市三维景观建模及可视化技术研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2014.
- [13]张晖,刘超,李妍,等. 基于 CityEngine 的建筑物三维建模技术研究[J]. 测绘通报,2014(11):108-112.
- [14]贾明超,李满春,王宋辉,等. 可视化技术在土地整理规划中的应用——以韶山市为例[J]. 安徽农业科学,2007,35(21):6468-6470.
- [15]陈家赢. 基于虚拟地理环境三维可视化模型的农用地土地整理规划设计[D]. 武汉:华中农业大学,2007.
- [16]李睿璞,卢新海,马才学. 基于 GIS 的农地整理三维可视化[J]. 农业工程学报,2010,26(5):302-305.
- [17]肖辉平. 基于 CityEngine 的农村土地整治三维设计技术研究[D]. 南昌:江西农业大学,2014.
- [18]石若明,朱海勇,陈灿. 基于规则库的三维土地整治规划[J]. 农业工程学报,2011,27(9):323-327.
- [19]张桀漓,李江风. 土地整治规划设计三维建模方法的比较[J]. 湖北农业科学,2017,56(5):957-961.
- [20]翟旭峰,朱杰杰,潘志庚. 3Ds Max 建模及其在虚拟现实中的应用[J]. 计算机仿真,2004,21(4):94-97.
- [21]美国环境系统研究所公司. ArcGIS 帮助库 10.1 [EB/OL]. [2017-10-09]. <http://resources.arcgis.com/zh-cn/help/main/10.1/>.
- [22]李朝奎,刘文斌,路立娟,等. 一种修改建筑物底部 DEM 和 DLG 的实用方法[J]. 测绘工程,2010,19(6):4-8.
- [23]朱海勇. 土地整理规划三维地形模型编辑研究[D]. 北京:北京建筑工程学院,2012.
- [24]王继周,李成名. 城市景观三维模型库的原理、构建及应用[J]. 测绘科学,2007,32(4):20-22.