

Technology of Highway Intelligent Alignment Selection With
Three-Dimensional
Geographical Information

公路三维地理信息 与智能化选线技术

陈 国 〇 著

胡钊芳 〇 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

公路三维地理信息与智能化选线技术

陈 国 著
胡钊芳 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

结合我国道路交通大发展的需求和信息化技术的日新月异,本书结合作者与课题组研究人员十几年来从事公路三维设计和公路三维选线的技术和经验,阐述了基于三维地理信息技术和人工智能技术的公路三维选线和选线优化技术。本书的研究得到了交通运输部西部交通建设科技项目“基于三维地理信息系统的山区高速公路路线优化与评价系统”的支持。与课题相关的三项子课题的研究阶段处于不同时期,所采用基础平台与技术手段都有所不同,本书循序渐进地介绍了这三项子课题的基本原理和应用,结合自主开发的子系统和工程应用实例加以讲解,最终实现了基于三维地理信息的公路智能化选线技术,书中最后章节对公路三维选线技术作出展望。

本书适合从事道路规划、勘察、设计的工程技术人员以及道路专业、桥梁专业、计算机专业的教师、研究生、本科生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路三维地理信息与智能化选线技术 / 陈国著. —
北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016.6
ISBN 978-7-114-13011-3

I. ①公… II. ①陈… III. ①地理信息系统—应用—
公路选线 IV. ①U412.24-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 103351 号

书 名:公路三维地理信息与智能化选线技术

著 作 者:陈 国

责任编辑:尤晓晔

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:10.5

字 数:210千

版 次:2016年6月 第1版

印 次:2016年6月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13011-3

定 价:38.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序

公路选线需要综合考虑的因素非常多,非经验丰富的公路选线工程师难以胜任此项工作,但历史上也不乏经典之作,如青藏公路、抗战中著名的云南腾冲“24道拐”公路等。

随着现代社会的快速发展,对公路选线提出了越来越高的要求,尤其在地形复杂的山区高速公路选线设计中,仅仅依靠人工方式,难以选出较好的方案,如比较方案很多,仅计算工作量就令人望而却步,效率十分低下。随着信息化技术的不断发展,借助先进的工具来辅助决策者和设计者作出正确的判断就有了可能。本书研究了大量国内外技术文献,从智能化、信息化的角度思考问题,在提出研究方法和思路的同时,开发出计算机软件系统加以辅助,这对于公路选线起到了人工方式难以达到的作用,可以弥补人为选线设计中的不足之处。

作者改变了常规的人工选线方式,提出了一种新颖的选线方法,虚拟场景的数据完全来自高分辨率卫星和数字高程模型,能完成公路、桥梁、隧道以及大型复杂枢纽互通的实时化三维定线,该方法已获得发明专利授权。本书作者将发明专利技术应用在公路定线、桥梁选址、隧道洞口方案选定中,已在江西省多个高速公路项目中得到了应用,在地形复杂、地质情况多变的山区高速公路选线与优化设计中,效果更加明显,并取得了良好的经济效益。

本书介绍了基于三维地理信息数据的实时选线方法、原理和步骤,根据工程造价动态调整三维路线,并通过人工智能算法对路线进行优化,和传统的二维选线方式相比,技术独特,创造性明显。这是一项跨行业、多学科的研究,是数模、影像技术在公路上运用的一个发展方向,真正实现数字化设计,为提高公路勘测、设计手段发挥作用。与此同时,书中利用自主创新的技术来进行数模计算、土石方计算、三维选线设计、优化设计,可为公路定线创造更好的经济效益。

本书作者陈国同志在公路三维选线设计方向从事了大量的研究工作,付出了大量的辛勤劳动,在三维选线设计和地理信息技术方面有着丰富的经验,并取得了多项成果,研究成果获得多项省部级科技进步奖和发明专利,拥有全部自主知识产权,书中介绍的公路三维地理信息选线技术已被交通运输部列入交通运输建设科技成果推广目录,有很好的推广应用前景。

胡钊芳

2016年2月22日

前 言

公路选线在公路建设中至关重要,直接影响公路的建设质量和运行安全,在早期技术手段落后的情况下,人们采用的还是在图纸上手工定线,随着计算机技术的普及和发展,公路选线经历了计算机二维辅助选线设计、计算机三维辅助选线设计、地理信息辅助选线设计、人工智能辅助选线设计等阶段,技术手段的不断更新,使公路选线更加高效化、合理化、直观化、智能化,为公路选线量身定制的计算机软件也将在路线方案选择中发挥重要作用。

“公路三维地理信息与智能化选线技术”是作者在 17 年来从事公路三维建模技术、公路三维地理信息技术、公路智能化选线技术三项课题研究的基础上,提出了自己的观点,并成功开发出的一种实时互动的公路三维选线技术。该技术使得设计人员能够在真实的三维地理信息环境下,模拟人的左右眼视觉,在接近真实的场景中完成平面初步定线、三维平纵定线、立体模型定线等步骤,并充分利用计算机处理海量数据的能力,实时计算出全线工程数量,及时对比方案、优化方案,使得公路选线更加合理。

本书共分为 9 章,第 1 章介绍“公路三维地理信息与智能化选线技术”的研究内容和研究意义以及国内外研究现状;第 2 章介绍地形可视化技术和 Delaunay 三角网构网技术的基本原理;第 3 章介绍 VRML 三维建模技术,并阐述自行开发的“公路 VRML 虚拟现实与三维建模系统”(简称 VROAD 系统)的原理以及应用;第 4、5 章在第 3 章 VRML 公路三维模型技术的基础上,搭建了基础地理信息平台,并介绍“基于航测、遥感技术的公路数字影像集成系统”(简称 GLSZYX 系统)的使用步骤;第 6 章介绍发明专利技术:一种公路三维选线方法;第 7 章介绍人工智能算法在公路选线中的应用;第 8 章介绍“公路三维地理信息选线系统”(简称 IROAD 系统)的开发和应用;第 9 章对这些技术提出展望。

本书研究成果的实践应用得到了作者所在单位江西省交通设计研究院有限责任公司的各专业分院、所和部分省内外兄弟单位的积极配合,本专著的编著成书得到了江西省交通设计研究院有限责任公司聂复生董事长和王伟总工的大力支持和指导,在此,谨致以诚挚的感谢!

由于作者水平有限,书中难免会有不足之处,恳请广大读者提出批评和建议。



2016年春节于南昌

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 研究现状	2
第 2 章 地形与公路相结合的三维可视化技术	8
2.1 引言	8
2.2 数字高程模型 DEM	9
2.3 数字高程模型的建立	11
2.4 Delaunay 三角网数字地面模型	16
2.5 地形网格和公路模型的叠加及真实地形的生成	21
2.6 卫星影像信息的叠加	25
2.7 DEM 计算及 CAD 连接技术	28
第 3 章 基于 VRML 技术的公路三维模型	33
3.1 引言	33
3.2 虚拟现实技术	34
3.3 VRML 三维建模技术原理和特点	35
3.4 采用约束 Delaunay 三角网嵌入算法构建一体化无缝 VRML 模型	40
3.5 VRML 技术在公路三维建模中的研究	47
3.6 公路 VRML 模型的延伸应用	52
3.7 基于卫星影像的公路三维 VRML 模型建立	56
第 4 章 基础地理信息平台 GLSZYX 系统设计	61
4.1 引言	61
4.2 研究背景及意义	61
4.3 “基于航测、遥感技术的公路数字影像集成系统”研究	63
4.4 国内外研究现状	64
4.5 项目创新点与经济效益	66
第 5 章 GLSZYX 系统简介	69
5.1 引言	69

5.2 GLSZYX 系统界面介绍	69
5.3 DEM 数据及影像数据预处理	72
5.4 制作三维地形影像裁剪模型	73
5.5 DEM 数值计算	80
5.6 制作三维公路、地形、影像叠加模型	81
5.7 数字影像 CAD 化及工程数量计算	89
5.8 实际运用:基于卫星影像的 DEM 选线技术	91
5.9 GLSZYX 系统总结和展望	93
第 6 章 基于三维地理信息技术的公路选线方法技术	95
6.1 引言	95
6.2 发明专利:一种公路三维选线方法	95
6.3 三维地理信息空间实时交互状态下的平面动态定线技术	101
6.4 基于三维实体模型的三维平纵定线方法	103
6.5 基于空间自动匹配技术的大型枢纽互通三维定线技术	105
第 7 章 人工智能在公路智能化选线中的应用	115
7.1 引言	115
7.2 遗传算法概述	116
7.3 基于混合编码的粗粒度并行遗传算法	122
第 8 章 公路三维地理信息选线系统开发	130
8.1 引言	130
8.2 关键技术研究	131
8.3 支撑环境设计	137
8.4 实施步骤	141
8.5 “公路三维地理信息选线系统”(IROAD 系统)的应用实例	147
第 9 章 总结和展望	153
参考文献	155



第1章 绪 论

1.1 引 言

本书面向当今遥感技术(Remote Sensing,简称RS)、地理信息系统(Geography Information Systems,简称GIS)和全球定位系统(Global Positioning Systems,简称GPS)等3S技术的飞速发展,即空间技术、传感器技术、卫星定位与导航技术和计算机技术、通信技术相结合,在多学科高度集成的对空间信息进行采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用的现代信息技术背景下,使在三维GIS平台下公路选线及优化过程的自动处理或半自动处理成为可能。

“公路三维地理信息与智能化选线技术”项目集成GIS技术、平面优化技术、纵断面优化技术、数学规划法、线性评价技术、三维可视化技术于一体,研究一种全新的公路三维定线优化方法,并开发计算机软件系统加以实现,使得计算机能够智能化完成公路路线选线优化,并对优化方案进行评价,从而最大限度地提高道路综合指标。

在研究“公路三维地理信息与智能化选线技术”的过程中,相关研究人员历经多年的研究和实践,先后开发完成了三套计算机软件系统,分别是“公路VRML虚拟现实与三维建模系统”(简称VROAD系统)、“基于航测、遥感技术的公路数字影像集成系统”(简称GLSZYX系统)和“公路三维地理信息选线系统”(简称IROAD系统)。VROAD系统研究了公路三维建模和模型交互,GLSZYX系统研究了适合公路设计与选线的基础三维地理信息平台,并研究公路三维模型和真实地形的无缝叠加,IROAD系统则在该平台上进一步实现动态三维建模、智能化选线与路线优化。

1.1.1 研究背景

近年来,我国经济飞速发展,为交通运输事业提供了极大的发展空间,人们对出行的要求越来越高,国家对基础设施投资建设的增加,使得公路建设的数量和速度提高突飞猛进、日新月异。道路路线的选线设计工作开始引起人们的重视,在选择一条公路路线时,本研究不仅仅考虑的是它的通过性,而且兼顾考虑包括地质、安全、造价、环境影响、运营等多方面因素,而对这些因素的比选和判断,如果有一个量化的因素,会更为精确。因此,在国内外,从事道路选线、优化研究工作的学者很多,形成了大量的技术方法和应用经验,而这些新的技术和方法,都有一个重要的共同点,就是借助于计算机信息化技术。

计算机技术的飞速发展加快了各行业信息化的建设步伐,在规划设计领域,各种软件系统层出不穷,由于三维可视化与虚拟现实技术的迅猛发展,使得建立三维 GIS 成为可能,三维 GIS 不仅能表达空间对象间的平面关系和垂向关系,而且能对其进行三维空间分析和操作,向用户立体展现地理空间现象,给人以更真实的感受。三维 GIS 成为构建数字地球、数字国家、数字区域或数字城市的关键技术,并且随着 Google Earth 的广泛使用,三维地理信息技术已经逐步走向了大众。

1.1.2 研究意义

本研究可改变传统的选线方式,能在选线的同时看到真实的三维自然场景和路线、桥隧模型,据此进行设计能避免公路设计方案受到不当的人为主观影响,能提高设计的质量和降低劳动强度,并利用海量地理信息数据,集成 GIS 技术、平面优化技术、纵断面优化技术、数学规划法、线性评价技术、三维可视化技术于一体,研究一种公路三维定线和优化方法,并开发计算机软件加以实现,让计算机智能化完成选线,可在应用中产生经济效益。

1.2 研究现状

1.2.1 国外公路路线选线和优化技术发展历程

在计算机技术发展之初,个人计算机尚未出现,美国人就在 IBM370 计算机上利用二维线框实现公路设计方案的三维透视模拟,给整个行业带来示范作用,可见发达国家对信息化技术应用到公路选线的重要性十分重视。几十年过去了,无论是计算机硬件还是应用软件,都产生了数量级的提升和质的飞跃,在公路选线中如何应用好这些软硬件资源来提高技术手段,是本书研究的重点。

在完成公路平面选线设计之后,需要对路线平面、纵断面、横断面进行优化,而在具体实施中,纵断面的优化设计具有较强的可操作性,按当前公路路线的设计习惯,纵断面设计繁杂,计算量大。而纵断面优化研究有助于提高设计效率和质量,且优化成果可以直接应用于生产设计,效果明显,一直以来,纵断面优化都是较为活跃的研究课题。

从 20 世纪 60 年代开始,随着计算机技术的发展,使得理论的数学优化方法成为纵断面优化研究的有力工具,美国、西德、英国、法国、丹麦等国家相继开展了纵断面优化研究,经过多年研究,逐步形成了实用的优化系统,其中具有较大影响有联邦德国的 EPOS 系统、英国的 HOPS 纵断面选线最优化系统、美国的 CANDID 系统和法国的 APPLON 程序等。纵断面优化程序的应用,在一定程度上提高了设计质量,并相应降低了工程费用。根据联合国经济

合作与开发组织于 20 世纪 70 年代初在意大利西西里岛的某高速公路上进行的联合试验表明:使用纵断面优化程序可以节省土方工程量 8% ~ 17%,平均约为 10%,大大降低了道路的建设费用。

在西西里岛的联合试验之后的十多年时间内,许多国家在纵断面优化设计技术的基础上,又对一定范围内的公路平面线形和空间立体线形的优化技术进行研究,并取得初步成果。到目前为止,路线优化设计在理论和应用上整体而言仍处在研究探索阶段。表 1-1 列出了从事路线研究的主要学者及优化研究的数学方法。

公路选线优化主要算法

表 1-1

优化目标	方法类别	研究者及时间
平面线形	微分法	Wan(1995), Howard et al. (1968), Thomson and Sykes(1988), Shaw and Howard(1981 and 1982)
	网络优化法	OECD(1973), Turner and Miles(1971), Athsallassoulis and Calogan(1973), Parker(1977), Trietsch(1987 and 1987)
	动态规划法	Hogan(1973) and Nicholson et al. (1976)
	遗传算法	Jong(1998)
纵断面线形	枚举法	Easa(1988)
	动态规划法	PuyHuarte(1973), Murchland(1973), Coh et al. (1988) and Fwa(1989)
	线性规划法	ReVelle et al. (1997), Chapra and Canale(1988)
	数值搜索法	Hayman(1970), Goh et al. (1988), Robins on(1973), Fwa(1988) and MINERVA(OECD,1973)
	遗传算法	Jong(1998), Fwa(2002)
平纵线形	动态规划法	Hogan(1973) and Nicholson et al. (1976)
	数值搜索法	Chew et al. (1989)
	两阶段法	Parker(1977) and Trielsch(1987)
	遗传算法	Jong(1998), Jha(2000) and Kim(2001)

这些优化方法多偏重于利用计算机强大的数据计算功能,在计算过程中具有难以克服的缺陷。枚举法是对问题可行区域进行尽可能多点组合的搜索,对目标函数没有太多的数学性质要求,计算策略简单,却难以利用有效的已知设计信息,计算量巨大;动态规划法的计算量与网格数目具有指数关系,网格密度的提高会造成计算量增加巨大,而且为了避免状态变量的维数障碍而将变坡点里程等距划分,导致了寻优能力的减弱;解析搜索法具有收敛速度快和处理约束条件方便的优点,却易陷入局部最优,且要求目标函数连续可导,在工程情况复杂目标函数不连续可导时便无法求解。

进入 20 世纪 90 年代后,如遗传算法的现代计算方法有了进一步的发展,并开始应用于路线优化研究中。

最早将遗传算法引入高速公路选线优化的是马里兰大学的 Jyh-Cherng Jong,1998 年在其博士论文中,在分析了现有优化方法的不足之处后,引入了遗传算法。随后在美国、英国和新加坡都开始出现这方面的研究,研究范围从纵断面优化、平面优化到平纵断面的联合优化,其目标函数建立不仅考虑了土石方,而且把隧道、桥梁、交叉道口等因素考虑进去,同时为了目标函数的快速准确建立,把 GIS 和计算机可视化技术也引入优化系统。该方法的基本原理是:首先自动生成连接起、终点的大量方案组成方案集合,然后对各方案进行费用和约束满足情况评价,从方案集合中选出较优的方案进行杂交,以产生下一代方案集合,如此反复计算,直到评价指标没有较大改进为止。

在这方面的研究中,美国摩根州立大学和马里兰大学 Manoj Kumar Jha、Jyh-cherng Jong 等人的研究比较引人注目,Jong 等人开发了同时优化三维空间线形的进化模型,该模型重点强调遗传算法在线形优化中的应用和实现,算法中设计了以控制点坐标为基因构成种群中个体的染色体,用五类方法给定初始线形方案以保证算法中原始种群的信息丰富性,定义 4 种突变和 4 种交叉操作的算子,以保证遗传算法在线形优化过程中的高效性能。Jha 等人介绍了他们在基于遗传算法和 GIS 进行线路优化的成果,并展示了 4 个演示实例。在其开发的系统中用 C 语言实现了方案产生、费用计算和遗传算法优化等算法,其中费用计算是联合 GIS 和 C 语言实现的,可以实现平面、纵断面单独优化或三维空间曲线的联合优化,在展示的实例中考虑了土方、用地、路面、交通事故、时间消耗等费用,考虑了小范围选线时的应用情况,具有一定的适用性和借鉴价值。Kim 等人提出了一个阶梯式的遗传算法求解模型,以提高优化模型的计算效率。该方法先利用模型,选取小数量的控制变量进行一次求解,以此为基础,按一定的原则选取断点,将研究的区域划分为多个合适的子区域,再进行分段的线形优化。Jha 等人在模型的基础上,引入了可达性、亲近性、土地利用的变化三个因素的量化公式,探讨了它们对于道路线形的影响,证实了它们的重要性。Jha 等人利用计算机可视化技术将道路最优线形直观地表现出来,以此作为评价道路方案优劣的基础。

三维地理信息系统服务引擎是三维地理信息系系统计算的核心,它提供核心服务,如远程进程管理服务、资源分配服务、存储访问服务、信息服务、安全控制服务、服务质量等。目的是为用户提供具有同一编程接口的虚拟机器,支持复杂应用问题的求解和广域网上各类资源的共享。具有代表性的三维地理信息系统服务引擎有 gLite、OSG、CNGrid GOS 和 Globus。

EGEE(Enabling Grids for E-Science)是欧盟支持的大型三维地理信息系统项目,目标是采用先进的三维地理信息系统技术建立一个高性能的三维地理信息系统为科学研究和工业提供服务。EGEE 负责开发的三维地理信息系统中间件 gLite 成为国际上重要的三维地理信息系统平台基础。OSG (Open Science Grid)是由美国的大学和研究机构建立的国家三维

地理信息系计算平台。该三维地理信息系统平台的主要目的是将已有的三维地理信息系统加以连接并扩大规模,用于科学研究及开发。OSG 三维地理信息系统软件中各个组件的发展由参加 CERN(欧洲核子研究中心)的 LHC(大型强子对撞机)实验的美国科学家负责。中国国家三维地理信息系统(CNGrid)是国家 863“高效能计算机及三维地理信息系统服务环境”的研究内容之一。其目标是开发技术先进、性能稳定、实用性强的三维地理信息系统软件(CNGrid GOS),有效支撑中国国家三维地理信息系统环境与三维地理信息系统应用的开发、部署、运行管理和维护,实现生产性运行并推广应用。

Globus 项目是美国 Argonne 国家实验室的研发项目,是目前国际上最有影响的和三维地理信息系计算相关的项目之一。Globus 是用于构建计算三维地理信息系统的开放体系结构、开放标准。Globus Toolkit 工具包来源于 Globus 项目,是一个开放源码的三维地理信息系统的基础平台,基于开放结构、开放服务资源和软件库,并支持三维地理信息系统和三维地理信息系统应用,具有较为统一的国际标准,有利于整合现有资源,也易于维护和升级换代。目前国内外大多数三维地理信息系统项目都是采用基于 Globus Toolkit 所提供的协议及服务建设的。因此,该研究采用 Globus 中间件作为应用管理系统的实现基础。

EGEE、Open Science Grid 和中国国家三维地理信息系统三种服务引擎都不是商业产品且不提供源码,因此在应用和后期的维护和技术支持上存在诸多不便。该项目拟采用 Globus 作为平台的三维地理信息系统服务引擎。Toolkit(GT)是建立在 SOAP、WSDL 和 WSI 等 Web 服务技术的基础之上,用来支持分布式状态的管理。2005 年,基于新标准 WSRF 的三维地理信息系统平台 GT4 面世。GT4 是一个开放源代码的三维地理信息系统基础平台,是 WSRF 的实现,基于开放结构、开放服务资源和软件库,能够用来帮助规划和组建大型的三维地理信息系统试验和应用平台,开发适合大型三维地理信息系统运行的大型应用程序,为构建三维地理信息系统应用提供中间件服务和程序库。

1.2.2 国内相关领域研究现状

直到 20 世纪 70 年代后期,我国才开展公路路线优化研究。

(1)2003 年,长安大学的许金良进行基于遗传算法的公路纵断面优化研究。提出了一种基于遗传算法的纵断面优化方法,这种方法可以在一个可行域中自动搜索一个最优或较优解。其基本思想是首先根据纵断面初始解建立一个可行域,通过编码建立染色体与实际设计变量之间的一一对应关系,然后对可行域中的可能解用一个评价函数(适应度)进行度量,利用遗传算法在可行域中选择最优解。实践表明,该方法具有全局解空间搜索能力,从而实现了全局寻优的目的,对道路优化设计是有效的、可行的。

(2)2009 年,赵建三、周林、张正等人建立了高速公路选线模型,利用遗传算法针对路线平面进行优化设计。结合高速公路选线的特点,将选线中要考虑的各种因素转化为一种费



用模型,该模型是一个费用指向的优化问题,设计求解该费用模型的遗传算法,包括进行基因编码、初始种群的产生方法、选择与交叉变异方法设计、约束条件处理与停止规则,最后进行了算法实现,且取得了良好的效果,为今后遗传算法在高速公路选线中的应用提供了有益的思路。

(3)2010年,长沙理工大学的涂圣文等人研究了基于GIS和遗传—粒子群的公路智能选线方法,克服了现有路线优化方法难以用于生产实践的缺点,提出了一种基于GIS(地理信息系统)和遗传—粒子群混合算法的方法,以辅助路线平面方案的选择。该方法以AutoCAD Map为平台,直接支持DWG格式地形图,实时获取路线所经区域的空间信息,为方案决策提供依据。优化算法采用一种遗传—粒子群优化算法,该算法在基本粒子群算法中加入遗传算法的交叉、变异算子,综合了遗传算法和粒子群优化算法的优点。数字试验的结果表明:该算法能很快收敛到最优解,达到最优解迭代次数为35次左右;该方法具备较好的寻优性能,适用于公路智能选线的实践。

该研究指出了同时将GIS技术和智能选线方法结合在一起的重要性,这也是今后研究路线优化技术的趋势。

(4)2010年,山东大学的刘美朋在数字地理模型及道路选线中,将地理信息技术应用到公路三维选线设计中,在前人利用数字地面模型进行道路选线的基础上,结合地理信息系统(GIS),提出了一种新的选线模型——数字地理模型DGM,该模型不但考虑了选线所必需的地形因素,还能依靠GIS栅格数据的叠加原理建立综合数字模型,可以综合考虑多个影响因素对选线的影响,为了能够把多种因素数字化,统一量纲,引入层次分析法来对各个影响因素图层赋值,最后通过GIS的空间分析功能分析得出一条最佳路径。该方法采用了地理信息空间分析技术来进行公路选线 and 优化,但需要依附于第三方平台,不利于加载更加灵活的约束条件。

(5)2012年,长安大学的陈建新等人进行了基于道路综合费用的平面选线模型优化方法的研究,根据道路平面路线方案布置特点,将选线中要考虑的各种因素均转化为费用进行考虑,因而道路平面路线方案也即转化为该模型费用最小化的优化问题。由于道路平面方案优选设计是复杂的多目标决策问题,方案模型的建立在很大程度上影响到项目的运营费用和建设费用,通过对研究遗传算法变异算子对模型影响的分析,设计了一种遗传算法对路线平面线形进行优化,该算法可以提高收敛速度和解的精度,并同时保持优良个体的进化稳定性,在一定程度上弥补了定常参数在克服早熟中缺乏普遍性的缺点。最后,进行了道路优化验证。实验结果表明,该算法无论从鲁棒性和有效性方面都超过了传统的优化算法,说明该算法在道路选线中有很高的应用价值。

1.2.3 国内外研究现状总体评价

目前,在国内涉及公路选线的软件都是公路CAD设计软件,这些软件都是以设计路线、



生成图表为主,其三维可视化还需要借助于第三方软件实现,不能结合地理信息实现三维选线,也没有研究算法实现路线自动选线和优化功能。部分针对公路选线的研究成果不能处理海量的约束条件,很多约束条件还需通过手工处理,势必降低了优化的效率,例如平曲线和竖曲线的关系,平面圆曲线、缓和曲线、直线段之间的拟合,纵断面 T 长的试算等,没有建立一种智能化机制来让计算机自动完成路线的搜索工作。

国外涉及公路设计与选线的软件以下面两种为代表:

(1) 国外软件如德国的 EPOS 系统,它特别适用于公路工程的勘测、设计和出图任务,但在三维可视化互动、智能选线方面却没有深入研究。

(2) 澳大利亚的旷达系统是全球先进的智能化三维路线的优化规划软件系统,其核心技术是由澳大利亚联邦科学院开发十几年的科研成果。旷达系统是结合了卫星图像技术、航测技术及计算机优化技术进行路线三维优化的规划系统,可以将空间影像数据、工程、环境等数据集成对交通基础设施规划方案进行优化,以降低工程的建设及运营费用,缩短路线规划时间,改善对环境的影响等。旷达系统可以帮助铁路、公路规划设计者在选线过程中综合处理复杂的工程、地质、自然环境、社会人文、行车安全等因素,自动大范围搜索可能方案,通过优化计算提供一组低费用方案组供规划者评估决策,帮助设计者确定最佳路线,提高项目的规划质量。该系统虽然利用了卫星影像、数字地面模型等地理信息资料,但整个选线过程还不是完全三维化,而且在设计习惯、计量单位等细节上与我国有所不同,在国内公路设计单位运用非常少。

综上所述,结合我国国情、山区高速公路特点,并利用 GIS 技术、三维实时交互技术、人工智能算法技术来开发公路智能化三维选线系统,将会在实际工程运用中发挥人工无法替代的作用。



第2章 地形与公路相结合的三维可视化技术

2.1 引言

地形与人类的生产生活息息相关,在城市规划、路径选取、资源调查与分配、工程勘查与设计、项目选址、环境监测、灾害预测与预报、军事、游戏娱乐等领域都有广泛的应用,因此人们一直关心如何真实地表达自然界的地形,以满足人类生产生活的需要。目前,地形的表达方式大致分为以下4种类型:

(1)用符号、线条在介质上标绘地形,这是最原始的形式。标绘地形用的介质有绢丝、兽皮、布匹、纸张等,在上面用抽象的符号表示地物信息,用点、线条等几何形状表达基本的地形特征;用数字标注高程等信息,地图、高程图都属于这种类型。这种表达形式的缺点是缺乏真实感,不直观。

(2)采用沙盘表达,把地形按比例尺缩小,道路、山峰、人工建筑物等都进行缩微处理。沙盘是真实地形的缩微景象,形象直观。沙盘至今仍有较为广泛的应用,是表达地形的一种重要形式。

(3)随着计算机、地图测绘、数据库、计算机图形学等理论和技术的发展,人们用计算机表达地形成为可能,电子地图应运而生,成为地形的表达方式。电子地图用矢量数据表达地理信息,比普通介质上符号线条地图有着非常大的进步,不但提供了更为强大的应用功能,如分层显示、定点、图层叠加、查找等,而且更便于管理维护,例如数据查找、地图更新等。尽管这种表达形式有了较大进步,但本质上还是用符号线条来表达地形,缺乏真实感。

(4)随着计算机技术的进一步发展,计算能力的不断提高,使利用计算机进行地形的三维表达成为目前研究的热点,这种地形的表达方式,不但感觉直观、真实性好,而且具有二维电子地图的其他优点,例如分层显示、位置定点、查找等。

三维地形可视化技术是指在计算机上对数字地形模型(DTM)中的地形数据进行逼真的三维显示、模拟仿真、简化、多分辨率表达和网络传输等内容的一种技术。在战场环境仿真、游戏娱乐、工程测量与论证、土地规划、教育培训等众多领域有广泛应用。

随着“数字地球”概念的提出,全国各地的数字化热潮悄然兴起,“数字海南”“数字广西”“数字福建”“数字浙江”等项目也相继启动,各地都把建设数字省市作为推进本地区信