

甘肃省公路技术状况评定系统的应用

张新秀^{1,2}, 马伟中^{1,2}, 汪首元^{1,2}, 李彩霞^{1,2}

(1.甘肃省公路路网监测重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 2.甘肃恒石公路检测科技有限公司)

摘要: 为了科学化、信息化地对甘肃省公路进行养护管理,在分析现有公路技术状况评定系统不足的基础上,详细地介绍该系统开发目的、原理与方法,具体描述了技术路线图,结合总体设计与框架介绍系统各个功能模块的作用。结合相关技术标准开发了基于 Browser/Server 架构的甘肃省公路技术状况评定系统。并利用该系统完成了 2017 年甘肃省路况评定工作,对公路养护决策提供了必要的基础数据,在养护的精细化和养护资金的使用效益方面做出了贡献。

关键词: 技术状况评定; 区间划分; 路段编码

1 前言

到 2017 年底,甘肃省公路网总里程达到 14.3 万 km,位居中国第 17 位,高速公路通车总里程 3 867 km,位居中国第 22 位。14 个市州政府驻地全部以高速公路贯通,54 个县高速公路已开通,县通高速公路比例达到 63%,连霍、青兰、十天、京新等国家高速公路在甘肃境内全贯通。

2001 年,美国开发了道路管理系统“PAVER”,它是通过道面状况指标(PCI)来评价道面状况的好坏。2005 年高达公司开发了美国加州 Oakland 国际机场道面管理系统(APMS)。在中国,2009 年,交通运输部公路科学研究院推出了公路资产管理系统(CPMS),2015 年武大卓越科技有限公司推出的公路全资产管理系统等。总体来说,目前投入实际应用的公路技术状况评定系统在处理检测数据方面方便、快捷。但是,这些系统也存在一些不足。

(1) 路线编码、区间划分、路段划分原则没有统一的标准。

(2) 处理数据效率不高,导入检测数据与导出评定结果响应时间比较长。

(3) 系统交互性不强,资源不能共享。各级公路管理部门评定自己的检测数据,不能有效地汇总整条路的技术状况指数。

随着甘肃省公路里程大幅增加,公路检测数据处

理工作越来越繁重,单机版的路况评定系统已经不能满足整合处理全省路况数据,如何快速、高效、科学和准确地整合处理公路检测数据,如何提高公路检测数据使用效率,并在养护的精细化和养护资金的使用效益方面提供帮助,开发网络版的公路技术状况评定系统迫在眉睫。

2 公路技术状况评定原理与方法

公路技术状况采用公路技术状况指数(MQI)和相应的分项指标表示,计算公式如式(1)所示。公路技术状况评定包括路面、路基、桥隧构造物和沿线设施 4 部分内容,评价指标与相应权重指标(权重按行业标准规定)如图 1 所示。

$$MQI = w_{PQI}PQI + w_{SCI}SCI + w_{BCI}BCI + w_{TCI} \cdot TCI \quad (1)$$

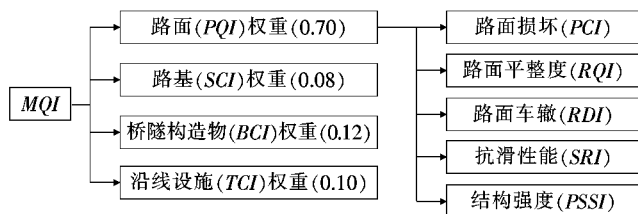


图 1 评价指标图

路面使用性能指数(简称 PQI)分为沥青路面、水泥混凝土路面、砂石路面 3 种类型。沥青路面使用性能包括路面破损、平整度、车辙、抗滑性能和结构强度

5 项技术内容。其中路面结构强度为抽样评定指标,单独计算与评定。水泥混凝土路面使用性能评价包括路面破损、平整度和抗滑性能 3 项技术指标;砂石路面使用性能评价只包括路面破损。路面使用性能指数(PQI)按照式(2)计算:

$$PQI = w_{PCI} PCI + w_{RQI} RQI + w_{RDI} RDI + w_{SRI} \cdot SRI \quad (2)$$

计算权重按照表 1 取值。

表 1 PQI 分项指标权重

路面类型	公路等级	w_{PCI}	w_{RQI}	w_{RDI}	w_{SRI}
沥青路面	高速、一级公路	0.35	0.40	0.15	0.10
	二、三、四级公路	0.60	0.40	—	—
水泥混凝土路面	高速、一级公路	0.50	0.40	—	0.10
	二、三、四级公路	0.60	0.40	—	—

不同的路面类型,路面损坏类型也不同,相应的表格形式也不同,沥青路面损坏类型有 11 类 21 项,水泥混凝土路面损坏类型有 11 类 20 项,砂石路面损坏类型有 6 类。而不同路面类型的路基、桥隧构造物、沿线设施损坏类型相同。路基损坏分 8 类,桥隧构造物有 3 大类,沿线设施损坏存在 5 种类型。路面、路基、桥隧构造物、沿线设施的损坏扣分表可以在相关技术评定标准中查阅,在此不再列举。

3 公路技术状况评定系统技术

3.1 基础数据库

公路路网是错综复杂交错在一起的,梳理并有效地管理路网信息并且实现精准管理才能使公路作用及经济效益最大化。在检测过程中如何将路线信息精准检测,并且各个管养单位的路线桩号精确无误,系统做了详细的路线编码,制定了合理的区间划分原则,最后用算法实现自动路段编码规则。基础数据入库之后,将道路检测车检测百米数据无缝入库,系统自动评定指标并且出具相应的规范报表。

(1) 路线编码:在公路行业基础路线数据是以桩号为基本单元。路线命名与路线编号根据国家相关规范标准进行编码入库,根据规范统一编码可以实现数据共享,形成甘肃省路网数据字典。根据路线编码规则分为不同的类型:G—国道、S—省道、X—县道、Y—乡道、Z—专用道路、C—村道;比如国道 G6 表示京藏高速公路。

(2) 区间划分原则:第 1 级根据路面类型划分区

间,第 2 级根据路面等级划分区间,第 3 级根据不同的管养单位划分,第 4 级根据交通量、路面宽度、收费与否划分。根据路面类型可以分成沥青路面、水泥混凝土路面、砂石路面;不同类型的道路可以按照道路等级分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路和等外公路;根据不同的管养单位划分(库中有 31 个管养单位),再次将路线划分不同的区间,因而使路网检测与管养更加复杂与精准。在该系统中区间编码预留两个字段(超过 99 用字母+数字表示),比如 G6A1 表示前面已经有 99 个区间,第 100 区间就只能用 A1 来表示。

(3) 路段自动编码原则:公路技术状况评定以 1 000 m 为基本评定单元。但是在实际路况中路段的划分是基于区间进行自动编码划分的。在区间的划分中起点桩号与终点桩号肯定会出现非整公里桩号,如何以 1 000 m 路段为基本评定单元,最大限度自动划分成整公里的路段,实现路段自动编码,其基本原则是最大路段长度不能大于 1 500 m,假设区间起点桩号为 $x = \text{整数位}(a) + \text{小数位}(b)$,区间终点桩号为 $y = \text{整数位}(c) + \text{小数位}(d)$, n 为路段编码个数,流程图如图 2 所示。

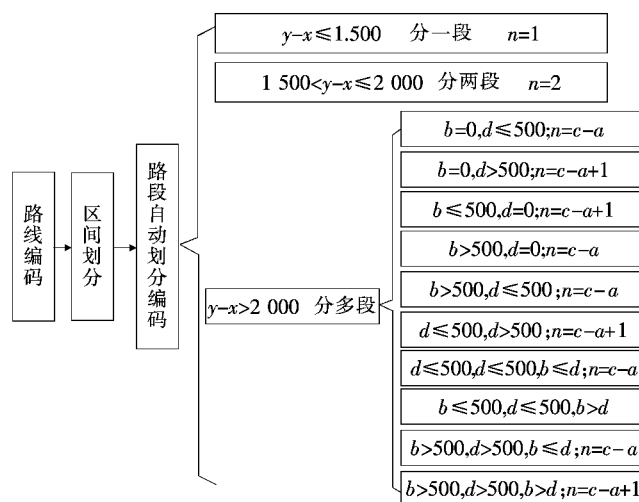


图 2 路线编码流程

根据以上编码规则以 G6 京藏高速公路为例实现系统中的自动编码演示如下:

(1) 入库 G6 京藏高速路线信息主要包括选择路线性质为 G、根据编码规则进行编码为 6,名称为京藏高速、起点桩号 1 423 km、起点名称为刘寨柯、终点桩号 1 692.311 km、终点名称为海石湾、里程自动生成 269.311 km、走向、数据年份 2018。第一次将基础信息入库成功,每年都可以连续使用,如果有信息变动,

可以及时修改。

(2) G6 京藏高速区间划分,按照划分原则要求将甘肃省内的 G6 京藏高速划分为 2 个区间即可,但是为了桥隧构造物成为独立的区间和相同的管养单位,根据不同的管养段划分,以实现县级管养,确保数据的准确性,将 G6 分为 14 个区间。以 G610 为列说明,区间起点桩号 1 629.459 km、起点名称大红山隧道进口、区间终点桩号 1 631.502 km、终点名称大红山隧道出口、区间长度自动生成 2.043 km、管养单位兰州公路管理局、技术等级高速公路、路面类型沥青路面、路段管理方式选择按上下行,系统就会在路段编码中自动编码 A 表示上行 B 表示下行等路段信息。

(3) G610 区间根据路段编码算法: $y-x>2\ 000$,分多段, $b\leq 500$, $d>500$, $n=c-a+1$ 区间,根据 G610 起点桩号与终点桩号可以算出 $n=3$,分别为 G61001A、起点桩号 1 629.459 km、路段长度 541 m; G61002A 起点桩号 1 630 km、路段长度 1 000 m; G61003A 起点桩号 1 631 km、路段长度 502 m。

基础数据入库成功后各个公路管理局用自己的账号与密码登录检索出自己管养的路线信息,根据自动编码好的路段信息录入相应的检测数据,进行自动评定工作。

3.2 基础数据库设计

通过系统建立基础数据库,用户登录一站式综合服务门户快速检索查询各自管养的路线信息与管养里程,多线程的录入路面(路面破损、平整度、车辙、抗滑性能)、路基、桥隧构造物、沿线设施检测数据。实现自动计算、评定、统计、生成各种报表,服务各级公路管理部门。

数据的抽取转换汇聚(ETL):基于空间数据转换处理系统(FME)实现超过 250 种不同空间数据格式(模型)之间的转换,为进行快速、高质量、多需求的数据转换应用提供了高效、可靠的手段。该系统采用 FME 完成公路路网数据的治理,主要包括不同系统之间数据的抽取、不通格式数据的转换、二维数据转空间数据以及数据的检查和入库。业务库采用 PostgreSQL 数据库进行存储和管理,由数据入库得到,包括路线信息(路线名称、起止桩号、管养单位等)、桥梁(涵洞)信息数据(包括桥梁名称、桥梁结构、桥梁档案、桥梁病害等)、路面检查信息(路面平整度检查日期、负责人等)、路面病态信息(破损、车辙、平整度、横向力系数等)及与养护管理有关的公路专题信息以及共享交换而来的业务数据。

公路技术状况评定系统应用架构(图 3)描述了平台的应用部署,以及和核心业务流程之间的作用和关系,通过统一用户认证管理体系、标准规范体系、安全保障体系、运行维护体系,实现平台中基础设施层、数据资源层、资源服务层、平台接口层、业务应用层和流程的信息化和可行性自动化。应用架构受业务需求驱动,它是从业务需求结合技术因素推导出来的,以支撑业务目的和性能目的为目标。系统是由一站式综合服务门户、基础数据、路况数据、等级评定、统计分析、养护决策、系统管理、工具、数据上报一系列服务构件组成,而整体的平台应用架构则是通过一个个模块的实施来实现,所以应用架构也是一种系统架构;既实现业务架构规划的功能和流程;又提供对数据架构和数据实体的封装和访问。

公路技术状况评定系统包括基础信息、路况数据、数据上报、等级评定、统计分析、养护决策、系统管理与工具共 8 个模块。基础信息模块中包含路线信息与评价单元两个子模块,主要实现路线基础信息统一管理。基础信息模块由系统管理员统一录入全省路线信息与区间信息,系统根据分配好的区间信息实现路段自动编码规则,形成甘肃省路网数据字典。路况数据模块主要实现甘肃省 14 个管养单位通过登录系统,实现查看、录入、修改、删除、导出各自的检测数据,实现了检测数据分权录入资源整合成一条完整路线的检测数据。数据上报主要实现下级单位将采集检测数据上报到上级单位进行审核入库功能。等级评定功能实现了分级评定与汇总评定,配置各种规范要求的表格,自动评定路况数据出具相应的检测报表。统计分析根据数据库中数据进行一些图标统计,以直观查看历年检测数据与跟踪历年路况变化情况。养护决策模块主要通过追踪历年的路况检测数据,自动回归验算预测模型联合路面指标决策树给出具体的养护措施以及费用,实现自动出具养护决策报告白皮书的功能。系统管理与工具实现管理员更好地管理与维护系统。以系统管理员与白银公路局为列:首先登陆一站式综合服务门户输入用户名与密码进入系统,系统管理员和白银公路局具有不同功能权限,管理员可以进行数据查询、录入、修改也可以查看全省道路信息,出具所有报表。各个管养单位只能查询、录入、修改、出具自己管养的路线的检测数据与报告。通过给基础数据分配权限使检测数据更加准确,谁管养谁检测最终整合为全省路网检测数据。

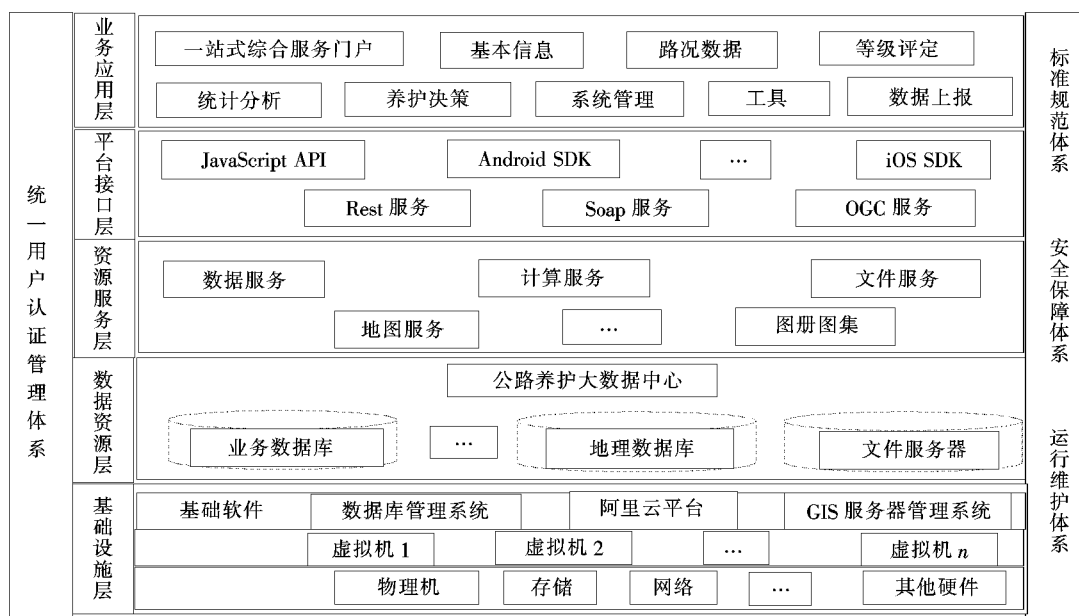


图3 应用框架

4 综合分析与应用

公路技术状况评定系统部署环境为阿里云服务器,数据库采用阿里云 RDS 版数据库,为客户降低了 65% 的总体拥有成本;可扩展平台能够帮助管理数据中心资源,提高 IT 效率和用户满意度,提高投资回报,降低总体拥有成本,加快检索速度。实现云服务的便捷、高效、安全、稳定等功能。

2017 年甘肃省通过使用公路技术状况评定系统评定了 205 条公路,其中包括高速公路 19 条、国道 11 条、省道 38 条、县道 58 条、乡道 16 条和专用道路 63 条,评定总里程达到 18 643.769 km。道路检测车检测全省路面数据用时 3 个月,人工处理数据近 4 个月,后期如果将人工处理的路面检测数据使用 EXCEL 或单机版的 CPMS 进行路面数据评定需要 1 个月时间,相应的路基、桥隧构造物、沿线设施不能同步录入评定。而通过使用公路技术状况评定系统可以实现同步录入各自的检测数据,各管养单位可以使用自己的用户名登录系统,录入路基、桥隧构造物、沿线设施的检测数据,道路检测车采集的路面数据(PCI、RQI、RDI、SRI)可以全部导入公路技术状况评定系统。通过使用公路技术状况评定系统仅需一周时间就能完成路况检测数据的入库与评定,节省了大量的人力,节约了评定时间,实现了信息共享,并且检测数据还按照优、良、中、次、差展现。

5 结语

该文在分析现有公路技术状况评定系统的基础上,针对国内外公路技术状况评定系统中普遍存在的数据不统一、交互性差、效率低等问题,结合相关技术标准,开发了甘肃省公路技术状况评定系统,系统地开发打造了“智能养护”大数据中心,真正打破“信息孤岛”,使全省公路数据一体化,便于使用、维护、更新,用户可以便捷使用最新数据或历史数据,减少数据的重复测量,极大地节省了人力、物力、财力;同时能够提升病害处置与各部门之间的业务协同能力,只要登录平台就可以共享利用所需数据,从而达到提高工作效率、降低业务成本和降低运营成本的目的。同时公路技术状况评定系统建立了方便、高效的数据管理方式及自动化的评定过程,减少了人工的参与,并屏蔽了由人为因素引起的计算错误,可为其他系统研发提供借鉴。

参考文献:

- [1] 刘建勋. “互联网+”开拓智慧交通新格局[EB/OL]. 2017-10-19. <http://www.gsjt.gov.cn>.
- [2] 厉始一. 美国道(路)面状况评定方法[J]. 公路, 1985(9).
- [3] 赵子亢. 国外道面管理系统的建立与应用经验——美国 Oakland 国际机场道路路面管理系统(APMS)项目[C]. 中国公路学会第四届全国公路科技创新高层论坛论文集(上卷), 2008.
- [4] 任鲁杰. CPMS 系统中养护决策模型在新疆的应用[J]. 科技创新与应用, 2014(14).

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2020.01.056

基于分数阶拓展算子 $GM(1,1)$ 模型的高速公路养护成本预测

向红艳, 徐莲怡*

(重庆交通大学 交通运输学院, 重庆市 400074)

摘要: 通过分析高速公路养护成本构成, 探讨日常养护、专修养护、大修养护成本随运营时间的变化规律, 分析成本影响因素及相互关系。基于灰色系统理论, 探讨养护成本随高速公路运营时间的变化规律。对成本历史数据进行数据关联性和特征分析, 构建分数阶拓展算子灰色预测模型, 并设计分子阶数和迭代过程, 提高预测精度。最后, 以某高速公路运营成本数据为实例, 对模型进行了参数标定和应用效果分析。结果表明: 该模型对高速公路日常养护成本的预测效果最佳, 相对误差为 5.17%。

关键词: 高速公路; 养护成本; 灰色预测模型; 分子阶数; 迭代

随着中国高速公路里程的快速增长, 未来将全面进入高速公路网络化运营。高速公路的大量建设必然带来后期巨大的公路养护和维护任务。该文通过对历年高速公路养护成本数据的分析, 尝试对养护成本的复杂性和随机性进行研究, 探索各类别养护成本的变化趋势, 对未来的养护成本进行预测。对高速公路运营管理具有重要意义, 有利于成本管理从事后核算向事前、事中控制逐步转变。

目前, 国内外研究人员在高速公路养护成本预测方面开展了广泛的研究。朱合利等运用系统工程学方法, 对高速公路养护成本影响因素进行了识别, 构建了养护成本分析的解构结构模型(ISM)和多级递阶因素结构模型, 对成本要素的逻辑关系进行了研究; 于英等运用边际成本原理, 将高速公路划分为若干单元, 建立了高速公路交通流量、道路长度、车道数、匝道数、材料设备与养护成本之间的多元回归分析数学模型, 结果

表明, 养护成本随交通流量和道路长度成对数变化; 邱兆文等在高速公路养护费用测算方法中, 构建了养护维修率指标体系, 提出了基于综合路况的单公里养护维修费用计算模型, 为养护经费的合理分配提供决策依据。

上述模型对养护成本的构成和影响因素进行了充分研究, 但由于影响因素的量化和数据收集十分困难, 模型精度有限。该文基于大量历史成本数据, 运用灰色模型处理数据, 建立更为精准的养护成本预测模型, 以利于解析养护成本的变化趋势, 提高预测精度。

1 高速公路养护成本的特征分析

高速公路建设的技术标准高, 其养护工作涉及面广、工作量大, 往往需要使用多种设备, 机械费用高, 以上因素造成高速公路养护综合成本较高。随着高速公

[5] JTG H20—2007 公路技术状况评定标准[S].

[6] 附件 中华人民共和国国家标准 公路路线标识规则 命名、编号和编码 GB 917.1—2000(代替 GB 917.1—1989)(摘要)[J]. 交通标准化, 2001(5).

[7] 孙黎莹. 国标《公路路线命名编号和编码规则》的说明[J].

交通标准化, 1989(2).

[8] 修林岩. Excel2 次开发技术在公路技术状况评定系统中的应用[J]. 公路交通技术, 2010(1).

[9] 康俊涛, 郑冰, 秦世强, 等. 银川滨河黄河大桥养护管理系统的研究与开发[J]. 公路, 2017(4).

收稿日期: 2019-05-10

基金项目: 重庆交通大学研究生教育创新基金资助项目(编号: CYS18222)

作者简介: 向红艳, 女, 副教授. E-mail: xiang_h@126.com

* 通信作者: 徐莲怡, 女, 硕士研究生. E-mail: 354403979@qq.com