

基于GIS的机场道面维护决策系统

孟祥龙¹ 罗成立² 周海忠²

1 辽宁省沈阳市铁西区腾飞一街2甲3号 中国航空港建设第八工程总队, 辽宁沈阳 110021

2 广西省桂林市象山区凯风路90号 95795部队, 广西桂林 541002

2 辽宁省沈阳市铁西区腾飞一街2甲3号 中国航空港建设第八工程总队, 辽宁沈阳 110021

[摘要] 总结国内外机场道面维护决策系统的经验, 根据机场道面维护决策和GIS的特点, 研究建立了机场道面的空间数据库和属性数据库的方法及其管理方法, 介绍了系统关于GIS的主要功能。在简单介绍了系统的开发环境及相关技术之后, 本文着重对该系统主要功能(评价、预测及决策功能)的具体实现进行了研究。

[关键词] 机场道面; 维护决策系统; GIS

Abstract: This paper summarized the advanced experience of building airport pavement maintenance decision system. According to the characters of the airport pavement maintenance decision and GIS, the building methods for space managing database and attribute database were put forward. The main functions of GIS in this system were introduced. After simply introducing system environment and related technology, the system implement of its main functions (evaluation、prediction and decision functions)were emphatically introduced.

Keywords: airport pavement; maintenance decision systems; GIS

1 前言

机场道面维护决策系统的研究起源于 20 世纪 70 年代的美国, 到 20 世纪 90 年代初, 美国、加拿大和英国等国家已经建立起较为完善的机场道面评价体系^[1]。国内机场在机场道面评价体系和维护决策系统方面的研究才刚刚开始, 有些机场虽然对跑道也进行了一些调查评价, 但是对调查的资料却没有很好地保存, 资料也缺少连续性和规范性, 因此对于机场道面的维护, 依然处于依靠工程经验的基础上。随着计算机技术的日新月异, 决策者开始把目光投向一种新技术——地理信息系统^[2]。

地理信息系统(GIS)是一个以地理空间数据库为基础, 在计算机硬件、软件环境的支持下, 对地理空间数据进行获取、存储、编辑、处理、分析和显示的系统^[3]。GIS 作为一项新兴技术, 自 20 世纪 60 年代问世以来, 不断发展和完善, 已经能够成功地运用于机场道面维护决策系统中。与传统的机场道面维护决策系统相比较, 引入 GIS 的有以下独特的优势:

(1) 提供多指标综合、集成的平台。由于道面性状的复杂性, 难以使用单一指标评价管理道面, 使用 GIS 能够直观地综合分析多个单一指标的评价结果。

(2) 提供位置参照系统。不仅能够保证数据采集的位置一致性, 有利于有效数据的积累; 而且能够为机场的其他设施(如管线、信号、排水等)的管理提供地理信息平台; 另外, 还便于将机场的地理信息集成到更高层次的系统中, 如城市地理信息系统中。

(3) 提供了图文一体的道面信息。能够将道面属性信息按需要显示在地图上, 便于决策人员全面了解道面的性状。

南宁国际机场道面维护决策系统充分吸纳当前机场道面维护决策领域中先进技术, 同时也为了有意识地弥补国内机场道面维护决策工作中的某些不足, 将 GIS 技术引入道面维护决策中。笔者以南宁国际机场道面维护决策系统的实际开发工作为基础, 简要介绍了系统中 GIS 的实施方法, 包括数据库的建立和维护、评价功能的实现、预测功能的实现和决策功能的实现。

2 数据库的建立

2.1 空间数据库

本文重点使用美国 ESRI 公司开发的 GIS 插件 MapObjects 2.1 作为 VB 中驱动地理信息资料的控件, 在 Arc/Info 数据模型中, 点, 线, 面, 标注是 GIS 处理空间问题的 4 个基本要素, 任何复杂的系统均可由这 4 个要素复合而成, GIS 中的各种地理特征的数据集是用层的关系来表达的, 可根据使用方便来组成层, 或根据数据代表的专题性质来组成层。按层组织数据, 有利于查询、数据更新、数据分析和保证数据的安全性^[4]。

2.2 属性数据库

属性数据是对空间对象的具体描述, 系统的属性数据包括 2 种: 静态数据, 即道面结构、尺寸等不变数据; 动态数据, 即每年的检测数据。

属性数据也是地理信息系统数据来源的重要组成部分,包括各种调查数据、统计数据、各种文字报告、声音、图片和多媒体等。对于机场跑道,其属性数据内容很多,有已有道面观测高程、板块损坏数据、维修数据、平整度调查数据、抗滑性能调查数据及纹理深度调查数据等与道面有直接关系且不断补充的数据;还有机场方位信息、原始设计数据、各功能区位置及数量、道面板块几何尺寸、道面板块设计高程、结构层组合信息、道面各层厚度信息、道面材料信息等静态数据。

为了解道面现状,作出正确合适的决策,机场管理部门每年都通过各种方式(机械仪器、人工)进行大量的数据检测。在经验管理阶段与一般的科学化管理阶段,检测的数据作为当年决策的依据起到了应有的作用,但都没有进行过深入的应用,尚有许多软件系统在进行新的数据更新时就把历史数据覆盖了。而实际上在道面管理中,历史数据不仅具有保存历史的作用,同时对历史数据的分析可以完成道面数据模型的参数优化,更新相应的专家知识,使道面管理系统更为符合当地的应用实际,并随着时间进行不断的更新与升级。

根据上述原则,本研究提出了以下的历史数据使用与积累方案,并根据方案设计了软件系统。

(1) 为了保证历史数据的完整与不被破坏,将系统的运行数据库与历史数据库严格隔离,当前运行数据库可以加载不同运行范围的数据。

(2) 用户可以调用任何一个具有历史数据的年份整套数据,为了保证所调用的数据的准确性,在调用历史数据的同时,需要同时进行所调用的数据的评价和对策选择等基本分析工作。

系统的空间数据库由 AutoCAD2000 和 ArcView8.1 共同开发维护,而系统的属性数据库则由 SQL Server 2000 来管理,而两者的联接则由 MapObjects 2.1 完成。MapObjects 2.1 作为一个 GIS 控件,其功能需要在 VB 6.0 的主控程序中实现。系统也提供了数据输入的界面。如图 1 所示。

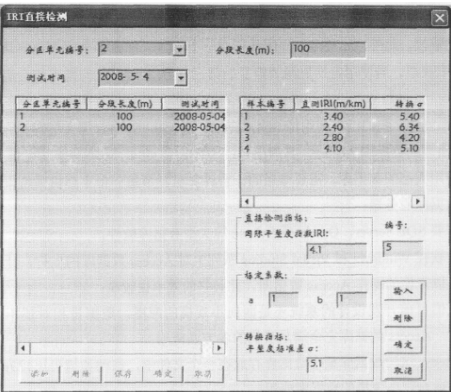


图 1 检测数据输入界面

3 评价功能的实现

道面使用性能具有多方面属性,各自从不同的侧面满足使用要求。因而,对道面使用性能必须有单项使用性能评价,如损坏状况评价、平整度评价、抗滑能力评价、结构承载能力评价等。有时为了评价整个路段的综合使用性能,还应有一个综合评价指标,把各项使用性能的评价综合在一起。

表面损坏状况的评价界面如图 2 所示,主要分为两部分,上面为输入部分,下面为结果操作部分。用户可以根据系统提供的模型与标准进行选择,对评价对象部分也可以进行特殊需求的输入,根据样本编号范围选择感兴趣的道面部分。右侧为评价指标,可根据需要选择合适的指标进行评价。

评价结果的详细数据图表如图 3 所示,右侧部分主要显示指标数据的数据表与曲线分布图。曲线图中的分界线为评价时选取的标准。这样,充分利用图的表现形式,可以将结果以更加完整的方式显示给用户。在图的下方,可以输入专家针对此结果的个人建议。

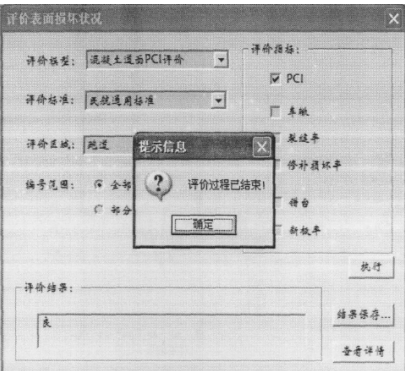


图 2 评价界面图

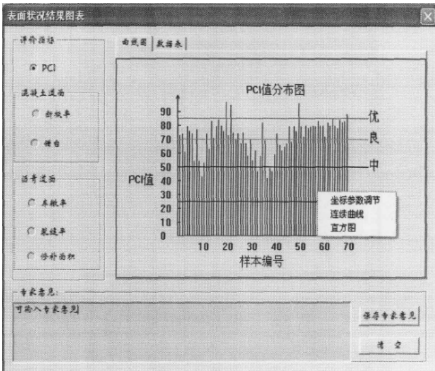


图 3 评价结果的详细数据图

4 预测功能的实现

本系统中,预测主要是指对道面剩余寿命的预估。同样,对剩余寿命的预估分为水泥道面和沥青道面两种,本文

主要分析水泥道面。水泥道面预估模型可以参考我国民用机场水泥混凝土道面设计方法的逆过程，最终获得道面剩余使用寿命预估模型，其流程参见图 4 所示。

仔细分析图的预估流程可知，在飞机机型的选择上，必须依靠人工输入来完成，计算机完成此项任务的条件不具备。关于影响图上的方格数，因其需要将轮印图覆在影响图上计数获取，不在本系统实现范围之列，需用户提前给出，但因轮印图的绘制需道面刚度半径参数，故可分步计算剩余寿命。由用户先给出计算刚度半径的参数，系统为其计算，然后再由用户根据系统的计算结果反馈给系统影响图上的方格数，系统方能继续剩余寿命的预估。水泥道面剩余寿命预估界面如图 5 所示。

选取预测区域，可查看预测区域的面参数，分为原始设计参数和现场勘查计算所得参数两类。
计算道面刚度半径，可以选择刚度半径计算参数。为下一步用户提供影响图格数参数并提供原始数据。

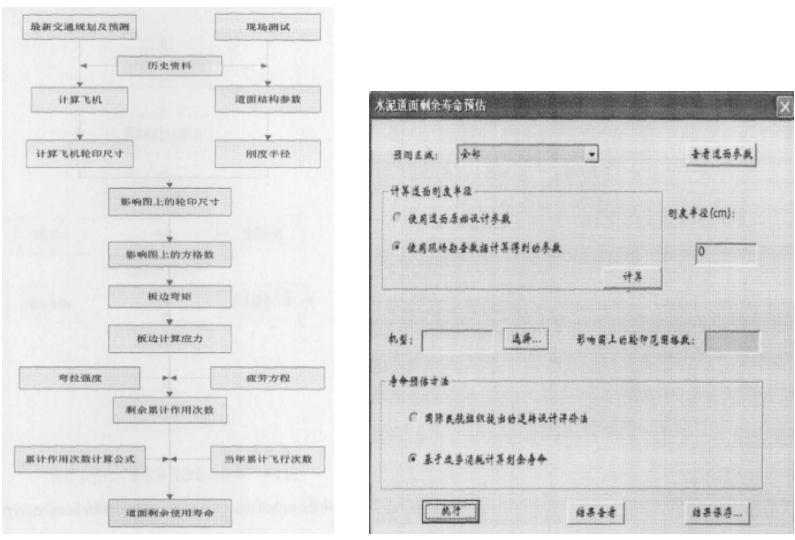


图 4 道面剩余使用寿命预估流程 图 5 寿命预估窗口

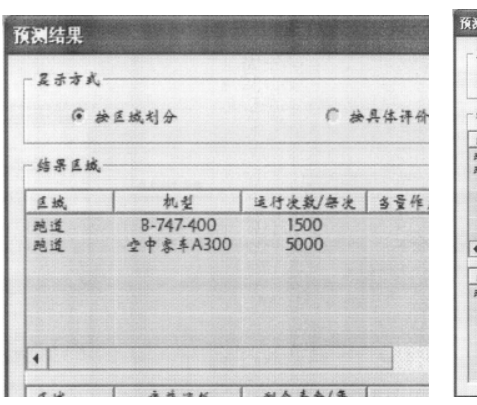


图 6 机型选择窗口

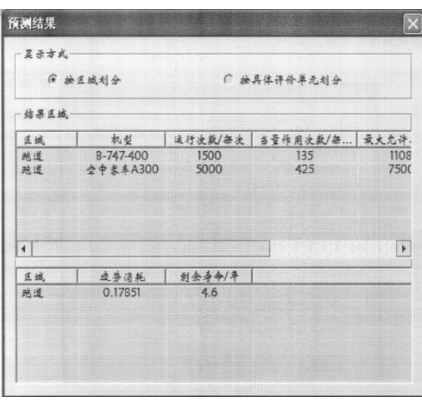


图 7 预测结果显示窗口

有两种方式可供用户选择，按区域划分与按评价单元划分，便于用户根据不同的需求使用，预测结果如图 7 所示。

5 决策功能的实现

这里的决策主要是指制定维修养护方案。下面将简要介绍其实现过程。

在整个流程中，最重要的也是最难的一部分是方案择优。具体算法如下：

首先建立两个集合，方案集 $A = \{\text{方案一}, \text{方案二}, \dots, \text{方案N}\} = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ，影响排序的指标集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 。这里的指标类型取为效益型指标，越大越重要。对于方案 $A_i \in A$ ，按第 j 个指标进行测度，得到 A_i 关于 u_j 的指标值。

$w = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ 为属性的权重向量，其中

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1$$

假设存在理想优先项目 A_0 ，则其因素指标应满足：

$$r_{0j} = \max(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{nj})$$

这样可以构成方案集 A 对指标集 U 排序决策矩阵。

$$R = (r_{ij})_{(n+1) \times m} \quad (i=0, 1, 2, \dots, n; j=0, 1, 2, \dots, m)$$

决策之前，为了消除量纲和量纲单位不同所带来的不可公度性，首先应将评价指标进行无量纲化处理，生成初值矩阵

$$R' = (r_{ij}')_{(n+1) \times m}$$

式中：

$$r_{ij}' = r_{ij} / r_{0j} \quad (i=0, 1, 2, \dots, n; j=0, 1, 2, \dots, m)$$

以 r_{0j}' 为母因素， r_{ij}' 为子因素就可以得到其他方案与理想优先项目的关联度矩阵

$$F = (F_{ij})_{(n+1) \times m} \quad (i=0, 1, 2, \dots, n; j=0, 1, 2, \dots, m)$$

式中：

$$F_{ij} = \frac{\min_n \min_m |r_{0j}' - r_{ij}'| + \lambda \max_n \max_m |r_{0j}' - r_{ij}'|}{|r_{0j}' - r_{ij}'| + \lambda \max_n \max_m |r_{0j}' - r_{ij}'|}$$

式中，常数 λ 称为分辨系数。通常取 $\lambda=0.5$ 。

方案 A_i 在理想优先项目 A_0 上的投影值为灰色关联投影值 D_i ，简化计算公式为：

$$D_i = \sum_{j=1}^m F_{ij} \overline{w_j}$$

式中：

$$\overline{w_j} = \frac{w_j^2}{\sqrt{\sum_{j=1}^m [w_j]^2}}$$

$\overline{w_j}$ 称为灰色关联投影权值^[5]。

经过上述步骤，就可以得到各建设项目投影值。根据这些投影值的大小，可对多指标灰色关联建设项目作出科学的排序比较和分析。

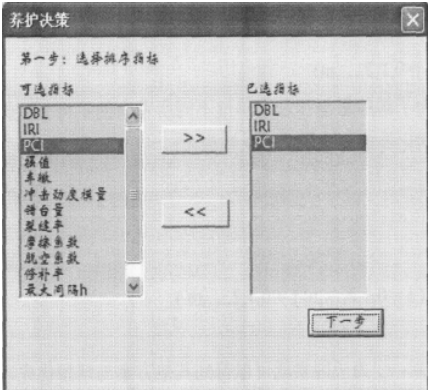


图 8 指标选择窗口

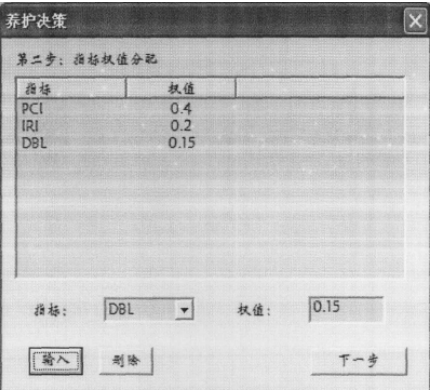


图 9 指标权值输入窗口

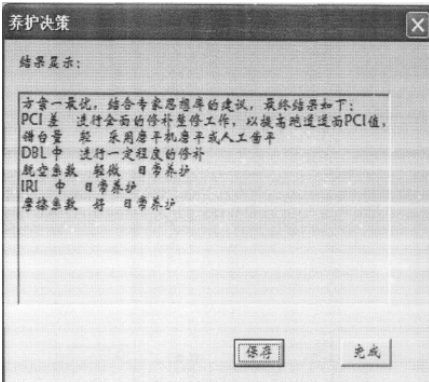


图 10 专家方案录入窗口

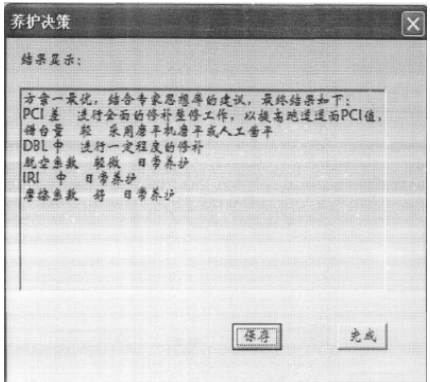


图 11 决策结果显示窗口

养护决策的结果与专家思想库相关联，是根据最优方案得出的结论制定的。如图 8、9、10、11 所示。以下图 12 是专家思想库管理操作界面。

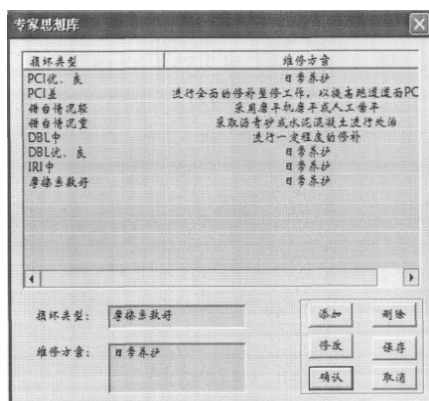


图 12 专家知识库操作窗口

6 结语

本文以 GIS 技术分析处理地理空间数据的强大功能为依托,重点研究与设计实现道面维护决策系统,该系统集成道面主要使用性能的评价功能,另具备一定的预测决策能力,将多年来以设备检测,人工计算为主的机场道面检测评价向科学化、智能化、实时、高效的方向推进。目前该系统正由南宁国际机场使用,实践证明,本研究实现了 GIS 与机场道面维护决策的结合,为建立符合中国实际情况的机场道面维护决策系统奠定了基础。

[参考文献]

- [1] Steven Papaleo of Airplan. Airport pavement maintenance management systems summary report[R]. Australia, Airport Planning Pty Ltd, 1998.
- [2] McNerney M T. The state-of-the-art in airport infra-structure management using geographical information system. Paper, 00779.
- [3] 陈俊, 宫鹏, 实用地理信息系统 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [4] 王伟长. 地理信息系统控件 (Active X) [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [5] 崔洪军, 陆建, 王炜. 基于多目标灰关联投影法的道路建设项目排序模型. 交通运输工程与信息学报. 2004 年 9 月. 2 (3). 83 ~ 87.