

不同层次的 ETC 系统评价

纪平, 陆 键, 叶 凡, 项乔君
(东南大学交通学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 对同一系统, 不同的应用层次有不同的评价要求, 应采用不同的评价策略和方法。作者在研究中分析了 ETC 不同应用层次的评价需求, 析出了 ETC 的评价基本内容, 在此基础上对 ETC 的评价基本要素及适用的评价方法进行了简要分析。最后尝试从决策、投资两层次, 提出了不同的评价策略及可采用的评价方法, 构建了不同的评价框架, 为 ETC (进而 ITS) 的评价方法研究打下了一定的基础。

关键词: ITS; ETC; 评价框架; 评价方法

中图分类号: U491

文献标识码: A

Evaluation of ETC System in Different Hierarchies

DING Ji-ping, LU Jian, YE Fan, XIANG Qiao-jun

(Transportation College, Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China)

Abstract: For the same system, there are different evaluation demands in different application hierarchies, accordingly, there must be different evaluation strategies and methods applied. This paper firstly analyzed the demands of ETC evaluation in every hierarchy, and resulted in the basic contents of the ETC evaluation. Furthermore, basic elements and methods of ETC evaluation have been discussed briefly, the different evaluation strategies and methods according to the two hierarchies; decision-making and investment project selection were also proposed, and corresponding evaluation framework was established. The results could be used as references for future ETC evaluation research and the ITS evaluation research.

Key words: Intelligent Transportation System (ITS); Electronic Toll Collection (ETC); Evaluation framework; Evaluation method

ETC (Electronic Toll Collection) 作为 ITS (Intelligent Transportation System) 的子系统之一, 为解决因道路收费引起的拥挤、延误、能源过多的消耗与环境污染等问题提供了解答, 在欧美等国得到了成功的运用。该项技术发展的逐渐成熟为我国不停车收费的实施提供了必要的硬件准备, 而我国近阶段经济高速发展、交通设施急速扩容、收费道路迅速普及, 正是投资建设 ETC 系统的良好时机。但我国的 ETC 项目进展并不顺利, 其实施面临着各种各样的问题, 有些大项目碰到了很复杂的协调问题, 有些项目正式运行后因多种原因无法扩大规模, 其问题的关键在于: ETC 在我国能得以成功运用除必须有一定的经济基础、相

应的政策导向、相对成熟的技术和标准等条件外, 最重要的是决策者、投资者及公众等各阶层对 ETC 的客观认识, 对其技术性能及应用所产生的效益的深入了解, 因此 ETC 的评价显得尤为迫切及重要。

在国内 ETC 的评价研究基本属于空白, 而国外相关的研究, 大都是从交通性能、交通安全、能源与环境等几方面对 ETC 分别进行分析评价^[2-4], 总体说来 ETC 的评价缺乏一套综合的评价体系, 而评价体系的建立首要条件是评价内容和范围的确切界定。因此从不同层次的评价需求出发, 析出各层次的评价内容并由此构建不同层次的 ETC 评价框架, 是 ETC 评价研究的第一步。

收稿日期: 2003-06-19

基金项目: 国家十五攻关课题资助项目 (2002BA404A01)

作者简介: 丁纪平 (1962-), 女, 江苏南京人, 在读博士, 研究方向为交通运输规划与管理。 (dingjiping@163.com)

1 ETC 评价需求分析

1.1 ETC 评价的特点

ETC 集成了各种技术如：车辆自动识别、车辆自动分类、违章处理等技术，由这些技术所集成的 ETC 系统作为道路设施，作用于交通流，起到了改善收费区的交通流条件及周围环境、提高收费效率的作用，解决因收费出现的交通拥挤、能源与环境污染、能源过多消耗等问题，它溶合于传统的收费设施中，可看成是传统的收费设施的技术升级，同时它又是 ITS 的一个独立的子系统，故 ETC 项目具备了传统的交通设施及 ITS 项目的双重属性，评价 ETC 项目，既要考虑其应用对交通流改善的作用，这时可将其作为交通设施来评价，但又要考虑其集成各种技术后所具备的功用及技术性能，这时可将其作为 ITS 的子系统来评价。

1.2 ETC 评价需求分析

对于 ETC 项目的评价，在决策、投资、项目的实施管理、交通管理与控制、交通规划与设计、系统设计及集成等不同层次上，对 ETC 项目存在不同的期望目标。因而其评价的角度各不相同，决定了各具其不同的评价内容，ETC 项目各层次的期望目标及对应的评价层次关系如图 1 所示。

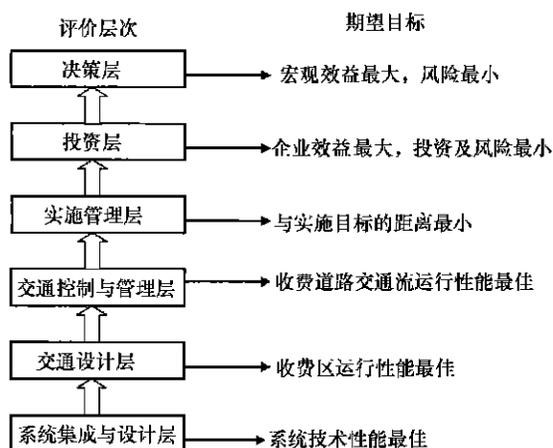


图 1 不同评价层次的期望目标

ETC 系统的设计与集成是最基本的部分，在最底层，其它各层的目标的实现都以其为基础，而决策层是最高层，其目标的实现是建立在其它各层次目标的基础之上的。

(1) 系统集成层的评价

ETC 系统集成是基础的层次，在这个层次上，需考虑的问题是怎样才能将各种技术集成为一个性能全优的 ETC 系统，要了解所集成的 ETC 系统的科学性、

合理性、兼容性、可扩展性，是否能包容现有的系统和设施并与其协调、对各种功能的实现程度等，在该层面上对评价的要求是，对所集成的系统的技术性能进行全面的评价，为系统集成者优化系统的集成设计方案提供依据。

(2) 交通设计层的评价

交通设计层的目标是建立在系统集成层目标实现的基础之上的，因此该层次的评价须是在充分了解各种技术组成的 ETC 系统技术性能的基础上，进一步了解所设计的 ETC 系统对交通流的作用及与交通流相关的一系列影响。因此，该层面上对评价要求是：在系统集成层评价的基础上，还需对 ETC 的实施后交通条件改善程度等方面进行全面的评价，为规划设计者优化设计方案提供依据。

(3) 交通管理与控制层的评价

借助于 ETC 系统，可以通过一系列的管理控制策略如可变收费、运动称重等进一步实行收费道路交通的控制和管理，相对于收费区的交通流其影响范围更广。在这个层次主要是要了解整个收费道路或道路网的交通流运行情况，针对 ETC 对交通管理与控制的支持作用进行评价。

(4) 项目实施管理层的评价

在这个层次上，主要是要了解各种实施策略产生的影响，知道目标有无偏离并及时调整实施策略。所以项目实施管理层的评价需求是针对各种实施和管理策略评价其对目标的实现产生的影响，也就是从用户需求及立项的目标出发，分析评价项目的实施及管理策略产生的影响。

(5) 投资层评价

在投资这个层次，所考虑的是选择“做什么”的问题。在系统集成设计及交通规划与设计时，可以形成多种不同的技术方案，具体选择那种方案，是投资者要决定的问题，投资者所要了解的是这些方案产生的效果，在此基础上作方案的比选。因此，这个层次对评价的要求是分析各种技术及由这些技术组合而成的系统对交通系统的各方面产生的影响及目标的实现程度，为投资者进行项目比选提供依据。

(6) 决策层评价

在决策者这个层次，所要考虑的是是否要应用这项新技术及是否要采用这个系统，也就是要回答“做不做的问题”。在这个层面上需要对该项目所能带来的回报、所需的投资等有一个宏观的量的了解。因此，该层次的评价要求是对 ETC 系统在各方面产生的影响做出宏观的效益分析并进行初步的量化，作为

决策的依据,以决定是否采用ETC系统。

ETC项目的评价按不同的评价层次的评价需求可组成不同的评价,但就其基本评价内容来说,这些评价主要由ETC的技术性能评价、效益评价两个基本元组成,这两部分为ETC评价的基本内容。

2 ETC评价的基本要素

2.1 ETC的主要技术性能^[5]

ETC系统最终获得的效益水平取决于它的技术能力和性能。系统的技术性能主要包括两个方面:(1)仅取决于系统结构的系统性能(2)基于系统设计的运行性能。

(1) 仅取决于系统结构的系统性能

系统的技术构成、子系统之间的接口等因素决定了ETC的系统结构,同时也决定了其系统性能,系统的性能包括系统结构的科学性、合理性、兼容性、可扩展性,是否能包容现有的系统和设施并与其相协调。

(2) 基于系统设计的运行性能

对系统运行性能主要表现为系统在运行过程亦即在实现功能的过程中所表现的各项特性及实现各项功能的效率、功能的实现程度等,在ETC系统中具体表现为系统对车辆的自动分辨程度、车辆自动分类的准确程度、交通监控的效率、收费管理的效率、信息传输的安全性、通信容量的充分性、系统的可靠性和可维护性、降级模式下的系统安全和可利用性等特性。

2.2 ETC的效益

通过对国外现有的ETC应用所产生的效益的分类汇总,可发现ETC的效益主要产生于交通性能、交通安全、能源与环境、费用与效率等4个方面,图2至图5为研究中收集的各国ETC应用的效益数据^[2~4]。

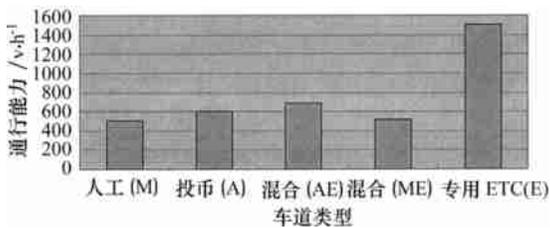


图2 不同类型车道的通行能力

上述各图表明:ETC的实施的确在交通性能、安全、能源与环境、费用等4个方面产生了一定的效益,但如何评价这些方面的效益,必须视不同的评价需求选取合适的评价方法和指标。

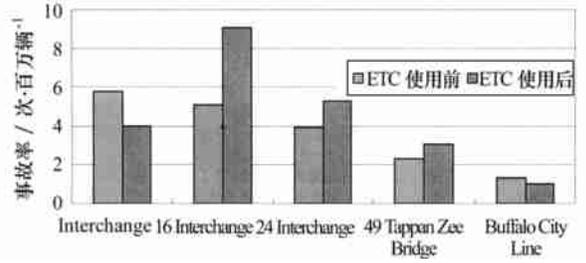


图3 纽约州际公路收费站ETC使用前后事故率比较

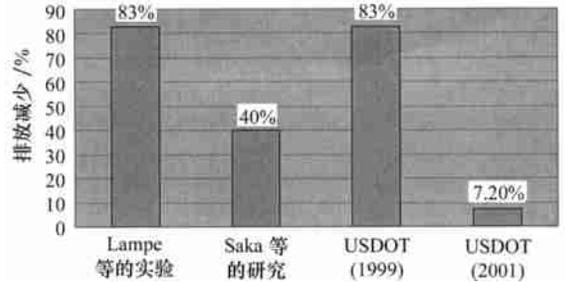


图4 ETC实施产生的HC排放减少

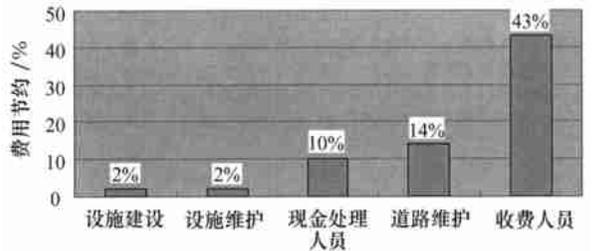


图5 ETC实施后的费用节约

2.3 ETC评价的指标与方法

对于ETC的技术性能与效益,如何选择指标与方法是ETC评价研究的关键,而评价方法的确定与评价指标的选取密切相关,评价指标的各种属性特点决定了所需采用的评价方法,而选用的评价方法进而又影响了评价指标的选取。

2.3.1 评价指标

对于ETC评价,在指标选取上主要问题有:(1)选用定性指标还是定量指标?(2)选用反映多方面特性的综合指标,还是反映单一特性的单项指标?

定量指标的优点是直观,明确,易于理解,能较客观地反映评价对象的本质属性,其缺点是指标值不易获取;而定性指标的优点是获取容易,其缺点是结果主观性较强,所表达的寓义含糊。在评价中不同的应用层次对评价指标的量化程度要求各不相同,如果是全面综合的效益评价,则要求选用量化的指标,如仅仅是作方案比选,则定性指标足已满足要求。

不同的应用层次对评价需求不仅仅表现为对指标量化程度的要求不同,且对指标所表达的属性范围要求也不同,综合性评价如决策层的评价需要指标反映

多方面的综合特性，在表现程度上可宏观些，范围更广些，可将多个单项指标综合为一；而某单项评价如交通设计层的评价则需要更多的微观指标来表现不同系统的特点。

2.3.2 评价方法

以评价指标的可量化程度主要有定性的评价方法、介于定性与定量间的评价方法、基于模糊数学或灰色系统理论的评价方法、定量的评价方法等；以评价的类型有综合评价方法及单项评价方法。

定性的评价方法可应用于属性单一或各属性相对独立、且度量其属性的指标相对难以量化的评价对象，这类的评价方法有专家评分法、评语法等；介于定性与定量间的评价方法可应用于有多种属性且度量各属性的指标难以或不能量化、各属性的指标难以公度的评价对象，由于评价对象各目标涉及的范围不同、考虑问题的角度各异，问题中既有定量信息又有定性信息、既有精确信息又有模糊信息，对于这类的较为复杂的评价问题，常用的评价方法有 ELECTRE 法、层次分析法、多属性效用度法等；定量的评价方法可应用于各属性的指标可以量化的评价对象，其中最具代表性的方法是费用效益法。

在具体的评价中选用何种评价方法，是定量的还是定性的，是单项的还是综合的，必须视评价的具体需求而定，在不同的应用层次应视具体需要选用不同的评价方法。

3 不同层次的 ETC 评价框架构建

各应用层次不同的评价需求不仅表现在其评价的侧重点即评价的内容不同，且表现在对评价结果的要求不同，如同样是对 ETC 的效益评价，不同的评价层次需要了解的是不同方面及不同程度的效益体现。在具体的评价中，须根据不同层次的要求，灵活采用不同的评价指标和方法构建不同的评价框架。下面以决策层及投资层为例，探讨如何构建相应的评价框架。

3.1 决策层的 ETC 评价

该层次的评价目的是为了决定是否采用 ETC 系统，评价可作为决策的依据。该层次的评价要求是对 ETC 系统在各方面产生的影响做出宏观的效益分析并进行初步的量化，因此该层次必须对 ETC 产生的效益进行量化的、综合的评价。

从已有的 ETC 应用综合分析可知 ETC 的效益主要产生于交通性能、交通安全、能源与环境、费用节约及效率提高 4 个方面，具体的评价指标如图 6 所

示^[9]。

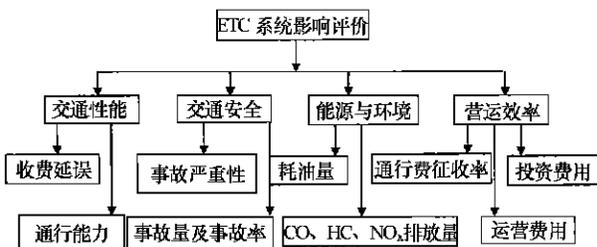


图 6 ETC 的效益评价指标体系

在评价中，指标数据的充分与否及数据的可信度是直接影响评价结果的关键性因素，数据获取的途径有现场试验与观测、调查、仿真与模拟、理论计算等途径，此外相关的评价结果及数据的收集与分析也不失为一种获得数据的方法。在获得了相应的效益费用数据后，须将效益进行货币化后用费用效益法来评价 ETC 产生的影响，也就是进行费用效益分析，其评价框架见图 7。

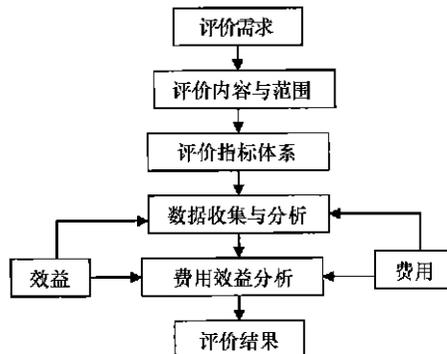


图 7 决策层的评价框架

3.2 投资层的评价

投资层的评价主要是为项目的比选提供依据，针对系统集成与设计层形成的各种方案，分别分析评价这些方案，进行方案的比选，以确定最优方案。

方案的选择问题是属于多属性评价问题，所谓多属性评价问题就是指供选择的方案已明确且方案数有限情况下的评价，它属于离散的多目标决策问题。在 ETC 系统的评价中，需要对 ETC 系统在交通性能、交通安全、能源与环境、收费运营 4 个方面的影响进行评价，也就是说存在 4 个目标。从投资者的角度来说，希望所选择的方案在 4 个方面都达到最优。如果这 4 个目标存在公度性，则可将其简化为单目标问题，如将效益进行货币化，但这势必加重了评价的工作量。事实上，对于方案选择来说量化的评价结果并不是必须的。为了简化评价工作，可考虑采用其它的多属性评价方法，以选取一个相对最优的方案。用于这类评价的方法有 ELECTRE 法、层次分析法、多属

性效用度法等。图 8 即为 ETC 投资方案比选的层次分析框架。

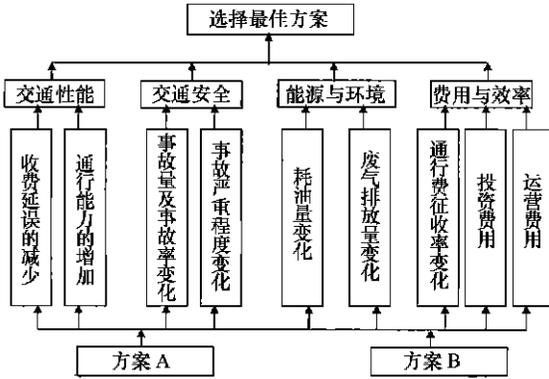


图 8 ETC 投资方案选择的评价分析框架

4 结论

(1) ETC 的评价可在系统集成与设计层、交通设计层、交通管理与控制层、实施管理层、投资层、决策层等应用层次分别进行，每个层次的评价都有各自的评价需求，对其进行需求分析可确定相应的评价内容和范围。

(2) ETC 评价的最其本的内容是 ETC 系统的性能评价及 ETC 的效益评价，而 ETC 的效益主要产生于交通性能、交通安全、能源与环境、费用及效率 4 个方面。在各应用层次的评价中，所取的侧重点各不相同。

同，有些是需要对其技术性能进行评价，有些是需要对某个方面的效益进行评价或是进行综合的评价。

(3) 各应用层次不同的评价需求不仅表现在其评价的侧重点即评价的内容不同，且表现在对评价结果的要求不同，如同样是对 ETC 的效益评价，不同的评价层次需要了解的是不同方面及不同程度的效益体现。在具体的评价中，须根据不同层次的要求，灵活采用不同的评价指标和方法构建不同的评价框架。

参考文献:

[1] Vellmer Associates E-Zpass Evaluation Report [R] . New York State Thruway Authority, 2000.
 [2] Jack Kbdzinski, Haitham M Al-Deek. Proposed Level of Service Methodology for Toll Plazas [C] . Washington; Presented at the 81th Annual Meeting of the TRB 2002
 [3] Marguerite L Zamilb. Capacity Calculations for Two Toll Facilities; Two Experiences in ETC Implementation [C] . Washington; The 79th Annual Meeting of the TRB, 2000
 [4] Jian John Lu, Michael J Rechorik, Shiyu Yang. Automatic Vehicle Identification Technology Applications to Toll Collection Services[J] . Transportation Research Record 1588.
 [5] US Department of Transportation. The National ITS Architecture [M] . Washington; 2000
 [6] 陆键, 丁纪平, 叶凡, 等. ETC 系统效益评价指标体系 [J] . 交通运输工程与信息学报, 2003 (1) .

(上接第 72 页)

线性无偏系数，由文献 [2] 附表 5 查得。

根据混凝土碳化损伤极限状态方程 $Z = d - x$ ，由于 d 和 x 均服从正态分布，故 Z 也服从正态分布，其均值和标准差分别为

$$\mu_z = \mu_d - \mu_x$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_d^2 + \sigma_x^2}$$

用验算点法计算桥梁耐久可靠指标为

$$\beta = \frac{\mu_z}{\sigma_z} = \frac{\mu_d - \mu_x}{\sqrt{\sigma_d^2 + \sigma_x^2}} = \frac{35 - 14.75}{\sqrt{5^2 + (1.422)^2}} = 3.896$$

故桥梁耐久失效概率为

$$P_f = \Phi(-\beta) = 4.89 \times 10^{-5}$$

4 讨论

目前，依据可靠度分析对钢筋混凝土桥梁进行耐久性评估的方法还十分不成熟，作为结构耐久性评估

的基础和前提，与桥梁耐久性有关的随机变量（如钢筋锈蚀量、混凝土碳化深度、冻融破坏程度、氯离子侵蚀深度、裂缝宽度等）统计参数的实测资料还很缺乏，需要广泛收集影响钢筋混凝土桥梁耐久性相关因素的试验和观测数据，使其耐久性评估能建立在充分可靠的实际数据基础之上。

针对已发生碳化的钢筋混凝土桥梁，应当依据碳化深度、碳化后裂缝的性状和宽度、由于碳化导致的钢筋锈蚀情况等，分别采用表面处理法、灌浆法或填充法加以处理，以提高桥梁的耐久性。

参考文献:

[1] 周概容. 概率论与数理统计 [M] . 北京: 高等教育出版社, 1984.
 [2] [日本] 腐蚀防蚀协会, 陈家福, 等译. 装置材料的寿命预测入门 [C] . 大连: 大连理工大学出版社, 1991.
 [3] 牛荻涛, 石玉钊, 雷怡生. 混凝土碳化的概率模型及碳化可靠性分析 [J] . 西安建筑科技大学学报, 1995, 27 (3) .