



## 路网可靠度模型的研究与拓展

2004-4-26

清华大学 缪立新

**摘要** 区域的经济和社会在很大程度上依赖于一个稳定而可靠的交通网络系统，路网可靠度分析因此日趋重要。本文分析了路网的不确定性，全面回顾了可靠度模型的最新研究进展：包括不同的可靠度指标、模型以及算法。在分析传统可靠度模型优缺点的基础上，本文提出了考虑旅行时间随机性的概率用户平衡模型，并将之用于路网可靠度分析，建立了基于路网储备容量和概率用户平衡模型的修正的可靠度模型。

**关键词**：连通可靠度，旅行时间可靠度，容量可靠度，概率用户平衡模型

Study and Extension on Modeling the Road Network Reliability

Abstract

Road network reliability has attracted a lot of interests from nowadays academic researchers and practitioners due to its vital significance to industrial operation, economical development and people's daily life.. This paper analyzed the uncertainty of the road network, and systemically reviewed the updated research progresses of the road network reliability internationally and nationally regarding the various indices, models and frequently used approaches. In order to evaluate uncertainty of the road network, a probabilistic user equilibrium model (PUE) was proposed, in which travel times are random variables. Finally, an improved reliability model was formulated based on the reserve network capacity and the PUE model.

**Key words**: Connectivity Reliability; Travel Time Reliability; Capacity Reliability; PUE

可靠度指“系统能够在规定的条件和规定的时间内实现预定功能或目标的概率” (Bell and Iida, 1997)，是衡量系统性能的重要指标。很多系统（电力系统、管道系统和通讯网络等）都把可靠度分析作为网络规划、设计和运营管理的一个必要部分。随着交通系统对社会经济发展所起的支持作用越来越大、以及用户（用路人）对于服务的要求越来越高，路网的可靠度分析也已引起了日益广泛的关注。路网可靠度分析不仅可以用于路网性能评价、网络结构调整和优化，更可以确定路网中的敏感性和关键性路段，为交通管理提供重要依据。

### 1 路网可靠度的研究架构

交通系统是由一系列元素（包括路段、交叉口、终点等）组成的一个功能系统，其基本功能是要实现人和物的流动。作为一个数学概念，路网可用于描述交通系统的服务质量，包括成本和性能等 (Morlok, 1978)。交通系统自身的特点——动态的交通需求、路段容量限制、用户的路径选择行为和拥挤效应等，导致路网的可靠度分析同一般单纯网络相比有很大区别。总的来说，路网的不确定性主要来自以下三方面：

#### 1) 交通需求的不确定性

产生交通需求的机理是个人的出行决策。绝对的个人出行是不存在的，它必然会随着个人日常生活的不同而发生波动。因此，交通需求作为个人出行的集计，尽管具有一定的规律性，但是在根本上，它是随时间空间的变化而随机变化的。

## 2) 交通供给的不确定性

路网容量的变化由很多因素引起,大到自然或是人为灾害(例如地震、洪水和恐怖袭击等大的灾难),小到日常性的可反复重现的事件(如交通拥挤、路段维修、违规停车等小的事故),都可能造成路网整体或是局部容量的衰减。

## 3) 交通行为的不确定性

出行者根据他们察觉到的不同路径的旅行时间来选择出行路径。传统的UE和SUE模型假设出行者能充分了解交通条件,过去的路网可靠度分析大都是在此基础上进行的。然而事实上,交通条件的变化和路网容量的衰减是不能被准确预测的。在不确定的交通环境中,出行者会根据历史经验来调整他们的出行行为(Oladeinde, 2000),导致交通行为不断变化,包括出行时间和空间分布的变化、出行方式的变化以及出行路径的变化等。

## 2 路网可靠度的模型

不同的用户对路网有不同的功能要求,如可达性、旅行时间和成本等,相应的提出了不同的路网可靠度模型。

### 2.1 连通可靠度

连通可靠度是路网节点两两间保持连通的概率,也就是从一点到达另一点的可能性(Bell and Iida, 1997)。

## 3 可靠度模型的拓展

静态用户平衡模型建立在Wardrop原则的基础上,也就是网络达到平衡时,所有被利用的路径具有相等而且最短的旅行时间。换言之,当路径 $r$ 的交通流大于等于0时, $r$ 的旅行时间等于最小旅行时间。然而,当路段容量随时间发生衰减时,路段和路径的旅行时间都是服从一定分布的随机变量。任意两个连续的随机变量都不可能完全相等,因此不可能被利用的路径的旅行时间都等于最小时间,静态用户平衡模型是不适用的。我们假设用户选择出行路径时,不仅考虑旅行时间的长度,也考虑旅行时间的变异度。因此,平衡条件为:在网络达到平衡时,所有被利用的路径都具有相同的期望旅行时

## 4 结论

不同的可靠度指标侧重于体现路网不同的性能,是路网设计、优化和管理以及出行者出行选择的重要依据。本文分析了路网不确定性的来源,总结和讨论了一系列路网可靠度的指标、模型和相应的算法。为了更好的评估路网的不确定性,我们把旅行时间作为随机变量,提出了概率用户平衡模型,并将此模型用于路网可靠度的分析。在考虑容量可靠度与旅行时间可靠度的关系、路网储备容量、概率用户平衡模型的基础上,提出了修正的路网可靠度模型。蒙特卡罗算法可用于求解此模型,详细的求解演算法和解的收敛性将有待进一步研究。

[全文下载](#)

[ 打印 ] [ 关闭窗口 ]