

旅游高峰期景区游客引力分流调度模型研究 ——以九寨沟风景区为例

肖雄辉¹ 戈 鹏¹ 朱虹明¹ 任佩瑜¹ 郑伟民¹ 章小平²

(1. 四川大学商学院 四川成都 610064; 2. 九寨沟风景名胜区管理局 四川九寨沟 623402)

摘 要: 高峰期景区游客分流一直是国内外景区管理的热点问题。景区管理者通过分流调度资源的合理分配,引导控制游客在景区的分布,使景区各景点负荷均衡,而高峰期景区的分流资源通常无法满足景点游客的需求。本文根据景区分流资源的特性,统一确定了景区的分流能力,构建了景区景点需求与调度资源的引力分流调度模型,提出了基于引力模型的分流调度算法,并以九寨沟为例进行实证分析。该算法在优先满足需求景点的负荷均衡的同时,考虑了游客因等待产生的满意度惩罚。算法利用引力模型计算出景点与资源点的引力测度值,并以测度值为依据,按景点负荷降序对分流资源进行匹配调度,确保负荷率高的景点优先获得与之匹配度高的分流资源。由选取的九寨沟实证景点分析表明,以景点与资源点引力测度为依据进行调度,比目前单独以景点人数、资源距离或资源分流能力为调度依据更有效。本文的研究将为旅游管理决策者和对该领域感兴趣的研究者提供参考。

关键词: 高峰期; 调度; 游客分流; 时空负荷; 引力模型

1999 年,国务院修订了《全国年节及纪念日放假办法》,引发全国假日旅游热潮,使长假成为全年旅游的高峰期,形成旅游“黄金周”。据统计,全国游客人数随着“黄金周”逐年增长。1999 年国庆节全国游客人数为 4 000 万人次,2009 年达到 22 800 万人次,10 年增长超过 5 倍。总体来看,“黄金周”旅游高峰期多在长假中期,时间短、爆发力强、游客集中度高。如九寨沟,最佳日容量为 1.8 万

收稿日期: 2012 - 09 - 29; 修订日期: 2013 - 10 - 08

基金项目: 国家高技术研究发展(863 计划)重大项目“基于时空分流管理模式的 RFID 技术在自然生态保护区和地震遗址的应用研究”(2008AA04A107); 国家自然科学基金重大国际合作项目“面向西部旅游经济与生态环境可持续发展的低碳景区集成管理模式研究”(71020107027); 国家自然科学基金面上项目“景区旅游高峰期游客潮流分布优化控制管理策略研究”(71371130)。

作者简介: 肖雄辉(1990 -),男,四川大学商学院硕士生。戈鹏(1971 -),男,博士,四川大学商学院讲师,研究方向为旅游管理,调度优化理论、方法和应用研究。朱虹明(1989 -),女,四川大学商学院硕士生。任佩瑜(1952 -),男,四川大学商学院教授,研究方向为企业管

人,而2012年国庆“黄金周”实际单日峰值超过5万,对景区生态环境造成巨大影响,主要表现为地表物遭践踏及土壤结构被破坏(颜磊等,2009)。游客规模的扩大导致景区负荷过载,已经使景区经济发展与生态环境保护成为一对尖锐的矛盾。景区游客的分流资源有限,特别是在旅游高峰期,分流调度资源往往供不应求,如果调度资源分流能力不能与游客需求相匹配,游客将在某一景点过度集中滞留,导致景区的生态环境因长期超载而受到破坏,也会使游客满意度下降。

针对景区旅游高峰不同的形成原因,很多学者研究了时间分流(王兴斌,2002;李幼常,2006)、客源分流、信息分流(魏遐,吴必虎,2000)、价格分流(Anna,2000;谢朝武,郑向敏,2001)和景区容量控制(Bull,1995)等模式来防止景区旅游客流高峰的形成,从而减轻对旅游生态环境的破坏。然而景区旅游高峰仍然存在,且正严重威胁着景区的可持续发展。为应对高峰期景区内部游客的拥挤,景区需要对各景点游客数量进行监控、调度。一些学者建议采用内部分流措施来缓解景区内局部景点的旅游饱和与超载压力(郭静,张树夫,2003;张进福,黄福才,2009;邱庆庆,等,2010;冯刚,2011;刘柱胜,2012)。

通过对景区高峰期游客管理模式的研究可知,针对景区景点的需求,分配游客分流调度资源满足一定的规则:需求景点的负荷率越高、距分流调度资源点的时空距离越短,预分配资源点的分流能力越大,景点对分流资源的需求越应优先得到满足。将需求景点负荷、资源点分流能力视为万有引力模型中的质量,需求景点与资源点之间的时空距离视为万有引力模型中的质心距离,引力的大小表示需求与资源的匹配度。可见,万有引力模型不仅在结构上与景区游客分流资源配置规则具有相似性,并且能解释需求景点与资源点之间的内在关系。本文在万有引力模型的基础上,创新地对分流资源分流能力进行分析,构建景区游客分流的引力模型,为景区游客分流调度提供决策支持。

引力模型源于物理学中的牛顿万有引力定律,即两个物体之间的引力与它们各自的质量成正比,且与它们之间的距离成反比。在旅游研究领域,Duffus(1987)、Edward(1988)、William(1973)等利用旅游引力模型进行了经验研究,提出了旅游吸引力的距离衰减规律,在模型中引入了感知距离和实际距离、出行费用等变量。保继刚(1992)根据客源市场调查的数据,利用引力模型分析了北京市的旅游引力情况;张友兰等(2005)将旅游目的地人口和景区数,以及旅游客源地的人口作为自变量,将旅游人次作为因变量构建了旅游引力模型,并与多元线性回归模型和时间序列模型进行比较,认为旅游引力模型拟合的效果最好。郭为(2007)以国际入境旅游为研究对象,构建了国际入境旅游的引力模型。传统的引力模型无论是用在贸易、交通流量预测还是空间布局规划等方面,考虑的都是某个点与某个点之间的吸引力,它们都是多因素对单一对象影响的研究。景区不同景点运用引力模型对分流资源进行调度,则是多因素对多个对象影响的研究。

本文根据景区分流资源的特性,构建统一分流能力模型,定义了景区景点需求

与调度资源的引力函数,提出了基于引力模型的分流调度算法,并通过编程对九寨沟风景区进行了分析。该算法在优先满足需求景点的负荷均衡的前提下,考虑景区游客分流成本的同时,将游客满意度归入引力调度算法中。算法利用引力模型计算出景点与分流调度资源点的引力测度值,并以测度值为依据,按景点负荷降序对分流资源进行匹配调度,保证了负荷率高的景点优先获得与之匹配度高的分流资源。理论上提出了用引力模型来解决游客分流调度问题的新方法,现实中,利用引力模型对分流资源进行调度,使分流能力大的资源去分流游客更拥挤、负荷更大的景点,在保证景区运营经济效率的同时,考虑到了减少游客等待时间以提高游客满意度,这与现实中的游客分流调度问题更加贴近。

1 景区游客分流调度问题分析

1.1 概念界定

高峰期游客分流调度是指,在“黄金周”等旅游旺季,景区景点内游客拥挤,景区管理者根据游客的游览路线安排交通工具和人行道路等景区分流资源,均衡景区内各景点的游客分布。

定义1 分流调度任务:指从景点提出分流需求到分流资源抵达并将游客分流出该景点的全过程。

定义2 分流资源:能完成景区游客分流调度任务的各种交通工具和景区设备设施,具有初始状态矢量性和分流调度坐标位置可变等特征。

定义3 分流能力:交通工具或人行道路在单位时间内可分流的游客数量,记为 K 。

定义4 分流调度引力:分流需求和分流资源之间相互吸引的测度值,需求景点与分流调度资源点之间的匹配度,记为 F 。景点与分流资源的引力越大,表明两者之间相互吸引越强,在协调分配调度资源时,分流资源优先分配给与之匹配度高的景点。

1.2 景区游客分流需求

目前很多景区在旅游高峰期存在热门景点人流量大、拥挤度强、负荷率高,而一些偏冷门的景点游客量少、景点负载低的现状,导致景区各个景点的游客分布不均衡,从整个景区的层面来看,可认为总负荷率不均衡。景区景点的游客分流需求是指游客搭乘交通工具或徒步移动到下一个景点,对交通工具和人行道路产生的需求,这种需求可以用景点的时空负荷率来表示,因为在景点环境容量一定的条件下,景点的负荷越大表示景点的游客数越多,需要分流出去的游客也应越多。

利用时空负荷率来表示景点当前的分流需求,可以更科学地解释景点的分流需求。因为景点的分流需求除了与当前游客数有关,还与景点的自然环境容量和游客在景点的逗留时间相关。依据景区游客流分布的历史数据、最近访问过的景点和游客到达时间、离开时间、等待时间等信息,预测景区将来的游客分布状况,获知景区景点在未来一段时间的分流需求,进而对景区的分流资源进行调度,达到景区游客分布实时均衡。

戈鹏等(2013)在旅游景点自然生态环境容量的基础上引入游客的逗留时间,定义景点 j 在 s 时刻的时空负荷率 R_j^s 如下所示:

$$R_j^s = \frac{N_j^t}{c_j/t_j} = \frac{t_j N_j^t}{c_j} (j \in A; R_j^s \geq 0; j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

其中 A 为景点集; c_j 为景点 j 的自然容量; t_j 为旅客在景点 j 的平均逗留时间; N_j^t 为景点 j 在 t 时刻的游客人数。

$$N_j^t = \sum_{i \in B} x_{ijt} \quad (2)$$

其中 $x_{ijt} = \begin{cases} 1, & \text{游客 } i \text{ 在 } t \text{ 时刻在景点 } j \text{ 中游览;} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$ (当 $t - s_{ij} \leq t_j$ 时 $x_{ijt} = 1$,否则为

0) B 为游客集。

1.3 景区统一分流能力

在获得景区游客的分流需求预测后,准确地将景区各种移动和固定分流资源的分流调度能力进行定量化统一,是界定度量引力模型中另一“粒子”——分流能力具体值的基础,也是利用景区游客引力分流调度模型进行资源分配,实现游客均衡分布的决策依据。

目前可供景区分流调度的资源主要包括观光车、缆车等交通工具和供游客徒步到达目的地的公路、栈道等人行道路。通过研究景区内现行的分流措施,提取各景点的主要分流资源,根据其特征划分为移动资源与固定资源,其中移动资源是可供所有景点共享的,而固定资源仅限于满足其所属景点的分流需求。为便于研究,本文认为一辆车或者一条连接两景点的人行道路为一个资源点,车辆的初始状态为静止状态,人行道路的坐标位置为距两个所属景点时间距离相等的坐标位置,具体能力分配由两个所属景点与人行道路资源点的分流调度引力共同确定,两个所属景点分配到的人行道路资源与它们和道路资源点形成的引力测度值成正比。以下分别对车辆和人行道路的分流能力进行统一确定。

1.3.1 车辆分流能力

由于景区用于游客分流的车辆类型比较固定,载客量一般是统一的,车辆前往分流目标景点的行驶速度可设为确定的平均值。车辆的分流能力实际上是由车辆的剩余载客量和行驶速度共同决定。在车辆初始状态为静止的假设下,车辆 j 在 t 时刻的分流能力 $K_j^t = C_j(v_j/r_j)$,其中 C_j 为车辆 j 在 t 时刻的剩余载客容量, v_j 为车辆的行驶速度, r_j 表示车辆到提出分流需求景点的距离,当 r_j 为0时表示车辆在需求景点处。

1.3.2 人行道路分流能力

由于游客在人行道路上一般以一定的速度移动,人行道路的面积和游客空间上可接受的游客密度决定了人行道路的静态容量。邱庆庆等(2010)计算人行道路(栈道)瞬时静态容量的公式为: $Dm = L/d$,其中 Dm 为瞬时静态容量, L 为人行道路长度, d 为行人之间的合理间距,取 $d = 2.5\text{m/人}$ 。本文在上述人行道路瞬时静态容量测算公式的基础上,引入游客行走速度确定人行道路分流能力,具体的人行道路 i 在 t 时刻的分流能力 $K_i^t = C_i(v_i/L_i)$,人行道路的瞬时容量 $C_i = \rho_i W_i L_i$,其中

L_i 、 W_i 分别为人行道路长和宽 ρ_i 为人行道路上游客最大忍受的人口密度 v_i 为游客的平均行走速度。

1.4 景区游客引力分流调度模型

游客的运动对景点区域产生压力,也会对分流资源产生需求,需求会因为资源有限而产生冲突。基于前述分流资源能力分析,下文我们将在时间、空间、资源特性维度上,研究游客运动对分流资源的引力分流调度模型,为游客分布的实时调度提供决策支撑。

Rash 和 Nezamabadi(2009)等提出万有引力搜索算法(GSA),该算法是基于万有引力定律——“在宇宙间,每一个粒子由于万有引力的作用而彼此相互吸引,这力的大小与粒子的质量成正比,与他们之间的距离成反比”而提出的,景区游客分流需求与资源分流能力的平衡实际上是对景点负载的平衡,本文借鉴 GSA 算法求出景区需求景点和分流资源的分流调度引力,作为游客分流运输问题的调度效用函数值。景区游客分流调度引力模型如下。

在 t 时刻需分流景点 i 与分流资源点 j 之间的引力测度值 $F_{ij}^t = G \frac{(R_i^t)^{\alpha_1} (K_j^t)^{\alpha_2}}{Z_{ij}^{\alpha_3}}$ R_i^t 、 K_j^t 分别为 t 时刻需分流景点 i 的时空负荷率,分流资源点 j 的分流能力 G 为引力测度常数值 Z_{ij} 为需分流景点 i 到分流资源点 j 的调度阻力。

调度阻力反映分流资源与需求景点间的资源平衡阻力,影响这种阻力的因素通常有景点间游线道路状况、分流方式、分流成本等。为了研究的方便,将调度阻力统一转化为分流调度的时间代价(时间价值),用时间、成本、其他综合广义费用来作为参数测度。

调度阻力函数 $Z_{ij} = a_1 t_{ij} + a_2 E_{ij} + a_3 \delta$, 其中 t_{ij} 是分流资源点 j 到达分流需求景点 i 的时间; E_{ij} 是从分流资源点 j 到达分流需求景点 i 完成调度任务的成本; δ 是分流方式惩罚项,如舒适度、便捷度、观赏度、安全性能等; a_1 a_2 a_3 是阻力的前置系数,使时间、金钱和满意度采用统一的度量单位。

2 高峰期游客引力分流调度算法设计

2.1 算法原理及数学模型

2.1.1 算法原理

景点时空负荷值不同,景点产生的分流需求也不一样。景区游客分流调度主要考虑的是将资源合理分配利用,这与运筹学中的指派问题有相似点,但由于用单纯的指派问题来解决景区游客分流调度问题可能会出现以下情况:用指派问题求解得到的分流方案,其成本费用能达到最小,但在成本目标函数达到最优的情况下,考虑资源点与景点之间的距离,分流资源的能力与景区的分流需求可能不匹配,分流需求大的景点获得的资源的能力可能不足,而需求小的景点分配到的反而是能力大的资源。基于上述问题,本文提出一种更符合景区管理实际的调度优化算法。

景区游客分流调度实际上是一个多目标优化问题,所要考虑的目标主要有游客和景区两方面的利益,分别表现为游客希望等待被分流的时间尽可能短,而景区

希望在总体负荷均衡的前提下提高运营效率。用引力模型进行游客分流调度,在引力测度值较大时,可以是景点负荷率足够大,也可以是分流资源的距离足够小。在本算法中,按景点时空负荷大小降序排列,每完成一次调度任务后,对需求景点和分流资源之间的引力测度值进行全局迭代计算,将引力测度值高的对应分流资源分配给需求景点,进而保证负荷率高的景点优先获得与之匹配度高的分流资源。

由于游客分流调度问题是实时动态的,每一时刻都存在调度方案,本文算法重点研究的是单时刻的调度需求,将调度需求和现有分流资源进行匹配,从而产生调度方案。

2.1.2 算法数学模型

如果将分流成本和游客满意度的权重看作是同等重要,那么目标函数为

$$\min \sum_{i \in A} \sum_{j \in S} (R_{ij}^t \times c_{ij} + \varepsilon M(t_{ij})) \quad (3)$$

其中 A 为需求景点集, S 为分流资源点集, R_{ij}^t 是 t 时刻资源点 i 和需求景点 j 之间的距离, 本文为便于研究取其欧式距离 $R_{ij}^t = \|X_i(t) - X_j(t)\|_2$, c_{ij} 为资源点 i 到需求景点 j 的单位距离的分流成本, 主要表现为景观车辆的运输费用或人行道路的维修费用, ε 为惩罚项系数, $M(t_{ij})$ 为游客分流调度在等待时间为 t_{ij} 的满意度。

$$M(t_{ij}) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t_{ij} \leq T_{\min} \\ -\frac{2 + T_{\min}}{2T_{\max}} t_{ij} + \frac{2 + T_{\min}}{2} & T_{\min} < t_{ij} < T_{\max} \\ 0 & t_{ij} \geq T_{\max} \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中, T_{\min} 为满意度为 1 的最长等待时间, T_{\max} 为满意度为 0 的最短等待时间。

心理学家将时间属性在人们心理上的综合反映称为时间知觉或时间体验,顾客在消费过程中也同样伴随着时间知觉或时间体验(Vikas, Wagner, 2001)。游客在旅游景区游览时,同样也存在时间满意度,在本文的研究中主要体现为游客的等待时间。游客的时间满意度一般与游客等待分流的时间呈负相关性,游客的等待时间越长,其满意度就越低。所以景区在充分利用分流资源的前提下,应尽可能减少游客等待分流的时间,从而改善游客的旅游体验。

2.2 算法描述

对于游客分流调度问题的算法主要有以下几个步骤(见图1)。

预测下一时刻 t 的景点负荷,产生需求景点;按景点时空负荷值降序排列各景点;按负荷降序分别计算一个需求景点与所有分流资源点的引力测度值;分流资源匹配;分流资源去重检验;更新信息,检验分流调度任务是否完成;输出调度方案。

Step1 产生需求景点。依据景区游客流分布的历史数据、最近访问过的景点和游客到达时间、离开时间、等待时间等信息,预测景区未来的游客分布状况,获知景区景点在未来一段时间的时空负荷率,进而确定景点的分流需求。

Step2 引力测度值计算。将需求景点时空负荷率的大小降序排列,按负荷率大的景点优先匹配资源的原则,在需求景点和已知资源点之间用引力模型进行计算,

从而得出每个资源点与需求景点之间的资源匹配度。求出需求景点与分流资源点之间引力值最大的组合,作为游客分流调度的基础。

Step3 分流资源去重检验。在给某一个需求景点分配调度资源的过程中,会出现不同资源点对需求景点的引力测度值大小一样的情况。当出现这种情况时,计算该需求景点与不同分流资源点目标函数值,取其优者为分流调度的方案,用目标函数的效用值来进一步确定资源与需求之间的最优匹配度。

Step4 分流资源分配。在对已知分流资源和需求景点的引力测度值计算后,根据分配方案的效用值最优进行资源的分配。

Step5 更新。每次进行完 Step4 之后都需要更新景区景点、景区资源点、引力模型参数值。(1) 需求景点更新: 景点数量、需求景点具体分布、需求景点时空负荷预测值;(2) 分流资源点更新: 资源点数量、资源点具体分布、资源点统一分流能力值;(3) 模型参数值更新: 负荷与能力的指数系数、调度阻力函数参数、常用参数值。

完成上述更新后返回 Step1。

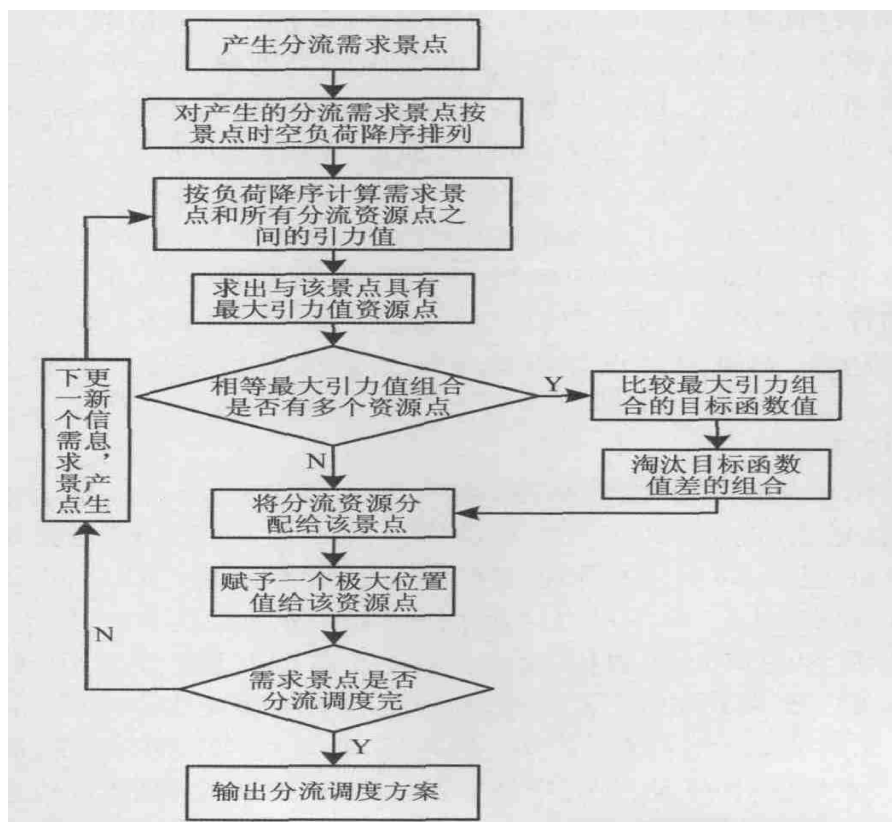


图1 算法总体流程图

3 案例分析

3.1 案例背景

为了研究引力调度模型对景区游客分流调度的作用,本文以九寨沟风景名

胜区为例,构建九寨沟游客分流调度引力模型。九寨沟位于中国青藏高原东部,拥有“世界自然遗产”(1992)、“世界人与生物圈保护区”(1997)等多项国际桂冠。自1984年正式对外接待游客至今,随着知名度的提升,九寨沟游客由最初的每年几万人次增加到现在的一百多万人次。据统计资料来看,景区旅游旺季在每年四月至十一月,旺季每天接待的游客数量可达1万多人次,在“十一黄金周”期间,每日游客数量更可高达4万多人次^①。景区游客的增加无疑给景区的生态环境带来了严重的影响,也给景区管理带来了很大的压力。如何解决景区有限的资源与不断增加的游客需求之间的矛盾,促进区域生态、经济、社会等各系统之间的统筹、和谐和可持续发展,已成为目前九寨沟景区亟待解决的问题。这一问题也是中国其它景区以及世界各地的国家公园、自然遗产地共同面临的问题。

本文的游客分流引力调度模型需要以九寨沟中各个景点在每个时刻的游客数为基础数据进行研究,九寨沟风景名胜区景区管理局、四川大学、电子科技大学等多家单位共同承担的国家“863”重大专项——基于时空分流管理模式的RFID技术在自然生态保护区和地震遗址博物馆的应用研究课题为该项数据的获得提供了基础。通过该项目的研究,目前九寨沟用于时空分流管控的管理系统由地图引擎、实时预测、实时调度3个模块构成,通过在实证景点沟口统计入沟人数、设立RFID读卡器及视频监控等手段,获得游客在九寨沟整个景区的入沟人数和在实证景点中的分布数量,再根据游客在高峰期各个时刻的分布规律,以分流概率预测出景点各时刻的人数分布,进而求得相应的景点负载,具体如图2所示。按照2.1的算法原理和2.2的算法描述,现利用项目实证景点的旅游高峰期人数进行具体的建模分析,根据系统实际测量的景点和资源点作为案例分析基础来验证算法模型的有效性和可行性。

3.2 模型构建及应用

根据九寨沟历年游客的统计数据,参考冯刚(2011)统计的旅客在各景点的逗留时间,结合各景点的容量确定时空负荷率。图3显示了九寨沟景点之间的距离,以乘车时间表表征,表1列出了9个景点的容量和游客平均逗留时间。

根据实地调查,沟口到各景点之间由于路途遥远只能靠观光车运输,以2013年7月九寨沟游客沟口真实数据、系统预测数据、调度资源现状数据为基础,选取某一高峰日期,根据历史调度经验和系统预测,确定游客分流需求大的火花海、诺日朗服务中心、原始森林、镜海、长海5个景点为需求景点,游客分流调度资源点为实际在景区中移动的观光车,备选的游客调度资源为栈道。根据实际视频监控、时空分流系统、GIS数据产生需求景点和资源点,计算出景点时空负荷、资源点分流能力。统一计算后,需求景点和资源点的基本情况和时间距离如表2、表3所示。

^① 信息来源:九寨沟官方网站 <http://www.jiuzhai.com/>; 冯刚. 景区游客时空分流导航管理[M]. 北京:北京大学出版社,中国林业出版社,2011.

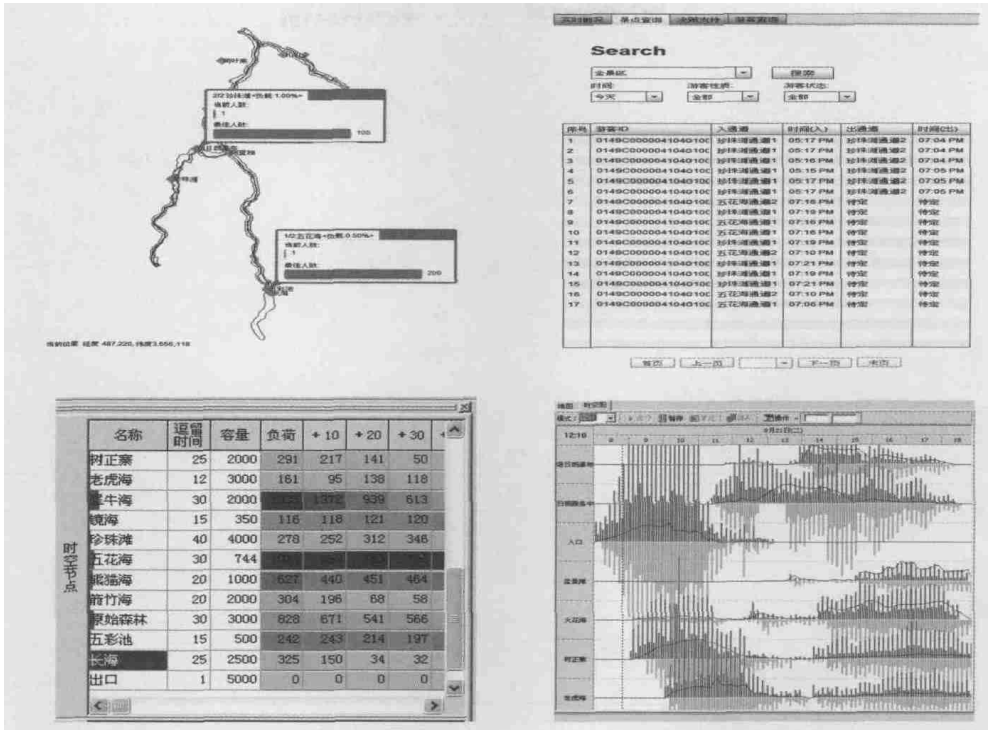


图2 九寨沟游客时空分流系统示意图

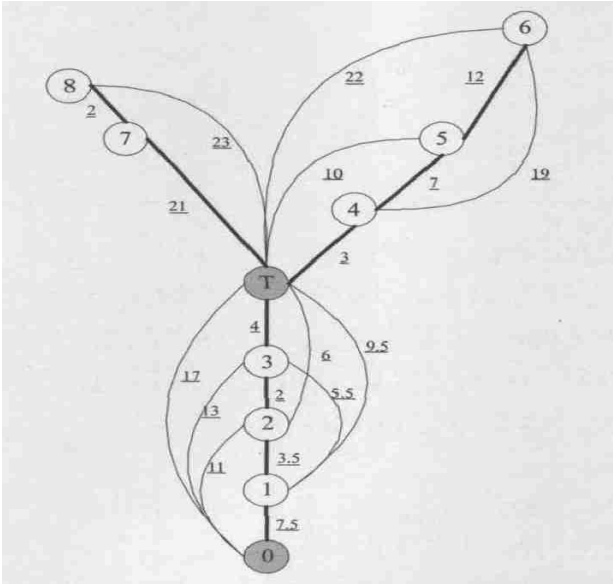


图3 九寨沟景点结构及时间测度图

注: 图中的序号1~8分别表示九寨沟中的主要景点盆景滩、火花海、犀牛海、镜海、箭竹海、原始森林、五彩池、长海,T表示诺日朗服务中心,O表示沟口。景点间连线上的带下划线的数值表示两景点之间的乘车时间,单位为分钟。

表 1 景点容量及旅客逗留时间

序号	景点	容量(人)	平均逗留时间(min)
1	盆景滩	144	10
2	火花海	239	20
3	犀牛海	950	30
4	镜海	350	15
5	箭竹海	414	20
6	原始森林	480	30
7	五彩池	60	15
8	长海	268	30
T	诺日朗服务中心	3722	20

表 2 九寨沟 2013 年 7 月 20 日 16 时需求景点与资源点情况

需求景点	景点预测当量人数(人)	景点时空负荷率	分流资源点	资源点能力(人)
火花海	524	43. 85	资源点 1	120
诺日朗服务中心	2570	13. 81	资源点 2	125
原始森林	253	15. 81	资源点 3	90
镜海	110	4. 71	资源点 4	45
长海	127	14. 22	资源点 5	30

表 3 需求景点与资源点时间距离矩阵 (单位: min)

	资源点 1	资源点 2	资源点 3	资源点 4	资源点 5
火花海	2	11	9	16	6
诺日朗服务中心	4	17	3	10	0. 5
原始森林	26	39	19	32	22
镜海	7	20	0. 5	13	4
长海	27	40	26	13	23

假定景点和资源点间最多有两种引力测度值大小一样 ,引力模型中的引力常数为 1 ,调度阻力主要为资源点和需求景点之间的实际运行距离 ,而非欧式距离。在旅游高峰期 ,由于分流调度资源供不应求 ,游客满意度为 0 ,本文将游客满意度与景区经济效益平等对待 ,在模型实际分析后选取满意度惩罚项系数为 - 40 ,满意度函数时间价值主要为资源与景点间的实际运行与资源到达景点的速率比。

3. 3 结果分析

将需求景点和分流资源点的基础信息输入游客引力分流调度模型中 ,通过算法计算得出分流调度的组合(见表 4) 。

同时 ,通过引力模型分流的调度方案是将景点时空负荷大且与分流资源点时空距离小的景点优先进行分流调度 ,从景区整体宏观上均衡所有景点时空负荷率。对比而言 ,传统景区游客分流是在景点游客高峰形成后进行的紧急调度 ,目前景区分流调度仅依靠资源点与需求景点的距离这一指标进行调度 ,具体分流调度方案如表 5 所示。

表4 引力模型分流调度方案

需求景点	景点分流 前负荷	景点分流 后负荷	分流 资源点	资源点 能力(人)	引力 测度值
火花海	43.85	19.58	资源点1	120	2631
			资源点2	125	149.5
			资源点4	45	65.66
诺日朗服务中心	20.71	13.16	资源点5	30	828.6
			资源点3	90	409.5
原始森林	15.81	15.81	备用栈道		
镜海	4.71	4.71	备用栈道		
长海	14.22	14.22	备用栈道		

表5 传统以资源需求距离为依据的调度方案

需求景点	景点分流 前负荷	景点分流 后负荷	分流 资源点	资源点 能力(人)
火花海	43.85	23.35	资源点1	120
			资源点2	125
诺日朗服务中心	20.71	13.41	资源点5	30
			资源点4	45
原始森林	15.81	15.81	备用栈道	
镜海	4.71	0.86	资源点3	90
长海	14.22	14.22	备用栈道	

单独以距离为依据的分流调度方案里将资源点3的资源分配给镜海。其余两个景点在下一时刻瞬时分流方案中使用备用调度资源(如栈道、公路等)。引力分流和传统分流方案的平均时空负荷率分别为13.49、13.53,利用景点分流前后时空负荷均衡性可对比两种方案的优劣。

$$E_{\text{引力}} = \frac{(19.58 - 13.49)^2 + (13.16 - 13.49)^2 + (15.81 - 13.49)^2 + (4.71 - 13.49)^2 + (14.22 - 13.49)^2}{5} = 24.04$$

$$E_{\text{距离}} = \frac{(23.35 - 13.53)^2 + (13.41 - 13.53)^2 + (15.81 - 13.53)^2 + (0.86 - 13.53)^2 + (14.22 - 13.53)^2}{5} = 52.53$$

$E_{\text{引力}} < E_{\text{距离}}$,故基于引力模型的游客调度方案比传统基于距离的调度方案平均负荷小,说明引力模型的资源与需求之间匹配度好。

综上所述,基于引力模型游客分流调度算法产生的调度方案,在方案调度中不但能在考虑景区游客游览体验满意度因素下满足最急迫需求景点的分流需求,而且具有比传统以距离为分流依据更好的匹配度,从试点景点中验证了该分流调度算法的有效性。

4 总结与展望

景区游客分流调度问题就是在保证景区整体时空负荷率平衡的前提下,考虑景区在管理游客分布、车辆调度的分流成本和游客在等待分流调度过程中的满意度,合理利用分流资源将游客分流到负荷超载的景点,它实际上是个多目标资源配

置问题。

本文对景区游客分流调度问题进行了研究,主要工作如下:通过对目前景区高峰期游客分流现状的研究和引力模型应用的分析,对景区游客分流调度问题和分流调度引力等其他相关概念进行定义,选取景区的车辆资源和人行道路资源进行特性分析,在对景区游客分流调度的基础上数学建模,构建景区分流资源统一分流能力模型。将景点时空负荷率、分流资源分流能力和资源与需求景点之间的距离作为模型影响因子,创新地构建了景区游客分流调度引力模型,在该引力模型和分流调度原理的基础上,以景区游客分流调度成本和游客满意度惩罚综合效用值最小为目标,设计游客分流调度算法,以九寨沟风景名胜区分流高峰期游客分流为案例进行了分析应用,得出实证景点有效的游客分流调度策略。

在本文的基础上还需要做进一步的工作。

第一,模型中分流资源点初始状态的矢量性,分流资源的可移动性,以及移动调度中分流资源点与分流需求景点的关系,在今后研究中还有待讨论。

第二,本文提出的游客分流引力模型,在景区游客分流调度问题的解决中具有创新性,模型的普适性还有待今后在其他景区的推广研究。

参考文献:

- [1] 保继刚. 引力模型在游客预测中的应用[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1992(3): 133-136.
- [2] 冯刚. 景区游客时空分流导航管理[M]. 北京: 北京大学出版社, 中国林业出版社, 2011: 59-121.
- [3] 戈鹏, 郑伟民, 肖雄辉, 邱庆庆, 任佩瑜. 基于九寨沟区域时空负荷均衡的仿真研究[J]. 管理工程学报, 2013(2): 99-106.
- [4] 郭静, 张树夫. 南京钟山风景区旅游环境容量初步分析与调控建议[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2003(4): 120-124.
- [5] 郭为. 入境旅游: 基于引力模型的实证研究[J]. 旅游学刊, 2007(22): 30-34.
- [6] 李幼常. 黄金周假日旅游存在的问题及对策研究综述[J]. 旅游学刊, 2006(21): 12-18.
- [7] 刘柱胜. 风景区游客时空分流导航管理理论与车辆调度研究[D]. 成都: 四川大学, 2012.
- [8] 邱庆庆, 戈鹏, 任佩瑜. 基于九寨沟景点负荷均衡的时空分流导航研究[J]. 资源科学, 2010(1): 118-123.
- [9] 王兴斌. 中国休闲度假旅游的必由之路: 从“黄金周”到带薪休假[J]. 旅游学刊, 2002(4): 51-55.
- [10] 魏遐, 吴必虎. 峰值期国内旅游市场供需关系研究[J]. 人文地理, 2000(6): 29-33.
- [11] 谢朝武, 郑向敏. 假日旅游高峰对旅游生态环境的破坏及对策分析[J]. 旅游科学, 2001(3): 33-35.
- [12] 颜磊, 许学工, 章小平. 九寨沟世界遗产地旅游流时间特征分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2009(1): 171-177.
- [13] 张进福, 黄福才. 景区管理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2009(1): 258-297.
- [14] 张友兰, 周爱民, 王新学. 旅游预测模型及应用[J]. 河北省科学院学报, 2005(17): 85-88.
- [15] Anna L, Alan F, Philip G(2000). Revenue Management in Scottish Visitor Attractions[M]. TJ International Padstow Cornwall 211-232.

- [16] Bull A(1995) . The Economics of Travel and Tourism[M]. Melbourne: Longman ,126-138.
- [17] Duffus L N Alfa A S ,Soliman A H (1987) . The reliability of using the gravity model for forecasting trip distribution[J]. Transportation ,14 ,175-192.
- [18] Edward J M ,Lance P J ,James A X (1988) . Beyond the gravity model [J]. Journal of the Academy of Marketing Science ,16 23-29.
- [19] Rash E E ,Nezamabadi P H ,Saryazdi S (2009) . GSA: A Gravitational Search Algorithm [J]. Information Science ,179(13) 2232-2248.
- [20] Vikas M ,Wagner K (2001) . Satisfactions ,Repurchase Intent ,and Repurchase Behavior: Investigation The Moderating Effect of Customer Characteristics [J]. Journal of Marketing Research 38(1) ,131-142.
- [21] William R B(1973) . An analysis of gravity model distance exponents [J]. Transportation ,2 ,299-312.

A Study of Tourists' Gravity Shunt Scheduling Model in Travel Peak Season: A Case Study of Jiuzhaigou Scenic Area

XIAO Xionghui¹ , GE Peng¹ , ZHU Hongming¹ , REN Peiyu¹ ,
ZHENG Weimin¹ , ZHANG Xiaoping²

(1. Business School , Sichuan University , Chengdu 610064 , China;

2. Jiuzhaigou Administrative Bureau , Jiuzhaigou 623402 , China)

Abstract: Tourists' shunt scheduling during peak seasons has always been a hot topic in scenic areas management both home and abroad. This is because tourism peak seasons generally appear in the middle of long vacations with short spans , powerful explosive forces and high concentrations , which would cause great damage to ecological environment. To balance loads , scenic spot managers control tourist's distribution through scheduling reasonable allocation of resources to pilot the distribution of tourists in an area. However , the shunt scheduling of resources fail to satisfy visitors' shunt needs. In accordance with the characteristics of scheduling resources , this paper identified scenic's shunt capacity in a unified way , constructed a gravity shunt scheduling model between scenic spots' demand and scheduling resources , put forwards an algorithm based on gravity model , and made an empirical analysis of Jiuzhaigou. With a priority of balancing the loads spots , This algorithm also considered tourists satisfaction punishment due to waiting. It applied the gravity model to calculate the gravitational measure value , and matched the shunt resources based on the value in the attraction load's descending sequence to ensure that high load attractions have the priority to get the shunt resources which have a high matching degree. The result of the empirical analysis of selected attractions shows that scheduling the resources on the basis of gravitational measure value would be more effective than only based on tourist number , distance or resource's shunt ability. This study would be great value to tourism management decision makers and researchers interested in this area of research.

Key words: peak season; scheduling; tourists shunt; spatial-temporal load; gravity model

(责任编辑: 车婷婷)