Hamilton模型在智慧文旅设计中的应用研究

Research on The Application of Hamilton Model in The Smart Tourist Route Design

薛 慧[1]，许苗峰[2]（1. 海联金汇（北京）金融科技有限公司，北京 100048；2. 中国联通智能城市研究院，北京 100048）
Xue Hui[1]，Xu Miaofeng[2]（1. Hailian Jinhui（Beijing）Financial Technology Co.，Ltd.，Beijing 100048，China；2. China Unicom Smart City Research Institute，Beijing 100048，China）

摘 要：
旅游线路优化问题是旅行规划中一个重要课题，是旅游业发展到一定阶段的必然要求。对传统Hamilton算法进行优化改进，对云南省的5A级景点线路进行了优化。并将该算法设计成程序，便于游客的线路选择。研究结果发现：使用该方法对景点的经纬度数据进行一次分配，便可获最短的旅行线路。这种算法减少了线路选择的时间，操作更加简单，展示了定量研究方法在旅游线路优化设计中的应用潜力。

关键词：
线路优化；Hamilton圈；图论；5A级景点
doi：10.12045/j.issn.1007-3043.2020.02.007
文章编号：1007-3043（2020）02-0028-04
中图分类号：TP301
文献标识码：A
开放科学（资源服务）标识码（OSID）：

Abstract：
Tourist route optimization is an important subject in the travel planning，which is a necessary requirement of the development of tourism industry development. It puts forward an improved Hamilton algorithm，and the 5A Scenic Spot route in Yunnan Province is optimized. The algorithm is programmed to facilitate the selection of tourist routes. The results show that the shortest travel route can be obtained by using this method to allocate the longitude and latitude data of the scenic spot once. This algorithm reduces the time of route selection，makes the operation more simple，and shows the application potential of quantitative research method in tourism route optimization design.

Keywords：
Route optimization；Hamilton cycle；Graph theory；National 5A scenic spot

引用格式：薛慧，许苗峰. Hamilton模型在智慧文旅设计中的应用研究[J]. 邮电设计技术，2020(2)：28-31.

1 概述

随着我国国民经济的快速发展，人们生活水平得到很大提升，旅行需求也不断增加，投入到旅行方面的花费也越来越多。国家旅游局统计结果表明：2014年中国旅游总收入33 800亿元，同比增长14.7%，2015年上半年中国旅游业收入或达17 000万亿元，同比增长10.8%。面对着具有广阔前景的旅游业市场空间，旅行商推出了大量丰富多彩的旅行线路来满足旅客的需要。

收稿日期：2020-01-13

我国幅员辽阔，交通路线复杂，要想在有限的假期内游览更多的地方，减少不必要的交通花费，合理安排旅行活动，就必须在出行时做好旅行线路的规划工作。针对旅行线路方面的研究，研究者们设计了Stewart and Vogt多目的地的旅行模式[1]、Lundgren旅行模式[2]、Campbell模式[3]、最短路问题[4]、TSP问题[5]、最大流问题的旅游线路优化设计模型[6]等多种旅行模式。

在现实生活中，要经常考虑旅行路线的优化问题，即旅客确定从某点出发，要经过每个节点一次，最后返回到出发地的最佳环游路径，并且行程是最短的，这个问题也属于旅行商问题（TSP），即赋权 Hamil-

ton 回路最小化问题[7]。其中一种著名的解法，就是求一条总权最小的Hamilton圈[8]。然而到目前为止，对于这个问题仍没有一个有效的算法。本文对传统的Hamilton算法进行优化，基于该算法建立了旅行路线的优化程序。以云南省的5A级景点为实验对象，利用该程序优化了从首府城市昆明出发到达各景点的旅游线路，展现了改进后的Hamilton算法在线路优化方面的可行性和高效性。

根据全国高速公路的实际状况，本文利用ArcGIS地理软件对高速公路、二级公路的数据进行了处理，并对5A级景区进行了准确定位，发现我国所有的5A级景点，除了极少数景点附近只有1条高速公路，其余的景点均有2条或者2条以上高速公路。其次，5A级景点大部分集中于东南沿海以及中部地区，这些地方的交通较为发达，可以满足景点之间的距离近似于直线距离。

2 Hamilton算法对旅行线路的优化求解

假设一位旅行者想要一次性游览完中国云南省所有的5A级景点，本文为该旅行者设计一条最优的旅行线路，因为旅行花费主要由景点之间的远近决定，且不同的人对交通的选择也不相同，但这里的最优旅行路线简化为求连接云南省所有5A级景点的总距离，要求规划出最短的旅行线路。

2.1 Hamilton算法思想

定义一个图G(V，E)，旅行者游览的云南省6个5A级景点抽象为图G中的6个顶点，构成5A级景点集V，以两两景点之间的实际距离为旅行代价。根据Hamilton回路的定义，目标线路经过且不重复经过每一个顶点，即每一个顶点只有一条线路进入、一条线路出去，且除起点与终点外，各边不构成圈。于是寻求环游云南最短旅行路线的问题转化成了求总距离最短的Hamilton圈。下面给出求近似最优Hamilton圈的最邻近算法的基本思想[5]：

步骤1：任意一个点V_0作为起点，找一条与V_0关联且权最小的边C_1，C_1的另一个端点记为V_1，得到一条路V_0V_1。

步骤2：设已选出路$V_0V_1\cdots V_i$，在V(G)−{$V_0V_1\cdots V_pV_0$}中取一个与V_i最邻近的相邻顶点V_{i+1}得到路$V_0V_1\cdots V_{i+1}$。

步骤3：若$i+1<n-1$，则用i代替$i+1$返回步骤2；否则，记$V_0V_1\cdots V_pV_0$，停止。

得到一条近似最优的Hamilton回路。用最邻近算法求得的Hamilton算法一般不是最优解。但通过改良，可以获得更短的Hamilton回路。设$C=V_1V_2\cdots V_nV_1$是图G的一个Hamilton圈。对圈C中所满足$1<i+1<j<V$的i，j，按照以下算法可以得到一条新的Hamilton圈C_1。

步骤1：在C上检查是否有$i\neq j$，使得$V_iV_j\in E(G)$且$w(V_iV_j)+w(V_{i+1}V_{j+1})<w(V_iV_{i+1})+w(V_jV_{j+1})$，则构成新圈$C_1=V_1V_2\cdots V_iV_jV_{j-1}\cdots V_{i+1}V_{j-1}\cdots V_nV_1$。

步骤2：用C_1代替C转到步骤1，直到终止。

这种算法称之为改良圈算法，它是一种近似算法，给出的结果不一定是最优的，却是比较好的结果。

2.2 Hamilton圈的函数模型

由于在寻求环游云南省最短旅行线路这个问题中，图G的顶点个数不算大，于是根据Hamilton圈的定义建立了一个0-1整数规划优化模型，公式(1)为目标函数，公式(2)~(5)为约束条件。

设d_{ij}是景点i和j之间的直线距离，首先对两两景点间是否存在连线关系引入0-1变量X_{ij}：

$$X_{ij}=\begin{cases}1 & \text{表示景点}i\text{与景点}j\text{边连接}\\ 0 & \text{表示景点}i\text{与景点}j\text{边不连接}\end{cases}$$

如果景点i和景点j边连接，即表示旅行者走过景点i后，下一个目标为景点j。目标函数是求最小距离的Hamilton圈，即：

$$\min D=\sum_{(i,j)\in G}d_{ij}X_{ij} \tag{1}$$

该目标函数还需满足3个约束条件：

每个顶点只能有1条边进去，即：

$$\sum_{j\in G}X_{ij}=1,i\in G \tag{2}$$

每个顶点只能有1条边出去，即：

$$\sum_{j\in G}X_{ji}=1,i\in G \tag{3}$$

除起点与终点外，各边够不成圈。这里引入水平变量$l(i)$，表达到达不同景点的顺序，即景点i是第$l(i)$个目的地。于是有，起点$i=1$的水平变量$l(i)=0$，且$0\leqslant l(i)\leqslant n-1$，其中$n$是景点个数，此处$n=6$。若景点$i$与景点$j$边连线，则有$l(j)=l(i)+1$。所以为了保证起点与终点外，各边不构成圈，需要满足：

$$l(j)\geqslant l(i)+X_{ij}-(n-2)\cdot(1-X_{ij})+(n-3)\cdot X_{ij},j\geqslant 1\text{且}i\neq j \tag{4}$$

$$1+(n-2)\cdot X_{ij}\geqslant l(i)\geqslant n-1-(n-2)\cdot X_{1i},j\geqslant 1\text{且}i\neq j \tag{5}$$

2.3 Hamilton圈的计算机求解算法

Hamilton算法能实现遍历所有景点的最短路径，且不走重复路。本设计基于Hamilton算法的改良圈建

立了省内任意景点间的路线优化程序，该程序还可用于旅游线路的优化、环路的建设等。根据Hamilton回路的思想设计了Hamilton改良圈算法的Matlab编程，其具体方案如下：

```
function[C d1]= glf(d)
%d代表图的权值矩阵
%C表示算法改良后的Hamilton圈
n = size(d,2);
C =[linspace(1,n,n) 1];
old = 0;
new = 0;
times = 0;
while times <2 || old > new
C1 = C;
%fprintf('any circle is the right answer');
if n>3
 for v=4:n+1
  for i=1:(v-3)
   for j=(i+2):(v-1)
    if(d(C(i),C(j))+d(C(i+1),C(j+1))<d(C(i),C(i+1))+d(C(j),C(j+1)))
      C1(1:i) = C(1:i);
    for k = (i+1):j
      C1(k) = C(j+i+1-k);
    end
    C1((j+1):v) = C((j+1):v);
   end
  end
 end
end
elseif n≤3
 if n≤2
   fprintf('it does not exit hamilton circle');
   break;
 else
   fprintf('any circle is the right answer');
   break;
 end
end
C = C1;
d1 = 0;
for i = 1:n
  d1 = d1 + d(C(i),C(i+1));
end
old = new;
new = d1;
 times = times + 1;
end
fprintf('共迭代%d次/n',times-1);
fprintf('d1=%f/n',d1);
fprintf('最优路线为:');
d1;
```

在操作过程中，需要给出每个景点的经纬度坐标以及对每个景点进行编号，因为Matlab程序不能对汉字进行识别。

3 模型应用

选取我国云南省6个5A级景点，将这些景点依此编号1~6。因为5A级景点交通设施完善，或具有一级公路或高等级航道，所以景点间穿行方便，故可用直线距离代替各个景点之间的实际距离，各个景点所在的城市的经纬度易得，具体情况如表1所示。

表1 云南省各5A级景点的经纬度（单位：°）

编号	城市	经度	纬度
1	昆明石林风景区	24.82	103.33
2	迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园	27.80	99.91
3	丽江玉龙雪山景区	27.03	100.26
4	丽江古城景区	26.88	100.23
5	大理崇圣寺三塔文化旅游区	25.70	100.14
6	中科院西双版纳热带植物园	38.66	104.08

应用上述的Matlab程序计算各地景点的直线距离，求解的程序结果如下：

最优路线为：ans=1 6 2 3 4 5 1。

由输出结果可知，从省会昆明环游云南省6个5A级景点的线路，优化后的顺序为昆明石林风景区→中科院西双版纳热带植物园→迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园→丽江玉龙雪山景区→丽江古城景区→大理崇圣寺三塔文化旅游区→昆明石林风景区。为了形成效果鲜明的对比，将该路线未进行算法前与进行算法后的路线做成了图，具体情况分别如图1、图2所示。

从图1和图2可以看出，图1具有交叉点，说明以常规的环游方法，有很大的可能会走重复路，这无疑增加了旅行的花费与时间，未经过算法优化的旅行线

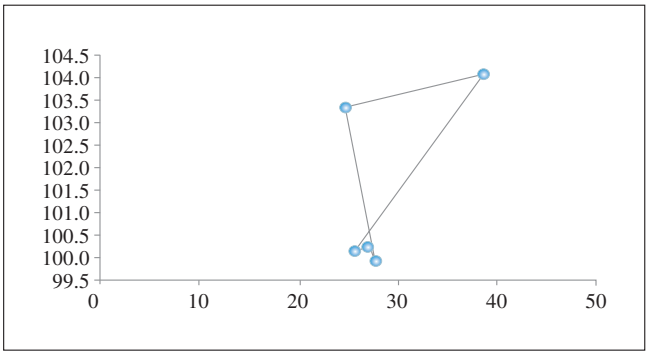

图1　未进行Hamilton算法的初始圈

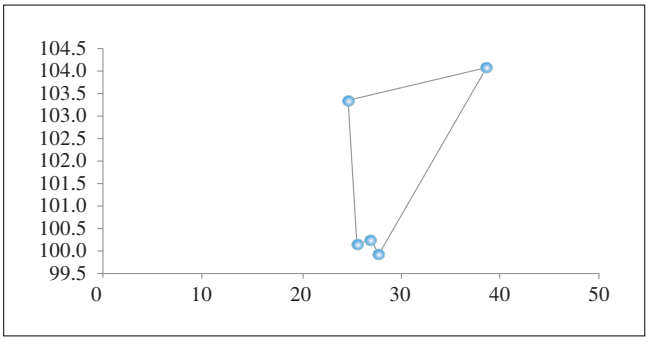

图2　进行Hamilton算法后的改良圈

路实际旅行起来会比较盲目，保证不了环游的路线最短；而图2是通过了Hamilton算法优化后的环游路线，没有了交叉点，优化了环游的线路，整个线路走法也更加地清晰明了。同时可以看出，本文对Hamilton算法的程序进行了调整之后，使得使用程序者无需调整，只需一次分配便可获最小的Hamilton圈。

4 结论

对于求解最优Hamilton圈这样的旅行商问题，要同时满足算法的精确度、稳定性、运行速度这3个条件是十分困难的。因为算法存在着这些缺点，所以在算法设计方面，本文通过调整规则来改善算法，让算法在稳定性和准确性中作出尽可能的最优；同时，在程序上加入了迭代的部分，自动提高了算法的运行速度。以往研究中，基于Hamilton算法的线路优化，至少需要做3次调整，才能得到最优通路。本文对Hamilton算法的程序进行了调整，使得使用程序者无需调整，只需一次分配便可获最小的Hamilton圈，从优化云南省5A级景点的旅行线路能够充分看出程序的便捷性。因此，改良的Hamilton算法是求解最优哈密尔顿圈的有效新方法，能够对旅客实际旅行能够提供实用性帮助。

参考文献：

[1] 吴必虎. 区域旅游规划原理[M]. 北京：中国旅游出版社，2004.
[2] LUNDGREN JOJ. The Development of Tourist Travel System：A Metropolitan Economic Hegemony Par Excellence[M]. Jahrgang：Jahrbuch fur Fremdenverkegr，1972.
[3] 黄岚，王康平，周春光，等. 基于蚂蚁算法的混合方法求解旅行商问题[J]. 吉林大学学报(理学版)，2002(4)：369-373.
[4] 刘军，王介生. 旅行商问题(TSP)的伪并行遗传算法[J]. 控制理论与应用，2007(2)：279-282.
[5] 曹旭. 旅游线路优化设计研究[D]. 兰州：西北民族大学，2012.
[6] 刘杨，赵禹骅，周小庄，等. 基于Hamilton回路的车辆巡逻问题优化算法[J]. 计算机工程，2007，33(11)：13-14.
[7] 张银明. 最小Hamilton圈问题的求解新方法[J]. 华侨大学学报：自然科学版，2003，24(2)：194-200.
[8] 张凌云，黎嘤，刘敏. 智慧旅游的基本概念与理论体系[J]. 旅游学刊，2012，27(5)：66-73.
[9] 陈美娜. 智慧旅游的基本概念与理论体系[J]. 知识经济，2016(7)：93-93.
[10] 张凌云. 智慧旅游：个性化定制和智能化公共服务时代的来临[J]. 旅游学刊，2012，27(2)：3-5.
[11] 刘晓梅，周钢，朱帅. Hamilton系统下基于相位误差的精细辛算法[J]. 应用数学和力学，2019，40(6)：595-608.
[12] 孙波，刘士彩，王玉潇，等. 基于Hamilton回路的交通线路规划[J]. 汽车与安全，2018，250(10)：94-98.
[13] 孙建新. 最小Hamilton回路是最优旅行商路线的条件[J]. 数学的实践与认识，2001(6)：41-44.
[14] 蒲星月. 基于Hamilton回路的环游中国最优路线设计及Lingo实现[J]. 计算机光盘软件与应用，2014(16)：19-20.
[15] 马敬良. 昆明综合旅游区最优Hamilton圈及表解[J]. 昆明学院学报，1994(s1)：41-47.
[16] 金卫东. 智慧旅游与旅游公共服务体系建设[J]. 旅游学刊，2012(2):6-7.
[17] 刘军林，范云峰. 智慧旅游的构成、价值与发展趋势[J]. 重庆社会科学，2011(10):121-124.
[18] 杜鹏，杨蕾. 智慧旅游系统建设体系与发展策略研究[J]. 科技管理研究，2013(23):51-56.
[19] 金江军. 智慧旅游及其关键技术和体系框架研究[C]// 第十六届全国区域旅游开发学术研讨会. 2012.
[20] 罗剑宏，杨茹. 智慧旅游对旅游消费者行为的影响机制研究[J]. 青海社会科学，2014(5):75-80.

作者简介：
薛慧，工程师，硕士，主要从事数据领域相关算法研究工作；许苗峰，工程师，硕士，主要从事智慧城市业务相关开发工作。