高速铁路设计模型

摘 要

本题要求重建一个5年计划，保证每年约有6000英里的高速铁路设计建设目标，并评估铁路建成后3~5年损失影响最大的客运路线和解释所设计模型的优缺点。求解的具体流程如下：

针对问题一：分析得到城市综合评价中的指标为人口数量和城市GDP总量，利用熵值法确定各指标的权重，结合*Topsis*算法，得到美国城市的综合评价排名，定义前15名城市为一线城市，前70名城市作为高铁路线经过城市。高铁布线遵循先区域后整体的原则，在区域处理上：以一线城市为圆心形成区域经济圈，将城市看做是点，把高铁设计问题转化为图论问题，利用*Kruskal*算法，找出区域经济圈内的最小生成树，再对经济圈间进行布线。最后，从整体上对城市间的路线进行优化，得到高铁的最终设计路线并计算出总的路程为17303英里。

针对问题二：以分担率来衡量航空的损失程度。从旅客和社会需求的角度，对传统的*Logit*模型特征函数求解进行改进，以安全、运价、快捷、舒适、服务和环境影响6个指标确定运输产品的效用值，进而确定各路线上高铁的客流分担率。运价和快捷效用值的求解采用了可能—满意度方法，而安全、舒适、服务和环境影响效用值采用的是德尔菲法。对路线上的高铁的客流分担率排序，筛选出高铁客流分担率最大的前10条路线，对应的分担率分别是79.15%、70.88%、68.13%、62.70%、61.84%、61.68%、61.47%、59.60%、58.32%、58.08%。其中经济损失最大的路线为印第安纳波利斯到土桑市。

最后，说明修建高速铁路对美国经济结构、文化、旅游、就业形势的影响。

本文所建立的模型，采用了熵值法，保证模型具有强客观性、不受主观因素的影响，评价过程的透明性和可再现性好；采用改进的*Logit*模型，使模型不受未来因素的不确定性影响，保证模型的实用性。

**关键词** *Topsis*算法 熵值法 *Kruskal*算法  *Logit*模型 分担率

一、问题重述

美国高速铁路协会的一份报告显示，长达17000英里的国家高速铁路系统将分4个阶段筹建，在2030年底完成（*http://www.ushsr.com/ushsrmap.html*）。在2012年，将有超过6000英里高速铁路在中国建设完成；而美国的铁路建设速度过慢，不能满足美国经济的发展。假设美国政府通过了一项经费足够的预算用于高速铁路的建设，请重建一个5年计划，每年约有6000英里的高速铁路设计建设目标。高速铁路设计应该考虑以下几个方面：

1、促进区域经济交流和连接的主要经济块。铁路运输的成本低于空运；然而，高速铁路运输是一中快航空运输，因此高速铁路运输网络将促进制造业的繁荣和旅游经济的快速发展。

2、设计者应该考虑，美国绝大多数的私人汽车拥有者和一个发达的公路网络。

3、政治经济中心和人口稠密地区的铁路运输网络中最重要的建筑。

4、高速铁路网络将导致的航空乘客转移。请评估铁路建成后3~5内损失影响最大的客运路线。

解释所设计模型的优缺点——需要考虑到高速铁路所影响的几个方面，如经济结构、就业形势、旅游、文化。

二、问题假设

1.在建立高铁设计模型时，把各个城市当做点处理，城市内部没有距离，只考虑城市间的高铁路线的铺设。

2.假设实际的公路网络，铁路网络，以及地形等情况不影响理论上高速铁路路线的确定。

3.假设人口数量和GDP综合排名较后的城市（本文为排名70名以后的城市）不参与高铁的铺设。

4.假设高铁铺设完成，3至5年后，人们选择交通工具的出行方式已大致确定，不再改变。

5.在高铁铺设的5年内，城市人口数量、城市GDP的变化不影响高速铁路路线的铺设。

三、符号说明

|  |  |
| --- | --- |
| 符号 | 含义 |
|  | 第*i*个城市的对第*j*个指标的排名 |
|  | 表示高优指标 |
|  | 规格化向量 |
|  | 熵值法值 |
|  | 第j项指标的的差异系数 |
|  | 第*j*项指标的权重系数 |
|  | 理想解 |
|  | 反理想解 |
|  | 评价值与理想解的评价值集合之间的间距 |
|  | 评价值与反理想解的评价值集合之间的间距 |
|  | 选择高速铁路的因素 |
|  | 选择航空的因素 |
|  | 选择高速铁路的概率 |
|  | 选择航空的概率 |
|  | 对事物各种属性的可能度 |
|  | 对事物各种属性的满意度 |
|  | 既可能又满意的程度 |
|  | 原本车站乘客人口数量 |
|  | 现在各站乘客人口数量 |
|  | 飞机票价 |

四、问题分析

**4.1问题一分析**

美国城市有200多个，从实际来说，高铁不可能经过每一个城市，只需筛选部分重要城市作为高铁经过城市即可。高铁经过城市的选择受到区域经济交流和连接程度、私家车拥有数量、公路网络发展情况、区域人口密度等多因素的影响。考虑到相关数据不容易获得，为解题方便，本文直接采用城市的人口数量和城市*GDP*作为筛选高铁经过城市的影响因素。

题目中要求建立一个5年计划，保证每年约有6000英里的高速铁路设计建设目标。首先需要确定高铁经过的城市，利用*Topsis*算法，求得各城市的综合评价等级。 根据城市的综合排名情况，选出排名前70的城市为高铁经过城市，定义前15名为一线城市，以1小时高铁行驶的路程做半径，一线城市为圆心形成经济圈。

高铁设计遵循先区域后整体的原则，在区域处理上，将城市看做是点，将高铁设计问题转化为图论问题，利用*Kruskal*算法，找出区域经济圈内最小生成树，即经济圈内的高铁布线。再对各区域经济圈间的交通网络进行完善。最后在从整体上对城市间的高铁设计布线进行改进。

在建立模型的过程中，将各城市看做是点，即城市内部无距离。这样假设的原因是为便于模型的求解，城市之间的额距离远大于城市内部的距离，因此可忽略城市内部距离，把城市当做点处理。

**4.2问题二分析**

高速铁路修建后，其诸多方面的优势势必会导致一部分原本选择飞机出行的乘客开始选择高铁，对航空业的发展就造成一定的冲击，3至5年后，这种冲击影响已近似保持不变。这里，刻画冲击影响程度的是高铁对客运路线的分担率。

分担率分析是对各种交通运输方式布局规划的重要市场分析方法，其基本方法有分担率曲线法和函数模型法，其中，*Logit*模型从模型构造、模型精度和实际操作方面具有突出的优点。从旅客和社会需求的角度，对传统的*Logit*模型特征函数求解进行改进，以安全、运价、快捷、舒适、 服务和环境影响等6个指标确定运输产品的效用值。

收集充足的数据，利用该方法，不仅可以算出各条路线今后高铁路线的客流分担率，找出损失影响最大的客运路线，也可以分析出高铁对不同航程路线的冲击规律。

五、模型建立与求解

**5.1问题一模型**

**5.1.1城市综合评价模型**

*Topsis*算法是有限方案多目标决策分析的一种常用方法，可用于效益评价、卫生决策和卫生事业管理等多个领域。本法对资料无特殊要求，使用灵活简便，应用广泛。

*Topsis*算法的基本思想：基于归一化后的原始数据矩阵，找出有限方案中的最优方案和最劣方案（分别用最优向量和最劣向量表示），然后分别计算各评价对象与最优方案和最劣方案间的距离，获得各评价对象与最优方案的相对接近程度，以此作为评价优劣的依据。

美国部分城市是在岛屿上的，无法在这些城市里建立高铁，实现城市间的联系，同时还有一些城市的的人口、经济都比较落后，不需要作为高铁经过城市的考虑对象，故取综合排名前70个城市作为高铁铺设经过城市，并定义前15名城市为一线城市，第16-40名为二线城市，第41-70为三线城市。

利用*Topsis*算法，结合问题实际，城市综合评价模型的建立过程如下：

**Step1.指标属性趋同化处理**

由于城市排名指标为低优指标，为方便后续处理，将低优指标转换为高优指标。在城市综合评价过程中，只考虑2个评价指标，即城市人口数量和城市GDP。



其中，表示第*i*个城市的对第*j*个指标的排名，表示高优指标。

生成的数学矩阵为：



**Step2.趋同化数据的归一化**

对矩阵*X*进行规范化处理,得到规格化向量,建立关于规格化向量*rij*的规范化矩阵：



**Step3.构造权重规范化矩阵**

在城市样本数据较多的情况下，对*Topsis*法改进，采用熵值法的概念来确定评价指标的权重，一定程度上避免了主观因素的影响。 熵值法是利用数学概率理论来衡量信息不确定性的一种测算方法，它表明数据分布越分散，其不确定性也越大。熵值法是一种“求大异存小同”的方法，具有客观性强、无主观因素的影响，评价过程的透明性和可再现性好。各个指标的决策信息可以用其熵值法值来表示：



其中，，一旦确定参与评选的城市数目*m*，*k*将是一个常量，。

然后，计算第*j*项指标的的差异系数：



差异系数是反映综合评价指标作用大小的一个量，其值越大，指标的作用就越大，反之亦然。

最后，计算第*j*项指标的权重系数：



利用等式计算权重规格化值，建立关于权重规范化值的权重规范化矩阵。

**Step4.确定理想解和反理想解**

根据权重规格化值来确定理想解和反理想解，步骤如下：

理想解由*Z*中每列的最大值构成：

反理想解由*Z*中每列的最小值构成：

**Step5.计算每一个评价对象与和的距离和**

城市的评价值与理想解的评价值集合和反理想解的评价值集合之间的间距利用如下的欧几里得公式进行计算：



**Step6.计算各评价对象与最优方案的接近程度**



其中，表明评价对象越优。

**Step7.根据大小排序，给出评价结果**

根据*Topsis*评价值的大小，对各城市进行排序优选，确定各城市的等级。

**5.1.2高速铁路设计模型**

将70个城市看做两两联通的具有70个顶点的强联通图G=(V,E)，建造一个经过这70个城市的高速铁路线路可以先简单的理解为求这个强联通图G=(V,E)的最小生成树T=(U,TE)。这样就将铁路设计问题转化为数学上的求强联通图的最小生成树问题，选用图论中*Kruskal*算法来求求解。

*Kruskal*算法的步骤：

第一步：假设G=(V,E)是一个具有*n*个顶点的连通网，T=(U,TE)是G的最小生成树，U=V，TE初值为空。

第二步：将图G中的边按权值从小到大依次选取，若选取的边使生成树不形成回路，则把它并入TE中，若形成回路则将其舍弃，直到TE中包含N-1条边为止，此时T为最小生成树。

 

图1. Kruskal算法流程图 图2. Kruskal算法示意图

将*Kruskal*算法与铁路设计的实际要求相结合，得到具体的求解步骤：

***Step*1**:定义综合排名前15的城市为一线城市，高速铁路的修建从这些一线城市展开。因此，先定义一个高铁1小时内行驶的区域经济圈。按照高速列车的最大时速，这个区域经济圈的半径为220英里。以这15个一线城市为中心，把距离一线城市220英里的城市纳入此城市的区域经济圈。再在各区域经济圈内，以一线城市为起点生成经济圈内点的最小生成树。各个城市间的发展是相互联系的，所以观察区域经济圈内的城市可以发现这些城市多为二线城市。所以在生成最小生成树时，优先考虑二线城市。

***Step* 2**：根据*Step*1，得到较完善的区域经济圈的高速铁路路径。考虑到区域经济圈有些相交，有些不相交，一线城市的发展比其他城市的发展快速，对交通网络的要求相对要高，若两城市间的距离较近且能连通两个区域经济圈，则在这两城市间铺设高铁。

***Step* 3**：根据旅客的乘客要求可知，两城市的行驶路径越短越好，所以若两个城市的直接距离远小于沿以上高铁设计路径的距离，则连接这两个城市，操作如下：

1. 求出任意两城市间的直接距离；
2. 根据*Step*2所设计的高铁路线，求出任意两城市间的路线距离；
3. 若，则在这两城市间铺设铁轨；

**5.2问题一求解**

**5.2.1城市综合评价求解**

利用*Topsis*算法，得到美国城市的综合评价，取前70个城市作为高铁铺设经过城市，并定义前15名城市为一线城市，第16-40名为二线城市，第41-70为三线城市。一线城市的排名如表１所示：

表1.前15名中心城市

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 城市 | 排名 | 城市 |
| 1 | 纽约 | 9 | 达拉斯 |
| 2 | 洛杉矶 | 10 | 休士顿 |
| 3 | 芝加哥 | 11 | 亚特兰大 |
| 4 | 华盛顿 | 12 | 迈阿密 |
| 5 | 旧金山 | 13 | 西雅图港市 |
| 6 | 费城 | 14 | 克里夫兰 |
| 7 | 波士顿 | 15 | 菲尼克斯 |
| 8 | 底特律 |  |  |



图1.70个城市分布散点图

**5.2.2高铁路径求解**

根据上述模型，得到各阶段的的高铁设计的结果。

首先，根据*Kruskal*算法，作出一线城市的区域经济圈以内的高铁路线分布图。



图2.第一阶段工程路线

观察上图，得到各区域经济圈内的高铁路线，再对经济区域间进行高铁设计，结果如下：



图3.第二阶段工程路线

初步完善后，各区域经济圈间的高铁网络分布较为合理，对各城市间的路线距离和直线距离进行比较，若，则在两城市间铺设铁轨，得到结果如下：



图4.第三阶段工程路线

将上述的各阶段的路线进行整合，得到美国高速铁路的设计安排：



图5.高铁总路径图

观察上图中的四边形，发现城市达拉斯（*Dallas*）到城市亚特兰大（*Atlanta*）这条路线与某条路线有交叉现象，不符合实际情况，故需要删掉这条路线；观察闭环，环内共有4个城市，从左往右分别是丹佛、奥马哈市、得梅因和芝加哥，有丹佛—芝加哥、奥马哈—得梅因两条路线。很容易发现在丹佛和得梅因两城市间直接铺设铁轨这是不符合实际的，需要对路线进行优化：将丹佛—芝加哥路线改为丹佛—奥马哈—得梅因—芝加哥，结果如下所示得到最终高铁设计图，如下：



图6.高铁最终设计图

根据高铁的路线设计，可求出高速铁路设计建设目标的总路程为17303英里。结果与要求还是有一定差距的，但本文认为美国本身具有了完善的公路网络，过多的高铁路线的不仅不能发挥其运输价值，反而由于它的高投资性造成资金回笼慢、土地资源浪费等。

**5.3问题二模型**

**5.3.1分担率预测的*Logit*模型**

**Step1**：*Logit*模型假设

对于两种运输方式，假设旅客可以选择高速铁路，也可以选择航空，选择高速铁路的因素用表示，选择航空的因素用表示，选择高速铁路的概率为，如果，则



为了进一步分析影响选择交通运输方式的因素，传统的*Logit*模型将包括在乘时间、非在乘时间、票价在内的这些因素综合为一个称之为特征函数的线性方程，高速铁路运输方式的特征函数为



式中，表示在乘时间；表示非在乘时间；*f*为票价；表示所有不可测因素对的影响程度；分别为在乘时间、非在乘时间和票价的权数；N表示舒适度等不可预测因素。

这样，在同一对城市间用*Logit*模型计算的高速铁路客流的分担率可以表示为



依此类推，同一对城市间航空客流的分担率可以表示为



该公式可作为分析运输方式变化后分担率变化的基础。通过上述分析我们可以看出，运用*Logit*模型的关键是确定其特征函数。

**Step2**：*Logit*模型特征函数分析

分析上述*Logit*模型可以看出，特征函数具有以下特点：*a*.特征函数可视为是一种效用值函数，它表示旅客对某种交通运输产品的可能—满意程度；*b*.在*Logit*模型中，假设特征函数是多元线性函数，并将旅客的在乘时间、非在乘时间和票价作为其影响因素；*c*.特征函数中各因素的参数是通过统计抽样，在样本数据的基础上进行回归分析得出的，但在统计分析中常常会面临样本不足问题，从而影响到参数的可靠性。

旅客出行数据的收集比较困难，故难以估算高铁的分担率。特征函数可作为一种效用值函数，表示旅客对某种交通运输产品的可能满意程度。对传统*Logit*模型特征函数的求解做一定的改进，采用可能—满意度法求解运输产品的效用值，在一定程度上拓展了模型的适用范围。

**5.3.2运输产品效用值函数的求解**

运输产品效用值定义：以安全、实际运价、速度、舒适、服务、环境影响为内涵确定的效用定义为运输产品效用值。运输产品效用值，是反映决策者价值观念的准则。其采用是因为：

(1)需要一种能表达人们主观价值的衡量指标，而且它能综合衡量各种定量和定性的后果；

(2)人的主观价值观因人而异，受各人的经济、社会条件而定，因此，效用值是反映同一类价值观的人群对事物的评价值。

**可能—满意度法**

效用值指标的求解有多种方法，如德尔菲法、经济分析法等。本文作者采用可能—满意度法来求解运输产品效用值。该方法的基本思想是把对事物各种属性的可能度，满意度并合成对某一属性*a*的“可能—满意度”曲线。它定量地描述了既可能又满意的程度，记作。在本文中，用来求解运输产品的效用值。

当百分之百的既可能又满意时，记为1，当既不可能又不满意时，记 为0。这两种情况的中间状态极为复杂，可抽象为



当且仅当则R，S，A为*r*，*s*，*a*的可行域。

本文用线性插值法求基础指标的效用值 ：

（1）对于正指标有



（2）对于逆指标有



**效用值的求解**

在用上述方法确定了基础指标的效用值的基础上，根据它们在评价指标体系中重要程度的等级和相互间的关系，应用多目标决策中多维价值组合规则，将分指标的，并合成类指标的可能—满意度，最后合并成方案的总的可能—满意度，即效用值V。合并过程用到较多的是的是“加法规则”和“乘法规则”。

加法规则（+）如果决定某一属性的诸因素具有独立性，它们各自所起的作用只有程度上的差别而无本质上的差别，且可以互相线性地补偿，则宜采用加法规则对诸因素的可能—满意度加以并合。



式中，为权系数，满足，。

乘法规则（\*）如果决定某一因素属性的诸因素是相互独立的，所起的作用也是只有程度上的差别而无本质上的差别，但只有当诸因素都较优时，它们所决定的属性才能较优；而一旦有其中某一因素较差，即使其它因素较优，整个属性亦极差。则须采用乘法规则求解



式中，为权系数，满足，。

综上所述，本文用如下关系式确定运输产品效用值：运输产品效用值=安全×(运价+快捷+舒适度+服务)×环境影响。

对于供给者，虽然本文以安全、运价、快捷、舒适、服务、环境影响作为运输产品效用值的内涵，但效用值确定的基本出发点仍然是实际成本。所以供给者在确定效用值高低时，有以下准则：

表2.效用值准则

|  |  |
| --- | --- |
| 指标 | 相关性 |
| 安全 | 安全性越高，效用值越高，是正相关 |
| 运价 | 运价越高，效用值越高，是正相关 |
| 速度 | 速度越快，效用值越高，是正相关，旅行时间越短，效用值越高，是负相关 |
| 舒适度 | 舒适度越高，效用值越高，是正相关 |
| 服务 | 服务越好，效用值越高，是正相关 |
| 环境影响 | 受环境影响越小，效用值越高，是负相关 |

反过来，使用者对运输产品产生购买意愿的定价准则即对于出行方式的评定或选择的社会价值观念与供给者应该是一致的。

运输产品效用值的确定方法与步骤如下：

①根据上述6个指标，抽取不低于50个旅客进行上述指标的问答评分（本文不可能得到50个旅客的调查问卷，故部分指标的评分参考相关网站上的评价数据）；

②效用值求解，运输产品效用值=安全×（运价+快捷+舒适度+服务）×环境影响；

③对已求出的效用值进行分布检验；

④根据分布检验结果进行产品档次划分或类别评定。取值范围可以表示为：标准产品效用值，经计算，结果航空、高速铁路、铁路软卧属于同一类别运输产品。

用运输产品效用值代替*Logit*模型中的特征函数计算的高速铁路客流的分担率为





式中，分别为高速铁路运输产品和航空运输产品的效用值。

若要计算各条路线上的经济损失，除了计算各条路线上高铁的分担率，也要知道原本各站乘客人口数量。由于高铁的建立促进了各地区人口的流动，导致乘客数量的增加，变化的乘客在对高铁和民航的选择上同一般乘客相同。现在各站乘客人口数量为，航空分担率为，飞机票价为，则航空公司的经济损失为：



**5.4问题二模型求解**

根据上述方法做统计调查，效用值函数的各项基础性指标分别求解。以洛杉矶到旧金山路线为例。



图7.洛杉矶到旧金山路线对比图

其中洛杉矶到旧金山的高铁路线距离为：950.53km，洛杉矶到旧金山的高铁路线距离为722.56km。假设航空飞机每公里的票价为0.75元，则飞机票价格为541.92元，假设高速铁路每公里的票价为0.42元，则从洛杉矶到达旧金山的票价为399.22元。

（1）运价指标：分别乘坐民航和高铁这两种交通方式，很明显民航的票价比较高，故航空的效用值取1，高速铁路则取高铁票价/民航票价=0.74。

（2）快捷指标：规定旅行时间超过24小时，快捷性效用值取0，旅行时间在3小时内，快捷性效用值取1,航空行驶时间为0.72h,则效用值取1，高铁使用时间3.17h，根据公式（14）、(15)，得到效用值为0.99。

（3）安全、舒适度、服务满意度、环境影响效用值可按照德尔菲方法取平均值。

德尔菲方法的步骤如下：

***Step* 1**：组成专家小组。按照课题所需要的知识范围，确定专家。专家人数的多少，可根据预测课题的大小和涉及面的宽窄而定，一般不超过20人。

***Step* 2**：向所有专家提出所要预测的问题及有关要求，并附上有关这个问题的所有背景材料，同时请专家提出还需要什么材料。然后，由专家做书面答复

***Step* 3**：各个专家根据他们所收到的材料，提出自己的预测意见，并说明自己是怎样利用这些材料并提出预测值的。

***Step* 4**：将各位专家第一次判断意见汇总，列成图表，进行对比，再分发给各位专家，让专家比较自己同他人的不同意见，修改自己的意见和判断。也可以把各位专家的意见加以整理，或请身份更高的其他专家加以评论，然后把这些意见再分送给各位专家，以便他们参考后修改自己的意见。

***Step* 5**：将所有专家的修改意见收集起来，汇总，再次分发给各位专家，以便做第二次修改。逐轮收集意见并为专家反馈信息是德尔菲法的主要环节。收集意见和信息反馈一般要经过三、四轮。在向专家进行反馈的时候，只给出各种意见，但并不说明发表各种意见的专家的具体姓名。这一过程重复进行，直到每一个专家不再改变自己的意见为止。

***Step* 6**：对专家的意见进行综合处理。

德尔菲方法能够很好处理的这三个指标的效用值，但是在本次建模中从时间和途径等方面考虑，该方法无法实践。出于解题的需要，主要从以下考虑：

民航行业一向高度重视服务质量，高水平服务，并且一直非常重视提升品牌服务工作。从机场到机舱、候机与乘机环境，民航较传统铁路舒适。而高铁服务也在升级，以航空服务作为标准，提出“服务超越航空”。从总体上来说，航空运输和高铁的的服务是不分上下的。

在舒适度方面，飞机客舱狭小，经济舱的座椅宽度和座席之间的宽度都小于高铁，座椅舒适度不及高铁，同时客舱内对旅客的制约条件也较严格。此外，高铁作为陆地交通工具，更为平稳，适合更多的人群乘坐。而飞机的乘坐人群受到身体情况的限制，在飞行过程中，由于机舱气压环境变化等原因还可能给旅客带来身体上、心理上的各种不适。相对而言，高铁给旅客更多心理上的安全感和身体上的舒适感。

环境影响方面，航空运输易受气象、流量控制以及航空公司运力调配等因素影响，航班准点率难以提高。而高速铁路在非极端天气条件下，可全天候、按时刻表运营。

安全是让人们选择交通运输方式的重要因素，有关资料表明，在各国的交通运输中，铁路，公路，民航的事故率（每百万公里的伤亡人数）之比大致为0.8:24:0.8。

查阅相关的资料，根据以上分析结合日常经验，得到航空的舒适度为0.8，高铁的舒适度为0.9；航空的服务满意度为0.8，高铁的为0.8；航空的环境影响（出行）效用值为0.8，高铁的为1。高铁和航空的安全性效用值均取1。

表3.高铁和航空的各项指标的效用值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 安全 | 运价 | 快捷 | 舒适 | 服务 | 环境影响 |
| 航空 | 1 | 1 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 高铁 | 1 | 0.74 | 0.99 | 0.9 | 0.8 | 1 |

根据以上数据可算得：

航空运输产品效用值：

高速铁路运输产品效用值：

航空客流分担率为：

高铁客流分担率为：

同理得到其他各条路线的高铁分担率。由于安全性、环境影响、服务满意度等效用值都是人们对高铁和航空总的主观评价，它不针对具体某条路线，因此在讨论全部路线的损失情况时，假设这些主观因素的效用值保持不变。客观因素实际运价效用价值、快捷性效用值则根据实际情况算之。假设航空飞机的飞行速度为800km/h，高铁的行驶速度为300km/h，则根据改进后的*Logit*模型，计算出各条路线高铁和航空的分担率，其中高铁分担率最大的前10条路线以及它们相应的分担率分别为：

表4.高铁分担率最大的前10条路线

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 出发城市 | 终点城市 | 分担率 | 直线距离（km） | HSR距离(km) |
| 印第安纳波利斯 | 土桑市 | 79.15% | 401.39 | 1254.5 |
| 印第安纳波利斯 | 俄克拉何马州 | 70.88% | 417.68 | 936.25 |
| 芝加哥 | 得梅因 | 68.13% | 505.09 | 1028.2 |
| 芝加哥 | 格林斯博罗 | 62.7% | 210.63 | 330.84 |
| 芝加哥 | 夏洛特市 | 61.84% | 266.17 | 400.51 |
| 纽约 | 科泉市 | 61.68% | 321.13 | 479.39 |
| 纽约 | 路易(斯) | 61.47% | 478.02 | 706.09 |
| 纽约 | 孟菲斯市 | 59.6% | 460.91 | 616.37 |
| 纽约 | 杰克逊维尔 | 58.32% | 512.07 | 636.41 |
| 纽约 | 亚特兰大 | 58.08% | 641.13 | 785.36 |

注：假设在考虑损失度时，只认为乘客在航空和高铁之间选择

若以各条路线上乘客的被分担率来衡量损失的大小，则由上表可以看出从印第安纳波利斯到土桑市路线高铁的分担率达到79.15%，居第一。

表3给出了各城市间的直线距离和高铁的行驶距离，分析距离数据可以看出各城市间的直线距离均属于700公里以内的短程路段。根据经验可知，对于短程航段来说，高速铁路将进一步缩短与民航的行程时差，若考虑地面上转接时间，高速铁路的速度优势甚至更明显，再加上高铁具有发车频次高，受天气影响小，票价低等优势，使得高速铁路的时效性和吸引力大大提高，因此，短程路段上高铁对民航的冲击效应和替代效应都较强。这种替代性表格数据已经得到印证。事实上可以得到结论：高速铁路对中短程路线冲击巨大，对长距离路线影响较小，在此不深入分析。

同时也可以从表格3发现，前十条路线中，从芝加哥出发的路线占三条，从纽约出发的路线占一半。这种现象完全符合实际情况，从各城市的综合排名可以知道，纽约和芝加哥排名分别为第一和第三，两个城市对高铁的需求是很强烈的，而此时高铁的分担大大缓解了这两个城市的交通压力。同时也说明，本文所建的模型在一定程度上是合理的。

六、高铁设计的影响

美国经济结构、文化、旅游、就业形势的具体情况难以确定，修建高速铁路对其的影响只能定性的分析。

**经济结构**

通过*Logit*模型，可以计算出高铁对客流量的分担率，进一步可以计算出在货运方面上的分担率，缓解了航空、公路等方面的交通压力。便利的交通必然促进两地的经济、文化等方面的交流，因此各地区的第二产业、第三产业都会因为高铁的修建有很大的发展。本组所建的模型优先考虑修建综合排名靠前的城市，以其为中心向周围扩建，主要目的是以发达城市的发展带动周边城市的发展，然而模型也有考虑不周的地方，由于数据量有限，无法知道各个城市地形情况，以及已有的公路或者铁路网络，因此某些路线可能不适合修建或者由于已有完善的公路网络不需要修建。

**就业形势**

首先修建高速铁路本身是一个庞大的工程，因此它需要动用庞大的人力资源，包括勘察人员、施工人员、维修人员等。完工后，庞大的高铁路线更需要人力资源让它运作起来，比如司机、乘务人员、保洁人员、维修人员等。可见，修建高速铁路为美国社会提供了大量的就业机会，大大缓解了就业压力。

**旅游**

便利的交通对美国的旅游业必然有促进作用。高铁完工后，人们的出行选择方式增加，路途经历的时间相对减少，车费开销相应的减少，各方面的优势，让大家更愿意选择出门走走，到其他城市去旅游，这势必会促进各城市旅游业的发展。

**文化**

众所周知，美国交通文化中最具有特色的就是它的高速公路。美国大部分人都拥有私家车，因此美国城市的市内公共交通也就不像中国那样拥挤，而且，美国本身就具有完善的公路网络。然而，特色从某方面来说也是一种缺陷，让群众选择的出行方式显得单一。高速铁路的修建，不仅增添了一种新的出行方式，更丰富了美国的交通文化，但是高铁的修建，也会导致某些公路、航空路线的使用量减少，使其原有的“特色”不再那么明显，因此，修建高铁对美国交通文化的影响应综合考虑。

同时，由于各地区的频繁交流，促进了城市间的文化交流。汽车的大量使用使美国的石油消耗量居世界第一，而高铁的修建，将大大减少石油的使用，也有利于环境的改善。

七、参数分析

高铁的建设，会给航空产业的发展带来一定的竞争压力，航空公司为提高自身的竞争优势，便会在票价、服务等方便做相应的改善，最终结果是改变自身产品的效用值，从而提高客流的分担率。反过来，高铁各指标的改变也能改变客流的分担率。本次建模主要针对的是高铁设计，所以取高铁各指标的参数作分析。

服务、环境影响等指标的变化所造成的效用值的变化很大方面取决于人们的主观评价，而票价和速度这两个指标相对比较客观，所以从高铁的票价、速度两方面出发，分析这两参数变化对模型的影响。



图6.速度与分担率的关系

观察图6可以发现：当车速小于316*km/h*，分担率随着速度的增加而增加；当速度大于316*km/h*，分担率不再变化。总结规律，即若要增加高铁客流的分担率，可以在一定范围内提高车速。同上的分析方法，可以确定票价与分担率的关系，进而做相应的调整。

八、模型评价

**优点**

1. 本文通过*Logit*模型估算城市间的高铁客流分担率，提出效用值代替效用函数，并结合统计调查的方法进行了验证。可以看出改进的*Logit*模型是比较简便和有效的方法。
2. 在城市综合评价中，利用熵值法计算权重。熵值法是一种“求大异存小同”的方法，具有客观性强、无主观因素的影响，评价过程的透明性和可再现性好。

**缺点**

1. 部分指标的效用值本来需要德尔菲方法来求解，考虑该方法在本次建模当中不容易实践，部分效用值的确定存在着一定的主观性；
2. 城市综合评价由于数据的来源受限制，所考虑的指标比较少；

九、参考文献

[1] 张于心，智明光. 对京津间开行140 km旅客列车的分担率预测与综合评价[J].系统工程理论与实践，1995，(2)：30—32．

[2] 马波涛，张于心，赵翠霞．运用Logit模型对高速铁路分担率的估算[J]．北方交通大学学报，2003，(27)：67—69．

[3] 谢如鹤，邱祝强，李庆云，王荣华. Logit模型在广深铁路客流分担率估算中的应用[期刊论文]-中国铁道科学 .2006(3).

附 录

表1.二线中心城市

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 城市 | 排名 | 城市 |
| 16 | 明尼阿波利斯 | 29 | 印第安纳波利斯 |
| 17 | 圣迭戈 | 30 | 奥兰多市 |
| 18 | 圣路易 | 31 | 哥伦布市 |
| 19 | 匹兹堡 | 32 | 夏洛特市 |
| 20 | 丹佛 | 33 | 新奥尔良 |
| 21 | 坦帕市 | 34 | 拉斯维加斯 |
| 22 | 波特兰 | 35 | 盐湖城 |
| 23 | 辛辛那提市 | 36 | 水牛城 |
| 24 | 堪萨斯 | 37 | 格林斯博罗 |
| 25 | 萨克拉门托 | 38 | 纳什维尔 |
| 26 | 密尔沃基市 | 39 | 哈特福特 |
| 27 | 诺福克 | 40 | 罗切斯特市 |
| 28 | 圣安东尼奥市 |  |  |

表2.总路线

|  |  |
| --- | --- |
| 路线 | 路线 |
| 纽约-费城 | 辛辛那提市-列克星敦市 |
| 纽约-哈特福特 | 美国堪萨斯州-突沙市 |
| 洛杉矶-圣迭戈 | 美国堪萨斯州-奥马哈市 |
| 洛杉矶-兰开斯特 | 萨克拉门托-莫德斯托 |
| 芝加哥-密尔沃基市 | 密尔沃基市-大瀑布市 |
| 芝加哥-韦恩堡 | 密尔沃基市-麦迪逊 |
| 华盛顿-费城 | 诺福克-里士满 |
| 华盛顿-哥伦比亚 | 圣安东尼奥市-奥斯丁 |
| 旧金山 -萨克拉门托 | 圣安东尼奥市-米德兰 |
| 波士顿-哈特福特 | 印第安纳波利斯-韦恩堡 |
| 底特律-克里夫兰 | 奥兰多市-杰克逊维尔 |
| 底特律-大瀑布市 | 哥伦布市-代顿市 |
| 达拉斯-圣路易 | 夏洛特市-格林斯博罗 |
| 达拉斯-新奥尔良 | 夏洛特市-诺克斯维尔 |
| 达拉斯-奥斯丁 | 新奥尔良-巴吞鲁日 |
| 达拉斯-美国俄克拉何马州 | 新奥尔良-莫比亚 |
| 休士顿-奥斯丁 | 拉斯维加斯-盐湖城 |
| 休士顿-巴吞鲁日 | 拉斯维加斯-兰开斯特 |
| 亚特兰大-杰克逊维尔 | 盐湖城-斯波坎市 |
| 亚特兰大-伯明翰市 | 水牛城-罗切斯特市 |
| 亚特兰大-莫比亚 | 格林斯博罗-罗利 |
| 亚特兰大-查特怒加市 | 纳什维尔-孟菲斯市 |
| 迈阿密-奥兰多市 | 纳什维尔-路易(斯)维耳 |
| 西雅图港市-波特兰 | 纳什维尔-查特怒加市 |
| 西雅图港市-斯波坎市 | 哈特福特-锡拉丘兹 |
| 克里夫兰-匹兹堡 | 罗切斯特市-锡拉丘兹 |
| 克里夫兰-哥伦布市 | 孟菲斯市-杰克逊 |
| 菲尼克斯-拉斯维加斯 | 罗利-里士满 |
| 菲尼克斯-土桑市 | 俄克拉何马州-突沙市 |
| 明尼阿波利斯市-得梅因 | 大瀑布市-韦恩堡 |
| 明尼阿波利斯市-斯波坎市 | 路易(斯)维耳-列克星敦市 |
| 明尼阿波利斯市-麦迪逊 | 代顿市-韦恩堡 |
| 圣路易-美国堪萨斯州 | 里士满-哥伦比亚 |
| 圣路易-印第安纳波利斯 | 伯明翰市-查特怒加市 |
| 圣路易-孟菲斯市 | 弗雷斯诺市-贝克尔斯菲市 |
| 匹兹堡-水牛城 | 弗雷斯诺市-莫德斯托 |
| 匹兹堡-哥伦比亚 | 土桑市-厄尔巴索 |
| 丹佛-盐湖城 | 厄尔巴索-阿尔布开克 |
| 丹佛-美国俄克拉何马州 | 厄尔巴索-米德兰 |
| 丹佛-奥马哈市 | 奥马哈市-得梅因 |
| 丹佛-科泉市 | 阿尔布开克-科泉市 |
| 坦帕市-奥兰多市 | 诺克斯维尔-查特怒加市 |
| 波特兰-萨克拉门托 | 诺克斯维尔-列克星敦市 |
| 辛辛那提市-印第安纳波利斯 | 贝克尔斯菲市-兰开斯特 |
| 辛辛那提市-路易(斯)维耳 | 巴吞鲁日-杰克逊 |
| 辛辛那提市-代顿市 | 辛辛那提市-列克星敦市 |