

评委一评分，签名及备注	队号： 10564	评委三评分，签名及备注
评委二评分，签名及备注	选题： C 题	评委四评分，签名及备注

题目：家庭暑假旅游套餐的设计

摘要

首先，设计家庭暑期旅游套餐，要综合考虑不同家庭的需求，如人数、费用、时间等因素，并且使所去的景点尽可能多，所去的景点质量尽量高，这个问题可抽象成为一个多目标规划问题。因此，我们可以利用多目标优化模型，对景点进行筛选。

其次，在初选的景点基础上选择最优路径。这是一个经典的旅行商问题，可以利用遗传算法等算法来求解出具体的旅行线路。

然而，针对一个旅游城市，比如上海，景点数量多，种类齐全，所以考虑上海整个区的景点进行计算，计算量很大，而且不具操作性和实用性。因此，可以根据上海市景点的稠密程度来对上海市的景点进行分区，然后对每个分区的景点进行筛选，再利用遗传算法找最优路线。这样大大降低了计算量，并且给出的方案更全面，更能满足各类家庭的需求。

为了更加清晰地讨论各种家庭、不同层次的需求，我们分成三种情况来讨论该问题，分别是：无费用限制，有时间限制的情况；有费用限制，有时间限制的情况；有费用限制，无费用限制的情况。情况一和三是两种特殊情况，情况二是一种普遍情况。并且在每种情况下，分别寻找不同分区下不同类型的最优路线。

最后，汇总各种情况下，不同类别——自然民俗类、娱乐休闲类、人文体育类、综合类各区方案，给出每日不同区的各种类别方案，考虑了人数、时间限制、费用限制、以及景点质量来综合得到最优路线。任意家庭可根据自己的需求，任意组合搭配得到所需的旅游套餐。

关键字：旅游套餐 多目标规划模型 旅行商问题 遗传算法

家庭暑假旅游套餐的设计

1. 问题重述

暑假即将来临，很多家长会选择这个时间带孩子去某城市旅游，但不同的家庭有不同的需求(人数，费用限制，时间限制等)，请您任选一个旅游城市(比如你所在的城市)，综合考虑旅行路线，费用、时间以及其它你认为比较重要的因素，为有不同需求的家庭设计一份最佳旅游套餐。

2. 问题分析

家庭暑期旅游套餐的设计要综合考虑不同家庭的需求，如人数、费用、时间等问题，这些作为套餐设计的条件，从而使所去的景点尽量多，所去的景点质量尽量高，这个可视为该套餐设计的目标函数。从而，该问题是一个多目标规划模型。但是，针对一个旅游城市，比如上海，景点数量多，种类齐全，所以考虑上海整个区的景点进行计算，计算复杂度很大，不具实用性和操作性。因此，可以根据上海市景点的稠密程度来对上海市的景点进行分区，然后对每个分区的景点进行筛选，最后，再利用遗传算法找最优路线。

为了更加清晰地讨论各种家庭、不同层次的需求，可以分成三种情况来讨论该问题，分别是：

- 1、无费用限制，有时间限制的情况；
- 2、有费用限制，有时间限制的情况；
- 3、有费用限制，无费用限制的情况。

情况一和三是两种特殊情况，情况二是一种普遍。并且在每种情况下，分别寻找不同分区的不同类型路线。

3. 模型的基本假设

- 1、旅行中没有意外的情况发生，如交通堵塞、车次延迟、极端天气等；
- 2、游客每日游玩时间为 8h 或 10h；
- 3、旅客能够成功订购车票和景点门票；
- 4、交通出行方式均采用大巴；
- 5、家庭套餐不考虑 70 岁以上老人，将 60~70 岁的人群定义为老人；
- 6、老人、小孩均享受半价；
- 7、游玩出发地在第一个游玩的景点附近，相对于行程可以忽略不计。
- 8、文中涉及的旅游各项费用均按每个标准人每天计费，即考虑人数和费用双重影响。

4. 符号说明及名次定义

符号	符号说明
d_{ij}	第 i 个景点到第 j 个景点的距离
n	景点个数
α	决策者对第一个目标的重视程度
t_{ij}	由第 i 个景点去第 j 个景点所需时间
t_j	在第 j 个景点的逗留时间
p_j	第 j 个景点的对应评分
T_0	在路上乘车的总时间
T_l	日均游玩时间
f_j	第 j 个景点的门票费
C	每个区路费、食宿费用总和
M	每个人每日旅游时所有消费总和

5. 模型的准备

上海作为中国最大的经济中心城市，也是最能体现近代以后中国发展变迁历程的国家历史文化名城，也有越来越多的人选择来上海旅游。

然而上海市旅游景点众多，对于消费者而言，如何在众多的景点中迅速选择适合自己的旅游路线是消费者最为关心的问题。通过对旅游景点进行分类，可以更有针对性的开发新的旅游线路，大大缩短开发旅游线路的时间，满足不同家庭的不同旅游需求。

本章首先收集了上海市 3A 级以上景点信息，根据这些景点的密集程度对上海市进行旅游分区；分区后以各区为单位，收集该区域内无评级但典型的旅游景点，形成该区主要旅游景点；收集各区主要旅游景点的经纬度、门票、建议游玩时间、大众点评网等对景点评价信息以及各区基本食宿等信息，以便后期用于多目标规划旅游景点的筛选和最优路线的求解。

5.1 对景点进行分类

5.1.1 按照星级景点分区

上海旅游景点众多，各景点差异较大，为了便于研究，首先选择 3A 级及以上景点进行分析，搜集景点的基本信息，将所有景点分为人文教育、主题乐园和自然休闲三大类，表 5.1 为上海市 3A 级及以上景点信息。

通过谷歌地图查的表 5.1 中各景点对应的经纬度，通过百度地图得到各景点的空间分布，如图 5.1 为上海市 3A 级及以上景点空间分布图



图 5.1 上海市 3A 级及以上景点空间分布图

表 5.1 上海市 3A 级以上景点

序号	景点名称	景点级别	景点类型
1	东方明珠广播电视塔	5A	人文教育
2	上海科技馆	5A	人文教育
3	上海野生动物园	5A	主题乐园
4	上海世纪公园	4A	自然休闲
5	上海共青森林公园	4A	自然休闲
6	上海城市规划展示馆	4A	人文教育
7	上海市动物园	4A	人文教育
8	上海博物馆	4A	人文教育
9	金茂大厦 88 层观光厅	4A	人文教育
10	上海豫园	4A	人文教育
11	上海市东方绿舟	4A	自然休闲
12	上海佘山国家森林公园	4A	自然休闲
13	上海朱家角古镇旅游区	4A	自然休闲
14	上海太阳岛旅游度假区	4A	自然休闲
15	青浦革命历史纪念馆	4A	人文教育
16	上海大观园	4A	人文教育
17	上海方塔园	4A	人文教育
18	上海古猗园	4A	人文教育
19	东平国家森林公园	4A	人文教育
20	上海影视乐园	3A	主题乐园
21	上海滨海森林公园	3A	自然休闲
22	上海射击俱乐部	3A	人文教育
23	江南三民文化村	3A	人文教育

根据上海市 3A 级及以上景点的空间分布, 可知上海市景点分布具有明显的区域性, 故为了问题处理的准确性和方便性, 根据景点的密集程度对上海市进行旅游分区, 通过对各分区的旅行路线开发, 最终得到全区的旅游综合路线。

上海市的旅游分区主要分为 ABCDE 五个区, 即以上海科技馆等为中心的 A 区, 上海佘山国家森林公园等为中心的 B 区, 上海古漪园等为中心的 C 区, 上海射击俱乐部为中心的 D 区, 东平国家森林公园为中心的 E 区。共计有 9 个 A 区景点, 8 个 B 区景点, 3 个 C 区景点, 1 个 D 区景点, 2 个 E 区景点。进一步补充相应的经纬度和分区信息得到上海市 3A 级以上景点信息表, 见表 5.2。

表 5.2 上海市 3A 级以上景点信息

序号	景点名称	经度	纬度	景点级别	景点类型	分区类型
1	东方明珠广播电视塔	31.24055	121.49986	5A	人文教育	A 区
2	上海科技馆	31.2225	121.5379	5A	人文教育	A 区
3	上海野生动物园	31.05525	121.72437	5A	主题乐园	C 区
4	上海世纪公园	31.2145	121.5535	4A	自然休闲	A 区
5	上海共青森林公园	31.31823	121.54859	4A	自然休闲	A 区

6	上海城市规划展示馆	31.23181	121.47533	4A	人文教育	A 区
7	上海市动物园	31.19338	121.36255	4A	人文教育	A 区
8	上海博物馆	31.22864	121.47550	4A	人文教育	A 区
9	金茂大厦 88 层观光厅	31.23603	121.50569	4A	人文教育	A 区
10	上海豫园	31.22770	121.49213	4A	人文教育	A 区
11	上海市东方绿舟	31.09934	121.01912	4A	自然休闲	B 区
12	上海佘山国家森林公园	31.0946	121.2003	4A	自然休闲	B 区
13	上海朱家角古镇旅游区	31.11479	121.05397	4A	自然休闲	B 区
14	上海太阳岛旅游度假区	31.040	121.0911	4A	自然休闲	B 区
15	青浦革命历史纪念馆	31.00818	121.04470	4A	人文教育	B 区
16	上海大观园	31.07323	120.91130	4A	人文教育	B 区
17	上海方塔园	31.00434	121.24835	4A	人文教育	B 区
18	上海古猗园	31.29218	121.31590	4A	人文教育	D 区
19	东平国家森林公园	31.67718	121.48138	4A	人文教育	E 区
20	上海影视乐园	31.0178	121.310	3A	主题乐园	B 区
21	上海滨海森林公园	30.9907	121.9087	3A	自然休闲	C 区
22	上海射击俱乐部	31.026	121.897	3A	人文教育	C 区
23	江南三民文化村	31.7215	121.4983	3A	人文教育	E 区

5.1.2 各分区景点信息

根据上海区分区情况可以得到不同区域内的星级景点,通常星级景点具有较高的游玩价值,但不一定所有游客都会选择去这些星级景点,为了增加选择的多样性,使数据更贴近实际情况,需要增加一些无评级但仍较有名气的景点,并通过马蜂窝旅行攻略、百度旅游、大众点评网等网站资源查找各旅游景点的最佳观光时间及门票信息,同时利用谷歌地图得到各景点的经纬度,补充信息后的ABCDE 五大分区主要景点信息见表 5.3~5.7。

表 5.3 A 区主要景点

序号	景点名称	经度	纬度	景点类型	观光时间	门票
1	东方明珠广播电视塔	31.24055	121.49986	人文教育	2h	80
2	上海科技馆	31.2225	121.5379	人文教育	4h	60
3	上海世纪公园	31.2145	121.5535	自然休闲	3h	10
4	上海共青森林公园	31.31823	121.54859	自然休闲	4h	15
5	上海城市规划展示馆	31.23181	121.47533	人文教育	3h	30
6	上海市动物园	31.19338	121.36255	人文教育	2h	40
7	上海博物馆	31.22864	121.47550	人文教育	4h	0
8	金茂大厦 88 层观光厅	31.23603	121.50569	人文教育	2h	120
9	上海豫园	31.22770	121.49213	人文教育	2h	40
10	上海电影博物馆	31.18629	121.437042	人文教育	4h	60
11	上海植物园	31.15032	121.44978	自然休闲	4h	40
12	外滩观光隧道	31.23942	121.49701	自然休闲	0.5h	50
13	黄浦江游览	31.22929	121.49705	自然休闲	1h	80

14	田子坊	31.20826	121.46973	自然休闲	2h	0
15	杜莎夫人蜡像馆	31.23513	121.47349	人文教育	2h	130
16	大自然野生昆虫馆	31.24087	121.49782	人文教育	3h	60
17	上海意大利中心	31.186805	121.492234	人文教育	2h	60
18	上海环球金融中心	31.23491	121.50748	人文教育	2h	150
19	星期8小镇	31.10890	121.38770	人文教育	3h	50
20	中共一大会址	31.22063	121.47542	人文教育	1h	0
21	上海巧克力开心乐园	31.18463	121.4861	主题乐园	4h	185
22	贝乐赢儿童快乐运动馆	31.21782	121.42422	主题乐园	4h	180

表 5.4 B 区主要景点

序号	景点名称	经度	纬度	景点类型	观光时间	门票
1	上海市东方绿舟	31.09934	121.01912	自然休闲	4h	50
2	上海佘山国家森林公园	31.0946	121.2003	自然休闲	4h	0
3	上海朱家角古镇旅游区	31.11479	121.05397	自然休闲	3h	30
4	上海太阳岛旅游度假区	31.040	121.0911	自然休闲	2h	30
5	淀山湖	31.1112	120.977	自然休闲	4h	0
6	青浦革命历史纪念馆	31.00818	121.04470	人文教育	1h	0
7	上海大观园	31.07323	120.91130	人文教育	2h	60
8	上海方塔园	31.00434	121.24835	人文教育	3h	12
9	上海影视乐园	31.0178	121.310	主题乐园	2h	80
10	辰山植物园	31.07079	121.18123	自然休闲	3h	60
11	月湖雕塑公园	31.1024	121.2061	自然休闲	3h	120
12	寻梦园	31.24989	121.4855	自然休闲	1h	80
13	之根雪浪湖温泉	30.9257	121.0908	自然休闲	2h	198
14	大千生态庄园	31.62144	121.61376	自然休闲	3h	50
15	醉白池	31.00215	121.23027	自然休闲	2h	12
16	松江博物馆	31.00659	121.24618	人文教育	2h	10
17	松江美术馆	31.03331	121.19806	人文教育	1h	0
18	地震科普馆	31.09214	121.19576	人文教育	1h	5
19	上海天文博物馆	31.09425	121.19367	人文教育	1h	14
20	上海欢乐谷	31.09520	121.22001	主题乐园	5h	200

表 5.5 C 区主要景点

序号	景点名称	经度	纬度	景点类型	观光时间	门票
1	上海野生动物园	31.05525	121.72437	主题乐园	2h	130
2	上海滨海森林公园	30.9907	121.9087	自然休闲	2h	35
3	上海射击俱乐部	31.026	121.897	人文教育	1h	99
4	芦潮港	30.85683	121.84651	自然休闲	2h	0
5	中国航海博物馆	31.23806	121.48791	人文教育	1h	50
6	南汇书院人家	30.94165	121.89221	人文教育	3h	0

7	傅雷故居	31.04953	121.59324	人文教育	1h	0
8	川沙古城墙	31.19525	121.70703	人文教育	2h	0
9	张闻天故居	31.13187	121.76299	人文教育	1h	0

表 5.6 D 区主要景点

序号	景点名称	经度	纬度	景点类型	观光时间	门票
1	上海古猗园	31.29218	121.31590	人文教育	1h	12
2	上海玻璃博物馆	31.34383	121.47277	人文教育	2h	48
3	嘉定紫藤园	31.37909	121.25820	自然休闲	1h	0
4	宝山东方假日田园	31.35481	121.35345	自然休闲	2h	30
5	秋霞圃	31.38715	121.25318	自然休闲	3h	10
6	卫斯嘉闻道园	31.43778	121.35390	自然休闲	2h	80
7	上海相东佛像艺术馆	31.36936	121.22642	人文教育	2h	45
8	南翔砖塔	31.29137	121.30777	人文教育	1h	0
9	梦微草堂	31.46445	121.26391	人文教育	3h	129
10	法华塔	31.38438	121.25067	人文教育	1h	0

表 5.7 E 区主要景点

序号	景点名称	经度	纬度	景点类型	观光时间	门票
1	东平国家森林公园	31.67718	121.48138	人文教育	2h	70
2	江南三民文化村	31.7215	121.4983	人文教育	3h	60
3	东滩湿地公园	31.51983	121.91238	自然休闲	2h	0
4	紫海鹭缘浪漫庄园	31.67270	121.49503	自然休闲	2h	0
5	澹园	31.6263	121.4032	自然休闲	2h	100
6	金鳌山	31.61534	121.42096	自然休闲	1h	0
7	寿安寺	31.61482	121.42150	人文教育	1h	0
8	桔洲穹庐	31.40165	121.68588	主题公园	2h	38
9	野生动植物湿地公园	31.62151	121.61367	自然休闲	2h	0

5.2 上海市主要景点评分

考虑到游客对不同景点的满意也会不一样，本文将游客对景点的满意度转化为对景点打分，提出基于景点等级的打分规范，对应的评分标准见表 5.8

表 5.8 评分标准

	5A	4A	3A	无评级
评分	5	4	3	2

对于 3A、4A 和 5A 级景点分别打分为 3、4、5，对于无评级的景点，将其最高分定为 2 分，结合大众点评网和百度旅游的群众网上打分情况进行折算，故折算公式如下

$$P'_j = \frac{2 \times P_j}{P}$$

其中 P_j' 为最终得分, p_j 为群众网上评分, p 为满分, 大众点评网和百度旅游一般取 5。

结合各区景点、景点级别和群众网上评分情况进行计算, 得到上海市 70 个景点的最终打分情况, 上海市主要景点评分情况见表 5.9。

表 5.9 上海市主要景点评分表

序号	景点名称	景点级别及网上评分	最终评分	分区
1	东方明珠广播电视塔	5A	5	A 区
2	上海科技馆	5A	5	A 区
3	上海世纪公园	4A	4	A 区
4	上海共青森林公园	4A	4	A 区
5	上海城市规划展示馆	4A	4	A 区
6	上海市动物园	4A	4	A 区
7	上海博物馆	4A	4	A 区
8	金茂大厦 88 层观光厅	4A	4	A 区
9	上海豫园	4A	4	A 区
10	上海电影博物馆	4A	4	A 区
11	上海植物园	4	1.6	A 区
12	外滩观光隧道	4	1.6	A 区
13	黄浦江游览	4	1.6	A 区
14	田子坊	4.5	1.8	A 区
15	杜莎夫人蜡像馆	4.5	1.8	A 区
16	大自然野生昆虫馆	4	1.6	A 区
17	上海意大利中心	3.5	1.4	A 区
18	上海环球金融中心	4.5	1.8	A 区
19	星期 8 小镇	4	1.6	A 区
20	中共一大会址	4.5	1.8	A 区
21	上海巧克力开心乐园	4	1.6	A 区
22	贝乐赢儿童快乐运动馆	4	1.6	A 区
23	上海市东方绿舟	4A	4	B 区
24	上海佘山国家森林公园	4A	4	B 区
25	上海朱家角古镇旅游区	4A	4	B 区
26	上海太阳岛旅游度假区	4A	4	B 区
27	淀山湖	4A	4	B 区
28	青浦革命历史纪念馆	4A	4	B 区
29	上海大观园	4A	4	B 区
30	上海方塔园	4A	4	B 区
31	上海影视乐园	3A	3	B 区
32	辰山植物园	4.5	1.8	B 区
33	月湖雕塑公园	5	2	B 区
34	寻梦园	3.5	1.4	B 区
35	之根雪浪湖温泉	3	1.2	B 区

36	大千生态庄园	4	1.6	B 区
37	醉白池	4.5	1.8	B 区
38	松江博物馆	3.5	1.4	B 区
39	松江美术馆	3.5	1.4	B 区
40	地震科普馆	4.5	1.8	B 区
41	上海天文博物馆	4	1.6	B 区
42	上海欢乐谷	5	2	B 区
43	上海野生动物园	5A	5	C 区
44	上海滨海森林公园	3A	3	C 区
45	上海射击俱乐部	3A	3	C 区
46	芦潮港	4.5	1.8	C 区
47	中国航海博物馆	4	1.6	C 区
48	南汇书院人家	4.5	1.8	C 区
49	傅雷故居	3.5	1.4	C 区
50	川沙古城墙	4.5	1.8	C 区
51	张闻天故居	3	1.2	C 区
52	上海古猗园	4A	4	D 区
53	上海玻璃博物馆	4	1.6	D 区
54	嘉定紫藤园	4	1.6	D 区
55	宝山东方假日田园	4.5	1.8	D 区
56	秋霞圃	5	2	D 区
57	卫斯嘉闻道园	2.5	1	D 区
58	上海相东佛像艺术馆	4.5	1.8	D 区
59	南翔砖塔	4	1.6	D 区
60	梦微草堂	3	1.2	D 区
61	法华塔	3.5	1.4	D 区
62	东平国家森林公园	4A	4	E 区
63	江南三民文化村	3A	3	E 区
64	东滩湿地公园	4	1.6	E 区
65	紫海鹭缘浪漫庄园	4	1.6	E 区
66	澹园	3.5	1.4	E 区
67	金鳌山	4	1.6	E 区
68	寿安寺	3.5	1.4	E 区
69	桔洲穹庐	4	1.6	E 区
70	野生动植物湿地公园	3.5	1.4	E 区

5.3 上海各旅游分区的食宿及坐车的费用调查

考虑费用限制和时间限制对模型的影响时，需要提供各区食宿和旅游出行时坐车的费用，故对上海各分区进行数据统计，得到各区食宿及坐车的费用情况，具体信息见表 5.10～表 5.14

表 5.10 上海市金龙大巴车基本费用（数据来源 <http://www.deqinzuche.com/>）

	基本费用（元/天）	平均费用（元/人）	总平均值（元/人）
金龙 53 座大巴车	1200	22.64	23
金龙 33 座大巴车	800	24.24	
金龙 49 座大巴	1100	22.44	
金龙 45 座大巴	1000	22.22	

表 5.11 各旅游分区人均消费情况

区域	餐馆	人均（元/顿）	总人均费用（元/顿）
A 区	耶里夏丽新疆餐厅	79	77
	潮州府砂锅粥	99	
	辣尚瘾	49	
	老工厂重庆火锅	91	
	57 度湘	95	
	食之秘	26	
	海上阿叔茶餐厅	106	
	PANK00 釜山料理	86	
	湘乐汇(宜山路店)	62	
	义面屋(徐家汇店)	74	
B 区	和记小菜(松江店)	93	64
	陈扬蟹黄汤包(松汇中路店)	19	
	小胖私房菜	37	
	洞二巴巴蜀火锅九亭店	92	
	沙珑餐厅	66	
	俏泰餐厅	79	
	Lesvila 主题餐厅	47	
	橄榄庄园(开元地中海店)	79	
	望湘园(开元地中海店)	74	
	韦斯顿(松汇中路店)	54	
C 区	锦江大厨(临港新城店)	70	84
	千岛湖淳鲜馆泥城店	70	
	巴麦隆炉火烤肉(浦东主题店)	62	
	天虹海鲜酒家(金桥店)	130	
	上上谦串串香火锅(浦东新梅店)	98	
	义面屋(大拇指广场店)	78	
	外婆家(华润时代店)	58	
	葵园农家乐	86	
	沈家花园(南汇店)	122	
	苏武牧羊(南汇店)	64	

区域	餐馆	人均（元/顿）	总人均费用（元/顿）
D 区	伊秀寿司(江桥万达店)	86	74
	旺川园	42	
	漫驼铃西域餐厅(江桥万达店)	68	
	吉旺港式茶餐厅(安亭店)	74	
	上海小南国(安亭店)	168	
	小杨生煎(江桥万达店)	16	
	荷泰东南亚餐厅	83	
	三人行新概念川菜(嘉定店)	68	
	鼎中鼎澳门豆捞(城中店)	73	
	棒约翰比萨(上海安亭店)	57	
区域	餐馆	人均（元/顿）	总人均费用（元/顿）
E 区	悠乐农家土菜馆	50	62
	西来农庄	66	
	群雅酒家	75	
	釜山料理	63	
	歌顿咖啡(崇明店)	20	
	江山羊蝎子火锅	61	
	麦盛莉(南门店)	115	
	会宾酒楼	73	
	新招鲜火锅	44	
	佳客来牛排专家	55	

表 5.12 各旅游分区人均吃饭消费

区域	人均吃饭消费/顿	总人均/顿
A	77	72
B	64	
C	84	
D	74	
E	62	

数据来源 <http://www.dianping.com/>

表 5.13 各旅游分区人均住宿消费

酒店	标间费用（元/天）	平均费用（元/天）
七天	180	186
如家	170	
布丁	179	
汉庭	199	
99 连锁	124	
格林豪泰	249	
锦江之星	215	
莫泰	169	

数据来源各连锁酒店官网

表 5.14 各旅游分区人均食宿及坐车

区域	人均食宿及坐车/天/人	平均每天消费/天/人
A	402	390
B	369	
C	419	
D	394	
E	364	

6. 模型建立及求解

家庭暑期旅游套餐的设计要综合考虑不同家庭的需求，即在满足不同家庭的要求（人数、费用、时间等）的限制的条件下，使所去的景点尽量多，所去的景点质量尽量高。这是一个多目标规划问题，在满足约束条件的基础上，可以筛选出满足要求的景点。然后，可以利用最短路径的方法寻找出适合的旅行路线。并且寻找最优路径的问题可看做一个旅行商问题。由此，我们可以得到满足不同需求家庭的旅游线路。

为了更加清晰地讨论各种家庭、不同层次的需求，可以分成三种情况来讨论该问题，分别是：

- 1、无费用限制，有时间限制的情况；
- 2、有费用限制，有时间限制的情况；
- 3、有费用限制，无费用限制的情况。

情况一和三是两种特殊情况，情况二是一种普遍情况，在模型的讨论过程中充分体现了特殊到一般再到特殊的数学思想。以下是解决该问题总的流程图是：

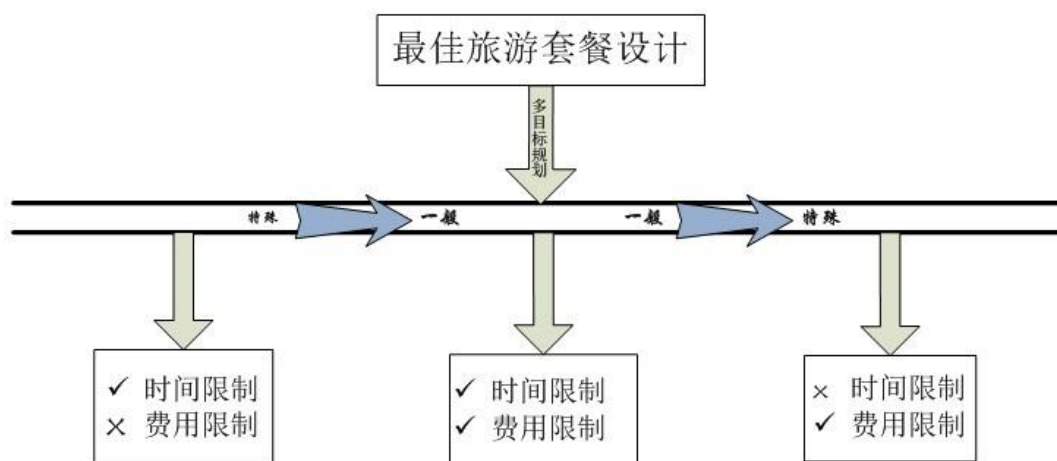


图 6.1 最佳旅游套餐设计流程
针对情况一的套餐设计流程图：

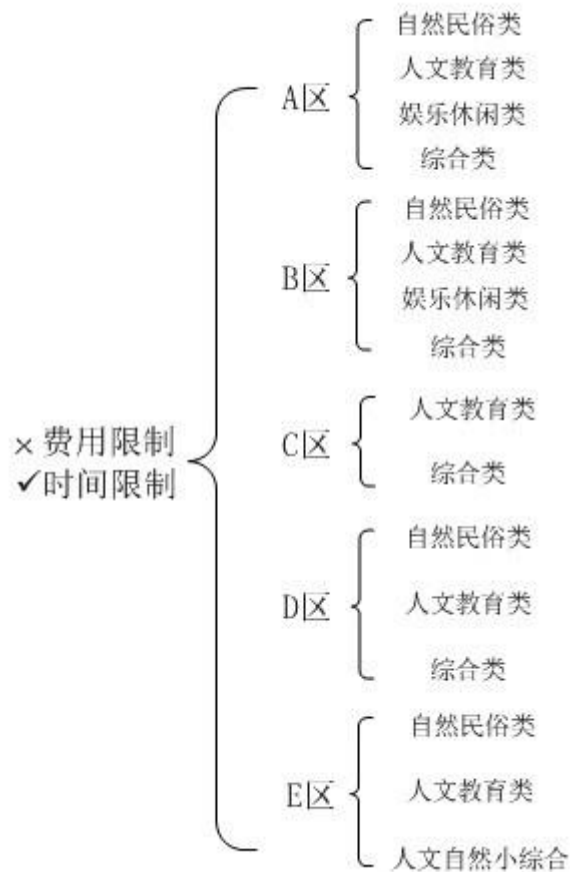


图 6.2 针对情况一的套餐设计流程图

6.1 模型建立

6.1.1 无费用限制，有时间限制情况下的数学模型

(1) 筛选景点的多目标优化模型

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \\
 & \text{Max} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_j x_{ij} \\
 & \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_j x_{ij} + T_0 \leq T_l \\
 & \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 & \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & \quad x_{ij} = 0 \text{ 或 } 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned}$$

求解多目标规划[1-3]的方法有很多，常常借助于线性规划、非线性规划、随机规划以及数值计算的手段和技巧。这里我采用“线性加权法”来将双目标规划模型转化成单目标规划问题，即取决策目标为

$$\text{Max} \quad \alpha \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} + (1-\alpha) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_j x_{ij}$$

其中 α 为闭区间 $[0,1]$ 上的任意数值，并体现了决策者对每个目标的重视程度，这里取 $\alpha = \frac{1}{2}$ ，表示同时考虑所去景点个数尽量多，景点质量尽量高，二者的比重视为一样的。s

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_j x_{ij} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_j x_{ij} + T_0 \leq T_l \\ & \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad j=1,2,\dots,n \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad i=1,2,\dots,n \\ & x_{ij} = 0 \text{ 或 } 1 \quad i,j=1,2,\dots,n \end{aligned}$$

(2) 确定旅行线路的旅行商问题模型

游客从某景点出发，沿途经过各个景点一次后返回出发景点，要确定一条行走的路线，使得总路径最短。这个问题就是一个旅行商问题（TSP）[4]，从图论的角度分析，就是在一个赋权的完全图中，找出一个具有最小权值的 Hamilton 圈 C，即最优圈。

旅行商问题的数学模型]表达式如下：

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i \neq j} d_{ij} x_{ij} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i=1,2,\dots,n \\ & \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j=1,2,\dots,n \\ & \sum_{i,j \in s} x_{ij} \leq |s| - 1, 2 \leq |s| \leq n-1, s \subset \{1,2,\dots,n\} \end{aligned}$$

三个约束条件分别表示：每个点只有一条边出去；每个点只有一条边出去；各起点和终点外，各边不构成圈。

6. 1. 2 有费用限制，有时间限制情况下的数学模型

(1) 筛选景点的多目标优化模型

$$\begin{aligned}
& \text{Max} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \\
& \text{Max} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_j x_{ij} \\
& \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_j x_{ij} + T_0 \leq T_l \\
& \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_j x_{ij} + C \leq M \\
& \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\
& \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
& \quad x_{ij} = 0 \text{ 或 } 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n
\end{aligned}$$

因此采用“线性加权法”将双目标规划模型转化成单目标规划问题后的模型为：

$$\begin{aligned}
& \text{Max} \quad \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_j x_{ij} \\
& \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_j x_{ij} + T_0 \leq T_l \\
& \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\
& \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
& \quad x_{ij} = 0 \text{ 或 } 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n
\end{aligned}$$

(2) 确定旅行线路的旅行商问题模型

类似于 6.1.1 中的旅行商问题模型的建立过程。

6.2 模型求解

按照景点离散程度对上海市进行旅游分区，在每个分区上按照不同景点类别单独考虑，分别采用多目标规划模型完成景点的筛选，再通过遗传算法对筛选的景点进行最优路径的求解，可得到最佳旅游线路方案。寻找最优路径属于经典的旅行商问题，我们将采用遗传算法去解决最优路径的寻找。

6.2.1 遗传算法介绍

旅行商问题[5-7]是一个经典的组合优化问题，也是一个 NP 难题。但该方法针对本假期上海旅游线路的规划，可起到实际规划帮助。所以，我们的研究目标之一就是，寻找到一种既有高质量的解，又具有快速收敛性质的近似算法。

旅行商问题的研究在近几年来已经取得了众多成果，到目前为止，从国际上看主要有迪杰斯特拉（Dijkstra）算法、二叉树方法、Floyd 算法、神经网络方法和遗传算法等方法。每种算法都具有自身的特点，其中遗传算法相比较而言更适

合解决旅行商问题。

遗传算法是一类借鉴生物界自然选择和自然遗传机制的随机化搜索算法，它是模拟达尔文的遗传选择和自然淘汰的生物进化过程的计算模型。做法是把问题参数编码为染色体，再利用迭代的方式进行选择、交叉以及变异等运算来交换种群中染色体的信息，最终生成符合优化目标的染色体。实践证明，遗传算法对于解决 TSP 问题等组合优化问题具有较好的寻优性能。

遗传算法求解上海旅游线路

在遗传算法上要做的工作主要集中在：

- (1) 采用适当的表达方法给巡回编码；
- (2) 设计可用的遗传算子保持父辈的特性，并避免不可行性；
- (3) 防止由于过早收敛，陷入局部最优。

6.2.2 无费用限制，有时间限制情况下的模型求解

在无费用限制，有时间限制情况下，针对各分区，首先利用多目标规划模型对不同类型的景点进行筛选，利用 MATLAB 编程求解自然民俗类、娱乐休闲类和人文教育类的景点，可以筛选得到不同类型路线中同时满足景点数量和质量最优解；然后将筛选的景点通过遗传算法可以得到景点的最优游玩路径，使得该路径游玩所经过的路程最短，减少旅游途中的时间浪费情况。

针对情况二的套餐设计流程图：

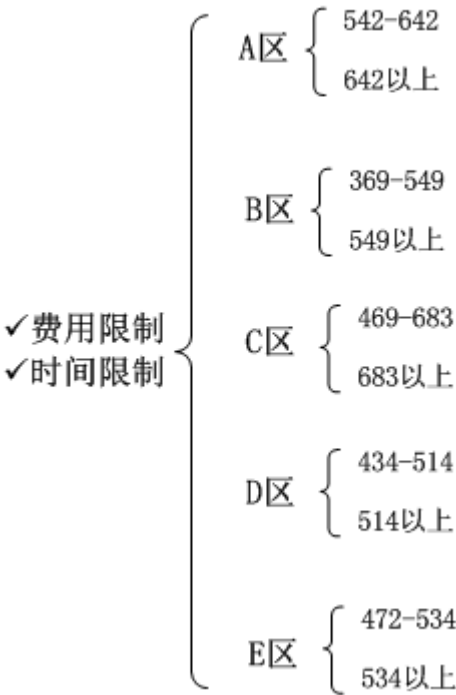


图 6.3 针对情况二的套餐设计流程图

(1) 对 A 区的景点进行筛选

自然民俗类

$x_{34}=x_{46}=x_{55}=x_{62}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海共青森林公园、外滩观光隧道、黄浦江游览和田子坊，门票

总费用为 145 元 (游玩时间为 8h, 以下简称 8h)。

$x_{14}=x_{32}=x_{56}=x_{41}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海世纪公园、上海共青森林公园、外滩观光隧道和田子坊, 门票总费用为 155 元 (游玩时间为 10h, 以下简称 10h)。

娱乐休闲类

其中一组解为 $x_{12}=x_{33}=x_{41}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为东方明珠广播电视塔、上海动物园和金茂大厦 88 层观光厅, 门票总费用为 240 元。

还有另外两组解分别为:

a、东方明珠广播电视塔、上海动物园和上海豫园, 门票总费用为 160 元;

b、东方明珠广播电视塔、金茂大厦 88 层观光厅和上海豫园, 门票总费用为 240 元 (8h)。

$x_{12}=x_{24}=x_{33}=x_{41}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。

东方明珠广播电视塔、上海动物园、金茂大厦 88 层观光厅和上海豫园, 门票总费用为 280 元 (10h)。

人文教育类

$x_{18}=x_{25}=x_{41}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海科技馆、杜莎夫人蜡像馆和中共一大会址, 门票总费用为 190 元(8h)。

$x_{38}=x_{57}=x_{41}=x_{85}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海科技馆、上海城市规划展示馆、上海环球金融中心和杜莎夫人蜡像馆, 门票总费用为 340 元(10h)。

(2) 对 B 区的景点进行筛选

自然民俗类

$x_{16}=x_{21}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。此处分别为上海佘山国家森林公园和醉白池, 门票总费用为 12 元 (8h)。

$x_{31}=x_{42}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。此处分别为上海佘山国家森林公园和淀山湖, 门票总费用为 0 元 (10h)。

娱乐休闲类

其中一组解为 $x_{14}=x_{22}=x_{33}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为寻梦园、上海太阳岛旅游度假区和上海影视乐园, 门票总费用为 190 元 (8h)。

$x_{11}=x_{23}=x_{62}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海市东方绿舟、上海太阳岛旅游度假区和上海影视乐园, 门票总费用为 160 元 (10h)。

人文教育类

$x_{17}=x_{26}=x_{32}=x_{73}=x_{85}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为青浦革命历史纪念馆、上海大观园、松江博物馆、松江美术馆和地震科普馆, 门票总费用为 75 元 (8h)。

$x_{16}=x_{27}=x_{32}=x_{73}=x_{81}=1$, 其余值为 0, 第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海朱家角古镇旅游区、青浦革命历史纪念馆、上海大观园、松江美术馆和地震科普馆, 门票总费用为 95 元 (10h)。

(3) 对 C 区的景点进行筛选

人文教育路线

$x_{15}=x_{21}=x_{34}=x_{43}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为中国航海博物馆、傅雷故居、川沙古城墙和张闻天故居，总费用为 50 元（8h）。

$x_{14}=x_{22}=x_{33}=x_{41}=x_{55}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为中国航海博物馆、南汇书院人家、傅雷故居、川沙古城墙和张闻天故居，总费用为 50 元（10h）。

自然娱乐小综合类路线

$x_{12}=x_{21}=x_{33}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海野生动物园、上海滨海森林公园和上海射击俱乐部，门票总费用为 264 元（8h）。

$x_{12}=x_{21}=x_{34}=x_{43}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海野生动物园、上海滨海森林公园、芦潮港和上海射击俱乐部，门票总费用为 264 元（10h）。

（4）对 D 区的景点进行筛选

自然民俗

$x_{11}=x_{23}=x_{32}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为嘉定紫藤园、宝山东方假日田园和秋霞圃，总费用为 40 元（8h）。

$x_{11}=x_{23}=x_{32}=x_{44}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为嘉定紫藤园、宝山东方假日田园、秋霞圃和卫斯嘉闻道园，总费用为 120 元（10h）。

人文教育

$x_{13}=x_{21}=x_{34}=x_{42}=x_{66}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海古猗园、上海玻璃博物馆、上海相东佛像艺术馆、法华塔和南翔砖塔，总费用为 105 元（8h）。

$x_{13}=x_{21}=x_{36}=x_{44}=x_{62}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海古猗园、上海玻璃博物馆、上海相东佛像艺术馆、法华塔和南翔砖塔，总费用为 105 元（10h）。

（5）对 E 区的景点进行筛选

自然民俗

$x_{12}=x_{21}=x_{34}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为东平国家森林公园、江南三民文化村和金鳌山，总费用为 130 元（8h）。

$x_{12}=x_{21}=x_{35}=x_{44}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为东平国家森林公园、江南三民文化村、桔洲穹庐和金鳌山，总费用为 168 元（10h）。

人文自然小综合

$x_{14}=x_{33}=x_{41}=x_{55}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为东平国家森林公园、金鳌山、寿安寺和桔洲穹庐，总费用为 108 元（8h）。

$x_{11}=x_{23}=x_{36}=x_{54}=x_{65}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为东平国家森林公园、野生动植物湿地公园、金鳌山、寿安寺和桔洲穹庐，总费用为 108 元（10h）。

6.2.3 有费用限制，有时间限制情况下的数学求解

考虑到 A 区和 B 区景点数量多，线路种类丰富，而且不同景点之间消费与 CDE 区相比差别较大，故当游客预算不在低于无限制费用时的最低消费状况

(1) 对 A 区的景点进行筛选

A 区每人每天人均食宿及坐车的总额为 402 元，考虑到 A 区费用不限时，各种方案的最高及最低消费分别为 642 元和 542 元。定当每人每天消费预算分别为 500 元和 600 元时，考虑不同类型的游玩路线。

当每人每天消费预算分别为 500 元时：

自然民俗类

$x_{21}=x_{32}=x_{64}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海世纪公园、上海共青森林公园和外滩观光隧道，门票总费用为 75 元(8h)。

$x_{16}=x_{21}=x_{42}=x_{44}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为田子坊、上海世纪公园、上海共青森林公园和外滩观光隧道，门票总费用为 145 元(10h)。

娱乐休闲类

$x_{12}=x_{24}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海市动物园和上海豫园，门票总费用为 80 元（8h 和 10h）。

人文教育类

$x_{41}=x_{82}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海科技馆和上海城市规划展示馆，门票总费用为 90 元(8h)。

$x_{38}=x_{73}=x_{81}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海科技馆、上海博物馆和中共一大会址，门票总费用为 60 元(10h)。

当每人每天消费预算分别为 600 元时：

自然民俗类

$x_{16}=x_{35}=x_{54}=x_{61}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海共青森林公园、外滩观光隧道、黄浦江游览和田子坊，门票总费用为 145 元(8h)。

$x_{11}=x_{42}=x_{56}=x_{64}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海世纪公园、上海共青森林公园、外滩观光隧道和田子坊，门票总费用为 145 元(10h)。

娱乐休闲类

$x_{12}=x_{24}=x_{41}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为东方明珠广播电视塔、上海市动物园和上海豫园，门票总费用为 160 元（8h）。

$x_{12}=x_{34}=x_{41}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为东方明珠广播电视塔、上海市动物园和上海豫园，门票总费用为 160 元（10h）。

人文教育类

$x_{41}=x_{65}=x_{88}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海科技馆、杜莎夫人蜡像馆和中共一大会址，门票总费用为 190 元(8h)。

$x_{12}=x_{41}=x_{58}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海科技馆、上海城市规划展示馆和中共一大会址，门票总费用

为 90 元(10h)。

综合类

上海市动物园、上海豫园、田子坊和杜莎夫人蜡像馆，门票总费用为 210 元
上海博物馆、外滩观光隧道、黄浦江游览和大自然野生昆虫馆，门票总费用为 190 元。

(2) 对 B 区的景点进行筛选

B 区每人每天人均食宿及坐车的总额为 369 元，考虑到 B 区费用不限时，各种方案的最高及最低消费分别为 549 元和 369 元。定当每人每天消费预算分别为 400 元和 500 元时，考虑不同类型的游玩路线。

当每人每天消费预算分别为 400 元时：

自然民俗类

由于自然民俗路线大部分均为免费，故只需满足日常食宿和坐车就能很好的游玩，故可按费用不限的路线游玩。即分别为上海佘山国家森林公园和醉白池，门票总费用为 12 元(8h)，以及上海佘山国家森林公园和淀山湖，门票总费用为 0 元(10h)。

娱乐休闲类

$x_{12}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。此处为上海太阳岛旅游度假区，门票总费用为 30 元(8h 和 10h)。

人文教育类

$x_{26}=x_{42}=x_{57}=x_{84}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为青浦革命历史纪念馆、上海方塔园、松江美术馆和地震科普馆，门票总费用为 17 元(8h)。

$x_{18}=x_{24}=x_{37}=x_{46}=x_{52}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为青浦革命历史纪念馆、上海方塔园、松江美术馆、上海天文博物馆和地震科普馆，门票总费用为 31 元(10h)。

当每人每天消费预算分别为 500 元时：

自然民俗类(同 400 元)

由于自然民俗路线大部分均为免费，故只需满足日常食宿和坐车就能很好的游玩，故可按费用不限的路线游玩。即分别为上海佘山国家森林公园和醉白池，门票总费用为 12 元(8h)，以及上海佘山国家森林公园和淀山湖，门票总费用为 0 元(10h)。

娱乐休闲类

$x_{12}=x_{61}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海市东方绿舟和上海太阳岛旅游度假区，门票总费用为 80 元(8h)。

$x_{12}=x_{21}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为上海市东方绿舟和上海太阳岛旅游度假区，门票总费用为 80 元(10h)。

人文教育类

$x_{23}=x_{47}=x_{62}=x_{75}=x_{85}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为青浦革命历史纪念馆、上海大观园、松江博物馆和地震科普馆，

门票总费用为 75 元（8h）。

$x_{17}=x_{25}=x_{33}=x_{42}=x_{78}=x_{85}=1$ ，其余值为 0，第二个下标表示游玩的景点。

此处分别为青浦革命历史纪念馆、上海大观园、松江博物馆、上海天文博物馆和地震科普馆，门票总费用为 89 元（10h）。

综合类

青浦革命历史纪念馆、上海影视乐园、寻梦园和松江美术馆，门票总费用为 160 元。

上海佘山国家森林公园、青浦革命历史纪念馆、上海影视乐园，门票总费用为 80 元。

6.2.4 无费用限制，有时间限制情况下的数学求解

情况三是情况二的特例，因此可以在情况二得到的路线基础上来对情况三进行讨论。由情况二，按照一日旅游的消费标准得到各种线路消费水平汇总表。

表 6.1 各种线路消费水平汇总表

	A 区	B 区	C 区	D 区	E 区
最低旅游消费(元)	542	369	469	434	472
最高旅游消费（元）	642	549	683	514	534

情况三就是讨论费用有限时各种不同时间的套餐设计方案，即针对 M 元的单日游、双日游、三日游、四日游、五日游、六日游等。

从表中数据可知，若家庭来上海旅游的最低消费为 369 元，低于 369 元则无法完成正常的旅游；若高于 683 元，则可任意搭配选择自己的套餐；若单日费用介于 369 元到 683 元，则要有条件地选择自己的套餐。举例如下：

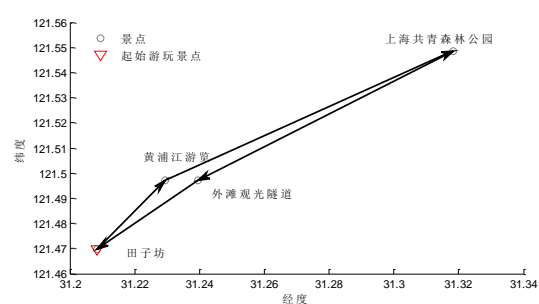
表 6.2 各消费水平套餐

	建议选择套餐种类
单日旅游费用在 400 元	可选 B 区的套餐
单日旅游费用在 500 元	可选 C、D、E 区的套餐
单日旅游费用在 600 元	可选择 A、B、C、D、E 区的套餐

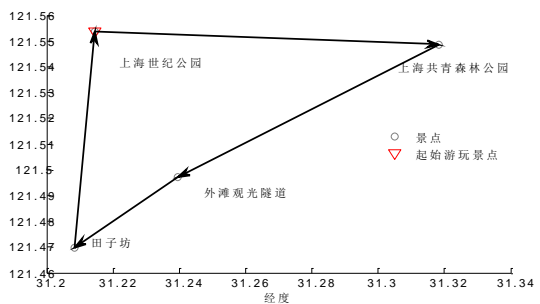
具体的套餐选择分布可以参看情况二的具体线路，这里是类似的。

6.3 最优旅游路径

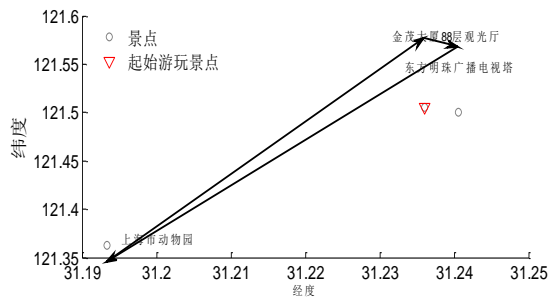
由筛选得到 ABCDE 五区的景点，通过遗传算法可以算的最优旅游路径，由于各区最佳旅行路径较多，这里仅列举一部分最优解。



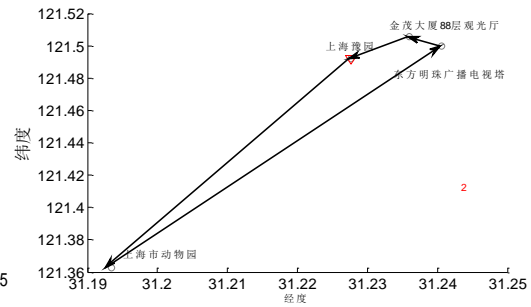
A 区 8h 最优旅游路径一



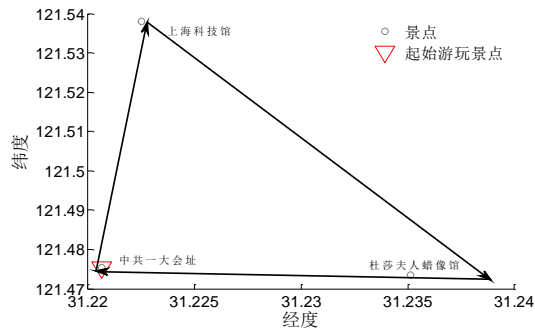
A 区 10h 最优旅游路径一



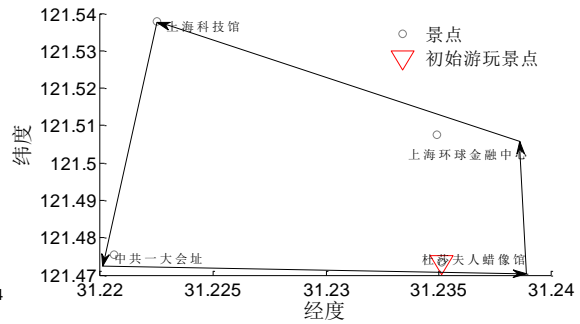
A 区 8h 最优旅游路径二



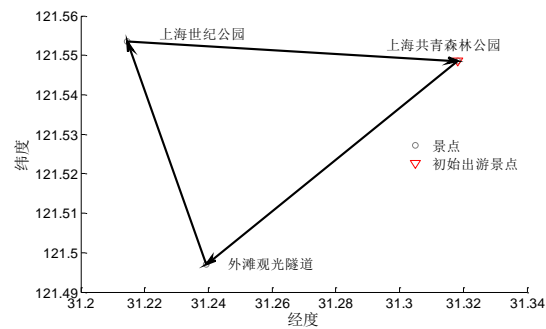
A 区 10h 最优旅游路径二



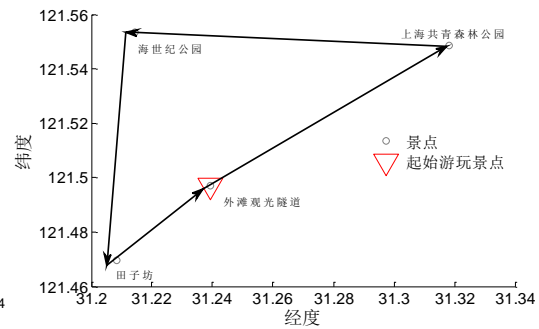
A 区 8h 最优旅游路径三



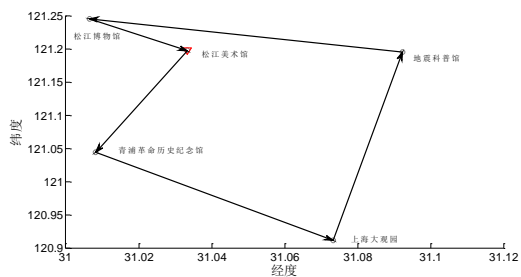
A 区 10h 最优旅游路径三



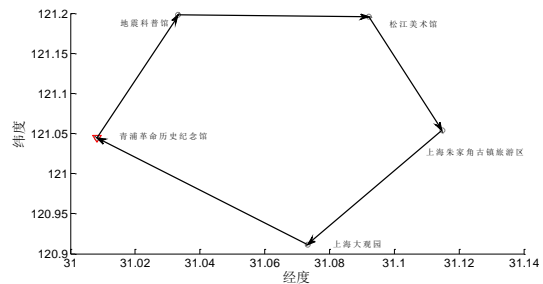
A 区 8h 最优旅游路径四



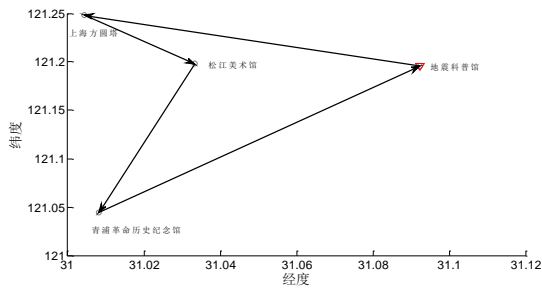
A 区 10h 最优旅游路径四



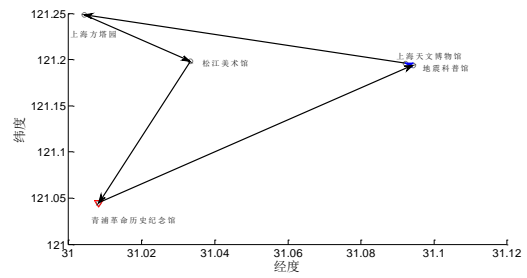
B 区 8h 最优旅游路径一



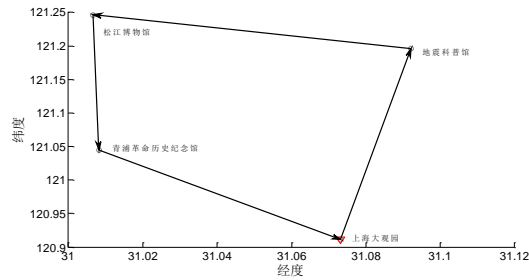
B 区 10h 最优旅游路径一



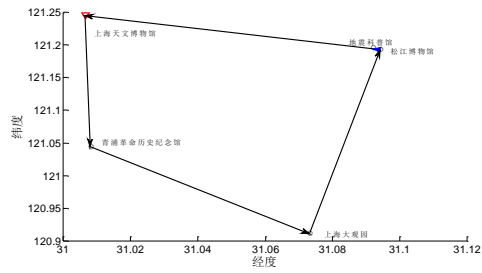
B 区 8h 最优旅游路径二



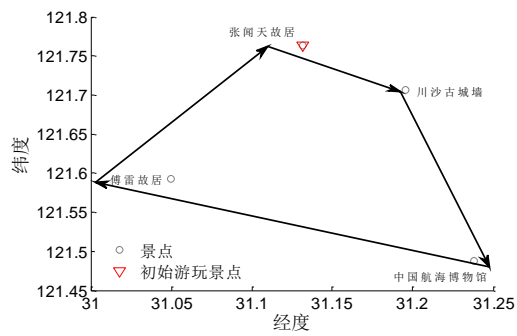
B 区 10h 最优旅游路径二



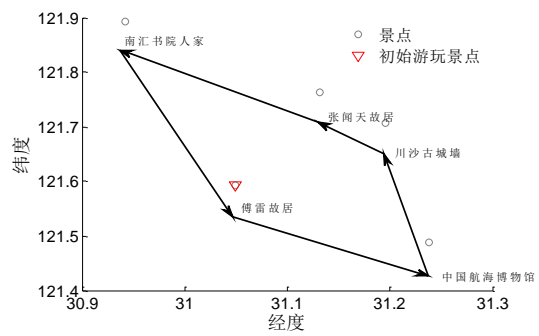
B 区 8h 最优旅游路径三



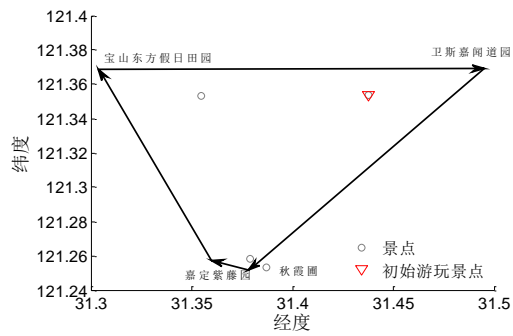
B 区 10h 最优旅游路径三



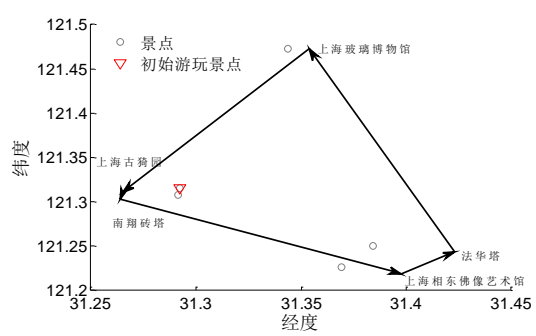
C 区 8h 最优旅游路径一



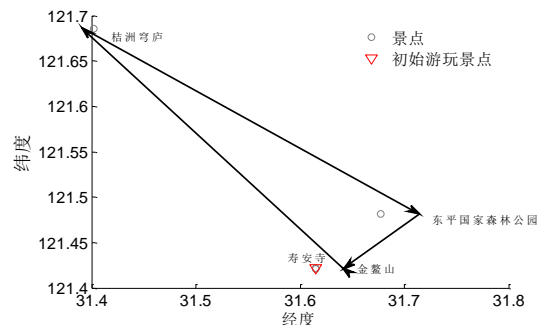
C 区 10h 最优旅游路径一



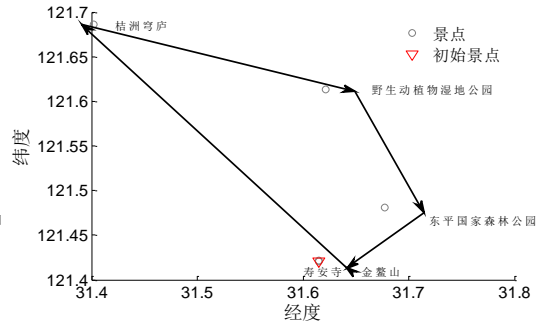
D 区 8h 最优旅游路径一



D 区 10h 最优旅游路径一



E 区 8h 最优旅游路径一



E 区 10h 最优旅游路径一

7. 模型的总结和评价

7.1 模型的总结

通过多目标规划和遗传算法得到上海市各旅游分区内的最优旅游路径，多目标规划将景点的受欢迎程度转化为对景点的评分，同时兼顾票价、景点最佳游玩时间以及不同区域的食宿消费水平等因素，提出若干种不同风格不同消费水平的最佳旅行景点，考虑了不同家庭的不同旅游需求，一定程度上满足了家庭出行的需要；遗传算法在多目标规划的基础上，根据各景点的经纬度数据得到最佳旅行景点的最优旅游路径，该路径能够减少游客在路上耽误的时间，有利于更好的旅游。

得到的上海市各区最优旅游方案如表 7.1～表 7.3 所示。

表 7.1 A 区最佳旅游路线信息

路线类型	游玩时间	最佳出游路线	门票费/元	总费用/元
自然民俗类	8h	上海共青森林公园、外滩观光隧道、黄浦江游览和田子坊	145	547
		上海世纪公园、上海共青森林公园和外滩观光隧道	75	477
		上海共青森林公园、外滩观光隧道、黄浦江游览和田子坊	140	542
	10h	上海世纪公园、上海共青森林公园、外滩观光隧道和田子坊	155	557
		田子坊、上海世纪公园、上海共青森林公园和外滩观光隧道	75	477
娱乐休闲类	8h	东方明珠广播电视塔、上海动物园和金茂大厦 88 层观光厅	240	642
		上海市动物园和上海豫园	80	482
		东方明珠广播电视塔、上海市动物园和上海豫园	160	562
	10h	东方明珠广播电视塔、上海动物园、金茂大厦 88 层观光厅和上海豫园	280	682
		上海市动物园和上海豫园	80	482
		东方明珠广播电视塔、上海市动物园和上海豫园	160	562
人文教育类	8h	上海科技馆、杜莎夫人蜡像馆和中共一大会址	190	592
		上海科技馆和上海城市规划展示馆	90	492
	10h	上海科技馆、上海城市规划展示馆、上海环球金融中心和杜莎夫人蜡像馆	340	742
		上海科技馆、上海博物馆和中共一大会址	90	492
		上海科技馆、上海城市规划展示馆和中共一大会址	90	492

表 7.2 B 区最佳旅游路线信息

路线类型	游玩时间	最佳出游路线	门票费/元	总费用/元
自然民俗类	8h	上海佘山国家森林公园和醉白池	12	381
	10h	上海佘山国家森林公园和淀山湖	0	369
娱乐休闲类	8h	寻梦园、上海太阳岛旅游度假区和上海影视乐园	190	559
		上海市东方绿舟和上海太阳岛旅游度假区	80	449
	10h	上海市东方绿舟、上海太阳岛旅游度假区和上海影视乐园	160	529
		上海市东方绿舟和上海太阳岛旅游度假区	80	449
人文教育类	8h	青浦革命历史纪念馆、上海大观园、松江博物馆、松江美术馆和地震科普馆	75	444
		青浦革命历史纪念馆、上海方塔园、松江美术馆和地震科普馆	17	386
		青浦革命历史纪念馆、上海大观园、松江博物馆和地震科普馆	75	444
	10h	上海朱家角古镇旅游区、青浦革命历史纪念馆、上海大观园、松江美术馆和地震科普馆	95	464
		青浦革命历史纪念馆、上海方塔园、松江美术馆、上海天文博物馆和地震科普馆	31	400
		青浦革命历史纪念馆、上海大观园、松江博物馆、上海天文博物馆和地震科普馆	89	458

表 7.3 CDE 区最佳旅游路线信息

路线类型	游玩时间	最佳出游路线	总门票费/元	总费用/元
C 区人文教育路线	8h	中国航海博物馆、傅雷故居、川沙古城墙和张闻天故居	50	469
	10h	中国航海博物馆、南汇书院人家、傅雷故居、川沙古城墙和张闻天故居	50	469
C 区自然娱乐小综合类路线	8h	上海野生动物园、上海滨海森林公园和上海射击俱乐部	264	683
	10h	上海野生动物园、上海滨海森林公园、芦潮港和上海射击俱乐部	264	683
D 区自然民俗	8h	嘉定紫藤园、宝山东方假日田园和秋霞圃	40	434
	10h	嘉定紫藤园、宝山东方假日田园、秋霞圃和卫斯嘉闻道园	120	514
D 区人文教育	8h	上海古猗园、上海玻璃博物馆、上海相东佛像艺术馆、法华塔和南翔砖塔	105	499
	10h	上海古猗园、上海玻璃博物馆、上海相东佛像艺术馆、法华塔和南翔砖塔	105	499
E 区自然民俗	8h	东平国家森林公园、江南三民文化村和金鳌山	130	494
	10h	东平国家森林公园、江南三民文化村、桔洲穹庐和金鳌山	168	532
E 区人文自然小综合	8h	东平国家森林公园、金鳌山、寿安寺和桔洲穹庐	108	472
	10h	东平国家森林公园、野生动植物湿地公园、金鳌山、寿安寺和桔洲穹庐	108	472

7.2 模型的评价

7.2.1 模型的创新之处

(1) 针对上海的景点密集程度特点，进行分区处理，既有利于数据的处理，又可以规划不同的旅游方案。

(2) 分三种不同具体情况，对不同家庭需求进行讨论，考虑全面，并采用了从一般到特殊再到一般的数学思想，不失为一种创新。

(3) 对各类景点的筛选，采用多目标规划问题，既考虑到在费用和时间限制下，去尽可能多的景点，又兼顾景点的质量，使所去的景点的质量尽量高。

(4) 给出不同分区的日均不同时长不同类型的旅游线路，更能满足各种家庭根据不同需求进行选择。

7.2.2 模型的不足之处

(1) 对多目标规划问题进行处理时，将多目标转化成单目标问题，采用线性加权法，各目标的权重均取 0.5，缺乏进一步的理论依据。

(2) 在费用的计算时，均采用平均数据，可能跟实际真实数据有一些偏差。

参考文献

- [1] 王香柯, 关于求解一类多目标规划问题的讨论[J], 西安工程科技学院学报, 01: 65-71, 1992.
- [2] 潘淑平, 耿瑞萍. 多目标规划 Pareto 最优解的几个充分条件[J]. 吉林化工学院学报. 1996(02)
- [3] 张先君, 叶俊. 仅含线性等式约束多目标规划的一个算法[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2008, 20(6): 15-18.
- [4] 朱云飞, 蔡自兴, 袁琦钊, 等. 求解多目标旅行商问题的混合遗传算法[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(7): 52-56.
- [5] 宁爱兵, 熊小华, 马良. 多目标旅行商问题竞争决策算法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(34): 13-16.
- [6] 吉根林. 遗传算法研究综述[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(2): 69-73.
- [7] 陈文兰, 戴树贵. 旅行商问题算法研究综述[J]. 滁州学院学报, 2006, 8(3): 1-6.