

骑手排班思路

1. 确定每天需要的骑手数量与结构

理念：根据一周的场景得到订单，合理分配骑手，这一阶段是分组进行的，不关注骑手个人，至于骑手结构，是在一个区间值内，用线性规划求最优的结构，高kpi：中kpi：低kpi的占比。最大化目标是 **订单/运力**，就是平均运送一单的骑手数量最大化，同时需要避免某天运力富裕很多，一天很紧张，需要考虑订单量将运力均匀发布到每一天。

1.1 天气确定

衡量天气优劣的指标是**UTCI（通用热气候指数）**，该指标是天气领域评估人体热舒适度的核心指标，UTCI的范围是从-50到50，一般-10到30是舒适范围。

1.1.1. 计算公式

$$UTCI = T_a + \sum_{i,j,k,l,m} C_{ijk\dots} \cdot T_a^i \cdot V^j \cdot RH^k \cdot MRT^l$$

其中：

- T_a ：空气温度（℃）
- V ：2m高度风速（m/s）
- RH ：相对湿度（%）
- MRT ：平均辐射温度（℃）
- $C_{ijk\dots}$ ：多项式回归系数

1.2.2 分类

分类与图标	UTCI范围（℃）	描述	生理影响
 极端寒冷	≤ -40	极端低温	冻伤风险极高，暴露10分钟即可导致组织损伤
 非常强烈寒冷	$-40 \sim -27$	剧烈寒潮	肢体麻木加速，未防护皮肤15分钟出现冻伤
 强烈寒冷	$-27 \sim -13$	强寒流	体感如刀割，30分钟暴露可致轻度冻伤
 中等寒冷	$-13 \sim 0$	典型冬季	颤抖反射激活，末梢循环减弱
 轻度寒冷	$0 \sim 9$	初冬/深秋	代谢率提升，需增加衣物维持核心体温
 舒适	$9 \sim 26$	理想气候	人体热平衡最佳状态，无需额外适应措施

分类与图标	UTCI范围 (°C)	描述	生理影响
 轻度热应激	26 ~ 32	温热环境	开始出汗, 心血管系统轻微压力
 中等热应激	32 ~ 38	持续高温	热蓄积加速, 可能引发热痉挛
 非常强烈热应激	38 ~ 46	酷热天气	热射病风险显著, 建议避免户外活动
 极端热应激	≥ 46	致命高温	核心体温失控, 1小时内可能引发多器官衰竭

1.1.3天气数据来源（只有14天试用期）：心知天气

https://seniverse.yuque.com/hyper_data/api_v3/sl6gvt

```
1
2     "daily": [{                                //返回指定days天数的结果
3         "date": "2015-09-20",                  //日期（该城市的本地时间）
4         "text_day": "多云",                    //白天天气现象文字
5         "code_day": "4",                      //白天天气现象代码
6         "text_night": "晴",                   //晚间天气现象文字
7         "code_night": "0",                    //晚间天气现象代码
8         "high": "26",                         //当天最高温度
9         "low": "17",                          //当天最低温度
10        "precip": "0",                        //降水概率，范围0~1，单位百分比（目前仅支持国内城市）
11        "wind_direction": "",                 //风向文字
12        "wind_direction_degree": "255",       //风向角度，范围0~360
13        "wind_speed": "9.66",                 //风速，单位km/h（当unit=c时）、mph（当unit=f时）
14        "wind_scale": "",                     //风力等级
15        "rainfall": "0.0",                    //降水量，单位mm（目前仅支持国内城市）
16        "humidity": "76"                     //相对湿度，0~100，单位为百分比
17    }
18 }
```

json

1.1.4 计算代码

```
1 #有点多 省略
```

python

1.2 假日确定

```
1 import holidays
2 def is_holiday(self,date):
3     """判断是否节假日"""
4     cn_holidays = holidays.China()
5     return date in cn_holidays
```

python

1.3 周末确定

```
1 def is_weekend(self, date):
2     """判断是否周末"""
3     return date.weekday() ≥ 5
```

python

1.4 订单数确定

五大场景：

不同场景骑手结构 单量越大，高kpi越多 总的骑手结构：高kpi：中kpi：低kpi=0.3:0.4:0.3

- 正常天气+工作日：高kpi：中kpi：低kpi=0.20:0.4:0.40
- 恶劣天气+工作日：高kpi：中kpi：低kpi=0.25:0.4:0.35
- 正常天气+周末：高kpi：中kpi：低kpi=0.30:0.4:0.30
- 恶劣天气+周末：高kpi：中kpi：低kpi=0.35:0.4:0.25
- 节假日：高kpi：中kpi：低kpi=0.40:0.4:0.20

```
1 scenario_params = {  
2     'festival&holiday': {'order_factor': 1.30, 'kpi_mix': [0.4, 0.4, 0.2]},  
3     'normal_weekday': {'order_factor': 1.00, 'kpi_mix': [0.2, 0.4, 0.4]},  
4     'bad_wea_weekday': {'order_factor': 1.05, 'kpi_mix': [0.25, 0.4, 0.35]},  
5     'normal_weekend': {'order_factor': 1.15, 'kpi_mix': [0.3, 0.4, 0.3]},  
6     'bad_wea_weekend': {'order_factor': 1.20, 'kpi_mix': [0.35, 0.4, 0.25]}  
7 }
```

python

对美团数据的不同场景单量均值统计

- 正常天气+工作日：20000
- 恶劣天气+工作日：21350
- 正常天气+周末：22837
- 节假日：26000

推测出恶劣天气+周末 约为 240000 (1350+2837)

比值确定为：1: 1.05: 1.15: 1.20: 1.3

```
1 df.groupby(["场景", "dt"])["cnt_waybill"].sum().reset_index().groupby("场景")["cnt_waybill"].mean()  
   .reset_index()
```

✓ [7] 20毫秒

	场景	cnt_waybill
0	恶劣天气+工作	21350.166667
1	正常天气+周末	22837.000000
2	正常天气+工作	19988.800000
3	节假日	26388.000000

1.5 确定骑手运力

1 merge_df.groupby(["绩效类别"])["cnt_waybill"].mean()
✓ [20] 10毫秒

绩效类别	cnt_waybill
一般骑手	14.598834
优秀骑手	38.453609
正常骑手	22.378897

不同类型骑手运力比：一般：良好：优秀 = 15：25：40 即 3：5：8

1.6 确定骑手排班偏好

实际上，更合适的让骑手自己选择排序，但是现在不行，就根据年龄等，用代码生成了一份。

偏好值范围：

- 1：不喜欢该时段。
- 2：可以接受该时段
- 3：非常喜欢该时段。

生成依据：

- 根据骑手的个人特征生成偏好，例如：
- 有孩子的骑手可能更倾向于选择早班（方便接送孩子）。
- 年长的骑手可能不喜欢熬夜，因此夜班偏好值较低。
- 单身或年轻的骑手可能更倾向于夜班（时间灵活）。

1.7 确定每天所需的骑手数量与结构

1. 问题描述

第一阶段的目标是根据 7 天的订单预测，确定每天需要的骑手总人数以及优秀、良好、一般骑手的比例构成，使得：

- ① 每天的理论配送能力与订单需求接近，且各天的理论配送能力与订单需求比值浮动范围较小。
- ② 满足一周内骑手总人数的全局分配比例限制。
- ③ 满足每日优秀、良好、一般骑手的比例限制。

2. 目标函数

目标是最大化 7 天每天的理论配送能力与订单需求比值的和：

Maximize: $\sum_{d=1}^7 \frac{x_{\text{excellent},d} \cdot e_{\text{excellent}} + x_{\text{good},d} \cdot e_{\text{good}} + x_{\text{average},d} \cdot e_{\text{average}}}{\text{订单量}_d}$

其中：

- $x_{\text{excellent},d}, x_{\text{good},d}, x_{\text{average},d}$ ：第 d 天优秀、良好、一般骑手的数量。
- $e_{\text{excellent}}, e_{\text{good}}, e_{\text{average}}$ ：优秀、良好、一般骑手的效率系数（分别为 40、25、15）。
- 订单量 $_d$ ：第 d 天的订单量。

3. 约束条件

(1) 全局约束

一周内每种类型骑手的总工作天数需满足全局比例限制，一个骑手都只上五天班：

$$\sum_{d=1}^7 x_{\text{excellent},d} = 5 \cdot \text{优秀骑手总数}$$
$$\sum_{d=1}^7 x_{\text{good},d} = 5 \cdot \text{良好骑手总数}$$
$$\sum_{d=1}^7 x_{\text{average},d} = 5 \cdot \text{一般骑手总数}$$

(2) 每日骑手总人数约束

每天的优秀、良好、一般骑手总人数必须满足当天骑手需求：

$$x_{\text{excellent},d} + x_{\text{good},d} + x_{\text{average},d} = \text{骑手需求}_d$$

(3) 每日骑手比例约束

每天优秀、良好、一般骑手的比例应在合理范围内波动：

$$0.2 \cdot \text{骑手需求}_d \leq x_{\text{excellent},d} \leq 0.4 \cdot \text{骑手需求}_d$$
$$0.35 \cdot \text{骑手需求}_d \leq x_{\text{good},d} \leq 0.45 \cdot \text{骑手需求}_d$$
$$0.2 \cdot \text{骑手需求}_d \leq x_{\text{average},d} \leq 0.4 \cdot \text{骑手需求}_d$$

(4) 运力充足率约束

每天的理论配送能力与订单需求比值需接近全局基准比值，这个约束很重要，保障的是每天的运力充足率差不多，都在基准值附近，根据订单数吧运力均匀分布到每一天，：

基准比值 = $\frac{\text{一周总配送能力}}{\text{一周总订单量}}$

基准比值 - 0.01 ≤ $\frac{x_{\text{excellent},d} \cdot e_{\text{excellent}} + x_{\text{good},d} \cdot e_{\text{good}} + x_{\text{average},d} \cdot e_{\text{average}}}{\text{订单量}_d}$

4. 理论依据

① 线性规划优化

在约束条件下最大化目标函数，确保每天的配送能力与订单需求比值接近，同时平衡一周内骑手的工作负担。

② 资源分配原则

满足每天订单量的同时，合理调整骑手结构比例，优化整体运力。

2. 确定每天具体有哪些骑手上班

思路：最优化目标是准时单量，第一阶段的得出结构与比例是基于骑手组的，本阶段进一步细分，分人进行，关注核心kpi，准时单量，最大化目标是准时单量最大化，第一阶段的骑手解构是约束条件

2.1 计算每个骑手平均准时率

骑手12月骑手的总准时单/总单

2.2 骑手的运力

以12月的骑手总完成单量/上班天数

2.3 每天具体有哪些骑手上班

1. 问题描述

第二阶段的目标是在第一阶段确定的每天骑手总人数及优秀、良好、一般骑手构成的基础上，进一步分配具体哪些骑手上班，以最大化订单准时完成量，满足以下要求：

2. 目标函数

设：

- $x_{r,d,t}$ 表示骑手 r 在第 d 天的 t 时段是否上班 (0 或 1)。
- A_r 表示骑手 r 上个月的 **平均日完成订单量**。
- P_r 表示骑手 r 上个月的 **准时配送率**。
- 总准时单量的目标函数为：

$$\text{Maximize: } \sum_{r \in \text{Riders}} \sum_{d=1}^7 \sum_{t \in \text{Time_Slots}} x_{r,d,t} \cdot A_r \cdot P_r$$

其中：

- $A_r \cdot P_r$ 表示骑手 r 的 **准时单量能力**。
- $x_{r,d,t} \cdot A_r \cdot P_r$ 表示骑手 r 在第 d 天的 t 时段所贡献的准时单量。

3. 约束条件

(1) 每日骑手总人数约束

每天的骑手总人数及构成需严格符合第一阶段的分配结果：

$$\sum_{r \in \text{Riders}} x_{r,d} = \text{骑手需求}_d$$

对于优秀、良好、一般骑手分别满足：

$$\sum_{r \in \text{Excellent_Riders}} x_{r,d} = \text{优秀骑手数量}_d$$

$$\sum_{r \in \text{Good_Riders}} x_{r,d} = \text{良好骑手数量}_d$$

$$\sum_{r \in \text{Average_Riders}} x_{r,d} = \text{一般骑手数量}_d$$

(2) 骑手工作天数约束

每个骑手一周的工作天数不超过 5 天：

$$\sum_{d=1}^7 x_{r,d} \leq 5 \quad \forall r \in \text{Riders}$$

(3) 骑手当天唯一工作约束

每个骑手在同一天只能上班一次：

$$x_{r,d} \in \{0, 1\} \quad \forall r \in \text{Riders}, \forall d \in \{1, 2, \dots, 7\}$$

4. 理论依据

① 线性规划优化

通过约束条件确保每天具体分配的骑手满足总人数及结构要求，同时最大化订单准时完成量。

② 效率优化原则

优先分配效率高的骑手（优秀骑手）以提高整体准时单量，同时平衡良好和一般骑手的分配。

③ 公平性原则

每个骑手的工作负担受限于一周最多 5 天，确保分配的公平性。

5. 总结

第二阶段通过线性规划的资源分配优化方法，确定了每天具体上班的骑手名单，使得：

- ① 每天的骑手人数及构成严格符合第一阶段的分配结果。
- ② 优化了订单准时完成量，提升了整体配送效率，保障客户满意度。
- ③ 确保了骑手工作负担的公平性和合理性以及可持续性。

3. 确定每天骑手上班的时间段

1. 问题描述

强调：午饭、晚饭两个高峰，所有人都要上班，本阶段主要是**人文关怀**，尊重骑手意愿

第三阶段的目标是在前面两个阶段的基础上，合理分配骑手到具体的工作时段（早茶、下午茶、夜宵），主要基于骑手个人偏好，理论上应该让骑手自己在三个时间段排序选择的，但是本研究无法进行，故而根据其年龄、家庭等特征，系统为其生成了一个偏好。最大化最大化骑手满意度，同时满足如下要求：

- ① 午饭和晚饭两个高峰期是固定工作时段，所有骑手都需覆盖，另外每个骑手每天还需选择一个时段工作。
- ② 早茶、下午茶、夜宵三个时段可根据骑手的偏好灵活分配，但每个时段的骑手人数符合比例要求（如早、中、晚的比例约束为 1 : 1 : 1，允许误差不超过 20%）。
- ③ 优化分配使骑手的偏好总和得到最大化，同时满足每个时段的基本运力需求。

2. 目标函数

目标是最大化一周内所有骑手的偏好匹配总分：

$$\text{Maximize: } \sum_{r \in \text{Riders}} \sum_{d=1}^7 \sum_{t \in \text{Time_Slots}} x_{r,d,t} \cdot \text{Preference}_{r,t}$$

其中：

- $x_{r,d,t}$ ：二元变量，表示骑手 r 在第 d 天的时段 t 是否工作（1 为工作，0 为不工作）。
- $\text{Preference}_{r,t}$ ：骑手 r 对时段 t 的偏好分值（1-3 分，3 表示非常喜欢）。

- Time_Slots: 包括早茶、下午茶、夜宵三个灵活时段。

3. 约束条件

(1) 午饭和晚饭时段全覆盖

所有骑手必须在午饭和晚饭两个高峰期工作：

$$\forall r \in \text{Riders}, \forall d \in \{1, 2, \dots, 7\}, \quad x_{r,d,\text{lunch}} = 1, \quad x_{r,d,\text{dinner}} = 1$$

(2) 骑手每日最多选择一个灵活时段

每个骑手每天只能选择一个灵活时段（早茶、下午茶、夜宵）：

$$\sum_{t \in \{\text{morning}, \text{afternoon}, \text{night}\}} x_{r,d,t} \leq 1 \quad \forall r \in \text{Riders}, \forall d \in \{1, 2, \dots, 7\}$$

(3) 每个时段的骑手人数约束

目标是控制每天早茶、下午茶、夜宵三个灵活时段骑手的分配比例，使其接近 1 : 1 : 1，并确保每个时段的骑手人数相差不超过 20%。第三阶段约束方程解释

时段人数计算

每个时段的骑手人数可以表示为：

$$\begin{aligned} \text{Morning_Count}_d &= \sum_{r \in \text{Riders}} x_{r,d,\text{morning}} \\ \text{Afternoon_Count}_d &= \sum_{r \in \text{Riders}} x_{r,d,\text{afternoon}} \\ \text{Night_Count}_d &= \sum_{r \in \text{Riders}} x_{r,d,\text{night}} \end{aligned}$$

- Morning_Count_d: 第 d 天早茶时段的骑手人数。
- Afternoon_Count_d: 第 d 天下午茶时段的骑手人数。
- Night_Count_d: 第 d 天夜宵时段的骑手人数。

早茶与下午茶时段人数比例约束

要求早茶时段人数与下午茶时段人数相差不超过 20%，即满足：

$$0.8 \cdot \text{Afternoon_Count}_d \leq \text{Morning_Count}_d \leq 1.2 \cdot \text{Afternoon_Count}_d$$

(2) 早茶与夜宵时段人数比例约束

要求早茶时段人数与夜宵时段人数相差不超过 20%，即满足：

$$0.8 \cdot \text{Night_Count}_d \leq \text{Morning_Count}_d \leq 1.2 \cdot \text{Night_Count}_d$$

(3) 下午茶与夜宵时段人数比例约束

要求下午茶时段人数与夜宵时段人数相差不超过 20%，即满足：

$$0.8 \cdot \text{Night_Count}_d \leq \text{Afternoon_Count}_d \leq 1.2 \cdot \text{Night_Count}_d$$

4. 理论依据

① 比例约束的意义

通过控制三个灵活时段的骑手人数比例，确保每个时段的运力需求得到均衡分配，避免某些时段骑手过多或过少的情况。

② 20% 的浮动范围

允许一定的灵活性，使得骑手分配更具实际操作性，同时不偏离目标比例 1 : 1 : 1。

5. 总结

第三阶段通过优化灵活时段的骑手分配：

- ① 固定覆盖了午饭和晚饭高峰期的工作需求。
- ② 根据骑手偏好最大化了整体满意度。
- ③ 在满足最低运力需求的前提下，实现了骑手意愿与运力需求的有效平衡。

4. 结果展示

每日骑手及订单数据

日期	场景	订单量	骑手总数	优秀骑手	良好骑手	一般骑手	优秀骑手占比	良好骑手占比	一般骑手占比	订单满足率
2025-04-21	恶劣天气工作日	21000	922	200	366	356	21.69%	39.70%	38.61%	107.10%
2025-04-22	正常天气工作日	20000	890	197	341	352	22.13%	38.31%	39.55%	108.42%
2025-04-23	正常天气工作日	20000	749	285	313	151	38.05%	41.79%	20.16%	107.45%
2025-04-24	正常天气工作日	20000	781	263	328	190	33.67%	42.00%	24.33%	107.85%

日期	场景	订单量	骑手总数	优秀骑手	良好骑手	一般骑手	优秀骑手占比	良好骑手占比	一般骑手占比	订单满足率
2025-04-25	正常天气工作日	20000	918	202	356	360	22.00%	38.78%	39.22%	111.90%
2025-04-26	正常天气周末	23000	876	326	334	216	37.21%	38.13%	24.66%	107.09%
2025-04-27	正常天气周末	23000	859	327	357	175	38.07%	41.56%	20.37%	107.09%

总统计数据

- 总骑手数：**5995**
- 高 KPI 骑手：**计划 1800，实际 1800**
- 中 KPI 骑手：**计划 2395，实际 2395**
- 低 KPI 骑手：**计划 1800，实际 1800**
- 骑手上班天数统计：
 - 上班天数为 5 天的骑手人数：**1199**

每日排班结果

日期	骑手数量	早茶人数	下午茶人数	夜宵人数	午饭人数	晚饭人数
2025-04-21	922	320	268	334	922	922
2025-04-22	890	309	259	322	890	890
2025-04-23	749	261	218	270	749	749
2025-04-24	781	271	227	283	781	781
2025-04-25	918	319	267	332	918	918
2025-04-26	876	304	255	317	876	876
2025-04-27	859	298	250	311	859	859

骑手示例

```
1  {
2    kpi_order: 0,
3    rider_id: 282074925,
4    gender: "男",
5    age: 43,
6    born_province: "黑龙江省",
```

```

7     regist_date: "2023-08-14",
8     education_description: "初中及以下",
9     marriage_status_description: "已婚",
10    children_num_description: "1个",
11    experience: 16,
12    preference: {
13        morning: 3,
14        afternoon: 2,
15        night: 1,
16    },
17    绩效类别: "优秀骑手",
18    cnt_waybill_mean: 78.19354838709677,
19    rate_ontime: 0.9834983498349835,
20    work_day: [
21        "2025-04-21",
22        "2025-04-22",
23        "2025-04-25",
24        "2025-04-26",
25        "2025-04-27",
26    ],
27    work_time: {
28        "2025-04-21": [
29            "afternoon",
30            "peak_dinner",
31            "peak_lunch",
32        ],
33        "2025-04-22": [
34            "afternoon",
35            "peak_dinner",
36            "peak_lunch",
37        ],
38        "2025-04-25": [
39            "afternoon",
40            "peak_dinner",
41            "peak_lunch",
42        ],
43        "2025-04-26": [
44            "morning",
45            "peak_dinner",
46            "peak_lunch",
47        ],
48        "2025-04-27": [
49            "afternoon",
50            "peak_dinner",
51            "peak_lunch",
52        ],
53    },

```

json

日期示例

```

1    day: 1,
2    date_str: "2025-04-21",
3    scenario: "bad_wea_weekday",
4    weather_data: {

```

```
5         date: "2025-04-21",
6         text_day: "小雨",
7         code_day: "13",
8         text_night: "多云",
9         code_night: "4",
10        high: "20",
11        low: "12",
12        rainfall: "4.19",
13        precip: "1.00",
14        wind_direction: "北",
15        wind_direction_degree: "0",
16        wind_speed: "8.4",
17        wind_scale: "2",
18        humidity: "92",
19        score: 34.4,
20        classification: "恶劣",
21        reason: "湿度不适宜",
22    },
23    orders: 21000,
24    riders_sum: 922,
25    high_kpi: 200,
26    medium_kpi: 366,
27    low_kpi: 356,
28    efficiency: 1.0709523809523809,
29    riders: [
30
31    ]
32 }
```

json