

团队控制编号

仅限办公室使用

T1

T2

T3

T4

80386

选定问题

D

仅限办公室使用

F1

F2

F3

F4

2018
MCM/ICM
摘要表

当重型猎鹰火箭的尾部在大气层中消散时，特斯拉应该明白，向消费者交付可靠的产品比将汽车送入外太空更为困难。特斯拉该如何制定发展计划，以满足客户需求并将特斯拉电动汽车交付到每个家庭？

为解决任务1，我们对美国汽车数量进行回归分析，发现15年后至少需要1,463,222个充电站。随后通过回归分析探讨充电站数量。经计算可知，特斯拉即便在2030年也无法实现美国全面电力化转型。最后，为合理规划充电桩布局，我们对郊区空间进行定义。根据研究数据，将区域划分为城市、郊区和农村三类，占比分别为27.7%、56.48%和15.82%。

任务二中，我们选取韩国作为研究对象并推广首个问题模型。经计算得出2018年韩国至少需要124,798个充电站，并确定城乡区域分布比例。随后运用最大覆盖模型与中心地理论建立充电站最优布局模型，同时制定充电站布局发展规划。影响充电站发展模式的关键因素是未来区域的充电需求，这将直接决定未来充电站的布局。

在2b部分，我们的结论是在每个区域均衡建设充电站，建设数量略大于需求量。

在解决问题2c时，我们建立了汽车与电动汽车的竞争排斥模型。通过Matlab的ode45求解器获得了该方程的数值解。从数值结果可知，韩国电动汽车达到目标占比分别需要约13年、16年、18年和55年。影响竞争模型的关键因素是传统汽车相对于电动汽车的竞争优势。通过对这两个参数进行敏感性分析，我们发现：固有增长率对全面电动化的进程影响甚微，而传统汽车的竞争优势对全面电动化进程具有显著影响。

任务三的分析呈现重大转变。采用标准差椭圆法获取人口分布均衡指数，并运用基尼系数衡量各国财富分配不均程度。判别分析法实现均衡国家的分类划分，并确立评估标准。

在任务4中，通过计算过程可发现：当快速替换站完全取代现有慢充站时，充电桩数量将比原先减少97%。因此我们认为，快速充电技术将显著降低所需充电站数量。

最终，我们为全球领导人撰写了指导手册，旨在协助各国制定最优策略，成功实现本国的电气化转型。

精品数模资料，各类竞赛优秀论文、学习教程、写作模板与经验技巧、matlab程序代码资料等，尽在淘宝店铺：闵大荒工科男的杂货铺

关键词：均衡发展；排队理论；对数人口竞争；标准差椭圆；判别分析

内容

1 引言。	1
1.1 背景	1
2 问题重述	1
3 基本假设	1
4 模型参数	2
5 模型构建。	2
5.1 充电站模型安装	2
5.1.1 充电站总数	2
5.1.2 城市、郊区和乡村地区的充电站	4
5.2 在韩国使用该模型	5
5.2.1 在韩国测试该模型	5
5.2.2 构建充电站总体布局模型	6
5.2.3 以韩国为例解决模型	7
5.2.4 电动汽车充电站商业模式	8
5.2.5 生物群体的竞争排斥模型	8
5.3 区域差异考量	10
5.3.1 运用基尼系数衡量分配失衡程度	10
5.3.2 标准差椭圆算法	10
5.3.3 判别模型	12
5.3.4 分类系统	15
6 高科技对电动汽车的影响	15
6.1 新型交通方式对电动汽车的影响	16
6.1.1 汽车共享服务	16
6.1.2 自动驾驶汽车	17
6.1.3 飞行汽车	17
6.2 新技术对电动汽车的影响	17
6.3 无线充电技术	18
7 敏感性分析	18
8 优势与劣势	19
8.1 优势	19
8.2 弱点	19
9 领导者手册	20

1 引言

1.1 背景

现代生活方式与生产方式令人类引以为傲，但我们必须正视资源稀缺与生态失衡的现实。由此引发的严重能源与环境危机已遍及全球各国。因此，各国政府日益重视电动汽车的发展，以期有效缓解能源危机并推动社会经济发展。

随着电动汽车的持续发展与进步，有必要考虑充电站的规划建设及其在城市中的合理选址。

2 问题重述

本文需解决的问题包括：

研究美国境内两种不同类型的特斯拉充电站，判断电动汽车能否在美国实现全面普及。需确定满足需求所需建设的充电站数量，并探索在城市、郊区及其他区域间实现最佳布局的策略。

若韩国所有汽车均可转换为电动汽车，需确定充电站的最佳数量与分布方案，并选择最优建设地点。针对韩国充电设施投资提出建议，并分析应优先在城市建设充电站，还是同步推进两项工程。探讨先安装充电设备还是先购置车辆更优的决策路径。找出影响该计划的关键因素。制定韩国全面向电动汽车转型的规划，描述时间线及关键因素对时间线的影响。

该方案在不同条件下是否仍具可行性？探索推动充电网络完善的关键要素，并探讨建立分级充电站体系的可行性。

阐释新型交通工具与新兴科技如何影响电动汽车购买及使用增长的分析。

撰写一页指导性论文，列出参加国际能源峰会的各国领导人应考虑的关键因素。

3 基本假设

- 每个充电站配备8个充电桩。
- 当电动汽车达到饱和状态时，其性能将与传统汽车持平。
- 电动汽车增长计划的构想未考虑政治、军事及其他不可抗力因素的影响。

4 Model Parameters

1

Symbol	Definition	Unit
N	Total number of cars in a country	-
S_b	Available driving mileage once every charging	miles
S_d	Average annual mileage per car.	miles
T	The number of driving days per year.	-
μ_1	Supercharger service efficiency	cars/h
μ_2	Destination charger service efficiency	cars/h
B_0	The number of daily charging demand in a country	-
N_{cp}	Total Demand of charging piles	-
T_w	Average daily service time	hours
D_m	The maximum number of cars that a station can serves every day	-
r_1	The inherent growth rate of electric vehicles	-
r_2	The inherent growth rate of traditional cars	-
α	The competitive advantage of traditional cars over electric vehicles	-
β	The competitive advantage of electric vehicles over traditional cars	-
N_1	The maximum number of electric vehicles allowed in a country	-
N_2	The maximum number of traditional cars allowed in a country	-
x_1	Evenness index of population distribution	-
x_2	Gini index	-

4 模型建造

4.1 充电站模型安装

4.1.1 充电站总数

我们假设每个充电站配备8个充电桩。基于美国历年人口数据，我们对人口进行了线性回归分析。在未来15年美国汽车保有率未发生显著变化的假设下，计算出2030年美国汽车总数。假设美国人均乘用车拥有量为0.766辆，则可轻松推算出2030年美国汽车总量将达271,561,340辆。

接下来我们将获取每日充电需求数据：

(5.1.1)

$$B_0 = N \frac{1}{S_b} \frac{S_d}{T}$$

其中：

- B_0 ：某国每日充电需求总量
- N ：汽车总数
- S_b ：单次充电可支持的行驶里程（基于

当前技术水平下单次充电可提供行驶里程。该值设定为170英里。

• S_y : 每辆车年均行驶里程。

• T 每年驾驶天数。

• $\frac{S_y}{T}$: The daily mileage of a car.

根据人均行驶里程、汽车数量及每辆车每170英里需充电的数据，可得出美国每日总充电量。

States: $B_0 = 51,676,526$ times.

超级充电满足 $\mu = 2.766$ cars/s, 目的地充电满足根据排队论中的M/M/1模型: $\alpha = 0.2907$.

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \leq t_w$$

$$\lambda = \frac{B_0 \cdot k_1}{N_{cp} \cdot T_w} \quad (5.1.2)$$

$$(5.1.3)$$

其中:

• k_1 为全天服务车辆中非闲置车辆的比例。 $k_1 = 0.9$ (充电站并非始终处于繁忙状态, 服务台存在一定滞留时间)

客户抵达服务阶段的等待时间, 包含无效服务时段)

• N_{cp} 充电桩的数量。

• T_w 是充电桩的最长运行时间。根据(5.1.2)和(5.1.3)可得

:

$$N_{cp} \geq \left\lceil \frac{B_0 k_1}{T_w \mu} \left(\frac{1}{\mu t_w} \right) + 1 \right\rceil \quad (5.1.4)$$

Considering that we have two kinds of charging piles, we can rewrite the formula (5.1.4) as:

$$N_{cpi} \geq \left\lceil \frac{B_i k_1}{T_w \mu_i} \left(\frac{1}{\mu_i t_{wi}} \right) + 1 \right\rceil, i = 1, 2 \quad (5.1.5)$$

Set as:

$$u_i = \frac{k_1}{\mu_i T_w} \left(\frac{1}{\mu_i t_w} \right) + 1 \quad (5.1.6)$$

$$N_{cpi} = B_i u_i \quad (5.1.7)$$

According to the equation (5.1.7) we can get:

$$B_i = \frac{B_0}{1 + \frac{u_1 \rho_2}{u_2 \rho_1}} \quad (5.1.8)$$

其中1为超级充电桩比例, 2为目的地充电桩比例。由此可得:

$$N_{cp} = \sum_{i=1}^2 N_{cpi}, i = 1, 2 \quad (5.1.9)$$

由此获得数据1。根据数据1, 可通过公式(5.1.7)和(5.1.9)计算出充电桩总数。

Thus, $N_{cp} = 11,705,777$, 因此充电站数量为1,463,222个。

4.1.2 城市、郊区及农村地区的充电站分布

因为在大多数情况下, 城市、郊区和农村地区的定义并不十分明确。我们制定了一个反映居民实际体验的郊区标准定义。

郊区是指混合用途或住宅区, 既可作为城市或都市区的一部分存在, 也可作为独立的住宅社区位于城市通勤距离范围内。在多数英语国家, 郊区概念是对比市中心或内城区而定义的, 但在澳大利亚英语和南非英语中, "suburb"一词已基本与其他国家所称的 "neighbourhood"同义, 且该术语范围延伸至内城区。在澳大利亚、中国、新西兰、英国及美国部分州等地区, 新形成的郊区常被毗邻城市并入管辖。而在沙特阿拉伯、加拿大、法国及美国大部分地区, 许多郊区仍保持独立市政管理, 或作为县等更大行政区划的一部分进行治理。

事实证明, 许多城市的法定边界与当地居民认定的城市范围存在较大偏差。在全国范围内, 26%的美国人将居住地描述为城市, 53%认为是郊区, 21%则归为乡村。(若将"城市"定义为包含郊区, 该数据与人口普查"81%人口居住于城市"的估算值基本吻合。)[2]

一旦掌握农村人口基数, 即可按上述比例推算另两类人口规模(郊区人口: 农村人口=53:21)。

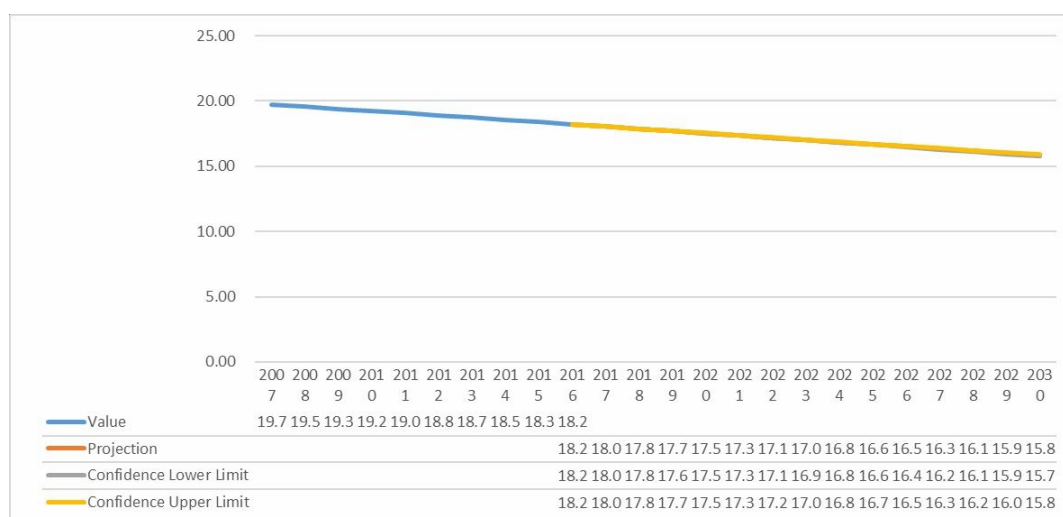


图1: 美国农村人口预测

通过图1可推算出2030年美国总人口，进而计算出城市与郊区人口分布。结果如下：

2030年美国人口比例：城市：27.70%；郊区：56.48%；农村：15.82%。

根据2030年美国各地区比例，可得出所需充电桩数量如下：

城市：3,243,085；郊区：6,610,905；农村：1,851,787。

由此可得不同区域充电站数量：城市：405,386座；郊区：826,363座；乡村：231,473座

。

5.2 在韩国应用该模型

5.2.1 在韩国测试模型

可采用5.1节所述方法。基于现有汽车数量、充电桩占比及充电桩服务强度

μ_1, μ_2 , we can also use (5.1.7) and (5.1.9) to calculate N_{cp} .

我们可以得到这个 $N = 419,059$ ，韩国充电站数量为52,382个。

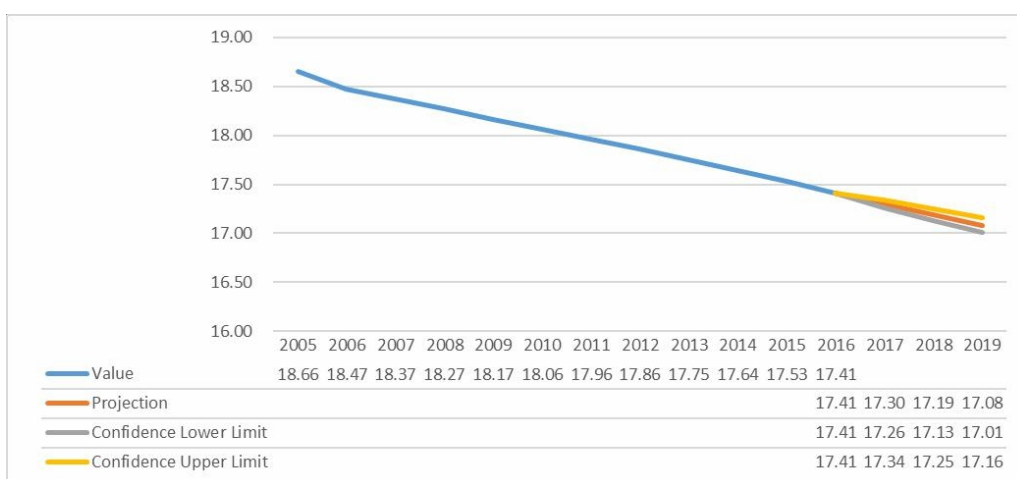


图2：韩国农村人口预测

根据上图，可获取2018年韩国总人口及各区域人口占比，最终得出不同区域充电桩与充电站需求如下表所示：

表1：充电桩与充电站需求量

	充电桩	充电站
全国总计	998,380.01	124,797.50
城市	272,097.73	34,012.22
郊区	554,660.76	69,332.59
农村	171,621.52	21,452.69

5.2.2 构建充电站总体布局模型

- 最大覆盖理论
为实现韩国境内最大覆盖范围，我们构建了布局

服务区域, 在每个服务区域内采用重力法确定主站点, 假设我们拥有 "m" 个可充电充电站、"n" 个需求点, 并计划建设 "p" 个站点。将 j 点的需求量设定为 d_j , 并用 r_i 表示站点 i 到需求点 j 的距离。

Then we set up the decision variables as $X_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$

其中 1 表示方案 i 为在充电站 j 处建设充电站并提供服务, 0 则表示在充电站 i 处建设充电站但不为充电站 j 提供服务。

Then we can get:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot d_j \tag{5.2.2}$$

Our goal is to work out the formula and get the maximum.

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n d_j x_{ij} \leq D_m \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n) \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m) \\ \sum_{i=1}^m \phi \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right) \leq p \\ r_{ij} \phi(x_{ij}) \leq r_m \end{cases} \tag{5.2.3}$$

其中:

- D_m 是充电站单日最多可服务的车辆数量。
 - P 表示仅能在备选地址上建造的充电站最大数量。
 - r_m 表示服务半径。
- 在我们的模型中, 每个需求点仅能服务于一个充电站,

上述公式中的指示函数为:

$$\phi(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \end{cases}$$

➤ 中心地理论

服务范围的确定实际上是充电站的最大服务半径

充电站的最大服务半径。其制定应以保障电动汽车用户充电便利性为目标。

在推广电动汽车使用的初期阶段, 纯电动汽车数量相对较少。此时充电站的服务范围较大, 充电设施数量较少。随着电动汽车数量的增加, 充电站的服务半径将

电动汽车数量相对较少。此时充电站服务范围较大, 充电设施密度较低。随着电动汽车数量增加, 充电站的服务半径将逐步缩短, 应增加充电站数量以满足用户需求。[3]

我们假设驾驶员寻找充电站的最长耗时为 10 分钟。当驾驶员发现电池电量不足时, 他会尝试寻找

Based on the central ground theory, we can get:

$$r_m = \frac{V_{car} \cdot t_f}{\lambda_s} \quad (5.2.5)$$

Where:

- V_{car} : The speed of a vehicle (km/h)
- t_f : The longest searching time that the customers use.
- λ_s : The curvature coefficient of the road. The ratio between the actual traffic distance and the linear distance between two points.

D_m can be calculated in the equation shown below:

$$D_m = 16 \cdot 8 \cdot [\alpha \mu_1 + (1 - \alpha) \mu_2] \quad (5.2.6)$$

So, we can get $D_m \approx 94.18$. Thus, the maximum number of cars that a charging station can serves in one day is almost 95.

图3：我们选择的主要站点

图4：开发周期网络

5.2.3 以韩国为例解决模型

本文首先运用网络布局理论模型划分服务区域，并据此选择服务站点。由于重心法确定的站点在现实中可能无法实现，需选择邻近可行站点的坐标作为备选站点。

随后计算各需求点与各备选充电站之间的距离矩阵。

我们可以使用Lingo软件求解方程(5.2.3)和(5.2.4)，并根据总体布局模型获得

根据总体布局模型获得最佳充电站布局方案。

5.2.4 Commercial Model of Electric Vehicle Charging Station

Due to the short range of electric vehicles and the lack of charging stations, it is difficult for consumers to use electric vehicles to complete all their travel needs and this make them feel nervous and generate anxiety.

According to the literature“*The Commercial Model of Electric Vehicle Charging Station*”, we can get the anxiety $\lambda(t)$ as:

$$\lambda(t) = \frac{t}{d_c} \lambda \quad (5.2.7)$$

Where:

- λ : is an exogenous parameter that represents the initial anxiety of the consumer.
- d_c is the length of a linear city.
- t : is the average distance between two charging stations

Then we can get the consumer purchase benefit:

$$[1 - \lambda(t)]\theta - p + b \quad (5.2.8)$$

Where:

- θ : A random variable. A consumer can get a value if he uses an electric car to complete all his travel needs.
- p : The sale price of an electric car.
- b : Government subsidies

We can know from the above equations that build the charging station first can reduce people's anxiety effectively.

Without the charging station: $t = d_c, \lambda(t) = \lambda$

Have a charging station: $t = \frac{1}{2}d_c, \lambda(t) = \frac{1}{2}\lambda$. Then it lowers the anxiety of

这将提升消费者购买电动汽车的热情。

综上所述，经济发达地区的政府或企业应根据消费者购车量建设更多充电站。这主要是因为拥有私人车库的用户经济水平较高，他们更看重产品便利性而非小型纯电动汽车的成本。

5.2.4 生物群体的竞争排斥模型

选择生物群体的竞争排斥模型来模拟电动汽车与传统汽车的市场竞争。我们设 $x_1(t)$ 为时间变量 t 变化时电动汽车的数量， $x_2(t)$ 为时间变量 t 变化时传统汽车的数量。

由此可建立电动汽车与传统汽车的竞争排斥模型：

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = r_1 x_1 \left(1 - \frac{x_1}{N_1} - \frac{\alpha x_2}{N_1} \right) \\ \frac{dx_2}{dt} = r_2 x_2 \left(1 - \frac{x_2}{N_2} - \frac{\beta x_1}{N_2} \right) \end{cases} \quad (5.2.9)$$

其中：

- r_1 ：电动汽车的内在增长率

- r_2 : 传统汽车的固有增长率
 - N_1 : 国家允许的电动汽车最大数量
 - N_2 : 该国允许的传统汽车最大数量。
 - β : 电动汽车相对于传统汽车的竞争优势。
 - α : 传统汽车相对于电动汽车的竞争优势。
- 要使电动汽车完全取代传统汽车，我们需要让

autonomous equation above to reach the balance point $P_1(N_1, 0)$. According to the equilibrium stability criterion of the autonomous equation, if and only if $N_1 > \frac{N_2}{\beta}$ and $N_2 < \frac{N_1}{\alpha}$ established, we assumed that $N_1 = N_2$. Then we get:

$$\beta > 1, \alpha < 1 \quad (5.2.10)$$

因此，公式(5.2.4.2)可改写为： $\beta > 1$ ，且仅当数据呈现此形态时，电动汽车方能取代传统汽车。

由于上述自适应方程难以求解，我们借助MATLAB中的数值求解函数Ode45进行计算。

inherent growth rate in the model $r_1 = 0.3$, $r_2 = 4.7$. We hope the value that r be 其中

所获结果可计算得出，且与历史数据误差极小。

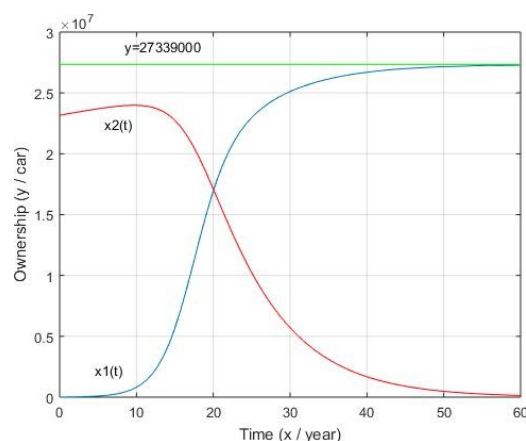


图5：2018年以来韩国电动汽车与传统汽车的数量变化趋势

红色曲线代表传统燃油车，蓝色曲线代表电动汽车，绿色曲线则为汽车能达到的峰值。当蓝色曲线达到绿色曲线时，意味着该国全民已全面转向纯电动汽车。

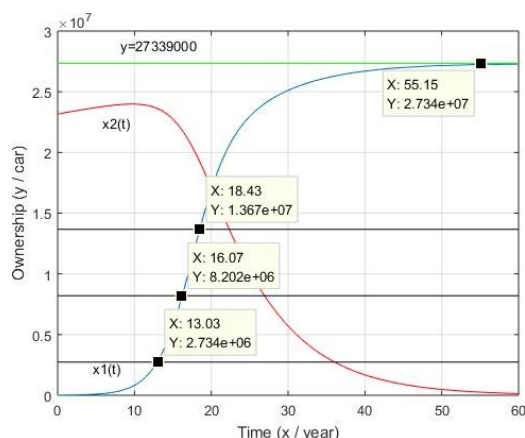


图6：图X数据分析

第一点表明实现10%电动化需13.03年。第二点显示达到30%电动化需16.07年。第三点则意味着实现50%电动化需18.43年。

5.3 区域差异考量

我们建立模型以确定各国的区域差异系数，并基于该系数对不同国家进行分析。

5.3.1 使用基尼系数衡量分配不均衡的程度。

根据世界区域财富统计局提供的数据，我们可以获得两种类型国家的基尼系数。

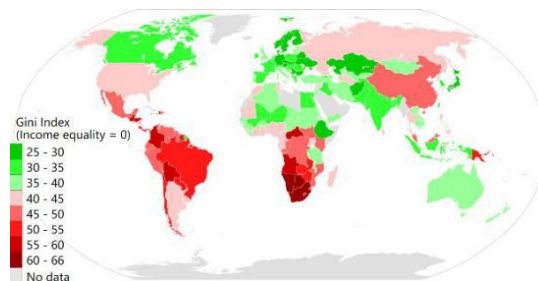


图7：全球基尼指数分布

5.3.2 标准差椭圆算法

若国家数据难以准确获取，可构建替代模型解决此问题。假设x1为包含全国50%人口的土地面积占比，该土地面积设定为 S_{w0} 。通过标准差椭圆算法可获得两种国家类型的人口分布情况。

According to the equation of standard deviation ellipse:

$$\left(\frac{x}{\sigma_x}\right)^2 + \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2 = s \quad (5.3.6)$$

由于平面上任一点仅需两个坐标即可表示，我们可采用预设置信水平（如95%）查阅自由度为2的卡方分布表，据此计算式(5.3.5)得出S值。

The standard equation after converting to an ellipse:

$$\frac{x^2}{s\sigma_x^2} + \frac{y^2}{s\sigma_y^2} = 1 \tag{5.3.7}$$

As we know that the data of the major axis semidiameter “a” and minor axis semidiameter “b” of the ellipse is:

$$a = \sqrt{s}\sigma_x, b = \sqrt{s}\sigma_y \tag{5.3.8}$$

Finally, we get the data about the standard deviation ellipse:

$$S_c = \pi ab = \pi s\sigma_x\sigma_y \tag{5.3.9}$$

Where S_c is the population concentrative area in coordinate.

$$S_r = \eta^2 \cdot \pi \cdot s\sigma_x\sigma_y \tag{5.3.10}$$

Where S_r is the real value of the area, and η is the map scale. From the map we researched that η equals 100.

Thus, we can calculate x_1 :

$$x_1 = \frac{S_r}{S_w} \tag{5.3.11}$$

Then we get the evenness index x_1

选取若干典型国家作为测试样本。依据费歇尔判别法与距离判别法，可运用R软件对测试样本进行分析。随后利用R分析所得数据验证回归精度，并绘制若干直观图表以供人们清晰感知。

不平衡国家：

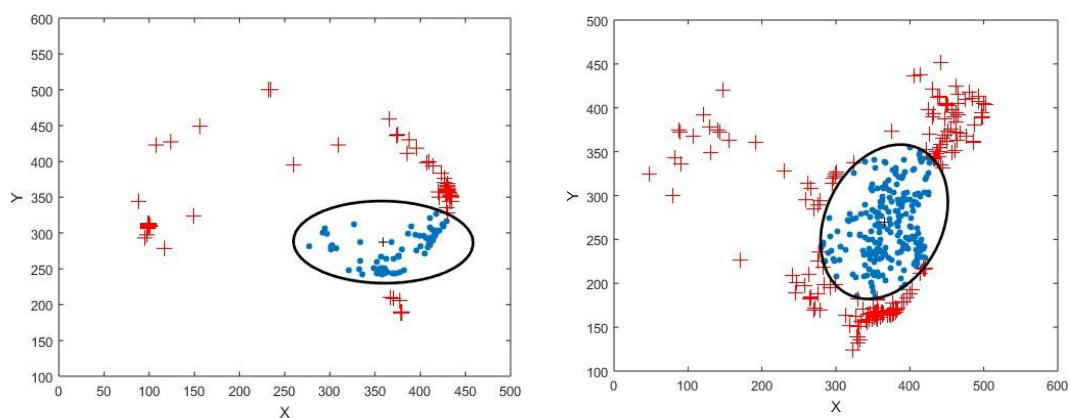


图8：澳大利亚人口分布图9：中国人口分布

图中红色十字未位于50%圆内，蓝色点则具有相反含义。从上图可见椭圆区域存在部分未覆盖澳大利亚领土的情况，表明指标1计算存在一定误差。但鉴于该区域占澳大利亚总面积比例极小，分析时可忽略不计。

均衡国家：

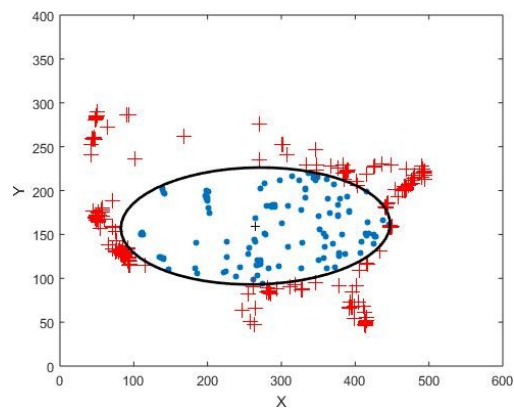
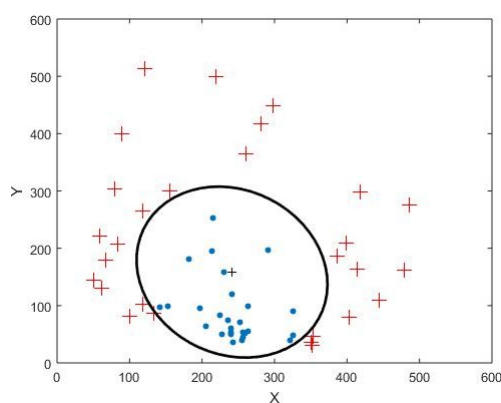


图10：乌拉圭人口分布图 图11：美国人口分布图

5.3.3 判别模型

鉴于各国存在显著的区域差异，我们假设 x_1 为人口分布均匀性指数。根据人口密度由高到低的排序，可通过人口集中区域占全国土地面积的比例计算出 x_1 值。 x_1 值越小，表明人口分布越集中。

其次考虑财富分布，按财富高低排序各省份。由此可得 x_2 值，即90%财富集中区域占国土面积的比例。 x_2 值越小，财富越集中。

最终可得出区域差异系数：

$$P_i(x_1, x_2), i = 1, 2, 3 \dots n \quad (5.3.1)$$

其中 i 表示国家数量。

可利用公式(5.3.1)计算若干典型国家的区域差异系数：

表3：典型国家区域差异系数

国家		人口分布均匀性指数	基尼系数
1	中国	0.2991	0.422
2	印度尼西亚	0.2541	0.395
3	澳大利亚	0.2268	0.349
4	沙特阿拉伯	0.3633	0.459
5	新加坡	0.3808	0.464
6	俄罗斯	0.0967	0.377
7	美国	0.3409	0.41
8	韩国	0.4248	0.313
9	爱尔兰	0.2475	0.319
10	乌拉圭	0.4002	0.417
11	日本	0.2922	0.321
12	德国	0.3205	0.314

首先，中国、印度尼西亚、澳大利亚、沙特阿拉伯、新加坡和俄罗斯被视为发展失衡国家。美国、韩国、爱尔兰、乌拉圭、日本和德国则相反。根据国家发展平衡标准，此分类合理。

上述国家将分别用数字1~12表示。为检验判别模型的准确性，从R软件的样本函数中随机选取澳大利亚和沙特阿拉伯，并选取爱尔兰作为平衡国家的测试样本，其余国家作为训练样本。

判别结果：

表4：均衡国家判别结果

失衡国家	平衡国家
中国	韩国
澳大利亚	乌拉圭
印度尼西亚	爱尔兰
沙特阿拉伯	日本
新加坡	德国
美国	
俄罗斯	

经检测发现，三个随机抽取的样本均正确，其余训练样本除美国外均正确，总正确率超过91%。

因此，根据人口分布均匀指数和基尼系数，距离歧视法可用于判断一个国家是否平衡。但美国这个原本应该属于均衡的国家却被认定为不均衡国家。进一步研究发现，将美国的人口分布均匀指数和基尼系数这两个指标与不均衡国家进行比较后，发现美国的两个指标确实接近不均衡国家的平均值。尤其基尼系数0.41已突破收入分配差距的"警戒线"，且与失衡国家基尼系数的相对误差小于3%。这可能源于模型未纳入更多衡量均衡性的指标。若有充足时间，将进一步筛选合适指标以更精准评估国家均衡性。

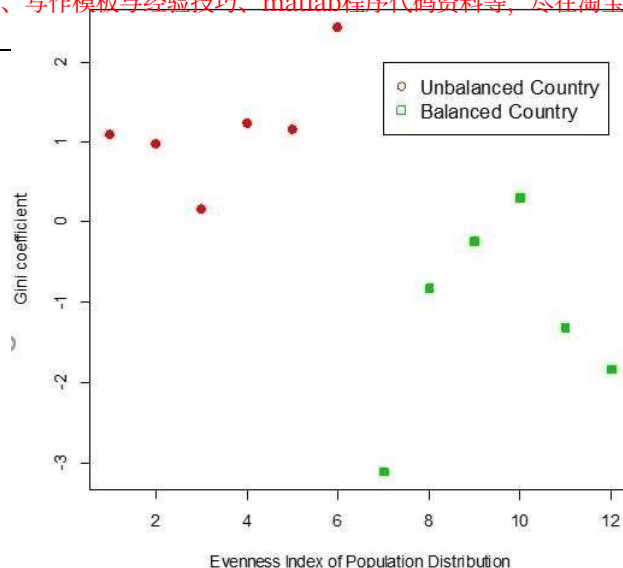


图12：均衡状态与失衡国家的判别图

通过上图可以更直观地看到，人口分布均匀指数和基尼系数这两个指标可用于判别分析，并能有效地将平衡国家与不平衡国家进行分类。

综上所述，马氏体距离可用于判断任何国家是否处于均衡状态，其判定标准如下：

$$\begin{aligned} R_1 &= \{x | d^2(x, X_1) \leq d^2(x, X_2)\} \\ R_2 &= \{x | d^2(x, X_1) > d^2(x, X_2)\} \end{aligned} \quad (5.3.2)$$

Where d is the distance and can be calculated:

$$d(x, X) = \sqrt{(x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)} \quad (5.3.3)$$

Where Σ is the covariance matrix. $\Sigma > 0$

Then we can get:

$$w(x) = (x - \mu)^T \Sigma^{-1} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \quad (5.3.4)$$

$w(x)$ is the distance discrimination function for two objects, then we can rewrite (5.3.2) as:

$$\begin{aligned} R_1 &= \{x | w(x) \geq 0\} \\ R_2 &= \{x | w(x) < 0\} \end{aligned} \quad (5.3.5)$$

根据各典型国家的区域差异系数表，可通过公式(5.3.5)计算两种类型国家（均衡国与失衡国）的均值向量：

$$\bar{X}_1 = (0.270132, 0.411), \bar{X}_2 = (0.337678, 0.349)$$

观察两类国家的基尼系数可知：均衡

国家收入相对合理，失衡国家收入差距较大。这进一步证明了我们的判别方法是有效的。

综上所述，可通过公式(5.3.1)计算区域差异系数 x ，并利用(5.3.5)判断国家是否处于均衡状态。

5.3.4 分类体系

分类体系是根据我们之前描述的两种类型建立的。然后我们可以讨论这些国家中的两种不同方式。

➤ 整体增长模式

整体增长模式应用于第一类国家。该组国家普遍面临相同问题：人口分布不均与财富分配失衡。面临相同问题：人口分布不均与财富分配不公。

我们可以根据充电条件将第一组人群进行划分。具备充电条件的小型纯电动汽车购买意愿最受充电便利性和售后服务影响。这主要是因为拥有私人车库的用户经济水平相对较高，其产品便利性比电动汽车成本更为重要。因此，通过提升纯电动汽车的便利性来制定相应对策，可有效增强消费者购买电动汽车的意愿。

相反，另一部分人群因缺乏充电条件，其纯电动汽车购买意向最易受经济因素与政策倾向影响。故在完善充电基础设施的同时，降低购车及使用成本可有效提升该类消费者的购买意愿。

➤ 服务费差异化模式

该模式正应用于第二类国家。人口分布均匀
在这些国家中，财富分配不均且分布不均。我们设计了一套服务费差异化模型，以满足不同地区民众的需求。

假设当前充电服务费为每千瓦时 k 元。区域A至D的经济发展水平与人口密度呈递减趋势，故服务费收取应与该下降趋势保持一致。设定区域C为基准点，其收费标准为 k 元， K 元素两侧各阶浮动比例变动幅度均为20%。

综上所述，基于电池充电服务分级定价的划分方案，其差异化定价率高于当前整体充电带来的经济效益。这不仅显著缩短了充电运营商的投资回收期，更能提升投资回报率。该模式设计将极大增强充电桩运营商的投资信心，促使他们加大投入力度。

6 高科技对电动汽车的影响

随着科技的飞速发展，我们的生活正日益离不开科技的支持与进步。化石燃料正逐渐被新能源所取代，汽车共享与

自动驾驶汽车正悄然兴起。电动汽车已成为当今最具能源效率和环保性的交通工具。

6.1 新型交通方式对电动汽车的影响

首先分析汽车共享、网约车、自动驾驶乃至飞行汽车三项技术。这些技术预计将导致日常充电需求增长。我们以韩国为例，重新计算了不同日常充电频率所需的充电桩数量，结果如图所示：

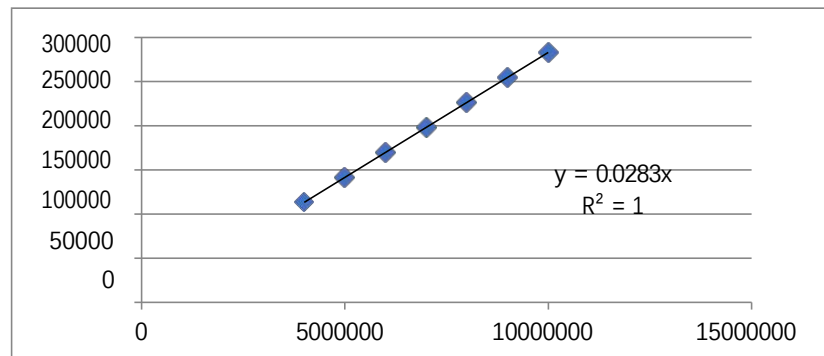


图13：日常充电所需充电桩数量

这三项技术预计将推动充电站数量的增长。

其次，采用快速更换技术计算充电桩数量。当快速更换站取代所有现有慢充站时，充电桩数量将减少至3%以下。因此我们认为快速更换技术将显著降低所需充电站数量。

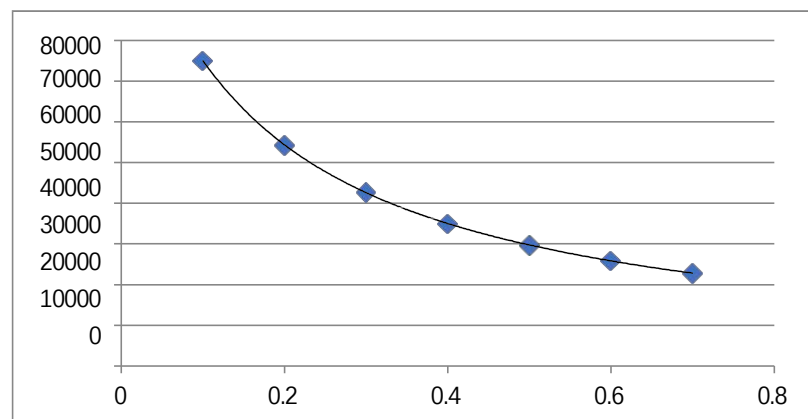


图14：快速充电站的比例及所需充电站数量。

新型交通方式对电动汽车的影响多种多样：

6.1.1 汽车共享服务：

根据公式：

$$(1 + a)_{B_0}, a \in [0, 1] \quad (6.1.1)$$

其中 B_0 表示需充电的车辆数量。共享模式

增加了每日需充电的车辆数量。这使得无力购车的群体能够通过支付每辆车的服务费实现出行，从而降低出行成本。此举必将提升电动汽车的日均使用率，并增加充电需求。

6.1.2 自动驾驶汽车：

自动驾驶汽车领域的技术成熟度，能让不会开车的人获得廉价的"司机"，从而降低购车门槛。同时，这将提升电动汽车的需求量，并增加B₀的数量。

6.1.3 飞行汽车：

由于不受地形、道路、交通等因素限制，飞行汽车将大幅降低出行成本。这种出行方式仍需高能量密度电池支持，因此同样能提升B₀指标。

因此新型交通方式将增加待充电车辆数量
充电的汽车数量，并鼓励人们使用电动产品出行。

6.2 新技术对电动汽车的影响

首先，纯电动汽车的核心在于动力电池，而新技术对电池和充电站具有重大影响。电池技术的革新将推动电动车发展。新技术能助我们研发出质量更轻、容量更大、充电更快的电池，并构建完善的充电网络。它解决了电池比功率不足、无法在车辆起步、加速、超车及爬坡时提供充足动力的问题。拥有大功率电池的电动车，将轻松取代传统汽车。

其次，新技术能解决公众对电动汽车的诸多顾虑，例如续航里程、安全可靠、电池寿命与更换成本、城市充电站及充电桩等配套设施建设等问题。车辆性能的显著提升将缓解消费者担忧，激发购买意愿。

第三，新型充电桩与快充技术日益成熟。快充技术使人们能在短时间内获得足够续航里程。正如特斯拉CEO所言，若长途行驶途中缺乏充电设施，消费者将无法获得良好驾驶体验。所幸在政府政策推动下，此类快充站与超级充电桩的建设呈现爆发式增长。

最后，技术进步正推动汽车产业迎来史上最大变革。在石油能源短缺与环境污染的双重压力下，全球发达国家均将电动汽车视为汽车产业的重要发展方向。随着充电桩设施普及及各国出台配套政策，选择购买电动汽车的消费者正持续增加，这一趋势日益显著。

6.3 无线充电技术

随着电池技术的进步，我们可预见无线充电技术将应用于电动汽车领域。

若将无线充电技术与电动汽车结合，人们在旅途中便能轻松补充车辆电量。该技术需使用充电板作为能量发射器传输电力，并配备内置接收器的充电设备接收能量。当充电板识别到有效接收器时，充电过程即刻启动。由于充电模式与条件契合交通场景，这种充电方式能有效缓解人们寻找充电站或充电桩的焦虑，实现随时随地的便捷充电。

无线充电技术的应用将有效促进电动出行普及，消除用户充电顾虑，同时推动电动交通工具的销售增长。

7 敏感性分析

最小充电站数量下的充电服务模型中，驾驶员可承受的最小等待时间敏感性分析

表5：最小充电站需求下的最长等待时间

等待时间	所需充电站数量 充电站需求
0.5	124797.5018
0.4	126269.6354
0.3	127840.4992
0.2	129520.3702
0.1	131321.0026

研究认为，最长的等待时间对最终充电站数量影响甚微。

在传统汽车与电动汽车的竞争模型中，我们测试了内在增长率对实现电气化所需时间的敏感性。以韩国为例：

表6：电动汽车保有量从50%增长至100%的内在增长率

$r1$	$t50$	$t100$
0.6	18.5	55
0.8	13.9	55
1	11.1	50
1.2	9.2	50
1.4	8	45

研究发现，固有增长率对电动力学没有显著影响。

在汽车与电动汽车的竞争模型中，我们测试了汽车对电动汽车的竞争优势敏感性，该敏感性取决于实现电气化所需的时间

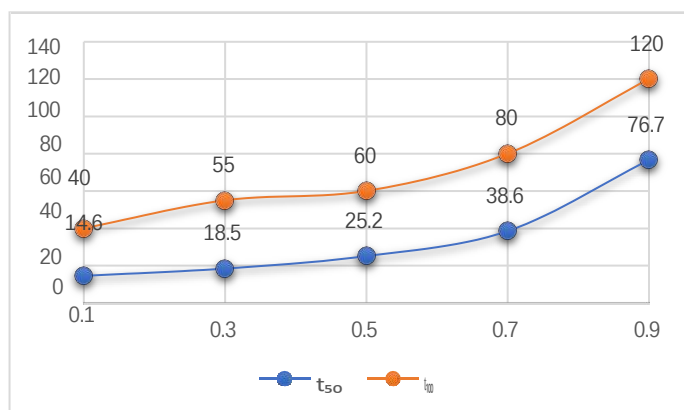


图15：汽车相对于电动汽车的竞争优势及实现电气化的时间图

8 优势与劣势

8.1 优势

- 本文涉及工程学、管理学、统计学等多学科领域，涵盖电动汽车、回归分析统计学、消费者购买行为、群体竞争及判别分析等，均属典型的跨学科前沿研究。
- 我们提出了差异化收费方案，但该方案的设计构想仍处于非常初期的阶段。研究与分析仅能基于可观察且有限的的数据制定粗略方案。其合理性与有效性尚未在实践中得到验证，因此该方案的科学性尚待探讨。
- 更先进的无线充电技术有望使电动汽车的未来发展呈现多元化格局。
- 针对各模型中无法获取或准确估算的参数，进行了敏感性分析以量化其对模型结果的影响。
模型。
- 创新性地运用标准差椭圆来衡量人口分布的均衡性。

8.2 弱点

- 数据来源渠道不足，导致模型难以有效求解。然而模型的最优性始终得以确立。换言之，该模型始终能根据给定数据得出正确的最优解。这样，最终解决方案就能随着更精确数据的加入而快速调整。
- 缺乏足够的配套设施来建设城市、郊区和农村地区的充电站。

9 领导层手册

电动汽车未来发展计划。

欢迎参加本次国际能源峰会，本页将帮助您深入了解电动汽车的发展趋势，以及返回本国后需重点考虑的关键因素。

首先，我们希望您能依据本论文中的判别分析法进行分类。根据贵国的国情，可判断该国属于平衡型还是非平衡型。针对这两种不同类型，我们将提供更精准具体的建议方案。

至于平衡型国家，电动汽车的发展一直稳步推进。这些国家的人口分布和财富分配相对均匀。正因如此，我们需要加大优惠政策支持力度，提升用户购置和使用电动汽车的热情。加快电动汽车科研步伐同样至关重要。设定30至45年的燃油车禁令实施周期，能有效激励民众将汽油车转换为电动车。

对于国情不均衡的国家，应为用户创造使用电动汽车的便利条件，消除消费者对电动汽车的顾虑，提升购买意愿。同时提升售后服务水平，让消费者享受更优质的服务，消除后顾之忧。其次提高补贴力度，支持欠发达地区购买电动汽车，推动汽车向电动化转型。同时加大基础设施建设投入，包括充电站、供电网络等建设。这有助于实现全国电动汽车基础服务的均等化，逐步缩小地区间及城乡间的差距。建议此类国家设定60至75年禁售燃油车的过渡期，让民众在此期间逐步了解电动汽车并发现其优势。

其次，我们向全球各国提出三项重要建议：一是建立区域充电网络体系；二是发掘电动领域人才并推进充电技术研发；三是定期举办国际电动汽车发展会议，促进技术交流。

最后，希望您能享受本次国际能源峰会，并为您的国家带来更多有益的方法。

感谢阅读。

参考文献

- [1] 王彦飞. 北京市充电桩市场经济分析[D]. 北京：北京交通大学，2016:23-28.
- [2] 杰德·科尔科. 美国大城市究竟有多郊区化？. 五三八[期刊/网络].
<https://fivethirtyeight.com/features/how-suburban-are-big-american-cities/>,2015.
- [3] SA Papaioannou. 《电动汽车：未来展望》. 电子项目集[J/OL].
<https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-010416-075442/>,2016.
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Gini_coefficient
- [5] 宋亚辉. 城市电动汽车充电站布局规划研究[D]. 北京: 北京交通大学,2011.
- [6] 王静. 电动汽车现状与前景分析[J]. 汽车应用,2000.
- [7] 吴胜楠. 小型电动车购买意愿影响因素研究[D]. 湖南大学,2012.
- [8] 王天. 汽车供应链中电动汽车充电网络的构建[D]. 华中科技大学,2015.