

基于小世界网络的电动汽车市场接受度预测模型

王 宁¹, 潘慧中¹, 刘 向², 唐林浩¹

(1. 同济大学 汽车学院, 上海 200092; 2. 同济大学 交通运输工程学院, 上海 200092)

摘要: 基于复杂社会网络理论、消费者行为和消费者购买决策理论, 构建了基于小世界网络的电动汽车市场接受度预测模型, 并通过 Netlogo 软件仿真社会网络中消费者对电动汽车的接受过程. 研究表明: 电动汽车的市场接受度取决于消费者个体初始偏好和社会网络效应的共同作用, 局部网络效应的影响大于全局网络效应; 选择意见领袖为初始采用者、提高初始采用者比例、降低消费者购买意愿阈值等均会显著提高电动汽车的扩散规模和扩散速度.

关键词: 电动汽车; 社会网络; 消费者决策; 市场接受度
中图分类号: C939 **文献标志码:** A

Prediction Model of Market Acceptance of Electric Vehicles Based on Small World Network

WANG Ning¹, PAN Huizhong¹, LIU Xiang², TANG Linhao¹

(1. School of Automotive Studies, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. College of Transportation Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: On the basis of the complex social network theory and consumer decision-making theory, a forecasting model of electric vehicle (EV) market acceptance was developed based on the small world network, and the adoption and diffusion process of EVs in social network was simulated through Netlogo software. The simulation results indicate that the EV market acceptance are decided by both the individual preferences and the social network utility and the local network utility show greater influence than the global network utility. Furthermore, selecting the opinion leaders as the initial adopters, increasing the proportion of initial adopters and reducing the purchase threshold of consumers can help to promote the adoption of EVs.

Key words: electric vehicle; social network; consumers' decision-making; market acceptance

近年来, 严峻的能源短缺和环境污染等问题^[1]给我国汽车产业的发展带来了巨大的挑战. 发展新能源汽车, 尤其是电动汽车(electric vehicle, EV)来解决目前严峻的能源、环境和交通形势, 已经成为政府和汽车行业的共识. 私人消费市场是政府推广电动汽车的重要领域, 但该市场中的消费者对电动汽车的接受度不高, 因此非常有必要研究电动汽车的市场接受度现状及主要影响因素. 目前国内外关于电动汽车市场接受度的研究多是集中在消费者个体采用电动汽车的成本和收益方面, 如电动汽车的购置成本、补贴政策以及电动汽车的充电便利性和维保服务等. 但是, 在现实社会环境下, 消费者不是独立的个体, 而是社会群体中的一员, 因此消费者对电动汽车的接受度除了受到个体对电动汽车成本效益评价的影响之外, 还会受到社会网络的影响. 消费者在选择购买电动汽车时面临着很大的不确定性, 倾向于寻求社交网络中家人、朋友和同事等群体的意见. 此外, 随着各种通讯方式的不断涌现, 产品信息网站和社交网站上对产品的评论和推荐信息越来越多, 也加速推进了社会网络对消费者决策的影响, 因此研究电动汽车的市场扩散需要从复杂社会网络系统的视角^[2].

消费者对电动汽车的接受度取决于两个方面, 一方面是消费者对电动汽车的个人偏好, 受到电动汽车的性能、补贴政策以及消费者的个人因素等的影响; 另一方面是网络效应的影响, 包括局部网络效应和全局网络效应, 局部网络效应是指消费者个体所处社交网络中其他个体的影响, 全局网络效应是指整个社会网络中群体的影响. John Axsen 等^[3]的研究表明社会网络效应对电动汽车的市场接受度有很大的影响, 通过对 10 个家庭中 18 名消费者几周

收稿日期: 2016-10-10

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(2015BAG11B00), 上海市科技发展基金软科学研究重点项目(16692103700), 上海市科学技术委员会科研计划(16DZ2349200)

第一作者: 王 宁(1977—), 男, 管理学博士, 副教授, 博士生导师, 主要研究方向为消费者行为与新能源汽车产业化.

Email: wangning@tongji.edu.cn

通讯作者: 潘慧中(1994—), 女, 工学硕士, 主要研究方向为消费者行为与新能源汽车产业化. Email: huizhong_pan@hotmail.com

驾驶插电式混合动力汽车的体验,发现社会网络对大部分消费者的评价有很大的影响. Martino Tran^[4]通过研究发现局部网络效应和全局网络效应都对消费者电动汽车的接受度有显著的影响,并且全局网络效应的影响更大.因此本文将消费者对电动汽车的接受行为看作在特定的社会网络中个体之间交互作用的一种动态过程,基于小世界网络模型,构建电动汽车消费者决策模型,刻画了消费者社会网络结构与决策机制;然后从消费者购车决策行为过程出发,用方程和条件表达决策行为,用变量表征个体特征与交互作用;最后利用 NetLogo 软件模拟仿真消费者决策过程,研究社会网络结构和各因素对电动汽车市场接受度的影响.

1 基于小世界网络的电动汽车市场接受度预测模型

1.1 基于小世界网络的电动汽车市场接受度预测模型构建

在本研究将采用小世界网络作为电动汽车消费者的社会网络.小世界网络模型的理论基础是6度分割理论,也叫小世界理论,该理论指出,在这个社会中,任意两个人之间要建立联系,最多只需要6个人,也就是说一个人只需通过6个人就能认识任意一个陌生人^[5].网络中的节点表示电动汽车消费者个体,节点之间的连接表示相邻个体之间存在的社会联系.

1.1.1 模型假设与参数

本文参考 Cox 等^[6]提出的5阶段模型来描述消费者购买电动汽车的决策过程,5个阶段包括:需求认知、信息搜集、方案评估、购买决策和购后行为.本文将消费者对电动汽车的购后评价纳入决策过程的方案评估中,因此不考虑电动汽车的购后行为,将消费者个体购买电动汽车的决策过程简化为4个阶段:需求认知、信息搜集、方案评估和购买决策.在电动汽车购买决策的整个过程中,消费者个体被划分为4种状态:第一是非认知状态,即个体暂时对电动汽车缺乏认知的状态;第二是认知状态,处于此状态中的个体对电动汽车有一定的了解;第三是意愿购买状态,这些个体已产生对电动汽车的购买意愿;第四是决定购买状态,是电动汽车的实际购买者.

在模型中为方便描述使用以下变量和参数:

I 为个体的家庭平均年收入,基于调研数据获得; M 为个体的日均出行里程,基于调研数据获得;

N 为社会网络规模,即网络中的总人数;采纳周期 t : 将个体采纳时间离散化以便考察电动汽车市场扩散的时间模式.最大采纳周期 T 的取值应确保在该周期之前不再有新的个体购买电动汽车; A_{ij} 为个体 i 和个体 j 表示之间是否有连接(有连接为1,无连接为0); k_i 为个体 i 的度,即与 i 有连接的所有个体数量; $x_j(t)$ 为 t 时刻个体 j 是否处于认知状态(处于认知状态为1,否则为0); $y_j(t)$ 为 t 时刻个体 j 是否处于意愿购买状态(处于购买意愿状态为1,否则为0); $z_j(t)$ 为 t 时刻个体 j 是否处于决定购买状态(处于决定购买状态为1,否则为0); $A_d(t)$ 为 t 时刻的广告强度,指大众媒体对个体认知的影响; S_i 为个体 i 的认知阈值,若个体对电动汽车的认知超过这个值时,就会变为认知状态; T_i 为个体 i 的购买意愿阈值,若个体对电动汽车的购买意愿超过这个值时,就会转变为意愿购买状态;个体初始效应 R_i 为个体对电动汽车的初始偏好和评价;全局网络效应 $Q(t)$ 为整个社会网络中电动汽车采用者规模对新采用者的影响;局部网络效应 $G_i(t)$ 为个体 i 社交网络中的电动汽车采用者对其的影响; P_i 为个体从意愿购买状态转变为决定购买状态的概率.

1.1.2 模型具体分析

消费者个体4种状态的演化规则如下:

(1) 非认知状态—认知状态

消费者个体对电动汽车的认知受到广告宣传 and 人际社交网络中其他群体口碑传播的影响.当广告强度($A_d(t)$)和人际网络中影响者的数量(即口碑效应)超过消费者的认知阈值 S_i 时,消费者将从非认知状态转变为认知状态,即:

$$\text{当 } A_d(t) + \sum_{j=1}^N A_{ij} [x_j(t) + y_j(t) + z_j(t)] \geq S_i, x_i(t+1) = 1$$

本文参照 Cho 等的研究^[7],假设模型中消费者个体的认知阈值服从随机分布.

(2) 认知状态—意愿购买状态

当消费者对电动汽车有了全面的认知之后,将评估电动汽车的效用,本研究采用效用决策规则和阈值模型作为个体决策的依据.假设消费者在评估电动汽车时有一个效用函数和一个阈值,基于最大期望效用理论,消费者在选择新产品时,是以效用最大化来决定是否采用^[8].假设消费者个体 i 采用电动汽车的总效用为 $U_i(t)$,阈值为 T_i ,只有当 $U_i(t) \geq T_i$ 时,个体才会由认知状态转变为意愿购买状态,即:

当 $U_i(t) \geq T_i$ 时, $y_i(t+1) = 1$

理论和实证研究表明消费者对电动汽车的感知总效用是消费者个体偏好^[9]和社会网络效应^[10]这两者的函数,而社会网络效用包括全局网络效应和局部网络效应.因此假设效用函数是消费者个体效应 R_i 、全局网络效应 $Q(t)$ 和局部网络效应 $G_i(t)$ 的加权函数,权重参数分别为 α_i 、 β_i 和 γ_i ,表达式如式(1)所示.

$$U_i(t) = \alpha_i R_i + \beta_i Q(t) + \gamma_i G_i(t), \alpha_i + \beta_i + \gamma_i = 1 \quad (1)$$

各变量含义如下所述:

①消费者个体初始效用 R_i :即是指购买电动汽车能为其带来的效用,是消费者的自身评价,不考虑社会网络的影响.由于个体偏好的差异性,本文参照娄思源^[11]的研究,假设消费者个体对电动汽车的初始个体效用 R_i 服从正态分布,即

$$R_i \sim N(\mu_1, \sigma_1^2) \quad (2)$$

式中: μ_1 为初始阶段消费者个体对电动汽车感知效用的均值, σ_1 为感知效用的变异程度.

②社会网络效用:全局网络效用 $Q(t)$,定义为整个社会网络中购买电动汽车的总人数占比和,如式(3)所示.局部网络效应 $G_i(t)$ 即是指消费者个体社交网络中了解电动汽车的其他个体对其电动汽车接受度的影响,本文假设消费者所处的状态越靠后,对社交网络中其他个体的影响越大,假设处于认知状态、意愿购买状态和决定购买状态的影响权重参数分别为 μ 、 ρ 和 σ ,且 $\mu < \rho < \sigma$,如式(4)所示.

③消费者的购买意愿阈值 T_i :是消费者对购买电动汽车成本的评估. Eppstein 等^[12]的研究发现收入越高的人在购车时感知风险越小,对电动汽车较高的购置价格不敏感,越有可能成为早期采用者. Slater 等^[13]通过调查英国的电动汽车车主发现电动汽车的早期购买者不在意较高的购置成本,他们通常家里不止一辆车,收入较高,学历较高,并且有停车位.笔者 2015 年关于电动汽车市场接受度的研究^[14]表明消费者不愿意购买电动汽车的影响因素有充电便利性和感知风险等,即日均出行里程越长的车主越觉得电动汽车出行时充电不方便.因此本文假设购买意愿阈值与消费者的家庭平均年收入成反比,与日均出行里程成正比.

④权重参数 α_i 、 β_i 和 γ_i :表示个体 i 对不同效应的重视程度,值介于 0 和 1 之间.本研究参照张晓军^[8]和 Delre 等^[15]的研究,假设所有个体的权重分配都是一样的.

$$Q(t) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N z_j(t) \quad (3)$$

$$G_i(t) = \frac{1}{k_i} \sum_{j=1}^N A_{ij} [\mu x_j(t) + \rho y_j(t) + \sigma z_j(t)] \quad (4)$$

(3)意愿购买状态—决定购买状态

当消费者产生购买意愿之后,也可能不会立即选择购买,会存在一个延迟^[16].本研究模型中,用“以某一概率采用”的方式来描述这种延迟效应,即当 $U_i(t) > T_i$ 成立时,消费者 i 以一定的概率 P_i 决定购买电动汽车^[11].

在每个采纳周期 t ,将决定购买的个体数累加得到累计采纳者数,从而得到总体的采纳数量为

$$R(t) = \sum_i z_i(t), 0 < t \leq T$$

2 基于小世界网络的电动汽车市场接受度预测仿真

2.1 仿真系统的构造

本文采用 NetLogo 仿真软件构建小世界网络,假设社会网络中消费者个体的数量 $N=1\ 000$.小世界网络模型假设小世界网络中每个消费者个体的平均朋友数量为 $n=4$ (即平均每个个体和其他 4 个人有直接的社会联系),重连概率 $\alpha=0.1$.电动汽车市场接受度仿真实验流程图如图 1 所示.

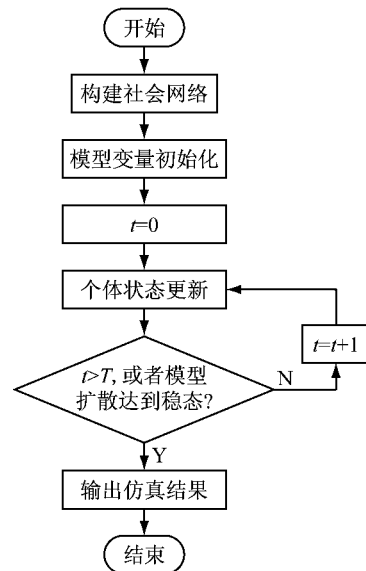


图 1 电动汽车市场接受度仿真流程图

Fig.1 EV market acceptance simulation flow chart

2.2 模型参数初始化

具体的模型参数设置及初始化如下:

2.2.1 仿真参数

time-ticks;仿真时钟, time-ticks 每增加 1, 程序循环一次, 更新消费者个体的状态;

仿真结束时间 T : 本文设置 T 为 50 (达到稳定状态).

2.2.2 个体属性参数

第 1 节分析了消费者的收入和日均出行里程等属性对其电动汽车接受度有显著影响, 因此在仿真实验中定义消费者个体的属性包括家庭平均年收入和日均出行里程这两个变量. 基于 2015 年新能源汽车产业化研究中心电动汽车项目组针对电动汽车购买意愿影响因素的调查问卷结果, 采用 SPSS 软件拟合该调查问卷的 1 206 名电动汽车潜在消费者者的家庭平均年收入和日均出行里程数据, 得出家庭平均年收入和日均出行里程近似服从正态分布, 因此本文假设消费者个体的日均出行里程 (M) 服从正态分布, 均值为 22.5, 标准差为 17; 家庭平均年收入 (I) 服从正态分布, 均值为 129 685, 标准差为 93 363, 并且假定年收入大于 20 万元的为高收入群体, 收入在 10~20 万元之间的为中等收入群体, 收入小于 10 万元的为低收入群体.

2.2.3 状态演变参数

(1) 广告强度 $A_d(t)$: 假设初始广告强度为 0.3, t 每增加 1, 广告强度增加 0.1.

(2) 认知阈值 S_i : 假设消费者的认知阈值服从 1~3 之间的随机分布 (消费者若要进入认知阶段, 其必须至少有一个影响者).

(3) 个体效用 P_i : 假设消费者的个体偏好初始值服从正态分布, 均值为 0.2, 方差为 0.1, 即 $P_i \sim N(0.2, 0.1)$.

(4) 权重参数: 权重参数 α, β, γ 表示消费者对个体效应、间接网络效应和直接网络效应三者的重视程度, 本文假设权重参数 α, β, γ 的初始值分别为 0.4、0.4 和 0.2.

(5) 购买意愿阈值 T_i : 购买意愿阈值与消费者的属性特征有关, 基于第 1.1.2 节分析, 发现收入和日均出行距离对消费者的购买意愿影响显著, 因此本文假设高收入和日出行距离较短的消费者群体的阈值相对较低, 低收入和日出行距离较长的群体阈值较高. 具体的阈值水平设定见表 1.

(6) 社会网络的影响程度: 个体所处的状态越靠后, 其对周边人的影响越大, 因此本文假设处于认知状态、意愿购买状态和决定购买状态的个体的影响程度 μ, ρ 和 σ 分别是 0.5、0.8 和 1.

表 1 消费者个体的购买意愿阈值

消费者属性	购买意愿阈值
$I < 10$ 万元和 $M > 50$ km	0.75
$I < 10$ 万元和 $M < 50$ km	0.65
10 万元 $< I < 20$ 万元和 $M > 50$ km	0.45
10 万元 $< I < 20$ 万元和 $M < 50$ km	0.35
$I > 20$ 万元和 $M > 50$ km	0.25
$I > 20$ 万元和 $M < 50$ km	0.15

(7) 消费者产生购买意愿之后, 以购买概率 $P = 0.5$ 选择购买电动汽车.

初始模型中设置 5% 比例的早期采用者, 其他消费者的初始状态都是非认知状态. 为了使仿真结果更具有真实性, 本文的仿真结果均是运行 20 次之后的平均值.

2.3 仿真结果

通过 NetLogo 软件仿真得到电动汽车消费者个体的状态演化过程. 图 2 是小世界网络中电动汽车市场接受度的仿真结果 (每一个时间间隔仅为软件模拟的一轮扩散, 下同), 可以发现在初始阶段电动汽车的接受度增长缓慢, 市场占有率很低, 当采纳者增加到 10%~20% 时, 增长速度开始加快并保持高速增长, 之后增长速度逐渐减慢, 最终采用者数量趋于稳定, 整个演变过程呈现 S 型的增长曲线, 与 Rogers 提出的新产品扩散曲线一致^[17]. 在小世界网络中, 随机选取 5% 的初始采用者时最终得到的电动汽车市场接受度为 36.7%. 接下来将分析各初始参数对电动汽车市场接受度的影响.

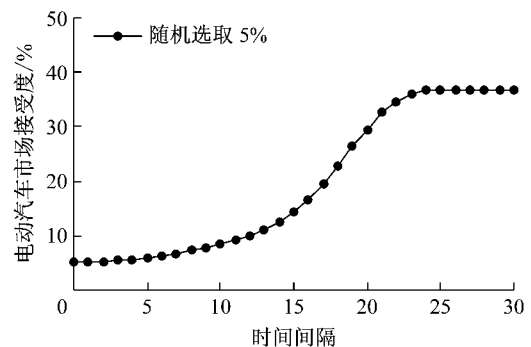


图 2 小世界网络仿真结果

Fig.2 Simulation result of small world network

(1) 初始采用者比例

为了分析初始采用者比例与电动汽车的市场接受度之间的关系, 取初始采用者比例为 1%~10%, 仿真结果如图 3 所示. 从图中可以看出, 电动汽车的最终接受度随初始采用者比例的增加而逐渐增大, 原因主要是初始采用者会通过社会网络影响其他的电动汽车潜在消费者, 使得更多的消费者选择购买

电动汽车. 从图 3 中还可以看出, 当电动汽车的初始采用者比例在 4% 以下时, 电动汽车的最终接受度随初始采用者比例增加而明显提高, 所以在目前电动汽车采用者比例很小的情况下, 政府和企业应致力于提高初始采用者的比例, 如提高电动汽车的性能和可靠性, 宣传电动汽车的环保效益等.

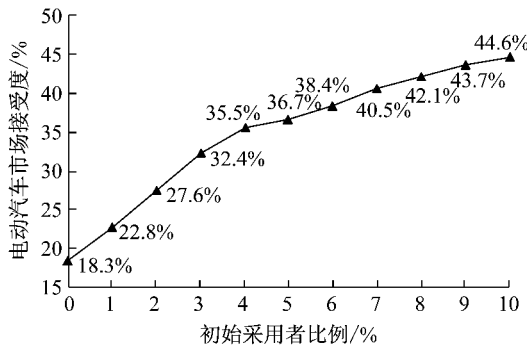


图 3 初始采用者比例与电动汽车市场接受度的关系

Fig. 3 Relationship between initial adopters ratio and EV market acceptance

(2) 初始采用者类型

随机选取 5% 和选择 5% 的节点度数高的意见领袖作为初始采用者时最终得到的电动汽车市场接受度分别为 36.7% 和 41.2%, 如图 4 所示. 这是因为意见领袖的社会联系更广泛, 能够深刻影响其社会网络中其他人对电动汽车的看法^[18-19]. 因此, 在电动汽车发展初期, 应当有效利用意见领袖的影响力, 可寻找各行各业的意见领袖作为电动汽车的初始采用者, 比如行业专家、媒体记者等有广泛影响力的群体或者有广泛社交圈的普通消费者, 以此来快速提高消费者对电动汽车的认知和接受度.

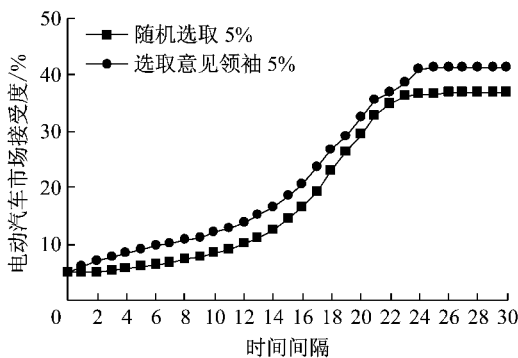


图 4 初始采用者的类型对电动汽车市场接受度的影响

Fig. 4 Influence of initial adopters' type on electric vehicle market acceptance

(3) 权重参数

权重参数 α, β, γ 的值体现的是消费者个体偏好、全局网络效应和局部网络效应在消费者决策过

程中的作用大小, 因此通过赋予 α, β, γ 以不同值, 可以比较个体偏好与社会网络效应对电动汽车市场接受度的作用. 本文以小世界网络模型为消费者个体网络结构, 取权重参数 α, β, γ 的不同组合值, 即 A1 (0.4, 0.3, 0.3)、A2 (0.6, 0.2, 0.2)、A3 (0.2, 0.2, 0.6)、A4 (0.2, 0.6, 0.2) 进行仿真实验, 结果如图 5 所示. 从图中可以看出, 当社会网络效应的权重参数 β 和 γ 之和为 0.8 (即 A3) 时, 即消费者在购车决策过程中更看重社会网络效应的影响时, 电动汽车的最终市场接受度较高, 且当消费者个体更注重局部网络效应的影响时, 电动汽车的市场接受度增长更快, 达到稳定状态所需的时间更短, 最终的电动汽车市场接受度也更高, 如表 2 所示. 这表明社会网络效应对电动汽车的市场接受度有重要的影响, 且口碑效应的影响作用更大. 传统的新产品扩散理论^[20]表明大众媒体仅仅在新产品推出的早期阶段影响消费者的认知, 而口碑效应才是影响消费者做出决策的主要因素, 本文的仿真结果也证实了这个观点.

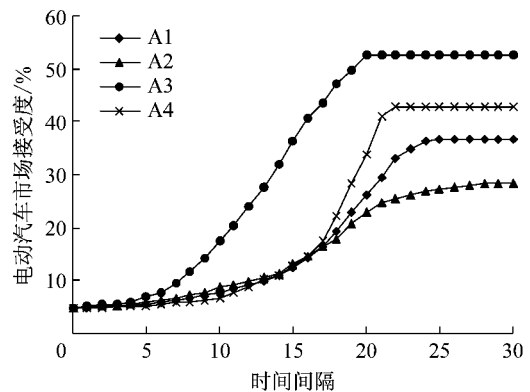


图 5 权重参数对电动汽车市场接受度的影响

Fig. 5 Influence of weight parameters on EV market acceptance

表 2 权重参数与电动汽车市场接受度的关系

Tab. 2 Relationship between the weight parameters and EV market acceptance

(α, β, γ)	(0.4, 0.3, 0.3)	(0.6, 0.2, 0.2)	(0.2, 0.2, 0.6)	(0.2, 0.6, 0.2)
电动汽车市场接受度/%	36.7	28.5	52.5	43
达到稳态时间周期	27	29	20	23

因此, 在电动汽车的推广初期, 应注重充分发挥人际网络的重要作用. 政府和企业推广电动汽车时, 应优先寻找特定的电动汽车目标群体社交群, 如汽车爱好者俱乐部、节能环保企业员工等群体, 并有针对性地制定相应政策和营销策略, 通过社交网络

内部的口碑传播提高电动汽车的接受度。

(4) 个体初始效用的差异

为研究个体初始效用评价的差异对最终电动汽车市场接受度的影响,本文分析不同初始效用方差下电动汽车接受度的变化情况,假设方差分别为0.1,0.5和1.0,仿真结果如图6所示。从图中可以看出,个体的初始效用方差越大,电动汽车的市场接受度增长越快,达到稳定状态所需的时间越短,原因是个体初始效用方差大说明在初始阶段有一部分人对电动汽车的初始评价价值较高,则他们更容易采纳电动汽车,并促使社交网络中其他人对电动汽车的采纳。但是个体初始效用的方差越大,最终的电动汽车市场接受度却越低,原因是越多的个体对电动汽车的初始评价价值较低,导致他们最终也很难接受电动汽车。基于此研究结果,电动汽车在初期推广时应选择群体异质性较大的城市或地区(如上海)开展试点推广,迅速打开电动汽车市场,建立口碑效应,之后可再进一步向其他城市或地区推广。

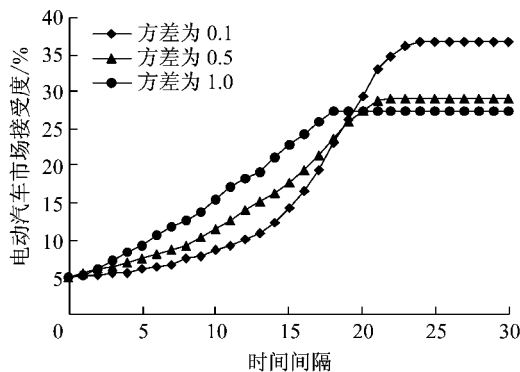


图6 初始效用差异对电动汽车市场接受度的影响
Fig.6 Effect of initial utility difference on EV market acceptance

(5) 购买意愿阈值

为分析购买意愿阈值的降低对电动汽车市场接受度的影响,本文将各消费者群体的购买意愿阈值分别降低0.05和0.10时,观察仿真结果的变化,结果如图7所示。从图中可以看出电动汽车的最终接受度随购买意愿阈值的降低而明显提高。基于此研究结果,政府和企业应致力于降低电动汽车的成本,加强和完善电动汽车充电基础设施的建设,以此来降低消费者对电动汽车的购买意愿阈值,从而提高消费者对电动汽车的接受度。

3 结论

电动汽车的市场扩散是一个长期而复杂的过

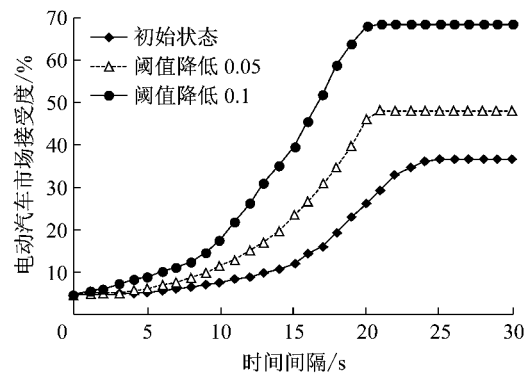


图7 购买意愿阈值对电动汽车市场接受度的影响
Fig.7 Influence of purchase intention threshold on EV market acceptance

程,研究消费者对电动汽车的接受度及其影响因素有利于为电动汽车的市场推广提供决策支持。本文基于复杂网络理论和消费者决策行为理论,从微观个体决策出发,构建了基于社会网络的电动汽车市场接受度预测模型,并进行了计算机仿真实验研究。本文通过对电动汽车市场接受度的仿真研究,得出了以下结论:

(1) 电动汽车的市场接受度取决于消费者个体初始偏好和社会网络效应的共同作用,在电动汽车的市场接受度方面,局部网络效应的影响大于全局网络效应。

(2) 电动汽车的最终接受度随初始采用者比例的增加而逐渐增大,并且在初始采用者比例较低(4%以下)时,电动汽车的接受度对初始采用者比例的敏感性较强。

(3) 当随机选取个体作为初始采用者时,电动汽车市场接受度要小于选取意见领袖作为初始采用者的。

(4) 消费者个体对电动汽车的初始偏好差异性越大,电动汽车的市场接受度增长越快,达到稳定状态所需的时间越短,但最终的电动汽车市场接受度却越低。

(5) 随着消费者购买意愿阈值的降低,电动汽车的市场接受度显著提高,且达到稳定状态所需的时间更短。

本研究在社会网络构建时,运用小世界网络模型来近似刻画现实的社会网络,与真实的社会网络不同,未来可以通过大范围的消费者调研获取社会网络结构参数,从而构建与现实社会相符的网络模型,更好地模拟消费者的社会网络环境。另外现实中的社会网络结构是会随时间变化的,本文构建的模型未考虑网络结构的动态演变对电动汽车接受度的

影响,未来在这方面可以有进一步的研究和突破.

参考文献:

- [1] 谢玮. 中国原油期货如何吸引国际投资者[J]. 中国经济周刊, 2015(4): 66.
XIE Wei. How do China's crude oil futures attract international investors[J]. China Economic Weekly, 2015(4): 66.
- [2] ROGERS E M, MEDINA U E, RIVERA MA, *et al.* Complex adaptive systems and the diffusion of innovations[J]. The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal, 2005, 10(3): 1.
- [3] AXSEN J, KURANI K S. Interpersonal influence in the early plug-in hybrid market: Observing social interactions with an exploratory multi-method approach [J]. Transportation Research Part D Transport & Environment, 2011, 16(2): 150.
- [4] TRAN M. Agent-behaviour and network influence on energy innovation diffusion[J]. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2012, 17(9): 3682.
- [5] KIERMER V. Six degrees of separation[J]. Nature Methods, 2006, 3(1): 1.
- [6] COX A, GRANBOIS D, SUMMERS J. Planning, search, certainty and satisfaction among durable buyers: a longitudinal study [J]. Advances in Consumer Research, 1983, 10(4): 394.
- [7] CHO Y, BLOMMESTEIN K V. Investigating the adoption of electric vehicles using agent-based model[C]//Management of the Technology Age. PICMET '15 Conference, Portland: [s. n.], 2015: 2338-2345.
- [8] 张晓军. 基于复杂网络的创新扩散随机阈值模型研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2009.
ZHANG Xiaojun. Research on stochastic threshold model in innovation diffusion: a complex network perspective [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2009.
- [9] MCFADDEN D. Economic choices [J]. American Economic Review, 2001, 91(3): 351.
- [10] VALENTE T W. Social networks, diffusion processes in [M]. New York: Springer 2009.
- [11] 娄思源. 基于社会网络的创新扩散仿真研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
LOU Siyuan. Simulation research on innovation diffusion based on social network [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012.
- [12] EPPSTEIN M J, GROVER D K, MARSHALL J S, *et al.* An agent-based model to study market penetration of plug-in hybrid electric vehicles [J]. Energy Policy, 2011, 39(6): 3789.
- [13] SLATER S, DOLMAN M. Strategies for the uptake of electric vehicles and associated infrastructure implications [R]. Cambridge: [s. n.], 2009.
- [14] 王宁, 晏润林, 刘亚斐. 电动汽车潜在消费者特征识别和市场接受度研究[J]. 中国软科学, 2015(10): 70.
WANG Ning, YAN Runlin, LIU Yafei. Identifying consumer characteristics and public acceptance of electric vehicles in China [J]. China Soft Science, 2015(10): 70.
- [15] DELRE S A, JAGER W, BIJMOLT T H A, *et al.* Will it spread or not? the effects of social influences and network topology on innovation diffusion [J]. Journal of Product Innovation Management, 2010, 27(2): 267.
- [16] BOHLMANN J D, CALANTONE R J, ZHAO M. The Effects of market network heterogeneity on innovation diffusion: an agent-based modeling approach [J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2010, 27(5): 741.
- [17] Rogers E M. Diffusion of innovations [J]. Isis, 1963, 54(2): 62.
- [18] GOLDENBERG J, LIBAI B, MULLER E. The chilling effects of network externalities: Perspectives and conclusions [J]. International Journal of Research in Marketing, 2010, 27(1): 22.
- [19] RAHIM S A. Diffusion model in development: mass media and personal influence [J]. Jurnal Komunikasi Malaysian Journal of Communication, 1985(1): 56.
- [20] Lehmann K. Innovation diffusion theory [M]. Munich: GRIN, 2004.