

文章编号: 0258-2724(2010)04-0627-08 DOI: 10.3969/j.issn.0258-2724.2010.04.025

基于 Multi-agent 协商的 出行信息个性化服务策略

安实¹, 崔娜², 于航²

(1. 哈尔滨工业大学交通科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 哈尔滨工业大学经济与管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 为了满足个体出行者的信息服务需求、均衡分配路网系统交通量,采用效用理论和 multi-agent 建模技术,将驾驶员、信息发布单元以及路网管理者分别作为不同的 Agent 建立模型,提出了基于 multi-agent 协商的个性化信息服务策略,期望通过 Agent 之间的协商实现个体出行者与路网管理者之间的利益均衡.应用 Starlogo 仿真技术,针对 5 种路网饱和度和 6 种服务供应-接受比例组合成的 30 种服务供给模式,分析了该信息服务策略对出行个体和整体路网的影响.仿真结果表明:协商服务最佳适用路况的流量饱和度为 0.95,最佳的服务供应比例为 60%.

关键词: 个性化信息服务;路径选择; multi-agent 协商; Starlogo 仿真

中图分类号: U491 **文献标识码:** A

Personalized Service Strategy of Travel Information Based on Multi-agent Negotiation

AN Shi¹, CUI Na², YU Hang²

(1. School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;
2. School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: In order to satisfy the travel information service demand of individual users and solve the road network equilibrium assignment problem, a personalized information service strategy based on multi-agent negotiation was proposed using utility theory and multi-agent modeling technology. In this model, individual users, information issue units, and the traffic system manager are treated as different agents, and the benefit equilibrium between the individual users and the traffic system manager is attempted to be realized through negotiation among the agents. Then, the influences of the information service strategy on the individual users' travel time and the whole network performance were analyzed through Starlogo simulation under 30 negotiation service modes, designed with 5 road network saturations and 6 service acceptance ratios. The simulation results showed that the optimal flow saturation of road network for negotiation service was 0.95, and the optimal service ratio was 60%.

Key words: personalized travel information service; route choice; multi-agent negotiation; Starlogo simulation

近年来,出行者信息服务领域内的实践越来越多地集中在通过交通信息发布平台(如交通广播、手机、可变信息板等)实时向出行者提供路况信

息、出行者根据这些信息确定出行方式和路径.当出行者查询信息时,这种服务方式能够将出行信息准确地传达给出行者,但仍存在两个问题:

收稿日期: 2010-01-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70673016,70903018)

作者简介: 安实(1968-),男,教授,博士,博士生导师,研究方向为智能交通、系统仿真, E-mail: Anshi@hit.edu.cn

(1) 这种面向大众的信息传达无法满足不同出行者的信息需求差异,包含更多细节的个性化信息服务成为发展趋势;

(2) 在大量交通信息出现时,出行者能够凭借有限理性思维,分析和应对这些信息,做出正确选择,但无法纵观全局,容易产生过激反应、集聚反应等^[1-3],造成阻塞在可选路径之间“摇摆”的现象。

因此,在可用信息的基础上,满足出行者的个性化需求、实现路网的高效运行是 ATIS(advanced traffic information system)信息服务领域的重要理论和实践问题。

个性化信息服务可以满足不同出行者对各种交通信息不同关心程度和选择出行路径时对指标的不同评价标准。文献[3]阐述了商业车辆和私人车辆驾驶员各自的出行信息需求,并对个性化信息服务分类。目前的研究重点集中在两方面:

(1) 对个性化信息服务系统框架的构建和网络结构设计;

(2) 以满足用户需求为目的,探索个性化服务策略^[4-7]。

文献[4]结合这两方面,针对 GIS 环境中个性化服务路径评价标准不全面的问题,建立了基于本体(ontology)的个性化路径规划系统,利用层次分析法,提出了多目标决策方法,以满足用户需求,并达到预测需求的目的。文献[5]开发了面向 multi-agent 的多用户个性化信息系统,为个体用户提供特定的定制信息服务。由此可知,个性化信息服务系统的构建及网络设计为信息服务的实施奠定了良好的基础,以用户为中心的服务模式充分显示了人性化特点。但多数研究都以满足用户需求为出发点,没有兼顾路网总体运行状况。在完善用户辅助决策功能时,还必须兼顾路网的流量均衡,这也是路网管理者和个体出行者之间常出现的利益冲突。

本文以个性化信息服务策略为研究重点,兼顾个体出行者与路网管理者之间的利益,从分布式人工智能角度,利用 Agent 的智能性、学习性和自治性特点,以及 multi-agent 之间协商、协作交互方式^[8-9],研究基于 multi-agent 协商的个性化信息服务策略,实现个体出行者与路网管理者之间的需求均衡。在此基础上,针对出行信息服务对交通状况的影响与接受信息服务的用户数量之间的非线性关系^[10-11],用麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)开发的 multi-agent 仿真软件 Starlogo 进行了仿真分析。对不同的路网饱和度和

不同的服务“供应-接受”比例,研究协商服务对驾驶员个人出行和路网整体的影响,寻求协商服务能够发挥最大作用的路网状况,以及出行者接收信息并接受服务的比例,使驾驶员出行效率最高、路网整体表现最好。

1 服务主体 Agents 模型

文献[5,12]总结了信息 Agent 的主要功能,包括信息获取与管理、信息综合与呈现和用户智能辅助,3个功能缺一不可。在多用户信息服务以及离散信息源背景下,为了实现信息服务系统的整体运作,各 Agent 之间的信息交互必需在 multi-agent 系统的框架下进行。构建了3种不同类型的 Agents: 路网系统管理者智能体 Agent-TMS (traffic management system)、信息服务提供者智能体 Agent-ISP(information service provider)和代表驾驶员出行意愿的车辆智能体 Agent-IRCS (intelligent route choice system), Agents 之间的反馈机制如图1所示。

为了实现不同利益主体之间的均衡,个性化服务的关键在于 Agents 之间的协商过程。协商的前提是协商主体对各自利益的权衡以及协商筹码的选取。将路网中的每一出行车辆都看作一例 Agent-IRCS,并假设 Agent-IRCS 能够准确地理解驾驶员的出行意愿,以此帮助 Agent-IRCS 进行协商前的权衡选择。

设可行路径的第 g 个评价指标(例如:出行时间、出行距离、交叉口数量等) $f_g (g = 1, 2, \dots)$ 对驾驶员的效用值为 d_g , $d_g \in (0, 1)$, $d_g = F(f_g)$, d_g 的计算方法见文献[13-14]。当 d_g 是 f_g 的减函数,即具有负效应(出行时间越少,效用值越大)时,

$$d_g = 1 - \exp\left(-\exp\frac{f_g - f_{g1}}{f_{g0} - f_{g1}}\right), \quad (1)$$

式中: f_g 为可行路径某评价指标的检测值或估计值; f_{g0} 为相应指标的容忍极限值; f_{g1} 为相应指标的理想值。

当 d_g 是 f_g 的增函数,即具有正效应(路段平均速度 \bar{v} 与自由流速度 v_f 的比值越大,效用值越大)时,

$$d_g = \exp\left(-\exp\frac{f_g - f_{g1}}{f_{g0} - f_{g1}}\right). \quad (2)$$

与文献[15]计算评价指标效用值的方法相比,上述函数不要求标定点的参数值与评价价值必须是线性关系,对于渐近曲线部分也能给出相应的评价值。

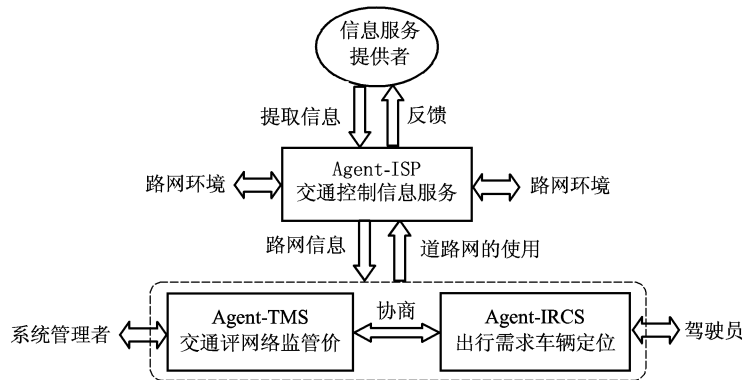


图 1 Agents 之间的反馈机制
Fig. 1 Feedback mechanism among agents

路径的效用值为:

$$U_{i,r} = \sum_g w_{gi} d_{gij}, \quad (3)$$

$$\sum_g w_{gi} = 1, \quad (4)$$

式中: $U_{i,r}$ 为第 i 个 Agent-IRCS 对第 r 条路径的效用评价, 在 $0 \sim 1$ 之间的取值; w_{gi} 为第 i 个 Agent-IRCS 的第 g 个目标的权重; d_{gr} 为第 i 个 Agent-IRCS 第 r 条路径第 g 个目标的效用值. 式(1)~(4)表示了不同出行者对于各种交通信息的关注程度和对于不同评价指标的倾向性.

与 Agent-IRCS 相同, Agent-TMS 作为协商主体, 也拥有一套独立的决策目标及相应权重, 用与式(1)~(4)类似的效用模型计算可选路径的效用值, 该效用值代表路网系统管理者的利益. 一个 Agent-TMS 可以同时面向多个 Agent-IRCS. Agent-ISP 负责发布交通信息, 包括路段(含下游交叉口)行程时间、路段长度、交叉口数量等影响驾驶员路径选择的因素. Agent-TMS 和 Agent-IRCS 从 Agent-ISP 得到路网信息, 并作为输入计算出行路径效用值.

2 基本原理

路网管理者的目标是通过诱导车辆实现路网流量均衡, 但个性化信息服务需要最大程度地尊重个体的出行意愿. 因此, 本文以满足驾驶员出行需求为主要协商目标, 同时兼顾路网整体效益.

在 multi-agent 协商过程中有两个重要参数:

- (1) 路径优选阈值 ε ;
- (2) 权重变更阈值 ψ .

用 ε 确定一系列路径, Agent 将效用值最大的 ε 条路径看作是相同的, 并作为协商的路径集合. 不论各可行路径的效用值相近还是相差较大, 路径

优选指数可直接给出优选路径个数. 文献[15]也给出相似观点, 但得到的路径集合常会出现元素过少(效用值偏差较大)或过多(效用值较为接近)的情况, 为进一步协商带来不便或导致协商失败, 因此, 本文用 ε 确定优选路径集合. 权重变更阈值给出 Agent 调整权重的允许范围. Agent-TMS 和 Agent-IRCS 有各自的路径优选指数和权重变更阈值, 不同的是, 前者从路网系统最优角度通过路径优选指数给出的优选路径集合, 不一定是用户最满意的路径. 图 2 给出 Agents 之间的基本协商流程.

(1) 第 1 次协商

步骤 1 这个过程从 Agent-IRCS 计划出行开始, 给出一系列目标、权重以及相关阈值, Agent-TMS 和 Agent-IRCS 可以通过确定的效用模型评价路网, 生成一系列非主导路径. 然后, Agent-TMS 与 Agent-IRCS 联系, 并提交首选路径(包括评价目标、权重、相关阈值, 以及由路径优选指数和权重变更阈值确定的协商空间).

步骤 2 Agent-IRCS 评价 Agent-TMS 提交的数据, 并确定是否接受提议. Agent-IRCS 比较自己计算出的路径集合与 Agent-TMS 提交的路径集合. 如果存在交集, Agent-IRCS 接受 Agent-TMS 提交的路径.

(2) 第 2 次协商

步骤 3 如果 Agent-IRCS 的路径集合与 Agent-TMS 提交的路径集合的交集为空, 那么 Agent-TMS 搜索自身的权重空间, 并用新目标权重重新生成可选路径方案.

步骤 4 在 Agent-TMS 重新提交一系列出行路径后, Agent-IRCS 比较二者的路径集合是否存在交集. 如果存在交集, Agent-IRCS 接受 Agent-TMS 提交的路径.

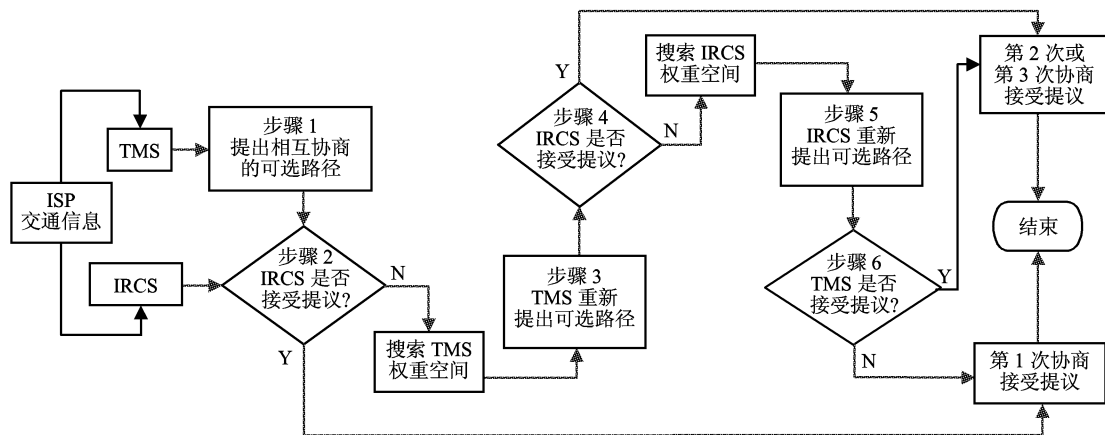


图2 Agents 协商流程

Fig. 2 Flow chart of negotiation among agents

(3) 第3次协商

步骤5 如果此时协商失败,那么 Agent-IRCS 搜索自己的权重空间,重新生成一系列路径方案,并向 Agent-TMS 提交方案。

步骤6 Agent-TMS 评价 Agent-IRCS 提供的路径集合,如果该路径集合与其选项集合存在交集,那么二者达成一致;如果不满足, Agent-IRCS 放弃自己最初的选择,接受 Agent-TMS 最初给出的最优路径。

在 Agents 协商过程中, Agent-TMS 和 Agent-IRCS 都可能需要搜索自身的权重空间,二者搜索形式相似,以 Agent-TMS 为例给出搜索步骤:

① 计算新权重. 在 Agent-TMS 各目标的权重变更阈值范围内,调整相应的权重值,新权重值 $w'_{g,s}$ 需满足

$$|w'_{g,s} - w_{g,s}| \leq \psi_{g,s}, \quad (5)$$

$$\sum_g w'_{g,s} = 100, \quad (6)$$

式中:下标 s 表示系统。

② 确定可行解. 由式(5)和(6)得到一组满足条件的 $w'_{g,s}$. 用 $w'_{g,s}$ 重新计算 Agent-TMS 原始路径集合中路径的效用值,并用 Agent-TMS 的路径优选指数 ε_s 确定所有新的协商路径集合 $R_{\varepsilon_s, r', s}$, 作为备用可行解。

③ 选择最优解. 设 Agent-TMS 新的路径集合为 $R_{\varepsilon_s, r', s}$, 其与 Agent-IRCS 最初提交的路径集合 $R_{\varepsilon_i, r, i}$ 的交集为 $R_{r', r, s, i}$. 令 $R_{r', r, s, i} = \{r'_1, r'_2, \dots, r'_k\}$, k 为 $R_{r', r, s, i}$ 中路径数. 若 $R_{r', r, s, i}$ 非空,运算终止;否则,转入①,直到求得满意解。

搜索 Agent-IRCS 的权重空间与上述过程类似. 不同的是,与 Agent-IRCS 新的路径集合产生交

集的是 Agent-TMS 在二次协商后提交的路径集合 $R_{\varepsilon_s, r', s}$, 而不是初次协商中提交的路径集合 $R_{\varepsilon_s, r, s}$ 。

3 仿真实验

3.1 仿真路网

本文选取实际路网中的某区域作为仿真对象. 路网由6个节点和8个路段组成,经过近似和简化处理,只保留对车辆运行影响显著的路网元素,得到的仿真路网如图3所示,节点1和2为起点,节点5和6为终点,实际路网的路段属性见表1。

3.2 仿真实验设计

采用 MIT 开发的 multi-agent 仿真软件 Starlogo,对基于 multi-agent 协商的个性化信息服务策略进行仿真分析. 采取5个仿真方案,每个方案代表一种道路状况,路网饱和度分别为0.40、0.67、0.95、1.00和1.05,重点考虑交通量接近通行能力的情况. 测试协商服务在不同交通条件(尤其是拥挤条件)下对个体出行者出行行为的影响,以及在提高路网整体性能方面的效果。

驾驶员个人属性不同,导致驾驶员的信息接受度(即服从度)存在很大差异. 为了表征这种差异,综合考虑了为其提供信息服务的驾驶员比例和接受信息的驾驶员比例. 在每个方案中,针对6种不同的信息服务供应-接受比例(10%、20%、40%、60%、80%和90%)进行仿真. 定义收到出行信息并接受协商服务的驾驶员为服从型驾驶员(对应 special turtles);没有接受协商服务或没有收到服务信息的驾驶员为自主型驾驶员(对应 common turtles). 仿真中将 Starlogo 中的车辆划分为 special turtles 与 common turtles 两种。

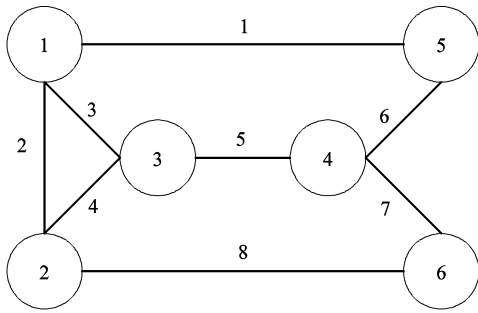


图 3 仿真路网
Fig. 3 Simulation network

表 1 实际路路段属性
Tab. 1 Characteristics of the real road sections

路段	车道数	自由流出行时间/min	最大服务率/(veh · h ⁻¹)
1	2	10.0	1 800
2	2	3.0	1 600
3	2	2.0	1 500
4	2	1.5	1 600
5	2	5.0	2 000
6	1	2.0	1 400
7	1	2.5	1 600
8	2	8.0	2 000

当创建一个 special 类型的 Agent-IRCS 时,随机分配给 Agent-IRCS 一系列目标权重和阈值.参考文献[15]中评价指标的选取以及目标权重 f_{g0} 和 f_{g1} 的设置,给出 Agent-IRCS 与 Agent-TMS 各评价指标的初始权重,将权重归一化,见表 2. f_{g0} 和 f_{g1} 的参考值见表 3.

表 2 Agent-IRCS 与 Agent-TMS 初始权重
Tab. 2 Initial weights of Agent-IRCS and Agent-TMS

评价指标	Agent-IRCS 权重	Agent-TMS 权重
出行时间	0.40 ± 0.10	0
出行距离	0.15 ± 0.05	0
交叉口数量	0.10 ± 0.05	0
路段 V/C 比	0.15 ± 0.10	0.55 ± 0.10
路段 \bar{v}/v_F	0.20 ± 0.10	0.45 ± 0.05

仿真过程包括 3 个基本步骤:

(1) 进行“常规”出行仿真,将所有车辆均看作 common turtles,随机为各车辆分配出行路径,设置并记录目标车辆(取 10 辆)路径,进行 15 次实验,求出各路段平均出行时间,给出路段出行时间的判断依据.然后,进行自由流状态的出行仿真,测量目标车辆在自由流出行时的出行速度.根据仿真路段的设计,给出各路段的长度以及容量,仿真参

数见表 4.

表 3 Agent-IRCS 与 Agent-TMS 路径效用计算中 f_{g0} 和 f_{g1} 的参考值

Tab. 3 Reference values of f_{g0} and f_{g1} for route utility calculation of agent-IRCS and Agent-TMS

评价指标	Agent-IRCS		Agent-TMS	
	f_{g0}	f_{g1}	f_{g0}	f_{g1}
出行时间	2 倍 OD 之间最短出行时间	OD 之间最短出行时间	0	0
出行距离	2 倍 OD 之间最短距离	OD 之间最短距离	0	0
交叉口数量	4.00	0.00	0.00	0
路段 V/C 比	0.90	0.00	0.75	0.01
路段 \bar{v}/v_F	0.50	1.50	0.50	1.25

表 4 仿真路路段属性

Tab. 4 Characteristics of the simulated road network

路段	1	2	3	4	5	6	7	8
长度/单元格	47	33	14	14	15	14	14	47
自由流出行时间/s'	16	11	5	5	5	5	5	16
常规出行时间/s'	25	14	7	8	13	7	7	27
最大容量/turtle	110	82	30	30	35	30	30	110

注: s' 为软件系统时间单位;单元格为软件系统长度单位;turtle 为软件系统车辆单位.

(2) 在此基础上,用式(1)~(4)计算 special turtles 的各可行路径效用值.其中出行距离和交叉口数量按照路径组成形式确定.以节点 1 到节点 6 的路径①→③→④→⑥为例,由仿真界面(图 4)得到对应路段的出行距离为 14 + 15 + 14 = 43(单元格),交叉口数为 2.在仿真过程中,为各路段设立容量检测器(monitor-r1 ~ monitor-r8)和平均车辆检测器(aver-sp-r1 ~ aver-sp-r8)(见图 4),记录单位时间内各路段的车辆数和平均车速,为 V/C 和 \bar{v}/v_F 的原始输入提供依据.由于软件运行速度较快,各路段出行时间变动较小,因此,在效用计算中,将各路段常规出行时间作为出行时间参数的输入效用值.根据仿真路网规模,设定当可行路径数量为 1 时,取 $\varepsilon_i = \varepsilon_s = 1$;其余情况取 $\varepsilon_i = \varepsilon_s = 2$.对于 common turtles,系统将为其随机分配 OD 之间的可行路径.在 Starlogo 软件的 Control Center 界面完成出行路径效用计算过程和 Agents 之间的协商过程.

(3) 应用协商结果进行出行仿真,在 Starlogo 中,turtles 沿着出行路径中的一系列中间点移动.对于路网内所有已经在路段中运行的 turtles,根据

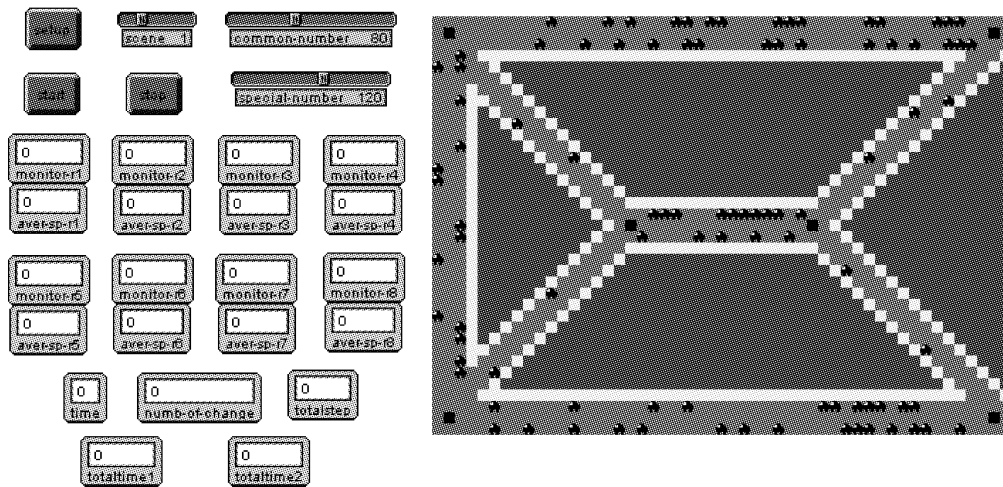


图4 仿真界面

Fig. 4 Simulation interface

其运行速度计算下一时刻的位置,允许根据前方 turtles 的情况加、减速度. turtles 也可根据既定路线中下个节点的位置,决定是否需要转弯,若行驶路线的下个节点为出行终点,则完成出行.

3.3 仿真结果分析

根据仿真路网设置,界面容量为200辆车,采用连续加载方式.在仿真过程中,记录两类 turtles 的出行时间 (totaltime1, totaltime2)、出行距离 (totalstep)、转换到协商路径的 special turtles 数量 (numb-of-change),以及仿真持续时间 (time),如图4所示.在30种不同的协商服务供给模式(由5种路网饱和度和6种服务供应-接受比例组成)下,取每种模式20次实验的平均值,仿真结果如图5和图6所示.

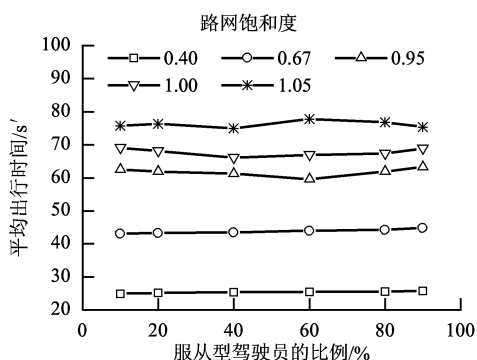


图5 服从型驾驶员的平均出行时间

Fig. 5 Average travel time of compliance drivers

由图5可知,增加服从型出行者的比例对于减少该类驾驶员的出行时间并不一定有利.例如,饱和度为0.67时,服从型驾驶员的平均出行时间由24.8 s'(路网饱和度为10%)增加到25.72 s'(路

网饱和度为90%).当保持服从型驾驶员比例不变、增大路网饱和度时,该类驾驶员的出行时间也增加.由图6可知,协商服务在减少服从型驾驶员的出行时间时,在某种程度上也可以减少自主型驾驶员的出行时间,如饱和度为0.95时,自主型驾驶员的平均出行时间由65.64 s'(服从型驾驶员的比例10%)降低到62.07 s'(服从型驾驶员的比例60%).比较图5和图6可见,在大部分情况下服从型驾驶员的出行时间比自主型驾驶员的出行时间要少,这也说明了基于 multi-agent 协商的个性化信息服务在提高驾驶员出行满意度方面的优越性.

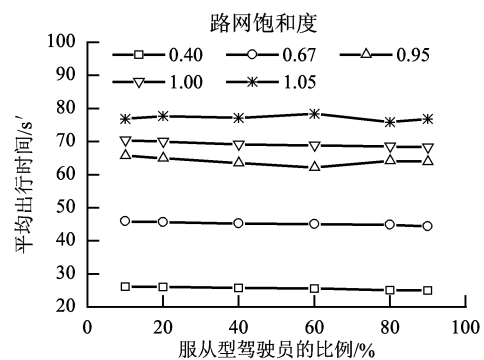


图6 自主型驾驶员的平均出行时间

Fig. 6 Average travel time of autonomous drivers

由图7可见,当交通量达到路网容量的95%(饱和度 $V/C = 0.95$)时,服从型驾驶员节省的时间最多,信息服务的作用最大;当 V/C 为1.00或1.05时,服从型驾驶员节省时间的比例急剧下降;当 V/C 为0.40或0.67时,信息服务的作用较小,原因是此时路况良好,驾驶员凭经验即可满足出行需求.随着服从型驾驶员比例的增加,出行时间节省比例总体趋于下降.例如,当饱和度为1.00时,

服从型驾驶员比例从 60% 增加到 90% 时,其节省时间的比例降低了 41.5%,原因是此时接受出行信息和协商服务的车辆过多,造成该类出行者在选择路径时不确定因素增加,降低了出行效率.对于自主型驾驶员来说(图 8),随着服从型驾驶员比例的增加,可利用的机会相应增多,节省出行时间的比例反而上升.例如,同样处于饱和度为 1.00 的路网中,自主型驾驶员节省时间的比例增加了 22%.当饱和度达到 1.05 时,两类驾驶员节省时间的比例都出现较大波动,甚至无规律可寻,这主要是由于路网状况不稳定、不确定因素过多造成的.因此,在路网过饱和状态下,个性化信息服务发挥的作用也是有限的.

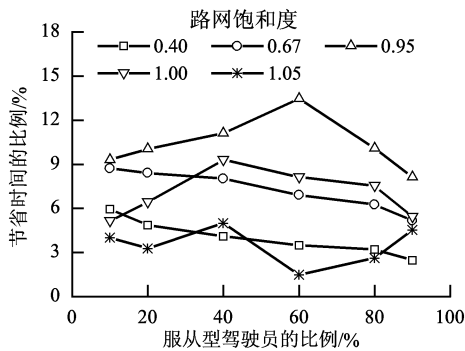


图 7 服从型驾驶员节省时间的比例
Fig. 7 Percentage of time saved by compliance drivers

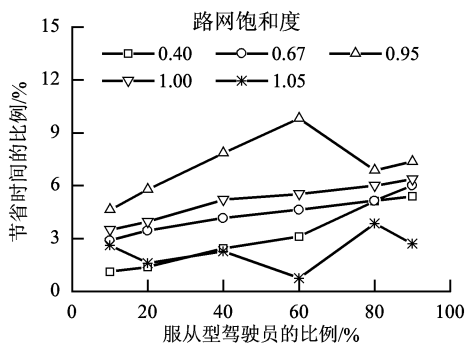


图 8 自主型驾驶员节省时间的比例
Fig. 8 Percentage of time saved by autonomous drivers

在不同服从型驾驶员比例下,图 9 给出路网中所有车辆出行时间的节省比例.与常规出行相比,基于 multi-agent 协商的个性化服务可以在较大程度上减少路网中驾驶员的平均出行时间,提高路网整体效率.综合比较各饱和度情况下车辆出行时间的节省比例可知,当路网饱和度为 95% 时,协商服务对路网状况的改善效果最好(各类驾驶员节省时间比例为 4% ~ 12%);在饱和度过大或过小时,协商服务发挥的作用不是很大(各类驾驶员节省

时间比例为 2% ~ 5%).一般来说,当服从型驾驶员的比例为 60% 时,各饱和度情况下能够节省的出行时间最多,此时交通流分布最合理,路网整体效率最高,选择协商路径的驾驶员比例增大(图 10).

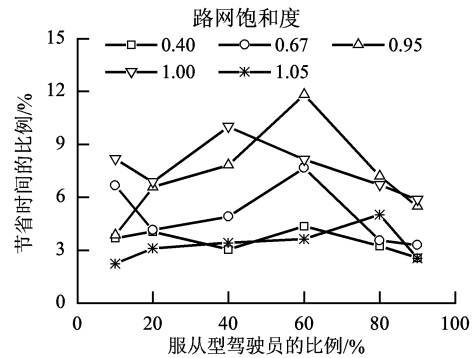


图 9 路网中所有车辆节省时间的比例
Fig. 9 Percentage of time saved by all drivers

图 10 横坐标为服从型驾驶员占全部驾驶员的比例 (V_0/V),纵坐标为接受第 2 次和第 3 次协商路径的服从型驾驶员占全部服从型驾驶员的比例 (V'_0/V_0).可以看出,随着路网饱和度的增加,转换到协商路径的驾驶员比例随之增加.当饱和度为 0.4 时,转换率为 23% ~ 25%;当饱和度为 1.05 时,转换率达到 30% 左右.这与实际状况相符,即在路网服务水平较高时,各评价参数值较为确定,驾驶员选择的最优路径与系统提供的最优路径能够高度匹配,迅速达成一致;当路网状态达到饱和或过饱和时,不确定性因素增加,二者评价的最优路径不易统一,需要经过多次协商确定驾驶员的最优出行路径.

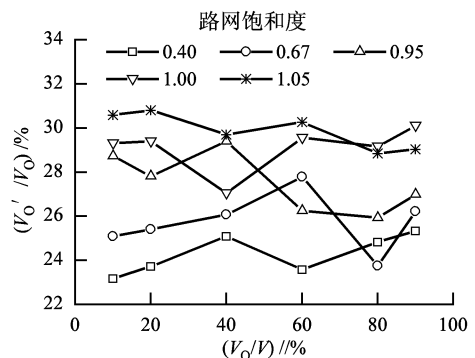


图 10 采取协商路径的服从型驾驶员的比例
Fig. 10 Percentage of compliance drivers taking the negotiated routes

4 结 论

个性化信息服务为驾驶员实时提供信息,对该

服务策略的研究有助于 ATIS 及相关管理策略的实施. 以往的研究通常以用户需求为主, 忽略了路网整体运行状况的有效反馈, 为了在当前可用信息的基础上, 满足出行者个性化需求, 同时提高路网运行效率, 实现个体与路网整体利益之间的均衡, 本文引入 multi-agent 技术, 从分布式人工智能角度, 研究基于 multi-agent 协商的个性化信息服务策略. 该服务策略兼顾了出行者个体和路网系统二者的利益, 是一种折衷取优服务模式.

针对信息服务策略中, 信息供给模式对路网整体状况的影响, 借助 MIT 开发的 multi-agent 仿真软件 Starlogo, 在 30 种不同路况及服务供应条件下, 仿真分析了协商服务策略对驾驶员个体出行和路网整体的影响. 通过比较各种仿真情况下服从型和自主型驾驶员的平均出行时间、出行时间的节省比例、所有出行者的出行时间节省比例等仿真结果, 验证了该服务策略的有效性, 并给出了该服务策略最佳的路网适用条件和最佳的服务供应比例, 为 ATIS 信息服务的实际应用提供了参考.

致谢: 本文工作得到哈尔滨工业大学优秀青年教师培养计划项目 (HITQJNS, 2009, 037) 的资助.

参考文献:

- [1] 安实, 李静, 崔娜. ATIS 环境下通勤者逐日出行路径更换行为仿真[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2009, 39(3): 587-592.
AN Shi, LI Jing, Cui Na. Simulation of commuter day-to-day dynamic route switching behavior under ATIS information[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2009, 39(3): 587-592.
- [2] 杨敏, 王伟, 陈学武, 等. 工作者通勤出行活动模式的选择行为[J]. 西南交通大学学报, 2009, 44(2): 274-279.
YANG Min, WANG Wei, CHEN Xuewu, et al. Activity pattern choice of work commuting trip by workers[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2009, 44(2): 274-279.
- [3] 安实, 丁正飞, 王健. 基于 Agent 的个性化信息服务研究与实现[J]. 交通与计算机, 2006, 24(1): 43-46.
AN Shi, DING Zhengfei, WANG Jian. Personal information service based on agent[J]. Computer and Communications, 2006, 24(1): 43-46.
- [4] NIARAKI A S, KIM K. Ontology based personalized route planning system using a multi-criteria decision making approach[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(2): 2250-2259.
- [5] CHRISTELLE P R, EMMANUELLE G S. MAPIS, a multi-agent system for information personalization[J]. Information and Software Technology, 2006, 48(2): 107-120
- [6] 陈云. 个性化交通信息服务系统的初步研究与实现[D]. 西安: 长安大学, 2002.
- [7] 杨旭. 交通信息服务模式研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
- [8] ADLER J L, BLUE V J. A cooperative multi-agent transportation management and route guidance system[J]. Transportation Research Part C, 2002, 10(5-6): 433-454.
- [9] 孙晋文, 李明树, 鄂卓茂. 基于 Agent 的智能交通体系及仿真[J]. 计算机仿真, 2002, 19(3): 46-49.
SUN Jinwen, LI Mingshu, E Zhoumao. The agent-based architecture and simulation of intelligent traffic[J]. Computer Simulation, 2002, 19(3): 46-49.
- [10] LEVINSON D. The value of advanced traveler information systems for route choice[J]. Transportation Research Part C, 2003, 11(1): 75-87.
- [11] DIA H. An agent-based approach to modeling driver route choice behavior under the influence of real-time information[J]. Transportation Research Part C, 2002, 10(5-6): 331-349.
- [12] KLUSCH M. Information agent technology for the Internet: a survey [J]. Data and Knowledge Engineering, 2001, 36(3): 337-372.
- [13] 钱颂迪. 运筹学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 444-455.
- [14] 王英涛, 李春澜, 傅彦. 基于效用理论的出行前最优路径算法研究[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2003, 27(5): 705-707.
WANG Yingtao, LI Chunlan, FU Yan. A study of generalized shortest path arithmetic before trip based on utility theory [J]. Journal of Wuhan University of Technology: Transportation Science & Engineering, 2003, 27(5): 705-707.
- [15] ADLER J L, SATAPATHY G, MANIKONDA V, et al. A multi-agent approach to cooperative traffic management and route guidance [J]. Transportation Research Part B, 2003, 39(4): 297-318.