

# 自适应遗传算法的 Multi-Agent 交通信号优化控制

曹洁<sup>1,2</sup>, 张玲<sup>1</sup>

CAO Jie<sup>1,2</sup>, ZHANG Ling<sup>1</sup>

1. 兰州理工大学 电气工程与信息工程学院, 兰州 730050

2. 甘肃省制造业信息化工程研究中心, 兰州 730050

1. College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

2. Gansu Manufacturing Information Engineering Research Center, Lanzhou 730050, China

CAO Jie, ZHANG Ling. Multi-Agent traffic signal control based on adaptive genetic algorithm. *Computer Engineering and Applications*, 2016, 52(13): 265-270.

**Abstract:** The control model of multi-agent distributed road traffic signal is presented based on the analyses of the regional traffic signal control and the characteristics of multi-agent technology. Firstly, in order to conquer the shortcomings of traditional genetic algorithm premature convergence, this paper brings the adaptive genetic algorithm into the intersection subarea agent, which improves the global optimization ability; secondly, according to the change of traffic flow, using the subarea agent substituting traditional intersection agent can optimize green ratio  $\lambda$ , thus shortening the average delay time  $D$  of intersection. The experimental results show that subarea agent instead of intersection agent, the control effect is similar, and hardware resources are saved. In the subarea agent, the signal control under the adaptive genetic algorithm is introduced which can quickly find the best timing plan, and make the average delay time shortest. Finally, the simulation experiment shows that the combination of adaptive genetic algorithm and intersection subarea agent has better performance in intersection signal control, and proves the feasibility of subarea agent substituting intersection agent.

**Key words:** multi-agent; adaptive genetic algorithm; intersection subarea agent; average delay time

**摘要:** 在区域交通多智能体信号控制系统中, 由于传统遗传算法早熟收敛, 全局搜索能力不强, 无法快速找到最佳配时方案, 同时没有考虑相邻交叉口的关联性, 针对这种情况, 提出交叉口子区 Agent 代替传统的交叉口 Agent, 在交叉口子区 Agent 中引入自适应遗传算法, 算法根据交通流量的变化对绿信比  $\lambda$  进行优化, 使交叉口平均延误时间  $D$  最短。实验结果表明交叉口子区 Agent 代替交叉口 Agent 后, 控制效果相似, 节省了硬件资源, 在交叉口子区 Agent 中引入自适应遗传算法下的信号控制能迅速找到最佳配时方案, 使平均延误时间最短。仿真实验表明, 将基于自适应遗传算法的交叉口区域控制应用到交叉口信号控制中有更好的性能, 证明了用交叉口区域智能体替代交叉口智能体的可行性。

**关键词:** 多智能体; 自适应遗传算法; 交叉口子区 Agent; 平均延误时间

**文献标志码:** A **中图分类号:** TP273+.1 **doi:** 10.3778/j.issn.1002-8331.1408-0073

## 1 引言

由于城市化进程不断加快, 交通量急剧增加, 城市交通堵塞日渐严重, 交通恶化不仅降低了人们的日常工作效率和生活质量, 同时也影响城市的正常运转。交通路网由大量道路及交叉口组成, 信号灯控制是解决路网

中不同方向交通流冲突的主要手段之一, 多路口交通网络在交叉口之间的交通流是相互影响的, 因此仅考虑单路口的通行问题, 无法使整个道路网络达到最佳的通行状态<sup>[1-2]</sup>。交通系统是一个典型的分布式系统, 具有较强的非线性、模糊性和不确定性, 同时又有多个信息源、多传

**基金项目:** 国家科技支撑计划项目 (No.2012BAF12B19)。

**作者简介:** 曹洁 (1966—), 女, 教授, 研究领域为智能交通, 信息融合理论与应用; 张玲 (1989—), 女, 硕士生, 研究领域为区域交通信号控制, E-mail: 523516165@qq.com。

**收稿日期:** 2014-08-20 **修回日期:** 2014-11-13 **文章编号:** 1002-8331(2016)13-0265-06

**CNKI 网络优先出版:** 2015-04-01, <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20150401.1636.007.html>

传感器的特点<sup>[3-4]</sup>。传统的理论与方法很难对其进行控制,因此,先进的控制理论和方法,特别是各种 Agent 技术逐渐成为人工智能领域的研究热点<sup>[5-6]</sup>。国内外学者就此开展了大量的研究,Burmeister 提出了多智能体在交通运输中应用的思路<sup>[7]</sup>,Roosmond 提出了智能体、神经网络和分布式人工智能体在城市交通控制应用中的前景和价值,Gold-man 提出了基于多智能体的增量互补学习的交叉口控制器。承向军等提出了一种基于 Multi-Agent 技术的城市交通控制系统框架,重点分析了智能体模型的组成以及内部的运行机制<sup>[8-9]</sup>。马寿峰等将 Agent 与经验知识和 Q-学习算法相结合在城市交通信号控制领域中得到应用,但只是在单路口交通信号控制中取得了一定的成果<sup>[10-11]</sup>。黄艳国在 Agent 中引入了模糊控制方法,提出了基于分布式多智能体的城市道路区域协调控制系统,实现了单路口实时在线控制<sup>[12]</sup>。张辉构造了一种基于分布权值函数的分布式 Q 学习算法,提出基于 Multi-Agent 的区域交通协调控制模型,降低路网的堵塞,但 Q 学习算法容易陷入局部最优<sup>[13]</sup>。杨兆升以混合遗传算法作为交叉口 Agent 的计算模型,建立以路口 Agent 为单元的多 Agent 交通控制系统结构,以平均延误时间为指标,效果优于爬山法<sup>[14]</sup>。

城市道路交通流的分布拥有随机性,又体现宏观和网络全局分布的规律性,路网交通流的大小和规律在空间和时间上都具有一定的随机性,与此同时,它们在某个时段的流量分布也会呈现很强的规律性。研究表明,路网交通流特性通常是以区域为单位,相邻交叉口的交通流特性会在某一时段具有相似性,在对大范围城市交叉口进行区域协调控制时,为了有效分担交通负荷,一般将关联性较强的交叉口划分到一个控制子区,用交叉口子区 Agent 替代交叉口 Agent 来控制关联性较强的交叉口。交叉口之间的关联性取决于交叉口的距离、周期、交通流、交通流离散率等因素<sup>[15]</sup>。目前学者们在多智能体交通信号控制研究中,都在一定程度上取得了很好的效果,但这些研究只是初步建立了基于多智能体的

信号控制模型,未通过实际路网数据对算法进行验证和对比,而且只是针对单路口进行优化,没有考虑交叉口之间的关联性。

因此,本文以 Multi-Agent 技术为基础,提出了城市区域交通协调控制模型,构建了基于多智能体的城市道路交通信号控制系统,详细介绍了交叉口子区 Agent 的组成以及内部结构。在交叉口子区 Agent 控制模块中,结合自适应遗传算法对各交叉口绿信比进行优化。自适应遗传算法作为遗传算法的改进,具有更好的搜索能力以及解质量。该算法良好的优化性能会产生更优的配时方案,获得最优绿信比,最终使得平均延误时间最短,同时,充分考虑了交叉口之间的关联程度,采用子区 Agent 替代交叉口 Agent。最后,根据兰州市部分路口交通数据进行仿真,验证该方法的有效性,并同遗传算法、定时控制下的效果进行对比。

## 2 Multi-Agent 分布式区域交通控制模型

Agent 是一种具有自我意识,可以感知并且作用环境的功能实体,适合解决复杂多变的分布式系统问题<sup>[16]</sup>。Multi-Agent 系统作为分布式人工智能的一个分支,通过将问题分解到单个 Agent 进行求解,以分而治之的方法控制复杂系统,将其用于复杂多变的交通系统有很大优势<sup>[17]</sup>。根据 Agent 的模型结构及分布式结构体系特点建立了分布式多智能体城市道路系统,系统模型结构如图 1 所示。

本文建立的模型包括交叉口子区 Agent、区域控制中心 Agent、主控制中心 Agent 三层,各级 Agent 可以进行同级间的协调,还可以通过上一级协调。主控制中心 Agent 具有最高的控制权力,作为系统的最高层,负责整个系统的管理,包括各区域 Agent 之间的监测工作。区域 Agent 作为控制系统的中间层,负责本区域内各交叉口 Agent 的监控和高层协调工作,同时负责处理本区域内的突发事件,各个区域 Agent 之间可根据要求进行通讯,进行信息的交流和相互协调;交叉口子区 Agent 在

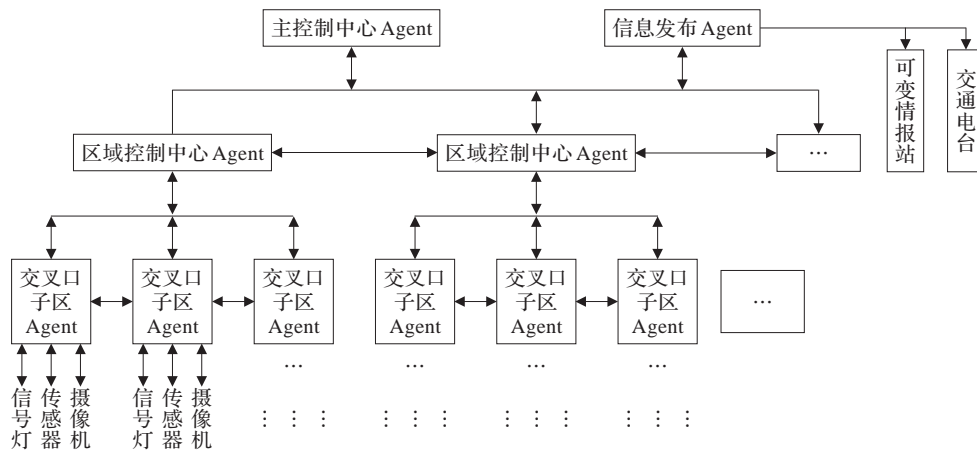


图1 基于Multi-Agent的分布式区域交通控制模型

交通路网中有着重要的角色,各个方向的车流在交叉口会聚,形成车辆的冲突、分流等交通现象,而交通路网中交通的堵塞通常也发生在交叉口,它是交通网络的中枢,负责各子区的信号控制,可与其相邻的交叉口子区进行实时的通讯联系,根据本路口实时交通流状况以及周围区域的交通情况自动的对交通信号进行调整,使控制效果达到最优。

### 3 交叉口子区 Agent 结构模型

交叉口子区是交通系统的基本控制单位,一个区域由多个交叉口子区以及连接这些交叉口子区的道路组成。

在多 Agent 交通控制系统中,每一个交叉口子区 Agent 都是一个独立的计算实体,具有自治性<sup>[18]</sup>。交叉口子区 Agent 由感知模块、反应模块、知识库、规则库、通信模块与控制模块组成。感知模块对外界交通环境进行感知;反应模块对来自感知模块或通信模块的信息做出判断,根据知识库和规则库,采用相应的动作;规则库和知识库存储着对应于不同的外部交通环境所要执行的规则和知识;通信模块负责与其他 Agent 的通信,接受和处理其他 Agent 的消息;控制模块根据反应模块的命令对控制器进行控制。交叉口子区 Agent 结构模型如图 2 所示。

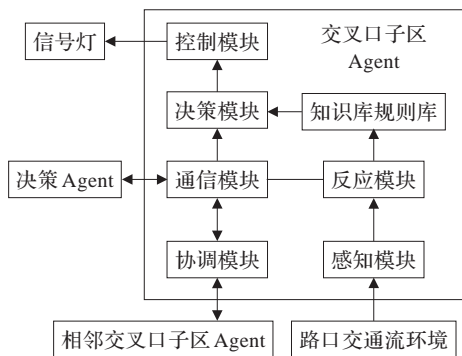


图2 交叉口子区 Agent 结构模型

本文将自适应遗传算法应用到交叉口子区 Agent 的控制模块中,根据感知模块感知到的路况信息,通过反应模块以及存储大量应对不同交通情况的知识库,最终选择最优的决策方式,在控制模块中,通过自适应遗传算法的优化,得到最佳绿灯配时时间,使交叉口平均延误时间最短。

### 4 交叉口子区 Agent 信号控制优化

采用自适应遗传算法,将其应用在交叉口子区 Agent 中。自适应地调整交叉概率和变异概率,克服传统遗传算法的早熟收敛,提高了全局寻优能力,对交叉口各相位绿信比进行优化,得到最优配时方案,最终使交叉口平均延误时间最短。

### 4.1 自适应遗传算法简介

自适应遗传算法是遗传算法的一种改进算法<sup>[19]</sup>。遗传算法中交叉概率  $P_c$  和变异概率  $P_m$  的选择是影响遗传算法行为和性能的关键因素,直接影响算法的收敛性。 $P_c$  越大,新个体产生的速度就会越快,但是  $P_c$  过大时遗传模式被破坏的可能性就越大;如果  $P_c$  过小,就会使搜索过程缓慢,以致停滞不前。对于变异概率  $P_m$ ,如果  $P_m$  过小,就不易产生新的个体结构;如果  $P_m$  取值过大,那么遗传算法就变成了纯粹的随机搜索算法。针对不同的优化问题,需要通过多次实验来确定  $P_c$  和  $P_m$ ,这是一件繁琐的工作,并且很难找到适应于每个问题的最佳值。为此,Srinivas 等提出自适应遗传算法,使得  $P_c$  和  $P_m$  能够随适应度自动改变,当种群个体适应度趋于一致或趋于局部最优时,则  $P_c$  和  $P_m$  增加,而当群体适应度较分散时,则  $P_c$  和  $P_m$  降低。同时,对于适应度值高于平均适应值的个体,相应于较低的  $P_c$  和  $P_m$ ,使该解得到保护进入下一代;而低于平均适应值的个体,相对应于较高的  $P_c$  和  $P_m$ ,使该解被淘汰。因此,自适应地调节  $P_c$  和  $P_m$  能够提供相对某个解的最佳  $P_c$  和  $P_m$ ,自适应遗传算法在保持种族多样性的同时,保证遗传算法收敛性。 $P_c$  和  $P_m$  计算表达式如下:

$$P_c = \begin{cases} P_{c1} - \frac{(P_{c1} - P_{c2})(f' - f_{avg})}{f_{max} - f_{avg}}, & f' \geq f_{avg} \\ P_{c1}, & f' < f_{avg} \end{cases} \quad (1)$$

$$P_m = \begin{cases} P_{m1} - \frac{(P_{m1} - P_{m2})(f_{max} - f)}{f_{max} - f_{avg}}, & f \geq f_{avg} \\ P_{m1}, & f < f_{avg} \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $f_{max}$  为群体中最大的适应度值;  $f_{avg}$  为每代群体的平均适应度值;  $f'$  为要交叉的两个个体中较大的适应度值;  $f$  为要变异个体的适应度值;  $P_{c1} = 0.9$ ,  $P_{c2} = 0.6$ ,  $P_{m1} = 0.1$ ,  $P_{m2} = 0.001$ 。

### 4.2 交叉口子区 Agent 计算模型

交通信号控制的目的是最大限度地提高交叉口的运行效率。若要缩短在路段的整体运行时间,就必须缩短交叉口的延误时间。因此本文以交叉口实时交通流数据为基础,将交叉口车辆平均延误最小作为优化目标函数,优化各个相位的绿信比,得到最佳绿灯配时方案。

交叉口子区 Agent 的计算模型采用自适应遗传算法,以绿信比的优化为目的,采用车辆平均延误时间作为优化目标函数,车辆的延误由韦伯斯特延误模型<sup>[20]</sup>可得,公式如下:

$$d_{ij} = \frac{c(1 - \lambda_i)^2}{2(1 - \lambda_i x_{ij})} + \frac{x_{ij}^2}{2q_{ij}(1 - x_{ij})} - 0.65 \left( \frac{c}{q_{ij}} \right)^{\frac{1}{3}} \times x_{ij}^{(2+5\lambda_i)} \quad (3)$$



交叉口的车辆平均延误时间计算公式为:

$$D = \frac{\sum_i \sum_j q_{ij} d_{ij}}{\sum_i \sum_j q_{ij}} = \frac{\sum_i \sum_j q_{ij} \frac{c(1-\lambda_i)^2}{2(1-\lambda_i x_{ij})} + \frac{x_{ij}^2}{2q_{ij}(1-x_{ij})}}{\sum_i \sum_j q_{ij}} \quad (4)$$

其中,  $d_{ij}$  为第  $i$  相第  $j$  流向车辆的平均延误时间(s);  $c$  为周期时长(s);  $q_{ij}$  为第  $i$  相第  $j$  流向的车辆到达率(pcu/h);  $x_{ij}$  为第  $i$  相第  $j$  流向的饱和度;  $\lambda$  为第  $i$  相的绿信比。

目标函数为平均延误时间最小, 即  $L: L = \min D$ 。

路网约束条件为:

$$\begin{cases} e \leq t_i \leq c - L - e \times 3 \\ t_i = g_{ei} \geq \frac{cy_{i\max}}{0.95} & (i = 1, 2, \dots, 4) \\ c_{\min} \leq c \leq c_{\max} \end{cases} \quad (5)$$

针对约束条件, 首先, 每相位最短绿灯时间不小于某值  $e$  (取最小绿灯时间为 10 s), 因此, 每一相位的配时得满足  $10 \leq t_i \leq c - L - 10 \times 3, i = 1, 2, \dots, 4$ 。式中,  $t_i$  为第  $i$  个相位的有效绿灯时间(s);  $L$  为总的时间损失(s)。

其次要考虑最大饱和度约束, 各相位的饱和度程度不大于 1, 避免造成交叉口某些进口道出现堵塞。本文假设各相各进口道饱和度均不大于 0.95。

$$x = \frac{q}{N} = \frac{q}{s} = \frac{cq}{sg_e} \leq 0.95$$

式中,  $q$  为实际流量(pcu/h);  $N$  为通行能力(pcu/h);  $s$  为饱和流量(pcu/h);  $g_e$  为有效绿灯时间(s)。  $g_e \geq \frac{cq}{0.95s} = \frac{cy}{0.95}$ , 式中,  $y$  为流量比, 对每一相位, 将其最大的  $y$  值代入得到每相位的最小绿灯时间要求:  $t_i =$

$g_{ei} \geq \frac{cy_{i\max}}{0.95}, i = 1, 2, \dots, 4$ 。  $c_{\min} \leq c \leq c_{\max}$ , 式中  $c_{\min}$ 、 $c_{\max}$  分别为最小周期与最大周期, 本文分别选取为 90 s、150 s。

### 4.3 自适应遗传算法函数优化求解

(1) 染色体编码: 采用实数编码, 将各交叉口的绿时差与周期的比值作为基因, 构造染色体, 形成种群。本文根据种群大小以及基因的变化范围均匀地初始化种群, 种群大小选为 150。

(2) 确定适应度函数: 本文是对函数求最小优化, 所以取  $F(i) = C_{\max} - O(i)$  作为适应度函数,  $F(i)$  为第  $i$  个个体的适应度;  $O(i)$  为第  $i$  个个体的目标函数值;  $C_{\max}$  为  $O(i)$  的最大估计值。

(3) 遗传操作: 本文采用轮盘赌与精英策略相结合的方式进行选择操作, 采用均匀变异的变异方式, 最后, 采用双重终止条件终止进化, 一为进化次数达到最大进化代数(本文为 50)则运算结束, 另一条为当连续  $N$  代

的适应度值的改进量小于 0.000 1 时运算结束, 满足其中任意一条则终止进化。

## 5 实验结果与分析

### 5.1 两种算法对比实验

实测兰州市盘旋路十字(天水北路-东岗西路十字)早晚两个高峰时段, 一个正常非高峰时段各进口道的车辆各 1 h 的数据进行仿真。该路口是一个四相位十字路口, 四个相位分别为: (1) 东西直行; (2) 东西左转; (3) 南北直行; (4) 南北左转。针对该交叉口, 以交叉口平均延误时间为优化目标函数, 将 Agent 技术与自适应遗传算法结合对目标函数进行求解, 求解结果与遗传算法结果以及实际延误时间进行对比。盘旋路十字交通流数据见表 1。

表 1 天水北路-东岗西路交叉口早晚高峰、非高峰流量统计表

进口	转向	流量 (pcu·h <sup>-1</sup> )	饱和度	流量 1/ (pcu·h <sup>-1</sup> )	饱和度	流量 2/ (pcu·h <sup>-1</sup> )	饱和度
东	左	564	0.93	513	0.85	253	0.42
	直	1 064	0.92	906	0.78	664	0.57
西	右	188	0.15	209	0.16	82	0.06
	左	674	0.89	648	0.86	287	0.51
南	直	835	0.72	551	0.48	435	0.38
	右	592	0.46	597	0.46	262	0.20
北	左	707	0.93	664	0.87	387	0.51
	直	1 118	0.88	937	0.74	628	0.49
北	右	519	0.40	458	0.36	199	0.15
	左	551	0.77	342	0.48	232	0.33
北	直	1 081	0.85	1 169	0.92	681	0.54
	右	530	0.41	452	0.35	287	0.22

注: 流量指早高峰流量; 流量 1 指晚高峰流量; 流量 2 指正常非高峰流量。

采用 Matlab 分别对自适应遗传算法和遗传算法在 Agent 控制模块应用下的交叉口进行仿真。仿真过程中的参数通过大量实验最终设定为: 初始种群大小为 150, 最大进化代数为 50, 简单遗传算法中的交叉概率和变异概率分别取 0.9 和 0.1, 最小周期定为 90 s, 最大周期为 150 s, 周期损失时间定为 10 s, 利用自适应遗传算法和简单的遗传算法对目标函数进行 50 次优化计算, 优化结果如表 2 所示。

由表 2 得知, 通过对早高峰、晚高峰、正常非高峰 3 组交通数据的仿真, 对交叉口平均延误时间的对比得出: 自适应遗传算法以及遗传算法在交叉口子区智能体信号配时中的优化效果明显优于传统的, 也是目前比较常用的定时控制的效果。同时, 自适应遗传算法的优化效果优于遗传算法, 以正常非高峰时段为例, 遗传算法优化后的平均延误时间为 28.80 s, 进化代数为 23 代; 自适应遗传算法优化后的平均延误时间为 28.24 s, 进化代数为 11 代。

表2 两种算法优化结果对比

时段	方法	各相位绿灯时间/s				平均延误 时间/s	进化 代数
		(1)	(2)	(3)	(4)		
早高峰	定时控制	36	31	32	31	51.42	—
	GA	29	17	18	16	32.03	21
	AGA	30	15	20	15	31.64	10
晚高峰	定时控制	36	31	32	31	50.34	—
	GA	26	16	23	15	31.17	18
	AGA	33	16	16	15	30.89	9
正常	定时控制	36	31	32	31	46.41	—
	GA	29	17	18	16	28.80	23
	AGA	35	15	15	15	28.24	11

注:GA (Genetic Algorithm):遗传算法;AGA (Adaptive Genetic Algorithm):自适应遗传算法。

为了更加明显地对比两种算法的优化效果,通过对晚高峰以及正常非高峰时段两种交通情况的仿真,比较两种算法在交叉口子区 Agent 中的优化效果,优化对比如图3、图4所示。

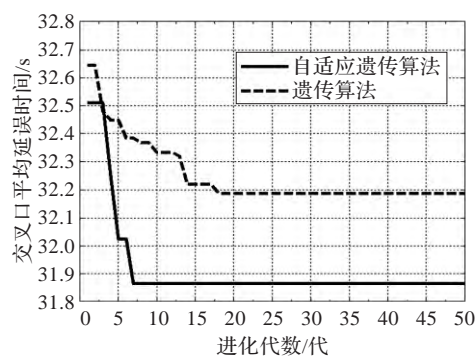


图3 晚高峰进化过程对比图

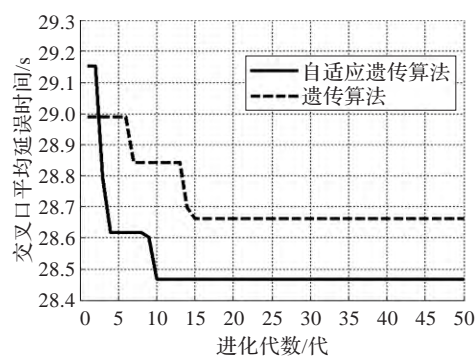


图4 正常非高峰进化过程对比图

由图3、图4看出,自适应遗传算法与多 Agent 结合的控制算法具有较快的收敛速度和较优的控制效果,与遗传算法下的控制相比,该方法可迅速找到最佳绿信比,得到最佳绿灯配时方案,使得平均延误时间最短,这是由于自适应遗传算法自适应地调节交叉概率和变异概率,不但提高了算法在后期的搜索效果,而且也提高了收敛速度。将该方法应用到交叉口子区 Agent 中是可行的,且控制效果优于遗传算法控制。

## 5.2 交叉口子区 Agent 替代交叉口 Agent

本文充分考虑交叉口之间的关联性,针对关联性较强的交叉口,采用交叉口子区 Agent 来替代交叉口 Agent,对交叉口控制子区进行控制,用一个子区 Agent 来进行信号控制,最大限度地实现各自目标,提高整体运输效率。选择兰州市部分路网,路网如图5所示:交叉口 A1(酒泉路-武都路)与交叉口 A3(酒泉路-庆阳路)距离相近,车流量相似,关联性较强,因此将 A1 与 A3 划分到一个交叉口子区。表3为交叉口 A1、A3 早高峰流量信息。

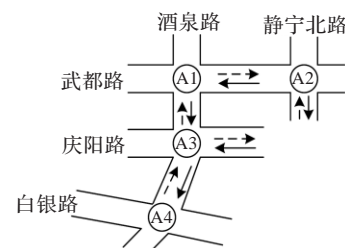


图5 路网结构图

表3 交叉口 A1、A3 早高峰流量信息

进口	转向	A1 车流量 (pcu·h <sup>-1</sup> )	饱和度	A3 车流量 (pcu·h <sup>-1</sup> )	饱和度
东	左	174	0.42	188	0.46
	直	449	0.51	468	0.49
	右	77	0.16	107	0.24
西	左	252	0.67	298	0.59
	右	359	0.75	376	0.77
南	左	255	0.53	247	0.54
	直	319	0.90	337	0.87
	右	764	0.82	831	0.87
北	左	292	0.54	317	0.56
	直	99	0.51	112	0.54
右	左	902	0.94	896	0.92
	右	578	0.92	587	0.89

针对图5中的路网以及表3中的交叉口流量数据,采用上文所阐述的基于自适应遗传算法的 Agent 分别对交叉口 A1、A3 进行优化控制,仿真结果如表4所示。同时,由于 A1、A3 关联性较强,选择用一个交叉口子区 Agent 替代两个交叉口 Agent,交叉口 A3 交通流比 A1 大且 A3 的饱和和流量也较大,因此选择使用 A3 的交通参数作为交叉口子区 Agent 的参数,通过仿真得到交叉口子区 Agent 控制下的两个路口 A1、A3 的控制结果,结果如表4所示。

表4 交叉口 A1、A3 两种控制方式结果对比

控制方式		各相位绿灯时间				平均延误时间
		(1)	(2)	(3)	(4)	
交叉口 Agent	A1	30	17	17	16	30.54
	A3	29	16	19	16	30.56
交叉口子区 Agent	A1	31	18	17	16	30.26
	A3	31	18	17	16	30.58

仿真结果表明,交叉口子区 Agent 控制交叉口的平均延误时间与交叉口 Agent 单独控制的效果相近,用一个交叉口子区 Agent 替代两个交叉口 Agent,既不影响控制效果,又节省了硬件资源。因此,用交叉口子区 Agent 替代交叉口 Agent,是可行的,具有实际的应用价值。

## 6 结束语

本文针对城市复杂的交通情况,建立了基于 Multi-Agent 的分布式区域交通控制模型,并且阐述了交叉口子区 Agent 的结构,建立实时车辆平均延误时间模型,对交叉口的信号配时优化问题进行研究,根据实时采集的车辆信息以及道路信息,在多 Agent 中结合自适应遗传算法对交叉口进行优化,并且同定时控制、遗传算法下的信号控制进行对比,结果表明,自适应遗传算法下的交叉口子区 Agent 能够快速、准确地寻找到全局最优解,得到最佳绿灯时间,使得交叉口平均延误时间明显降低。同时,使用交叉口子区 Agent 来替代传统的交叉口 Agent,来控制关联性较强的交叉口,通过 Matlab 对自适应遗传算法优化下的交叉口子区信号进行优化,并同交叉口 Agent 控制下的各交叉口平均延误时间进行对比,结果表明,两种 Agent 控制效果相近,证明了交叉口子区 Agent 替代交叉口 Agent 的可行性。

## 参考文献:

- [1] 沈国江,孙优贤.城市交通干线递阶模糊控制及其神经网络实现[J].系统工程理论与实践,2004,24(4):99-105.
- [2] Khamis M A, Gomaa W. Adaptive multi-objective reinforcement learning with hybrid exploration for traffic signal control based on cooperative multi-agent framework[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2014, 29: 134-151.
- [3] Abdoos M. Holonic multi-agent system for traffic signals control[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2013, 26(5/6): 1575-1587.
- [4] 徐杨,张玉林,孙婷婷,等.基于多智能体交通绿波效应分布式协同控制算法[J].软件学报,2012,23(11):2937-2945.
- [5] 李振龙,赵晓华.基于 Agent 的区域交通信号协调控制[J].武汉理工大学学报,2008,32(1):130-133.
- [6] Chen C, Li Z J. A hierarchical networked urban traffic signal control system based on multi-agent[C]//Proceedings of 2012 9th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control(ICNSC), 2012:28-33.
- [7] Luk J Y. Appraisal of eight small area traffic management models[C]//Proceedings of Conference on Australian Institutes of Transport Research, 1982.
- [8] 承向军,常歆识,杨肇夏.基于 Q 学习的交通信号控制方法[J].系统工程理论与实践,2006,26(8):136-140.
- [9] Abdoos M, Mozayani N. Hierarchical control of traffic signals using Q-learning with tile coding[J]. Applied Intelligence, 2014, 40(2): 201-213.
- [10] 杭飞.基于博弈论的多智能体协同控制算法[J].电脑与信息技术,2014,22(2):14-17.
- [11] 马寿峰.一种基于 Agent 的单路口交通信号学习控制方法[J].系统工程学报,2002,17(6):526-530.
- [12] 黄艳国,许伦辉.基于 Multi-Agent 协调的区域交通信号优化控制[J].江西理工大学学报,2009,30(1):49-52.
- [13] 张辉,陈阳舟,杨玉珍.基于 Multi-Agent 协调的区域交通协调控制研究[J].交通与计算机,2006,24(2):94-97.
- [14] 杨兆升,刘喜敏,卢守峰.基于混合遗传算法的多 Agent 交通控制系统[J].交通运输系统工程与信息,2006,6(1):64-68.
- [15] 赵文涛,钱晓杰,朱云,等.基于关键路口的动态交通子区划分[J].计算机与应用化学,2012,29(10):1241-1244.
- [16] 石纯一,张伟.基于 Agent 的计算[M].北京:清华大学出版社,2007:11-12,119-120.
- [17] 于芳,张海涛.基于 Multi-agent 的交通控制协调算法研究[J].控制理论与应用,2008,27(12):5-8.
- [18] 李英.多 Agent 系统及其在预测与智能交通系统中的应用[M].上海:华东理工大学出版社,2004.
- [19] 王小平,曹立明.遗传算法理论、应用与软件实现[M].西安:西安交通大学出版社,2002.
- [20] 翟润平,周彤梅.道路交通控制原理及应用[M].北京:中国人民公安大学出版社,2002.