

# 城市交通联网控制及其多目标优化实现\*

周 鹏 史忠科 陈小锋

(西北工业大学空中交通管理系统研究所·西安, 710072)

**摘要:** 从城市交通的宏观动态特性出发, 提出了城市交通的动态多车道、四相位网络模型, 并给出了多目标优化性能指标及其约束条件. 采用了遗传算法进行多目标优化. 仿真结果表明本文的方案是可行的.

**关键词:** 城市交通; 多目标优化; 遗传算法

**文献标识码:** A

## The Network Control of Urban Traffic and Its Multi-objective Optimal Realization

ZHOU Peng, SHI Zhongke and CHEN Xiaofeng

(Institute of Air Traffic Management, Northwestern Polytechnic University, Xi'an, 710072, P. R. China)

**Abstract:** From the macrocosm character of urban traffic, this paper processes the dynamic multi-driveaway four-phase network model of urban traffic and gives the multi-objective optimal property index with its constraints. Simultaneously, by applying the genetic algorithms, the paper accomplishes the multi-objective optimization. The simulation results testify the feasibility of the program.

**Key words:** urban traffic; multi-objective optimization; genetic algorithms

### 1 引言(Introduction)

城市交通联网控制, 即在整个城市或城市中的一个区域范围内对交通进行协调控制, 这无论从理论角度, 还是实践角度, 都是一个极其复杂、困难的大系统控制问题.

近几十年来, 国外许多学者从理论角度出发, 应用系统工程理论、大系统理论和最优控制理论, 对城市交通这一典型的大系统进行了研究, 取得了不少成果, 其中, M. G. Singh 首先运用了大系统的观点和方法, 将大系统递阶控制的目标协调法和 Tamura 的改进形式应用于城市交通网络控制, 建立了网络的模型及其求解算法<sup>[1]</sup>; J. S. Baras 和 W. Levine 等人运用随机点过程理论对城市交通网络进行了深入、细致的研究, 取得一些新的结果<sup>[2]</sup>; Saradis 等在 Singh 提出的模型的基础上, 导出了更进一步的学习算法<sup>[3]</sup>, 代表了交通控制的一个新方向; Ginseppe 将 TRANSYT 方法引入自己的系统, 提出了一种分散递阶优化的控制方案<sup>[4]</sup>; Marleod 等人将静态优化的方法动态化, 也有一些新的思想、方法<sup>[5]</sup>. 以上这些研究成果各有千秋, 虽然仅在理论上进行, 但他们为交

通控制的实践提供了许多有益的新思想、新方法.

本文针对一种多车道、四相位的城市交通网络, 建立了其数学模型, 给出了优化性能指标及其约束条件, 并应用遗传算法对其求解. 实际计算结果表明: 该网络模型及采用的优化算法是可行的. 本文的研究成果进一步丰富了城市交通联网控制的内容.

### 2 城市交通宏观动态网络模型及其控制方案(The macro-dynamic network model of urban traffic and its control method)

#### 2.1 网络模型(The network model)

1) 单个路口的数学模型可用下述方法建立.

以  $j$  路口为例(实际网络模型的路口坐标应为 2 维, 为减少下标, 这里采用简写, 以下均采用简写, 共有 4 个方向(分别用 e, s, w, n 表示)、12 个车道(分别为四个方向的左、直和右转车道). 对其他路口有同样关系.

设第  $i$  个周期为  $T'$ , 第  $i$  个周期分四个相位. 各相位的时间依次记为  $t_1^i, t_2^i, t_3^i, t_4^i$ . 设  $j$  路口 12 个车道在第  $i$  个周期的到车率分别为  $a_{el}^i, a_{em}^i, a_{er}^i, a_{sl}^i,$

\* 基金项目: 国家杰出青年基金(69925306)资助项目  
收稿日期: 1999-11-11; 收修改稿日期: 2001-04-06.

$a_{em}^j, a_{er}^j, a_{wl}^j, a_{wn}^j, a_{wr}^j, a_{nl}^j, a_{nm}^j, a_{nr}^j$ . 又设  $j$  路口各车道在第  $i$  周期各相位的放行车辆数分别为  $s_{elk}^j, s_{emk}^j, s_{erl}^j, s_{elk}^j, s_{emk}^j, s_{erl}^j, s_{wlk}^j, s_{wnk}^j, s_{wrl}^j, s_{nlk}^j, s_{nmk}^j, s_{nrk}^j$ , 其中  $k = 1, 2, 3, 4$ ; 各车道在第  $i$  个周期各相位结束时的等待放行车辆数分别为:  $l_{elk}^j, l_{emk}^j, l_{erl}^j, l_{nlk}^j, l_{nmk}^j, l_{nrk}^j, l_{wlk}^j, l_{wnk}^j, l_{wrl}^j, l_{nlk}^j, l_{nmk}^j, l_{nrk}^j$ , 其中  $k = 1, 2, 3, 4$ . 在以上记号中, 第一个下标表示方向, 第二个下标表示车道, 第三个下标表示相位. 设单位时间内的路口可放行车辆数为  $p$ , 并设相位依次为南北直行, 南北左拐, 东西直行, 东西左拐.

由相位变化可知, 对  $j$  路口第  $i$  个周期第一相位应有关系:

$$\begin{cases} l_{el1}^j = l_{el4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{el1}^j, \\ l_{em1}^j = l_{em4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{em1}^j, \\ l_{er1}^j = l_{er4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{er1}^j - s_{er1}^j, \\ l_{wl1}^j = l_{wl4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{wl1}^j, \\ l_{wn1}^j = l_{wn4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{wn1}^j, \\ l_{wr1}^j = l_{wr4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{wr1}^j - s_{wr1}^j, \\ s_{er1}^j = \min\{t_1^{j*} p, l_{em4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{er1}^j\}, \\ s_{wr1}^j = \min\{t_1^{j*} p, l_{wn4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{wr1}^j\}, \\ l_{el1}^j = l_{el4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{el1}^j, \\ l_{em1}^j = l_{em4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{em1}^j - s_{em1}^j, \\ l_{er1}^j = l_{er4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{er1}^j - s_{er1}^j, \\ l_{nl1}^j = l_{nl4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{nl1}^j, \\ l_{nm1}^j = l_{nm4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{nm1}^j - s_{nm1}^j, \\ l_{nr1}^j = l_{nr4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{nr1}^j - s_{nr1}^j, \\ s_{em1}^j = \min\{t_1^{j*} p, l_{er4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{em1}^j\}, \\ s_{nm1}^j = \min\{t_1^{j*} p, l_{nr4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{nm1}^j\}, \\ s_{er1}^j = \min\{t_1^{j*} p, l_{em4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{er1}^j\}, \\ s_{nr1}^j = \min\{t_1^{j*} p, l_{nl4}^{j-1} + t_1^{j*} a_{nr1}^j\}. \end{cases}$$

对  $j$  路口第  $i$  个周期第 2 个相位应有关系:

$$\begin{cases} l_{el2}^j = l_{el1}^j + t_2^{j*} a_{el1}^j, \\ l_{em2}^j = l_{em1}^j + t_2^{j*} a_{em1}^j, \\ l_{er2}^j = l_{er1}^j + t_2^{j*} a_{er1}^j - s_{er2}^j, \\ l_{wl2}^j = l_{wl1}^j + t_2^{j*} a_{wl1}^j, \\ l_{wm2}^j = l_{wm1}^j + t_2^{j*} a_{wm1}^j, \\ l_{wr2}^j = l_{wr1}^j + t_2^{j*} a_{wr1}^j - s_{wr2}^j, \\ s_{er2}^j = \min\{t_2^{j*} p, l_{er1}^j + t_2^{j*} a_{er1}^j\}, \\ s_{wr1}^j = \min\{t_2^{j*} p, l_{wr1}^j + t_2^{j*} a_{wr1}^j\}, \end{cases}$$

$$\begin{cases} l_{el2}^j = l_{el1}^j + t_2^{j*} a_{el1}^j - s_{el2}^j, \\ l_{em2}^j = l_{em1}^j + t_2^{j*} a_{em1}^j, \\ l_{er2}^j = l_{er1}^j + t_2^{j*} a_{er1}^j - s_{er2}^j, \\ l_{nl2}^j = l_{nl1}^j + t_2^{j*} a_{nl1}^j - s_{nl2}^j, \\ l_{nm2}^j = l_{nm1}^j + t_2^{j*} a_{nm1}^j, \\ l_{nr2}^j = l_{nr1}^j + t_2^{j*} a_{nr1}^j - s_{nr2}^j, \\ s_{el2}^j = \min\{t_2^{j*} p, l_{el1}^j + t_2^{j*} a_{el1}^j\}, \\ s_{nl2}^j = \min\{t_2^{j*} p, l_{nl1}^j + t_2^{j*} a_{nl1}^j\}, \\ s_{er2}^j = \min\{t_2^{j*} p, l_{er1}^{j-1} + t_2^{j*} a_{er1}^j\}, \\ s_{nr2}^j = \min\{t_2^{j*} p, l_{nr1}^{j-1} + t_2^{j*} a_{nr1}^j\}. \end{cases}$$

对  $j$  路口第  $i$  个周期第 3 个相位应有关系:

$$\begin{cases} l_{el3}^j = l_{el2}^j + t_3^{j*} a_{el1}^j, \\ l_{em3}^j = l_{em2}^j + t_3^{j*} a_{em1}^j - s_{em3}^j, \\ l_{er3}^j = l_{er2}^j + t_3^{j*} a_{er1}^j - s_{er3}^j, \\ l_{wl3}^j = l_{wl2}^j + t_3^{j*} a_{wl1}^j, \\ l_{wm3}^j = l_{wm2}^j + t_3^{j*} a_{wm1}^j - s_{wm3}^j, \\ l_{wr3}^j = l_{wr2}^j + t_3^{j*} a_{wr1}^j - s_{wr3}^j, \\ s_{em3}^j = \min\{t_3^{j*} p, l_{em2}^j + t_3^{j*} a_{em1}^j\}, \\ s_{wm3}^j = \min\{t_3^{j*} p, l_{wm2}^j + t_3^{j*} a_{wm1}^j\}, \\ s_{er3}^j = \min\{t_3^{j*} p, l_{er2}^j + t_3^{j*} a_{er1}^j\}, \\ s_{wr3}^j = \min\{t_3^{j*} p, l_{wr2}^j + t_3^{j*} a_{wr1}^j\}, \\ l_{el3}^j = l_{el2}^j + t_3^{j*} a_{el1}^j, \\ l_{em3}^j = l_{em2}^j + t_3^{j*} a_{em1}^j, \\ l_{er3}^j = l_{er2}^j + t_3^{j*} a_{er1}^j - s_{er3}^j, \\ l_{nl3}^j = l_{nl2}^j + t_3^{j*} a_{nl1}^j, \\ l_{nm3}^j = l_{nm2}^j + t_3^{j*} a_{nm1}^j, \\ l_{nr3}^j = l_{nr2}^j + t_3^{j*} a_{nr1}^j - s_{nr3}^j, \\ s_{er3}^j = \min\{t_3^{j*} p, l_{er2}^j + t_3^{j*} a_{er1}^j\}, \\ s_{nr3}^j = \min\{t_3^{j*} p, l_{nr2}^j + t_3^{j*} a_{nr1}^j\}. \end{cases}$$

对  $j$  路口第  $i$  个周期第 4 个相位应有关系:

$$\begin{cases} l_{el4}^j = l_{el3}^j + t_4^{j*} a_{el1}^j - s_{el4}^j, \\ l_{em4}^j = l_{em3}^j + t_4^{j*} a_{em1}^j, \\ l_{er4}^j = l_{er3}^j + t_4^{j*} a_{er1}^j - s_{er4}^j, \\ l_{wl4}^j = l_{wl3}^j + t_4^{j*} a_{wl1}^j - s_{wl4}^j, \\ l_{wm4}^j = l_{wm3}^j + t_4^{j*} a_{wm1}^j, \\ l_{wr4}^j = l_{wr3}^j + t_4^{j*} a_{wr1}^j - s_{wr4}^j, \\ s_{el4}^j = \min\{t_4^{j*} p, l_{el3}^j + t_4^{j*} a_{el1}^j\}, \\ s_{wl4}^j = \min\{t_4^{j*} p, l_{wl3}^j + t_4^{j*} a_{wl1}^j\}, \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 s_{er4}^y &= \min \{ t_4^{y*} p, l_{er3}^{i-1j} + t_4^{y*} a_{er}^y \}, \\
 s_{wr4}^y &= \min \{ t_4^{y*} p, l_{wr3}^{i-1j} + t_4^{y*} a_{wr}^y \}, \\
 \begin{cases} l_{sl4}^y &= l_{sl3}^y + t_4^{y*} a_{sl}^y, \\ l_{sm4}^y &= l_{sm3}^y + t_4^{y*} a_{sm}^y, \\ l_{sr4}^y &= l_{sr3}^y + t_4^{y*} a_{sr}^y - s_{er4}^y, \end{cases} \\
 \begin{cases} l_{nl4}^y &= l_{nl3}^y + t_4^{y*} a_{nl}^y, \\ l_{nm4}^y &= l_{nm3}^y + t_4^{y*} a_{nm}^y, \\ l_{nr4}^y &= l_{nr3}^y + t_4^{y*} a_{nr}^y - s_{wr4}^y, \end{cases} \\
 s_{er4}^y &= \min \{ t_4^{y*} p, l_{er3}^y + t_4^{y*} a_{er}^y \}, \\
 s_{wr4}^y &= \min \{ t_4^{y*} p, l_{wr3}^y + t_4^{y*} a_{wr}^y \},
 \end{aligned}$$

考虑到实际交通中,出于安全等方面的原因,每相位时间要求不得少于 10 秒,且四相位总时间应等于周期,故对每相位时间有约束:

$$\begin{cases} T' = t_1^y + t_2^y + t_3^y + t_4^y, \\ 10 \leq t_1^y \leq T' - 30, \\ 10 \leq t_2^y \leq T' - 30, \\ 10 \leq t_3^y \leq T' - 30, \\ 10 \leq t_4^y \leq T' - 30. \end{cases}$$

2) 根据网络路口的关联建立的等式.

设相邻交叉口  $j, j+1$  的距离为  $d_{j,j+1}$ ;  $v_{j,j+1}^i$  为由路口  $j$  到路口  $j+1$  方向,第  $i$  个周期的车流速度; 设  $v_j$  为自由车流速度.  $\rho_{j,j+1}^i$  为由路口  $j$  到路口  $j+1$  方向,第  $i$  个周期的车流分布密度; 设  $t_{j,j+1}^i$  为两路口第  $i$  个周期的相位差(以  $j, j+1$  两路口中的关键交叉口为基准参考点,不妨设为  $j$ ); 设  $\rho_0$  为路口间的过度车流分布密度.  $a$  为一常数.

取车流速度和相位差的关系为:

$$t_{j,j+1}^i = d_{j,j+1} / v_{j,j+1}^i.$$

对于车流速度和车流分布密度间的关系,我们认为二者并不是简单的线性关系,而应是这样的:当车流很稀少时,车速应该较高,而且随着车流较少增加,车速不应下降很大;当车流增加到一定程度,车速急剧下降;车流继续增加,此时车速已经很小,相当于发生了堵车,所以车流再增加,车速也无多大变化.基于以上考虑,我们取车流速度和车流分布密度之间的关系类似于正切函数的形式:

$$v_{j,j+1}^i = v_j / (1 + \exp(a^* (\rho_0 - \rho_{j,j+1}^i) / \rho_0)).$$

关于交叉口  $j, j+1$  路段上的车流分布密度,我们取为

$$\rho_{j,j+1}^i = d_{j,j+1} / (t_{j,j+1}^i * (a_{sr}^y + a_{nm}^y + a_{nl}^y)).$$

通过以上关系,我们即可给出路口间的相位差.

3) 网络各路口到车时预测.

实际计算时,各路口到车情况是无法事先知道的,所以我们还必须预测各路口的到车情况.仍以  $j$  路口为例.

设  $j$  路口 12 个车道在第  $i$  个周期的预测车数分别为:

$$\begin{aligned}
 &aa_{sl}^y, aa_{sm}^y, aa_{er}^y, aa_{sl}^y, aa_{sm}^y, aa_{sr}^y, aa_{wl}^y, aa_{wm}^y, \\
 &aa_{wr}^y, aa_{nl}^y, aa_{nm}^y, aa_{nr}^y.
 \end{aligned}$$

设  $j$  路口 3 个车道在第  $i$  个周期的预测分流比分别为:  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ .

则对于  $j$  路口 12 个车道在第  $i$  个周期的预测车数有约束.

$$\begin{cases} aa_{sl}^y = (s_{wr3}^{i-1j+1} + s_{nl2}^{i-1j+1} + s_{sr1}^{i-1j+1} + s_{sr2}^{i-1j+1} + s_{sl3}^{i-1j+1} + s_{sl4}^{i-1j+1}) * \beta_1, \\ aa_{sm}^y = (s_{wr3}^{i-1j+1} + s_{nl2}^{i-1j+1} + s_{sr1}^{i-1j+1} + s_{sr2}^{i-1j+1} + s_{sl3}^{i-1j+1} + s_{sl4}^{i-1j+1}) * \beta_2, \\ aa_{er}^y = (s_{wr3}^{i-1j+1} + s_{nl2}^{i-1j+1} + s_{sr1}^{i-1j+1} + s_{sr2}^{i-1j+1} + s_{sl3}^{i-1j+1} + s_{sl4}^{i-1j+1}) * \beta_3, \\ aa_{wl}^y = (s_{sm3}^{i-1j-1} + s_{nl2}^{i-1j-1} + s_{nr1}^{i-1j-1} + s_{nr2}^{i-1j-1} + s_{wl3}^{i-1j-1} + s_{wl4}^{i-1j-1}) * \beta_1, \\ aa_{wm}^y = (s_{sm3}^{i-1j-1} + s_{nl2}^{i-1j-1} + s_{nr1}^{i-1j-1} + s_{nr2}^{i-1j-1} + s_{wl3}^{i-1j-1} + s_{wl4}^{i-1j-1}) * \beta_2, \\ aa_{wr}^y = (s_{sm3}^{i-1j-1} + s_{nl2}^{i-1j-1} + s_{nr1}^{i-1j-1} + s_{nr2}^{i-1j-1} + s_{wl3}^{i-1j-1} + s_{wl4}^{i-1j-1}) * \beta_3, \\ aa_{sl}^y = (s_{sm1}^{i-1k+1} + s_{wl4}^{i-1k+1} + s_{er1}^{i-1k+1} + s_{er2}^{i-1k+1} + s_{sl3}^{i-1k+1} + s_{sl4}^{i-1k+1}) * \beta_1, \\ aa_{sm}^y = (s_{sm1}^{i-1k+1} + s_{wl4}^{i-1k+1} + s_{er1}^{i-1k+1} + s_{er2}^{i-1k+1} + s_{sl3}^{i-1k+1} + s_{sl4}^{i-1k+1}) * \beta_2, \\ aa_{sr}^y = (s_{sm1}^{i-1k+1} + s_{wl4}^{i-1k+1} + s_{er1}^{i-1k+1} + s_{er2}^{i-1k+1} + s_{sl3}^{i-1k+1} + s_{sl4}^{i-1k+1}) * \beta_3, \\ aa_{nl}^y = (s_{nm1}^{i-1k+1} + s_{el4}^{i-1k+1} + s_{wr1}^{i-1k+1} + s_{wr2}^{i-1k+1} + s_{nr3}^{i-1k+1} + s_{nr4}^{i-1k+1}) * \beta_1, \\ aa_{nm}^y = (s_{nm1}^{i-1k+1} + s_{el4}^{i-1k+1} + s_{wr1}^{i-1k+1} + s_{wr2}^{i-1k+1} + s_{nr3}^{i-1k+1} + s_{nr4}^{i-1k+1}) * \beta_2, \\ aa_{nr}^y = (s_{nm1}^{i-1k+1} + s_{el4}^{i-1k+1} + s_{wr1}^{i-1k+1} + s_{wr2}^{i-1k+1} + s_{nr3}^{i-1k+1} + s_{nr4}^{i-1k+1}) * \beta_3. \end{cases}$$

以上公式中,上标  $j-1$  表示相邻左路口,上标  $j+1$  表示相邻右路口,上标  $k-1$  表示相邻上路口,上标

$k + 1$  表示相邻下路口。

**2.2 智能网络控制方案,多目标优化性能指标及其约束条件(Network control method, multi-objective optimal criterion and its constraints)**

1) 控制方案:根据各路口过去实际车辆到达情况,预测各路口未来车辆到达情况,根据在一个周期的时间段内,使各个交通路口各方向的各车道在绿灯结束时的等待放行车辆总和最小(实际等价于使车辆等待放行时间尽可能地短),且使各个交通路口各方向一个周期结束时的等待放行车辆总和尽可能小(实际等价于使车辆放行尽可能地多)的原则,通过优化确定各路口的各相位时间  $t_1^j, t_2^j, t_3^j, t_4^j$ ; 根据网络实际车辆到达情况,确定相邻路口的路段上的车流的平均车速,进而确定相邻路口的相位差  $t_{j,j+1}^j$ 。

2) 多目标优化性能指标(以  $j$  路口为例):

对  $j$  路口,主优化函数取在一个周期内各方向各车道绿灯结束时的等待延迟数之和,次优化函数取各方向各车道在一个周期结束时的等待延迟数之和,即为:

$$\begin{cases} \min f_1 = t_{sl4}^j + t_{cm3}^j + t_{cr4}^j + t_{sl4}^j + t_{wm3}^j + t_{wr4}^j + \\ t_{sl2}^j + t_{cm1}^j + t_{sr4}^j + t_{nl2}^j + t_{nm1}^j + t_{nr4}^j, \\ \min f_2 = t_{sl4}^j + t_{cm4}^j + t_{cr4}^j + t_{sl4}^j + t_{wm4}^j + t_{wr4}^j + \\ t_{sl4}^j + t_{cm4}^j + t_{sr4}^j + t_{nl4}^j + t_{nm4}^j + t_{nr4}^j \end{cases}$$

在优化时,首先要求  $f_1$  尽可能地小,在同样的  $f_1$  下,再要求  $f_2$  尽可能地小,其中等价地可以认为  $f_1$  保证使车辆等待放行时间尽可能短,  $f_2$  保证使车辆放行尽可能地多。

3) 约束条件:见 2.1 之 1)。

**3 仿真计算(Simulation)**

以路口  $(j, k)$  为例,假定各路口各方向各车道车辆到达交叉口是按照不同的三角规律变化.假定单位时间内路口  $(j, k)$  的放行车辆数为 2 辆/秒;路口各方向(左、直、右)的预测分流比为 0.2, 0.4, 0.4. 路口  $(j, k)$  和路口  $(j + 1, k)$  间的距离为 400 米.自由车流速度取 600 米/分,路口间的过渡车流分布密度  $\rho_0$  取为 50 米/辆.仿真计算了 10 个周期,结果如表 1.其中,总延迟数 2 是路口各方向在一个周期结束时的等待放行车辆数总和。

表 1 车辆延迟的多目标遗传优化方法仿真结果

Table 1 The vehicle delay simulation result adopting the multi-object genetic optimization method

周期数	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位差	总延迟数 1	总延迟数 2
1	54.117645	16.274506	37.843136	11.764709	143.216782	0	81
2	59.019608	17.647058	28.823530	14.509804	143.216782	0	78
3	55.490196	19.215687	33.921570	11.372547	143.216782	0	77
4	48.823528	33.333332	26.078432	11.764708	143.216782	0	82
5	59.607841	14.901960	34.901962	10.588236	143.216782	0	74
6	59.607841	14.901960	34.901962	10.588236	143.216782	0	74
7	56.274509	26.274509	25.098040	12.352942	143.216782	0	76
8	52.156864	19.019608	37.647060	11.176468	143.216782	0	83
9	56.666668	22.156862	29.607843	11.568626	143.216782	0	74
10	56.666668	22.156862	29.607843	11.568626	143.216782	0	74

由以上仿真结果可见,根据本文提出的网络模型,采用多目标遗传优化方法进行交通配时,可以较为合理地配置交叉路口的相位时间,使得路口的车辆延迟等待时间尽可能地短(以上结果表明,绿灯结束时,各方向各车道无等待车辆),同时使得路口一个周期结束时的延迟等待车辆数尽可能的少。

**4 结论(Conclusion)**

本文提出了城市交通的多车道、四相位网络模型,给出了多目标优化性能指标及其约束条件,采用了遗传算法进行多目标优化.仿真计算表明,这样的交通配时是可行的。

**参考文献(References)**

[1] Singh M G and Tamura H. Modeling and hierarchical optimization for oversaturated urban road traffic network [J]. Int. J. Control, 1974, 20(6): 913 - 934

[2] Baras J S, Lin T S, Levine W S, et al. Discrete-time point process in urban traffic queue estimation [J]. IEEE Trans. Automat. Contr., 1979, 24(1): 12 - 27

[3] Kashuni H R and Saradis G N. A learning algorithm for adaption to traffic's dynamic variation [A]. 6th IFAC Sym. on Identification and System Parameter Estimation [C], Arlington, Virginia, USA, 1982, 719 - 723

- [4] Menna G and Patrao P. Area traffic control: A decentralized approach [A]. Proc. European Conf. on Applied Information Technology of IFIP [C]. London, 1979, 303 - 311
- [5] Mavleod C J and McCartney. Multi-level control of road traffic networks using microprocessors [J]. Trends on on-Line Computer Control System [M]. New Jersey: Piscataway, 1979, 126 - 131
- [6] Zhou P and Shi Zh K. A new control method of urban traffic [D]. Xi'an: North Polytechnic University, 1998
- [7] Liu Y and Kong L S. Non-numerical Algorithm-The Genetic Algorithm Part II [M]. Beijing: Science Press, 2000
- [8] Ding C M and Liu C S and Liu H. Discussions on some issues in ge-

netic algorithm [J]. Information and Control, 1997, 26(1): 40 - 47

### 本文作者简介

**周 鹏** 1974 年生, 硕士研究生, 研究兴趣为智能控制、智能优化理论及其在空中交通流量管理、城市交通网络优化控制中的应用。

Email: zkesu@nwpu.edu.cn

**史忠科** 1956 年生, 毕业于西北工业大学, 获博士学位, 现为西北工业大学自动控制系教授, 博士生导师, 目前的研究领域为: 估计、辨识方法, 鲁棒控制, 智能控制, 交通控制等。

**陈小锋** 1974 年生, 在读博士研究生, 研究兴趣为计算机控制、智能控制及其在城市交通网络信号控制中的应用。

### (上接第 214 页)

- [8] Glorieux P. Control of chaos in lasers by feedback and nonfeedback methods [J]. Int. J. Bifu. Chaos, 1998, 8(9): 1749 - 1758
- [9] Tian Y P and Yu X. Adaptive control of chaotic dynamical systems using invariant manifold approach [J]. IEEE Trans. Circ. Syst., 2000, 47(10): 1537 - 542
- [10] Ge S S, Wang C and Lee T H. Adaptive backstepping control of a class of chaotic systems [J]. Int. J. Bifu. Chaos, 2000, 10(5): 1149 - 1158
- [11] Chen G and Yu X. On time-delayed feedback control of chaotic systems [J]. IEEE Trans. Circ. Syst., 1999, 46(6): 767 - 775

### 本文作者简介

**关新平** 见本刊 2002 年第 1 期第 130 页。 Email: xpguan@ysu.edu.cn

**范正平** 1977 年生, 现为燕山大学控制理论与控制工程专业硕士研究生, 主要研究方向为混沌系统的控制及其应用。

**龙承念** 1978 年生, 现为燕山大学控制理论与控制工程专业硕士研究生, 主要研究方向为时滞系统的鲁棒控制, ATM 网络拥塞控制等。

**王益群** 1938 年生, 教授, 博士生导师, 已在国内外重要学术期刊及会议上发表论文 40 余篇, 目前的主要研究方向为混沌系统的参数辨识, 机械系统的故障诊断, 液压系统的控制等。