

文章编号: 1001-0920(2012)03-0436-05

基于混合 Gamma 分布的交叉口感应控制延误模型

丁 恒^a, 陈无畏^b, 张卫华^a, 郑小燕^a

(合肥工业大学 a. 交通运输工程学院, b. 机械与汽车工程学院, 合肥 230009)

摘要: 为适应交叉口多态特征交通流, 采用期望最大化算法, 选取稠密性混合 Gamma 分布函数, 准确拟合交叉口到达车头时距, 统计交叉口进口到达交通量概率. 以两相位全感应控制交叉口为例, 根据交通量统计概率和信号相位状态获得每相位最大排队长度, 并由此提出交叉口感应控制延误模型. 在混合 Gamma 分布拟合精度不低于 95% 条件下的计算实例表明, 基于混合 Gamma 分布的感应控制延误与实际结果更为吻合.

关键词: 延误模型; 混合 Gamma 分布; 多态交通流; 感应控制

中图分类号: U491.4

文献标识码: A

Intersection inductive control delay model based on mixture Gamma distribution

DING Heng^a, CHEN Wu-wei^b, ZHANG Wei-hua^a, ZHENG Xiao-yan^a

(a. School of Transportation Engineering, b. School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China. Correspondent: DING Heng, E-mail: dh801101@163.com)

Abstract: For adapting to the multistate characteristics of the intersection traffic flow, the intersection arrival headway is accurately fitted by using the expectation maximization algorithm and the dense mixture Gamma distribution function, and the probabilities of arrival traffic volume at intersection entrance are counted. Taking a two-phase full-actuated controlled intersection as the example, the maximum queue length of each phase can be obtained on the basis of statistics probabilities of traffic volume and states of signal phase. In this case, the delay model of actuated controlled intersection is proposed. Example calculation shows that, under the condition of the fitting accuracy of mixture Gamma distribution beyond 95%, the actuated control delay based on mixture Gamma distribution is more consistent with actual results.

Key words: delay model; mixture Gamma distribution; multistate traffic flow; inductive control

1 引言

延误是评价交叉口信号控制方案优劣的重要指标, 是划分交叉口服务水平的重要依据, 如当前普遍采用的 Webster-Cobber 理论^[1], 运用排队论并借助计算机模拟与实验研究, 建立 Webster 延误模型并以此作为评价标准选取定时信号控制最佳周期. 文献 [2-3] 研究了定时控制条件下均衡到达车流的延误模型. 考虑交叉口到达交通流量的变化情况, 文献 [4-6] 进一步运用负指数分布等单一分布模型研究了感应控制条件下交叉口延误模型及评价方法. 交叉口交通流在较短时间内由于受驾驶技术、交通组成、信号控制、交通管理、交通环境等因素影响呈多态特征^[7], 单一分布模型无法准确拟合多态交通流特征参数, 当然根据单一分布拟合的概率统计分布展开多态交通条

件下信号交叉口延误会存在较大误差. 另外, 部分学者对交通流进行分类, 使用不同的特征参数描述交通流到达统计分布特性, 如文献 [8-10] 运用部分特征参数可调的有限组合分布模型对不同特征交通流条件下通行能力进行分析, 但尚未针对多态交通感应控制进行研究.

本文通过分析已有拟合方法的不足, 结合混合 Gamma 分布稠密性, 即对于任何非负随机变量总可以找到适当混合 Gamma 分布在任何精度下对其拟合的特性, 提出多态交通流条件下车头时距拟合方法. 感应控制是多态交通条件下较为有效的控制方式, 因此根据混合 Gamma 分布分析了交通量统计概率, 并由此提出了感应控制延误模型.

收稿日期: 2010-10-08; 修回日期: 2011-03-12.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70771036, 71071044, 51178158); 安徽省自然科学基金项目(11040606Q39).

作者简介: 丁恒(1980—), 男, 讲师, 博士生, 从事交通控制与管理的研究; 陈无畏(1951—), 男, 教授, 博士生导师, 从事 ITS 智能控制等研究.

2 车头时距统计多态分布特性

车头时距分布是交通流的重要统计参数, 根据不同交通流量和统计特性, 现有描述车头时距的概率模型主要有: 1) 负指数分布: 描述车辆到达具有较高随机性, 密度低时的单列车流车头时距. 2) 移位负指数分布: 描述车流量低, 不能超车的单列车流车头时距. 3) M3 分布: 描述交通较为拥挤, 部分车辆成车队状态时采用. 4) Erlang 分布: 根据交通量大小和拥挤程度选取对应参数值描述交通流.

针对随机性强的交通系统, 若短时间内交通流呈现随机、连续、拥挤混合多态特性时, 用上述拟合函数描述车头时距就比较欠缺, 需建立描述车头时距特性的组合函数. 而混合 Gamma 稠密特性^[11], 对车头时距数据拟合方面具有较好的适应性.

3 混合 Gamma 分布及其稠密性

3.1 混合 Gamma 分布

Gamma 分布在许多领域有着广泛的应用, 其分布概率密度函数为

$$f(t) = \frac{\lambda^r t^{r-1} e^{-\lambda t}}{\Gamma(r)}. \quad (1)$$

其中: λ 为尺度参数, r 为形状参数, 且两者均为正实数; $\Gamma(r)$ 为 Gamma 函数.

混合 Gamma 分布由若干个 Gamma 分布按照给定比例混合而成, N 分支混合 Gamma 分布的概率密度函数为

$$f(t) = \sum_{i=1}^N a_i \frac{\lambda_i^{r_i} t^{r_i-1} e^{-\lambda_i t}}{\Gamma(r_i)}. \quad (2)$$

其中: a_i 为第 i 个 Gamma 分布分支的混合比, 且满足 $\sum_{i=1}^N a_i = 1$. 当 $N \rightarrow \infty$ 时, 式 (2) 称为无限混合 Gamma 分布. 若参数 a_i 服从某种分布, 则又可称为该种分布的混合 Gamma 分布^[12].

3.2 混合 Gamma 分布稠密性

由文献 [13] 可知, 有限混合 Erlang 分布在 $[0, +\infty)$ 上的全体分布函数中稠密. 当混合 Gamma 分布形状参数 $r_i (i = 1, 2, \dots, N)$ 取整时, 混合 Gamma 分布即调整为混合 Erlang 分布, 显然混合 Erlang 分布是混合 Gamma 分布的一个子集, 因此有限混合 Gamma 分布在 $[0, +\infty)$ 上的全体分布函数中稠密.

混合 Gamma 分布连续参数选取空间比混合 Erlang 分布离散参数更为自由, 在给定精度条件下拟合车头时距可有效降低混合分支数 a_i , 因此选用混合 Gamma 分布作为拟合函数.

3.3 混合 Gamma 分布的车头时距拟合

采用混合 Gamma 分布拟合交通流特征参数较为准确, 但由于混合 Gamma 分布概率密度函数较为复

杂, 相应也增加了拟合的计算时间. 文献 [14] 给出了混合 Gamma 分布分支数的控制策略, 根据期望最大化算法, 有混合分布

$$f(t) = \sum_{i=1}^N a_i p_i(t|\theta_i). \quad (3)$$

其中: a_i 为第 i 个分支分布的混合比; p_i 为第 i 个分支分布函数; θ_i 为将被估计的参数. 完全数据集 $z = (x, y)$ 包括两部分: 观测数据 x 和未观测数据 y , $z = (x, y)$ 和 x 分别称为完整数据和不完整数据. 设 $\theta_1^g = \{(a_i^g, \lambda_i^g, r_i^g), i = 1, 2, \dots, N\}$ 为期望最大化算法上一次迭代得到的参数值, $\theta = \{(a_i, \lambda_i, r_i), i = 1, 2, \dots, N\}$ 为需要计算混合分布的新参数值, 则定义在混合 Gamma 分布拟合条件下式 (3) 所表示的混合分布期望最大化算法对数似然函数

$$Q(\theta, \theta^g) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n [\ln(a_i p_i(t_j|\theta_i))] p(i|t_j, \theta^g) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n \ln \left[a_i \frac{\lambda_i^{r_i} t_j^{r_i-1} e^{-\lambda_i t_j}}{\Gamma(r_i)} \right] \frac{a_i \frac{\lambda_i^{r_i} t_j^{r_i-1} e^{-\lambda_i t_j}}{\Gamma(r_i)}}{\sum_{i=1}^N a_i \frac{\lambda_i^{r_i} t_j^{r_i-1} e^{-\lambda_i t_j}}{\Gamma(r_i)}}. \quad (4)$$

其中: n 为样本数, N 为混合 Gamma 分布的分支数. θ 的最大似然估计是由求不完整数据 x 的对数似然函数的最大值得到的. 期望最大化算法包括两个步骤: 由 E 步和 M 步组成, E 步计算完整数据的对数似然函数的期望; M 步通过最大化 $Q(\theta, \theta^g)$ 来获得新的 θ , 通过迭代最大化完整数据的对数似然函数的期望来最大化不完整数据的对数似然函数^[15].

4 信号感应控制延误模型

4.1 进口车道机动车数量到达概率分布

假设受同一相位控制的交通量最大的进口车道, 即临界车道车头时距分别为 h_1, h_2, \dots , 并且其服从式 (2) 所示的概率密度函数为 $f(t)$ 的混合 Gamma 分布, 令 $\tau_1 = h_1, \tau_2 = \tau_1 + h_2, \dots, \tau_i = \tau_{i-1} + h_i, \dots$, 则 $\tau_n (n = 1, 2, \dots)$ 表示车辆到达交叉口进口车道的时刻. 若 $N(t)$ 表示 $[0, t)$ 时间段进入临界车道的车辆数, 即

$$N(t) = \sup\{n | h_1 + h_1 + \dots + h_n \leq t\}, \quad (5)$$

显然 $\{N(t), t \geq 0\}$ 是一更新过程, 有 n 辆车到达的概率为

$$P(N(t) = n) = P(N(t) \geq n) - P(N(t) \geq n+1) = P(\tau_n \leq t) - P(\tau_{n+1} \leq t) = F_n(t) - F_{n+1}(t), \quad (6)$$

其中 $F_n(t)$ 是 h_1, h_2, \dots 分布函数 $F(t)$ 的 n 重卷积. 根据卷积性质可知

$$F_n(t) = \ell[F(t) * F(t) * \dots * F(t)] = \ell^{-1}[F(s)]^n = \ell^{-1} \left[\int_0^{+\infty} e^{-st} \int_0^t \sum_{i=1}^N a_i \frac{\lambda_i^{r_i} t^{r_i-1} e^{-\lambda_i x}}{\Gamma(r_i)} dx ds \right]^n, \quad (7)$$

其中 $F(s)$ 为 $F(t)$ 的拉普拉斯变换. 由于式 (7) 的计算较为繁杂, 为了便于快速计算, 假设混合 Gamma 分布函数各分量函数拟合的车头时距分量值相互独立, 则临界车道车头时距 h 的第 i 分量 $\tau_{(n,i)}$ 概率密度函数和分布函数分别为

$$f_{\tau_{(n,i)}}(t) = \frac{\lambda_i^{nr_i} t^{nr_i-1} e^{-\lambda_i t}}{\Gamma(nr_i)}, \quad (8)$$

$$F_{\tau_{(n,i)}}(t) = \int_0^t f_{\tau_{(n,i)}}(x) dx = \frac{\lambda_i^{nr_i}}{\Gamma(nr_i)} \int_0^t x^{nr_i-1} e^{-\lambda_i x} dx = 1 - e^{-\lambda_i t} \sum_{j=0}^{nr_i-1} \frac{(\lambda_i t)^j}{j!}, \quad (9)$$

$$F_{\tau_n}(t) = \sum_{i=1}^N a_i F_{\tau_{(n,i)}}(t) = \sum_{i=1}^N a_i \left(1 - e^{-\lambda_i t} \sum_{j=0}^{nr_i-1} \frac{(\lambda_i t)^j}{j!} \right), \quad (10)$$

则 t 时间段内有 n 辆车到达的概率为

$$P(N(t) = n) = F_n(t) - F_{n+1}(t) = \sum_{i=1}^N a_i e^{-\lambda_i t} \sum_{j=n\gamma_i}^{nr_i+\gamma_i-1} \frac{(\lambda_i t)^j}{j!}, \quad i = 1, 2, \dots \quad (11)$$

4.2 感应信号控制延误模型

交叉口控制方式为全感应控制, 假设交叉口感应信号控制方案设置两个相位(多相位类似), 交通量在同一流向进口车道到达量分布均匀, 并且在执行相位绿灯过程中排队的机动车辆以饱和流量通过停车线. 假定两个相位绿灯损失时间同为 L_s , 第 1 相位通行方向小时交通流量为 q_1 , 饱和流量为 S_1 ; 第 2 相位通行方向小时交通流量为 q_2 , 饱和流量为 S_2 . 感应控制方案执行到第 n 个周期时, 周期时长为 C_n , 第 1 相位绿灯时长为 $G_{(n,1)}$, 红灯时长为 $R_{(n,1)}$, 有效绿灯时间为 $G_{e(n,1)}$; 第 2 相位绿灯时长为 $G_{(n,2)}$, 红灯时长为 $R_{(n,2)}$, 有效绿灯时间为 $G_{e(n,2)}$. 上述交通量单位

为辆/h, 时间单位为 s. 交叉口不同周期两个相位机动车停车排队长度变化如图 1 所示. 第 n 周期第 1 相位有效绿灯执行时该方向到达 m 辆车的概率为

$$P(N_{(n,1)}(t) = m) = \sum_{i=1}^N a_i e^{-\lambda_i (R_{(n-1,1)} + L_s)} \sum_{j=mr_i}^{mr_i+r_i-1} \frac{(\lambda_i (R_{(n-1,1)} + L_s))^j}{j!}. \quad (12)$$

绿灯亮后排队消失时长即有效绿灯时间为

$$G_{e(n,1)} = 3600m / (S_1 - q_1). \quad (13)$$

采用平均到达率计算通过的交通量不影响最终每辆车平均延误结果, 故第 n 周期第 1 相位通过交通量可表示为

$$\bar{q}_{(n,1)} = (R_{(n-1,1)} + L_s + G_{e(n,1)}) q_1 / 3600; \quad (14)$$

第 n 周期第 1 相位总延误为

$$D_{(n,1)} = 0.5m(R_{(n-1,1)} + L_s + G_{e(n,1)}). \quad (15)$$

则第 n 周期第一相位平均延误为

$$d_{(n,1)} = D_{(n,1)} / \bar{q}_{(n,1)} = 1800m / q_1. \quad (16)$$

$d_{(n,1)}$ 的数学期望为

$$E(d_{(n,1)}) = \sum_{m=1}^{\infty} P(N_{(n,1)}(t) = m) \cdot d_{(n,1)} = \frac{1800}{q_1} \sum_{m=1}^{\infty} P(N_{(n,1)}(t) = m) \cdot m. \quad (17)$$

同理, 第 n 周期第 2 相位平均延误为

$$E(d_{(n,2)}) = \sum_{m=1}^{\infty} P(N_{(n,2)}(t) = m) \cdot d_{(n,2)} = \frac{1800}{q_2} \sum_{m=1}^{\infty} P(N_{(n,2)}(t) = m) \cdot m. \quad (18)$$

则 1 小时统计第 n 周期交叉口平均延误为

$$\bar{d} = \left[q_1 \sum_{i=1}^n E(d_{(n,1)}) + q_2 \sum_{i=1}^n E(d_{(n,2)}) \right] / (q_1 + q_2) = \frac{1800}{q_1 + q_2} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} P(N_{(n,1)}(t) = m) \cdot m + \sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^{\infty} P(N_{(n,2)}(t) = m) \cdot m \right]. \quad (19)$$

显然交叉口平均延误与式 (14) 采用平均到达率无关.

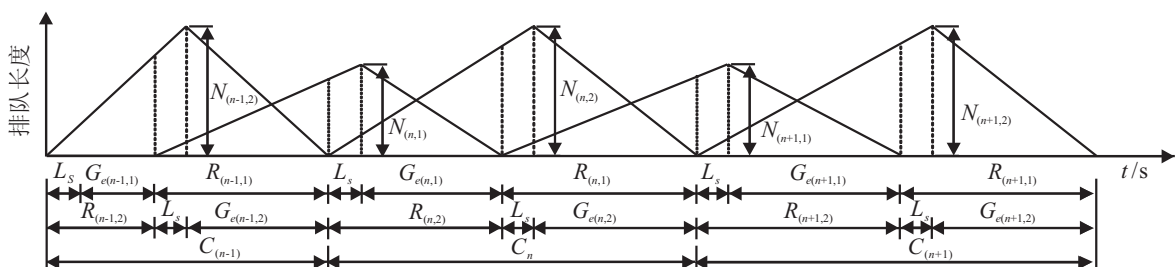


图 1 交叉口排队长度分布

5 模型应用

以某市黄山路与天智路交叉口为例. 交叉口采用全感应控制, 东西方向黄山路双向8车道, 南北方向天智路双向4车道. 通过调查交叉口平均每相位启动损失时间 $L_s = 2.3\text{ s}$, 无全红时间. 通过多时段抽

样调查, 交叉口平均饱和度和交通量如表1所示. 为了控制计算复杂程度, 在拟合车头时距过程时, 控制混合 Gamma 分布中分支 a 的数量不高于6个, 并尽量合并形状参数 r 较为接近的分布函数, 拟合精度不低于95%的条件下, 按照期望最大化算法进行计算, 具体拟合分布参数结果如表1所示.

表1 交叉口交通量及混合 Gamma 分布拟合参数

交叉口饱和度	东西方向双向交通量/(pcu/h)	东西方向混合 Gamma 分布拟合参数			南北方向双向交通量/(pcu/h)	南北方向混合 Gamma 分布拟合参数		
		a_i	r_i	λ_i		a_i	r_i	λ_i
0.17	1050	0.7042	1.0000	0.5750	387	0.6895	1.0000	0.5500
		0.1289	2.4450	0.6581		0.1470	2.1869	0.6402
		0.1669	3.2894	0.6674		0.1635	3.5500	0.4359
0.23	1360	0.7133	1.3580	0.5502	528	0.6760	1.1472	0.5712
		0.1422	2.7918	0.6259		0.2475	2.8800	0.5737
		0.1445	3.7367	0.4923		0.0765	4.1363	0.4675
0.34	1899	0.6717	1.2400	0.5060	804	0.7124	1.3959	0.5944
		0.3204	3.3330	0.6328		0.1750	2.5826	0.6412
		0.0079	4.2880	0.4355		0.1126	3.3786	0.5630
0.42	2432	0.6354	1.2500	0.5338	967	0.4866	1.4366	0.5743
		0.2295	3.6873	0.6934		0.3235	2.5805	0.6292
		0.1351	4.7811	0.5524		0.1899	3.8141	0.5980
0.55	3082	0.7597	2.2052	0.6605	1310	0.6179	1.8069	0.5576
		0.1094	3.4504	0.5474		0.2015	2.4657	0.7471
		0.1309	4.6779	0.6312		0.1806	3.9899	0.5109
0.63	3740	0.5151	2.3460	0.6880	1460	0.1432	1.2338	0.5965
		0.3148	3.5443	0.5746		0.5837	2.9880	0.6063
		0.1272	4.3455	0.8211		0.1627	3.6854	0.5356
		0.0429	5.5868	0.5575		0.1104	5.5455	0.6136

为了便于比较, 选用文献[1]提出的较适用在饱和度低于0.7条件下的 Webster 延误模型, 分别对不同饱和度条件下延误水平进行计算. 此外, 根据混合 Gamma 延误模型计算延误, 计算结果及实际调查延误分布如图2所示.

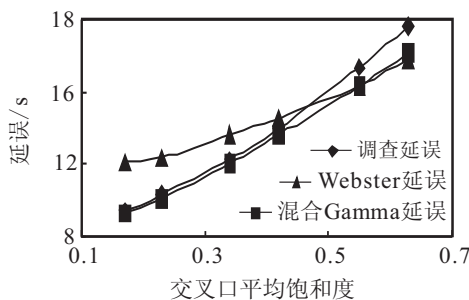


图2 模型计算与调查延误分布

Webster 延误模型与实际平均延误相对误差为14%, 混合 Gamma 模型延误计算结果平均相对误差为3%, 显然混合 Gamma 模型计算延误与实际调查延误较为接近, 并且相对误差均在5%以内. 随着交叉口交通量的增加, 由于受非机动车和行人过街影响因素的增加, 混合 Gamma 延误模型与实际调查延误

误差也有所增加, 如图3所示, 但绝对误差仍然低于 Webster 延误模型. 可见, 基于混合 Gamma 分布的理论延误分布模型与实际延误(扣除行人、非机动车因素影响)较为相符.

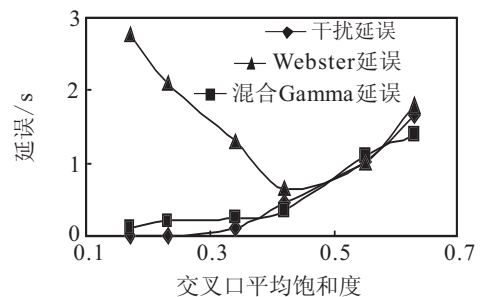


图3 行人非机动车干扰与模型误差延误分布

6 结论

受交通流组成、管理及运营条件干扰, 交通流特征参数统计分布较为复杂, 如何给出交叉口延误模型较为困难. 针对多态交通条件下的感应信号控制交叉口, 本文提出了混合 Gamma 概率分布的延误模型. 该模型对于交通流统计参数即车头时距分布特殊的感应信号控制交叉口有较高的适应性, 研究结果表明:

1) 一定拟合精度条件下, 可有效控制混合 Gamma 分布分支参数 a 的数量来描述多态交通流车头时距分布。

2) 在有序交通条件下, 以多态交通流车头时距拟合混合 Gamma 分布函数推导交通流到达统计概率, 并以此为基础推导的感应信号控制延误模型接近实际延误水平。

3) 随交通量增加, 在信号控制执行过程中非机动车及行人违章影响混合 Gamma 分布模型的计算延误与实际延误误差, 影响因素未能在模型中体现, 有待进一步研究。

参考文献(References)

- [1] Allop R E. Delay at a fixed time traffic signal: Theoretical analysis[J]. *Trans on Science*, 1972, 6(3): 260-285.
- [2] Sosin J A. Delays at intersections controlled by fixed-cycle traffic signals[J]. *Traffic Engineering and Control*, 1980, 21(8/9): 407-413.
- [3] 刘广萍, 裴玉龙. 信号控制下交叉口延误计算方法研究[J]. *中国公路学报*, 2005, 18(1): 104-108.
(Liu G P, Pei Y L. Study of calculation method of intersection delay under signal control[J]. *China J of Highway and Transport*, 2005, 18(1): 104-108.)
- [4] Pitu B M, Ning Z. Queuing models for analysis of traffic adaptive signal control[J]. *IEEE Trans on Intelligent Transportation Systems*, 2007, 8(1): 50-59.
- [5] Mazloumi E, Moridpour S, Mohsenian H. Delay function for signalized intersections in traffic assignment models[J]. *J of Urban Planning and Development*, 2010, 136(1): 67-74.
- [6] Peng Y M, Yang A M, Liu C F. The research of random delayed time minimum model on designing traffic circle[C]. *The 2nd Int Conf on Modeling and Simulation*. Manchester, 2009: 8-11
- [7] 郑小燕, 丁恒, 刘拥辉, 等. 基于 Monte-Carlo 算法的交通流仿真[J]. *合肥工业大学学报: 自然科学版*, 2009, 31(9): 1374-1377.
(Zheng X Y, Ding H, Liu Y H, et al. Traffic flow simulation based on Monte-Carlo algorithm[J]. *J of Hefei University of Technology: Natural Science Edition*, 2009, 31(9): 1374-1377.)
- [8] 谢军, 严宝杰, 张生瑞. 城市环形交叉口通行能力理论模型[J]. *长安大学学报: 自然科学版*, 2007, 27(4): 75-78.
(Xie J, Yan B J, Zhang S R. Theory model of circular intersection traffic capacity in urban[J]. *J of Chang'an University: Natural Science Edition*, 2007, 27(4): 75-78.)
- [9] 赵春, 王炜, 李文权. 主路不同流量条件下入口匝道通行能力研究[J]. *公路交通科技*, 2005, 22(2): 82-85.
(Zhao C, Wang W, Li W Q. On-ramp capacity under different flow rate of major stream[J]. *J of Highway and Transportation Research and Development*, 2005, 22(2): 82-85.)
- [10] 李明, 陆化普, 聂聪. 基于多元伽马分布的通行能力算法研究[J]. *公路工程*, 2009, 34(4): 136-140.
(Li M, Lu H P, Nie C. Urban road capacity algorithm based on multi-variant Gamma distribution[J]. *Highway Engineering*, 2009, 34(4): 136-140.)
- [11] Zaman M R, Roy M K, Akhter N. Chi-square mixture of Gamma distribution[J]. *J of Applied Science*, 2005, 5(9): 1632-1635.
- [12] Zaart A E, Ziou D, Wang S R, et al. SAR images segmentation using mixture of Gamma distribution[C]. *Vision Interface*. Trois-Riveieres, 1999: 125-130.
- [13] 黄卓, 潘晓, 林波, 等. 有限混合 Gamma 分布的拓扑稠密性证明[J]. *数学的实践与认识*, 2007, 37(12): 103-108.
(Huang Z, Pan X, Lin B, et al. The denseness proof of Gamma mixtures[J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2007, 37(12): 103-108.)
- [14] 黄卓, 李苏军, 郭波. 基于混合 Gamma 分布的通用可靠性寿命数据拟合方法[J]. *航空学报*, 2008, 29(2): 379-386.
(Huang Z, Li S J, Guo B. General reliability life data fit method based on mixture of Gamma distributions[J]. *Acta Aeronautica et Astronautica Sinica*. 2008, 29(2): 379-386.)
- [15] Wang H X, Hu Z L. On EM estimation for mixture of multivariate-distributions[J]. *Neural Process Letts*, 2009, 30(3): 243-256.

(上接第435页)

- [10] Vojtech Vesely, Danica Rosinova, Martin Foltin. Robust model predictive control design with input constraints[J]. *ISA Trans*, 2010, 49(1): 114-120.
- [11] Vesely V, Bars R. Stable output feedback model predictive control design: LMI approach[J]. *Archives of Control Sciences*, 2008, 18(3): 385-394.