

基于实际诱导效用最大化的可变信息板优化布设新方法

郭义戎, 王晓明, 王 懋, 张 红

(兰州理工大学电气工程与信息工程学院, 甘肃兰州 730050)

摘要:为了合理地对城市交通流进行诱导,在现有诱导效用最大化模型的基础上,提出了一种新的基于实际诱导效用最大化的可变信息板优化布设方法.该方法主要是对原有的效用最大化模型进行改进,通过对可变信息板诱导效用的复杂性进行分析,增加了重复诱导的效用与浪费的效用参与实际效用的计算,并对诱导覆盖率和诱导重复率进行重新定义,最后设计了基于贪婪算法的信息板优化布设的函数求解方法.通过36个路段的网络实例测试,验证了该方法简单有效,可以通过分析交通流的复杂状况对信息板进行优化配置,在区域道路复杂状况和交通需求点相对确定的条件下,提高整个系统的诱导效率,因而更符合实际交通流诱导的需要.

关键词:可变信息板;诱导效用;布局优化函数;贪婪算法;重复诱导的效用

中图分类号: TG156 **文献标识码:** A doi:10.3969/j.issn.0253-2778.2017.04.009

引用格式: 郭义戎, 王晓明, 王懋, 等. 基于实际诱导效用最大化的可变信息板优化布设新方法[J]. 中国科学技术大学学报, 2017, 47(4): 342-349.

GUO Yirong, WANG Xiaoming, WANG Min, et al. A new method for variable message sign layout based on the actual guidance effect maximization[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2017, 47(4): 342-349.

A new method for variable message sign layout based on the actual guidance effect maximization

GUO Yirong, WANG Xiaoming, WANG Min, ZHANG Hong

(College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: In order to induce the urban traffic flow properly, a new optimization layout method for variable message signs based on maximization of the actual guidance effect was proposed. The repeated induction utility and the wasted induction utility were added in the calculation of the actual utility, which improved utility of repeated induction and calculation of the wasteful utility participation in actual utility. This method also redefined inductive coverage rate and inductive repetition rate. Finally, a method of solving the optimum layout function of message sign based on the greedy algorithm was designed. Evidence collected from 36 road segments verify that the method is simple and efficient, and capable of optimizing the allocation of the plate through the analysis of complex situations of traffic flow to increase the inductive efficiency of the whole system. Hence, it is more suitable for the needs of the actual traffic flow guidance.

Key words: variable message sign; guidance effect; layout optimization function; greedy algorithm

收稿日期:2016-08-28;修回日期:2016-12-08

基金项目:甘肃省高校科研项目(2015B-031),甘肃省科技支撑计划(1304GKCA023)资助.

作者简介:郭义戎,男,1982年生,博士生.研究方向:智能交通. E-mail: guo_yirong@163.com

通讯作者:王晓明,教授. E-mail: wangxm@lut.cn

0 引言

先进的交通信息服务系统 (advanced transportation information service system, ATIS)^[1] 是智能交通系统的关键子系统, 通过对交通信息的采集、分析、处理和发布, 出行者能够及时掌握交通动态信息, 合理调整出行计划, 减少交通拥堵。其中, 可变信息板 (variable message signs, VMS) 是交通信息服务系统的重要组成部分, 是解决交通流动态分配问题的有效途径之一, 分布在城市各关键路口的 VMS 能准确地为用户提供实时、有效的动态诱导信息, 并根据这些信息使用户及时规划并调整最佳出行路径, 有效缓解城市交通拥堵, 提高工作效率^[2]。

与不断出现的交通诱导需求相比, 交通诱导资源远远不能满足, VMS 布设方法的研究则较为滞后, 并且尚未形成完善的布点理论体系, 针对智能交通系统中具体的布设工作, 国内外多采用依赖经验的方式对 VMS 进行选点布设。因此, 考虑复杂的实际交通状况, 综合运用相关理论方法, 对 VMS 的布点方式进行合理的优化设计, 使得在有限的 VMS 的情况下, 实现交通诱导效率最大化, 充分辅助出行者, 并且可以减少不必要的硬件投资费用, 有效改善城市交通拥堵现状^[2], 具有很好的现实意义。

1 研究现状

目前, 国内外关于 VMS 布点的研究主要包括 VMS 布设模型的建立^[3-9]、VMS 相关特性的分析^[3-4]、VMS 的样式设计及发布内容的研究等^[10-16]。关于 VMS 的布设模型主要有以下几方面的研究: 成本最小化模型^[9]、VMS 信息效益最大化模型^[3-6]、完全边际模型、灰色决策和模糊决策模型^[8-9]、双层规划模型^[17-19]、元胞传输模型^[20-22]等。

文献^[5-6]在现有的发布信息效益最大化模型基础上提出了基于模糊约束的 VMS 规划优化模型, 模型改进了原有衰减因子, 增加了效益-成本方面的约束条件, 并在约束条件中引入了模糊算子, 但是没有给出具体的模型计算方法。

文献^[2]为进行合理的城市交通流诱导, 在基于提高诱导覆盖率和减小诱导重复率的双重约束条件下, 提出了一种信息板配置优化方法。此方法以分区内被诱导的交通量最大为目标, 建立信息板优化布局函数并进行优化 (本文记作模型 I)。

$$\max Z = \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} q_{ij} \delta_{ij} \quad (1)$$

式中, Z 为被 VMS 诱导的总交通量; q_{ij} 为通过路径 i 到达目的地 j 的交通量; δ_{ij} 为 0-1 变量。

上述文献中, 对于区域内 VMS 诱导的情况分析过于简单, 对相同的交通流, 重复发布相同的交通诱导信息会干扰驾驶者, 造成诱导资源的浪费; 对于将要到达目的地的交通流, 对其发布诱导信息也是多余的。基于上述问题, 本文在区域网络条件和交通需求点分布一定的情况下, 分析区域内交通流的复杂信息需求情况, 提出新的 VMS 优化布局方法, 并设计了贪婪算法对其进行优化求解。

2 VMS 优化方法

2.1 优化思路

VMS 的作用是向驾驶员发布路段交通流信息, 其合理位置应当是使信息板显示尽可能多的后续路段交通流信息, 同时又置于交通流量大的路段, 让尽可能多的驾驶员看到。

图 1^[2] 是对 VMS 诱导规则的说明。图中的路网由交叉口 1 到交叉口 8 及相关路段组成, 有交通需求点 $D_1 \sim D_6$ 。

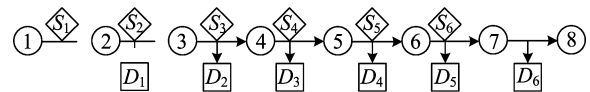


图 1 交通流诱导信息板配置

Fig.1 Traffic flow guidance information board configuration

(I) 由于信息板显示内容的限制, 假定各 VMS 只能显示交叉口之后 2 条路段和需求点的路况信息。例如, 由于 VMS 显示范围限制, S_1 只能显示 D_1 和 D_2 , 路段 2-3, 3-4, 交叉口 2 和 3 的信息, 显示不了 D_3 和交叉口 4; D_3 和交叉口 4 只能被 S_2 和 S_3 显示, 不能被 S_1 显示。

(II) 同一交通流重复发布的相同信息效用为 0。同一交通流在到达目的地的途中, 2 次或 2 次以上看到同样的诱导信息, 忽略其对驾驶员造成的干扰, 认为看到同样的诱导信息为无效信息。

(III) 将要到达目的地的交通流, 发布的交通流信息存在浪费的诱导效应。如到达 D_1 的交通流, S_2 可以显示 D_1 的信息, 但是由于其即将到达目的地, S_2 对 D_1 信息的显示已经不能产生相应的诱导效应, 故认为其对到达 D_1 的交通流产生的诱导效应为无效信息。

(IV) 对同一交通流, 在不同的路段上向其发布

前方不同的路况诱导信息是有效的.对到达 D_6 的交通流,如果诱导板 S_2 与 S_3 同时存在,由于它们各自显示的诱导信息不同,认为它们所产生的诱导效应均有效.

VMS 的布设位置的优化问题,就是在区域路段中,在交通诱导资源有限的情况下,选择合适的布设路段进行组合,使得 VMS 能够对尽可能多的交通流量发布尽可能多的诱导信息.

2.2 优化模型的建立

本文在模型 I 的基础上,基于 2.1 中的诱导优化目标,分析与诱导效益相关的因素,改进信息效益最大化模型,使路网内被诱导的交通流量最大.

(I) 理论上产生的诱导效用

设区域内交通 OD 路径共有 l 条,所有的路段共有 m 条,则向量路径表示为 $w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_l$, 其中, $w_i = (e_i^1, e_i^2, \dots, e_i^j, \dots, e_i^m)$.

$$e_i^j = \begin{cases} 0, & j \text{ 路段不在路径 } i \text{ 上} \\ 1, & j \text{ 路段在路径 } i \text{ 上} \end{cases} \quad (1)$$

用 $q(w_i)$ 表示 w_i 路径上的交通流量,则可以得到交通流量矩阵

$$Q = \begin{pmatrix} q(w_1^1) & \dots & q(w_1^j) & \dots & q(w_1^m) \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ q(w_i^1) & \dots & q(w_i^j) & \dots & q(w_i^m) \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ q(w_l^1) & \dots & q(w_l^j) & \dots & q(w_l^m) \end{pmatrix} \quad (2)$$

路段 j 的流量则为路径流量矩阵的列和,公式表示为 $q(w^j) = \sum_{k=1}^l q(w_k^j)$.

假定区域内有 m 条路段可布设 VMS,当布设的 VMS 点数为 n 时,且同一条路段上布设 2 块及以上 VMS 是无意义的,因此有 $n \leq m$.

当布设的 VMS 为 n 块时,根据 2.1 节的诱导规则分析,认为理论上产生的总的诱导效用为

$$Z_{理论} = 2 \times \sum_{j=1}^m q(w^j) \delta_j, \sum_{j=1}^m \delta_j = n$$

$$n \delta_j = \begin{cases} 0, & \text{在 } j \text{ 路段上不设立 VMS} \\ 1, & \text{在 } j \text{ 路段上设立 VMS} \end{cases} \quad (3)$$

(II) 重复的诱导效用

考虑到在实际的交通运行中,有部分车辆在到达目的地的途中,在不同的路段被重复诱导发布相同的诱导信息,称此部分诱导信息为重复的诱导信息,产生重复的 VMS 诱导效用.

如图 1,关注 S_2 与 S_3 发布的信息, S_2 发布的信

息见图 2(a), S_3 发布的信息见图 2(b),可以看到 S_2 发布了交叉口 3,4,交通需求点 D_2, D_3 的信息;而 S_3 发布了交叉口 4,5,交通需求点 D_3, D_4 的信息,它们都发布了交叉口 4 与交通需求点 D_3 的信息.既能被 S_2 诱导,又能被 S_3 诱导的交通流量即同时经过 2-3 路段与 3-4 路段的交通流,命名为 $q(w(2-3-4))$. 对于此部分交通流,交叉口 4 与交通需求点 D_3 的信息重复诱导,占 S_2 或者 S_3 发布的信息的一半.即重复诱导的 VMS 效用为 $Z_{重复} = q(w(2-3-4))$.

当放置 n 个 VMS,假定所要放置的路段为 $w_{k_1}, w_{k_2}, \dots, w_{k_n}$,对于任意的两个路段 w_{k_s} 与 w_{k_t} ,设它们的起始顶点与结束顶点分别为 $(P_s^{起始}, P_s^{结束}), (P_t^{起始}, P_t^{结束})$. 如果存在 $P_t^{起始} = P_s^{结束}$,或者 $P_s^{起始} = P_t^{结束}$,那么交通流 $q(w(P_s^{起始} - P_s^{结束} - P_t^{起始} - P_t^{结束}))$ 或者交通流 $q(w(P_t^{起始} - P_t^{结束} - P_s^{起始} - P_s^{结束}))$ 即为重复诱导,其产生的重复诱导的 VMS 效用即为 $Z_{重复} = q(w(P_s^{起始} - P_s^{结束} - P_t^{起始} - P_t^{结束}))$,或者 $Z_{重复} = q(w(P_t^{起始} - P_t^{结束} - P_s^{起始} - P_s^{结束}))$.

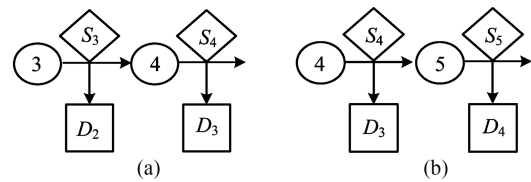


图 2 S_2 与 S_3 发布的诱导信息

Fig.2 Guidance information released by S_2 and S_3

(III) 浪费的诱导效用

在实际的交通运行中,当有部分车辆在即将到达目的地,或者很快就要到达目的地,此时发布的交通流信息对车辆的影响将会减弱.这种情况下,对将要到达目的地的车辆的诱导将会产生浪费的 VMS 诱导效用.

如图 1,如果在 S_4 上发布诱导信息,对于以目的地为 D_3 的交通流量,将会不产生任何效用,其浪费的效用为 $2 \times q(w(4-D_3))$.此浪费的效用且命名为一级浪费.

如果在 S_3 上发布诱导信息,对于目的地为 D_3 的交通流量,因为有效信息为交叉口后一个路段的交通信息,则对于此种交通流量,也会产生浪费的效用,为 $q(w(4-D_3))$.此浪费的效用且命名为二级浪费.

当放置 n 个 VMS,假定所要放置的路段为 $w_{k_1}, w_{k_2}, \dots, w_{k_n}$,对于任意的路段 w_{k_s} ,设它的起始顶点与结束顶点分别为 $(P_s^{起始}, P_s^{结束})$. 如果 $P_s^{结束}$

正好为某一交通流的吸收点,那么对于被吸收的交通流,当前的 VMS 会产生一级浪费,不会产生诱导效用.如果 $P_s^{结束}$ 的某个相邻结点 P_t 正好为某一交通流的吸收点,则通过 $P_s^{开始}$, $P_s^{结束}$ 与 P_t 且被吸收的交通流大小为 $q(\omega(P_s^{开始} - P_s^{结束} - P_t))$,则对于此交通流,当前的 VMS 会产生二级浪费,浪费的诱导效用的大小为 $Z_{浪费} = q(\omega(P_s^{开始} - P_s^{结束} - P_t))$.

(IV) 实际 VMS 诱导效用

通过分析,对于一个区域内的交通流,其 VMS 产生的实际效用为 $Z_{实际} = Z_{理论} - Z_{重复} - Z_{浪费}$.

基于实际诱导效用最大化的 VMS 效用最大化模型就是找到一个合适的布设路段组合,使 $Z_{实际}$ 最大,即在求解的区域内如何进行 VMS 的组合优化,得到 $\max Z_{实际}$.

2.3 贪婪算法的优化步骤

通常采用穷举法求解简单的组合优化问题,但是复杂的问题将会成倍增大搜索空间,使求解效率急剧下降,有时甚至不能得到一个精确的优化解.对于 m 个路段布设 n 个 VMS,共有 A_m^n 种组合.城市的道路网络复杂,可布设 VMS 的路段数多,求解的复杂度大,因此有必要寻求一种有效减少计算量的优化求解算法.

贪婪算法是可能通过一系列的局部最优的选择求解整体最优.用贪婪算法设计的特点是逐步进行的,通常以当前状态为基础和依据,自上而下以迭代的方式相继作出贪心选择,每一次贪心选择就是将所求问题解化为一个规模更小的子问题,通过一步一步的贪心选择,最终可获得问题的最优解^[23-24].

针对本文的模型,使用贪婪算法的思想,设计 n 个 VMS 的最优组合的求解步骤如下:

(I) 路径流量与路段流量的求解.根据区域内的 OD 得到各交通流分配、路径流量矩阵,求出各路段通过的交通流量.

(II) 将路段按路段流量从大到小排序为 $w_{c_1}, w_{c_2}, \dots, w_{c_m}$.

(III) 设计第 1 个 VMS 的布设方法. $Z_{理论}(w_{c_1}), Z_{理论}(w_{c_2}), \dots, Z_{理论}(w_{c_m})$ 为从大到小的递减序列.求 $Z_{实际}(w_{c_1})$.如果 $Z_{实际}(w_{c_1})$ 中有浪费的效用存在,则继续求 $Z_{实际}(w_{c_2}), Z_{实际}(w_{c_3}), \dots$,直到 $Z_{实际}(w_{c_i})$ 没有效用浪费.比较 $Z_{实际}(w_{c_1}), Z_{实际}(w_{c_2}), \dots, Z_{实际}(w_{c_i})$,最大的路段即为设置第 1 个 VMS 的路段.实际上,在 1 个 VMS 布设中,一般只要求(I)步到(II)步就可以求出最佳设置路段 $w_{c_{z_1}}$.

(IV) 设计第 2 个 VMS 的布设方法.在求出 1 个 VMS 最佳布设路段 $w_{c_{z_1}}$ 的基础上,增加 1 个路段.增加的时候,在原路段排序中,去除已经选取的路段 $w_{c_{z_1}}$,变成新的从大到小递减的序列 $w_{c_1}, w_{c_2}, \dots, w_{c_{m-1}}$.从新序列的第一个元素开始,以大到小的顺序进行组合计算,分别计算 $Z_{实际}(w_{c_{z_1}}, w_{c_1}), Z_{实际}(w_{c_{z_1}}, w_{c_2}), Z_{实际}(w_{c_{z_1}}, w_{c_3}), \dots$,直到没有浪费的效用存在,或者直到某个组合的理论效用小于前面计算出的某个组合的实际效用,比较 $Z_{实际}(w_{c_{z_1}}, w_{c_1}), Z_{实际}(w_{c_{z_1}}, w_{c_2}), \dots$,最大的路段即为布设第 2 个 VMS 的路段 $w_{c_{z_2}}$,2 个 VMS 的布设最佳组合为 $(w_{c_{z_1}}, w_{c_{z_2}})$.

(V) 设计 n 个 VMS 的布设方法.在 $n-1$ 个最佳布设路段 $(w_{c_{z_1}}, w_{c_{z_2}}, \dots, w_{c_{z_{n-1}}})$ 的基础上,增加 1 个路段.增加的方法与(IV)相同.

2.4 评价指标的建立

理论上,随着 VMS 布设点位的增加,其交通诱导的效用将逐步增加.通过前面的分析可知,随着 VMS 数量的增加,也会不可避免地出现重复诱导与浪费的效用,因此不可能也没有必要在每条道路上均布设 VMS.接下来探讨 VMS 的评价的建立.本文引入 2 个评价指标来评价 VMS 的诱导效率.

(I) 诱导覆盖率布设 n 块 VMS 时,实际产生的诱导效用与总的区域内需要的诱导效用的比值,从交通效用表示了 VMS 在道路网络上的覆盖范围及服务水平,用 K 表示.总的区域内需要的诱导效用为

$$\left. \begin{aligned} Z_{区域} &= \sum_{\text{路径数}} \frac{(\text{路径上的路段数} - 1)}{2} \times \text{路径上的交通流量} \times 2 = \\ &= \sum_{i=1}^l ((\sum_{j=1}^m e_i^j - 1) \times q(\omega^j)) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$K = \frac{Z_{有效}}{Z_{区域}}, K \leq 1$$

(II) 诱导重复率.VMS 布设路段,重复的诱导效用和理论上应该产生的诱导效用之比.从经济效益上反映了 VMS 的使用效率和对交通量重复诱导的影响,用 η 表示,则

$$\eta = \frac{Z_{重复}}{Z_{理论}}, \eta < 1 \quad (5)$$

3 算例分析

3.1 算例数据

本文算例为兰州市城关区的路网,如图 3 所示.

共有 15 个节点,36 个路段,路段上所标数字,前面为路段编号,后面为阻抗值。

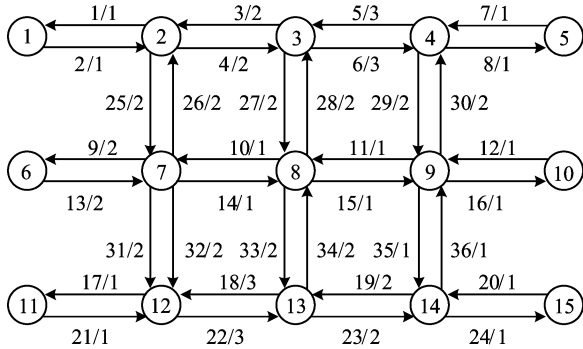


图 3 算例路网

Fig.3 Example network

设网络中各段路径的交通流起点与终点均为节点 1,5,6,10,11,15,且另命名为节点 A,B,C,D,E,F,根据调查得到的各交通需求点 OD 矩阵,采用最短路径法分配到各路段上后,得到交通量分配的路径,如表 1 所示。

表 1 交通量分布

Tab.1 Traffic distribution

编号	起终点	交通量	分配路径	路段数
ω_1	A-B	100	2,25,9	3
ω_2	A-C	60	2,25,31,17	4
ω_3	A-D	80	2,4,6,8	4
ω_4	A-E	30	2,25,12,14,16	5
ω_5	A-F	70	2,25,12,14,35,24	6
ω_6	B-A	60	10,26,1	3
ω_7	B-C	40	10,31,17	3
ω_8	B-D	90	10,12,14,30,8	5
ω_9	B-E	60	10,12,14,16	4
ω_{10}	B-F	90	10,12,14,35,24	5
ω_{11}	C-A	100	18,32,26,1	4
ω_{12}	C-B	90	18,32,9	3
ω_{13}	C-D	120	18,32,12,14,30,8	6
ω_{14}	C-E	50	18,32,12,14,16	5
ω_{15}	C-F	80	18,20,22,24	4
ω_{16}	D-A	90	7,5,3,1	4
ω_{17}	D-B	100	7,29,13,11,9	5
ω_{18}	D-C	100	7,29,13,11,31,17	6

ω_{19}	D-E	80	7,29,16	3
ω_{20}	D-F	40	7,29,35,24	4
ω_{21}	E-A	70	15,13,11,26,1	5
ω_{22}	E-B	50	15,13,11,9	4
ω_{23}	E-C	130	15,13,11,31,17	5
ω_{24}	E-D	30	15,30,8	3
ω_{25}	E-F	50	15,35,24	3
ω_{26}	F-A	80	23,36,13,11,26,1	5
ω_{27}	F-B	60	23,36,13,11,9	5
ω_{28}	F-C	80	23,21,19,17	4
ω_{29}	F-D	50	23,36,30,8	3
ω_{30}	F-E	100	23,36,16	3

由此可知分区内的总需求的诱导效益 $Z_{区域}$ 为

$$Z_{区域} = \sum_{\text{路段数}} \frac{(\text{路段数} - 1)}{2} \times \text{交通流量} \times 2 = 7370.$$

3.2 贪婪算法优化过程与评价指标

利用本文设计的贪婪算法,计算不同块数下 VMS 的最优化布局,计算过程如下:

(I)对各路段按流量从小到大进行排序,结果如表 2 所示。

表 2 路段排序表

Tab.2 Ranking sections

路段	11	13	12	14	18	24
流量	590	590	510	510	440	430
路段	7	17	9	1	8	26
流量	410	410	400	400	370	370
路段	32	2	10	15	31	16
流量	360	340	340	330	330	320
路段	29	30	23	25	35	36
流量	320	290	270	260	250	230
路段	3	5	4	6	19	20
流量	90	90	80	80	80	80
路段	21	22	27	28	33	34
流量	80	80	0	0	0	0

由于路段 1,8,17,23 连接目标交通吸收点,经过此路段的交通流量都到达目标点,产生一级诱导效应浪费,故不考虑在此路段上布设 VMS,其 VMS 诱导效应为 0。

(II) VMS 优化选择过程如表 3 所示。

表 3 VMS 优化选择

Tab.3 Optimal selection using VMS

块数	布设路段	新产生浪费的诱导效用	实际产生的交通量诱导效应	覆盖率	重复率	是否选择
1	11	有二级浪费	$\omega_{11 \times 2} - \omega_{17} - \omega_{22} - \omega_{27} =$ $590 \times 2 - 100 - 50 - 60 = 970$			否
	13	无	$\omega_{13 \times 2} = 590 \times 2 = 1180$	0.16	0	是
2	13,11	有二级浪费,13 与 11 有重复	1 560			否
	13,12	无	2 200	0.30	0	是
3	13,12,11	有二级浪费,13 与 11 有重复	2 580			否
	13,12,14	14 与 12 有重复	2 880			否
	13,12,18	无	3 080	0.42	0	是
4	13,12,18,11	有二级浪费,13 与 11 有重复	3 460			否
	13,12,18,14	有二级浪费	3 510			否
	13,12,18,7	无	3 900			否
5	13,12,18,7,11	有二级浪费,13 与 11 有重复	4 580			否
	13,12,18,7,14	有二级浪费,12 与 14 有重复	4 270			否
	13,12,18,7,26	有二级浪费	4 470			否
	13,12,18,7,32	32 与 13,32 与 18 有重复	4 090			否
	13,12,18,7,2	无	4 580	0.62	0	是
6	13,12,18,7,2,11	有二级浪费,13 与 11 有重复	5 260	0.71	0.09	是
	13,12,18,7,2,14	有二级浪费,12 与 14 有重复	4 950			否
	13,12,18,7,2,26	有二级浪费	5 014			否
	13,12,18,7,2,32	32 与 13,32 与 18 有重复	4 690			否
	13,12,18,7,2,10	10 与 12 有重复	5 020			否
	13,12,18,7,2,15	15 与 13 有重复	4 990			否
	13,12,18,7,2,31	有二级浪费	5 140			否
	13,12,18,7,2,29	29 与 13,29 与 7 有重复	4 700			否
	13,12,18,7,2,30	有二级浪费	不算浪费的, $Z_{总}$ 为 5 120, 小于 5 140,故选 5 140			否
7	13,12,18,7,2,11,23	无	5 800	0.79	0.08	是

从表 3 优化的过程可以看出,求 n 个 VMS 的优化组合时,贪心算法是以 $n-1$ 个 VMS 的优化组合为基础,根据某个优化测度作最优选择,是一种快速、简单的优化方法。

3.3 VMS 的合理数量与布点分析

根据表 3 的计算结果,可以获得 VMS 数量与诱导重复率/覆盖率的关系,如图 4 所示。

从表 3 可以看出,当 VMS 的块数较小时,VMS 基本上选择布设在交通流量较大的路段;当 VMS

的块数增加时,VMS 的最优化位置应考虑 VMS 之间的组合关系,而不一定布设在交通流量最大的路段。

开始布设 VMS 后,VMS 的诱导覆盖率以较快的速率增长,并且没有重复诱导;随着 VMS 布点的不断增加,覆盖率增长的速率逐渐降低,最后出现重复诱导。由于本算法针对的路网状态和交通需求点相对较为简单,所以重复率不明显,在实际的复杂路网中,随着路网复杂度的快速增加和交通需求点数

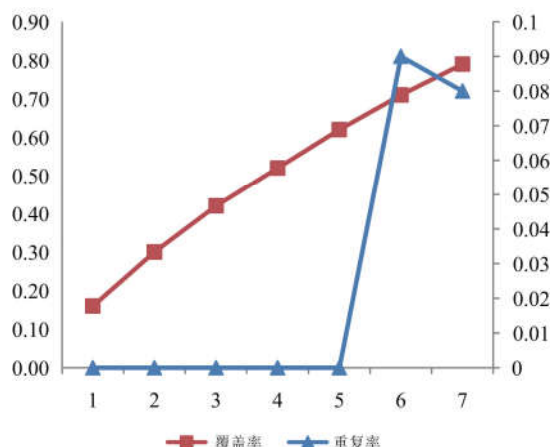


图 4 VMS 块数与评价指标

Fig.4 The VMS number and evaluation index

量的增加,交通状态也将变得更加复杂,覆盖率及重复率与 VMS 布设点数之间的关系会更明显。

3.4 实验对比

本文方法与模型 I 对算例路网的 VMS 进行设计的对比结果如图 5 所示。

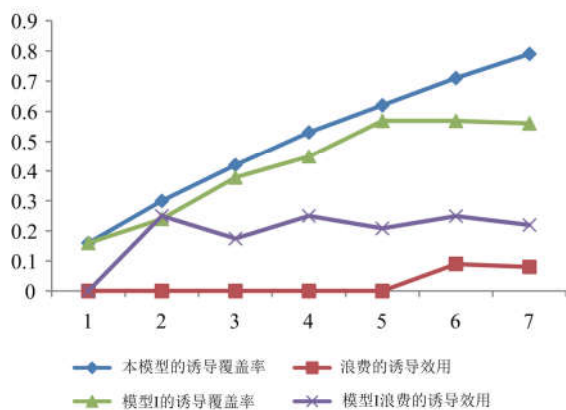


图 5 VMS 布设评价指标对比图

Fig.5 Comparison of evaluation indexes set by VMS

对比图 4,5 可以看出,当使用 7 个 VMS 时,本模型的诱导覆盖率为 0.79,诱导浪费为 0.08.模型 I 的诱导覆盖率为 0.56,诱导浪费为 0.22.结果表明,本模型较优。

4 结论

本文对道路交通路网中 VMS 优化布设问题进行了深入研究,并在区域道路的交通状况和交通需求点相对确定的条件下,以获得最大交通诱导效应为目标,分析了诱导效应的多种情况,建立了相应的数学模型,利用贪心算法给出模型的优化求解方法.与文献[1]中的模型 I 相比,本文的模型简单有效,

较好地考虑了城市路网的交通流复杂情况,将路网作为一个整体考虑,得出的 VMS 分布更加合理,能为出行者提供更多、更有效的出行参考信息.在实际应用中,该模型的 VMS 的布局优化还应充分考虑一些其他的道路因素,如费用、延误等。

参考文献(References)

- [1] 熊雪萍. VMS 交通诱导信息协同发布策略生成方法研究[D]. 北京:北京交通大学, 2013.
- [2] 梅振宇, 项贻强, 陈峻, 等. 城市交通流诱导信息板配置优化方法[J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(5): 88-92.
- [3] 侯晓宇, 刘文峰, 杨毅. 基于 VMS 的图形信息现状研究[J]. 公路交通科技, 2012, 29(7): 118-123.
- [4] 文孟飞. 城市智能交通系统交通流协同优化与诱导关键技术研究[D]. 长沙:中南大学, 2013.
- [5] CHIU Y C, HUYNH N. Location configuration design for dynamic message signs under stochastic incident and ATIS scenario[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2007, 15(1): 33-50.
- [6] 牛树云, 刘浩, 冯建刚, 等. 基于模糊约束的可变信息板点位布设优化[J]. 系统工程, 2010, 28(3): 98-102. NIU Shuyun, LIU Hao, FENG Jiangang, et al. The optimization of the planning and positioning of VMS based on fuzzy constrained conditions [J]. Systems Engineering, 2010, 28(3): 98-102.
- [7] 李亮. 基于网络拓扑的可变信息板选址方法研究[D]. 北京:北京交通大学, 2012.
- [8] HUYNH N, CHIU Y C, MAHMASSANI H S. Finding near-optimal locations for variable message signs for real-time network traffic management [J]. Journal of the Transportation Research Board, 2003, 1856(3): 34-53.
- [9] JI Y J, TANG D N, HE B H. Evaluating the effectiveness of variable message signs location scheme in parking guidance system[J]. Procedia: Social and Behavioral Sciences, 2013, 96(6): 2051-2057.
- [10] WANG J J, WU Q. Study on multi-objective optimization model for VMS layout on expressways[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 361-363: 2012-2015.
- [11] LEE C W, KIM S W, LEE S B. Optimal check up and replacement periods of variable message signs: A case of the Seoul metropolitan transportation center [J].

- Journal of Advanced Transportation, 2011, 45(3): 173-185.
- [12] SHANG H Y, HUANG H J, GAO Z Y. Impacts of variable message signs on traffic congestion[J]. Science in China Series E: Technological Sciences, 2009, 52(2): 477-483.
- [13] SHANG H Y, HUANG H J, GAO Z Y. Design real-time traffic information by cell transmission model[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2008, 34(2): 234-238.
- [14] ERKE A. Effects of route guidance variable message signs (VMS) on driver behavior [J]. Transportation Research. Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2007, 10(6): 447-457.
- [15] 花伟, 林柏梁. 基于可变情报板发布车流诱导信息的研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2006, 6(4): 34-36.
- [16] ZHUGE C X, SHAO C F, ZHENG C Q, et al. Evaluation system for evaluating the VMS guidance effect[J]. Journal of Software, 2013, 8(5): 1063-1067.
- [17] WEI L Y, XIN F F. Effects of variable message sign guidance information on drivers behavior with RP survey [C]// Proceedings of 4th International Conference on Transportation Engineering. Chengdu, China: American Society of Civil Engineers, 2013: 2320-2326.
- [18] SONG Chuan. Bi-level programming models applied in urban transportation network design problems [J]. Advanced Materials Research, 2013, 791(11): 1172-1175.
- [19] WEI M, SUN B, JIN W Z. A bi-level programming model for uncertain regional bus scheduling problems [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2013, 13(4): 106-112.
- [20] DOAN K, UKKUSURI S V. On the holding-back problem in the cell transmission based dynamic traffic assignment models[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2012, 46(9): 1218-1238.
- [22] SUMALEE A, ZHONG R X, PAN T L, et al. Stochastic cell transmission model (SCTM): A stochastic dynamic traffic model for traffic state surveillance and assignment [J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2011, 45(3): 507-533.
- [23] ZHAO L, PENG X S, LI L, et al. A fast signal timing algorithm for individual oversaturated intersections[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2011, 12(1): 280-283.
- [24] KRASEMANN J T. Greedy algorithm for railway traffic rescheduling during disturbances: A Swedish case[J]. IET Intelligent Transport Systems, 2010, 4(4): 375-386.