**交巡警服务平台的设置与调度**

**摘要**

本文讨论了交巡警服务平台的设置调度问题，利用****算法分配平台的管辖区域后，运用模糊评判模型评价平台设置的合理性并建立目标规划模型给出了平台警力封锁和围堵的最佳方案。

对于问题1：

第一小问，我们构建出A城区关于节点的道路矩阵后，利用Floyd算法求出无交巡警平台的路口距离最近的平台，发现距离交巡警平台最短距离大于三公里即出警时间超过三分钟的路口共有六个：28、29、38、39、61和92，按距离最短原则将它们分别分配给28、29、38、39、61、62号平台。对于管辖范围我们提出了两种方案：方案一以出警时长最短为目标，将路口就近分配给各平台并将两端路口所属平台不同的道路分三种情况讨论后，确定各平台的道路管辖范围；方案二以平台工作量均衡为目标建立单目标规划模型，求解出分配方案。

第二小问，我们将封锁最后一个入口的时长作为封堵总时长，以最后一个被封锁的路口到所属平台的距离最小为目标，引入0-1变量，以一个平台的警力最多封锁一个路口和每个路口都必须有一个平台封锁为约束条件，建立基于0-1规划的目标规划模型，利用lingo软件求出封锁路口总时长为8.015分钟。再以平台到封堵路口的距离和最短为目标建立单目标规划模型，以各路口被封堵时长不超过8.015分钟为约束条件，求出封堵方案。

第三小问，以每个交巡警平台最短路径与案发率之积衡量工作量大小，以增加平台数最小和增加平台后工作量均衡为目标建立双目标规划模型，利用lingo软件求解出增加2-5个平台后的指标值，比较得出需要在28、39、48和91路口增加共4个平台。

对于问题2：

第一小问，我们对城区建立单位面积平台数、人均平台数、平均案发率和超过3km路口数和平台比这四个指标作为评判标准，对数据规范化处理后，利用模糊综合评判模型对6个城区进行综合评价，结果得出除A区的其余城区平台设置都不合理。针对不合理的城区，我们利用问题1第三小问的模型，通过增设各区交巡警平台来解决。

第二小问以平均围堵时间尽可能小为目标，建立单目标规划模型，采用深度优先遍历得到罪犯可能的多种逃跑路径，选出这些路径的终端节点后再次使用深度优先遍历对所有可能的交巡警平台的围堵方案选择平均时间最小的一组执行，从而尽快围堵每个需要封锁的节点路口，最终求得该方案的围堵时长为8.09min。

根据所查资料，我们得出该市为重庆市，最后结合实际给出了治安建议。

**关键词：最短路径算法 目标规划 非指派模型 深度优先遍历**

1. **问题重述**

有一句家喻户晓的流行语，是“有困难找警察”。警察肩负着刑事执法、治安管理、交通管理、服务群众四大职能。在市区的一些交通要道和重要部位设置交巡警服务平台能够更有效地贯彻实施这些职能。每个交巡警服务平台的职能和警力配备基本相同。由于警务资源是有限的，现警务部门面临的一个实际课题就是如何根据城市的实际情况与需求合理地设置交巡警服务平台、分配各平台的管辖范围、调度警务资源。

试就某市设置交巡警服务平台的相关情况，建立数学模型分析研究下面的问题：

（1）附件1中的附图1给出了该市中心城区A的交通网络和现有的20个交巡警服务平台的设置情况示意图，相关的数据信息见附件2。请为各交巡警服务平台分配管辖范围，使其在所管辖的范围内出现突发事件时，尽量能在3分钟内有交巡警（警车的时速为60km/h）到达事发地。

对于重大突发事件，需要调度全区20个交巡警服务平台的警力资源，对进出该区的13条交通要道实现快速全封锁。实际中一个平台的警力最多封锁一个路口，请给出该区交巡警服务平台警力合理的调度方案。

根据现有交巡警服务平台的工作量不均衡和有些地方出警时间过长的实际情况，拟在该区内再增加2至5个平台，请确定需要增加平台的具体个数和位置。

（2）针对全市（主城六区A，B，C，D，E，F）的具体情况，按照设置交巡警服务平台的原则和任务，分析研究该市现有交巡警服务平台设置方案（参见附件）的合理性。如果有明显不合理，请给出解决方案。

如果该市地点P（第32个节点）处发生了重大刑事案件，在案发3分钟后接到报警，犯罪嫌疑人已驾车逃跑。为了快速搜捕嫌疑犯，请给出调度全市交巡警服务平台警力资源的最佳围堵方案。

1. **基本假设**
2. 假设题目附件中所给的数据均是真实可靠的。
3. 假设每个交巡警服务平台的职能和警力配备完全相同。
4. 假设每辆警车的时速为60km/h。
5. 假设各个路段车流量不影响每辆车的车速。
6. 假设罪犯逃跑过程中不会返回之前经过的路口节点。
7. **符号说明和名词解释**

**3.1符号说明**

|  |  |
| --- | --- |
| **符号** | **含义** |
|  | 表示第个节点 |
|  | 表示第个平台到第个节点的最短距离 |
|  | 表示第个交巡警平台的工作量 |
|  | 表示第个路口的发案率 |
|  | 表示第个交巡警平台到其所管辖的第个路口的最短距离， |
|  | 表示第个交巡警平台所在节点的发案率 |
|  | 表示需要封锁节点的总个数 |
|  | 表示封锁第个节点所需的时间 |
|  | 表示第个城区的单位面积平台数 |
|  | 表示第个城区的面积 |
|  | 表示第个城区的平台数 |
|  | 表示第个城区的人均平台数 |
|  | 表示第个城区的人口数量 |
|  | 表示第个城区的平台数 |

**3.2名词解释**

1. 交巡警：警察巡警合一的警务模式，将交通和巡逻治安两者兼顾。
2. 交巡警服务平台：设立在交通要道和市区，专门处理日常交巡警警务的作业场所。
3. **问题分析**
   1. **问题1分析**

问题1有三个小问，分别要求我们分配各交巡警服务平台管辖范围、给出该区交巡警服务平台警力合理的调度方案和确定需要增加平台的具体个数和位置。

**4.1.1分配平台管辖范围的问题分析**

我们通过A城区的92个路口节点数据和交通路线构建出A城区的道路矩阵，再借助此矩阵利用Floyd算法求出没有交巡警平台，对于距离交巡警平台最短距离大于三公里的路口重新分配。对于各交巡警平台的管辖范围问题，我们提出了两种方案：一是根据最短路径，将路口就近分配给个交巡警平台，此方案保证了出警时长在现有情况下最短；二是在小于三公里的路口中，以工作量均衡性为目标函数进行再分配，保证了个平台工作量均衡化。对于方案一，考虑依照路口划分管辖会造成因道路两端路口所属平台不同导致的道路管理界定不清，于是我们将该种道路分为三种情况分别讨论，以确定各平台的道路管辖范围。

**4.1.2封锁路口的警力调度方案的问题分析**

我们基于木桶理论，我们将最迟封锁入口的时长作为最终时长，以最后一个被封锁的路口节点到所属平台的距离最小为目标，以一个平台的警力最多封锁一个路口和每个路口都必须有一个平台封锁为约束条件，建立基于单目标规划的非指派模型，利用lingo软件求解出A区平台警力调度方案和封锁路口的实际时长为8.01分钟。再以最短封堵总时长最短构建目标函数，求解出在封堵时长为8.01分钟的约束下的封堵方案。

**4.1.3增加平台的个数和位置的问题分析**

我们借助第一小问的求解结果，将每个交巡警平台最短路径与案发率之积作为工作量评价标准，以增加平台数最小和增加平台后工作量均衡为目标建立双目标规划模型，通过lingo求解增加不同平台个数的指标值，分析比较得出需要增加平台的个数及编号。

**4.2 问题2分析**

问题二要求我们对全市的交巡警平台设置方案的合理性进行评价并给出调度全市交巡警服务平台警力资源的最佳围堵方案。

**4.2.1研究该市现有平台设置合理性的问题分析**

我们对各城区的单位面积平台数、人均平台数、距离最近交巡警平台大于3km的平台个数、平均案发率与最短路径均值之积的工作量等四个因素作为评判标准，对数据标准化处理后，利用模糊综合评价对留个城区进行综合评价，结果得出除A城区的其余城区设置都不合理。我们通过增设各区交巡警平台来解决设置不合理问题，方法与第三问一致。

**4.2.2给出最佳围堵方案的问题分析**

先通过分析，采用深度优先遍历得到罪犯可能逃跑路径，得到罪犯可能到达的路口节点，并再次使用深度优先遍历对所有可能的交巡警平台的围堵方案选择平均时间最小的一组方案执行，从而尽快围堵每个需要封锁的节点路口。

1. **模型的建立与求解**
   1. **问题1的建模与求解**

我们将分配各交巡警服务平台管辖范围转换为求最短路问题进行求解。在单目标规划的基础上建立非指派遍历模型以解出该区交巡警服务平台警力合理的调度方案。对工作量过大和出警时间过长先分别分析，再结合以给出增加的平台位置和数量。

**5.1.1分配管辖范围：最短路模型**

**5.1.1.1模型建立**

**5.1.1.1.1算法选择平台管辖的节点**

算法[1]的基本思想是递推产生一个矩阵序列，其中的第行第列元素表示从节点到平台的路径上所经过的顶点序号不大于的最短路径长度。基本算法步骤如下：

对于赋权图，其中顶点集，邻接矩阵

，

式中



计算时用迭代公式



是迭代次数，。

最后，当时，即是各节点到各平台之间的最短通路值。

**5.1.1.1.2.道路所属交巡警平台的选择**

对于道路的交岔路口节点，令第个节点为。

设道路两端节点分别为和，若节点设有平台，则该节点属于该平台管辖，若节点没有平台，则该节点属于距离其最近的平台管理。

我们将道路分为两边节点所属平台相同、两边节点所属平台不同和两边节点设有不同平台不同三种情况：

1.道路两端节点所属平台相同时，有



则该条道路由该所属平台管辖。

2.道路两端节点所属平台不同时，有



①道路一端节点设置了平台，另一端节点被另一个平台所管辖，则该条道路属于端点所设置的平台所管辖。

②道路两端节点均没有设置平台且属两个不同的平台所管辖，则计算该条道路的两个节点到所属平台的距离，比较和大小，选择距离短的为该条道路所属平台。

3.道路两端节点均设有交巡警平台，选择发案率较低的平台为该条道路的所属平台。

**5.1.1.1.3建立单目标规划模型求解平台工作量**

对于交巡警3分钟内能够到达事发地的平台，我们建立单目标规划模型求解出平台工作量进行均衡分配。

1. 决策变量

我们引入一决策变量，它表示第个交巡警平台的工作量，令表示第个路口的发案率，则对于各平台的工作量，考虑发案率以及平台到各个管辖节点的最短距离，有：



其中，表示第个交巡警平台的工作量，表示第个路口的发案率，表示第个交巡警平台到其所管辖的第个路口的最短距离。

2.目标函数

我们定义平台工作量的均衡性以各平台与平均工作量差值的大小来衡量，差值越小均衡性越高，因此为了使各个平台工作量均衡，我们要使各平台与平均工作量之差的平方和最小，即



其中，表示第个交巡警平台的工作量，表示20个交巡警平台的平均工作量，即。

3.约束条件

基于每辆警车时速均为60km/h的假设，出警时长不超过3分钟即为最短距离不应超过3km，有：



其中，表示第个交巡警平台到其所管辖的第个路口的最短距离。

**综上所述，我们建立如下的单目标规划模型：**

目标函数：

约束条件：

**模型中的关键符号解释：**

表示第个交巡警平台的工作量，表示第个路口的发案率，表示20个交巡警平台的平均工作量，表示第个交巡警平台到其所管辖的第个路口的最短距离。

**5.1.1.3模型求解**

**方案一：**

**1.平台管辖的节点范围**

由附件2，对于区共有92个节点，其中前20个节点设有交巡警服务平台，后71个节点没有平台。因此利用软件对后71个节点到平台的最短路进行求解，得到的最短距离表见附录（二），再分别筛选出距离其最近的平台。求解过程中，我们发现即交巡警不能在3分钟内到达的节点有28,29,38,39,61,92，共6个平台。分别寻找距离6个节点距离最近的平台，将它们分别分配给15,15,16,2,7,20号平台管理，最终方案见表1：

表1 平台所管辖的节点

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 平台 | 节点 | 平台 | 节点 |
| 1 | 67、68、69、71、73、74、75、76、78 | 2 | 39、40、43、44、70、72 |
| 3 | 54、55、65、66 | 4 | 57、60、62、63、64 |
| 5 | 49、50、51、52、53、56、58、59 | 6 |  |
| 7 | 30、32、47、48、61 | 8 | 33、46 |
| 9 | 31、34、35、45 | 10 |  |
| 11 | 26、27 | 12 | 25 |
| 13 | 21、22、23、24 | 14 |  |
| 15 | 28、29 | 16 | 36、37、38 |
| 17 | 41、42 | 18 | 80、81、82、83 |
| 19 | 77、79 | 20 | 84、85、86、87、88、89、90、91、92 |

**2.平台管辖的道路范围**

由表1我们可以直接得到情况一两边所属平台相同的道路及路径的所属平台，其中路径为平台→节点1→节点2→节点3→节点4，其所属平台见表2：

表2 道路两边所属平台相同时平台的管辖范围

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 平台 | 节点1 | 节点2 | 节点3 | 节点4 | 平台 | 节点1 | 节点2 | 节点3 | 节点4 |
| 1 | 69 | 68 | 67 |  | 7 | 30 | 48 | 61 |  |
| 69 | 68 |  |  | 8 | 33 |  |  |  |
| 69 |  |  |  | 46 |  |  |  |
| 69 | 71 |  |  | 9 | 34 | 31 |  |  |
| 74 | 73 |  |  | 34 |  |  |  |
| 74 |  |  |  | 35 |  |  |  |
| 75 |  |  |  | 35 | 45 |  |  |
| 75 | 76 |  |  | 11 | 26 |  |  |  |
| 78 |  |  |  | 26 | 27 |  |  |
| 2 | 40 | 39 |  |  | 12 | 25 |  |  |  |
| 40 |  |  |  | 13 | 22 | 21 |  |  |
| 43 |  |  |  | 22 |  |  |  |
| 44 |  |  |  | 23 |  |  |  |
| 70 |  |  |  | 24 |  |  |  |
| 43 | 72 |  |  | 15 | 28 |  |  |  |
| 3 | 55 | 54 |  |  | 28 | 29 |  |  |
| 55 |  |  |  | 16 | 36 |  |  |  |
| 65 |  |  |  | 36 | 37 |  |  |
| 65 | 66 |  |  | 38 |  |  |  |
| 4 | 57 |  |  |  | 17 | 41 |  |  |  |
| 62 | 60 |  |  | 42 |  |  |  |
| 62 |  |  |  | 18 | 80 |  |  |  |
| 63 |  |  |  | 81 |  |  |  |
| 63 | 64 |  |  | 83 | 82 |  |  |
| 5 | 49 |  |  |  | 83 |  |  |  |
| 50 |  |  |  | 19 | 77 |  |  |  |
| 50 | 51 |  |  | 79 |  |  |  |
| 50 | 51 | 52 |  | 20 | 85 | 84 |  |  |
| 49 | 53 |  |  | 85 |  |  |  |
| 50 | 51 | 52 | 56 | 86 |  |  |  |
| 50 | 51 | 59 | 58 | 86 | 87 |  |  |
| 50 | 51 | 59 |  | 86 | 88 |  |  |
| 7 | 30 |  |  |  | 89 |  |  |  |
| 32 |  |  |  | 89 | 90 |  |  |
| 47 |  |  |  | 86 | 88 | 91 |  |
| 30 | 48 |  |  | 86 | 88 | 91 | 92 |

对于情况二，道路两边节点所属平台不同时，管辖范围分两种情况进行讨论：

①道路其中一端节点设置了平台，则由该平台所管辖，见表3，其中道路为(平台，节点)：

表3 情况二中一端设置平台时的管辖范围

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 平台 | 节点 | 平台 | 节点 |
| 3 | 44 | 10 | 34 |
| 3 | 45 | 11 | 22 |
| 4 | 39 | 11 | 25 |
| 5 | 47 | 12 | 27 |
| 6 | 47 | 14 | 21 |
| 6 | 59 | 15 | 31 |
| 7 | 37 | 17 | 40 |
| 8 | 47 | 17 | 81 |
| 10 | 26 | 18 | 73 |

②道路两边均没有设置平台且属不同平台管理时：

以A区中节点24和25为例，进行分析，见图2：

12

24

13

**\***

**○\*** 

25

图2 A区节点24和25交通网络与平台设置

对于节点24，最近的交巡警服务平台位置为13，对于节点25，最近的交巡警服务平台位置为12，因此对于道路，则需再次比较最短路。路口24距离平台的最近距离为，路口25距离平台最近为，显然平台更近，因此道路（24,25）属于平台管理。

对以下道路分析同理：(24,25)，(29,30)，(31,32)，(32,33)，(33,34)，(35,36)，(36,39)，(38,39)，(38,41)，(41,92)，(42,43)，(43,70)，(44,67)，(45,46)，(46,55)，(47,48)，(49,50)，(52,53)，(53,54)，(54,63)，(56,57)，(57,58)，(57,60)，(60,61)，(62,85)，(64,65)，(64,76)，(66,67)，(68,75)，(69,70)，(71,72)，(71,74)，(72,73)，(74,80)，(76,66)，(76,77)，(77,78)，(78,79)，(79,80)，(81,82)，(82,90)，(83,84)，(84,89)，(87,88)，(87,92)，(88,89)，(90,91)。

对于情况三，道路两端节点均设有交巡警平台，则选择发案率较低的平台为该条道路的所属平台。因此可得(7,15)由平台管理，(8,9)由平台管理，(14,16)由平台管理。

综上所述，利用****画出城区的平台设置图，见图1：



图1 A区各平台管辖范围图

**方案二：**

考虑各平台工作量的均衡性，利用lingo软件对单目标规划模型进行求解，得出的分配方案见表4：

表4 根据均衡性分配的方案

|  |  |
| --- | --- |
| 平台 | 管辖节点 |
| 1 | 1、64、65、74、76、79 |
| 2 | 2、39、40、71、73、78 |
| 3 | 3、44、54、55、68 |
| 4 | 4、57、58、60、62 |
| 5 | 5、49、52、56 |
| 6 | 6、50、51、53、56 |
| 7 | 7、30、34、48、61 |
| 8 | 8、32、45、47 |
| 9 | 9、33、35、46 |
| 10 | 10、63、66、67、69、75 |
| 11 | 11、26、27 |
| 12 | 12、25 |
| 13 | 13、21、22、23、24 |
| 14 | 14 |
| 15 | 15、28、29、31 |
| 16 | 16、36、37、38 |
| 17 | 17、41/42437072 |
| 18 | 18、73、80、81、82、83 |
| 19 | 19、77、79 |
| 20 | 20、84、85、86、87、88、89、90、91、92 |

**5.1.2给出合理调度方案：基于0-1规划的目标规划模型**

根据木桶原理的逆向思维，平台到达路口的总体所需时间即为最后一个平台到达路口的时间。在警车速度一定的情况下，要使平台到路口节点的时间尽可能快，也就是让平台到达路口的距离尽可能小，解出最短时间后再求出调度方案，由此建立两个单目标规划模型。

**5.1.2.1模型建立**

**5.1.2.1.1求出最小封堵时间**

封堵总时长是指平台封堵最后一个路口所用的时长，即平台封堵路口的最长时间。因此合理的调度方案就应使封堵总时长尽可能小，所以我们先求出调度20个平台封堵13个出口所花的最长时间的最小值。

1.决策变量

0-1规划是决策变量仅取值0或1的一类特殊的整数规划。其决策变量可以数量化地描述是与否所反映的离散变量间互斥的约束条件。

因此我们运用0-1规划模型引入一决策变量，它表示判断第个出入城区的路口节点是否属于第个平台封锁的0-1变量。



其中表示20个交巡警服务平台的标号，表示13个出入城区的路口节点标号，此处。

2.目标函数

我们要使最后一个被封锁的路口节点到所属平台的距离尽可能小。



其中，表示第个平台到第个出入城区的路口节点的最短距离，表示第个平台是否为该封锁第个出入城区的路口节点的判断值。

1. 约束条件

①每个出入城区的路口节点都必须有且只有一个平台去封锁，即



其中，表示判断第个出入城区的路口节点是否属于第个平台封锁的0-1变量。

②根据题意，一个平台的警力最多封锁一个路口，因此一个平台封锁的路口数只能是0或1，即



其中，表示判断第个出入城区的路口节点是否属于第个平台封锁的0-1变量。

**综上所述，我们得到单目标规划模型（1）为：**

目标函数：

约束条件：

**模型中的关键符号解释：**

表示第个平台是否应该封锁第个出入城区的路口节点的判断值，表示第个平台到第个出入城区的路口节点的最短距离。

**5.1.2.1.2求出平台调度方案**

求出最短封堵时间后，改进模型（1）求出封堵13个出口总时长最小的平台调度方案。

1. 目标函数

在警车速度一定的情况下，要使时间最短等价于使各平台到各路口封堵路线之和最短，即：



其中，表示第个平台到第个出入城区的路口节点的最短距离，表示第个平台是否为该封锁第个出入城区的路口节点的判断值。

1. 增加的约束条件

在确定了最短封堵时间的路线后，要使其他平台到其他封堵路口的距离不得超过该路线的距离，有：



其中，表示第个平台到第个出入城区的路口节点的最短距离，表示第个平台是否为该封锁第个出入城区的路口节点的判断值，表示最短封堵时间，表示警车速度，即。

**综上所述，我们得到单目标规划模型（2）为：**

目标函数：

约束条件：

**模型中的关键符号解释：**

表示第个平台是否应该封锁第个出入城区的路口节点的判断值，表示第个平台到第个出入城区的路口节点的最短距离，表示最短封堵时间，表示警车速度。

**5.1.2.2模型求解**

运用lingo软件求解，**得到的该区交巡警服务平台警力合理的调度方案结果见表4，**其中所需时间的结果基于每辆警车的时速为60km/h的假设上得出**：**

表4 平台调度方案及到达路口所需时间

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 出入口 | 所属平台 | 距离（百米） | 所需时间（min） |
| 12 | 10 | 75.86585214 | 7.586585214 |
| 14 | 16 | 67.41661516 | 6.741661516 |
| 16 | 2 | 73.88063198 | 7.388063198 |
| 21 | 13 | 27.08314152 | 2.708314152 |
| 22 | 14 | 50.67741181 | 5.067741181 |
| 23 | 12 | 64.77002108 | 6.477002108 |
| 24 | 11 | 38.05274077 | 3.805274077 |
| 28 | 15 | 47.51841748 | 4.751841748 |
| 29 | 7 | 80.1545686 | 8.01545686 |
| 30 | 9 | 34.92303645 | 3.492303645 |
| 38 | 3 | 60.93839558 | 6.093839558 |
| 48 | 4 | 73.95869405 | 7.395869405 |
| 62 | 1 | 48.85216716 | 4.885216716 |

由表4中所需时间一列可知，平台到达路口节点29的时间最长，为8.02分钟。也就是说，当发生重大事件时，按表4给出的该区交巡警服务平台警力的调度方案，来调度全区20个交巡警服务平台的警力资源，对进出该区的13条交通要道实现快速的全封锁，从平台开始出动到最后一个路口被封锁完成全程仅需8分钟12秒。对于一个面积为22平方公里的城市区域，出动13个平台警力在8分钟左右实现全区封锁，其中还有7个平台不出动警力，安排留在城区以负责其他日常警务，可见该分配结果还是比较理想的。

**5.1.3确定增加平台的个数和位置：**

对于区，增加交巡警平台以解决两个问题：交巡警服务平台的工作量不均衡和有些地方出警时间过长，因此我们对各个交巡警服务平台的工作量和出警时长分别分析，以得出增加平台的个数和位置。

**5.1.3.1模型建立**

**5.1.3.1.1确定增加的平台个数**

1.决策变量

我们引入一决策变量，它表示在第个路口增加平台。

2.目标函数

首先，在能够同时解决交巡警服务平台的工作量不均衡和有些地方出警时间过长两个问题的情况下，我们要使增加的平台个数尽可能少，有：



其中，表示增加平台的数量，表示在第个路口增加的平台。

其次，我们要使各平台的工作量方差尽可能小，即：



其中，表示平均工作量，表示第个平台的工作量，表示第个交巡警平台的工作量。

3.约束条件

①现有平台工作量：

我们令表示第个交巡警平台的工作量，令表示第个路口的发案率，则对于各平台的工作量，考虑发案率以及平台到各个管辖节点的最短距离，有：



其中，表示第个交巡警平台的工作量，表示第个路口的发案率，表示第个交巡警平台到其所管辖的第个路口的最短距离，表示第个交巡警平台所在节点的发案率。

②新增平台工作量：

同理可得：



其中，表示第个交巡警平台的工作量，表示第个路口的发案率，表示第个交巡警平台到其所管辖的第个路口的最短距离，表示第个交巡警平台所在节点的发案率。

③平均工作量

增加平台后，平均工作量即为：



其中，表示平均工作量，表示第个交巡警平台的工作量，表示第个交巡警平台的工作量，表示增加平台的数量。

**综上所述，我们得到模型为：**

目标函数:



约束条件：

**模型中的关键符号解释：**

表示增加平台的数量，表示在第个路口增加的平台，表示平均工作量，表示第个交巡警平台的工作量，表示第个交巡警平台到其所管辖的第个路口的最短距离，表示第个交巡警平台所在节点的发案率，表示第个交巡警平台的工作量，表示第个路口的发案率，表示第个交巡警平台到其所管辖的第个路口的最短距离，表示第个交巡警平台所在节点的发案率。

**5.1.3.1.2确定增加的平台位置**

对于工作量过大或出警时间过长的道路，直接在距离平台最远的路口设置平台虽然可以解决出警时间过长的问题，但不能分担其他平台的工作量。所以将距离平台最远的路口和倒数第二个路口各设置一次平台，对所得的最短距离和工作量进行比较，择优选择平台的位置。

**5.1.3.2模型求解**

利用****软件求解出增加2-5个平台后的各指标值，见表5：

表5 增加2-5个平台后指标值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 平台增加数 | 0 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 新增平台路口编号 | — | 39,48 | 39,48,58 | 39,48,58,91 | 39,48,58,91,28 |
| 20个平台总工作量 | 1132.622 | 1011.032 | 882.332 | 755.232 | 830.232 |
| 距离大于3km的路口个数 | 6 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 各个平台工作量方差 | 3.77E+04 | 3.29E+04 | 2.56E+04 | 1.93E+04 | 1.53E+04 |

由表5，我们可以看出，增加平台的个数为4时，效果最佳。

对于增加的平台，其管辖范围的确定以距离最短为目标。以平台为例进行分析，对于节点29为出警时长路径的最远节点，倒数第二个节点为28，28到各路口的距离比29少。

对其他几个有问题的平台分析同理，可得增加的平台位置以及其所管辖范围，见表6，其中加粗字体为增加的平台及改动的节点：

表6 增加平台后的各平台管辖范围

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 平台 | 节点 | 平台 | 节点 |
| 1 | 67、68、69、71、73、74、75、76、78 | 2 | 39、43、44、70、72 |
| 3 | 54、55、65、66 | 4 | 57、60、62、63、64 |
| 5 | 49、50、53、58 | 6 |  |
| 7 | 30、32、48 | 8 | 33、46 |
| 9 | 31、34、35、45 | 10 |  |
| 11 | 26、27 | 12 | 25 |
| 13 | 21、22、23、24 | 14 |  |
| 15 | 28、29 | 16 | 36、37 |
| 17 | 41、42 | 18 | 80、81、82、83 |
| 19 | 77、79 | 20 | 85 |
| **39** | **38、40** | **48** | **47、61** |
| **58** | **51、52、56、59** | **91** | **84、87、88、89、90、92** |

由表6，我们发现增加的4个平台均在A区的东北角。分析附件1所给的A区交通网络图，可以看到A区的东北方向交通发达，道路密集，西南方向道路稀少，查阅资料后，我们得知A区即渝中区，为重庆市的政治、文化、经济以及商贸中心，而渝中区的东北方向更是整个重庆的市中心，人口密集，流动量大，所以其总体发案率也比其他区域高。因此，对于该部分区域，需要加强警力防备，增加交巡警巡逻平台的设置，以保障市民安全。

**5.1.3.2模型检验**

对上述改进后的平台分配方案进行工作量是否过大和出警时间是否过长的检验，分别计算其工作量和到节点的最短距离，见表7和表8：

表7 增加平台后各平台工作量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 平台 | 调整后工作量 | 平台 | 调整后工作量 |
| 1 | 86.40332468 | 14 | 2.5 |
| 2 | 46.72741522 | 15 | 2.1 |
| 3 | 60.68641508 | 16 | 10.40921699 |
| 4 | 62.9413332 | 17 | 28.18840092 |
| 5 | 33.82529502 | 18 | 34.46078092 |
| 6 | 2.5 | 19 | 13.25679501 |
| 7 | 31.74763036 | 20 | 12.31433493 |
| 8 | 25.14770689 | 28 | 14.58156617 |
| 9 | 64.80473351 | 39 | 35.0520382 |
| 10 | 1.6 | 48 | 35.11686244 |
| 11 | 26.5464275 | 58 | 35.36070263 |
| 12 | 31.02167011 | 91 | 51.68009098 |
| 13 | 91.03303029 |  |  |

表8 增加平台后各平台到管辖范围内各节点的最短距离

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 平台 | 节点 | 最短距离 | 平台 | 节点 | 最短距离 |
| 1 | 67 | 16.19417344 | 11 | 26 | 9 |
| 1 | 68 | 12.07106781 | 11 | 27 | 16.43303437 |
| 1 | 69 | 5 | 12 | 25 | 17.88854382 |
| 1 | 71 | 11.40312424 | 13 | 21 | 27.08314152 |
| 1 | 73 | 10.29611092 | 13 | 22 | 9.055385138 |
| 1 | 74 | 6.264982043 | 13 | 23 | 5 |
| 1 | 75 | 9.300537619 | 13 | 24 | 23.85372088 |
| 1 | 76 | 12.83607152 | 14 |  |  |
| 1 | 78 | 6.403124237 | 15 |  |  |
| 2 | 43 | 8 | 16 | 36 | 6.08276253 |
| 2 | 44 | 9.486832981 | 16 | 37 | 11.18178204 |
| 2 | 70 | 8.602325267 | 17 | 41 | 8.5 |
| 2 | 72 | 16.06225775 | 17 | 42 | 9.848857802 |
| 3 | 54 | 22.70886452 | 18 | 80 | 8.062257748 |
| 3 | 55 | 12.6589889 | 18 | 81 | 6.708203932 |
| 3 | 65 | 15.23975065 | 18 | 82 | 10.79349172 |
| 3 | 66 | 18.40202831 | 18 | 83 | 5.385164807 |
| 4 | 57 | 18.68154169 | 19 | 77 | 9.848857802 |
| 4 | 60 | 17.39244399 | 19 | 79 | 4.472135955 |
| 4 | 62 | 3.5 | 20 | 85 | 4.472135955 |
| 4 | 63 | 10.30776406 | 20 | 86 | 3.605551275 |
| 4 | 64 | 19.3631492 | 28 | 29 | 9.486832981 |
| 5 | 49 | 5 | 39 | 38 | 3 |
| 5 | 50 | 8.485281374 | 39 | 40 | 17.67766953 |
| 5 | 53 | 11.70820393 | 48 | 47 | 10.19803903 |
| 6 |  |  | 48 | 61 | 29 |
| 7 | 30 | 5.830951895 | 58 | 51 | 10.72572562 |
| 7 | 32 | 11.40175425 | 58 | 52 | 15.02688826 |
| 8 | 33 | 8.276472679 | 58 | 56 | 19.26952894 |
| 8 | 46 | 9.300537619 | 58 | 59 | 7.810249676 |
| 9 | 31 | 20.55716238 | 91 | 84 | 10.07251014 |
| 9 | 34 | 5.024937811 | 91 | 87 | 7.072510139 |
| 9 | 35 | 4.242640687 | 91 | 88 | 3.041381265 |
| 9 | 45 | 10.95084462 | 91 | 89 | 7.072510139 |
| 10 |  |  | 91 | 90 | 4.74341649 |
|  |  |  | 91 | 92 | 20.02498439 |

由表7可知，20个平台的工作量均未超过100单位，由表8可知，各平台到所管辖的节点的最短距离均未超过3km。可见，增加的平台位置和数量符合要求，能有效缓解平台工作量过大和出警时间过长两个问题。

* 1. **问题2的建模与求解**

我们建立四个评价指标并规范化后，再利用模糊综合评价模型来评判城区平台设置是否合理，不合理的采用问题1第三小问的方法增设平台来解决。对于围堵方案，建立单目标规划模型，采用深度优先遍历求出最佳方案。

**5.2.1分析现有平台的设置方案：模糊综合评判模型**

**5.2.1.1模型建立**

1.建立评价平台设置方案的指标：

令A~F街区的编号分别为1~6，为评价各城区的平台设置合理性，我们建立以下四个指标来考核：

①单位面积平台数

对于一个城区，每单位面积拥有的平台个数即为平台数与城区面积之差，有：



其中，表示第个城区的单位面积平台数，表示第个城区的平台数，第个城区的面积。

②人均平台数

同理，每个城区的人均平台数为平台与人口之差，即：



其中，表示第个城区的人均平台数，表示第个城区的平台数，第个城区的人口数量。

③平均工作量

各个城区平台的平均量为为其平台到节点最短路径均值与平均发案率之积，即：



④超过3km的路口数与平台比

将各城区超过3km的路口数与其拥有的平台数相比，即：



其中，表示第个城区超过3km的路口数与平台比，表示第个城区的平台数，第个城区超过3km的路口数。

1. 对指标进行规范化处理

对上述四类评价指标按不同属性类型进行规范化处理。

因为单位面积平台数和人均平台数越多越好，所以为效益型属性，令：



平均工作量和超过3km路口数与平台比均越小越好，所以为成本型属性，令：



3.建立模糊综合评判模型

对某个对象进行考核时，由于考核目的、考核对象、考核范围等的不同，考核的具体内容也会有所差别。鉴于这种情况，考核者可以根据需要，在指标个数较少的考核中运用一级模糊评判模型，在指标个数较多的考核中运用多级模糊评判模型以提高精度。在本题，我们只有四个指标，因此选用一级模糊评判模型。

模糊评判的基本思想是对单个因素进行评价，再对所有因素进行综合模糊评价，防止遗漏任何统计信息和信息的中途损失。

①确定因素集

取因素集



②确定评语集

取评语集

③确定各因素的权重

考虑到警力分配均衡和工作量不应过大是评判分配方案是否合理的重要因素，因此对单位面积平台数、人均平台数、平均工作量和超过3km路口数与平台比分别赋予0.15、0.35、0.35和0.15的权值。



④确定模糊综合评判矩阵

根据附件3所给的数据，对指标来说，对各个评语的隶属度为上的模糊子集。对指标的评判记为



各指标的模糊综合判断矩阵为



是一个从到的模糊关系矩阵

⑤模糊综合评判

如果有一个从到的模糊关系，那么利用就可以得到一个模糊变换



由此变换，就可得到综合评判结果。

综合后的评判可看作是上的模糊向量，记为

4.确定城区平台设置的合理性等级

对最终求得的各城区平台设置综合评价值建立等级，见表9：

表9 根据综合评价值划分合理性等级

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 很合理 | 合理 | 较合理 | 不合理 | 很不合理 | 非常不合理 |
| 分值 | 0.9~1 | 0.8~0.9 | 0.6~0.8 | 0.4~0.5 | 0.2~0.4 | 0~0.2 |

**5.2.1.2模型求解**

利用****求解出各城区的综合评价值以及其合理性等级，见表10：

表10 各城区的综合评价值以及合理性等级

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城区 | A | B | C | D | E | F |
| 综合评价值 | 0.935 | 0.729 | 0.334 | 0.224 | 0.260 | 0.147 |
| 等级 | 很合理 | 较合理 | 很不合理 | 很不合理 | 很不合理 | 非常不合理 |

由表10可知，除了A城区，其他的五个城区现有交巡警服务平台设置方案均不合理。

**运用问题1中增加平台位置和个数的模型，增加B~F城区的交巡警平台，给出解决方案见表11：**

表11 五城区增加平台解决方案

|  |  |
| --- | --- |
| 城区 | 增加的平台所在节点编号 |
| B | 123、152 |
| C | 263、252、240、238、183、200、205、286、300、313、318 |
| D | 371、344、330 |
| E | 458、420、389、391、412、452、446 |
| F | 561、506、522、512、575、560、541 |

**5.2.2给出最佳围堵方案：基于单目标规划的深度优先遍历**

**5.2.2.1模型建立**

1. 决策变量

我们引入一决策变量，它表示封锁第个节点所需的时间。

2.目标函数

现调用交巡警平台进行封堵，由于罪犯存在多种逃跑路径，应该尽快将各个需要封锁的路口节点封锁，即使平均封堵时间取得最小。即：



其中，为需要封锁节点的总个数，为封锁第个节点所需的时间，由于一个交巡警平台的警力只能封锁一个路口节点，所以每个交巡警平台不可能重复封锁节点。

3.约束条件

由于是事发后3分钟报警，则罪犯可能跑过的路径为3km，通过遍历计算罪犯现在可能所在地，并将该地的路口节点设为待封锁节点。

可能封锁的节点要求为：

；

**5.2.2.2模型求解**

利用语言，通过深度优先搜索寻找出罪犯可能的逃跑路径，得出共有17种逃跑方案，见表12：

表12 嫌疑犯逃跑方案

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 出发点 | 节点1 | 节点2 | 节点3 | 节点4 | 节点5 | 节点6 | 路径总长 |
| 方案1 | 32 | 7 | 15 |  |  |  |  | 49.58 |
| 方案2 | 32 | 7 | 30 | 29 |  |  |  | 91.555 |
| 方案3 | 32 | 7 | 30 | 48 | 61 |  |  | 53.303 |
| 方案4 | 32 | 7 | 47 | 5 |  |  |  | 38.77 |
| 方案5 | 32 | 7 | 47 | 6 |  |  |  | 39.076 |
| 方案6 | 32 | 7 | 37 |  |  |  |  | 41.82 |
| 方案7 | 32 | 31 | 34 | 9 |  |  |  | 32.264 |
| 方案8 | 32 | 31 | 15 |  |  |  |  | 41.39 |
| 方案9 | 32 | 33 | 34 | 9 | 35 | 45 | 46 | 34.645 |
| 方案10 | 32 | 33 | 34 | 9 | 35 | 45 | 3 | 71.109 |
| 方案11 | 32 | 33 | 34 | 9 | 35 | 36 | 37 | 32.036 |
| 方案12 | 32 | 33 | 34 | 9 | 35 | 36 | 16 | 33.02 |
| 方案13 | 32 | 33 | 34 | 9 | 35 | 36 | 39 | 61.951 |
| 方案14 | 32 | 33 | 8 | 9 | 35 | 45 |  | 35.927 |
| 方案15 | 32 | 33 | 8 | 9 | 35 | 36 |  | 34.219 |
| 方案16 | 32 | 33 | 8 | 46 | 45 | 3 |  | 71.144 |
| 方案17 | 32 | 33 | 8 | 46 | 55 |  |  | 52.108 |

由表12可知，该市需要封锁的节点有14个，分别为：3、5、6、9、15、16、29、36、37、39、45、46、61、55。

**针对这14个节点，通过深度优先搜索，得到调度全市交巡警服务平台警力资源的最佳围堵方案见表13：**

表13 最佳围堵方案

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 封锁节点 | 29 | 61 | 37 | 46 | 39 | 36 | 45 | 55 | 3 | 5 | 6 | 9 | 15 | 16 |
| 所属平台 | A7 | A4 | A8 | A1 | A2 | A14 | A10 | A18 | A3 | A5 | A6 | A9 | A15 | A16 |

**5.2.2.3结果分析**

根据表13调度全市警力，算得围堵所需总时长为

,

平均时长为3.35min,最大时长为8.09min，即在接到报案后8.09分钟后可以实现道路封锁围堵，平均每个需要封锁的节点历时3.35min就可以实现封锁。

根据问题分析，该市为重庆市，我们通过查阅资料，发现重庆市2004年实行“平安江北”计划，曾实现3分钟封锁江北全区即C区，这一数值与我们求出的封锁节点平均数值相似。

根据附件2中各城区面积和总面积，查阅资料，得知该城市为重庆。城区为重庆的主城六区，以大坪为中心，北到人和立交，南到李家沱长江大桥，东至南山，西抵中梁山的圆形区域。六个主城区分别为重庆的渝中区、大渡口区、江北区、沙坪区、九龙坡区和南岸区。

重庆市的外来、外出人口流动数量多。其外来务工人员数量占重庆主城区实际居住人口的一半，仅次于上海、北京和深圳，是全国第四大流动人口居留城市。因此其治安问题也显得颇为重要。

结合实际而言，重庆作为我国面积第一大市，加上它的人口流动性大，其治安管理也堪称全国人民的关注焦点。重庆市2010年被评为全国十大治安特差城市，2010年2月7日，我国正式在重庆诞生了一支名为“交巡警”的全新警钟，代替过去的交警和巡警，执行交通管理、刑事执法、治安管理三大职能。此举有效缓解了市区的交通拥堵、明显提高了群众的安全感，也使得重庆2011年被评为了中国治安第一城市，交巡警的设立可谓立竿见影。

因此，要想遇到突发情况，在尽可能短的时间内封锁全市，就有必要增加警力部署，增设平台，这样也可以在日常生活中有效保障人民的生活安全，提高治安管理的力度。

1. **模型的评价与推广**

**6．1模型的评价**

1.模型的优点

1、将各平台的管辖分配范围细化至道路，考虑到平台权责划分不明的情况；

2、建立目标规划模型时，充分结合附件所给数据；

3、结合实际，进行结果分析。

2.模型的缺点：

1、由于时间紧迫，我们仅对其中一个模型进行了检验。

**6．2模型的推广**

本题运用了最短路问题中的算法和基于单目标规划的深度优先遍历模型给出了警力分配方案及调整解决方案，适用范围较广，可以应用于警力部署，工厂工人安排等分配问题。

**七、参考文献**

[1]郝自军，何尚录，最短路问题的Floyd算法的若干讨论，重庆工学院学报(自然科学版).，2008年05期：156-159，2008年[2]余胜威，MATLAB数学建模经典案例实战，北京：清华大学出版社，2015

[3]曹旭东，数学建模原理与方法，北京：高等教育出版社，2014

[4]罗仁会，产业结构合理性分析与调整研究，西南交通大学，2004

[5]司守奎，孙兆亮.，数学建模算法与应用，北京：国防工业出版社，2015

**附 录**

**（一）程序**

**问题一matlab程序：**

**①最短路径经过的街区**

load a.mat

load q1.mat

c=zeros(92);

for i=1:72

c(q1(i,1),q1(i,2))=1;

end

>> c(69,68)=1;c(68,67)=1;

>> c(69,71)=1;

>> c(74,73)=1;c(75,76)=1;

>> c(40,39)=1;c(43,72)=1;c(55,54)=1;c(65,66)=1;

>> c(65,66)=1;

>> c(62,60)=1;c(63,64)=1;c(50,51)=1;c(51,52)=1;

>> c(49,53)=1;c(52,56)=1;c(51,59)=1;

>> c(59,58)=1;c(30,48)=1;c(48,61)=1;

>> c(34,31)=1;c(35,45)=1;

>> c(26,27)=1;c(22,21)=1;c(28,29)=1;c(36,37)=1;

>> c(83,82)=1;c(85,84)=1;c(86,87)=1;c(86,88)=1;

>> c(89,90)=1;c(86,88)=1;c(88,91)=1;c(91,92)=1;

C=c+c';

sum=0;

for i=1:92

for j=1:92

sum=sum+C(i,j);

end

end

**②筛选出有争议的街区所管理的平台**

for i=1:92

for j=1:92

if a(i,j)~=0

p(i,j)=1;

end

end

end

d=p-C;

sum=0;

for i=1:92

for j=1:92

sum=sum+d(i,j);

end

end

共有136/2=68个

**③按三种情况分配道路**

1. 道路端点为一个平台，另一个端点被另一个平台所管理

for i=1:92

for j=1:92

if d(i,j)~=0 && (i<21 && j>20)

fprintf('(%d,%d)',i,j);

end

end

end

for i=1:92

for j=1:92

if d(i,j)~=0 && (i>20 && j<21)

fprintf('(%d,%d)',i,j);

end

end

end

④方案二lingo程序

model:  
sets:  
count/1..13/;  
member/1..20/;  
ss(member,count):x,L;  
endsets  
min=L1;  
@for(ss:@bin(x));  
@for(member(i):@sum(count(j)|i#ne#j:x(i,j))<=1);  
@for(count(j):@sum(member(i)|i#ne#j:x(i,j))=1);  
@for(ss(i,j)|i#ne#j:x(i,j)\*L(i,j)<L1);  
data:  
L=  
222.3615273 160.2847372 92.86812205 192.9343927 210.962149 225.0175342 228.932028 190.0116023 195.1580619 120.8344452 58.80934932 118.5011476 48.85216716  
204.6392212 141.2972471 73.88063198 173.9469026 191.974659 206.0300441 211.2097218 172.2892962 177.4357558 103.1121391 39.82185925 103.0953721 60.35067549  
183.5226849 127.6722728 60.25565768 160.3219283 178.3496847 192.4050698 190.0931855 151.1727599 156.3192195 81.9956028 60.93839558 81.97883576 43.93385175  
219.9738302 150.0851456 82.66853046 182.7348011 200.7625574 214.8179426 226.5443309 162.2690872 155.3533786 81.02976186 48.60975773 73.95869405 3.5  
176.281911 129.696286 62.27967084 162.3459414 177.4952363 191.5506215 182.8524116 113.0686519 106.1529433 31.82932662 94.21119111 24.75825881 52.55074784  
176.58776 130.002135 62.58551981 162.6517904 177.8010853 191.8564704 183.1582606 113.3745009 106.4587923 32.13517559 94.51704008 25.06410777 53.37332351  
149.1493579 109.0122099 41.5955947 141.6618653 150.3626833 164.4180684 155.7198586 85.70218367 80.1545686 5.830951895 73.52711497 12.90201971 79.91721609  
140.9250569 94.33943188 26.92281672 126.9890873 142.1383822 156.1937673 147.4955575 102.2802537 104.931815 30.60819834 58.85433699 30.99467337 86.77282849  
130.107149 82.74201838 15.32540322 115.3916738 131.3204744 145.3758595 136.6776497 97.75722402 107.244057 34.92303645 47.25692349 41.99410426 93.36668122  
75.86585214 127.7565893 69.5667001 95.10693385 77.07917747 91.13456261 82.4363528 141.9486453 151.4354783 79.1144577 101.4982204 86.18552552 147.6079781  
37.91352821 83.37297726 113.9503121 50.72332183 32.69556545 46.75095059 38.05274077 186.3322573 195.8190903 123.4980697 145.8818324 130.5691375 191.9915901  
0 119.502818 145.4325522 86.8531626 68.82540622 64.77002108 35.9163002 217.8144974 227.3013304 154.9803098 177.3640725 162.0513777 223.4738302  
59.77002108 59.73279695 127.1494121 27.08314152 9.055385138 5 23.85372088 228.0832079 237.5700409 165.2490203 161.2081848 172.3200881 213.3179426  
119.502818 0 67.41661516 32.64965543 50.67741181 64.73279695 83.58651783 180.4992424 189.1667785 114.8431618 101.4753879 121.9142296 153.5851456  
170.2960799 132.9808249 65.56420975 165.6304804 171.5094053 185.5647904 176.8665806 47.51841748 57.00525046 44.01471808 97.49573002 51.08578589 118.1009823  
145.4325522 67.41661516 0 100.0662706 118.094027 132.1494121 151.003133 113.0826272 121.7501633 47.42654659 34.05877273 54.4976144 86.16853046  
218.9211021 149.0324175 81.61580237 181.682073 199.7098293 213.7652145 225.4916028 186.5711771 195.2387132 120.9150965 47.55702964 127.9861643 78.20524634  
242.471781 185.1448456 117.7282304 217.794501 235.8222574 249.8776425 249.0422817 210.121856 215.2683157 140.944699 83.66945767 136.9925995 67.34361906  
225.4652514 169.6148394 102.1982242 202.2644948 220.2922512 234.3476363 232.035752 193.1153264 198.261786 123.9381693 76.39281345 119.9860698 50.3370894  
269.4580495 212.131114 144.7144989 244.7807695 262.8085258 276.863911 276.0285502 230.1082001 223.1924915 148.8688748 110.6557261 141.797807 64.48880031  
;  
  
enddata  
end

2、道路端点为一个平台，另一个端点也是平台

sum=0;

for i=1:92

for j=1:92

if d(i,j)~=0 && (i<21 && j<21)

fprintf('(%d,%d)',i,j);

sum=sum+1;

end

end

end

(7,15)(8,9)(9,8)(14,16)(15,7)(16,14)

3.街区两端不是两个平台但是被不同平台管辖：

for i=1:92

for j=1:92

if d(i,j)~=0 && (i>20 && j>20)

fprintf('(%d,%d)',i,j);

end

end

end

结果检验：

sum=0;

for i=1:92

for j=1:92

if d(i,j)~=0 && d(i,j)~=1

sum=sum+1;

end

end

end

>> sum=0;

for i=1:92

for j=1:92

if d(i,j)~=0 && d(i,j)~=1

fprintf('(%d %d)',i,j);

end

end

end

**问题二matlab程序：**

**①标准化及模糊评价**

c =

0.9091 0.3330 69.8417 0.3000

0.0777 0.3810 126.7297 0.7500

0.0769 0.3469 257.1438 2.7647

0.0235 0.1233 188.7655 1.3333

0.0347 0.1974 201.9914 2.1333

0.0401 0.2075 241.2749 3.1818

Cstar=max(c)

C0=min(c)

S0=Cstar-C0

[m,n]=size(c);

for i=1:m

Ss(i,1)=(c(i,1)-C0(1))/S0(1);

Ss(i,2)=(c(i,2)-C0(2))/S0(2);

Ss(i,3)=(Cstar(3)-c(i,3))/S0(3);

Ss(i,4)=(Cstar(4)-c(i,4))/S0(4);

end

w=[0.15,0.35,0.35,0.15]

for i=1:m

for j=1:n

SS(i,j)=Ss(i,j)\*w(j);

end

end

for i=1:m

K(i)=sum(SS(i,:));

end

1. **表格**

**最短距离**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 节点 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 192.934 | 210.962 | 225.018 | 228.932 | 210.904 | 181.879 | 189.312 | 190.012 | 195.158 | 120.834 |
| 2 | 173.947 | 191.975 | 206.030 | 211.210 | 193.182 | 164.157 | 171.590 | 172.289 | 177.436 | 103.112 |
| 3 | 160.322 | 178.350 | 192.405 | 190.093 | 172.065 | 143.040 | 150.473 | 151.173 | 156.319 | 81.996 |
| 4 | 182.735 | 200.763 | 214.818 | 226.544 | 208.517 | 179.492 | 186.925 | 162.269 | 155.353 | 81.030 |
| 5 | 162.346 | 177.495 | 191.551 | 182.852 | 164.825 | 135.800 | 143.233 | 113.069 | 106.153 | 31.829 |
| 6 | 162.652 | 177.801 | 191.856 | 183.158 | 165.131 | 136.106 | 143.539 | 113.375 | 106.459 | 32.135 |
| 7 | 141.662 | 150.363 | 164.418 | 155.720 | 137.692 | 108.667 | 116.100 | 85.702 | 80.155 | 5.831 |
| 8 | 126.989 | 142.138 | 156.194 | 147.496 | 129.468 | 100.443 | 107.876 | 102.280 | 104.932 | 30.608 |
| 9 | 115.392 | 131.320 | 145.376 | 136.678 | 118.650 | 89.625 | 97.058 | 97.757 | 107.244 | 34.923 |
| 10 | 95.107 | 77.079 | 91.135 | 82.436 | 64.409 | 35.384 | 42.817 | 141.949 | 151.435 | 79.114 |
| 11 | 50.723 | 32.696 | 46.751 | 38.053 | 20.025 | 9.000 | 16.433 | 186.332 | 195.819 | 123.498 |
| 12 | 86.853 | 68.825 | 64.770 | 35.916 | 17.889 | 40.482 | 33.049 | 217.814 | 227.301 | 154.980 |
| 13 | 27.083 | 9.055 | 5.000 | 23.854 | 41.881 | 50.751 | 58.184 | 228.083 | 237.570 | 165.249 |
| 14 | 32.650 | 50.677 | 64.733 | 83.587 | 101.614 | 92.373 | 99.806 | 180.499 | 189.167 | 114.843 |
| 15 | 165.630 | 171.509 | 185.565 | 176.867 | 158.839 | 129.814 | 137.247 | 47.518 | 57.005 | 44.015 |
| 16 | 100.066 | 118.094 | 132.149 | 151.003 | 133.975 | 104.950 | 112.383 | 113.083 | 121.750 | 47.427 |
| 17 | 181.682 | 199.710 | 213.765 | 225.492 | 207.464 | 178.439 | 185.872 | 186.571 | 195.239 | 120.915 |
| 18 | 217.795 | 235.822 | 249.878 | 249.042 | 231.015 | 201.990 | 209.423 | 210.122 | 215.268 | 140.945 |
| 19 | 202.264 | 220.292 | 234.348 | 232.036 | 214.008 | 184.983 | 192.416 | 193.115 | 198.262 | 123.938 |
| 20 | 244.781 | 262.809 | 276.864 | 276.029 | 258.001 | 228.976 | 236.409 | 230.108 | 223.192 | 148.869 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 节点 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 1 | 112.812 | 103.602 | 98.503 | 97.279 | 88.012 | 90.824 | 95.923 | 58.809 | 55.809 | 38.132 |
| 2 | 95.089 | 85.879 | 80.780 | 79.557 | 70.289 | 71.836 | 76.935 | 39.822 | 36.822 | 19.144 |
| 3 | 73.973 | 64.763 | 59.664 | 58.440 | 49.173 | 54.173 | 59.272 | 60.938 | 57.938 | 40.261 |
| 4 | 99.673 | 87.969 | 91.549 | 94.892 | 85.624 | 80.624 | 85.723 | 48.610 | 45.610 | 63.287 |
| 5 | 50.473 | 38.768 | 43.633 | 51.200 | 51.197 | 56.197 | 57.780 | 94.211 | 91.211 | 97.481 |
| 6 | 50.779 | 39.074 | 43.939 | 51.506 | 51.503 | 56.503 | 58.086 | 94.517 | 91.517 | 109.195 |
| 7 | 23.106 | 11.402 | 16.501 | 24.067 | 33.335 | 35.513 | 30.414 | 73.527 | 70.527 | 88.205 |
| 8 | 25.080 | 13.375 | 8.276 | 15.843 | 15.840 | 20.840 | 25.939 | 58.854 | 55.854 | 73.532 |
| 9 | 20.557 | 17.690 | 12.591 | 5.025 | 4.243 | 9.243 | 14.342 | 47.257 | 44.257 | 61.935 |
| 10 | 64.749 | 61.882 | 56.783 | 49.216 | 58.484 | 63.484 | 68.583 | 101.498 | 98.498 | 116.176 |
| 11 | 109.132 | 106.265 | 101.166 | 93.600 | 102.868 | 107.868 | 112.967 | 145.882 | 142.882 | 160.560 |
| 12 | 140.614 | 137.748 | 132.649 | 125.082 | 134.350 | 139.350 | 144.449 | 177.364 | 174.364 | 192.042 |
| 13 | 150.883 | 148.016 | 142.917 | 135.351 | 138.232 | 133.232 | 138.331 | 161.208 | 164.208 | 181.886 |
| 14 | 103.299 | 100.432 | 95.333 | 87.767 | 78.499 | 73.499 | 78.598 | 101.475 | 104.475 | 122.153 |
| 15 | 29.682 | 41.386 | 46.485 | 45.214 | 54.481 | 59.481 | 64.580 | 97.496 | 94.496 | 112.173 |
| 16 | 35.883 | 33.016 | 27.917 | 20.350 | 11.083 | 6.083 | 11.182 | 34.059 | 37.059 | 54.736 |
| 17 | 109.371 | 106.504 | 101.405 | 93.839 | 84.571 | 79.571 | 84.670 | 47.557 | 44.557 | 26.879 |
| 18 | 132.922 | 123.712 | 118.613 | 117.390 | 108.122 | 113.122 | 118.221 | 83.669 | 80.669 | 62.992 |
| 19 | 115.915 | 106.705 | 101.606 | 100.383 | 91.115 | 96.115 | 101.214 | 76.393 | 73.393 | 55.715 |
| 20 | 159.908 | 150.698 | 145.599 | 144.376 | 135.108 | 140.108 | 145.207 | 110.656 | 107.656 | 89.978 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 节点 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | | 50 |
| 1 | 44.412 | 26.063 | 18.001 | 28.474 | 81.304 | 80.926 | 108.303 | 118.501 | 88.743 | 86.067 | |
| 2 | 34.411 | 16.062 | 8.000 | 9.487 | 63.581 | 63.203 | 92.897 | 103.095 | 73.337 | 83.282 | |
| 3 | 55.528 | 37.179 | 29.117 | 11.630 | 42.465 | 42.087 | 71.781 | 81.979 | 52.221 | 62.165 | |
| 4 | 83.205 | 64.856 | 56.794 | 47.364 | 79.972 | 73.972 | 63.761 | 73.959 | 50.556 | 40.715 | |
| 5 | 112.748 | 94.399 | 86.337 | 68.850 | 50.657 | 44.657 | 14.560 | 24.758 | 5.000 | 8.485 | |
| 6 | 132.832 | 114.483 | 106.421 | 88.934 | 50.963 | 44.963 | 14.866 | 25.064 | 33.195 | 22.755 | |
| 7 | 113.605 | 113.343 | 105.281 | 87.794 | 40.043 | 34.078 | 12.806 | 12.902 | 32.366 | 35.852 | |
| 8 | 98.932 | 88.566 | 80.504 | 63.017 | 15.301 | 9.301 | 20.797 | 30.995 | 40.357 | 43.842 | |
| 9 | 87.335 | 90.594 | 82.532 | 65.045 | 10.951 | 16.951 | 32.394 | 41.994 | 51.954 | 55.440 | |
| 10 | 141.576 | 144.836 | 136.773 | 119.287 | 65.192 | 71.192 | 85.856 | 86.186 | 105.416 | 108.901 | |
| 11 | 185.960 | 189.219 | 181.157 | 163.670 | 109.576 | 115.576 | 130.239 | 130.569 | 149.800 | 153.285 | |
| 12 | 217.442 | 220.701 | 212.639 | 195.152 | 141.058 | 147.058 | 161.722 | 162.051 | 181.282 | 184.767 | |
| 13 | 201.286 | 217.092 | 209.030 | 199.035 | 144.940 | 150.940 | 171.990 | 172.320 | 191.551 | 195.036 | |
| 14 | 141.553 | 157.360 | 149.297 | 139.302 | 85.208 | 91.208 | 115.136 | 121.914 | 134.696 | 138.182 | |
| 15 | 137.574 | 140.833 | 132.771 | 115.284 | 61.190 | 64.062 | 50.990 | 51.086 | 70.550 | 74.036 | |
| 16 | 74.137 | 89.943 | 81.881 | 71.885 | 17.791 | 23.791 | 47.719 | 54.498 | 67.280 | 70.765 | |
| 17 | 8.500 | 9.849 | 17.911 | 35.398 | 89.492 | 89.115 | 118.808 | 127.986 | 99.248 | 109.193 | |
| 18 | 55.433 | 43.910 | 35.848 | 53.334 | 101.414 | 101.036 | 126.795 | 136.993 | 107.234 | 104.559 | |
| 19 | 61.996 | 43.647 | 35.584 | 41.272 | 84.407 | 84.029 | 109.788 | 119.986 | 90.228 | 87.552 | |
| 20 | 75.504 | 70.896 | 62.834 | 80.321 | 128.400 | 128.022 | 131.600 | 141.798 | 118.395 | 108.554 | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 节点 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 1 | 82.259 | 80.656 | 82.035 | 59.231 | 51.498 | 76.413 | 64.034 | 71.534 | 79.344 | 62.745 |
| 2 | 79.474 | 75.173 | 66.629 | 43.825 | 33.776 | 79.416 | 75.532 | 83.032 | 82.390 | 74.243 |
| 3 | 58.358 | 54.056 | 45.512 | 22.709 | 12.659 | 58.299 | 59.115 | 66.615 | 61.273 | 57.826 |
| 4 | 36.907 | 35.304 | 43.848 | 34.495 | 44.544 | 31.061 | 18.682 | 26.182 | 33.992 | 17.392 |
| 5 | 12.293 | 16.594 | 11.708 | 34.512 | 44.562 | 20.837 | 30.519 | 23.019 | 15.209 | 38.658 |
| 6 | 18.947 | 23.248 | 31.792 | 54.595 | 64.645 | 27.490 | 31.341 | 23.841 | 16.031 | 39.481 |
| 7 | 39.660 | 43.961 | 39.075 | 61.878 | 63.506 | 48.203 | 57.885 | 50.385 | 42.575 | 66.025 |
| 8 | 47.650 | 51.951 | 47.065 | 48.778 | 38.728 | 56.194 | 65.876 | 58.376 | 50.565 | 74.015 |
| 9 | 59.247 | 63.549 | 58.662 | 56.429 | 46.379 | 67.791 | 77.473 | 69.973 | 62.163 | 85.613 |
| 10 | 112.709 | 117.010 | 112.124 | 110.670 | 100.620 | 121.253 | 130.935 | 123.435 | 115.625 | 139.074 |
| 11 | 157.093 | 161.394 | 156.508 | 155.054 | 145.004 | 165.637 | 175.319 | 167.819 | 160.008 | 183.458 |
| 12 | 188.575 | 192.876 | 187.990 | 186.536 | 176.486 | 197.119 | 206.801 | 199.301 | 191.491 | 214.940 |
| 13 | 198.844 | 203.145 | 198.259 | 190.418 | 180.368 | 207.388 | 217.070 | 209.570 | 201.759 | 225.209 |
| 14 | 141.989 | 146.291 | 141.404 | 130.685 | 120.635 | 150.533 | 160.215 | 152.715 | 144.905 | 167.478 |
| 15 | 77.843 | 82.145 | 77.258 | 100.062 | 93.490 | 86.387 | 96.069 | 88.569 | 80.759 | 104.209 |
| 16 | 74.573 | 78.874 | 73.988 | 63.269 | 53.219 | 83.117 | 92.799 | 85.299 | 77.488 | 100.061 |
| 17 | 105.385 | 101.084 | 92.540 | 69.737 | 59.687 | 105.327 | 93.387 | 100.887 | 108.301 | 92.098 |
| 18 | 100.751 | 99.147 | 100.526 | 77.723 | 71.608 | 94.905 | 82.525 | 90.025 | 97.835 | 81.236 |
| 19 | 83.744 | 82.141 | 83.520 | 60.716 | 54.602 | 77.898 | 65.519 | 73.019 | 80.829 | 64.230 |
| 20 | 104.746 | 103.143 | 111.687 | 102.483 | 98.594 | 98.900 | 86.521 | 94.021 | 101.831 | 78.381 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 节点 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 |
| 1 | 97.458 | 48.852 | 35.044 | 25.989 | 23.599 | 20.437 | 16.194 | 12.071 | 5.000 | 10.385 |
| 2 | 108.956 | 60.351 | 46.543 | 37.488 | 31.657 | 28.494 | 24.252 | 21.059 | 13.987 | 8.602 |
| 3 | 92.539 | 43.934 | 30.126 | 21.071 | 15.240 | 18.402 | 22.645 | 26.768 | 33.839 | 29.719 |
| 4 | 52.106 | 3.500 | 10.308 | 19.363 | 25.194 | 28.356 | 32.599 | 36.722 | 43.793 | 49.178 |
| 5 | 53.758 | 52.551 | 58.698 | 67.754 | 72.460 | 75.623 | 79.865 | 83.988 | 91.059 | 86.939 |
| 6 | 54.064 | 53.373 | 60.331 | 69.386 | 75.217 | 78.379 | 82.622 | 86.745 | 93.816 | 99.201 |
| 7 | 41.902 | 79.917 | 86.065 | 95.120 | 91.404 | 94.567 | 98.809 | 102.932 | 110.003 | 105.884 |
| 8 | 59.995 | 86.773 | 72.965 | 72.458 | 66.627 | 69.789 | 74.032 | 78.155 | 85.226 | 81.106 |
| 9 | 70.994 | 93.367 | 80.615 | 74.486 | 68.655 | 71.818 | 76.060 | 80.183 | 87.254 | 83.134 |
| 10 | 115.186 | 147.608 | 134.857 | 128.728 | 122.897 | 126.059 | 130.302 | 134.425 | 141.496 | 137.376 |
| 11 | 159.569 | 191.992 | 179.240 | 173.111 | 167.280 | 170.442 | 174.685 | 178.808 | 185.879 | 181.759 |
| 12 | 191.051 | 223.474 | 210.723 | 204.593 | 198.762 | 201.925 | 206.167 | 210.290 | 217.362 | 213.242 |
| 13 | 201.320 | 213.318 | 214.605 | 208.476 | 202.645 | 205.807 | 210.050 | 214.173 | 215.018 | 209.632 |
| 14 | 150.914 | 153.585 | 154.872 | 148.743 | 142.912 | 146.074 | 150.317 | 154.440 | 155.285 | 149.900 |
| 15 | 80.086 | 118.101 | 124.249 | 124.725 | 118.894 | 122.056 | 126.299 | 130.422 | 137.493 | 133.373 |
| 16 | 83.498 | 86.169 | 87.455 | 81.326 | 75.495 | 78.658 | 82.900 | 87.023 | 87.868 | 82.483 |
| 17 | 126.811 | 78.205 | 64.397 | 55.342 | 49.511 | 46.349 | 42.106 | 37.983 | 30.912 | 25.527 |
| 18 | 115.949 | 67.344 | 53.536 | 44.480 | 43.709 | 40.547 | 41.840 | 37.717 | 30.646 | 36.031 |
| 19 | 98.943 | 50.337 | 36.529 | 27.474 | 26.703 | 23.541 | 26.507 | 22.384 | 22.583 | 27.969 |
| 20 | 113.094 | 64.489 | 78.297 | 71.467 | 70.696 | 67.533 | 68.826 | 64.703 | 57.632 | 63.017 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 节点 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | |
| 1 | 97.458 | 48.852 | 35.044 | 25.989 | 23.599 | 20.437 |
| 2 | 108.956 | 60.351 | 46.543 | 37.488 | 31.657 | 28.494 |
| 3 | 92.539 | 43.934 | 30.126 | 21.071 | 15.240 | 18.402 |
| 4 | 52.106 | 3.500 | 10.308 | 19.363 | 25.194 | 28.356 |
| 5 | 53.758 | 52.551 | 58.698 | 67.754 | 72.460 | 75.623 |
| 6 | 54.064 | 53.373 | 60.331 | 69.386 | 75.217 | 78.379 |
| 7 | 41.902 | 79.917 | 86.065 | 95.120 | 91.404 | 94.567 |
| 8 | 59.995 | 86.773 | 72.965 | 72.458 | 66.627 | 69.789 |
| 9 | 70.994 | 93.367 | 80.615 | 74.486 | 68.655 | 71.818 |
| 10 | 115.186 | 147.608 | 134.857 | 128.728 | 122.897 | 126.059 |
| 11 | 159.569 | 191.992 | 179.240 | 173.111 | 167.280 | 170.442 |
| 12 | 191.051 | 223.474 | 210.723 | 204.593 | 198.762 | 201.925 |
| 13 | 201.320 | 213.318 | 214.605 | 208.476 | 202.645 | 205.807 |
| 14 | 150.914 | 153.585 | 154.872 | 148.743 | 142.912 | 146.074 |
| 15 | 80.086 | 118.101 | 124.249 | 124.725 | 118.894 | 122.056 |
| 16 | 83.498 | 86.169 | 87.455 | 81.326 | 75.495 | 78.658 |
| 17 | 126.811 | 78.205 | 64.397 | 55.342 | 49.511 | 46.349 |
| 18 | 115.949 | 67.344 | 53.536 | 44.480 | 43.709 | 40.547 |
| 19 | 98.943 | 50.337 | 36.529 | 27.474 | 26.703 | 23.541 |
| 20 | 113.094 | 64.489 | 78.297 | 71.467 | 70.696 | 67.533 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 节点 | 87 | 87 | 89 | 90 | 91 | 92 | |
| 1 | 51.942 | 47.911 | 43.880 | 45.171 | 49.915 | 69.940 |
| 2 | 70.144 | 66.113 | 62.082 | 63.373 | 68.117 | 80.728 |
| 3 | 85.245 | 81.214 | 77.183 | 78.475 | 83.218 | 101.844 |
| 4 | 81.859 | 77.828 | 73.797 | 77.332 | 80.869 | 100.894 |
| 5 | 130.910 | 126.879 | 122.848 | 126.383 | 129.920 | 149.945 |
| 6 | 131.732 | 127.701 | 123.670 | 127.206 | 130.743 | 150.768 |
| 7 | 158.276 | 154.245 | 150.214 | 153.750 | 157.287 | 159.922 |
| 8 | 136.633 | 132.602 | 128.571 | 129.862 | 134.606 | 145.249 |
| 9 | 138.661 | 134.630 | 130.599 | 131.890 | 136.634 | 133.652 |
| 10 | 192.902 | 188.871 | 184.840 | 186.132 | 190.875 | 187.893 |
| 11 | 237.286 | 233.255 | 229.224 | 230.515 | 235.259 | 232.277 |
| 12 | 268.768 | 264.737 | 260.706 | 261.997 | 266.741 | 263.759 |
| 13 | 268.981 | 267.143 | 263.112 | 262.747 | 267.490 | 247.603 |
| 14 | 209.248 | 207.410 | 203.379 | 203.014 | 207.757 | 187.870 |
| 15 | 188.900 | 184.869 | 180.837 | 182.129 | 186.872 | 183.891 |
| 16 | 141.831 | 139.993 | 135.962 | 135.597 | 140.341 | 120.454 |
| 17 | 65.579 | 61.548 | 57.517 | 53.981 | 58.725 | 54.817 |
| 18 | 26.296 | 22.265 | 18.234 | 19.526 | 24.269 | 44.294 |
| 19 | 43.303 | 39.272 | 35.241 | 36.532 | 41.276 | 61.301 |
| 20 | 14.651 | 12.946 | 9.487 | 13.022 | 15.988 | 36.013 |