

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПАТРУЛЬНО-ПОСТОВОЙ СЛУЖБЫ В ГОРОДЕ

к.т.н. Б.Е. Кухарев, проф. В.Е. Пустоваров, к.т.н. Е.Г. Соколовская

*Рассматривается методика и алгоритмическая реализация автоматизированного размещения подразделений патрульно-постовой службы в районе.*

**Постановка проблемы.** Одной из важных задач в организации обеспечения общественного порядка является распределение сил патрульно-постовой службы (ППС) милиции по патрульным участкам с целью максимально полного охвата территории и возможно быстрого реагирования. Сложности такого распределения заключаются в учете изменения уровня преступности рассматриваемого района по месту и времени. Эти изменения возникают под влиянием различных факторов, таких, например, как открытие объектов торговли, появление новых мест массового отдыха, неохраняемых автостоянок и др. Перечисленные факторы трудно предвидеть, однако они часто приводят к росту преступности там, где нарядов милиции нет. Таким образом, имеется острая необходимость в разработке системы быстрого реагирования и управления патрульно-постовыми службами милиции для оперативного контроля за криминогенной ситуацией региона.

**Обзор литературы.** В настоящее время распределение подразделений ППС осуществляется не автоматизированным способом, а на основе информационно-правовых документов. Основным документом, используемым при расстановке подразделений ППС милиции, является “Единая дислокация маршрутов патрулей и постов” [1], не позволяющая оперативно реагировать на смену обстановки в районе. В связи с этим возникает необходимость в разработке более гибкой, нежели существующая, расстановки сил ППС и маневрировании ими для обеспечения контроля за уровнями криминогенной ситуации. Таким образом, речь идет о создании автоматизированной системы непрерывного контроля за состоянием общественного порядка и быстрого перераспределения сил и ППС.

**Цель статьи.** В настоящей статье предлагается новая методика определения оперативной дислокации сил ППС милиции, и приводятся алгоритмы для ее программной реализации.

По предлагаемой методике рассматриваемая территория разбивается на участки, которые включают в себя близлежащие патрулируемые объекты. Число участков соответствует количеству нарядов ППС милиции. Полученные участки должны содержать такое число объектов, что бы их суммарные коэффициенты криминогенности были одинаковы. Под коэффициентом криминогенности объекта понимается количество правонарушений и преступлений, совершенных за промежуток времени (например, месяц, год и т.д.) или совокупность промежутков времени (например, с 16.00 до 24.00 за несколько дней). Таким образом, участки территории, где совершается больше преступлений и иных правонарушений, включают в себя меньше объектов и перекрываются маршрутами меньшей длины. Поэтому патрульный наряд может быстрее реагировать на сложившуюся криминогенную ситуацию. Далее на каждом полученном участке разрабатывается оптимальный маршрут обхода патрулируемых объектов.

Представляемая типовая методика расстановки сил ППС представляет собой двухуровневую иерархическую систему. На высшем уровне производится формирование участков с учетом двух критериев:

- минимизации расстояния между объектами, входящими в один участок;
- равномерность нагрузки нарядов ППС на участках с учетом коэффициентов криминогенности.

На низшем уровне рассчитываются оптимальные по длине маршруты обхода внутри каждого участка. Таким образом, на каждом уровне решаются задачи оптимизации расстановки сил ППС милиции с точки зрения выбранных критериев.

Рассмотрим математическую постановку задачи верхнего уровня. Для этого представим территорию как множество криминогенных объектов (точек в принятой системе координат) с их координатами, нумерация принимается произвольно. Введем следующие обозначения:  $i$  – номер объекта;  $S$  – название объекта;  $m$  – число объектов;  $x_i, y_i$  – координаты объекта;  $\alpha_i$  – коэффициент криминогенности  $i$ -го объекта;  $j$  – номер участка, закрепленного за одним нарядом ППС;  $n$  – количество нарядов в структуре ППС;  $n_1$  – количество участков;  $\rho_{ij}$  – евклидово расстояние от  $i$ -го объекта до центра  $j$ -го участка.

Под центром участка понимается фиктивная точка с координатами

$$x_i = \frac{\sum_i x_i \lambda_{ij}}{\sum_i \lambda_{ij}},$$

где  $\lambda_{ij} \in \{0,1\}$  – символ включения  $i$ -го объекта в  $j$ -й участок.

При приведенных обозначениях в качестве критериев задачи этого уровня примем:

1) компактность территорий (участков)

$$\sum_i \rho_{ij} \rightarrow \min, \quad j = \overline{1, n}; \quad (1)$$

2) равномерность нагрузки на наряды ППС

$$\left| \sum \alpha_i \lambda_{ij} - \frac{1}{n} \sum_i \alpha_i \right| \rightarrow \min \quad (j = \overline{1, n}). \quad (2)$$

Сформулированная задача является сложной многокритериальной задачей дискретного математического программирования на множестве сочетаний, что исключает приведение ее к какой-либо стандартной модели [2, 3]. Поэтому для ее решения предлагается эвристический алгоритм, который позволяет найти, если не оптимальное, то достаточно близкое к нему решение.

Сущность алгоритма заключается в следующем:

– в начале принимается количество участков  $n_1$  равным количеству объектов  $m$  и далее оно уменьшается итерационным путем. В конце работы алгоритма должно выполняться  $n_1 = n$  при выполнении указанных критериев;

– на каждом последующем шаге к какому-либо участку присоединяется один объект, выбранный по критерию

$$\min_i S_{ij} = \min_j S_{ij} \quad (i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_1}).$$

Это происходит до тех пор, пока количество участков не станет равным количеству нарядов ППС  $n_1 = n$ .

После выполнения алгоритма каждый из объектов включается в какой-либо участок по критерию близости, однако при этом не учитывается степень криминогенности объектов. Поэтому для выполнения критерия (2) будем осуществлять перенос объектов из участка в участок с целью его достижения. Перенос осуществляется с помощью множества однотипных шагов, на каждом из которых определяется участок  $V_k$ ,  $k = \overline{1, n_1}$  с минимальным уровнем суммарной криминогенности

$$K : V_k = \min_j \sum_i \alpha_i \lambda_{ij}.$$

Далее для  $k$ -го участка определяется объект  $S_i$ , принадлежащий какому-либо из других участков ( $\lambda_{ij} = 0$ ), для которого достигается

$$\min_i \rho_{ik} \lambda_{i, j \neq k}.$$

Затем этот объект переносится из  $j$ -го участка в  $k$ -й.

Процедура повторяется до тех пор, пока степень неравномерности суммарного коэффициента криминогенности нарядов ППС не достигнет приемлемого уровня  $\varepsilon$ .

$$\left| \sum_i \alpha_i \lambda_{ij} - \frac{1}{n} \sum_i \alpha_i \right| \leq \varepsilon.$$

На этом первый этап заканчивается.

Оптимизационная задача, решаемая на низшем уровне иерархии, сводится к уже известной задаче коммивояжера. Необходимо найти минимальный (кратчайший) путь обхода всех объектов, включенных в  $j$ -й участок, то есть построить кратчайший цикл. Эта задача решается для каждого  $j$ -го участка. Математическая постановка задачи следующая:

$$\sum_i \sum_k p_{ik} x_{ik} \rightarrow \min$$
$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если цикл включает переход из } i\text{-го объекта в } k\text{-й} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$
$$\sum_i x_{ik} = 1, \quad \sum_k x_{ik} = 1 \quad \text{для всех объектов.}$$

**Выводы.** Предлагаемая типовая методика и ее программная реализация позволяют создать автоматизированную систему быстрого реагирования и управления патрульно-постовыми службами милиции для оперативного контроля за криминогенной ситуацией в районе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Единая дислокация маршрутов патрулей и постов. МВД Украины, 1993. – 34 с.*
2. *Глузкин Л.М., Шварц В.Я., Шор Л.А. Задачи и алгоритмы комбинаторики и теории графов. – Донецк: ДГУ, 1982. – 110 с.*
3. *Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. – М.: Мир, 1985. – 296 с.*

Поступила 30.12.2003

**КУХАРЕВ Борис Ефимович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики Национального университета внутренних дел. В 1963 году окончил ХПИ. Область научных интересов – системный анализ, математические модели задач оптимизации.

**ПУСТОВАРОВ Владимир Евгеньевич**, канд. техн. наук, профессор, профессор УИПА. В 1961 году окончил Харьковское ВАИВУ. Область научных интересов – радиоэлектроника и электроэнергетика. E-mail: vladimir@ic.kharkov.ua.

**СОКОЛОВСКАЯ Елена Георгиевна**, канд. техн. наук, доцент каф. прикл. математики Национального университета внутренних дел. В 1977 году окончила ХПИ. Область научных интересов – прикл. математика, мат. модели в задачах оптимизации, оптимальное управление.

---