

*В.М. Комяк, д.т.н., профессор, НУГЗУ,
В.К. Мунтян, к.т.н., доцент, НУГЗУ*

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПУНКТОВ НАБЛЮДЕНИЯ НАЗЕМНЫХ СИСТЕМ ВИДЕО-МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

В работе анализируется и ставится задача оптимизации размещения пунктов наблюдения наземного мониторинга лесных пожаров

Ключевые слова: наземные системы видео-мониторинга, оптимизация, покрытие и размещение

Постановка проблемы. Предупреждение и тушение лесных пожаров является одной из наиболее актуальных и важнейших задач в государстве. Пожары охватывают значительные площади, нанося при этом как прямой материальный ущерб, так и косвенный ущерб, проявляющийся в снижении водорегулирующей, почвозащитной, полезащитной, санитарно-гигиенической, эстетической и климатической функций леса.

Возникновению пожаров способствуют: 1) большая интенсивность посещений лесных угодий населением; 2) близость населенных пунктов, рекреационных учреждений, дорог и т.д. 3) длительные засухи; 4) высокая температура воздуха и поверхности грунта; 5) длительный период вероятности загораний в лесу.

Установлена тесная зависимость частоты возникновения и площади пожаров с погодными условиями. Так, в Харьковской области в наиболее засушливые 1992, 1994, 1998, 1999 годы, когда количество осадков составляло всего лишь 358-446 мм, то есть было значительно ниже нормы (525 мм), наблюдались максимальное количество и площадь пожаров (соответственно, 540-814 случаев на год и 113,9-275,5 гектаров на год). Особенно острая угроза возникновения лесных пожаров – в лесах густонаселенных лесостепных, степных районов Украины, горах Крыма.

Увеличивается число больших пожаров, которые приобретает статус чрезвычайных ситуаций. В частности, это пожары в Крыму в 1993г., Луганской, Харьковской, Херсонской областях в 1995 г., Киевской, Донецкой, Луганской, Черниговской областях в 1996г., Луганской в 1998г., Херсонской, Луганской в 1999г., Херсонской области и в Крыму в 2007г., в Харьковской области в 2008г. Аналогичная ситуация и по общей площади пожаров. Наибольшее количество пожаров отмечается в лесах вокруг мегаполисов. Так, если в лесах Харьков-

ской области в 1998 году было зарегистрировано 708 случаев пожаров, то в лесах зеленой зоны Харькова – 416 случаев, т.е. 59 %.

Одним из подходов к раннему выявлению лесных пожаров является их мониторинг [1], как космический [2], так и наземный [3, 4]. Космический мониторинг позволяет оперативно определить очаги пожаров для лесов площадью более 6-8 га на труднодоступных территориях с высокой периодичностью обновления информации и широким охватом района наблюдения. При этом информация, получаемая дистанционно, позволяет не только анализировать текущую ситуацию с лесными пожарами, но и в дальнейшем проводить анализ динамики развития пожара [5-7]. Для обнаружения очагов пожаров для лесов меньших площадей действуют локальные наземные способы с использованием пожарных вышек и матч различных конструкций, промышленные видеосистемы. Данные мониторинга различных уровней (наземного и космического) составляют единую архитектуру информационных слоев геоинформационных систем противопожарного мониторинга лесов.

Одной из проблем проектирования наземных систем видеомониторинга является оптимизация размещения пунктов наблюдения.

Анализ последних достижений и публикаций. Задача оптимального размещения вышек может быть сформулирована как задача покрытия. Оптимальность покрытия кругами одного радиуса при размещении центров кругов в вершинах равностороннего треугольника, разбивающих область, показана в [8]. Один из подходов к решению задачи покрытия кругами разных радиусов изложен в [9]. В работах [3-4] рассматривается задача наземного мониторинга лесных массивов с помощью вышек наблюдения для случая, когда каждая вышка контролирует круговые зоны разных радиусов и задача сводится к задаче покрытия невыпуклого многосвязного многоугольника (лесного массива с областями запрета) кругами разного радиуса. Задача решается эвристически, в основу решения задачи покрытия кругами одного радиуса лежит разбиение области либо квадратами, либо равносторонними треугольниками с последующим размещением центров кругов в вершинах рассмотренных фигур. Центры кругов, которые принадлежат запретным областям или находятся за пределами областей, смещаются в ближайшую точку области. На следующем шаге алгоритма ищутся непокрытые области с целью добавления центров кругов [3]. В работе [4] в основе алгоритма упаковки лежит представление площади контролируемого участка суммой квадратов различных площадей. Это представление основано на задании десятичного числа, определяющего площадь лесного массива, в число в четверичной системе. На основе задания этого числа в четверичной системе осуществляется генерация квадратов, сумма пло-

щадей которых равна площади исходного. В случае, если квадрат пересекает границу покрываемой области, квадрат заменяется на 4 меньших квадрата, с площадью в 4 раза меньшей. Процедура повторяется до тех пор, пока площадь упаковки не приблизится к площади многоугольника. Затем вокруг квадратов описываются круги. Однако непонятно, как размещаются квадраты в области, площади которых определены по изложенному выше алгоритму. Из работы [4] непонятно, как идет прореживание кругов в получаемом покрытии и как предлагаемые алгоритмы [3-4] позволяют учесть практические ограничения (учет разного уровня пожарной опасности участков леса, необходимость полноты и избыточности покрытия, учет рельефа местности), накладываемые на размещение вышек видеонаблюдения, и как ищется вариант наилучшего покрытия. В работах [10-12] предложены методы математического и компьютерного моделирования оптимального покрытия области кругами, но учет перечисленных выше ограничений требует как разработки новых методов моделирования рационального покрытия, так и модификации существующих.

Постановка задачи. На вышках видеонаблюдения устанавливается аппаратура, которая может быть как проводной, так и беспроводной. Каждая вышка контролирует некоторую территорию, которую можно представить в виде круга заданного радиуса. Четкость видеонаблюдения при приближении к границе круга падает, поэтому граница круга может быть “размытой”, т.е. может представляться интервально [13] или с помощью размытых множеств [14]. Вышки не могут быть расположены в областях запрета (водоемах, болотистой территории и т.д.), к вышкам должен быть доступ для профилактических и ремонтных работ, а в случае проводной аппаратуры - проложен минимальной длины провод, доступный с точки зрения профилактического обслуживания. На места размещения вышек влияет также рельеф. Учет рельефа местности влияет на радиус круга обзора территории: размещение на более высокой местности делает круг обзора большей площади. Различные участки леса имеют разную пожарную опасность. Существует пять классов пожарной опасности [15]. На пожарную опасность влияет также близость населенных пунктов и дорог, которые увеличивают ее по мере приближения к границе лесного массива. Очевидно, что участки с большей пожарной опасностью должны иметь большую вероятность обнаружения и контролироваться вышками с меньшей зоной обзора или кругом меньшего радиуса.

Таким образом, возникает следующая задача.

Необходимо разместить минимальное количество вышек видеонаблюдения, позволяющих своими круговыми интервальными зонами полностью покрыть лесной массив при выполнении следую-

щих ограничений (условий):

- неразмещения в областях запрета;
- изменения радиуса круга (обзора с вышки) в зависимости от изменения рельефа и пожарной опасности защищаемого вышкой участка лесного массива;
- минимума длины сети, связывающей вышки видеонаблюдения;
- принадлежность пунктов наблюдения и сети, связывающей вышки видеонаблюдения, области, доступной с точки зрения доставки бригад для профилактических и ремонтных работ.

Выводы. Сформулирована содержательная постановка задачи оптимизации размещения пунктов наблюдения, которая возникает при проектировании наземных систем видео-мониторинга. Построенная модель является основой для построения математической модели размещения пунктов наблюдения путем формализации ограничений и для разработки методов оптимизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О. Моніторинг надзвичайних ситуацій / Ю.О.Абрамов, Є.М.Грінченко, О.Ю.Кірючкін, П.А. Коротинський, С.М. Миронець, В.О.Росоха, В.В.Тютюнік, В.М.Чучковський, Р.І.Шевченко: Підручник. Вид.-во АЦЗУ.-2005.-530с.

2. Сеть малых космических аппаратов для оперативного обнаружения пожаров / Н.Г. Андрианов, В.Н. Лагуткин, А.П. Лукьянов и др. // Успехи совр. радиоэлектрон. – 2011. - № 8. – С. 42 – 49.

3. Кочкарь Д.А. Оптимальное размещение вышек наблюдения наземных систем видео-мониторинга лесных пожаров / Д.А.Кочкарь, С.Ю.Мединцев, А.А.Орехов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи.-Харків.-2010.- , №7(48).-С.311-314.

4. Бабий С.М. Алгоритм покрытия площади лесного массива кругами видеонаблюдения и контроля / С.М. Бабий, Д.А.Кочкарь, В.В.Чмовж // Радіоелектронні і комп'ютерні системи.-Харків.-2010.- №7(48).-С.272-277.

5. Абрамов Ю.А. Обнаружение очагов лесных пожаров и прогноз динамики их распространения / Ю.А. Абрамов, В.А.Комяк, В.М.Комяк, В.Е.Росоха. – Харьков: АГЗ Украины.-2004. – 145с.

6. Созник А.П. Глобальная и локальная модели распространения ландшафтного пожара / А.П.Созник, И.К.Кириченко, А.Я.Калиновский, С.В.Гайдым // Проблемы пожарной безопасности. Харьков: НУГЗУ.– 2010. – Вып. 28. – С. 162 – 166.

7. Куценко Л.Н. Передбачення кромок вигорання при лісовій пожежі методом іміджевої екстраполяції / Л.Н.Куценко, О.В.Шоман,

С.В. Васильев // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. Вып. 10. Харьков: АО «Фолио».- 2001. - С. 98 – 102

8. Kershner R. The number of circles covering a set / R. Kershner // Amer. J. Mathematics.-1939.-Vol.61, N3.—P.665-671.

9. Кузнецов В.Ю. Задачи покрытия ортогональных многоугольников с запретными участками / В.Ю.Кузнецов // Вестник УГАТУ.-Уфа.-2008.-Т.10, №2(27).-С.177-182.

10. Стоян Ю.Г. Оптимизация покрытий трансляциями ограниченных множеств / Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев // Докл. АН УССР. Сер. А, 1988- № 7.- С.20-23.

11. Стоян Ю.Г., Математическая модель и метод решения задачи упаковки максимального числа равных кругов в невыпуклую область с зонами запрета / Ю.Г. Стоян, А.М. Чугай // Доповіді Національної академії наук України. – 2009. - № 10. – С. 45 – 52.

12. Панкратов А.В. Метод регулярного покрытия прямоугольной области кругами заданного радиуса/ А.В.Панкратов, В.Н.Пацук, Т.Е.Романова, А.А.Антошкин // Радиоэлектроника и информатика. - 2002. - № 1. - С. 50 - 52.

13. Романова Т. Є. Засоби побудови математичних моделей оптимізаційних задач розміщення геометричних об'єктів та їх застосування: Дис. ... д-ра техн. наук: 01.05.02. - К., 2003. - 324 с.

14. Зайченко Ю.П. Исследование операций: нечеткая оптимизация / Ю.П.Зайченко: Учеб.пособие.-Киев: Вища школа, 1991.-191с.

15. Софронов М.А. Пожарная опасность в природных условиях / М.А. Софронов, И.Г. Гольдаммер, А.В. Волокитина, Т.М. Софронова. – Красноярск: ИЛес. СО РАН.- 2005. – 330 с.

nuczu.edu.ua

V.M. Komyak, V.K. Muntian

Statement of the problem of placement optimization system for monitoring ground video-monitoring of forest fires.

This paper seeks to analyze and optimize the placement of observation points is ground-based monitoring of forest fires.

Key words: ground-based systems of video-monitoring, optimization-zation, coverage and placement.

В.М. Комяк, В.К. Мунтян

Постановка задачі оптимізації розміщення пунктів спостереження наземних систем відео-моніторингу лісових пожеж.

В роботі аналізується та ставиться задача оптимізації розміщення пунктів спостереження наземного моніторингу лісових пожеж.

Ключові слова: наземні системи відео-моніторингу, оптимізація, покриття та розміщення.