

*В.М. Комяк, д.т.н., профессор, НУГЗУ,
А.В. Панкратов, д.т.н., с.н.с., ИПМаш НАН Украины,
А.Ю. Приходько, адъюнкт, НУГЗУ,
С.Д. Светличная, к.т.н., доцент, НУГЗУ*

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПУНКТОВ НАБЛЮДЕНИЯ НАЗЕМНЫХ СИСТЕМ ВИДЕО-МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

В работе анализируется и ставится задача оптимизации размещения пунктов наблюдения наземного мониторинга лесных пожаров, предлагается подход к ее решению.

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

Постановка проблемы. Пожары из множества природных и антропогенных факторов оказывают доминирующее негативное воздействие на состояние лесных фитоценозов, наносят значительный материальный и экологический ущерб. В силу возрастной и породной структуры и сильного антропогенного воздействия лесные насаждения на территории Украины отличаются высокими природной пожарной опасностью и горимостью.

Следствием пожаров является повреждение и гибель лесных насаждений, ухудшение качественного состава лесного фонда, снижение природоохранных и средообразующих функций лесов

Для борьбы с пожарами необходимо в лесном фонде страны проводить комплекс профилактических противопожарных мероприятий, таких как использование современных средств раннего обнаружения и оперативной ликвидации пожаров.

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) гектар 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 (на-

земного и космического) составляют единую архитектуру информационных слоев геоинформационных систем противопожарного мониторинга лесов.

На данный момент существуют системы наземного видеомониторинга лесных массивов [8-12]. Простейшая система [8] позволяет на основе цветного изображения повысить оперативность, и качественное выявление очагов пожаров в лесных массивах. Система мониторинга [9] основана на сетевом принципе. Видеокамеры передают информацию по радиоканалу на единый диспетчерский пункт. В Псковской области опробована система [10] основанная на мониторинге лесного фонда с помощью видеоаппаратуры.

Немецкая компания предлагает разработанную ими систему Fire Watch с использованием оборудования компании IQ wireless [11].

В 2008 году Нижегородская компания «Дистанционные системы контроля» разработала инновационную систему мониторинга леса «Лесной Дозор», для раннего обнаружения лесных пожаров и определения их координат [12]. «Лесной Дозор» функционирует на базе современных технологий: IP-видеонаблюдения, мобильных приложений, географических информационных систем (ГИС), Интернет приложений и «Компьютерного зрения».

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 [13]. Один из подходов к решению задачи покрытия кругами разных радиусов изложен в [14]. 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 областями, 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 представлении десятичного числа, задающего площадь лесного массива, в число в четверичной системе. На основе представления этого числа в четверичной системе осуществляется генерация квадратов, сумма площадей 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, неразмещение вышек в областях запрета), накладываемые на размещение вышек видеонаблюдения, и как ищется вариант наилучшего покрытия. В работах [15-17] 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 и ее решение. Рассмотрим некоторую область S_0 , которая описывает участок леса, который контролируется некоторой аппаратурой видеонаблюдения, устанавливаемой на вышках. Аппаратура может быть как проводной, так и беспроводной. Каждая вышка с аппаратурой, обозначим ее в виде объекта S_i контролирует некоторую территорию, которую можно представить в виде круга заданного радиуса r_i . Радиус круга r_i зависит от высоты вышки h_i , на которой располагается аппаратура и от вида аппаратуры T_i , т.е. $r_i(h_i, T_i)$. Высота вышки задается от минимального значения $h_{\min,i}$ до максимального $h_{\max,i}$ с заданным шагом дискретности Δh_i . Стоимость вышки изменяется линейно в зависимости от ее высоты. Вышки не могут быть расположены в областях запрета $S_t (t = 1, \dots, m)$ (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. Представим рельеф в виде некоторой поверхности $F(x, y, z)$. Учет рельефа местности также 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 [18]. Представим область S_0 , как объединение подобластей с разным классом пожарной опасности, т.е.

$$S_0 = \bigcup_{j=1}^5 S_{0j}, \forall j \in \{1, \dots, 4\}, S_{0j} \cap S_{0j+1} = \emptyset. \text{ На пожарную опасность влияет}$$

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 надежность обнаружения, для чего аппаратура должна контролировать меньшую зону обзора (круг меньшего радиуса, т.е. радиус зависит и от класса пожарной опасности $r_i(h_i, Ti, j)$) или контролироваться несколькими вышками, т.е. $\sum_i \varpi_{ij} \rightarrow \max$, где ϖ_{ij} - ϖ - функция, которая описывает площадь пересечения объектов S_i с участками леса четвертого и пятого класса пожарной опасности ($j=4,5$).

Таким образом, возникает следующая задача.

Необходимо разместить минимальное количество вышек видеонаблюдения, позволяющих своими круговыми зонами защиты переменного радиуса полностью покрыть лесной массив при выполнении следующих ограничений (условий):

- повышения надежности обнаружения очагов пожара для участков повышенной пожарной опасности;
- неразмещения в областях запрета;
- изменения радиуса круга (обзора с вышки) в зависимости от изменения рельефа, пожарной опасности защищаемого вышкой участка лесного массива и вида используемой аппаратуры;
- минимума длины сети, связывающей вышки видеонаблюдения с пунктами обслуживания $To_k, k = 1, 2, \dots$ (в случае проводной аппаратуры);
- принадлежность пунктов наблюдения и сети $L_{ik}, i = 1, \dots, n; k = 1, 2, \dots$, связывающей вышки видеонаблюдения, области, доступной с точки зрения доставки бригад для профилактических и ремонтных работ.

Построим математическую модель задачи, для случая, когда рассматривается беспроводная аппаратура.

Необходимо найти

$$\min_W n(x_1, y_1, z_1, r_1(h_1, T_1, j), \dots, x_n, y_n, z_n, r_n(h_n, T_n, j)),$$

где W – область допустимых решений, описываемая следующей системой неравенств:

$$\left\{ \begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \varpi_{ij}(x_1, y_1, z_1, r_1(h_1, Ti_1, j), \dots, x_n, y_n, z_n, r_n(h_n, Ti_n, j)) \rightarrow \max_{W \subset W}, j = 4, 5; \quad (1) \\ & \Phi_{i_1, 01}(x_{01}^*, y_{01}^*, x_{i_1}, y_{i_1}, z_{i_1}, r_{i_1}(h_{i_1}, Ti_{i_1}, j)) \geq 0, i_1 = 1, \dots, n_1, i_1 \in \{1, \dots, n\} \\ & Ti_{i_1} \in \{1, \dots, T\}, h_{i_1} \in [h_{\min}, h_{\max}] j \in \{1, \dots, 5\} \quad (2) \\ & \Phi_{i_2, 02}(x_{02}^*, y_{02}^*, x_{i_2}, y_{i_2}, z_{i_2}, r_{i_2}(h_{i_2}, Ti_{i_2}, j)) \geq 0, i_2 = 1, \dots, n_2, i_2 \in \{1, \dots, n\} \\ & Ti_{i_2} \in \{1, \dots, T\}, h_{i_2} \in [h_{\min}, h_{\max}] j \in \{1, \dots, 5\} \quad (3) \\ & \Phi_{i_3, 03}(x_{03}^*, y_{03}^*, x_{i_3}, y_{i_3}, z_{i_3}, r_{i_3}(h_{i_3}, Ti_{i_3}, j)) \geq 0, i_3 = 1, \dots, n_3, i_3 \in \{1, \dots, n\} \\ & Ti_{i_3} \in \{1, \dots, T\}, h_{i_3} \in [h_{\min}, h_{\max}] j \in \{1, \dots, 5\} \quad (4) \\ & \Phi_{i_4, 04}(x_{04}^*, y_{04}^*, x_{i_4}, y_{i_4}, z_{i_4}, r_{i_4}(h_{i_4}, Ti_{i_4}, j)) \geq 0, i_4 = 1, \dots, n_4, i_4 \in \{1, \dots, n\} \\ & Ti_{i_4} \in \{1, \dots, T\}, h_{i_4} \in [h_{\min}, h_{\max}] j \in \{1, \dots, 5\} \quad (5) \\ & \Phi_{i_5, 05}(x_{05}^*, y_{05}^*, x_{i_5}, y_{i_5}, z_{i_5}, r_{i_5}(h_{i_5}, Ti_{i_5}, j)) \geq 0, i_5 = 1, \dots, n_5, i_5 \in \{1, \dots, n\} \\ & Ti_{i_5} \in \{1, \dots, T\}, h_{i_5} \in [h_{\min}, h_{\max}] j \in \{1, \dots, 5\} \quad (6) \\ & n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 = n; \quad (7) \\ & \Phi_{it}(x_i, y_i, z_i, r_i(h_i, Ti_i, j), x_t^*, y_t^*, z_t^*) \geq 0, i = 1, \dots, n; t = 1, \dots, m; h_i \in [h_{\min}, h_{\max}] \\ & Ti_i \in \{1, \dots, T\}, j \in \{1, \dots, 5\} \quad (8) \\ & F(x_i, y_i, z_i) = 0, i = 1, \dots, n; \quad (9) \\ & \Phi_{ik}(x_i, y_i, z_i, r_i(h_i, Ti_i, j), x_k, y_k, z_k) \geq 0, i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m; h_i \in [h_{\min}, h_{\max}] \\ & Ti_i \in \{1, \dots, T\}, j \in \{1, \dots, 5\} \quad (10) \\ & \Phi_{0k}(x_k, y_k, z_k, x_0^*, y_0^*, z_0^*) \geq 0, k = 1, 2, \dots, n; \quad (11) \\ & \Phi_{i0}(x_i, y_i, z_i, r_i(h_i, Ti_i, j), x_0^*, y_0^*, z_0^*) \geq 0, i = 1, \dots, n; h_i \in [h_{\min}, h_{\max}] \\ & Ti_i \in \{1, \dots, T\}, j \in \{1, \dots, 5\} \quad (12) \end{aligned} \right.$$

Рассмотрим объект $K = C(\bigcup_{i_j} S_{i_j}), i_1 = 1, \dots, n_1, i_1 \in \{1, \dots, n\}, j \in \{1, \dots, 5\}$, где

$C(\bigcup_{i_j} S_{i_j})$ - дополнение $(\bigcup_{i_j} S_{i_j})$. Тогда условия (3) – (7) – это условия по-

крытия областей $S_{0_j}, j = 1, \dots, 5$ объектами $\bigcup_{i_j} S_{i_j}$ или непересечения объ-

ектов K соответственно с областями $S_{0_j}, j = 1, \dots, 5$, записанное с помощью Φ -функций названных объектов; условие (8) – условие непересечения объектов $S'_i (i = 1, \dots, n)$ (оснований вышек) с областями запрета $S_i (t = 1, \dots, m)$; (9) – условие принадлежности оснований вышек поверхности рельефа; (10) – условие непересечения объектов $S'_i (i = 1, \dots, n)$ с се-

тью $L_{ik}, i = 1, \dots, n; k = 1, 2, \dots$; (11) – условие принадлежности сети области или непересечения объектов $L_{ik}, i = 1, \dots, n; k = 1, 2, \dots$ и CS_0 ; (12) – условие принадлежности $S'_i (i = 1, \dots, n)$ области S_0 или непересечения объектов $S'_i (i = 1, \dots, n)$ и CS_0 .

Условие (3) описывает условие принадлежности оснований.

Для случая, когда в качестве цели рассматривается стоимость проектирования объекта защиты, изменяется только функция цели:

Необходимо найти

$$\min_W \sum_i C_i(x_1, y_1, z_1, r_1(h_1, Ti_1, j), \dots, x_n, y_n, z_n, r_n(h_n, Ti_n, j)),$$

где W – область допустимых решений, описываемая выше представленной системой неравенств.

Рассмотренные выше задачи принадлежат к задачам негладкой оптимизации вследствие наличия негладких функций принадлежности вида $F(x_i, y_i, z_i) = 0, i = 1, \dots, n$. Область допустимых решений может быть разбита на подобласти, описываемые системами неравенств с гладкими функциями. Таким образом, решение задачи может быть сведено к решению последовательности задач нелинейного программирования.

В качестве функции цели может быть выбрана произвольная гладкая функция, в том числе: минимизация радиусов покрывающих кругов (соответственно минимизация высоты вышек или выбор более дешевых средств обнаружения), минимизация числа вышек (если удастся уменьшить один из радиусов до нуля) и повышение надежности (максимизация зон перекрытия).

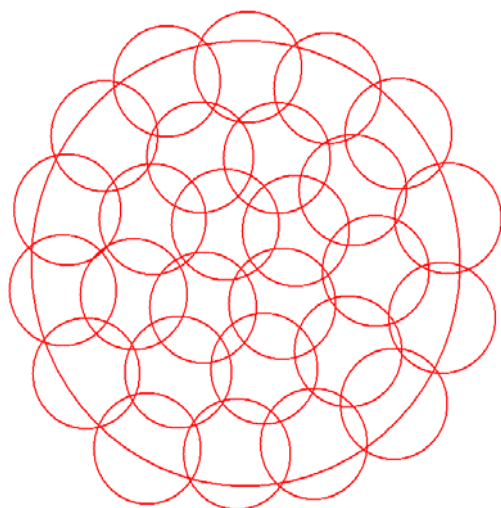


Рис. 1. Исходное покрытие

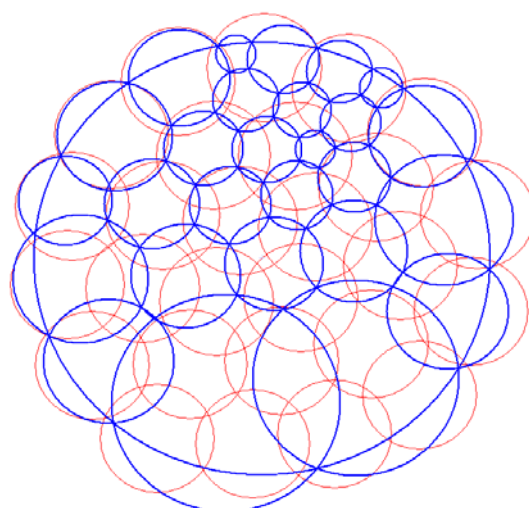


Рис. 2. Функция цели – минимизация суммы радиусов покрывающих кругов

Пусть задана стартовая точка – вектор $(x_1^0, y_1^0, z_1^0, r_1^0(h_1, Ti_1, j), \dots, x_n^0, y_n^0, z_n^0, r_n^0(h_n, Ti_n, j))$, при котором $F(x_1^0, y_1^0, z_1^0, r_1^0(h_1, Ti_1, j), \dots, x_n^0, y_n^0, z_n^0, r_n^0(h_n, Ti_n, j))$ является покрытием S_0 .

Необходимо определить вектор $u^* = (x_1^*, y_1^*, z_1^*, r_1^*(h_1, Ti_1, j), \dots, x_n^*, y_n^*, z_n^*, r_n^*(h_n, Ti_n, j))$, при котором $F(u)$ достиг бы экстремального значения и выполнялись бы условия (3) – (7) покрытия области $S_0 = \bigcup_{j=1}^5 S_{oj}$. На рис. 1-2 представлен тестовый пример

решения задачи.

Учет рельефа и зон пожарной опасности можно осуществить следующим образом.

Покроем поверхность сеткой с некоторым шагом Δ и произведем триангуляцию поверхности. Построим уравнения плоскостей, проходящих через треугольные сегменты поверхности таким образом, чтобы положительное полупространство было в нижней части.

Пусть вышка размещена в точке t с координатами (x, y) , имеющей высоту $H + h$ относительно выбранного нулевого уровня (рис. 3). По известной приближенной формуле расстояние R (в километрах) до линии горизонта равно $3.57\sqrt{H+h}$ (высота в метрах). Если R превышает регламентное максимальное расстояние R_d для датчика, принимаем $R = R_d$.

Строим сферу S радиуса R с центром в точке t и исследуем все треугольные сегменты поверхности, попавшие в S . При этом, если уклонение точки t от плоскости, содержащей сегмент, положительно, то соответствующий сегмент невидим из точки t (плоскость L на рисунке). В противном случае (уклонение неположительно) видимость сегмента определяется методом трассировки. На этом этапе может быть произведен также учет зон пожароопасности – все попавшие в сферу сегменты, расстояние до которых от точки (x, y) превышает максимально допустимое, помечаются как невидимые. Если число невидимых сегментов велико (превышает 30%), последовательно уменьшаем R и повторяем анализ сегментов до тех пор, пока процент неохваченных сегментов не достигнет приемлемого значения.

Строим проекции на горизонтальную плоскость всех сегментов, попавших в уменьшенную сферу. В результате получается, что обслуживаемая аппаратурой окружность радиуса R с координатами центра (x, y) преобразуется в множество, которое может быть приближенно аппроксимирующей окружностью радиуса $R(x, y, h)$ с центром в точке $O' = c + d(x, y, h)$, где $d = d(x, y, h)$ – вектор смещения центра аппроксимирующей окружности относительно точки $c = (x, y)$ (рис. 3).

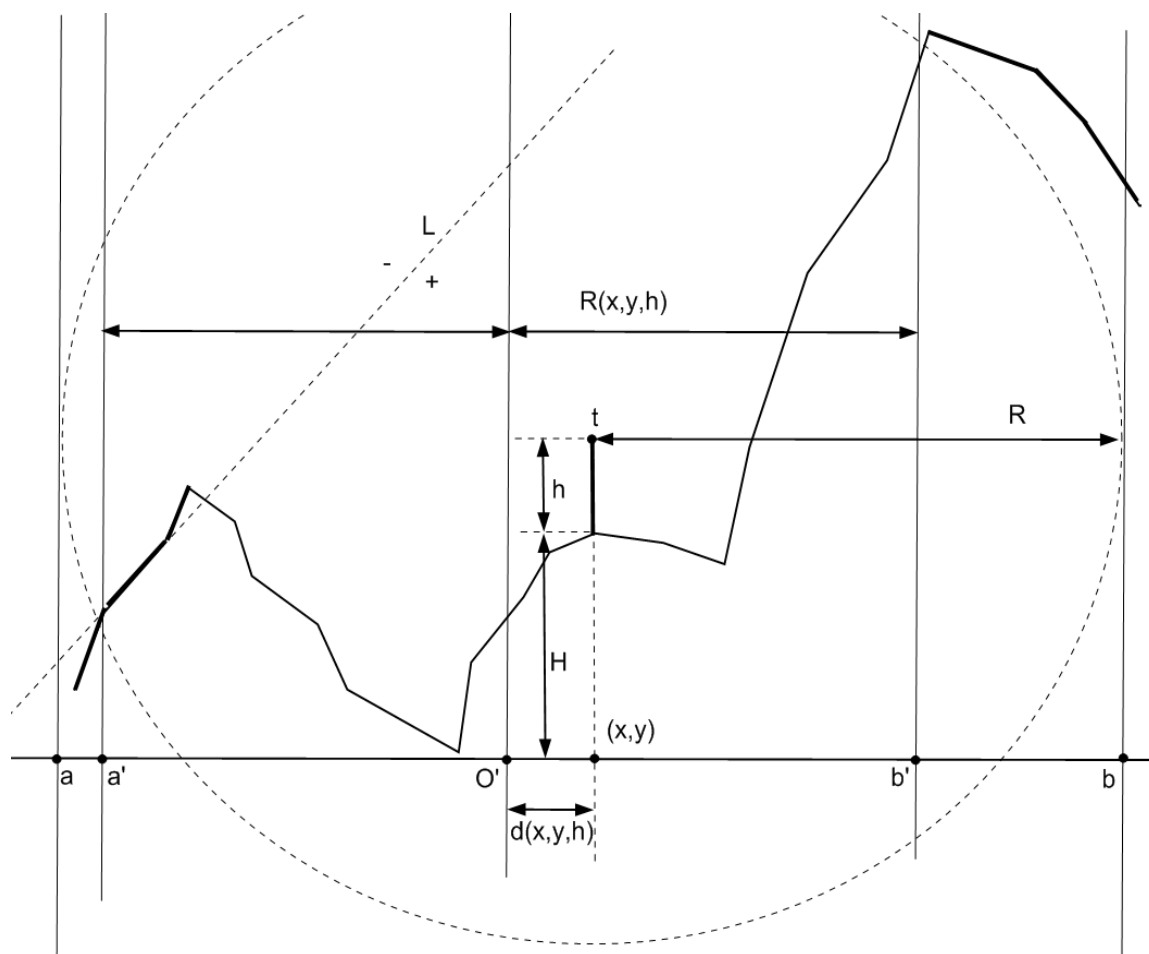


Рис. 3. Предлагаемая схема учета влияния рельефа местности на радиус действия обслуживаемой аппаратурой

Произведем для каждого типа пожарного извещателя расчет радиусов и векторов смещения, помещая последовательно вышки в узлы покрывающей местность сетки и меняя дискретно высоту вышек. Для полученного набора данных произведем интерполяцию многочленом k -ой степени (использовалось от двух до шести). Полученные полиномы, описывающие смещения центров d_i аппроксимирующих окружностей и переменных радиусов r_i , учитываются в Φ -функциях в модели (3) – (12).

Выводы. Сформулированы математические постановки задачи оптимизации размещения пунктов наблюдения, которые возникают при проектировании наземных систем видео-мониторинга. Построенные модели являются основой для разработки предложенного метода 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. Тютюнник, В.М. Чучковський, Р.І. Шевченко: Підручник. Вид.-во АЦЗУ – 2005. – 530с.
2. Андрианов Н.Г. 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. Россоха // – 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. Гайдим // 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. Ершов Д.В., Российская система мониторинга лесных пожаров / Д.В. Ершов, Г.Н. Коровин, П.П. Шуляк, Н.Б. Дворкина, К.А. Ковганко, П.В. Петров, Е.А. Лупян, А.А. Мазуров, А.А. Прошин, Е.В. Флитман, С.А. Барталев, С.А. Тащилин, Н.А. Абушенко, А.И. Беляев, Л.А. Рыбникова // ARCNEWS.– 2004. – № 4 (31). – С. 21 – 23.
9. Новая система пожарного мониторинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inform.nstu.ru/print.phpid=564>. – 15.01.2012 г.
10. Псковская область запускает пилотный проект по созданию региональной системы мониторинга за лесными пожарами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wood.ru/ru/lonewsid-8998.html/01.11.2009>. – 15.01.2012 г.
11. Automatic Early Warning System for Forest Fires // FireWatch

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fire-watch.de/cms>. – 15.01.2012 г.

12. Шишлаков И.С., Современное развитие наземных способов обнаружения лесных пожаров и оценка их эффективности / И.С. Шишлаков // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Академии ГПС МЧС России. – 2013. – С. 174-176.

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

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

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

16. 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.

17. 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.

18. Коровин Г.Н. Основные направления развития и совершенствования системы оценки и прогноза пожарной опасности / Г.Н. Коровин, В.Д. Покрывайло, З.М. Гришман, В.М. Латыпин, И.Ф. Самусенко // Лесные пожары и борьба с ними – Л.: ЛенНИИЛХ, 1986, – С. 18-31.

В.М. Комяк, О.В. Панкратов, О.Ю. Приходько, С.Д. Світлична

Оптимізація розміщення пунктів спостереження наземних систем відеомоніторингу лісових пожеж

В роботі аналізується та ставиться задача оптимізації розміщення пунктів спостереження наземного моніторингу лісових пожеж, пропонується підхід до її вирішення.

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

V.M. Komyak, O.V. Pankratov, O.Yu. Prykhodko, S.D. Svitlychna

Optimization for location of terrestrial forest fires video monitoring systems observation points

The paper analyzes and solves the problem of the placement optimization of observation points based monitoring of forest fires, it is proposed an approach to its solution.

Keywords: terrestrial systems of video monitoring, optimization, rational location of covering.