

УДК 004.023

Н.П. Сидорова, С.Ю. Землянская
Донецкий национальный технический университет
кафедра автоматизированных систем управления

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Аннотация

Сидорова Н.П., Землянская С.Ю. Оптимизация размещения наблюдательных пунктов при мониторинге радиоэлектронной обстановки. Рассмотрена проблема расположения наблюдательных пунктов при мониторинге радиоэлектронной обстановки. Сформулированы основные понятия и классификации. Разработана математическая постановка задачи. Определена целевая функция и критерии оптимальности. Выделены основные методы, используемые для решения подобных задач.

***Ключевые слова:** расположение, наблюдательный пункт, понятия, классификации, математическая постановка задачи, целевая функция, критерий оптимальности, метод решения.*

Постановка проблемы. В настоящее время, когда радиоэлектронные системы получают все большее распространение и внедрены буквально во все аспекты человеческой жизнедеятельности, важнейшее значение в разведывательной деятельности приобретает радиотехническая разведка. Системы радиотехнической разведки устанавливаются на военной технике в составе бортовых управляющих комплексов и позволяют обеспечить безопасность, за счет своевременного обнаружения источников электромагнитного излучения.

В связи с этим возникает вопрос, каким образом расположить станции наблюдения за РЭО, чтобы обеспечить наилучшее покрытие территории, но при этом минимизировать затраты на пункты наблюдения.

Подбор параметров для расположения станций или изменение значений для действующего расположения приводят к необходимости постановки и решения задачи поиска оптимального размещения. Анализ работ показывает, что данным вопросам не уделено достаточного внимания, что определяет необходимость такой системы.

Задачи. Станции мониторинга РЭО очень дороги. Поэтому задача оптимизации их расположения на заданной территории разбивается на 2 подзадачи:

- нахождение необходимого минимального количества пунктов наблюдения;

- определение наилучшего их расположения на заданной территории;

Разработка математической модели. Наблюдательный пункт представляет собой круг с центром в точке R_i , где i - номер наблюдательного пункта, и радиусом r (рис. 1). Этот круг является зоной покрытия i -й станции. Точка R_i имеет координаты $[X_i, Y_i]$ - расположение наблюдательной станции на карте.

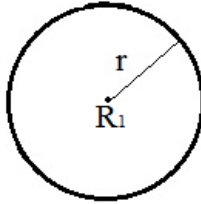


Рисунок 1 – Наблюдательный пункт

Имеется некоторая территория, которую требуется покрыть наблюдательными пунктами, представленная в виде многоугольника $A_1A_2...A_M$ (рис. 2), где A_1, A_2, \dots, A_M – вершины многоугольника. Каждая вершина A_i имеет координаты $[X_i, Y_i]$.

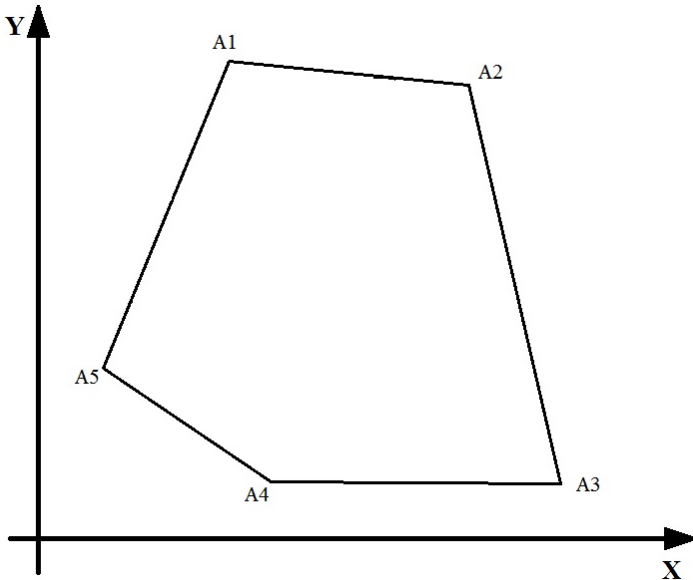


Рисунок 2 – Территория, требующая покрытия наблюдательными пунктами

При расположении станций наблюдения на территории учитываются взаимные расположения зон покрытия станций между собой и с покрываемой территорией (рис.3).

Так зоны покрытия станций R1 и R2 не пересекаются, зоны покрытия R2 и R4 пересекаются друг с другом (рис. 4а), а R3 пересекает границу покрываемой территории A1A5 (рис. 4б). Очевидно, что часть зон покрытия являются избыточными, т.к. занимают область, где уже ведется мониторинг другой станцией (R2 и R4), либо область, которую наблюдать не нужно (R3).

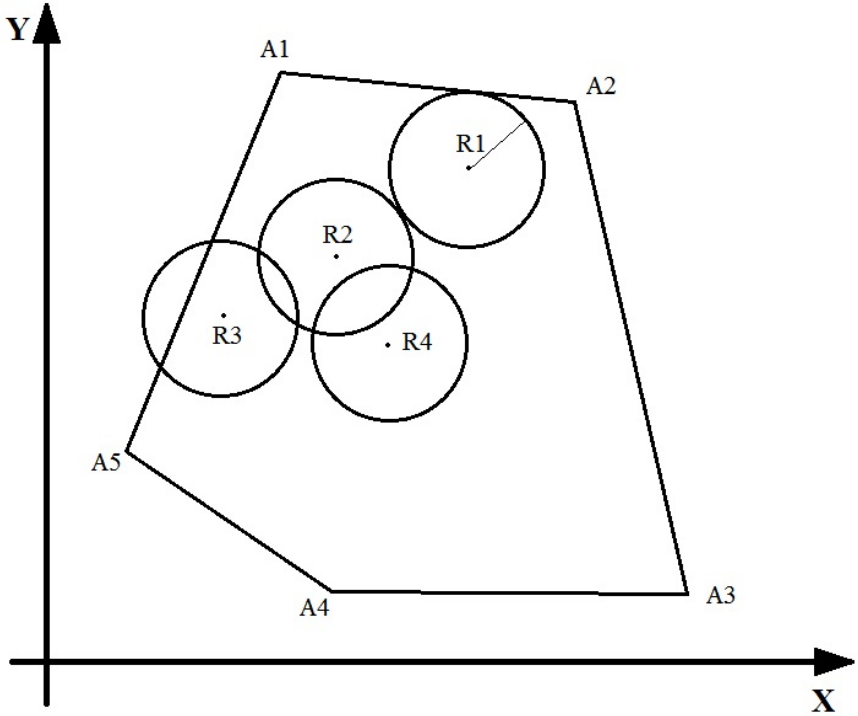


Рисунок 3 – Расположения станций наблюдения

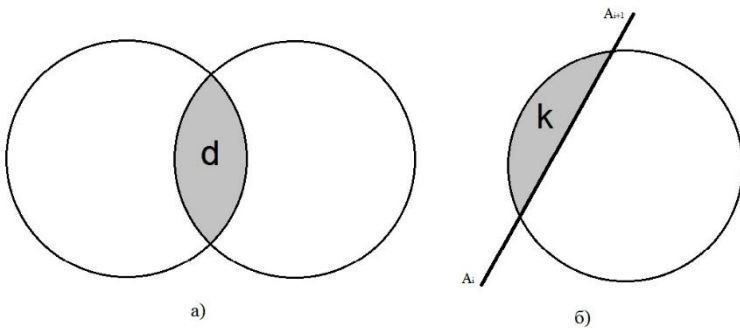


Рисунок 4 – Варианты избыточных зон покрытия:

а) d – пересечение зон покрытия двух наблюдательных пунктов

б) к – пересечение наблюдательным пунктом границы территории

Существует 3 зоны, характеризующие результат покрытия территории наблюдательными пунктами:

1. Покрытая территория
2. Непокрытая территория
3. Зона избытка покрытия

Покрытая территория – это область пересечения покрываемой территории и хотя бы одной зоны покрытия наблюдательного пункта.

Непокрытая территория – это часть покрываемой территории, которая не принадлежит ни одной зоне покрытия наблюдательных пунктов.

Зона избытка покрытия – это суммарная область всех пересечений зон покрытия наблюдательных пунктов и секторов зон покрытий, выходящих за границы покрываемой территории.

Графически все виды зон представлены на рис. 5.

На основе этих данных был составлен критерий оптимальности

$$F = S_{непокр.} + S_{изб.} \rightarrow \min$$

При этом должно выполняться условие:

$$F < S_{огр.}$$

где F – целевая функция, представляющая собой сумму площади непокрытой зоны и площадей всех зон избыточного покрытия;

$S_{непокр.}$ – площадь непокрытой территории;

$S_{изб.}$ – площадь зоны избытка покрытия;

$S_{огр.}$ – некоторая заданная по условию площадь, представляющая собой максимальное допустимое значение целевой функции.

Решения. Данная задача является разновидностью оптимизационных задач о покрытии. Для её решения подходят следующие алгоритмы:

1. Полный перебор. Достоинствами являются нахождение точного решения, а также простота реализации. Однако есть один большой недостаток - для решения больших и сложных задач может уйти очень много времени.

2. Генетический алгоритм. Большим достоинством ГА является простота в реализации и относительная стойкость к попаданию в локальные оптимумы. В то же время ГА неэффективно применять в случае оптимизации функции, требующей большого времени на вычисление.

3. Алгоритм имитации отжига. Преимуществами метода являются отсутствие ограничений на вид минимизируемой функции; поиск глобального минимума; эффективность при решении задач различных классов, требующих оптимизации. Недостатками метода отжига являются требование бесконечно медленного охлаждения, на практике означающее медленную работу алгоритма, а также сложность настройки алгоритма

4. Метод роя частиц. Данный метод подходит для нахождения глобального оптимума. Еще одним достоинством является его понятность и

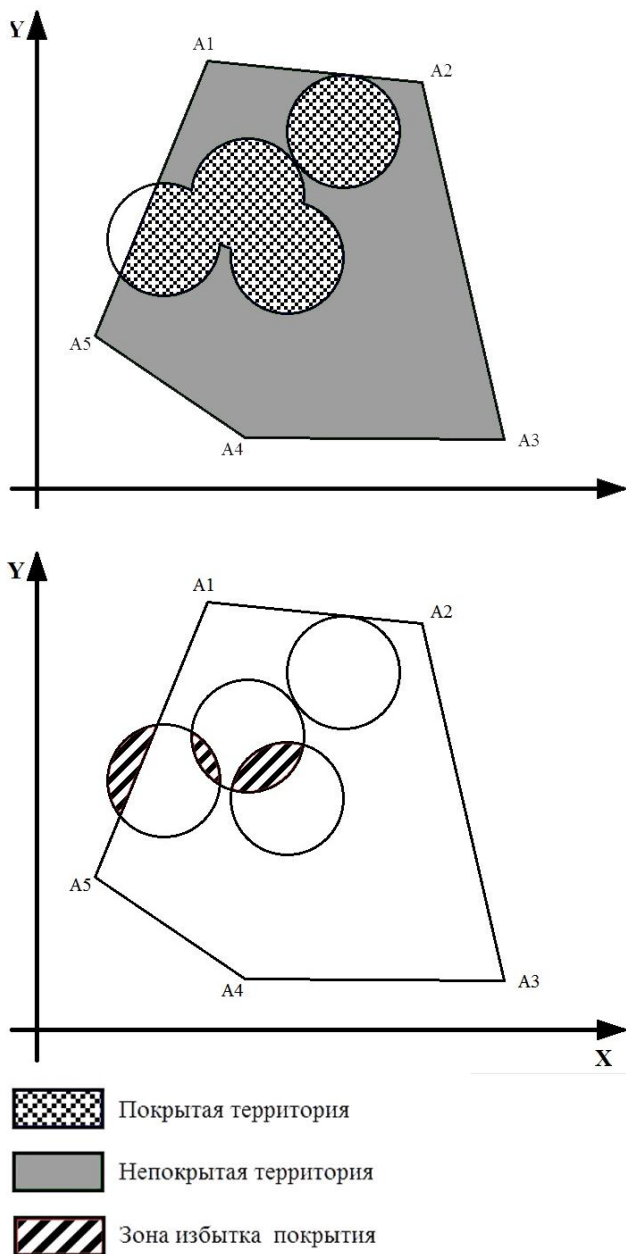


Рисунок 5 – Зоны, характеризующие результат покрытия территории наблюдательными пунктами

возможность быстро перестроить алгоритм на другую формулу для расчета скорости частиц. Кроме того, он довольно эффектно выглядит при визуализации. Алгоритм обладает всеми недостатками, что и другие стохастические алгоритмы оптимизации – не гарантирована сходимость алгоритма при конечном числе частиц, отсюда и увеличение необходимого количества расчетов целевой функции (но меньше, чем у простого перебора). Второй недостаток – это ориентация на одну лучшую точку, что увеличивает вероятность остановки алгоритма в неплохом, но не глобальном минимуме

5. Методы решения задач размещения центров с помощью графов. Достоинства – эффективность при нахождении решения необходимой точности. Недостаток – может понадобиться значительное время для достижения необходимого решения.

Выводы. В результате исследования данной проблемы были выявлены и формализованы основные задачи, которые необходимо решить. Разработана математическая модель поиска оптимального расположения наблюдательных пунктов при мониторинге РЭО, введены основные понятия и классификации. Были изучены основные методы решения задач подобного типа, рассмотрены основные их достоинства и недостатки.

Список литературы

1. Кузнецов В.Ю.. Задачи покрытия ортогональных многоугольников с запретными участками, Вестник УГАТУ, Уфа, Т.10, №2(27), с . 177- 182, 2008.
2. Нгуен Минь Ханг. Разработка и реализация численных методов решения оптимизационных задач большой размерности: автореф.дис на соискание уч. Степ. К.ф.м.н./ Москва - 2009. 34 с.
3. Ермолаев С.Ю. Применение генетических алгоритмов для решения задачи оптимального размещения базовых станций: Доклады 10-й Международной конференции.
4. С.Ю.Ермолаев. Методы оптимизации размещения базовых станций для сетей стандарта wimax. // Инфокоммуникационные технологии, Т.5, №2, 2007. С. 19-22.
5. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. — М.: Мир, 1978.
6. Забудский Г.Г., Филимонов Д.В. Решение дискретной минимаксной задачи размещения на сети // Из-Вестите вузов. Математика, No 5 – Омск: 2004. - с. 33-36.
7. Сухарев А.Г. Минимаксные алгоритмы в задачах численного анализа. - М.: Наука. 1989.