

## МЕТОД ВЫБОРА ТОЧЕК СТОЯНИЯ РЛС КРУГОВОГО ОБЗОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ КАРТ МЕСТНОСТИ

к.т.н. А.А. Воронин, Д.Ю. Свистунов  
(представил д.т.н., проф. В.В. Литвинов)

*Предлагается метод выбора оптимальной по пространственным критериям точки стояния РЛС кругового обзора с использованием цифровых карт местности. Обосновываются подходы к определению границ требуемой зоны обнаружения и границ позиционного района.*

В задаче выбора точки стояния (ТС) РЛС кругового обзора можно выделить предварительный и окончательный этапы. Предварительный выбор осуществляется по карте, окончательный – на основе обследования рекогносцировочной группой на местности ТС, которая была намечена на предварительном этапе.

Традиционный подход [1] к решению задачи предварительного выбора ТС с использованием обычных топографических карт не предусматривает никакого количественного сопоставления вариантов выбора, в результате чего принятое решение может оказаться не самым лучшим.

Для выбора оптимальной точки стояния необходимо разработать метод, алгоритм и программное обеспечение, которое в качестве исходных данных использовало бы цифровые карты местности. Это позволит не только снизить трудозатраты и ускорить процесс предварительного выбора, но и выработать количественно обоснованное решение.

В основу метода выбора должны быть положены некоторые критерии, которые отражали бы влияние рельефа местности на эффективность работы как отдельной РЛС, так и всей группировки, в которую она входит. Учитывая, что наибольшее влияние рельеф местности оказывает на форму и размеры горизонтальных изорельефных сечений зон обнаружения РЛС и радиолокационного поля группировки на малых высотах, в качестве простейших критериев оптимальности можно использовать: максимум площади горизонтального изорельефного сечения зоны обнаружения РЛС на высоте 100 м ( $maxS_{30}$ ); максимум площади горизонтального изорельефного сечения радиолокационного поля на высоте 100 м группировки всех РЛС с учетом зоны обнаружения РЛС, для которой выбирается точка стояния ( $maxS_{РЛП}$ ). Величина 100 м принята как характерное для малых высот значение.

Критерии  $maxS_{30}$  и  $maxS_{РЛП}$  не учитывают степени соответствия зон обнаружения и поля потребным рубежам выдачи радиолокационной информации и поэтому могут применяться только как вспомогательные.

В качестве основного критерия предлагается использовать максимум площади перекрытия горизонтальных изорельефных сечений на высоте 100 м требуемой зоны обнаружения и расчетных зон обнаружения РЛС, которые соответствуют всем возможным точкам стояния  $\max S_{П}$ . Под требуемой зоной обнаружения понимается область пространства, в пределах которой радиолокационное поле группировки необходимо улучшить (обеспечить сплошное поле, повысить кратность перекрытия зон) за счет зоны обнаружения РЛС, для которой выбирается точка стояния.

На основе трех указанных критериев предлагается метод и алгоритм выбора оптимальной точки стояния. Сущность метода заключается в том, что вначале производится отсев возможных ТС по результатам проверки условий на пригодность для разворачивания РЛС, затем среди оставшихся точек по критериям  $\max S_{П}$ ,  $\max S_{зо}$  и  $\max S_{РЛП}$  выбирается оптимальная.

Выбор осуществляется путем последовательного перебора всех возможных точек в пределах позиционного района. Для этого позиционный район представляется в виде прямоугольной сетки, каждый узел которой рассматривается как возможная точка стояния. Размер ячейки сетки определяется исходя из компромисса между временем решения задачи и вероятностью пропуска оптимальной ТС.

Границы требуемой зоны обнаружения определяются оператором, который руководствуется при этом результатами предварительной оценки радиолокационного поля группировки РЛС и ее сопоставления с потребными рубежами выдачи радиолокационной информации. Под оператором понимается офицер штаба или другое лицо, осуществляющее предварительный выбор ТС. В общем случае требуемая зона обнаружения может иметь размеры, сильно отличающиеся от тех, что соответствуют паспортным дальностям обнаружения РЛС, форму, далекую от круговой, и состоять из нескольких несвязанных между собой участков. Пример на рис. 1 показывает, как с помощью требуемой зоны обнаружения устранить разрыв сплошного радиолокационного поля вдоль государственной границы.

Границы позиционного района могут определяться как автоматически, так и с участием оператора. Вероятнее всего, что оптимальная ТС будет находиться в центральной части требуемой зоны обнаружения. Однако возможно, что она окажется ближе к границе требуемой зоны и даже за ее пределами. Поэтому, максимальные размеры позиционного района определяются границами требуемой зоны обнаружения и некоторой прилегающей к ней полосой местности. В свою очередь, ширина этой полосы определяется дальностью обнаружения РЛС для заданной высоты. Однако влияние рельефа местности может приводить к увеличению дальности обнаружения [1, 2]. Оценить ее реальное значение без предварительного расчета зоны обнаружения для конкретной ТС невозможно. Поэтому в качестве ширины полосы можно принять максимальную дальность действия РЛС в свободном пространстве. При автоматическом определении границ позиционного района можно для простоты установить, что они совпадают с границами требу-

емой зоны обнаружения, считая возможность попадания оптимальной точки стояния за пределы границ требуемой зоны обнаружения маловероятной. Оператор может корректировать границы позиционного района, исходя из учета некоторой дополнительной информации, которая не содержится в цифровых картах местности и не учитывается автоматически. Например, ТС не может выбираться на территории, занятой противником или, допустим, в зоне наводнения, схода снежной лавины и т.д. Кроме того, сокращение размеров позиционного района уменьшает время решения задачи, что также является немаловажным.

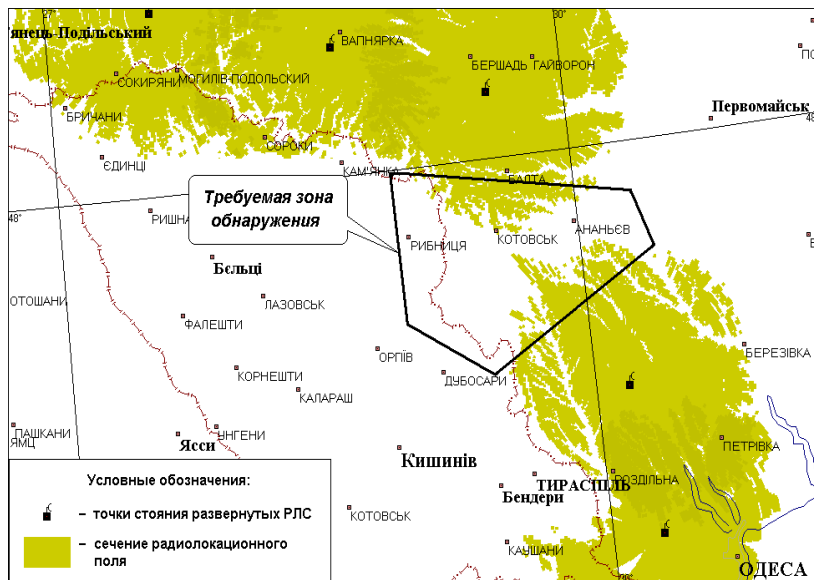


Рис. 1. Границы требуемой зоны обнаружения

Задача решается в несколько этапов. На первом этапе в пределах позиционного района осуществляется отсев всех возможных точек стояния, которые не отвечают заданным ограничениям. В качестве таких ограничений рассматриваются: удаление от населенных пунктов, дорог, линий электропередачи и других объектов. Причем, если от одних объектов (например, дорог) расстояние должно быть не больше, то до других (населенные пункты, линии ЛЭП), наоборот, должно быть не меньше определенной величины. Кроме того, проверяется, не расположена ли точка на поверхности водоема, заболоченного участка, крутого склона или в пределах другого участка местности, не пригодного для разворачивания РЛС. Такие точки также отсеиваются. На рис. 2 в увеличенном масштабе представлен фрагмент позиционного района, на котором показаны примеры точек непригодных для разворачивания РЛС. Набор ограниче-

ний и их параметры могут меняться в зависимости от ТТХ РЛС, а также от того, какая точка стояния выбирается – временная или постоянная.

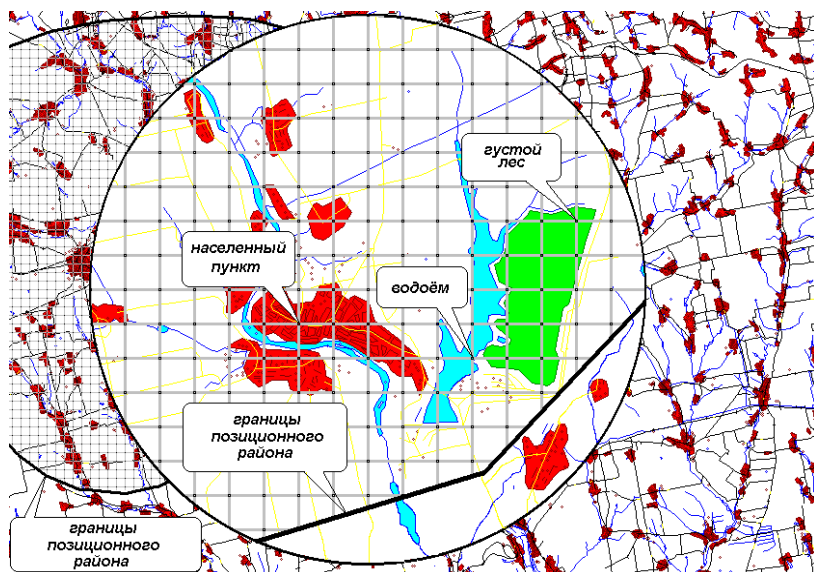


Рис.2. Ограничения для разворачивания РЛС

На втором этапе для каждой ТС, прошедшей отсев на первом этапе, оценивается величина показателя оптимальности  $S_{II}$  – площади перекрытия требуемой зоны обнаружения и зоны обнаружения, которая соответствует очередной рассматриваемой точке.

Расчет зон обнаружения, как для оценки существующего радиолокационного поля, так и для возможных точек стояния производится программно, графоаналитическим методом [1]. Для учета влияния рельефа на зоны обнаружения автоматически используется информация, содержащаяся в цифровых картах местности [3]. Поскольку расчет зон требует много времени, а сами зоны зависят в основном от рельефа местности, который практически не изменяется, то для сокращения времени выбора ТС предлагается расчет зон провести заранее и хранить результаты расчета в постоянной памяти компьютера.

Одновременно с расчетом зон можно также вычислить и записать в память площади каждой из них. Это, в свою очередь, позволит использовать в алгоритме выбора дополнительный этап предварительного отсева возможных ТС – по величине площади зон обнаружения. Например, можно установить, что рассматриваться будут только 50 или 30 % возможных ТС, которым соответствуют самые большие площади зон. Однако увеличение процента отсева повышает вероятность пропуска оптимальной ТС.

В результате определения  $S_{II}$  на втором этапе выбора возможны три

случая: 1) есть единственная точка, которой соответствует  $\max S_{\Pi}$ ; 2) нет ни одной точки, которой бы соответствовала расчетная зона обнаружения, имеющая ненулевое перекрытие с требуемой зоной; 3) есть множество точек, которым соответствуют расчетные зоны обнаружения, полностью перекрывающие требуемую.

В первом случае, критерия  $\max S_{\Pi}$  оказывается достаточно, чтобы получить окончательное решение задачи предварительного выбора ТС уже на втором этапе. Единственную точку можно считать оптимальной.

Во втором случае, полное отсутствие точек говорит о том, что при постановке задачи были неправильно заданы границы позиционного района, либо ограничения для предварительного отсева точек по удаленностям от объектов оказались слишком жесткими. В этом случае необходимо изменить границы позиционного района, смягчить или отменить некоторые ограничения и повторить процедуру выбора.

В третьем случае, наличие множества точек может объясняться слишком малыми размерами требуемой зоны обнаружения. В этом случае возможны разные варианты дальнейших действий. Можно увеличить размеры требуемой зоны, ужесточить ограничения и повторить процедуру выбора. Другой путь – проведение третьего этапа выбора среди множества точек, определенных на втором этапе. На третьем этапе можно использовать критерии  $\max S_{30}$  или  $\max S_{РЛП}$ . Отличие между этими двумя критериями заключается в том, что  $\max S_{РЛП}$  обеспечивает поиск решения, которому соответствует большая площадь радиолокационного поля с меньшей кратностью перекрытия зон обнаружения, чем при использовании критерия  $\max S_{30}$ . Решение, полученное с помощью критерия  $\max S_{РЛП}$ , связано с большим объемом вычислений, но представляет и большую практическую ценность. Алгоритм выбора с учетом возможных вариантов решений представлен на рис. 3.

Оптимальная точка стояния, полученная с помощью предлагаемого метода или какого-либо другого, основанного на использовании цифровых карт местности, должна быть проверена рекогносцировочной группой на реальной местности, так как есть вероятность того, что информация цифровых карт окажется неточной, неполной или устаревшей. Если выбранная точка окажется непригодной для разворачивания РЛС, то она должна быть исключена из позиционного района, а процедура выбора повторена.

Необходимо отметить, что выбор точки стояния для одной РЛС является частным случаем совместного выбора точек стояния для  $N$  станций. Для совместного выбора возможны два подхода. Первый – требуемая зона обнаружения приобретает смысл требуемого радиолокационного поля  $N$  РЛС, первый этап выбора – проверка на пригодность для разворачивания станций остается без изменений, на следующих этапах – вычисление показателей оптимальности производится с учетом всех возможных комбинаций расположения  $N$  станций на всех точках, прошедших отсев на первом этапе. Если число таких точек  $m$ , то число возможных комбинаций  $m^N$ .

Даже для  $N = 2$  вычислительная сложность задачи резко возрастает

[4]. Поэтому необходимо либо максимально снизить величину  $m$ , либо использовать другой подход, который заключается в последовательном выборе точек стояния для каждой РЛС.

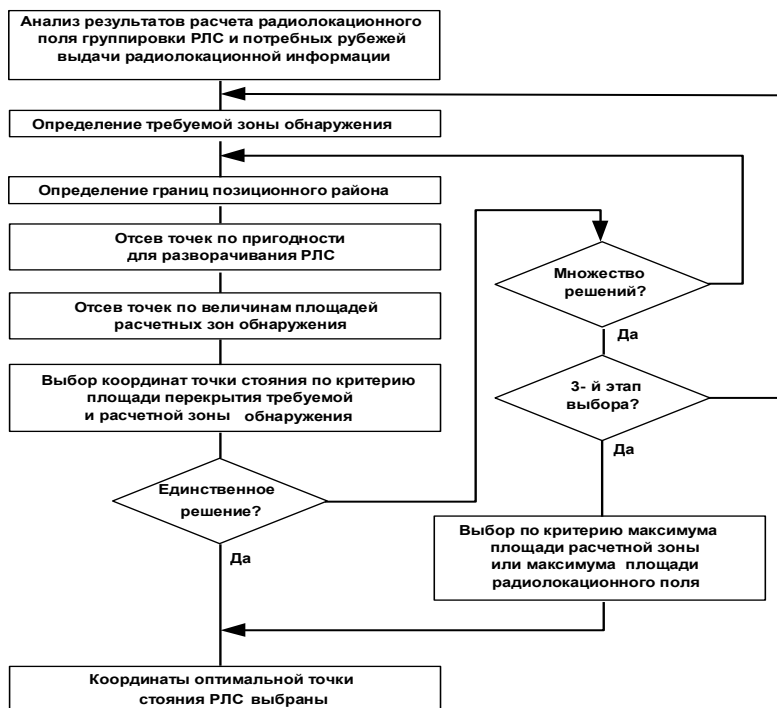


Рис. 3. Алгоритм выбора оптимальной точки стояния

На рис. 4 показано горизонтальное изорельефное сечение на высоте 100 м радиолокационного поля группировки с учетом зоны обнаружения конкретной РЛС, для которой выбрана точка стояния в соответствии с предлагаемым методом (на рис. 1 показано поле той же группировки без учета зоны этой РЛС). Параметры задачи выбора, показанного на примере рис. 1, 4: шаг сетки позиционного района – 75 м; в качестве позиционного района для простоты рассматривался прямоугольный участок местности размером 6 × 6 географических минут с координатами северо-западного угла 47°36'00" с.ш. 29°17'00" в.д.; количество оцененных возможных точек стояния 14406; расчет зон обнаружения проводился с шагом 3 км по дальности и 15° по азимуту; координаты выбранной точки стояния 47°35'11" с.ш. 29°22'57" в.д.; среди всех возможных точек стояния выбранная точка на 181 месте из 14406 по величине площади расчетной зоны обнаружения (эта информация показывает, как использовать для предварительного отсева величину площади зоны); время предварительного расчета

зон 1 час 42 мин; время выбора 46 с; задача выполнялась на компьютере Pentium 4 с тактовой частотой процессора 1.5 ГГц.



Рис. 4. Рассчитанная зона обнаружения

Таким образом, несмотря на то, что реализация предлагаемого метода связана с большим объемом вычислений, он является сравнительно простым, наглядным и позволяет обоснованно осуществлять предварительный выбор ТС. Введение в алгоритм выбора блока предварительного отсева ТС по величинам площадей зон обнаружения обеспечивает существенное сокращение объема вычислений. Предложенный метод дает возможность значительно снизить трудозатраты при решении задачи выбора точек стояния для РЛС кругового обзора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чёрный Ф.Б., Бахвалов Б.Н. Методы учета влияния подстилающей поверхности на радиолокацию объектов. – Х.: ВИРТА ПВО, 1975. – 88 с.
2. Корниенко Л.Г. Теория и техника излучающих и направляющих систем. – Х.: ХВУ, 1994. – 626 с.
3. Халугин Е.И., Жалковский Е.А., Жданов Н.Д. Цифровые карты – М: Недра, 1992. – 419 с.
4. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 416 с.

Поступила 21.10.2002

**ВОРОНИН Александр Александрович**, канд. техн. наук, ст. научн. сотр., нач. лаб. НИОУ научного центра при ХВУ. В 1985 году окончил Минское ВИЗРУ. Область научных интересов – математическое моделирование в радиолокации, разработка информационно-расчетных и геоинформационных систем.

**СВИСТУНОВ Дмитрий Юрьевич**, адъюнкт ХВУ. В 1995 году окончил ХВУ по программе ВИРТА ПВО. Область научных интересов – геоинформационные технологии.

---