

УДК 004.67

**В.Э. Скворцов, В.И. Елисеев**

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра системный анализ и моделирование  
E-mail: scvortsovvl@gmail.com

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ**

### **Аннотация**

*Скворцов В.Э., Елисеев В.И. Автоматизированная система обработки геопространственных данных. Разработана система автоматизации процесса наглядного представления местности и возможностей мобильного комплекса радиоэлектронной разведки.*

**Ключевые слова:** *автоматизированная система, пассивная радиолокация, радиолокационная станция, растровые карты.*

**Постановка проблемы.** Мобильный комплекс «Кольчуга-М» - система станций радиоэлектронной разведки, основанных на принципе пассивной радиолокации. Он способен определять координаты наземных и надводных целей, маршруты их движения на территории до 600 км, для воздушных целей на высоте 10 км — до 800 км и до 1000 км по фронту. Однако, ввиду конструкторских особенностей, этот комплекс состоит из трех удаленных станций [1]. Более того, его работоспособность возможна, только если антенны машин находятся в прямой видимости друг друга, то есть, между ними нет физических преград, не пропускающих сигналы. Ввиду этих особенностей, на местности, возникает проблема оптимального расположения всех трех станций так, чтобы дальность работы была максимальной, но и при этом между ними проходили сигналы с учетом рельефа местности.

**Цель:** разработка автоматизированной системы обработки геопространственных данных, обеспечивающей быстрое и точное ориентирование на различной местности.

**Постановка задачи исследования.** Приступая к исследованию данной проблемы, необходимо понимать, что, модернизируя мобильный комплекс, в первую очередь следует беспокоиться о габаритах и энергопотреблении разрабатываемой системы, чем о скорости и качества работы. Ввиду этого, отдельную систему на базе собственного контроллера разрабатывать не рационально. Но, благодаря тому, что в каждой станции комплекса «Кольчуга-М» имеется персональный компьютер [2], было принято решение о разработке данной системы на основе его аппаратной части, хоть это и

ухудшит показатели работы системы. Следовательно, структура системы будет выглядеть так:

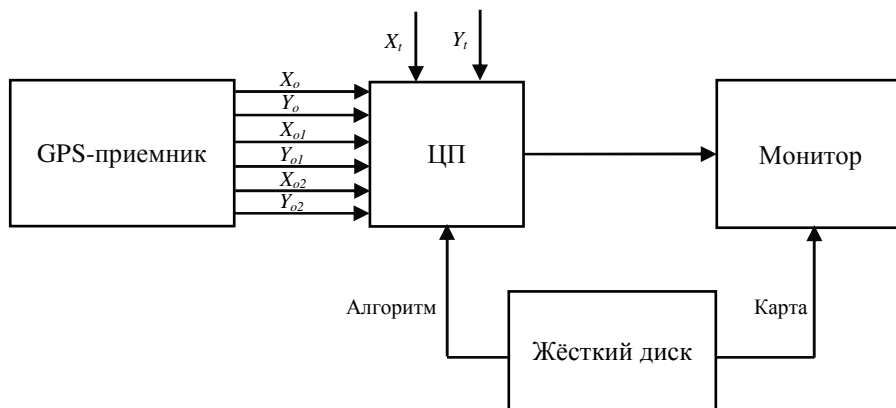


Рисунок 1 – Структура системы управления

Принцип работы: с GPS-приемника на антенну станции приходит сигнал с информацией о местоположении на карте этой станции в виде координат  $(X_o, Y_o)$ , а также координат остальных двух станций комплекса  $(X_{o1}, Y_{o1})$  и  $(X_{o2}, Y_{o2})$ . После этого центральный процессор (ЦП) их обрабатывает, в соответствии с алгоритмом, записанным на жесткий диск. Результаты выдаются на монитор на карту местности, которая хранится на жестком диске. Если же радиолокационная станция улавливает сигнал, то после его обработки и пеленгации, на ЦП приходят координаты обнаруженного объекта, которые также отображаются на мониторе.

Важным фактором следует отметить то, что для работоспособности системы, карты местности должны быть в растровом виде.

Разрабатываемая система должна выполнять функции:

- отображение на карте координат трех станций;
- анализ видимости со станции, на которой работает система, двух других станций, отображение этой информации на карте (видимость другой системы на карте показывается двумя маркерами: один для случая, когда система видима, другой – для случая, когда невидима);
- отображение области дальности работы системы;
- отображение области, на которой все объекты находятся в прямой видимости антенны;
- отображение координат пеленгованной цели.

В соответствии с этими целями был разработан алгоритм работы системы (рис. 2). Рассмотрим основные этапы его работы:

1. Считывание координат

В рабочую память алгоритма заносятся координаты трех станций и перехваченной цели (если такие координаты существуют)

## 2. Построение областей работы

Дальность обнаружения целей «Кольчугой-М» составляет 800 км. [1], следовательно результатом работы на данном шаге являются три окружности радиусом  $R=800$  км.с центрами в координатах расположения станций.

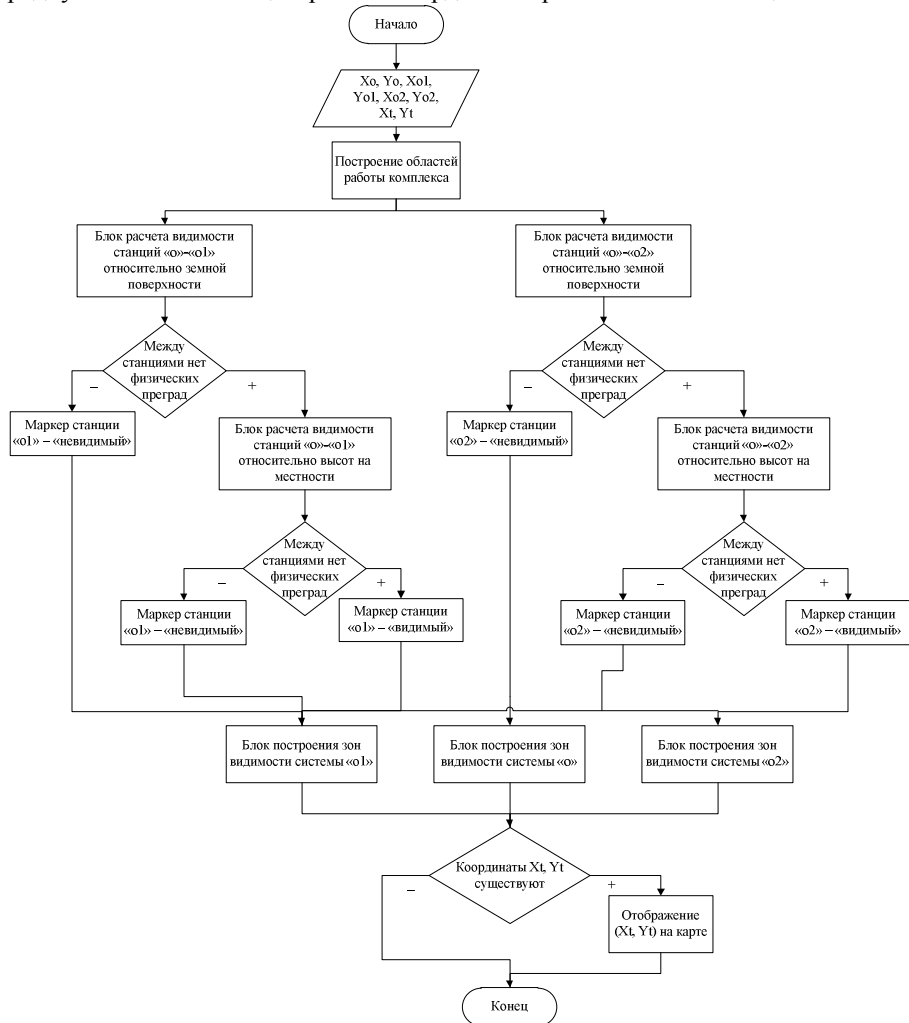


Рисунок 2 – Алгоритм работы

## 3. Блок расчета видимости двух станций

Происходит в два этапа. На первом, расчет видимости двух систем

осуществляется без учета высот на местности, а только относительно расстояния до горизонта. Для этого используется теорема Пифагора (рис. 3):

$$d = \sqrt{(R + h)^2 - R^2}, \quad (1)$$

где  $d$  – геометрическая дальность видимого горизонта,  $R$  – радиус Земли,  $h$  – высота точки наблюдения относительно поверхности Земли [3]. Но это в случае определения расстояния до горизонта для одного объекта, для двух формула приобретает вид (рис. 4):

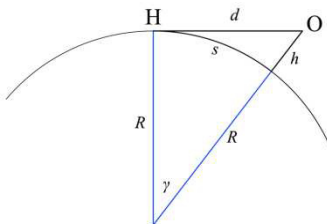


Рисунок 3 – Нахождение геометрической дальности видимого горизонта для одного объекта

$$D_{BL} [Km] = D_B + D_L = \sqrt{2 \cdot R \cdot h_B + h_B^2} + \sqrt{2 \cdot R \cdot h_L + h_L^2} \sim 3.57 \cdot (\sqrt{h_B} + \sqrt{h_L});$$

$$D_L [Km] = \sqrt{2 \cdot R \cdot h_L + h_L^2} \sim \sqrt{2 \cdot 6.378 \cdot h_L} = \sqrt{12.756 \cdot h_L} = 3.57 \cdot \sqrt{h_L};$$

$$D_B [Km] = \sqrt{2 \cdot R \cdot h_B + h_B^2} \sim \sqrt{2 \cdot 6.378 \cdot h_B} = \sqrt{12.756 \cdot h_B} = 3.57 \cdot \sqrt{h_B}.$$

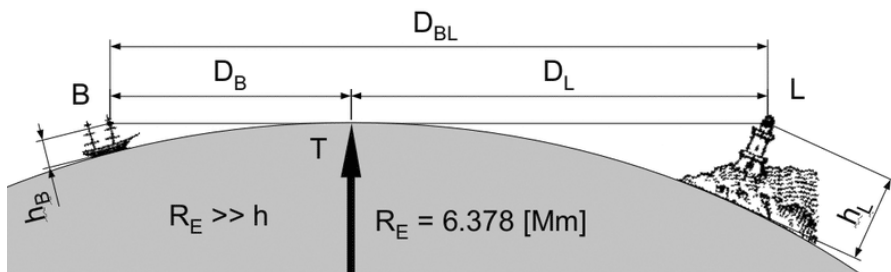


Рисунок 4 – Расчеты дальности видимости двух объектов на примере корабля и маяка

$$d_{1-2} = 3,57 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (2)$$

где  $h_1$  и  $h_2$  соответственно расстояния 1-го и 2-го объектов [3]. Так как  $h_1 = h_2 = 2$  м – высота антенны, то конечная формула примет вид:

$$d_{1-2} = 3,57 \cdot 2\sqrt{2} = 10,01. \quad (3)$$

Следовательно, каждая станция на ровной поверхности способна видеть другую на расстоянии 10,01 километров. Закладываем данную проверку в блок расчета видимости. Если это условие выполняется, переходим ко второму

этапу, иначе выходим из данного блока.

На втором этапе, рассматривается видимость с учетом возвышенностей и впадин местности. Решение данной задачи находится с помощью сравнения всех координат, через которые проходит прямая «взгляда» и допустимой высоты. Но чтобы сделать корректный анализ необходимо рассмотреть две проблемы: промежуточные координаты прямой, соединяющей две точки и разница высот этих точек. Для первой проблемы рассмотрим 4 случая взаимного расположения точек на плоскости (рис 5). Для случаев а) и б) достаточно просто сравнить все промежуточные значения  $Y$  при равных  $X$  (случай а)) или  $X$  при равных  $Y$  (случай б)). Для случаев в) и г) все эти промежуточные значения необходимо найти. Стратегия действия: сначала из координат  $A$ ,  $B$  найдем промежуточную точку  $S$ , такую что  $\angle ASB = 90^\circ$ . Воспользуемся теоремой Пифагора и определим катеты  $\Delta ASB$  и тангенс угла  $\alpha$  между ними. Обладая этой информацией, поступим следующим образом: уменьшая на 1 катет  $AS$  – значение  $Y$  промежуточной точки, через тангенс  $\alpha$  находим новый катет  $SB'$  – значение  $X$  промежуточной точки, и сравниваем высоту этой промежуточной точки с допустимой высотой. Однако, для определения допустимой высоты необходимо столкнуться со второй проблемой – определением разницы высот между точками  $A$  и  $B$  и на всех промежуточных координатах. Решение этой проблемы такое же как и у первой: достраиваем прямоугольный треугольник, и постепенно уменьшая один катет, находим величину другого, что и будет являться разницей высоты в конкретной точке.

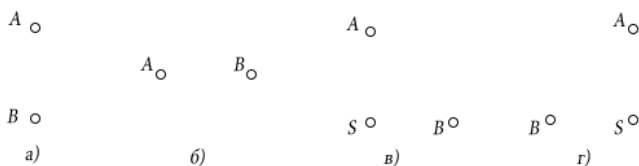


Рисунок 5 – Взаимное расположение двух точек на плоскости

#### 4. Блок построения зоны видимости

Исходя из того, что высота принимающей антенны 2 м., возьмем за основу, что каждая координата карты, высота которой превышает 2 метра, считается невидимой, так же как и все координаты за ней. Выделим это выражение в условие видимости:

$$H(X, Y) \leq 2. \quad (4)$$

Тогда для определения зоны видимости удобнее всего проверять все точки от объекта, удаляясь к краям карты. Тогда проще всего будет представить алгоритм на основе декартовой системы координат  $(X, Y)$  с центром с координатами станции. Вначале определим самую дальнюю от центра видимую координату по оси  $-X$ , проверяя все координаты от центра на условие видимости. Обнаружив ее, будем двигаться по диагонали в

противоположном от центра направлении, также проверяя все точки на условие видимости, пока не дойдем до невидимой. После вернемся на ось  $-X$  и повторим этот цикл, но уже начиная с координаты на одну меньше и так продолжаем до тех пор, пока не вернемся в центр. Тогда, продолжим точно такое же движение, но уже по оси  $+Y$ , всё так же проверяя по диагонали условие видимости, до последней видимой точки на оси  $+Y$ . В результате получим отмеченную зону видимости в плоскости  $(-X, +Y)$ . Таким же образом найдем зону видимости в плоскостях  $(X, Y)$ ,  $(X, -Y)$ ,  $(-X, -Y)$ .

**Выводы.** Синтезированная структура автоматизированной системы управления геопространственными данными, хоть и была собрана на уже имеющихся аппаратных решениях и обладает рядом недостатков, обусловленных необходимостью делить ресурсы с другими ресурсоемкими процессами, не нарушает свойств мобильности, что более важно, а благодаря разработанному алгоритму расширяет навигационные возможности оператора каждой станции, что существенно повышает качество работы всего комплекса в целом.

### Список литературы

1. MilitaryInformant. Военный информатор. Основы военной доктрины. [Электронный ресурс] IT-портал CITForum. – 2007. – Режим доступа к portalу: <http://military-informer.narod.ru/pvo-kolchuga.html>, свободный. Загл. с экрана.
2. Что такое Кольчуга? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.pro-pvo.ru/2002/09/25/2.aspx>, свободный. Загл. с экрана.
3. Лукаш В. Н., Михеева Е. В. Физическая космология. — М.: Физико-математическая литература, 2010. — 404 с. — ISBN 5922111614
4. Дьяконов В. П. Д93 MATLAB 6.5 SP1/7/7SP1 + Simulink 5/6 Работа с изображениями и видеопотоками. – М.: СОЛОН-Пресс. 2005. – 400 стр.
5. Шикин А.В., Боресков А.В. Ш57 Компьютерная графика. Полигональные модели. – М.: ДИАЛОГ - МИФИ, 2000. – 464 с.
6. Лукьяненко, С.В. Л84 Звездная тень / Сергей Лукьяненко. – М.: АСТ: Астрель, 2011. – 764.
7. Графомания // Словарь литературоведческих терминов [Электронный ресурс] / Экспериментальная группа Lib-Ra; ред. Руднев Ю.Б. - Электрон. дан. – Киев, 2001-2005. - Режим доступа: <http://slovar.lib.ru/dictionary/grafomania.htm>, свободный. — Загл. с экрана.
8. Белоцерковский Г.Б. Основы радиолокации радиолокационные устройства. М., «Сов.радио», 1975
9. Иванов М. Т., Сергиенко А. Б., Ушаков В. Н. Теоретические основы радиотехники / Под ред. В. Н. Ушакова. — М.: Высшая школа, 2002. — 306 с.
10. Бартон Д. Радиолокационные системы / Сокращенный перевод с английского под редакцией Трофимова К. Н.. — М.. — Военное издательство, 1967. — 480 с.