

МЕТОД СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПОИСКА ОБЪЕКТОВ, ТЕРПЯЩИХ БЕДСТВИЯ

Д. Л. КАРГУ

Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского

ВКА имени А. Ф. Можайского, Ждановская улица, д.13, Санкт-Петербург, 197082

<dmitrii_kargu@mail.ru>

УДК 623.454.44

Каргу Д. Л. **Метод сокращения времени поиска объектов, терпящих бедствие** // Труды СПИИРАН. Вып. 3, т. 1. — СПб.: Наука, 2006.

Аннотация. Представлен метод сокращения времени поиска объектов, терпящих бедствие, при проведении аварийно-спасательных работ, основанный на процедуре расширяющихся циклов, предложены практические варианты устройств, позволяющих увеличить дальность ретрансляции навигационных координат объектов, терпящих бедствие. — Библ. 4 назв.

UDC 623.454.44

Kargu D. L. **Method of Reduction of a Search time of Objects Undergoing a Disaster** // SPIIRAS Proceedings. Issue 3, vol. 1. — SPb.: Nauka, 2006.

Abstract. The method of reduction of a search time of objects undergoing a disaster is shown at realization of wreckings, founded on a procedure of extending cycles, the practical versions of devices permitting to increase distance of retransmission of navigational coordinates of objects, undergoing a disaster are offered. — Bibl. 4 items.

В настоящее время, несмотря на широкое развитие телекоммуникационных систем, на поверхности нашей планеты все-таки существуют точки, где полностью отсутствует современная инфраструктура связи. К таким местам можно отнести районы, удаленные от больших городов и других центров цивилизации, в которых с успехом применяются наземные системы сотовой, транкинговой и другой радиосвязи. Особое место в этом вопросе занимают и приполярные зоны земной поверхности, т.е. выше $+70^{\circ}$ ю.ш. и -70° с.ш. Эти зоны не обслуживаются существующими системами глобальной спутниковой связи.

Успех аварийно-спасательных работ в основном зависит от своевременного и точного определения местонахождения объекта, терпящего бедствие. Можно привести различные способы проведения поиска в предполагаемой области N (области неопределенности).

Проведение операции поиска в любой области исследований требует наличия следующих информационных данных (рис. 1): 1) об объекте поиска; 2) о порядке проведения поиска; 3) о месте или области проведения поиска.

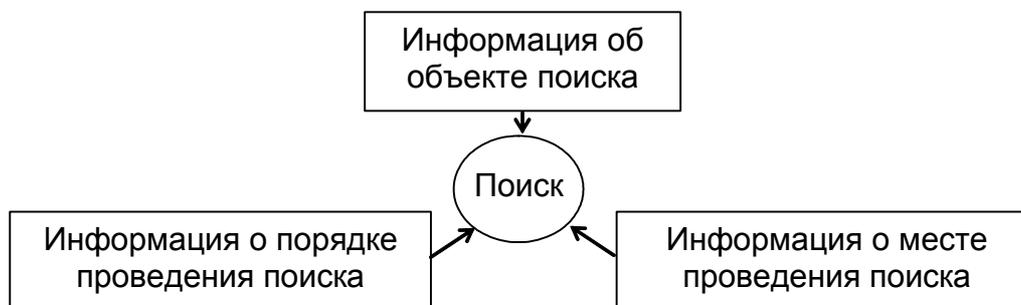


Рис. 1. Исходные данные для поиска.

Отсутствие какой-либо информационной составляющей существенно затрудняет процесс проведения поиска или даже делает его невозможным.

Использование первых двух составляющих не вызывают сомнений. Что касается третьей, то использование априорной информации о параметрах объекта, терпящего бедствие, сводится обычно к определению размеров полных областей неопределенности по географическим координатам. Это приводит к тому, что основным показателем эффективности процесса поиска будет математическое ожидание максимального времени поиска при заданной вероятности его успешного завершения. То есть такой подход дает возможность оценить предельно возможные временные потери при проведении поиска. В качестве критерия оптимальности поиска в этом случае выбирается минимум математического ожидания максимального времени (при фиксированной финальной вероятности успешного завершения поиска). Подобное использование априорной информации недопустимо в условиях жестких временных ограничений, накладываемых спецификой поисковых и аварийно-спасательных работ.

Время поиска можно сократить за счет применения метода, основанного на использовании процедуры расширяющихся циклов [1].

В соответствии с данной процедурой поиск начнется с интервала, характеризующегося наибольшей априорной вероятностью p_1 . Если в этом интервале объект не обнаружен, то поиск продолжается на участке, характеризующемся вероятностью p_2 , а затем p_3 и т.д. пока объект не будет обнаружен. Время поиска при известном законе распределения параметра объекта и поиска расширяющимися циклами оказывается меньше времени поиска при последовательном просмотре элементов разрешения от одного края диапазона поиска до другого края. Под диапазоном поиска здесь понимается интервал возможных значений координат объекта.

Математическая модель поиска расширяющимися циклами, представленная в виде графа (рис. 2), дает возможность оценить вероятностно-временные характеристики данной процедуры.

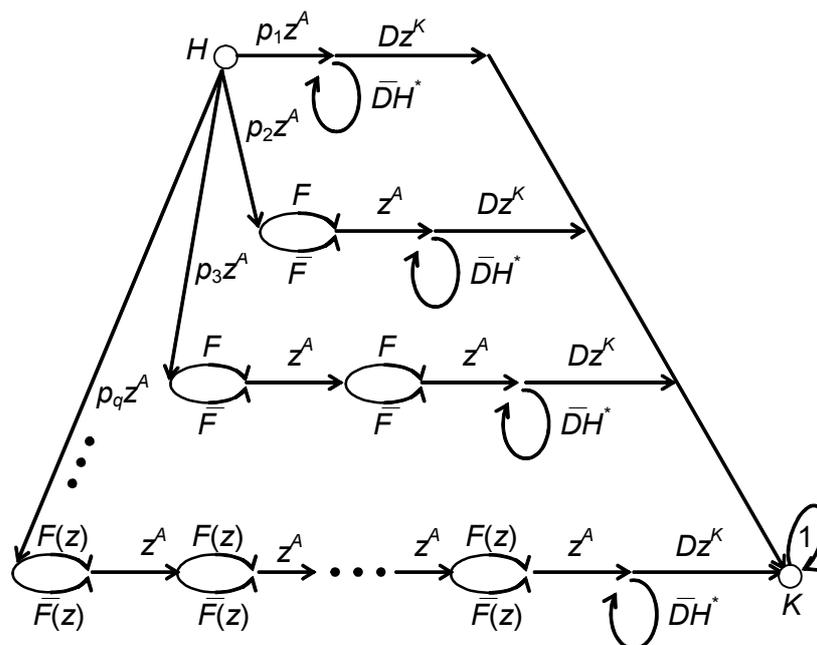


Рис. 2. Граф проведения поиска объекта, терпящего бедствие.

Производящая функция данного графа имеет вид:

$$H(z) = \frac{Dz^k \sum_{i=1}^q [p_i z^{Ai} (\bar{F} + F)^{i-1}]}{1 - \bar{D} z^{A(q-1)} H^*},$$

где $F = Fz^k$; $\bar{F} = (1-F)z$; $\bar{D} = (1-D)z$; $H^* = [(1-F)z + Fz^k]^{q-1}$.

Зная производящую функцию $H(z)$, можно определить среднее время поиска:

$$\begin{aligned} \bar{T}_{\text{ср.п}} = & \sum_{i=1}^q p_i (Ai + (i-1)(1-F + KF)) + K \sum_{i=1}^q p_i + \\ & + \frac{(1-D)[1 + (q-1)(1+A + F(K-1))] \sum_{i=1}^q p_i}{D}, \end{aligned}$$

где $q = N/\Delta N$ — число шагов поиска; ΔN — размер зоны или шага поиска; F — вероятность ложной тревоги; D — вероятность правильного обнаружения объекта; z — переменная; A — временные потери на проведение анализа единичной зоны поиска; K — временные потери на проведение контроля правильности обнаружения объекта; p_i — априорные вероятности возможного нахождения объекта.

Математические расчеты показывают, что наличие априорной информации позволяет сократить среднее время поиска в два раза по сравнению со стандартной процедурой последовательного поиска. Дополнительно сокращения времени поиска можно достигнуть за счет снижения количества шагов поиска (количества подразделов общей зоны неопределенности) при сохранении вероятностных характеристик обнаружения — F и D .

На практике это обеспечивается за счет увеличения дальности ретрансляции навигационных координат объектов, терпящих бедствие, при помощи специального устройства — аэробуя [2], входящего в состав системы оперативного обнаружения объектов, терпящих бедствие.

Работа рассматриваемой системы основана на использовании космических навигационных технологий с применением космических навигационных систем ГЛОНАСС (Россия), GPS NAVSTAR (США) и различных систем связи. Данная система позволяет определить координаты объектов, терпящих бедствие в районах сильно пересеченной местности (лес, горные массивы и т.д.), а также со слабой инфраструктурой и отсутствием услуг спутниковой связи.

Поиск осуществляется наземными и воздушными группами поиска (НГП и ВГП соответственно). Полученная информация с НГП и ВГП поступает на диспетчерский центр через действующие системы связи. Для определения местоположения каждый объект оборудуется абонентским комплектом, в состав которого входит навигационный приемник и устройство передачи навигационной информации (аэробуй). В основе практической реализации элементов системы лежит новый подход, основанный на разработке дешевых, малогабаритных, одноразовых устройств, устанавливаемых на средствах выведения оперативно-го применения (неуправляемые ракетные снаряды).

Увеличение дальности ретрансляции координат объекта позволит расширить размеры зоны (квадрата) поиска ΔN , анализируемой за единицу времени.

Дальность ретрансляции в используемом УКВ диапазоне в основном определяется высотой подвеса передающей и приемных антенн [3]

$$d = a(\sqrt{h_{\text{ПРД}}} + \sqrt{h_{\text{ПРМ}}}),$$

где d — дальность прямой связи, км; $h_{\text{ПРД}}$ и $h_{\text{ПРМ}}$ — высоты передающей и приемной антенн, м; a — коэффициент пропорциональности (с учетом нормальной атмосферной рефракции $a = 4.12$).

Устройство передачи навигационной информации (УПНИ — аэробуй), изображенное на рис. 3, работает следующим образом.

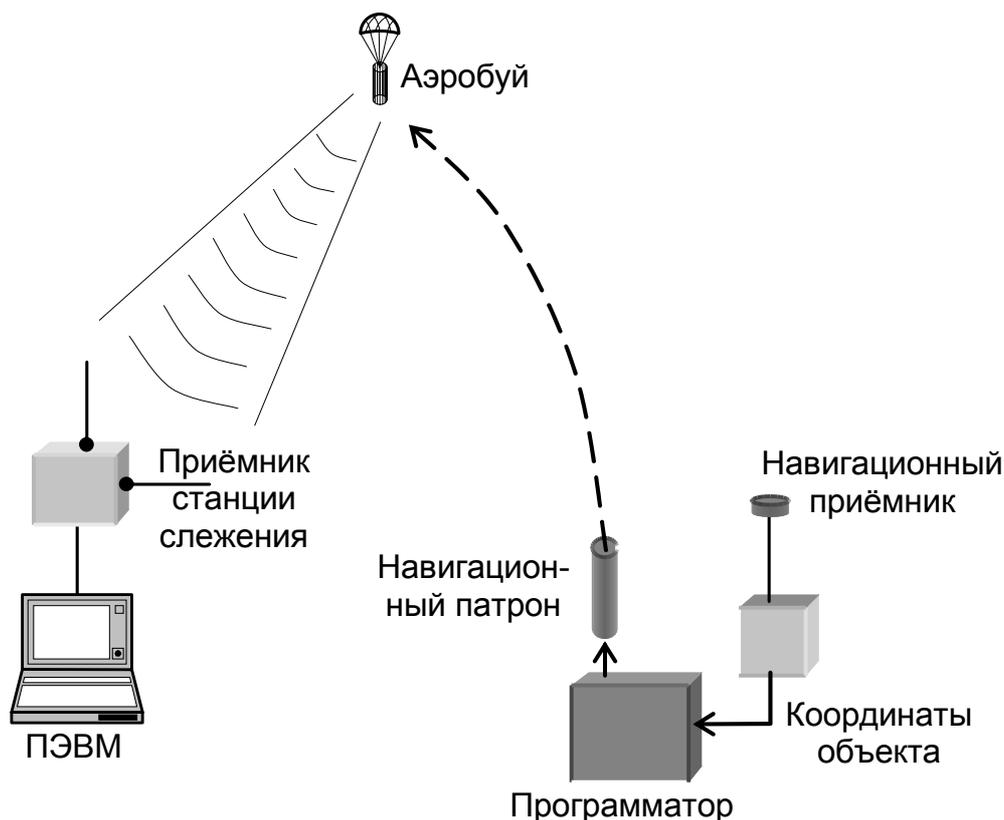


Рис. 3. Порядок применения аэробуя.

Навигационный приемник принимает сигналы глобальной спутниковой навигационной системы и определяет координаты. Полученные данные в цифровом формате вводятся в программатор, к которому подстыковывается блок памяти данных УПНИ. По команде программатора телеметрические данные о координатах объекта вводятся в блок памяти данных УПНИ и записываются в нем с дальнейшим сохранением. По окончании программирования (ввода навигационных координат) в блок памяти УПНИ, он отстыковывается от программатора.

Затем при помощи, например, порохового заряда или неуправляемого ракетного снаряда, УПНИ выводится на заданную высоту, где осуществляется открытие парашюта. После открытия парашюта включается радиопередатчик, который через антенну начинает передавать телеметрическую информацию о навигационных координатах объекта.

В качестве средств выведения аэробуя можно использовать 40-мм навигационный патрон или сигнальный пистолет СП-81 калибра 26 мм.

Тактико-технические характеристики данных средств выведения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Тактико-технические характеристики средств выведения аэробуя

Характеристики	Навигационный патрон	СП-81
Калибр, мм	40	26
Высота заброса, м	300	90
Среднее время ретрансляции, с, не менее	25	5–7
Масса, кг	0,37	0,6 (без кобуры)
Геометрические размеры, мм	200×40	175×130
Скорострельность, выстр./мин	—	10–12

В настоящее время поисково-спасательные работы ведутся с применением сигнальных и осветительных ракет. Применение данных средств имеет существенные недостатки:

- малую дальность обнаружения;
- зависимость дальности обнаружения от времени суток.

Сравнительный анализ сигнальных ракет и аэробуя (табл. 2) показывает, что телеметрическая информация о координатах объекта при применении последнего может быть передана на значительно большие расстояния.

Следовательно, размеры зоны анализа ΔN при использовании сигнальных ракет составят днем — до 6 км в диаметре, при угловой скорости сканирования 45° в секунду, и ночью — 30 км в диаметре при той же скорости сканирования оптического приемника.

Таблица 2

Сравнительный анализ сигнальных ракет и аэробуя

Сравнительные характеристики	Расстояние
Дальность обнаружения аэробуя воздушными группами поиска ($h_{НГП} = 1–10$ м)	290–350 км
Дальность обнаружения аэробуя наземными группами поиска ($h_{ВГП} = 3–5$ км)	72–80 км
Дальность обнаружения сигнальных ракет наземными группами поиска днем ночью среднее время видимости сигнальной ракеты	до 3 км до 15 км 8 сек

При использовании аэробуя зона анализа ΔN увеличивается до 140–160 км в любое на время суток, при этом поиск ведется с использованием антенны с круговой диаграммой направленности. Это позволяет избежать пропуск сигнала при угловом сканировании.

Кроме того, обнаружение объекта производится с достаточной точностью даже при помощи одной станции слежения, так как координаты объекта не пеленгуются, а принимаются в виде цифрового кодированного сообщения. Поэтому среднее время поиска будет сокращено за счет предлагаемого метода более чем в 5–20 раз (в зависимости от времени суток) по сравнению с методом, основанным на проведении последовательного поиска с использованием сигнальных ракет.

Практическая реализация функциональных узлов предлагаемого устройства может быть выполнена следующим образом. В качестве диапазона частот передачи необходимо выбрать разрешенный участок сантиметрового диапазона, чтобы обеспечить создание малогабаритного усилителя электромагнитных колебаний. Например, усилитель, выполненный на базе передающего модуля Bluetooth займет площадь 1 см^2 и будет весить до 5 грамм. Кроме этого в выбранном диапазоне размеры штыревой антенны не превышают нескольких сан-

тиметров. В качестве программатора и блока памяти можно использовать изделия фирмы ATMEL (AVR) [4].

Так, микроконтроллер данной фирмы Tiny AVR имеет FLASH-память программ объемом 1–2 кбайта (число циклов стирания/записи не менее 1000), оперативную память (статическое ОЗУ) объемом 1–2 кбайта и память данных EEPROM объемом 64 байта, при геометрических размерах менее 1 см² и весе несколько грамм. Данного количества памяти достаточно для вводимых координат объекта (долгота, широта, время измерения координат). Для программирования указанных микроконтроллеров можно использовать аппаратные средства (программаторы STK-500, STK-50, ICE50, AS2) и программные средства (AVR Studio, ICC AVR, System Designer).

На основании этого можно сделать вывод, что, используя предложенные метод и практические решения, можно повысить оперативность и эффективность аварийных и поисково-спасательных работ.

Литература

1. *Каргу Д. Л.* Процедура направленного поиска сложных сигналов акустоэлектронным конвольвером // Изв. вузов. Приборостроение. 2003. № 3. С. 2–9.
2. *Каргу Д. Л.* Заявка на изобретение № 2004123693 от 02.08.04.
3. *Беньковский З., Липикский Э.* Любительские антенны коротких и ультракоротких волн. М.: Радиосвязь, 1983. 480 с.
4. *Евстифеев А. В.* Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «ATMEL». М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2004. 382 с.