

Структура алгоритма целераспределения средств противовоздушной обороны корабельной группы

Б.Д. Оркин, С.Д. Оркин, А.К. Дьячук

Аннотация

Приведена структура алгоритма целераспределения палубных истребителей, зенитных ракетных комплексов большой, средней и малой дальностей действия и зенитных артиллерийских комплексов, входящих в состав средств огневого поражения системы ПВО авианосной корабельной группы. Алгоритмы целераспределения средств ПВО других типов корабельных групп являются, как правило, частными случаями данного алгоритма. Предлагаемый алгоритм входит в состав имитационной математической модели операции поражения основных типов корабельных групп силами и средствами авиации, используемой в качестве инструментария для обоснования обликовых характеристик авиационного противокорабельного оружия.

Ключевые слова

корабельная группа; алгоритм целераспределения; целераспределение палубных истребителей; целераспределение зенитных ракетных комплексов; целераспределение зенитных артиллерийских комплексов

Введение

Нанесение авиационных ударов по кораблям вероятного противника является одной из основных задач авиации и формулируется как «Поражение корабельных группировок противника» [1].

В состав средств воздушного нападения (СВН), выполняющих задачу поражения корабельной группы (КГ), могут входить самолёты ударных и демонстративных групп, групп доразведки и целеуказания, радиоэлектронной борьбы (РЭБ), истребители

сопровождения, противокорабельные ракеты (ПКР), противорадиолокационные ракеты (ПРР), управляемые планирующие авиационные бомбы (УПАБ).

Целераспределение палубных истребителей (ПИ), зенитных ракетных комплексов (ЗРК) и зенитных артиллерийских комплексов (ЗАК) системы ПВО авианосной корабельной группы (АМГ) производится на основе информации о СВН, поступающей в виде отметок измерений в боевую информационно-управляющую систему (БИУС) центрального командного пункта (ЦКП) АМГ от средств системы освещения воздушной обстановки (СОВО) ПВО АМГ (самолётов дальнего радиолокационного обнаружения и управления (ДРЛОУ), самолётов РЭБ, корабельных станций обнаружения воздушных и надводных целей, многофункциональных радиолокационных станций (МФРЛС), корабельных станций радиотехнической разведки (СРТР)), средств космической разведки и в БИУС командных пунктов (КП) других кораблей АМГ от собственных СОВО и ЦКП АМГ.

1. Структура алгоритма целераспределения средств ПВО АМГ

Алгоритм ЦР состоит из трёх основных модулей: для ПИ, ЗРК и ЗАК, которые размещены в блоках целераспределения истребителей (ЦРИ), ЗРК (ЦРЗРК) и ЗАК (ЦРЗАК) соответственно (см. рис. 1).

В блоках МОАЗ и ГО выполняются вспомогательные операции [2, 3].

В блоке МОАЗ осуществляется построение двух множеств отметок M_{OA} и M_{OR} . Отметки из множества M_{OA} предназначены для обслуживания ПИ, а из M_{OR} – ЗРК. Множество отметок M_{OZAK} , на которые может назначаться ЗАК корабля, выделяется из множества M_{OR} . Соответствующий алгоритм встроен в блок ЦРЗАК.

При решении задачи ЦР принято, что известны оценки параметров движения отметок и проведена их классификация по типу, в результате которой всё множество отметок разбито на четыре класса: "ЗЗП", "ПАП", "ПКР", "самолёт". К классу "ЗЗП" относятся зоны, закрытые помехами; к классу "ПАП" – отметки, идентифицируемые как постановщики активных помех. Класс "ПКР" объединяют отметки, классифицируемые как средства поражения, т.е. применяемые по кораблям виды высокоточного оружия (ПКР, ПРР, УПАБ). Прочие отметки принадлежат классу "самолёт". Отметка из классов "ПАП", "ПКР", "самолёт" может включать одно или, из-за недостаточной разрешающей способности информационных систем АМГ, несколько СВН или быть ложной.

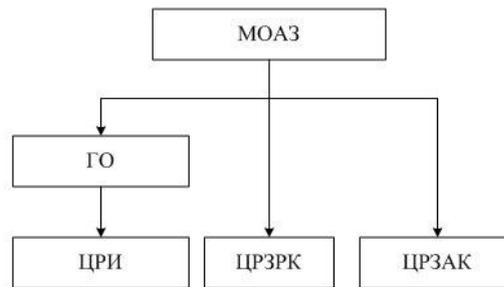


Рис.1. Блок-схема алгоритма ЦР средств огневого поражения системы ПВО АМГ

В блоке ГО отметки из множества M_{OA} и классов "ПАП", "самолёт", "ПКР" объединяются в группы, при этом учитывается класс отметок: отметки из класса "ПКР" группируются отдельно, а из классов "ПАП" и "самолёт" могут входить в одну группу.

Целераспределение средств ПВО и, следовательно, обращение к алгоритму ЦР осуществляется на каждом шаге принятия решения. Однако те результаты "старого" целераспределения, выполненного на предыдущем шаге, эффективность которых подтверждается или от которых нельзя отказаться, сохраняются в "новом" (текущем) ЦР.

Каждый основной модуль алгоритма ЦР имеет иерархическую структуру, состоящую из последовательно или параллельно (независимо) выполняемых частных алгоритмов целераспределения. Они предназначены для определения ресурса, который необходимо выделить против целей из конкретного подмножества при решении рассматриваемой задачи ПВО (например, коллективной обороны). Последовательно выполняемые алгоритмы размещаются на разных уровнях иерархии, а параллельно – на одном.

Считается, что решение, принятое на верхнем уровне иерархии, не может быть отменено на более низких уровнях. Такая структура является результатом ранжирования задач, решаемых боевыми средствами ПВО, и целей. Ранг (важность) цели при решении средствами ПВО рассматриваемой задачи зависит от следующих факторов: вида цели; является ли цель угрожающей; степень ее опасности.

Помимо ранжирования целей и задач ПВО, ранжируются также средства ПВО. При ранжировании истребителей учитывается, находятся они в воздухе или на аэродроме (сначала рассматривается возможность целераспределения истребителей, находящихся в воздухе), а также их ценность (при формировании на аэродроме группы истребителей для перехвата цели в первую очередь проверяется, смогут ли выполнить боевую задачу менее ценные (эффективные) истребители). При ранжировании ЗРК и ЗАК также учитывается их ценность. Так, ЗРК большой дальности считаются более ценными, чем ЗРК средней дальности. Поэтому, если ЗРК средней дальности могут с необходимой эффективностью

обслужить цель, то предпочтение отдается этим ЗРК. Заметим, что ценность средства ПВО может быть учтена при задании критерия.

Централизованное ЦР выполняется ЦКП, а автономное, как и ЦР при самообороне - КП кораблей. При автономном ЦР ЦКП назначает кораблям УРО только зоны их ответственности. Централизованное ЦР строится с учетом всей информации, поступающей на ЦКП. ЦР при самообороне и автономное ЦР может использовать данные ЦКП о СВН, если передача такой информации на КП кораблей предусмотрена. В случае поражения ЦКП его роль может перейти КП одного из кораблей УРО. Если это не предусмотрено сценарием, либо уничтожены все корабли УРО, КП которых могли выполнять функцию ЦКП, то централизованное ЦР заменяется автономным. Заметим, что даже при функционирующем ЦКП коллективная оборона может осуществляться в режиме автономного, а не централизованного ЦР, чтобы ускорить процесс принятия решений.

Решению задачи коллективной обороны отдается предпочтение, при этом в первую очередь обеспечивается защита более ценного корабля (самый ценный корабль АМГ – авианосец), а затем менее ценных и, кроме того, когда ЦР централизованное, сначала рассматривается возможность назначения против вызванной для целераспределения цели ЗРК того корабля УРО, для которого она представляет наибольшую угрозу. Тем самым обеспечивается сочетание интересов коллективной обороны и самообороны кораблей УРО. При ранжировании кораблей УРО, устанавливаемом, какой из выбранных кораблей УРО необходимо оборонять в первую очередь, также учитывается сложившаяся ситуация.

Алгоритм ЦР средств ПВО АМГ базируется на выполнении следующих основных процедур [2, 3]:

- 1) классификация отметок по типу. Результат этой классификации – четыре класса отметок: ”ЗЗП”, ”ПАП”, ”ПКР”, ”самолёт”;
- 2) разбиение совокупности отметок на множества M_{OA} , M_{OR} и M_{OZAK} , предназначенные для обслуживания ПИ, ЗРК и ЗАК соответственно;
- 3) группирование отметок из множества M_{OA} . Полученные группы являются целями для ПИ; целями для ЗРК и ЗАК служат сами отметки;
- 4) классификация целей для ПИ по виду. Результат этой классификации – шесть видов целей: ПС (группа отметок из множества, объединяющего классы «ПАП» и «самолёт»), ПКР (группа отметок из класса «ПКР»), ЗЗП (отметки из класса «ЗЗП»), А (аэродром возвращения), П (зона патрулирования), Б (зона барражирования). Поскольку целями для корабельных ЗРК и ЗАК являются отдельные отметки, то следует считать, что классификация целей для ЗРК и ЗАК по виду совпадает с классификацией отметок по типу;

5) ранжирование решаемых средствами ПВО задач. В результате определяется, на решение какой из задач следует в первую очередь направить ресурсы. Так, задача коллективной обороны для ЗРК средней и большой дальности пуска кораблей УРО является приоритетной. Основной задачей истребителей из боевых воздушных патрулей, осуществляющих охранение самолетов ДРЛОУ и РЭБ, является защита этих самолетов. Целераспределение прочих ПИ строится с точки зрения повышения эффективности обороны авианосца. Однако в ситуации, когда вблизи группы ПИ находится воздушный противник, сначала рассматривается необходимость атакующих или оборонительных действий;

6) ранжирование целей при решении противовоздушной обороной конкретной задачи (например, при решении задачи обороны авианосца ЗРК кораблей УРО). Проводится, чтобы при решении рассматриваемой задачи установить, на какие цели необходимо назначить средства ПВО в первую очередь и, следовательно, осуществить воздействие на цели в порядке их важности (тактической значимости). На ранжирование влияют: вид цели; является ли цель угрожающей; степень ее опасности;

7) ранжирование средств ПВО. Проводится, чтобы установить последовательность назначения средства ПВО. Так, например, сначала рассматривается возможность направить против цели ПИ, находящиеся в воздухе, а затем ПИ, размещенные на авианосце. Если задача перехвата цели может быть решена с необходимой эффективностью менее ценным средством ПВО (считается, например, что ЗРК большой дальности пуска имеет большую ценность, чем ЗРК средней дальности пуска), то при назначении предпочтение отдается последнему;

8) ранжирование кораблей АМГ. Проводится, чтобы установить порядок, в соответствии с которым обеспечиваются защитой корабля (авианосец и корабли УРО) при коллективной обороне. Ранг корабля учитывает его ценность (сначала выделяются ресурсы для обороны более ценного корабля, а затем менее ценных), а при одинаковой ценности кораблей – предварительную информацию о направлении главного удара СВН противника и сложившуюся ситуацию. Кроме того, при централизованном ЦР в первую очередь назначение на цель получают ЗРК того корабля, для которого она представляет наибольшую угрозу. Тем самым обеспечивается сочетание интересов коллективной обороны и самообороны кораблей УРО;

9) обновление результатов целераспределения на каждом шаге принятия решения. При этом в текущее ЦР переносятся лишь те результаты “старого” ЦР, полученного на предыдущем шаге, для которых подтверждается возможность сохранения или от которых нельзя отказаться;

10) оптимизация ЦР по векторному критерию, для свертки которого применяется способ последовательного достижения частных целей, основанный на ранжировании показателей, входящих в состав этого критерия. При таком подходе ЦР формируется в результате решения лексикографической задачи оптимизации [4, 5].

Применение перечисленных процедур при составлении алгоритма целераспределения средств поражения системы ПВО КГ позволяет сформировать достаточно простой алгоритм ЦР, обеспечивающий рациональный порядок распределения по целям имеющихся у КГ ресурсов в условиях массированного налета и неопределенности, когда нет достоверной информации о количестве и составе СВН, их дальнейшем поведении.

2. Структура алгоритма целераспределения палубных истребителей

Результатом работы алгоритма ЦРИ является определение совокупности пар (группа истребителей, цель). В частном случае группа истребителей может состоять из одного истребителя.

Алгоритм целераспределения истребителей ЦРИ (см. рис. 2) состоит из совокупности последовательно выполняемых частных алгоритмов. Они размещены в соответствующих блоках и предназначены для решения задачи целераспределения с участием конкретного вида целей (ПС, ПКР, ЗЗП, А, П, Б). Вид цели указан в названии частного алгоритма (блока). В каждом последующем блоке алгоритма целераспределению подлежат только те истребители, которые не получили назначение в предыдущих блоках.

Алгоритмы ЦРИ–ПС–0, ЦРИ–ПС–1, ЦРИ–ЗЗП, ЦРИ–ПКР, ЦРИ–ПС–2, ЦРИ–Б построены с точки зрения повышения эффективности обороны заданного объекта (таким объектом для основной массы ПИ является АМГ (авианосец), а для истребителей из боевых воздушных патрулей, охраняющих самолеты ДРЛОУ и РЭБ, – эти самолеты), т.е. по глобальному критерию. Алгоритм ЦРИ–ПС – по локальному критерию, оценивающему степень взаимных угроз групп истребителей и целей, которые уже в ближайшее время могут атаковать друг друга. Алгоритмы ЦРИ–ПС–1, ЦРИ–ЗЗП, ЦРИ–ПКР, ЦРИ–ПС–2, ЦРИ–Б обеспечивают дальнейшее ЦР, а ЦРИ–ПС–0, ЦРИ–ПС–1 – ближнее [6].

Алгоритм ЦРИ–ПС–0 решает задачу ЦР боевых воздушных патрулей, обеспечивающих прикрытие (охранение) самолетов ДРЛОУ и РЭБ. В блоке ЦРИ–ПС–0 к этому алгоритму следует обращаться столько раз, сколько имеется в наличии таких самолетов. Алгоритмы ЦРИ–ПС, ЦРИ–ПС–0, ЦРИ–ПС–1, ЦРИ–ПС–2 оперируют с целями одного вида – ПС. Однако из-за разницы применяемых критериев эффективности или обороняемых объектов алгоритмы ЦРИ–ПС, ЦРИ–ПС–0 существенно отличаются от алгоритмов ЦРИ–ПС–1, ЦРИ–ПС–2. Различие алгоритмов ЦРИ–ПС–1 и ЦРИ–ПС–2 менее

значительное. Оно связано с тем, что алгоритм ЦРИ–ПС–2, в отличие от алгоритма ЦРИ–ПС–1, “работает” с неугрожающими целями, имеющими значительное отклонение вектора скорости от направления на обороняемый объект (авианосец).

Таким образом, из блок–схемы, представленной на рис. 2, следует:

- наивысшим рангом обладает цель вида А (на нее назначаются истребители, имеющие запас топлива, достаточный лишь для возвращения на аэродром); далее идут цели вида ПС, находящиеся вблизи группы истребителей или угрожающие обороняемому объекту; затем цели вида ЗЗП, ПКР, П, цели вида ПС, не угрожающие обороняемому объекту; цели вида Б;
- если у истребителей достаточно топлива, то сначала выполняется ближнее ЦР (алгоритм ЦРИ–ПС), а потом дальнее (алгоритм ЦРИ–ПС–1). Следовательно, предпочтение отдается решению задачи собственной обороны, если существует угроза со стороны противника, или атаки, если группа истребителей сама может нанести удар по противнику в ближайшее время.

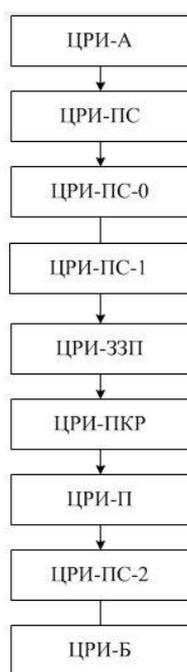


Рис.2. Блок-схема алгоритма ЦРИ

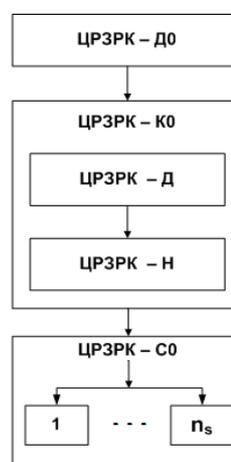


Рис. 3. Блок-схема алгоритма ЦРЗРК

3. Структура алгоритма целераспределения ЗРК

Результатом решения задачи целераспределения является совокупность пар (Р, Ц), где Р – единица ресурса, выделяемая против конкретной цели (Ц). В качестве единицы такого ресурса может выступать либо "связка", в состав которой входит целевой канал и пусковая установка (ПУ) с зенитными управляемыми ракетами (ЗУР), либо только канал МФРЛС (или РЛС) сопровождения цели, если "связка" не может быть образована из-за отсутствия хотя бы

одной её компоненты. Отметим, что одна и та же Ц может входить в несколько пар (Р, Ц), так как против нее может быть выделено несколько единиц ресурса.

Количество целей, которые МФРЛС (РЛС) может одновременно сопровождать, ограничено. Количество целевых каналов, а, следовательно, и одновременно обстреливаемых целей ограничено. Число ракетных каналов, определяемое количеством ЗУР, которые в каждом целевом канале могут одновременно наводиться на цель, также ограничено.

ЗРК средней и большой дальности кораблей УРО могут решать задачи как коллективной обороны, так и самообороны, а ЗРК малой дальности – только самообороны.

При коллективной обороне и централизованном ЦР, когда решение принимается на ЦКП АМГ (на КП авианосца или, в случае его поражения, на заменяющем его КП корабля УРО), МФРЛС, формирующая канал сопровождения цели, вместе с другой аппаратурой наведения ЗУР средней или большой дальности пуска и ПУ этих ЗУР могут находиться на разных кораблях УРО. При самообороне или коллективной обороне и автономном ЦР все компоненты “связки” (аппаратура, формирующая целевой канал, и ПУ) должны располагаться на одном корабле.

Алгоритм целераспределения ЗРК кораблей ЦРЗРК (см. рис. 3) разбит на три блока: ЦРЗРК–ДО, ЦРЗРК–КО, ЦРЗРК–СО [2, 3].

Блок ЦРЗРК–ДО введен для того, чтобы в “новое” (выполняемое на текущем шаге) ЦР перенести те результаты “старого” (полученные на предыдущем шаге) ЦР, от которых заведомо нельзя отказаться.

В блоке ЦРЗРК–КО выполняется ЦР ЗРК при коллективной ПВО АМГ.

Блок ЦРЗРК–КО содержит частные алгоритмы ЦР, ориентированные на решение задач совместной обороны выбранных кораблей, к которым относятся авианосец и некоторые корабли УРО. Совместной обороной выбранного корабля будем называть его оборону посредством зенитных ракетных комплексов средней и большой дальностей действия кораблей УРО. Если выбранным кораблем является корабль УРО, то его ЗРК также принимают участие в совместной обороне. Вся совокупность указанных частных алгоритмов образует алгоритм централизованного ЦР при коллективной обороне.

Алгоритм ЦРЗРК–КО состоит из двух блоков: ЦРЗРК–Д и ЦРЗРК–Н. В блоке ЦРЗРК–Д рассматривается возможность использования результатов “старого” ЦР. При этом анализируется решение задачи перехвата цели. В блоке ЦРЗРК–Н из множества альтернативных вариантов “связок” выбираются оптимальные, которые назначаются на

соответствующие цели. Если против цели не может быть выставлена “связка”, то за этой целью закрепляется канал МФРЛС.

В блоке ЦРЗРК–СО помещен алгоритм целераспределения ЗРК корабля при самообороне. К нему обращаются в блоках с номерами $m = \overline{1, n_s}$, где n_s – количество кораблей, оснащенных ЗРК большой, средней или малой дальностей действия. В блоке m осуществляется целераспределение ЗРК корабля с номером λ_m .

Благодаря такой структуре осуществляется:

- ранжирование целей, при этом учитывается их тип (класс) и степень опасности, которую они представляют для обороняемого корабля;
- ранжирование задач, решаемых ЗРК. В соответствии с ним сначала рассматривается ЦР при коллективной обороне, а потом при самообороне;
- ранжирование кораблей, при этом учитывается их ценность, а также сложившаяся ситуация. Кроме того, при централизованном ЦР в первую очередь рассматривается возможность назначения на цель ЗРК того корабля УРО, для которого она представляет наибольшую угрозу. Тем самым достигается сочетание интересов коллективной обороны и самообороны;
- ранжирование ЗРК по их ценности. Оно учитывается при назначении ЗРК на цель, поскольку предпочтение отдается менее ценному ЗРК, имеющему меньшую дальность действия, при условии, что он может решить задачу с необходимой эффективностью.

3. Структура алгоритма целераспределения ЗАК

Алгоритм ЦР ЗАК кораблей – совокупность независимо-функционирующих алгоритмов ЦР ЗАК одного корабля. Алгоритм ЦР ЗАК обеспечивает решение задачи ЦР стрельбовых модулей (СМ) ЗАК корабля и заключается в выборе пар «СМ – обслуживаемая им цель» [2, 3].

Алгоритм ЦР ЗАК содержит четыре блока (см. рис. 4) и состоит из совокупности последовательно выполняемых частных алгоритмов.

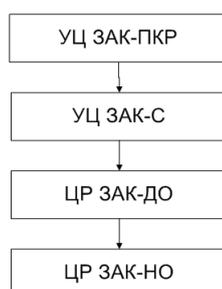


Рис. 4. Блок-схема алгоритма ЦРЗАК

С помощью алгоритма УЦ ЗАК-ПКР осуществляется ранжирование целей (“ПКР”) из множества M_{OZAK} . Блок УЦ ЗАК-С зарезервирован на случай, если в зону обстрела ЗАК будут входить самолеты. В блоке ЦР ЗАК-ДО часть результатов предыдущего ЦР переносится в текущее. В блоке ЦР ЗАК-НО осуществляется новое ЦР с учетом степени опасности целей для корабля, характеристик СМ и результатов предыдущего ЦР.

Заключение

1. Представлена иерархическая структура алгоритма целераспределения средств огневого поражения системы ПВО КГ, состоящая из последовательно или параллельно выполняемых частных алгоритмов, учитывающих приоритеты среди решаемых задач, обороняемых при совместной обороне кораблей, целей, средств ПВО.
2. Алгоритм или отдельные его составляющие могут быть использованы при имитационном моделировании функционирования системы ПВО всех основных типов КГ [7].

Библиографический список

1. Беркута И.А., Ермолин О.В. Преодоление противодействия ПВО противника при нанесении авиационного удара по корабельным группировкам.// Вопросы радиоэлектроники. Системы отображения информации и управления спецтехникой. М.: 2008, вып.1.
2. Оркин Б.Д., Оркин С.Д., Прохоров И.А. Формирование целераспределения средств противовоздушной обороны корабельной группы при моделировании операции ее поражения силами авиации // Изв. РАН. ТиСУ. 2006.№ 6. С. 145-159.
3. Оркин Б.Д., Оркин С.Д. Имитационное моделирование боевого функционирования палубных истребителей, зенитных ракетных и артиллерийских комплексов корабельных групп при решении задач ПВО. М.: Изд-во МАИ–ПРИНТ, 2009. 700 с., ил.
4. Гермейер Ю.Б. Исследование операций. М.: Наука, 1983.
5. Подиновский В.В., Гаврилов В.М. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. М.: Сов. радио, 1975.
6. Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра /Под ред. Е.А. Федосова. М.: Дрофа, 2001.
7. Дьячук А.К., Оркин Б.Д., Оркин С.Д. Программный комплекс для проведения планирования и имитационного моделирования действий авиации по морским объектам.// Вестник компьютерных и информационных технологий. 2011. № 5 С. 9–15.

Сведения об авторах

Оркин Борис Давидович, доцент Московского авиационного института (национального исследовательского университета), к.т.н.

МАИ, Волоколамское ш.,4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: (499) 158-43-21

Оркин Савелий Давидович, доцент Московского авиационного института (национального исследовательского университета), к.т.н.

МАИ, Волоколамское ш.,4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: (499) 158-40-86

Дьячук Анна Константиновна, доцент Московского авиационного института (национального исследовательского университета), к.т.н.

МАИ, Волоколамское ш.,4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993;

тел.: (499) 158-40-86; e-mail: annakd16@mail.ru