

УДК 623. 4.02

В.В. Воронин, Р.В. Соловей, Н.Т. Грицына

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЦЕЛЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОГНЕМ В МНОГОКАНАЛЬНОМ ЗЕНИТНОМ РАКЕТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Рассматривается один из возможных подходов к решению задачи целераспределения при управлении огнем в многоканальном зенитном ракетном комплексе с использованием математического аппарата решения транспортной задачи.

Ключевые слова: целераспределение, информационное обеспечение, управление огнем ЗРК, транспортная задача, командный модуль.

Вступление

Постановка проблемы. Опыт локальных войн и военных конфликтов конца XX – начала XXI столетий показывает, что роль ЗРВ в системе противовоздушной обороны государств не снижается, хотя во многих армиях на вооружении находятся ЗРК старого парка. В Украине тоже стоит остро вопрос о повышении эффективности боевого применения подразделений ЗРВ в современных условиях. При этом базовыми образцами вооружения ЗРВ являются многоканальные ЗРК «Бук М1» и С-300ПС (ПТ), которые приняты на вооружение еще в 80 – ых годах прошлого столетия.

Для повышения эффективности ведения противоздушного боя в современных условиях важное значение приобретает разработка направлений по автоматизации информационного обеспечения и управления огнем ЗРК. Это связано в первую очередь с тем, что произошли организационно-штатные мероприятия, которые фактически объединили в тактические соединения, прикрывающие несколько объектов разнесенных на большие расстояния разрозненные группы подразделений. В результате чего практически эти группы подразделений ведут самостоятельные боевые действия. В случае выхода из строя станций разведки и целеуказания (СРЦ), обеспечивающих боевой радиолокационной информацией командные пункты групп подразделений (КП ЗРС) нарушается управление огнем ЗРК внутри ЗРС. При нарушении управления с КП более высокого уровня боевые расчеты подразделений переходят в режим самостоятельного ведения боя. При этом обстрел воздушных целей производится по принципу «обнаружил-обстрелял». А связано это с тем, что задача управления огнем внутри самого ЗРК с целью его наиболее эффективного использования не решается вообще, так как при создании ЗРК вопросам их применения в условиях самостоятельных боевых действий не уделялось достаточного внимания. Более того, как показывает опыт боевого применения ЗРВ имен-

но самостоятельные действия одиночных подразделений или групп подразделений из засад дают наибольший эффект в бою, что в свою очередь повышает актуальность проблемы организации (автоматизации) управления огнем внутри ЗРК. Одной из основных задач решаемых при управлении огнем есть задача распределения целей между целевыми каналами внутри ЗРК. Вариант решения этой задачи и рассмотрен в данной статье.

Анализ литературы. В работе [1] была поставлена проблема автоматизации управления огнем внутри ЗРК, где было предложено ввести в состав аппаратуры стрельбовой многоканальной РЛС ЗРК автоматизированное рабочее место командира ((АРМК) - командный модуль управления огнем) и расширить число источников информации, обеспечивающих ЗРК боевой информацией. В этой же работе были определены задачи, которые должно решать АРМК, основными из которых есть обработка поступающей радиолокационной информации от обеспечивающих источников и распределение целей между целевыми каналами ЗРК с автоматической (автоматизированной) выдачей целеуказания. Для решения задачи распределения целей, необходимо решить задачу отбора воздушных целей для уничтожения из состава целей сопровождаемых АРМК.

Основным принципом распределения огня ЗРК является первоочередное уничтожение наиболее важных целей. Поэтому, при распределении огня необходимо оценивать воздушные цели по степени их важности (тактической значимости), обеспечивая надежный обстрел наиболее важных из них [2].

Для этого в [3] была разработана методика относительной тактической важности ударных средств воздушного нападения, где были определены соответствующие числовые коэффициенты, которые должны учитываться при распределении целей.

В работе [4] был разработан метод решения задачи отбора целей для уничтожения многоканальным зенитным ракетным комплексом по критерию максимума предотвращенного ущерба. Сущность

метода заключається в отборе из числа целей в ударе для уничтожения многоканальным ЗРК наиболее важных из них, то есть способных нанести обороняемому объекту наибольший ущерб.

Целью статьи является разработка алгоритма решения задачи целераспределения при управлении огнем в многоканальном ЗРК на основе математического аппарата используемого при решении транспортной задачи.

Основная часть

Рассмотрим процесс управления огнем в многоканальном ЗРК. Данный ЗРК работает автономно, а управление им осуществляется с командного модуля управления огнем встроенного в состав аппаратуры многоканальной стрельбовой РЛС.

Информация, поступающая от различных источников, подвергается обработке и поступает в алгоритмы управления огнем. По каждой цели решается задача определения точек входа и выхода цели из зоны поражения комплекса, то есть время пребывания каждой цели в зоне поражения ЗРК известно. Коэффициенты, характеризующие тактическую важность целей, рассчитаны заранее и известны. Задача состоит в таком целераспределении, при котором будет обеспечиваться первоочередной обстрел целей большей важности с учетом времени их пребывания в зоне поражения (пуска) ЗРК. Целераспределение приводит к необходимости решения транспортной задачи и проблемы выбора. В рамках рассматриваемой задачи, когда имеется 6-канальная по цели стрельбовая РЛС и взаимодействующие с ней пусковые комплексы, введем понятие огневого канала.

Под огневым каналом (ОК) для такого многоканального ЗРК будем понимать целевой канал стрельбовой РЛС ЗРК и назначаемые для обстрела сопровождаемой целевым каналом цели ЗУР с любого пускового комплекса. То есть для решения задачи целераспределения привлекаются 6 ОК многоканального ЗРК.

Каждый возможный вариант целераспределения можно описать соответствующей «матрицей целераспределения»:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $x_{ij}=1$, если ОК A_i назначен по цели B_j и $x_{ij}=0$ в противном случае.

Время пребывания $j^{\text{ой}}$ цели в зоне поражения $i^{\text{го}}$ ОК ЗРК обозначим t_{ij} . Кроме того, будем учитывать важность цели C_j . Оценку и учет параметров C_j и t_{ij} произведем последовательно, то есть на первом этапе произведем выбор наиболее важных целей и да-

лее на втором этапе для $N^{\text{л}}$ наиболее важных целей соответствующих количеству свободных целевых каналов стрельбовой РЛС произведем учет времени их пребывания в зоне поражения комплекса.

Наибольшая эффективность применения рассматриваемого ЗРК будет обеспечена, если среднее значение:

$$\sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} p_{ij} X_{ij} \Rightarrow \min, \quad (2)$$

где $p_{ij} = t_{ij} (1 - C_j)$, ($0 < C_j < 1$).

Таким образом, задача состоит в выборе матрицы X , состоящей из нулей и единиц (по одной единице в каждой строке и в каждом столбце) и минимизирующей целевую функцию (2). Это означает, что оптимальное целераспределение равнозначно решению проблемы выбора для матрицы

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1M_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{M_11} & P_{M_12} & \dots & P_{M_1M_2} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Задача целераспределения адекватна решению транспортной задачи. Применение к транспортной задаче универсальных методов, не использующих ее особенностей, оказывается неэффективным [5].

Существуют оптимальные методы решения транспортной задачи, наиболее употребительные из которых принадлежат к одной из следующих категорий [5]:

1. Методы, реализующие процесс последовательного улучшения плана: на каждом этапе происходит полное распределение груза по пунктам назначения, но стоимость не оптимальна; процесс последовательных улучшений плана поэтапно уменьшает стоимость, пока она не достигнет минимально возможной величины. К методам данной категории принадлежит, например, метод потенциалов;

2. Методы, основанные на следующем принципе: на каждом этапе осуществляется оптимальное (по стоимости) распределение, но не всего груза, сосредоточенного в пунктах отправления, а некоторой части.

Количество оптимально распределенного груза в процессе решения задачи поэтапно возрастает, пока не достигнет заданной величины. К таковым относится «венгерский метод», который особенно хорошо приспособлен к решению проблемы выбора. Отправные моменты «венгерского метода» изложены в работе [5].

Рассмотрим предлагаемый алгоритм оптимизации целераспределения. Опишем элементы матрицы P_k . Количество строк в матрице соответствует числу целевых каналов стрельбовой РЛС ЗРК ($i \in M_1$), а количество столбцов соответствует M_2 целям ($j \in M_2$) табл. 1.

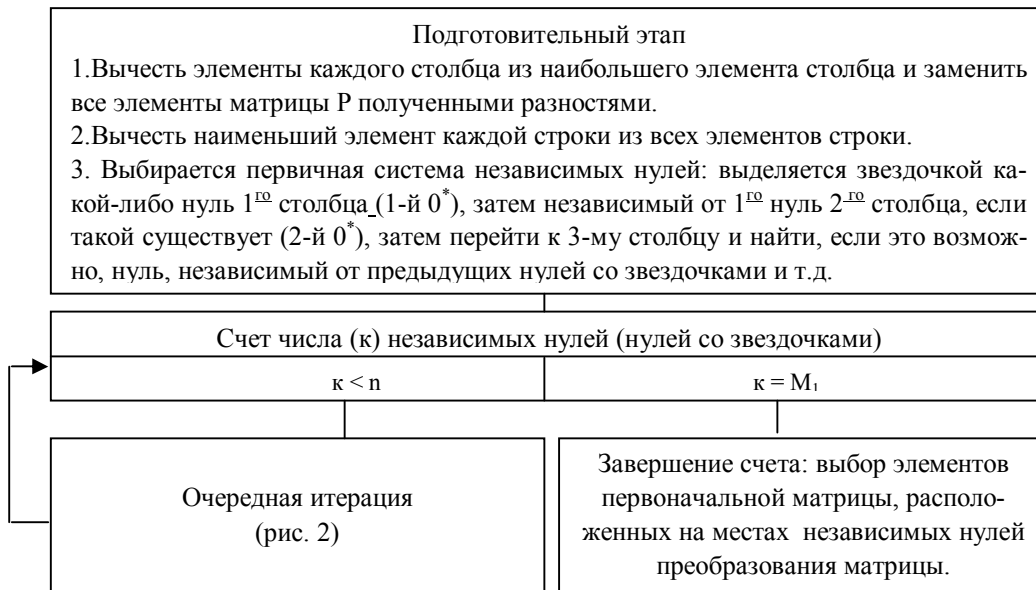


Рис. 1. Блок-схема алгоритма целераспределения с использованием «венгерского метода»

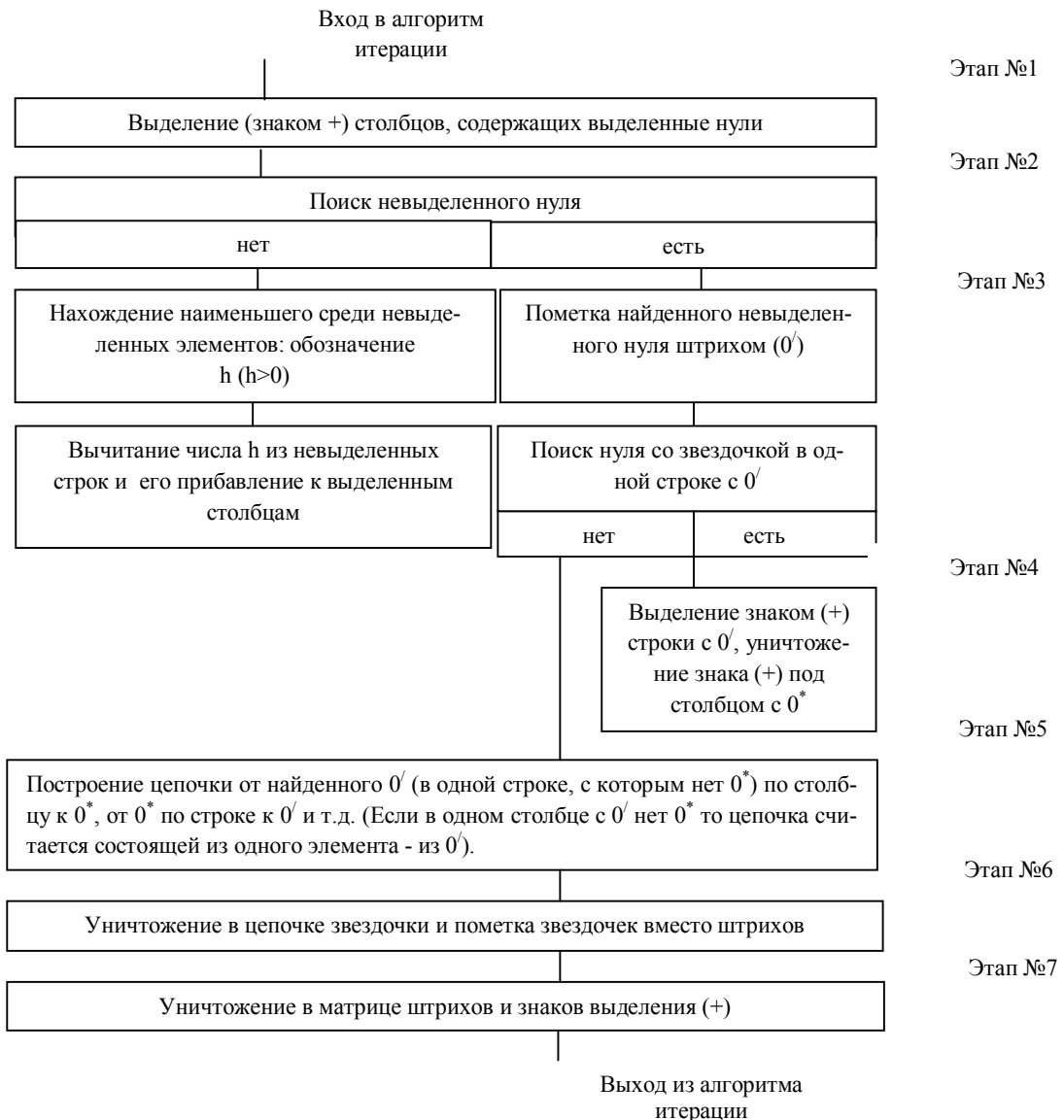


Рис. 2. Блок - схема итерации, выполняемой при решении задачи целераспределения

Матриця целераспределения

канал \ N _ц	1	2	3		M ₂
OK ₁	T ₁₁ (1-C ₁)	T ₁₂ (1-C ₂)	T ₁₃ (1-C ₃)		
OK ₂	T ₂₁ (1-C ₁)	T ₂₂ (1-C ₂)	T ₂₃ (1-C ₃)		
.....
OK _{M1}	T _{M11} (1-C ₁)	T _{M12} (1-C ₂)	T _{M13} (1-C ₃)		

С точки зрения простоты вычислений целесообразно перейти к нормированному времени:

$$T_{ij} = \frac{t_{ij}}{\max(t_{\text{табл.}})}, \quad (4)$$

где $\max(t_{\text{табл.}})$ – максимальное время из t_{ij} , участвующих в расчетах на данном этапе. Блок схема алгоритма целераспределения с использованием „венгерского метода” представлена на рис. 1.

Выводы

Таким образом, при целераспределении в многоканальном ЗРК, проявляется необходимость решения транспортной задачи и проблемы выбора. Предлагаемый алгоритм осуществляет минимизацию заданной целевой функции, сущность, минимизации заключается в ранжировании (выстраивании) воздушных целей в порядке, соответствующему критерию - максимальный коэффициент тактической важности и минимальное время пребывания в зоне поражения (пуска).

В дальнейшем данный алгоритм может быть усовершенствован при решении задачи управления огнем группой зенитных ракетных подразделений в режиме централизованного управления с одного из командных модулей ЗРК, выполняющего функции управляющего КП.

Список литературы

1. Бурцев В.В. Совершенствование системы управления огнем ЗРК / В.В. Бурцев, В.В. Воронин, А.В. Савич // Збірник наукових праць ХВУ. – Вип. 2 (24). – Х.: ХВУ, 1999. – С. 165-169.
2. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торпчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х.: ХВУ, 2003. – 368 с.
3. Шершнев Н.А. Методика относительной тактической важности ударных средств воздушного нападения / Н.А. Шершнев, В.В. Воронин, О.Ф. Галицкий // Збірник наукових праць ХВУ. – Вип. 3 (41). – Х.: ХВУ, 2002. – С. 12-14.
4. Метод решения задачи отбора целей для уничтожения многоканальным зенитным ракетным комплексом в условиях воздушного налета высокой интенсивности / В.В. Воронин, Г.С. Залевский, А.Б. Скорик, Г.Н. Зубрицкий // Системи обробки інформації. Зб. наук. пр. – Х.: ХУ ПС, 2005. – Вип. 3(43). – С. 37-43.
5. Военно-технические вопросы высшей математики и математические основы военной кибернетики. Учебное пособие / С.И. Гринберг, Л.И. Иванова, И.М. Сливняк, И.В. Сухаревский. – Х.: ВИРТА ПВО, 1990. – 383 с.

Надійшла до редколегії 20.02.2014

Рецензент: д-р воен. наук, проф. Г.А. Дробаха, Академия внутренних войск МВД Украины, Харьков.

ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ЦІЛЕРОЗПОДІЛУ ПРИ УПРАВЛІННІ ВОГНЕМ У БАГАТОКАНАЛЬНОМУ ЗЕНІТНОМУ РАКЕТНОМУ КОМПЛЕКСІ

В.В. Воронін, Р.В. Соловей, Н.Т. Грицина

В статті запропоновано один з можливих підходів до вирішення задачі цілерозподілу при управлінні вогнем у багатоканальному зенітному ракетному комплексі з використанням математичного апарату розв'язання транспортної задачі.

Ключові слова: цілерозподіл, інформаційне забезпечення, управління вогнем ЗРК, транспортна задача, командний модуль.

DECISION OF THE PROBLEM DISTRIBUTION INTEGER WHEN FIRE GOVERNING IN MANY-SERVER ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEX

V.V. Voronin, R.V. Solovey, N.T. Gricyna

One of the possible approach is considered to decision of the problem(task) distribution integer when fire governing in many-server anti-aircraft missile complex with use the mathematical device of the decision of the transport problem.

Keywords: dataware, management, fire anti-aircraft, transport problem, command module.