

## Алгоритм оценки эффективности расположения боевых единиц на морском театре военных действий на основании показателей RICAL

© И.Л. Клёнов

АО «Военно-промышленная корпорация “Научно-производственное объединение машиностроения”», г. Реутов, 143966, Россия

*В современных условиях число моделируемых вариантов действий весьма значительно компактной мобильной группы войск, применяющей и способной контролировать значительное пространство без создания сплошных участков обороны или фронта, высокоточные и высокоскоростные средства поражения позволяют. Без помощи вычислительных средств анализ этих вариантов затруднителен. В связи с этим актуальной задачей является синтез алгоритмов, формализующих и позволяющих автоматизировать оценку моделируемых ситуаций. В статье предложен двухэтапный алгоритм оценки эффективности расположения боевых единиц на морском театре военных действий на основании показателей RICAL (Reliability, Information, Controlability, Ability, Learning). Поскольку в рамках унитарных представлений о боевых единицах невозможно привести характеристику разнородных сил и средств, автор предлагает применить прием декомпозиции — разделения боевой единицы на составляющие ее подсистемы. После создания математического описания состояния всех единиц выполняется переход к формированию совокупного целевого показателя (показателя эффективности проведения операции). В соответствии с предлагаемым подходом, предусматривается агрегация совокупного целевого показателя на основе целевых показателей отдельных боевых единиц. Синтезированный таким образом общий алгоритм позволяет полностью математически описать ситуацию на морском театре военных действий, количественно проанализировать эффективность действий сторон в конкретный момент.*

**Ключевые слова:** автоматизированное планирование, морской театр военных действий, сетевая война, теория эффективности, целевые показатели, декомпозиция, агрегация

К концу XX в. на морском театре военных действий окончательно сложилась ситуация, когда поражение целей производится с дистанций, значительно превышающих радиус действия собственных средств обнаружения боевых единиц («из-за горизонта») [1]. В современных условиях такое увеличение радиуса действия боевых единиц совместно с появлением высокоточных и высокоскоростных средств поражения привело к существенному изменению характера войсковых операций.

Обладание подобным вооружением позволяет компактной мобильной группе войск контролировать обширное пространство без создания сплошных участков обороны или фронта. Это, в свою оче-

редь, приводит к тому, что число моделируемых вариантов действий группировки становится столь велико, что без помощи вычислительных средств их анализ затруднителен [2].

Ориентировочно до 70-х годов XX в. эту задачу решали исключительно вручную, путем подробного анализа компетентными лицами всех имеющихся данных с последующим построением предположений о возможных исходах [3]. Такие методы, как логические индуктивный и дедуктивный, метод исторических аналогий, аналитический и синтетический [1], показали высокую эффективность в конфликтах прошлых лет. Однако с повышением сложности задачи возрастает и трудоемкость применения указанных методов.

По этой причине с совершенствованием вычислительной техники возникал такой класс систем, как системы автоматизированного планирования действий войск. Эти системы предназначены для помощи командованию в разработке планов и обеспечении мероприятий боевой подготовки на всех уровнях от оперативного до тактического.

Самым известным примером такой системы оперативного уровня является JWARS (Joint Warfare System — Совместная военная система), с начала 2000-х годов успешно применяемая Вооруженными силами США в претворение доктрины сетцентрической войны [4]. Это современная система моделирования боевых действий, позволяющая моделировать наземные, воздушные, морские операции и боевые действия, действия сил специальных и информационных операций, защиту от применения химического оружия, действия систем противоракетной и противовоздушной обороны, управления и космической разведки, связи, тылового обеспечения [5]. Эта система успела доказать свою эффективность в крупномасштабных конфликтах конца XX — начала XXI в., и в настоящее время продолжает непрерывно модернизироваться [6].

Очевидно, что использование системы, имеющей сравнимую с JWARS функциональность, дает значительное преимущество обладающей ею стороне по сравнению со стороной, такой системой не обладающей [7]. Однако в настоящий момент, несмотря на заинтересованность в разработках системы с подобной функциональностью, сведений об этом в открытых источниках нет [8].

В работе автором предложен алгоритм **оценки эффективности расположения** (далее — **алгоритм ОЭР**) боевых единиц на морском театре военных действий на основании показателей RICAL. Этот алгоритм направлен на решение задачи формализованной оценки ситуации на театре военных действий. Помимо этого алгоритм является одним из составных блоков разрабатываемого автором алгоритма прогнозирования и формирования математически оптимальных рекомендаций по использованию оружия, построению эффективной противовоздушной и противокорабельной обороны (рис. 1).



Рис. 1. Место алгоритма ОЭР в общей структуре алгоритма прогнозирования и формирования рекомендаций

Современные средства коммуникации предоставляют техническую возможность получать огромное количество данных. Однако многие данные интересующие лицо, принимающее решение, могут поступать в виде сугубо качественных характеристик (например, степень боеготовности единиц). В то же время, чтобы иметь возможность сформировать количественную оценку ситуации, базирующуюся на использовании некоего математического аппарата, необходимо сначала определить численные критерии ее оценки, т. е. формализовать задачу.

Алгоритм ОЭР позволяет формировать оценку боевой ситуации в единичный момент времени, не анализируя динамику хода боевых действий. Результат, предоставляемый алгоритмом ОЭР, является «моментальным снимком» текущей ситуации. Алгоритм может быть выполнен на любом этапе моделирования боевых действий — как при моделировании подготовки к ним сторон, так и для оценки их хода в любой момент симуляции.

Алгоритм состоит из двух основных этапов (рис. 2):

- 1) формализация внутреннего состояния всех боевых единиц;
- 2) формирование для каждой стороны целевого показателя, характеризующего ее текущее положение и близость к выполнению поставленной боевой задачи.



Рис. 2. Этапы алгоритма ОЭР

Входом алгоритма являются разнородные данные о внутреннем состоянии боевых единиц. На первом этапе эти данные формализуются, превращаясь в векторы состояния  $\vec{E}$  боевых единиц, на втором этапе векторы состояния анализируются и формируются целевые показатели  $\vec{J}_{\text{опер}}$  для сторон.

Отметим, что под внутренним состоянием боевой единицы подразумеваются ее собственные неотъемлемые параметры, черты и свойства, не связанные с положением в боевых порядках и местом в группировке, такие как запас хода, скорость перезарядки орудий, максимальный радиус действия средств обнаружения и т. п. Под целевым показателем для стороны (иначе называемым совокупным целевым показателем) понимается показатель, отражающий степень соответствия текущего состояния операции желаемому результату или степень приближения к нему (степень выполнения стороной боевой задачи).

Автор ставил перед собой цель создать алгоритм, в рамках единой модели описывающий действия разнородных сил на морском театре военных действий, по этому существенным требованием, установленным для выходных данных первого этапа, является единообразное описание всех боевых единиц.

Основная проблема, возникшая при разработке первого этапа алгоритма, заключается в том, что присутствующие на морском театре военных действий единицы радикально различаются по составу, оснащению и методам управления. Отличия крылатой ракеты от эсминца и по тактическим задачам, и по алгоритмам управления столь значительны, что их описание одним набором параметров представляется бессмысленным. Так, при описании свойств крылатой ракеты целесообразно включить в число ее существенных параметров данные о боевой части (радиус поражения или дистанция подрыва). Однако описание корабля в подобных терминах не несет практического смысла и является абсурдным.

В процессе анализа источников было установлено, что, существующие подходы к формированию векторов состояния  $\vec{E}$  не дают возможности единообразно описать разнородные боевые единицы.

В качестве первоначальной посылки при формировании вектора внутреннего состояния был использован подход RICAL [1], позволяющий поставить в соответствие каждой боевой единице набор обобщенно описывающих ее состояние чисел параметров. В [1] выделено пять параметров RICAL: Reliability (надежность), Information (устойчивость информационных потоков), Controlability (управляемость), Ability (боеспособность), Learning (самообучение, самоорганизация). Однако при этом указанные свойства системы представле-

ны как эмерджентные, т. е. приобретаемые по мере усложнения. Иными словами, свойства последующего уровня возникают по мере качественного раскрытия свойств предыдущего уровня (рис. 3).

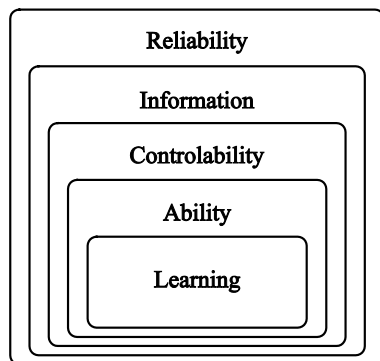


Рис. 3. Эмерджентная модель RICAL

Удобный для качественной оценки, подобный иерархический подход к описанию количественных характеристик системы неудобен.

Взяв за основу предложенный набор характеристик, обратим их в независимые, расширив назначение параметров следующим образом:

**R** (надежность) — сюда входят характеристики прочности боевой единицы или отдельных ее систем.

**I** (информационные потоки) — характеристики информированности боевой единицы об окружающей обстановке. В число этих характеристик входят параметры локаторов и систем наблюдения, а также систем связи.

**C** (управляемость) — в эти характеристики входят основные параметры свойств движения боевой единицы.

**A** (боеспособность) — сюда входят характеристики средств поражения, такие как дальность стрельбы, боезапас, скорострельность, время перезарядки и пр. Кроме того, для боевых единиц, являющихся непосредственно средствами поражения (например, крылатых ракет) в этот набор входят характеристики боевой части объекта.

**L** (самоорганизация) — совокупность приказов (для управляемых экипажем) или логических схем (для алгоритмически управляемых или управляемых ЭВМ), задающих поведение боевых единиц. Следует отметить, что последний критерий хуже других формализуется численно.

Обозначим полученный результат как расширенный набор параметров RICAL. Подобный подход, однако, все еще не дает возможности получить количественное представление о внутреннем состоянии разнородных боевых единиц. Несмотря на это, такое разбиение весьма полезно само по себе, поскольку позволяет очертить круг интересующих нас характеристик и разделить их по основным категориям.

Подобный метод оценки, однако, в таком виде все еще не пригоден для алгоритма, поскольку боевые единицы могут не являться унитарными (монолитными) объектами, обладающими с одной функцией, и оснащаться множеством различных средств и систем. Например, современный эскадренный миноносец с управляемым ракетным оружием может иметь на борту несколько систем вооружения — ракетного, артиллерийско-пушечного, противокорабельного и противолодочного, противовоздушного и др. Кроме того, в состав его оснащения входят средства обнаружения, системы связи и пр.

Если оценивать параметры боевой единицы в целом, то оценка с помощью расширенного набора параметров RICAL для задач прогнозирования становится бесполезной, поскольку теряются важные аспекты. К примеру, при определении эффективности ракетного залпа противокорабельных ракет по эсминцу важным параметром будет боеготовность систем, входящих в комплекс средств противовоздушной обороны эсминца, в то время как готовность прочих систем и средств не столь существенна.

По этой причине для описания параметров каждой боевой единицы автором применяется прием декомпозиции — т. е. разделения единой сущности на отдельные условно независимые блоки (подсистемы). В результате уже не объект целиком, а его отдельные подсистемы подвергаются оценке в рамках расширенного набора параметров RICAL. Декомпозиция проводится при следующих предположениях:

1) каждая боевая единица может быть разделена на подсистемы следующих типов: ходовая часть; вооружение (орудия); средства обнаружения; средства коммуникации; боевая часть (для ракетно-бомбового и артиллерийского вооружения); средства радиоэлектронной обороны.

2) у боевой единицы может иметься одна или несколько подсистем каждого типа либо не быть ни одной.

3) помимо этого, у боевой единицы выделяется вектор общих параметров  $\vec{E}_{\text{общ}}$ , не относимых однозначно к отдельным подсистемам. В их число входят такие параметры, как совокупная прочность боевой единицы или принадлежность ее той или иной стороне театра военных действий (рис. 4).

Пример декомпозиции эсминца с управляемым ракетным оружием приведен на рис. 5. Можно заметить, что на представленном примере одновременно присутствуют практически все подсистемы (кроме боевой части). Вместе с тем имеется несколько независимых систем вооружения: (а)–(д).

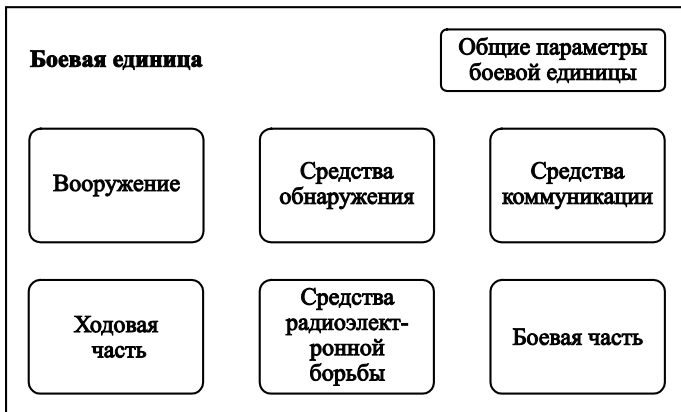


Рис. 4. Структура описания боевой единицы согласно методу декомпозиции

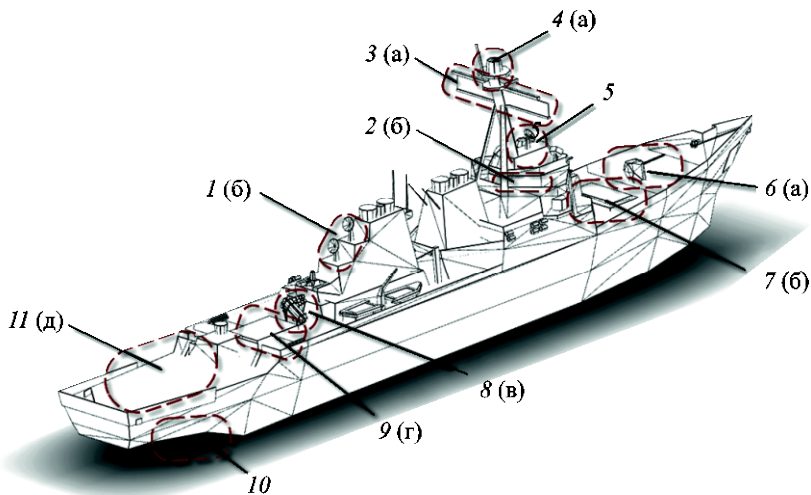


Рис. 5. Пример декомпозиции эсминца с управляемым ракетным оружием:

1, 4 — средства коммуникации; 2, 3 — средства обнаружения; 5 — средства радиоэлектронной борьбы; 6–9, 11 — вооружение; 10 — ходовая часть; (а) — артиллерийская установка; (б) — противокорабельные ракеты; (в) — зенитные управляемые ракеты; (г) — ударные крылатые ракеты; (д) — вертолет палубной авиации (после взлета является самостоятельной боевой единицей)

Совместив подход декомпозиции с предложенным выше подходом, расширяющим RICAL, выделим набор основных параметров, характеризующих внутреннее состояние указанных подсистем.

Так, для подсистем вооружения вектор внутреннего состояния  $\vec{E}_w$  определяется следующими параметрами:

возможность стрельбы по сухопутным (морским, воздушным) космическим целям;

текущий и максимальный боезапас;  
боеготовность;  
средняя скорость перезарядки орудия;  
максимальная и минимальная дистанция стрельбы;  
источник целеуказания (только средства обнаружения данной боевой единицы либо стороннее целеуказание);  
тип боеприпаса;  
текущая выбранная цель.

Для ходовой части вектор  $\vec{E}_m$  содержит параметры:  
среда передвижения (суша, море, воздух, космос);  
текущая и предельная скорость движения, параметры ускорения;  
дальность действия и запас хода;  
необходимость развертывания объекта;  
статус развертывания (развернут или нет; время, оставшееся до завершения развертывания);  
средняя скорость развертывания;  
конечная точка движения объекта.

Для средств обнаружения вектор  $\vec{E}_L$  включает следующие параметры:  
среда, в которой средство может обнаруживать объекты (суша, море, воздух, космос);  
максимальная и минимальная высота цели действия локатора;  
максимальная и минимальная скорость движения цели для обнаружения;  
характеристики диаграммы направленности;  
максимальная и минимальная дистанция обнаружения;  
эффективная площадь рассеивания боевой единицы;  
характер расположения (например, поднятие антенны);  
принцип действия локатора.

Для средств коммуникации в вектор  $\vec{E}_C$  входят следующие параметры:  
среда, в которой средство может соединять объекты (суша, море, воздух, космос);  
направление связи (нисходящая, восходящая и (или) двунаправленная);  
задержки при приеме и отправке информации;  
характер коммуникации (широковещательная или направленная);  
объекты-получатели (для направленной передачи информации);  
радиус действия средства связи;  
возможность подавления средствами радиоэлектронной борьбы;  
возможность уничтожения иными средствами (например, перерезанием линии);



характер расположения (например, поднятие антенны);  
 принцип действия (например, радио- или проводная связь).

Для боевой части вектор  $\vec{E}_e$  содержит следующие параметры:

среда, в которой оснащенная подобной боеголовкой единица может уничтожать цели (суша, море, воздух, космос);

максимальная и минимальная высота и дальность цели, которую можно поразить;

вероятность успешного поражения на минимальной и максимальной высоте и дальности;

эквивалентный ущерб от боеголовки (в условных единицах прочности);

дистанция подрыва;

радиус зоны поражения взрыва.

Для средств радиоэлектронной борьбы в векторе  $\vec{E}_R$  это параметры:

среда, в которой действует средство борьбы (суша, море, воздух, космос);

возможность воздействия на линии беспроводной связи;

возможность воздействия на радиолокацию;

зона подавления средств связи;

зона подавления радиолокации;

постоянство или непостоянство эффекта воздействия.

В результате, вектор внутреннего состояния боевой единицы будет определяться как

$$\vec{E} \subseteq \vec{E}_{\text{общ}} + \sum_{i=0}^{n_w} \vec{E}_{w_i} + \sum_{i=0}^{n_m} \vec{E}_{m_i} + \sum_{i=0}^{n_L} \vec{E}_{L_i} + \sum_{i=0}^{n_c} \vec{E}_{c_i} + \sum_{i=0}^{n_e} \vec{E}_{e_i} + \sum_{i=0}^{n_R} \vec{E}_{R_i},$$

где  $n_w$  — число орудийных систем;  $n_m$  — число движителей (систем ходовой части);  $n_L$  — число средств обнаружения;  $n_c$  — число средств коммуникации;  $n_e$  — число боевых частей;  $n_R$  — число средств радиоэлектронной борьбы.

Решив, таким образом, задачу формирования данных о состоянии боевых единиц (первый этап алгоритма ОЭР), рассмотрим составление целевых показателей на их основе (второй этап).

Вычисляемый в рамках второго этапа алгоритма ОЭР совокупный целевой показатель, или показатель эффективности операции  $\vec{J}_{\text{опер}}$ , это показатель, отражающий степень соответствия текущего состояния операции желаемому результату или степень приближения к нему (степень выполнения боевой задачи) [9].

Поскольку каждая взаимодействующая в рамках моделирования сторона имеет противоположные цели, то увеличение показателя для одной стороны обыкновенно приводит к его уменьшению для другой [10].

Автором предлагается подход, предусматривающий агрегацию совокупного целевого показателя из целевых показателей отдельных боевых единиц. Иными словами, каждой боевой единице выбранной стороны ставится в соответствие собственный целевой показатель  $\bar{J}_i$ , а совокупный показатель эффективности определяется как

$$\bar{J}_{\text{опер}} = \sum_{i=1}^n \bar{J}_i = \sum_{i=1}^n (\bar{k}_i \cdot \bar{J}_{\text{Б.З.}i} + \bar{m}_i \cdot \bar{J}_{\text{ситуац.}i}),$$

где  $\bar{J}_{\text{Б.З.}i}$  — показатель, характеризующий степень выполнения  $i$ -й единицей её боевой задачи;  $\bar{J}_{\text{ситуац.}i}$  — показатель, характеризующий обстановку для  $i$ -й боевой единицы;  $\bar{k}_i$  — весовой коэффициент, отражающий место в общем замысле боевой задачи, выполняемой  $i$ -й единицей (важность данной задачи);  $\bar{m}_i$  — весовой коэффициент, отражающий ценность данной единицы.

Показатель  $\bar{J}_{\text{ситуац.}i}$  является характеристикой, показывающей степень приближения боевой единицы к результату, устанавливаемому для нее в рамках боевой задачи. В качестве допущения принято, что набор боевых задач задается боевой единице в момент начала симуляции, после чего не изменяется. В качестве основных боевых задач для морского театра военных действий можно рассмотреть следующие:

перемещение объекта в выбранную область (прорыв к выбранному району);

уничтожение одного или нескольких указанных объектов;

уничтожение максимального числа боевых единиц противника;

уничтожение наиболее ценных боевых единиц противника;

уничтожение всех боевых единиц противника данного типа в указанной области (пример — подавление противозенитной стороны);

разведка максимальной территории в указанном районе или направлении;

осуществление специальных действий в определенной области, таких как аэрофотосъемка выбранного района или высадка десанта;

сопровождение кораблей, охрана объекта, патрулирование региона.

Последний пункт интересен тем, что, несмотря на четко поставленную задачу, получивший такую задачу объект никогда не добьется приращения показателя  $\bar{J}_{\text{ситуац.}i}$ , поскольку задача не будет считаться окончательно выполненной до конца симуляции.

Под показателем  $\bar{J}_{\text{ситуац.}i}$  здесь понимается показатель, отражающей информацию о том, насколько удачным является текущее по-

ложение боевой единицы, т. е. насколько угрожаемо ее состояние, насколько большую угрозу для единиц противника она создает, а также каково ее собственное внутреннее состояние.

Этот показатель для боевой единицы задается как

$$\bar{J}_{\text{ситуац } i} = \sum_{i=1}^{n_y} \bar{J}_{\text{угрозы } i} - \sum_{i=1}^{n_{\text{об}}} \bar{J}_{\text{опасности } i} - \sum_{i=1}^{n_{\text{оп}}} \bar{J}_{\text{обнаружения } i},$$

где  $\bar{J}_{\text{угрозы } i}$  — показатель, обозначающий величину угрозы, которую данная боевая единица представляет для  $i$ -й боевой единицы противника. Противоположный по смыслу показатель  $\bar{J}_{\text{опасности } i}$  — степень угрозы, существующей со стороны  $i$ -й боевой единицы. В свою очередь, показатель  $\bar{J}_{\text{обнаружения } i}$  показывает, насколько сведения о положении и состоянии данной боевой единицы известны противнику.

В число характеристик, с различными весовыми коэффициентами формирующих показатель  $\bar{J}_{\text{угрозы}}$ , входят:

ценность цели в условных единицах, включенная в параметры  $\vec{E}_{\text{общ}}$  цели;

эффективность оружия угрожающей единицы по цели, определяемая исходя из параметров  $\vec{E}_w$  угрожающей единицы и параметров  $\vec{E}_w$  и  $\vec{E}_R$  защищаемой; отсюда также — обобщенная вероятность поражения данной цели;

время поражения цели при немедленном (по готовности) открытии огня, исходя из параметров  $\vec{E}_w$ ;

урон, который может быть нанесен цели, исходя из параметров  $\vec{E}_w$ ;

Этот показатель рассчитывается только для известных для боевой единицы целей. Для тех целей, сведениями о которых она не располагает (в радиусе действия оружия, но не обнаруженных), расчет не производится.

Показатель  $\bar{J}_{\text{опасности}}$  включает в себя те же параметры, однако в качестве цели принимается боевая единица, для которой осуществляется расчет. Показатель рассчитывается для всех единиц, имеющих информацию о данной единице и способных открыть по ней огонь.

Показатель обнаружения  $\bar{J}_{\text{обнаружения}}$  соответствует степени видимости единицы противнику. Поскольку, будучи обнаруженной и опознанной противником, единица теряет ряд тактических преимуществ, этот показатель отделен от схожего с ним показателя  $\bar{J}_{\text{опасности}}$ . В состав характеристик показателя обнаружения входят:

дальность до средства обнаружения;  
параметры (качество) обнаружения, соответствующие параметрам  $\vec{E}_L$  для обнаруживающего цель объекта;  
эффективность действия собственной системы радиоэлектронной борьбы из параметров  $\vec{E}_R$  против системы обнаружения.

Особо следует сказать о весовых коэффициентах  $\overline{m}_i$ , отражающих ценность боевых единиц. Значение коэффициента, как и прочих весовых коэффициентов здесь, устанавливается экспериментально, сообразно общим сведениям о параметрах единицы. К примеру, в случае незначительной по масштабу локальной войсковой операции значение  $\overline{m}_i$  для авианосца может быть установлено столь же высоким, как для всех прочих войск вместе взятых, поскольку его потеря является в таком случае неприемлемым результатом.

Получив на основании приведенных выше условий значения всех показателей, можно рассчитать значение показателя  $\vec{J}_{\text{опер}}$ , характеризующее общую эффективность операции для конкретного момента времени. Это и является ожидаемым выходом алгоритма ОЭР боевых единиц на морском театре военных действий, построенного на основании показателей RICAL.

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет, полностью математически описав ситуацию на морском театре военных действий, количественно проанализировать эффективность действий сторон в конкретный момент. Полученные результаты могут быть использованы для оценки результативности действий сторон в ходе симуляций, имитационных экспериментов или командно-штабных игр.

Полученные результаты автор предполагает использовать в дальнейшем не только как в качестве независимого и законченного алгоритма оценки, но и как базисный фрагмент алгоритма прогнозирования и формирования математически оптимальных рекомендаций (см. рис. 1). Последний, в свою очередь, позволит получать сведения об уязвимых зонах и слабых точках обороны защищающейся стороны, наиболее вероятных маневрах наступающей стороны по отношению к обороняющейся и, косвенно, сведения о вариантах наиболее эффективных действий для войск обеих сторон. Это позволит заблаговременно вырабатывать и анализировать возможные сценарии, а также вырабатывать рекомендации по повышению эффективности действий войск на морском театре военных действий.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ролдугин В.Д. *Моделирование и оценка эффективности боевых действий РВСН*. Москва, РВСН, 2005, 575 с.

- [2] Мурашов Е.А. *Основы тактики военно-морского флота*. Санкт-Петербург, БГТУ «Военмех», 2002, 166 с.
- [3] Гаррет Р., Лондон Дж. *Основы анализа операций на море*. Москва, Воениздат, 1974, 270 с.
- [4] Резяпов Н., Чеснаков С., Инюхин М. Имитационная система моделирования боевых действий JWARS ВС США. *Зарубежное военное обозрение*, 2008, № 11, с. 27–32.
- [5] SEDRIS — Environmental Data Representation & Interchange. *SEDRIS*. 2014. URL: <http://www.sedris.org/stc/2004/pp/miv/sld004.htm> (дата обращения 10.08.2015).
- [6] The End of JWARS. *Instantiations Forums*. 2010. URL: <http://forums.instantiations.com/topic-12-5540.html> (дата обращения 10.08.2015).
- [7] Барвиненко В.В. Новые формы военных действий. *Воздушно-космическая оборона*, 2015, 2 декабря.
- [8] Затуливетер Ю.С., Семенов С.С. Ориентир — достаточная оборона. *Национальная оборона*, 2012, № 11, с. 30–40.
- [9] Зарицкий В.Н., Харкевич Л.А. *Общая тактика*. Тамбов, Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007, 184 с.
- [10] Воронов Е.М., Карпунин А.А., Репкин А.Л. *Оптимальное управления многообъектными многокритериальными системами*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, 60 с.

Статья поступила в редакцию 31.05.2017

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Клёнов И.Л. Алгоритм оценки эффективности расположения боевых единиц на морском театре военных действий на основании показателей RICAL. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2017, вып. 11.

<http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2017-11-1700>

*Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на XLI Академических чтениях по космонавтике, посвященных памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 24–27 января 2017 г.*

**Клёнов Иван Леонидович** родился 1991 г., в 2014 г. окончил Аэрокосмический факультет МГТУ им. Н.Э. Баумана по специальности «Системы управления летательными аппаратами», в настоящий момент является аспирантом; инженер-программист III категории АО «Военно-промышленная корпорация “Научно-производственное объединение машиностроения”» (г. Реутов, Московская обл.). Область научных интересов: многоагентные и многокритериальные системы, анализ показателей эффективности, имитационное моделирование, применение марковских цепей в проектировании нейророботных систем, системы принятия решений. e-mail: Wolf4D@list.ru

## The algorithm for evaluation of the efficiency of combat units location in maritime theater operations on the basis of RICAL indicators

© I.L. Klenov

JSC MIC NPO Mashinostroyenia, Reutov town, 143966, Russia

Nowadays there is a great number of simulated variants of actions of a compact mobile group of forces, which is able to control a large space without creating continuous defense or front areas by applying high-precision and high-speed means of destruction. The analysis of such variants of actions is quite difficult without the help of computational tools. In this regard, the actual problem is to produce algorithms that formalize and automate the evaluation of the simulated situations. The article proposes a two-step algorithm to estimate the location efficiency of combat units in maritime theater operations on the basis of RICAL (Reliability, Information, Controllability, Ability, Learning) indicators. Since it is impossible to give the characteristic of various forces and means within the unitary visions of combat units, the paper offers to apply the technique of decomposition — the division of military unit into subsystems. After creating a mathematical description of status of all units the formation of cumulative target indicator (the indicator of operation efficiency) is carried out. The proposed approach provides the aggregation of the cumulative target indicator based on target indicators of individual combat units. The synthesized algorithm allows to perform a mathematical description of the situation on the maritime theatre of military operations and a quantitative analysis of the effectiveness of actions at a particular moment.

**Keywords:** computer-aided planning, the maritime theater, military operations, network-centric warfare, the theory of efficiency, targets, decomposition, aggregation

### REFERENCES

- [1] Roldugin V.D. *Modelirovanie i otsenka effektivnosti boevykh deystviy RVSN* [Modeling and efficiency evaluation of combat operations of the Strategic Missile Troops]. Moscow, RVSN Publ., 2005, 575 p.
- [2] Murashov E.A. *Osnovy taktiki voenno-morskogo flota* [The basics of Navy tactics]. St. Petersburg, BGTU Voenmekh Publ., 2002, 166 p.
- [3] Garret R., London Dzh. *Osnovy analiza operatsii na more* [The basic analysis of marine operations]. Moscow, Voenizdat Publ., 1974, 270 p.
- [4] Rezyapov N., Chesnakov S., Inyukhin M. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie — Foreign military review*, 2008, no. 11, pp. 27–32.
- [5] Environmental Data Representation & Interchange. *SEDRIS*. 2014. Available at: <http://www.sedris.org/stc/2004/pp/miv/sld004.htm> (accessed August 10, 2015).
- [6] The End of JWARS. *Instantiations Forums*. Available at: <http://forums.instantiations.com/topic-12-5540.html> (accessed August 10, 2015).
- [7] Barvinenko V.V. *Vozdushno-kosmicheskaya oborona — Aerospace defense*, 2015, December 2.
- [8] Zatuliveter Yu.S., Semenov S.S. *Natsionalnaya oborona — National defense*, 2012, no. 11, pp. 30–40.
- [9] Zaritskiy V.N., Kharkevich L.A. *Obshchaya taktika* [General tactics]. Tambov, TSTU Publ., 2007, 184 p.

- [10] Voronov E.M., Karpunin A.A., Repkin A.L. *Optimalnoe upravlenie mnogoobektnymi mnogokriterialnymi sistemami* [Optimal control of multi-object multi-criteria systems]. Moscow, BMSTU Publ., 2001, 60 p.

**Klenov I.L.** (b. 1991) graduated from Bauman Moscow State Technical University in 2014. Post-graduate student of the Aerospace Department, Aircraft control systems faculty, software engineer of III category in JSC MIC NPO Mashinostroyenia. Research interests include multi-agent and multi-criteria systems, efficiency indicators analysis, simulation modeling, application of Markov chains in design of neural systems, decision support systems. e-mail: Wolf4D@list.ru