

Кібернетика та системний аналіз

УДК 355.40

О.Б. Анипко¹, Ю.М. Бусяк², И.Ю. Бирюков³

¹Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

²КП ХКБМ им. А.А. Морозова, Харьков

³Академия внутренних войск МВД Украины, Харьков

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ВООРУЖЕНИЯ ТАНКА

В статье предложена аналитическая марковская модель функционирования вооружения танка.

Ключевые слова: процесс функционирования танкового вооружения, циклограмма подготовки стрельбы, граф аналитической модели использования бронетанковой техники, матрица переходов.

Введение

Необходимость разработки новых и развития известных методов моделирования стимулируется непрерывным возрастанием сложности, масштабности, комплексности проблем при создании перспективных образцов, повышением эффективности применения имеющихся технических средств и вооружения.

До сравнительно недавнего времени поиски в основном сводились к созданию специального математического обеспечения управления вооруженными силами, анализу и оценке возможных вариантов решения задач, выбору оптимального из них и на его основе планированию боевой операции [1]. Однако, такой уровень уже не удовлетворяет стремительно развивающуюся динамику теории вооруженной борьбы в целом.

На современно этапе задачи моделирования в целостной теории вооруженной борьбы стоят гораздо шире, и могут быть охарактеризованы двумя фундаментальными направлениями:

1. Единая фундаментальная теория вооруженной борьбы, объектом исследования которой является прогнозирование на основе моделей взаимного воздействия противоборствующих сторон в процессе их целенаправленной деятельности для:

– создания объединений, соединений, частей, сил и средств, обеспечивающих решение боевых задач;

– изучение процесса функционирования противоборствующих сторон как проблемной ситуации, начиная с единичного объекта вооружения или техники;

– разработки и реализации рациональных способов управления боевыми системами, а также прогнозирования и выявления тенденций развития и необходимых боевых и технических характеристик систем оружия и военной техники;

– решения конкретных задач с учетом выявленных закономерностей, вплоть до создания государственной программы вооружений и подготовки сил.

2. Теория боевых систем – как фундамент для непосредственного моделирования с точки зрения единой системной методики, объектом исследования которой являются боевые системы, как целостные комплексы оружия и технических средств.

Сопоставляя эти два направления, представляется очевидным, что успех реализации 1-го направления практически полностью зависит от степени совершенства 2-го направления. Здесь необходимо подчеркнуть, что в общетеоретическом смысле эти направления до определенного уровня могут рассматриваться как независимые задачи, однако в настоящее время именно уровень оснащенности современным вооружением и техникой определяют тактику, оперативное искусство, стратегию, в конечном итоге успех в целом [2].

Таким образом, с точки зрения теории вооруженной борьбы оценку эффективности решения боевой задачи только традиционными критериями вероятности уничтожения или математического ожидания поражения цели (целей) уже нельзя признать полной и достаточной.

Также следует признать, что полностью отказываться от вероятных оценок на современном этапе не следует [2 – 4], поскольку именно они позволяют осредненно прогнозировать решение боевой задачи, без учета случайных факторов (событий, не поддающихся прогнозу регулярными методами), могущих иногда решающим образом, кардинально повлиять на исход боевой ситуации, что и составляет искусство военного дела. При этом, самым существенным недостатком вероятностных методов следует считать отсутствие воз-

возможности оценить влияние отдельных факторов и характеристик на исход моделируемой ситуации, а также оценить варианты этих исходов.

Однако, если вероятности переходов системы из одного состояния в другое или наступление событий представить в виде функций характеристик объекта вооружения и параметров окружающей среды, то представляется возможным в принципе преодолеть указанные недостатки с последующим анализом достоверности полученных результатов.

В отечественной научно-технической литературе публикации по этой проблематике весьма многочисленны [2 – 6]. По видимому это связано с отсутствием официального концептуального видения боевой системы будущего, как для ВС Украины в целом (по аналогии с Future Combat System FCS), так и тактического звена СВ в частности.

В недавней публикации [7] рассматривается такая задача применительно к функционированию образца БТТ. Прежде чем проанализировать работу по сути отметим, что автор допускает ряд терминологических вольностей, таких как “Почти в реальном масштабе времени...” и другие, которые не конкретизируют задачу, а размывают исходные представления об анализируемом процессе. Следует подчеркнуть, что уже на этапе постановки задачи не ясно зачем он хочет учитывать показатели информационно-управляющих систем. Как известно система по своему иерархическому положению стоит над образцом, поэтому образцы находящиеся на нижнем иерархическом уровне и призваны для того, чтобы реализовать те или иные свойства системы.

Основным в процессе функционирования танкового вооружения является разведка и обнаружение целей. Однако именно этот ключевой момент автором не отражается, а задается известный наперед поток целей. Приведенная в статье так называемая типовая циклограмма подготовки стрельбы из танка [7] не выдерживает критики в связи с тем, что длительность обнаружения цели командиром, наводчиком при стрельбе как с места, так и с ходу, представлены как равные. Практически известно, что процессы обнаружения с места и с ходу существенно разнятся по затратам времени. При этом на процессы обнаружения с ходу существенно влияет скорость движения машины. Эти факторы автором даже не рассматриваются.

И в завершении анализа этой публикации отметим, что приведенный граф функционирования образца БТТ не содержит самопоглощающих состояний и в нем не отражены процессы не выполнения условий перехода в следующее состояние, а также невыполнения отдельных событий. Поэтому приведенная в публикации [7] модель не может быть использована для получения числовых ре-

зультатов, а следовательно и решения поставленной задачи, в целом носит отрывочный, незавершенный характер.

В этой связи считаем целесообразным привести пооперационную последовательность при стрельбе и модель, которая, не претендуя на полноту, лишена вышеуказанных недостатков, а самое главное, позволяет получать численные результаты.

Отметим, что различают:

- длительность цикла подготовки стрельбы;
- время подготовки выстрела.

При этом циклограмма подготовки стрельбы включает события:

- начало поиска;
- цель обнаружена;
- решение на стрельбу;
- подготовка первого выстрела;
- выстрел;
- решение на стрельбу (завершить или продолжить).

На переход от одного события к другому при этом затрачиваются следующие интервалы времени (рис. 1):

- t поиска;
- t опознания цели + t целеуказания;
- t прицеливания;
- t заряжания + t измерения дальности + t уточнения наводки;
- t контроля результатов стрельбы;
- t подготовки последующего выстрела.

Рассмотрим аналитическую марковскую модель функционирования объекта [8] БТТ, включающую следующие события:

$E_{исх}$ – исходное состояния БТТ в районе сосредоточения;

$E_{марш}$ – марш из исходного района к месту вероятного боя;

$E_{о.п.}$ – обнаружение противника;

$E_{п.о.}$ – бой, применение оружия;

$E_{пор}$ – поражение противника, боевая задача выполнена;

$E_{н.п.}$ – непоражение противника, задача не выполнена.

Вероятность перехода системы из состояния $E_{исх}$ в состояние $E_{марш}$ определяется средствами разведки и работой штаба верхнего иерархического уровня, задачи эффективности работы которых в модели не рассматриваются.

Поэтому в модельной задаче будем полагать $P_{исх}=1,0$ – задача поставлена или $P_{исх}=0$ – техника остается в местах сосредоточения, противник не обнаружен.

Тогда будем считать

$$W_0 = P_{исх} \cdot \quad (1)$$

В общем случае вероятность W_0 дополняет $W_{0\text{ н.п.}}$ до единицы

$$W_{0\text{ н.п.}} = 1 - W_0 \quad (2)$$

Вероятность выполнения марша до обнаружения противника определяется технической надежностью той части системы, которая обеспечивает мобильность (двигатель, трансмиссия, движитель), а также уровнем подготовки и психофизиологическим состоянием экипажа.

Строго говоря, психофизиологическое состояние экипажа в ходе марша может существенно изменяться, чем оказывать влияние на боеспособность [2, 4]. Однако исследование этих вопросов выходит за рамки настоящей работы, поэтому не будем учитывать состояние операторов.

Тогда

$$W_{\text{марш}} = P_{\text{тех.над}} \quad (3)$$

Соответственно для $W_{\text{марш}}$ и $W_{\text{н.п.марш}}$:

$$W_{\text{марш.н.п.}} = 1 - W_{\text{марш}} \quad (4)$$

Вероятность перехода из состояния $E_{\text{марш}}$ в $E_{\text{о.п.}}$ определяется вероятностью обнаружения цели [1, 2, 9]

$$W_{\text{о.п.}} = P_{\text{о.п.}}, \quad (5)$$

и

$$W_{\text{оп н.п.}} = 1 - P_{\text{о.п.}}, \quad (6)$$

Вероятность перехода из $E_{\text{о.п.}}$ в состояние $E_{\text{п.о.}}$ определяется технической надежностью МЗ, пушки, а также СУО, что в совокупности определяет вероятность применения оружия, тогда

$$W_{\text{п.о.}} = P_{\text{п.о.}}; \quad (7)$$

$$W_{\text{п.о. н.п.}} = 1 - P_{\text{п.о.}} \quad (8)$$

Наконец, вероятность перехода из $E_{\text{п.о.}}$ в $E_{\text{пор}}$ или $E_{\text{н.п.}}$ определяется вероятностью попадания в цель

$$W_{\text{пор.}} = P_{\text{попад}}; \quad (9)$$

$$W_{\text{пор н.п.}} = 1 - W_{\text{пор.}} \quad (10)$$

Состояние поражения и непоражения, как взаимно исключающие события связаны соотношением

$$W_{\text{н.п.}} = 1 - W_{\text{пор.}} \quad (11)$$

Приведенная система уравнений (1) – (11) справедлива для условия отсутствия противодействия. Чтобы учесть противодействие противника введем вероятность не поражения на марше $P_{\text{пм}}^{\text{пр}}$ и вероятность противодействия оружию $P_{\text{ор}}^{\text{пр}}$. С учетом этого вероятности переходов запишутся

$$W_{\text{марш}} = P_{\text{тех.над}} \cdot P_{\text{пм}}^{\text{пр}}; \quad (12)$$

$$W_{\text{о.п.}} = P_{\text{о.п.}} \cdot P_{\text{ор}}^{\text{пр}} \cdot P_{\text{пм}}^{\text{пр}}; \quad (13)$$

$$W_{\text{п.о.}} = P_{\text{п.о.}} \cdot P_{\text{ор}}^{\text{пр}} \cdot P_{\text{пм}}^{\text{пр}}; \quad (14)$$

$$W_{\text{пор.}} = P_{\text{попад}} \cdot P_{\text{ор}}^{\text{пр}} \cdot P_{\text{пм}}^{\text{пр}} \quad (15)$$

Граф аналитической марковской модели представлен на рис. 2, а матрица переходов – в табл. 1.

Как видно из табл. 1, она содержит вероятности переходов из поглощающих состояний в исходное, что соответственно уменьшает вероятность перехода для этих состояний в себя.

Таблица 1

Матрица переходов

	$E_{\text{исх}}^0$	$E_{\text{марш}}^1$	$E_{\text{о.п.}}^2$	$E_{\text{п.о.}}^3$	$E_{\text{пор.}}^4$	$E_{\text{н.п.}}^5$
$E_{\text{исх}}^0$		W_{01}				W_{05}
$E_{\text{марш}}^1$			W_{12}			W_{15}
$E_{\text{о.п.}}^2$				W_{23}		W_{25}
$E_{\text{п.о.}}^3$					W_{34}	W_{35}
$E_{\text{пор.}}^4$	α				$1-\alpha$	
$E_{\text{н.п.}}^5$	α					$1-\alpha$

Такой прием разработан профессором Раскиным Л.Г. [10, 11], и применяется для реализации возможности решения системы, избегая поглощающих состояний, когда бы в ячейках содержащих $(1-\alpha) \neq 1$, стояли бы 1.

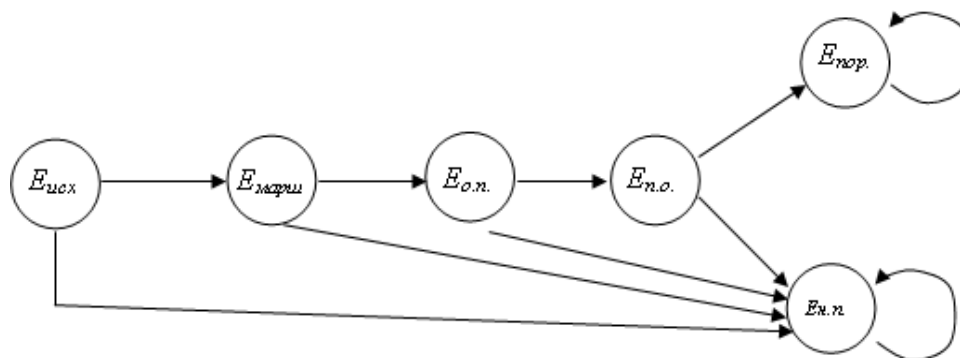


Рис. 2. Граф аналитической модели использования БТТ

С учетом этого система линейных алгебраических уравнений имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Pi_0(\alpha) = \alpha \Pi_4(\alpha) + \Pi_5(\alpha); \\ \Pi_1(\alpha) = \Pi_0(\alpha) \cdot W_{01}; \\ \Pi_2(\alpha) = \Pi_1(\alpha) \cdot W_{12}; \\ \Pi_3(\alpha) = \Pi_2(\alpha) \cdot W_{23}; \\ \Pi_4(\alpha) = \Pi_3(\alpha) \cdot W_{34} + (1-\alpha) \cdot \Pi_4(\alpha); \\ \Pi_5(\alpha) = \Pi_0(\alpha) \cdot W_{05} + \Pi_5(\alpha) \cdot W_{15} + \Pi_2(\alpha) \cdot W_{25} + \\ + \Pi_3(\alpha) \cdot W_{35} + (1-\alpha) \Pi_5(\alpha). \end{array} \right. \quad (16)$$

Учитывая то, что

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} \Pi_2(\alpha) + \Pi_8(\alpha) = 1, \quad (17)$$

после преобразований окончательно получим:

$$\Pi_4 = W_{01} \cdot W_{12} \cdot W_{23} \cdot W_{34}. \quad (18)$$

Здесь следует отметить, что в свою очередь вероятности переходов являются функциями технической надежности $P_{\text{техн}}$, вероятности обнаружения $P_{\text{о.п.}}$, которая в свою очередь является функцией технических характеристик, дальности до цели и состояния окружающей среды; вероятность применения оружия $P_{\text{п.о.}} = f(P_{\text{мз}}, P_{\text{пушки}}, P_{\text{ц.у.}})$, кроме того $P_{\text{попад}}$ определяется пятью группами ошибок системы "пушка + снаряд" и СУО. Включение перечисленных функций в выражение (18) с последующим ее параметрическим исследованием позволяют аналитически исследовать влияние ТТХ и параметров окружающей среды на эффективность объекта БТТ.

Выводы

Здесь следует подчеркнуть, что приведенная модель может быть отнесена к начальному уровню, с последующим ее развитием и насыщением информации о подсистемах [5, 12]. Кроме того, могут быть использованы и дополнительные, так называемые вложенные модели, которые более детально рассматривают функционирование отдельных подсистем, что будет показано в дальнейшем на модели функционирования бронетанкового вооружения.

АНАЛІТИЧНА МАРКІВСЬКА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОЗБРОЄННЯ ТАНКА

О.Б. Аніпко, Ю.М. Бусяк, І.Ю. Бірюков

Запропоновано аналітичну марківську модель функціонування озброєння танка.

Ключові слова: процес функціонування танкового озброєння, циклограма підготовки стрільби, граф аналітичної моделі використання броньованої техніки, матриця переходів.

ANALYTICAL MARKOV MODEL OF THE WEAPON SYSTEM OF THE TANK

O.B. Anipko, Yu.M. Bysak, I.Yu. Birukov

An analytical markov model of the weapon system of the tank.

Keywords: the process of functioning tank weapons, cyclogram preparation of fire, the graph an analytic models of armored vehicles, transition matrix.

Список литературы

1. Абчук В.А. Поиск объектов / В.А. Абчук, В.Г. Суздаль. – М.: Сов. радио, 1977. – 336 с.
2. Анипко О.Б. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники: моногр. / О.Б. Анипко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк. – Х.: НТУ "ХПИ", 2008. – 196 с.
3. Борисюк М.Д. Модернизация танкового парка сухопутных войск – насущная задача в процессе реформирования вооруженных сил Украины / М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк, Л.К. Магерамов // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2005. – № 2. – С. 101-104.
4. Бусяк Ю.М. От конкуренции – к интеграции: перспективные направления сотрудничества со странами НАТО в области бронетанковых и артиллерийских систем вооружения / Ю.М. Бусяк, О.Б. Анипко, В.В. Заозерский // Зб. наук. пр. ХУПС. – 2006. – 2(8) – С. 37-39.
5. Анипко О.Б. Звукове портрети объектов бронетехники для обнаружения и распознавания целей / О.Б. Анипко, И.Ю. Бірюков, Ю.М. Бусяк // Интегрированные технологии и энергосбережение. – Х., 2011. – Вып. № 3. – С. 31-36.
6. Энергетическая дальность обнаружения шумящих объектов / О.Б. Анипко, И.Ю. Бірюков, В.А. Малик, В.Н. Григорьева // Сборник научных трудов СНУЯЭиП. – Севастополь, 2011. – Вып. 1(37). – С. 231-236.
7. Васьковский М.И. Математическая модель функционирования образца бронетанкового вооружения, оснащенного информационно-управляющей системой / М.И. Васьковский // Артиллерийское и Стрелковое Вооружение. – К., 2011. – Вып. № 1(38). – С. 6-11.
8. Раскин Л.Г. Оценка параметров марковских моделей функционирования сложных систем / Л.Г. Раскин. – М.: Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика", 1980. – С. 143-145.
9. Горбунов В.А. Эффективность обнаружения целей / В.А. Горбунов. – М.: Воен. Изд., 1979. – 160 с.
10. Костенко Ю.Т. Прогнозирование технического состояния систем управления / Ю.Т. Костенко, Л.Г. Раскин. – Х.: Основа., 1996. – 303 с.
11. Раскин Л.Г. Математическое моделирование функционирования сложных систем / Л.Г. Раскин. – Х.: ВИРТА, 1988. – 178 с.
12. Анипко О.Б. Комплексная проблема поиска и обнаружения наземных целей для поражения вооружением, установленным на АВВ МВС Украины / О.Б. Анипко, И.Ю. Бірюков, Ю.М. Бусяк // Зб. наук. пр. АВВ МВС. – Вып. № 2(18). – Х., 2011. – С. 24-31.

Поступила в редколлегию 14.02.2012

Рецензент: канд. техн. наук, доц. И.Б. Ковтонюк, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.