Научная статья
УДК 519.8

Исследование влияния систем наблюдения за боевыми единицами противника на исход боевой операции

Василий Юрьевич Чуев, Ирина Валерьевна Дубограй, Евгений Борисович Маркелов

Аннотация. На основе метода динамики средних разработана модель двухсторонних боевых действий, позволяющая учесть задержку информации о состоянии боевых единиц противника (поражены или нет). Построен численный алгоритм, позволяющий исследовать ход боя и его основные показатели. Установлено, что задержка этой информации может существенно влиять на исход сражения в бою близких по силам группировок.

Ключевые слова: модель двухсторонних боевых действий; боевая единица; эффективная скорострельность; параметр соотношения сил

Для цитирования: Чуев В.Ю., Дубограй И.В., Маркелов Е.Б. Исследование влияния систем наблюдения за боевыми единицами противника на исход боевой операции // Вооружение и экономика. 2024. №1(67). С. 29-32.

Original article

Study of the Enemy Combat Asset Surveillance System Impact on the Combat Operation Outcome

Vasilij Yu. Chuev, Irina V. Dubograj, Evgenij B. Markelov

Abstract. Based on the method of dynamics of averages, a model of two-way combat operations has been developed that makes it possible to take into account the information delay about the enemy combat assets state (hit or not). It is constructed a numerical algorithm that allows to study the course of action and its main indicators. It has been established that the delay of this information can significantly impact on the battle outcome of close in force groups.

Keywords: model of two-way combat operations; combat assets; effective rate of fire; force ratio parameter

For citation: Chuev V.Yu., Dubograi I.V., Markelov E.B. Study of the Enemy Combat Asset Surveillance System Impact on the Combat Operation Outcome // Armament and Economics. 2024. No.1(67). P. 29-32.

Введение

Для оценки работоспособности проектируемой технической системы возникает, как правило, необходимость в разработке математической модели её функционирования для оценки качества её работы [1]. Важной частью оценки работы создаваемых систем вооружения и военной техники являются показатели их боевой эффективности, так как они в конечном итоге определяют степень приспособленности данного образца к решению конкретных боевых задач [2-4]. В качестве основы такой оценки необходимо использовать модель двухсторонних боевых действий, так как она позволяет учесть большее количество факторов, влияющих на эффективность действий в реальных боевых условиях, чем модель без учёта ответного огня [5].

Хорошо известным способом описания процесса двухсторонних боевых действий многочисленных группировок является метод динамики средних (уравнения Ланчестера 1 и 2 рода) [6; 7]. Построение моделей этого типа основано на следующем допущении. Согласно закону больших чисел в каждый момент боя количества сохранившихся боевых единиц сторон близки к своим средним численностям (математическим ожиданиям). Это позволяет не исследовать подробности, связанные со случайными состояниями участвующих в бою единиц, и рассматривать бой как детерминированный процесс[1]. При этом допущении все показатели боя не будут случайными величинами и могут быть заменены своими математическими ожиданиями.

[1] Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы и методология: учеб. пособие. М.: УРСС, 2006. 432 с.

Последовательность выстрелов, производимых каждой участвующей в бою единицей, представляется в виде пуассоновского потока событий[2]. Осуществляется переход к потоку успешных выстрелов, который тоже полагается пуассоновским. Выстрел назовём успешным, если он поражает единицу противника [2].

Описание процесса боевых действий

Рассмотрим бой двух группировок X и Y. Сторона X имеет в начале боя x_0 однотипных боевых единиц. Сторона Y имеет в начале боя y_0 также однотипных боевых единиц, не обязательно однородных с единицами стороны X. Полагаем, что каждая боевая единица стороны X может стрелять по любой единице противника, и наоборот, и что одним выстрелом нельзя уничтожить более одной боевой единицы противника. Считаем, что противоборствующие стороны начинают боевые действия одновременно и боевая мощь каждой стороны в каждый момент времени боя пропорциональна среднему значению её сохранившихся боевых единиц (математическому ожиданию).

Введём следующие обозначения: p_x, p_y – вероятности поражения боевой единицы противника одним выстрелом единицы сторон X и Y соответственно, λ_x, λ_y – практические скорострельности боевых единиц сторон X и Y соответственно, величины $v = p_x\lambda_x$ и $u = p_y\lambda_y$ назовём эффективными скорострельностями боевых единиц сторон и будем считать их в течение всего боя постоянными.

В литературе подробно описан «высокоорганизованный» бой (обозначим его как (*)), то есть когда боевые единицы сторон имеют полную и не запаздывающую информацию о состоянии единиц противника (поражены или нет) и ведут огонь только по сохранившимся единицам противостоящей стороны, а также «плохо организованный» бой (**), то есть когда обе противоборствующие стороны не имеют такой информации и ведут равномерный огонь как по уцелевшим, так и по уничтоженным единицам противника [2-3; 8].

Во многих боевых ситуациях информация о состоянии боевых единиц противника поступает с опозданием, поэтому часть выстрелов обе противоборствующие стороны производят по уже уничтоженным единицам противника. Тогда протекание боя описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} x' = -(1-k_y)uy - k_y\frac{uxy}{x_0} \\ y' = -(1-k_x)vx - k_x\frac{vxy}{y_0} \end{cases} \text{ с начальными условиями } \begin{cases} x(0) = x_0 \\ y(0) = y_0, \end{cases}$$

где x, y – математические ожидания численностей сторон X, Y в момент времени t, x', y' – их производные по времени, k_x, k_y – коэффициенты, показывающие относительные количества выстрелов, производимых по уже поражённым единицам противника сторонами X и Y соответственно $\left(0 \le k_x \le 1;\ 0 \le k_y \le 1\right)$, $æ = \frac{y_0}{x_0}\sqrt{\frac{u}{v}}$ назовём параметром соотношения сил.

Анализ результатов расчётов

Авторами разработан численный алгоритм, позволяющий исследовать ход протекания боя и вычислить его основные показатели. К ним, в первую очередь, относятся математические ожидания m_x, m_y относительных количеств сохранившихся боевых единиц сторон к моменту окончания боя.

$m_x = \frac{x_k}{x_0}$, $m_y = \frac{y_k}{y_0}$, где x_k и y_k – математические ожидания сохранившихся к концу боя единиц сторон X и Y соответственно.

Полагаем, что бой ведётся до полного уничтожения хотя бы одной из противоборствующих сторон.

[2] Вентцель Е.С. Исследование операций… *Указ. соч.*

Результаты расчётов представлены на рисунках 1 и 2. На них отражены значения величин m_x и m_y. На рисунке 1 показаны значения этих величин для модели (*) (синие линии), для модели (**) (зелёные) и для представленной в настоящей статье модели при $k_x = k_y = 0{,}25$ (красные). Отметим, что для этих моделей значение æ=1[3] является условием равенства сил, то есть к окончанию боя обе противоборствующие стороны будут полностью уничтожены. При æ победу одержит сторона X, при æ>1 – сторона Y. При этом преимущество победившей стороны наибольшее для модели (*), наименьшее – для модели (**).

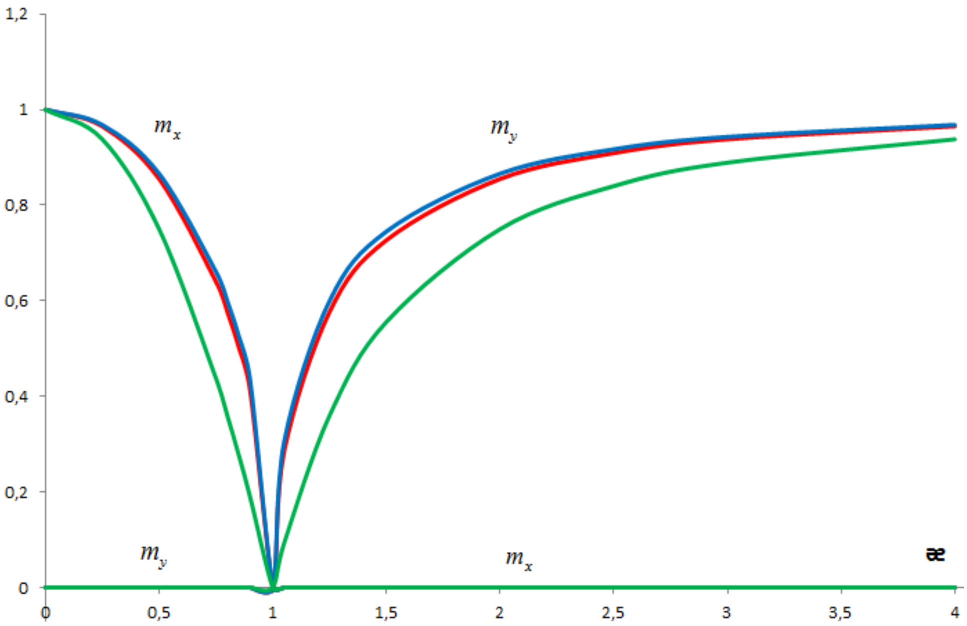

Рисунок 1 – Значения m_x и m_y при использовании различных моделей двухсторонних боевых действий

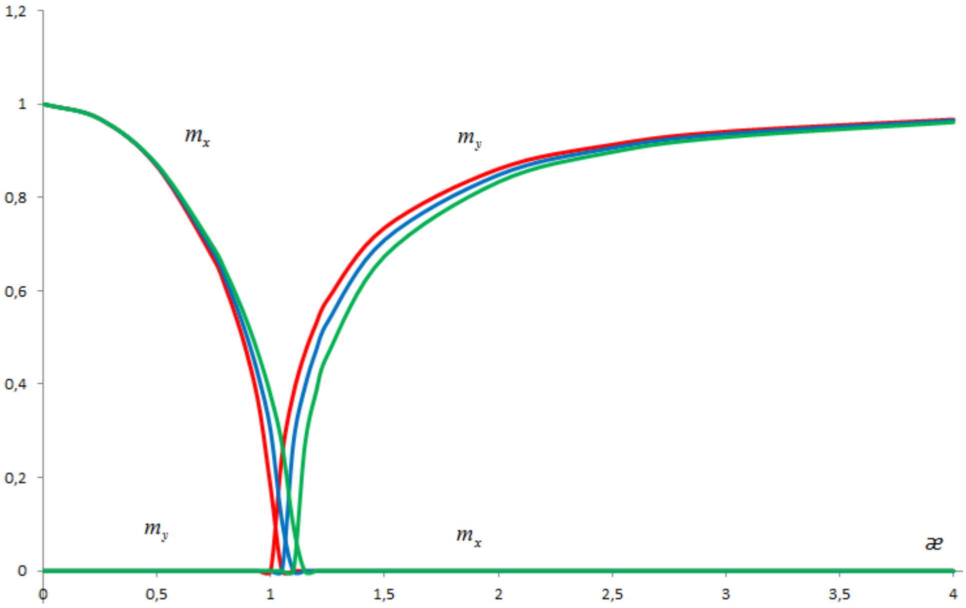

Рисунок 2 – Влияние коэффициентов k_x и k_y на значения m_x и m_y

[3] Чуев В.Ю., Дубограй И.В. Модели динамики средних двусторонних боевых действий многочисленных группировок. LAP LAMBERT Academie Publishing, 2014. 72 с.

На рисунке 2 показано влияние коэффициентов k_x и k_y на исход боевой операции. При этом полагаем $k_x = 0$ (то есть сторона X ведёт огонь только по уцелевшим боевым единицам противника), а значения k_y варьируются от $0{,}1$ до $0{,}5$. Отметим, что эти коэффициенты могут оказать значительное влияние на исход боевой операции.

Рассмотрим следующий бой. Допустим, что$x_0 = 1000,\ y_0 = 1050,\ v = u = 0{,}01$ (при этом $æ = 1{,}05$). При использовании модели (*) получаем $x_k = 0,\ y_k = 305$. Для модели (**) $x_k = 0,\ y_k = 93$. Для представленной в настоящей статье модели при $k_x = 0{,}1;\ k_y = 0{,}3$ получаем $x_k = 0,\ y_k = 137$, а при $k_x = 0{,}1;\ k_y = 0{,}4\ x_k = 132,\ y_k = 0$.

Выводы

1. На основе метода динамики средних разработана модель двухсторонних боевых действий, учитывающая запаздывание информации о состоянии боевых единиц противника (поражены или нет). Разработан численный алгоритм, позволяющий вычислить основные показатели боя.

2. Показано, что более сильная группировка имеет более значительное преимущество при «высокоорганизованном» бое, а наименьшее преимущество при «плохо организованном» бое.

3. Установлено, что более своевременная информация о состоянии боевых единиц противника может существенно повлиять на ход боя и его исход.

Список источников

1. Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н. Особенности математического моделирования технических устройств // Математическое моделирование и численные методы. 2014. №1(1). С. 5-17.
2. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. М.: Воениздат, 1970. 256 с.
3. Hillier F.S., Lieberman G.J. Introduction to Operations Research. 8th ed. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2005. 1061 p.
4. Jaiswal N. K. Military Operations Rescarch: Quantitative Decision Making. Boston, Mass.: Kluwer Academic Publishers, 1997. 388 p.
5. Ткаченко П.Н. Математические модели боевых действий. М.: Советское радио, 1969. 240 с.
6. Lanchester F.W. Aircraft in Warfare: The Dawn of the Fourth Arm. L.: Constable and Co, 1916. 224 p.
7. Chen X, Jing Y, Li C, Li M. Warfare Command Stratagem Analysis for Winning Based on Lanchester Attrition Models // Journal of Science and Systems Engineering. 2012. Vol.21. P. 94-105.
8. Чуев В.Ю., Дубограй И.В. Модели двусторонних боевых действий многочисленных группировок // Математическое моделирование и численные методы. 2016. №1(9). С. 89-104.

Информация об авторах

В.Ю. Чуев – кандидат технических наук, доцент;
Е.Б. Маркелов – кандидат технических наук.