

6. Sychev, A.N., Zharov, K.K. (2018). Modeling of non-uniform connected lines with facial communication [*Modelirovanie neodinakovykh svyazannykh liniy s litsevoy svyaz'yu*]. Materials of the XIV International scientific and practical conference (pp. 91-93). Tomsk: V-Spektr.
7. Shirokov, I.B., Polivkin, S.N., Samoylov Yu.Ya. (2004). Directional strip coupler for calibrated measuring devices [*Napravlennyy poloskovyy otvetvitel' dlya kalibruemykh izmeritel'nykh ustroystv*]. Materials of the International Crimean conference. Pp. 661-662. Sevastopol: Weber.
8. Shie, S., Cheng, J., Chou, S., Chiang, Y. (2009). Transdirectional coupled-line couplers implemented by periodical shunt capacitors. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. Vol. 12 (57). Pp. 2981-2988.

УДК
519.248

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПОРАЖЕНИЯ ГРУППОВОЙ ЦЕЛИ НЕСКОЛЬКИМИ ЗАЛПАМИ ИЗ КРУПНОКАЛИБЕРНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

Кирилл Евгеньевич Тарасов

студент 5 курса факультета
Специального машиностроения
tarasov.kirill.orel@gmail.com
г. Москва

Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский
университет)

Артем Александрович Федоровский

старший преподаватель
Bmstu.sm.artem.f@gmail.com
г. Москва

Аннотация. В статье идет речь о моделировании задач теории вероятностей, решение которых методами комбинаторики является достаточно трудоемким или зачастую невыполнимым. Предложенный способ позволяет решать задачи с учетом накопления ущерба. Это является обязательным требованием, необходимым для моделирования значительного числа прикладных задач, связанных с определением поражения групповой сосредоточенной цели огнем артиллерии крупного калибра. Целью выполняемой работы является построение модели зависимости вероятностей поражения заданного процента групповой цели несколькими залпами из крупнокалиберной артиллерии с накоплением ущерба. Актуальность работы состоит в том, что с её помощью можно рассчитывать необходимые средства для поражения той или иной цели, в том числе когда имеет смысл применять более дорогие средства поражения для повышения вероятности поражения целей одним выстрелом или когда стоит лишь увеличить число более дешевых аналогов.

Ключевые слова: теория вероятностей, моделирование, модель, комбинаторика, эффективность оружия.

Решение проблемы определения зависимости вероятностей поражения групповой цели несколькими залпами из крупнокалиберной артиллерии непосредственно связано с выполнением моделирования сложных вероятностных систем. В связи с этим изложение вопроса начнем с рассмотрения понятия «модель», истории его происхождения.

Слово «модель» произошло от латинского слова «modelium», означающего способ, мера, образ какого-либо явления, события. Первоисточники происхождения понятия связаны со строительным искусством. «Почти во всех европейских языках оно употреблялось для обозначения образа, или прообраза, или вещи, сходной в каком-то отношении с другой вещью» [3].

Модель используется для упрощения описания сложной системы. Главное, чтобы в существенных частях выполнялось свойство изоморфности, т.е. максимального подобия оригинальной исходной системе с целью сохранения существенных свойств системы. Соблюдение подобия и сохранение способности воспроизводить эффекты первоисточника – оригинала позволяют использовать модель в качестве полноценной замены изучаемой системы.

В научной литературе зачастую используется ещё один вариант происхождения рассматриваемого понятия «модель» от латинского слова «modulus», которое в переводе означает «уменьшенный» вариант изначального способа. Этот термин является однокоренным с латинским словом «modus», которое означает «образ действий либо существования, метод, форма, манера, привычка, способ или стиль» [3].

Суммируя вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что модель объекта чаще всего представляет собой уменьшенную версию этого объекта. Созданная модель должна быть способна выполнять ту же задачу, что была поставлена перед реальным объектом, но только в меньшем объеме.

Знаменитый немецкий учёный-философ, кибернетик и шахматист Георг Клаус (1912-1974) одним из первых предпринял попытку обобщения понятия модели. Будучи директором института философии АН в Берлине, он разрабатывал, главным образом, философские проблемы современной формальной логики, кибернетики и теории познания, в том числе и понятие «модель». Под моделью учёный понимал отображение фактов, вещей, отношений определенной области знаний в виде более простой и более наглядной материальной структуры. Главным требованием к модели Георг Клаус выдвинул «существенность сходства и несущественность различия с оригиналом». Кроме того, в моделировании сложных динамических систем можно достичь сходных результатов на основе сходства поведения, сходства структуры и материала, из которого они состоят [3].

Под моделью будем понимать мысленно представляемую или материально реализованную система, которая способна отображать и воспроизводить изучаемый объект так, что происходит получение информации об этом объекте. Модель – это система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе.

Изучение специализированной литературы позволило нам выделить и систематизировать следующие обобщенные признаки модели.

1. Модель не существует изолированно, она непосредственно связана с оригиналом, который она замещает в процессе познания.
2. Модель не является просто уменьшенной копией оригинала, самое важное, чтобы она сохраняла существенные свойства и отношения оригинала.
3. Модель обязательно имеет целевое назначение. Таким образом, «модель – это упрощенный образ оригинала, неразрывно с ним связанный, отражающий существенные свойства, связи и отношения оригинала; система, исследование которой служит инструментом, средством для получения новой и (или) подтверждения уже имеющейся информации о другой системе» [5].

В толковом словаре Ожегова С.И. понятие «модель» трактуется как «образец какого-нибудь изделия или образец для изготовления чего-нибудь, а также предмет, с которого воспроизводится изображение» и как «схема какого-нибудь физического объекта или явления» [4; с.361].

Изучив понятие «модель» и те свойства, признаки которым она должна удовлетворять для соответствия оригиналу, продемонстрируем возможность и целесообразность

построения модели зависимости вероятностей поражения заданного процента групповой цели несколькими залпами из крупнокалиберной артиллерии с накоплением урона.

Эффективность стрельбы или действительность огня — условный термин, обозначающий меру соответствия достигнутых результатов стрельбы поставленной огневой задаче. Как правило, эффективность стрельбы выводится из следующих показателей:

1. Вероятность поражения цели или математическое ожидание числа поражённых целей,
2. Расход боеприпасов на выполнение определенной огневой задачи,
3. Затраты времени на выполнение заданной огневой задачи.

Эффективность стрельбы определяет дальность действительного огня и зависит от многих параметров: скорострельности и типа вооружения, вида траектории, расстояния до мишени, характера действия снарядов/пуль по данной цели, точности боя оружия и от степени подготовленности стрелка. Она считается высокой, если цель поражается малым количеством боеприпасов с минимумом затрат времени.

Таблица 1.

Вероятность поражения заданного числа целей в зависимости от числа выстрелов (по горизонтали) и вероятности поражения одиночной цели (по вертикали)

	1	2	3	4	5	6
0,15	0,027	0,135	0,293	0,459	0,605	0,721
0,2	0,058	0,252	0,477	0,666	0,798	0,883
0,25	0,104	0,384	0,645	0,815	0,909	0,958
0,3	0,162	0,518	0,775	0,906	0,963	0,986
0,35	0,235	0,641	0,869	0,957	0,987	0,996
0,4	0,317	0,749	0,929	0,982	0,995	0,999
0,45	0,406	0,834	0,965	0,994	0,999	0,999
0,5	0,499	0,896	0,983	0,997	1	1

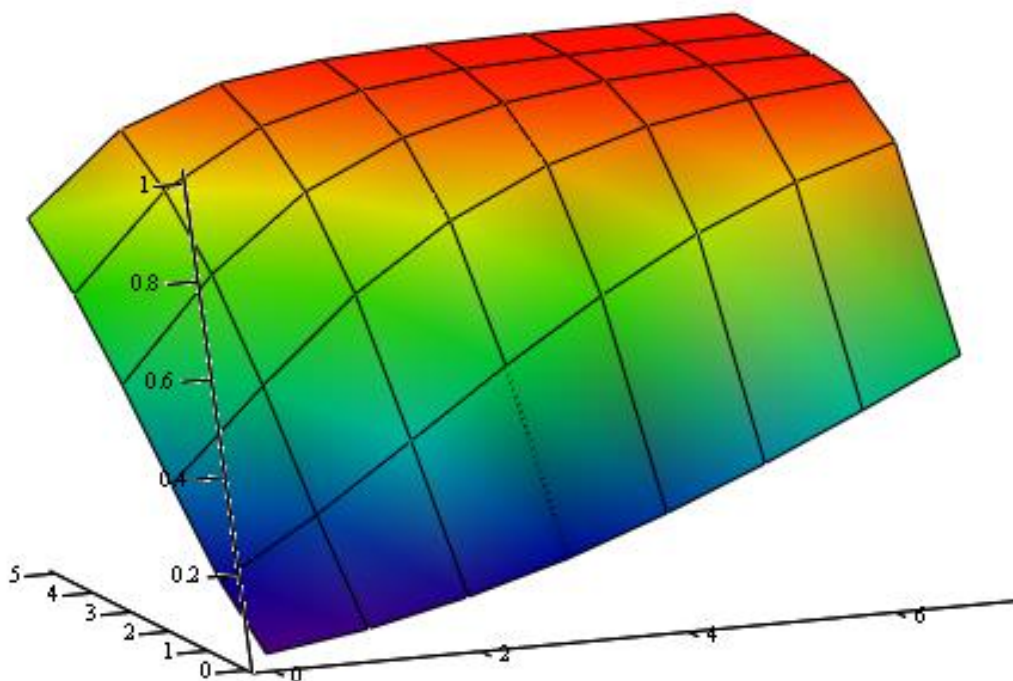


Рис. 1. Диаграмма вероятности поражения

Установим зависимость вероятности поражения трех и более объектов из пяти от вероятности поражения одной цели и числа выстрелов.

Поскольку с помощью классических формул комбинаторики достаточно сложно решать задачи для большого числа целей и залпов, то в данной работе предложено непосредственное моделирование событий.

Программа построена следующим образом:

1. По числу целей ставятся флаги – логические переменные, имеющие два положения – 1 (не поражена) и 0 (поражена).
2. По количеству целей генерируются случайные числа равномерного распределения в интервале от 0 до 1.
3. Производится проверка поражения цели – если сгенерированное число лежит в интервале от 0 до заданной вероятности поражения, то цель считается пораженной и ее флаг сбрасывается на 0.
4. После заданного числа залпов проводится проверка – какое число целей оказалось уничтоженным.
5. Поскольку данный процесс построен на случайных величинах, его разовый результат не будет отображать реальное распределение вероятностей. В связи с этим производится серия экспериментов, чтобы получить статистические результаты и вводятся счетчики по числу целей, которые учитывают отклонения случайных величин, а в зачет берется процентное отношение, полученное делением каждого счетчика числа пораженных целей на суммарное количество испытаний. Для каждой точки просчитываются 10^6 итераций.
6. По результатам построены 3D диаграмма и графики (Рис.1, 2, 3).

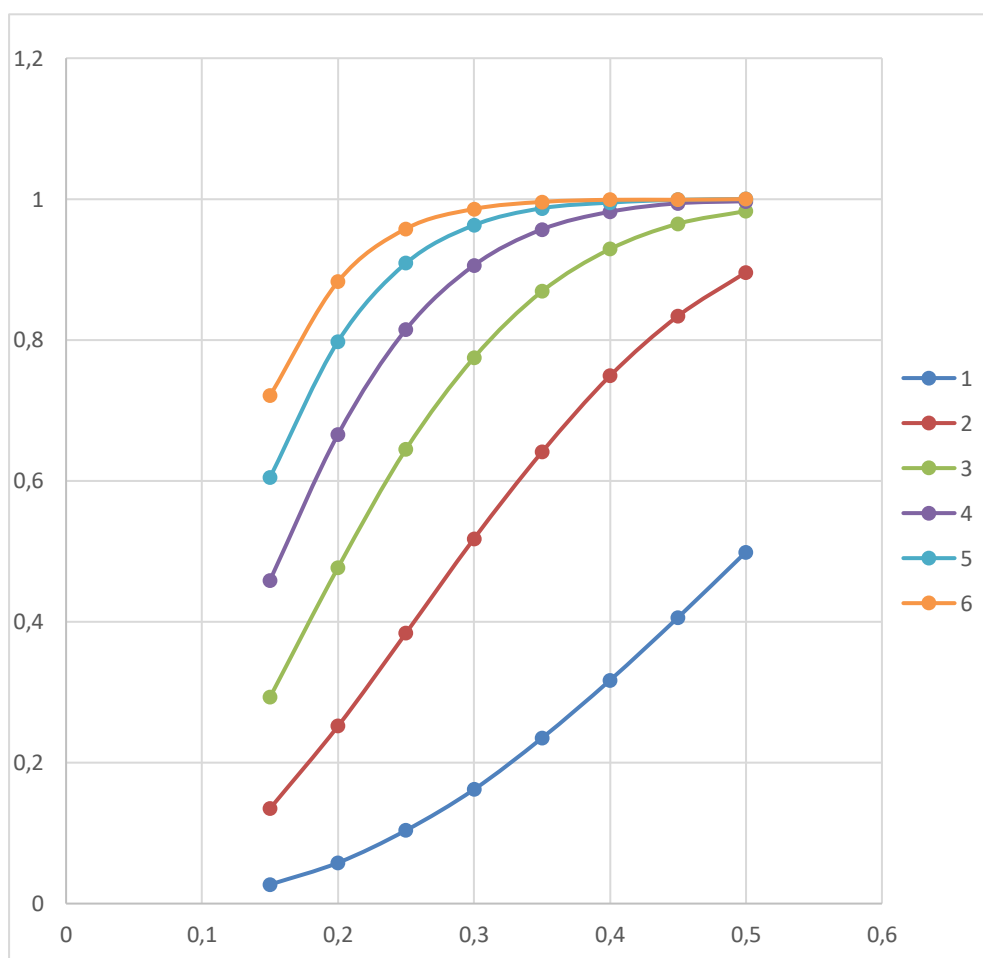


Рис. 2. Графики зависимостей вероятности поражения от вероятности поражения одного объекта для разного числа выстрелов

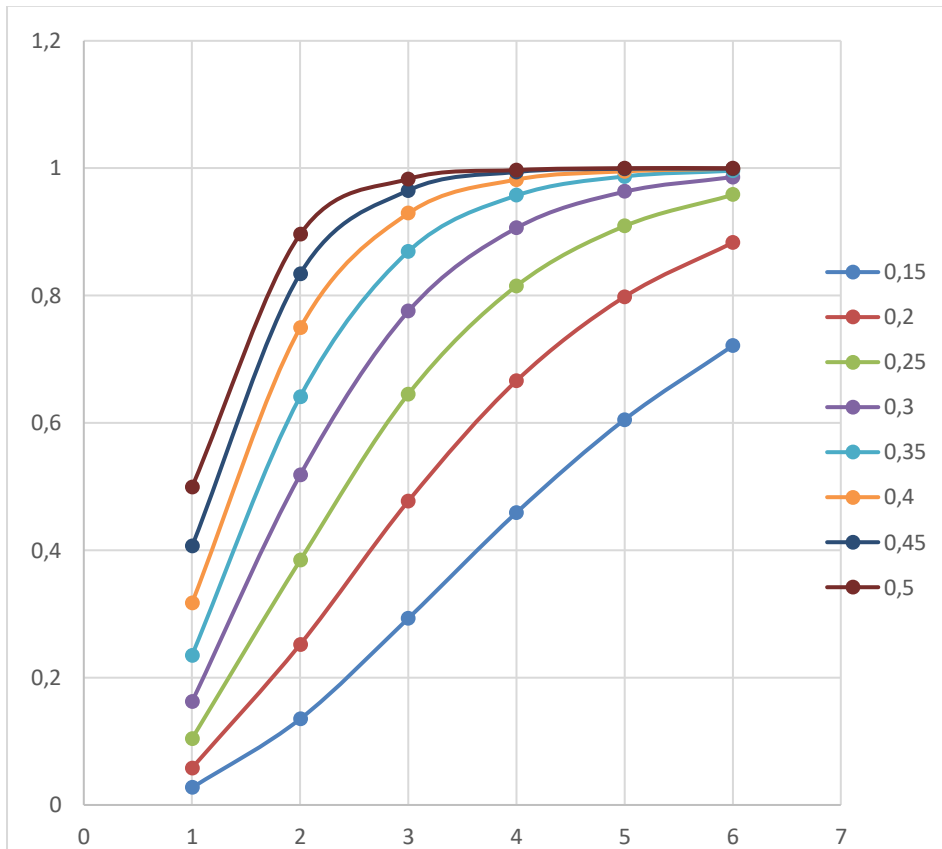


Рис. 3. Графики зависимостей вероятности поражения от числа выстрелов для разных вероятностей поражения одного объекта

Код функции в среде MathCAD, моделирующей поражение заданного числа целей:

$$\text{zalp}(N_C) := (\text{runif}(N_C, 0, 1))$$

Код функции в среде MathCAD, моделирующей одну итерацию:

$$\text{FF}(N_V, N_C, n) := \left(\begin{array}{l} \text{for } I \in 0..n-1 \\ A \leftarrow \text{stack}(A, \left(\begin{array}{l} N_p \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..N_C-1 \\ B_i \leftarrow 1 \\ \text{for } j \in 0..N_V-1 \\ \left| \begin{array}{l} Z_A \leftarrow \text{zalp}(N_C) \\ \text{for } i \in 0..N_C-1 \\ B_i \leftarrow 0 \text{ if } Z_{A_i} < P \end{array} \right. \\ \text{for } i \in 0..N_C-1 \\ N_p \leftarrow N_p + 1 \text{ if } B_i = 0 \end{array} \right) \\ N_p \end{array} \right) \end{array} \right)$$

```

DFR(A)
for k ∈ 0..NC
    Schk ← 0
for ii ∈ 0..rows(A) - 1
    Sch(Aii) ← Sch(Aii) + 1
Sch0 ← Sch0 - 1
Sch
n
    
```

Актуальность выполненной работы состоит в том, что с её помощью можно рассчитывать необходимые средства для поражения той или иной цели. Например, когда имеет смысл применять более дорогие средства поражения для повышения вероятности поражения целей одним выстрелом, а когда стоит лишь увеличить число более дешевых аналогов.

Отдельно стоит отметить, что моделирование заняло значительное количество времени – более 40 часов непрерывного расчета. Это связано с большим числом итераций для каждой точки - 10^6 . Выбор указанной степени точности измерений установлен тем, что были проведены попытки с меньшим числом повторений, но разница между одинаковыми решениями составила более 5% для 10^5 итераций.

Суммируя произведенные расчеты, сформулируем возможные способы применения подобных алгоритмов:

1. Предварительный просчет ситуации в условиях тыла, когда быстроедействие не критично;
2. Моделирование непосредственно во время выполнения операции, когда автоматизированная система должна принять решение о применении того или иного типа и числа боеприпасов.

В итоге выполнения исследования мы пришли к выводу: рассматриваемые системы программируются значительно проще формул комбинаторики, а также появляется возможность пересчитывать вероятности непосредственно в течение боя с учетом изменяющихся условий.

Список литературы

1. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М.: URSS. 2019.
2. Купцов В.И. Детерминизм и вероятность. М.: Политиздат, 1976.
3. Моделирование сложных вероятностных систем: учебное пособие / В.Г. Лисиенко, О.Г. Трофимова, С.П. Трофимов, Н.Г. Дружинина, П.А. Дюгай; научный редактор В.А. Морозова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург: УрФУ, 2011.
4. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений //Российская академия наук. Институт русского языка им. В.В.Виноградова. М.: ООО «ИТИ Технологии», 2007.
5. Уемов А.И. Логические основы метода моделирования. М.: Мысль, 1971.

DETERMINATION OF DEPENDENCE OF PROBABILITIES OF DAMAGING A GROUP TARGET WITH MULTIPLE VOLVES FROM LARGE-CALIBRE ARTILLERY

K.E. Tarasov
5-year student of the Faculty of Special
Engineering
tarasov.kirill.orel@gmail.com
Moscow

A.A. Fedorovsky
Senior Lecturer
Bmstu.sm.artem.f@gmail.com
Moscow

Moscow State Technical University named
after N.E. Bauman (National Research
University)

Abstract. This article is about modeling problems of probability theory, the solution of which by combinatorics is quite time-consuming or often impossible. The proposed method allows to solve problems taking into account the accumulation of damage, which is an essential requirement for modeling significant applied tasks associated with determining the defeat of a group concentrated target by large-caliber artillery fire. The aim of the work performed is to build a model of the dependence of the probability of defeating a given percentage of a group target by several salvos from large-caliber artillery with accumulation of damage. The relevance of the work lies in the fact that with its help it is possible to calculate the necessary funds to defeat a particular target. For example, when it makes sense to use more expensive means of destruction to increase the likelihood of hitting targets with one shot, and when it is only necessary to increase the number of cheaper analogues.

Keywords: probability theory, modeling, model, combinatorics, weapon efficiency.

References

1. Gnedenko, B.V. (2019). Probability course. [*Kurs teorii veroiatnostei*]. Moscow: URSS.
2. Kuptsov, V.I. (1976). Determinism and probability [*Determinizm i veroiatnost*]. Moscow: Politizdat.
3. Modeling complex probabilistic systems: a training manual [*Modelirovanie sloshnih veroiatnostnih sistem: uchebnoe posobie*] / V.G. Lisienko, O.G. Trofimova, S.P. Trofimov, N.G. Druzhinina, P.A. Arc (2011); scientific editor V.A. Morozov; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin. Yekaterinburg: UrFU.
4. Ozhegov, S.I., Shvedova, N.Yu. (2007). Explanatory Dictionary of the Russian Language: 80,000 words and phraseological expressions [*Tolkoviu slovar russkogo yasika: 80 000 slov i frazeologicheskikh virasheniy*]. Moscow: ITI Technologies LLC.
5. Uyomov, A.I. (1971). The logical basis of the modeling method [*Logicheskie osnovi metoda modelirovaniya*]. Moscow: Thought.