

Ivelin G. Katsev,

REGRESSION AND CORRELATION ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING ARTILLERY FIRE

Ivelin G. Katsev

*Faculty of Artillery, Air Defense and Communication and Information Systems,
National Military University, Shumen, Bulgaria, katsev.i@abv.bg*

ABSTRACT: Major elements in the effectiveness of artillery are the factors affecting artillery fire, they needs to be analyzed and evaluated for their possible functional dependencies and relationship to firing efficiency, by means of regression and correlation analysis it can be determined functional relationship and correlation between random errors in preparation and artillery fire effectiveness.

KEY WORDS: Correlation analysis, Regression analysis, Factors influencing artillery fire.

РЕГРЕСИОНЕН И КОРЕЛАЦИОНЕН АНАЛИЗ НА ФАКТОРИТЕ, ВЛИЯЕЩИ НА СТРЕЛБАТА НА АРТИЛЕРИЯТА

Ивелин Г. Кацев

Въведение

Артилерията е основно огнево средство на сухопътния компонент, участващо в огневата поддръжка в операциите. Основна задача на артилерията е максимално да се намали бойния потенциал на групировката на противника и да се ограничат неговите възможности за водене на бойни действия. Успеха на операцията зависи от ефективността на огневата поддръжка, която от своя страна зависи значително от ефективността на използване на артилерийските формирования. Значителна част от ефективното използване на артилерийските формирования се заключава в ефективността на огневото въздействие по целите на противника.

Ефективността на стрелбата за поразяване на артилерията зависи от следните фактори:

- характера, вида, размерите и устойчивостта на целта;
- подвижността на целта;
- точността в определяне на данните за стрелба на артилерията;
- характеристика на техническото разсейване и надежността на въоръжението;
- поразяващото действие на снарядите;
- количеството артилерийските системи за стрелба от закрыта огнева позиция и средства за стрелба с право мерене, привличани за поразяването на противника;
- разхода на снаряди при неконтролируемо поразяване на целта;
- способа за обстрел на целта (броя на мерниците и ъгломерите, скока по мерника и скока по взривателя и интервала на веера за батареята, разпределението на снарядите по мерници, ъгломери и оръдия);
- реда и темпа за водене на огъня от артилерията;

- точността в определянето и въвеждането на корекция през време на стрелбата на артилерията и средствата за стрелба с право мерене;
- противодействието от страна на противника.

Факторите влияещи на ефективността на стрелбата могат да бъдат разгледани като сума от срединни грешки и срединни отклонения, които характеризират елементите влизащи в състава на всеки фактор, например грешките при определяне на данните за стрелба, техническото разсейване, поразяващото действие на боеприпасите във всяка конкретна стрелба се проявяват случайно и за тях предварително чрез теоретични изследвания и практически анализ се определят съответстващите характеристики, които след това се използват при оценка на бойната ефективност. Други фактори, като количеството артилерия привлечана за стрелба, способът за обстрел на целта могат да бъдат избирани в зависимост от характера на целта и задачата.

Като се изхожда от съдържанието и реда за подготовка на данни за стрелба и поради закръгляванията, които се правят в данните за мерника и ъгломера, може да се отделят следните независими групи източници на грешки:

- топогеодезическата подготовка $-X_{ТГ}$ и $Z_{ТГ}$;
- положението на целта $-X_{Ц}$ и $Z_{Ц}$;
- метеорологичната подготовка $-X_{М}$ и $Z_{М}$;
- балистичната подготовка $-X_{Б}$;
- таблиците за стрелба - $X_{Тс}$ и $Z_{Тс}$;
- закръгляванията на данните за мерните прибори - $X_{зак}$ и $Z_{зак}$;
- техническата подготовка - $X_{тех}$ и $Z_{тех}$.

Източниците на грешки могат да бъдат разделени, както следва:

- Оръдейни източници на грешки:
 - а. заради износване на канала на тялото;
 - б. в техническата подготовка;
 - с. в следствие на разсейването;
- Батарейни източници на грешки:
 - а. при определяне положението на огневата позиция;
 - б. при определяне на температурата на заряда;
 - с. при определяне на балистичните характеристики на барута;
 - д. при ориентиране на оръдията;
- Дивизионни източници на грешки:
 - а. при определяне положението на целта;
 - б. при определяне положението на огневата позиция;
 - с. в метеорологичната подготовка;
 - д. поради разликите във физико-химичните свойства на партидата заряди;
 - е. заради грешки(закръглявания) в таблиците за стрелба.

От разгледаните източници на грешки се установява, че случайните грешки при подготовката на данните в разстояние $X_{П}$ и в направление $Z_{П}$ могат да се представят като сума от независими случайни грешки по формулите:

$$1. \quad X_{П} = X_{Ц} + X_{М} + X_{Б} + X_{Тс} + X_{зак} + X_{тех}$$

$$2. \quad Z_{П} = Z_{Ц} + Z_{М} + Z_{Тс} + Z_{зак} + Z_{тех}$$

Съвкупността от грешките в подготовката и грешките в разсейването се нарича система от грешки съпровождаща стрелбата за поразяване. Системата от грешки по повтораемост зависи от количеството огневи средства, изпълняващи огневата задача, организационно-щатната структура на артилерийските формирования и организацията на подготовката на данните за стрелба и управление на огъня. Следователно могат да се идентифицират групите грешки въз основа на количеството артилерия, което изпълнява огневата задача.

1. Грешки при стрелба с дивизион:

- случайни грешки, които се повтарят за всички батареи от дивизиона – Дд;
 - случайни грешки, които се повтарят за всички оръдия на i -тата батарея, но не и за останалите батареи – Дб;
 - случайни грешки, които се повтарят за всички изстрели на j -тото оръдие от i -тата батарея – Дор;
 - грешки в разсейването на k -тия изстрел на j -тото оръдие от i -тата батарея – Др.
2. Грешки при стрелба с батарея:
- случайни грешки, които се повтарят за всички оръдия на батареята – Дб;
 - случайни грешки, които се повтарят за всички изстрели на j -тото оръдие от батареята – Дор;
 - грешки в разсейването на k -тия изстрел на j -тото оръдие от батареята – Др.
3. Грешки при стрелба с оръдие:
- случайни грешки на изстрела на оръдието – Дор;
 - грешки в разсейването на k -тия изстрел на оръдието – Др.

Количеството на грешките, съставлящи системата от грешки зависи от назначения разход на снаряди за изпълнение на огневата задача. При допускане, за конкретна стрелба да бъдат изразходвани N снаряда, то системата от грешки ще се състои от N вектор-грешки.

Свеждане на системата от няколко групи грешки (стрелбата с батарея, дивизион, група артилерия се съпровожда съответно с три, четири и пет групи грешки) към еквивалентна система от две групи грешки, се състои в:

- изчисляване на приведените повтарящи се срединни грешки (грешки в подготовката на данните) в разстояние $E\rho_0$ и направление $E\eta_0$ при стрелба с батарея, дивизион, група артилерия.

- изчисляване на приведените неповтарящи се срединни отклонения (грешки в разсейването) в разстояние $V\delta_0$ и направление $V\varsigma_0$ при стрелба с батарея, дивизион, група артилерия.

Като основен елемент за ефективността на артилерията в операциите, факторите влияещи на стрелбата за поразяване е необходимо да бъдат анализирани и оценени техните възможни функционални зависимости и тяхната свързаност с ефективността на стрелбата. За целта, чрез регресионен и корелационен анализ определяме функционалните взаимовръзки и свързаността между случайните грешки в подготовката и ефективността на стрелбата.

Определяне на функционалните зависимости между случайните грешки в подготовката на данните за стрелба на артилерийска батарея въоръжена с оръдия-гаубици Д-20, на разстояния на стрелбата от 4км. до 16км., по цел с размери по фронта 300м., в дълбочина 200м., при разход на снаряди 48сн. резултатите са представени в таблица 1.

Таблица 1

км	$E\rho_0$	$E\eta_0$	$V\delta_0$	$V\varsigma_0$	% пор
4	42	33	33	17	23,5
5	42,5	33,5	36	17,5	28,9
6	43	34	39	18	27,5
7	51	34,5	38,5	18,5	27,4
8	59	35	38	19	27,4
9	61	36,5	43	20	25,2
10	63	38	48	21	23,4
11	70	40	54	22,5	21,3
12	77	42	70	24	17,9
13	82,5	44,5	72	25	17,3
14	88	47	74,5	26	16,7
15	93,5	49,5	77	27	16,1
16	99	52	79	28	15,6

След определяне на ефективността на стрелбата за различните разстояния се извършва корелационен анализ с помощта на софтуер за статистическа обработка „Microsoft Excel” и програмния пакет за статистическа обработка „Data analysis”.

Таблица 2

	км	Епо	Ено	Вдо	Всо	% пор
км	1					
Епо	0,992025	1				
Ено	0,966937	0,978558	1			
Вдо	0,960484	0,964669	0,969881	1		
Всо	0,988203	0,991297	0,989448	0,986318	1	
% пор	-0,89878	-0,92152	-0,92884	-0,95303	-0,94116	1

Определяне на функционалните зависимости между случайните грешки от подготовката и ефективността на стрелбата за поразяване. Данните от регресионния анализ са показани в таблици 3,4 и 5.

Таблица 3

SUMMARY OUTPUT	
<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,97779
R Square	0,956073
Adjusted R Square	0,924696
Standard Error	1,362699
Observations	13

Таблица 4

ANOVA TABLE					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	5	282,9135077	56,58270154	30,47079717	0,000130869
Residual	7	12,9986396	1,856948515		
Total	12	295,9121473			

Таблица 5

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	87,79636577	24,6774023	3,557763686	0,009247081	29,44358183	146,1491497
км	3,663441008	1,337264915	2,739502822	0,028938935	0,50131196	6,825570055
Епо	-0,175211018	0,208789702	-0,83917462	0,429095173	-0,668920211	0,318498175
Ено	1,302308072	0,701913672	1,855367867	0,105929309	-0,357454019	2,962070164
Вдо	0,176680238	0,249252322	0,708840892	0,501341457	-0,412707847	0,766068323
Всо	-6,974938291	3,468718466	-2,0108113	0,08426486	-15,1771541	1,227277514

Заклучение

Резултатите от направеното изследване позволяват да се направят следните **изводи**:

1. Данните в таблица 1 показват вероятността за поразяване на групова цел по данните от примера, от нея може да бъде наблюдавана промяната на вероятността за поразяване с промяна на разстоянието на стрелбата;

2. Корелационния анализ на данните от таблица 1 показва силна негативна корелация между разстоянието на стрелбата, срединните грешки от подготовката на данни за стрел-

ба(E_{po} , E_{no}), случайните грешки от разсейването ($V_{до}$, $V_{со}$) и вероятността за поразяване на груповата цел, което показва, че статистическата (теоретична) зависимост и логическата (емпирична) зависимост се съвпадат, с увеличаване на стойността на грешките се намалява вероятността за поразяване на целта;

3. Корелационния коефициент на Пирсън (Multiple R) и коефициента на детерминация (R^2) показват каква част от вариацията на вероятността за поразяване се обяснява с промяна на средните грешки от подготовката на данни за стрелба (E_{po} , E_{no}) и случайните грешки от разсейването ($V_{до}$, $V_{со}$) (таблица 3);

4. Дисперсионния анализ включва две отделни таблици (таблица 4 и 5), като таблица 4 се използва за проверка на адекватността на регресионния модел, като отновен елемент тук е F-критерият на Фишер (*Significance F*). В случая *Significance F* = 0,000130869 < 0,05, което означава, че зависимостта е статистически значима за избраното ниво на значимост 0,05. Таблица 5 съдържа данни за коефициентите на регресионното уравнение и тяхната статистическа значимост.

Литература:

1. Атанасов, А. Фактори влияещи на системата за индиректна огнева поддръжка. *Сборник научни трудове*. научна сесия НВУ "В.Левски", факултет "Артилерия, ПВО и КИС", 2014, стр 141-146, ISBN-978-954-9681-60-4.
2. Илиев, К. Метод за определяне на бойният потенциал на войскови формирования. *International Scientific Conference, 2017, Collection of papers Shumen, Bulgaria*, с. 93-97, ISSN 2367-7902.
3. Cowan, G. Statistical data analysis, *Oxford University Press*, 1998.
4. Fann, Ch. Development of an artillery accuracy model. *Master's Thesis, Naval Postgraduate School, 2006*.
5. Smith, M. Statistical analysis handbook. *The Winchelsea Press*, 2018, ISBN-978-1-912556-06-9.
6. Šilinger, K. et al, Artillery Firing Data Correction Calculation by Using Computers, *International journal of systems applications, engineering & development*, 2016, v10, pp 309-314 ISSN: 2074-1308.