

Г.Г. ХАЧАТРЯН, С.О. СИМОНЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ И ТРЕНИРОВКИ
НА КОМПЬЮТЕРНОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Выполнен статистический анализ результатов обучения и тренировки на компьютерном тренажере, а также предложен метод автоматизации вычислений в программах *Microsoft Excel* и *MathCAD*. Разработан метод проверки нулевой гипотезы о распределении выборки при помощи вычисления критерия χ^2 в этих программах. Доказано, что оценки тренируемых на компьютерном тренажере распределены по закону, похожему на зеркальное отображение закона Релея. Обосновано преимущество компьютерной тренажерной отработки упражнений над традиционной.

Ключевые слова: компьютерный тренажер, артиллерия, обработка результатов экспериментов, математическая статистика, распределение Релея, критерий Пирсона.

Введение. Эффективное боевое применение противотанковых артиллерийских подразделений в борьбе с танками противника в ходе общевойскового боя является гарантом успеха выполнения поставленной задачи, а подготовка специалистов в данной области с применением новейших информационных технологий дает возможность постоянного усовершенствования навыков обучаемых.

Информационные технологии позволяют существенно повысить уровень подготовки специалистов и сделать обучение более интересным. Важную роль здесь играют компьютерные тренажеры (КТ), предназначенные для планирования военных операций, моделирования работы боевой техники, экономии средств, выработки необходимых навыков у личного состава. Все это является звеном сложной системы "человек - компьютер", в которой при помощи КТ у человека формируются необходимые навыки и умения.

Несмотря на существующие исследования, вопрос обучения и тренировки личного состава противотанковых подразделений ствольной артиллерии обоснован и исследован недостаточно. Отчасти это объясняется обновлением парка вооружений многих стран различными видами высокоточного оружия. Однако данный вопрос остается все еще актуальным в связи с некоторыми преимуществами применения ствольной артиллерии. Исходя из вышесказанного, в статье предпринята попытка освещения целесообразности внедрения КТ в организацию учебного и тренировочного процесса путем исследования

эффективности его использования. Обобщен опыт использования КТ в войсках и на основании проведенных исследований дана объективная оценка эффективности методов компьютерного обучения.

Научная новизна работы заключается в обработке результатов экспериментов по выявлению эффективности тренажерного обучения с применением методов теории вероятностей и математической статистики, в частности – закона распределения, наилучшим образом описывающего соответствие полученных экспериментальных данных гипотетическому распределению. Проверка гипотезы проводилась вычислением критерия Пирсона.

Исследования проводились во время занятий в одной из артиллерийских войсковых частей ВС РА. Батарея артиллерийского дивизиона, условно имеющая группой «А» (контрольная группа), после завершения теоретических занятий выполняла упражнения по стрельбе прямой наводкой при помощи имеющейся традиционной учебно-материальной базы.

Далее все военнослужащие той же батареи (группа «Б» – экспериментальная группа) отрабатывали те же упражнения в компьютерном классе, но уже с помощью КТ. В течение урока каждый обучаемый под руководством инструктора отрабатывал упражнения согласно курсу подготовки артиллерии. Результаты стрельбы вводились в базу данных программного обеспечения КТ, а затем следовал разбор стрельбы каждого обучаемого.

Контроль полученных знаний проводился во время полевых выездов, лагерных сборов, тактических учений, а также в конце учебного периода на месте постоянной дислокации войсковой части.

Всего было проведено более 200 занятий в стационарных и полевых условиях, на основании которых была пересмотрена программа обучения: составлено новое расписание занятий с большим удлением времени компьютерному тренажерному обучению и разработано новое учебно-методическое пособие по обучению стрельбе прямой наводкой.

Целью работы является исследование методами теории вероятностей и математической статистики количественной меры повышения эффективности боевой подготовки личного состава артиллерийского подразделения, а также автоматизация вычислений оценок обучаемых [1-12].

Результаты исследования. Образец результатов контрольных оценений обучаемых приведен в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

*Образец результатов контрольных оцениваний
обучаемых по пятибалльной системе*

Оценка	Количество оценок	
	Группа «А»	Группа «Б»
«2»	23	10
«3»	44	19
«4»	23	49
«5»	6	18

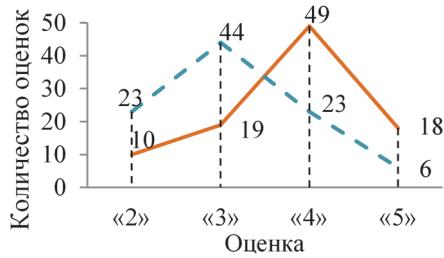


Рис.1. Полигоны частот с результатами оценивания групп по пятибалльной системе

Курс подготовки артиллерии КПА-2012 [13] требует проведения учебного оценивания огневого поражения целей по пятибалльной системе без учета времени выполнения огневой задачи. Поскольку получение объективных и статистически значимых результатов и построение статистических гистограмм на основе четырех разрядов (реально для оценок используются четыре цифры) невозможны (рис. 1), было принято решение перевести оценивание с учетом времени выполнения огневой задачи в десятибалльную систему. Образец результатов контрольных оцениваний приведен в табл. 2 и на рис. 2. Как видно из таблицы, прирост среднего балла группы «Б» составил более 25%.

Таблица 2

Образец результатов контрольных оцениваний обучаемых по десятибалльной системе

Оценка, k	Количество оценок, m_i		Относительные частоты, m_i/n	
	Группа «А»	Группа «Б»	Группа «А»	Группа «Б»
«1»	2	1	0,0208	0,0104
«2»	2	2	0,0208	0,0208
«3»	5	3	0,0521	0,0313
«4»	14	4	0,1458	0,0417
«5»	21	7	0,2188	0,0729
«6»	25	12	0,2396	0,125
«7»	16	24	0,1667	0,25
«8»	6	25	0,0729	0,2604
«9»	3	17	0,0313	0,1771
«10»	2	1	0,0313	0,0104
Всего оценок, n	96	96		
Средний балл группы, x_{cp}	5,56	6,96		

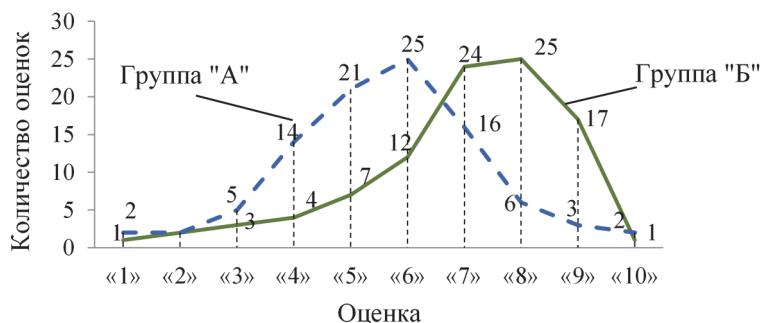


Рис.2. Полигоны частот с результатами оценивания по десятибалльной системе

Для автоматизации вычислений удобно использовать программу Microsoft Excel [14, 15]. Для этого значения нашей выборки вводим в соответствующие ячейки. Число значений выборки n рассчитывается при помощи функции COUNT, а среднее значение x_{cp} , среднее квадратическое отклонение σ и дисперсия σ^2 - соответственно AVERAGE, STDEV.P и VAR.P.

На основании полигона частот (рис. 2) построены соответствующие гистограммы (рис. 3).

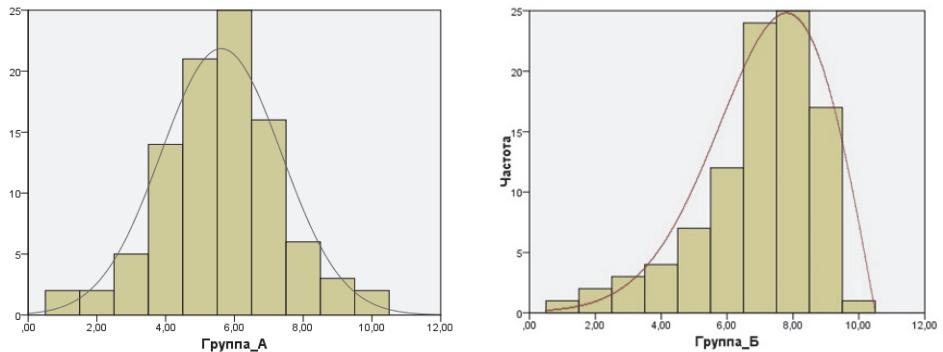


Рис.3. Гистограммы частот с результатами оценивания

Из рис. 3 видно, что распределение оценок для контрольной группы «А» имеет некоторое расхождение от распределения Гаусса, однако нас больше интересует группа «Б».

Исходя из вида гистограммы, выдвигается гипотеза о том, что оценки экспериментальной группы «Б» распределены по закону, описанному в [16], и имеют следующий вид:

$$f(x) = -\frac{x - x_{\max}}{(x_{\max} - M)^2} \cdot \exp\left(-\frac{(x - x_{\max})^2}{2(x_{\max} - M)^2}\right), \quad 0 \leq x \leq x_{\max}, \quad (1)$$

где $x_{\max} = 10$ – максимальное значение случайной величины (оценки); $M = 8$ – мода случайной величины. Однако при $M = 8$ график плотности вероятности не полностью охватывает крайние левые значения x . Поэтому, принимая $M = 7,3$, получим выражение

$$f(x) = -\frac{x - 10}{7,3} \cdot \exp\left(-\frac{(x - 10)^2}{14,6}\right), \quad (2)$$

график функции которого приведен на рис. 4. Как видно из рисунка, график функции (2) имеет схожесть с зеркальным отображением известного распределения Релея, плотность которого определяется выражением

$$f(x) = \frac{x}{\sigma^2} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right), \quad x \geq 0, \quad \sigma > 0, \quad (3)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение.

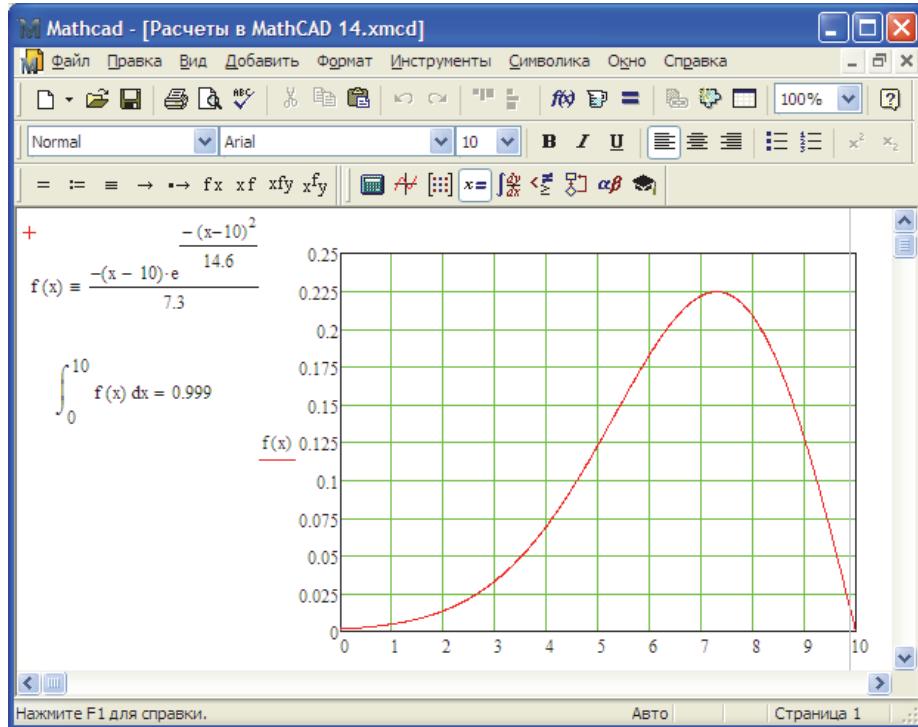


Рис. 4. График функции плотности вероятности (2) в программе MathCAD

Для проверки того, что полученные данные не противоречат гипотезе о виде (2) закона распределения оценок экспериментальной группы, применим критерий χ^2 (критерий Пирсона), определяемый формулой

$$\chi_q^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - nP_i)^2}{nP_i}, \quad (4)$$

где $k = 10$ – число разрядов, на которые разбиты все опытные значения случайной величины x ; $n = 96$ – объем выборки; m_i – численность i -го разряда.

При $n \rightarrow \infty$, закон распределения χ_q^2 , независимо от вида закона распределения случайной величины x , стремится к закону χ^2 -распределения с $r = k - s$ степенями свободы, где s – число связей теоретического закона распределения (1), равное 2 [7, 11].

Значения вероятностей $P(\chi^2 \geq \chi_q^2)$ в зависимости от r и k , приводятся в книгах по теории вероятностей и математической статистике или могут быть рассчитаны программно, например, в Microsoft Excel функцией **CHISQ.INV.RT**.

Вероятность попадания P_i случайной величины x в i -й интервал вычисляется по выражению

$$P_i = \int_i^{i+1} f(x)dx \quad (i=0, 1, \dots, 10). \quad (5)$$

Введя функцию (2) в программу *MathCAD* [17, 18] и рассчитав интеграл (5) для каждого разряда, составим в *Microsoft Excel* таблицу значений (табл. 3) для вычисления критерия χ^2 .

Таблица 3

Таблица значений для вычисления критерия χ^2

Параметр	Значение										Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
m_i	1	2	3	4	7	12	24	25	17	1	96
P_i	0,003	0,009	0,022	0,050	0,096	0,154	0,206	0,220	0,173	0,066	0,998
nP_i	0,272	0,824	2,112	4,800	9,216	14,78	19,78	21,12	16,61	6,336	95,85
χ^2	1,946	1,678	0,373	0,133	0,533	0,524	0,902	0,713	0,009	4,494	11,31

По таблице значений χ^2 [19] находим значение вероятности P для $r = 8$ и $\chi^2_q = 11,31$. Искомая вероятность должна быть больше 0,1. В нашем случае $P_{\text{табл}} = 0,19 > 0,1$.

Следовательно, анализируя результаты данных, рассчитанных при помощи *Microsoft Excel* и *MathCAD*, можно принять нулевую гипотезу о распределении полученных группой «Б» оценок по закону (2).

Выходы

1. Применение программных средств *Microsoft Excel* и *MathCAD* автоматизирует работу, повышает эффективность выполнения многочисленных вычислений, тем самым значительно упрощая анализ результатов оценки личного состава артиллерийской батареи и статистической обработки данных.

2. Приведенную методику можно легко автоматизировать, создав соответствующее программное обеспечение.

3. Тренажерная отработка упражнений личным составом артиллерийской батареи более эффективна (прирост средней оценки составляет более 25%) и экономически выгодна, чем обучение при помощи старой методики на традиционной учебно-материальной базе.

Рекомендации

1. Полученные на КТ навыки рекомендуется закреплять комбинированием занятий в парке на штатном орудии.
2. Следует внести соответствующие поправки в курс подготовки артиллерии с переходом на десятибалльную систему оценивания и с учетом времени выполнения огневой задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вавилова Г.В.** Математическая обработка результатов измерения. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 160 с.
2. **Зароченцева Е.П., Бобкова И.С., Малешина Н.А.** Математическая обработка результатов эксперимента: Методическое пособие для лабораторного физического практикума- Под ред. В.И. Короткова.-СПб.: Изд-во СПбГУ, 2009.– 44 с.
3. **Пономарев В.Б., Лошкарев А.Б.** Математическая обработка результатов эксперимента.- Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. – 100 с.
4. **Корн Г., Корн Т.** Справочник по математике для научных работников и инженеров. -М.: Наука, 1974.- 564 с.
5. **Третьяк Л.Н.** Обработка результатов наблюдений. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
6. **Кобзарь А.И.** Прикладная математическая статистика: Справочник для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
7. **Закс Л.** Статистическое оценивание. – М.: Статистика, 1976.- 598 с.
8. **Маталышкий М.А., Романюк Т.В.** Теория вероятностей в примерах и задачах. – Гродно: Изд-во ГрГУ, 2002. – 248 с.
9. **Гмурман Е.С.** Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 404 с.
10. **Лобоцкая Н.Л., Морозов Ю.В. Дунаев А.А.** Высшая математика. – М.: Высш. шк., 1987. – 319 с.
11. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и теории случайных функций/ Под ред. **А.А. Свешникова.** – М.: Наука, 1970. – 656 с.
12. **Ребро И.В., Носенко В.А., Короткова Н.Н.** Прикладная математическая статистика для технических специальностей. – Волгоград: Изд-во ИУНЯ ВолгГТУ, 2011. – 149 с.
13. Курс подготовки артиллерии (КПА-2012). Часть II. Дивизион, батарея, взвод, орудие.- 2-е изд.- Ереван, 2013. - 160 с.
14. Обработка экспериментальных данных в MS Excel / **Сост. Е.Г. Агапова, Е.А. Битехтина.** – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. – 32 с.
15. **Берк К., Кэйри П.** Анализ данных с помощью Microsoft Excel: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. – 560 с.
16. Նալշաջյան Թ.Ա., Նիկողյան Ն.Ա. Պղնձամոլիրդենային հանքաքարից մոլիբդենի արդյունավետ կորզման մի խնդրի շուրջ // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր. – Երևան, 2018. – Հասոր. 15, N4. – էջ 572 - 574:

17. **Очков В. Ф.** MathCAD 14 для студентов, инженеров и конструкторов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.
18. **Кириянов Д.В.** MathCAD 14 в подлиннике. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 704 с.
19. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей. – 4-е изд., стер. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

Национальный политехнический университет Армении, Министерство обороны РА.
Материал поступил в редакцию 25.11.2019.

Հ.Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Ս.Հ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

ՀԱՄԱԿԱՐԳՉԱՅԻՆ ՎԱՐԺԱՍԱՐՔԻ ՄԻՋՈՑՈՎ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ԵՎ ՎԱՐԺԵՑՄԱՆ ԱՐՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Իրականացված է համակարգչային վարժասարքի միջոցով վարժեցման արդյունքների վիճակագրական վերլուծություն, ինչպես նաև առաջարկված է *Microsoft Excel* և *MathCAD* ծրագրային փաթեթներում հաշվարկների ավտոմատացման եղանակ: Առաջարկված է նաև ընտրանքի բաշխման զրոյական վարկածի ստուգման եղանակ χ^2 չափանիշի (Պիրսոնի չափանիշի) միջոցով, որն ազատում է ձեռքի հաշվարկների ավելորդ աշխատանքներից և նշանակալիորեն հեշտացնում վիճակագրական տվյալների վերլուծությունը: Ապացուցված է, որ ուսուցանվողների գնահատականները համակարգչային վարժասարքի միջոցով վարժեցման դեպքում բաշխված են ըստ Ռելեյի օրենքի հայելային արտապատկերմանը նման օրենքի: Հիմնավորված է համակարգչային վարժասարքով վարժությունների կատարման առավելությունը ավանդականի համեմատ:

Առանցքային բառեր. համակարգչային վարժասարք, հրետանի, փորձարկումների արդյունքների մշակում, մաթեմաթիկական վիճակագրություն, Ռելեյի բաշխում, Պիրսոնի չափանիշ:

H.G. KHACHATRYAN, S.H. SIMONYAN

INVESTIGATING THE EFFICIENCY OF TEACHING AND TRAINING ON A COMPUTER SIMULATOR

A statistical analysis of the teaching and results of training on a computer simulator is performed, as well as a method for automated calculations in *Microsoft Excel* and *MathCAD* software packages is proposed. A method for testing the null hypothesis about the distribution of samples by calculating the χ^2 criterion (Pearson criterion) in these programs is also proposed. It is proved that the grades of the trainee on a computer simulator are distributed according to a law similar to a mirror image of the Rayleigh law. The advantage of computer simulator exercises over traditional is substantiated.

Keywords: computer simulator, artillery, processing of experimental results, mathematical statistics, Rayleigh distribution, Pearson criterion.