

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ

Научная статья

УДК 371.389

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗАХ МЧС РОССИИ

Трофимец Елена Николаевна.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Обоснована целесообразность применения табличного процессора MS Excel и математического пакета Mathcad для решения задач исследовательского характера. Представлены теоретические основы метода статистических испытаний. Рассмотрены прикладные аспекты применения метода статистических испытаний. Определены пути совершенствования преподавания дисциплин математического цикла в условиях цифровизации образования.

Ключевые слова: цифровая образовательная среда, инновационные методы, математические дисциплины, метод статистических испытаний

Для цитирования: Трофимец Е.Н. Пути совершенствования математического образования в вузах МЧС России // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2023. № 3 (60). С. 6–11.

Scientific article

WAYS TO IMPROVE MATHEMATICAL EDUCATION IN UNIVERSITIES OF EMERCOM OF RUSSIA

Trophimets Elena N.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Substantiates the expediency of using the MS Excel spreadsheet processor and the Mathcad mathematical package to solve research problems. The theoretical foundations of the statistical testing method are presented. The applied aspects of the application of the statistical test method are considered. The ways of improving the teaching of mathematical cycle disciplines in the conditions of digitalization of education are determined.

Keywords: digital educational environment, innovative methods, mathematical disciplines, statistical testing method

For citation: Trophimets E.N. Ways to improve mathematical education in universities of EMERCOM of Russia // Psychological and pedagogical safety problems of human and society. 2023. № 3 (60). P. 6–11.

Введение

В процессе подготовки инженеров по направлению 27.03.03 «Системный анализ и управление» в вузах МЧС России дисциплины математического цикла: высшая математика, теория вероятностей и математическая статистика, вычислительная математика,

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

дифференциальные и интегральные уравнения, уравнения математической физики занимают ключевое место при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин. В условиях цифровой трансформации образования необходимы пути совершенствования преподавания математических дисциплин. Особое внимание уделяется решению профессионально-ориентированных задач с использованием информационных технологий. Умение решать задачи исследовательского характера является одной из основных компетенций современных инженеров системного анализа и управления. Синтез математических знаний и идей решения профессионально-ориентированных задач облегчает восприятие теоретического материала и повышает профессиональную компетентность будущих инженеров-аналитиков.

В настоящее время возрастает потребность в специалистах МЧС России нового поколения – разработчиках высокоэффективных технологий, владеющих самым современным инструментарием, в том числе современными математическими методами.

Применение информационных технологий является одним из путей совершенствования математического образования и позволяет усилить процесс усвоения математических методов обучающимися в задачах исследовательского характера.

Методы исследования

Статья посвящена исследованию организационно-технических систем, находящихся под воздействием внутренних и внешних случайных факторов. При исследовании таких систем широкое распространение получил метод статистических испытаний, известный также как метод имитационного статистического моделирования или метод Монте-Карло [1–5]. Широкая распространённость метода, его прикладная направленность, а также возможность его несложной программной реализации в табличном процессоре MS Excel или математических пакетах обусловили целесообразность его изучения в рамках дисциплины: «Теория вероятностей и математическая статистика», которая преподается курсантам Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по направлению подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление».

Разработанная методика проведения занятий затрагивает два основных аспекта изучения метода статистических испытаний:

1. Вначале рассматриваются теоретические основы метода статистических испытаний. В рамках этого этапа курсанты проводят экспериментальное компьютерное исследование некоторых теорем закона больших чисел и центральной предельной теоремы, в частности теоремы Бернулли, теоремы Чебышёва и теоремы Ляпунова.

2. На втором этапе рассматриваются прикладные аспекты применения метода статистических испытаний. В рамках этого этапа курсанты решают несложные задачи, которые по своей природе имеют как вероятностный, так и невероятностный характер. В качестве инструментальных сред для проведения статистических испытаний на занятиях используются табличный процессор MS Excel и математический пакет Mathcad [5–8].

В основе построения компьютерных моделей лежат функции СЛЧИС (в MS Excel) и RND (в MS Excel). Эти функции генерируют случайную величину R с равномерным распределением на отрезке $[0, 1]$. На основе величины R несложно сгенерировать случайную величину X с равномерным распределением на произвольном отрезке $[a; b]$, а также случайную величину N со стандартным нормальным распределением ($\mu = 0, \sigma = 1$), а затем и с произвольными параметрами μ и σ (μ – математическое ожидание; σ – стандартное отклонение). На основе R и N могут быть сгенерированы случайные величины с другими законами распределения, имеющие значение для решения практических задач, но формулы для их получения являются достаточно громоздкими, поэтому для построения компьютерных моделей рекомендуется пользоваться соответствующими встроенными функциями или надстройкой MS Excel «Анализ данных» в режиме «Генерация случайных чисел».

На рис. 1, 2 представлены фрагменты компьютерных моделей, разрабатываемых курсантами на занятиях и реализующих эксперимент по подбрасыванию монеток.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Число подбрасываний				Параметры	Число подбрасываний		
2	10	100	1000			10	100	1000
3	орел	орел	решка		"Орел"	7	55	515
4	орел	решка	орел		"Решка"	3	45	485
5	решка	орел	решка		Вероятн. "орла" (расчетн.)	0,700	0,550	0,515
6	орел	орел	решка		Вероятн. "орла" (истинная)	0,500	0,500	0,500
7	решка	орел	решка		Абсолютн. отклон.	0,200	0,050	0,015
8	орел	орел	орел		Относит. отклон.	40,00%	10,00%	3,00%
9	орел	решка	решка					
10	решка	орел	решка					
11	орел	орел	орел					
12	орел	орел	орел					
13		решка	решка					

Рис.1. Модель «Подбрасывание монеток» в MS Excel

$$\text{ОРЕЛилиРЕШКА}(n) := \begin{cases} \text{Орел} \leftarrow 0 \\ \text{Решка} \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 1..n \\ \quad \left| \begin{array}{l} \text{Орел} \leftarrow \text{Орел} + 1 \text{ if } (\text{rnd}(1) < 0.5) \\ \text{Решка} \leftarrow \text{Решка} + 1 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ \left(\begin{array}{l} \text{Орел} \\ \text{Решка} \end{array} \right) \\ \quad n \end{cases}$$

$$\text{ОРЕЛилиРЕШКА}(100) = \begin{pmatrix} 0.450 \\ 0.550 \end{pmatrix}$$

$$\text{ОРЕЛилиРЕШКА}(10000) = \begin{pmatrix} 0.492 \\ 0.508 \end{pmatrix}$$

$$\text{ОРЕЛилиРЕШКА}(1000000) = \begin{pmatrix} 0.500 \\ 0.500 \end{pmatrix}$$

Рис. 2. Модель «Подбрасывание монеток» в Mathcad

Разработав данные модели, курсанты экспериментально проверяют теорему Бернулли, которая утверждает, что если в каждом из n независимых испытаний вероятность p появления события A постоянна, то как угодно близка к единице вероятность того, что отклонение относительной частоты от вероятности p по абсолютной величине будет сколь угодно малым, если число опытов достаточно велико, то есть:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \left\{ \left| \frac{m}{n} - p \right| < \varepsilon \right\} = 1,$$

где m – число положительных исходов (наступление события A); n – общее число опытов; $\frac{m}{n}$ – оценка вероятности, определяемая как относительная частота появления события A .

Подобные несложные компьютерные модели разрабатываются курсантами для экспериментальной проверки теоремы Чебышёва и теоремы Ляпунова. На рис. 3, 4 представлены фрагменты модели «Проверка теоремы Ляпунова», реализованной в среде табличного процессора MS Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9	r_{10}	r_{11}	r_{12}	$\xi = \sum r_i - 6$	$f(\xi)$ ($\mu=0,$ $\sigma=0,5$)	η_1 ($\mu=0,$ $\sigma=0,5$)	$f(\eta_1)$ ($\mu=0,$ $\sigma=0,5$)	η_2 ($\mu=0,$ $\sigma=2$)	$f(\eta_2)$ ($\mu=0,$ $\sigma=2$)
1																		
2	0,16632	0,746	0,193	0,4621	0,8044	0,7098	0,0333	0,4583	0,1843	0,355	0,1927	0,0766	-1,619239792	0,1075384	-0,8096199	0,2150768	-3,2384796	0,0537692
3	0,94097	0,6253	0,1963	0,1126	0,0516	0,882	0,4999	0,7195	0,5537	0,4235	0,7556	0,5169	0,277821399	0,38383946	0,1389107	0,76767891	0,5556428	0,19191973
4	0,56437	0,5727	0,9443	0,1491	0,8412	0,7792	0,6425	0,6435	0,462	0,2235	0,5471	0,6173	0,986664335	0,24519737	0,49333217	0,49039475	1,97332867	0,12259869
5	0,4329	0,8272	0,5698	0,1161	0,197	0,7785	0,5391	0,0548	0,6125	0,5602	0,4044	0,8056	-0,101783489	0,39688113	-0,0508917	0,79376225	-0,203567	0,19844056
6	0,3075	0,3749	0,2158	0,7878	0,9187	0,9746	0,8585	0,6751	0,8982	0,6764	0,2513	0,6262	1,664764005	0,11728109	0,782382	0,23466218	3,12952801	0,05864055
7	0,60513	0,5315	0,5085	0,6549	0,7522	0,8848	0,1732	0,4873	0,1401	0,2099	0,117	0,5383	-0,297222185	0,3817043	-0,1486111	0,76340827	-0,5944444	0,19085215
8	0,17922	0,7573	0,1488	0,0152	0,7917	0,9236	0,2015	0,991	0,9224	0,9459	0,5008	0,3065	0,683890173	0,31575414	0,34194509	0,63150827	1,36778035	0,15787707
9	0,7524	0,781	0,477	0,3865	0,679	0,7803	0,0537	0,3794	0,7468	0,745	0,62	0,8758	1,27682539	0,17656255	0,6384127	0,3531251	2,55365078	0,08828128
10	0,19742	0,3757	0,2016	0,4586	0,2146	0,4354	0,4405	0,6404	0,0891	0,9275	0,1949	0,1314	-1,692796348	0,09520543	-0,8463982	1,19041087	-3,3855927	0,04760272
11	0,87642	0,6657	0,0049	0,6118	0,1903	0,5692	0,4761	0,0444	0,0176	0,9787	0,6119	0,9085	-0,044425531	0,39854879	-0,0222128	0,79709759	-0,0888511	0,1992744
12	0,24277	0,4027	0,8284	0,2968	0,0874	0,4673	0,9607	0,7568	0,424	0,4369	0,4882	0,0068	-0,601291249	0,33296626	-0,3006456	0,66593252	-1,2025825	0,16648313
13	0,04764	0,5664	0,5442	0,5693	0,3877	0,6907	0,3695	0,4588	0,4708	0,7437	0,4159	0,7885	0,051171807	0,3984203	0,0255859	0,79684059	0,10234361	0,199221015
14	0,86186	0,8281	0,2911	0,2802	0,2605	0,6854	0,9245	0,7318	0,1778	0,7418	0,0359	0,3817	0,200836597	0,39097713	0,1004183	0,78195427	0,40167319	0,19548857
15	0,74632	0,9209	0,7164	0,5706	0,8374	0,3138	0,165	0,5444	0,269	0,7932	0,0705	0,4915	0,438903048	0,36230949	0,21945152	0,72461899	0,8778061	0,18115475
16	0,98525	0,5741	0,5224	0,207	0,3883	0,1705	0,8131	0,6348	0,6661	0,7247	0,6531	0,4033	0,732682941	0,30602831	0,36634147	0,61005662	1,46536588	0,15251416
17	0,21539	0,2992	0,0025	0,7663	0,8917	0,1516	0,5772	0,7343	0,3357	0,4278	0,5027	0,2747	-0,820875576	0,28483167	-0,4104378	0,56966335	-1,6417512	0,14241584
18	0,96843	0,2958	0,1193	0,9147	0,3833	0,2458	0,4706	0,962	0,9327	0,8954	0,5947	0,0826	0,865325663	0,27435489	0,43266283	0,54870978	1,73065133	0,13717745
19	0,82404	0,8451	0,8224	0,0754	0,9061	0,8036	0,7167	0,0521	0,268	0,4787	0,2862	0,7229	0,801078573	0,28944153	0,40053929	0,57888306	1,60215715	0,14472078
20	0,40682	0,497	0,2328	0,3215	0,871	0,5971	0,0979	0,9396	0,2881	0,8506	0,0249	0,1815	-0,691256676	0,31415888	-0,3456283	0,62831776	-0,3825134	0,15707944
21	0,91223	0,8286	0,1031	0,3152	0,8808	0,7164	0,2266	0,9423	0,1559	0,6008	0,4211	0,1826	0,285786368	0,38297887	0,14289318	0,76595774	0,57152724	0,19148944
22	0,21058	0,4037	0,8587	0,3145	0,0821	0,416	0,1052	0,8622	0,5525	0,3668	0,2486	0,7409	-0,83814736	0,28077994	-0,4190737	0,56155989	-1,6762947	0,14038997
23	0,7105	0,2195	0,1935	0,2404	0,6759	0,0464	0,9385	0,7607	0,3744	0,3108	0,8749	0,9897	0,335303644	0,37713472	0,16785182	0,75426945	0,67060729	0,18856738
24	0,81986	0,4055	0,2322	0,1559	0,1891	0,4154	0,1967	0,3246	0,0298	0,9102	0,4662	0,8136	-1,040965622	0,23206373	-0,5204828	0,46412746	-0,0819312	0,11603187

Рис. 3. Модель «Проверка теоремы Ляпунова» (расчетная таблица)

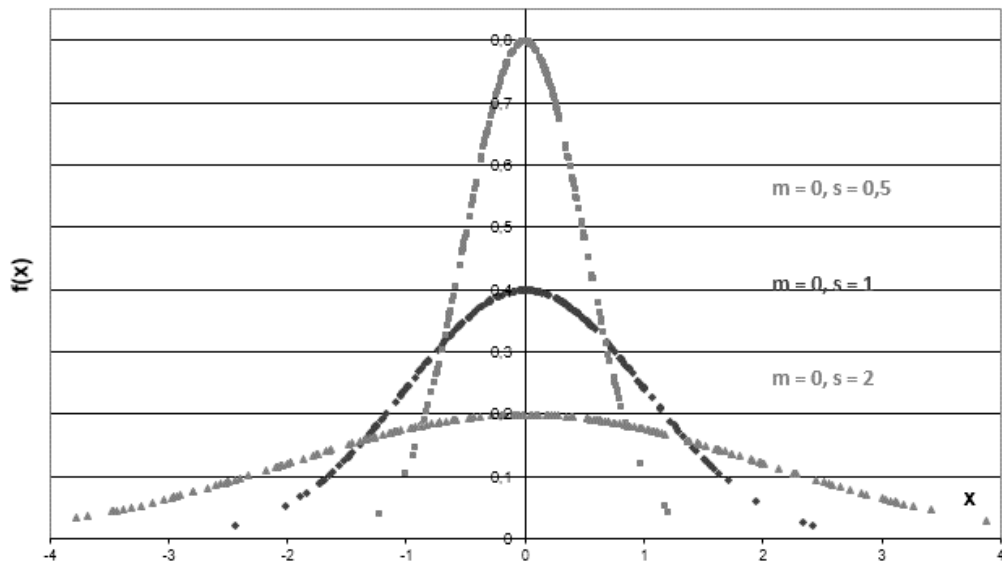


Рис. 4. Модель «Проверка теоремы Ляпунова» (графики)

Результаты исследования и их анализ

Прикладные аспекты метода статистических испытаний изучаются курсантами при разработке моделей, позволяющих решать задачи, которые по своей природе имеют как вероятностный, так и невероятностный характер. К первому типу моделей относится модель «Случайный поиск в условиях полной неопределенности» (в основе этой модели лежит компьютерный эксперимент по «подбрасыванию двух монеток»), модель «Надёжность системы диагностики автоматических установок пожаротушения» (в основе этой модели лежит компьютерный эксперимент по «подбрасыванию трёх кубиков») и ряд других моделей. Данные компьютерные модели позволяют решать задачи вероятностной природы, которые, как правило, имеют также и аналитическое решение. При этом аналитическое решение базируется на аппарате теории вероятностей.

Но особый интерес представляют задачи, которые не имеют аналитического решения, или его получение является крайне затруднительным. В этом случае метод статистических испытаний часто становится просто незаменимым.

Заключение

Необходимо классические методы решения практических задач дополнять инновационными методиками. Математические пакеты являются удобным средством для создания условий решения задач исследовательского характера, поскольку позволяют сместить фокус внимания с рутинных вычислительных аспектов на анализ результатов решения задачи [1–5].

Важной предпосылкой расширенного использования математических пакетов является то, что они служат эффективным инструментом, позволяющим после изучения и понимания сути того или иного математического метода сместить фокус внимания с вычислительных аспектов решения задачи на её исследование.

Список источников

1. Computer Modeling of Leasing Operations / A.M. Batkovskiy [et al.] // *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9 (28). P. 2–12.
2. Method for Adjusting Current Appropriations under Irregular Funding Conditions / A.M. Batkovskiy [et al.] // *Journal of Applied Economic Sciences, Romania: European Research Centre of Managerial Studies in Business Administration*. 2016. Vol. XI. Iss. 5 (43). P. 828–841.
3. Трофимец Е.Н. Преподавание математических дисциплин в условиях развития цифровой образовательной среды // *Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества*. 2022. № 2 (55). С. 39–43.
4. Trofimets E. Innovative methods and technologies while examining equations of mathematical physics // *Journal of Physics: Conference Series* [this link is disabled](#). 2022. № 2373 (6).
5. Трофимец Е.Н. О численных методах решения обыкновенных дифференциальных уравнений в MS Excel // *Естественные и технические науки*. ООО «Издательство «Спутник+». 2021. № 7 (158). С. 212–220.
6. Плис А.И., Сливина Н.А. *Mathcad. Математический практикум для инженеров и экономистов: учеб. пособие*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2003. 656 с.
7. Очков В.Ф. *Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия*. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 512 с.
8. Кирьянов Д.В. *Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0*. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 432 с.

Referents

1. Computer Modeling of Leasing Operations / A.M. Batkovskiy [et al.] // *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9 (28). P. 2–12.
2. Method for Adjusting Current Appropriations under Irregular Funding Conditions / A.M. Batkovskiy [et al.] // *Journal of Applied Economic Sciences, Romania: European Research Centre of Managerial Studies in Business Administration*. 2016. Vol. XI. Iss. 5 (43). P. 828–841.
3. Trofimec E.N. Prepodavanje matematiceskikh disciplin v usloviyah razvitiya cifrovoj obrazovatel'noj sredy // *Psihologo-pedagogicheskie problemy bezopasnosti cheloveka i obshchestva*. 2022. № 2 (55). S. 39–43.
4. Trofimets E. Innovative methods and technologies while examining equations of mathematical physics // *Journal of Physics: Conference Series* [this link is disabled](#). 2022. № 2373 (6).
5. Trofimec E.N. O chislennyh metodah resheniya obyknovennykh differencial'nyh uravnenij v MS Excel // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. ООО «Izdatel'stvo «Sputnik+». 2021. № 7 (158). S. 212–220.
6. Plis A.I., Slivina N.A. *Mathcad. Matematiceskij praktikum dlya inzhenerov i ekonomistov: ucheb. posobie*. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Finansy i statistika, 2003. 656 s.

7. Ochkov V.F. Mathcad 14 dlya studentov i inzhenerov: russkaya versiya. SPb.: BHV-Peterburg, 2009. 512 s.
8. Kir'yanov D.V. Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0. SPb.: BHV-Peterburg, 2012. 432 s.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 05.05.2023; принята к публикации: 22.06.2023
Information about the article: the article was received by the editorial office: 05.05.2023;
accepted for publication: 22.06.2023

Информация об авторах:

Трофимец Елена Николаевна, заведующий кафедрой высшей математики и системного моделирования сложных процессов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат педагогических наук, доцент, e-mail: trofimec.e@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4873-280>, SPIN-код: 3876-1494

Information about the authors:

Trofimets Elena N., head of the department of pedagogy and psychology of extreme situations of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of pedagogical sciences, of associate professor, e-mail: e-mail: trofimec.e@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4873-280>, SPIN-код: 3876-1494