



”

Удодова О., Антоненко Г. Застосування Anova для оцінки та аналізу впливу попередньої успішності на результати вивчення математичного аналізу. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2025. Том 13, № 9. С. 159-165. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i9-021>.

Udodova O., Antonenko H. Zastosuvannia Anova dlia otsinky ta analizu vplyvu poperednoi uspishnosti na rezultaty vyvchennia matematychnoho analizu [Using Anova to evaluate and analyze the impact of previous success on the results of studying mathematical analysis]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2025. Vol. 13, No 9. S. 159-165. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i9-021>.

УДК 519.22

DOI: 10.31110/2616-650X-vol13i9-021

Ольга УДОДОВА

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1072-0602>

udodova_o@ukr.net

Галина АНТОНЕНКО

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8643-5376>

gmantonenko@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ANOVA ДЛЯ ОЦІНКИ ТА АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОЇ УСПІШНОСТІ НА РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Анотація. Математична підготовка займає особливе місце в освітньому процесі у вищих військових навчальних закладах, оскільки вона формує логічне мислення, здатність до аналізу та прийняття рішень в умовах невизначеності або ризику для життя. Особливу роль відіграють ймовірно-статистичні методи, що забезпечують об'єктивний аналіз даних, а також інформаційні технології, які підвищують ефективність досліджень і навчального процесу. Розглядається вплив вивчення лінійної і векторної алгебри на успішність з математичного аналізу курсантів льотного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба з використанням сучасних математичних IT-інструментів. Використання Microsoft Excel (MS Excel) для статистичної обробки даних формує у курсантів цілісну картину від теоретичних основ до практичного застосування методів аналізу даних у військовій і педагогічній сфері. Проведено однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA за допомогою надбудови MS Excel Data Analysis і апостеріорний аналіз за допомогою тесту Tukey HSD (Tukey's Honestly Significant Difference test) і величини ефекту Cohen's d у додатковій надбудові Real Statistics Resource Pack. При розгляданні п'яти рівнів фактору А в залежності від оцінок академічної успішності першого семестру виявлено, що Level 1 значущо відрізняється від Level 2-5. Тест Tukey HSD не виявив значущої різниці для деяких пар, хоча величина ефекту Cohen's d вказує на практично великий ефект (великий d, але не значущий p), що може бути пов'язано з недостатньою потужністю тесту. Найвпливовішим є рівень з найнижчими рейтинговими оцінками. Запропоновано шляхи покращення успішності і подальші методи дослідження у випадку великої кількості факторів. Результати дослідження підтверджують важливість якісної математичної підготовки для формування аналітичного мислення курсантів льотного факультету та сприяють розвитку навичок практичного застосування статистичних методів у професійній діяльності. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення вибірки та врахування багатфакторних моделей, що дозволить глибше оцінити вплив різних компонентів математичної підготовки на загальну академічну успішність курсантів.

Ключові слова: однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA у Microsoft Excel; тест Tukey HSD; величина ефекту Cohen's d; надбудова Data Analysis, надбудова Real Statistics Resource Pack.

Olha UDODOVA

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1072-0602>

udodova_o@ukr.net

Halyna ANTONENKO

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8643-5376>

gmantonenko@gmail.com

USING ANOVA TO EVALUATE AND ANALYZE THE IMPACT OF PREVIOUS SUCCESS ON THE RESULTS OF STUDYING MATHEMATICAL ANALYSIS

Abstract. Mathematical training occupies a special place in the educational process at higher military educational institutions, as it develops logical thinking and the ability to analyze and make decisions in conditions of uncertainty or risk to life. Probabilistic and statistical methods play a crucial role in ensuring objective data analysis, as do information technologies, which enhance the effectiveness of research and the educational process. The influence of studying linear and vector algebra on the academic performance of cadets of the Flight Faculty of the I. Kozhedub National Air Force University in Kharkiv utilizes modern mathematical IT tools. The use of Microsoft Excel (MS Excel) for statistical data processing provides cadets with a comprehensive picture ranging from theoretical foundations to the practical application of data analysis methods in the military and educational spheres. A one-way ANOVA was performed using the MS Excel Data Analysis add-in, and a post-hoc analysis was performed using Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test and Cohen's d effect size in the Real Statistics Resource Pack add-in. When considering the five levels of factor A based on the academic performance assessments for the first semester, it was found that Level 1 differs significantly from Levels 2 through 5. The Tukey HSD test did not reveal a significant difference for some pairs,

although Cohen's d effect size indicates a practically large effect (large d , but not significant p), which may be due to insufficient test power. The most influential is the level with the lowest ratings. Ways to improve performance and further develop research methods in cases involving a large number of factors are proposed. The study's results confirm the importance of high-quality mathematical training in developing analytical thinking among flight faculty cadets, thereby enhancing their skills in the practical application of statistical methods in professional activities. Further research should focus on expanding the sample and incorporating multifactorial models, which will enable a more comprehensive assessment of the impact of various components of mathematical training on cadets' overall academic performance.

Keywords: one-way ANOVA in Microsoft Excel; Tukey HSD test; Cohen's d effect size; Data Analysis add-in, Real Statistics Resource Pack add-in.

Постановка проблеми. Під час вивчення математичних дисциплін у вищих військових навчальних закладах важливо не лише фіксувати академічні результати курсантів, а й аналізувати можливі фактори, які можуть на них впливати. Значущість впливу факторів дозволяє оцінити один із потужних інструментів математичної статистики – дисперсійний аналіз [1].

У даній роботі розглядається застосування однофакторного дисперсійного аналізу для оцінки зв'язку між результатами успішності вивчення лінійної та векторної алгебри у першому семестрі та математичного аналізу у другому семестрі серед курсантів льотного факультету ХНУПС ім. І. Кожедуба. Для цього обрано дві групи курсантів першого курсу з реальної педагогічної практики викладачів кафедри вищої математики.

Наша робота актуальна для вдосконалення системи підготовки військових спеціалістів і буде цікавою навіть для тренування навичок обчислень статистики у прикладних надбудовах MS Excel.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У великій кількості класичних навчальних посібників [1; 4; 6; 8] розглядаються як фундаментальні основи теорії ймовірностей і математичної статистики, так і праці, які фокусуються на статистичному аналізі результатів експериментальних вимірювань та використанні ймовірно-статистичних методів у дослідженнях, що мають прикладну цінність для технічних спеціальностей.

У свою чергу, [12] адаптували складні математичні методи до потреб психолого-педагогічних досліджень, що є важливим для військової сфери. Прикладні інструменти та IT-рішення сучасними програмними засобами MS Excel та Wolfram Mathematica, а також методологічні аспекти використання інформаційних технологій у навчанні студентів та курсантів технічних спеціальностей розглядаються у [2; 10]. Найзручнішим середовищем для розрахунків, яке не вимагає складних навичок програмування, є MS Excel. Автори у [10] орієнтують на практичну спрямованість розрахунків статистичних даних для прикладних задач саме у MS Excel. Значний внесок у розвиток методології IT у навчанні зроблено авторами у [7], розглянувши питання інтеграції інформаційних технологій у підготовку студентів математичних спеціальностей.

Крім IT складової слід відмітити і наукові зв'язки. В математичному аналізі важливу роль відіграють поняття векторного простору, особливо для функції багатьох змінних, для роботи з похідними, градієнтами тощо. Якобіан переходу до сферичних координат – це визначник, який курсанти вже добре навчилися обчислювати у курсі лінійної алгебри. При моделюванні задач аналізу з застосуванням диференціальних рівнянь часто доводиться розв'язувати системи лінійних алгебраїчних рівнянь та розуміти поняття власних значень і власних векторів [11]. І взагалі, лінійна алгебра навчає точності в обчисленнях, формує аналітичне мислення, яке так необхідне для оперування складними поняттями у курсі математичного аналізу.

Мета дослідження. Оцінка зв'язку результатів успішності математичних дисциплін у першому та у другому семестрі серед курсантів льотного факультету ХНУПС ім. І. Кожедуба за допомогою ANOVA.

Методи дослідження.

Для розрахунків використано інструменти MS Excel, зокрема надбудову Data Analysis, яка дає змогу швидко й наочно отримати статистичні висновки. Для застосування тесту Tukey HSD використано додаткову надбудову Real Statistics Resource Pack.

Методика розрахунків. Для статистичного аналізу застосовано однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) за допомогою надбудови Data Analysis у MS Excel. Розрахунок здійснювався для п'яти рівнів фактора А (оцінки з лінійної та векторної алгебри) з дев'ятьма спостереженнями у кожному рівні. Для апостеріорного аналізу використано надбудову Real Statistics Resource Pack, у якій проведено тест Tukey HSD та обчислено величину ефекту Cohen's d для визначення практичної значущості відмінностей. Рівень значущості обрано $\alpha = 0,05$. Всі обчислення виконано без залучення зовнішніх статистичних пакетів програмного забезпечення.

Перевірка нормальності розподілу. Перед застосуванням однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) було перевірено дотримання умови нормальності розподілу з використанням функцій описової статистики у середовищі MS Excel. Незначні відхилення від нормального розподілу є допустимими для застосування ANOVA, оскільки групи мають рівну чисельність ($n = 9$) і метод є стійким до помірних відхилень від нормальності.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Опис гіпотези. Розглянемо вплив якісного фактора *A* на результуючий показник. Фактор *A* – результати вивчення лінійної та векторної алгебри (оцінка заліку за 100-бальною рейтинговою шкалою у першому семестрі). Результуючий показник – успішність курсанта з математичного аналізу (оцінка з іспиту у другому семестрі). Висуваємо гіпотезу H_0 про відсутність впливу фактора *A* на результуючий показник.

Таблиця 1.

**Таблиця рейтингових балів заліку двох навчальних груп у першому семестрі (фактор А)
та іспиту у другому семестрі (результуючий показник)**

Навчальна група 1		Фактор А	Результуючий показник	Навчальна група 2		Фактор А	Результуючий показник
1	Ані*	55	65	1	Бор*	43	50
2	Ант*	50	50	2	Гри*	88	65
3	Біл*	53	50	3	Доб*	46	35
4	Буг*	66	65	4	Дор*	50	50
5	Ванж*	35	0	5	Ква*	55	56
6	Вані*	55	50	6	Кол*	80	90
7	Гон*	59	50	7	Кон*	67	50
8	Жме*	66	67	8	Лан*	66	90
9	Кар*	80	50	9	Люл*	84	51
10	Кол*	35	50	10	Ніщ*	35	35
11	Лав*	80	80	11	Пет*	65	55
12	Мед*	89	90	12	Рад*	57	50
13	Мел*	57	50	13	Сах*Л	65	55
14	Море*	82	51	14	Сах*Т	50	50
15	Моро*	60	50	15	Сев*	65	50
16	Неп*	83	62	16	Сір*	35	35
17	Окт*	52	50	17	Ски*	57	50
18	Пал*	65	67	18	Тка*	35	35
19	Ред*	60	50	19	Тон*	35	35
20	Сан*	50	68	20	Фес*	65	70
21	Сем*	86	50	21	Хом*	50	50
22	Тор*	52	50	22	Цех*	53	50
				23	Шев*	35	35

* – прихована частина прізвища для конфіденційності.

Розглянемо п'ять рівнів фактору А:

- 1) Level 1 – кількість балів у першому семестрі менше 50 балів (оцінка незадовільно F);
- 2) Level 2 – кількість балів у першому семестрі від 50 до 54 балів (оцінка достатньо E);
- 3) Level 3 – кількість балів у першому семестрі від 55 до 64 (оцінка задовільно D);
- 4) Level 4 – кількість балів у першому семестрі від 65 до 79 (оцінка добре C);
- 5) Level 5 – кількість балів у першому семестрі більше 79 (оцінка А та В об'єднані, оскільки мала чисельність).

Для подальших розрахунків однофакторного дисперсійного аналізу у MS Excel нам буде потрібна така таблиця:

Таблиця 2.

Розподіл балів результуючого показника відповідно до рівнів фактору А

Рівні фактору А	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Level 1	0	50	50	35	35	35	35	35	35
Level 2	50	50	50	68	50	50	50	50	50
Level 3	65	50	50	50	50	50	56	50	50
Level 4	65	67	67	50	90	55	55	50	70
Level 5	50	80	90	51	62	50	65	90	51

Кожна цифра – це оцінка деякого курсанта з математичного аналізу. Наприклад, перше число у таблиці 2 означає, що курсант отримав 0 балів з математичного аналізу та результати його заліку з лінійної та векторної алгебри менше 50 балів. Для обчислення у MS Excel обираємо вкладку Дані, інструмент Data Analysis, надбудова Anova:Single Factor (рис. 1):

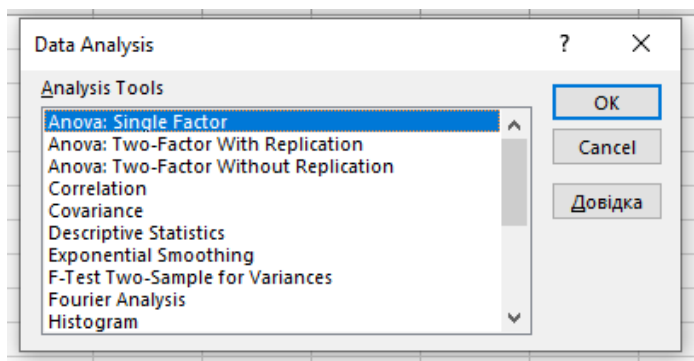


Рис. 1. Інтерфейс надбудови Data Analysis

У нашому випадку п'ять рівнів фактора А по дев'ять спостережень, в опитуванні брали участь 45 курсантів. Обираємо ймовірність помилки, що дорівнює 5% ($\alpha=0,05$). У Input Range вводимо посилання на всі комірки таблиці 2 без заголовка, у Output Range обираємо комірку виводу даних, у нашому випадку \$C\$9 (рис. 2).

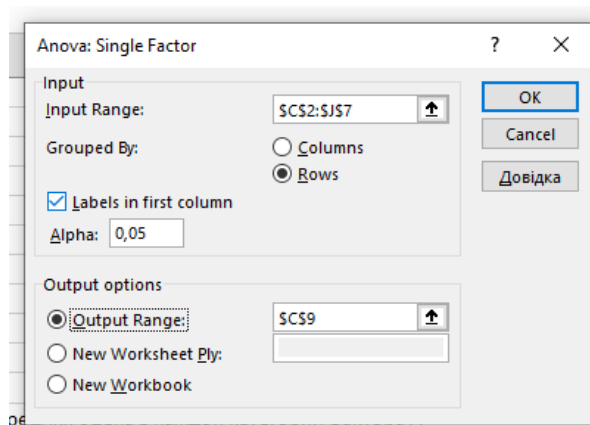


Рис. 2. Заповнення параметрів Anova:Single Factor

Отримали результат (рис. 3 та 4). Середню оцінку фактора А виділено жирним (рис. 3).

	A	B	C	D	E
1	ANOVA: Single Factor				
2					
3	DESCRIPTION				
4	Group	Count	Sum	Mean	Variance
5	Level 1	9	310	34,44444	209,0278
6	Level 2	9	468	52	36
7	Level 3	9	471	52,33333	26,5
8	Level 4	9	569	63,22222	159,9444
9	Level 5	9	589	65,44444	290,5278

Рис. 3. Anova: Single Factor, середня оцінка та варіація при кожному рівні фактора А

Однофакторний дисперсійний аналіз дозволяє визначити чи є статистично значуща або не значуща відмінність між середніми значеннями кількох рівнів. Іншими словами, він допомагає з'ясувати, чи впливає певний фактор А (незалежна змінна) на результуючий показник (залежну змінну). Такий аналіз особливо корисний у дослідженнях, де потрібно порівняти ефекти різних умов або категорій на певний результат. Для цього беремо значення F та F_{crit} (рис. 4).

Оскільки експериментальне значення $F = 9,41$ більше критичного значення $F_{crit} = 2,61$ [9], то з ймовірністю 95% нульова гіпотеза H_0 про відсутність впливу фактора А на результуючий показник відхиляється. Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,48$ вказує на великий ефект фактору А, але він не є єдиним. Для остаточного розуміння впливу на результати успішності з математичного аналізу треба враховувати більш широкий спектр факторів. Сюди може входити як когнітивні, так і мотиваційні фактори, а також вплив викладача і навчального середовища [3; 5].

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	5435,244	4	1358,811	9,41	1,85648E-05	2,61
Within Groups	5776	40	144,4			
Total	11211,24	44				

Рис. 4. Anova: Single Factor, розрахунки для перевірки значущості

Хоча дисперсійний аналіз (ANOVA) показав наявність різниці, він не вказує, де саме ці відмінності. Ми можемо зробити це, виконавши апостеріорні тести для порівняння кожної пари груп. Після проведення дисперсійного аналізу (ANOVA) і відхилення основної гіпотези можна провести, наприклад, тест Tukey HSD для визначення, які саме пари рівнів суттєво відрізняються. На жаль, вбудований в MS Excel інструмент ANOVA не виконує автоматично Tukey HSD тест. Встановлюємо у MS Excel додаткову безкоштовну надбудову Real Statistics Resource Pack (рис. 5) для прямого доступу до Tukey HSD у самому Excel, без введення формул вручну.

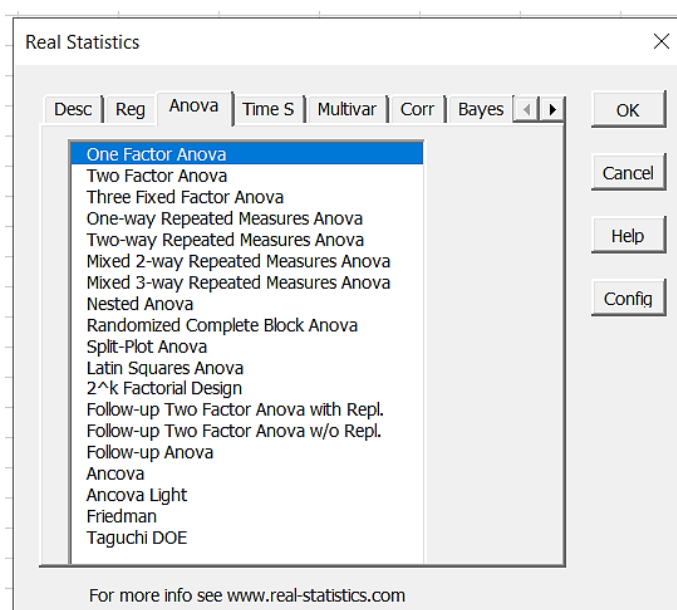


Рис. 5. Інтерфейс надбудови Real Statistics Resource Pack

Проведений тест Tukey HSD і обчислення Cohen d (рис. 6, 7, 8) показують, які саме пари рівнів фактора А мають статистично значущу різницю при $\alpha = 0,05$.

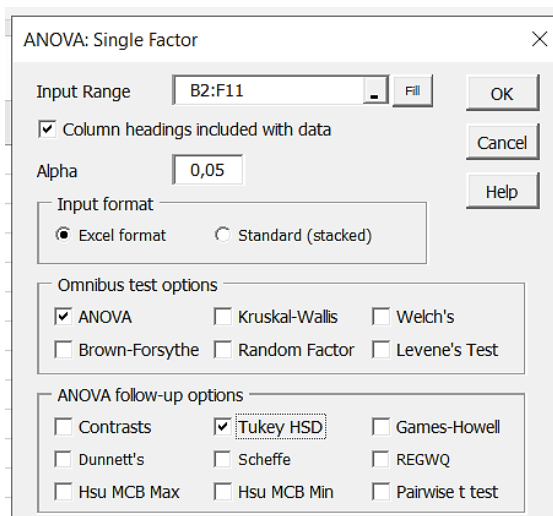


Рис. 6. Вікно Tukey HSD test

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0,05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
Level 1	34,44444	9	1672,222		
Level 2	52	9	288		
Level 3	52,33333	9	212		
Level 4	63,22222	9	1279,556		
Level 5	65,44444	9	2324,222		
		45	5776	40	4,039

Рис. 7. Проміжний результат Tukey HSD test

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Level 1	Level 2	17,55556	4,005552	4,382806	1,377132	33,73398	0,027619	16,17842	1,460935
Level 1	Level 3	17,88889	4,005552	4,466024	1,710466	34,06731	0,023793	16,17842	1,488675
Level 1	Level 4	28,77778	4,005552	7,184473	12,59935	44,9562	8,62E-05	16,17842	2,394824
Level 1	Level 5	31	4,005552	7,739258	14,82158	47,17842	2,48E-05	16,17842	2,579753
Level 2	Level 3	0,333333	4,005552	0,083218	-15,8451	16,51176	0,999997	16,17842	0,027739
Level 2	Level 4	11,22222	4,005552	2,801667	-4,9562	27,40065	0,293561	16,17842	0,933889
Level 2	Level 5	13,44444	4,005552	3,356453	-2,73398	29,62287	0,143798	16,17842	1,118818
Level 3	Level 4	10,88889	4,005552	2,718449	-5,28953	27,06731	0,32256	16,17842	0,90615
Level 3	Level 5	13,11111	4,005552	3,273235	-3,06731	29,28953	0,161491	16,17842	1,091078
Level 4	Level 5	2,222222	4,005552	0,554786	-13,9562	18,40065	0,994791	16,17842	0,184929

Рис. 8. Остаточний результат Tukey HSD-тесту і значення Cohen d

Стовпець Cohen d показує практичну значущість різниці. Сильний ефект, якщо значення $|d| \geq 0,8$, Level 1 сильно відрізняється від інших, ця різниця є дуже важливою на практиці. Середній ефект $|d| \geq 0,5$ вказує на помітну відмінність між групами, незалежно від статистичної значущості. Значення $|d| < 0,5$ підтверджує статистичну несуттєвість рівнів, наприклад, Level 4 і Level 5 не відрізняються ні статистично, ні практично.

Різниця між, наприклад, Level 2 і Level 5 та Level 3 і Level 5 є практично дуже суттєвою (вони відрізняються більш ніж на одне стандартне відхилення), однак, p-value для цих пар (0,143 та 0,161) вище 0,05, тест Tukey HSD консервативно оголошує ці відмінності статистично не значущими. Ця розбіжність вказує на те, що, хоча ефект існує і він великий, його не вдалося довести як статистично надійний у рамках тесту Tukey HSD, що пов'язано з помірною потужністю тесту через невеликий розмір вибірки $n=9$ у кожній групі. Надалі може бути рекомендовано зробити багатофакторний або регресійний аналіз.

Level 1 має унікальний статистичний ефект порівняно з іншими рівнями фактора, він відповідає найнижчій групі успішності з лінійної та векторної алгебри (менше 50 балів, або оцінка незадовільно F), статистично відрізняється від усіх інших, витягуючи загальну значущість ANOVA.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведено однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA та тест Tukey HSD у MS Excel з застосуванням надбудов Data Analysis та Real Statistics Resource Pack. Тест Tukey HSD показав, що критичним порогом є успішність нижче 50 балів (Level 1), тоді як між усіма групами з успішністю 50 балів і вище (Level 2-5) суттєвої різниці в успішності з математичного аналізу не виявлено.

Згідно з отриманими результатами можна зробити пропозиції щодо покращення успішності:

1. Надавати додаткову підтримку курсантам з низькими балами шляхом проведення консультацій на ранньому рівні виявлення слабкої успішності.
2. Зосереджувати увагу курсантів на основних концепціях, які є спільними для обох дисциплін.
3. Тренувати точність в обчисленнях шляхом посиленого та пришивдшеного засвоєння елементарної математики.

Частка неврахованих факторів 52 % вказує на необхідність у подальших дослідженнях враховувати додаткові фактори, щоб краще зрозуміти взаємозв'язки, що впливають на академічну успішність курсантів та розробити ефективні підходи для підтримки курсантів всіх груп. Також замість однофакторного дисперсійного аналізу варто перейти до багатофакторного дисперсійного або регресійного аналізу для встановлення взаємозв'язку між великою кількістю факторів.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Доступність даних. Дані, використані в дослідженні (Таблиця 1 та Таблиця 2), є реальними академічними результатами успішності курсантів льотного факультету ХНУПС ім. І. Кожедуба.

Використання засобів штучного інтелекту (ШІ). Під час підготовки цієї роботи автори не використовували інструменти штучного інтелекту.

Список використаних джерел

1. Барковський В. В., Барковська Н. В., Лопатін О. К. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник. К.: ЦНЛ, 2006. 424 с.
2. Вовчук С.В., Удодова О.І. Статистичний аналіз впливу факторів на моральний потенціал учасників бойових дій у системі Wolfram Mathematica. *Збірник наукових праць "Системи обробки інформації"*. 2023. Т 172, №1. С. 13-19. <https://doi.org/10.30748/soi.2023.172.02>
3. Кубіцький С. О., Вознюк О.В. Розвиток мотивації курсантів. *Вісник Національної Академії Оборони України. Збірник наукових праць*. 2006. № 2. С. 82-87.
4. Бахрушин В.Є. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с.
5. Психологія управління військами : підручник ; вид. 2-ге, перероб. та допов. / В. І. Осьодло, О. П. Ковальчук, Д. П. Лисенко та ін.; за заг. ред. В. В. Стасюка. Київ : НУОУ, 2024. 532 с.
6. Руденко В. М. Математична статистика. Навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.
7. Співаковський О. В. Теорія і практика використання інформаційних технологій у процесі підготовки студентів математичних спеціальностей : монографія. Херсон : Айлант, 2003. 250 с
8. Єременко В.С., Куц Ю.В., Мокійчук В.М., Самойліченко О.В. Статистичний аналіз даних вимірювань: навч. посіб. К.: НАУ, 2013. 320 с.
9. Таблиці функцій та критичних точок розподілів. Розділи: Теорія ймовірностей. Математична статистика. Математичні методи в психології. / уклад.: М.М. Горонескуль. Х.: УЦЗУ, 2009. 90 с.
10. Толбатов Ю. А. Статистика засобами Excel : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. за освіт.-кваліфікац. прогр. бакалавра в галузі знань "Економіка і підприємництво". К. : Ун-т "Україна", 2013. 324 с.
11. Фурсенко О. К., Черновол Н. М. Ланчестерівські моделі бойових дій. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2020. № 4(66). С. 85-91. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.66.12>
12. Шинкарук О. М., Боровик Л. В., Боровик О. В. Імовірнісно-статистичні методи в психолого-педагогічних дослідженнях: навч. посіб. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2019. 272 с.

References

1. Barkovsky V. V., Barkovska N. V., Lopatin O. K. Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka: navchalnyi posibnyk. K.: TsNL, 2006. 424 s.
2. Vovchuk S.V., Udodova O.I. Statystychnyi analiz vplyvu faktoriv na moralnyi potentsial uchasnykiv boiovykh dii u systemi Wolfram Mathematica. Zbirnyk naukovykh prats "Systemy obrobky informatsii". 2023. T 172, №1. S. 13-19. <https://doi.org/10.30748/soi.2023.172.02>
3. Kubitskyi S. O., Vozniuk O.V. Rozvytok motyvatsii kursantiv. Visnyk Natsionalnoi Akademii Oborony Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats. 2006. № 2. S. 82-87.
4. Bakhrushyn V.Ye. Metody analizu danykh : navchalnyi posibnyk dlia studentiv. Zaporizhzhia : KPU, 2011. 268 s.
5. Psykholohiia upravlinnia viiskamy : pidruchnyk ; vyd. 2-he, pererob. ta dopov. / V. I. Osodlo, O. P. Kovalchuk, D. P. Lysenko ta in.; za zah. red. V. V. Stasiuka. Kyiv : NUOU, 2024. 532 s.
6. Rudenko V. M. Matematychna statystyka. Navch. posib. K.: Tsentr uchbovoi literatury, 2012. 304 s.
7. Spivakovskiy O. V. Teoriia i praktyka vykorystannia informatsiinykh tekhnolohii u protsesi pidhotovky studentiv matematychnykh spetsialnostei : monohrafiia. Kherson : Ailant, 2003. 250 s
8. Yeremenko V.S., Kuts Yu.V., Mokiichuk V.M., Samoilichenko O.V. Statystychnyi analiz danykh vymiriuvan: navch. posib. K.: NAU, 2013. 320 s.
9. Tablytsi funktsii ta krytychnykh tochok rozpodiliv. Rozdily: Teoriia ymovirnostei. Matematychna statystyka. Matematychni metody v psykholohii. / uklad.: M.M. Horoneskul. Kh.: UTsZU, 2009. 90 c.
10. Tolbatov Yu. A. Statystyka zasobamy Excel : navch. posib. dlia stud. vyshch. navch. zakl. za osv't.-kvalifikats. progr. bakalavra v haluzi znan "Ekonomika i pidpriemnytstvo". K. : Un-t "Ukraina", 2013. 324 s.
11. Fursenko O. K., Chernovol N. M. Lanchesterovski modeli boiovykh dii. Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl. 2020. № 4(66). S. 85-91. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.66.12>
12. Shynkaruk O. M., Borovyk L. V., Borovyk O. V. Imovirnisno-statystychni metody v psykholoho-pedahohichnykh doslidzhenniakh: navch. posib. Khmelnytskyi : Vydavnytstvo NADPSU, 2019. 272 s.

| Матеріал надійшов до редакції: 16.09.2025 р. | Прийнято до друку: 27.10.2025 р. | Опубліковано: 28.11.2025 р. |



This work is licensed under a Creative Commons License Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).