

УДК 655; 519.22/.25

DOI: 10.20535/2077-7264.1(79).2023.273617

© К. І. Золотухіна, канд. техн. наук, доц.,
О. І. Кушлик-Дивульська, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
Н. В. Поліщук, канд. фіз.-мат. наук,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ В ПОЛІГРАФІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Показано стан поліграфічної галузі у воєнний час. Проаналізовано важливість математичних знань для аналізу достовірності отриманих виробничих, експериментальних даних, їх статистичного опрацювання, побудови математичних моделей для видавничо-поліграфічної галузі тощо. Увиразнено сутність застосування програмних документів для дослідження виробничих задач в ракурсі інноваційних інформаційних технологій.

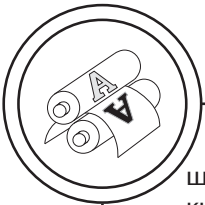
Ключові слова: поліграфія; дослідження; опрацювання результатів; статистика; нормальний розподіл; Statistica; похибка; достовірність даних; вимірювання показників.

Постановка проблеми

Математична грамотність студента, магістра і в майбутньому фахівця виробничої галузі є локомотивом зростання промисловості, позитивом для змін фінансово-економічної ситуації у воєнний час та для післявоєнної відбудови галузевого виробництва. Статистичне опрацювання результатів експериментальних досліджень, побудова математичних моделей передбачає вирішення сьогодні та в майбутньому ряду задач: досягнення оптимізації у виборі альтернативних рішень; покращення виробництва за рахунок відновлення зруйнованого війною чи створенням за новими форматами більш сучасних ліній тощо; запровадження нових методик до-

слідження, опрацювання експериментальних даних для подальшого їх аналізу.

Як зазначено в [1], без фундаментальних знань неможливе розуміння природи навколишніх процесів і явищ... Фундаменталізацію підготовки фахівців університет має здійснювати за фізико-технічною моделлю, яка передбачає синтез глибоких загальнонаукових, природничих знань та інженерного мистецтва. На жаль, середня кількість аудиторних годин з математики по університету з 2016–2017 н.р. до 2022–2023 н.р. зменшилась з 324 до 293. За результатами ректорського контролю, у відсотках, рівень залишкових знань з приблизно 75 знизився до 50 (2021 р.). Втішним є той факт,



що порівняно з рівнем підготовки вступників в країні з математики (середній бал ЗНО): 2019 р. — 139,4; 2020 р. — 138,4; 2021 р. — 137,9; 2022 р. — 148,1 для КПІ імені Ігоря Сікорського маємо суттєво вищі показники: 2019 р. — 170,4; 2020 р. — 166,4; 2021 р. — 167,9; 2022 р. — 174,1. Останнього року середній показник з математики є вищим у зв'язку з проведенням НМТ зі спрощеними завданнями. Більше уваги слід приділяти вивченню фундаментальної дисципліни математики, результатами засвоєння знань якої будуть: основні формули, твердження та теореми лінійної, векторної алгебри, аналітичної геометрії та математичного аналізу; знання алгоритмів і засобів оптимального пошуку розв'язків типових задач із використанням теорії ймовірностей та математичної статистики; вміння створювати математичну модель різноманітних технічних задач; застосування набутих знань для подальшого вирішення задач за допомогою інноваційних технологій.

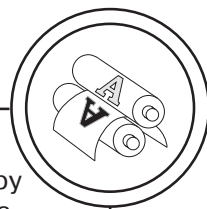
В статті розглядається опрацювання експериментальних досліджень, дослідження поліграфічних технологій з математичної (ймовірнісні процеси, елементи математичної статистики) точки зору можливість використання методик у війну та для відбудови поліграфічної галузі.

Аналіз попередніх досліджень

За попередніми даними Книжкової палати з випуску книжок цього року порівняно з 2021 р. фіксують падіння за назвами на 47 %, а за накладками — на 56 %, початок грудня 2022 р. І це по-

рівняно з ковідним роком. За інформацією МКІП 350 бібліотек розбомблено. Всі бібліотеки, які були на окупованих територіях, розграбовані. Але більшість видавництв працюють попри ракетні обстріли та повітряні тривоги, довготривалі відімкнення світла. Виходять нові видання, але для них більшість макетів було підготовлено у довоєнний час. Підвищився попит на українську книжку за кордоном не тільки через величезну кількість біженців з України. Збільшився попит на купівлю ліцензій на видання українських авторів, потрібно продумувати спеціальні кроки для забезпечення просування української літератури за кордоном. Можливе складання електронних каталогів, видання літератури невеликими накладками. Складним очікується 2023-й р. і не тільки через блек-аут, а через нестачу кадрового забезпечення (волонтерство, захист країни у лавах ЗСУ, виїзд за кордон через небезпеку життя), також через навчання фахівців останні роки у дистанційному форматі.

Важливість функціонування поліграфічної промисловості у воєнний час — один із складових чинників наближення перемоги та актуальне завдання сьогодення. Вміння обирати правильні рішення стосовно видання продукції, зв'язок з бізнес-структурами, значні можливості для технологій цифрового лазерного та струминного друку, зростання обсягів цифрового друку, проникнення ІТ в робочі процеси друкарні тощо — далеко не повний перелік задач, які потребують безлічі інструментів для оптимізації робочих процесів. І тут, одним із важливих чин-



ників, є вміння застосовувати отримані знання фундаментальних дисциплін в прикладній поліграфічній галузі.

Найчастіше використовуваним для розв'язання багатьох практичних задач економічного змісту, при плануванні виробничих процесів, їх удосконалення є метод аналітичної ієрархії (МАІ). За допомогою МАІ отримують структуру у виді ієрархії, що дозволяє уникнути складних порівнянь, замінивши їх попарними. Цей метод дає змогу перевіряти послідовність (несуперечливість) тверджень експерта. Доступність математичного апарату та основної ідеї Сааті, методика його реалізації у середовищі Excel дозволила застосувати цей метод для вирішення проблематичних завдань з вибору процесів, технічного забезпечення та проектів у різних галузях, зокрема, і для управлінських цілей [2, 3].

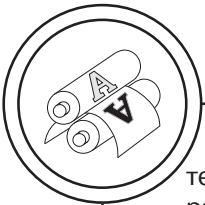
В роботах [4, 5] показано розв'язання задачі придбання однієї із трьох друкарських машин офсетного способу друку В3 формату: Hamada B452A+KBC, Ryobi 524HXX Type A та Heidelberg SM 52-4 за їх відповідними технічними характеристиками. За наведеними даними побудовано ієрархічну структуру задачі придбання описаних друкарських машин, побудовано матриці попарних порівнянь.

В статті [6] МАІ проведено наближені методи обчислення власних векторів та власних чисел матриць попарних порівнянь, визначення коефіцієнтів узгодженості суджень експерта та метод згортання критеріїв для побудованої математичної моделі бага-

токритеріальної задачі вибору місця працевлаштування спеціаліста.

Математичний апарат використовується у відомих критеріях Вальда, Лапласа, Севіджа, Гурвіца прийняття рішень в умовах повної невизначеності [7]. Як приклад, у [8] розглянуто задачу необхідності вибору інвестиційного плану в поліграфічне підприємство, яку подано в інвертному виді, а саме у виді матриці можливих втрат. Показано на прикладі використання критеріїв прийняття рішень в умовах часткової невизначеності, у виді задачі з мінімізації можливих втрат. Обрано оптимальну стратегію, ґрунтуючись на аналізі критеріїв вибору.

Інтенсифікація виробництва зумовлює підвищення вимог до чіткості та якості виконання операцій, передбачає оперативне реагування на будь-які ситуації відхилення від нормативного процесу. Можливість оптимального налаштування виробничого процесу на відповідному етапі його підготовки чи в процесі безпосередньої його роботи можна теоретично формально обґрунтувати за допомогою теорії ймовірності, визначати надійність системи, виявляти наявні парадокси та пропонувати можливі способи їх уникнення. В роботі [9] досліджено надійність роботи промислового виробничого комплексу з трьох друкарських машин та однієї ремонтної бригади. Питання надійності такої системи розглянуто при послідовному з'єднанні, фінальні ймовірності станів визначено за формулами Ерланга. Проведено дослідження надійності системи як функції зведеної ін-



тенсивності за допомогою диференціального числення на екстремум.

Відомості про відмови поліграфічних машин, про термін служби окремих деталей і вузлів, а також трудомісткість їх ремонту, отримані на основі збирання й обробки статистичних даних на видавничо-поліграфічних підприємствах дозволяють оцінити методи й умови роботи, ремонту і технічного обслуговування машин, тобто правильність організації процесу експлуатації техніки [10]. Показано також використання нормального закону розподілу й похідного від нього логарифмічно-нормального, які найчастіше використовуються під час опису розподілу параметрів робочої поверхні абразивного інструмента та початкових характеристик шліфпорошків.

Мета роботи

Застосування методів математичного аналізу, статистики та опрацювання експериментальних, виробничих, економічних даних, отриманих в результаті діяльності підприємств видавничо-поліграфічної галузі для прийняття коректних рішень на благо діяльності виробництва.

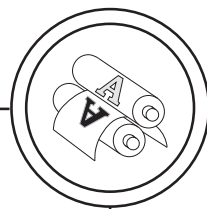
Результати проведених досліджень

Пакети статистичного аналізу даних є наріжним робочим інструментом фахівців будь-якого рівня. Важливим є знання статистичних методів обробки інформації та сучасних комп'ютерних технологій, які дозволяють автоматизувати громіздкі розрахунки. Сучасний спеціаліст повинен володіти не одним, а декількома

основними програмними засобами, в яких закладені методи статистичного аналізу. Найбільш використовують MSExcel: широкий діапазон засобів для аналізу статистичних та експериментальних даних із використанням вбудованих математичних, статистичних функцій та можливість використання надбудови [11].

В роботі для здійснення статистичного опрацювання вибірки даних використано експериментальні числові значення, отримані в результаті вивчення поверхні задруковуваних матеріалів. Обрані для проведення дослідження задруковувані матеріали, мали такі характеристики: папір офсетний масою 1 м. кв. — 80 г; білизною — 130; зі ступенем глянцею 75, % (ISO/DIS 8254-1) — 65; папір газетний масою 1 м. кв. — 47 г, білизною — 59; папір крейдований масою 1 м. кв. — 250 та 130 г; білизною D65, % (ISO 2470-2) — 99; зі ступенем глянцею 75, % (ISO/DIS 8254-1) — 70; аркуші пластику з полівінілхлориду (ПВХ) та полістиролу (ПС) товщиною 0,5 мм; папір для струминного друку масою 1 м. кв. — 100 та 230 г; біла одностороння плівка товщиною 100 мкм. Матеріали в подальшому використовувалися для визначення друкарсько-технічних характеристик сучасних фарб і моделювання взаємодії та взаємовпливу параметрів технологічного середовища друкарського контакту при друкуванні офсетним та трафаретним способами друку.

Для контролю кольоровідтворення відбитків офсетного та трафаретного способів друку здійснюють вимірювання оптичних і колірних показників плашки. Дані показники залежать від стану по-



папір UPM Gloss 80 за стандартом_без покриття_білого кольору												
Координ	Номер вибірки							Сер. Арифм.	ΔE	Статистична обробка		
	1	2	3	4	5	6	7			D	S	Δx
L	92,48	92,58	92,7	91,47	91,81	91,47	92,6	92,16	2,61	0,31	0,55	0,50
a	1,94	1,56	1,43	1,46	1,32	1,49	1,89	1,58		0,06	0,24	0,21
b	-5,68	-5,68	-4,63	-4,78	-4,55	-4,57	-5,0	-5,07		0,30	0,55	0,50

Рис. 1. Обчислення дисперсії

верхні задрукованого матеріалу, її структури, ступеня білості, поверхневої обробки та багатьох інших чинників. Вхідний контроль матеріалів є рекомендованим при надходженні нових зразків на підприємство та подальшому їх використанні у виробничому циклі. Як правило, контроль колірних показників поверхні задрукованого матеріалу дає можливість спрогнозувати подальшу якість відбитків та передбачити необхідність обробки матеріалу для їх покращення тощо.

За допомогою спектрофотометру Datacolor 110 R та Eye-One Pro виміряно оптичні та спектральні характеристики задрукованих матеріалів.

Для кожного з видів задрукованих матеріалів було зроблено по сім вимірів координат CIE Lab та статистично оброблено отримані результати. Із використанням MSEXcel обчислення проводились із математичним заданням відповідних формул (рис. 1, 2).

Для всіх матеріалів підраховано колірні відмінності. Визначалися зміни колірних характеристик ΔE, координати в системі CIE LAB — L*, a*, b*. Під час порівняння даних спектрофотометричного

вимірювання із стандартизованими значеннями проводився контроль об'єктивних фізичних характеристик і подальший їх колориметричний аналіз, що враховує суб'єктивне сприйняття.

Значення ΔE обраних для дослідження матеріалів знаходяться у межах норми та не перевищують п'ять одиниць (табл.), однак фарбосприйняття та фарбоперенесення можуть мати певні відмінності. Тому за допомогою статистичної обробки можна переконатися в достовірності отриманих даних, відсутності суттєвих помилок та можливості використання даних матеріалів для задрукування і отримання відбитків зі стабільним кольоровідтворенням.

Провідним пакетом статистичного аналізу є система STATISTICA [11], яка заснована на найсучасніших технологіях, відповідає новітнім досягненням в області ІТ, дозволяє вирішувати будь-які завдання аналізу і обробки даних, ідеально підходить для застосування в будь-якій сфері, зокрема і в поліграфічній галузі.

Для наведених даних вимірювань використано пакет STATISTICA 12. Послідовне натискання Statistics → Basic Statistics →

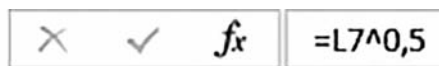
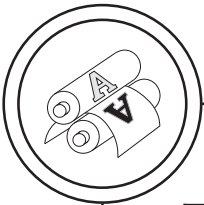


Рис. 2. Задання функції для середньоквадратичного відхилення



Колірні характеристики задруковуваних матеріалів

Координати	Номер вибірки							\bar{X}	ΔE	Статистична обробка		
	1	2	3	4	5	6	7			D	S	Δx
Офсетний папір UPM Fine Gloss, 80 г/м ² , без покриття, білого кольору												
L	92,48	92,58	92,7	91,47	91,81	91,47	92,6	92,16	2,61	0,31	0,55	0,50
a	1,94	1,56	1,43	1,46	1,32	1,49	1,88	1,58		0,06	0,24	0,21
b	-5,68	-5,68	-4,63	-4,78	-4,55	-4,57	-5,6	-5,07		0,30	0,55	0,50
Аркуші пластику з ПВХ												
L	94,49	95,32	94,28	93,98	93,93	95,5	94,45	94,56	2,77	0,38	0,62	0,56
a	-0,67	-0,73	-0,72	-0,56	-0,17	-0,73	-0,56	-0,59		0,04	0,20	0,18
b	-2,16	-2,34	-2,02	-1,75	-2,02	-2,28	-2,34	-2,13		0,05	0,22	0,20
Аркуші пластику з ПС												
L	89,53	89,36	89,6	89,15	89,55	89,59	89,5	89,47	3,37	0,03	0,16	0,15
a	-0,96	-0,88	-0,93	-0,88	-0,98	-0,96	-0,97	-0,94		0,00	0,04	0,04
b	-1,07	-0,98	-1	-0,8	-1,07	-0,98	-0,95	-0,98		0,01	0,09	0,08
Крейдований папір Magno Satin Suppi, 130 г/м ²												
L	93,83	93,52	93,93	93,91	93,83	94,07	94,09	93,88	3,41	0,04	0,19	0,17
a	0,6	0,67	0,61	0,98	0,95	0,76	0,74	0,76		0,02	0,15	0,14
b	0,17	0,99	-0,07	-0,84	-0,5	-0,75	-0,85	-0,26		0,46	0,68	0,62
Крейдований папір Lumiart, 230 г/м ²												
L	92,26	95,18	94,91	94,78	95,29	95,34	95,16	94,70	4,02	1,20	1,10	0,99
a	-0,21	-0,19	-0,11	-0,33	-0,16	-0,31	-0,11	-0,20		0,01	0,09	0,08
b	-0,91	-0,51	1,53	2,67	-1,32	-1	-0,69	-0,03		2,29	1,51	1,37

ISSN 2077-7264. Технологія і техніка друкарства. 2023. № 1(79)

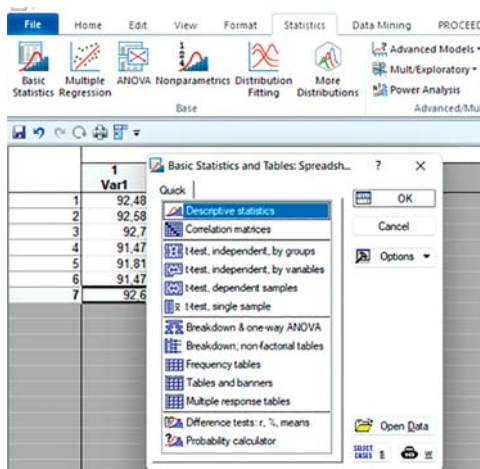


Рис. 3. Початок опрацювання даних

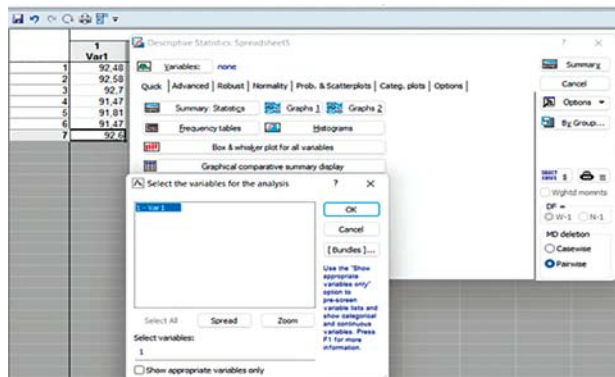
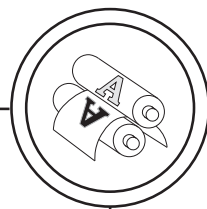


Рис. 4. Вибір кнопки залежно від мети дослідження

Descriptive Statistics → OK (рис. 3) приведе до початку виконання задачі. Для того, щоб побачити описові статистики, слід натиснути Summary (рис. 4), тобто обчислення основних характеристик, включаючи середньоквадратичне відхилення (рис. 5). В інших закладках можна налаштувати і подивитись більш детальні характеристики.

Обравши Graphs 1 (рис. 4) та змінну Var 1, отримано набагато більше обчислень поставленої задачі (рис. 6): побудована гістограма, вказано обсяг вибірки, медіана, найменше та найбільше значення, середнє квадратичне відхилення; зображена «коробка з вусами», в якій маленький прямокутник відповідає значенню медіани, великий прямокутник — нижній та верхній квантілі, а вуса — найменшому та найбільшому значенню вибірки. Також є зображення з точками та прямою, яка

є підказкою до визначення закону розподілу досліджуваних даних. Отриманий Q-Q графік аналізують таким чином: чим ближче точки графіка розміщені до прямої, тим краще заданий тип розподілу описує дані вибірки (обрано нормальний закон розподілу).

Ватро зауважити, що за допомогою меню з двох груп запропонованих розподілів (рис. 7) «Continuous Distributions» — неперервні розподіли (шість основних типів і можливість додаткового вибору «Others») та «Discrete Distributions» — дискретні розподіли (чотири типи) вибирають один з теоретичних законів розподілу, який, враховуючи висновки візуального оцінювання емпіричного розподілу досліджуваного ряду, найбільше підходить до емпіричного розподілу. На рис. 6 також показано гістограму даних, її графічне порівняння з щільністю обраного нормального розподілу.

Descriptive Statistics (Spreadsheet5)					
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std. Dev.
Var1	7	92.15857	91.47000	92.70000	0.553577

Рис. 5. Вид на екрані обчислених основних даних

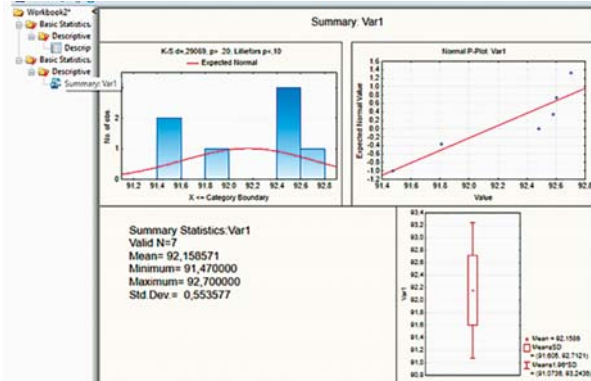
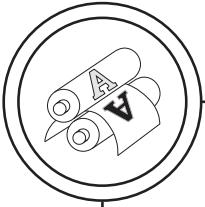


Рис. 6. Вид всіх обчислень

Оскільки вибірка невелика, то зрозумілим є отриманий результат. Загалом, обробка даних за наведеним вище алгоритмом, показала достовірність вимірювань із наявністю незначної похибки та придатність обраних матеріалів для використання у виробничому процесі виготовлення поліграфічної продукції зі стабільними кольорними показниками. Поверхня задруковуваних матеріалів однорідна за своїми кольорними показниками, відповідає наявним сертифікатам якості та стандартам і здатна в подальшому забезпечити отримання якісних відбитків.

За допомогою використання програмного пакету STATISTICA 12 показаний варіант опрацювання числових даних. Як правило, при впровадженні нового обладнання, витратних матеріалів, процесів контролю якості проміжних операцій та півфабрикатів чи готової продукції у виробництво, проводять тестування та дослідження стабільності здійснення технологічних процесів. Шляхом отримання експериментальних даних та їх статистичного опрацювання з урахуванням похибок, моделювання технологічних процесів, здійснюють по-

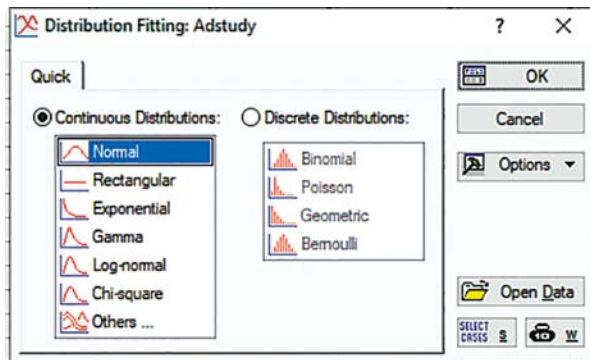
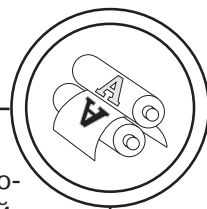


Рис. 7. Вибір розподілу



дальше коригування вхідних параметрів, що дозволяє стабілізувати технологічно-виробничі процеси поліграфічного виробництва та отримання якісної продукції.

Висновки

1. На основі проведеного аналітичного огляду видавничо-поліграфічної галузі показана важливість застосування методів математичної статистики, обчислень із використанням сучасних програмних засобів.

2. Застосування математичного моделювання дозволяє приймати вірні рішення у виборі обладнання, матеріалів, варіантів виконання технологічних процесів; налагоджувати процеси видавничо-поліграфічного виробництва із забезпеченням якості виготовленої продукції тощо.

3. На прикладі отриманих виробничих даних при виготовленні поліграфічної продукції, показано використання програмних документів для опрацювання даних та їх коректності.

Список використаної літератури

1. Фундаментальна підготовка в КПІ: стан та виклики. Режим доступу: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/files/2_Gundamentalna_pidgotovka_KPI.pdf (дата звернення 14.11.2022). Назва з екрана.

2. Кульчицька Х. Б. Застосування методу аналізу ієрархій при виборі проекту в поліграфії / Х. Б. Кульчицька, Л. С. Предко // Поліграфія і видавнича справа. 2018. № 1(75). С. 51–60. Режим доступу: <http://pvs.uad.lviv.ua/stat-ic/media/1-75/7.pdf>.

3. Селезньова Н. П. Математичне моделювання оцінок впливу політичних партій на прикладі виборів в Україні 2019 року / Н. П. Селезньова, Ю. О. Сараєва // Молодий вчений. 2020. 2(78). С. 207–213.

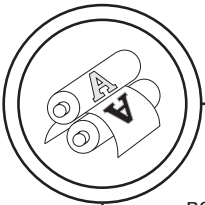
4. Кушлик Б. Р. Математичні аспекти методу аналітичної ієрархії / Б. Р. Кушлик, О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук // Матеріали VIII Міжнарод. наук.-практ. конф. «Математика в сучасному технічному університеті», Київ-Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2020. С. 106–110. Режим доступу: <http://matan.kpi.ua/public/files/2019/mvstu8/MSTU8.pdf>.

5. Кушлик Б. Р. Метод аналітичної ієрархії, його практичне застосування / Б. Р. Кушлик, О. І. Кушлик-Дивульська // Інноваційні досягнення науки та освіти: XXV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція: тези доповідей, Херсон, 15 січня 2020 р. Ч. 1. С. 24–29. Дніпро: ГО «НОК», 2020. 64 с.

6. Кушлик-Дивульська О. І. Математичні моделі задач. Метод аналізу ієрархій / О. І. Кушлик-Дивульська, Н. П. Селезньова, Б. Р. Кушлик, Н. В. Поліщук, В. І. Скринник // Зб. наук. праць «Актуальні питання природничо-математичної освіти». Суми, 2021. № 2(18). С. 30–41. Режим доступу: http://appmo.sspu.sumy.ua/wp-content/uploads/2021/12/APPMO_218_2021.pdf.

7. Кушлик-Дивульська О. І. Основи теорії прийняття рішень [Електронний ресурс]: навчальний посібник / О. І. Кушлик-Дивульська, Б. Р. Кушлик; НТУУ «КПІ». Електронні текстові дані (1 файл: 1,75 Мбайт). Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 94 с. Назва з екрана. Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/6917>.

8. Кушлик Б. Р. Задача прийняття рішення з мінімізацією можливих втрат / Б. Р. Кушлик, О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук // Матеріали VII Міжнарод. наук.-практ. конф. «Математика в сучасному технічному університеті» (С. 85–87), Київ, 28–29 грудня 2018 р. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського.



9. Поліщук Н. В. Аналіз надійності роботи триканальної системи масового обслуговування / О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук // Матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. «Математика в сучасному технічному університеті», Київ–Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2020. С. 130–133. Режим доступу: <http://matan.kpi.ua/public/files/2019/mvstu8/MSTU8.pdf>.

10. Методи досліджень та обробки у видавництві та поліграфії: курс лекцій [Електронний ресурс] // навч. посіб. для докторів філософії спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» // Укладачі: П. О. Киричок, Т. Ю. Киричок, Т. А. Роїк, О. І. Бараускене. Електронні текстові дані (1 файл: 2,38 Мбайт). К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 210 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45113/1/Metody_doslid.-2021.pdf.

11. Горбачук В. М. Теорія ймовірностей та математична статистика [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня бакалавра за технічними та економічними спеціальностями / В. М. Горбачук, О. І. Кушлик-Дивульська; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 7,93 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 351 с. Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52357>.

References

1. *Fundamentalna pidhotovka v KPI: stan ta vyklyky [Fundamental training in KPI: status and challenges]*. Retrieved from https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/files/2_Gundamentalna_pidgotovka_KPI.pdf [in Ukrainian].

2. Kulchytska, Kh. B., & Predko, L. S. (2018). Zastosuvannya metodu analizu iierarkhii pry vybori proektu v polihrafii [Application of the method of analysis of hierarchies when choosing a project in printing]. *Polihrafiia i vydavnycha sprava*, 1(75), 51–60. Retrieved from <http://pvs.uad.lviv.ua/static/media/1-75/7.pdf> [in Ukrainian].

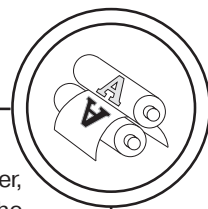
3. Seleznova, N. P., & Saraieva, Yu. O. (2020). Matematychnе modeliuвання otsinok vplyvu politychnykh partii na prykladi vyboriv v Ukraini 2019 roku [Mathematical modeling of estimates of the influence of political parties on the example of the 2019 elections in Ukraine]. *Molodyi vchenyi*, 2(78), 207–213 [in Ukrainian].

4. Kushlyk, B. R., Kushlyk-Dyvulska, O. I., & Polishchuk, N. V. (2020). Matematychni aspekty metodu analitychnoi iierarkhii [Mathematical aspects of the analytical hierarchy method]. *Materialy VIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf. 'Matematyka v suchasnomu tekhnichnomu universyteti'*, 106–110. Retrieved from <http://matan.kpi.ua/public/files/2019/mvstu8/MSTU8.pdf> [in Ukrainian].

5. Kushlyk, B. R., & Kushlyk-Dyvulska, O. I. (15 January 2020). Metod analitychnoi iierarkhii, yoho praktychne zastosuvannya [Analytical hierarchy method, its practical application]. *Innovatsiini dosiahnennia nauky ta osvity: XXV Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia*, Part 1, 24–29 [in Ukrainian].

6. Kushlyk-Dyvulska, O. I., Seleznova, N. P., Kushlyk, B. R., Polishchuk, N. V., & Skrynnyk, V. I. (2021). Matematychni modeli zadach. Metod analizu iierarkhii [Mathematical models of problems. Hierarchy analysis method]. *Zb. nauk. prats 'Aktualni pytannia pryrodnycho-matematychnoi osvity'*, 2(18), 30–41. Retrieved from http://appmo.sspu.sumy.ua/wp-content/uploads/2021/12/APPMO_218_2021.pdf [in Ukrainian].

7. Kushlyk-Dyvulska, O. I., & Kushlyk, B. R. (2014). *Osnovy teorii pryiniattia rishen [Basics of decision-making theory]*. Kyiv: NTUU 'KPI', 94 p. Retrieved from <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/6917> [in Ukrainian].



8. Kushlyk, B. R., Kushlyk-Dyvulska, O. I., & Polishchuk, N. V. (28–29 December, 2018). Zadacha pryiniattia rishennia z minimizatsiieiu mozhyvykh vtrat [The problem of decision-making with the minimization of possible losses]. *Materialy VII Mizhnar. nauk.-prakt. konf. 'Matematyka v suchasnomu tekhnichnomu universyteti'*, 85–87 [in Ukrainian].

9. Kushlyk-Dyvulska, O. I., & Polishchuk, N. V. (2020). Analiz nadiinosti roboty trykanalnoi systemy masovoho obsluhovuvannia [Reliability analysis of the three-channel mass service system]. *Materialy VIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf. 'Matematyka v suchasnomu tekhnichnomu universyteti'*, 130–133. Retrieved from <http://matan.kpi.ua/public/files/2019/mvstu8/MSTU8.pdf> [in Ukrainian].

10. Kyrychok, P. O., Kyrychok, T. Yu., Roik, T. A., & Barauskiene, O. I. (2021). *Metody doslidzhen ta obrobky u vydavnytstvi ta polihrafii [Methods of research and processing in publishing and printing]*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 210 p. Retrieved from https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45113/1/Metody_doslid.-2021.pdf [in Ukrainian].

11. Horbachuk, V. M., & Kushlyk-Dyvulska, O. I. (2023). *Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka [Probability theory and mathematical statistics]*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 351 p. Retrieved from <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52357> [in Ukrainian].

The state of the printing industry in wartime is shown. The importance of mathematical knowledge for the analysis of the reliability of the obtained production and experimental data, their statistical processing, the construction of mathematical models for the publishing and printing industry, etc. is analyzed. The essence of the application of program documents for the study of production problems in the perspective of innovative information technologies is shown.

Keywords: polygraphy; research; processing of results; statistics; normal distribution; Statistica; error; reliability of data; measurement of indicators.

Надійшла до редакції 07.02.23