

УДК 539.3; 510(061)

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ МАТЕМАТИКИ В ДРУКАРСТВІ

І. В. Огірко, М. Ф. Ясінський, Л. М. Ясінська-Дамрі, О. І. Огірко

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Метою експериментальної математики є отримати розуміння і проникнення в сутність понять, підтвердити або спростувати гіпотези інженерів-поліграфістів. Використання експериментальної математики дає відкриття нових моделей і зв'язків. Перевірка і спростування гіпотез. Дослідження можливих результатів. Підтвердження отриманих результатів. Експериментальна математика використовує обчислювальні методи. Програмне забезпечення експериментальної математики включає механізми виявлення та виправлення помилок, перевірку цілісності та надлишкові обчислення для мінімізації можливості отримання результату. Методи вимірювання базуються на законах метрології. Завершується експеримент переходом від емпіричного вивчення до обробки отриманих даних, логічних узагальнень, аналізу і теоретичної інтерпретації отриманого фактичного матеріалу.

Ключові слова: експериментальна математика, поліграфія, математична модель, програмне забезпечення, вимірювання, математичні методи, аналіз даних, обчислювальні методи, інтерпретація.

Актуальність дослідження. Поліграфія це галузь техніки, сукупність технічних засобів для множинного репродукування текстового матеріалу й графічних зображень. Сучасні додрукарські системи поліграфічної підготовки видань є перспектива для розвитку комп'ютерних видавничих систем. Найбільш важливою складовою частиною наукового дослідження є експеримент - метод дослідження, що базується на активному та цілеспрямованому втручанні суб'єкта у процес наукового пізнання явищ та предметів шляхом створення умов, що контролюються та управляються, які дозволяють встановлювати визначені якості та закономірні зв'язки в об'єкті, що досліджується, та багатократно їх відтворювати. Експериментальна математика-область математики, відрізняється використанням різних прийомів, з використанням електронно-обчислювальних інструментів для перевірки, підтвердження старих і отримання нових фактів. В експериментальній математиці для проведення експериментів використовується сучасна обчислювальна техніка, що дозволяє здійснювати експерименти. Експеримент широко застосовують не лише в природничих науках, а й у практиці, де він відіграє значну роль у пізнанні та управлінні процесами [1-3]. Від звичайного, щоденного, пасивного спостереження експеримент відрізняється активним впливом дослідника на явище, що вивчається.

Основною метою експерименту є виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, підтвердження наукових гіпотез і на цій основі більш широке та поглиблене вивчення теми наукового дослідження.

Проведення експериментальних досліджень передбачає здійснення ряду операцій [4-9]:

- визначення цілей експерименту на основі існуючих теоретичних концепцій з урахуванням потреб практики та розвитку самої поліграфічної науки;
- теоретичне обґрунтування умов експерименту;
- розроблення основних принципів, створення технічних засобів для проведення експерименту;
- спостереження, вимірювання та фіксація виявлених у ході експерименту властивостей, зв'язків, тенденцій розвитку досліджуваного об'єкта;
- статистична обробка результатів експерименту;
- попередня класифікація та порівняння статистичних даних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Математики завжди практикували експериментальну математику. Експериментальна математика як окрема область вивчення відродилася в двадцятому столітті, коли винахід електронних комп'ютерів в значній мірі збільшило область здійснених обчислень зі швидкістю і точністю, яка була недоступна попереднім поколінням математиків. Суттєвою віхою і досягненням експериментальної математики [9-13] було відкриття в 1995-му році формули Бейлі - Боруейна - Плафф для двійкових цифр числа π . Формула була відкрита не по формальних причин, а після того як знаходити за допомогою комп'ютера [2]. Наступні математики та фахівці в галузі інформатики внесли істотний внесок в області експериментальної математики: Фабріс Беллар, Девід Г. Бейлі, Девід Епштейн, Хілемен Фергюсон, Рональд Грем, Томас Каллістер Гейлс, Дональд Кнут, Клемент Лам, Симон Плурфф, Ерік Вольфганг Вайсстайн, А. Дж. Хан Вінк, також інші .

Виклад основного матеріалу дослідження. Експеримент дає можливість досліджувати, об'єкти в чистому вигляді і в екстремальних умовах, що сприяє більш глибокому проникненню в їхню сутність. Важливою перевагою експерименту є його повторюваність. Вирішення наукових завдань за допомогою математичних методів здійснюється шляхом математичного формулювання завдання розроблення математичної моделі, вибору методу дослідження одержаної математичної моделі, аналізу одержаного математичного результату. Математична модель є системою математичних співвідношень, що описують сторони об'єкта, який вивчається, і процесу. Першим етапом математичного моделювання є постановка завдання, визначення об'єкта та цілей дослідження, визначення критеріїв вивчення об'єктів та управління ними. Наступним етапом моделювання є вибір типу математичної моделі. Звичайно послідовно будується кілька моделей [10-15]. Порівняння результатів їх дослідження з реальністю дозволяє встановити найкращу з них. Процес вибору математичної моделі об'єкта закінчується етапом її попереднього контролю. При цьому здійснюються такі види контролю: розмірностей; порядків; характеру залежностей.

тей; екстремальних ситуацій; граничних умов; математичної замкненості; фізичного сенсу; стійкості моделі. Після математичного формулювання завдання і розроблення математичної моделі здійснюють етап вибору методу дослідження одержаної математичної моделі. Вибір методу дослідження математичної моделі безпосередньо пов'язаний з такими поняттями, як правдоподібність.

Під *правдоподібністю* дослідження математичної моделі розуміється очікуваний ступінь адекватності математичної моделі реальному об'єкту стосовно якостей, які цікавлять дослідника та очікуваний ступінь точності рішення одержаних рівнянь, які прийняті за математичну модель, об'єкт. Вибір методу дослідження математичної моделі багато в чому визначається її видом. Дослідження функціонування об'єкта, що представлені за допомогою диференціальних рівнянь, визначається класом, до якого належать ці рівняння.

Метою експериментальної математики є отримати розуміння і проникнення в сутність понять, підтвердити або спростувати гіпотези, зробити математику більш відчутною для професіоналів[9].

Використання експериментальної математики [10-13] дає:

- Відкриття нових моделей і зв'язків.
- Перевірка і спростування гіпотез.
- Дослідження можливих результатів.
- Заміна довгих ручних висновків висновками на основі комп'ютера.
- Підтвердження отриманих результатів.
- Експериментальна математика використовує обчислювальні методи.

Наукова новизна Використовуються загальні системи комп'ютерної алгебри, такі як Mathematica, хоча пишуться і специфічні для конкретної області програми, для вирішення яких потрібна висока ефективність. Програмне забезпечення експериментальної математики зазвичай включає механізми виявлення та виправлення помилок, перевірку цілісності та надлишкові обчислення для мінімізації можливості отримання помилкового результату при програмних помилках.

Експеримент використовується для вивчення впливу різних видів енергії -електромагнітної, механічної, теплової на об'єкт дослідження. *Інформаційний експеримент* використовується для вивчення впливу інформації на об'єкт дослідження. *Технологічний експеримент* спрямований на вивчення елементів технологічного процесу -продукції, обладнання, тощо або процесу в цілому. *Простий експеримент* використовується для вивчення простих об'єктів, які мають у своєму складі невелику кількість взаємозв'язаних та взаємодіючих елементів, що виконують прості функції. У *складному експерименті* вивчаються явища або об'єкти з розгалуженою структурою та великою кількістю взаємозв'язаних та взаємодіючих елементів, що виконують складні функції.

Штучні експерименти використовуються в технічних дослідженнях у випадку явища, що ізолювані, для того щоб оцінити їх в кількісному та якісному відношеннях. *Лабораторні дослід* проводять з використанням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, обладнання тощо. У матеріальному

експерименті використовуються матеріальні об'єкти дослідження. *Пасивний експеримент* передбачає вимірювання тільки вибраних показників -параметрів, змінних в результаті спостереження за об'єктом без втручання в його функціонування.

За числом факторів, що варіюються в експерименті є однофакторні та багатофакторні. Стратегія *багатофакторного експерименту* полягає в тому, що варіюються всі змінні відразу, і кожний ефект оцінюється за результатами всіх дослідів, що були проведені в даній серії досліджень. *Контролюючий експеримент* зводиться до контролю за результатами зовнішніх впливів на об'єкт дослідження з урахуванням його стану, характеру впливу та ефекту, що очікується. *Вирішальний експеримент* ставиться для перевірки справедливості основних положень фундаментальних теорій у тому випадку, коли дві або декілька гіпотез однаково узгоджуються з багатьма явищами[10-15].

Методологія експерименту - це методика експерименту, постановка та послідовність виконання експериментальних досліджень.

Експеримент включає такі *основні етапи*: розроблення плану - програми експерименту; оцінку вимірювання та вибір засобів для проведення експерименту; проведення експерименту; обробку та аналіз експериментальних даних.

В роботі широко використовуємо математичну теорію експерименту, яка дозволяє значно підвищити точність та зменшити обсяг експериментальних досліджень. У цьому випадку експеримент включає такі етапи: розроблення плану – програми експерименту; оцінку вимірювання та вибір засобів для проведення експерименту; математичне планування експерименту з одночасним проведенням експериментального дослідження, обробкою та аналізом одержаних даних. План-програма включає робочу гіпотезу, методику експерименту, план створення експериментальної ситуації, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок, список виконавців експерименту, план робіт і витрати на виконання експерименту. Важливим розділом методики є вибір методів обробки та аналізу експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації та аналізу.

Висновки. Особливу увагу в методиці приділено математичним методам обробки та аналізу одержаних дослідних даних [1,2,11– 15] встановленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між варіюючими характеристиками, встановленню критеріїв тощо. Після розроблення методики визначають *обсяг та трудомісткість експериментальних досліджень*, які залежать від глибини теоретичних розробок, ступеня точності прийнятих засобів вимірювання. Чим чіткіше сформульована теоретична частина дослідження, тим менший обсяг експерименту. На обсяг та трудомісткість експерименту істотно впливає і вид експерименту. Обґрунтування засобів вимірювання необхідних для спостережень та вимірювань приладів, обладнання, машин, апаратів тощо. Засоби вимірювання можуть бути вибрані стандартні або за їх відсутності виготовлені самостійно. Дуже відповідальною частиною є встановлення точності вимірів та похибок. Методи вимірювання повинні базуватися на законах метрології. Завершується експеримент переходом від емпіричного вивчення до

обробки отриманих даних, логічних узагальнень, аналізу і теоретичної інтерпретації отриманого фактичного матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Огірко І. В., Ясінський М. Ф., Ясінська-Дамрі Л. М. Жорсткі і м'які математичні моделі та їх застосування // Наукові записки. Українська академія друкарства. 2015. — № 1 (50). — Львів, Україна. — С. 102—117.
2. Огірко І., Ясінський М., Ясінська-Дамрі Л. Інформаційна технологія і математична модель створення графічних засобів захисту цінних паперів і документів з використанням 3D-голограми // Комп'ютерні технології друкарства. — 2015. — С. 90—101.
3. Огірко І. В., Ясінський М. Ф., Огірко О. І., Ясінська-Дамрі Л. М. Моделирование упругих процессов в телах с учетом поверхностных эффектов // Скоринские чтения 2015: книгоиздания и книгораспространение. 3-6 сентября 2015. — Минск, 2015. — С. 215—219.
4. Paul R. Halmos. I Want to be a Mathematician: An Automathography. - Springer-Verlag, 1985. - ISBN 9780387964706 .
5. Jonathan Borwein, David Bailey. Mathematics by Experiment: Plausible Reasoning in the 21st Century. - AK Peters, 2004. - С. 2. - ISBN 1-56881-211-6 .
6. Clement WH Lam. The Search for a Finite Projective Plane of Order 10 // American Mathematical Monthly . - 1991. - Т. 98, вип. 4 . - doi: 10.2307 / 2323798 .
7. David Mumford, Caroline Series, David Wright. Indra's Pearls: The Vision of Felix Klein. - Cambridge, 2002. - ISBN 0-521-35253-3 .
8. David Bailey. New Math Formulas Discovered With Supercomputers // NAS News. - 1997. - Т. 2, вип. 24 .
9. Арнольд В.І. Експериментальна математика. - М. : Фазис, 2005. - 64 с. - ISBN 5-7036-0105-3 .
10. Ogirko I. V., Zarotochnyi V. I. The stress-strain state of screen photopolymer plates // Soviet Materials Science. — 1987. — № 22 (6). — P. 640—643.
11. Огірко І. В., Ясінський М. Ф., Огірко О. І., Ясінська-Дамрі Л. М. Діагностування тріщин конструкцій за допомогою нечітких баз знань. Дніпропетровський Національний Університет. Збірник «Вібрація в техніці та технологіях. Тези доповідей». — Дніпропетровськ, 2015. — С. 29—31.
12. Гаранько Т., Огірко І. Перспективи впровадження автоматизованих систем управління. В збірнику: Комп'ютерні технології друкарства. № 27. УАД. Львів. 2012 с. 329—334
13. Огірко І. В., Ясінський М. Ф., Ясінська-Дамрі Л. М., Огірко О. І. Інформаційні технології, моделювання та алгоритмізації . Українська академія друкарства VII міжнародна науково-технічна конференція інформаційні технології друкарства алгоритми, сигнали, системи друкотехн-2018. Львів .15-16 листопада 2018 р.С.64- 70.
14. Огірко І. В., Ясінський М. Ф., Ясінська-Дамрі Л. М., Огірко О. І. Нанотехнології у поліграфії . Збірник наукових праць науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, наукових працівників (26 лютого – 1 березня 2019 р.) ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ. м. Львів):Укр. акад. друкарства, С. 132- 133.
15. Огірко І. В., Ясінський М. Ф., Ясінська-Дамрі Л. М., Огірко О. І. Інформаційні технології кваліметрії. Збірник наукових праць. Української академії друкарства. Випуск № 2 (42). Львів. 2019 с. 89—99.\

REFERENCES

1. Ohirko I. V., Yasins'kyj M. F., Yasins'ka-Darmi L. M. (2015). Zhorstki i m'yaki matematychni modeli ta yikh zastosuvannya // Naukovi zapysky. Ukrayins'ka akademiya drukarstva.— № 1 (50). — L'viv, Ukrayina. — S. 102—117. (in Ukrainian)
2. Ohirko I., Yasins'kyj M., Yasins'ka-Damri L. (2015). Informacijna tekhnolohiya i matematychna model» stvorenniya hrafichnykh zasobiv zakhystu cinnykh paperiv i dokumentiv z vykorystannyam 3D-holohramy // Komp'yuterni tekhnolohiyi drukarstva. — S. 90–101. (in Ukrainian)
3. Ogirko I. V., Jasins'kij M. F., Ogirko O. I., Jasinskaja-Damri L. M. (2015). Modelirovanie uprugih processov v telah s uchetom poverhnostnih jeffektov // Skorinovskie chtenija 2015: knigoizdanija i knigorasprostranenie. 3-6 sentjabrja 2015. — Minsk— S. 215—219. (in Russian)
4. Paul R. Halmos. I (1985). Want to be a Mathematician: An Automathography. - Springer-Verlag - ISBN 9780387964706 . (in English)
5. Jonathan Borwein, David Bailey. (2004). Mathematics by Experiment: Plausible Reasoning in the 21st Century. - AK Peters, - C. 2. - ISBN 1-56881-211-6. (in English)
6. Clement WH Lam. (1991). The Search for a Finite Projective Plane of Order 10 // American Mathematical Monthly . - T. 98, вип. 4 . - doi: 10.2307 / 2323798 . (in English)
7. David Mumford, Caroline Series, David Wright. Indra's Pearls: 2002). The Vision of Felix Klein. - Cambridge - ISBN 0-521-35253-3 . (in English)
8. David Bailey. (1997). New Math Formulas Discovered With Supercomputers // NAS News. - T. 2, вип. 24 . (in English)
9. Arnol'd V.I. (2005). Eksperimental'na matematika. - M. : Fazis - 64 s. - ISBN 5-7036-0105-3 . (in Russian)
10. Ogirko I. V., Zapotochnyi V. I. (1987). The stress-strain state of screen photopolymer plates // Soviet Materials Science. —№ 22 (6). — P. 640—643. (in English)
11. Ohirko I. V., Yasins'kyj M. F., Ohirko O. I., Yasins'ka-Damri L. M. (2015). Diahnostuvannya trishhyn konstrukcij za dopomohoyu nechitkyx baz znan'. Dnipropetrovs'kyj Nacional'nyj Universytet. Zbirnyk -Vibraciya v texnici ta tekhnolohiyax. Tezy dopovidej. — Dnipropetrovs'k— S. 29—31. (in Ukrainian)
12. Haran'ko T., Ohirko I. (2012). Perspektyvy vprovadzhennya avtomatyzovnyx system upravdinnya. V zbirnyku: Komp'yuterni tekhnolohiyi drukarstva. № 27. UAD. L'viv. s. 329–334. (in Ukrainian)
13. Ohirko I. V., Yasins'kyj M. F., Yasins'ka-Damri L. M., Ohirko O. I. (2018). Informacijni tekhnolohiyi, modelyuvannya ta alhorytmizaciya . Ukrayins'ka akademiya drukarstva VII mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferenciya informacijni tekhnolohiyi drukarstva alhorytmy, syhnaly, systemy drukotexn-2018. L'viv .15-16 lystopada 2018 r.S.64- 70. (in Ukrainian)
14. Ohirko I. V., Yasins'kyj M. F., Yasins'ka-Damri L. M., Ohirko O. I. (2019). Nanotekhnolohiyi u polihrafiyi . Zbirnyk naukovykh prac' naukovo-tekhnichna konferenciya profesors'ko-vykladac'koho skladu, naukovyx pracivnykiv (26 lyutoho – 1 bereznya 2019 r.) TEZY DOPOVIDEJ. m. L'viv):Ukr. akad. drukarstva, S. 132-133. (in Ukrainian)
15. Ohirko I. V., Yasins'kyj M. F., Yasins'ka-Damri L. M., Ohirko O. I. (2019). Informacijni tekhnolohiyi kvalimetriyi. Zbirnyk naukovykh prac'». Ukrayins'koyi akademiyi drukarstva. Vypusk № 2 (42) . L'viv. s. 89–99. (in Ukrainian)

DOI 10.32403/2411-9210-2020-1-43-50-56

**CURRENT PROBLEMS
OF EXPERIMENTAL MATHEMATICS IN PRINTING**

I.V. Ohirko, M.F. Yasynskyi, L.M. Yasinska-Damry, O.I. Ohirko

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
ogirko@gmail.com*

The purpose of experimental mathematics is to gain understanding and insight into the essence of concepts, to confirm or refute the hypotheses of printing engineers. The use of experimental mathematics gives the discovery of new models and connections; testing and refuting hypotheses; research of possible results; confirmation of the obtained results. Experimental mathematics uses computational methods. Experimental mathematics software includes mechanisms for detecting and correcting errors, integrity checks, and redundant calculations to minimize the possibility of obtaining a result. Measurement methods are based on the laws of metrology. The experiment ends with the transition from empirical study to processing of the obtained data, logical generalizations, analysis and theoretical interpretation of the obtained factual material.

Keywords: *experimental mathematics, printing, mathematical model, software, measurements, mathematical methods, data analysis, computational methods, interpretation.*

Стаття надійшла до редакції 19.07.2020.

Received 19.07.2020.