

¹В. Різник, ²Р. СидоренкоНаціональний університет "Львівська політехніка",
¹кафедра автоматизованих систем управління,
²кафедра інформаційних технологій видавничої справи

ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРІВНА СИСТЕМА ВИДАВНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОФАКТОРНИХ ПЛАНІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ

© Різник В., Сидоренко Р., 2012

Розглянуто інформаційно-керівну систему видавничих процесів з використанням комбінаторних планів багатофакторного аналізу, оптимізованих за критерієм мінімізації трудомісткості затрат за збереження достатнього рівня ефективності та забезпечення якості видавничої продукції. Показано можливість застосування для побудови оптимальних планів нового класу комбінаторних конфігурацій – ідеальних кільцевих в'язанок.

Ключові слова: інформаційно-керівна система, видавничий процес, план експерименту, латинський квадрат, оптимізація, комбінаторна конфігурація, ідеальна кільцева в'язанка.

In this paper the information control system for publishing processes using multifactor plans of experiments which has been optimized by minimum expenditures, while maintaining on sufficient level of effectiveness's for providing of production quality is regarded. It is shown possibility for application a new class of combinatorial configurations, namely "Ideal Ring Bundles" for synthesis of the optimal plans of experiments.

Key words: information management system, publishing process, plan of experiment, Latin squares, optimization, combinatorial configuration, ideal ring bundle.

Вступ

Важливою умовою якісного виготовлення видавничої продукції є повсякчасне контролювання видавничого процесу. Тому актуальним слід вважати дослідження, пов'язані з поліпшенням методів контролювання якості друкованої продукції. Одним з ефективних методів забезпечення якості є впровадження в практику виготовлення друкованої продукції статистичних методів обробки результатів спостережень з використанням оптимальних планів багатофакторного експерименту. Це дає змогу своєчасно виявити та вилучити різного роду небажані впливи на технологічний процес. Вдосконалення сучасних поліграфічних технологій тісно пов'язано з автоматизацією і цифровими системами керування [1, 2]. Тому із створенням нової мікропроцесорної техніки з флеш-технологіями, підвищенням продуктивності процесорів та створенням нових специфікацій шин пересилання даних виникають сприятливі умови для використання математичних моделей та методів оптимізації планів експерименту, побудованих на цих моделях.

Постановка задачі

При обранні плану експерименту широко використовують дисперсійний аналіз, під яким розуміють статистичний метод опрацювання результатів експерименту, які залежать від різних факторів [3]. За наявної класифікації до планів дисперсійного аналізу належать різні симетричні, несиметричні, ортогональні і частково-ортогональні плани, більшість з яких побудовані на основі комбінаторних конфігурацій [4]. Це латинські і греко-латинські квадрати, куби, частотні квадрати, збалансовані і частково збалансовані неповні блок-схеми тощо. Така різновидність планів і методів

їх побудови значною мірою ускладнює опрацювання алгоритмів та програм для побудови комбінаторних планів на ЕОМ з довільними масивами спостережень для передбачуваної адекватності лінійній моделі. Важливо оцінити внесок різних одночасно діючих факторів та їхньої взаємодії у поведінку деякої вихідної величини, на яку ці фактори впливають. Оцінюють цей вплив з певною ймовірністю, тобто метод ґрунтується на порівняльному вивченні розсіяння випадкових величин [3]. Задача полягає в дослідженні можливості використання комбінаторних конфігурацій в інформаційно-керівній системі видавничих процесів для побудови багатофакторних планів експерименту з метою вдосконалення поліграфічних технологій шляхом своєчасного виявлення та вилучення різного роду небажаних впливів на технологічний процес.

Визначення факторів впливу

Відомо, що на перших етапах дослідження до експерименту доводиться залучати таку кількість факторів, щоб не пропустити жодного з потенційно важливих. Попередні експериментальні дослідження дають змогу виявляти, як правило, багато різних факторів впливу на якість друкованої продукції, однак постає питання про ступінь впливу кожного з них. Для будь-якого реального експерименту важливо визначити, які фактори впливають на вихідну величину більшою чи меншою мірою. При цьому необхідно проводити експеримент так, щоб запобігти впливу різного роду неоднорідностей на результати експерименту. Такими факторами можуть бути, наприклад, різновид матеріального об'єкта, який виконує роль носія, хімічний склад фарби, температура повітря, спосіб друку тощо. Завдання полягає в оцінюванні внеску цих факторів та їх взаємодій на зміну вихідної величини, яка від них залежить. Критеріями ефективності видавничого процесу можуть бути різні набори параметрів залежно від матеріальних, техніко-економічних, планово-виробничих та інших обмежень, а також забезпечення якісних показників друкованої продукції (коефіцієнт відбивання, допустимий рівень графічного спотворення друкарських елементів тощо).

Мета дослідження

Метою дослідження є удосконалення технології видавничої справи шляхом впровадження в структуру інформаційно-керівної системи видавничими процесами керованої дорадчо-інформаційної підсистеми багатофакторних оптимальних планів експерименту, побудованих на основі попарно-ортогональних латинських квадратів [3] з автоматизованим обранням плану експерименту та організації діалогу «ЕОМ–людина».

Синтез комбінаторних планів експерименту

За методами дисперсійного аналізу при побудові багатофакторних планів експерименту важлива роль відводиться латинським квадратам і системам латинських квадратів (попарно ортогональним латинським квадратам). Латинським квадратом називають матрицю, в якій символи розміщено так, що в кожному рядку і в кожному стовпчику кожен символ трапляється тільки один раз. Латинський квадрат p -го порядку утворює матрицю $p \times p$. Два латинські квадрати порядку p називають взаємно ортогональними, якщо при накладанні їх один на одного кожен із p символів одного квадрата зустрічається точно один раз із кожним символом другого. У системі, утвореній попарно ортогональними квадратами, два будь-які латинські квадрати взаємно ортогональні. Комбінація номеру рядка, стовпчика і символу утворює комбінацію рівнів першого, другого та третього факторів. Отже, в латинському квадраті $p \times p$ є три фактори з p рівнями. Однак розглядається тільки p^2 різних комбінацій рівнів факторів замість p^3 можливих комбінацій, що дає змогу скоротити об'єм експерименту [4].

Під час дослідження чотирьох факторів використовують два взаємно ортогональні квадрати. За подальшого збільшення числа факторів доводиться складати плани на попарно ортогональних латинських квадратах. Максимальна кількість таких квадратів p -го порядку дорівнює $p - 1$ [4].

План, побудований із латинського квадрата або з попарно ортогональних латинських квадратів, є D -оптимальним, а також A - та E -оптимальним [3].

Два латинські квадрати називаються попарно ортогональними, якщо при накладанні їх один на один кожен із символів одного латинського квадрата зустрічається рівно один раз із кожним символом другого.

Систему попарно ортогональних квадратів, наприклад, утворює будь-яка пара з таких квадратів:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | 4 | 1 | 3 |
| 3 | 1 | 4 | 2 |
| 4 | 3 | 2 | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | 3 | 4 | 1 |
| 3 | 4 | 1 | 2 |
| 4 | 1 | 2 | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | 1 | 4 | 3 |
| 3 | 4 | 2 | 1 |
| 4 | 3 | 1 | 2 |

Маючи систему взаємно ортогональних латинських квадратів, можна приступати до побудови планів експерименту на латинських квадратах. Наприклад, першу пару вищенаведених квадратів можна використати для побудови плану експерименту з чотирма ($p=4$) факторами А,Б,В,Г, де кожен із факторів має чотири рівні варіації, набуває вигляду:

| Фактор | № експерименту | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| А | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Б | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| В | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Г | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 3 |

Синтез попарно ортогональних латинських квадратів

Одним з раціональних шляхів відносно простого способу побудови сімей попарно ортогональних латинських квадратів може бути алгоритм, який реалізує властивості комбінаторних конфігурацій типу ідеальних кільцевих в'язанок (ІКВ).

Ідеальна кільцева в'язанка – це циклічна послідовність $K_n = (k_1, k_2, \dots, k_l, \dots, k_n)$ чисел, на якій всі можливі кільцеві суми вичерпують значення чисел натурального ряду від 1 до $S_n = n(n-1)$ [5]. Наведемо алгоритм генерації множини попарно ортогональних латинських квадратів порядку $p = n - 1$ на базі простої ІКВ n -го порядку [5]:

1. За допомогою чисел $k_1, k_2, \dots, k_l, \dots, k_n$ ІКВ n -го порядку побудувати сім'ю прямих P для нумерації рядків латинських квадратів:

$$p_{ij} \equiv \begin{cases} 1 + \sum_{l=i+j}^{i+j} k_l, & \text{якщо } i + j \leq n \\ 1 + \sum_{l=i+1}^n k_l + \sum_{l=1}^{i+j-n} k_l, & \text{якщо } i + j > n \end{cases} \pmod{S_n}, \quad (1)$$

де i, j – номер рядка і стовпчика множини P відповідно; $i, j = 1, 2, \dots, n - 1$; $S_n = n^2 - n + 1$.

2. Побудувати сім'ю прямих C для нумерації стовпчиків латинських квадратів:

$$c_{ij} \equiv \begin{cases} 1 + k_1 + \sum_{l=i}^{i+j-1} k_l, & \text{якщо } i + j \leq n + 1 \\ 1 + k_1 + \sum_{l=i}^n k_l + \sum_{l=1}^{i+j-n-1} k_l, & \text{якщо } i + j > n + 1 \end{cases} \pmod{S_n}, \quad (2)$$

Побудову продовжувати доти, поки задовольняється вимога

$$c_{ij} \not\equiv 1 + \sum_{l=1}^r k_l \pmod{S_n}, r \in \{1, 2, \dots, n\}. \quad (3)$$

Якщо вимога (3) не задовольняється, то побудову сімей C прямих продовжити, користуючись формулами

$$c_{ij} \equiv \left\{ \begin{array}{ll} 1 + k_1 + \sum_{l=i+1}^{i+j} k_l, & \text{якщо } i + j \leq n \\ 1 + k_1 + \sum_{l=i+1}^n k_l + \sum_{l=1}^{i+j-n} k_l, & \text{якщо } i + j > n \end{array} \right\} \pmod{S_n} \quad (4)$$

3. Аналогічно побудові сімей прямих C побудувати всі інші сім'ї прямих, причому формули для розрахунку z -го ($z = 1, 2, \dots, n-1$) сімей $M(z)$ прямих мають такий вигляд:

$$m_{ij}(z) \equiv \left\{ \begin{array}{ll} 1 + k_1 + \sum_{l=2}^{z+1} k_l + \sum_{l=i+b}^{i+j-a} k_l, & \text{якщо } i + j \leq n + a \\ 1 + k_1 + \sum_{l=2}^{z+1} k_l + \sum_{l=i+b}^n k_l + \sum_{l=1}^{i+j-n-a} k_l, & \text{якщо } i + j > n + a \end{array} \right\} \pmod{S_n},$$

де $a = 1, b = 0$ при $m_{ij} \not\equiv 1 + \sum_{l=1}^r k_l \pmod{S_n}$;

$a = 0, b = 1$ при $m_{ij} \equiv 1 + \sum_{l=1}^r k_l \pmod{S_n}$; $z = 1, 2, \dots, n-2$; $r \in \{1, 2, \dots, n\}$.

4. За координатами комірок P і C побудувати $n-2$ квадратів Q_z .

Одержані квадрати утворюють сім'ю попарно ортогональних латинських квадратів $p \times p$.

Описаний алгоритм розроблений на основі методики побудови скінченної проективної площини в афінній формі [2] та існуючих співвідношень між ІКВ і циклічними проективними площинами [2]. За алгоритмом складено програму, яка дає змогу генерувати на ЕОМ багатofакторні оптимальні плани експерименту з вилученням небажаних ефектів у статичних дослідженнях і створювати пакети прикладних програм для машинного синтезу планів із заданими властивостями. Дослідження постановки задачі відкривають можливість використання комбінаторних конфігурацій у інформаційно-керуючій системі видавничих процесів для побудови багатofакторних планів експерименту з метою вдосконалення поліграфічних технологій шляхом своєчасного виявлення та вилучення різного роду небажаних впливів на технологічний процес.

Висновки

Застосування комбінаторних конфігурацій (ідеальних кільцевих в'язанок) для машинного синтезу багатofакторних експериментів дає змогу здійснювати контрольну функцію для забезпечення якості друкованої продукції за збереження збалансованих фінансових витрат на виготовлення цієї продукції шляхом виділення найраціональніших комбінацій наборів факторів впливу та їх рівнів на основні показники якості друкованої продукції. Впровадження запропонованого методу автоматизованого контролю технології друку дає змогу підвищити ефективність виробничого процесу та мобільність налаштування пристроїв, не зменшуючи їх продуктивності при забезпеченні якості виготовлення друкованої продукції. Інформаційно-керівна система видавничих процесів, яка виробляє і приймає рішення на керування цим процесом на основі інформації про їх стан за допомогою використання комбінаторних планів багатofакторного аналізу, не лише забезпечує якість виробленої продукції, але й дає змогу поліпшувати інші показники технології друкарства шляхом можливості своєчасного внесення потрібних змін у цей процес.

1. Луцків М.М. Системи автоматичного керування ротаційними машинами. – Львів: Фенікс, 2000. – 152 с. 2. Верхола М.І. Моделювання і дослідження процесів та елементів фарбової системи друкарської машини // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наукових праць. – Львів: УАД, 2000. – Вип. 5. – С.92–94. 3. Дисперсионный анализ и синтез планов на ЭВМ / Е.В. Маркова, В.И. Денисов, И.А. Полетаева, В.В. Пономарев. – М.: Наука, 1982. 4. Холл М. Комбинаторика. – М.: Мир, 1970. – 470 с. 5. Різник В.В. Синтез оптимальних комбінаторних систем. – Львів: Вища школа, 1989. – 168 с.