

УДК 655.28.022.2

О.В. Ющик, Т.С. Голубник
Українська академія друкарства

ОПТИМІЗАЦІЯ ФОРМУВАННЯ СПУСКІВ СТОРІНОК ВИДАНЬ НА ДРУКАРСЬКІ ФОРМИ

Розглянуто методи оптимального формування спусків сторінок книжково-журнальних видань на друкарські форми.

Optimal book and magazine page imposition methods were considered.

Завдання оптимального розкрою матеріалів є однією з найважливіших в ресурсозберігаючих технологіях для заготівельного виробництва [1, 2], оскільки безпосередньо веде до економії матеріалів і зниження відходів.

Одним з варіантів такого завдання є завдання оптимального лінійного розкрою матеріалів. Це стосується розкрою:

- дроту;
- труб, швелерів, кутників і т.п.;
- рулонів матеріалів (металів, тканин, скла, паперу і тому подібне) на поздовжні і поперечні смуги і інші види виробів.

Існуючі методи розкрою матеріалів умовно можна поділити на 3 групи:

- нормативні [3];
- технологічні [4];
- оптимізаційні [2, 5, 6].

Нормативні методи засновані на використанні нормативів відходів, які діють в даній галузі або на даному підприємстві. Фахівець на підставі свого досвіду і умінь вибирає (розраховує) розкрій і, якщо він укладається в діючий норматив, відправляє у виробництво. Цей метод за наявності великого досвіду у фахівця іноді дає дуже непогані результати. Проте тут існує залежність від фахівця, його настрою, здоров'я і планів. Крім того, цей метод має невисоку продуктивність.

Технологічні методи засновані на застосуванні чітко описаних технологій. Таким чином, отримують раціональні рішення по розкрою. Оптимальне рішення при цьому, як правило, не шукається. У ситуаціях, які відрізняються від стандартних, розкрій може бути достатньо далеким від оптимального. Застосування комп'ютера для реалізації цих методів прискорює роботу, але не підвищує значно оптимальність отриманого рішення.

Оптимізаційні методи засновані на застосуванні математичних методів, що реалізуються на комп'ютері. Ці методи діляться на дві групи – чисто оптимізаційні [2, 5, 6] і евристичні [2, 5]. Більшість з оптимізаційних методів використовують лінійні моделі і метод лінійного програмування для їх вирішення. Проте реальні завдання розкрою часто мають нелінійні елементи, які приводять до того, що рішення виходить все-таки не оптимальним. Евристичні методи іноді приводять до дуже непоганих результатів, якщо це укладається в норматив відходів. Проте, ніколи не ясно, а чи можна знайти ще краще рішення.

У [6] застосований метод оптимізації, заснований на новому методі вирішення завдань нелінійного програмування, описаному в [7].

Опишемо загальну задачу лінійного (одновимірного) розкрою паперу.

Необхідно з аркушів паперу довжиною d_i ($i=1,2,\dots,m$) викроїти сторінки висотою a_j ($j=1,2,\dots,n$) у вказаному асортиментному наборі, заданому вектор-стовпцем $[b_{j0}]$. Потрібно визначити оптимальний план розкрою паперу, тобто отримати максимум асортиментних наборів μ з мінімальними відходами, тобто знайти матрицю $[x_{ij}]$ (кількість j -х сторінок в i -х шматках).

У [2] сформульована здавалося б та ж постановка завдання, але вона істотно відрізняється. Там згадуються ті ж критерії оптимальності: мінімум відходів і максимум асортиментних наборів (він задається у вигляді обмеження).

У статті ж розглядається як основний критерій максимуму асортиментних наборів при заданому обмеженні по мінімуму відходів (для всіх видів розкрою є норматив відходів Z). Ця різниця в критеріях приводить до різниці в методах розв'язку задачі.

На практиці, якщо з аркушів паперу викроїти заготовки одного вигляду (однієї довжини), то критерій максимуму асортиментних наборів співпадає з мінімумом відходів і завдання вирішується швидко без комп'ютера. Якщо є один аркуш паперу і на ньому можна розмістити один-два асортиментних набори, то критерій мінімуму відходів є визначальним. Найчастіше зустрічається інший випадок, коли є багато різних аркушів паперу і потрібно викроїти багато асортиментних наборів сторінок видань. В цьому випадку критерій максимуму асортиментних наборів є визначальним.

Нехай Δ_i — відходи, що отримуються від i -го аркуша паперу. Тоді сума відходів дорівнює

$$\sum_{i=1}^m \Delta_i = \sum_{i=1}^m d_i - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_j x_{ij} \quad (1)$$

Отже, потрібно знайти матрицю оптимального розв'язку $[x_{ij0}]$, що максимізувала б лінійну форму L за умов

$$L = \mu \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_j x_{ij} \leq d_i \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_{j0} \mu \quad (4)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (5)$$

$$a_j > 0, b_{j0} > 0 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m \Delta_i = \sum_{i=1}^m d_i - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_j x_{ij} \leq Z \quad (7)$$

В принципі це задача лінійного програмування. Проте більшість реальних завдань розкрою мають нелінійні ефекти, які різко ускладнюють задачу [2].

Наприклад, видання після розрізування і фальцювання додатково обробляються. З тим, щоб при розрізуванні не допустити браку, між заготовками при розкроюванні вводяться перемички (допуски, зазори і тому подібне) між заготовками з визначальним розміром p .

Таким чином, сума довжин перемичок q_i в аркушах паперу дорівнює

$$q_i = 0, \text{ якщо } \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1; q_i = p \cdot \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} - 1 \right), \text{ якщо } \sum_{j=1}^n x_{ij} > 1 \quad (8)$$

До речі, розмір перемичок досягає декількох відсотків і більше від формату видання і може досить суттєво впливати на результати розкрою [4].

Нерівність (3) буде виглядати наступним чином

$$\sum_{j=1}^n a_j x_{ij} + q_i \leq d_i \quad (9)$$

а нерівність (7) буде

$$\sum_{i=1}^m \Delta_i = \sum_{i=1}^m d_i - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_j x_{ij} - \sum_{i=1}^m q_i \leq Z \quad (10)$$

Задача (2), (4)-(6), (8)-(10) є принципово нелінійною, область зміни змінних неопукла і є формою «їжака». Така постановка задачі застосовувалась при розв'язуванні задачі розкрою тканини для швейної фабрики [6].

Виявилось, що математична постановка задачі є близькою до математичної постановки задачі, що вирішується в [7].

Для задачі [6] теж був застосований метод «надувної кульки» (метод Бронфельда), описаний в [7]. Метод заснований на ітеративному підході, використовує ідеї методу максимального елементу і методу гілок і меж, а також використовує спеціальний прийом, направлений на пониження розмірності в процесі розв'язку задачі.

Цей метод нагадує евристичний алгоритм [2], заснований на методі розмірної послідовності при розкроюванні прокату прутка.

Істотним моментом в даному методі розв'язку задачі є наступне. Спочатку знаходиться максимум асортиментних наборів форматів видань. При цьому рівність (7) може не дотримуватися, тобто відходи можуть перевищувати норматив. Для виходу з цієї ситуації використовується наступний підхід.

При введенні інформації вказується в якій послідовності кількість окремих видів форматів видань може перевищувати пропорцію, вказану вектором $[b_{j0}]$. В цьому випадку вже вирішується задача з використанням нерівності (7) для залишків після знаходження максимуму асортиментних наборів форматів видань. Якщо і в цьому випадку (7) не задовольняється, то отриманий максимум асортиментних наборів форматів видань зменшується на 1 і процес повторюється до знаходження розв'язку.

При апробації цього методу у виробничих умовах, зіткнулися з цікавою ситуацією. Комп'ютер видавав оптимальне рішення практично відразу після введення інформації, фахівці підприємства виконували спуск сторінок видань за допомогою калькуляторів в межах 1-2 годин. Відсоток відходів, що отримуються

по розрахунках фахівців на основі нормативного методу, укладався, як правило, в 0,5%, тобто 99,5% від довжини рулонів складало корисне використання паперу. Після ряду покращень програми вийшли також на цей результат. Але при порівнянні спуску сторінок, виданого комп'ютером, і, отриманого співробітниками підприємства, виявилось, що вони відрізнялися в окремих місцях досить суттєво. Аналіз привів до висновку, що люди йшли іноді на порушення, зокрема нелінійних обмежень (це приводило до прискорення отримання спусків сторінок). Отримувані чисельні розрахунки з ходу іншому фахівцеві важко перевірити ще раз і вони регулярно запускалися у виробництво.

Це, природно, відбивалося на якості кінцевої продукції. Ця ситуація при використанні нормативного і технологічного методів, де залежність від фахівця є визначальною, зустрічається достатньо часто.

Таким чином, застосування оптимізаційних методів, реалізованих на комп'ютері, для завдань формування спусків сторінок залишається достатньо важливою і такою, що веде не тільки до економії матеріалів, але і поліпшення якості продукції.

1. Амбос Э., Нойбауер А., Освальд Ю. и др. Экономия сырья и материалов. – М.: *Металлургия*, 1989. – 255 с.

2. Бабаев Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ. – М.: *Машиностроение*, 1982. – 168 с.

3. Фурин А.И. Производство мягкой мебели. – М.: *Высшая школа*, 1988. – 267 с.

4. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под общ. ред. Л.И.Рудмана. – М.: *Машиностроение*, 1988. – 496 с.

5. Канторович Л.В., Залгаллер В.А. Рациональный раскрой промышленных материалов. – Новосибирск: *Наука*, 1971. – 299 с.

6. Бронфельд Г.Б., Патокин Д.В. Программа оптимального раскроя ткани на ПЭВМ типа «ИСКРА-1030М». Руководство пользователя. – Н.Новгород: *НПЧВП «ВЕХА»*, 1991. – 5 с.

7. Бронфельд Г.Б. Алгоритм решения задачи оптимального распределения плана производства // *Труды института. Автоматизация и механизация управления производством, Горький, НИИУавтопром*, 1977, вып.2, с. 75-83.