

МАТРИЧНО-ТОПОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ПРОЦЕСУ РОЗКОЧУВАННЯ ФАРБИ В ДРУКАРСЬКИХ МАШИНАХ

Михайло Верхола

При проектуванні фарбових апаратів друкарських машин з використанням ЕОМ та при розробці системи автоматичного керування насиченістю друкованих відбитків виникає потреба в розвитку таких підходів аналізу і синтезу фарбових апаратів, які носили б достатньо загальний характер і мали ясну математичну, логічну та наглядну основу.

В даній роботі застосований аналітичний підхід до аналізу процесу розкочування фарби. При цьому використовується математичний апарат який ґрунтується на розділі комбінаторної топології — лінійні направлені граfi. Ці граfi мають дві важливі для аналізу і синтезу властивості: наглядність і економічність при обчисленні на ЕОМ.

Задача аналізу процесу розкочування фарби і задача визначення і розрахунку параметрів тісно пов'язані і зв'язок між ними найкращим чином показують граfi.

Фарбові групи фарбових апаратів в друкарських машинах характеризуються сукупністю фарбових валиків і циліндрів з яких вони складаються і способом їх з'єднання. Найчастіше фарбові валики і циліндри з'єднуються послідовно та послідовно з розгалуженням.

Розглянемо послідовне з'єднання фарбових валиків і циліндрів різних діаметрів схема якого наведена на рис.1. Шар фарби товщиною h_0 подається на перший валик, послідовно розкочується

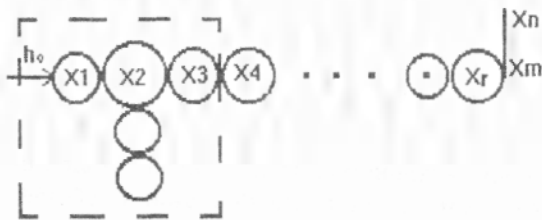


Рис. 1

в фарбовій групі і з останнього циліндра (форми) наноситься на рухому стрічку.

В даній роботі не будемо акцентувати увагу на типах неперервних чи дискретних функцій часу які описують процес розкочування фарби. Приймаючи за основні змінні товщини шару фарби в точках контакту валиків та останнього циліндра і паперу на основі відомих співвідношень [1], в загальному вигляді запишемо систему рівнянь, які описують процес розкочування фарби в послідовно з'єднаній фарбовій групі

$$\begin{aligned}
 -X_1 + P_{12}X_2 + g_1h_0 &= 0 \\
 P_{21}X_1 - X_2 + P_{23}X_3 &= 0 \\
 P_{32}X_2 - X_3 + P_{34}X_4 &= 0 \\
 P_{43}X_3 - X_4 + P_{45}X_5 &= 0 \\
 &\dots\dots\dots \\
 P_{m-1,m}X_{m-1} - X_m &= 0 \\
 P_{nm}X_m - X_n &= 0,
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $X_1 - X_m$ — товщини шару фарби в точці контакту відповідних валиків і циліндрів.

X_n — товщина шару фарби на стрічці. P_{ij} — передачі (оператори) відповідних потоків фарби на валиках та циліндрах. Оператор g_1 будемо називати оператором передачі фарби на вході, а P_{nm} — оператор передачі фарби з останнього валика на рухому стрічку. Подамо систему рівнянь (1) в матричній формі запису

$$\begin{vmatrix}
 -1 & P_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 P_{21} & -1 & P_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & P_{32} & -1 & P_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & P_{43} & -1 & P_{45} & 0 & 0 & 0 \\
 \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{m-1,m} & -1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{nm} & -1
 \end{vmatrix}
 \begin{vmatrix}
 X_1 \\
 X_2 \\
 X_3 \\
 X_4 \\
 \vdots \\
 X_m \\
 X_n
 \end{vmatrix}
 +
 \begin{vmatrix}
 g_1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 \vdots \\
 0 \\
 0
 \end{vmatrix}
 =
 \begin{vmatrix}
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 \vdots \\
 0 \\
 0
 \end{vmatrix} \tag{2}$$

В скороченому загальному вигляді матричне рівняння процесу розкочування фарби в послідовно з'єднаній фарбовій групі

$$PX + Qh_0 = 0, \tag{3}$$

де X — вектор товщини шару фарби в точках контактів фарбових валиків і циліндрів та останнього циліндра і стрічки, $P_{n \times n}$ — квадратна матриця передачі фарбової групи, Q — матриця передачі фарби.

Підкреслимо, що приведені співвідношення (1) - (3) справедливі для фарбових груп з різними діаметрами валиків та циліндрів і для різних взаємних розміщень, що досягається відповідним вибором операторів P_{ij} . Таким чином, матричне рівняння (2) описує послідовність з'єднання фарбових валиків та циліндрів і їх діаметри та розміщення. Тобто рівняння (2) описує геометрію з'єднань, як ще називають топологію фарбової групи друкарської машини.

Топологічні (структурні) властивості фарбових груп чітко представляє форма запису системи рівнянь (1) та (2) яким відповідає сигнальний граф Коутса [2] показаний на рис.2. Вузли графа відображають товщини шару фарби в точках контакту фарбових валиків та циліндрів (X_i), а направлені зважені вітки — оператори рівняння (P_{ij}) які характеризують прямі та зворотні потоки фарби в фарбових групах.

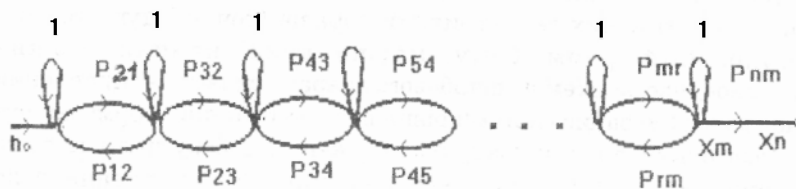


Рис. 2

За визначенням графи представляють собою множину зважених орієнтованих віток, які з'єднують вузли [3]. Таким чином, кожна вітка має напрямок та вагу, яку називають оператором вітки, (оператором відповідних потоків фарби на валиках та циліндрах). Граф, описаний рівняннями (1) та (2) має n вузлів та один вхідний вузол, котрий для зручності зображають на графі ліворуч.

Для зручності матрицю передачі графа для n послідовно з'єднаних фарбових валиків та циліндрів можна скласти за такими правилами:

1. Всі елементи головної діагоналі P_{ii} дорівнюють мінус одиниці.

2. Елементи над головною діагоналею дорівнюють $-P_i - 1$, крім передостаннього рядка

3. Елементи під головною діагоналлю дорівнюють $P_i + 1$,

4. Всі елементи матриці дорівнюють нулеві.

Із графа приведенного на рис.2 видно:

- кожний вузол графа з товщиною шару фарби X_i з входять в нього вітками еквівалентний i -тому рівнянню системи (1) - (3);

- власні вітки вузла P_{ii} відповідають одиничним діагональним елементам матриці передачі фарбової групи;

- взаємні вітки P_{ij} ($i \neq j$) відповідають під - i наддіагональним елементам матриці передачі фарбової групи;

- вхідна вітка g_i відповідає вільному члену рівняння.

Підкреслимо, що на відміну від рівнянь направлених графів не мають окремих символів для позначення дій над величинами, але сама дія присутня в них і виражається способом з'єднання вузлів і віток.

З викладеного випливає, що лінійні направлені графи процесу розкочування фарби представляють собою не що інше, як запис системи лінійних рівнянь не в звичайній алгебраїчній формі, а в формі неметричних геометричних образів (точок і дуг), тобто в топологічній формі. Тому, маючи деякі навички, можна безпосередньо за схемою фарбового апарата скласти направлений граф, минаючи запис системи рівнянь в алгебраїчній формі запису.

Розглянемо для прикладу розгалужену фарбову групу із п'яти валиків, яка на рис.1 означена пунктиром Розгалуження є на другому валику із сторони прямого потоку фарби. Вважаємо, що останній валик позначений п'ятим номером і з нього шар фарби передається на стрічку.

Відповідно до схеми рис.1 побудовано граф для розгалуженої фарбової групи з п'яти валиків, який приведено на рис.3.

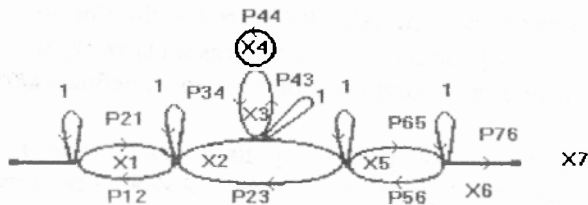


Рис. 3

Безпосередньо за графом рис.3 запишемо матричне рівняння фарбової групи із розгалуженням

$$\begin{vmatrix} -1 & P_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{21} & -1 & 0 & 0 & P_{25} & 0 & 0 \\ 0 & P_{32} & -1 & P_{34} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{43} & P_{44} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{53} & 0 & -1 & P_{56} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{65} & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{76} & -1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} g_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad (4)$$

Нагадаємо, що в матриці передачі розгалуженої фарбової групи елементи матриці під головною діагоналею також відповідають операторам прямого потоку фарб на валиках і циліндрах, а елементи матриці над головною діагоналею - операторам зворотнього потоку фарби.

Звернемо увагу на те, що в розгалуженій фарбовій групі оператор P_{ii} відповідає петлі графа та розміщений на головній діагоналі і описує останній валив в розгалуженні на якому потік фарби формально одночасно є прямим та зворотнім.

З матричного рівняння фарбової групи можна визначити потрібні залежності товщин шару фарби на стрічці та в точках контактів фарбових валиків та циліндрів від товщини шару фарби, яка подається на перший валик. Коли кількість валиків більша трьох-чотирьох то є деякі труднощі з розв'язком цих рівнянь.

Підкреслимо, що за побудованим графом фарбової групи, можна одержати попередні залежності безпосередньо за графом, не розв'язуючи матричного рівняння, скориставшись топологічною формою для визначення передачі графа [2].

Матрично-топологічний підхід до аналізу процесу розкошування фарби в друкарських машинах, оснований на розгляді топології структури фарбових груп з використанням спільної топологічної формули формалізує аналіз фарбових груп, є найглядним і зручним для моделювання на ЕОМ.

Література

1. Казакевич В.В., Избицкий Э.Н. Системы автоматического управления полиграфическими процессами.-М.: Книга.1978 - 344 с.

2. *Райцын Т.М.* Синтез систем автоматического управления методом направленных графов.-Л.: Энергия, 1970.

3. *Сизорский В.П.* Математический аппарат интенера.-К.: Техника. 1977 - 380 с.