

УДК 681.513:519.713

## ДО ПРОБЛЕМИ ПРО ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ОПЕРАТИВНОГО ПОЛІГРАФІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Ю. П. Рак

*Описано методику і шляхи оптимізації технологічних процесів у галузі оперативної поліграфії, перехід від концептуальної технологічної схеми до формальної.*

*Описаны методика и пути оптимизации технологических процессов в области оперативной полиграфии, переход от концептуальной технологической схемы к формальной.*

Пропонується деякі методи, що знайшли розвиток в інформатиці, використати для оптимізації організації виробничих процесів — не тільки при виготовленні поліграфічної продукції, але й при створенні нових типів устаткування для оперативної поліграфії. Серед них — розпаралелювання, конвеєризація та мультиплексування [1].

Розроблені в інформатиці методи й алгоритми розпаралелювання і конвеєризації мають глибоке наукове обґрунтування у вигляді строгих математичних теорем. Коректно використовуючи їх, можна бути певним, що все, що отримано на виході, "працюватиме правильно й оптимально". Такої впевненості немає, коли використовується безсистемна, "миттєва" техніка синтезу та оптимізації.

Нами запропоновано метод та створено відповідні програми [2] для реалізації поставленої задачі. При відповідному описі вхідних даних у потрібних цільових функціях розв'язок поставленої задачі обґрунтування вибору технологічних ліній оперативного поліграфічного виробництва може бути отриманий автоматично або напівавтоматично, у діалозі.

У рамках дещо простішого формалізму проілюструємо основні прийоми, які будуть використані при розробці інформаційно-пошукової експертної системи, призначеної для пошуку й аналізу довідкового матеріалу при проектуванні та створенні різних типів видавництва і друкарень.

Базою формалізму, відповідно до поставленої задачі, є модель паралельно-послідовної конвеєрної схеми (рис. 1, а).

Блоки  $B_i$ ,  $i=1, \dots, n$  можна об'єднати в послідовну (рис. 1, б), паралельну (рис. 1, в) дільницю, конвеєрну секцію (рис.1, г) або мультиплексовану дільницю (рис. 1, д).

*Технологічна лінія — це сукупність обладнання (блоків), яке забезпечує виконання певних технологічних операцій.*

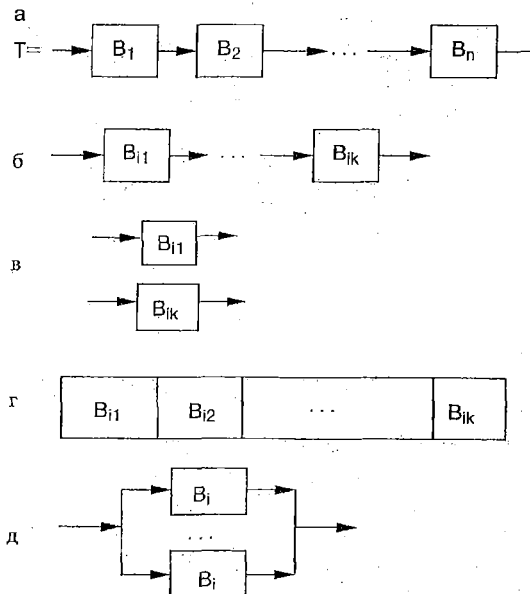


Рис.1. Схема реалізації технологічних дільниць

Передбачається, що на вхід лінії "а" (рис. 1, а) надходять на обробку деякі об'єкти: тексти, сировинні матеріали, напівфабрикати та інші складові частини майбутнього виробу. Вони надходять у масовому регулярному порядку таким чином, що обробляються лінією "на конвеєрний манер". Наприклад, якщо "а" містить чотири блоки —  $V_1, V_2, V_3, V_4$ , то схема обробки буде така (рис. 2):

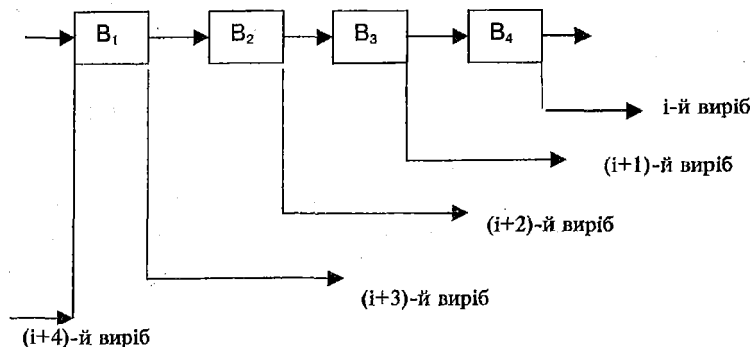


Рис. 2. Прилад конвеєрної схеми технологічної лінії

У середині кожного з блоків  $V_i$  обробка ведеться: для типів "б" і "г" конвеєрно, а для "в" і "д" — паралельно.

Основним лімітуючим фактором у цьому формалізмі є залежність між блоками. Для прикладу, блок  $V_j$  залежить від блока  $V_i$ , якщо  $V_i$  виробляє щось, без чого блок  $V_j$  не може працювати. Таким чином, блок  $V_j$  повинен виконувати роботу в часі пізніше. Незалежні блоки можуть проходити в будь-якому порядку або одночасно (залежність між блоками позначена пунктирними лініями).

Розпаралелювання обробки (у нашому випадку розпаралелювання процесу створення будь-якого поліграфічного виробу) полягає в такому перетворенні (рис. 3):

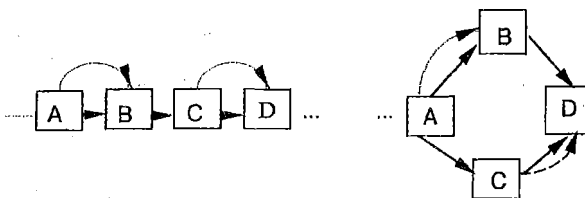


Рис. 3. Перетворення послідовної схеми в паралельну

Ця схема (рис. 3) на прикладі простішої технологічної лінії ілюструє наступну ідею. Припустимо, технологічна лінія для виробництва якого-небудь поліграфічного виробу містить чотири послідовних блоки: А, В, С і Д. При цьому блок В використовує результати роботи блока А, блок Д — результати роботи блока С, а блок С не використовує жодних результатів роботи блока В, хоч може використовувати результати роботи блока А. У цьому випадку після виконання роботи в блоці А роботи в блоках В і С можуть бути розпочаті одночасно.

Отже, коли два блоки обробки незалежні, то вони можуть бути виконані паралельно, що дозволяє зекономити час на обробку за рахунок введення додаткових пристроїв або їх спеціалізації, якщо етапи В і С реалізують різні функції. Але коли ж трудомістка дільниця В не піддається розпаралелюванню, наприклад, складається з роботи, що не ділиться на незалежні між собою підроботи, то перш за все її потрібно розділити на декілька (нехай залежних між собою) робіт й організувати конвеєрну обробку. Це реалізується схемою, зображеною на рис. 4.

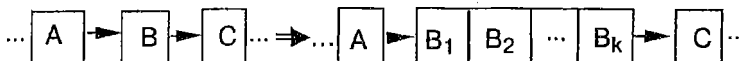


Рис. 4. Схема організації конвеєрної обробки

Якщо раніше блок В виконував у певний момент тільки одну роботу, то зараз виконує  $K$  послідовних робіт. При цьому час виготовлення одного виробу не зменшується, проте на

виході конвеєризованого блока виробу (у даному випадку напівфабрикати) з'являються в  $K$  разів частіше.

Третє перетворення – мультиплексування – використовується тоді, коли трудомісткий блок не можна розділити не тільки на незалежні роботи (коли можна було б використовувати розпаралелювання), але й навіть на залежні (коли можна застосовувати конвеєризацію). У цьому випадку для розвантаження ділянки В слід використовувати метод збільшення числа ідентичних "виконавців" (рис. 5).

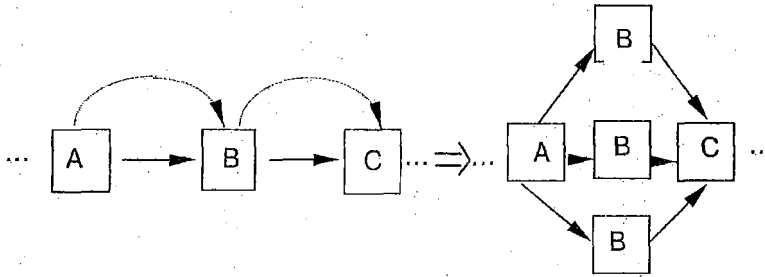


Рис. 5. Приклад застосування мультиплексування

Як бачимо, як і при конвеєризації (рис. 4), час виготовлення одного виробу не зменшується, зате збільшується частота виходу виробів.

Описані перетворення носять формальний характер, і перш ніж їх застосувати, потрібно технологічну лінію (рис. 1) відповідно формалізувати, зробити зручною для виявлення трудомістких ділянок, залежних і незалежних робіт і т.д. Розглянемо один з методів такої формалізації. Вихідною інформацією тут є неформально задана концептуальна схема  $T$  технологічної лінії або технологічного процесу. Вона складається з проіндексованих певним чином блоків  $B$ , які знаходяться у відповідному зв'язку – послідовно, паралельно, конвеєрно або мультиплексивно. Нам вигідно вважати, що блоки лінії  $T$  з'єднані тільки послідовно (рис. 1,а). Така технологічна лінія "а" може мати дуже багато блоків, і прослідкувати глобальні зв'язки між ними складно. Тому передовсім ми застосуємо стандартні прийоми локалізації аналізу. Відповідальному за кожен блок потрібно тільки вказати, що в нього є на вході – виході (включаючи з екологічних міркувань не тільки "корисний продукт", але й "промислові відходи").

На рис. 6 зображена деяка гіпотетична технологічна лінія після першого етапу формалізації.

Наступним етапом є побудова так званої ярусно-паралельної форми (ЯПФ) для лінії (рис. 6). Будується вона так. У перший ярус заносяться всі роботи, які не залежать від інших робіт, а отже, можуть бути виконані в першу чергу. Для нашого прикладу – це робота  $B_1$ , яка залежить тільки від зовнішніх інгредієнтів  $a$  і  $b$ , робота  $B_3$ , залежна від  $a$ , і  $B_8$ , не залежна ні від чого. В наступний ярус заносяться роботи, які залежать тільки від робіт першого яруса. Це  $B_2$ , яка залежить від  $B_1$  через  $c$ , і  $B_{10}$ , залежна від  $B_1$  через  $c$  і від  $B_3$  через  $d$ . У кожний наступний  $k$ -й ярус заносяться тільки ті роботи, які залежать від робіт 1, 2, ...,  $(k-1)$ -го ярусів.

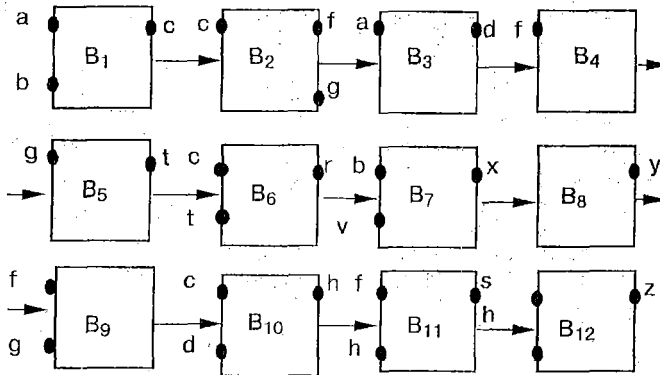


Рис. 6. Схема послідовної технологічної ділянки

Результат отримуємо в такому вигляді:

1-й ярус	$V_1, V_3, V_8$
2-й ярус	$V_2, V_{10}$
3-й ярус	$V_4, V_5, V_9, V_{11}$
4-й ярус	$V_6, V_{12}$
5-й ярус	$V_7$

Рис. 7. Ярусно-паралельна технологічна дільниця

Якщо припустити, що вся робота займає одиничний однаковий для всіх проміжків часу, то ЯПФ (див. рис. 7) відповідає часовому графіку виконання робіт, коли кожна робота починає виконуватись відразу після появи всіх її вхідних інгредієнтів. Але якщо ввести більш адекватне поняття часу реалізації роботи  $V_i$ , тобто функцію  $t(V_i)=t_i$ , значенням якої є натуральне число – час реалізації роботи  $V_i$ , то поняття графіка ускладнюється. Воно більше відповідатиме традиційному поняттю. Нехай для нашого прикладу

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_i$	4	5	5	3	3	6	4	2	4	10	5	5

то відповідний часовий графік, при якому ініціація роботи здійснюється так скоро, наскільки це можливо, матиме вигляд, як на рис. 8.

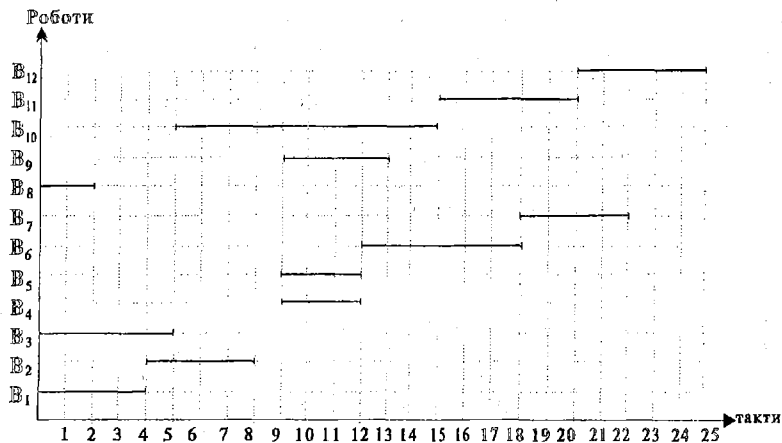


Рис. 8. Часовий графік реалізації технологічної дільниці

Як видно з графіка, роботи  $V_1, V_3, V_8$  починають виконуватись одночасно і закінчуються, відповідно, через 4, 5 і 2 такти. Робота  $V_2$  залежить тільки від  $V_1$ , і можна починати виконувати її вже на 4-му такті. Робота  $V_{10}$  залежить від  $V_1$  і  $V_3$ , отже, не може розпочинатись раніше 5-го такту. За таким же принципом здійснюється запуск усіх інших робіт. Таким чином, загальний час виконання всіх робіт – 25 тактів – визначається ланцюгом  $V_3, V_{10}, V_{11}, V_{12}$ . На графіку відображено також, яка з робіт може виконуватись паралельно, які ділянки вимагають розвантаження і т.д.

Запропонована методика дозволяє обгрунтовано організувати вибір технологічних ліній, які забезпечують найбільшу ефективність функціонування [2].

1. Вальковський В.А. Распаралеливания алгоритмов и программ: структурный подход. М., 1989. 2. Рак Ю.П., Боллошин А.А., Вовчина З.С. Інформаційно-пошукова експертна система в галузі малої поліграфії: Зб. наук. пр. "Комп'ютерні технології друкарства". Львів: Українська академія друкарства. 1998.