

Metody optymalizacji dyskretnej

Spis treści

Spis treści

Metody optymalizacji dyskretnej.....	1
1 Wstęp	5
2 Metody optymalizacji dyskretnej.....	6
2.1 Metody dokładne	6
2.2 Metody przybliżone	6
2.2.1 Poszukiwanie lokalne	6
2.2.2 Symulowane wyżarzanie	7
2.2.3 Algorytmy ewolucyjne	7
3 Modelowanie transportu w problemach szeregowania zadań	8
Bibliografia	10
Indeks	11

1 Wstęp

Praktyczne problemy optymalizacji dyskretnej są problemami bardzo kłopotliwymi z obliczeniowego punktu widzenia. Fakt ten wynika z występowania bardzo dużej liczby ekstremów lokalnych, braku własności wypukłości, ciągłości i różniczkowalności funkcji kryterialnej oraz przynależności większości tych problemów do klasy problemów silnie NP-trudnych. W ostatnich latach można zaobserwować w optymalizacji dyskretnych procesów produkcyjnych wzrost możliwości rozwiązywania problemów z tej dziedziny, który jest następstwem poprawy jakości i szybkości algorytmów przybliżonych, możliwości prowadzenia obliczeń równoległych oraz wykorzystaniem nowych własności (np. własności blokowych). Teoria szeregowania zadań rozwinęła się w kierunku dużej liczby szczególnych modeli oraz algorytmów dedykowanych dla wąskich klas problemów. Pozwoliło to na powstanie metod o dobrych i bardzo dobrych własnościach numerycznych. Modele, narzędzia oraz metodologia z optymalizacji dyskretnych procesów produkcyjnych i optymalizacji dyskretnej są użyteczne w problemach generowanych w innych dziedzinach (takich jak budownictwo, mechanika czy elektronika).

2 Metody optymalizacji dyskretnej

Zadania, w których zmienne decyzyjne (bądź ich część) przyjmują wartości dyskretne, całkowitoliczbowe lub binarne nazywane są problemami optymalizacji dyskretnej lub dyskretno - ciągłej. Zdecydowana większość problemów planowania i sterowania należy do takiej klasy problemów. Zadania takie należą do wyjątkowo trudnych z obliczeniowego punktu widzenia, z uwagi na mnogość występowania ekstremów lokalnych i często brak własności wypukłości, ciągłości i różniczkowalności funkcji kryterialnej, NP - trudność większości problemów pochodzących z praktyki oraz przekleństwo wielowymiarowości. Istnienie wielu ekstremów lokalnych, kłopotliwe już dla przypadku optymalizacji ciągłej nabiera dla problemów dyskretnych szczególnego znaczenia. Z kolei bezpośrednią konsekwencją NP - trudności jest to, że czas obliczeń odpowiedniego algorytmu komputerowego jest funkcją wykładniczą od rozmiaru rozwiązywanego problemu. Uwzględniając rozmiar realnych problemów praktycznych, czas ten wyraża się dziesiątkami tysięcy najszybszych znanych obecnie komputerów.

2.1 Metody dokładne

Metoda dokładna wyznacza rozwiązanie globalnie optymalne. Wśród metod dokładnych można wymienić m. in.

- a) efektywne algorytmy dedykowane,
- b) przegląd zupełny,
- c) metody oparte o schemat podziału i ograniczeń,
- d) metody oparte o schemat programowania dynamicznego (PD),
- e) metody oparte na programowaniu liniowym całkowitoliczbowym (PLC).

Metody (b)-(e) są kosztownymi obliczeniowo metodami wykorzystywanymi do rozwiązywania problemów silnie NP-trudnych. Są to metody czaso- i pamięciochłonne oraz rozmiar rozwiązywanych przez nie problemów jest ciągle zbyt mały. Metody te są na przykład wykorzystywane do poszukiwania minimalnego czasu cyklu dla powtarzalnego procesu produkcyjnego z niewielkim repertuarem wyrobów. Dla małej liczby zadań można wyznaczyć rozwiązanie którego nawet mały zysk otrzymany w jednym cyklu zwielfokrotni się o liczbę cykli w całym procesie produkcyjnym. Metody dokładne są wykorzystywane także do wyznaczania rozwiązań referencyjnych, do których następnie porównuje się wyniki algorytmów przybliżonych oceniając ich jakość.

2.2 Metody przybliżone

Metoda przybliżona dostarcza pewnego rozwiązania bliskiego optymalnemu, to znaczy takiego rozwiązania, dla którego wartość funkcji celu niewiele różni się od wartości optymalnej. Metod przybliżonych jest znacznie więcej niż dokładnych, są one zwykle zorientowane na problem, który rozwiązują. Jakość metody przybliżonej ocenia się na podstawie złożoności obliczeniowej algorytmu oraz dokładności przybliżenia.

2.2.1 Poszukiwanie lokalne

Wiele algorytmów przybliżonych opiera się na iteracyjnym polepszaniu bieżącego rozwiązania poprzez lokalne przeszukiwanie. Przeszukiwanie to rozpoczyna się od pewnego rozwiązania startowego. Następnie generowane jest jego otoczenie (sąsiedztwo), z którego wybiera się najlepsze rozwiązanie, które staje się rozwiązaniem startowym w kolejnej iteracji.

2.2.2 Symulowane wyżarzanie

Metoda symulowanego wyżarzania (odprężania) posiada pewne analogie z termodynamicznym procesem studzenia. Stany ciała są postrzegane jako analogiczne do rozwiązań, a energia ciała - analogiczna do wartości funkcji celu. Metoda ta została zaproponowana po raz pierwszy w pracy Kirkpatricka i in. w 1983 r.

2.2.3 Algorytmy ewolucyjne

W algorytmach ewolucyjnych przy rozwiązywaniu danego problemu korzysta się z mechanizmu opartego na zjawisku naturalnej ewolucji gatunków. Za prekursora w tej dziedzinie uważa się Hollanda. W opisie algorytmów ewolucyjnych używa się pojęć z genetyki.

3 Modelowanie transportu w problemach szeregowania zadań

W wielu systemach produkcyjnych i dystrybucyjnych zadania są przekazywane z jednej maszyny na inną przy użyciu środków transportu takich jak wózki AGV (*ang. Automated Guided Vehicle*), roboty czy przenośniki taśmowe. W literaturze rozpatrywane są dwa typy problemów szeregowania z transportem, w których transport jest realizowany przy użyciu ustalonej liczby robotów:

- transport różnych zadań może się odbywać równocześnie. Jest to przypadek w którym liczba robotów wykorzystywanych do transportowania zadań jest większa lub równa liczbie zadań,
- tylko jeden robot realizuje transport, co oznacza, że w tym samym czasie może być transportowane tylko jedno zadanie.

W pierwszym przypadku wszystkie operacje transportowe zadania wykonywane są przez ten sam robot. Problemy z tak rozumianym transportem są poruszane w pracy [1]. Drugie podejście lepiej odzwierciedla pracę rzeczywistych systemów produkcyjnych, jednak problem szeregowania zadań jest wtedy bardziej skomplikowany. Taki problem można rozwiązać na dwa różne sposoby. Pierwszy sposób polega na podejściu dwuetapowym. Etap pierwszy polega na uszeregowaniu zadań na maszynach z pominięciem (lub częściowym uwzględnieniem) transportu zadań. W drugim etapie rozwiązywany jest problem zaplanowania pracy robota w odniesieniu do uszeregowania uzyskanego w pierwszym etapie. Drugi sposób polega na jednoczesnym szeregowaniu zadań na maszynach i planowaniu pracy robota (np. w pracy [3]). W pracy [3] rozpatrywany jest problem przepływowy z czasami transportu i pojedynczym robotem. Autorzy tej pracy rozpatrują przypadek, w którym transporty są realizowane przy użyciu jednego robota, który może zajmować się tylko jednym zadaniem w tym samym czasie. W ten sposób mogą pojawić się konflikty między transportami i zadanie musi w takiej sytuacji czekać na przetransportowanie. Czas pustych ruchów robota jest znikomy, to znaczy nie jest rozpatrywany dodatkowy czas pracy robota, gdy nie transportuje on zadania. Dodatkowo między maszynami występują bufory. Każda maszyna posiada nieograniczony bufor wyjściowy, w którym zadania zakończone na maszynie oczekują na transport. Zadania są automatycznie przekazywane do tego bufora, a czas potrzebny na przekazanie zadań do bufora nie jest rozpatrywany. Dodatkowo każda maszyna posiada nieograniczony bufor wejściowy, w którym przechowywane są zadania oczekujące na wykonanie na maszynie. W pracy [4] poruszane są problemy szeregowania zadań z uwzględnieniem transportu przy użyciu wózków AGV. Systemy produkcyjne wykorzystujące do transportu wózki AGV charakteryzują się większą elastycznością, lepszym wykorzystaniem przestrzeni roboczej i niższym kosztem eksploatacji w stosunku do systemów, w których wykorzystywane są inne środki transportu. W systemie produkcyjnym znajduje się określona liczba wózków AGV. Operacja transportowa wykonywana jest między każdą parą operacji przez jeden z wózków AGV. Operacja transportowa polega na pobraniu palety z detalem z bufora wyjściowego maszyny, następnie transporcie pobranej palety w określonym czasie do kolejnej maszyny, zgodnie z porządkiem technologicznym i umieszczeniu palety z detalem w buforze wejściowym maszyny. Na czas transportu ma wpływ odległość między maszynami, transportowana paleta oraz specyfikacja wózka realizującego operację transportową. Systemy wykorzystujące wózki AGV są zróżnicowane ze względu na układ maszyn produkcyjnych. Do podstawowych sposobów rozmieszczenia maszyn należą: linia, pętla i siatka. W systemach produkcyjnych mogą być wytwarzane, w ramach poszczególnych zadań, detale różniące się między sobą, a co za tym idzie wymagające różnych metod transportu. Sytuacja taka wymaga zróżnicowania środków transportu w systemie. Gdy w systemie produkcyjnym występuje tylko jedna maszyna transportowa realizująca wszystkie operacje transportowe to najczęściej jest to robot

Modelowanie transportu w problemach szeregowania zadań

stacjonarny, a maszyny produkcyjne są ustawione w pólko. Takie systemy produkcyjne są nazywane komórkami robotycznymi (*ang. robotic cells*). Zagadnienia optymalizacji produkcji w takich systemach są związane z koniecznością rozwiązania problemu szeregowania w komórkach robotycznych (*robotic cell scheduling problem*). Szczególnym przypadkiem takiego problemu jest robotyczny problem przepływowy (*robotic flow-shop*, np. [2]). W przedstawionych wyżej problemach szeregowania zadań z uwzględnieniem transportu czasy transportu zadań między maszynami przyjmują tylko wartości dodatnie. Transport w tych problemach jest realizowany przy użyciu środków transportu takich jak roboty czy wózki AGV.

Bibliografia

1. P. Brucker, S. Knust, T. C. E. Cheng, N. V. Shakhlevich, Complexity Results for Flow-Shop and Open-Shop Scheduling Problems with Transportation Delays, *Annals of Operations Research* 129, 2004, 81–106.
2. Y. Crama, V. Kats, J. van de Klundert, E. Levner, Cyclic scheduling in robotic flowshops, *Annals of Operations Research* 96, 2000, 97–124.
3. J. Hurnik, Makespan minimization for flow-shop problem with transportation times and a single robot, *Discrete Applied Mathematics* 112, 2001, 199-216.
4. Tyński, Zagadnienia szeregowania zadań z uwzględnieniem transportu. Modele, własności i algorytmy, Praca doktorska, Wrocław 2006.

Indeks

Indeks

A

Algorytmy ewolucyjne, 7

M

Metody dokładne, 6
Metody przybliżone, 6

P

Poszukiwanie lokalne, 6

S

Symulowane wyżarzanie, 7