Prof. Jacek Błażewicz, czł.rzecz.PAN
Instytut Informatyki
Politechnika Poznańska

Poznań, 25.04.2019

Recenzja

Rozprawy doktorskiej Bartłomieja Przybylskiego, pt. „*Parallel-machine scheduling of generalized unit-time jobs*"

Tematyka rozprawy

Rozprawa dotyczy problemów wielomaszynowego szeregowania zadań o zmiennych czasach wykonywania, zależnych od numerów pozycji zadań w uszeregowaniu. Przyjęto iż zmienne czasy wykonywania są iloczynami tzw. *podstawowych czasów wykonywania* oraz wartości pewnej funkcji φ(r) zależnej od numeru r pozycji zadania w uszeregowaniu. Przez podstawowy czas wykonywania zadania rozumie się w rozprawie czas wykonywania zadania w przypadku gdy jest ono wykonywane jako pierwsze. Funkcja φ(r) może być różnej postaci, najczęściej przyjmuje się iż jest słabo malejąca, co pozwala modelować tzw. *efekt uczenia się* (ang. learning effect), polegający na skracaniu się czasu wykonywania zadania wraz ze wzrostem numeru pozycji tego zadania w uszeregowaniu. Na zbiorze zadań może być zadana relacja częściowego porządku (ograniczenia kolejnościowe) różnej postaci, np. zbioru łańcuchów, drzew typu in-tree bądź dowolnego acyklicznego grafu. Stosowanym kryterium optymalności uszeregowania jest C_{max}, ΣC_j bądź $\Sigma w_j C_j$.

Znaczenie wyników rozprawy

Szeregowanie zadań z czasami wykonywania ww. postaci jest popularnym kierunkiem we współczesnej teorii szeregowania zadań, powstaje wiele prac, jednakże większość z nich koncentruje się na wynikach cząstkowych, dotyczących jedynie wybranych problemów. Rozprawa zawiera kilkanaście nowych wyników dotyczących funkcji φ(r) różnych postaci, co pozwala na rozważenie szerszych klas problemów niż zwykle i nadaje tym wynikom walor ogólności. Ponadto, w literaturze przedmiotu rzadko rozważane są problemy szeregowania zadań zależnych. Stąd też wyniki rozprawy istotnie poszerzają literaturę, co zostało potwierdzone opublikowaniem tych wyników w czasopismach z listy JCR.

Organizacja rozprawy

Rozprawa liczy 64 strony, jest napisana w języku angielskim i składa się ze wstępu oraz pięciu rozdziałów.

We wstępie krótko opisano tematykę rozprawy, organizację rozprawy oraz stosowane konwencje typograficzne.

Rozdział pierwszy zawiera podstawowe definicje dotyczące algorytmiki i teorii złożoności (sekcja 1.1), teorii grafów (sekcja 1.2), teorii szeregowania (sekcja 1.3) oraz krótki opis notacji trójpolowej (sekcja 1.4).

Rozdział drugi poświęcono przeglądowi głównych postaci czasów zmiennych (sekcja 2.1) oraz klasycznego szeregowania zadań jednostkowych (sekcja 2.2).

Rozdział trzeci i czwarty to główne rozdziały merytoryczne pracy, w których przedstawiono wyniki Autora rozprawy dotyczące dwu modeli zmiennych czasach wykonywania zależnych od pozycji zadań w uszeregowaniu. Każdy z tych rozdziałów składa się z czterech sekcji, które zawierają (odpowiednio) sformułowanie modelu czasu wykonywania, definicję pewnej transformacji pozwalającej przekształcać uszeregowania z zadaniami jednostkowymi w odpowiadające im uszeregowania zadań z czasami wykonywania z danego modelu, główne wyniki dotyczące omawianego modelu oraz listę problemów otwartych.

Rozdział piąty kończy rozprawę i zawiera krótkie podsumowanie przedstawianych w niej wyników.

Bibliografia zawiera 75 pozycji, tematycznie związanych z rozprawą.

Zawartość merytoryczna rozprawy

Główne wyniki rozprawy przedstawiono w dwu rozdziałach merytorycznych, trzecim i czwartym.

W rozdziale trzecim omówiono szeregowanie uogólnionych zadań jednostkowych, rozumianych jako zadania o zmiennych czasach wykonywania zależnych od pozycji zadań w uszeregowaniu z jednostkowymi czasami podstawowymi. Ściślej mówiąc czas wykonywania j-tego zadania uszeregowanego na r-tej pozycji, $p_{j,r}$, jest opisany pewną funkcją od r, tzn. $p_{j,r} = \varphi(r)$. Czasy tej postaci Autor nazywa *uogólnionymi zadaniami jednostkowymi*, co jest uzasadnione, gdyż dla $\varphi(r) = 1$ czasy tej postaci sprowadzają się do czasów jednostkowych.

Rozdział trzeci składa się z czterech sekcji. W sekcji 3.1 zdefiniowano uogólnione zadania jednostkowe formalnie, wprowadzono także oznaczenia pozwalające rozróżnić różne przypadki funkcji φ (słabo rosnąca, słabo malejąca itd.). W sekcji 3.2 zdefiniowano pewną transformację, Λ, która pozwala przekształcić znane uszeregowanie, np. dla zbioru zadań jednostkowych, w odpowiadające mu uszeregowanie uogólnionych zadań jednostkowych.

Główne wyniki rozdziału trzeciego przedstawiono w sekcji 3.3:
- twierdzenie 3.2 mówiące iż problem $Pm \mid in\text{-}tree, p_{j,r} = \varphi(r) \mid C_{max}$ można rozwiązać w czasie $O(n)$ dla słabo malejącej funkcji $\varphi(r)$,
- twierdzenie 3.14 mówiące iż problem $Pm \mid in\text{-}tree, p_{j,r} = \varphi(r) \mid \Sigma C_j$ można rozwiązać w czasie $O(n^m)$ dla słabo malejącej funkcji $\varphi(r)$,
- twierdzenie 3.17 mówiące iż problem $P \mid p_{j,r} = \varphi(r) \mid \Sigma w_j C_j$ można rozwiązać w czasie $O(n\log n)$ dla słabo malejącej funkcji $\varphi(r)$,

- twierdzenie 3.18 mówiące iż problem P2 | chain, $p_{j,r} = \varphi(r)$ | ΣC_j można rozwiązać w czasie $O(n^3)$ dla dodatniej funkcji $\varphi(r)$.

Rozdział trzeci kończy się sekcją 3.4 zawierającą listę trzech problemów otwartych, wraz z przykładami które pokazują iż algorytmy znane dla klasycznych odpowiedników tych problemów z zadaniami jednostkowymi nie są optymalne.

Rozdział czwarty poświęcony jest zmiennym czasom wykonywania, opisanymi całkami Riemanna. Rozdział ten ma podobną budowę co rozdział poprzedni i składa się z czterech sekcji.

W sekcji 4.1 opisano całkowy model czasów wykonywania, ilustrując go przykładem numerycznym. Wymieniono także kilka pokrewnych modeli, w których występują zależności całkowe.

W sekcji 4.2 opisano pewne przekształcenie, Δ, podobnej natury co przekształcenie Λ opisane w rozdziale 3. Pokazano także równoważności modelu całkowego oraz modelu uogólnionych zadań jednostkowych (Własność 4.1). Zdefiniowano formalnie przekształcenie Δ pozwalające przekształcić uszeregowanie T bez przestojów (nazywane przez Autora 'strictly no-idle schedule') z czasami postaci $p_{jr} = \int\mu$ w odpowiadające mu dopuszczalne uszeregowanie dla czasów postaci $p_{jr} = \int\rho$ przy założeniu, że podstawowe czasy wykonywania wszystkich zadań są liczbami naturalnymi.

Główne wyniki rozdziału czwartego to:
- twierdzenie 4.7 mówiące iż jeżeli μ dodatnią i słabo malejącą funkcją, to jeżeli istnieje optymalne uszeregowanie dla instancji problemu P | prec | C_{max}, uszeregowanie to jest 'strictly no-idle' oraz naturalne (tzn. czasy zakończenia wszystkich zadań są liczbami naturalnymi), to odpowiadające mu uszeregowanie skonstruowane za pomocą przekształcenia Δ jest optymalne dla instancji problemu P | prec, $p_{jr} = \int\mu$ | C_{max} z czasami całkowymi
- twierdzenie 4.8 o podobnej treści co twierdzenie 4.7, ale dotyczące kryterium ΣC_j
- twierdzenie 4.11 mówiące iż problem P | prec, $p_{jr} = \int\mu$ | ΣC_j można rozwiązać w czasie pseudo-wielomianowym
- twierdzenie 4.15 mówiące iż podzielne odpowiedniki problemów z twierdzeń 4.7 i 4.11 można rozwiązać w czasie pseudo-wielomianowym

Rozdział czwarty kończy sekcja 4.4 zawierającą uwagi na temat pewnego problemu otwartego.

Uwagi nt. rozprawy

Rozprawa jest napisana b. zwięzłym językiem. Język angielski jest poprawny, występują jedynie drobne błędy składu (np. 'złamane' nazwiska na ss. 13-14).

Przykłady b. dobrze ilustrują wprowadzane pojęcia. Niekiedy jednak przydałyby się nieco szersze opisy, np. w przypadku rys. 3.1.

W rozprawie stosuje się dość dużo różnego rodzaju symboli, są one zawsze opisane przed pierwszym ich wystąpieniem. Brak jednak miejsca, w której Autor zebrałby całą stosowaną symbolikę w postaci tabeli bądź spisu (indeksu) symboli.

W rozdziale pierwszym niektóre określenia i definicje mogłyby zostać pominięte (np. te dotyczące instancji bądź schematów kodowania) które są powszechnie znane.

Podana w sekcji 1.1 definicja algorytmu wielomianowego dotyczy tzw. algorytmów silnie wielomianowych. Rozróżnienie pomiędzy tymi dwoma klasami algorytmów polega na tym, iż w algorytmie wielomianowym liczbę operacji wyrażamy jako funkcję długości wejścia, a w przypadku algorytmu silnie wielomianowego – jako funkcję liczby elementów.

W sekcji 1.2 można było odwołać się do bardziej klasycznych pozycji dotyczących teorii grafów (Berge, Wilson itp.) niż monografia Tanaeva i innych, która dotyczy teorii szeregowania zadań.

W rozdziale drugim, opisującym pokrewne modele oraz wybrane problemy szeregowania zadań jednostkowych kolejność sekcji mogłaby być odwrócona: najpierw omawiane byłyby problemy klasycznego szeregowania zadań jednostkowych, a następnie modele z czasami zmiennymi, które są uogólnieniami tych pierwszych.

Pseudokody omawianych algorytmów są b. czytelne. Niektóre jednak z nich zawierają dyskusyjne elementy, np. sposób zapisu pętli for w algorytmie 3.1.

Opisy problemów szeregowania w których występują całki, podane w b. krótkim przeglądzie w sekcji 4.1, mogłyby być nieco szersze.

Konkluzja

Powyższe uwagi krytyczne nie podważają ogólnej pozytywnej opinii o recenzowanej pracy. Autor udowodnił, że nieobce są mu arkana pracy naukowej, a uzyskane wyniki w pełni uzasadniają stwierdzenie, iż spełnione zostały wszelkie wymogi ustawowe w odniesieniu do rozpraw doktorskich i wnoszę o dopuszczenie Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponieważ wyniki rozprawy zostały opublikowane w dwóch artykułach z listy JCR: *Optimization Letters* (impact factor 1.013, 25pkt wg listy A) oraz w *Computers & Industrial Engineering* (impact factor 3.195, 40pkt wg listy A), to, w zależności od obowiązujących na Radzie Wydziału przepisów, można myśleć o wyróżnieniu rozprawy.