

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. Marcina Żurowskiego pt.
"Podzielne szeregowanie zadań z pozycyjno-zależnymi
czasami wykonywania na dwóch równoległych identycznych maszynach"

Promotor: dr hab. Stanisław Gawiejnowicz, prof. UAM

I. Problematyka naukowa oraz przedmiot rozprawy

Teoria szeregowania zadań to gałąź badań operacyjnych oraz informatyki, na gruncie której rozważane są problemy przydziału zasobów określonego rodzaju do zadań z pewnego zbioru w taki sposób, by były one wykonane w sposób optymalny z punktu widzenia pewnego kryterium. Zasoby te określane są na ogół jako maszyny lub procesory, choć ich znaczenie może być znacznie szersze niż wynikałoby to ze wspomnianych nazw. Motywacją do rozwoju tej teorii u jej zarania były głównie problemy pojawiające się w systemach produkcyjnych (stąd nazwa "maszyny"), jednak wraz z rozwojem informatyki i komputerów elektronicznych szybko rosło znaczenie szeregowania zadań dla informatyki. Coraz więcej impulsów do badań prowadzonych na gruncie teorii szeregowania zadań pochodziło z tej dziedziny. Obecnie trudno byłoby wyobrazić sobie funkcjonowanie systemów komputerowych, zwłaszcza równoległych, bez odpowiednich algorytmów szeregowania zadań, a praktyczne potrzeby wymuszają analizę coraz bardziej wyrafinowanych problemów szeregowania.

W klasycznej teorii szeregowania zadań rozważa się zadania, których czasy wykonywania dane są w instancji i nie zmieniają się. Zadania takie można podzielić na dwa podstawowe rodzaje, tj. zadania niepodzielne, czyli takie, których rozpoczęcie wykonywania nie można przerwać oraz podzielne, czyli takie, których wykonywanie można przerwać i następnie kontynuować, być może na innej maszynie.

Od dłuższego już czasu rozważane są również zadania, których rzeczywiste czasy wykonywania mogą różnić się od tych podanych w instancji problemu. Rzeczywisty czas wykonywania takich zadań może zależeć np. od momentu rozpoczęcia danego zadania lub od jego pozycji w uszeregowaniu. Problemy szeregowania zadań tego rodzaju lepiej odpowiadają pewnym problemom pojawiającym się w praktyce niż problemy rozważane na gruncie klasycznej teorii szeregowania, jednak ich analiza bywa trudniejsza. Nie jest też w tym przypadku oczywiste m.in. pojęcie podzielności zadań i okazuje się, że problemy szeregowania zadań podzielnych, których czasy wykonywania zależą od pozycji w uszeregowaniu, nie były dotąd rozważane. Tę lukę w teorii szeregowania zadań postanowił, przynajmniej częściowo, wypełnić mgr Marcin Żurowski, a jego badania nad szeregowaniem tego rodzaju zadań zaowocowały przygotowaniem recenzowanej rozprawy doktorskiej.

II. Analiza treści rozprawy oraz uzyskanych wyników

1. Treść rozprawy

Głównym celem, który w swojej rozprawie sformułował mgr Marcin Żurowski było "zdefiniowanie modelu podzielności dla zadań pozycyjno-zależnych i zbadanie jego własności". Cel ten Doktorant zamierzał osiągnąć poprzez zbadanie podstawowych własności uszeregowania dla zdefiniowanego modelu oraz zaproponowanie algorytmów dokładnych i przybliżonych.

Rozprawa doktorska mgr. Marcina Żurowskiego składa się z krótkiego streszczenia w języku polskim i angielskim, ośmiu rozdziałów, wykazu literatury oraz spisów rysunków, tabel, algorytmów i wykorzystanych symboli.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp. Została w nim zarysowana tematyka rozprawy, przedstawiona została motywacja do prowadzenia badań, których wyniki zamieszczono w rozprawie oraz podany został jej układ.

W rozdziale drugim przedstawione zostały bardzo zwięźle podstawowe wiadomości dotyczące teorii algorytmów oraz teorii szeregowania zadań, a także wyjaśniona została zastosowana w kolejnych rozdziałach rozprawy notacja.

Rozdział trzeci poświęcony jest omówieniu podstawowych klasycznych modeli podzielności zadań. Przedstawiony został klasyczny model podzielności, omówiona została ograniczona podzielność oraz kosztowe modele podzielności, a także podzielność rozdzielna.

W rozdziale czwartym wprowadzony został zaproponowany przez Doktoranta nowy model podzielności, którego dotyczą rozważania prowadzone w dalszych częściach rozprawy. W rozdziale tym został formalnie zdefiniowany nowy rodzaj podzielności oraz omówione zostały pewne jego konsekwencje. Ponadto, zdefiniowany został współczynnik podziału.

W kolejnym, piątym, rozdziale sformułowany został rozważany przez mgr. Marcina Żurowskiego problem szeregowania zadań podzielnych w sposób opisany w poprzednim rozdziale. Jest to problem szeregowania zadań na dwóch identycznych maszynach, przy czym czasy wykonywania zadań zależą od pozycji, na których zostały one uszeregowane. Kryterium optymalności jest długość uszeregowania (C_{\max}). Wprowadzone zostało pojęcie zadania dominującego oraz omówione zostały jego własności, a także własności współczynnika podziału. Omówione zostały także pewne własności uszeregowania optymalnych oraz wpływ na uszeregowanie usunięcia z niego lub wstawienia do niego dodatkowego zadania. Rozdział ten zamykają rozważania dotyczące złożoności obliczeniowej. Wskazano tu, że złożoność badanego problemu nie została dotąd określona i postawiono hipotezę, że jest on NP-trudny. Podany został również algorytm wielomianowy dla szczególnej wersji analizowanego problemu, w której podstawowe czasy wykonywania wszystkich zadań są równe.

Rozdział szósty poświęcony jest przedstawieniu algorytmów dokładnych. Zaproponowany tu został wykładniczy algorytm wyliczeniowy oraz wykładniczy algorytm typu podziału i ograniczeń. Działanie obu algorytmów zilustrowane zostało przykładami. W rozdziale tym przedstawione zostały również wyniki eksperymentów obliczeniowych, w których zaproponowane algorytmy zostały przetestowane.

W rozdziale siódmym przedstawione zostały zaproponowane przez Doktoranta algorytmy przybliżone. Opisane zostały tutaj dwa algorytmy o złożoności czasowej $O(n^3)$. Działanie obu algorytmów zilustrowane zostało za pomocą przykładów. Przedstawione zostały także wyniki eksperymentów obliczeniowych, w których przebadane zostały zarówno czasy działania obu algorytmów, jak i jakość generowanych przez nie rozwiązań.

Rozdział ósmy stanowi podsumowanie rozprawy. Zostały tu wskazane główne wyniki opisane w rozprawie, podane zostały publikacje oraz prezentacje konferencyjne, w których zawarte zostały wyniki opisane w rozprawie oraz wskazano potencjalne kierunki dalszych badań.

2. Najważniejsze wyniki przedstawione w rozprawie

Za najważniejsze wyniki przedstawione w rozprawie uznać można:

- 1) zaproponowanie nowego modelu podzielności zadań;
- 2) wprowadzenie współczynnika podziału i przeanalizowanie jego własności;
- 3) zdefiniowanie nowego problemu szeregowania zadań;
- 4) przeanalizowanie własności uszeregowania optymalnych;
- 5) zaproponowanie algorytmów dokładnych;
- 6) zaproponowanie algorytmów przybliżonych.

3. Uwagi merytoryczne i redakcyjne

Zamieszczone w rozprawie rozważania i wyniki są interesujące i dotyczą ważnych oraz aktualnych zagadnień szeregowania zadań. Zaproponowany przez Doktoranta model podzielności zadań, których czasy wykonywania zależą od pozycji w uszeregowaniu, wypaśnia (przynajmniej częściowo) istotną lukę, która dotąd istniała w teorii szeregowania zadań, gdyż podzielność tego typu zadań nie była rozważana. Warto zwrócić uwagę na fakt, że w odróżnieniu od podstawowego rodzaju podzielności zadań ze stałymi czasami wykonywania, w przypadku zadań rozważanych w rozprawie nie jest oczywiste, w jaki sposób podzielność powinna być zdefiniowana, a konsekwencje przyjęcia pewnego modelu podzielności prowadzą do interesujących i złożonych problemów (z punktu widzenia analizy ich własności oraz zagadnień związanych z projektowaniem algorytmów). Model podzielności zaproponowany przez mgr. Marcina Żurowskiego potencjalnie może stanowić początek szerszego nurtu badań dotyczących problemów szeregowania zadań podzielnych o czasach wykonywania zależnych od pozycji w uszeregowaniu, znacznie wykraczających poza problemy wskazane w ostatnim rozdziale rozprawy przez jej Autora. Uzyskane przez niego wyniki opiane w rozprawie stanowią dobry punkt wyjściowy do podjęcia takich badań. Mimo że wyniki te są dobrą podstawą teoretyczną do prowadzenia dalszych rozważań, warto by zwrócić również uwagę na ewentualne zastosowania praktyczne (zwłaszcza, że geneza teorii szeregowania zadań jest ściśle związana z takimi zastosowaniami). Trochę szkoda, że Doktorant w swojej rozprawie nie przeanalizował praktycznego kontekstu modelu podzielności, który wprowadził, tym bardziej, że jest on trochę nieintuicyjny, bowiem prowadzi do sytuacji, w której przerwanie zadania i kontynuowanie go na innej maszynie powoduje skrócenie uszeregowania. Ewentualne zastosowania praktyczne oczywiście nie są niezbędne do rozwijania rozważanego fragmentu teorii szeregowania zadań, wzmacniałyby jednak znaczenie uzyskiwanych wyników.

Rozprawa napisana jest z dużą dbałością zarówno o ścisłość matematyczną, jak i o poprawność językową. Mimo to, jak w wielu innych rozprawach doktorskich, znalazła się w niej pewna liczba sformułowań, które mogłyby być dodatkowo wyjaśnione lub zawierają usterki, bądź nieścisłości. Przykładowo, w przykładzie 4.3 nie został podany współczynnik a . W pierwszym wzorze w uwadze 4.4 pojawia się symbol s , którego znaczenie nie zostało określone.

Na stronie 19 znalazło się następujące zdanie: "Obie części podzielonego zadania są traktowane jak dwa nowe niezależne i niepodzielne zadania, tj. nie mogą być podzielone i nie mogą być wykonywane na obu maszynach jednocześnie lub na tej samej maszynie w różnych przedziałach czasu." Jest ono nieprecyzyjne, ponieważ dwa niezależne zadania mogłyby być wykonywane jednocześnie na dwóch różnych maszynach i mogłyby też być wykonywane na tej samej maszynie w różnych przedziałach czasu.

W definicji 5.1 lepiej byłoby najpierw określić czym jest J_d , a następnie dopiero \bar{J} . Czym jest \bar{J} , jeśli warunek związany z J_d nie jest spełniony dla żadnego zadania? Czy \bar{J} , J^1 , J^2 i \bar{J}^1 są sekwencjami zadań, jak wynika z tego, co jest napisane na str. 8, czy są zbiorami zadań, jak wynika z definicji 5.1?

W dowodzie własności 5.3 jest napisane "aby zadania na drugiej maszynie zaczynały się od drugiej pozycji" – jak to należy rozumieć?

Na str. 26 warto by wyjaśnić, jak $TL^2(\sigma') > TL^2(\sigma)$ wynika z własności 5.2. Na tej samej stronie można by wyjaśnić, jak na mocy własności 5.5 można skonstruować uszeregowanie σ takie, że $TL^1(\sigma) = TL^2(\sigma)$.

Na str. 29 jest mowa o "wartości (5.5)", jest to jednak układ dwóch nierówności.

Symbol $p_{[j]}^i$ pojawiający się we wzorze (5.7) chyba nie został zdefiniowany.

Przesłanka ze str. 33, na podstawie której postawiono hipotezę o NP-trudności rozważanego problemu, nie jest zbyt silna, gdyż nie wiadomo, czy w celu znalezienia uszeregowania optymalnego trzeba rzeczywiście sprawdzić wszystkie możliwości, o których w niej mowa.

Warto by wyjaśnić z czego wynika optymalność algorytmu 5.1.

Na wykresach zamieszczonych w rozdziałach szóstym i siódmym przedstawiających czasy obliczeń nie zostały podane jednostki czasu.

Ponadto, w rozprawie znalazła się pewna liczba drobnych błędów/usterek językowych, zwłaszcza dotyczących użycia przecinków. Lepiej też byłoby nie stosować symbolu * na oznaczenie mnożenia.

4. Podsumowanie

Wymienione powyżej uwagi merytoryczne, a tym bardziej redakcyjne, nie mają zasadniczego wpływu na wagę i jakość przedstawionych w rozprawie wyników i nie wpływają w istotny sposób na jej jednoznacznie pozytywną ocenę. Moim zdaniem mgr Marcin Żurowski przedstawił w niej interesujące wyniki naukowe dotyczące szeregowania zadań podzielnych, których czasy wykonywania zależą od pozycji w uszeregowaniu, a sformułowany cel rozprawy został osiągnięty. Rozważane problemy są ważne dla informatyki, a do ich rozwiązania Doktorant zastosował właściwe metody badawcze odwołując się przy tym do stosownej literatury, co świadczy o jego głębokiej wiedzy w zakresie analizowanych zagadnień. Wyniki zamieszczone w rozprawie doktorskiej mgr. Marcina Żurowskiego były prezentowane na czterech konferencjach oraz zostały przedstawione w trzech publikacjach (trochę szkoda, że nie ma wśród nich publikacji w czasopiśmie z listy JCR). Tak jak było już wspomniane wcześniej, wyniki te stanowią potencjalnie interesujący punkt wyjściowy do ewentualnego rozwoju nowego nurtu w teorii szeregowania zadań.

III. Konkluzja

Rozprawa doktorska mgr. Marcina Żurowskiego zawiera oryginalne i interesujące wyniki naukowe dotyczące szeregowania zadań podzielnych z pozycyjno-zależnymi czasami wykonywania na maszynach równoległych. Uważam, że wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy zostały spełnione. Wnoszę zatem o dopuszczenie wspomnianej rozprawy do publicznej obrony.

P. Tomaszewicz