

Projektszám: 92öu1	HUF 880.000 EUR 260
Pályázó neve: Dr. Tuza Zsolt	Intézménye: Pannon Egyetem Veszprém Rendszer- és Számítástudományi Tanszék
Projektpartner neve: Univ. Prof. DI Dr. Hans Kellerer	Intézménye: Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Statistik und Operation Research
Pályázat címe: Restricted Assignment Scheduling Probleme mit Ressourcen	

A projekt jellege: (kérjük bejelölni)

- Workshop, konferencia
- Publikáció, tananyag
- **Kutatási együttműködés**
- Oktatási program

Beszámoló/Eredmények

A projektben a RAR feladatként elnevezett általános ütemezési feladat és az ehhez kapcsolódó feladatok vizsgálatát tűztük ki célul. A kutatás közvetlen előzménye Dósa Gy. és Tuza Zs. Multiprofessor Scheduling (röviden MS) feladról írott cikke (Discrete Applied Mathematics, DOI: 10.1016/j.dam.2016.01.035).

Ez az MS feladat sok korábbi modell általánosítása. Adott professzoroknak (oktatóknak) egy halmaza, valamint előadásoknak a halmaza, ezeket a professzorok fogják tartani. Adott továbbá hogy mely professzor mely órák megtartására képes, valamint az is, hogy ha valamely professzor megtartja valamelyik órát, akkor ezen az órán „megfigyelőként” még melyik más professzoroknak kell jelen lenniük. A cél az összes óra megtartása a lehető legrövidebb időn belül.

A RAR feladat az MS feladatnak egy még mindig eléggé általános speciális esete, amikor a professzorok csapata két része osztható: egyik részük akik az órákat megtartják, másik részük az „instruktorok” (gyakorlatvezetők), akik megfigyelőként vesznek részt az órákon. Kiderült, hogy a RAR feladat másképp is megfogalmazható: a professzorok megfeleltethetők úgynevezett „unrelated” gépeknek, a megtartandó órák megfelelnek végrehajtandó munkáknak, az instruktorok pedig erőforrásoknak, amelyek szükségesek a munkák végrehajtásához. Korábban még ezzel a feladattal sem foglalkoztak, amikor egyszerre vesszük figyelembe azt, hogy a munkák nem minden gépen hajthatók végre, és vannak erőforrások is; csak külön-külön vizsgálták az előbbi két feltételt.

A RAR feladattal kapcsolatban lényeges új eredményeket sikerült elérnünk, mégpedig a polinom időben történő megoldhatóság vonatkozásában, ami az algoritmusok hatékonyságának egy sarkalatos fokmérője. Egységnyi idejű munkák esetén polinom idejű algoritmust adtunk a kétgépes feladat optimumának pontos meghatározására, továbbá ha minden munka csak egy erőforrást igényel, akkor tetszőleges számú gépre is. Tetszőlegesen adott végrehajtási idejű munkák mellett rögzített számú géphez polinom idejű approximációs sémát adtunk meg (szokásos rövidítése PTAS), vagyis minden 1-nél nagyobb C konstansra egy olyan polinom idejű algoritmust, ami által szolgáltatott megoldás minden esetben az optimális ütemezés idejének legfeljebb C -szeresét igényli. Továbbá konstans approximációt találtunk arra az esetre is, ahol csak az egyes munkák által igényelt erőforrások száma korlátozott, a gépeké nem. Negatív oldalról pedig bebizonyítottuk, hogy már három gép és egységnyi idejű munkák esetén sem approximálható az optimum tetszőlegesen előírt 1-hez közeli pontossággal polinom időben. A tétel érdekessége, hogy általánosan elterjedt volt az a nézet, miszerint a nem approximálhatóság egyszerűen következik egy két és fél évtizeddel ezelőtt publikált eredményből. A vélt levezetés azonban hibás volt, a tételre most adtuk meg az első helyes bizonyítást. Mindezek az eredményeink egy kéziratban rangos nemzetközi folyóirathoz kerültek benyújtásra, ahonnan már pozitív

lektori véleményeket is kaptunk; jelenleg a cikk átdolgozás alatt áll (minor revision). Az algoritmusokról és tételokről több nemzetközi konferencián és kutatói szemináriumon tartottunk aktív érdeklődést kiváltó előadást.

Bevezettük továbbá a MS feladatnak (és ezáltal a RAR feladatnak is) egy még általánosabb változatát, amelyet Team Work Scheduling feladatnak neveztünk el. Ennek az a lényege, hogy csapatok végzik a munkákat bizonyos feltételek szerint, és a cél az összes munka minél korábbi elvégzése. Ezzel kapcsolatos eredményeinket nemzetközi konferencián ismertettük, és a konferencia kiadványában publikáltuk.

A fenti eredményekről a következő előadásokban számoltunk be nemzetközi fórumokon:

1. Dósa György: Team Work Scheduling. Előadás a MATCOS-16 konferencián - Middle-European Conference on Applied Theoretical Computer Science, 2016. október 12-13, Koper, Szlovénia. <http://matcos16.iam.upr.si/en/>
2. Hans Kellerer: Restricted Assignment Scheduling with Resource Constraints. Előadás, International Colloquium on Graphs and Optimization, 2016. július 10-14, Rigi Kaltbad, Svájc. <http://campus.hesge.ch/varones/go/10/>
3. Hans Kellerer: Restricted Assignment Scheduling with Resource Constraints, Kutatói szemináriumi előadás, Univ. Turin, 2016. szeptember 23, Olaszország.
4. Tuza Zsolt: Scheduling, graph coloring, and approximation. 60 perces plenáris előadás a BGW 2016 konferencián - Bordeaux Graph Workshop, 2016. november 7-10, Bordeaux, Franciaország. <http://bgw.labri.fr/2016/>
5. Tuza Zsolt: Approximability of some scheduling and graph coloring problems. Előadás a VOCAL 2016 konferencián - 7th VOCAL Optimization Conference: Advanced Algorithms, 2016. december 12-15, Esztergom, Magyarország. <http://vocal.p-graph.org/>
6. Tuza Zsolt: Scheduling, graph coloring, and approximation. Kutatói szemináriumi előadás az Univ. Paris-Dauphine egyetem LAMSADE (Laboratoire d'Analyse et de Modélisation des Systèmes pour l'Aide à la Décision) kutatólaboratóriumában, 2017. január 9.

A támogatási projekt számát feltüntető publikációkat lentebb adjuk meg.

Publikációs jegyzék:

Publikáció:

1. G. Dosa, H. Kellerer, Zs. Tuza: Restricted Assignment Scheduling with Resource Constraints. (submitted, under minor revision)
2. G. Dosa, H. Kellerer, Zs. Tuza: Team Work Scheduling. Proceedings of MATCOS-16, Middle-European Conference on Applied Theoretical Computer Science (A. Brodnik, Ed.), 12-13 October, 2016, Koper, Slovenia. Institut Jozef Stefan, Ljubljana, 2016, pp. 80-82. ISBN 978-961-264-104-7, <http://matcos16.iam.upr.si/en/resources/files//published-material/is2016volumeh---matcos.pdf>

Projektnummer: 92öu1	HUF 880.000 EUR 260
Antragsteller: Dr. Tuza Zsolt	Institut: Pannon Egyetem Veszprém Rendszer- és Számítástudományi Tanszék
Projektpartner: Univ. Prof. DI Dr. Hans Kellerer	Institut: Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Statistik und Operation Research
Titel: Restricted Assignment Scheduling Probleme mit Ressourcen	

Art der Förderung:

- Workshop, Konferenz
- Publikation, Lehrmaterial
- **Forschungsprojekt**
- Unterrichtsprojekt

Bericht

Das Ziel dieses Projekts war die Untersuchung eines allgemeinen Schedulingproblems, kurz RAR genannt, und dazu verwandter Probleme. Die Grundlage der gemeinsamen Forschung war eine Arbeit von Gyorgy Dósa und Zsolt Tuza über das Multiprofessor Scheduling Problem (kurz MP) (Discrete Applied Mathematics, DOI: 10.1016/j.dam.2016.01.035).

Dieses MP Problem stellt wiederum eine Verallgemeinerung mehrerer früherer Modelle dar. Gegeben sind eine Menge von Professoren (Lehrern) und eine Menge von Stunden, die von den Professoren gehalten werden müssen. Es ist auch gegeben, welcher Professor welche Stunden halten darf. Zusätzlich müssen bei manchen Lehrern andere Professoren als Supervisoren anwesend sein. Das Ziel ist, den Unterricht in möglichst kurzer Zeit beenden zu können.

Das RAR Problem kann als Spezialfall des MS Problems aufgefasst werden, aber es ist immer noch sehr allgemein. Die Professoren sind in zwei Gruppen aufgeteilt: ein Teil hält die Unterrichtsstunden, der andere Teil besteht aus Instruktoren (Assistenten), die bei den Stunden beobachtend anwesend sein müssen. Das RAR Problem kann auch auf andere Weise formuliert werden: die Professoren entsprechen sogenannten "unrelated" Maschinen, die Stunden werden mit Jobs identifiziert, und die Instruktoren werden als Ressourcen angesehen, die benötigt werden um die Jobs zu verarbeiten. Auch dieses Problem wurde bisher nicht untersucht, wenn man beide Bedingungen gleichzeitig berücksichtigt, d.h. ein Job kann nicht auf jeder Maschine verarbeitet werden und zusätzlich werden Ressourcen von den Jobs benötigt. Diese beiden Bedingungen wurden bisher nur getrennt untersucht.

Im Zusammenhang mit dem RAR Problem gelang es uns grundlegende neue Resultate zu erhalten, insbesondere in bezug auf die polynomiale Lösbarkeit, die ein wesentliches Maß für die Effizienz eines Algorithmus darstellt. Wenn alle Jobs gleiche Dauer haben, haben wir für folgende Fälle einen polynomialen Algorithmus zur Berechnung der optimalen Lösung gefunden: es gibt nur zwei Maschinen, oder es gibt beliebig viele Maschinen, aber jeder Job benötigt nur eine Ressource. Für Jobs mit beliebigen Prozesszeiten und einer festen Anzahl von Maschinen haben wir ein polynomiales Approximationsschema (kurz PTAS) konstruiert; das bedeutet für jede vorgegebene Konstante C größer als eins gibt es einen polynomialen Algorithmus, der eine Lösung ergibt, so dass die Fertigstellungszeit des letzten Jobs höchstens C mal so groß ist wie im optimalen Fall. Des weiteren haben wir eine konstante Approximation für den Fall gefunden, dass die Anzahl der Ressourcen, die von einem einzelnen Job benötigt werden, beschränkt ist, aber nicht unbedingt die Anzahl der Maschinen. Als negatives Resultat wurde bewiesen, dass im allgemeinen Fall die Optimallösung nicht beliebig genau in polynomialer Zeit approximiert werden kann. Dies gilt sogar schon, wenn es nur drei Maschinen gibt und alle Jobs gleiche Prozesszeiten haben. Ein

interessanter Aspekt dieses Resultats ist, dass bisher angenommen wurde, dass die Nichtapproximierbarkeit in einfacher Weise aus einem Resultat folgt, das vor 25 Jahren publiziert wurde. Die Herleitung dieses Resultats war jedoch falsch und wir konnten den ersten korrigierten Beweis präsentieren. Alle Ergebnisse wurden in einem Manuskript aufgeschrieben, das bei einem hochangesehenen internationalen Journal eingereicht wurde. Wir haben bereits positive Gutachten erhalten und es müssen nur noch kleine Änderungen vorgenommen werden. Über die Algorithmen und Theoreme wurden Vorträge auf internationalen Tagungen und bei Forschungsseminaren gehalten.

In den folgenden Vorträgen wurden unsere Resultate präsentiert:

1. György Dósa: Team Work Scheduling. Vortrag bei MATCOS-16 - Middle-European Conference on Applied Theoretical Computer Science, 12.-13. Oktober 2016, Koper, Slowenien. <http://matcos16.iam.upr.si/en/>
2. Hans Kellerer: Restricted Assignment Scheduling with Resource Constraints, Vortrag beim International Colloquium on Graphs and Optimization, 10.- 14. July, Rigi Kaltbad, Schweiz.
3. Hans Kellerer: Restricted Assignment Scheduling with Resource Constraints, Vortrag beim Forschungsseminar der Universität Turin, 23. September 2016, Italien.
4. Zsolt Tuza: Scheduling, graph coloring, and approximation. 60 Minuten Plenarvortrag bei BGW 2016 - Bordeaux Graph Workshop, 7.- 10. November 2016, Bordeaux, Frankreich. <http://bgw.labri.fr/2016/>
5. Zsolt Tuza: Approximability of some scheduling and graph coloring problems. Vortrag bei VOCAL 2016 - 7th VOCAL Optimization Conference: Advanced Algorithms, 12.-15. Dezember 2016, Esztergom, Ungarn. <http://vocal.p-graph.org/>
6. Zsolt Tuza: Scheduling, graph coloring, and approximation. Vortrag beim Forschungsseminar LAMSADE der Universität Paris-Dauphine (Laboratoire d'Analyse et de Modélisation des Systèmes pour l'Aide à la Décision), 9. Januar 2017.

Die Publikationen, die sich auf das Projekt beziehen sind untenstehend aufgelistet.

1. G. Dosa, H. Kellerer, Zs. Tuza: Restricted Assignment Scheduling with Resource Constraints. (submitted, under minor revision)
2. G. Dosa, H. Kellerer, Zs. Tuza: Team Work Scheduling. Proceedings of MATCOS-16, Middle-European Conference on Applied Theoretical Computer Science (A. Brodnik, Ed.), 12-13 October, 2016, Koper, Slovenia. Institut Jozef Stefan, Ljubljana, 2016, pp. 80-82. ISBN 978-961-264-104-7, <http://matcos16.iam.upr.si/en/resources/files//published-material/is2016volumeh--matcos.pdf>