

Periodikus ipari folyamatok erőforrás
eloszlását optimalizáló algoritmusok és
hatékony szoftverimplementációik
kutatása

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Bartos Anikó

Témavezető: Dr. Bertók Botond

Pannon Egyetem

Műszaki Informatikai Kar

Informatikai Tudományok Doktori Iskola

2019

1 Célkitűzések

Optimalizálást alkalmazni - főleg, ha annak eredménye kimagasló- nem csak kutatási szempontból motiváló, hanem pozitív anyagi, gazdasági és környezeti hatása lehet. A kutatási témám megválasztásánál és egyben a disszertáció elkészítésében is az motivált, hogy ezen a területen nem csak elméleti eredményeket lehet elérni, de a megfelelő algoritmusokat és módszereket alkalmazva a gyakorlatban is hasznosíthatók, és erre igény is van. A képzésben eltöltött éveim alatt lehetőségem adódott számos projektmunkában részt venni. Munkám során az ipari együttműködések keretében - például a Foxconn-nal, vagy SAGEM-el - jó néhány valós életbeli döntéstámogatási feladattal találkozhattam. Ezek a feladatok, akár a kisebb vállalatoknál felmerülők is, szinte mindegyike jellegéből és összetettségéből adódóan valamilyen számítógépes támogatást igényelt. A felmerülő kérdésekre a válaszokat keresve azt találtam, hogy az irodalomban megtalálható modellekhez és megoldásokhoz sokszor kell valamilyen kiegészítés, vagy akár egy újfajta megközelítés, modell felírása. Úgy vélem, hogy munkámmal a megtalálható megoldásokhoz aktívan hozzá tudok járulni új eredményeimmel. A dolgozatomban ezeket a feladatokat, és a feladatokra adott válaszokat, új eredményeket mutatom be.

2 Alkalmazott módszerek

A dolgozatban bemutatásra kerülő eredményekhez az alábbi területek nyújtottak alapot:

- A felmerülő feladatokhoz jellegükből adódóan szükséges ismerni az ütemezési feladatok irodalmát, úgy mint a vegyes egészértékű lineáris optimalizálást, az állapottér bejárásán alapuló megoldásokat vagy az S-gráf módszertant.

- Az elért eredmények alapjául a folyamathálózat-szintézis módszertan szolgált.
- A megoldó algoritmus fejlesztéshez nélkülözhetetlen ismereni a Branch & Bound algoritmusokat és azok párhuzamosítási lehetőségeit.

3 Új tudományos eredmények

Az értekezés új tudományos eredményeinek tézisszerű összefoglalása:

1. **Kidolgoztam egy általános modellt a folyamathálózat-szintézis multi-periodikus leírásához és a periódusok közötti tárolók megvalósításához.** [3, 6, 8, 9, 12, 13, 14]
 - (a) Megállapítottam, hogy a multiperiódusos modellek változó és nem-változó részekre bonthatók, melyek modell szinten is megkülönböztethetők. Egy multiperiódusos modell ezek alapján algoritmikusan generálható a változó részek paramétereinek megadásából.
 - (b) Mivel a legtöbb gyártási folyamat rendelkezik valamilyen tárolási lehetőséggel, ezért a multiperiódusos modell leírást kiterjesztettem a periódusok közötti tárolók bevezetésével. A tárolók megvalósítására szintén egy általános modellt dolgoztam ki.
 - (c) Algoritmust adtam arra, hogyan kell generálni az egy periódusú modelltől több periódusból álló és tárolókat tartalmazó modellt.
 - (d) Speciális feladattípusokon keresztül mutattam be az általános multiperiódusos modell paraméterezésének

lehetőségeit, úgy mint a gyártásütemezés vagy az energiaszétosztás, ahol ipari együttműködés keretében, valós esettanulmányokban is alkalmazásra került a módszer.

2. Létrehoztam egy modellt a gyártósor kiegyensúlyozás problémához a korábban PNS-el megvalósított általános ütemezés alapján. [1]

- (a) Módszert adtam a "line balancing", vagyis a gyártósor kiegyensúlyozás ütemezési feladatként való felírására.
- (b) Levezettem, hogy a gyártósor kiegyensúlyozási probléma ütemezési feladatát időkorlátos hálózatszintézis feladatként, majd annak egyszerűsítése után mennyiségkorlátos hálózatszintézis feladatként hogyan lehet megfogalmazni.
- (c) A modell és a hozzá készült döntéstámogatási rendszerbe építhető szoftver hatékonyságát és eredményességét valós piaci adatokon teszteltem.

3. Elkészítettem és optimalizáltam a P-gráf egyik megoldó algoritmusának párhuzamosított változatát. [2, 4, 5, 7, 10, 11]

- (a) Kidolgoztam a P-gráfhoz tartozó RCABB algoritmus párhuzamosítását, ami garantálja az N-legjobb megoldást is.
- (b) Létrehoztam egy mindenki számára elérhető tesztbázist a PNS megoldók teszteléséhez.
- (c) A létrehozott tesztbázis segítségével meghatároztam, hogy általánosságban mely paraméterbeállítások a legjobbak az elkészült párhuzamosított algoritmushoz.

- (d) Feladatosztályokat hoztam létre, és ezen osztályokra külön-külön határoztam meg a legjobb paraméter-beállítást. Az osztályozás segítségével az algoritmus paraméterbeállítását adaptívvá tettem.
- (e) Kísérletileg igazoltam az elkészült megoldó hatékonyságát, más, ingyenesen elérhető megoldók összehasonlításán keresztül.

4 Az új tudományos eredmények hasznosítása

A dolgozatban bemutatott módszerekkel a napjainkban egyre intenzívebben kutatott multiperiódusos rendszereket, valamint a gyártósor kiegyensúlyozást vizsáltam és optimalizáltam. A szakirodalomban korábban kevésbbé esett szó a több periódusos ütemezésről, és a meglévő megoldások a legjobb esetben is csak az optimumot tudták visszaadni, és nem kínáltak alternatívákat. A kutatási eredményként létrehozott modellek és algoritmusok nagymértékben tágítják a P-gráf módszertan alkalmazási területeit, és nem csak a legjobb, de az N-legjobb eredményeket is képesek visszaadni.

Az elméleti eredményeken túl a létrehozott modelleknek és algoritmusoknak gyakorlati hasznosulása is van; több ipari partnerrel való együttműködés keretében a való életben is használt szoftver alapját képezték. Ilyen például a gyártósor kiegyensúlyozás, ahol akár 25%-os hatékonyságjavulást is el lehetett érni, vagy a megújuló forrásból származó energia tárolása és elosztása microgrid rendszerben. Nem elég a modelleket megalkotni, de fontos, hogy a megoldó algoritmus is hatékony legyen. Párhuzamosítással és paraméteroptimalizálással sikeresen gyorsítottam a meglévő algoritmuson, ami a P-graph Studio szoftver alatt megtalálható megoldó is egyben.

5 Az értekezés témaköréből készült közlemények

Az értekezés témaköreiből az alábbi publikációk születtek:

Nemzetközi folyóiratcikkek

- [1] Bertók Botond és Bartos Anikó: Renewable energy storage and distribution scheduling for microgrids by exploiting recent developments in process network synthesis, Journal of Cleaner Production, Elfogadva: 2019, Várható megjelenés: 2020. (IF = 6,395)
- [2] Bartos Anikó és Bertók Botond: Production line balancing by P-graphs, folyóirat: Optimization and Engineering, 1-18. oldal, 2019. (IF = 1,824)
- [3] Bartos Anikó és Bertók Botond: Parameter tuning for a cooperative parallel implementation of process network synthesis algorithms, folyóirat: Central European Journal of Operations Research, 1-22. oldal, 2018. (IF = 1,26)
- [4] Bertók Botond és Bartos Anikó: Algorithmic process synthesis and optimisation for multiple time periods including waste treatment: Latest developments in P-graph Studio software, folyóirat: Chemical Engineering Transactions, 70. szám, 97-102. oldal, 2018.

Nemzetközi konferencia-kiadványokban megjelent közlemények

- [5] Bartos Anikó és Bertók Botond: Analysis of Search Strategies for Parallel Implementation of a Process-Network Synthesis Solver, kiadvány: ASCONIKK 2014, 13. oldal, 2014.

- [6] Bartos Anikó és Bertók Botond: Synchronization and Load Distribution Strategies for Parallel Implementations of P-graph Optimizer, kiadvány: MACRo 2015, 303-313. oldal, 2015.

Nemzetközi konferencia előadások

- [7] Bartos Anikó, Bertók Botond és Szlama Adrián: Optimal design of multi-period process networks including storages for renewable resources, konferencia: International Congress on Sustainability Science Engineering, Balatonfüred, Magyarország, 2015.
- [8] Bartos Anikó: Teaching Tools in the Logistics Tasks, konferencia: TIIKM'S 1st Annual International Conference on Education, Peking, Kína, 2015.
- [9] Bartos Anikó és Bertók Botond: P-graph Framework: Computer Aided Model Generation and Solution for Supply Network Optimization Problems, konferencia: European Working Group on Location Analysis Meeting 2015., Budapest, Magyarország, 2015.
- [10] König Éva, Bartos Anikó és Bertók Botond: Free Software for the Education of Supply Chain Optimization, konferencia: VOCAL Optimization Conference: Advanced Algorithms 2016., Esztergom, Magyarország, 2016.
- [11] Bartos Anikó és Bertók Botond: Parameter tuning for a cooperative parallel implementation of process-network synthesis algorithms, kiadvány: VOCAL Optimization Conference: Advanced Algorithms 2016, 96. oldal, 2016.
- [12] Bartos Anikó és Bertók Botond: Energy Storage Capacity Optimization for Residential Areas, konferencia: 2nd eseia Conference on Smart and Green Transitions in Cities and Regions, Graz, Ausztria, 2016.

- [13] Bartos Anikó és Bertók Botond: Estimation of the return of investment in new technologies regarding periodically changing demands, availability of resources, and storages, konferencia: Chemical Engineering Days 2017, Veszprém, Magyarország, 2017.
- [14] Bartos Anikó és Bertók Botond: Software for Economical Evaluation of Utilizing Periodically Available Renewable Resources, konferencia: SPIL 2017 (Energy, water, emission, & waste in industry an cities), Brno, Csehország, 2017.