

Válasz
Dr. Varró Dániel
bírálatára

Köszönöm Dr. Varró Dániel professzor úrnak a részletes és gondos bírálatát és segítő szándékú megjegyzéseit.

Az opponensi véleményben megfogalmazottakra a válaszaim a következők:

“A szakirodalom feldolgozásának egyetlen komolyabb hiányossága a 7. fejezetben található, ahol a Jelölt az S-gráf formalizmus egy eseményeken alapuló általánosítására tesz javaslatot – anélkül hogy megvizsgálná, hogy a szakirodalomban milyen modellezési formalizmusok és módszerek léteznek az ütemezési problémák e bővebb osztályára.”

Vegyipari ütemezési feladatok szakirodalmában hasonlóan bő feladatosztályt talán a 2.2-es alfejezetben röviden megemlített módszerek képesek modellezni. Az időzített automatákon alapuló módszerek esetében azonban a rendszer egyes komponenseinek Parallel composition művelettel történő összekötése egy nagyságrendileg $2^j \prod s_p$ állapottal rendelkező modellt eredményez, ahol j a berendezések száma, valamint s_p a p termék előállításához szükséges lépések száma. Bár sok állapot nem elérhető, a keletkezett modell nem hatékony ütemezési célokra. Az időzített Petri hálókon alapuló módszerek esetében a modell strukturált felépítése nem triviális, s hasonlóan nagy modellt eredményezne. Az említetteken kívül számomra nem ismertek más módszerek, melyek hasonló feladatosztályt képesek kezelni.

“A 4. fejezet három empirikus esettanulmányon elvégzett méréseket is tartalmaz, melyek közül az első kettő ipari esettanulmányhoz kötődik, ami dicséretes. Az egyes esettanulmányok és eredményeik bemutatása azonban nem elég részletes. (Mi a kapcsolat a 4.7. és 4.8. ábra között? Mi volt a célfüggvény a 4.4.2 és 4.4.3 esetben?)”

A 4.8. ábrán a fix/rögzített S-gráf receptjei láthatók a 4.7. ábrán flowsheet-tel bemutatott feladatnak. A két fix recept a 4.3-as alfejezetben bemutatott módszer alapján készült el. Az flowsheet ábráján valóban nem látszik, hogy a 3-as és 4-es reaktorok két gyártási lépésért (2. és 3. reakció) is felelősek, ezért szerepel a 4.8. ábra fix receptjeiben 5 lépés a flowsheet-en látható 4 helyett. A két fix recept közötti különbség, hogy míg az első esetben minden lépéshez pontosan egy berendezést használunk, addig a második esetben a harmadik reakcióhoz párhuzamosan használjuk az R3 és R4 reaktorokat, valamint két szétválasztót használunk a 4. lépésben a rendelkezésre álló háromból.

Mindhárom említett feladat esetében a célfüggvény az adott időhorizonton belüli maximális profit elérése volt. A 4.4.2 és 4.4.3 alfejezetekben a 4.5 és 4.6 táblázatok minden sora egy külön esetet mutat be, más időkorlással. Az algoritmusok természetesen ugyanazt az optimumot határozták meg, így a táblázatban csak az algoritmus egyes változatainak futási ideje került megjelenítésre és összehasonlításra. A táblázatok valóban kerekesebbek lettek volna, ha egy oszlopban tartalmazzák a megtalált optimum (maximális elérhető profit) értékét is.

“A 4. tételben közölt eredmények újdonságtartalma azonban nem ellenőrizhető, mivel (1) nem tartalmaz kapcsolódó publikációt, és (2) nem tartalmazza az esetlegesen kapcsolódó formalizmusok áttekintését sem. Egyértelmű, hogy a javasolt formalizmus általánosítása az S-gráfoknak, azonban ezen általánosításokkal az ütemezési problémák egy olyan új alosztályába juthatunk, amelyek

ismertek lehetnek más alkalmazásterületeken, és létezhetnek dedikáltan erre az alosztályra kidolgozott módszerek és algoritmusok. Így a 4. tézist (a disszertációban közölt állapotában) nem tekinthetem új tudományos eredménynek.”

Az eS-gráffal kapcsolatos eredmények a dolgozatban a legújabbak, ezért eddig konferencián kerültek bemutatásra, folyóiratcikk még nem készült el. Kutatásom során nem találtam olyan módszert, mely hasonló tulajdonságokkal rendelkezik. Nagyon köszönöm a bíráló észrevételét és segítségét, ha más tudományterületek olyan eredményire irányítja a figyelmem, amik a jövőben relevánsak lehetnek vegyipari ütemezési feladatok esetében is.

A hetedik fejezet korábbiaktól eltérő szerkezeti felépítésének fő oka, hogy míg a megelőző három gyakorlatorientált fejezet esetében konkrét feladatok megoldása adta a fő motivációt, addig az eS-gráfhoz kapcsolódó eredmények alapvetően elméleti indíttatásúak, melyeknek bízunk a későbbi széleskörű alkalmazásában.

“1. kérdés: Kérem, értelmezze vagy pontosítsa a 3. fejezet végén megfogalmazott „empirical tests can never validate the soundness of a presented approach” állítást.”

Vegyipari ütemezési feladatok esetében a feladat által szabott korlátozások alapvetően logikai jellegűek, melyek az általam használt kombinatorikus módszerek esetében explicit megjelennek a modellekben, algoritmusokban. Ezzel szemben az irodalomban elterjedt MILP alapú módszerek esetében ezek a logikai feltételek nem vagy nem egyértelműen levezethetők a modell korlátozásaiból, ahogy azt a 3. fejezet tárgyalja.

Bár az általam bemutatott módszerek esetében a tárgyalás stílusa nem állítás-tétel-bizonyítás szerkezetű, a szöveges leírások tartalmazzák a szükséges lépéseket, s átfogalmazhatók ilyen formára is.

“2. kérdés: Hasonlítsa össze az operációs rendszerek ütemezésének főbb problémáit és módszereit a kötegelt kémiai folyamatok ütemezési kihívásaival.”

Ismereteim szerint az operációs rendszerek és vegyipari folyamatok ütemezése között több meghatározó különbség azonosítható: míg például operációs rendszerek esetében jól azonosítható kis számú általános célú erőforrás (CPU, MEM, háttértár) preemptív online ütemezése a cél, addig vegyipari gyártási folyamatok esetében előre ismertek a nem megszakítható feladatok, melyeket sok speciális célú eszköz képes végrehajtani.

A főbb különbségek táblázatos formában:

Operációs rendszerek ütemezése	Vegyipari gyártási folyamatok ütemezése
Javarészt online feladatok.	Leginkább offline feladatok.
Nem ismert előre az elvégzendő feladatok, processzek száma, a végrehajtási idők hossza, stb.	Az elvégzendő feladatok száma, azok végrehajtási ideje a legtöbb esetben ismert, throughput maximalizálási feladatok esetében pedig leszámolhatók a különböző esetek.
A processzek folyamatosan megszakításra kerülnek, s később folytatódnak.	A legtöbb vegyipari lépés nem preemptív.

A felmerülő feladatok esetében jól azonosíthatók az erőforrások, azaz adott néhány CPU mag, rendelkezésre áll valamennyi memória, stb.	Nem állapíthatóak meg általános erőforrások, így a módszerek ezeket nem tudják figyelembe venni, általánosabban kell kezelniük.
A rendszer erőforrásai általában az összes feladathoz alkalmazhatóak, és identikusak. (Pl: minden mag képes minden feladatot elvégezni.)	Az berendezések a legtöbb esetben nem uniformak vagy identikusak. Ha több berendezés is képes ugyanazt a feladatot ellátni, gyakoriak végrehajtási időben a különbségek.

Ezeket túl különbözőek a célfüggvények, az ütemezendő feladatok száma, azok végrehajtási idejének volumene, stb., mely nagyban befolyásolhatja a célszerűen alkalmazandó módszert. Ilyen különbségek még vegyipari ütemezési feladatok között is nagy különbségeket eredményezhetnek az egyes módszerek hatékonyságában, ahogy azt például Adonyi Róbert a doktori értekezésében megvizsgálta a taszk alapú és berendezés alapú módszerek esetében.

“3. kérdés: Hogyan kerülhető el a deadlock a 7.5 fejezetben ismertetett algoritmus futtatása során, azaz amikor két taszk kölcsönösen a másik által már lefoglalt erőforrásra vár (lásd étkező filozófusok problémája).”

A döntések eredményét minden részproblémában egy félkész ütemezési gráf reprezentálja, holtpontra vezető döntések eredményeként ebben az ütemezési gráfban minden esetben megjelenik egy kör, mely az ütemezés megvalósíthatatlanságát jelzi. Ezeket a köröket az ütemező algoritmus minden döntés után vizsgálja, esetenként már az összes döntés meghozatala előtt előzetesen felismeri azokat.

“4. megjegyzés: A 7.2 fejezetben ismertetett optimalizációs sémák ugyan jó áttekintést adnak, de nem indokolják közvetlenül egy új formalizmus kidolgozásának szükségességét. Egy magasszintű, nagy kifejezőerejű, grafikus szintakszissal is rendelkező modellezési nyelv felhasználásával nyilvánvalóan könnyebb felírni egy ütemezési problémát. Míg egy alacsonyabb szintű, kisebb kifejező erejű formalizmushoz várhatóan hatékonyabb algoritmusok léteznek.

De az egyes kiterjesztések megfogalmazhatók egy-egy különálló nyelvben vagy nézőpontban (multiview vagy multi-paradigm modeling elve), míg az alacsonyszintű matematikai modell összeszűrhető az egyes magasszintű modellek transzformációjával. Továbbá megfelelően részletes nyomomonkövethetőségi (traceability) információ biztosításával biztosítható a kapott alacsonyszintű megoldás értelmezése a magasszintű modellekben is.”

Egyet értek a bírálónak azon véleményével, hogy kellő automatizmusok alkalmazása mellett alacsony szintű modellező nyelvek is képesek ugyanazon probléma leírására és hasonló kérdések vizsgálatára. Ugyanakkor, kutatási területünkön a műszaki rendszerek optimalizálásában gyakorlati alkalmazás korlátja lehet ha az alkalmazott módszer alapelvei a végfelhasználók számára könnyen nem átláthatóak, és ezért kevés a bizalmuk iránta.

Köszönöm Dr. Varró Dániel professzor úr opponensi munkáját és pozitív bírálatát.

Veszprém, 2015. 08. 25.



Hegyháti Máté