

# **S-gráf alapú ütemező algoritmus párhuzamos hozzárendelést megengedő feladatokhoz**

Molnár Gergő  
Mérnökinformatikus Bsc.

Témavezető:  
dr. Hegyháti Máté, tudományos főmunkatárs

Tudományos és Művészeti Diákkör 2019.  
Széchenyi István Egyetem  
2019.11.21.

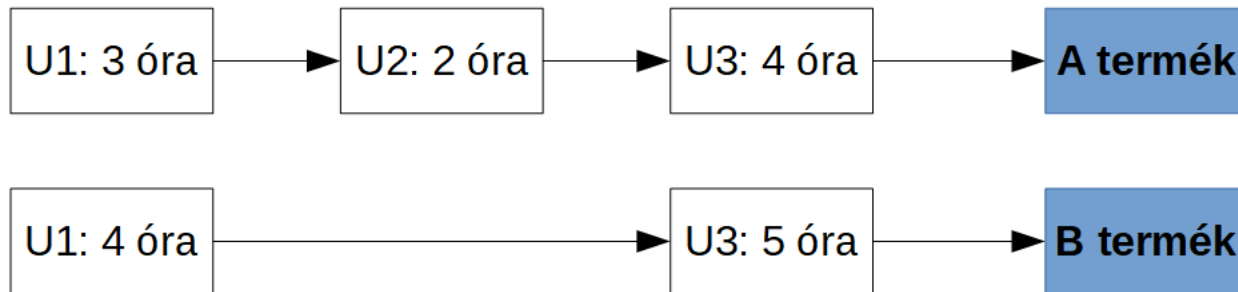


# Tartalom

- Ütemezési feladatok
- Megoldó módszerek
- S-gráf keretrendszer
- Problémadefiníció
- A megoldó módszer
- Teszteredmények

# Ütemezés

- Általánosan
  - Erőforrások, feladatok, korlátok
- Gyártórendszerek ütemezése
  - Termékek, berendezések
  - Végrehajtási-, tisztítási-, átállási idők
  - Tárolási irányelvek



# Megoldó módszerek

- MILP (Mixed-Integer Linear Programming) modellek
  - Időfelosztásos (Time discretization based)
  - Precedencia alapú (Precedence based)
- Analízis alapú eszközök
  - Időzített automaták
  - Időzített Petri hálók
- S-gráf keretrendszer

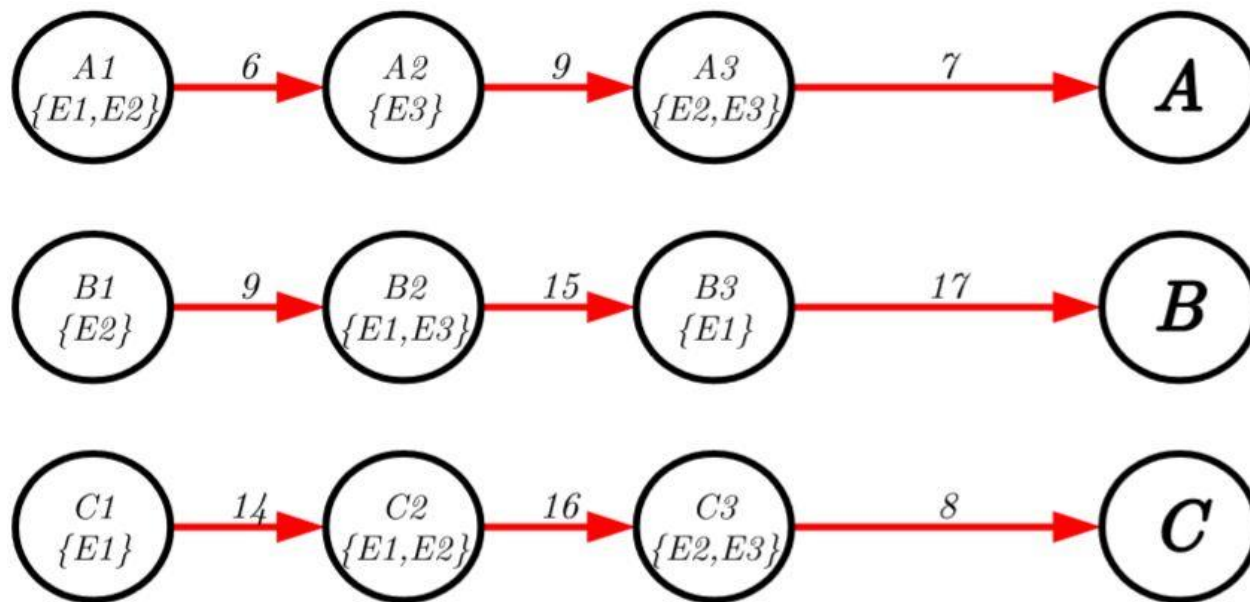
C. A. Floudas and X. Lin, "Continuous-time versus discrete-time approaches for scheduling of chemical processes: a review" In: Computers & Chemical Engineering (2004)

C. A. Mendez, J. Cerda, I. E. Grossmann, I. Harjunkoski, and M. Fahl, "State-of-the-art review of optimization methods for short-term scheduling of batch processes" In: Computers & Chemical Engineering (2006)

C. Cassandras and S. Lafortune "Introduction to Discrete Event Systems" SpringerLink Engineering, Springer (2008)

# Az S-gráf keretrendszer

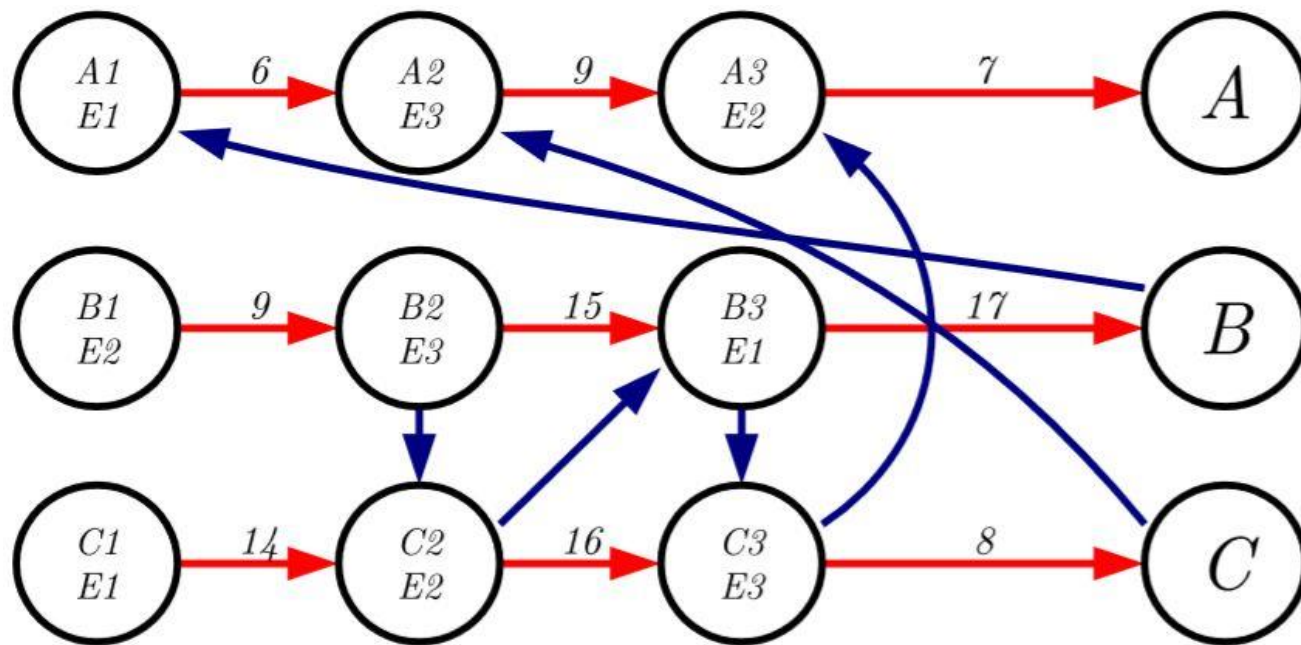
- Irányított gráfon alapuló modell
- Receptek és ütemtervek vizualizációja
- Recept gráf:



E. Sanmarti, F. Friedler and L. Puigjaner "Combinatorial Technique for Short Term Scheduling of Multipurpose Batch Plants Based on Schedule-Graph Representation" In: Computer Aided Chemical Engineering (1998).

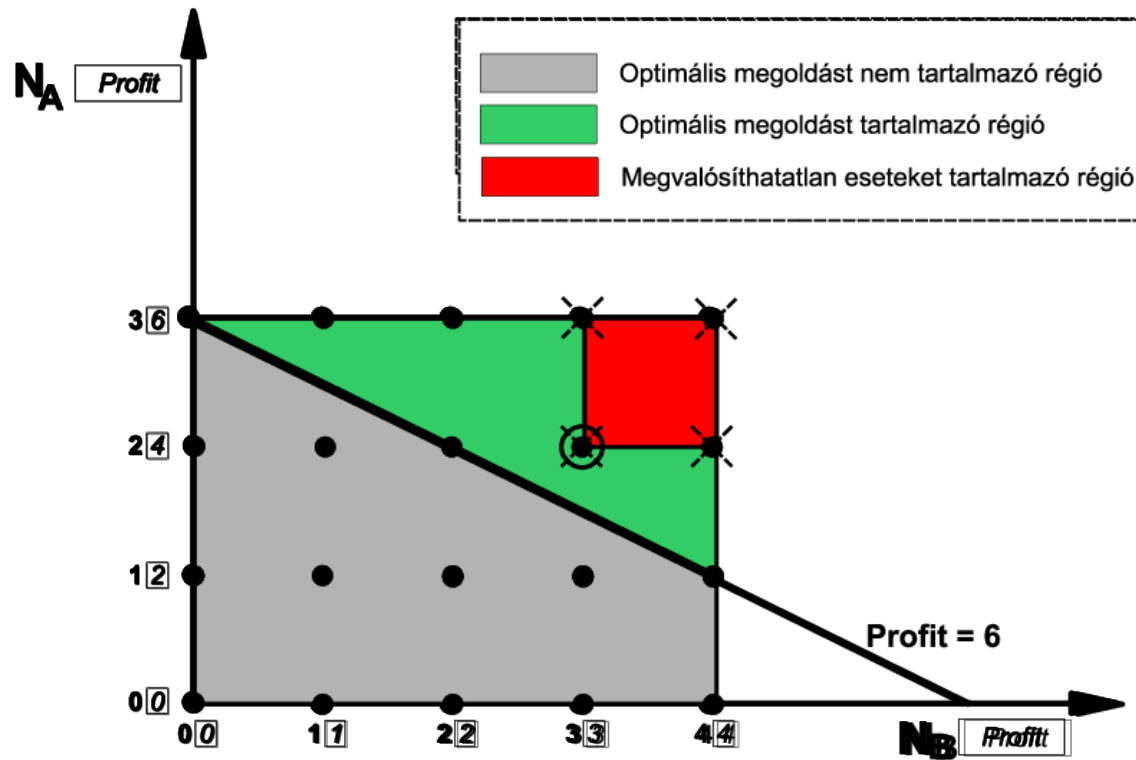
# Az S-gráf keretrendszer

- Ütemezési döntések → ütemezési élek
- Ütemezési gráf:



# Throughput maximalizálás

- Termékek batch darabszámai alapján konfigurációk



T. Holczinger, T. Majosi, M. Hegyhati, and F. Friedler, "An automated algorithm for throughput maximization under fixed time horizon in multipurpose batch plants: S-graph approach," In: Computer Aided Chemical Engineering (2007).

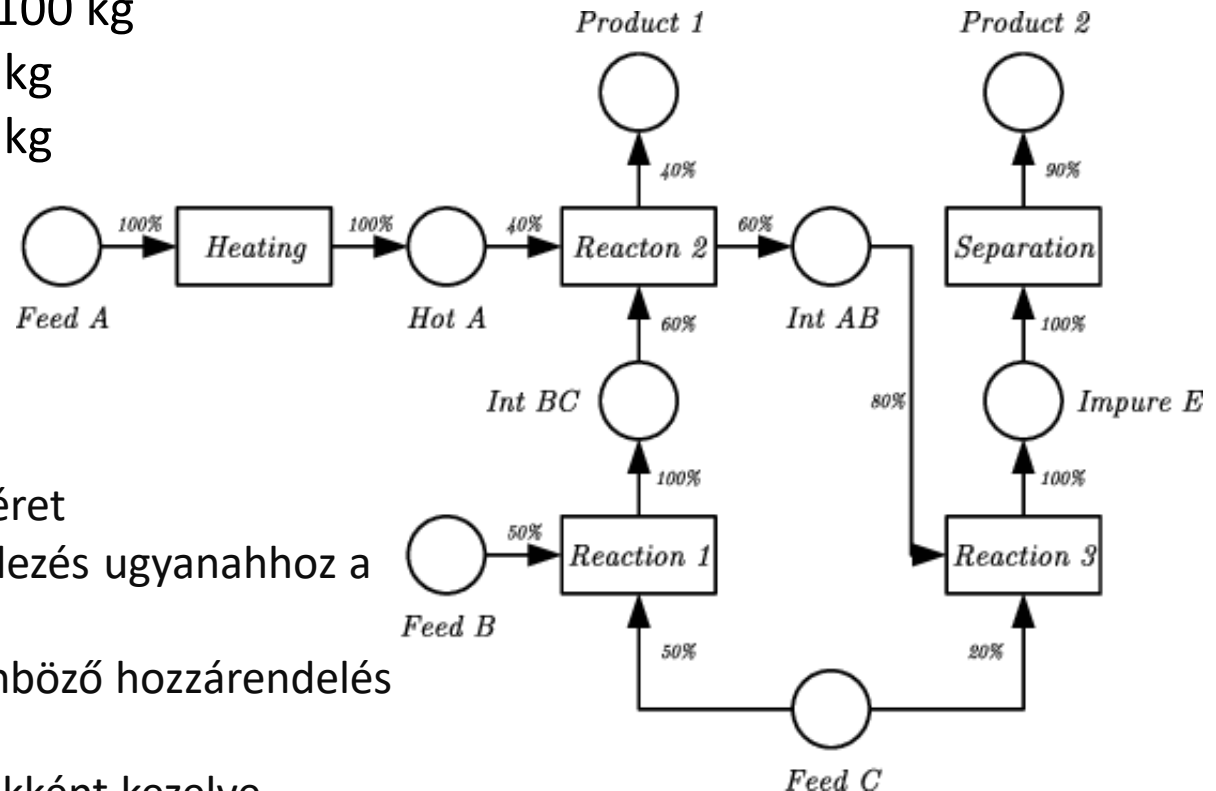
# Probléma definíció

Fűtő: 100 kg

Szétválasztó: 100 kg

Reaktor 1: 80 kg

Reaktor 2: 50 kg



Változó batch méret

- Több berendezés ugyanahhoz a feladathoz
- Összes különböző hozzárendelés rögzítése
- Külön termékként kezelve



# Probléma definíció

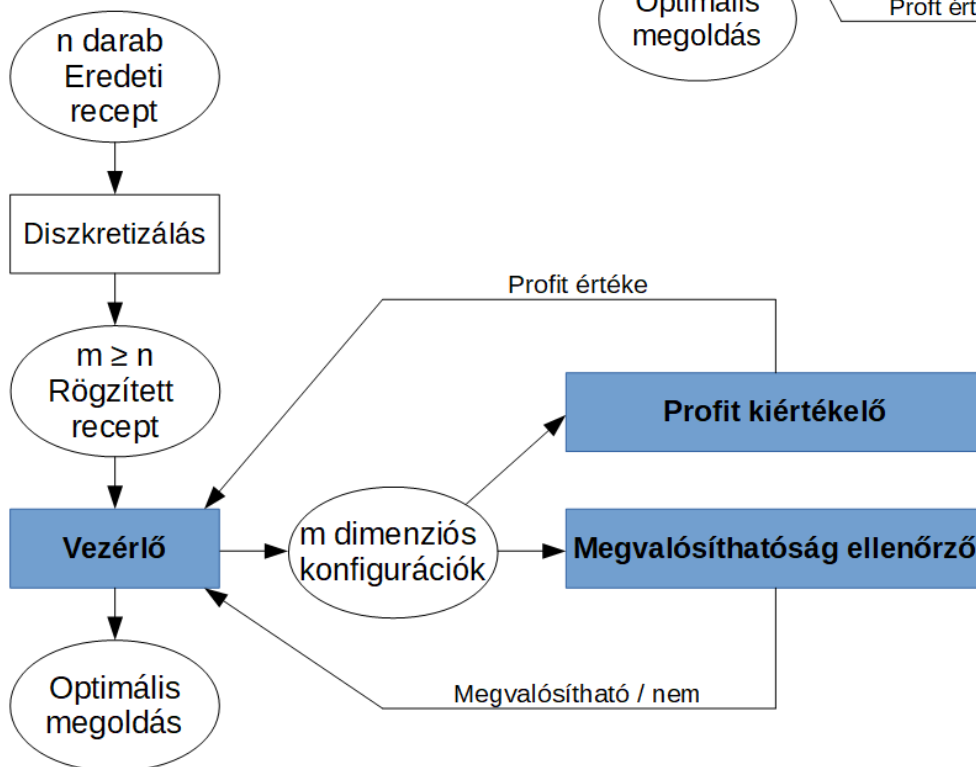
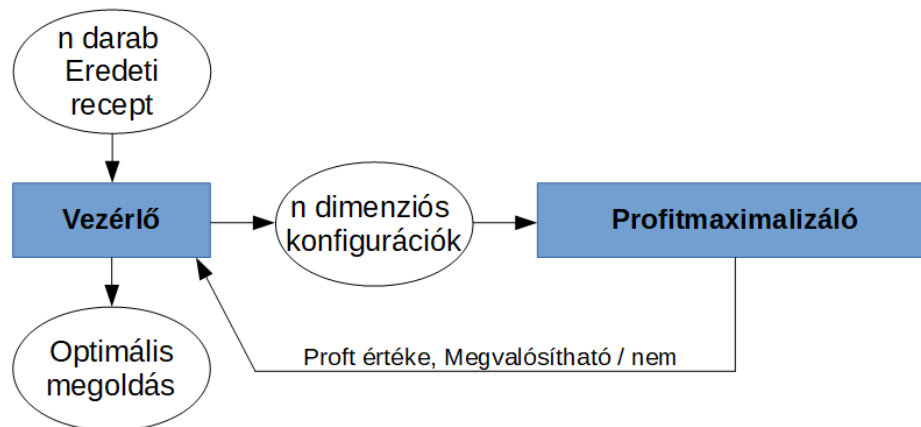
- $3^3 = 27$  rögzített recept
- Összevont esetek a dominált hozzárendelések eltávolítása után

Eset	Reakció 1	Reakció 2	Reakció 3	Max bevétel
4,5,13,14	$R1 \vee R2$	R2	$R1 \vee R2$	53,75
2,11	$R1 \vee R2$	R1	R2	71,67
1,10	$R1 \vee R2$	R1	R1	86,00
16	R2	R1&R2	R1	89,58
7	R1	R1&R2	R1	114,67
9	R1	R1&R2	R1&R2	139,75

6 recept  $\rightarrow$  6 termék  $\rightarrow$  6 dimenziós tér

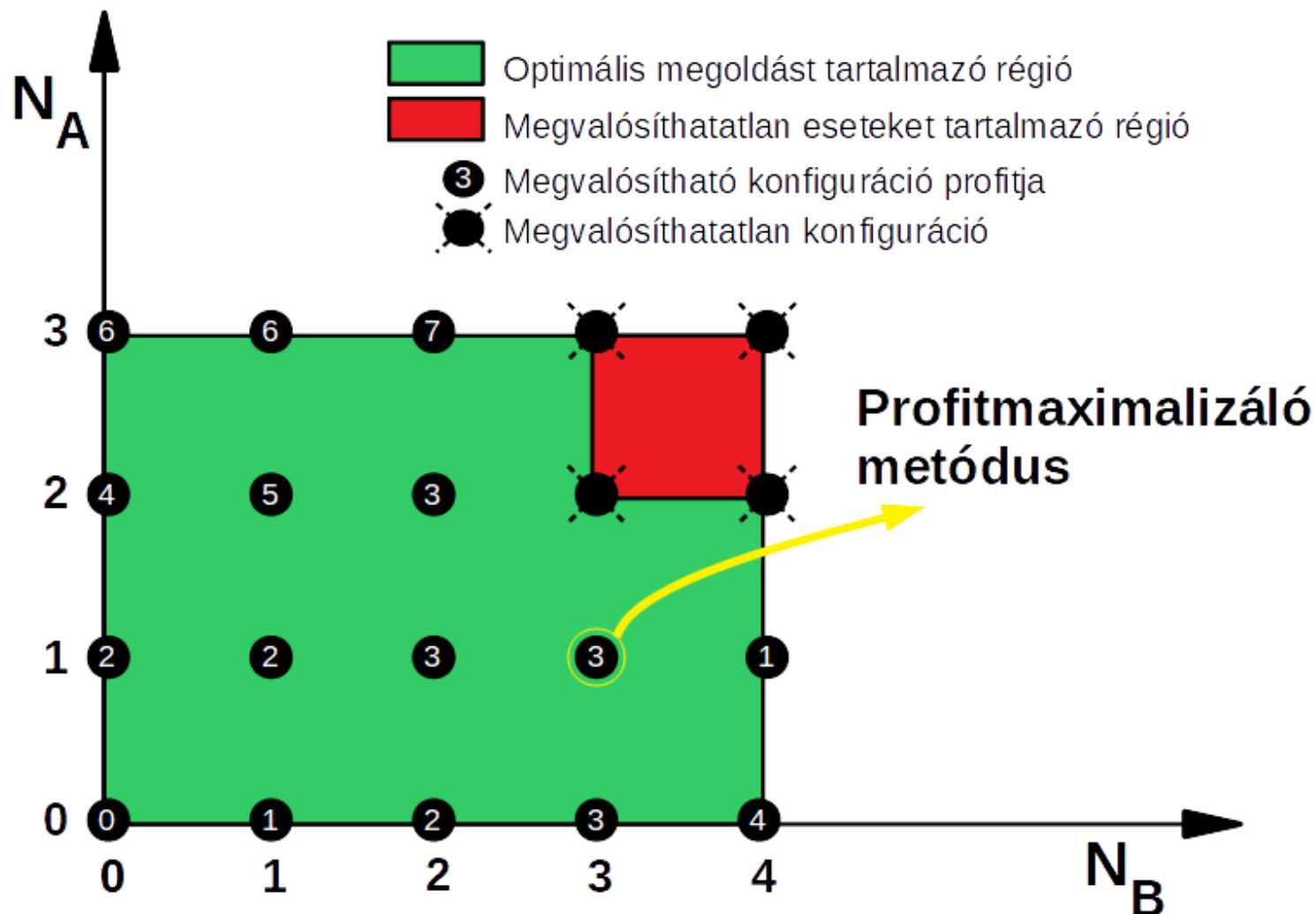
# Az új megoldó módszer

Új megoldó módszer



Régi megoldó módszer

# Vezérlő



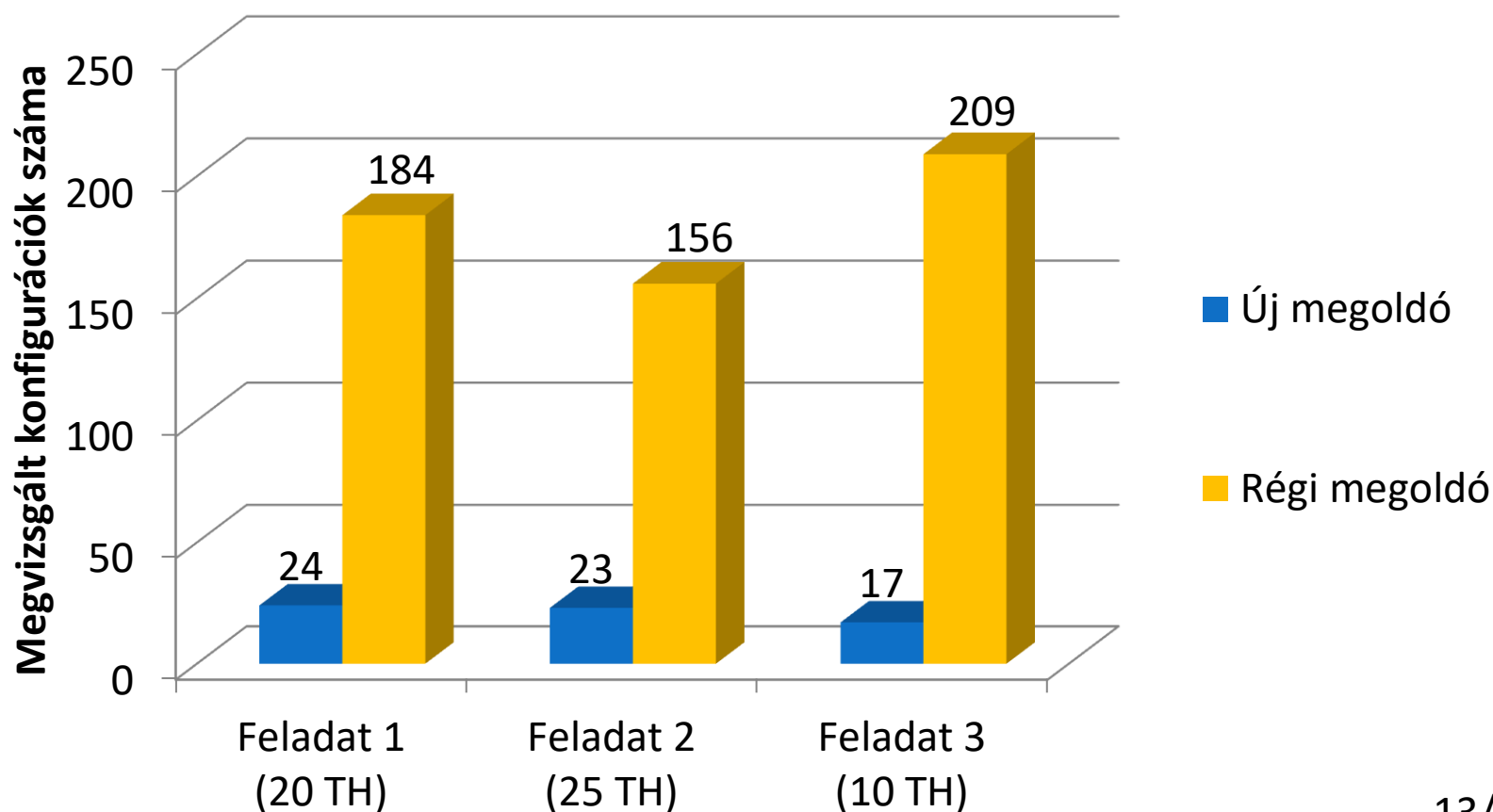
# Profitmaximalizáló metódus

- Bemenet: batch szám, időkorlát
- Megvalósíthatóság vizsgálat
- Összes lehetséges megoldás megkeresése
- Párhuzamos berendezés hozzárendelés
- Profit nem skaláris szorzat, függ a kapacitástól
- Kimenet: profit értéke

```
1: procedure MAXPROFIT(TH, batch_number)
2:    $profit^{cb} := -\infty$ 
3:    $SOAA := \emptyset$ 
4:    $S := (recipe(), I, J, \emptyset)$ 
5:   while  $S \neq \emptyset$  do
6:      $(G(N, A_1, A_2, w), I, J', \mathcal{A}) := select\_remove(S)$ 
7:     if  $Feasible((G(N, A_1, A_2, w), I, J', \mathcal{A}))$  then
8:       if  $ProfitBound((G(N, A_1, A_2, w), I, J', \mathcal{A})) > profit^{cb}$  then
9:         if  $J' == \emptyset$  then
10:            $profit^{cb} := ProfitBound((G(N, A_1, A_2, w), I, J', \mathcal{A}))$ 
11:         else
12:            $j := select(J')$ 
13:           for all  $i \in I_j \setminus SOAA_j$  do
14:              $SOAA_j := SOAA_j \cup i$ 
15:              $G^i(N, A_1^i, A_2^i, w^i) := G(N, A_1, A_2, w)$ 
16:             for all  $i' \in \bigcup_{(i', j) \in \mathcal{A}} I_{i'}^+ \setminus \{i\}$  do
17:                $A_2^i := A_2^i \cup \{(i', i)\}$ 
18:             end for
19:             for all  $i' \in I_i^+$  do
20:               if  $t_{i,j}^{pr} > w_{i,i'}^i$  then
21:                  $w_{i,i'}^i := t_{i,j}^{pr}$ 
22:               end if
23:             end for
24:              $S := S \cup (G^i(N, A_1, A_2^i, w^i), I, J', \mathcal{A} \cup \{(i, j)\})$ 
25:           end for
26:           if  $I_j \setminus \bigcup_{j \in J} SOAA_j \subseteq \bigcup_{j=J', j' \in J'} I_{j'}$  then
27:              $S := S \cup (G(N, A_1, A_2), I, J' \setminus \{j\}, \mathcal{A})$ 
28:           end if
29:         end if
30:       end if
31:     end if
32:   end while
33:   return  $profit^{cb}$ 
34: end procedure
```

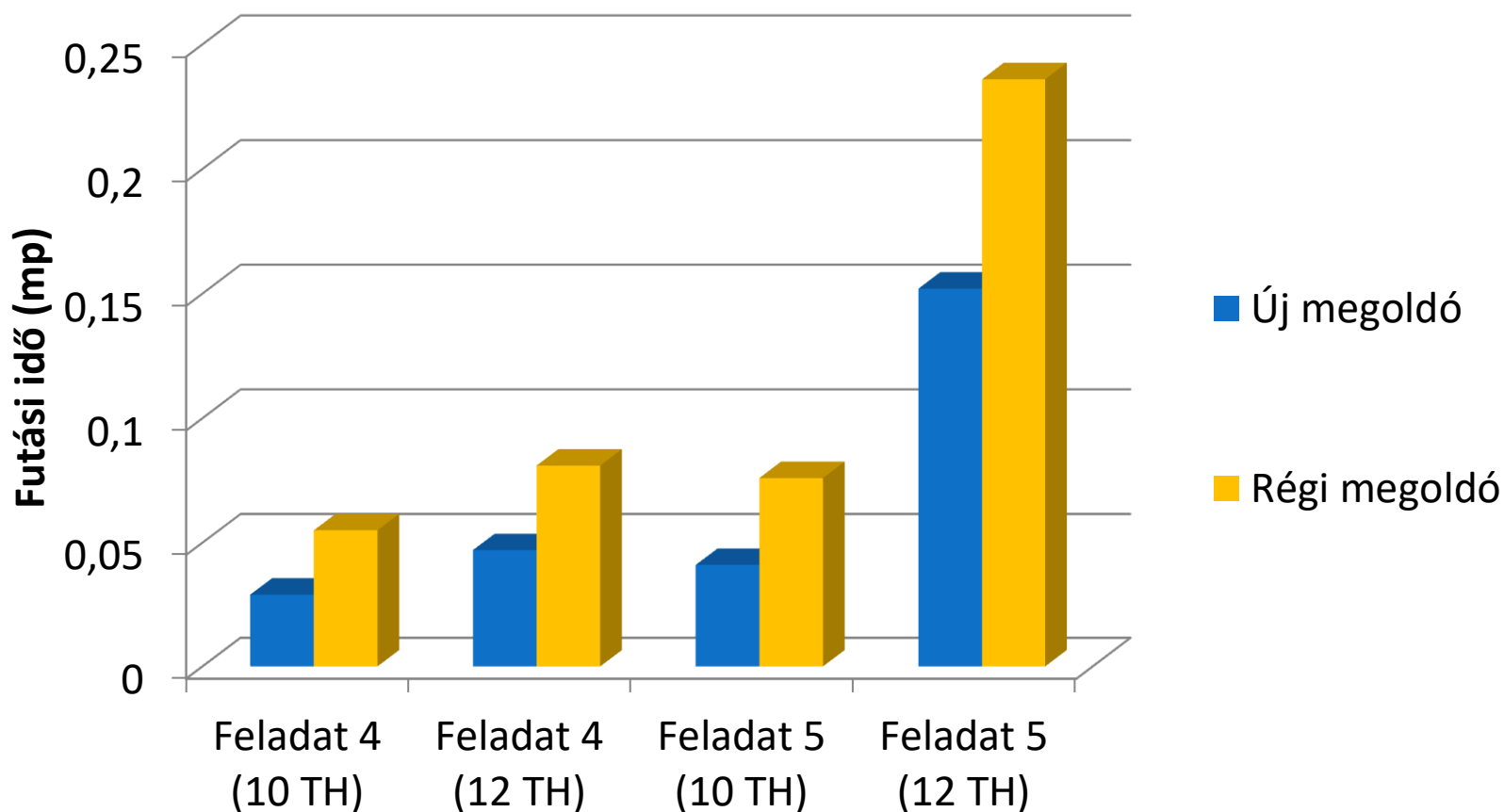
# Teszteredmények

- Implementálás, C++ solver
- Kevesebb konfiguráció vizsgálat



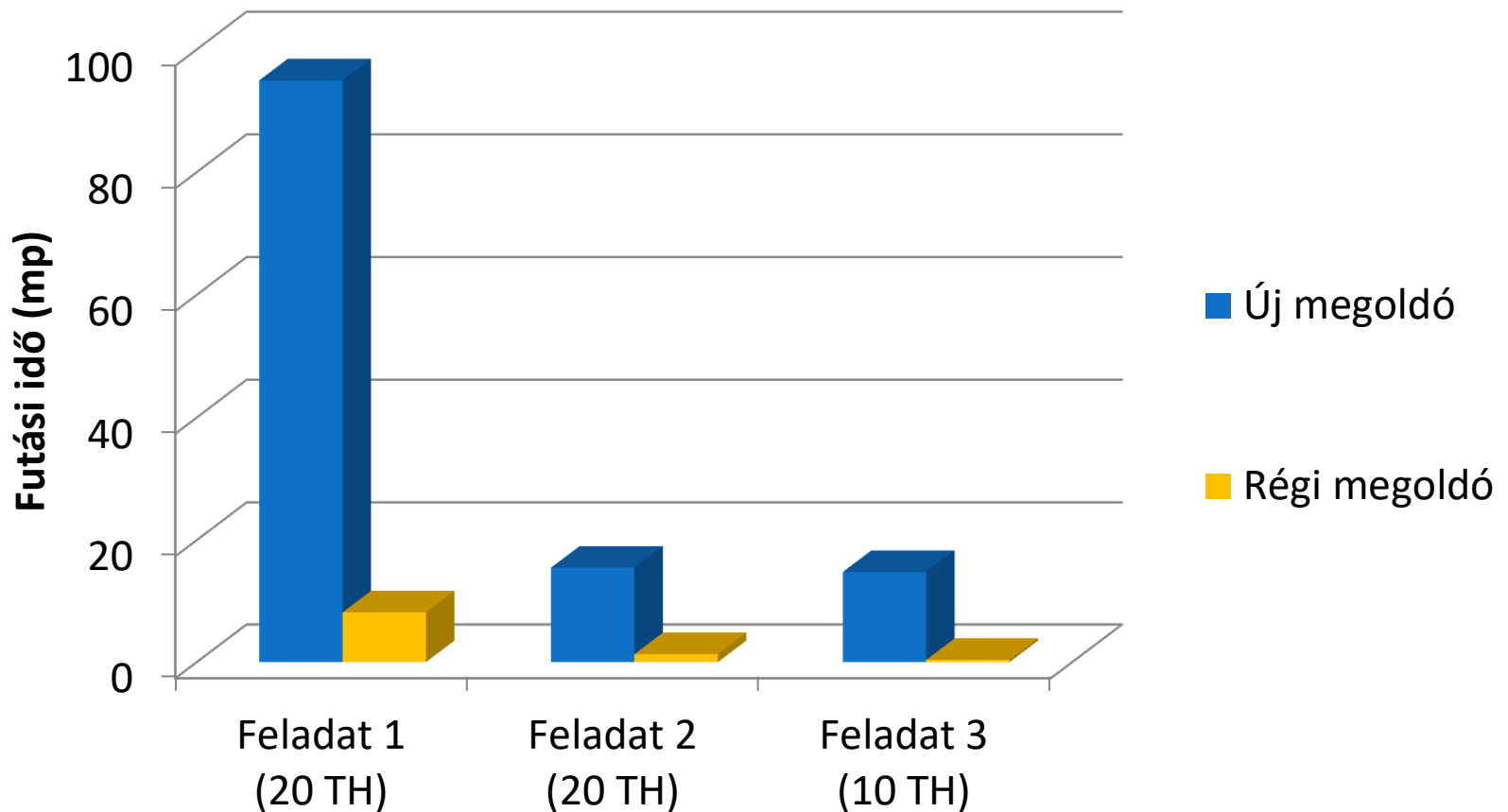
# Teszteredmények

- Kisebb feladatokra jobb futási idő



# Teszteredmények

- Nagyobb feladatokra rosszabb futási idő



# Összefoglalás

- S-gráf keretrendszer és korábbi megoldó módszer bemutatása
- Az új, párhuzamos hozzárendelést megengedő módszer kidolgozása, a keretrendszerbe történő implementálása
- Új módszer tesztelése, majd a régi megoldóval történő összehasonlítása





Köszönöm a figyelmet!