



S-gráf alapú várható profit maximalizálás sztochasztikus környezetben

Dunár Olivér
Mérnökinformatikus BSc.

Témavezető: dr. Hegyháti Máté

Széchenyi István Egyetem

2019.06.28.

Tartalom

- ▶ Ütemezési feladatok
- ▶ Megoldó módszerek
- ▶ Az S-gráf keretrendszer
- ▶ Problémadefiníció
- ▶ A megoldómódszer megvalósítása
- ▶ Teszteredmények

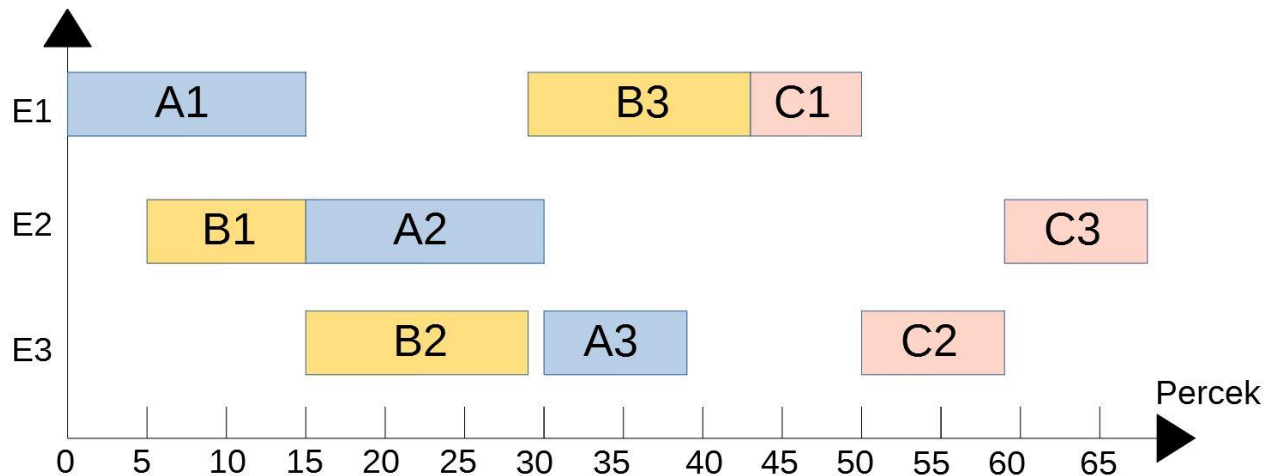
Ütemezés

► Általánosan

- Feladatok, erőforrások, időzítés
- Célkitűzés, korlátozások

► Szakaszos üzemű gyártórendszerek

- Munkák, lépéseik, berendezések
- Végrehajtási-, átállási-, tisztítási idők
- Tárolási stratégia



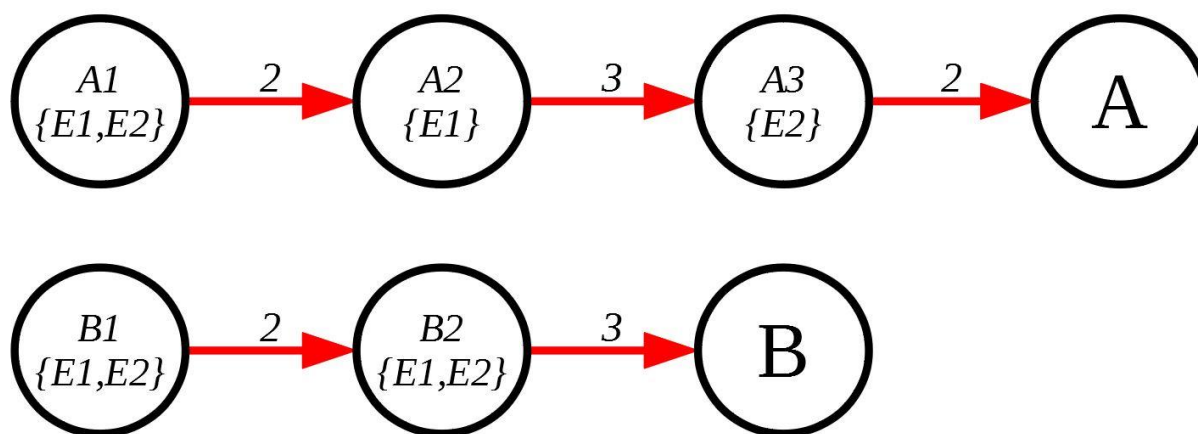
Megoldó módszerek

- ▶ MILP (Mixed-Integer Linear Programming) modellek
 - Időfelosztásos (Time discretization based)
 - Precedencia alapú (Precedence based)
- ▶ Állapottér bejárásán alapuló módszerek
 - Időzített automaták
 - Időzített petri hálók
- ▶ S-gráf keretrendszer

- ▶ Carlos A. Mendez, Jaime Cerda, Ignacio E. Grossmann, Iiro Harjunkoski, and Marco Fahl. State-of-the-art review of optimization methods for short-term scheduling of batch processes. *Computers & Chemical Engineering*, 30(6-7):913–946, May 2006.
- ▶ Mate Hegyhati and Ferenc Friedler. Overview of industrial batch process scheduling. *Chemical Engineering Transactions*, 21:895–900, 01 2010.

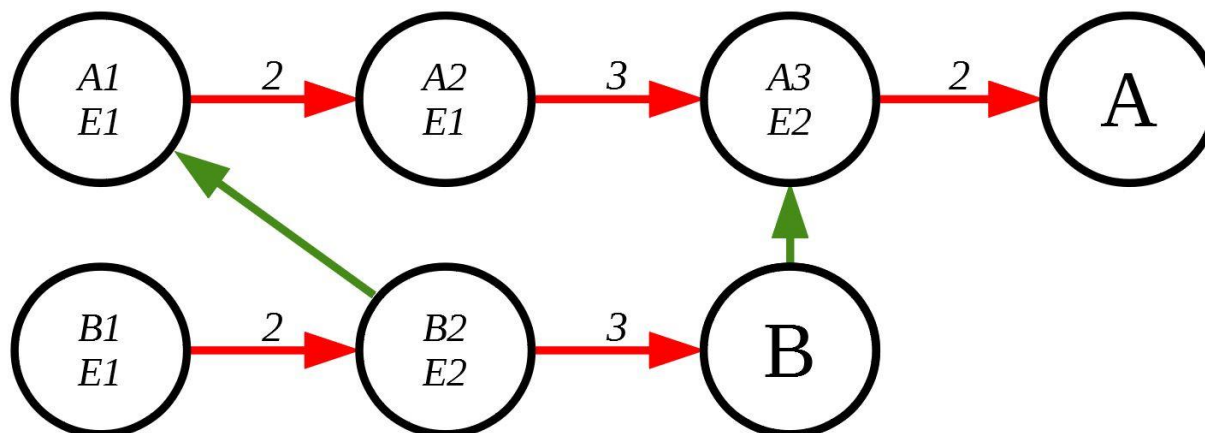
Az S-gráf keretrendszer

- ▶ Irányított gráf alapú matematikai modell
- ▶ Receptek, ütemtervek vizualizációja
- ▶ Recept gráf:



Az S-gráf keretrendszer

- ▶ Ütemezési algoritmusok
- ▶ Meghozott ütemezési döntések → ütemezési élek a gráfban
- ▶ Ütemezési gráf:



Determinisztikus profit maximalizálási feladat

- ▶ Bemeneti adatok:
 - Termékek receptjei
 - Termékek ára (1 batch ára)
 - Időkorlát
- ▶ Szabadsági fok az ütemezési döntéseken felül:
 - Melyik termékből hány batchet termeljük?
- ▶ Célfüggvény:
 - Profit maximalizálása ($\text{profit} = \text{ár} \cdot \text{mennyiség}$)
- ▶ Tibor Holczinger, Thokozani Majozi, Mate Hegyhati, and Ferenc Friedler. An automated algorithm for throughput maximization under fixed time horizon in multipurpose batch plants: S-graph approach. In 17th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, volume 24 of Computer Aided Chemical Engineering, pages 649– 654. Elsevier, 2007

Sztochasztikus profit maximalizálási feladat

► Bemeneti adatok:

- Időkorlát
- Termékek receptjei
- Minimális-, maximális batch méret
- Diszkrét forgatókönyvek (scenario)
 - Valószínűségeik
 - Termék ára
 - Kereslet
 - Alul-, túltermelési költségek

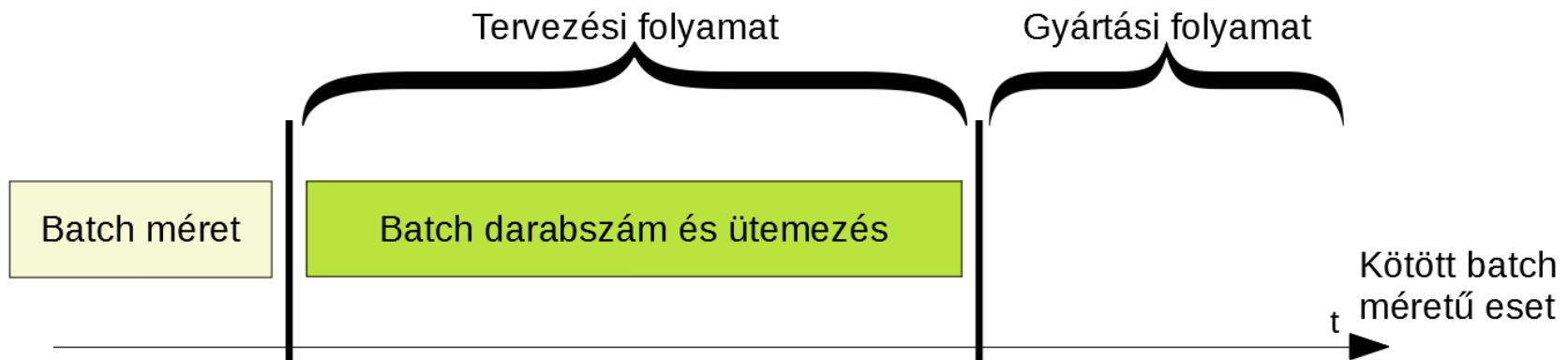
► Szabadsági fok az ütemezési döntéseken felül:

- Melyik termékből hány batchet termelünk?
- Mekkora batch méret mellett?

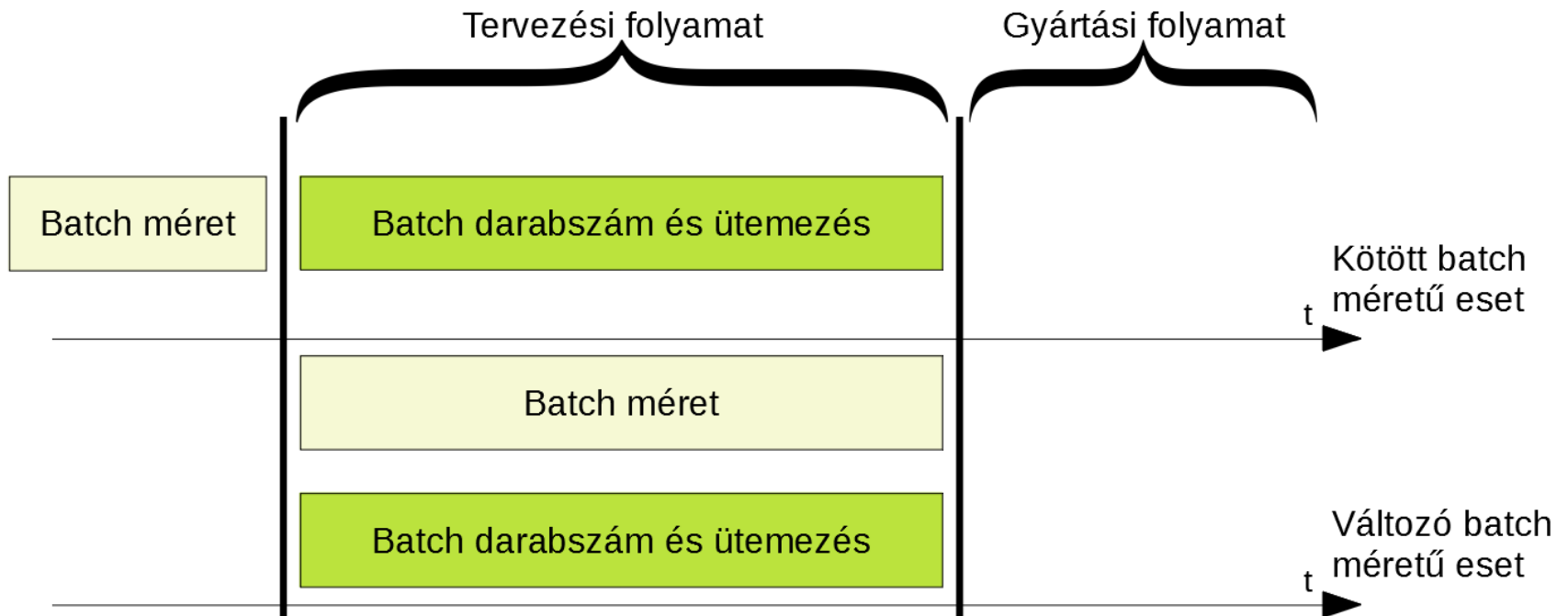
► Célfüggvény:

- Várható profit maximalizálása

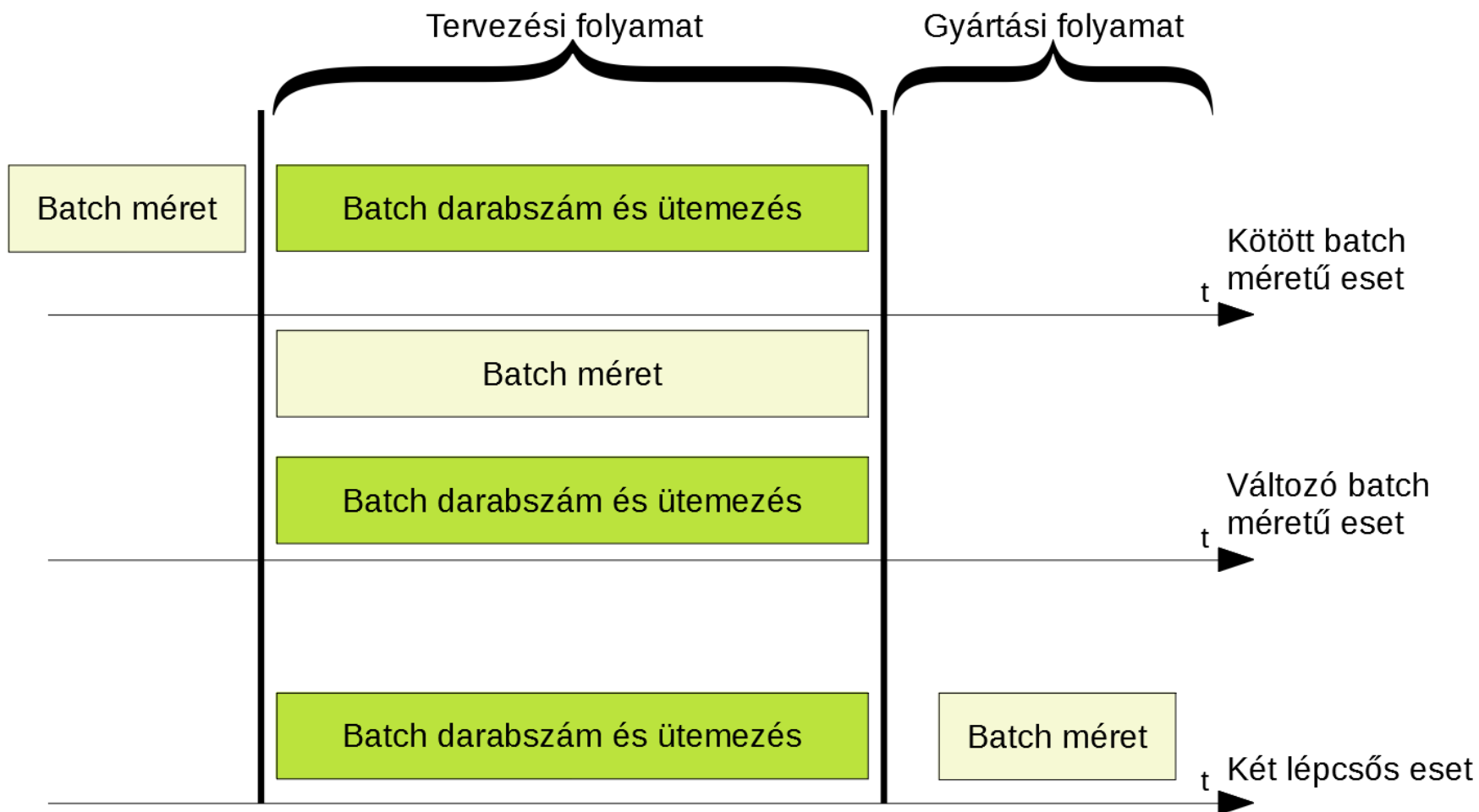
Problémadefiníció



Problémadefiníció



Problémadefiníció



A megoldómódszer megvalósítása

- ▶ C++ alapú S-gráf solver
 - Boost függvénykönyvtár, OpenMP
 - Determinisztikus profit maximalizáló
- ▶ Implementációs lépések:
 - Input fájl definiálása, beolvasása
 - Parancssori kapcsoló
 - Töröttvonal osztály
 - Determinisztikus profit maximalizáló refaktorálása
 - Sztochasztikus módszerek implementálása
 - Kötétt batch méretű eset
 - Változó batch méretű eset
 - Két lépcsős eset
 - Multiproduct esetek
 - Új kimenet
 - Tesztelés

A megoldómódszer megvalósítása

- ▶ Preventív ütemezés változó batch méretű esetben
- ▶ Egy termék profit függvénye egy adott forgatókönyvben:

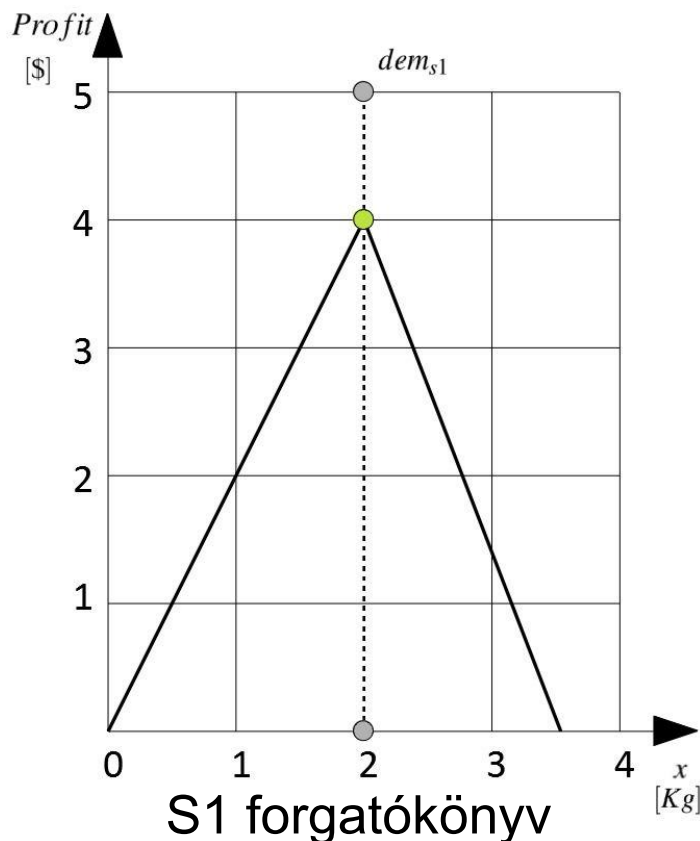
$$Profit_{s,p}(x) = \begin{cases} price_{s,p} \cdot x - (dem_{s,p} - x) \cdot uc_{s,p} & \text{ha } x < dem_{s,p} \\ price_{s,p} \cdot dem_{s,p} - (x - dem_{s,p}) \cdot oc_{s,p} & \text{egyébként} \end{cases}$$

- ▶ Célfüggvény:

$$\sum_{p \in P} \left(\sum_{s \in S} prob_s \cdot profit_{s,p}(x) \right)$$

A megoldómódszer megvalósítása

- Preventív ütemezés változó batch méretű esetben

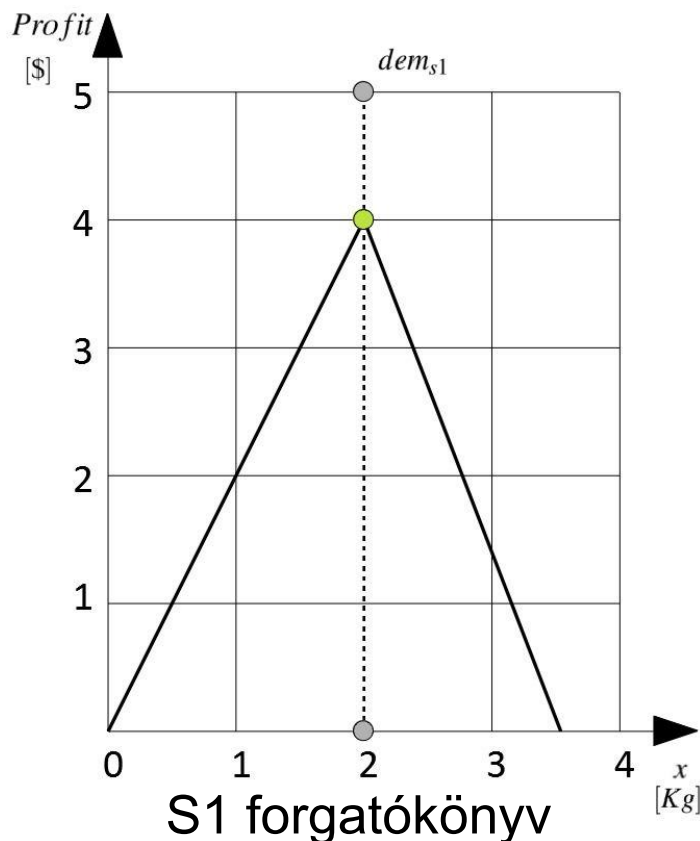


$$dem_{s1} = 2 \quad price_{s1} = 2$$

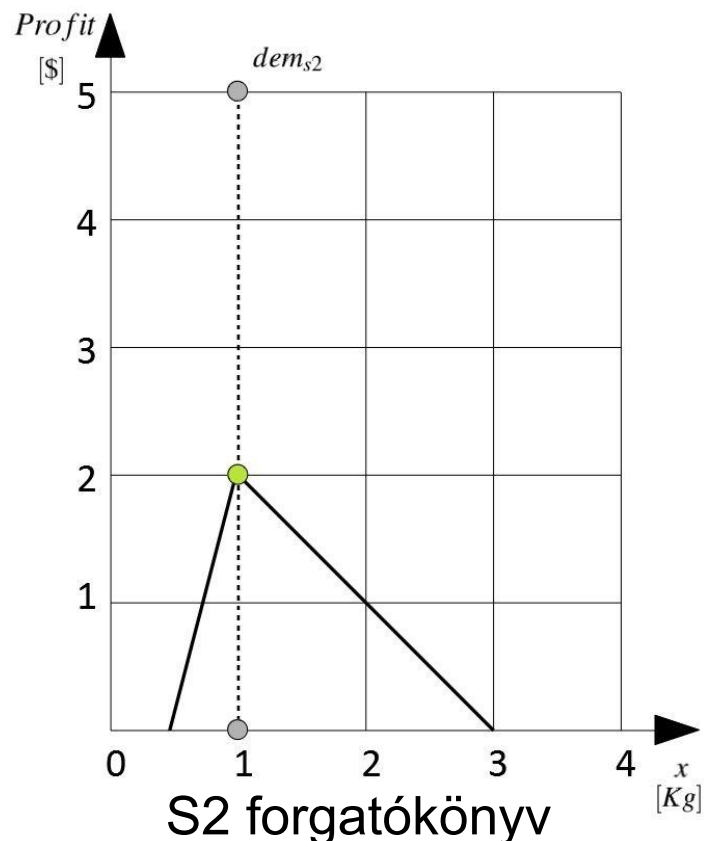
$$uc_{s1} = 0 \quad oc_{s1} = 2.5$$

A megoldómódszer megvalósítása

- Preventív ütemezés változó batch méretű esetben

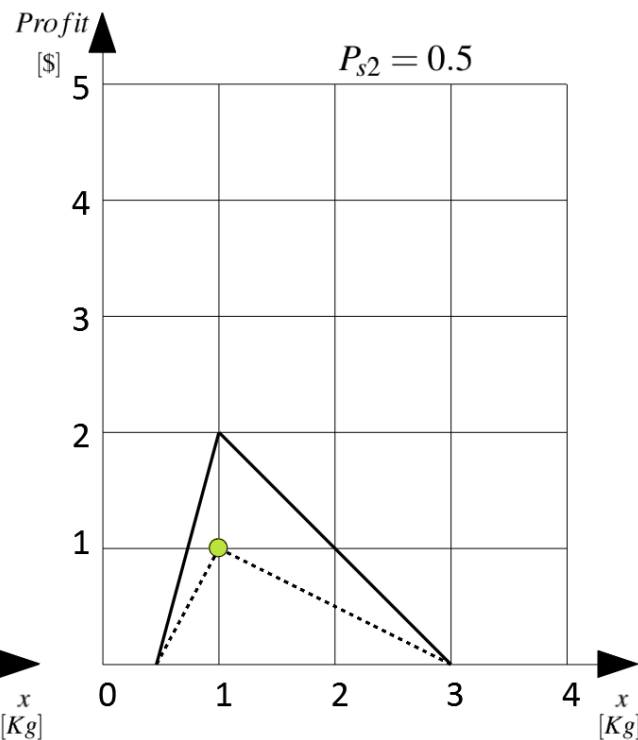
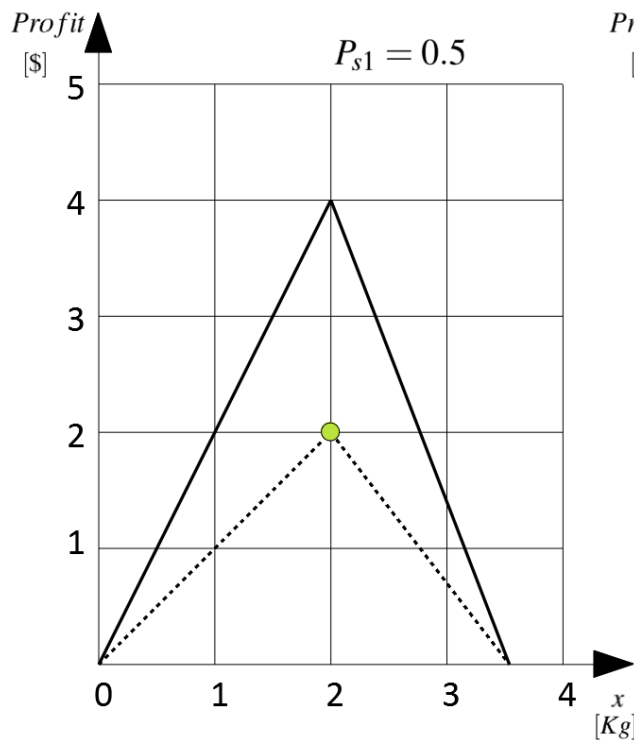


$$\begin{aligned} dem_{S1} &= 2 & price_{S1} &= 2 \\ uc_{S1} &= 0 & oc_{S1} &= 2.5 \end{aligned}$$



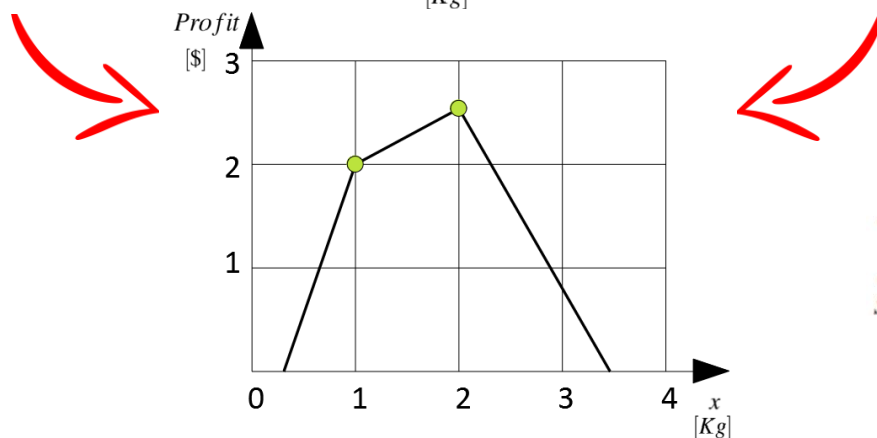
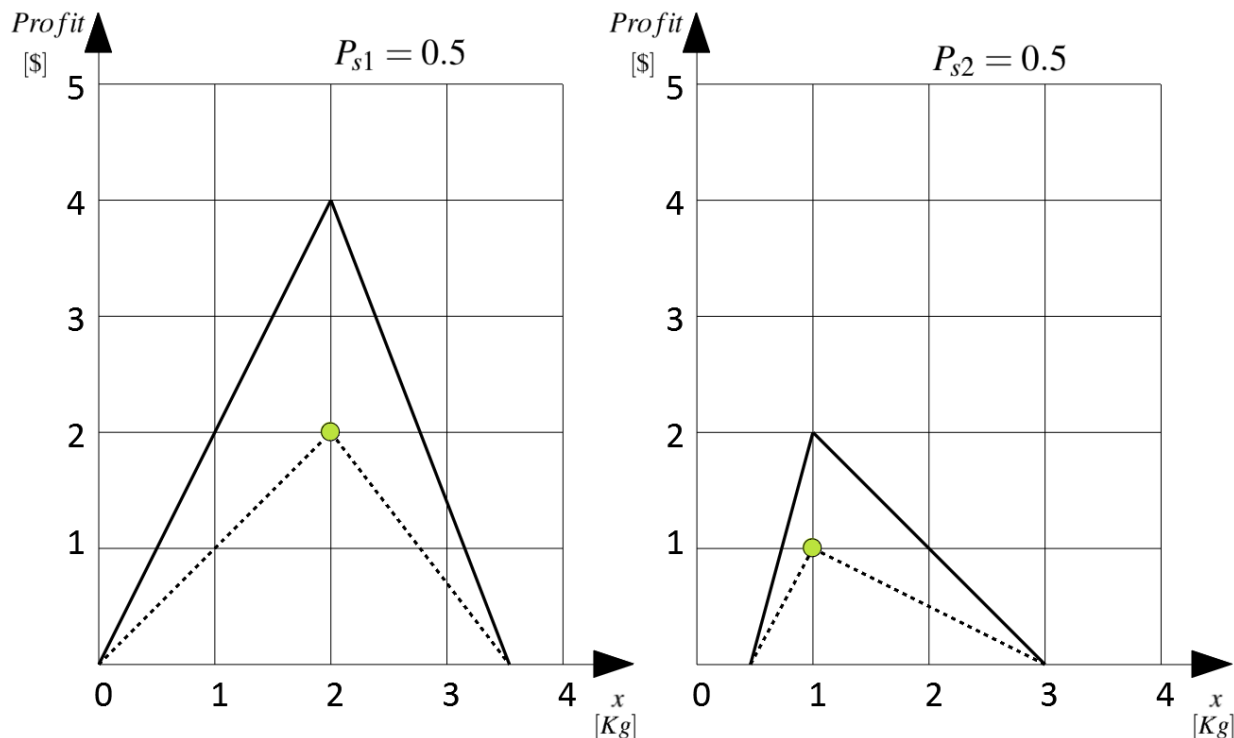
$$\begin{aligned} dem_{S2} &= 1 & price_{S2} &= 2 \\ uc_{S2} &= 2 & oc_{S2} &= 1 \end{aligned}$$

A megoldómódszer megvalósítása



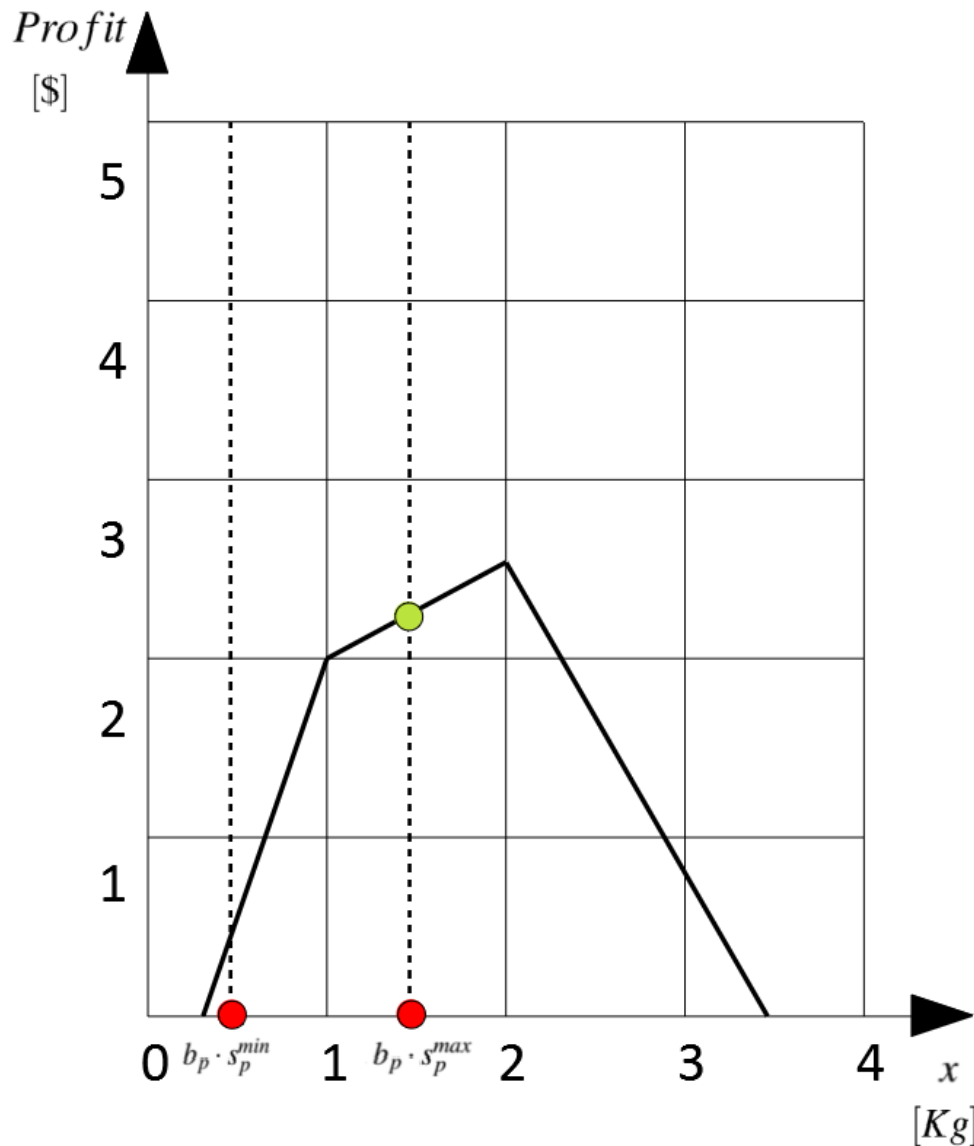
$$\sum_{s \in S} prob_s \cdot profit_{s,p}(x)$$

A megoldómódszer megvalósítása



$$\sum_{s \in S} prob_s \cdot profit_{s,p}(x)$$

A megoldómódszer megvalósítása



Az optimális x érték kiválasztása:

$$[s_p^{\min} \cdot b_p, s_p^{\max} \cdot b_p]$$

Termék várható profitja kiszámítva.

A megoldómódszer megvalósítása

- ▶ Összes várható profit kiszámítása a termékek várható profitjainak összegeként:

$$\sum_{p \in P} \left(\sum_{s \in S} prob_s \cdot profit_{s,p}(x) \right)$$

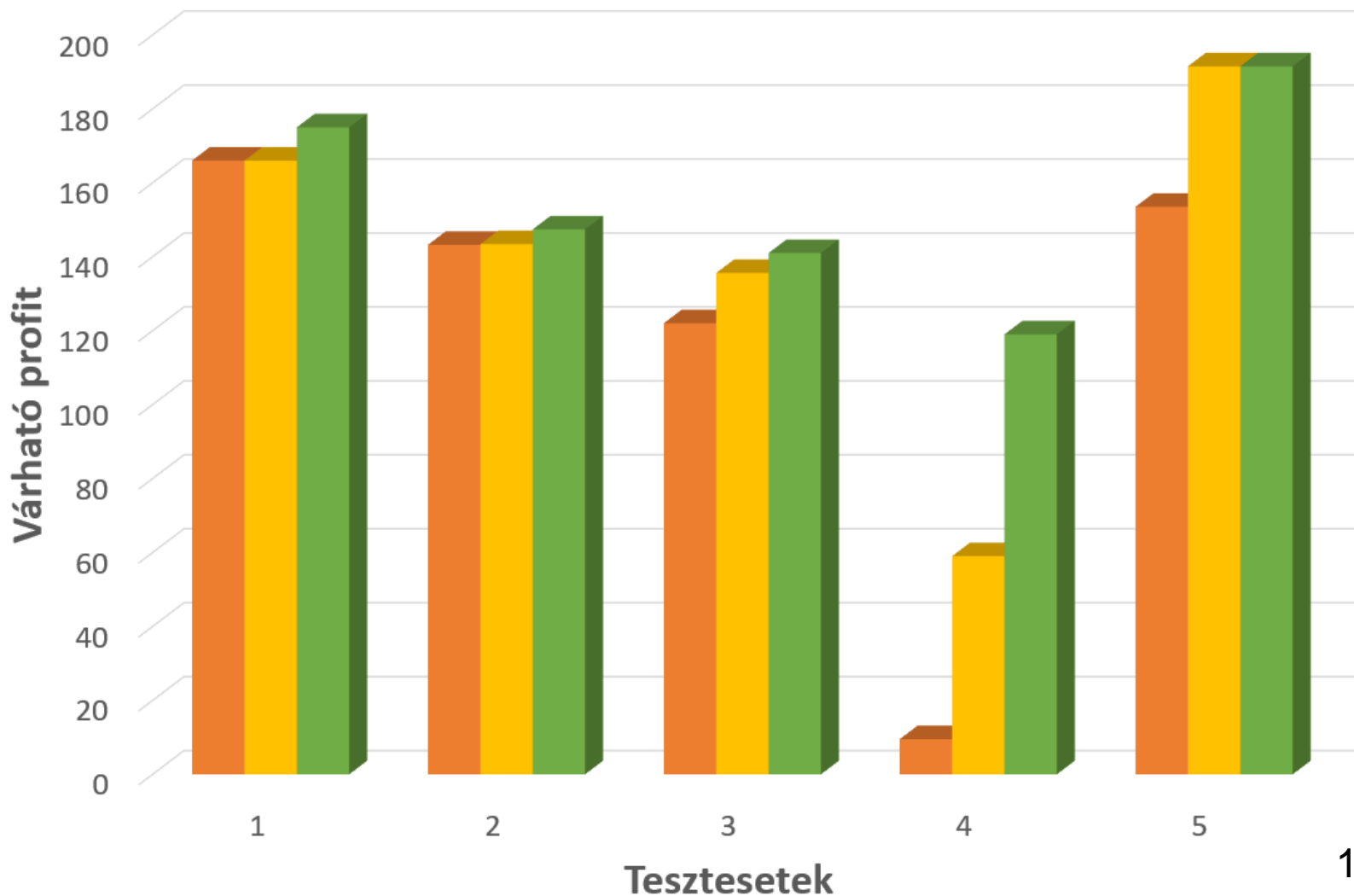
- ▶ Implementált esetek:

	Egy terméket eredményező receptek	Multiproduct receptek (diszjunkt halmazokkal)	Multiproduct receptek (halmaz metszetekkel)
Kötött batch méretű eset	✓	✓	✓
Változó batch méretű eset	✓	✓	✗ (+LP)
Két lépcsős eset	✓	✓	✗ (+LP)

Teszteredmények

► Random generált paraméterek

► Kötött ≤ változó ≤ két lépcsős

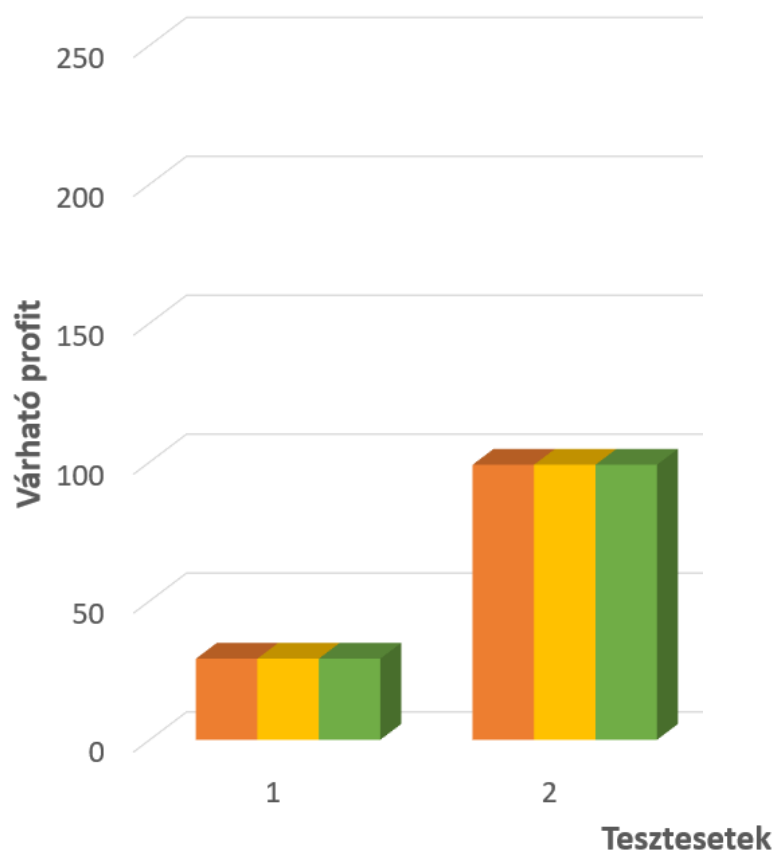


Teszteredmények

Speciális tesztesetek pl.:

► Min és max batch méret megegyezik (1,2)

- Kötött  = változó  = két lépcsős 



Teszteredmények

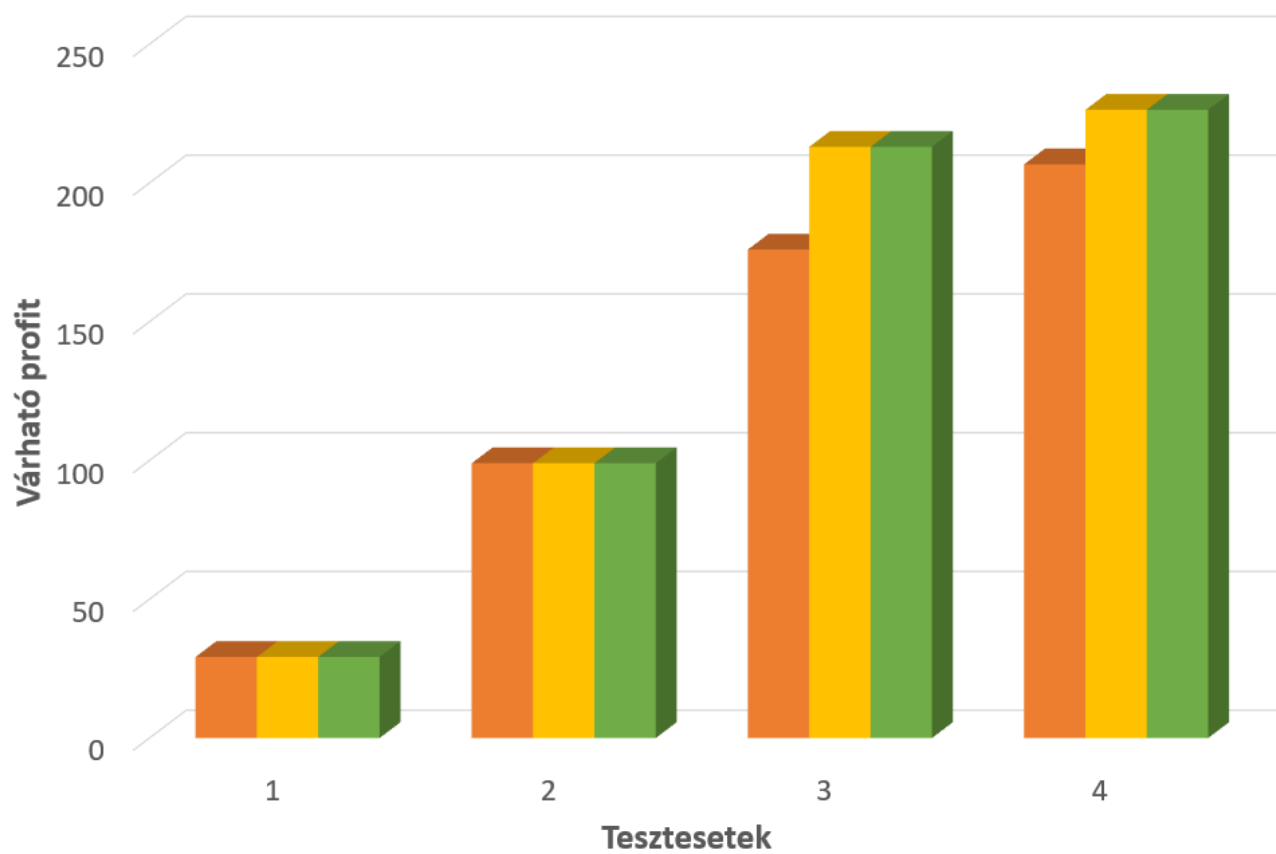
Speciális tesztesetek pl.:

- ▶ Min és max batch méret megegyezik (1,2)

- Kötött  = változó  = két lépcsős 

- ▶ Csak 1 db forgatókönyv van (3,4)

- Kötött  ≤ változó  = két lépcsős 



Összefoglalás

- ▶ Várható profit maximalizálás S-gráf keretrendszer segítségével, sztochasztikus paraméterek használatával
- ▶ 3 különböző feladatosztály megoldómódszerének részleteinek kidolgozása, implementálása a keretrendszerbe
- ▶ A már meglévő determinisztikus és az új sztochasztikus profit maximalizáló tesztelése

Köszönöm a figyelmet!