Miskolci Egyetem
Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Informatikai Intézet
Alkalmazott Informatikai Intézeti Tanszék

DTFSZTIR

Diszkrét termelési folyamatok számítógépes tervezése és irányítása

2019/20 2. félév

12. Előadás

Dr. Kulcsár Gyula
egyetemi docens

Újraütemezési feladatok modellezése és megoldása

Tartalom

- Az újraütemezés fogalma
- Esettanulmány:
  - A probléma bemutatása
  - EFFS modell alkalmazása
  - Megoldási módszer

Az újraütemezés fogalma

Ütemezés és újraütemezés

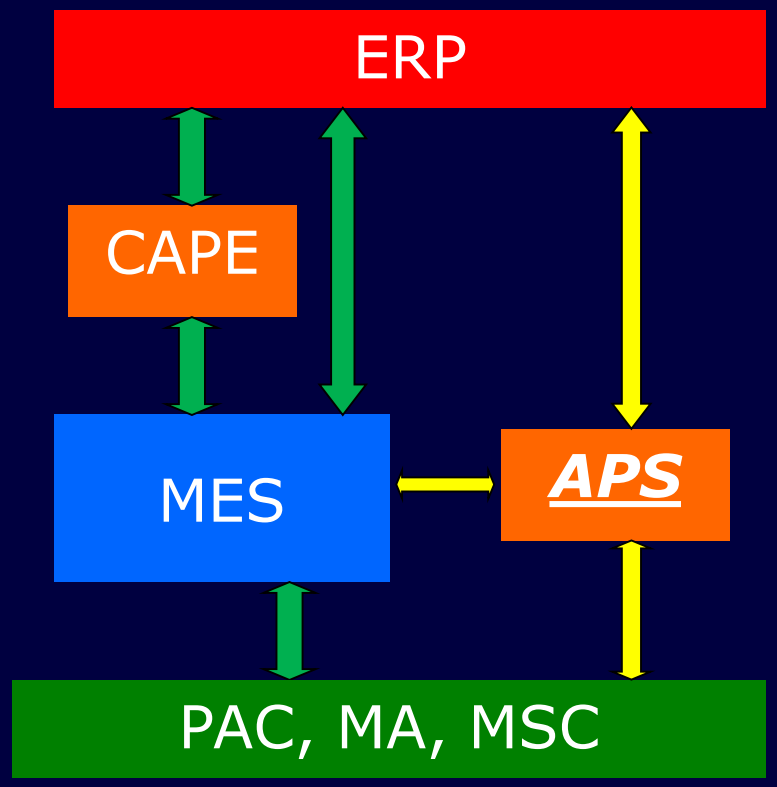
Alapvető funkció:

- Egy adott rövid tervidőszakra kapott termelési feladatok műveleteit időben és térben konkrét erőforrásokra (munkahelyekre) ütemezi és ezzel előállítja az operatív irányítás alapját képező finomprogramot.

Befolyásoló tényezők:

- Korlátozó feltételek
- Célok
- Döntési változók
- Aktuális állapot

Termelési finomprogram készítése



APS - Advanced Planning and Scheduling

Újraütemezés (átütemezés)

- A termelés újraütemezése megfogalmazható a „viselkedés alapú” gyártásirányítás olyan beavatkozási folyamataként, amelynek során az elindított és végrehajtás alatt álló termelési finomprogram aktualizálásra, korrigálásra, újratervezésre kerül.
- Az újraütemezés indoka: reagálás a nem várt termelési és/vagy üzleti események fellépése nyomán kialakult, az eredetileg tervezett rendszerállapottól a megengedhetőnél nagyobb mértékben eltérő tényleges rendszerállapotra és annak várható következményeire.

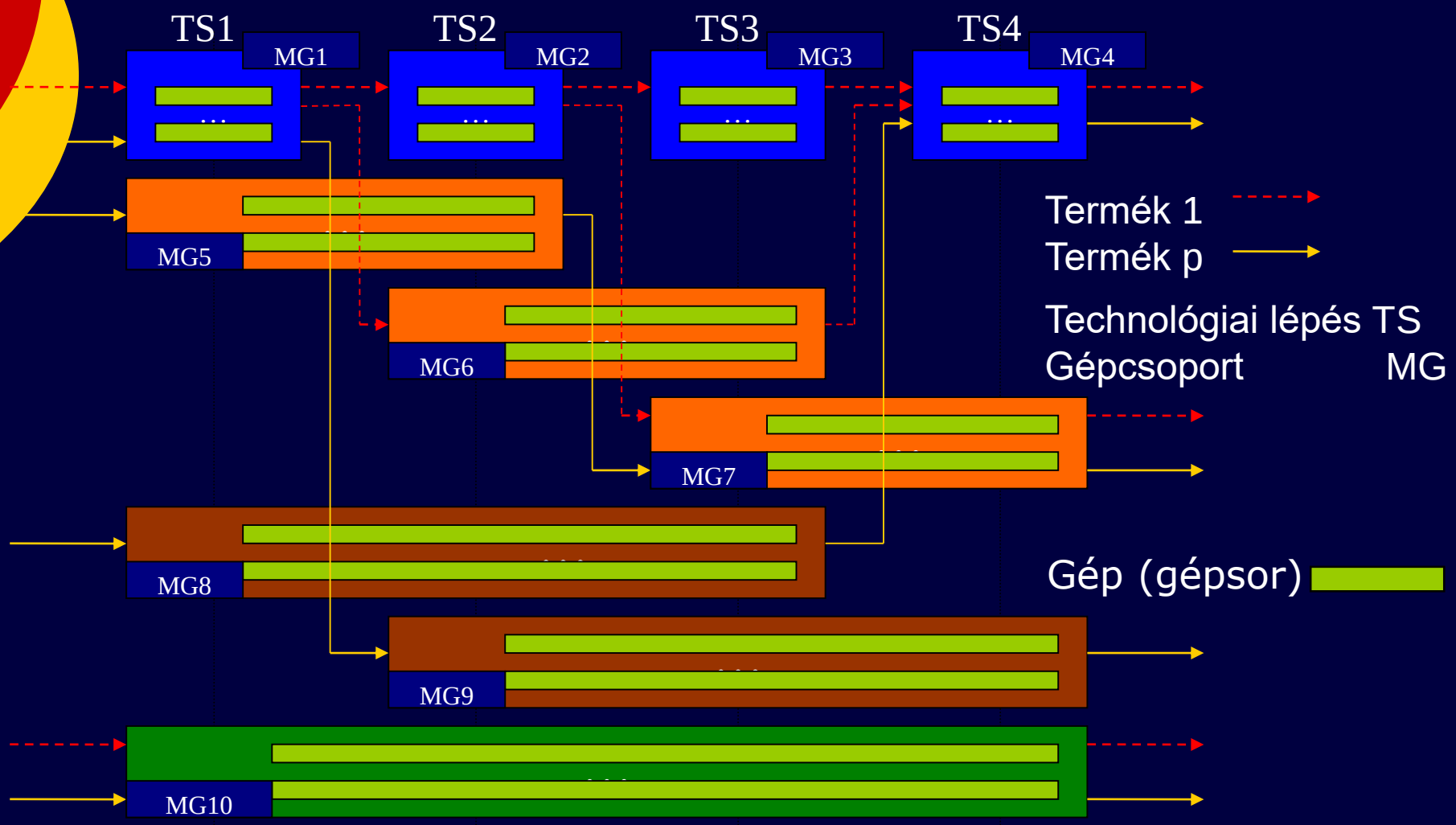
EFFS
újraütemezési modell

Esettanulmány:
Lámpagyártó gépsorok termelésprogramozása

Kitűzött (PhD) kutatási célok

- Kiterjesztett, az igény szerinti tömeggyártás modelljét is magába foglaló modell kifejlesztése a gyártási feladatok és sorozatnagyságok meghatározásának, a gépek allokálásának és a munkák időbeli ütemezésének céljából.
- Olyan megoldási módszerek kifejlesztése, amelyek a termelés változó feltételeihez és igényeihez igazodva egy vagy több értelemben optimum-közeli, végrehajtható termelési finomprogramot állítanak elő a gyakorlatban elfogadhatónak számító tervezési időkorlátok betartásával.
- A MES dinamikus gyártásirányítási funkcióinak, különösen a termelési bizonytalanságok kezelésének támogatása, figyelembe véve a termelési folyamatok minősítésének, a korrekciós újraütemezésnek, a termelési célok, prioritások és bizonytalanságok menedzselésének igényeit is.

Kiterjesztett rugalmas Flow Shop modell
(Extended Flexible Flow Shop – EFFS)



Követelmények

- Be kell tartani a szigorú gyártástechnológiai előírásokat.
- A rendeléseket az előírt határidőre kell teljesíteni.
- A gyártás a lehető legkevesebb átállítással (set-up) valósuljon meg.
- A bizonytalanságok és váratlan események kezelése minimális módosítással valósuljon meg.

Az ütemezési feladat formális leírása

$\alpha|\beta|\gamma$ formalizmus:

- α erőforráskörnyezet
- β korlátozások, végrehajtási jellemzők
- γ célfüggvények

Kiterjesztett rugalmas Flow Shop (EFFS) ütemezési feladatosztály:

$$Fx, M_g, Q_{i,m}, Set_{i,j,m}, Cal_m \middle| R_i, D_i, Exe_i, A_i \middle| [f_1, f_2, \ldots, f_K]$$

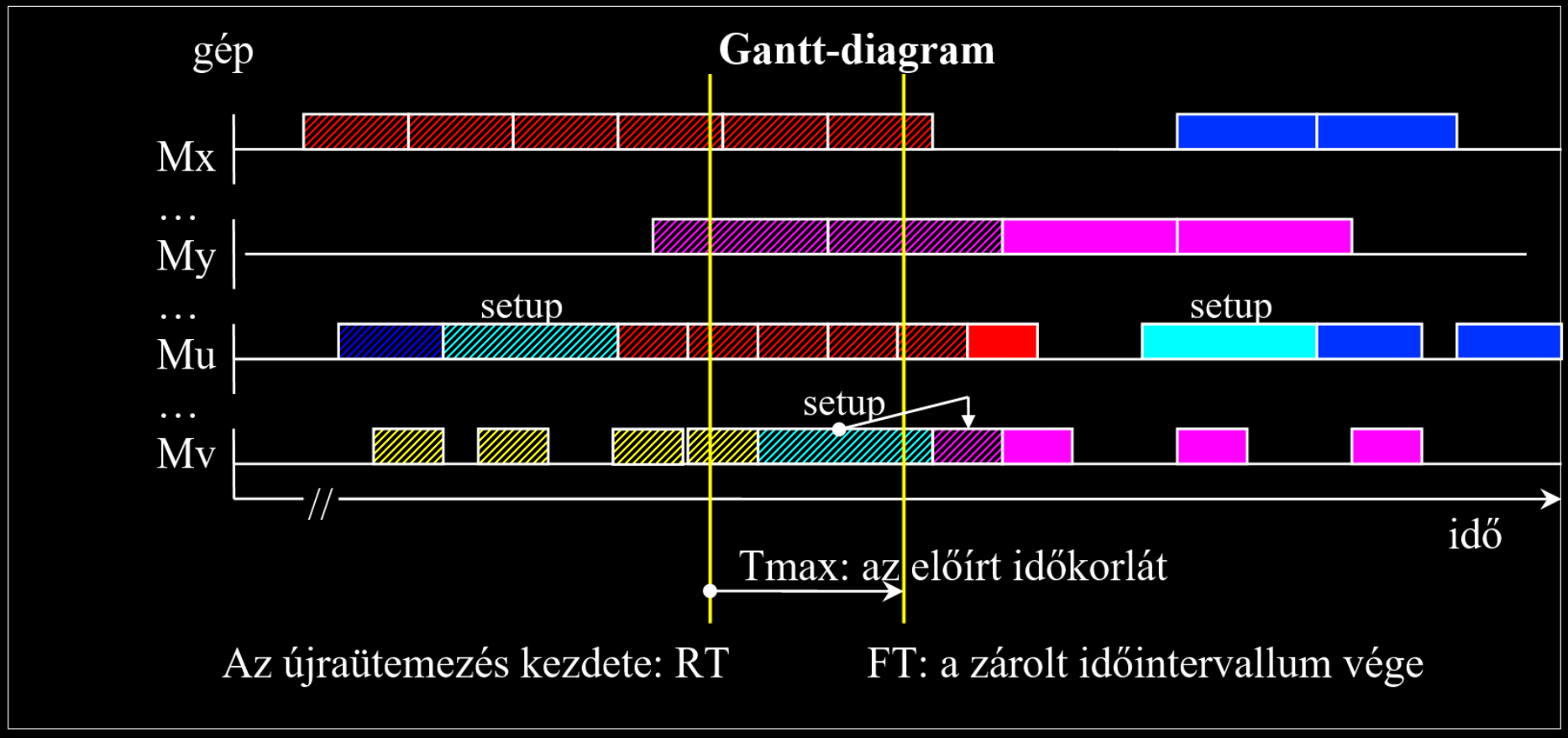
Az újraütemezés kihívásai

- Termelési folyamatok bizonytalanságai, váratlan események, zavarok
- Végrehajtás alatt álló, megszakított ütemterv
- Összetett újraütemezési célok
- Megváltozott rendelések és erőforrás-környezet
- Speciális korlátozások

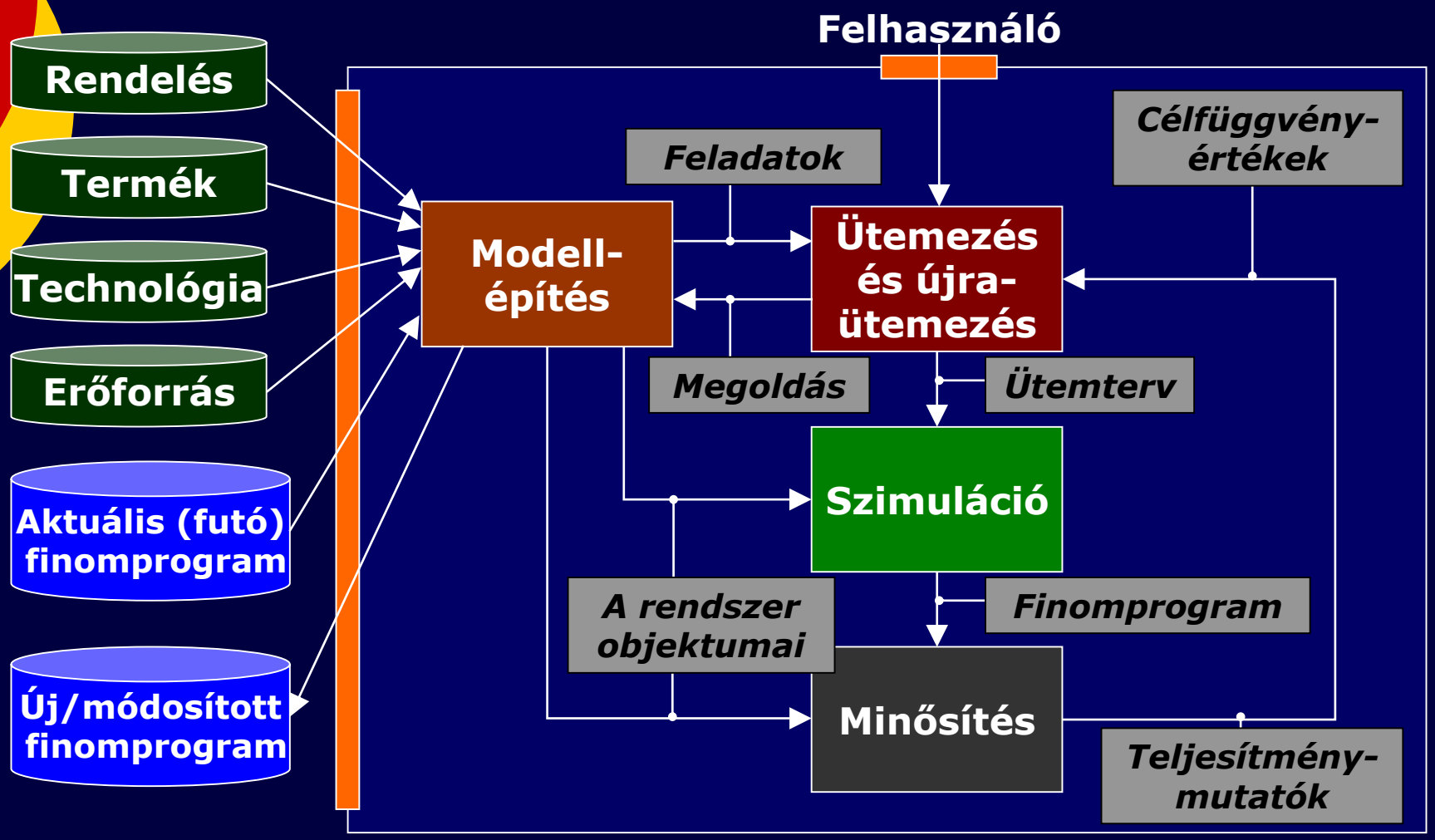
Az újraütemezés megoldása

- Célfüggvények a változtatások számszerűsítésére
- Zárolási technikák
- Továbbfejlesztett kereső algoritmusok
  - többcélú optimalizálás
  - „intelligens” módosító operátorok

Újraütemezés (átütemezés)



Megoldási koncepció



MOMOTS

Ütemezés és újra-ütemezés

```
{s0 ← Kezdeti megoldás készítése;
  s* ← s0;
  Tabu_List ← NULL;
  while ( Leállási feltétel nem teljesül )
  { while ( Szomszédság kiterjesztésének feltétele teljesül )
    { Nc ← Szomszédsági operátor kiválasztása (priority_list);
      s ← Szomszédos megoldás készítése ( s0 , Nc);
      if ( A Tabu_List nem tartalmazza ( s ) )
            {  A Tabu_List bővítése új elemmel ( s );
               if ( Első szomszéd ( s ) ) sk ← s;
               else if ( s < sk ) sk ← s;
            }
    }
    s0 ← sk;
    if ( sk < s* ) s* ← sk;
  }
  return s*;
}
```

Többcélú optimalizálás

Értékelés

$$f_k : S \rightarrow \Re^+ \cup \{0\}$$

$$f_k(s) \rightarrow min$$

$$s \in S, \forall k \in \{1,2,...,K\}$$

$$s_x, s_y \in S \qquad a,b \in \Re \qquad \begin{cases} 0, \text{ ha } max(a,b) = 0 \\ \dfrac{b-a}{max(a,b)}, \text{ egyébként} \end{cases}$$

$$D : \Re^2 \rightarrow \Re \qquad D(a,b) =$$

$$w_k \in \Re \qquad w_k \geq 0 \qquad \forall k \in \{1,2,...,K\}$$

$$F : S^2 \rightarrow \Re \qquad F(s_x, s_y) = \sum_{k=1}^{K} (w_k \cdot D(f_k(s_x), f_k(s_y)))$$

Megoldások minősítése többcélú kereső eljárásokban

Értékelés

Az $F(s_x, s_y)$ előjeles függvényérték kifejezi az s_y megoldás s_x megoldáshoz viszonyított relatív minőségét.

$$\left(s_y \; ? \; s_x\right) := \left(F(s_x, s_y) \; ? \; 0\right)$$

s_y jobb megoldás mint s_x	ha $F(s_x, s_y) < 0$
s_y és s_x azonosan jó megoldások	ha $F(s_x, s_y) = 0$
s_y rosszabb megoldás mint s_x	ha $F(s_x, s_y) > 0$

Egycélú keresés ➡ Többcélú keresés

- Tabu keresés (TS), Szimulált hűtés (SA),
- Genetikus algoritmus (GA) …

Újraütemező szoftver

EFFS Scheduler

File Schedule Options Help

Production Rescheduler

Load shop data and released schedule

Generate New Schedule

Method: Tabu Search with _S class and do_pi to Resche

Objective functions

Search operators

Shop env.

Num. of steps: 2000

Num. of loops: 100

TabuList size: 150

Freeze time: 0

Firts modify env. then free

Run

Show initial state

Show Results

Close

Objective functions

Objective function	Priority
Number of late orders:	7
Number of late jobs:	8
Sum of tardiness:	10
Max tardiness:	10
Number of setups:	7
Completion time:	5

OK More Active control

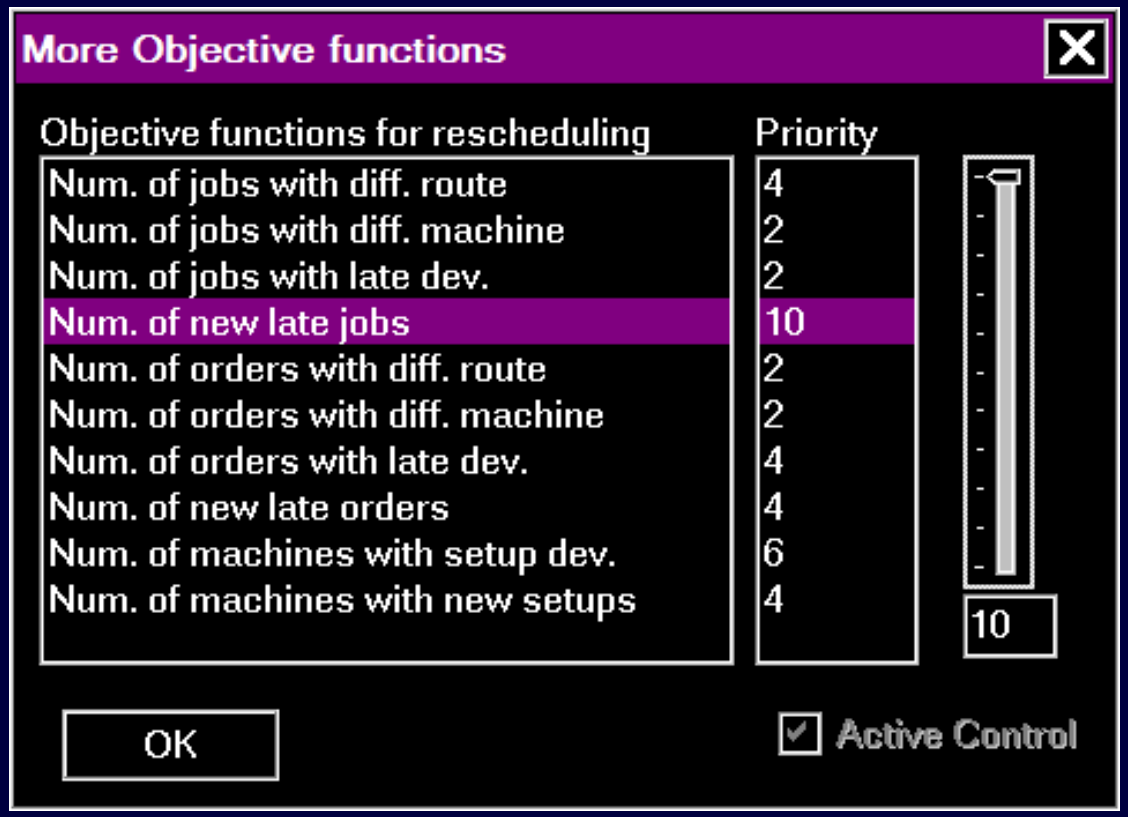
More Objective functions

Objective functions for rescheduling	Priority
Num. of jobs with diff. route	4
Num. of jobs with diff. machine	2
Num. of jobs with late dev.	2
Num. of new late jobs	10
Num. of orders with diff. route	2
Num. of orders with diff. machine	2
Num. of orders with late dev.	4
Num. of new late orders	4
Num. of machines with setup dev.	6
Num. of machines with new setups	4

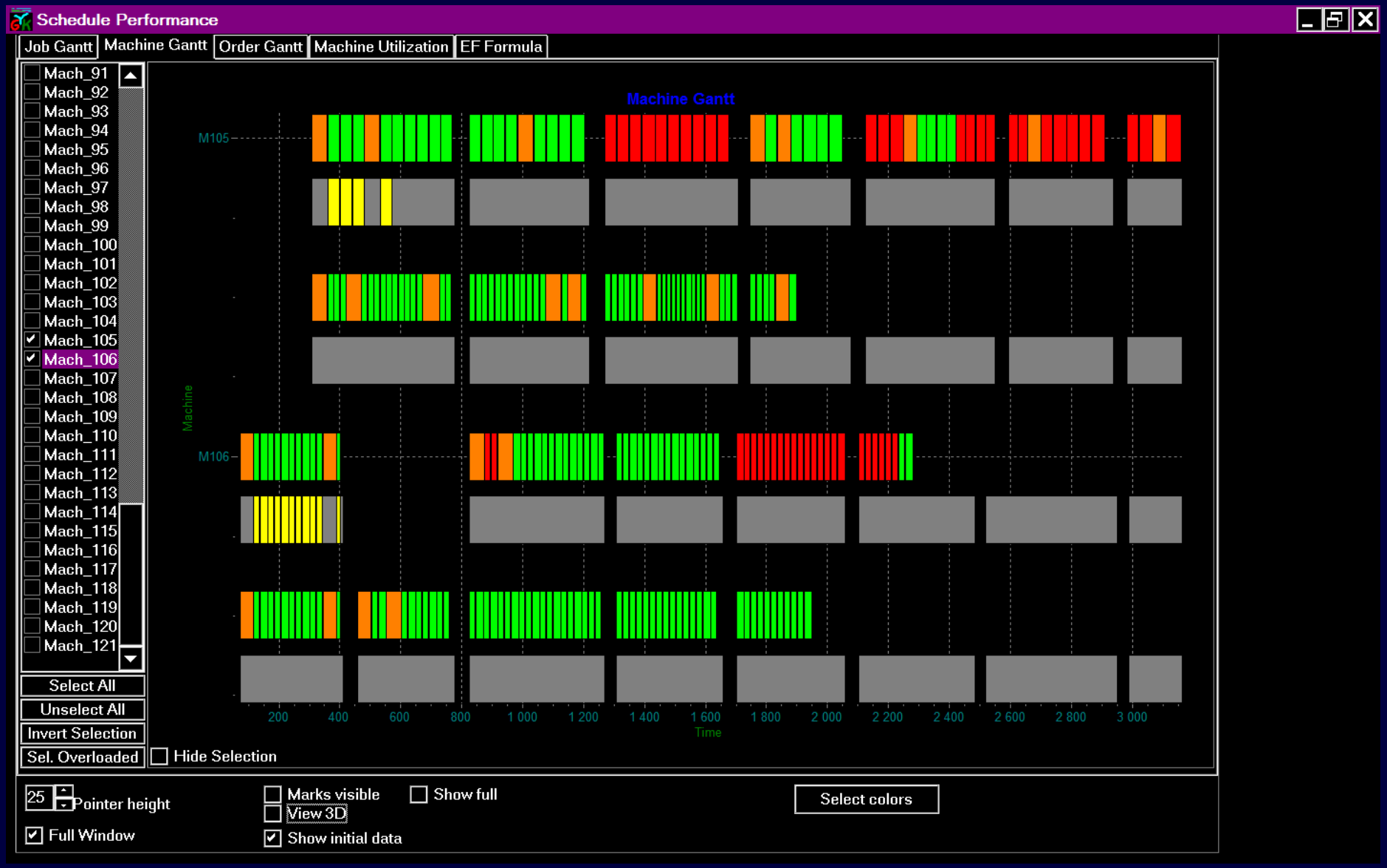
4

OK Active Control

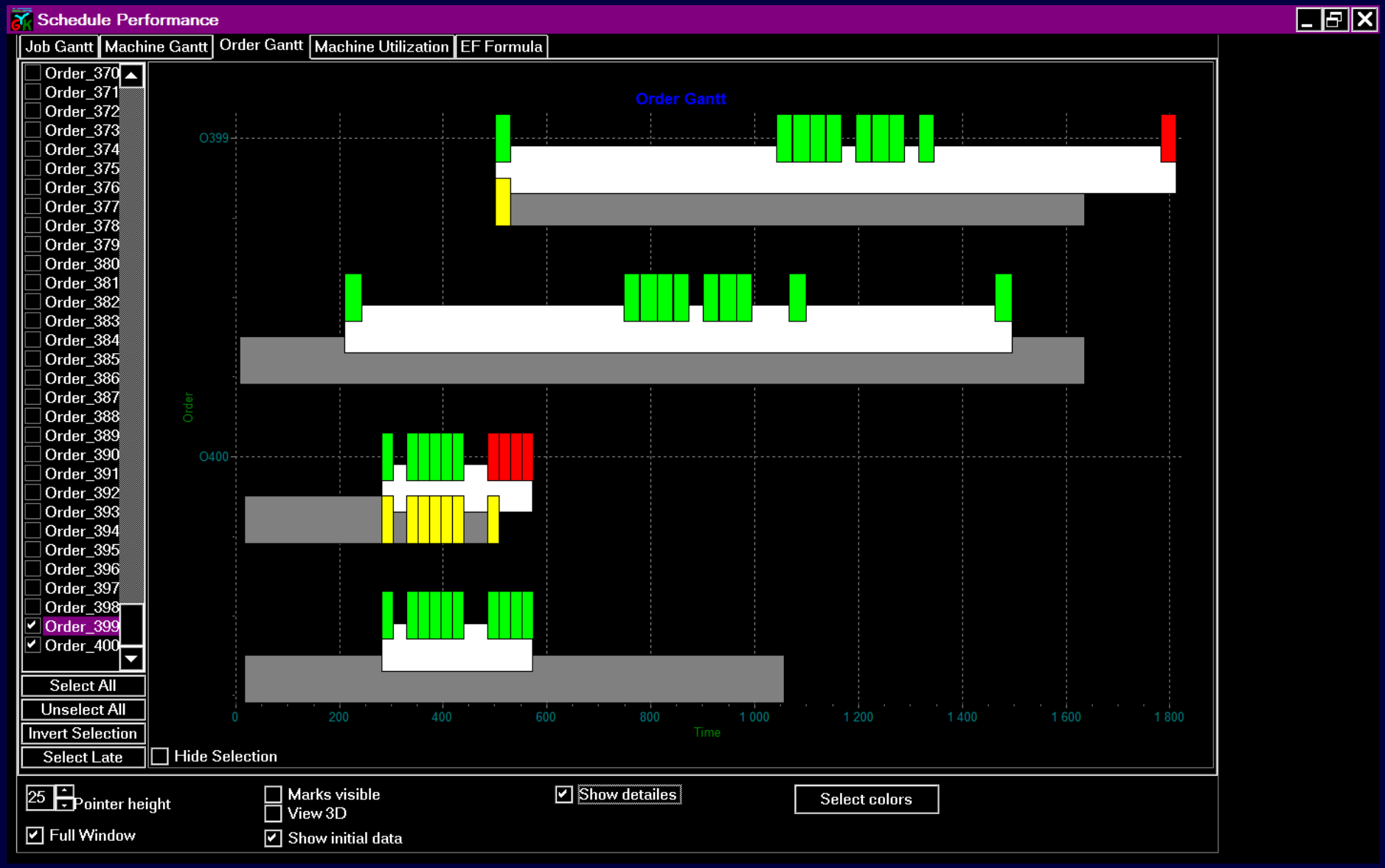
Változások mértékét minimalizáló célfüggvények



Tervezett és tényleges állapot



Tervezett és tényleges állapot



Újraütemezés

EFFS Scheduler

Generating Schedule

EFFS Solver — Stop

Start time:19:57:33

Current time: 19:59:21

Max scheduling time: min

Timer inactive

STEP: 897 / 2000

The best step: 231

Objective functions

Num. of late orders:	2
Num. of late jobs:	11
Sum of tardiness:	847
Max tardiness:	164
Num of setups:	353
Completion time:	2208

Rescheduling Objective func.

Late orders	dev.:	11
	new:	0
Late jobs	dev.:	54
	new:	0
Mach. setups	dev.:	2
	new:	0

- [x] Chart visible
- [x] Priority control visible
- [x] Search operators visible

Control parameters

Num. of loops: 100

TabuList size: 150

Results

Index | Average Obj_values | Measuring | H Matrix | Best Obj. values | Obj. values

Num. of Late Orders

Objective values

13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2

18 21 38 56 71 85 99 116 137 158 179 199 220 241 261 282 303 324 344 365 386 406 427 448 468 488 509 530 550 571 592 613 633 654 675 695 716 737 758 778 798 819 839 860 881

Step

Objective functions

Objective function	Priority
Number of late orders:	7
Number of late jobs:	8
Sum of tardiness:	10
Max tardiness:	10
Number of setups:	7
Completion time:	5

OK | More | [x] Active control

Searching operators

Operator	Improve	Total	Priority
	132	897	5
N1	27	245	1 [0,2]
N2	7	8	1 [0,2]
N3	35	219	1 [0,2]
N4	29	69	1 [0,2]
N5	32	354	1 [0,2]

Change

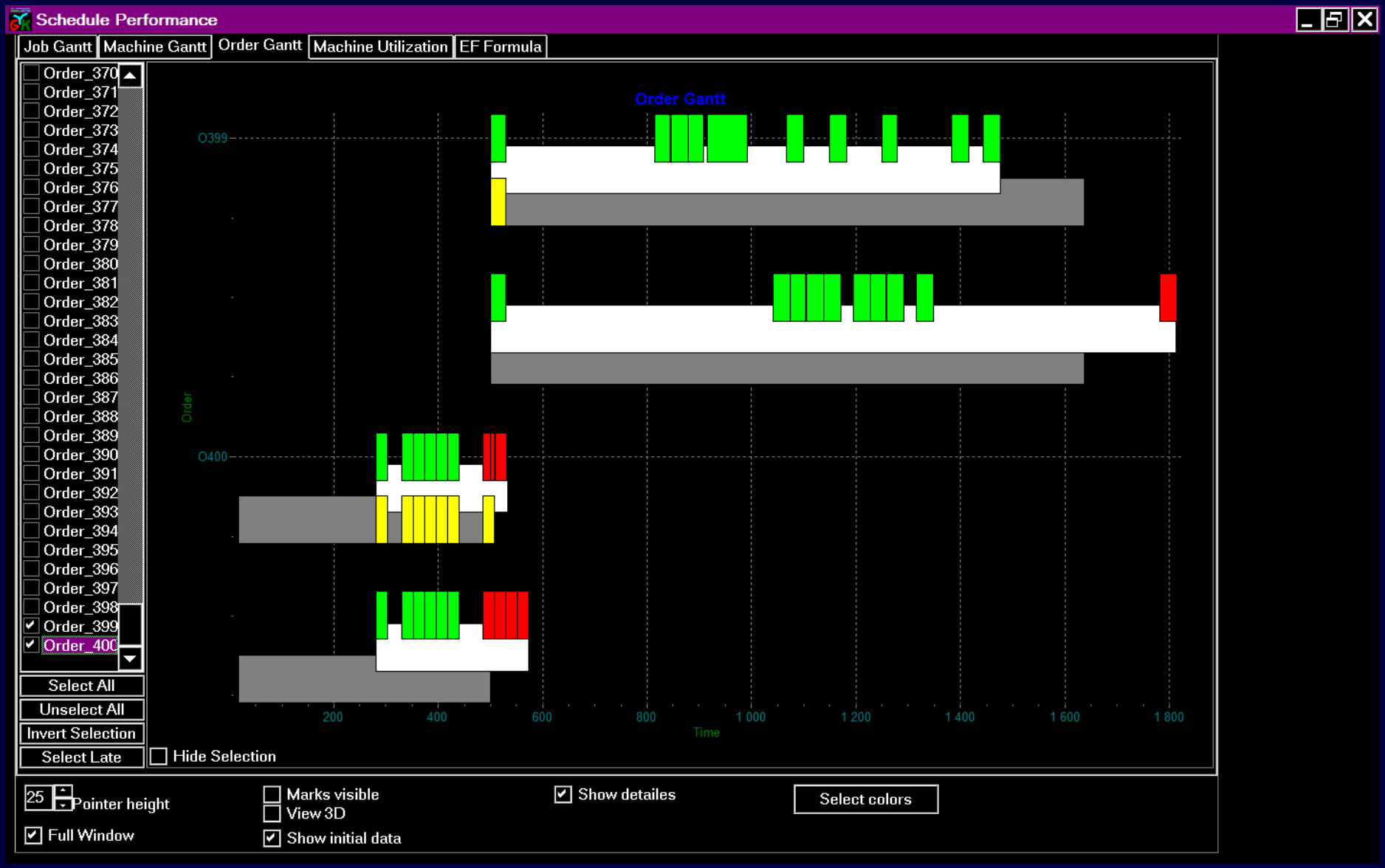
Operator: N1

Priority: 1

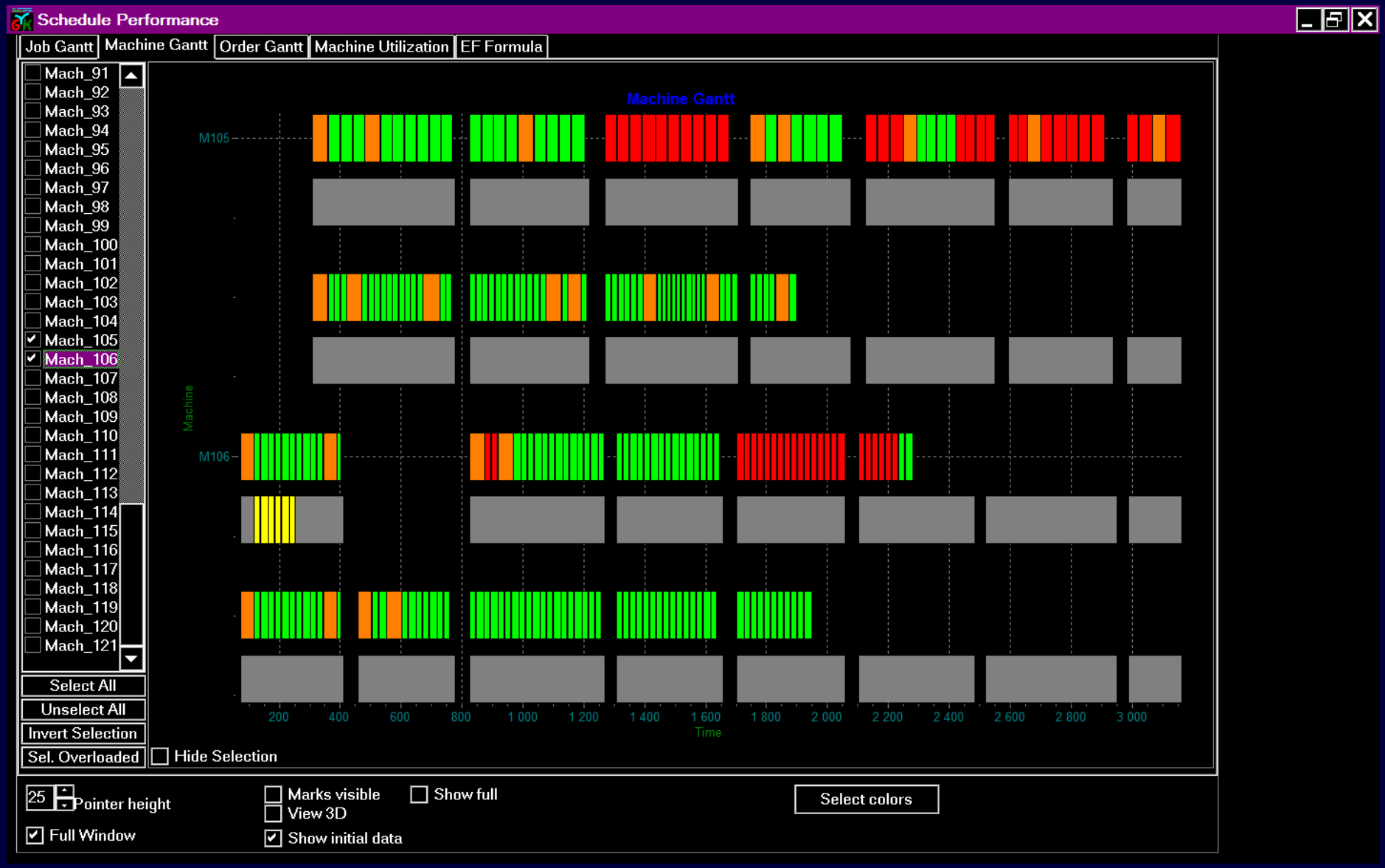
OK

Újraütemezés utáni állapot

Újraütemezés utáni állapot



Tervezett és tényleges állapot (#2)



Tervezett és tényleges állapot (#2)

Újraütemezés (#2)

EFFS Scheduler

Generating Schedule

EFFS Solver — Stop

Start time:22:40:52

Current time: 22:42:09

Max scheduling time: min

Timer inactive

STEP: 666 / 2000

The best step: 639

Objective functions

Num. of late orders:	0
Num. of late jobs:	0
Sum of tardiness:	0
Max tardiness:	0
Num of setups:	353
Completion time:	1998

Rescheduling Objective func.

Late orders	dev.:	13
	new:	0
Late jobs	dev.:	65
	new:	0
Mach. setups	dev.:	3
	new:	1

- [x] Chart visible
- [x] Priority control visible
- [x] Search operators visible

Control parameters

Num. of loops: 100

TabuList size: 150

Results

Index | Average Obj_values | Measuring | H Matrix | Best Obj. values | Obj. values

Num. of Late Orders

Objective values

13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

17 17 29 40 51 61 71 81 92 105 121 136 152 167 183 198 214 229 245 261 276 292 307 323 338 354 369 385 400 416 431 447 462 477 493 508 524 539 555 570 585 601 616 632 647

Step

Objective functions

Objective function	Priority
Number of late orders:	7
Number of late jobs:	8
Sum of tardiness:	10
Max tardiness:	10
Number of setups:	7
Completion time:	5

OK | More | [x] Active control

Searching operators

Operator	Improve	Total	Priority
	570	665	5
N1	73	87	1 [0,2]
N2	17	21	1 [0,2]
N3	395	445	1 [0,2]
N4	11	13	1 [0,2]
N5	74	99	1 [0,2]

Change

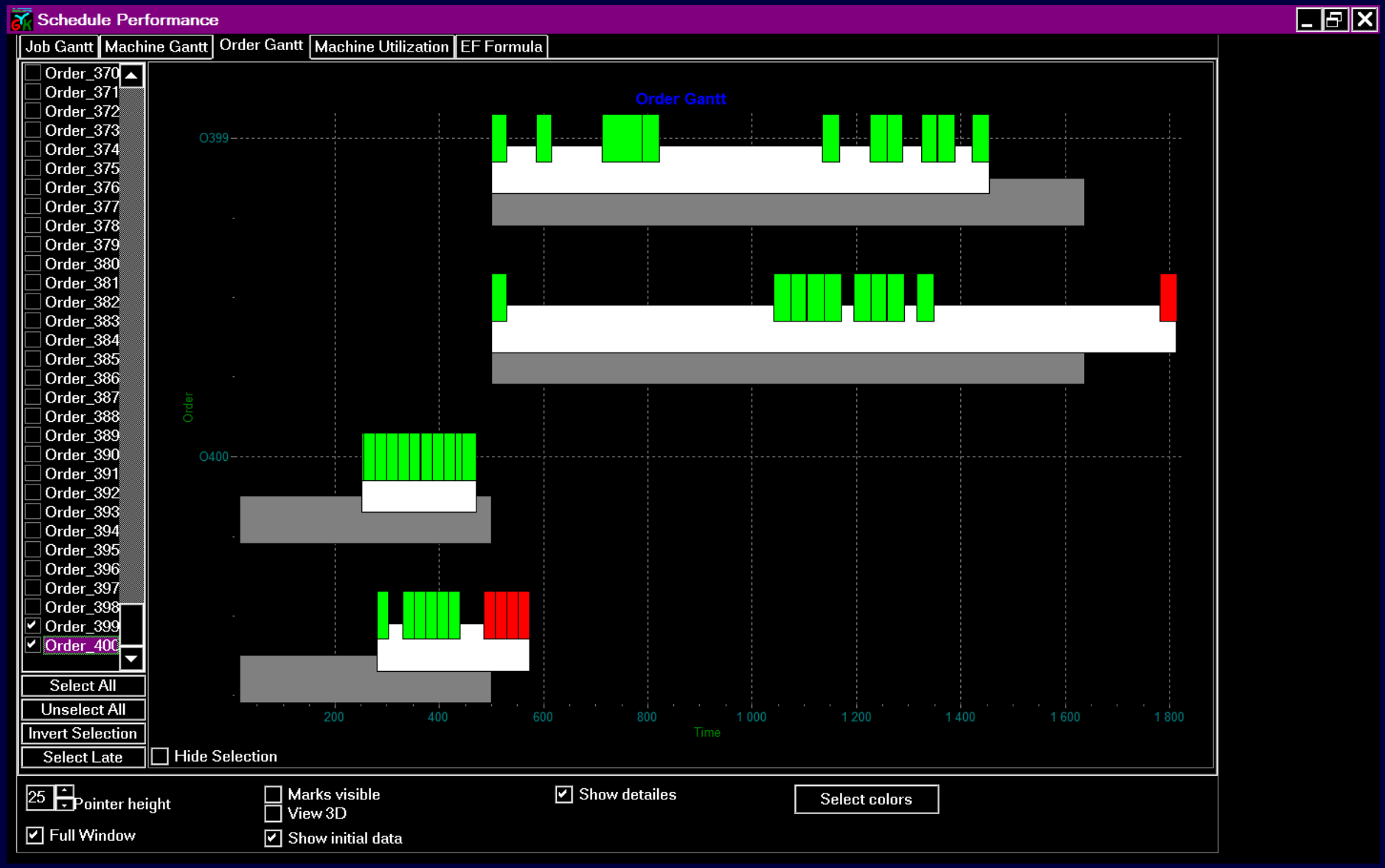
Operator: N1

Priority: 1

OK

Újraütemezés utáni állapot (#2)

Újraütemezés utáni állapot (#2)



Következtetések

- Az ütemezési és újraütemezési feladatok nagyon sokfélék lehetnek, melyek összetett, nehezen megoldható többcélú optimalizálási problémákhoz vezetnek.
- A vizsgált újraütemezési feladatok új modellek kidolgozását követelték meg.
- A korszerű tudás-intenzív keresési módszerek, a zárolási technikák, a gyors végrehajtás-vezérelt szimuláció és a többcélú eredményértékelő módszerek hatékony támogatást nyújtanak.

Összefoglalás

- Az újraütemezés elméleti háttere
- Esettanulmány:
  - A probléma bemutatása
  - EFFS modell alkalmazása
  - Megoldási módszer

Köszönöm a figyelmet!

Az előadásvázlat elérhető az alábbi webcímen:
http://ait.iit.uni-miskolc.hu/~kulcsar/serv01.htm