

# Lineáris programozási feladat megoldása Microsoft Office EXCEL szoftverrel

## 1. A lineáris programozási probléma definiálása Solverrel

A Solver használatát három lineáris programozási feladaton keresztül fogjuk bemutatni. Az első példa megtalálható Dr. Nagy Tamás: Operációkutatás, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1998, egyetemi jegyzet 141. oldalán.

A feladat a következő:

Egy vállalat kétféle termék gyártását akarja bevezetni. A két termék gyártása három gépen történik. Az első termék egy darabjának megmunkálásához szükséges gépidők rendre 1, 1, 1 gépóra; a második termék egységének gépidőszükséglete pedig rendre 2, 3, 1 gépóra. Az egyes gépeknek egy adott időszakban a rendelkezésre álló kapacitása 25, 33, 20 gépóra. Az egyes termékek várható eladási egységára rendre 3, 5 pénzegység.

a) A vállalat milyen termékösszetételben gyártson, ha maximális árbevételre törekszik úgy, hogy a gyártás során a gépek kapacitását nem lépheti túl?

b) Hogyan befolyásolja a gépkapacitások ill. a termékek eladási árának megváltozása a vállalat optimális termékösszetételét?

Először az a) kérdésre válaszolunk, amely egy lineáris programozási feladat megoldásához vezet, majd a b) kérdést oldjuk meg, amely érzékenységvizsgálati feladat.

Jelölje az  $x_1, x_2$  döntési változó az egyes termékekből gyártandó mennyiséget. Az első gép az első termék egy darabját 1 óra alatt munkálja meg, akkor  $x_1$  mennyiségű terméket (feltételezve a linearitást)  $1x_1$  óra alatt munkál meg, ugyanez a gép a második terméket 2 óra alatt munkálja meg, akkor  $x_2$  mennyiségű terméket (feltételezve a linearitást)  $2x_2$  óra munkál meg. Tehát az első gépnek a két termék megmunkálásához igénybe vett munkaideje  $1x_1 + 2x_2$  gépóra, amely az előírás szerint nem lehet nagyobb, mint az első gép kapacitása, így az  $x_1 + 2x_2 \leq 25$  feltétel adódik az első gép esetére. Hasonló okoskodással a többi gépre is felírhatjuk a feltételeket. Az első termék egy darabjának eladási ára 3 pénzegység, akkor  $x_1$  mennyiségű termék eladásából keletkezett árbevétel  $3x_1$  (itt feltételeztük a linearitást és azt, hogy a megtermelt termékmennyiséget el is adjuk), a második termékből az árbevétel  $5x_2$ , a vállalat összes árvevétele  $3x_1 + 5x_2$  pénzegység. Ezek alapján a feladat matematikai modellje a következő formában írható:

$$\begin{aligned}x_1 + 2x_2 &\leq 25 \\x_1 + 3x_2 &\leq 33 \\x_1 + x_2 &\leq 20 \\x_1, x_2 &\geq 0 \\3x_1 + 5x_2 &\longrightarrow \max!\end{aligned}$$

Most következhet a feladat EXCEL programcsomaggal történő megoldása. Első lépésként meg kell tervezni, hogy a probléma döntési változóinak, korlátozó feltételeinek és a célfüggvénynek a tárolására melyik cellákat fogjuk használni.

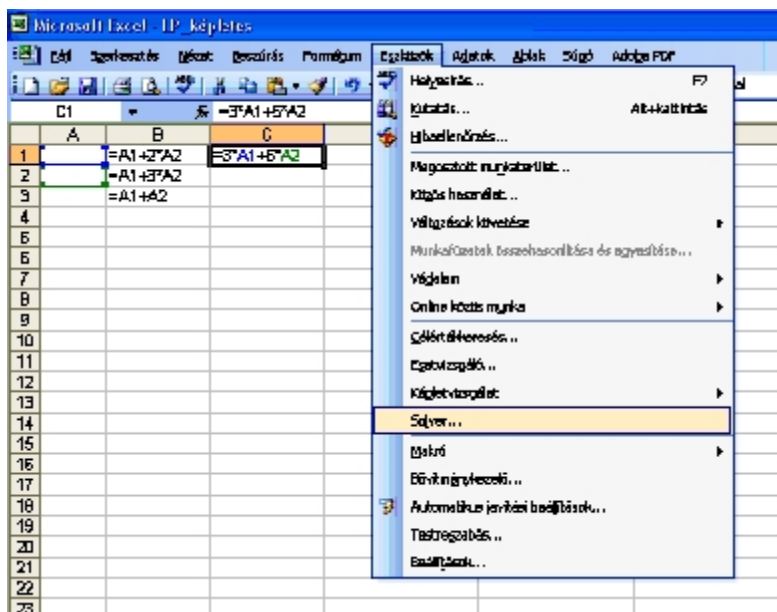
A döntési változókat tartalmazó cellákat *változócelláknak* vagy a Solver terminológiája szerint *módosuló celláknak* nevezzük. Legyen az  $x_1$  döntési változó cellája az A1 cella, az  $x_2$  döntési változóé pedig az A2 cella.

A célfüggvényt tartalmazó cellát *célcellának* nevezzük. Csak egyetlen célcella lehet és ennek képletet kell tartalmaznia, amely a módosuló celláktól függ. Legyen a célcella a C1 cella.

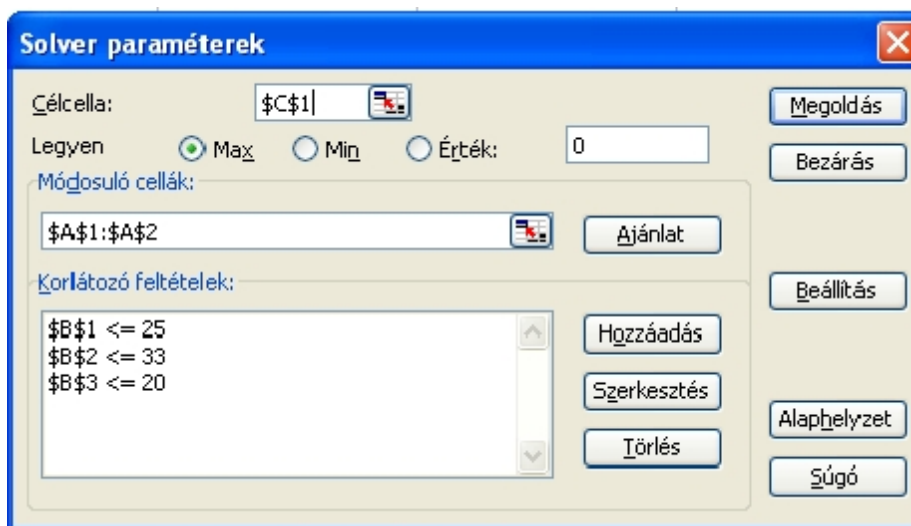
A korlátozó feltételeket többféleképpen is megadhatjuk a Solver számára. Először azt mutatjuk be, amikor minden feltétel baloldalának képletét egy-egy cellába írjuk. Legyenek a feltételek baloldalát tartalmazó cellák rendre a B1, B2, B3 cellák.

Megjegyezzük, hogy célszerű a módosuló cellákat és a feltételek celláit egymás mellett (sorban vagy oszlopban) kijelölni, mert így cellatartományként való megadásuk egyszerűbb.

Ezekután írjuk be a feltételeket és a célfüggvényt a megfelelő cellákba. A beírást az alábbi Excel munkalap részlet mutatja. A cellákba történő képletbeírás után alapesetben nem a képlet látszik a cellában, hanem a képlet kiszámított értéke. Ahhoz, hogy a képletet lássuk az **Eszközők/Beállítások** menüpontban a **Megjelenítés** fület kell kiválasztani és az **Ablakjellemzők** blokkban ki kell választani a **Képletek** jelölőnégyzetet. A képletmegjelenítést akkor használjuk, ha dokumentálni akarjuk az Excel munkalap képleteit. Munkavégzéskor az alaphelyzetet választjuk, hiszen minket a cella adatai érdekelnek. A szerkesztőlécen egyébként mindig megtekinthetjük a cellába írt képletet. Miután a beírással készen vagyunk, elindíthatjuk a Solvert az **Eszközők/Solver** menüponttal.



A Solver elindítása után a **Solver paraméterek** párbeszédablak jelenik meg, amelynek segítségével adhatjuk a Solver tudtára, hogy mely cellák a módosuló cellák, melyik a célcella és melyek a korlátozó feltételek.

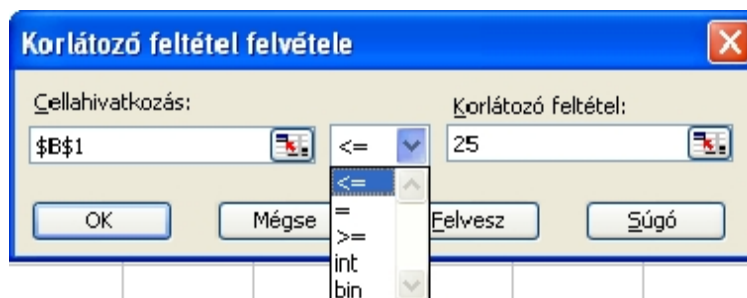


A **Célcella** mezőbe kell megadni a célfüggvényt tartalmazó cella címét, hivatkozását. Egyszerű beírással vagy egérrel való kijelöléssel adhatjuk meg a célcella C1 hivatkozását.

A **Legyen** sorban három lehetőség megadását teszi lehetővé a Solver, így megadhatjuk, hogy a célfüggvény maximumát, minimumát vagy egy konkrét értékét akarjuk elérni.

A **Módosuló cellák** mezőbe a döntési változók celláit kell megadni. Ezt többféleképpen is elvégezhetjük: beírással, egérrel való kijelöléssel vagy az **Ajánlat** gomb segítségével a Solverre bízunk a módosuló cellák megadását. Ez utóbbi esetben a Solver a célcella képletéből megkeresi a módosuló cellákat.

A **Korlátozó feltételek** ablakban adjuk meg a feltételeket az alább részletezett módon. A **Hozzáadás** gomb megnyomására megjelenik a **Korlátozó feltétel felvétele** párbeszédablak.



A **Cellahivatkozás** mezőbe a korlátozó feltétel baloldalát tartalmazó cellának a címét kell megadni beírással vagy egérrel való kijelöléssel. A középen lévő legördülő menü segítségével választhatjuk ki a feltételnek megfelelő relációt ( $\leq$ ,  $=$ ,  $\geq$ ). Az **int** reláció megadásával lehet biztosítani, hogy a döntési változó egész (integer) értékeket vegyen fel. A **bin** reláció megadásával pedig azt lehet biztosítani, hogy a döntési változó csak 0 vagy 1 (bináris) értékeket vegyen fel.

A **Korlátozó feltétel** mezőbe kell megadni a feltétel jobboldalát. Itt egy számértéket, a korlátot tartalmazó cella címét, sőt még kifejezést is megadhatunk.

Miután egy korlátozó feltételt megadtunk a **Felvesz** gomb lenyomásával ez a feltétel bekerül a feltételek közé. Az összes feltétel felvétele után az **OK** gombbal térhetünk vissza a **Solver paraméterek** párbeszédablakhoz. A **Korlátozó feltételek**-hez tartozó **Törlés** gombbal lehet a kijelölt feltételt a listából törölni. A **Szerkesztés** gombbal pedig a listában szereplő feltételeket módosíthatjuk a **Korlátozó feltétel felvétele** párbeszédablakkal azonos szerkezetű **Korlátozó feltétel szerkesztése** párbeszédablakban.

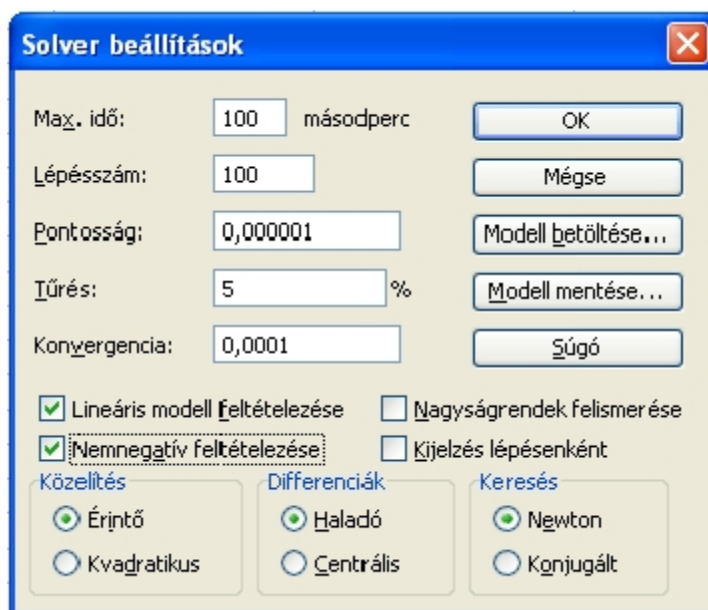
## 2. A Solver beállításai

A **Solver paraméterek** párbeszédablak **Beállítás** gombjának megnyomásával a **Solver beállítások** párbeszédablak jelenik meg, amelynek segítségével a probléma megoldása során a Solver által használt paramétereket lehet megváltoztatni.

Mivel a megoldandó probléma lineáris programozási feladat, ezért a **Lineáris modell feltételezése** jelölőnégyzetet jelöljük be. Ekkor a Solver megoldó algoritmusként a szimplex módszert használja.

Ha változók mindegyike nemnegatív, akkor jelöljük be a **Nemnegatív feltételezése** jelölőnégyzetet, ha nem mindegyikre áll fenn, akkor ezt is a feltételek közé kell venni.

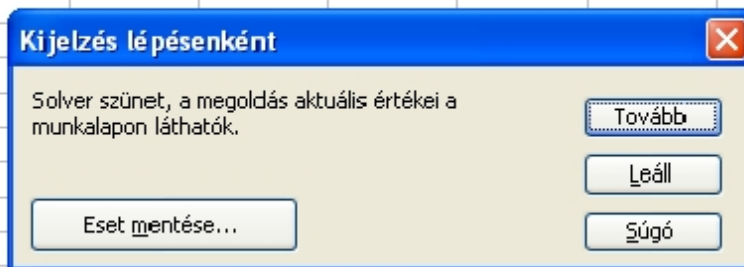
A nemlineáris problémák megoldó módszereire vonatkozó matematikai programozási ismereteket is igénylő beállításokat a párbeszédpanel alján adhatjuk meg, ezzel itt nem foglalkozunk.



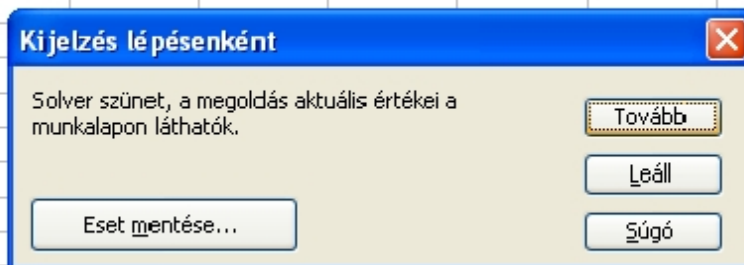
A **Kijelzés lépésenként** beállítás lehetővé teszi, hogy a megoldás egyes lépéséinél megálljon a Solver és kiírja az eredményeket. A **Megoldás** gomb megnyomására indítja el a Solver a probléma megoldását. Lineáris programozási feladat esetén a pivotálások során kapott bázismegoldásokat jeleníti meg. A

megoldandó feladat szimplex módszerbeli lépéseit mutatja az alábbi 3 munkalap részlet. A döntési változók cellái (A1, A2) a bázismegoldást, a B1, B2, B3 cellák a korlátozó feltételek baloldalának a megoldáshoz tartozó értékeit, a C1 célcella pedig a célfüggvény értékét tartalmazza.

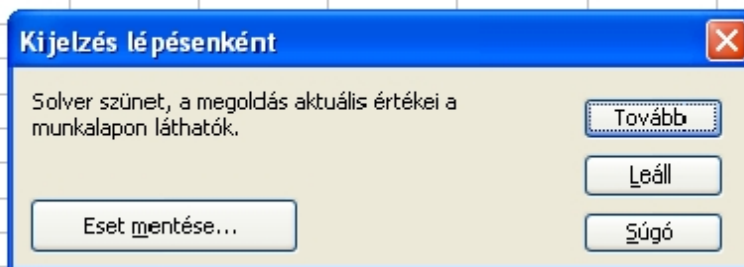
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	0	22	55						
2	11	33							
3		11							
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	9	25	67						
2	8	33							
3		17							
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	15	25	70						
2	5	30							
3		20							
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									



A **Max. idő** paraméterrel a megoldásra fordított időt korlátozhatjuk, maximum 32767 másodperc lehet, alapértéke 100 másodperc.

A megoldásra fordított időt a számolási lépések számával is korlátozhatjuk a **Lépésszám** paraméter megfelelő beállításával. Alapértéke 100, maximuma 32767 lehet.

A **Pontosság** paraméterrel a keresett megoldás pontosságát lehet megadni.

A **Tűrés** paraméter csak egészértékű problémák megoldásánál hatásos. A Solver által használt Branch and Bound módszer az integer programozási feladat megoldását folytonos feladatok megoldásának sorozatával végzi. Az integer lineáris programozási feladat megoldására alkalmas Gomory vágási módszer is

ilyen. A megoldás ezért nagyon hosszú ideig eltarthat. A **Tűrés** paraméterrel azt határozhatjuk meg, hogy a probléma bármelyik változójánál előírt egészértékűségi feltétel esetében mekkora hibát engedünk meg az optimális megoldás százalékában kifejezve.

A **Nagyságrendek felismerése** az automatikus léptékváltást kapcsolja be. Ez különösen akkor hasznos, ha a változó cellák és a célcella ill. a korlátozó feltételek celláinak értékei több nagyságrenddel különböznek.

A **Zárás** gomb a probléma megoldása nélkül bezárja a Solver paraméterek párbeszédpanelét. Csak a **Beállítás**, a **Felvesz**, a **Szerkeszt** vagy a **Törlés** nyomógommbal végrehajtott módosításokat tartja meg. Ha például átállítjuk a **Legyen** választó gombját **max**-ról **min**-re és a **Zárás** gommbal bezárjuk a párbeszédpanelét, akkor egy újabb Solver-elindítás után a régi beállítás (**max**) lesz érvényes, de ha törölünk egy feltételt a listából, akkor az új lista lesz érvényes egy újabb elindítás után.

Az **Alaphelyzet** a probléma beállításait törli és a paramétereket alaphelyzetbe állítja.

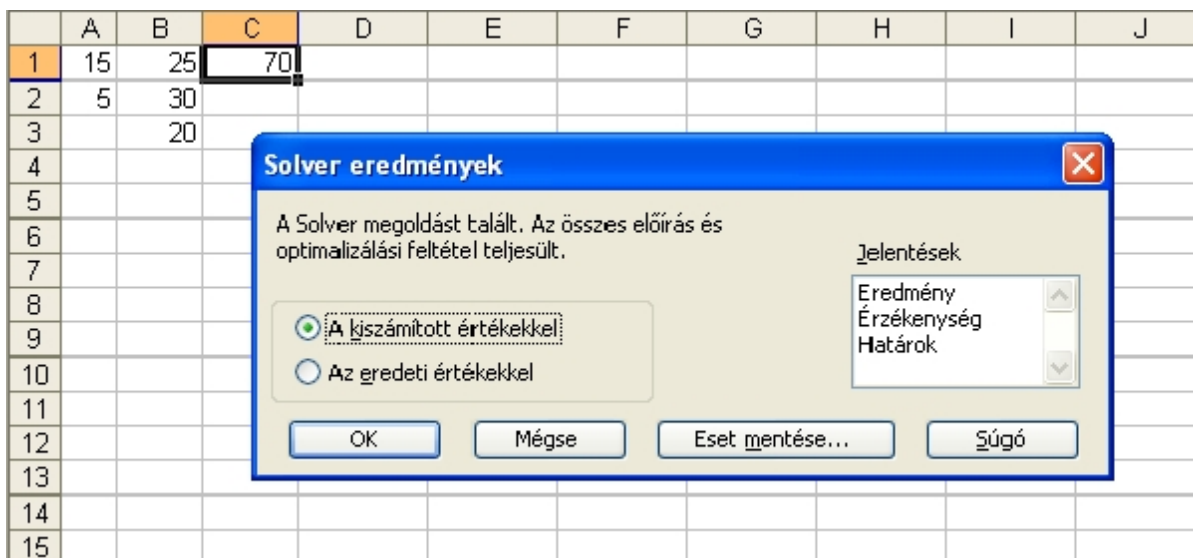
Amikor a **Solver beállítások** párbeszédablakban a **Modell mentése** parancsot kiadjuk, akkor az EXCEL a Solver paraméterek párbeszédablak legutolsó beállításait a munkalaphoz csatolja és a munkafüzet mentésekor megőrzi. A munkafüzet legközelebbi megnyitásakor és a Solver elindításakor az egyes munkalapok beállításai automatikusan betöltődnek.

Az EXCEL lehetőséget biztosít arra, hogy egy munkalapon egy optimalizálási problémának egynél több beállítását is rögzíthessük. Ezt a **Solver beállítások** párbeszédpanel **Modell mentése** nyomógombjának segítségével külön-külön elvégezhetjük. Ekkor megjelenik **Modell mentése párbeszédablak**, amelyben a modell mentésére használt cellatartományt kell megadnunk. Ez a mentési tartomány egyébként feltételenként egy-egy cellát és további három cellát tartalmaz és a Solver az aktuális cellától lefelé mutató cellákat fel is ajánlja mentési tartománynak. Ha a munkalap ezen cellái üresek, akkor elfogadhatjuk a felajánlást.

Az EXCEL továbbá lehetőséget biztosít arra is, hogy egy munkalapon több optimalizálási problémát is megadjunk és természetesen ezeknek is lementhetjük a különféle beállításait. Egy munkalapon főleg akkor szoktunk több problémát megfogalmazni, ha azok leírásához a munkalap közös celláinak tartalmát használjuk. Független adatokkal bíró problémákat érdemesebb külön munkalapon rögzíteni.

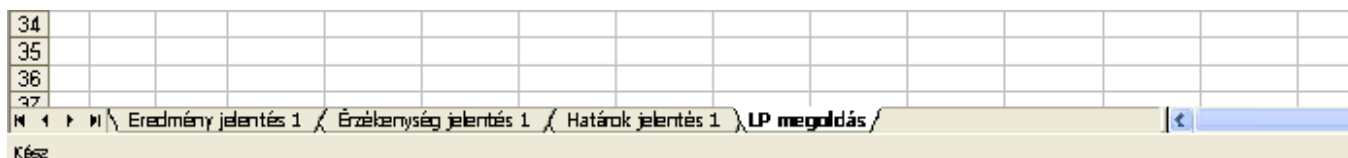
A lementett modelleket természetesen később betölthetjük, ezt a Solver beállítások párbeszédpanel **Modell betöltése** gombjának megnyomásával tehetjük meg. A megnyíló **Modell betöltése párbeszédablakban** a **Modellterület** mezőben a kívánt tartományt kell megadni. Célszerű a modellek mentési tartományának nevet adni, így az azonosítás sokkal egyszerűbb lesz.

A **Megoldás** gomb megnyomására a Solver elindítja a probléma megoldását. A **Kijelzés lépésenként** beállítás jelölőnégyzetét érdemes kikapcsolni, ha csak az optimális megoldásra vagyunk kíváncsiak. Ha a Solver a megoldáskeresést befejezte, akkor a **Solver eredmények** párbeszédpanel tetején a Solver valamelyik végrehajtsági üzenete jelenik meg. Az alábbi párbeszédpanel jelenik meg akkor, ha a Solver megoldást talált. A **Solver eredmények** párbeszédpanel egyidejű megjelenésével a munkalapon a módosuló cellák, a célcella és a feltételcellák megoldáshoz tartozó értékei megjelennek. A párbeszédpanelen a **Kiszámított értékekkel** választó gomb bejelölése esetén a Solver eredményét elfogadjuk és a változócellák megtartják a megoldás során felvett értéküket. Az **Eredeti értékekkel** választó gomb bejelölése esetén a Solver a változócellák eredeti értékét állítja vissza. Az **Eset mentése** gomb lenyomásával megnyitjuk az **Eset mentése párbeszédpanelét**, amelyen a probléma esetként menthető le és később a EXCEL **Esetvizsgáló** parancsával feldolgozható.



### 3. A Solver jelentései

Ha a Solver megoldást talált, akkor az eredmények összefoglalására szolgáló jelentések készíthetők. A **Jelentések** ablakban választhatunk a háromféle jelentés közül (egyszerre többet is kiválaszthatunk), amelyeket az EXCEL a munkafüzet egy-egy munkalapján jelenít meg.



Ezt természetesen formázhatjuk és kinyomtathatjuk. Vegyük sorra az egyes jelentéseket.

#### 3.1. Eredmény jelentés

A célcella mezőben megadott cellát (címével és esetleg nevével) és a módosuló cellákat sorolja fel, feltüntetve eredeti és végső értéküket. Ha a probléma megoldásáról előzetesen valamilyen elképzelésünk van, akkor ezt a változócellákba kezdőértékként beírhatjuk és a Solver innen kezdi a megoldást. Ezt az értéket nevezi a Solver eredeti értéknek. A jelentésben szerepelnek a korlátozó feltételek és azok adatai is. Az **Állapot** oszlopban az **Éppen** azt jelenti, hogy a feltétel egyenlőséggel teljesült, a **Bőven** pedig azt jelzi, hogy a feltétel két oldala nem egyezik meg. Az **Eltérés** oszlop a feltétel két oldalának különbségét mutatja.

	A	B	C	D	E	F	G	H																				
1	Microsoft Excel 11.0 Eredmény jelentés																											
2	Munkalap: [Munkafüzet1]Munka1																											
3	Készült: 2010.01.29. 10:42:23																											
4																												
5																												
6	Célcella (Max)																											
7	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cella Név</th> <th>Eredeti érték</th> <th>Végérték</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>\$C\$1</td> <td>0</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table>								Cella Név	Eredeti érték	Végérték	\$C\$1	0	70														
Cella Név	Eredeti érték	Végérték																										
\$C\$1	0	70																										
8																												
9																												
10																												
11	Módosuló cellák																											
12	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cella Név</th> <th>Eredeti érték</th> <th>Végérték</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>\$A\$1</td> <td>0</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>\$A\$2</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>								Cella Név	Eredeti érték	Végérték	\$A\$1	0	15	\$A\$2	0	5											
Cella Név	Eredeti érték	Végérték																										
\$A\$1	0	15																										
\$A\$2	0	5																										
13																												
14																												
15																												
16																												
17	Korlátozó feltételek																											
18	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cella Név</th> <th>Cellaérték</th> <th>Képlet</th> <th>Status</th> <th>Eltérés</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>\$B\$1</td> <td>25</td> <td>\$B\$1&lt;=25</td> <td>Éppen</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>\$B\$2</td> <td>30</td> <td>\$B\$2&lt;=33</td> <td>Bőven</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>\$B\$3</td> <td>20</td> <td>\$B\$3&lt;=20</td> <td>Éppen</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>								Cella Név	Cellaérték	Képlet	Status	Eltérés	\$B\$1	25	\$B\$1<=25	Éppen	0	\$B\$2	30	\$B\$2<=33	Bőven	3	\$B\$3	20	\$B\$3<=20	Éppen	0
Cella Név	Cellaérték	Képlet	Status	Eltérés																								
\$B\$1	25	\$B\$1<=25	Éppen	0																								
\$B\$2	30	\$B\$2<=33	Bőven	3																								
\$B\$3	20	\$B\$3<=20	Éppen	0																								
19																												
20																												
21																												
22																												
23																												

### 3.2. Érzékenység jelentés

Ez a jelentés azt mutatja be, hogy a célcella mezőben megadott képlet vagy a korlátozó feltételek kis változásaira a megoldás mennyire érzékeny. A Solver a nemlineáris és a lineáris modellek érzékenység jelentését különböző változatban készíti el. Mi itt csak a lineáris modelleknél alkalmazott jelentést ismertetjük, amely összhangban van a lineáris programozás érzékenységvizsgálatánál leírtakkal. A **Módosuló cellák** címszó alatt a célfüggvény érzékenységvizsgálatának eredményét, a **Korlátozó feltételek** címszó alatt pedig a jobboldal érzékenységvizsgálatának eredményét közli a Solver. A **Megengedhető növekedés és csökkenés** a célfüggvény együtthatók ill. a jobboldal változásának megengedhető mértékét jelenti. A  $\infty$  jelölésére az 1E+30 számot használja a Solver. Az **Árnyékár** a feltétel jobb oldalának egységnyi növekedésére eső célfüggvény változást mutatja. A **Redukált költség** a duál feladat megfelelő feltételének baloldala és a jobboldala közötti különbséget jelenti, hasonlóan az **Eltérés**-hez, amely a primál feladat feltételeinél adódó különbséget szolgáltatja. A **Redukált költség** egyébként a szimplex táblában a vizsgálósorban az  $x_j$  döntési változók alatt jelenik meg.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Microsoft Excel 11.0 Érzékenység jelentés								
2	Munkalap: [Munkafüzet1]Munka1								
3	Készült: 2010.01.29. 10:46:46								
4									
5									
6	Módosuló cellák								
7					Redukált	Objective	Megengedhető	Megengedhető	
8		Cella	Név	Végérték	költség	Célegyüttható	növekedés	csökkenés	
9		\$A\$1		15	0	3	2	0,5	
10		\$A\$2		5	0	5	1	2	
11									
12	Korlátozó feltételek								
13					Shadow	Feltétel	Megengedhető	Megengedhető	
14		Cella	Név	Végérték	Árnyékár	jobb oldala	növekedés	csökkenés	
15		\$B\$1		25	2	25	1,5	5	
16		\$B\$2		30	0	33	1E+30	3	
17		\$B\$3		20	1	20	5	3	
18									
19									
20									
21									

### 3.3. Határok jelentés

A célcella mezőben megadott cellát és a módosuló cellákat sorolja fel, valamint megadja értéküket, alsó és felső korlátjukat, valamint a célfüggvény értékét. Az **Alsó határ** egy változó cella által felvehető legkisebb érték, ha az összes többi változó cella értéke rögzített és teljesíti a feltételeket. A **Felső határ** egy változó cella által felvehető legnagyobb érték, ha az összes többi változó cella értéke rögzített, és teljesíti a feltételeket. A **Céleredmény** a célcella mezőben megadott cella értéke a változócella alsó ill. felső határértékénél.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Microsoft Excel 11.0 Határok jelentés										
2	Munkalap: [Munkafüzet1]Határok jelentés 1										
3	Készült: 2010.01.29. 10:53:50										
4											
5											
6											
7		Cella	Név	Végérték							
8		\$C\$1		70							
9											
10											
11			Módosuló			Alsó	Cél	Felső	Cél		
12		Cella	Név	Végérték		határ	eredmény	határ	eredmény		
13		\$A\$1		15		0	25	15	70		
14		\$A\$2		5		0	45	5	70		
15											
16											

### 4. A probléma definiálásának további lehetőségei

Főleg nagyobb méretű feladatoknál az előző módszerrel végzett probléma-definiálás elég sok munkát igényel. Célszerű kihasználni az EXCEL függvényeinek lehetőségét, amelyekkel mind a célfüggvény, mind



a korlátok egyszerűbben megadhatók. A gyakorlati problémák alapadatai (célfüggvény együtthatók, feltételek együtthatói, jobboldalak) általában az EXCEL munkalapon vannak cellákban elhelyezve, így ezeket sem kell újra bevinni, amikor a Solverrel definiáljuk a problémát.

Maradjunk az előző példánál és azon mutatjuk be a lehetőségeket. Tegyük fel, hogy a példabeli lineáris programozási modell az alábbi módon van megadva a munkalap A1:D5 cellatartományában. Legyen a döntési változók cellái a B7:C7 cellatartomány. A 0 kezdőértékekkel most feltöltöttük a változócellákat.

A célcella legyen az F7 cella. Ide most a célfüggvényt nem az előző módon írjuk be, hanem az Excel **SZORZATÖSSZEG()** függvényét használjuk. Ez a függvény a paraméterbeli tömbbelemek szorzatának összegét számítja ki. A célfüggvényt ezzel a függvénnyel skaláris szorzat alakban felírhatjuk.

A korlátozó feltételek baloldalát az F2, F3, F4 cellákba írjuk és itt is használjuk a **SZORZATÖSSZEG()** függvényt.

A függvényhasználatnak az a nagy előnye, hogy csak az alapadatokat kell beírni táblázatos formában, utána például az Excel függvény varázslójával egérgattintással minden végrehajtható.

Miután végeztünk a megfelelő képletek bevitelével, elindíthatjuk a Solvert. A Solver paraméterek párbeszédpanel kitöltése különösebb gondot nem jelent.

	A	B	C	D	E	F
1		Termék 1	Termék 2	Kapacitás		
2	Gép 1	1	2	25		=SZORZATÖSSZEG(B2:C2;\$B\$7:\$C\$7)
3	Gép 2	1	3	33		=SZORZATÖSSZEG(B3:C3;\$B\$7:\$C\$7)
4	Gép 3	1	1	20		=SZORZATÖSSZEG(B4:C4;\$B\$7:\$C\$7)
5	Egységár	3	5			
6						
7		0	0			=SZORZATÖSSZEG(B7:C7;\$B\$7:\$C\$7)
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						

Solver paraméterek

Célcella: \$F\$7

Legyen  Max  Min  Érték: 0

Módosuló cellák: \$B\$7:\$C\$7

Korlátozó feltételek:

\$F\$2 <= \$D\$2  
 \$F\$3 <= \$D\$3  
 \$F\$4 <= \$D\$4

Megoldás  
 Beállítás  
 Beállítás  
 Alaphelyzet  
 Súgó

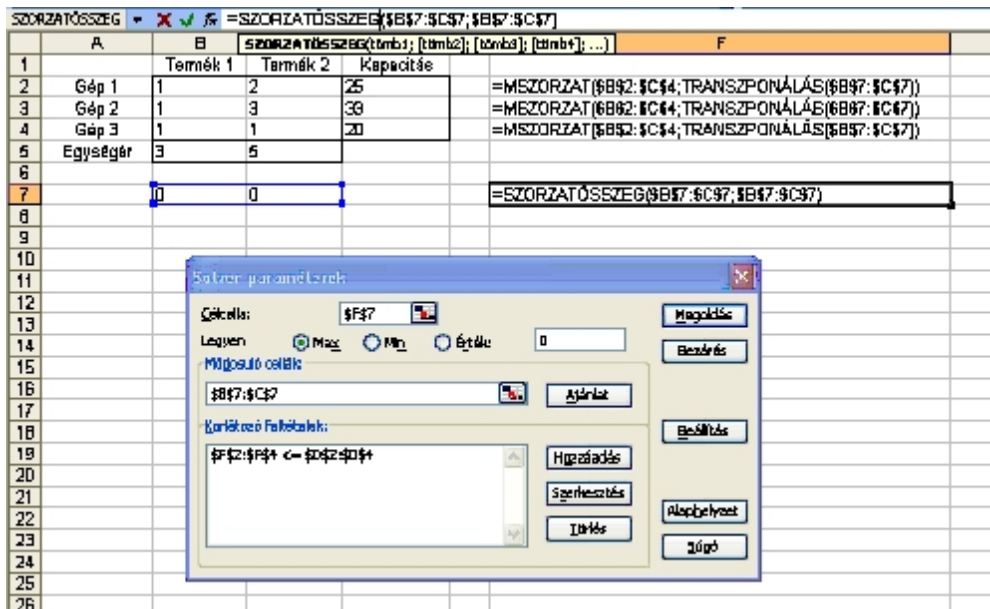
Tovább egyszerűsíthetjük a probléma definiálását, ha használjuk az Excel **MSZORZAT()** tömbfüggvényét, amely mátrixok szorzását teszi lehetővé. A példabeli feltételek  $Ax \leq b$  alakban írhatók. Az  $Ax$  vektort az **MSZORZAT()** tömbfüggvény segítségével az alábbi módon számíthatjuk ki. A megoldást az alábbi ábra szemlélteti.

1. lépés: Kijelöljük az  $Ax$  eredményvektor helyét, például az F2:F4 tartományt.

2. lépés: Beírjuk az **MSZORZAT()** tömbfüggvényt. Első paramétere az  $A$  mátrix (B2:C4), második paramétere az  $x$  vektor (B7:C7). Mivel ez sorvektor, így transzponálni kell a **TRANSZPONÁLÁS()** függvénnyel. Ha a függvény varázslót használjuk, írunk semmit sem kell.

3.lépés: A beírás után a CTRL+SHIFT+ENTER billentyűkombinációval kell bevinni a tömbfüggvényt. A szerkesztőlécen a tömbfüggvényt az Excel kapcsos zárójelek közé teszi, ezzel jelzi, hogy ez tömbfüggvény.

Ezután a Solver indítható, a Solver paraméterek párbeszédpanel kitöltése után a megoldás is elindítható.

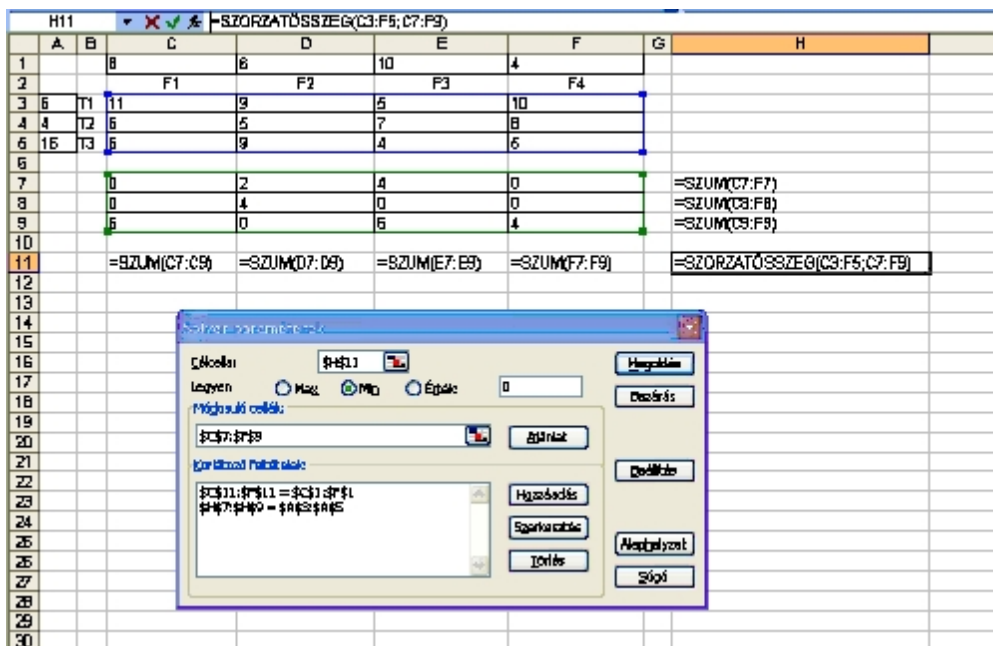


### 5. Szállítási feladat megoldása

A szállítási feladat megoldását is elvégeztetjük a Solverrel. A megoldandó példa megtalálható Dr. Nagy Tamás: Operációkutatás, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1998, egyetemi jegyzet 223. oldalán. A szállítási feladat szállítási egységkötségeit, a termelők kínálatait és a fogyasztók keresleteit az alábbi táblázat mutatja.

		6	6	10	4
		$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
6	$T_1$	11	9	5	10
4	$T_2$	6	5	7	8
16	$T_3$	6	9	4	5

A modell adatait az A1:F5 cellatartományba írtuk be. A módosuló cellák, vagyis a megoldást tartalmazó cellák a C7:F9 cellatartományban vannak. Itt nem használtunk tömbfüggvényt, a feltételeket egyszerű összegző függvénnyel adtuk meg. Az olvasó az alábbi ábrán nyomon tudja követni a megoldást. Javasoljuk az **Érzékenység jelentés** tanulmányozását, ahol a **Csökkentett költség** az  $\varepsilon_{ij}$  redukált költségnek felel meg.



### 6. Hozzárendelési feladat megoldása

Természetesen a hozzárendelési feladat megoldását is elvégeztetjük a Solverrel. A megoldandó példa megtalálható Dr. Nagy Tamás: Operációkutatás, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1998, egyetemi jegyzet 234. oldalán. A hozzárendelési feladat táblázata az alábbi:

	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$	$J_5$	$J_6$
$I_1$	1	2	4	7	3	4
$I_2$	3	5	3	5	6	9
$I_3$	5	4	0	6	6	6
$I_4$	9	6	5	6	6	5
$I_5$	8	2	0	9	4	7
$I_6$	6	6	9	5	7	5

A modell adatait az B3:G8 cellatartományba írtuk be. A módosuló cellák, vagyis a megoldást tartalmazó cellák a B11:G16 cellatartományban vannak. Itt sem használtunk tömbfüggvényt, a feltételeket egyszerű összegző függvénnyel adtuk meg. Az olvasó az alábbi ábrán nyomon tudja követni a megoldást. Javasoljuk itt is az **Érzékenység jelentés** tanulmányozását, ahol a **Csökkentett költség** az  $\varepsilon_{ij}$  értékeknek felel meg.

