ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS

MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS

INFORMATIKOS KATEDRA

Vilma Žiulpaitė Informatikos specialybės IV kurso dieninio skyriaus studentė

MS EXCEL SOLVER IR AMPL GALIMYBIŲ PALYGINIMAS SPRENDŽIANT TRUPMENINIUS TIESINIUS UŽDAVINIUS

COMPARISON OF THE CAPABILITIES OF MS EXCEL SOLVER AND AMPL FOR SOLVING FRACTIONAL LINEAR TASKS

BAKALAURO DARBAS

Darbo vadovas: Lekt. K. Žilinskas

Recenzentė: Lekt. T. Lūžienė "Tvirtinu, jog darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota ir paruošta naudojant literatūros sąraše pateiktus informacinius šaltinius bei savo tyrimų duomenis"

Darbo autorės ______ (vardas, pavardė, parašas)

Darbo tikslas ir uždaviniai

Tikslas:

1. Palyginti MS Excel ir AMPL galimybes spręsti trupmeninio tiesinio programavimo uždavinius.

Uždaviniai:

- Išsiaiškinti trupmeninių tiesinių programavimo uždavinių sprendimo galimybes MS Excel ir AMPL programomis;
- 2. Sudaryti trupmeninio tiesinio programavimo uždavinio sprendimo AMPL ir MS Excel algoritmus;
- 3. Sukurti taikomuosius projektus skirtus naudoti MS Excel ir AMPL programoms;
- 4. Palyginti MS Excel ir AMPL sukurtus projektus;

Darbo vadovo _____ (vardas, pavardė, parašas)

Turinys

1. Įva	ndas	5
2. Te	orinė dalis	6
2.1.	Temos analizė	6
2.2.	Darbo srities analizė	7
2.3.	Darbo srities modelis	9
3. Pro	ojektinė dalis	
3.1.	Įrankių ir priemonių analizė	
3.2.	Projekto vykdymo planas	
3.3.	Pradinis projektų aprašymas	
4. Da	rbo eigos aprašymas	
4.1.	Darbų eigos grafas	
4.2.	Problemų ir jų sprendimų aprašymai ir pagrindimai	
4.3.	Galutinio projekto aprašymas	
4.4.	Darbo rezultatų analizė	
4.5.	Patarimai, pastebėjimai, rekomendacijos	
5. Išv	vados	
6. Lit	eratūros ir informacinių šaltinių sąrašai	
7. An	notacija	
8. Pri	edai	
1. Pro	ojekto valdymas	
2. Di	rbant su MS Office 2003 raštinės paketu	
3.2.	Makrokomandos	
2.2	MS Excel Solver	
3. Di	rbant su Microsoft Office 2007 raštinės paketu	
3.1.	Makrokomandos	
3.2.	MS Excel Solver	
4. Už	davinių sprendimas MS Excel projektu	
1. AN	MPL projektas	40
1.1	Uždaviniai sprendžiami kaip tiesinio programavimo uždaviniai	
1.2.	Uždaviniai sprendžiami kaip netiesinio programavimo uždaviniai	

1. Įvadas

Nuo seniausių laikų žmonės ieško sprendimų, kurie turi būti geriausi arba artimi geriausiems sprendimams. Norint pasiekti patį geriausią rezultatą, reikia pasirinkti tinkamą sprendimo variantą iš daugelio galimų. Tobulėjant informacinėms technologijoms vis dažniau susiduriama su matematiniais uždaviniais, kurių sprendimo rezultatams keliami vis griežtesni reikalavimai bei atsiranda nauji matematinių uždavinių sprendimo būdai, kurie padeda ne tik lengviau gauti rezultatus, bet ir įvertinti jų gavimo efektyvumą. Šiame darbe analizuojamos dvi programas tai MS Office Excel ir AMPL. Sukūrus taikomuosius projektus, kurie skirti spręsti trupmeninio tiesinio programavimo uždaviniams, atliekamas MS Office Excel ir AMPL projektų lyginimas.

Tikslas:

1. Palyginti MS Excel ir AMPL galimybes spręsti trupmeninio tiesinio programavimo uždavinius.

Uždaviniai:

- Išsiaiškinti trupmeninių tiesinių programavimo uždavinių sprendimo galimybes MS Excel ir AMPL programomis;
- 2. Sudaryti trupmeninio tiesinio programavimo uždavinio sprendimo AMPL ir MS Excel algoritmus;
- 3. Sukurti taikomuosius projektus skirtus naudoti MS Excel ir AMPL programoms;
- 4. Palyginti MS Excel ir AMPL sukurtus projektus;

2. Teorinė dalis

2.1. Temos analizė

Matematinio programavimo uždaviniai yra aktualūs įvairiose veiklos srityse. Kasdienėje veikloje dažniausiai ieškoma optimalaus kylančių problemų sprendimo nesinaudojant teorinėmis žiniomis. Keliautojai stengiasi taip susiplanuoti maršrutą, kad pasiektų kelionės tikslą kiek įmanoma greičiau. Viršininkai stengiasi taip paskirstyti darbus, kad būtų gaunamas maksimalus pelnas. Tokiais atvejais, kai reikia gauti konkretų atsakymą, dažniausiai sprendiniai turi tenkinti tam tikras sąlygas. Norint išspręsti trupmeninio tiesinio programavimo uždavinį, būtina rasti tikslo funkcijos maksimalią (minimalią) reikšmę ir sprendinius, kai tenkinamos duotos sąlygos.

Trupmeniniai programavimo uždaviniai yra tokie, kurių tikslo funkcija yra trupmeninė. Juos sudaro: tikslo funkcija f(x); nurodytas tikslo funkcijos tipas – maksimalus (minimalus); pateiktos sąlygos, kurios yra vadinamos uždavinio ribojimais.

Išspręsti trupmeninio tiesinio programavimo uždavinį galima dviem būdais:

- Kaip NTP (netiesinio programavimo) uždavinį, t.y. tikslo funkcija paliekama trupmeninė, pateikti ribojimai nekeičiami.
- 2. Kaip TP (tiesinio programavimo) uždavinį, t.y. atlikti tikslo funkcijos ir ribojimų pakeitimus.

Trupmeninio tiesinio programavimo uždavinio keitimas į tiesinio programavimo uždavinį: Tarkime turime trupmeninio tiesinio programavimo uždavinį:

$$F = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{j} x_{j}}{\sum_{j=1}^{n} d_{j} x_{j}} \to \max,$$

kai

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j = b_i \quad (i = 1, 2, ..., m);$$
$$x_j \ge 0 \quad (i = 1, 2, ..., n).$$

Vardiklis pažymimas nauju kintamuoju:

$$z = \left(\sum_{j=1}^{n} d_j x_j\right)^{-1}$$

Įvedami nauji kintamieji:

$$y_j = zx_j (j = 1, 2, ..., n).$$

Atliekamas uždavinio keitimas:

Sudaroma nauja funkcija:

$$F1 = \sum_{j=1}^{n} c_j y_j \to \max,$$

ir ribojimai:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} y_j - b_i z = 0, (i = 1, 2, ..., m);$$
$$\sum_{j=1}^{n} d_j y_j = 1;$$
$$y_j \ge 0 (j = 1, 2, ..., n) \text{ ir } z \ge 0.$$

Gaunamas galutinis rezultatas:

$$x_j = y_j / z \ [9]$$

Šis trupmeninio tiesinio programavimo uždavinio keitimas atliekamas, kai tikslo funkcijoje nėra laisvųjų narių. Tačiau sprendžiant trupmeninius tiesinus uždavinius pasitaiko ir tokių, kurių tikslo funkcijoje yra laisvųjų narių. Jeigu laisvasis narys yra skaitiklyje ir/arba vardiklyje, tuomet keičiant trupmeninį uždavinį tiesinio programavimo uždaviniu jis tampa nauju koeficientu kintamojo z. Toks sprendimo būdas yra vadinamas Charnes and Cooper metodu. Konkretus pavyzdys pateiktas prieduose.[4]

2.2. Darbo srities analizė

Trupmeniniai tiesiniai uždaviniai bus sprendžiami naudojant MS Office Excel ir AMPL (A Modeling Language for Mathematical Programming) programas.

1. MS Office Excel

Šiuo metu dažniausiai naudojami dviejų versijų Microsoft Office paketai : Microsoft Office 2003 m. ir Microsoft Office 2007 m. MS Office paketą sudaro net kelios programos: MS Word – teksto redaktorius, MS Excel – elektroninė skaičiuoklė, MS PowerPoint – prezentacijų kūrimo programa ir kitos. MS Office yra programavimo terpė – turinti programavimo kalbą VBA (Visual Basic for Applications) ir klasių bibliotekas. VBA yra patogu naudotis, nes galima kurti savo klasės objektus arba pasinaudoti jau sukurtais objektais, esančiais klasių bibliotekose. Bibliotekų sąrašo turinyje automatiškai prijungiamos tik kelios, todėl Solver biblioteką vartotojas pasirenka savarankiškai. Solver – tai įrankis priklausantis Microsoft Office priedams. Tai patogus įrankis skirtas spręsti įvairiems matematiniams uždaviniams. Jeigu kompiuteryje nebuvo naudotas Solver sprendiklis, jį reikia įdiegti.

Norint sukurti patogų MS Office Excel projektą, nepakanka tik Solver sprendiklio, todėl dar naudojamos makrokomandos. Makrokomanda (macro) – tai komandų ir funkcijų rinkinys, kuris atlieka visus nurodytus veiksmus MS Excel terpėje. Konkretus pavyzdys pateiktas prieduose.

2. AMPL

AMPL yra taikomojo matematinio modeliavimo programavimo kalba, tačiau ji turi ir programavimo terpę. Atidarius AMPL programą atsidaro komandinės eilutės langas, kuriame suvedus tinkamas komandas bus gautas ieškomas rezultatas. Sprendžiamas uždavinys yra aprašomas .mod – modulio faile ir .dat – duomenų faile. Modulio faile yra rašomi uždavinio duomenys, o duomenų faile – kintamiesiems priskiriamos reikšmės. Norint sukurti patogų AMPL projektą pasirinkta naudoti tik modulio failą, kuriame yra aprašomas uždavinys ir kintamiesiems priskiriamos reikšmės.

Trupmeninius tiesinius uždavinius spręsti AMPL pagalba galima dviem būdais:

- 1. Pasinaudojant papildoma AMPL solver parinktim minos, kuri skirta spręsti netiesinio programavimo uždaviniams.
- Pasinaudojant papildoma AMPL solver parinktim cplex, kuri skirta spręsti tiesinio programavimo uždaviniams.

Sprendžiant trupmeninius tiesinius uždavinius komandinės eilutės lange, nėra patogu kiekvieną komandą vesti vartotojui, todėl sukuriamas vykdomasis (*.run*) failas, kuriame surašomos naudojamos komandos ir jų nebereikia vesti į komandinės eilutės langą. Naudojant vykdomąjį failą, vartotojui komandinės eilutės lange reikia įvesti vieną komandą, kuri paleis vykdomąjį failą ir išspręs uždavinį. Konkretus pavyzdys pateiktas prieduose.

2.3. Darbo srities modelis

Modelį sudaro du projektai:

1. MS Excel projekto algoritmas:



2. AMPL projekto algoritmas:



3. Projektinė dalis.

3.1. Įrankių ir priemonių analizė

• Microsoft Office versijos pasirinkimo kriterijai:

MS Office 2003 m. ir MS Office 2007 m. šiuo metu yra populiariausios versijos, kurios naudojamos visame pasaulyje. Kuriant taikomuosius projektus atsižvelgta, kad sukurti projektai veiktų su abejomis versijomis bei su vėlesnėmis versijomis.

• AMPL versijos pasirinkimo kriterijai:

Pasirinkta AMPL Student Edition programa, nes galima parsisiųsti nemokamą prieinamą versiją su reikalingomis parinktimis: CPLEX 11.2 skirtas tiesinio programavimo uždaviniams spręsti ir MINOS 5.5 skirtas netiesinio programavimo uždaviniams spręsti.

• Magic Draw 16 pasirinkimo kriterijai:

Įvairus skirtingų diagramų pasirinkimas bei galimybė nustatyti ryšius tarp objektų, o programos naudojimas paprastas ir patogus.

3.2. Projekto vykdymo planas

Rašant bakalauro darbą planuojama sukurti du taikomuosius projektus, kurie bus skirti spręsti trupmeniniams tiesiniams uždaviniams. Lentelėje pateikti duomenys, kiek kiekvienai savaitei bus planuojama skirti valandų.

		9	Spali	s	L	apkr	ritis		Gruodi	s	9	Gausi	s	\ \	/asari:	S	К	ovas	E	alandis
										Savaités										
Užduotys	Val.	1	2	3 4	5	б	7 8	9	10 11	12	13	14 15	5 16	17	18 19	20	21 2	2 23 2	24 25	26 27 28
1. Temos analizė	10																			
2. Konsultacijos su darbo vadovu	4																			
3. Literatūros apžvalga	18																			
4. Uždavinių sprendimas Excel programa	19																			
5. Solver sprendiklio veikimo tyrimas	15																			
6. Makrokomandos veikimo tyrimas	14																			
7. VBA programavimo kalbos tyrimas	45																			
8. Projekto kūrimas naudojant Excel	45																			
9. Uždavinių sprendimas AMPL programa	19																			
10. Modulio failo pildymas	15																			
11. Modulio failo vykdymas	14																			
12. Vykdomojo failo kūrimas	12																			
13. Projekto kūrimas naudojant AMPL	45																			
14. Sukurtų projektų lyginimas	20																			
15. Darbo aprašymas	25																			
Viso:	320																			

3.3. Pradinis projektų aprašymas

Planuojama sukurti du projektus:

- trupmeninio tiesinio programavimo uždavinio sprendimas MS Excel pagalba.
- trupmeninio tiesinio programavimo uždavinio sprendimas AMPL pagalba.

Turime tokį uždavinį:

$$f = \frac{3x_1 - x_2}{x_1 + x_2} \to \max,$$

kai

$$\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 = 5, \\ -x_1 + 3x_2 + x_4 = 7, \\ 3x_1 - x_1 + x_5 = 11, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_3 \ge 0, x_4 \ge 0, x_5 \ge 0. \end{cases}$$
(1)

1. Sprendimas naudojant MS Excel projektą.

Į tekstinį failą duomenys surašomi taip:

🖡 su excel uzda 🔳 🗖	\times
File Edit Format View Help	
3-1000	-
11000	
111000	
11 - 100 = 5	
-13010 = 7	
3 - 1 0 0 1 = 11	

1 pav. Uždavinio duomenys surašyti į tekstinį failą.

Pirmoje eilutėje bus surašomi tikslo funkcijos skaitiklio kintamųjų koeficientai.

Antroje eilutėje bus surašomi tikslo funkcijos vardiklio kintamųjų koeficientai.

Trečioje eilutėje bus surašomi pirmo ribojimo kintamųjų koeficientai.

Ketvirtoje eilutėje bus surašomi antro ribojimo kintamųjų koeficientai. Toliau surašomi likę ribojimai. Jeigu nėra kažkurio kintamojo, tai toje vietoje rašomas 0. Užpildžius tekstinį failą jį bus galima išsaugoti vartotojo pasirinktoje vietoje. Daugiau pavyzdžių bus pateikta prieduose.

2. Sprendimas naudojant AMPL projektą.

Į modulio failą duomenys surašomi taip:



2 pav. Uždavinio duomenys surašyti į modulio failą.

Pirmiausia aprašomi kintamieji, kurie bus naudojami uždavinyje. Kintamieji aprašomi pasinaudojant raktiniu žodžiu (*keyword*) *var*. Būtina aprašyti kiekvieną sąlygoje naudojamą kintamąjį bei jam priskirti pradinę reikšmę. Aprašomas min ar max tikslo funkcijos tipas, jei min tai rašoma *minimize*, jei max tai *maximize* ir parašomas pavadinimas, šiuo atveju pasirinktas pavadinimas funkcija. Pasirinkus pavadinimą dedamas dvitaškis (:) ir parašoma tikslo funkcija, kuri duota uždavinyje ir būtinai eilutė užbaigiama kabliataškiu (;). Visi ribojimai aprašomi pasinaudojant raktiniu žodžiu *subject to* ir sugalvotas pavadinimas, tuomet dedamas dvitaškis ir rašomas uždavinio ribojimas. Kiekviena eilutė užbaigiama kabliataškiu. Daugiau pavyzdžių bus pateikta prieduose.

4. Darbo eigos aprašymas

4.1. Darbų eigos grafas

Sukūrus du taikomuosius projektus, kurie sprendžia trupmeninius tiesinius uždavinius, lentelėje pateikiami duomenys, kiek kiekvienai savaitei buvo skirta valandų.

		9	palis	3	La	apkr	itis		Gru	iodis		S	ausi	s	V	asai	ris		Kova	as	Ba	landis
												S	avait	ės								
Užduotys	Val.	1	2 3	3 4	5	б '	7 8	39	10	11	12	13 1	4 11	5 16	17 1	8 1	9 20	21	22 2	23 24	25 2	6 27 28
1. Temos analizė	13																					
2. Konsultacijos su darbo vadovu	8																					
3. Literatūros apžvalga	27																					
4. Uždavinių sprendimas Excel programa	20																					
5. Solver sprendiklio veikimo tyrimas	7																					
6. Makrokomandos veikimo tyrimas	23																					
7. VBA programavimo kalbos tyrimas	75																					
8. Projekto kūrimas naudojant Excel	23																					
9. Uždavinių sprendimas AMPL programa	17																					
10. Modulio failo pildymas	18																					
11. Modulio failo vykdymas	12																					
12. Vykdomojo failo kūrimas	13																					
13. Projekto kūrimas naudojant AMPL	21																					
14. Sukurtų projektų lyginimas	25																					
15. Darbo aprašymas	28																					
Viso:	330																					

4.2. Problemų ir jų sprendimų aprašymai ir pagrindimai

- Trupmeninio tiesinio programavimo uždavinių sprendimas žinomas, tačiau juos sprendžiant rasti uždaviniai su laisvaisiais nariais, kurių sprendimas nebuvo žinomas. Todėl reikėjo surasti informacijos apie tokių uždavinių sprendimą.
- Atidarius MS Excel sukurtą projektą ir bandant pasinaudoti sukurtu mygtuku įvesti uždavinį pirmą kartą, gali atsidaryti įspėjamoji lentelė, kad makrokomandos yra išjungtos (*disabled*) arba nustatytas saugumo lygis (*security level*) per aukštas. Kaip sutvarkyti aprašyta prieduose.

Microsof	ft Excel
1	Macros are disabled because the security level is set to High and a digitally signed Trusted Certificate is not attached to the macros. To run the macros, change the security level to a lower setting (not recommended), or request the macros be signed by the author using a certificate issued by a Certificate Authority. Show Help >>
	ОК

3 pav. MS Excel 2003 m. lentelė.

Microsoft Office Exc		X
Cannot run t	e macro "uzdaviniai dar neskai3iuoja laiko.xls'!atidaryti'. The macro may not be available in this workbook or all macros may	/ be disabled.

4 pav. MS Excel 2007 m. lentelė.

 Atidarius MS Excel sukurtą projektą ir bandant pasinaudoti sukurtu mygtuku – skaičiuoti, gali atsidaryti įspėjamoji lentelė, kad neatitinka funkcijos (*Sub or Function not defined*) ar nerandama biblioteka arba projektas (*Can't find project or library*). Pasirinkite OK ir išjunkite išmestą langą. Reikia pridėti MS Excel programos sprendiklį – Solver, kaip sutvarkyti aprašyta prieduose.

Microso	ft Visua	l Basic 🛛 [×
⚠	Compile Sub or I	error: Function not define	d
	ок	Help	

5 pav. MS Excel 2003 m. lentelė.

Compile	error:	
Can't fii	nd project or li Help	brary

6 pav. MS Excel 2007 m. lentelė.

- Surašius uždavinio duomenis į tekstinį failą uždavinys gali būti nuskaitytas neteisingai, todėl gauti rezultatai bus klaidingi. Vartotojas turi patikrinti, kaip užpildytas tekstinis failas, nes pildant jį būtina kiekvieną parašytą simbolį atskirti tarpeliais, jeigu tarpeliai nebus sudėti tinkamai, uždavinio išspręsti nepavyks.
- Vykdant modulio failą gali komandinėje eilutėje pasirodyti klaida, kad dalyba iš nulio negalima ir uždavinys nebus sprendžiamas. Vartotojas turi patikrinti, ar modulio faile kintamiesiems priskirta tinkama pradinė reikšmė, kurią įstačius į vardiklį, jis nebus lygus nuliui (0). Sprendžiant netiesinio programavimo uždavinius AMPL programa būtina kintamiesiems priskirti pradinę reikšmę, tokią, kad įstačius trupmenos vardiklis nebūtų lygus nuliui.

- Vykdant modulio failą gali komandinėje eilutėje pasirodyti klaida, kad kintamasis neaprašytas.
 Vartotojas turi patikrinti, ar modulio faile teisingai nurodyti kintamieji. Skliausteliuose {} nurodomas kintamųjų intervalas, kurį naudojant reikia skirtingų kintamųjų numerius rašyti [] skliausteliuose, pavyzdžiui, jeigu kintamasis yra x1, tai modulio faile rašoma x[1]. Konkretus pavyzdys pateiktas prieduose.
- Vykdant modulio failą gali komandinėje eilutėje pasirodyti klaida, kad tokia funkcija jau panaudota. Vartotojas turi patikrinti visus raktinių žodžių: *maximize, minimize, subject to* sugalvotus vardus, nes kažkurie sugalvoti vardai sutampa, o sutapti negali.

4.3. Galutinio projekto aprašymas

Sukurti du projektai:

- trupmeninio tiesinio programavimo uždavinio sprendimas MS Excel pagalba.
- trupmeninio tiesinio programavimo uždavinio sprendimas AMPL pagalba.
 Sprendžiamas tas pats uždavinys (1).
- 1. Sprendimas naudojant MS Excel projektą.

Į tekstinį failą duomenys surašomi taip:

```
      su excel uzd...

      File Edit Format View Help

      5 3 1

      3 -1 0 0 0

      1 1 0 0 0

      1 1 -1 0 0 = 5

      -1 3 0 1 0 = 7

      3 -1 0 0 1 = 11
```

7 pav. Uždavinio duomenys surašyti į tekstinį failą.

Pirmoje eilutėje pirmas skaičius yra uždavinyje naudojamų kintamųjų skaičius. Rašoma 5, nes uždavinyje yra penki kintamieji: x₁, x₂, x₃, x₄, x₅.

Pirmoje eilutėje antras skaičius yra uždavinyje naudojamų apribojimų skaičius. Rašoma 3, nes uždavinyje yra 3 ribojimai.

Pirmoje eilutėje trečias skaičius nurodo, koks tikslo funkcijos tipas ieškomas min ar max. Jeigu ieškoma max rašomas 1, jei min rašoma 2. Rašomas 1, nes ieškomas tikslo funkcijos tipas: max.

Pirmoje eilutėje ketvirtas skaičius 2 rašomas tada, kai sprendžiamas uždavinys turi laisvųjų narių. Uždavinys be laisvųjų narių, todėl skaičius 2 nerašomas.

Antroje eilutėje rašomi tikslo funkcijos skaitiklio kintamųjų koeficientai ir jeigu yra laisvasis narys.

Trečioje eilutėje rašomi tikslo funkcijos vardiklio kintamųjų koeficientai ir jeigu yra laisvasis narys.

Ketvirtoje eilutėje rašomi pirmo ribojimo kintamųjų koeficientai.

Penktoje eilutėje rašomi antro ribojimo kintamųjų koeficientai. Toliau rašomi likę ribojimai. Jeigu nėra kažkurio kintamojo, toje vietoje būtinai rašomas 0. Užpildžius tekstinį failą jį išsaugoti galima vartotojo pasirinktoje vietoje. Daugiau pavyzdžių pateikta prieduose.

2. Sprendimas naudojant AMPL projektą.

Į modulio failą duomenys surašomi taip:

🖡 uz1 - Notepad 📃 🗖	×
File Edit Format View Help	
var x {15}:=1;	^
maximize funkcija: $(3*x[1]-x[2])/(x[1]+x[2]);$	
subject to lygybe1: $x[1]+x[2]-x[3]=5$; subject to lygybe2: $-x[1]+3^*x[2]+x[4]=7$; subject to lygybe3: $3^*x[1]-x[2]+x[5]=11$; subject to ribojimai1: $x[1]>=0$; subject to ribojimai2: $x[2]>=0$; subject to ribojimai3: $x[3]>=0$; subject to ribojimai4: $x[4]>=0$; subject to ribojimai5: $x[5]>=0$;	III Compared and the second
	~

8 pav. Uždavinio duomenys surašyti į modulio failą.

Pirmiausia aprašomi kintamieji, kurie yra naudojami uždavinyje. Kintamieji aprašomi pasinaudojant raktiniu žodžiu *var* ir sugalvotas pavadinimas. Skliausteliuose {} nurodomas naudojamų kintamųjų intervalas bei priskiriama pradinė reikšmė, kurią įstačius į trupmenos vardiklį, jis nebūtų lygus nuliui. Uždavinyje yra 5 kintamieji, todėl intervalas {1..5}. Aprašomas tikslo funkcijos tipas: min ar max, jei min tai rašoma *minimize*, jei max tai *maximize* ir sugalvotas pavadinimas, šiuo atveju pasirinktas pavadinimas – funkcija. Pasirinkus pavadinimą dedamas dvitaškis (:) ir rašoma tikslo funkcija, kuri duota

uždavinyje ir būtinai eilutė užbaigiama kabliataškiu (;). Visi ribojimai aprašomi pasinaudojant raktiniu žodžiu *subject to* ir sugalvotas pavadinimas, tuomet dedamas dvitaškis ir rašomas uždavinio ribojimas, kiekviena eilutė užbaigiama kabliataškiu. Daugiau pavyzdžių pateikta prieduose.

4.4. Darbo rezultatų analizė

MS Office Excel ir AMPL projektus galima naudoti sprendžiant trupmeninius tiesinius uždavinius. Programų lyginimui pasirinkti (kiekybiniai ir kokybiniai) kriterijai:

• Rezultatų tikslumas;

Sprendžiamas tas pats uždavinys (1) ir išsprendus MS Excel projektu gauti rezultatai:

rezultatai:

f(max) = 2,2x1 = 4 x2 = 1 x3 = 0 x4 = 8 x5 = 0 $X^* = (4; 1; 0; 8) f_{max} = 2,2$

Sprendžiamas tas pats uždavinys (1) ir išsprendus AMPL projektu gauti rezultatai: funkcija = 2.2

x [*] := 1 4 2 1 3 0 4 8 5 0 ; $X^* = (4; 1; 0; 8) f_{max} = 2,2.$

Daugiau išspręstų trupmeninių tiesinių uždavinių su rezultatais pateikta prieduose.

Galima teigti, kad abu projektai gauna vienodus atsakymus.

• Laiko sąnaudos;

Parinkus konkretų uždavinį ir išsprendus su MS Excel ar AMPL projektu sužinoma, kiek laiko buvo sprendžiamas uždavinys, todėl galima palyginti, kuris projektas atlieka skaičiavimus greičiau.

Pasirinkti 6 trupmeniniai tiesiniai uždaviniai, išsprendus MS Excel ir AMPL projektais sužinota, kiek laiko buvo sprendžiamas kiekvienas uždavinys, todėl galima palyginti kuris projektas skaičiuoja greičiau.

	Laiko sąnaudos (s)						
Uždaviniai	MS Excel projektas	AMPL projektas					
2 kintamieji 3 ribojimai	~ 0,109375	~ 0,015625					
4 kintamieji 6 ribojimai	~ 0,140625	~ 0,015625					
6 kintamieji 9 ribojimai	~ 0,15625	~ 0,015625					
20 kintamųjų 20 ribojimų	~ 0,265625	~ 0,03125					
40 kintamųjų 40 ribojimų	~ 0,328125	~ 0,03125					
100 kintamuju 100 ribojimu	~ 1.609375	~ 0.03125					



9 pav. Laiko sąnaudos.

Galima teigti, kad AMPL projektas uždavinius skaičiuoja greičiau.

• Kompiuterio atminties naudojimas.

MS Office paketą sudaro kelios programos, tarp jų ir Excel programa. Dažniausiai atliekamas visas programos diegimas į kompiuterį, o ne kažkurios vienos. Tiksliai pasakyti, kiek vietos užima MS Excel programa bus sunku ir todėl, kad MS Office paketas turi kelias versijas. Excel programa kompiuteryje gali užimti nuo 80 – 230 MB. AMPL programa su paskyromis užima 5,13 MB.

Galima teigti, kad AMPL programa užima mažiau kompiuterio laisvos vietos.

• Galimybė išsaugoti užpildytą tekstinį ar modulio failą vartotojo pasirinktoje vietoje.

AMPL modulio failo išsaugojimo galimybės nedidelės, nes kelią iki išsaugoto modulio failo, reikės įvesti vartotojui. MS Excel projekto tekstinio failo išsaugojimo galimybės didelės, nes kelias iki išsaugoto tekstinio failo nurodomas standartinio Windows OS dialogo lango pagalba.

Galima teigti, kad MS Excel projekto yra didesnės galimybės išsaugoti užpildytą failą vartotojo pasirinktoje vietoje.

• Ar patogu naudotis sukurtais projektais.

Atlikta studentų apklausa, kurie išsakė savo nuomonę apie sukurtus projektus, ir kuriuo naudotis paprasčiau.

Anketa:

- 1. Ar aiškiai aprašytas MS Excel projekto vartotojo vadovas?
 - o Taip
 - o Ne
- 2. Ar aiškiai aprašytas AMPL projekto vartotojo vadovas?
 - o Taip
 - o Ne
- 3. Ar patogu naudotis MS Excel projektu?
 - o Taip
 - o Ne
- 4. Ar patogu naudotis AMPL projektu?
 - o Taip
 - o Ne
- 5. Kuriuo sukurtu projektu naudotis patogiau?
 - MS Excel projektu
 - AMPL projektu

Atlikus 30 studentų apklausa, pateikiami gauti rezultatai:

Klausimai	Taip	Ne
· aiškiai aprašytas MS Excel projekto vartotojo vadovas?	24	6
· aiškiai aprašytas AMPL projekto vartotojo vadovas?	25	5
· patogu naudotis MS Excel projektu?	23	7
[,] patogu naudotis AMPL projektu?	25	5



10 pav. Projektų naudojimo patogumas.

Galima teigti, kad AMPL projektu yra naudotis patogiau.

4.5. Patarimai, pastebėjimai, rekomendacijos

- Patariama modulio failą išsaugoti pavyzdžiui C ar D diskuose, nes sprendžiant trupmeninius tiesinius uždavinius reikia failo kelią įvesti vartotojui, o naudojant Excel projektą failas nurodomas standartinio Windows OS dialogo lango pagalba.
- Pastebėta, kad naudojant MS Office Excel projektą, atidarius jį su MS Office Excel 2003 m. ir MS Office Excel 2007 m. skirtingai sprendžiamos problemos. Prieduose aprašyta, kaip problemas išspręsti.
- Rekomenduojama MS Office Excel 2003 m versija, nes naudojant Excel projektą iškils mažiau aprašytų problemų.

5. Išvados

- 1. MS Excel ir AMPL pagalba galima spręsti trupmeninio tiesinio programavimo uždavinius.
- 2. Sukurti tikslūs algoritmai, nes juos naudojant gaunami trupmeninio tiesinio programavimo uždavinių sprendiniai.
- 3. MS Excel ir AMPL projektai sukurti teisingai, nes sprendžiant skirtingus uždavinius, gauti abiejų projektų rezultatai sutampa su pateiktu atsakymu knygoje.
- 4. Remiantis darbo rezultatų analize galima teigti, kad AMPL projektas yra pranašesnis už MS Excel projektą.

6. Literatūros ir informacinių šaltinių sąrašai

Literatūros šaltinių sąrašas:

- 1. Gasas, S. Kelionė į tiesinio programavimo šalį. Vilnius, 1977, p. 116-121.
- 2. Ostreika, A. Programavimo Visual Basic pagrindai. Kaunas, 2003.
- 3. Puškorius, S. Matematiniai metodai vadyboje. Vilnius, 2001, p. 40-53.
- 4. Starkus, B., Pasmokytė, A. Excel 2000 ir XP versle. Kaunas, 2002, p. 150-158.
- 5. Šaltenis, V. Visual Basic pradžiamokslis. Vilnius, 1997, p. 11-68.
- 6. Vidžiunas, A., Merčiulynienė, R. *Microsoft Excel 97 ir 2000, uždavinių sprendimas ir programavimas.* Kaunas, 1999, p. 77-207.
- Vidžiūnas, A. Microsoft Excel 2007 skaičiuoklių taikymas apskaitoje ir vadyboje. Kaunas, 2008, p. 139-155,235-329.
- 8. Žilinskas, A. Matematinis programavimas. Kaunas, 2000, p. 7-24.
- Žilinskas, K.Matematinis programavimas 1 dalis. Tiesinis programavimas. Šiauliai, 2007, p.213-227.

Informacinių šaltinių sąrašas:

- AMPL programos su paskyromis parsisiuntimas. [interaktyvus],[žiūrėta:2010 04 10]. Prieiga per internetą: <<u>http://www.ampl.com/DOWNLOADS/index.html</u>>
- AMPL pavyzdžiai. .[interaktyvus],[žiūrėta:2010 04 10]. Prieiga per internetą: <<u>http://www.ampl.com/EXAMPLES/index.html</u>>
- AMPL bibliotekos. [interaktyvus],[žiūrėta:2010 04 10]. Prieiga per internetą: <<u>http://www.netlib.org/ampl/index.html</u>>
- Charnes and Coopers metodas. [interaktyvus],[žiūrėta:2010 04 10]. Prieiga per internetą: <http://oplab.im.ntu.edu.tw/Download/93/94 0523/Linear%20Fractional%20Programming.ppt>
- 5. Excel enciklopedija. [interaktyvus],[žiūrėta:2010 04 10]. Prieiga per internetą: <<u>http://www.educypedia.be/computer/msofficeexcel.htm</u>>
- Programavimas VBA kalba. [interaktyvus],[žiūrėta:2010 04 10]. Prieiga per internetą: <<u>http://www.excel-vba.com/</u>>

- Programavimas VBA kalba. [interaktyvus],[žiūrėta:2010 04 10]. Prieiga per internetą: <<u>http://www.vbtutor.net/VBA/vba_tutorial.html</u>>
- Programavimas VBA kalba. [interaktyvus],[žiūrėta:2010 04 10]. Prieiga per internetą: <<u>http://excelvbamacro.com/</u>>
- 9. Programavimas VBA kalba. [interaktyvus],[žiūrėta:2010 04 10]. Prieiga per internetą: <<u>http://www.scribd.com/doc/13840569/Programavimas-VBA-kalba</u>>

7. Anotacija

Autorė: Vilma Žiulpaitė.

Tema: MS Excel Solver ir AMPL galimybių palyginimas sprendžiant trupmeninius tiesinius uždavinius.

Publikacijos vieta: Šiaulių universitetas, matematikos ir informatikos fakultetas.

Metai: 2010.

Bakalauro darbe nagrinėjamas trupmeninių tiesinių uždavinių sprendimas MS Office Excel Solver ir AMPL pagalba. Aprašomas taikomųjų projektų, skirtų trupmeniniams tiesiniams programavimo uždaviniams spręsti, kūrimas. Pateikti sprendimo rezultatai bei atliktas projektų palyginimas. Aptartos iškilusios problemos ir nurodyta, kaip jas išspręsti.

7. Summary

Author: Vilma Žiulpaitė.

Title: Comparison of the capabilities of MS Excel Solver and AMPL for solving fractional linear tasks.

Place of publication: mathematics and IT faculty of Šiauliai university. Year: 2010.

In this Bachelor work the derivation of fractional linear tasks are being researched and analyzed via MS Office Excel Solver and AMPL. Described in the application projects for fractional linear programming problem solution development. Provide the results and the comparison of the schemes was care out. Problems which appeared in this work were discussed as well as the solutions provided.

8. Priedai

Atidarius CD laikmeną, šakniniame kataloge yra 8 skirtingi failai:

- 1. Aprašymas.doc
- [...Bakalauro aprašymas....]
- 2. Aprašymas.pdf
- [...Bakalauro aprašymas....]
- 3. Excel_vartotojo_vadovas.doc
- [...MS Excel projekto vartotojo vadovas...]
- 4. AMPL_vartotojo_vadovas.doc
- [...AMPL projekto vartotojo vadovas...]
- 5. Excel.xls
- [...Excel projektas....]
- 6. AMPL aplankas
- [...AMPL projektas, kuriame ampl.exe, cplex.exe, cplex112.dll, minos.exe....]
- 7. Excel 5 uždaviniai aplankas
- [...Excel projekto pasirinktų 5 uždavinių sąlygos su rezultatai....]
- 8. AMPL 5 uždaviniai aplankas.

[...AMPL 5 uždaviniai aplankas, kuriame tiesiniai programavimo uždaviniai aplankas, netiesiniai programavimo uždaviniai aplankas...]

MS Excel projekto vartotojo vadovas.

1. Projekto valdymas

Pradedant spręsti trupmeninius tiesinius uždavinius atidaromas MS Excel projektas pavadinimu "Excel.xls". Projektas valdomas naudojant sukurtus valdymo mygtukus, kurie skirti vartotojo darbo palengvinimui, kad būtų greičiau pasiekiamos funkcijos.

Pagrindiniai valdymo mygtukai:

Įvesti uždavinį Skaičiuoti Išsaugoti rezultatus ile vartotojo pasiriņki

mygtukas skirtas vartotojo pasirinkto uždavinio įvedimui.

mygtukas skirtas suskaičiuoti įvestą uždavinį.

faile vartotojo pasirinktoje vietoje.

lšvalyti

mygtukas skirtas išvalyti esantį uždavinį.

Išsprendus trupmeninį tiesinį uždavinį gauti rezultatai įrašomi MS Excel projekto lange, atsakymams skirtoje vietoje. Jeigu atsakymui skirta vieta yra tuščia, tuomet trupmeninis tiesinis uždavinys sprendinių neturi. Atidarius Excel.xls projektą gali iškilti keblumų naudojant sukurtus mygtukus. Problemos, su kuriomis galima susidurti aprašytos ir paaiškinta, kaip jas išspręsti.

2. Dirbant su MS Office 2003 raštinės paketu

3.2. Makrokomandos

Atidarius MS Excel projektą pavadinimu "Excel.xls" pirmą kartą gali atsidaryti įspėjamoji lentelė, kad makrokomandos yra išjungtos (*disabled*) ir nustatytas saugumo lygis (*security level*) per aukštas. (1 pav.)

Microsof	it Excel
<u>^</u>	Macros are disabled because the security level is set to High and a digitally signed Trusted Certificate is not attached to the macros. To run the macros, change the security level to a lower setting (not recommended), or request the macros be signed by the author using a certificate issued by a Certificate Authority. Show Help >>
	OK

1. pav. Įspėjamoji lentelė apie makrokomandas.

Reikia nustatyti žemą (low) makrokomandos saugumo lygį. Tai atliekama taip:

Meniu Tools -> Macro -> Security ir lange Security Level išrinkti žemą lygį. (2. pav.)

- - - - - - - - - - - - - - - - - - -	Spelling F7 Research Alt+Click Error Checking Shared Workspace Share Workbook Protection + Ogline Collaboration + Formula Auditing + Solyer	C D	Security Level Trusted Publishers Very High. Only macros installed in trusted locations will be allowed to run. All other signed and unsigned macros are disabled. High. Only signed macros from trusted sources will be allowed to run. Unsigned macros are automatically disabled. Medium. You can choose whether or not to run potentially unsafe macros. Low (not recommended). You are not protected from potentially unsafe macros. Use this setting only if you have virus scanning software installed, or you have checked the safety of all docume you open.	
	Macro	Macros Alt+F8 Record New Macro		
	Options Data Analysis S	Security Sisual Basic Editor Alt+F11 Microsoft Script Editor Alt+Shift+F11	OK Cancel	

2. pav. Pasirenkamas makrokomandos saugumo lygis.

Pasirinkti galima ir vidutinį (*medium*) saugos lygį, tuomet kiekvieną kartą paleidus šį projektą atsidarys lentelė, kurioje reikės sutikti įjungti makrokomandas (*Enable Macros*). (3. pav.)



3. pav. Makrokomandos ijungimas.

Pasirinkę makrokomandos lygį žemą arba vidutinį reikia išsaugoti pakeitimus ir paleisti projektą iš naujo, kad nustatymai išsisaugotų.

2.2 MS Excel Solver

Atidarius MS Excel projektą pavadinimu "Excel.xls" pirmą kartą, gali atsidaryti įspėjamoji lentelė, kad neatitinka funkcijos (*Sub or Function not defined*). Reikia pasirinkti OK ir išjunkti atsidariusį langą. (4. pav.)



4. pav. Neatitinka funkcijos.

Reikia pridėti MS Excel programos sprendiklį – Solver. Tai atliekama taip:

Meniu Tools -> Add-Ins... ir lange Add-Ins -> (uždėti varnelę) Solver Add-in -> OK. (5. pav.)



5. pav. Solver sprendiklio pridėjimas.

Patartina įeiti į Add-Ins lentelę dar kartą ir įsitikinti, ar Solver sprendiklis tikrai pridėtas. Įėjus į Add-Ins lentelę pasirinkti Browse. Jeigu atsidariusi kita lentelė bus tuščia, reikia nurodyti, kur yra Solver sprendiklis. Tai atliekama taip:

Reikia eiti ten , kur išsaugotas Microsoft Office, pvz. C -> Program Files -> Microsoft Office -> OFFICE11 (pasirinkti koks yra instaliuotas) -> Library -> SOLVER -> SOLVER.XLA. Atsidarys lentelė: ar norite pakeisti (*replace*) įterptą Solver. Pasirikti Yes. (6. pav.)

Microsof	ft Excel			
į)	A file named 'C:\Program to replace it?	Files\Microsoft Office\OFFICE11\Library\Si	OLVER\SOLVER.XLA' already exists in this	location. Do you want

6. pav. Solver sprediklio įterpimas.

Įterpus Solver į MS Excel programą ir paspaudus mygtuką skaičiuoti, gali atsidaryti lentelė, informuojanti, kad neatitinka funkcijos (*Sub or Function not defined*). (4. pav.)

Reikia pridėti MS Excel Solver biblioteką. Tai atliekama taip:

4. pav. parodytoje lentelėje paspausti OK. Esant Visual Basic lange surasti mygtuką Exit Design Mode ir jį paspausti. (7. pav.)

<u>2</u> ebug	<u>R</u> un	<u>T</u> ools	<u>A</u> dd-Ins	<u>W</u> indow	Help	
	11 💷		😼 🖻 😽	198 C	Ln 119, Col 5	-
×	(Ger	neral)	S			

7. pav. Exit Design Mode mygtukas.

Paspaudus Exit Design Mode mygtuką bus galima pasirinkti:

Meniu Tools -> References... ir lange References - VBAProject susirasti ir pasirinkti SOLVER (uždėti varnelę) ir paspausti OK. (8. pav.)



8. pav. Solver bibliotekos įterpimas.

Įterpus Solver biblioteką nepamiršti išsaugoti pakeistų duomenų, kad būtų galima naudotis sukurtais mygtukais. (9. pav.)

~	File	Edit	⊻iew	Insert	Format	Debug	Run
	•		1	A PLA	10	0+ 0	0.131
roje	ct - VE	APro	oject			×	(Con

9. pav. Pakeisto Microsoft Visual Basic lango išsaugojimas.

Sugrįžus į pagrindinį MS Excel projektą, veiks visi mygtukai.

3. Dirbant su Microsoft Office 2007 raštinės paketu

3.1. Makrokomandos

Atidarius MS Excel projektą pavadinimu "Excel.xls" pirmą kartą gali atsidaryti įspėjamoji lentelė, kad reikia įjungi makrokomandas. Tai atliekama taip:

Surasti užrašą makrokomandos išjungtos (*Macros have been disabled*.), suradus pasirinkti Options... ir atsidariusioje lentelėje – įjungti makrokomandas (*Enable this content*) ir paspausti OK. (10 pav.)

	Microsoft Office Security Options
	🔵 Security Alert - Macro
III TIMacros have been disabled. Options	Macro Macros have been disabled. Macros might contain viruses or other security hazards. Do not enable this content unless you trust the source of this file. Warning: It is not possible to determine that this content came from a trustworthy source. You should leave this content disabled unless the content provides critical functionality and you trust its source. More information File Path: C: \Documents and Settings \Vilma \Desktop \Excel.xls Q Help grotect me from unknown content (recommended) Image: This content Image: This content
B C D E F G H I J K	Open the Trust Center OK Cancel.

10. pav. Makrokomandų įjungimas.

Pastaba. Atidarius MS Excel projektą pavadinimu "Excel.xls" visada reikia patikrinti, ar makrokomandos yra įjungtos.

3.2. MS Excel Solver

Atidarius MS Excel projektą pavadinimu "Excel.xls" pirmą kartą, gali atsidaryti įspėjamoji lentelė, kad nerandama biblioteka arba projektas (*Can't find project or library*). Pasirinkti OK ir išjunkti atsidariusi Visual Basic langą. (11. pav.)

Microso	ft Visua	l Basic 🛛 🔣
<u>^</u>	Compile Can't fi	error: nd project or library
	ок	Help

11. pav. Nerandama biblioteka arba projektas.

Reikia pridėti MS Excel programos sprendiklį – Solver. Tai atliekama taip:

Meniu Office mygtukas (*Office button*) -> Excel nustatymai (*Excel options*) -> Add-Ins -> pasirinkti – Excel Add-Ins ir Go. (12. pav.)



12. pav. Solver sprendiklio pasirinkimas.

Pasirinkus pridėti MS Excel programos sprendiklį Solver – paspausti mygtuką Go. Atsidarys lentelė Add-Ins, kurioje pasirinkti Solver Add-Ins ir paspausti OK. Atsidariusioje įspėjamojoje lentelėje Microsoft Office Excel bus pasiūlyta instaliuoti Solver sprendiklį dabar (*Would you like ti install it now?*), pasirinkti Yes.



13. pav. Solver sprendiklio pridėjimas.

Patartina įeiti į Add-Ins lentelę dar kartą ir įsitikinti, ar Solver sprendiklis tikrai pridėtas. Įėjus į Add-Ins lentelę pasirinkti Browse. Jeigu atsidariusi kita lentelė bus tuščia, reikia nurodyti, kur yra Solver sprendiklis. Tai atliekama taip:

Reikia eiti ten, kur išsaugotas Microsoft Office 2007, pvz.: C -> Program Files -> Microsoft Office -> OFFICE12 (pasirinkti koks yra instaliuotas) -> Library -> SOLVER -> SOLVER.XLA. Atsidarys lentelė: ar norite pakeisti (*replace*) įterptą Solver. Pasirinkti Yes.

Microsof	ft Excel
į)	A file named 'C:\Program Files\Microsoft Office\OFFICE11\Library\SOLVER\SOLVER.XLA' already exists in this location. Do you want to replace it?

14. pav. Solver sprendiklio įterpimas.

Įterpus Solver sprendiklį į MS Excel programą ir paspaudus mygtuką skaičiuoti, gali atsidaryti lentelė, kad nerandama biblioteka arba projektas (*Can't find project or library*). Reikia pridėti MS Excel Solver biblioteką. Tai atliekama taip:

11. pav. parodytoje lentelėje paspausti OK. Esant Visual Basic lange surasti mygtuką Exit Design Mode ir jį paspausti. (15. pav.)



15. pav. Exit Design Mode mygtukas.

Paspaudus Exit Design Mode mygtuką bus galima pasirinkti:

Meniu Tools -> References... ir lange References – VBAProject susirasti ir pasirinkti SOLVER (uždėti varnelę). Jeigu uždėta varnelė MISSING: SOLVER.XLA, ją nuimti ir paspausti OK. (16. pav.)



16. pav. Solver bibliotekos įterpimas.

Įterpus Solver sprendiklį nepamiršti išsaugoti pakeistų duomenų, kad būtų galima naudotis sukurtais mygtukais. (17. pav.)



17. pav. Pakeisto Microsoft Visual Basic lango išsaugojimas.

Sugrįžus į pagrindinį MS Excel projektą, veiks visi mygtukai.

4. Uždavinių sprendimas MS Excel projektu.

Pradedant naudoti Excel projektą, pirmiausia į tekstinį failą suvedami uždavinio duomenys. Pateikiami 5 uždaviniai, kurie bus išspręsti naudojant MS Excel projektą. Pirmas pavyzdys – uždavinys su laisvaisiais nariais:

$$f = \frac{2x_1 + x_2 + x_3 + 1}{3x_1 + x_2 + 4x_3 + 2} \to \max,$$

kai
$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \le 4, \\ x_1 \le , \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_3 \ge 0. \end{cases}$$
 (1)

Antras pavyzdys – uždavinys be laisvųjų narių:

$$f = \frac{3x_1 - 2x_2}{x_1 + 2x_2} \to \max,$$

kai

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \le 16, \\ -4x_1 + 2x_2 \le 8, \ (2) \\ x_1 + 3x_2 \ge 9, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0. \end{cases}$$

Trečias pavyzdys – uždavinys su laisvaisiais nariais:

$$f = \frac{-2x_1 + x_2 + 2}{x_1 + 3x_2 + 4} \to \min,$$

kai

$$\begin{cases} -x_1 + x_2 \le 4, \\ x_2 \le 6, \\ 2x_1 + x_2 \le 14, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0. \end{cases}$$
(3)

Ketvirtas pavyzdys – uždavinys be laisvųjų narių:

$$f = \frac{8x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4} \to \max,$$

kai

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 + 3x_4 \le 300, \\ x_1 + 2x_3 + x_4 \le 70, \\ x_1 + 2x_2 + x_3 \le 340, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_3 \ge 0, x_4 \ge 0. \end{cases}$$
(4)

Penktas pavyzdys – uždavinys be laisvųjų narių:

$$f = \frac{5x_1 - x_2 + 8x_3 + 10x_4 - 5x_5 + x_6}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6} \to \max,$$

kai

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 3x_4 + x_5 - x_6 = 40, \\ -x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 + 2x_6 = 20, \\ 3x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 + 3x_5 + x_6 = 30, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_3 \ge 0, x_4 \ge 0, x_5 \ge 0, x_6 \ge 0. \end{cases}$$
(5)

Norint išspręsti trupmeninius tiesinius uždavinius reikia teisingai suvesti uždavinio duomenis į tekstinį failą, kaip tai atlikti aprašyta galutinio projekto aprašyme. Žemiau pateikiami, MS Excel projektu išspręstų 5 uždavinių, gauti rezultatai.

2 uždavinys:

1 uždavinys:	2 uždavinys:	3 uždavinys:
🗈 rezultatati) - Notepad 📃 🔲 🔰 File Edit Format View Help	🔍 rezultatai2 - Notepad 📃 🔲 🕻	🖡 rezultatai3 - Notepad
3 2 1 2 2 1 1 1 3 1 4 2 1 1 1 <= 4 1 0 0 <= 2	2 3 1 3 -2 1 2 2 4 <= 16 -4 2 <= 8 1 3 >= 9	2 3 2 2 -2 1 2 1 3 4 -1 1 <= 4 0 1 <= 6 2 1 <= 14
rezultatai: f(max) = 0,8333333333333333 x1 = 0 x2 = 4 x3 = 0	rezultatai: f(max) = 2 x1 = 6,0000000000001 x2 = 1	rezultatai: f(min) = -1,09090909090909 x1 = 7 x2 = 0
0,83333333333333 0 4 0	2 6,000000000001 1	-1,09090909090909 7 0

4 uždavinys

🖻 rezultatai4 - Note 🔄 🗖 🖺
File Edit Format View Help
431
8321
1111
2 1 1 3 <= 300
1 0 2 1 <= 70
1210 <= 340
f(max) = 8x1 = 70x2 = 0x3 = 0x4 = 0
8 70 0 0 0

5 uždavinys:

📕 rezultatai5 - Notepad	
File Edit Format View Help	
631	
5 -1 8 10 -5 1	
111111	
2 -1 0 3 1 -1 = 40	
-1 2 1 2 0 2 = 20	
3 -1 2 -1 3 1 = 30	
f(max) = 7,8870967 x1 = 6,8 x2 = 0 x3 = 9,2 x4 = 8,8 x5 = 0 x6 = 0	7419355
7,88709677419355 6,8 0 9,2 8,8 0 0	

AMPL projekto vartotojo vadovas

1. AMPL projektas

Trupmeniniai tiesiniai programavimo uždaviniai sprendžiami dviem būdais – kaip tiesinio programavimo uždaviniai ir kaip netiesinio programavimo uždaviniai. Išspręstų trupmeninių tiesinių uždavinių pavyzdžiai pateikiami toliau esančiuose 1.1 ir 1.2 punktuose. Pradedant spręsti trupmeninius tiesinius uždavinius, aplanką pavadinimu AMPL siūloma išsaugoti į D diską. Pirmiausia į modulio failą suvedami uždavinio duomenys. Tai atliekama taip:

Reikia atsidaryti tekstinį failą pavyzdžiui Notepad, kaip teisingai įvesti uždavinį aprašyta galutinio projekto aprašyme. CD laikmenoje AMPL aplanke yra papildomas tekstinis failas ampl.txt, kuriame yra 20 ribojimų ir nelygybių, kurias galima nusikopijuoti, kad nereiktu vesti vartotojui. Suvedus uždavinį, jis išsaugomas kaip (pvz1.mod) modulio failas (1. pav.), modulio failo redagavimas atliekamas atidarius sukurtą modulio failą kaip tekstinį failą. Sukurtą (pvz1.mod) modulio failą išsaugoti į AMPL aplanką.



1. pav. Modulio failo išsaugojimas.

AMPL programa paleidžiama du kartus paspaudus ampl.exe failą. Paspaudus du kartus ampl.exe failą atsidaro komandinės eilutės langas, kuriame vedamos komandos. Nesinaudojant vartotojo palengvinimui skirtu failu, komandas vartotojas gali suvesti ir į komandinės eilutės langą.

Tai atliekama taip:

- reset; programos atnaujinimas. Tai būtina atlikti jei prieš tai buvo vykdytas pavyzdžiui modulio failas.
- model; nurodoma vieta, kur išsaugotas reikiamas failas, pavyzdžiui: AMPL aplankas išsaugotas D diske, kuriame yra pvz1.mod failas, komanda būtu tokia: model d:\ampl\pvz1.mod;.
- option solver cplex; jei sprendžiamas tiesinio programavimo uždavinys, parenkama uždavinio sprendimo parinktis cplex.
- option solver minos; jei sprendžiamas netiesinio programavimo uždavinys, parenkama uždavinio sprendimo parinktis minos.
- solve; kai uždavinys sėkmingai įkeltas, pradedamas uždavinio sprendimas.
- **displey x;** naudojama išvesti kintamųjų reikšmėms.
- display x >rezultatai1.txt; x kintamųjų reikšmės bus išsaugotos tekstiniame faile pavadinimu rezultatai1.txt. Norint uždavinio informaciją išsaugoti į tekstinį failą, reikia papildyti komandą: ženklu daugiau (>) ir parašyti pilną pavadinimą tekstinio failo, kuriame bus saugoma informacija.
- close rezultatai1.txt; užbaigiamas tekstinio failo pavadinimu rezultatai1.txt išsaugojimas.

Pastaba. Svarbu kiekvieną komandą pabaigti kabliataškiu (;).

Komandinės eilutės lange, nėra patogu kiekvieną komandą vesti vartotojui, todėl sukuriamas vykdomasis (*.run*) failas, kuriame surašomos naudojamos komandos ir jų nebereikia vesti į komandinės eilutės langą. Vartotojo palengvinimui skirto failo vykdymas atliekamas surinkus komandą: model d:\ampl\t1.run; (2 pav.). Surinkus šią komandą vykdomas t1.run vykdomasis failas, kuris išsaugotas D diske ampl aplanke, jeigu failas išsaugotas kitoje vietoje ar kitu pavadinimu vartotojas atlieka reikiamus pakeitimus vykdomajame faile. Vykdomasis failas (*.run*) kuriamas ir redaguojamas kaip ir modulio failas.(1 pav.)



2. pav. paleidžiamas vykdomasis failas t1.run

Pateikiami 5 uždaviniai, kurie bus išspręsti naudojant AMPL projektą.

Pirmas pavyzdys – uždavinys su laisvaisiais nariais:

$$f = \frac{2x_1 + x_2 + x_3 + 1}{3x_1 + x_2 + 4x_3 + 2} \to \max,$$

kai
$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \le 4, \\ x_1 \le 2, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_3 \ge 0. \end{cases}$$
 (1)

Antras pavyzdys – uždavinys be laisvųjų narių:

$$f = \frac{3x_1 - 2x_2}{x_1 + 2x_2} \to \max,$$

kai

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \le 16, \\ -4x_1 + 2x_2 \le 8, \ (2) \\ x_1 + 3x_2 \ge 9, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0. \end{cases}$$

Trečias pavyzdys – uždavinys su laisvaisiais nariais:

$$f = \frac{-2x_1 + x_2 + 2}{x_1 + 3x_2 + 4} \to \min,$$

kai
$$\begin{cases} -x_1 + x_2 \le 4, \\ x_2 \le 6, \qquad (3) \\ 2x_1 + x_2 \le 14, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0. \end{cases}$$

Ketvirtas pavyzdys – uždavinys be laisvųjų narių:

$$f = \frac{8x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4} \to \max,$$

kai

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 + 3x_4 \le 300, \\ x_1 + 2x_3 + x_4 \le 70, \qquad (4) \\ x_1 + 2x_2 + x_3 \le 340, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_3 \ge 0, x_4 \ge 0. \end{cases}$$

Penktas pavyzdys – uždavinys be laisvųjų narių:

$$f = \frac{5x_1 - x_2 + 8x_3 + 10x_4 - 5x_5 + x_6}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6} \to \max,$$

kai

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 3x_4 + x_5 - x_6 = 40, \\ -x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 + 2x_6 = 20, \\ 3x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 + 3x_5 + x_6 = 30, \\ x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_3 \ge 0, x_4 \ge 0, x_5 \ge 0, x_6 \ge 0. \end{cases}$$
(5)

1.1 Uždaviniai sprendžiami kaip tiesinio programavimo uždaviniai

Uždavinių sprendimas naudojat vartotojo palengvinimui skirtu failu (*.run*). Visas AMPL aplankas išsaugomas D diske, jeigu bus pakeista failo saugojimo vieta, tai būtina nurodyti saugojimo vietą atidarius vykdomąjį (*.run*) failą, priešingu atveju išspręsti uždavinio nepavyks. Pildant modulio failą vartotojui reikia pakeisti trupmeninį tiesinį programavimo uždavinį tiesiniu programavimo uždaviniu. Tai atliekama pritaikius temos analizei pateiktą keitimą. Žemiau pateikiami išspręsti 5 trupmeninio tiesinio programavimo uždaviniai.

1 uždavinys:

	File Edit Format View Help	
pyz1 - Notepad File Edit Format View Help Var y{13}; Var z;	reset; model d:\ampl\pvz1.mod; option solver cplex; solve; display _solve_time; display funkcija;	<mark>Fie Edit Format View Help funkcija = 0.833333 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6</mark>
subject to nelygybe1: $y[1]+y[2]+y[3]-4*z<=0;$	display funkcija >rezultatai1.txt; display y[1]/z; display y[1]/z >rezultatai1.txt;	y[1]/z = 0
subject to helygybe2: $y[1]-2^{n}2^{<}=0$; subject to nelygybe3: $3^{*}y[1]+y[2]+4^{*}y[3]+2^{*}z=1$; subject to ribojimas1: $y[1] >= 0$;	display y[2]/z; display y[2]/z >rezultatai1.txt; display y[3]/z;	y[2]/z = 4
subject to ribojimas2: $y[z] \ge 0$; subject to ribojimas3: $y[3] \ge 0$; subject to ribojimas4: $z \ge 0$;	display y[3]/z >rezultatai1.txt; close rezultatai1.txt;	y[3]/z = 0

pvz1.mod.

t1.run



2 uždavinys:

	File Edit Format View Help	
🖡 pvz2 - Notepad 📃	reset:	
File Edit Format View Help	madal di laman li nya2 madi	
var y {12};	model d: \ampi\pvzz.mod;	
var z;	option solver cplex;	
	solve;	🔎 rezultatai2 📮 🔲 🔀
maximize funkcija: 3*y[1]-2*y[2];	display _solve_time;	File Edit Format View Help
subject to nelygybe1: 2*y[1]+4*y[2]-16*z<=0;	display funkcija;	funkcija = 2 🥤
subject to nelygybe2: $-4^*y[1]+2^*y[2]-8^*z<=0$;		27
subject to nelygybe3: $y[1]+3^{y}[2]-9^{z}>=0;$	display y[1]/2;	v[1]/7 - 6
subject to hervgybe4: $y[1]+2^{y}[2]=1$;	display y[1]/z >rezultatal2.txt;	y[1]/2 = 0
subject to ribojimas1: $y[1] > = 0$;	display y[2]/z;	
subject to ribojimas2: $y[2] = 0$;	display y[2]/z >rezultatai2.txt;	v[2]/z = 1
	close rezultatai2.txt;	/ [-]/

pvz2.mod.

t2.run

rezultatai2.txt

3 uždavinys:

File Edit Format View Help	
reset;	📕 rezultatai3 - Notepad 🛛 📃 🗖 🚺
model d:\ampl\pvz3.mod;	File Edit Format View Help
solve; display _solve_time;	funkcija = -1.09091 🥤
display funkcija; display funkcija >rezultatai3.txt; display y[1]/z; display y[1]/z >rezultatai3.txt;	y[1]/z = 7
display y[2]/z; display y[2]/z >rezultatai3.txt; close rezultatai3.txt;	y[2]/z = 0
	<pre>File Edit Format View Help File Edit Format View Help reset; model d:\ampl\pvz3.mod; option solver cplex; solve; display _solve_time; display funkcija; display funkcija; display funkcija >rezultatai3.txt; display y[1]/z; display y[1]/z >rezultatai3.txt; display y[2]/z; display y[2]/z >rezultatai3.txt; close rezultatai3.txt;</pre>

13 . Note

pvz3.mod.

t3.run

rezultatai3.txt

4 uždavinys:

🖡 pvz4 - Notepad	ild - Notepad	📕 rezultatai4 🔳 🗖 🚺
The Edt Format View Hep Var y {14}; var z; maximize funkcija: $8^*y[1] + 3^*y[2] + 2^*y[3] + y[4];$ subject to nelygybe1: $2^*y[1] + y[2] + y[3] + 3^*y[4] - 300^*z <=0;$ subject to nelygybe2: $y[1] + 2^*y[3] + y[4] - 70^*z <=0;$ subject to nelygybe3: $y[1] + 2^*y[2] + y[3] - 340^*z <=0;$ subject to nelygybe4: $y[1] + y[2] + y[3] + y[4] = 1;$ subject to ribojimas1: $y[1] >= 0;$ subject to ribojimas2: $y[2] >= 0;$ subject to ribojimas3: $y[3] >= 0;$ subject to ribojimas5: $z \ge 0$:	<pre>Fib Edit Format View Help reset; model d:\ampl\pvz4.mod; option solver cplex; solve; display _solve_time; display funkcija; display y[1]/z; display y[1]/z; display y[2]/z; display y[2]/z > rezultatai4.txt; display y[2]/z; display y[3]/z > rezultatai4.txt; display y[4]/z; display y[4]/z; display y[4]/z; display y[4]/z;</pre>	File Edit Format View Help funkcija = 8 y[1]/z = 70 y[2]/z = 0 y[3]/z = 0 y[4]/z = 0
pvz4.mod.	t4.run	rezultatai4.txt

5 uždavinys:

pvz5.mod.

nur5 Natanad	
File Edit Format View Help	
var y {16}; var z;	
maximize funkcija: 5*y[1]-y[2]+8*y[3]+10*y[4]-5*y[5]+y[6];	
subject to nelygybe1: $2^{*}y[1]-y[2]+3^{*}y[4]+y[5]-y[6]-40^{*}z=0$; subject to nelygybe2: $-y[1]+2^{*}y[2]+y[3]+2^{*}y[4]+2^{*}y[6]-20^{*}z=0$; subject to nelygybe3: $y[1]+y[2]+y[3]+y[4]+y[5]+y[6]=1$; subject to nelygybe4: $3^{*}y[1]-y[2]+2^{*}y[3]-y[4]+3^{*}y[5]+y[6]-30^{*}z=0$; subject to ribojimas1: $y[1] >= 0$; subject to ribojimas2: $y[2] >= 0$; subject to ribojimas3: $y[3] >= 0$; subject to ribojimas4: $y[4] >= 0$; subject to ribojimas5: $y[5] >= 0$; subject to ribojimas6: $y[6] >= 0$; subject to ribojimas7: $z >= 0$;);

File Edit Format View Help	
reset;	Sie Edit Format View Hale
model d:\ampl\pvz5 mod;	File Edic Format View Help
option solver cplex,	funkcija = 7.8871 🥤
solve;	
display _solve_time;	v[1]/7 - 6.8
display funkcija, display funkcija Srozultataj5 tyt:	y[1]/2 = 0.0
display v[1]/z	
display v[1]/z >rezultatai5 txt	y[2]/z = 0
display v[2]/z:	
display y[2]/z >rezultatai5.txt;	v[3]/7 - 9.2
display y[3]/z;	y[J]/2 - J.2
display y[3]/z >rezultatai5.txt;	
display y[4]/z;	y[4]/z = 8.8
display y[4]/z >rezultatai5.txt;	
display y[5]/z;	v[5]/7 = 0
display y[5]/z >rezultatai5.txt;	y[J]/2 = 0
display y[6]/z;	
aispiay yloj/z >rezultatai5.txt;	y[6]/z = 0
ciose rezultatais.txt;	5 - T - T - T - T - T - T - T - T - T -

t5.run

Notepat

rezultatai5.txt

1.2. Uždaviniai sprendžiami kaip netiesinio programavimo uždaviniai

Uždavinių sprendimas naudojat vartotojo palengvinimui skirtu failu (.run). Visas AMPL aplankas išsaugomas D diske, jeigu bus pakeista failo saugojimo vieta, tai būtina nurodyti saugojimo vietą atidarius vykdomąjį (.run) failą, priešingu atveju išspręsti uždavinio nepavyks. Žemiau pateikiami išspręsti 5 trupmeninio tiesinio programavimo uždaviniai.

1 uždavinys:

<pre>Pvz1-Notepad FWE Edk Format Wew Help Var x{13}:=1; maximize funkcija: (2*x[1]+x[2]+x[3]+1)/(3*x[1]+x[2]+4*x[3]+2); subject to ribojimas1: x[1]+x[2]+x[3]<=4; subject to ribojimas2: x[1]<=2; subject to nelygybe1: x[1] >= 0; subject to nelygybe2: x[2] >= 0; subject to nelygybe3: x[3] >= 0;</pre>	C 1. Notepad File Edit Preset; model d:\ampl\pvz1.mod; option solver minos; solve; display _solve_time; display funkcija; display funkcija; display funkcija > rezultatai1.txt; display x > rezultatai1.txt; c	C rezultatai1 - Notepad ■ ■ × File Edit Format View Help funkcija = 0.8333333 x [*] := 1 0 2 4 3 0 ;
pvz1.mod.	n1.run	rezultatai1.txt

n1.run

2 uždavinys:

🖻 pvz2 - Notepad 📃 🗖 🔀	n 2 - Notepad	
File Edit Format View Help	File Edit Format View Help	🗩 rezultatai2 - Notepad 🛛 🖃 💟 👔
var x {12}:=1;	reset;	File Edit Format View Help
maximize funkcija: (3*x[1]-2*x[2])/(x[1]+2*x[2]);	option solver minos; solve;	funkcija = 2
<pre>subject to ribojimas1: 2*x[1]+4*x[2]<=16; subject to ribojimas2: -4*x[1]+2*x[2]<=8; subject to ribojimas3: x[1]+3*x[2]>=9; subject to nelygybe1: x[1] >= 0; subject to nelygybe2: x[2] >= 0;</pre>	display _solve_time; display funkcija; display funkcija >rezultatai2.txt; display x; display x >rezultatai2.txt; close rezultatai2.txt;	x [*] := 1 6 2 1 ;
	<	
pvz2.mod.	n2.run	rezultatai2.txt

3 uždavinys:

🖡 pvz3 - Notepad	File Edit Format View Help	🕞 rezultatai3 - Notepad 📃 🗖 🗙 File Edit Format View Help
File Edit Format View Help Var x{12}:=1;	reset; model d:\ampl\pvz3.mod;	funkcija = -1.09091 🎽
minimize funkcija: $(-2*x[1]+x[2]+2)/(x[1]+3*x[2]+4)$; subject to ribojimas1: $-1*x[1] + x[2] <=4$; subject to ribojimas2: $x[2] <=6$; subject to ribojimas3: $2*x[1] + x[2] <=14$; subject to nelygybe1: $x[1] >= 0$; subject to nelygybe2: $x[2] >= 0$;	option solver minos; solve; display _solve_time; display funkcija; display funkcija >rezultatai3.txt; display x; display x >rezultatai3.txt; close rezultatai3.txt;	x [*] := 1 7 2 0 ;
pvz3.mod.	n3.run	rezultatai3.txt

4 uždavinys:

	🕞 n4 - Notepad 📃 🔳	📓 rozultat 🔲 🗖 🔯
🖡 pvz4 - Notepad	File Edit Format View Help	File Edit Format View
File Edit Format View Help	reset;	Help
var x {14}:=1;	model d:\ampl\pvz4.mod;	funkcija – 8 Å
maximize funkcija: $(8^{x}[1] + 3^{x}[2] + 2^{x}[3] + x[4])/(x[1] + x[2] + x[3] + x[4]);$	option solver minos; solve;	
subject to ribojimas1: $2^xx[1] + x[2] + x[3] + 3^xx[4] <= 300$; subject to ribojimas2: $x[1] + 2^xx[3] + x[4] <= 70$; subject to ribojimas3: $x[1] + 2^xx[2] + x[3] <= 340$; subject to nelygybe1: $x[1] >= 0$; subject to nelygybe2: $x[2] >= 0$:	display _solve_time; display funkcija; display funkcija >rezultatai4.txt; display x;	1 70 2 0 3 0
subject to nelygybe3: x[3] >= 0; subject to nelygybe4: x[4] >= 0;	display x >rezultatai4.txt; close rezultatai4.txt;	4 0
pvz4.mod.	n4.run	rezultatai4.txt
r · · · · ·		

5 uždavinys:

	🗖 n5 -Notenad	🕒 rezultatai5 - Not 😑 🗖
🕒 pvz5 - Notepad	Ele Edit Format View Hole	nie but hormat view help
File Edit Format View Help	rie Ela, roma, new riep	funkcija = 7.8871
var x {16}:=1;	reset;	
$ \begin{array}{l} \mbox{maximize funkcija: } (5^{x}[1]-x[2]+8^{x}[3]+10^{x}x[4]-5^{x}[5]+x[6])/(x[1]+x[2]+x[3]+x[4]+x[5]+x[6]); \\ \mbox{subject to ribojimas1: } 2^{x}[1]-x[2]+8^{x}[4]+x[5]-x[6]=40; \\ \mbox{subject to ribojimas2: } x^{x}[1]+2^{x}x[2]+2^{x}x[4]+2^{x}x[6]=20; \\ \mbox{subject to ribojimas3: } 3^{x}[1]-x[2]+2^{x}x[3]+2^{x}x[4]+3^{x}x[5]+x[6]=30; \\ \mbox{subject to nelygbe1: } x[1] >= 0; \\ \mbox{subject to nelygbe2: } x[2] >= 0; \\ \mbox{subject to nelygbe4: } x[4] >= 0; \\ \mbox{subject to nelygbe4: } x[4] >= 0; \\ \mbox{subject to nelygbe4: } x[5] >= 0; \\ \mbox{subject to nelygbe6: } x[6] >= 0; \\ \mbox{subject to nelygbe6: } x[6] >= 0; \\ \mbox{subject to nelygbe6: } x[6] >= 0; \\ \end{tabular} $	<pre>model d:\ampl\pvz5.mod; option solver minos; solve; display _solve_time; display funkcija; display funkcija >rezultatai5.txt; display x; display x >rezultatai5.txt; close rezultatai5.txt;</pre>	x [*] := 1 6.8 2 0 3 9.2 4 8.8 5 0 6 0 ;
7 1	5	14 4 15 4 4

pvz5.mod.

n5.run

rezultatai5.txt