

# Fuzzy logika

## **ATASKAITOS PAVYZDYS**

Matlab aplinkoje Fuzzy logikos (Mamdani algoritmas)  
panaudojimas modeliuojant euristinį Banko paskolos suteikimo  
sprendimus

## Turinys

1	Konceptualus modelis .....	3
2	Matlab modeliavimas .....	4
2.1	Iėjimo kintamųjų funkcijos .....	4
2.2	Išėjimo kintamųjų funkcijos .....	6
2.3	Taisyklių sudarymas .....	7
2.4	Išvesties kintamųjų prognozavimas .....	8
3	Praktinės užduotys .....	10
4	Fuzzy priklausomumo funkcijų pavyzdžiai .....	11

# 1 Konceptualus modelis

Tarkime Bankas turi pateiktą tam tikrą ir būtiną informaciją apie asmenį, kuris prašo banko paskolos. Atsižvelgiant į tuos rodiklius bankas nusprendžia kokio dydžio paskolą galima suteikti asmeniui. Žemiau pateikti banko duomenys apie asmenį:

- 1) Interesanto amžių;
- 2) Bendros šeimos pajamas, Lt;
- 3) Šeimos narių skaičius;

Žmogaus amžius, šeimos pajamos ar šeimos dydis yra suskirstomas tam tikrus *Fuzzy* (*miglotosios/neraiškios logikos*) lygmenis pateiktus žemiau esančiose lentelėse:

lentelė 1. Amžiaus Fuzzy lygmenys

Amžius	Amžiaus Fuzzy lygmuo
> 30	Labai jaunas
25– 43	Jaunas
35 – 55	Vidutinis
< 50	Rizikinis

lentelė 2. Šeimos bendrų pajamų Fuzzy lygmenys

Pajamos, Lt	Pajamų Fuzzy lygmuo
> 3500	Mažos
2000-6200	Vidutinės
4800-1000	Didelės
< 8000	Labai didelės

lentelė 3. Šeimos dydžio Fuzzy lygmenys

Šeimos narių sk.	Šeimos dydžio Fuzzy lygmuo
>3	Maža šeima
2-5	Vidutinė
< 4	Didelė

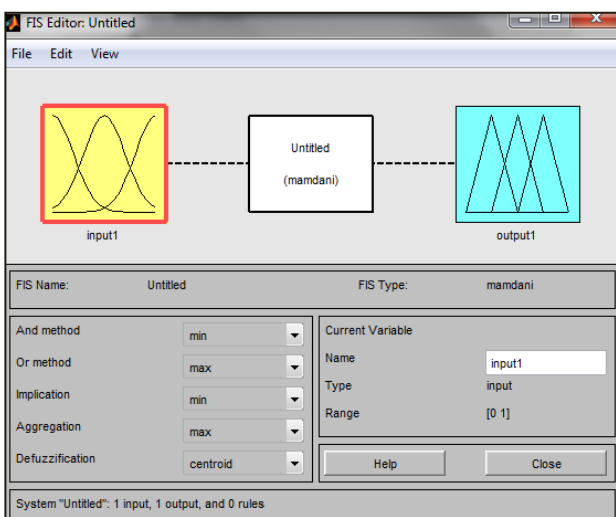
Bankas įvertinęs šias tris rodiklių grupes nusprendžia kokio dydžio galima suteikti maksimalią pajamą interesantui. Paskolos dydis yra suskirstomas į tokias Fuzzy grupes.

lentelė 4. Paskolos dydžio Fuzzy lygmenys

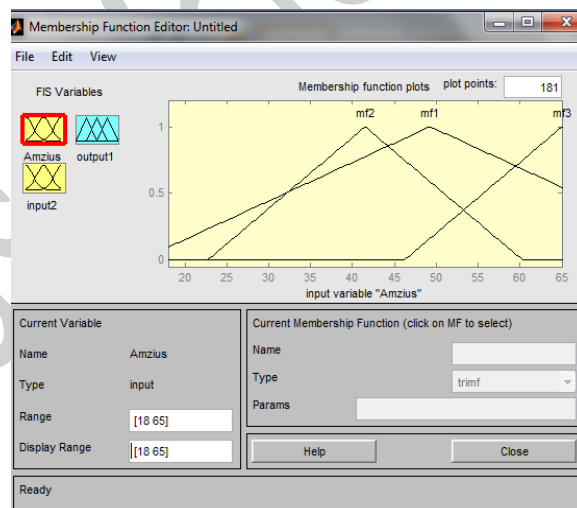
Paskolos dydis tūkst., Lt	Paskolos dydžio Fuzzy lygmuo
>300	Paskola_m
50-700	Paskola_v
< 400	Paskola_d

## 2 Matlab modeliavimas

Pirmiausia atsidarius **Matlab** programą, komandų įvedimo lange reikia įvesti komandą *fuzzy*. Tuomet atsidaro fuzzy logikos įrankio grafinė aplinka, kurioje yra modeliuojamas uždavinys (žr. 1 pav.).



1 pav. Matlab Fuzzy grafinė aplinka



2 pav. Priklausomumo funkcijos parametrų nustatymo langas

Pradedant modeliuoti uždavinį reikia pasirinkti algoritmą: *Mamdani* ar *Sugeno*. Iš meniu parenkama komanda **File** → **New FIS..** → **Mamdani**. Kaip įėjimo duomenys (Input1, Input2,..) fuzzy uždaviniui bus paduodami banko duomenys apie interesantą, kaip išėjimo duomenys turi būti gaunamas banko atsakymas su paskolos dydžiu.

Lango apatinėje dalyje yra parenkami skaičiavimo metodai: *Add method* ir *Or method*. Kadangi modelis sudaromas pagal Mamdani algoritmą pasirenkamas implikacijos metodas *min*. Kaip agregacijos metodas parenkamas *max* metodas, o defuzifikacijai parenkamas *centroid* metodas (žr. 1 pav.).

### 2.1 Įėjimo kintamųjų funkcijos

Kaip pirmąjį įėjimą aprašysime amžiaus grupę. Lango apatinėje dalyje dešinėje pusėje nurodomas kintamojo vardas *Amzius*. Paspaudus šį langelį atsidaro priklausomumo funkcijų parametrų nustatymo langas (žr. 1 pav.). šiame lange matyti trys *mf1*, *mf2*, *mf3* priklausomumo funkcijos. Lango kairėje pusėje reikia nurodyti kintamojo *Amzius* ribas, įvedant *Range* [18-65] ir *Current Range* [18-65] (žr.3 pav.).

Lango dešiniajame kampe suvedamos kintamojo Fuzzy lygmenų priklausomumo funkcijos. Paspaudus ant *mf1* yra nurodomas jo vardas *Name*, ir grafikos tipas *Type* (priklausomumo funkcija).

- Pirmajai funkcijai parinkite tokius parametrus (žr. 3 pav.):

- Name: labai\_jaunas,
- Type: **zmf**,
- Params [18 30].

- Antrajai funkcijai parinkite tokius parametrus (žr. 4 pav.):

- Name: jaunas,
- Type: **trapmf**,
- Params [25 31 37 43].

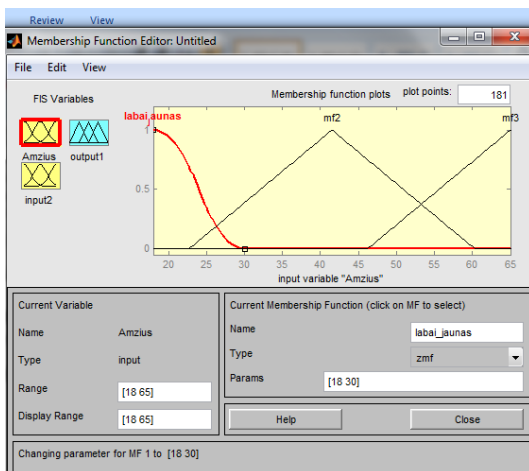
Kadangi bus reikalingos keturios funkcijos galime iškart pridėti papildomą funkciją vykdant komandas **Edit** → **Add MFs..** (atsivėrusiame lange nurodant skaičių 1)

- Trečiajai funkcijai parinkite tokius parametrus (žr. 5 pav.):

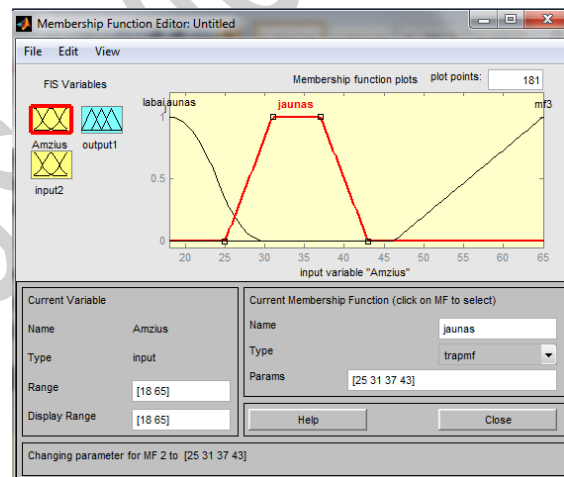
- Name: vidutinis,
- Type: **trapmf**,
- Params [35 43 47 55].

- Ketvirtajai funkcijai parinkite tokius parametrus (žr. 6 pav.):

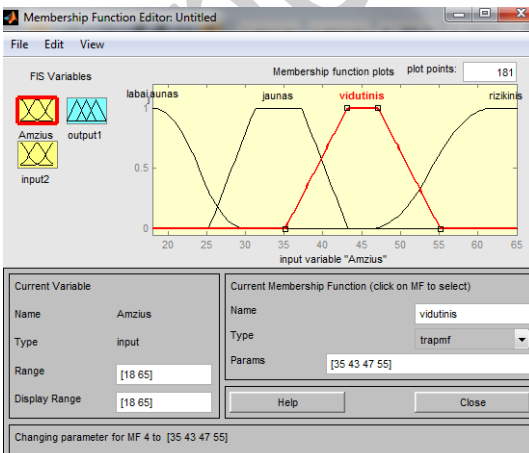
- Name: rizikinis,
- Type: **smf**,
- Params [46 62].



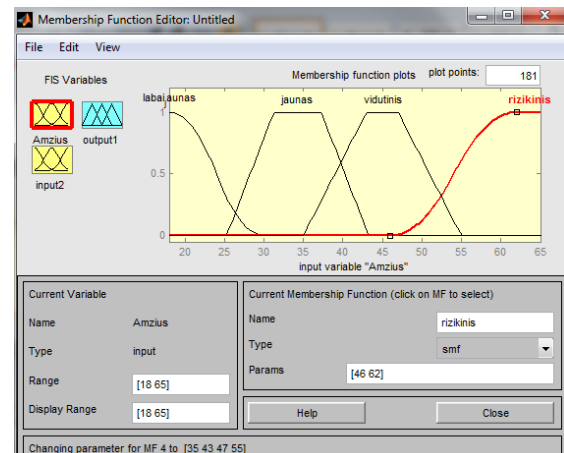
3 pav. Amžiaus Priklausomumo funkcija „labai jaunas“



4 pav. Amžiaus Priklausomumo funkcija „jaunas“



5 pav. Amžiaus Priklausomumo funkcija „vidutinis“



6 pav. Amžiaus Priklausomumo funkcija „rizikinis“

Bendros šeimos pajamos apibrėžiamos kaip kitas įėjimas kintamojo vardu *Pajamos*. Aprašomos keturios priklausomumo keturias funkcijas. Kintamojo *Pajamos* ribas įveskite *Range* ir *Current Range* [1000-12000].

- Pirmajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - *Name*: mazos\_p,
  - *Type*: **zmf**,
  - *Params* [970 3500].
- Antrajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - *Name*: vidutines\_p,
  - *Type*: **trimf**,
  - *Params* [1900 4000 6200].
- Trečiajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - *Name*: didelės\_p,
  - *Type*: **trimf**,
  - *Params* [4800 7500 10000].
- Ketvirtajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - *Name*: labai\_didelės\_p,
  - *Type*: **smf**,
  - *Params* [8000 16000].

Šeimos narių skaičius apibrėžiamas kaip kitas įėjimas kintamojo vardu *Seima*. Aprašomos trys priklausomumo keturias funkcijas. Kintamojo *Pajamos* ribas įveskite, *Range* ir *Current Range* [1000-12000].

- Pirmajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - *Name*: mazos\_p,
  - *Type*: **zmf**,
  - *Params* [970 3500].
- Antrajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - *Name*: vidutines\_p,
  - *Type*: **trimf**,
  - *Params* [1900 4000 6200].
- Trečiajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - *Name*: didelės\_p,
  - *Type*: **trimf**,
  - *Params* [4800 7500 10000].
- Ketvirtajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - *Name*: labai\_didelės\_p,
  - *Type*: **smf**,
  - *Params* [8000 16000].

## 2.2 Išėjimo kintamųjų funkcijos

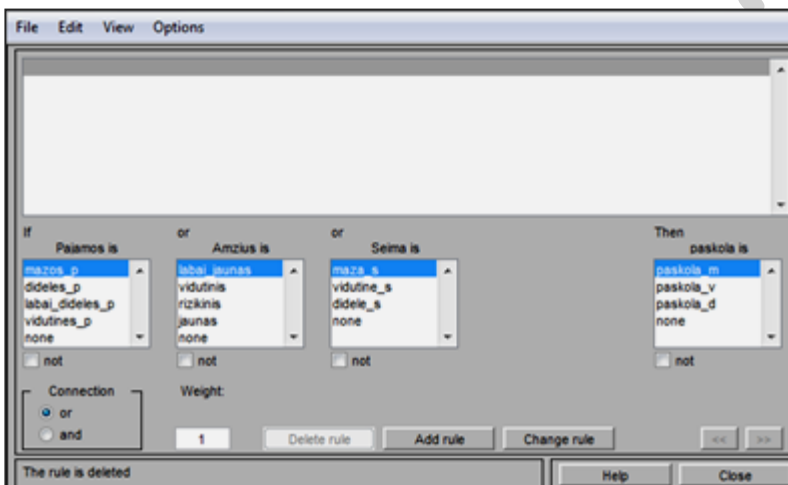
Tokių pačių principu apibrėžiamas išėjimas, t.y. suteikiamos paskolos dydis. Kintamojo *Paskola* ribas įveskite *Range* ir *Current Range* [50-800] kas nurodo paskolą tūkstančiais litų.

- Pirmajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - *Name*: paskola\_m,
  - *Type*: **trimf**,
  - *Params* [-250 50 300].

- Antrajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - Name: paskola\_v,
  - Type: **trimf**,
  - Params [50 280 700].
- Trečiajai funkcijai parinkite tokius parametrus:
  - Name: paskola\_d,
  - Type: **smf**,
  - Params [400 700].

## 2.3 Taisyklių sudarymas

Sudarius įvesties ir išvesties kintamųjų funkcijas, reikia apibrėžti taisykles jų susiejimui. Matal Fuzzy įrankyje tokios *If..Then* taisyklės apibrėžiamos du kartus paspaudus ant **Mamdani** bloko. Atsivėrusiame lange (žr. 7 pav.) yra sudaromas taisyklių rinkinys pasirenkant atitinkamas kintamųjų reikšmes ir spaudžiant *Add rule*. Kiekvienai taisyklei taip pat galima nurodyti svorį *Weight* taip pažymint jos svarbą. Svoris gali būti nurodomas intervale [0 1]. Dažniausiai visoms taisyklėms paliekamas svoris lygus 1 ir nurodant kad visos taisyklės yra vienodai svarbios.



7 pav. Fuzzy taisyklių sudarymo langas

Pagal žemiau pateiktą lentelę (žr. Lentelė 5) surašykite grafiniam Fuzzy redaktoriuje taisykles.

lentelė 5. Fuzzy taisyklės

Nr.	Pajamos		Amzius		Seima	Paskola
1.	mazos_p	and	not(rizikinis)	and	not(didele_s)	paskola_m
2.	vidutines_p	and	labai_jaunas	and	maza_s	paskola_m
3.	vidutines_p	and	labai_jaunas	and	vidutine_s	paskola_m
4.	vidutines_p	and	labai_jaunas	and	didele_s	paskola_m
5.	vidutines_p	and	jaunas	and	not(didele_s)	paskola_v
6.	vidutines_p	and	jaunas	and	didele_s	paskola_m
7.	vidutine_p	and	vidutinis	and	not(didele_s)	paskola_v
8.	vidutines_p	and	vidutinis	and	didele_s	paskola_m

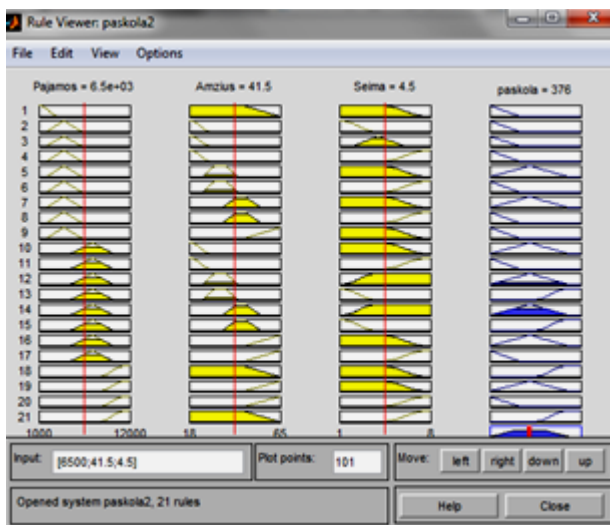
9.	vidutines_p	and	rizikinis	and	not(didele_s)	paskola_m
10.	dideles_p	and	labai_jaunas	and	not(didele_s)	paskola_v
11.	dideles_p	and	labai_jaunas	and	didele_s	paskola_m
12.	dideles_p	and	jaunas	and	not(maza_s)	paskola_v
13.	dideles_p	and	jaunas	and	maza_s	paskola_d
14.	dideles_p	and	vidutinis	and	not(maza_s)	paskola_v
15.	dideles_p	and	vidutinis	and	maza_s	paskola_d
16.	dideles_p	and	rizikinis	and	not(didele_s)	paskola_v
17.	dideles_p	and	rizikinis	and	didele_s	paskola_m
18.	labai_dideles_p	and	not(rizikinis)	and	not(didele_s)	paskola_d
19.	labai_dideles_p	and	rizikinis	and	not(didele_s)	paskola_v
20.	labai_dideles_p	and	rizikinis	and	didele_s	paskola_m
21.	labai_dideles_p	and	not(rizikinis)	and	didele_s	paskola_d

## 2.4 Išvesties kintamųjų prognozavimas

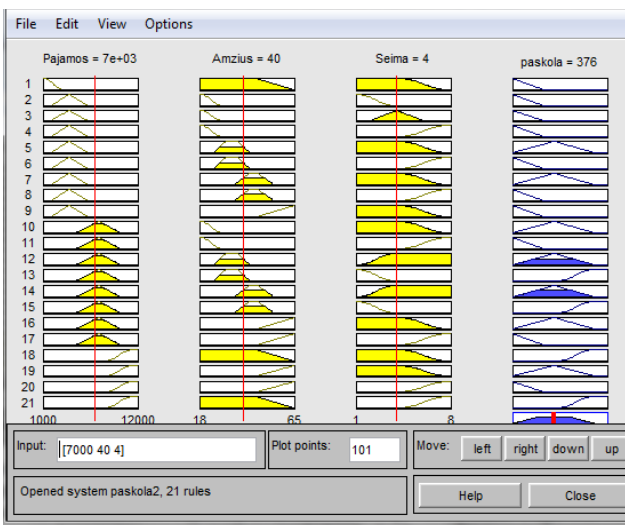
Sudarytas modelis yra naudojamas atsakymų prognozavimui. Konkretaus uždavinio atveju pagal pateiktus duomenis galima gauti prognozuojamą paskolos reikšmę bei kintamojo verčių priklausomybių grafinius paviršius.

Pasirinkus iš **View** meniu **Rules**, atsidaro langas (8 pav.), kuriame pateiktos įėjimo ir išėjimo kintamųjų funkcijos. *Input* langelyje galima nurodyti visų įėjimų ties kintamųjų priklausomumo grafikais. Šios reikšmės taip pat gali būti nustatomos stumdant vertikaliąją raudoną juostą kiekvieno kintamojo verčių lauke. Pagal šias reikšmes yra pateikiamas atsakymas, t.y. prognozuojamas paskolos dydis. Pavyzdžiui, *Input* stulpelyje nurodžius [7000 40 4], kad *Pajamos* yra 7000, *Amžius* 40 metų ir *šeimos dydis* yra 4 asmenys gauname prognozuojamos paskolos dydį **376 tūkt. Lt** (9 pav.). Kaip matome, išėjimo kintamojo *Paskola* grafikuose paryškinti tik du grafikai (9 pav.). Tai reiškia kad prognozei buvo panaudotos 12 ir 14 taisyklės. Paskutinė eilutė pateikia kintamojo *Paskola* agreguotos priklausomumo funkcijos grafiką. Per šį grafiką eina stora linija parodanti defuzikuotą paskolos įvertį.



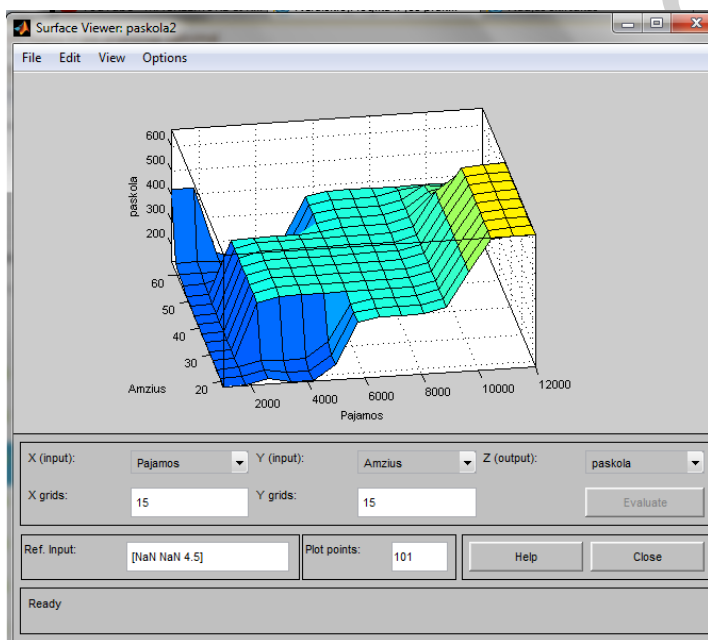


8 pav. Fuzzy atsakymų langas *Rule*

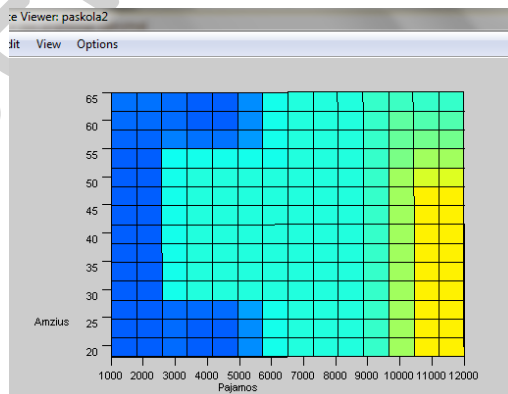


9 pav. Fuzzy atsakymų langas su įvestimis [7000 40 4]

Pasirinkus iš meniu **View** komandą **Surface**, yra pateikiamas išėjimo kintamojo verčių priklausomybės grafikas nuo pasirinktų dviejų įėjimo kintamųjų. Kaip matyti iš paveikslėlio didėjant pajamoms didėja ir paskolos dydis (10 a) pav.). Taip pat galima gauti ir glotnų tokių priklausomybių atvaizdavimą pasukus grafiką stačiu kampu (10 b) pav.).



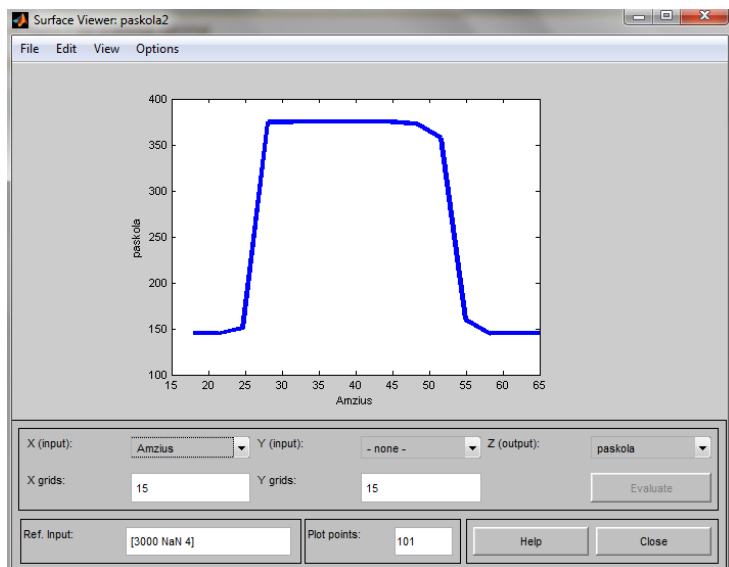
a)



b)

10 pav. Išėjimo įverčio Paskola priklausomybės grafikas nuo amžiaus ir pajamų: trimatis a) ir dvimatis atvaizdavimas b).

Norint gauti Paskolos kintamojo priklausomybės grafiką nuo vieno kintamojo  $X(input)$  arba  $Y(input)$  langelyje parenkama –**none**– opcija. Langelyje *Ref Input* parašę likusias vertes gauname atitinkamą grafiką. Pavyzdžiui, jeigu mes norime pamatyti paskolos priklausomybę nuo amžiaus  $X(input)$  parenkamas amžius,  $Y(input)$  **none**, ir *Ref Input* skiltyje nurodom [3000 NaN 4] gauname 11 pav. pavaizduotą grafiką.



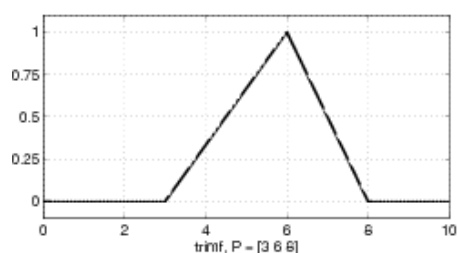
11 pav. Išėjimo įverčio Paskola priklausomybės grafikas nuo amžiaus

### 3 Praktinės užduotys

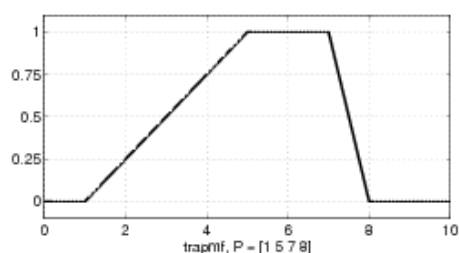
- Parinkite skirtingus *Agregacijos* metodus *max*, *sum*, *probor* ir palyginkite išėjimo atsakymus su įėjimo duomenų pasirinktimi [5000 30 4].
- Su *max* *Agregacijos* metodu parinkite skirtingus defuzifikacijos metodus *lom*, *som* ir *mom* ir palyginkite atsakymus su įėjimo duomenų pasirinktimi [5200 41 6].
- Įveskite dar vieną išėjimo kintamąjį *Metai*, kuris pateiktų keleriems metams yra suteikiama paskola.
  - a. Pridėtam kintamajam sudarykite tris priklausomumo funkcijas, kuris būtų suskirstytos intervale nuo 5 iki 35 metų.
  - b. Pridėjus kintamąjį **Metai** pakoreguokite taisykles.
  - c. Gaukite išėjimo įverčių atsakymą su įėjimo duomenų pasirinktimis [6000 35 4] bei [4200 55 3].
  - d. Nubraižykite kintamojo *Metai* verčių priklausomybės grafikas nuo pasirinktų dviejų įėjimo kintamųjų.
- Atlikite sprendimo realizaciją panaudojant **Sugeno** algoritmą.
- Pateikti darbo išvadas.

## 4 Fuzzy priklausomumo funkcijų pavyzdžiai

### Trikampio ir trapecijos funkcijos

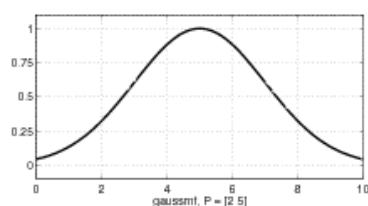


trimf

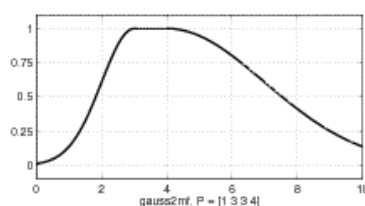


trapmf

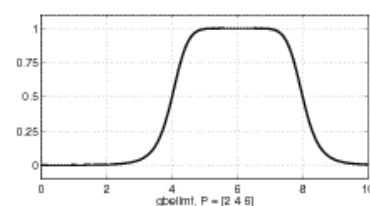
### Gausinės funkcijos



gaussmf

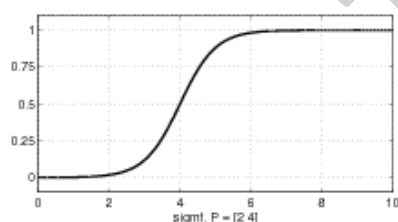


gauss2mf

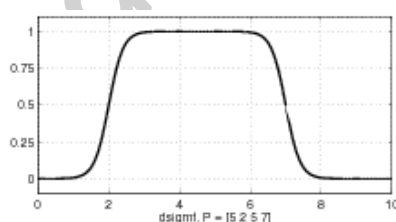


gbellmf

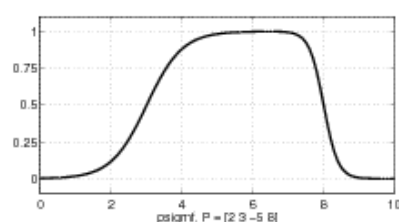
### Sigmoidinės funkcijos



sigmf

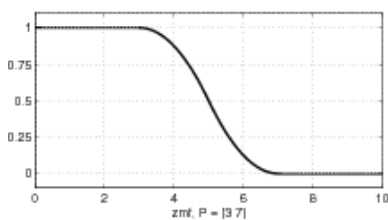


dsigmf

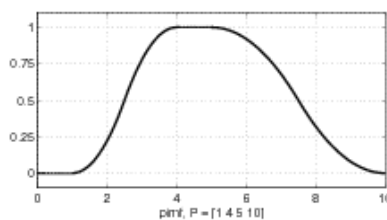


psigmf

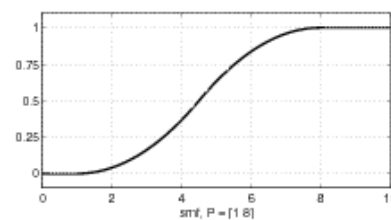
### Polinominės funkcijos



zmf



pimf



smf