

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA‘LIM, FAN VA  
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**INTELLEKTUAL BOSHQARISH  
NAZARIYASI**

fanidan  
laboratoriya ishlarini bajarish uchun

**USLUBIY KO‘RSATMA**

**Toshkent-2023**

## UDK 621.38

**Tuzuvchilar:** Siddikov I.X., Yakubova N.S. «Intellectual boshqarish nazariyasi» fanidan laboratoriya ishlarini bajarish uchun uslubiy ko'rsatma. – Toshkent: 2023. -86 bet.

Ushbu uslubiy ko'rsatmada "Intellectual boshqarish nazariyasi" fanidan berilgan laboratoriya topshiriqlarini bajarish va hisobotini tayyorlash bo'yicha ko'rsatmalar mavjud. Noravshan to'plamlar va munosabatlarda matematik amallarni bajarish, noravshan mantiqdan foydalanish va murakkab tizimlarni modellashtirishda noravshan ma'lumotlar hamda lingvistik o'zgaruvchilardan foydalanish ko'nikmalarini tekshirishga oid misollar keltirilgan. Shuningdek, ushbu uslubiy ko'rsatmada noravshan mantiq va sun'iy neyron to'rlari uchun Mamdani va Sugeno noravshan modellari ham keltirib o'tilgan.

Mazkur uslubiy ko'rsatma quyidagi yo'nalishlar bo'yicha oliy ta'lim muassasalarining 60711600 – "Intellectual muhandislik tizimlari (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)", 60610200 – "Axborot tizimlari va texnologiyalari (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) mutaxassislik talabalari uchun mo'ljallangan.

*Islom Karimov nomidagi ToshDTU ilmiy-uslubiy kengashining qaroriga muvofiq chop etildi (26.05.2023 y. 8-sonli bayonnoma).*

### ***Taqrizchilar:***

- Boboyorov R.O.** – TKTI, "Informatika, avtomatlashtirish va boshqaruv" kafedrasini mudiri, texnika fanlari nomzodi, dotsent.
- Mamirov O'F.** – TDTU, "Axborotlarga ishlov berish va boshqarish tizimlari" kafedrasini dotsenti, texnika fanlari doktori.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2023

## KIRISH

Ushbu uslubiy ko'rsatma "Intellektual boshqarish nazariyasi" kursi dasturi asosida ishlab chiqilgan bo'lib, unda laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha ko'rsatmalar berilgan.

Fanni o'rganishdan maqsad talabalarda noravshan mantiq va neyron tarmoqlar bo'yicha matematik bilimlarini shakllantirishdan iboratdir. Shuningdek, noravshan to'plamlar va munosabatlarda matematik amallarni bajarish, noravshan mantiqdan foydalanish va murakkab tizimlarni modellashtirishda noravshan ma'lumotlar hamda lingvistik o'zgaruvchilardan foydalanish ko'nikmalarini tekshirishga oid misollar keltirilgan.

60711600 – "Intellektual muhandislik tizimlari (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)", 60610200 – "Axborot tizimlari va texnologiyalari (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) mutaxassislik talabalari uchun o'quv rejada "Intellektual boshqarish nazariyasi" fanidan laboratoriya mashg'ulotlari ko'zda tutilgan. Tematik rejaga asosan laboratoriya mashg'ulotlari uchun 30 soat ajratilgan.

Laboratoriya mashg'ulotlarini o'tkazishdan maqsad talabalarning noravshanmantiq va neyron tarmoqlarning intellektual axborot texnologiyalari asosida bilim va amaliy ko'nikmalarini oshirishdan iborat. Shu munosabat bilan talabalarga noravshan mantiq va neyron tarmoqlarning asosiy tushuncha va modellari haqida fundamental tushunchalar berish, shuningdek, bu bilimlarni amaliyotda qo'llash yo'llarini o'rgatish lozim bo'ladi.

Mazkur uslubiy ko'rsatma yordamida talaba mustaqil qaror qabul qilishni o'rganadi hamda uning tadqiqot qobiliyati rivojlanadi. Shuningdek, ushbu uslubiy ko'rsatmada noravshan mantiq va sun'iy neyron to'rlari uchun Mamdani va Sugeno noravshan modellariga ham oid misollar keltirilgan.

# 1-LABORATORIYA ISHI

## NORAVSHAN MATEMATIK MODELNI QURISH VA TADQIQ ETISH

**Ishdan maqsad:** noravshan matematik modelni qurish usulini o'rganish.

### Nazariy qism

Boshqarish tizimining noaniqlik modelini qurishda odatda uchta yondashuv qo'llaniladi.

**Birinchi yondashuv** - shartli jumlar to'plamini yozish uchun modellashtirilgan jarayonning sifat ko'rinishlaridan foydalanish.

**Ikkinchi yondashuv** - bu mavjud matematik tavsifning noaniq talqinidir. Bunda murakkab modellar yordamida olingan natijalar sifatli xarakterga ega ekanligi va o'rganilayotgan jarayonning eng xarakterli xususiyatlarini aks ettirilishi bilan belgilanadi.

**Uchinchi yondashuv** - joriy o'lchov ma'lumotlarining ketma-ketligiga asoslangan identifikatsiyalash protsedurasidan foydalanish.

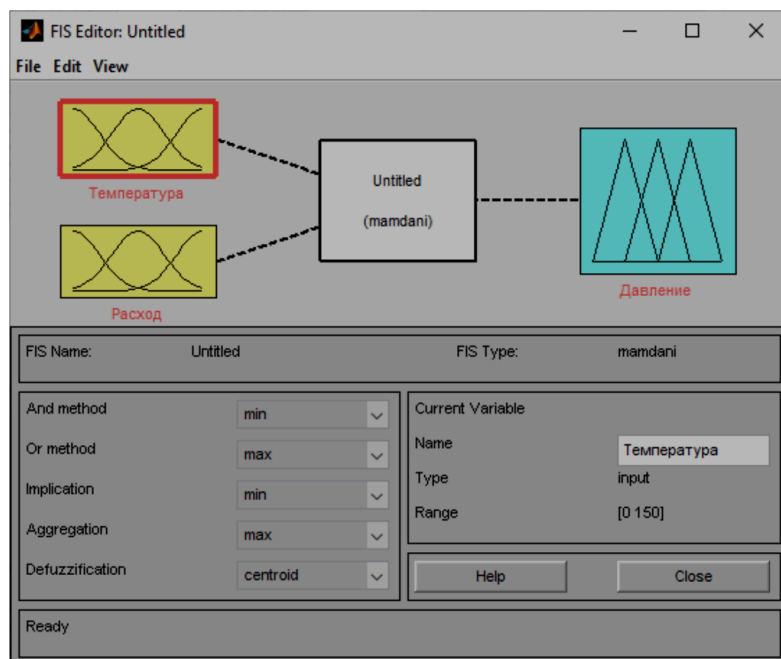
Mazkur uslubiy ko'rsatmada berilgan laboratoriya mashg'ulotlari uchinchi yondashuvga asoslanadi.

### Ishni bajarish tartibi

Noravshanapproksimatsiyalash (yaqinlashish) tizimini qurishni ko'rib chiqamiz. Buning uchun quyidagi ketma-ketlik amalga oshiriladi:

1. Matlab buyruqlar oynasi (*Matlab Command Window*) ni yuklab oling.

2. *Fuzzy Logic* paketining asosiy interfeys dasturi ishga tushiriladi. Bundaishchi oyna quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi (1.8-rasm):



1.1-rasm. FIS Editor ishchi oynasining tuzilishi

Tahrirlovchi menyu satri quyidagi elementlardan iborat bo‘ladi:

- Fayl – namunaviy fayllar bilan ishlash (ularni yaratish, saqlash, o‘qish va chop etish);
- Tahrirlash - tahrirlash operatsiyalari (kirish va chiqish o‘zgaruvchilarini qo‘shish va o‘chirish).
- Ko‘rinish – qo‘shimcha vositalarga o‘tish.

4. *Fayl* menyusidan berilgan fayl ochiladi. Keltirilgan misol ishga tushiriladi va bunda noaniq xulosa ishlashi qoidalarni ko‘rish vositasi orqali kuzatib boriladi.

5. So‘ngra ko‘rsatilgan algoritmgaga muvofiq o‘xshashlik bo‘yicha noravshan modeli yaratiladi.

6. *FIS Editor* oynasida *View* menyusidan *Editor Rules* tanlanadi.

7. Ko‘rsatilgan *Rule Editor* oynasida *Delete Rule* tugmasini bosish orqali barcha qoidalar olib tashlanadi.

8. *Rule Editor* oynasidan *View* menyusidan *Edit* membership function qismi tanlanadi.

9. *Membership function edit* oynasining *Membership function plots* qismidan o‘zgaruvchilarning barcha tegishlilik funksiyalari *Del* tugmasini bosish orqali o‘chirib tashlanadi.

10. Har bir talaba uchun berilgan topshiriqlarga muvofiq, kirish parametrlari va chiqish parametrlari oralig‘i aniqlanadi. Yaqinlashishning aniqligini baholash uchun berilgan diapazonning o‘rtasida eksperimental

ma'lumotlarning bir qatori o'chiriladi.

11. *Membership function editor* oynasining *Range* qismida kvadrat qavs [ ] ichida har bir parametr uchun o'zgartirish diapazonini belgilab, so'ng *Display Range* diapazoni maydonida sichqoncha bosiladi.

12. *Member Function plots* oynasida *Edit* menyusidagi *Add MFs...* ya'ni tegishlilik funksiyasi bandi tanlanadi. Ochilgan oynada *MF type* maydonidan tegishlilik funksiyasining tipi (gaussfm) ni va tajriba nuqtalari soni tanlanadi. Agar kirish yoki chiqish massivlarida takroriy elementlar bo'lsa, ularni ikki marta ko'rsatish shart emas, shunga mos ravishda tegishlilik funksiyalari soni kamayadi.

13. *Member Function plots* oynasiga tegishlilik funksiyasini qo'shgandan so'ng, sichqoncha bilan birinchi tegishlilik funksiyasini bosib, *Current Membership Function* maydonida *Name* bo'limida nom beriladi va *Params* maydonida kvadrat qavs ichida [ ] ikkinchi raqamni o'chirib, kirish yoki chiqish massivlarining birinchi elementiga mos keladigan qiymatlar belgilanadi. *Membership function plots* bo'limidagi barcha tegishlilik funksiyalari nomi o'zgartirilguncha jarayon takrorlanadi.

14. *MFE* oynasida *File* menyudan *Save to disk as* bandini tanlanadi va faylni saqlanadi.

15. *Rule Editor* oynasiga o'tib qoidalar yoziladi. Buning uchun parametrغا oid qoidaga mos keladigan qiymatni tanlab, so'ng *Add rule* qoida tugmasi bosiladi. Barcha qoidalar yozilmaguncha jarayon takrorlanadi.

### ***Approksimatsiya (yaqinlashish) ning aniqligini baholash***

1. *FIS Editor* oynasining *View* menyusidan *View Rules* tanlanadi. Kirish oynasida modelga kiritilmagan kirish eksperimental nuqtalarining qiymatlarini o'rnatib, noravshan modelning olingan chiqish qiymatini tajribadan olingan haqiqiy qiymat bilan solishtiriladi. Buni amalga oshirish uchun nisbiy xatolik hisoblanadi.

2. Mamdani algoritmidagi (variantda berilgan) dastlabki tegishlilik funksiyalari va noaniqlashtirish usullarining parametrlarini, shuningdek, mantiqiy bog'lovchilarni o'zgartirib, noravshan model yordamida eksperimental nuqtalarni yaqinlashtirishda minimal nisbiy xatolik olinadi.

3. 1.1-jadvalga o'zgaruvchan parametrlarni va hisoblangan xatolikni kiritib, barcha tajribalar hisobotga yoziladi.

## Noravshan modelni kiritish jadvalining umumiy ko‘rinishi

1.1-jadval

Yaqinlashish funksiyalari	Implication	Aggregation	Defuzzification	$\delta$ , %

Bu yerda  $\delta$  quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$\delta = \frac{X_{haq} - X_{his}}{X_{haq}} 100\% \quad (1.1)$$

4. Birinchi laboratoriya ishida passiv tajriba usulida olingan taxminiy model yuzasini noravshan matematik model yuzasi bilan solishtirib, yaqinlashuvchi modellarning aniqligi haqida xulosa chiqaring.

### Nazorat savollari:

1. Noravshan to‘plamni aniqlang.
2. Lingvistik o‘zgaruvchini nima, misollar keltiring.
3. “VA”, “YOKP” mantiqiy amallarining arifmetik analoglaridan foydalanib, bu amallar mos keladigan funksiyalarni maksimallashtirish va minimallashtirish protseduralariga ekvivalent ekanligini tavsiflang.
4. Noravshan to‘plamlarning faza-kesishishi va faza-birikmasi protseduralariga mantiqiy algebraning qanday amallari mos keladi?
5. Agar dastlabki to‘plamlarning  $FPlari$  ma’lum bo‘lsa, fazalar kesishuvi va fazalar birlashma  $FPlarini$  topish uchun qanday protseduralar qo‘llaniladi?

## 2-LABORATORIYA ISHI FUZZY LOGIC TOOLBOX PAKETINI O‘RGANISH

**Ishdan maqsad:** noravshan yoki noravshan mantiq asoslarini, MATLAB dasturining Fuzzy Logic Toolbox paketini o‘rganish; MATLAB muhitida an’anaviy va noravshanroslagichlar bilan boshqaruv tizimlarining qiyosiy tavsiflarini o‘rganish.

**2.1-topshiriq.** MATLAB dasturining ishchi oynasini oching. Fuzzy Logic Toolbox paketi haqidagi nazariy ma’lumotlarni o‘rganishni avval MATLAB ishchi oynasiga tahrirlangan (oldin yaratilgan) boshqaruv FIS -

tankni ko'rsatadigan noravshan buyruqni kiritish orqali boshlang.

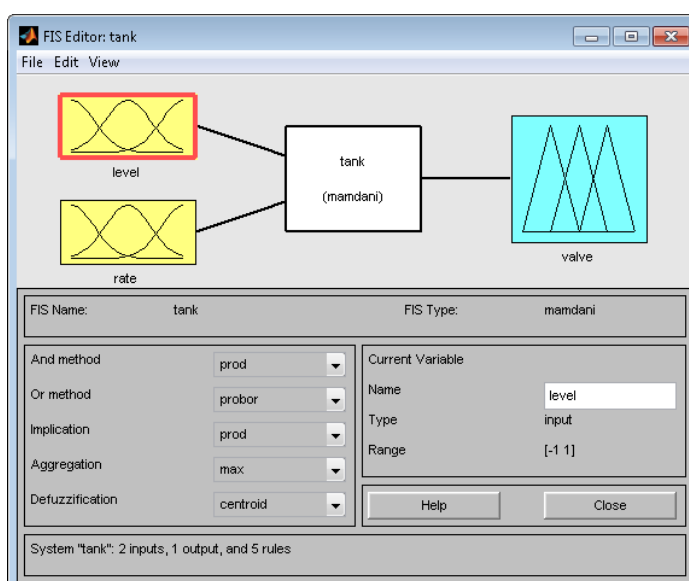
## 2.2-topshiriq. Boshqarish tizimini simulyatsiya qilish.

MATLAB dasturining ishchi oynasini oching va *sltank* buyrug'ini kiriting. Ochilgan Simulink modeli oynasida, kommutatorning *const* blokida tankdagi noravshan suyuqlik darajasini nazorat qilish *Switch*tizimini *1* ga sozlang. Shunday qilib, *PID Controller* bloki boshqaruv sikliga kiritilgan (aslida *PD*rostagich, chunki integral komponentning koeffitsiyenti nolga teng). Modelni simulyatsiya qilishni boshlash uchun *Simulation* menyusining *Start* (boshlash) buyrug'idan foydalaning. *Comparison* (taqqoslash) blokidagi tizimni o'tkinchi jarayon turiga qarang.

Simulyatsiya to'xtatilgandan so'ng, *Switch* uzib-ulagichning *const* blokini *-1* ga o'rning. Noravshanrostagich boshqaruv sikliga (*Fuzzy Logic Controller* bloki) kiritilgan. Modelni simulyatsiya qilishni boshlash uchun *Simulation* menyusining *Start* (boshlash) buyrug'idan foydalaning. *Comparison* (taqqoslash) bloki ekranida tizimdagi o'tkinchi jarayonning ko'rinishiga qarang. Simulyatsiyani to'xtatgandan so'ng, boshqaruv tizimining ost modellarining tuzilishini ko'rib chiqing.

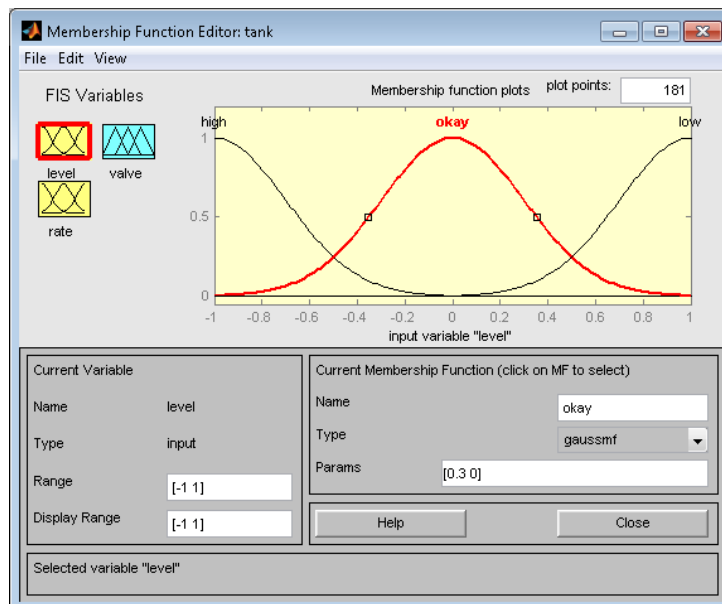
**2.3-topshiriq.** Noravshan boshqaruvning qo'shimcha imkoniyatlarini o'rganish uchun MATLAB ishchi oynasiga *demo* buyrug'ini kiriting. Ko'rsatilgan oynada *Toolboxes*, *Fuzzy Logic*, so'ngra demonstratsion modellar *Cart and pole (sim)*, *Backing truck (sim)* bandlarini tanlang.

## Ishni bajarish tartibi

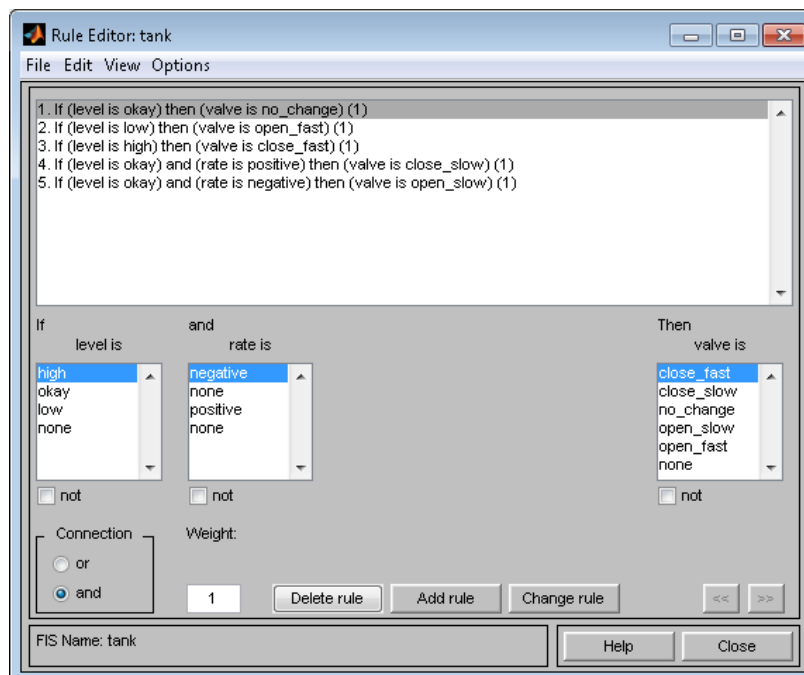


2.1-rasm. FIS Editor ishchi oynasining umumiy ko'rinishi

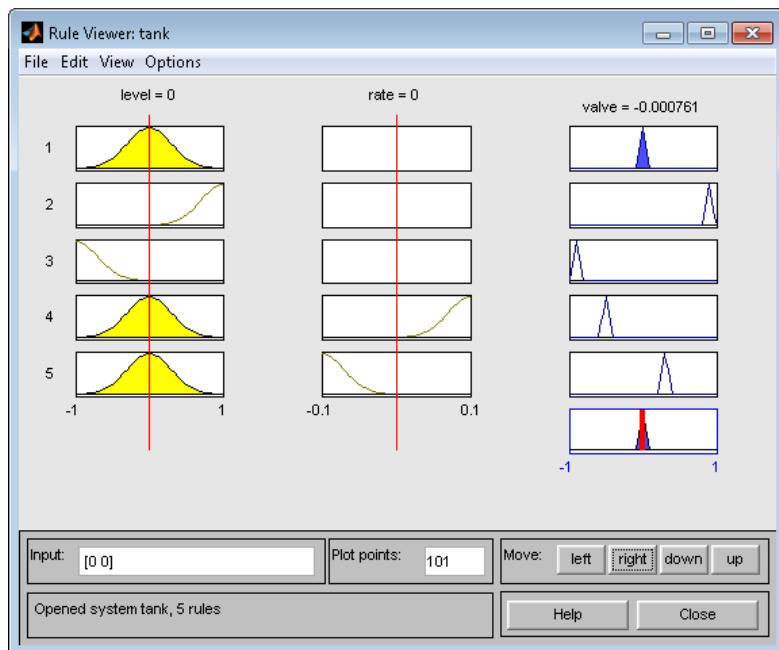




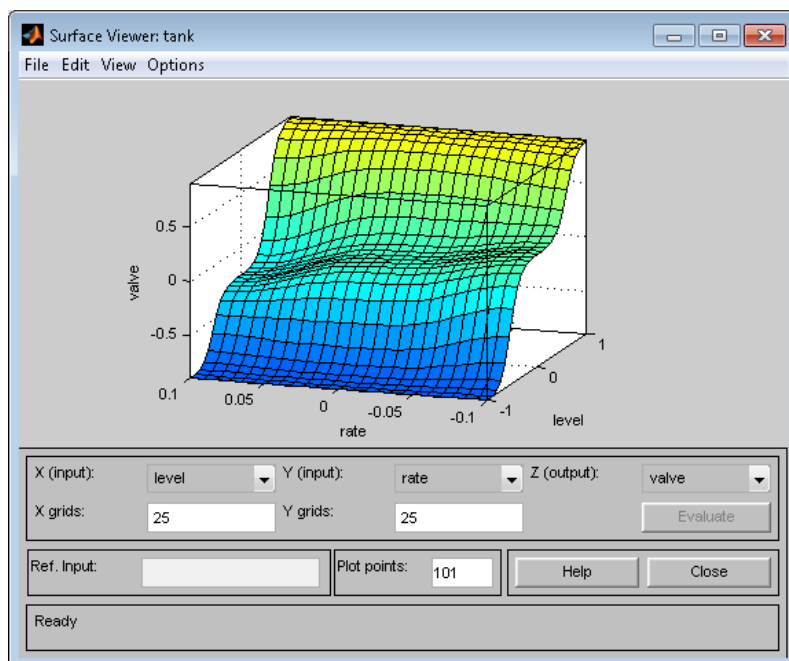
2.2-rasm. Kirish qiymatlari diapazonini tavsiflovchi funksiyalar oynasi



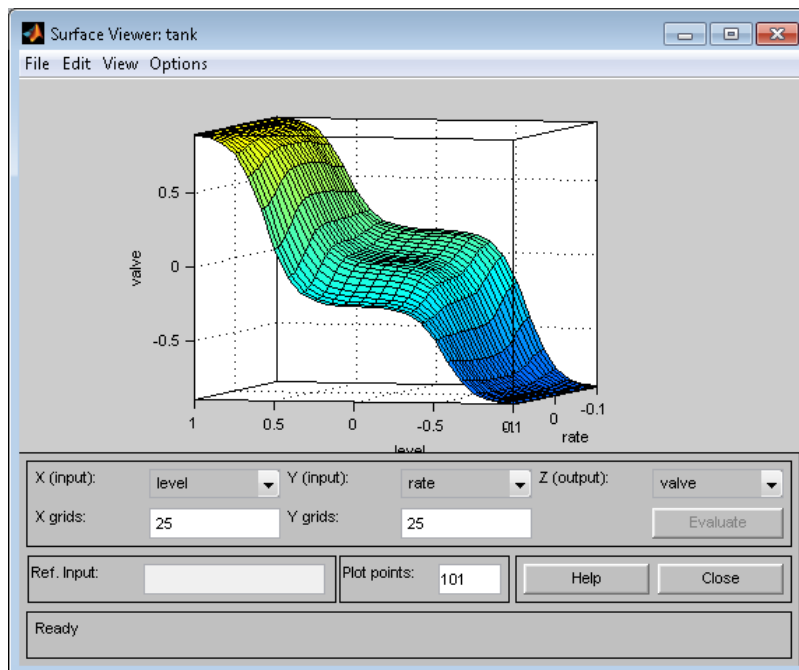
2.3-rasm. Qoidalarni kiritish oynasi



2.4-rasm. Kirish va chiqish parametrlarining qiymatlari



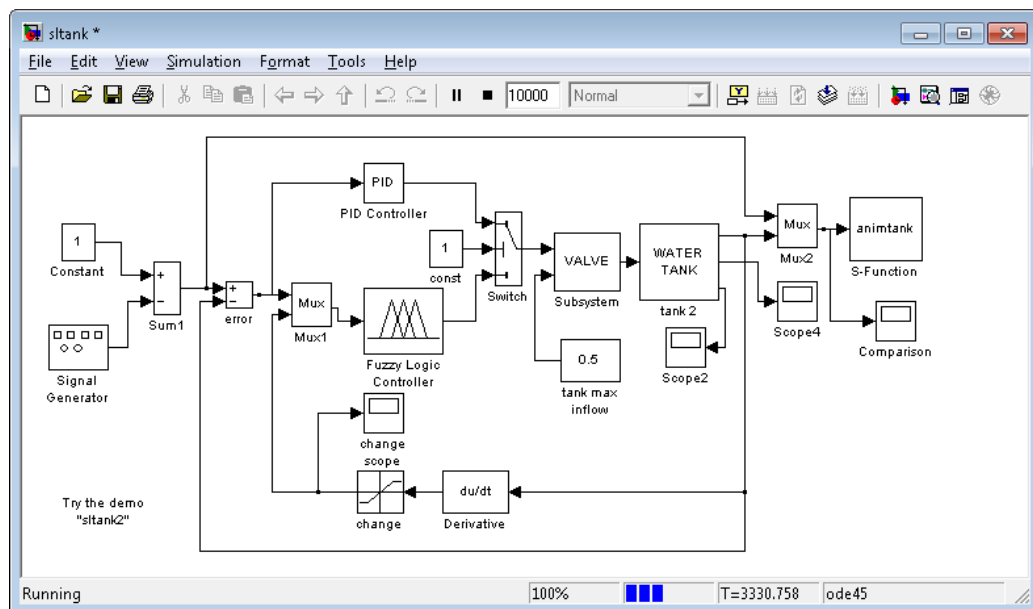
2.5-rasm. Qaror qabul qilish yuzasi



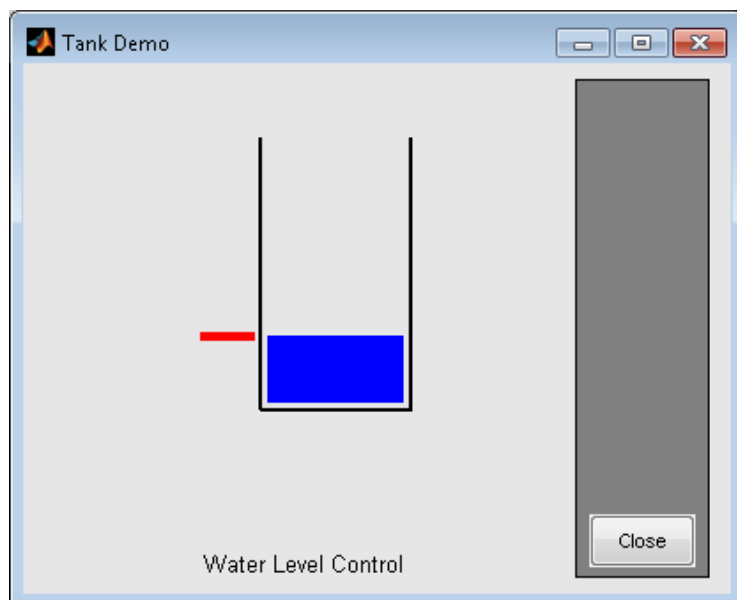
2.6-rasm. Qaror qabul qilish yuzasi.

## 2.2-topshiriq

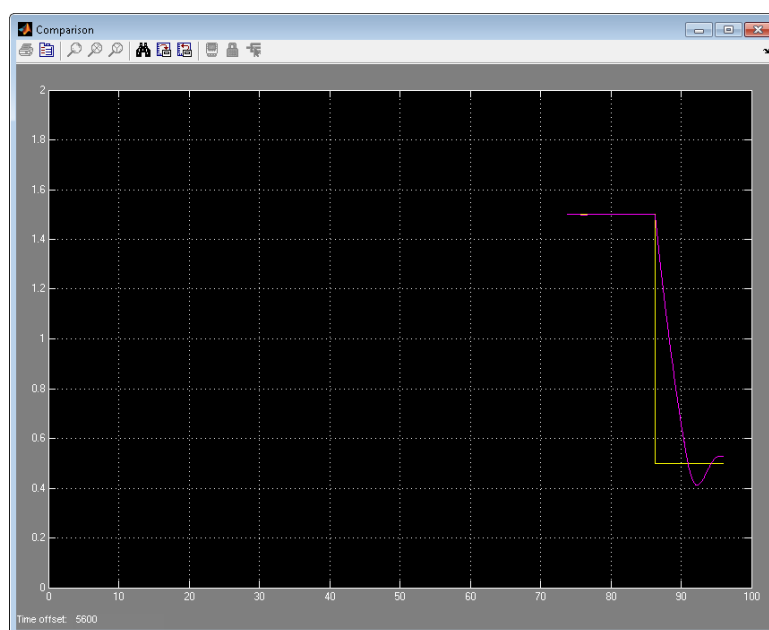
Suv sathining rostlovchi diagrammali Simulink oynasi. Qiymat  $const=1$  ga teng, ya'ni *Fuzzy Logic Controller* ishlatilmaydi.



2.7-rasm. Jarayonning struktura sxemasi

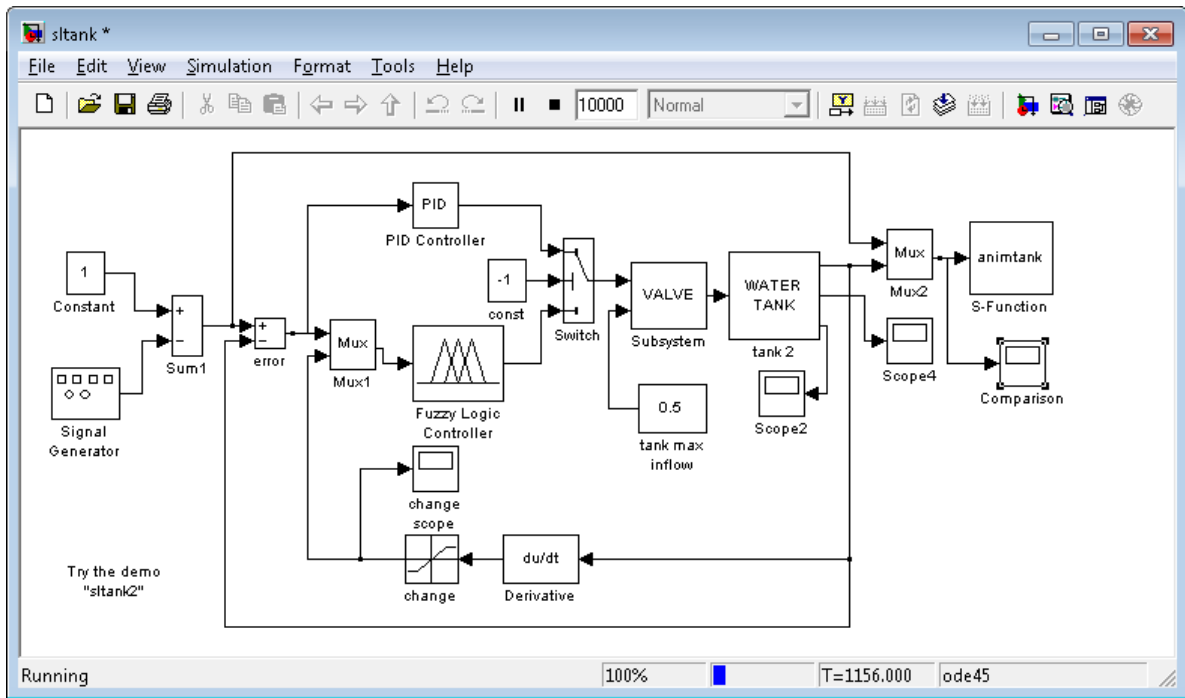


2.8-rasm. Simulyatsiyani ishga tushirgandan so‘ng paydo bo‘ladigan tankdagi suv sathining dinamik tasviri

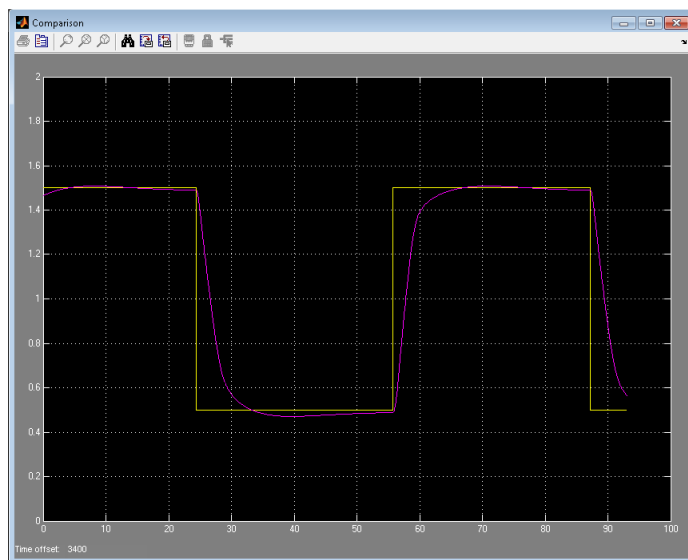


2.9-rasm. Tizimdagi o‘tkinchi jarayon turi

Qiymat  $const=-1$  bo‘lib, bu *Fuzzy Logic Controller* yoqilganligini bildiradi.



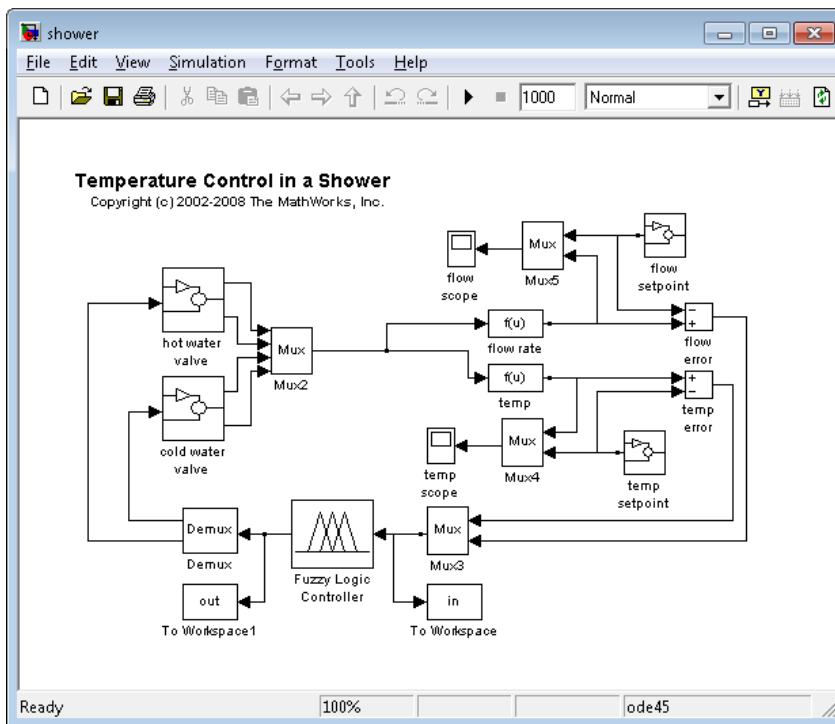
2.10-rasm. Jarayonning struktura sxemasi



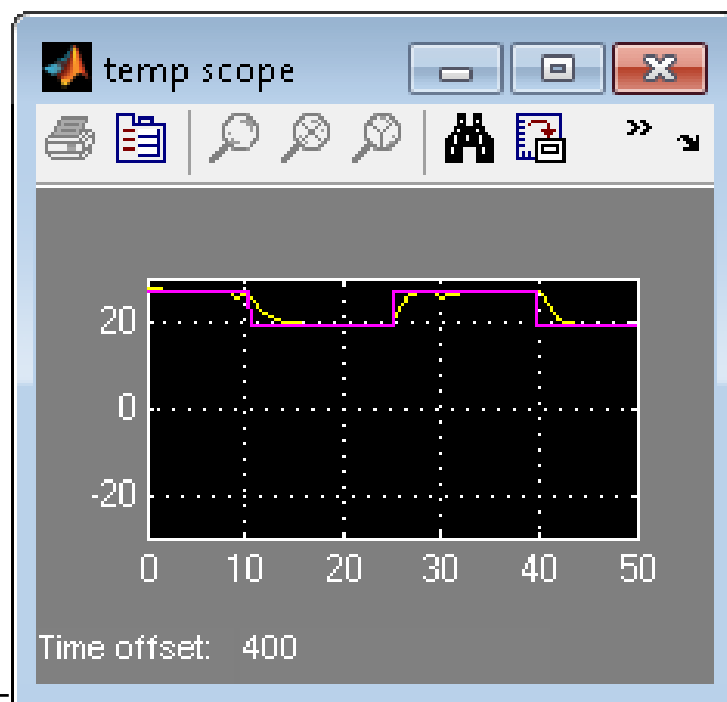
2.11-rasm. Tizimdagi o'tkinchi jarayon turi

### 2.3-topshiriq

Misol sifatida elementlar yordamida tankdagi haroratni nazorat qiluvchi sxema olindi.



2.12-rasm. Jarayonning struktura sxemasi



2.13-rasm. Tizimdagi o'tkinchi jarayon turi

### Nazorat savollari

1. MatLab ish maydoni qanday tashkil etilgan?
2. MatLab da o'zgaruvchini shakllantirish qanday amalga oshiriladi?
3. MatLab da qanday turdagi o'zgaruvchilar mavjud?

4. MatLab da funksiya qanday aniqlanadi?
5. Funksiya nechta qiymat qaytarishi mumkin?

### 3-LABORATORIYA ISHI

#### EKSPERT MA'LUMOTLARI ASOSIDA TEGISHLILIK FUNKSIYALARINI QURISH

**Ishdan maqsad:** Ekspert baholashlari asosida tegishlilik funksiyalarini shakllantirishni o'rganish.

#### Nazariy qism

Noravshan to'plamlar nazariyasida noravshan o'zgaruvchilarning noravshan to'plamlarga tegishlilik darajasini tavsiflovchi tegishlilik funksiyalari, jumladan, lingvistik atamalar muhim o'rin tutadi. Tegishlilik funksiyalarini qurish masalasi quyidagicha bo'ladi: ikkita to'plam berilgan bo'lsin:

- termlar to'plami -  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$
- universal to'plam -  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ .

Universal to'plamdagi  $U$  lingvistik termlar  $l_j, j = \overline{1, m}$ , noravshan to'plam  $l_j$  sifatida tasvirlangan:

$$l_j = \left( \frac{\mu_j(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_j(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_j(u_n)}{u_n} \right) \quad (3.1)$$

To'plam elementlarining  $L$  to'plamdan elementlarga tegishlilik darajasini  $\mu_j(u_i)$  aniqlash kerak, ya'ni  $j = \overline{1, m}$  va  $i = \overline{1, n}$ .

Tegishlilik funksiyalarini aniqlash uchun o'ndan ortiq tipik egri chiziqlar mavjud. Eng keng tarqalganlari: uchburchak, trapetsiya va Gauss tegishlilik funksiyalari.

Uchburchaksimon tegishlilik funksiyasi uchlik sonlar  $(a, b, c)$  bilan aniqlanadi va uning  $x$  nuqtadagi qiymati quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi:

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-c}{c-a}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{boshqa holatda} \end{cases} \quad (3.2)$$

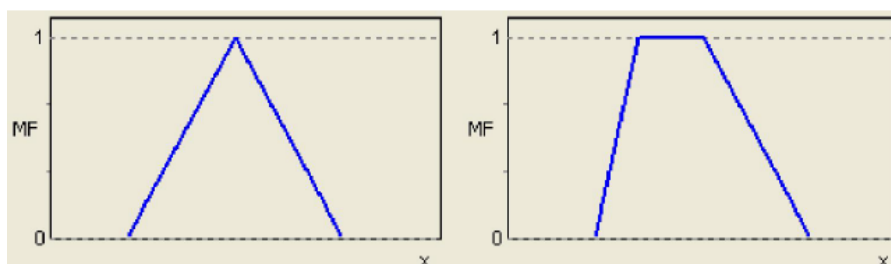
$(b-a)=(c-b)$  holatda simmetrik uchburchak tegishlilik funksiyasi holatiga ega bo'lamiz, uni uchlik  $(a, b, c)$  dan ikkita parametr bilan aniqlash

mumkin.

Xuddi shunday, trapetsiya tegishlilik funksiyasini aniqlash uchun to'rtta raqam  $(a, b, c, d)$  kerak:

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & \text{boshqa holatda} \end{cases} \quad (3.3)$$

$(b-a)=(d-c)$  bo'lganda trapetsiya tegishlilik funksiyasi quyidagicha simmetrik ko'rinishga ega bo'ladi:

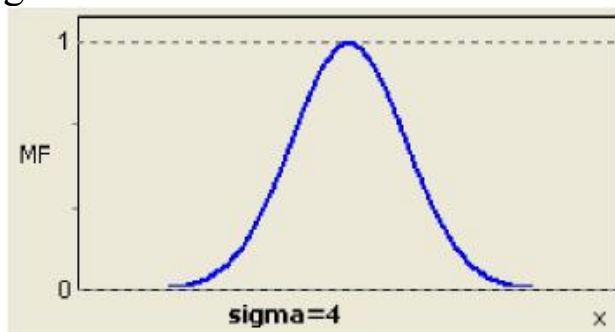


3.1-rasm. Bo'lakli chiziqli tegishlilik funksiyalari

Gauss tipidagi tegishlilik funksiyasi quyidagi formula bilan tavsiflanadi va ikkita parametr bo'yicha ishlaydi:

$$MF(x) = \exp \left[ - \left( \frac{x-c}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (3.4)$$

Parametr noravshan to'plamning markazini va funksiyaning yuqoriga qarab yo'naltirilganligini bildiradi.

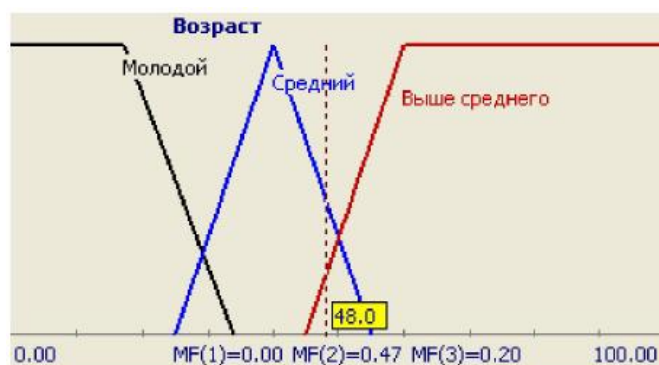


3.2-rasm. Gauss tegishlilik funksiyasi

T asosiy term to'plamidan har bir term uchun tegishlilik funksiyalari to'plami odatda bitta grafikda ko'rsatiladi. 3.3-rasmda yuqorida tavsiflangan lingvistik o'zgaruvchining "shaxsning yoshi" noaniq



lingvistik o‘zgaruvchi misolida ko‘rsatilgan. Shunday qilib, 48 yoshli odam uchun “Yosh” to‘plamiga mansublik darajasi - 0, “O‘rtacha” - 0,47, “O‘rtachadan yuqori” - 0,20ga teng.



3.3-rasm. “Yosh” lingvistik o‘zgaruvchining tavsifi

Lingvistik o‘zgaruvchidagi termlar soni 3 dan 7 gacha.

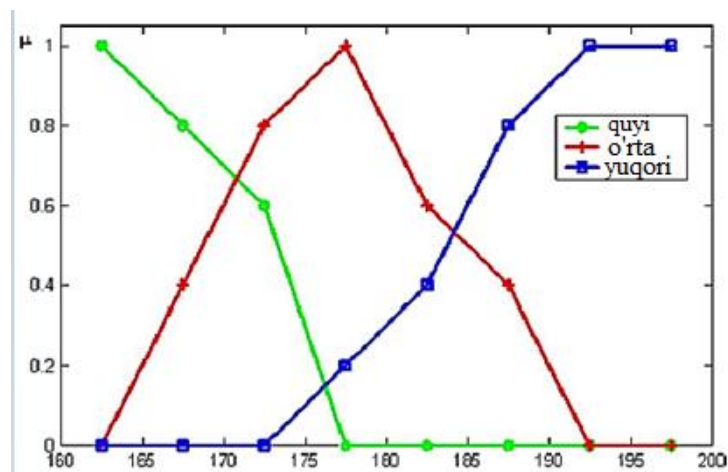
Ekspert xulosalarini qayta ishlash natijalari 3.1-jadvalda keltirilgan. Nuqtali chiziq ustidagi raqamlar universal to‘plamning mos keladigan elementini noravshan to‘plamiga mansubligiga mutaxassislar tomonidan berilgan ovozlari soni. Nuqta chiziq ostidagi raqamlar (3.1) formula bo‘yicha hisoblangan tegishlilik darajalaridir.

***x<sub>1</sub> uchun ekspert xulosalarini qayta ishlash natijasi***

3.1-jadval

	160, 165	165, 170	170, 175	175, 180	180, 185	185, 190	190, 195	195, 200
quy i	3	1	3	2	1	4	1	0
μ <sub>j</sub>	0,6	0,2	0,6	0,4	0,2	0,8	0,2	0
o‘rt a	3	3	1	2	1	3	2	2
μ <sub>j</sub>	0,6	0,6	0,2	0,4	0,2	0,6	0,4	0,4
yuq ori	2	2	2	1	3	1	2	3
μ <sub>j</sub>	0,4	0,4	0,4	0,2	0,6	0,2	0,4	0,6

Tegishlilik funksiyalarining grafiklari quyida ko‘rsatilgan. Shunday qilib, ekspert baholashlari asosida tegishlilik funksiyalari aniqlanadi.



3.4-rasm. Misoldagi noravshan to'plamlarning tegishlilik funksiyalari

**Topshiriq.** Ekspert baholashlari asosida mintaqadagi ob-havo obyektini baholashning tegishlilik funksiyalarini shakllantirish.

1. Ko'rib chiqish uchun hududni tanlang.
2. Uchta noravshan to'plamlar (harorat, yog'ingarchilik, shamol tezligi) mintaqaviy ob-havo ma'lumotlarini internetdan oling.
3. Noravshan o'zgaruvchilar bo'yicha masshtablarni uchta guruhga bo'ling:
  - yuqori (harorat, yog'ingarchilik, shamol tezligi);
  - o'rtacha (harorat, yog'ingarchilik, shamol tezligi);
  - kichik (harorat, yog'ingarchilik, shamol tezligi).
4. 3.2-jadvalni ekspert xulosalarini qayta ishlash bo'yicha ma'lumotlar bilan to'ldiring.
6. Tegishlilik funksiyalarini shakllantiring.

### Nazorat savollari

1. Noravshan o'zgarishni aniqlang.
2. Noravshan to'plam nima va uning aniq to'plamdan farqi?
3. Noravshan to'plamni yozishning qanday shakllari mavjud?
4. Uzluksiz noravshan to'plam qanday ifodalanadi?
5. Tegishlilik funksiyasi nima?
6. Keng qo'llaniladigan tegishlilik funksiyalarini ayting.

## 4-LABORATORIYA ISHI

### TEGISHLILIK FUNKSIYALARI VA ULARNING FUZZY LOGIC TOOLBOX MUHITIDA TATBIQI

**Ishdan maqsad:** *Fuzzy Logic Toolbox* paketining grafik vositalaridan foydalangan holda interaktiv rejimda noaniq xulosalar tizimida noravshan to'plamlarni tavsiflash usullari va vositalari bilan tanishish.

#### Nazariy qism

Noravshan mantiqiy tizimlarni ishlab chiqish va ishlash natijalarini ko'rib chiqish uchun *Fuzzy Logic Toolbox* paketining grafik vositalaridan foydalanamiz. Xuddi shu vositalar grafik obyektga yo'naltirilgan avtomatik dasturlash tili sifatida noravshan xulosalar tizimini ishlab chiqishda ham qo'llaniladi.

Ushbu qismlarga quyidagilar kiradi:

- noravshan xulosalar tizimlari muharriri *FIS Editor* (FIS);
- noravshan xulosa tizimlarining tegishlilik funksiyalar muharriri;
- Tegishlilik funksiyasi muharriri (MFE);
- noravshan xulosalar tizimlari uchun qoidalar muharriri;
- Rule Viewer noravshan xulosalar tizimining qoidalarini ko'rish dasturi;
- noravshan xulosalar dasturini ko'rish vositasi *Surface Viewer*.

Noravshan lingvistik o'zgaruvchilar (LO') noravshan bayonotlarni tavsiflash uchun ishlatiladi.

Noravshan LO' uchun term to'plami noravshan to'plam sifatida aniqlanadi. Bu jarayon fazzifikatsiyalash debataladi.

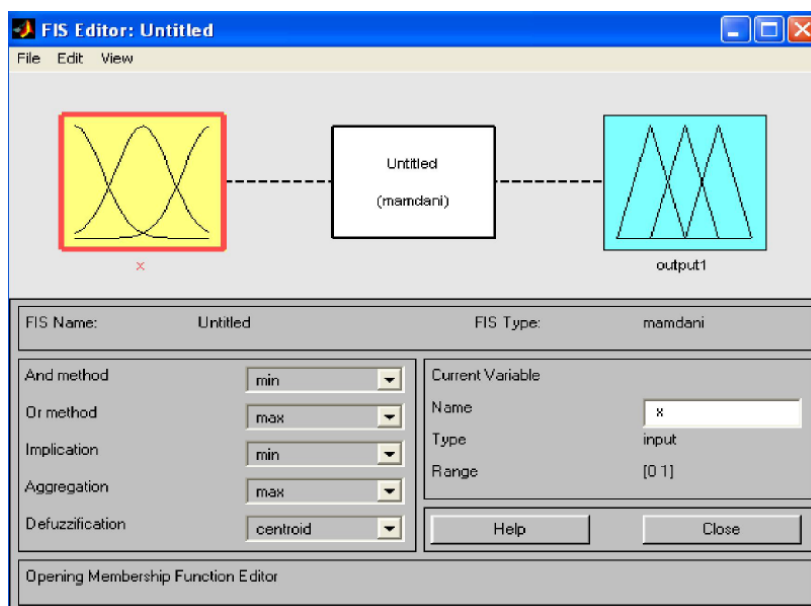
Noravshan munosabatlarning shartli qismidagi noaniq bog'lovchilari ("VA" va/yoki "OR") bilan bog'langan qo'shma holda bo'lishi mumkin.

Mazkur bog'lovchilar mos ravishda kesishma yoki birlashmaning mantiqiy yoki arifmetik operatsiyalari orqali amalga oshiriladi. Har bir qoida uchun natija olishda uning haqiqiylik darajasini baholash kerak.

Qoida bo'yicha olingan xulosaning haqiqiylik darajasining bahosini olish faollashtirish deb ataladi.

Natijaning aniq miqdoriy qiymatini olish zarur bo'lsa, uni natijaviy tenglarining tegishlilik funksiyasi asosida ularning mualliflari nomi bilan atalgan algoritmlar (Mamdani, Sugeno, Tsukamoto va boshqalar) yordamida turli usullar bilan olish mumkin.), bu noravshan

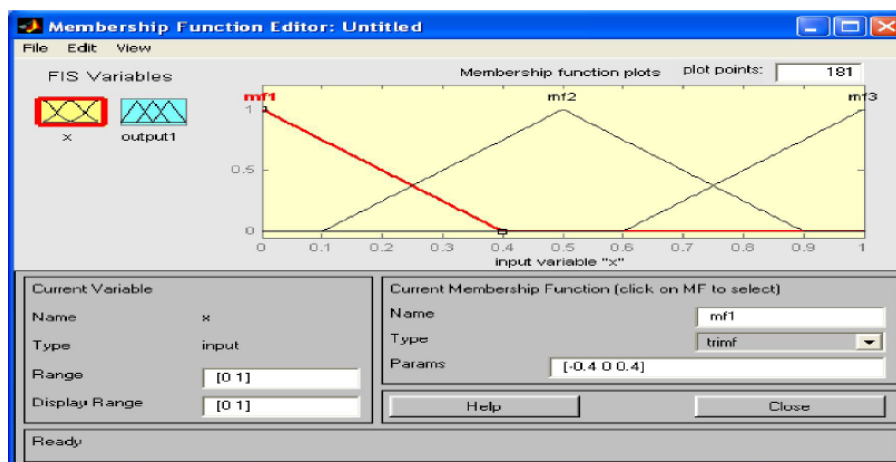
tizim chiqishi turini aniqlaydi. Bu operatsiya defazzifikatsiya deb ataladi.



4.1-rasm.Membership Function Editor ishchi oynasi

Tahrirlovchi oynasi tanlangan LO<sup>o</sup> ning barcha qiymatlari uchun tegishlilik funksiyalarining grafiklarini ko<sup>o</sup>rsatadi (uchta qiymat uchun).

Har bir LO<sup>o</sup> qiymatining tegishlilik funksiyasini tavsiflash uchun uchta maydon ishlatiladi: *Nom*, *Tur* va *Parametrlar*. Keltirilgan funksiya uning grafigini bosish orqali ifodalanadi. Raqamli shkala bo<sup>o</sup>yicha uning modal qiymatlarining o<sup>o</sup>rnini aniqlab, ularning o<sup>o</sup>zgarish diapazonini *Range* va *Display range* kiritish maydonlarida ko<sup>o</sup>rsatilgan *Params* kiritish maydoniga tegishlilik funksiyasining kerakli parametrlari ko<sup>o</sup>rsatiladi.



4.2.rasm.Kirish qiymatlari diapazonini tavsiflovchi funksiyalar muharriri

Ushbu operatsiyalar noravshan xulosalashning lingvistik o'zgaruvchilar to'plamidan boshlab barcha qiymatlarda amalga oshiriladi. O'rnatilgan tegishlilik funksiyasi bilan yangi LO' qiymatini qo'shish asosiy menyuning *Edit > Add MF* buyrug'i orqali amalga oshiriladi.

LO'ning keraksiz qiymati ushbu qiymatning tegishlilik funksiyasi grafigini tanlagandan so'ng *Delete* tugmasini bosish orqali o'chiriladi.

### **Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq variantlar**

1. Uchburchak va trapetsiya shaklidagi tegishlilik funksiyasini tuzing.
2. Turli taqsimot funksiyalari yordamida tuzilgan oddiy va ikki tomonlama Gauss tegishlilik funksiyasini tuzing.
3. Ko'phadli tegishlilik funksiyalari to'plamini tuzing (*Z*-, *P*- va *S*-funksiyalar).

### **Nazorat savollari**

1. Noravshan to'plam nima va uning oddiy (aniq) to'plamdan asosiy farqi nimada?
2. Tegishlilik funksiyasi nima?
3. Qanday bog'lovchi va ayiruvchi operatorlarni bilasiz?
4. Noravshan to'plam qanday ifodalanadi?
5. Juftlashgan taqqoslash usuli bilan tegishlilik funksiyasi qanday hosil bo'ladi.

## 5-LABORATORIYA ISHI

### NORAVSHAN APPROKSIMATSIYALASH MODELINI QURISH

**Ishdan maqsad:**MatLab dasturiy muhitining Fuzzy Logic Toolbox paketining asosiy funksiyalarini o‘rganish, shuningdek, noravshanapproksimatsiyalash tizimini yaratish ko‘nikmalarini egallash.

#### Nazariyqism

Fuzzy Logic Toolbox to‘plami (noravshan mantiq to‘plami) noravshan to‘plamlar nazariyasiga oid amaliy dasturlar to‘plami bo‘lib, noravshan ekspert va/yoki boshqaruv tizimlarini loyihalashtirish imkonini beradi. Paketning asosiy xususiyatlari:

- noravshan xulosalar tizimini qurish (rostlagichlar, yaqinlashtiruvchi bog‘liqliklar);

- adaptiv noravshan tizimlarni qurish (gibrid neyron tarmoqlari);

- Simulinkda interaktiv dinamik simulyatsiya.

Paket quyidagi ishlarni bajarishga imkon beradi:

- grafik interfeys rejimida;

- buyruqlar qatori rejimida;

- Simulink bloklari va misollaridan foydalanish.

*Fuzzy Logic Toolbox* grafik interfeysning tarkibi. *Fuzzy Logic Toolbox dasturi* grafik interfeys rejimida ishlash imkonini beruvchi quyidagi asosiy dasturlarni o‘z ichiga oladi:

noravshan xulosalar tizimi muharriri *Fuzzy inference* tizimi muharriri yordamchi dasturlar bilan birgalikda - tegishlilik funksiyasi muharriri, qoida muharriri, qoidani ko‘ruvchi va sirtini ko‘ruvchi );

- gibrid tizimlar muharriri (*ANFIS Editor*);

- klaster markazlarini topish dasturi (*klasterlash* dasturi).

Dastur ma’lumotlar to‘plami foydalanuvchiga turli xil noravshanxulosalar tizimini yaratish, tahrirlash va ishlatish uchun maksimal qulaylikni ta’minlaydi.

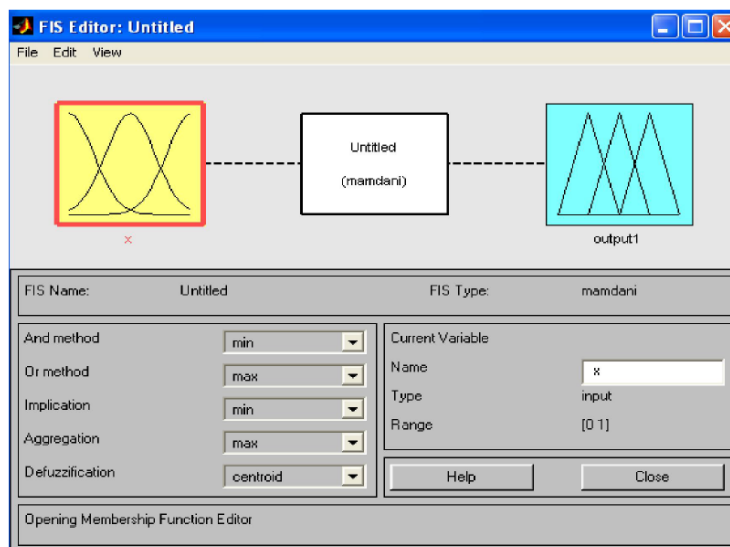
**Misol.** Noravshanapproksimatsiyalsh tizimini qurish.

Buyruqlar qatori rejimidan *Fuzzy* buyrug‘i (funksiyasi) *Fuzzy Logic* paketining asosiy interfeys dasturini - noravshan xulosalar tizimining muharririni (*Fuzzy Inference System Editor, FIS Editor*) ishga tushiradi. Bu holda ochiladigan oynaning ko‘rinishi 5.1-rasmda ko‘rsatilgan.

Tahrirlovchining asosiy menyusi quyidagi elementlarni o‘z ichiga

oladi:

*Fayl* - namunaviy fayllar bilan ishlash (ularni yaratish, saqlash, o‘qish va chop etish);



5.1-rasm. *Fis Editor* oynasining ko‘rinishi

*Edit*–tahrirlash operatsiyalari (kirish va chiqish o‘zgaruvchilarni qo‘shish va o‘chirish);

*View* - qo‘shimcha vositalarga o‘tish.

5.1-jadval yordamida berilgan  $x$  va  $y$  o‘zgaruvchilari o‘rtasidagi munosabatni aks ettiruvchi noravshan tizimni ishlab chiqish kerak, jadvalda keltirilgan ma’lumotlar  $y = x^2$  munosabatini aks ettiradi.

$x$  va  $y$  qiymatlari

5.1-jadval.

$x$	-1	- 0.6	0	0.4	1
$y$	1	0.36	0	0.16	1

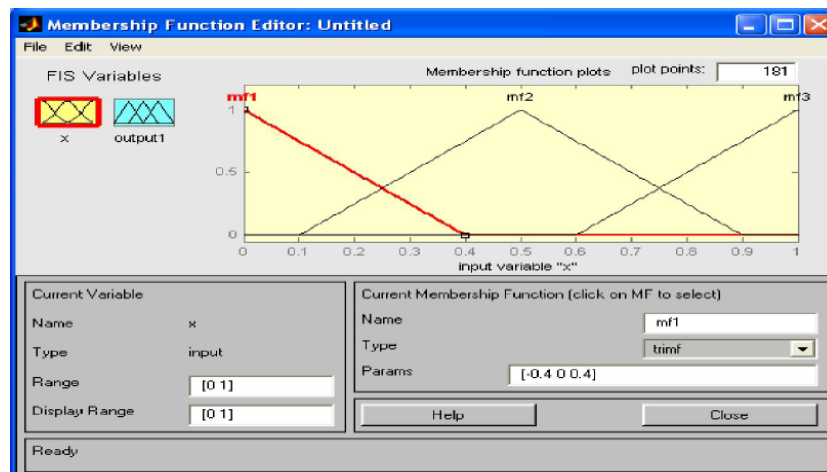
Kerakli vazifalar quyidagi punktlarda ko‘rsatilgan.

1. *Fayl* menyusida *New Sugeno FIS* variantini (yangi *Sugeno* tipidagi tizim) tanlanadi, bunda oq kvadrat bilan ko‘rsatilgan blokda tahrirlovchi oynasining yuqori qismida *Untitled (Sugeno)* yozuvi paydo bo'ladi.

2. *Input* (kirish) bilan belgilangan blokni sichqonchani chap tugmachasini bosamiz. Keyin, muharrirning o‘ng tomonida, *Input* o‘rniga *Name(Nom)* sarlavhali maydonga xargumentning belgisini kiriting. Agar biror joyda (muharrir bloklari tashqarisida) sichqonchani bir marta bosib, belgilangan blokning nomi  $x$  ga o‘zgaradi; xuddi shu narsaga kirgandan so‘ng *Enter* tugmasini bosish orqali erishiladi.

3. Ushbu blokni ikki marta bosing. Bunda ro'yxatdan o'tish funksiyasi muharriri oynasi ochiladi. Tegishlilik funksiyasi muharrirning tahrirlash menyusi pozitsiyasini kiritamiz va *MF* qo'shishni tanlaymiz (*Add Membership Functions*).

Bunday holda, dialog oynasi paydo bo'ladi (5.3-rasm), u tegishlilik funksiyalarining turini (*MF type*) va sonini (*Number of MFs*) belgilash imkonini beradi (bu holda hamma narsa kirish signaliga tegishli, ya'ni  $x$  o'zgaruvchisiga). Gausstegishlilik funksiyalarini (*gaussmf*) tanlaymiz va 5.1. - jadvaldagi argument qiymatlari soniga ko'ra ularning sonini besh gatenglashtiramiz. *OK* tugmasini bosish orqali ma'lumotlar kiritilishini tasdiqlang, shundan so'ng siz tegishlilik funksiyalari muharriri oynasiga qaytasiz.



5.2-rasm. Tegishlilik funksiyasi muharriri oynasi

4. Maydonda 5.1-jadvalga mos keladigan diapason (*Range*)  $x$  diapazonini -1 dan +1 gacha o'zgartiriladi. Keyin muharrir maydonining biror joyida sichqonchani chap tugmasini bosing (yoki *Enter* tugmasini bosing). Shuni esda tutingki, bundan keyin Display diapazoni (*Display Range*) maydonida tegishli o'zgarishlar bo'ladi.

5. Tegishlilik funksiyalari muharriri oynasining yuqori qismida ko'rsatilgan tegishlilik funksiyalari grafiklariga murojaat qilaylik.

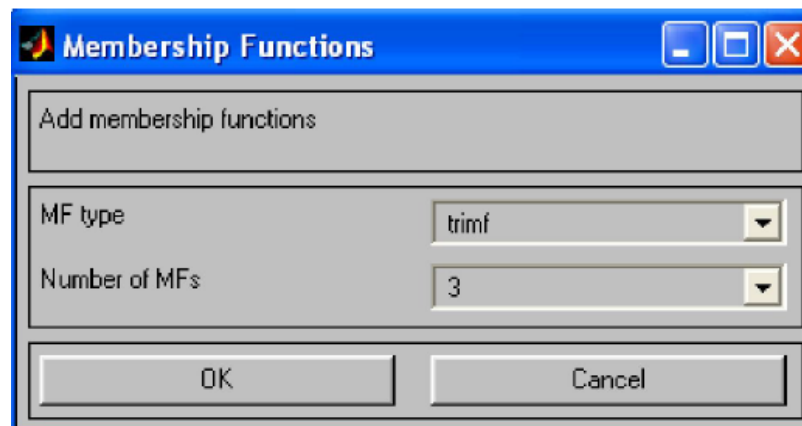
Qo'yilgan masalani hal qilish uchun ushbu funksiyalarning maksimal ordinatalari  $x$  argumentining berilgan qiymatlari bilan mos kelishi kerak. Chap, markaziy va o'ng funksiyalar uchun bu shart bajariladi, ammo qolgan ikkitasi absissa o'qi bo'ylab "ko'chirilishi" kerak.

"Ko'chirish" juda sodda tarzda amalga oshiriladi: kursorni kerakli egri chiziqqa olib boring va sichqonchani chap tugmasini bosing. Egri chiziq



qizil rangga aylanishi bilan tanlanadi, shundan soʻng uni kursor bilan kerakli yoʻnalishda siljitish mumkin (sozlash Params maydonidagi raqamli qiymatlarni oʻzgartirish orqali amalga oshirilishi mumkin - bu holda, har bir tegishlilik funksiyasi ikkita parametrga mos keladi, birinchisi egri chiziq oraligʻini, ikkinchisi esa uning markazining holatini belgilaydi).

Tanlangan egri chiziq uchun, bundan tashqari, Nom(*Name*) maydonida siz nomni oʻzgartirishingiz mumkin (har bir nomni *Enter* tugmasini bosib tugatiladi).



5.3-rasm. Tegishlilik funksiyasi turi va miqdorini belgilash uchun dialog oynasi

Keling, egri chiziqlarning kerakli siljishlarini qilaylik va barcha beshta egri chiziqqa yangi nomlar beramiz, masalan:

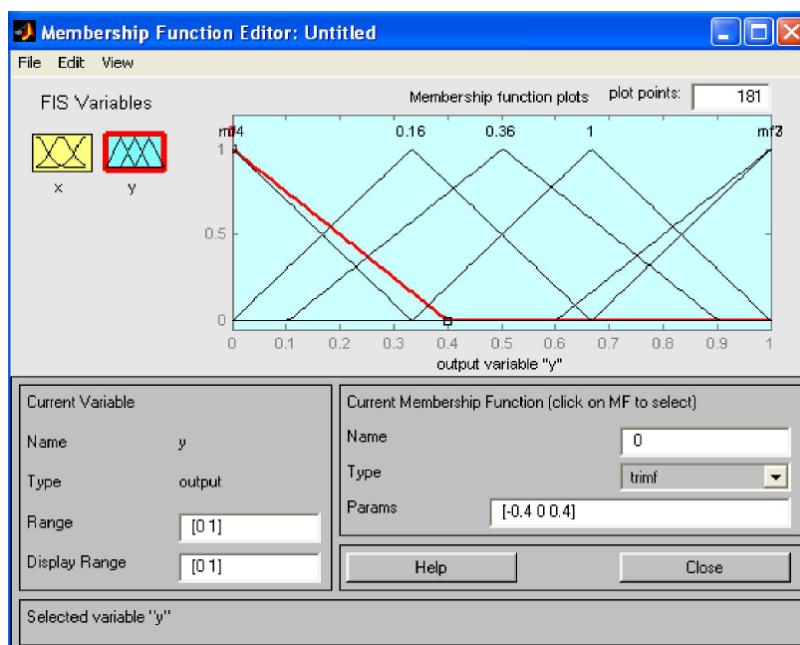
- eng chapda –  $bn$ ,
- keyingi -  $n$ ,
- markaziy -  $z$ ,
- uning yonida oʻngda -  $r$ ,
- eng chapda -  $br$ .

Yopish (*Close*) tugmasini bosing va *FIS Editor* muharriri oynasiga qaytgan holda tegishlilik funksiyasi muharriridan chiqing. Sichqonchani chap tugmasi bilan 1-chiqish (*output1*) sarlavhali koʻk kvadrat (blok) ustida bir marta bosamiz. Nom(*Name*) maydonida *output1* nomini  $y$  bilan almashtiring.

6. Belgilangan blokni ikki marta bosing va tegishlilik funksiyasi muharririga oʻting. Tahrirlash (*Edit*) menyusidagi *Add MF* qoʻshish variantini tanlang. Tashqi koʻrinish dialog oynasi 5.3-rasmda koʻrsatilgan. Sugeno algoritmini (1-chi yoki 0-chi tartib) tanlaganimizga qarab, tegishlilik funksiyalari sifatida faqat chizikli (*linear*) yoki doimiy

(constant) larni o'rnatishga imkon beradi.

7. Ko'rib chiqilayotgan masalada umumiy soni 4 bo'lgan doimiy tegishlilik funksiyalarini 5.1-jadvaldagi  $y$  ning turli qiymatlari soniga ko'ra tanlash kerak. Kiritilgan ma'lumotlarni *OK* tugmasini bosib tasdiqlang, shundan so'ng tegishlilik funksiyasi muharriri oynasiga qaytasiz.



5.4-rasm.  $y$  o'zgaruvchining tegishlilik funksiyalarining parametrlari

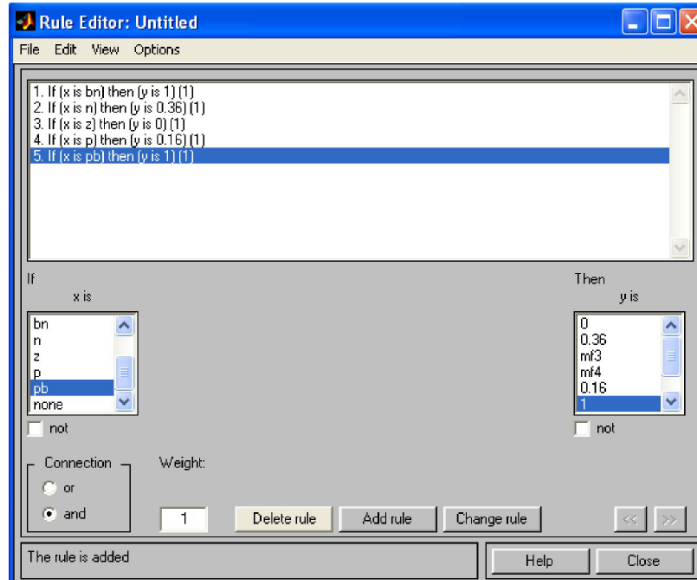
8. Bu yerda keltirilgan o'zgartirish diapazonini (*Range*) -  $[0, 1]$  gao'zgartirish kerak emas. Faqat tegishlilik funksiyalarining nomlarini o'zgartiramiz (chiqish o'zgaruvchilari uchun *Sugeno* algoritmidan foydalanganda ularning grafiklari ko'rsatilmaydi), masalan, ularni  $y$  ning mos keladigan raqamli qiymatlari sifatida belgilash orqali,  $(0, 0,16, 0,36, 1)$  bir vaqtning o'zida biz *Params* maydoniga bir xil raqamli qiymatlarni kiritamiz (5.4-rasm). Keyin Yopish(*Close*) tugmasini bosib oynani yoping va FIS muharriri oynasiga qayting.

9. Sichqonchanning chap tugmasi bilan o'rtadagi (oq) blokni ikki marta bosib va boshqa dasturning oynasi - *RuleEditor* ochiladi. Har bir qoidani kiritishda  $x$  argumentining har bir tegishlilik funksiyasi va  $y$  ning son qiymati o'rtasidagi muvofiqlikni ko'rsatish kerak. Biz  $bn$  deb belgilagan  $y=1$  egri chiziq  $x = -1$  ga to'g'ri keladi. Shunday qilib, chap maydonda ( $x$  sarlavhasi bilan  $bn$ ) va o'ng maydonda  $1$  ni tanlaymiz va Qo'shimcha qoida tugmasini bosib. Kiritilgan qoidalar oynasida quyidagi qoidalar paydo bo'ladi:

$$\text{If}(x \text{ is } bn) \text{ then } (y \text{ is } 1) \quad (5.1)$$

$x$  ning boshqa barcha qiymatlari uchun ham xuddi shunday ishbajaramiz, buning natijasida 5 ta qoidalar to'plami hosil bo'ladi (5.5-rasmga qarang). Qoida muharriri oynasini yopamiz va FIS muharriri oynasiga qaytamiz.

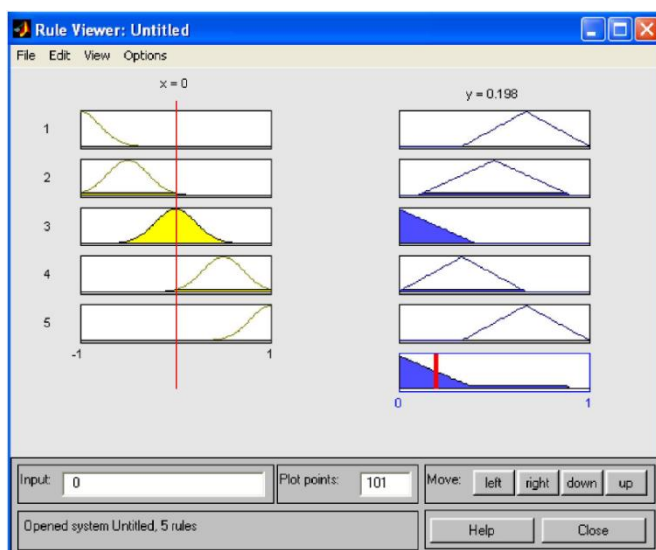
Tizimning qurilishi tugallandi va uni o'rganish uchun tajribalarni boshlashingiz mumkin.



5.5-rasm. Qoidalar muharriri oynasi

10. Yaratilgan tizimni har qanday nom ostida oldindan diskda saqlang (File/Save to disk as...).

Ko'rish (View) menyusini bandini tanlang. Ochiladigan pastki menyudan ko'rinib turibdiki, "Tegishlilik funksiyalarini tahrirlash" ("Edit membership functions") va "Qoidani tahrirlash" ("Edit rules") bandlaridan foydalanib, yuqorida aytib o'tilgan ikkita dasturga - tegishlilik funksiyalari va qoidalarining muharrirlariga o'ting. Ko'rish qoidalari bandini tanlang va (5.6-rasmga qarang) Qoidalarni ko'rish dasturi ochiladi.

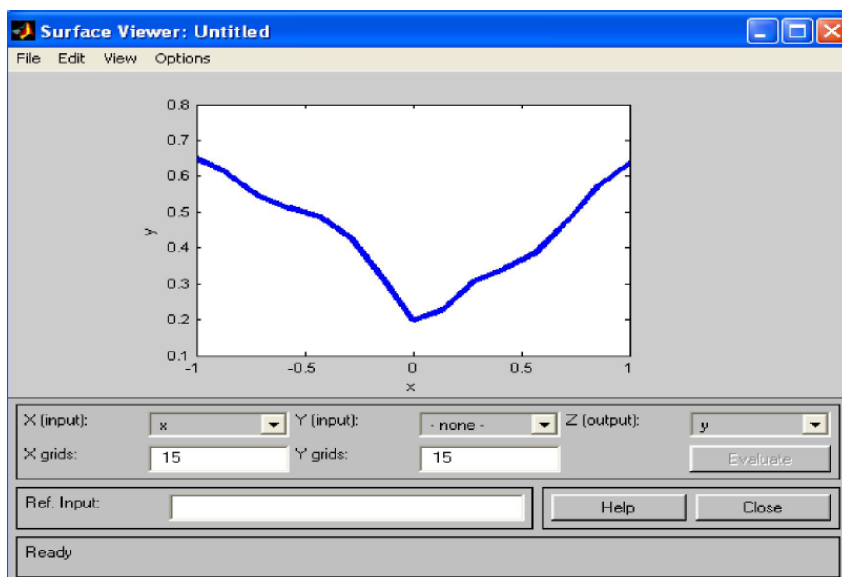


5.6-rasm. Qoidalarni ko‘rish oynasi

12. Oynaning o‘ng qismida  $x$  argumentining tegishlilik funksiyalari grafik ko‘rinishda, chap qismida - qaror qabul qilish mexanizmining tushuntirishi bilan  $y$  chiqish o‘zgaruvchisi keltirilgan. Kursor bilan harakatlantirilishi mumkin bo‘lgan oynaning o‘ng qismidagi grafiklarni kesib o‘tuvchi qizil vertikal chiziq kirish o‘zgaruvchisining qiymatlarini o‘zgartirishga imkon beradi. Kirish maydoni yuqori o‘ng qismdagi  $y$  qiymatlari mos ravishda oynada o‘zgaradi.

Masalan, kirish maydoniga  $x=0,5$  ni o‘rnating va *Enter* tugmasini bosing.  $Y$  qiymati darhol o‘zgaradi va 0,202 ga teng bo‘ladi. Shunday qilib, tuzilgan model va qoidalarni ko‘rish oynasi yordamida hal qilinishi kerak bo‘lgan muammo ya‘niinterpolyatsiya masalasini hal qilish mumkin. Qizil vertikal chiziqni siljitish orqali argumentni o‘zgartirish tizim chiqish qiymatlarini qanday aniqlashini juda aniq ko‘rsatadi.

13. Qoidalarni ko‘rish va View/View surface menyuu bandini tanlash oynasini yopamiz, javob (chiqish) sirtini ko‘rish oynasiga o‘tamiz.



5.7-rasm. Javob sirtini ko‘rish oynasi

Yuqoridagi muharrir dasturlari yordamida noravshan modelni loyihalashning istalgan bosqichida foydalanuvchining har qanday maxsus tegishlilik funksiyasini o‘rnatishgacha unga kerakli o‘zgartirishlar kiritishingiz mumkin. Sugeno algoritmidan foydalanganda FIS muharririda o‘rnatilgan qismlardan quyidagilarni ta’kidlash mumkin:

- mantiqiy xulosa ko‘paytirish (*prod*) amali yordamida tashkil etiladi;
- kompozitsiya - mantiqiy yig‘indi operatsiyasidan foydalanish (ehtimollik *OR*, probor);
- ravshanlikka qisqartirish - markazlashtirish usulining diskret versiyasi (*wtaver*).
- FIS muharriri oynasining pastki chap qismidagi tegishli maydonlardan foydalanib, ushbu parametrlarni o'zgartirish mumkin.

### **Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq**

5.2-jadvalda keltirilgan  $x$  va  $y$  o‘zgaruvchilar orasidagi bog‘lanishni aks ettiruvchi noravshan tizimni tuzing. Ish natijalariga ko‘ra, egri chiziq turini aniqlang.

5.2-jadval

1	x	-1	-0.5	0	0.2	1
	y	1	0.25	0	0.4	1
2	x	-1	-0.6	0.2	0.4	1
	y	-1	-1.67	5	2.5	1
3	x	-1	-0.5	0	0.3	1
	y	-1	-0.13	0	0.27	1
4	x	-1	-0.6	0	0.3	1
	y	0	0.8	1	0.95	0
5	x	-2	-0.35	0	0.56	2
	y	1	0.56	0.1	0.3	1
6	x	-1	-0.5	0.2	0.3	1
	y	-1	-1.34	5	2.12	1
7	x	-2	-0.3	0	0.4	2

### Nazorat savollari

1. MatLab dasturida o'zgaruvchi qanday shakllanadi?
2. MatLab dasturida funksiya qanday aniqlanadi?
3. MatLab dasturida grafiklar bilan ishlash uchun vositalar mavjudmi?
4. MatLab dasturida grafiklarni formatlash uchun qanday variantlardan foydalaniladi?
5. Uch o'lchovli qurish uchun qanday ma'lumotlar to'plami kerak?

## 6-LABORATORIYA ISHI

### NEYROTARMOQLI APPROKSIMATSIYALASH MODELI

**Ishdan maqsad.** Matlabda to'g'ridan-to'g'ri signal uzatish tarmog'i, newff funksiyasi bilan qanday ishlashni o'rganish.

### Nazariy qism

Laboratoriya ishida signalni to'g'ridan-to'g'ri uzatuvchi (oldinga uzatish bilan) neyron tarmoq, ya'ni signallar faqat kirish qatlamidan

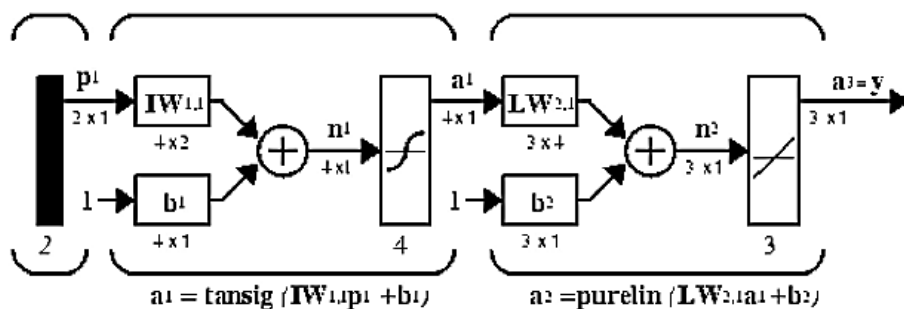
chiqishga yoʻnalishda uzatiladigan tarmoq va bir qatlam elementlarini koʻrib chiqamiz. Neyron tarmoqlarni amalga oshirish uchun eng muhimi tarmoqni oʻrganish algoritmini aniqlashdir. Hozirgi vaqtda neyron tarmoqlarni nurlantirishning eng samarali va oqilona usullaridan biri bu bir yoʻnalishli koʻp qatlamli tarmoqlar uchun qoʻllaniladigan tafovutni orqaga tarqalish algoritmidir. Koʻp qatlamli neyron tarmoqlarda koʻplab yashirin neyronlar mavjud boʻlib, ularning kirish va chiqishlari neyron tarmoqning kirish va chiqishlari emas, balki tarmoq ichidagi neyronlarni, yaʼni yashirin neyronlarni bogʻlaydi. Keyin maqsad funksiya sifatida xato funksiyani neyron tarmoqning haqiqiy chiqish holatlari orasidagi kvadratik masofalar yigʻindisi sifatida tanlashimiz mumkin. Kirish qiymatlari ustuni  $x = \{x_i\}$  – boʻlsin, bu yerda  $i = 1, 2, \dots, n$  keyin chiqish qiymatlari  $y = \{y_j\}$ , bu yerda  $j = 1, 2, \dots, m$ . Umuman olganda  $n \neq m$ .  $y_{jM} - d_{jM}$  farqni koʻribchiqing, buyerde  $d_{ji}$  misoldagi aniq (toʻgʻri) qiymat. Bu farq minimal boʻlishi kerak. Biz normani belgilab, *Evklid* metrikasiga koʻra masofalarni kiritamiz:

$$y = \|y - d\| = \sqrt{(y - d, y - d)^2} \quad (6.1)$$

Maqsad funksiyasi quyidagi koʻrinishga ega boʻlsin:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j,M} (y_{j,M} - d_{j,M})^2 \quad (6.2)$$

bu yerda  $\frac{1}{2}$  koeffitsiyenti quyidagi formulalarni qisqartirish uchun tanlangan. Neyron tarmoqni oʻrgatish vazifasi bunday koeffitsiyentlarni topishdan iborat boʻlib, ularda minimal darajaga erishiladi. 6.1-rasm toʻgʻridan-toʻgʻri signal uzatilishi bilan neyron tarmoq arxitekturasini koʻrsatadi.

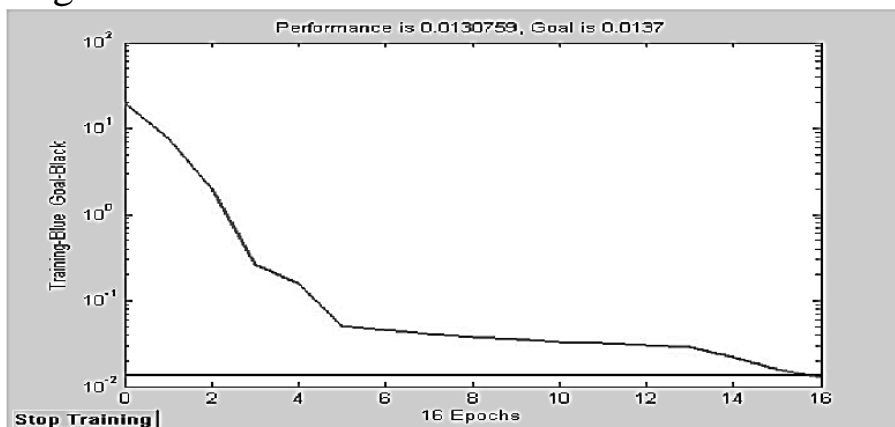


6.1-rasm. Toʻgʻridan-toʻgʻri signal uzatiladigan neyron tarmoq arxitekturasining diagrammasi

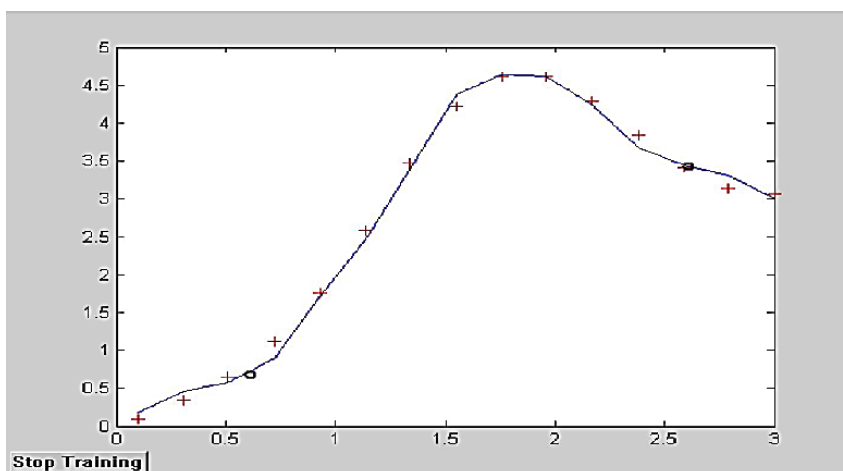
Bu yerda [6.1] da qoʻllanilgan belgi qabul qilinadi, yaʼni  $p^1$  – kirish vektori,  $IW^{i,j}$ ,  $LW^{i,j}$  – kirish va chiqishning vazn matritsalarini,  $b^i$  – siljish,  $a^i$

– chiqish qatlami,  $y$ – chiqishtarmog‘i, *tansig* (giperbolik tangensial), purelin (chiziqli) – mos keladigan faollashtirish funksiyalari.

Dasturni bajarish natijasida quyidagi natijalar olinadi, 6.2 va 6.3-rasmda ko‘rsatilgan:



6.2-rasm. O‘qitish epoxalari soniga qarab mashg‘ulot aniqligini xarakterlash grafigi



6.3-rasm. Tarmoqni modellashtirish natijalari: + - dastlabki ma‘lumotlar; qalin chiziq va “o” belgisi butun bog‘liqlikni va nazorat nuqtalarida modellashtirish natijalaridir

$V$  massivida grafikda ko‘rsatilgan ikkita nazorat nuqtasi uchun taxminiy qiymatlar mavjud (6.2-rasm)  $xx=[0,61 \ 2,61]$ . Ushbu tarmoq parametrlari bilan quyidagi qiymatlar olindi:  $v = [1,05 \ 3,35]$ . Ushbu taxminiy qiymatlarni  $[0,85 \ 3,37]$  aniq qiymatlar bilan taqqoslab, neyron tarmog‘ining tuzilishi to‘g‘ri degan xulosaga kelishimiz mumkin.



### Topshiriq variantlari

1	x	-1	-0.5	0	0.2	1
	y	1	0.25	0	0.4	1
2	x	-1	-0.6	0.2	0.4	1
	y	-1	-1.67	5	2.5	1
3	x	-1	-0.5	0	0.3	1
	y	-1	-0.13	0	0.27	1
4	x	-1	-0.6	0	0.3	1
	y	0	0.8	1	0.95	0
5	x	-2	-0.35	0	0.56	2
	y	1	0.56	0.1	0.3	1
6	x	-1	-0.5	0.2	0.3	1
	y	-1	-1.34	5	2.12	1
7	x	-2	-0.3	0	0.4	2
	y	-1	-0.12	-0.23	0.24	1
8	x	-1	-0.6	0	0.3	1
	y	0	0.8	1	0.95	0
9	x	-1	-0.6	0	0.3	1
	y	1	0.36	0	0.9	1

### Nazorat savollari

1. Akson nima?
2. Neyron tarmoqni o'qitishning mohiyati nimada?
3. Dendrit nima?
4. Sinapslarning boshlang'ich qiymatlari qanday hosil bo'ladi?
5. Neyron tarmoq paradigmalari misollar keltiring?

## 7-LABORATORIYA ISHI

### NORAVSHAN MANTIQ ASOSIDA BOSHQARUV OBYEKTINI SHAKLLANTIRISH

**Ishdan maqsad:** 7.1-rasmda boshqaruv obyektini ikkita quvur mos keladigan suv bilan to'ldirilgan idish misolida ko'rsatiladi, ya'ni bitta quvur orqali idishga suv kiradi, ikkinchisi orqali suv oqib chiqadi. Tankga suv ta'minoti kran bilan sozlanishi mumkin. Suv oqimi tankdagi suv darajasiga bog'liq.

#### Nazariy qism

Noravshan mantiqqa asoslangan boshqaruv tizimlarini qurish quyidagi asosiy bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. Yaratilayotgan tizimning kirish va chiqishlarini aniqlash. Tegishlilik funksiyasining har bir kirish va chiqish o'zgaruvchilari uchun tavsiflash.
2. Amalga oshirilgan noravshan tizim uchun qoidalar bazasini ishlab chiqish.
3. Noravshan xulosalar algoritmini tanlash va amalga oshirish.
4. Yaratilgan tizim natijalarini tahlil qilish va uni adekvatligini aniqlash.

Mantiqiy xulosa quyidagi sxema bo'yicha amalga oshiriladi:

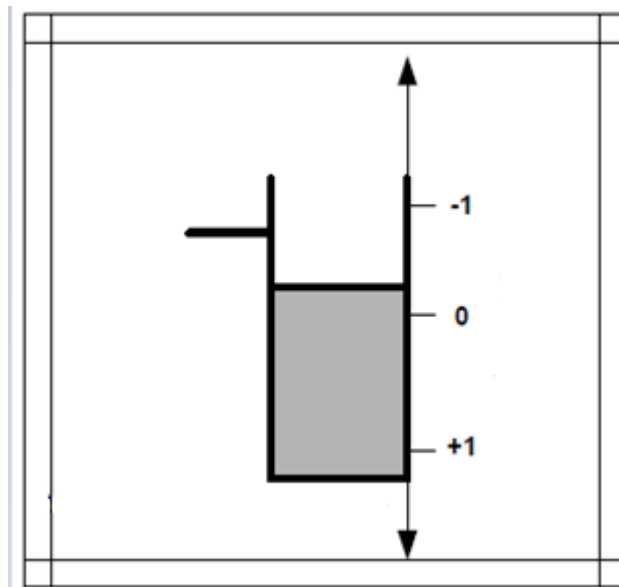
1. **Noravshanlikning kiritilishi** (fazzifikatsiya, fuzzification). Kirish o'zgaruvchilarning haqiqiy qiymatlari uchun tegishlilik funksiyalarining qiymatlari qoidalar bazasidan har bir qoida uchun har bir darajasini aniqlash uchun hisoblanadi.

2. **Mantiqiy xulosa.** Har bir qoidalar uchun hisoblangan haqiqiylik qiymati har bir qoidaning xulosasiga qo'llaniladi. Bu har bir qoida uchun har bir chiqish o'zgaruvchisiga bitta noravshanost to'plam tayinlanishiga olib keladi. Xulosa qilish qoidalari sifatida odatda ikkita operatsiyadan biri qo'llaniladi: *min* (minimal) yoki ko'paytirish (*prod*). Mantiqiy xulosada *min* funksiya bajarilganda tegishlilik funksiyasi qoida asosining hisoblangan haqiqiylik darajasiga mos keladigan balandlikda "kesiladi". Agar *prod* funksiyasi ishlatilsa, u holda chiqishning tegishlilik funksiyasi qoida asosining hisoblangan haqiqiylik darajasi bilan o'lchanadi. Bu funksiyalarning ikkalasi ham noravshan mantiqning "VA" operatsiyasiga mos keladi.

3. **Tarkib.** Barcha qoidalarda har bir chiqish o'zgaruvchisiga tayinlangan noravshan ost to'plamlar har bir chiqish o'zgaruvchisi uchun

bitta noravshan kichik to‘plamni hosil qilish uchun birlashtiriladi. Bunday birlashma bilan odatda ikkita operatsiyadan biri ishlatiladi: maksimal (*max*) yoki summa (*sum*). *Max* funksiyasidan foydalanib tuzilayotganda noravshan ost to‘plamning birlashgan hosilasi barcha noravshan ost to‘plamlar bo‘yicha nuqtali maksimallik sifatida tuziladi. Yig‘indi funksiyasidan foydalanib tuzishda noravshan ost to‘plamning birlashgan xulosasi xulosa chiqarish qoidalari bo‘yicha xulosa o‘zgaruvchisiga tayinlangan barcha noaniq ost to‘plamlar bo‘yicha nuqtali yig‘indi sifatida tuziladi. Bu funksiyalarning ikkalasi ham noravshan mantiqning “*YOKI*” operatsiyasiga mos keladi.

4. **Aniqlikka keltirish** (defzifikatsiya, defuzzification) noravshan xulosalar to‘plamini aniq raqamga aylantirishni anglatadi.



7.1-rasm. Boshqaruv obyektining sxematik tasviri

Bu holatda boshqaruvning maqsadi, vaqt bo‘yicha idishdagi suvning o‘zgaruvchan darajasini boshqarishdir. Bunda boshqaruv maqsadiga erishishni ta‘minlaydigan rostlagich zarur bo‘ladi va suv sathininghaqiqiy va o‘lchangan qiymatlari o‘rtasidagi nomuvofiqlik (farq) haqida ma‘lumot olib, boshqaruv signalini boshqaruv elementiga uzatadi.

### **Ishni bajarish tartibi**

1. Har bir kirish va chiqish o‘zgaruvchilari uchun tegishlilik funksiyalarini o‘rnating.

2. Amalga oshirilgan noravshan tizim uchun qoidalar bazasini ishlab chiqing.
3. Noravshan xulosalar algoritmini tanlang (Mamdani yoki Sugeno).

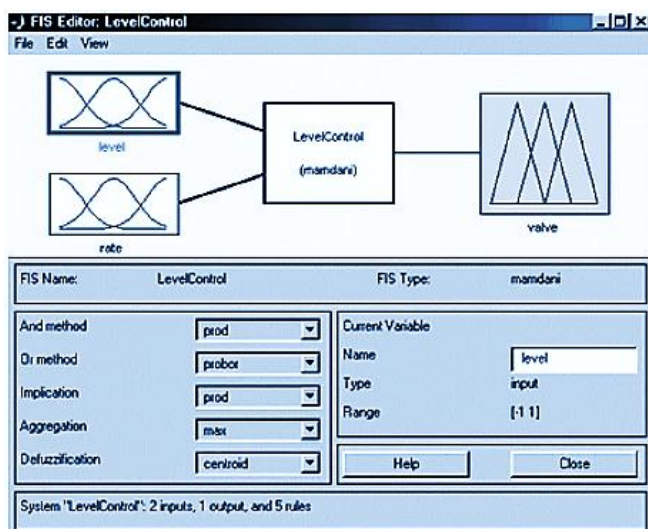
### Yaratilgan tizim natijalarini tahlil qilish.

Xulosa qilish qoidalari quyidagi qoidalar to‘plami bilan tavsiflanishi mumkin:

1. If (level is okay) then (valve is no\_change);
2. If (level is low) then (valve is open\_fast);
3. If (level is high) then (valve is close\_fast);
4. If (level is okay) and (rate is positive) then (valve is close\_slow);
5. If (level is okay and (rate is negative) then (valve is open\_slow).

### Tegishlilik funksiyasini shakllantirish

1. FIS muharririni *Fuzzy* buyrug‘i bilan ishga tushiring. Mamdani tipidagi qarorlar algoritmi tanlang. Tizim ikkita kirishga ega bo‘lishi uchun, *Edit* | qismi orqali tizimga kirishni qo‘shish menyusini oching. Kirish1 blokiga bir marta bosish orqali uning nomini “*level*” ga o‘zgartiring. *Enter* tugmasini bosib yangi nomni kiriting. Xuddi shunday, kirish2 blokiga “*rate*” nomini va chiqish blokiga (yuqori o‘ng) chiqish1 ga “*valve*” ni o‘rnatib. Butun tizimga nom bering, masalan, “*LevelControl*” menyusini orqali *File* | *Save to Workspace* maydoniga saqlang.



7.2-rasm. Tizim strukturasi o‘rnatgandan so‘ng FIS muharriri oynasining ko‘rinishi

2. O'zgaruvchilar uchun tegishlilik funksiyalarini shakllantirish uchun View | Edit menyu bandini tanlang. 7.1-jadvalga muvofiq tegishlilik funksiyalarini tahrirlang va tizim parametrlarini o'rnatish. Bu yerda quyidagi funksiyalardan foydalaniladi: Gauss funksiyasi (*Gaussmf*) quyidagi ko'rinishga ega:

$$y = \text{Gaussmf}(x, [c \ \sigma]) = \exp(-(x - c)^2 / (2\sigma^2)) \quad (7.1)$$

*level*, *rate*, *valve* o'zgaruvchilar uchun tegishlilik funksiyalarining parametrlari

7.1-jadval

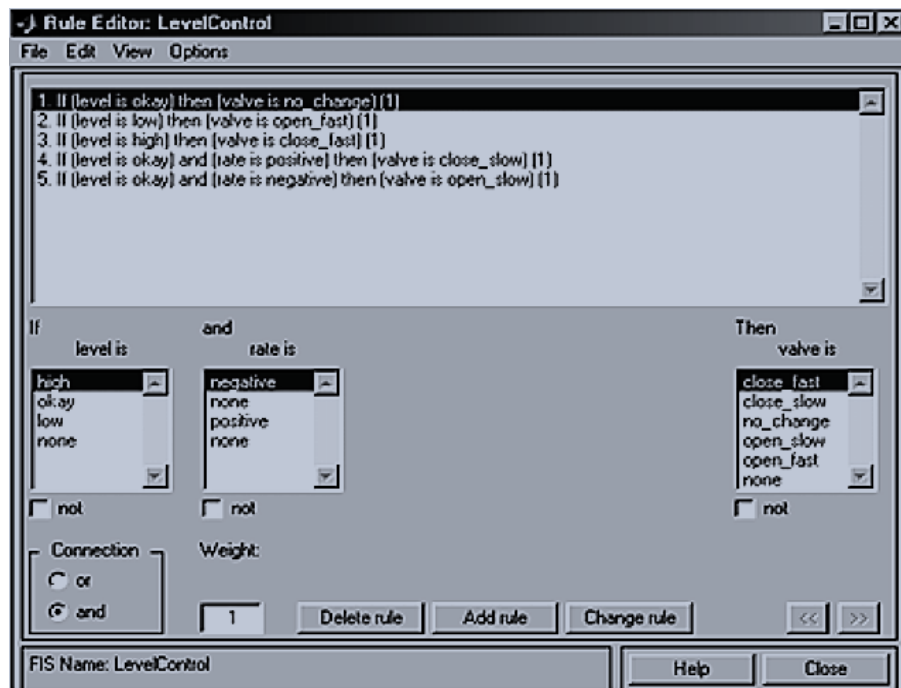
Kirish o'zgaruvchilari va tegishlilik funksiyalarining turlari			Chiqish o'zgaruvchilari va tegishlilik funksiyalarining turlari		
level	High	Gaussmf [0,3; -1]	valve	Close_fast	Trimf [-1; -0,9; -0,8]
	Okay	Gaussmf [0,3; 0]		Close_low	Trimf [-0,6; -0,5; -0,4]
	Low	Gaussmf [0,3; 1]		No_change	Trimf [-0,1; 0; 0,1]
rate	Negative	Gaussmf [0,03; -0.1]		Open_low	Trimf [0,2; 0,3; 0,4]
	None	Gaussmf [0,03; 0]		Open_fast	Trimf [0,8; 0,9; 1]
	Positive	Gaussmf [0,03; 0.1]			

*Trimf* uchburchakli tegishlilik funksiyasi quyidagicha aniqlanadi:

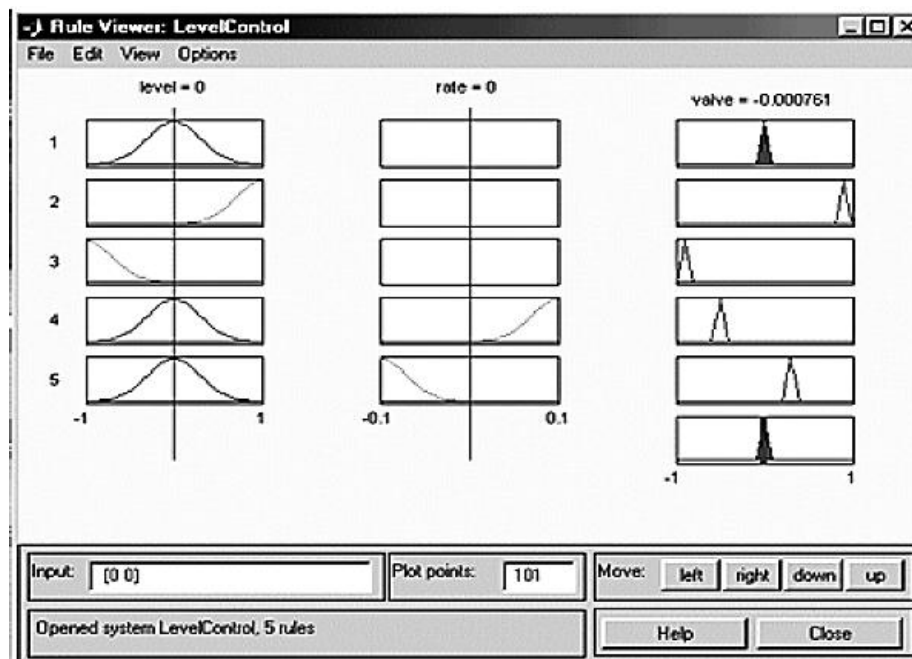
$$y = \text{Trimf}(x, [a \ b \ c]) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x - a) / (b - a), & a \leq x \leq b \\ (c - x) / (c - b), & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (7.2)$$

3. View | View rules qoida muharriri yordamida *level* va *rate* o'zgaruvchilarini kiritish. Chiqishda esa 7.3-rasmda ko'rsatilganidek, *valve* o'zgaruvchisini kiritishingiz kerak.

*View / View surface* menyu bandi chiqish o'zgaruvchisining kirishga bog'liqligining grafik ko'rinishini ko'rish uchun yuza oynasini ochish kerak.



7.3-rasm. Qoida muharriri oynasi



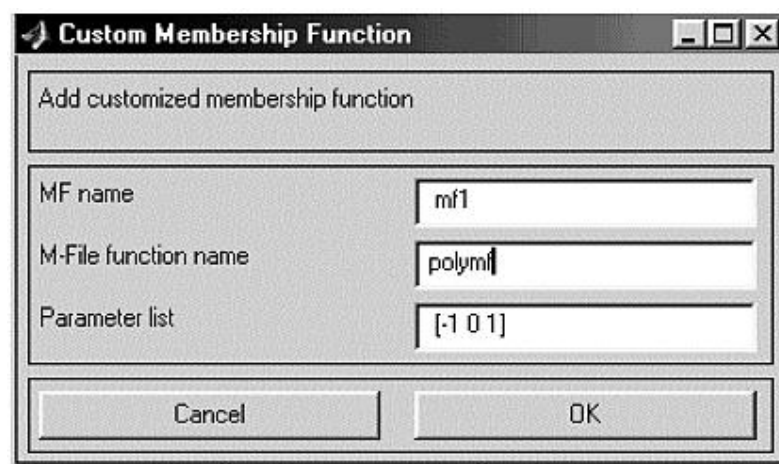
7.4-rasm. level=0 va rate=0bo‘lganda qoidalarni ko‘rish oynasi

Agar o‘rnatilgan tegishlilik funksiyalarining hech biri yechilayotgan masalaga mos kelmasa, mos keladigan funksiyani belgilashingiz va foydalanishingiz mumkin. Bunday funksiya *m-fayl* sifatida yaratilishi, 0 dan 1 gacha bo‘lgan oraliqdagi qiymatni qaytarishi va 16 dan ortiq argumentga ega bo‘lmasligi kerak.

Funksiya e'lonlari (masalan, *cutmf*) quyidagi ketma-ketlikda bajariladi:

1. *cutmf.m* nomli fayl yarating.
2. Edit | Add custom MF menyuni bandini tanlang. Tegishlilik funksiyalari muharriri menyusiga *cutm MF* qo'shing.
3. Ko'rsatilgan *Add customized membership function* dialog oynasining M-File funksiyasi maydoniga yaratilgan *m-fayl* nomini kiriting (*cutmf*).
4. Parameter List maydoniga kerakli raqamli parametrlarni kiriting.
5. MF nomi maydoniga o'rnatiladigan funksiya uchun tegishli nomni kiriting, masalan, *polymf*.
6. Funksiyani belgilashning tugallanishi OK tugmasini bosish bilan yakunlanadi (8.5-rasm). Funksiyani aniqlash quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{\exp(a_0 + \dots + a_n x^n)}{1 + \exp(a_0 + \dots + a_n x^n)} \quad (7.3)$$



7.5-rasm. Foydalanuvchi tegishlilik funksiyasini sozlash oynasi

Quyidagi qiymatlar barcha variantlar uchun umumiydir (7.2, 7.3-jadval).

***Valve o'zgaruvchisi uchun tegishlilik funksiyasi parametrlari***

7.2 -jadval

Chiqish o'zgaruvchilarining va tegishlilik funksiyalarining nomi		
valve	Close fast	Trimf [-1; -0,9; -0,8]
	Close low	Trimf [-0,6; -0,5; -0,4]
	No change	Trimf [-0,1; 0; 0,1]
	Open low	Trimf [0,2; 0,3; 0,4]
	Open fast	Trimf [0,8; 0,9; 1]

*rate o'zgaruvchisi uchun tegishlilik funksiyasi parametrlari*

7.3- jadval

Kirish o'zgaruvchilarining nomi va tegishlilik funksiyasining nomi va turi		
rate	Negative	Gaussmf [0,03;-0,1]
	None	Gaussmf [0,03; 0]
	Positive	Gaussmf [0,03; 0,1]

*level* o'zgaruvchisining tegishlilik funksiyalari uchun topshiriqlarning individual variantlari 7.4-jadvalda keltirilgan. Unda quyidagi belgidan foydalaniladi:

$$polymf(x, A) = \frac{\exp(a_0 + \dots + a_n x^n)}{1 + \exp(a_0 + \dots + a_n x^n)} ; A = [a_0, a_1, \dots, a_n] \quad (7.4)$$

*level o'zgaruvchisi uchun tegishlilik funksiyasi parametrlari*

7.4-jadval

No	High $polymf(x, A)$	Okay $polymf(x, A)$	Low $polymf(x, A)$
1	[-3,5354; -2,9258; 4,2969]	[1,6014; -1,7293; -9,0273]	[-2,908; 2,732; 3,236]
2	[-2,591; -2,978; 3,049]	[2,284; 0,6978; -8,499]	[-3,7824; 3,8386; 4,2227]
3	[-3,2522; -3,3985; 3,8291]	[2,104; 0,09667; -9,36]	[-3,2384; 1,9776; 3,8233]
4	[-4,149; -2,777; 5,56]	[1,638; 0,40058; -8,7892]	[-2,5549; 2,6827; 2,4026]
5	[-3,553; -3,939; 5,266]	[1,4043; -0,28118; -6,3737]	[-3,3232; 3,4241; 2,8337]
6	[-2,9716; -2,8383; 2,7813]	[1,736; -0,2314; -6,048]	[-2,696; 3,001; 2,979]
7	[-2,241; -2,435; 2,177]	[2,094; 0,2477; -9,948]	[-1,733; 2,522; 2,305]
8	[-3,9789; -2,8215; 4,4733]	[1,941; -0,1892; -8,253]	[-2,441; 2,131; 2,354]
9	[-2,5013; -2,9579; 2,2716]	[1,968; 1,24; -10,85]	[-2,441; 2,131; 2,354]
10	[-2,526; -2,787; 2,974]	[2,444; 0,9028; -15,06]	[-3,326; 3,185; 4,017]
11	[-3,6911; -3,0168; 3,8167]	[1,038; 0,8638; -8,122]	[-2,742; 2,483; 3,418]
12	[-2,9507; -3,1674; 3,316]	[1,706; -1,023; -6,489]	[-2,7694; 2,392; 2,5585]
13	[-3,1224; -3,4872; 3,9772]	[0,9415; -0,3953; -5,637]	[-3,1134; 2,372; 3,4613]
14	[-3,662; -3,621; 5,183]	[1,869; -0,2911; -8,634]	[-2,95; 3,132; 3,24]
15	[-3,1136; -2,6594; 2,983]	[2,038; -2,138; -11,24]	[-3,407; 2,763; 3,83]



## Nazorat savollari

1. MatLab dasturida tasvirlar bilan ishlashning qanday funksiyalarini bilasiz?
2. Tanib olish masalalarini hal qilishda neyron tarmoqlardan foydalanish imkoniyatlari qanday?
3. Neyron tarmoqni o'rganish jarayoni nimadan iborat?

## 8-LABORATORIYA ISHI MATLAB TIZIMIDA NEYRO-NORAVSHAN XULOSA CHIQRISHNING ADAPTIV TIZIMINI ISHLAB CHIQRISH JARAYONINI O'RGANISH

**Ishdan maqsad:** Ba'zi matematik funksiyalar bilan tavsiflangan bog'liqlikni aniqlashda neyro-noravshan xulosa chiqarishning moslashuvchan tizimini ishlab chiqish jarayonini o'rganish.

### Nazariy qism

Klassik to'plamlar nazariyasida qo'llaniladigan yondashuv cheklanganbo'lib, unda har bir obyekt uchun munosabatlardan biri doimo to'g'ribo'ladi:

- 1)  $\bar{A}(a \in \bar{A})$  to'plamga tegishli;
- 2)  $\bar{A}(a \notin \bar{A})$  to'plamga tegishliemas.

Noravshan to'plamlar nazariyasining asosiy tushunchalariga quyidagilar kiradi:

- noravshan to'plam (Fuzzy-set);
- noravshan raqam (Fuzzy number);
- noravshan -interval (Fuzzy flat number).

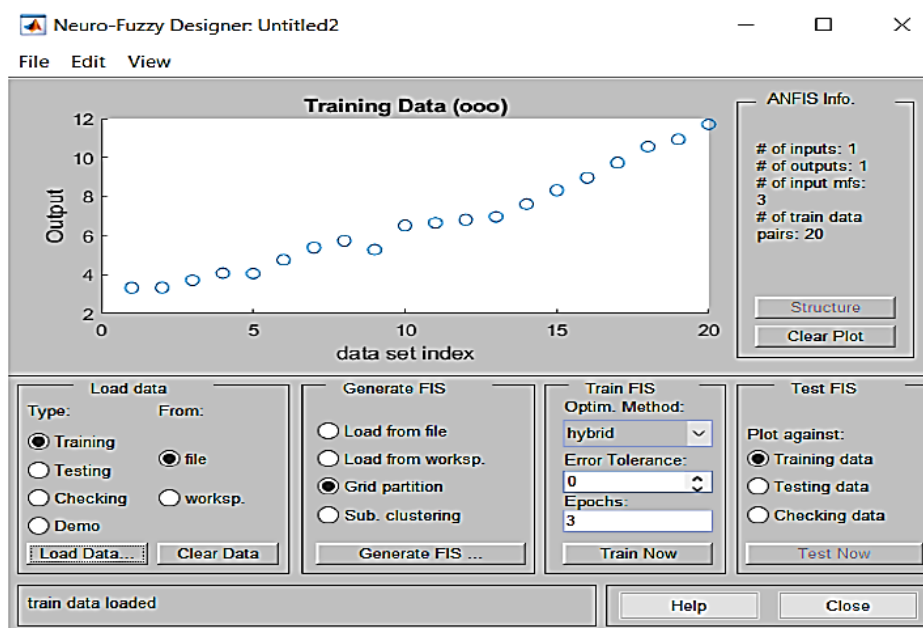
### *Ishni bajarish tartibi*

1. Noravshan xulosalashning moslashuvchan tarmog'i yordamida sonlar juftligi ko'rinishida berilgan funksiyani approksimatsiyalash kerak. Berilgan raqamlar juftligini o'z ichiga olgan \*.dat kengaytmali fayl yarating.

8.1-jadval

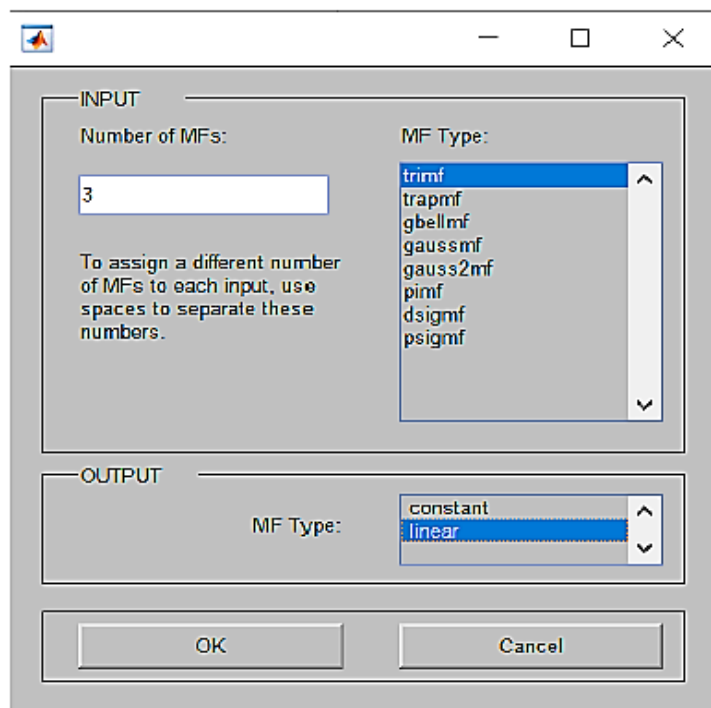
0	3.323	1	6.652
0.1	3.332	1.1	6.815
0.2	3.714	1.2	6.966
0.3	4.073	1.3	7.615
0.4	4.057	1.4	8.321
0.5	4.754	1.5	8.969
0.6	5.389	1.6	9.734
0.7	5.734	1.7	10.562
0.8	5.279	1.8	10.929
0.9	6.516	1.9	11.704

8.1-rasm. Neyron tarmoqlarni o‘qitish uchun boshlang‘ich ma‘lumotlar  
2. MATLAB *Fuzzy Logic Toolbox* ilovasini yuklab oling va bitta kirish va bitta chiqish bilan *Sugeno* tipidagi modelni yarating.



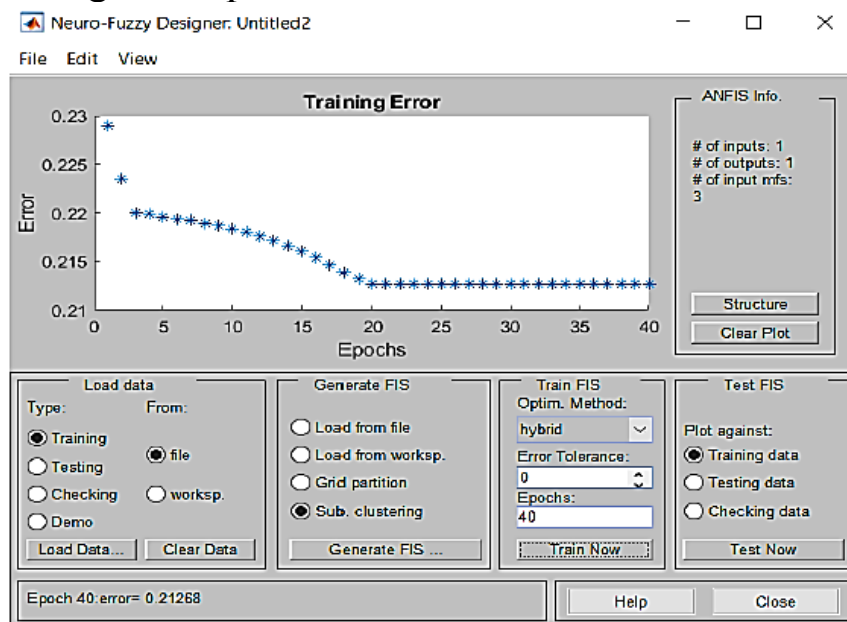
8.2-rasm. Ma‘lumotlarni ko‘rsatish

3. Keyin, panjara usuli parametrlarini kiritish oynasida har bir kirish o‘zgaruvchisi uchun termlar sonini, kirish va chiqish o‘zgaruvchilari uchun tegishlilik funksiyalari turini belgilang.



8.3-rasm.Panjara usuli parametrlarini kiritish oynasi

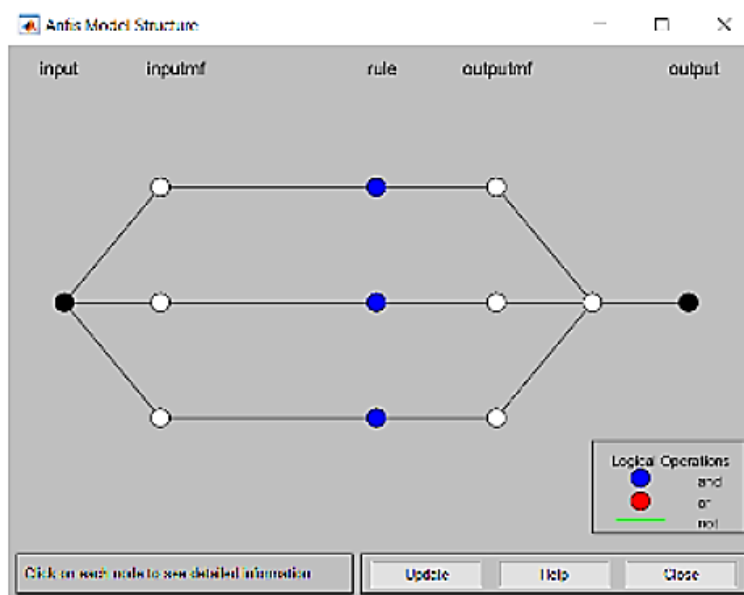
#### 4.Neyron tarmog‘ini o‘qitish.



8.4-rasm.Neyron tarmog‘ini o‘qitish jarayoni

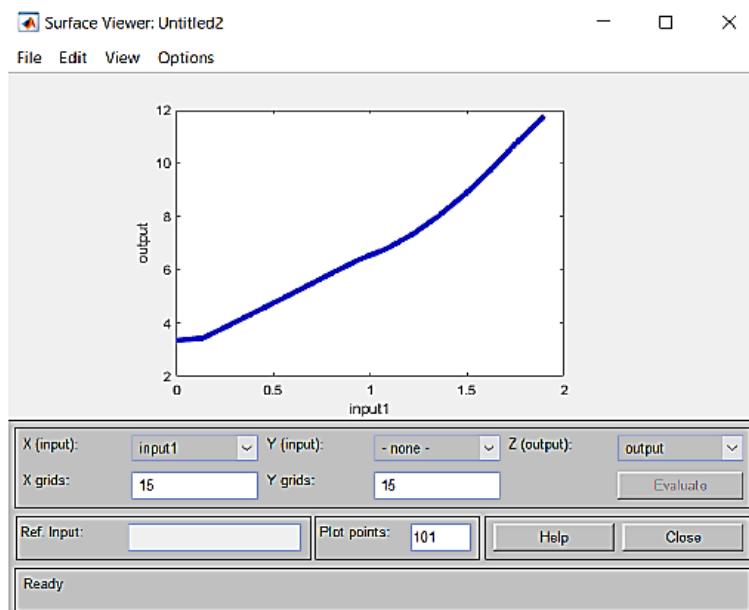
Vizualizatsiya maydonida o‘quv jarayonini ko‘rsating: davrlar soni 40, xato qiymati 0,21268 ga teng.

5. Noravshan neyron tarmoqqa 8.5-rasmda ko'rsatilgan strukturani bering.

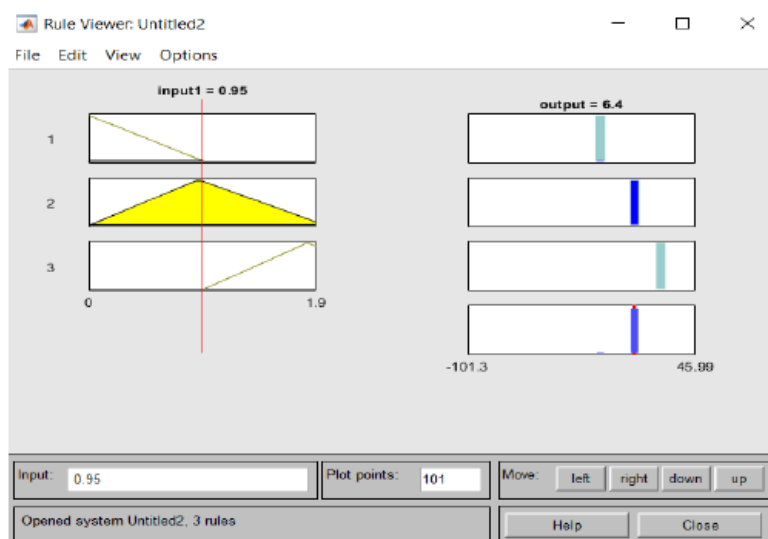


8.5-rasm.Neyro-noravshan tarmoq strukturasi

5. Tegishli noravshan xulosaning yuzasini va gibrid tizimni o'rgatish jarayonida hosil qilingan qoidalarni tuzing.



8.6-rasm. Noravshan xulosalash yuzasi



8.7-rasm.O‘qitish jarayonida hosil qilingan noravshan qoidalar

### Topshiriq variantlari

8.2-jadval

$X(t)$	$Y(t)$ variant									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	3,323	0,62	1,249	3,466	5,926	3,599	1,796	4,333	1,821	1,024
0.1	3,332	0,403	1,834	4,352	5,587	4,228	2,036	4,775	1,301	1,67
0.2	3,714	0,981	2,108	4,29	6,68	4,521	1,533	5,251	1,834	0,97
0.3	4,073	0,918	2,37	4,456	7,33	4,911	1,259	5,829	1,522	0,988
0.4	4,057	1,248	1,542	5,588	7,877	5,497	1,766	6,655	1,571	1,873
0.5	4,754	1,18	1,584	5,882	9,055	5,571	1,933	7,749	1,614	1,826
0.6	5,389	0,606	1,808	6,129	9,821	6,255	1,692	7,761	2,212	1,6
0.7	5,734	1,268	2,359	5,667	10,282	6,378	2,353	8,544	2,274	2,241
0.8	5,279	1,128	1,888	6,832	11,054	7,37	2,43	10,423	2,079	1,972
0.9	6,516	0,777	2,379	7,249	12,314	7,753	1,813	11,12	3,036	1,855
1	6,652	1,159	2,9	7,148	13,465	9,055	2,299	12,024	2,565	1,872
1.1	6,815	1,285	2,954	7,548	14,8	9,633	1,923	13,829	3,441	2,006
1.2	6,966	1,332	2,093	7,253	16,087	11,102	2,059	14,581	3,611	2,035
1.3	7,615	1,077	2,284	7,972	17,636	12,305	2,010	16,651	3,65	1,878
1.4	8,321	1,359	2,597	8,344	20,35	12,845	2,873	18,157	3,942	2,611
1.5	8,969	1,653	2,394	8,218	22,002	14,082	2,774	20,967	4,422	1,954
1.6	9,734	1,395	2,988	8,248	24,146	15,769	2,75	22,352	5	2,642
1.7	10,562	0,972	2,394	9,276	26,169	17,774	3,334	25,132	5,063	2,38
1.8	10,929	1,328	2,815	9,228	29,249	20,072	3,044	27,685	5,016	2,696
1.9	11,704	1,977	3,202	9,436	31,622	21,353	2,966	31,204	5,369	2,288

### Nazorat savollari

1. MatLab dasturida tasvirlar bilan ishlashning qanday funksiyalarini bilasiz?
2. Tanib olish masalalarini hal qilishda neyron tarmoqlardan foydalanish imkoniyatlari qanday?
3. Neyron tarmoqni o‘rganish jarayoni nimadan iborat?

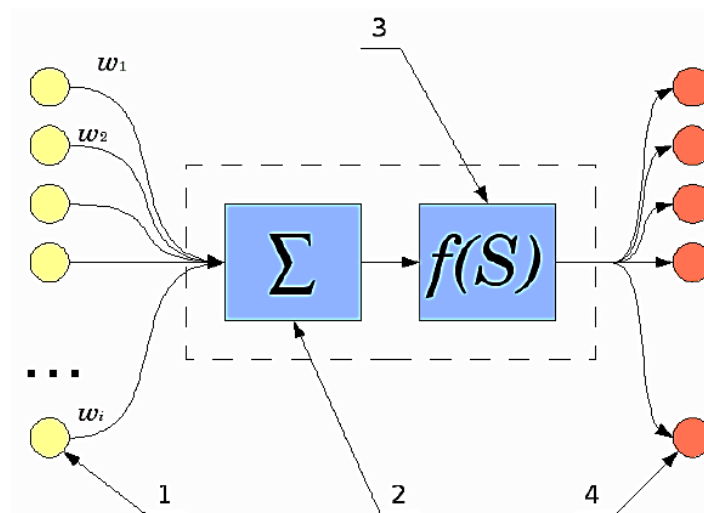
4. O'quv namunasining shovqinliligi tanib olish sifatiga qanday ta'sir qiladi?

## 9-LABORATORIYA ISHI PERSEPTRON TARMOG'IDAN FOYDALANISH TASNIFI

**Ishdan maqsad:** perseptron neyron modeli va perseptron bir qavatli neyron tarmog'i arxitekturasini o'rganish; MatLab tizimida perseptron neyron tarmoqlari modellarini yaratish va tadqiq qilish.

### Nazariy qism

Har bir sun'iy neyron tarmog'ining asosi nisbatan sodda, aksariyat hollarda tirik mavjudotlarning asab tizimidagi neyronlarning ishiga taqlid qiluvchi bir xil turdagi elementlar (hujayralar)ni anglatadi. Sun'iy neyron tarmog'ining umumiy ko'rinishi 9.1-rasmda ko'rsatilgan.



9.1-rasm. Sun'iy neyron tarmog'i

1-sinapslarning ishlashi (9.1-rasm) sinaptik ulanishning qiymati yoki sinapsning  $w$  vazni bilan tavsiflanadi. Sinaps kirish signalining signalini va sinaptik vazni hisoblab chiqadi va natijada olingan signalni chiqishga uzatadi. Keyinchalik, signallar summatorning kirishiga boradi (9.1-rasm). Shunga ko'ra, neyronning hozirgi holati uning kirishlarining vaznli yig'indisi sifatida aniqlanadi:

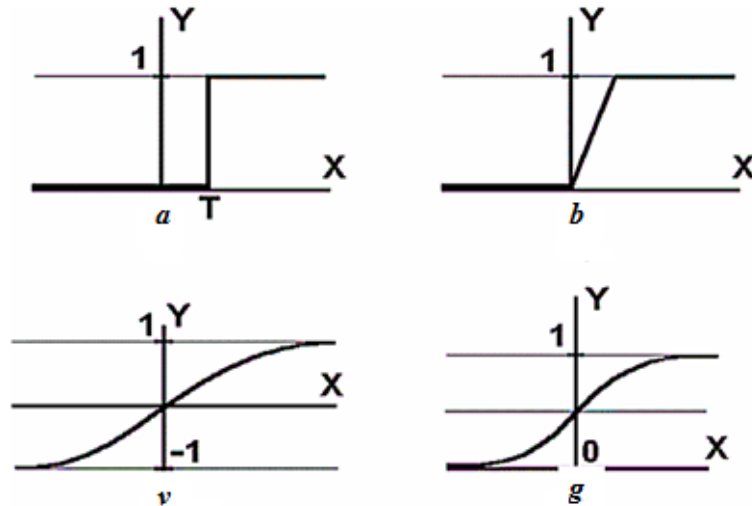
$$S = \sum_{i=1}^n w_i s_i \quad (9.1)$$

Neyronning keyingi elementi nochiziqli o'zgartirgichdir (9.2-rasm). Shunga ko'ra, neyronning chiqishi uning holatiga bog'liq:

$$y = f(s) \quad (9.2)$$

Nochiziqli o'zgartirgichning funksiyasi neyronning faollashuv funksiyasi yoki uning uzatish funksiyasi deb ataladi.

Faollashtirish funksiyasi 9.2-rasmda ko'rsatilganidek, boshqa ko'rinishga ham ega bo'lishi mumkin. Funksiya turi ko'p jihatdan sun'iy neyron tarmog'ining oz sonli elementlar bilan bashoratlash va tasniflash masalani yechishni belgilaydi. Neyronning keyingi elementi nochiziqli o'zgartirgichdir (9.2-rasm). Shunga ko'ra, neyronning chiqishi uning holatiga bog'liq:



9.2-rasm. Neyronlarning faollashuv funksiyalari: *a* – birlik sakrash funksiyasi; *b* – chiziqli chegara (gisterezis); *c* - sigmasimon - giperbolik tangens; *d*– sigmasimon

Eng keng tarqalganlardan biri bu mantiqiy yoki sigmasimon funksiya deb ataladigan nochiziqli funksiyadir (ya'ni, *S* shaklidagi funksiya):

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad (9.3)$$

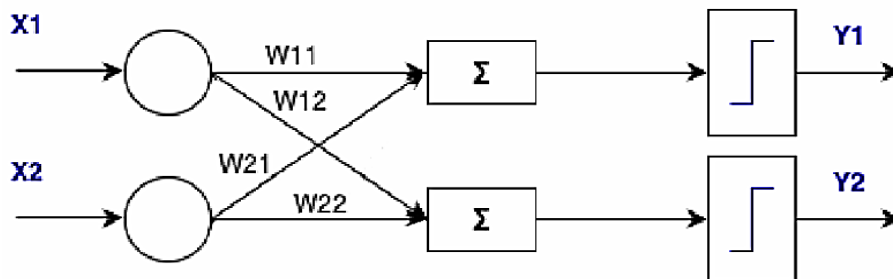
*n* ta kirish sinapslarda o'zgaruvchi signallarni qabul qiladi va 3 ta neyron uchun summatorgakeladi, ular ushbu neyron tarmoqning yagona qatlamini tashkil qiladi va uchta chiqish signalini hosil qiladi:

$$y_j = f\left[\sum_{i=1}^n x_i w_{ij}\right], j = 1..3. \quad (9.4)$$

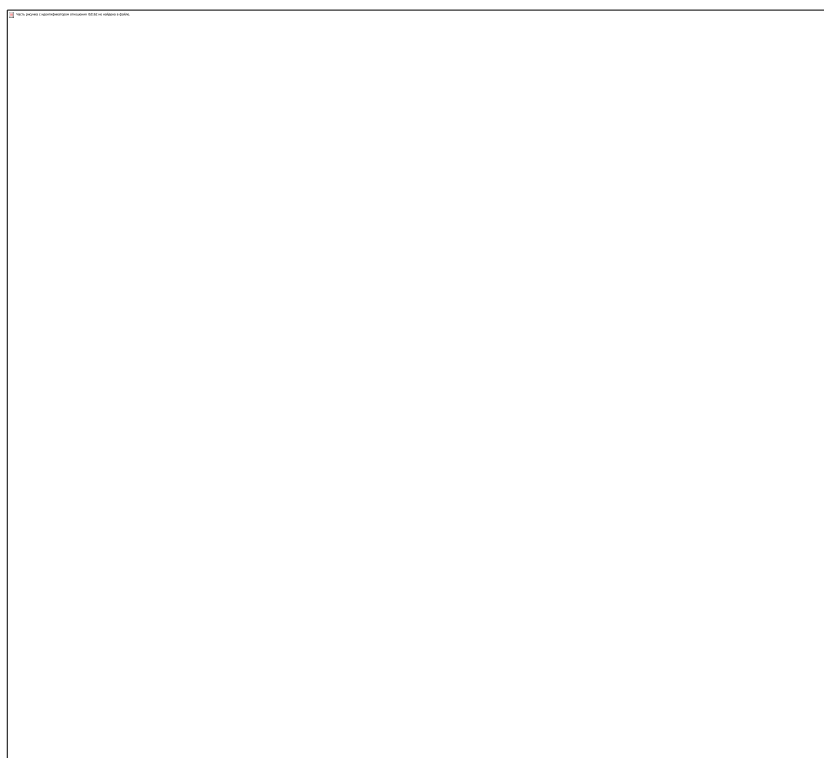
(9.4) formuladan ko'rinib turibdiki, neyronlarning bir qatlami sinapslarining vaznlari *W* matritsasi sifatida ifodalanishi mumkin, unda (9.4) formulaning har biri neyronlarning bir qatlami sinapslarining vaznlari

quyidagicha ifodalanishi mumkinligini ko'rsatadi.  $W$  matritsasi, unda har  $w_{ij}$  bir element  $j$ -neyronning vazni-sinaptik ulanishiga mos keladi.

Shuning uchun quyida ko'rib chiqadigan misolda ikkita kirish, ikkita chiqish va chegaraviy faollashtirish funksiyasiga ega 2 neyronni o'z ichiga olgan perseptron qurilgan (9.3-rasm).

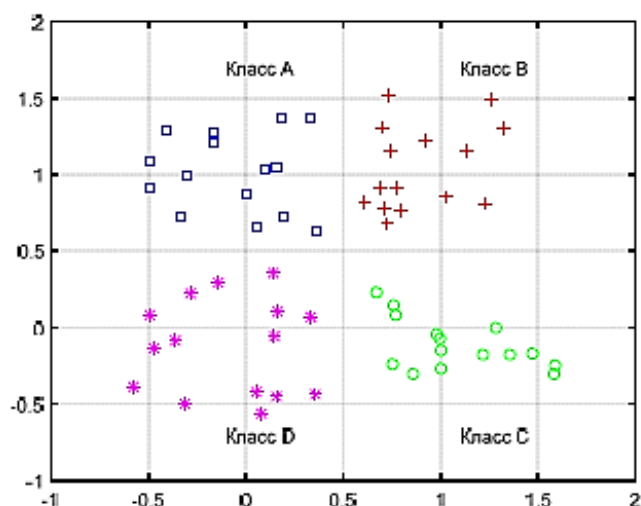


9.3-rasm. Ikki neyronli perseptron



9.4-rasm. 4 sinf uchun o'quv namunasini yaratish





9.5-rasm. 4 sinfga tasniflash uchun boshlang'ich ma'lumotlar

```
% Почему эта кодировка нерабочая?
a = [0 0];
b = [1 1];
d = [0 1];
c = [1 0];
% Почему эта кодировка нерабочая?
a = [0 1];
b = [1 1];
d = [1 0];
c = [0 1];
```

9.6-rasm. Noto'g'ri kodlash variantlari

```
% Входные сигналы сформируем, объединив матрицы классов А, В,
С, D
P = [A B C D];
% определим массив целевых векторов P, включив в него столько
раз копию кодировки класса, сколько было в классе входных векторов
T = [ repmat(a,1,length(A)) repmat(b,1,length(B)) ...
 repmat(c,1,length(C)) repmat(d,1,length(D)) ];
```

9.6-rasm.  $P$  kirish va  $T$  chiqish ma'lumotlaridan o'quv namunasi

Perseptron funksiyasidan foydalanib, aniq o'zgaruvchida perseptron yaratamiz va keyin uni vaqtinchalik siklda o'rgatamiz, moslashish protsedurasini 1000 martadan ko'p bo'lmagan yoki  $E$  xatosi 0 ga teng bo'lguncha takrorlaymiz. Har bir o'quv siklida plotpc buyrug'i yordamida ajratuvchi chiziqlar chiziladi, shuning uchun ularning barchasi sinflarni qanday yaxshiroq ajratishi aniq ko'rinadi. Tegishli kod 9.7-rasmda ko'rsatilgan.

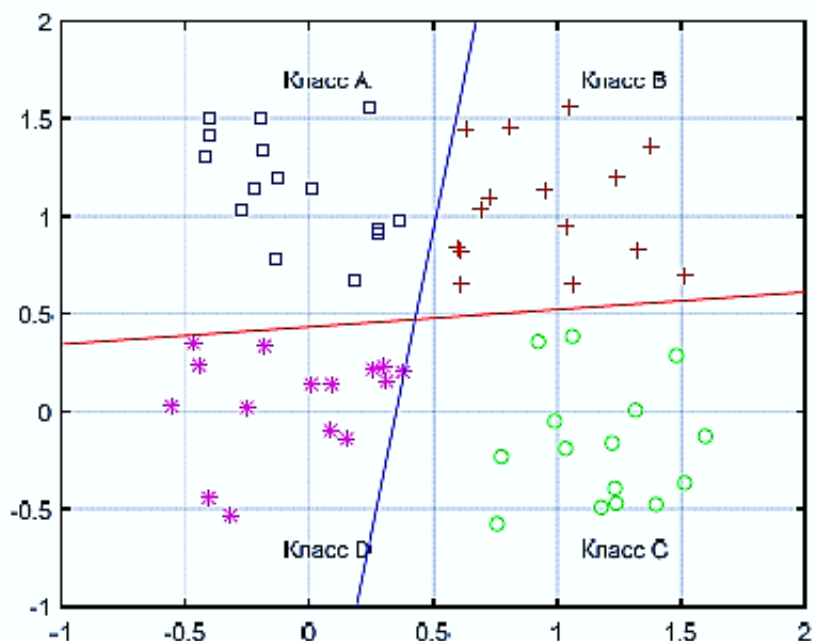
```

% создаем персептрон в переменной net
net = perceptron;
% обучение персептрона в цикле
E = 1;
net.adaptParam.passes = 1;
linehandle = plotpc(net.IW{1},net.b{1});
n = 0;
while (sse(E) & n<1000)
n = n+1;
[net,Y,E] = adapt(net,P,T);
linehandle = plotpc(net.IW{1},net.b{1},linehandle);
drawnow;
end
% визуализируем структуру ИНС
view(net);

```

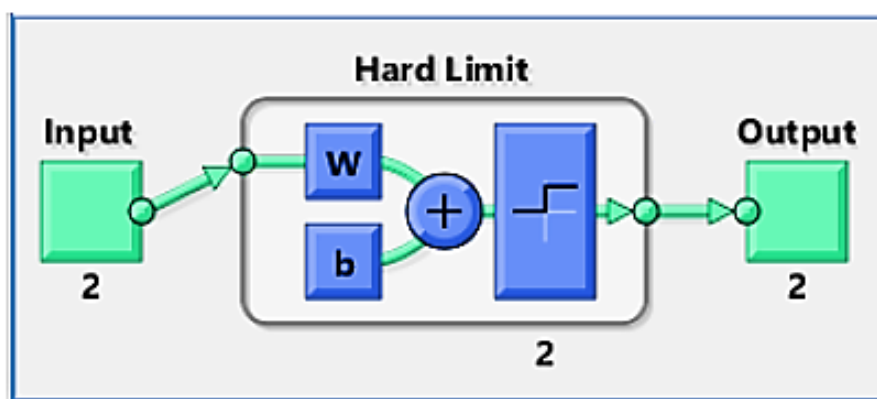
9.7-rasm. Sun'iy neyron tarmog'ini yaratish va o'qitish

Sun'iy neyron tarmog'ining yakuniy holatini vizuallashtirish 9.7-rasmda ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, ajratuvchi chiziqlar to'rtta sinfni hududlarga to'g'ri ajratadi.



9.8-rasm. O'qitilgan sun'iy neyron tarmog'ini vizuallashtirish

Ko'rinib turibdiki, sun'iy neyron tarmog'i ikkita kirish, ikkita chiqish va chegaraviy faollashtirish funksiyali (*Hard Limit*) ikkita neyronga ega.



9.9-rasm. Sunʻiy neyron tarmogʻi strukturasi vizuallashtirish

```

Command Window
>> p=[0.8; 1.3];
>> y=net(p)
y =
     1
     1
fx >> |
  
```

9.10-rasm. Sunʻiy neyron tarmogʻini chaqirish

### Ishni bajarish tartibi

1. Perseptron funksiyasidan foydalangan holda berilgan sonli sinflarga klassifikatsiya qiluvchi neyron tarmoqni qurish. Konfiguratsiya funksiyasidan foydalanib neyron tarmoqning ogʻirliklarini ishga tushirish.

2. Berilgan test namunasini toʻgʻri tasniflash imkonini beruvchi oʻquv namunasini tuzing. Oʻquv namunasi nuqtalarining koordinatalari geometrik tarzda tanlanishi kerak. Buni amalga oshirish uchun dastlab sinov namunasining nuqtalarini grafikda chizing, taxminan ushbu nuqtalarning har biri atrofida oʻquv namunasining bir nechta nuqtalarini quring, soʻngra ushbu nuqtalarning koordinatalarini oʻquv namunasi qatoriga yozing.

3. Grafikda *plotpv* funksiyasidan foydalanib oʻquv namunasini koʻrsating.

4. Adaptatsiya funksiyasidan foydalangan holda tayyorlangan oʻquv majmuasida neyron tarmoqni oʻrgating. Oʻquv jarayonida *plotpc*

funksiyasidan foydalangan holda neyron tarmoqdagi sinflarga bo‘linish chiziqlarining o‘zgarishini ko‘rsating.

5. Nuqtalarni tasniflash grafigini ko‘rsating (*plotpc*, *plotpv* funksiyalaridan foydalanibko‘rsating). Tarmoq natijalarini grafikda tasvirlang. Grafik uchun turli xil ranglardan foydalanish mumkin (*findobj*, *set* buyruqlari).

### Topshiriq variantlari

9.1-jadval

No	Sinflar soni	Tekshirilayotgan to'plam va sinf raqamini koordinata nuqtalari	Nazorat savollari
1	3	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3	1
2	4	[2;1]-1; [1;0]-2; [0;-1]-3	2
3	3	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-3	3
4	4	[1;0]-1; [-1;1]-2; [-1;-1]-2	4
5	3	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3	5
6	4	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-1	6
7	3	[-1;0]-1; [-1;1]-2; [-1;-1]-3	7
8	4	[0;1]-1; [1;-1]-2; [-1;-1]-3	1
9	3	[2;0]-1; [1;1]-2; [-1;1]-2	2
10	4	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-1	3
11	3	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-2	4
12	4	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3	5
13	3	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-1	6
14	4	[0;1]-1; [1;-1]-2; [-1;-1]-3	7

### Nazorat savollari

1. Perseptron neyronning tuzilishi.
2. Berilgan sinflar sonini tanib olish uchun perseptrondagi neyronlar sonini topish qoidasi.
3. Uning vaznlari bo‘yicha perseptron tasnifi chiziqlarini qurish.
4. Perseptronning o‘quv jarayoni.
5. Perseptron, adaptatsiya, *plotpc*, *plotpv* funksiyalarining parametrlari.
6. Display funksiyasi tomonidan taqdim etilgan axborotni tahlil qilish.

## 10-LABORATORIYA ISHI

### SUN'IY NEYRON TARMOQLAR YORDAMIDA FUNKSIYANI APPROKSIMATSIYALASH

**Ishdan maqsad:** oldinga uzatiladigan neyron tarmog'i yordamida yaqinlashish imkoniyatini o'rganish.

#### Nazariy qism

$f(x)$  funksiyaning approksimatsiyalash (yaqinlashuvi) - berilganga yaqin bo'lgan  $g(x)$  (yaqinlashuvchi funksiya) funksiyasini topishdir.  $f(x)$  va  $g(x)$  funksiyalarining yaqinligining bir qancha mezonlari ishlab chiqilgan.

Approksimatsiyalashning asosiy vazifasi berilgan nuqtalar atrofida yoki uzluksiz funksiya grafigi atrofida eng yaqin o'tadigan yaqinlashuvchi funksiyani qurishdir. Bunday muammoning paydo bo'lishi dastlabki ma'lumotlarda xatoliklarni mavjudligi bilan bog'liq.

Approksimatsiyalash obyektning sonli xarakteristikallari va sifat xususiyatlarini o'rganishga imkon beradi, masalani oddiyroq yoki qulayroq obyektlarni (masalan, xarakteristikallari oson hisoblangan yoki xossalari allaqachon ma'lum bo'lgan) o'rganishga qisqartiradi.

Haqiqiy va yaqinlashuvchi funksiyalarning yaqinligi sonli o'lchov - yaqinlashish mezon (yaqinlik) bilan aniqlanadi. Berilgan nuqtalarda eng ko'p ishlatiladigan approksimatsiyalash mezon, "eksperimental" dan hisoblangan qiymatlarning kvadratik og'ishlari yig'indisiga teng. Bunday mezon "kvadratik" deb ataladi.

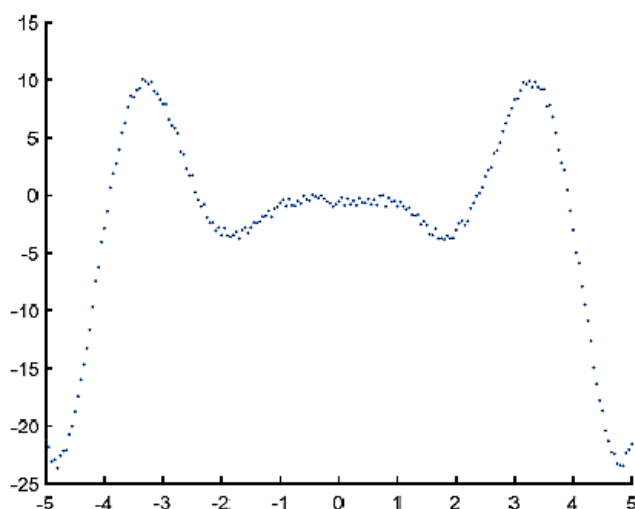
$$R = \sum_{i=1}^n \beta_i (y_i - g_i)^2 \quad (10.1)$$

Bu yerda  $y_i$  funksiyaning  $i$ -nuqtadagi jadval qiymatlari berilgan;  $g_i$  -  $i$ -nuqtadagi yaqinlashuvchi funksiyaning qiymatlari;  $b_i$  -  $i$ -nuqtaning nisbiy ahamiyatini ko'rsatuvchi vazn koeffitsiyentlari bo'lib,  $R$  mezonini minimallashtirish bilan  $b_i$  ning o'sishi birinchi navbatda  $i$ -nuqtadagi og'ishning kamayishiga olib keladi.

Misol sifatida, chiziqli shovqinli bir o'zgaruvchili funksiyani ko'rib chiqamiz.

$$y = x^2 \sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right) \quad (10.2)$$

Yaratilgan nuqtalar to'plami 10.1-rasmda ko'rsatilgan kabi bo'ladi.



10.1-rasm. Sun'iy neyron tarmog'ini o'qitishdagi funksiya grafigi

```
% количество точек
L=200;
% генерация значений аргумента X
X=-5:(10/L):5;
% расчет точек функции, зашумленной линейным шумом
Noise=0.5*rand(1,(L+1))*2-1.0;
Y=X.^2.*sin(2*X+pi/2)+Noise;
```

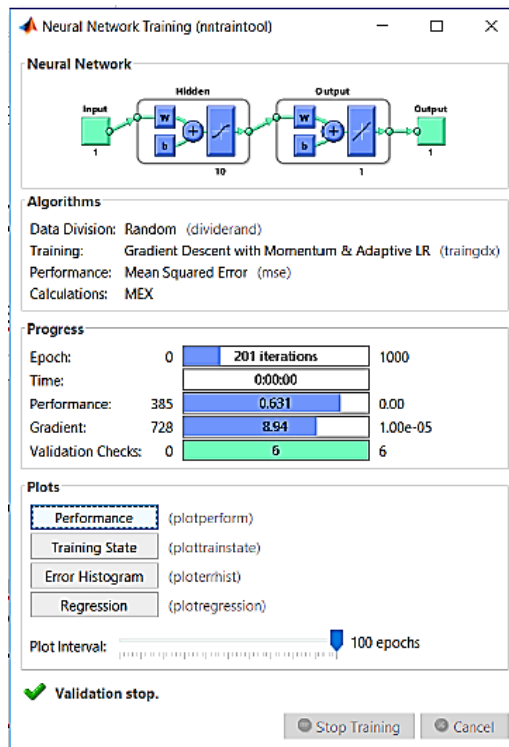
10.2-rasm. Sun'iy neyron tarmog'ini o'qitish uchun boshlang'ich ma'lumotlarni yaratish

```
hold on;
% визуализируем обучающую выборку
plot(X,Y,'LineStyle','none','Marker','.', 'MarkerSize',5);
% создаем ИНС
Net = feedforwardnet(10,'traingdx');
% обучаем ИНС
Net=train(Net,X,Y);
% Тестируем ИНС на интервале шире, чем обучающая выборка
X_rez=-10:0.1:10;
Y_rez = sim(Net, X_rez);
% визуализируем результаты аппроксимации
plot(X_rez,Y_rez,'LineStyle','none','Marker','.', 'MarkerSize',15);
hold off;
```

10.3-rasm. To'g'ridan-to'g'ri tarqalishdagi sun'iy neyron tarmog'ini yaratish va o'qitish

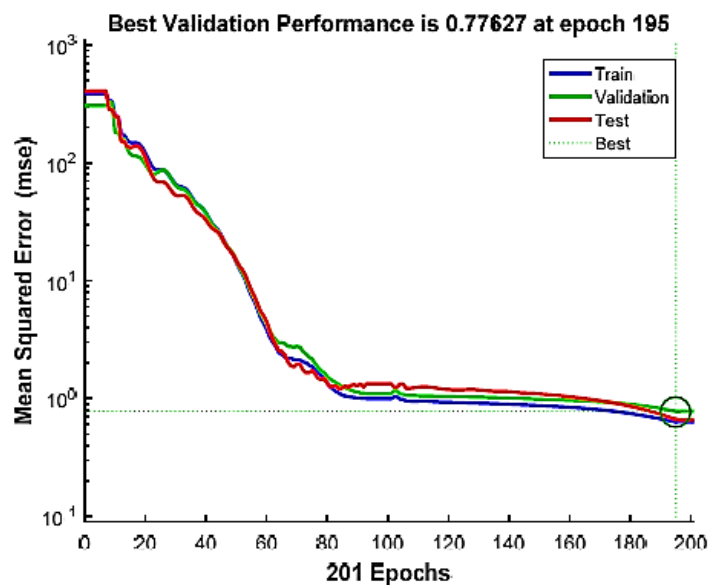
MatLabda o'quv jarayoni neyron tarmog'ining interfeys shaklini ko'rsatadi (10.4-rasm). Tizimning arxitekturasida - qatlamlar soni va ulardagi neyronlar, faollashtirish funksiyalarining turlari ("tansig" va "purelin"), o'rganish algoritmi (o'zgartirilgan gradient tushishi), xatolik

funksiyasining turi (o‘rtacha kvadrat), shuningdek, o‘rganish jarayonining parametrlari ham tasvirlanadi.



10.4-rasm. MatLabda neyron tarmoqning interfeysining ko‘rinishi

Ishlash (*Performance*) tugmasi o‘qitish davrlari bo‘yicha tarmoq xatoligi dinamikasining grafigini o‘z ichiga oladi (10.5-rasm).



10.5-rasm. O‘qitishningamalga oshirilish grafigi

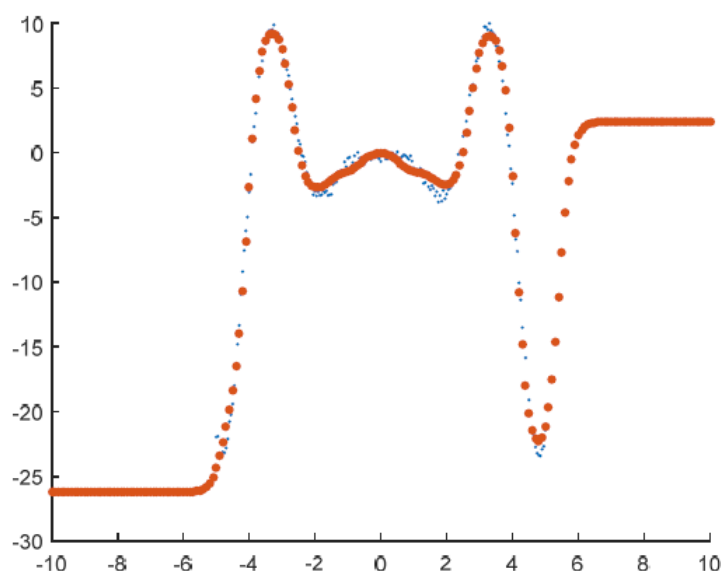
Sun'iy neyron tarmog'i xatolik funksiyasining qiymati ketma-ket oltita davrga oshganda o'quv jarayoni to'xtaydi. Bunda natija quyidagi sabablarga ko'ra yetarli:

1. Yakuniy o'rtacha kvadrat xatolik (MSE) kichik.

2. Xatolarni tekshirish (*Validation*) va test (*Test*) to'plamlari o'xshash xususiyatlarga ega.

3. Qayta tayyorlash mavjud emas (to'xtash nuqtasidan so'ng, faqat test to'plamining MSE 201-davrga ko'tariladi).

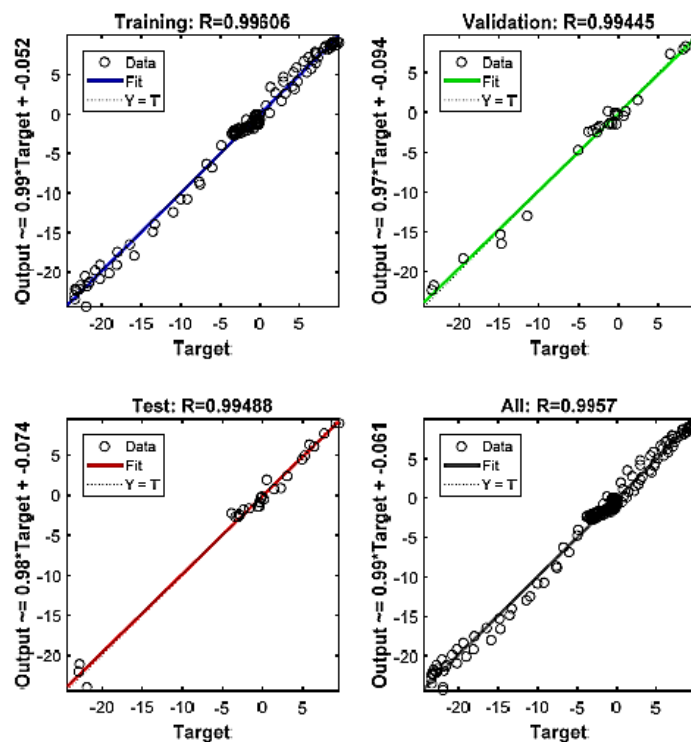
10.6-rasmda *sim* funksiyasidan foydalangan holda tarmoqni hisoblash natijasini approksimatsiyalash funksiyasini ko'rishimiz mumkin. 10.3-rasmda ko'rsatilganidek, tarmoq sinoviga qaraganda kengroq diapazonda amalga oshiriladi.



10.6-rasm. Approksimatsiyali funksiya

Sun'iy neyron tarmog'ining o'quv natijalarini baholashning qo'shimcha vositasi - bu treningda ko'rsatilgan maqsadli qiymatlardan sun'iy neyron tarmog'i (Output) chiqish qiymatlarining regressiya funksiyalarini qurish (10.7-rasm) hisoblanadi. Ushbu diagramma Regressiya (*Regression*) tugmasi bilan chaqiriladi (10.4-rasm).





10.7-rasm. Chiqishlarni o‘qitilgan va hisoblangan korrelyatsiyasi

### Ishni bajarish tartibi

1. Berilgan funksiya uchun uning jadval qiymatlarini tuzing (qiymatlar soni taxminiy funksiyaning jadval qiymatlariga vizual mos kelishi uchun yetarli bo‘lishi kerak).
2. Ushbu jadval qiymatlarini approksimatsiyalash va approksimatsiya funksiyasini topish uchun neyron tarmoqdan foydalaning.
3. Jadval qiymatlarini (nuqtalar bo‘yicha) va approksimatsiya funksiyasini (chiziqlar bo‘yicha) diagrammada chizing.
4. Taxminiy natijaning xatosini son qiymatini toping.

## Topshiriq variantlari

10.1-jadval

Variant	Funksiyaning grafigi	Yechim joylashgan nuqta	Nazorat savollari
1	$(1,85-x) \cdot \cos(3,5x-0,5)$	$x \in [-10,10]$	1
2	$\cos(\exp(x))/\sin(\ln(x))$	$x \in [2,4]$	2
3	$\sin(x)/x^2$	$x \in [3,1,20]$	3
4	$\sin(2x)/x^2$	$x \in [-20,-3,1]$	4
5	$\cos(2x)/x^2$	$x \in [-20,-2,3]$	5
6	$(x-1)\cos(3x-15)$	$x \in [-10,10]$	6
7	$\ln(x)\cos(3x-15)$	$x \in [1,10]$	1
8	$\cos(3x-15)/\text{abs}(x)=0$	$x \in [-10,-0,3), (0,3,10]$ $x \in [-0,3,0,3]$	2
9	$\cos(3x-15) \cdot x$	$x \in [-9,6, 9,1]$	3
10	$\sin(x)/(1+\exp(-x))$	$x \in [0,5,10]$	4
11	$\cos(x)/(1+\exp(-x))$	$x \in [0,5,10]$	5
12	$(\exp(x)-\exp(-x))\cos(x)/(\exp(x)+\exp(-x))$	$x \in [-5,5]$	6
13	$(\exp(-x)-\exp(x))\cos(x)/(\exp(x)+\exp(-x))$	$x \in [-5,5]$	1
14	$\cos(x-0,5)/\text{abs}(x)$	$x \in [-10,0),(0,10]$ , min	2
15	$\cos(2x)/\text{abs}(x-2)$	$x \in [-10,2),(2,10]$ , max	3

### Nazorat savollari

1. Approksimatsiyalash nima?
2. *feedforwardnet* funksiyasining sintaksisi.
3. *train* funksiyasidan foydalanganda o‘qitish parametrlari.
4. *train* o‘rganish funksiyasidan foydalanishda tarmoqni o‘rganishni tugatish turlari.
5. Misolda keltirilgan o'rganish usulini aytib bering.
6. Natijaviy xatosini topish usullari.

## 11-LABORATORIYA ISHI

### KOXONEN TO‘RLARIDAN FOYDALANISHNING TASNIFI

**Ishdan maqsad:** Koxonen qatlami modeli va o‘rgatilmagan algoritmini o‘rganish; MatLab tizimida Koxonen qatlam modelini yaratish va tadqiq qilish.

## Nazariy qism

Nazoratsiz o'rganish ichki ma'lumotlar strukturasi yoki o'quv majmuasidagi namunalar orasidagi korrelyatsiyani ifodalaydi. Neyron tarmoqning chiqishlari mustaqil ravishda shakllantiriladi va sozlanish parametrlari faqat kirish signallari va ulardan olingan tizimning ichki o'zgaruvchilari hisobga olinadigan algoritmgaga muvofiq o'zgartiriladi. Bunday o'qitish boshqarilmaydigan deb ham ataladi. Bunday o'qitishlar natijasida o'quv namunasining obyektlari yoki namunalar sinflar bo'yicha taqsimlanadi va sinflarning o'zi va hatto ularning soni oldindan aniqlanmasligi mumkin. Ushbu yondashuvni amalga oshirish uchun ikkita asosiy masalani yechish kerak:

1. Kiritilgan misollarni sinflarga bo'lishda nazoratsiz usullarni ishlab chiqish o'rganishning vazifasidir;

2. Joriy kirish tasvirini ma'lum bir sinfga yo'naltirish qoidalarini ishlab chiqish- tanib olishning vazifasidir.

Tasniflash jarayonining umumiy mantig'idan kelib chiqadiki, har qanday misollar to'plamini sinflarga bo'lish tasniflanayotgan obyektlarning yetarlicha umumiy xususiyatlaridan foydalanishga asoslangan bo'lishi kerak. O'rganilayotgan fan sohasi bo'yicha bir-biriga o'xshash obyektlar bir sinfga kirishi kerak. Sinf tanlashning eng keng tarqalgan usullaridan biri obyektlarning ko'rsatkichlarini tavsiflovchi maydonidagi ixchamlik holatidir. Xususiyatlar maydonidagi har bir sinf alohida nuqtalar guruhiga mos keladi, ularning har biri tasniflangan to'plam obyektining birgina tasvirini tavsiflaydi. Keyin tasniflash vazifasi nuqtalar to'plamini ko'p o'lchovli fazoda qismlarga bo'lishgacha qisqartiriladi.

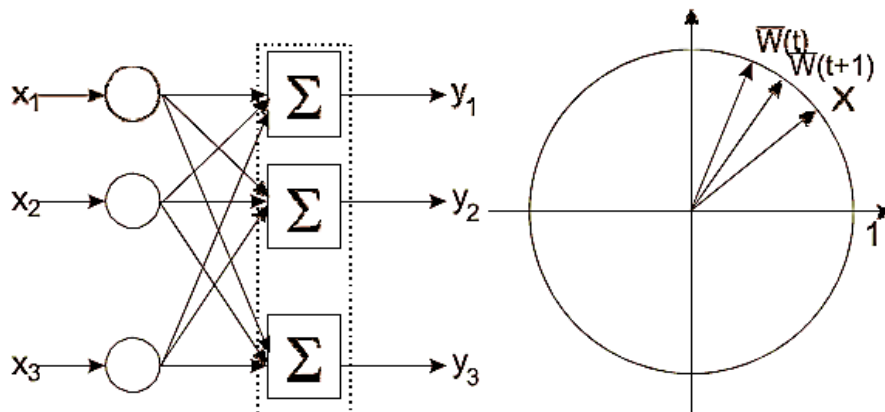
Koxonenning o'rganish algoritmi sinaps vaznlarini oldingi iteratsiyada olingan qiymatlari asosida sozlashga asoslangan.

$$W_{ij}(t) = W_{ij}(t-1) + \alpha[y_j^{(n-1)} - W_{ij}(t-1)] \quad (11.1)$$

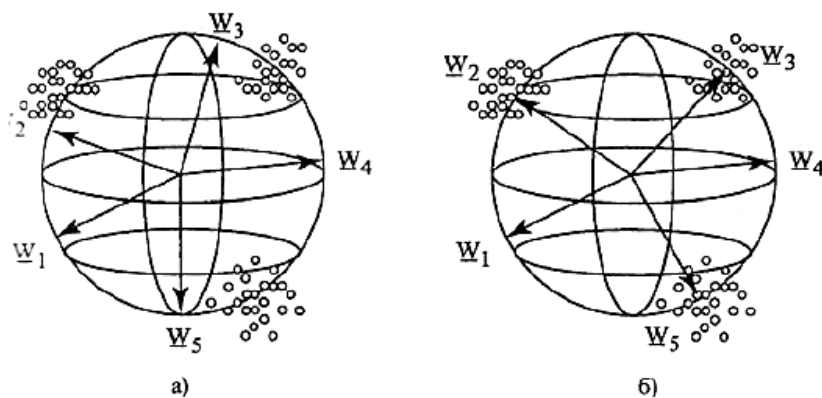
Formula (10.1) ga muvofiq, o'rganish oldingi qatlam neyronlari chiqishidan keladigan neyronlarning sinapslaridagi kirish signallarining qiymatlari va uning sinapslari vaznlarining qiymatlari o'rtasidagi farqni minimallashtirishdan iborat.

O'quv jarayoni shundan iboratki, tarmoq o'quv namunasining joriy misoli bilan navbatma-navbat taqdim etiladi  $x_i$ , unga eng yaqin neyronning sinaptik vaznlari vektori aniqlanadi, u  $x_i$  ga "yo'naltiriladi". Bunday protsedurani takroriy takrorlanishi natijasida neyron vazn vektorlari o'quv

majmuasining ko‘plab misollari mavjud bo‘lgan kirish parametrlari maydonining o‘sha joylariga aylanadi. Bu joylar faqat klasterlarga mos keladi (11.1-rasm).



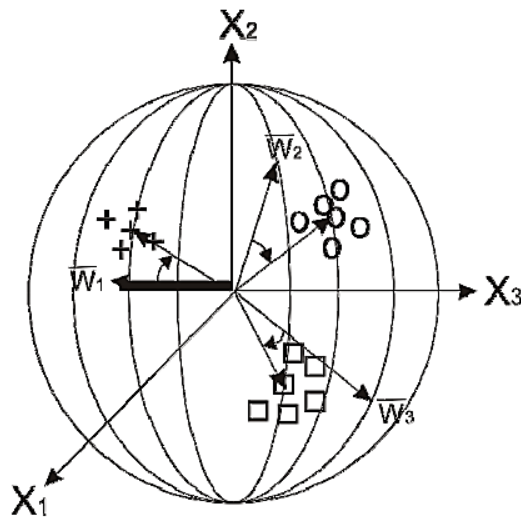
11.2-rasm. O‘qitish davomida vazn vektorining aylanishi



11.3-rasm. Sinapslarning vazn vektorlarini klasterlar markazlariga o‘rnatish

Koxonen tarmog‘ini o‘rgatishning muqobil usuli sinaptik vazn fazosida Evklid masofasidan foydalanishdir. Bu variantda kirish signali  $x_i$  va sinaptik vaznlar vektori orasidagi *Evklid* masofasi shartni qanoatlantiradigan  $k$ -neyron sifatida tanlanadi (11.4-rasm):

$$K : \|\bar{W}_k - \bar{X}_i\| \leq \|\bar{W}_0 - \bar{X}_i\|, \forall 0 \quad (11.2)$$



11.4-rasm. Neyronlarning vazn vektorlarini klasterlar markazlariga oʻrnatish

Qachonki neyron aniqlanganda, uning sinaptik vaznlari shunga oʻxshash formulaga muvofiq sozlanadi:

$$\bar{W}_k(t) = \bar{W}_k(t-1) + \alpha(\bar{x}(t) - \bar{W}_k(t)) \quad (11.3)$$

Xuddi shu tarzda, markazli ikkinchi klaster  $(-3; 0)$ , markazlari  $(0; 3)$  va  $(0; -3)$  boʻlgan uchinchi va toʻrtinchi klasterlar uchun qiymatlar toʻplami oʻrnatiladi. Barcha bilimlar bazasini oʻrnatganimizdan soʻng, barcha klasterlar bitta grafikda ifodalanadi.

```
% задаем кластер №1
y1=0+rand(1,30);
x1=3+rand(1,30);
% задаем кластер №2
y2=0+rand(1,30);
x2=-3+rand(1,30);
% задаем кластер №3
y3=3+rand(1,30);
x3=0+rand(1,30);
% задаем кластер №4
x4=0+rand(1,30);
y4=-3+rand(1,30);
% Отображаем данные на figure (1)
figure (1);
hold on;
plot(x3,y3,'og');
plot(x4,y4,'oy');
plot(x1,y1,'ob');
plot(x2,y2,'or');
grid on
hold off
```

11.5-rasm. Koxonen tarmogʻidagi maʼlumotlarni generatsiyalash

Bizda atigi 4 ta sinf bor va yangilarining paydo bo'lishi kutilmaganligi sababli,  $2 \times 2$  o'lchamdagi o'z-o'zidan o'rganiladigan Koxonen xaritasining olti burchakli panjarasini o'rnatish kifoya qiladi. MatLabnitegishli kodi 11.6-rasmda ko'rsatilgan.

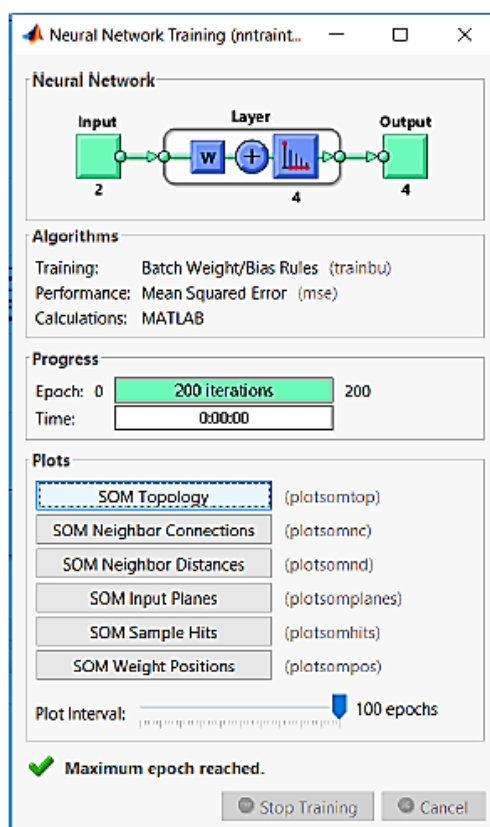
```
% Зададим цели наших четырех кластеров
T3(1:30)=10;
T4(1:30)=20;
T1(1:30)=30;
T2(1:30)=40;
% Соединим все цели кластеров
T(1:30)=T1;
T(31:60)=T2;
T(61:90)=T3;
T(91:120)=T4;
% Соединим всю базу знаний в переменной z
x(1:30)=x1;
x(31:60)=x2;
x(61:90)=x3;
x(91:120)=x4;
y(1:30)=y1;
y(31:60)=y2;
y(61:90)=y3;
y(91:120)=y4;
z(1,1:120)=x;
z(2,1:120)=y;
```

11.6-rasm. Koxonen xaritasi uchun bilimlar bazasini shakllantirish

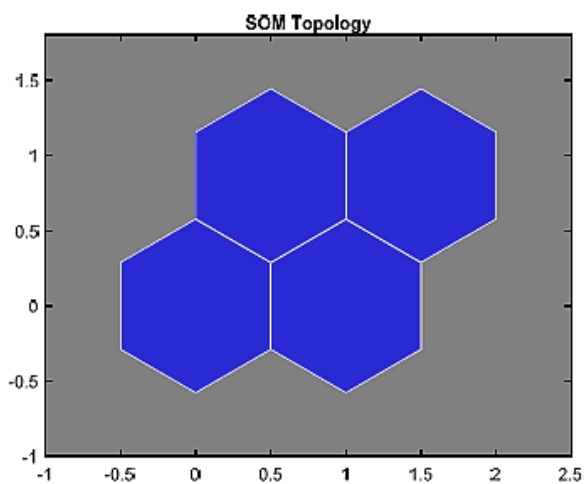
```
% Зададим самообучающуюся карту
net = selforgmap([2 2]);
% Проведем цикл обучения
net = train(net, z);
```

11.7-rasm. Koxonen xaritasini yaratish va o'rgatish uchun MatLab kodi

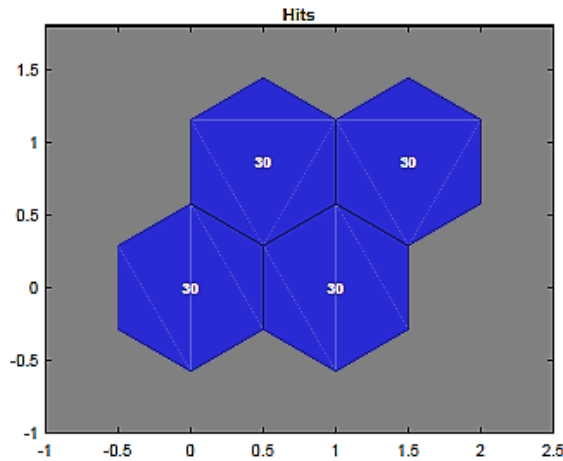
11.9-rasmda Koxonen xaritasini yaratish va o'qitishdan keyingi ko'rinishi ko'rsatilgan (11.7-rasmdagi kod).



11.8-rasm. MatLabdasturida Koxonen xaritasini o‘qitish oynasi

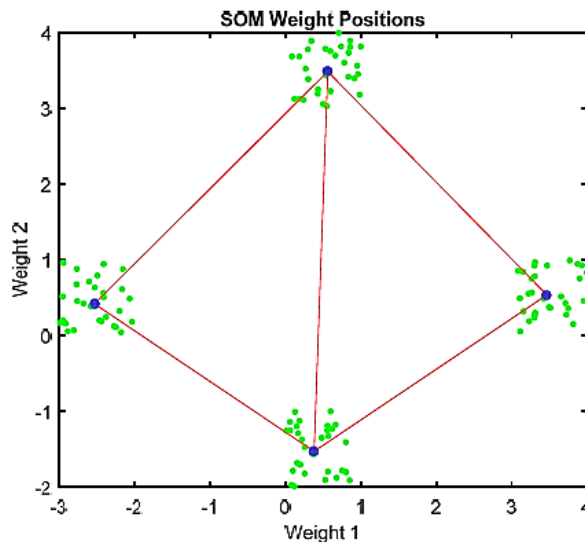


11.9-rasm. O‘z-o‘zini tashkil etuvchi Koxonen xaritasining topologiyasi



11.10-rasm. Misollarni klasterlar bo'yicha taqsimlash

11.11-rasmda Koxonen neyron tarmog'ining klaster markazlari o'qitish natijasida qanday taqsimlanganligini ko'rsatadi.



11.11-rasm. Koxonen neyron tarmog'ining klaster markazlari

### Ishni bajarish tartibi

1. *newc* funksiyasidan foydalanib, Koxonen qatlamiga asoslangan tasnifni amalga oshiradigan neyron tarmoqni yarating. *init* funksiyasidan foydalangan holda neyron tarmog'ining vaznlarining dastlabki ishga tushirilishini bajaring.

2. Berilgan test namunasini to'g'ri tasniflash imkonini beruvchi o'quv namunasini tuzing. O'quv namunasi nuqtalarining koordinatalari geometrik tarzda tanlanishi kerak. Buni amalga oshirish uchun dastlab sinov namunasining nuqtalarini grafikda chizing, taxminan ushbu nuqtalarning har biri atrofida o'quv namunasining bir nechta nuqtalarini



quring, soʻngra ushbu nuqtalarning koordinatalarini oʻquv namunasi qatoriga yozing. Sinov namunasining har bir nuqtasi uchun oʻquv namunasi kamida 3 balli boʻlishi kerak.

3. **Plot** funksiyasidan foydalanib, oʻquv namunasini grafikda koʻrsating. Grafikda koordinata oʻqlari va diagrammaning oʻz nomi boʻlishi kerak.

4. **Selforgmap** buyrugʻi yordamida oʻz-oʻzini tartibga soluvchi Koxonen xaritasini yarating.

5. Tayyorlangan oʻquv majmuasida neyron tarmoqni **train** funksiyasidan foydalanib oʻrgating.

### Topshiriq variantlari

11.1-jadval

№	Sinflar soni	Toʻplamning koordinata nuqtalari	Nazorat savoli
1	3	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3;	1
2	4	[2;1]-1; [1;0]-2; [0;-1]-3;	2
3	5	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-3;	3
4	6	[1;0]-1; [-1;1]-2; [-1;-1]-2;	4
5	7	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3;	5
6	8	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-1;	6
7	3	[-1;0]-1; [-1;1]-2; [-1;-1]-3;	1
8	4	[0;1]-1; [1;-1]-2; [-1;-1]-3;	2
9	5	[2;0]-1; [1;1]-2; [-1;1]-2;	3
10	6	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-1;	4
11	7	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-2;	5
12	8	[0;0]-1; [1;1]-2; [-1;-1]-3;	6
13	3	[0;0]-1; [1;1]-1; [-1;-1]-1;	1
14	4	[0;1]-1; [1;-1]-2; [-1;-1]-3;	2

## Nazorat savollari

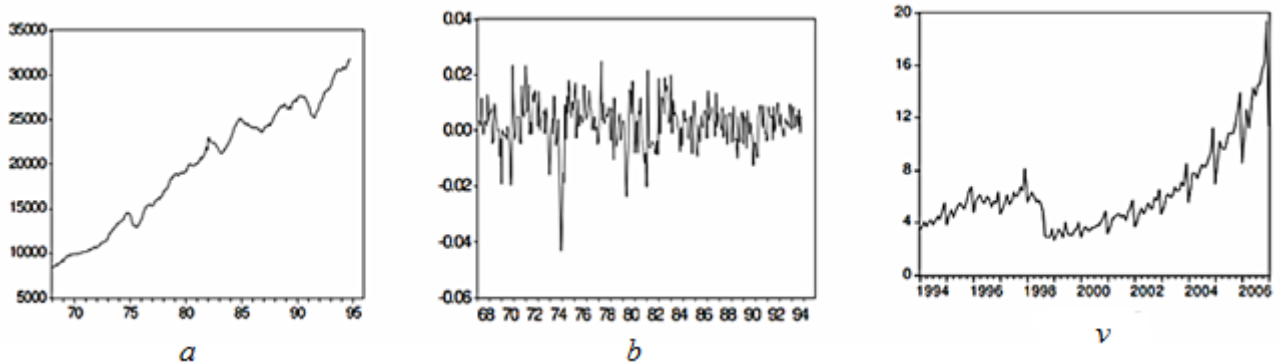
1. Sunʻiy neyron tarmogʻining Koxonen arxitekturasi.
2. Berilgan sinflar sonini tanib olish uchun tarmoqdagi neyronlar sonini topish qoidasi.
3. Oʻrganish algoritmi.
4. Display funksiyasi tomonidan berilgan axborotni tahlil qilish.
5. *Selforgmap* funksiyalarining parametrlari.

## 12-LABORATORIYA ISHI VAQT QATORLARINI NEYROTARMOQLI BASHORATLASH

**Ishdan maqsad:** MatLab tizimida sunʻiy neyron toʻrlari yordamida vaqtli qatorlarni bashoratlash usulini oʻrganish.

### Nazariy qism

*Vaqtli qator (VQ)* - bu vaqt ichida sodir boʻladigan jarayonni tavsiflovchi, vaqtning ketma-ket nuqtalarida, odatda teng vaqt oraligʻida oʻlchanadigan qiymatlar ketma-ketligi, yaʼni  $t_1, t_2, \dots, t_N$ , ketma-ket vaqtlarda amalga oshirilgan tahlil qilingan  $x(t)$  qiymatdagi  $x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_N)$  kuzatishlar qatoridir. Vaqt qatorlaridagi tendensiyalarning variantlari 12.1-rasmda koʻrsatilgan. *Chiziqli tendentsiya* (12.1-rasm, *a*), *tasodifiy tebranishlar* (12.1-rasm, *b*), *murakkab sikl* (12.1-rasm, *d*).



12.1-rasm. Vaqt qatori tendensiyalari

Vaqt qatorini tahlillashning maqsadi:

- turkumning xarakterli xususiyatlarining qisqacha tavsifi;
- vaqtqatorini tavsiflovchi statistik modelni tanlash;
- oʻtmishdagi kuzatishlar asosida kelajakdagi qiymatlarni bashorat qilish;
- vaqtqatorini yaratuvchi jarayonni boshqarish.

Oldingi qiymatlarni tahlil qilish asosida, shuningdek, bashorat qilingan qiymatning dinamikasiga taʼsir qiluvchi boshqa omillarning oʻzgarishlariga asoslanib, oʻlchangan parametrning keyingi vaqtdagi qiymatini taxmin qilish kerak. Bashoratlashda ikki xil yondashuv mavjud. Birinchi holda, bashorat qilish xatosining minimal qiymati muhim ahamiyatga ega. Vaqt qatorini bashorat qilish masalasini hal qilishda maʼlum oldingi qiymatlar asosida keyingi vaqt nuqtasida bashorat qilingan  $Y$  parametri qiymatini (yoki bir nechta qiymatlarni, vektorni) topish kerak  $\bar{Y}, \bar{V}, \bar{C}: Y_{t+1} = g(\bar{Y}, \bar{V}, \bar{C})$ :

$$Y_{t+1} = g(Y_{t-k} \dots Y_t, V_{1,t-k} \dots V_{n,t-k}, V_{n,t}, C_{1,t-k} \dots C_{1,t}, C_{n,t-k}, C_{n,t}) \quad (12.1)$$

Formula (12.1) vaqt qatorining bashoratini belgilaydigan asosiy munosabatlarni tavsiflaydi. Ikkinchi (yashirin) qatlamdagi neyronlar soni dastlab kirish va chiqish qatlamlari neyronlari sonining yarmiga teng boʻlishi lozim:

$$n^{(2)} = \frac{\sum P k_p + 1}{2} \quad (12.2)$$

Bashoratlash masalasini hal qiladigan dasturni yaratish uchun vaqt qatorining maʼlum bir qonunga muvofiq oʻzgarishini olinadi (variantlar jadvali bilan ifodalanadi), unga tasodifiy shovqin ham taʼsir qiladi.

Siklik va tasodifiy komponentni oʻz ichiga olgan vaqt qatori modelini yarataylik. 150 ga teng qator qiymatlari sonini oling.  $a$ ,  $b$ ,  $w$  va  $c$  qiymatlarini tanlang (12.2-rasm).

```
t=1:100;
L=length(t);
z=10*sin(0.2*t)+0.2*t+0.3*randn(1,L);
x=[0 z(1:L-1);0 0 z(1:L-2)];
```

12.2-rasm. Vaqt qatori maʼlumotlarini tayyorlash uchun MatLab kodi

### Neyron tarmogʻini yaratish va oʻrgatish

**Feedforwardnet** funksiyasidan foydalanib, asosiy qatlamda ikkita neyron va bitta chiqish qatlamli neyron tarmogʻini yaratamiz va keyin uni **train** funksiyasidan foydalangan holda qatorning oldingi qiymatlari yordamida oʻqitamiz. **Sim** funksiyasidan foydalanib, neyron tarmoqni ishga tushiramiz va bashorat qiymatlarini olamiz. Keyin bir oynada

$z(t)$  qatori va  $Y(t)$  bashoratli grafiklarni quramiz, bashorat va  $z(t)$  qatorining oxirgi 50 qiymati o'rtasidagi tafovutlarni solishtiramiz.

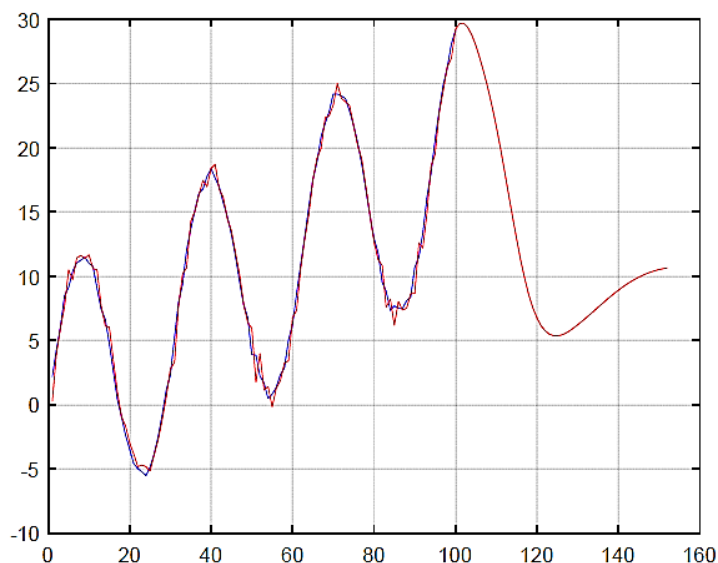
Tegishli kod 12.3-rasmda ko'rsatilgan.

```
net = feedforwardnet([2 1]);
net.trainParam.epochs = 100;
net = train(net,x,z);
y = sim(net,x);
y(101)=sim(net,[z(100) z(99)]');
y(102)=sim(net,[y(101) z(100)]');
for i=1:50
y(102+i)=sim(net,[y(101+i), y(100+i)]' );
end
plot(z, 'b'), hold on, grid on
plot(y, 'r'), hold off
```

12.3-rasm. Vaqt qatori bashorati bo'yicha tarmoqni o'qitishdagi MatLab kodi

Vaqt qatorining bashoratini 12.4-rasmda ko'rish mumkin. Ko'rinib turibdiki, o'qitilgan sun'iy neyron tarmoq yana ellik ball uchun vaqt qatorining tendensiyasini aniq kuzatib boradi. Mustaqil mashqlar sifatida quyidagilarni bajaring:

1.  $h(t) = |z(t) - y(t)|$  xatosini hisoblang va grafigini chizing.
2. Asosiy qatlamdagi neyronlar sonini oshiring va 3-5-bosqichlarni takrorlang.
3. 5 ta oldingi holatdan foydalaning, asosiy qatlamda 2 ta neyronni aniqlang va 3-5-bosqichlarni takrorlang.



## 12.4-rasm. Neyron tarmoq orqali vaqt qatorining bashorati

### Ishni bajarish tartibi

1. O'zida funksiya mujassamlashtirgan vaqt qatorini tuzing. Funksiya turi topshiriq variantlarida ko'rsatilgan.

2. Qabul qilingan vaqt qatoriga signal amplitudasining maksimal 20% miqdorida shovqin qo'shing.

3. Sinov namunasini yarating. O'qitish uchun namunaning uzunligi asl vaqt qatorining uzunligidan 5 elementga kam bo'lganligi sababli, qurish uchun 6 dan n-gacha bo'lgan elementlarni oling.

### Topshiriq variantlari

12.3-jadval

№	Funksiyaning ko'rinishi	Yechim joylashgan oraliq	Nazorat savollari
1	$(1,85-t) \cdot \cos(3,5t-0,5)$	$t \in [0,10]$	1
2	$\cos(\exp(t))$	$t \in [2,4]$	2
3	$\sin(t) \cdot t$	$t \in [3.1,20]$	3
4	$\sin(2t) \cdot t$	$t \in [3.1,20]$	4
5	$\cos(2t) \cdot t$	$t \in [2.3,20]$	5
6	$(t-1)\cos(3t-15)$	$t \in [0,10]$	6
7	$\cos(3t-15)$	$t \in [1,10]$	7
8	$\cos(3t-15)/\text{abs}(t)$	$t \in [0,0.3),(0.3,10]$	8
9	$\cos(3t-15) \cdot t$	$t \in [0.9,1]$	9
10	$\frac{(\exp(t)-\exp(-t))\cos(t)}{(\exp(t)+\exp(-t))}$	$t \in [0,5]$	1
11	$\frac{(\exp(-t)-\exp(t))\cos(t)}{(\exp(t)+\exp(-t))}$	$t \in [0,5]$	2
12	$\cos(t-0,5) \cdot \text{abs}(t)$	$t \in (0,10]$	3
13	$\cos(2t) \cdot \text{abs}(t-2)$	$t \in (2,10]$	4
14	$0,5 \cdot t + \sin(2 \cdot t)$	$t \in [0,10]$	5
15	$2 \cdot t + \cos(0,5 \cdot t)$	$t \in [0,10]$	6

### Nazorat savollari

1. Vaqt qatori nima?

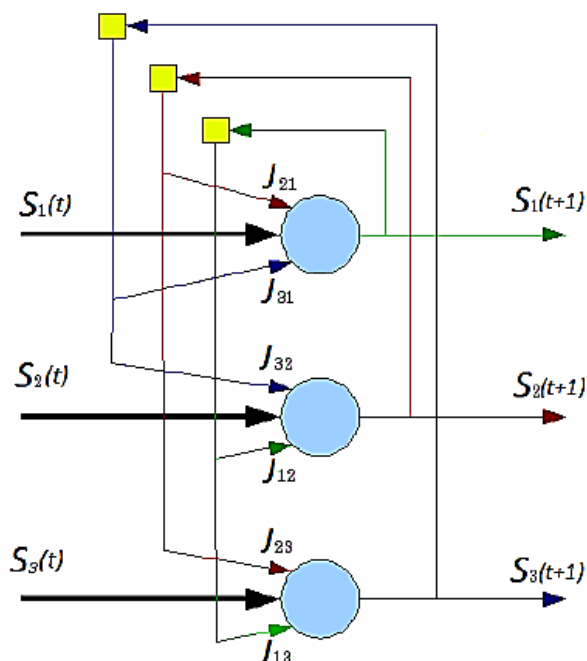
2. Neyron tarmog‘i yordamida vaqt qatorining qiymatlarini bashorat qilish usulini tavsiflang.
3. Neyron tarmoqni o‘rganish jarayoni nimadan iborat?
4. Trening uchun oldingi qiymatlar soni bashorat qilish sifatiga qanday ta‘sir qiladi?
5. Neyronlar soni bashorat qilish sifatiga qanday ta‘sir qiladi?
6. Test namunasini shakllantirish tamoyillarini ayting.

### 13-LABORATORIYA ISHI XOPFILD TARMOG‘INI TADQIQ QILISH

**Ishdan maqsad:** obyektning shovqinli xususiyatlarning cheklangan to‘plamidan tiklashga imkon beruvchi assotsiativ xotira modeli sifatida ifodalanuvchi Hopfild neyron tarmog‘ining xususiyatlarini o‘rganish.

#### Nazariy qism

Xopfild sun‘iy neyron tarmog‘i  $N$  ta sun‘iy neyronlardan iborat bo‘lib, har bir neyronning chiqish signali boshqa neyronlarning kirish signallari bilan bog‘lanib, teskari aloqa hosil qiladi. Tarmoq arxitekturasini 13.1-rasmda ko‘rsatilgan.



13.1-rasm. Xopfild sun‘iy neyron tarmog‘i arxitekturasini

Har bir neyron 2 holatdan birida bo‘lishi mumkin:

$$S(t) \in \{-1; +1\} \quad (13.1)$$

bu yerda  $S(t)$  neyronning  $t$  vaqtdagi holati. Neyronning “qo‘zg‘alishi” “+1” ga, “to‘xtalishi” esa “-1” ga to‘g‘ri keladi. Neyron holatlarining diskretligi uning faoliyatining nohiziqli chegaraviy xususiyatini aks ettiradi.  $N$  neyronlar tarmog‘idagi  $i$ -neyronning vaqt mobaynidagi dinamik holati diskret dinamik tizim bilan tavsiflanadi:

$$S_i(t+1) = \text{sign} \left[ \sum_{j=1}^N J_{i,j} S_j(t) \right], \quad i, j \in 1, \dots, N, \quad (13.2)$$

bu yerda  $J_{i,j}$   $j$  -  $i$ -neyron chiqishining  $j$ -neyronning kirishlari bilan o‘zaro ta‘sirini tavsiflovchi vazn koeffitsientlari matritsasi.

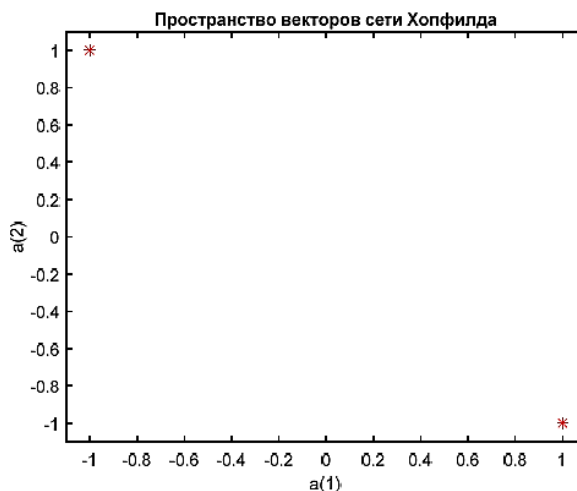
### *Xopfild tarmog‘ini qurish*

[1 - 1] va [- 1 1] vektorlari bilan ifodalangan ikkita neyron va ikkita barqaror holatga ega Xopfild sun‘iy neyron tarmog‘ini ko‘ramiz. (13.2-rasm).

```
T=[+1 -1;-1 +1];
plot(T(1,:),T(2:,:),'r*');
axis([-1.1 1.1 -1.1 1.1]);
title('Пространство векторов сети Хопфилда');
xlabel('a(1)');
ylabel('a(2)');
```

13.2-rasm. Xopfild sun‘iy neyron tarmog‘ida ma‘lumotlarni tayyorlash

13.3-rasmda boshlang‘ich ma‘lumotlarni vizuallashtirish keltirilgan.



13.3-rasm. Xopfild sun‘iy neyron tarmog‘ining boshlang‘ich vektori

*Net* nomli Xopfilid sun'iy neyron tarmog'ini yaratamiz va uning ishlashini barqaror nuqtalarga mos vektorlarni kirish sifatida ko'rsatish orqali tekshiramiz (13.4-rasm).

```
Net=newhop(T); % Создание ИС Хопфилда
[Y,Pf,Af] = sim(Net,2,[], T);
Y % Опрос сети Хопфилда
```

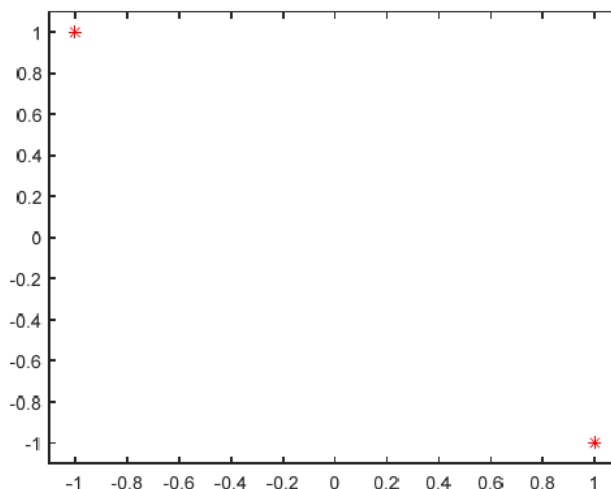
13.4-rasm. Xopfilid sun'iy neyron tarmog'ini yaratish

Agar tarmoq to'g'ri ishlayotgan bo'lsa, u bir xil vektorlarni hech qanday o'zgarishsiz ishlab chiqishi kerak. (13.6-rasm).

```
a={rands(2,1)};% Задание случайного вектора a =[2x1] типа double
[y,Pf,Af]=sim(Net,{1 50}, {},a);
plot(T(1,:),T(2,:),'r*');
axis([-1.1 1.1 -1.1 1.1]);
record = [cell2mat(a) cell2mat(y)];
start = cell2mat(a);
hold on;
plot(start(1,1), start(2,1),'bx', record(1, :), record(2, :));
xlabel('a(1)'); ylabel('a(2)');
title('Результат работы ИНС Хопфилда');
```

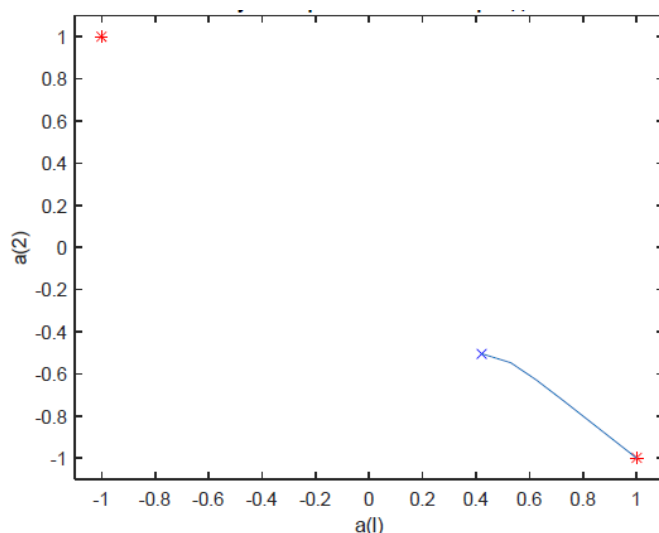
13.5-rasm. Xopfilid sun'iy neyron tarmog'ini tekshirish

13.6-rasm neyron tarmog'ini barqaror holatlarini aks ettiruvchi [1 -1] va [-1 1] vektorlarini ko'rsatadi va 13.7-rasm ixtiyoriy vektor holatida sun'iy neyron tarmog'i ishining natijasini ko'rsatadi.



13.6-rasm. Xopfilid sun'iy neyron tarmog'ini muvozanat nuqtalari





13.7-rasm. Xopfild sun'iy neyron tarmog'ini illyustratsiyasi.

### Ishni bajarish tartibi

1. Berilgan o'lchamdagi Xopfild sun'iy neyron tarmog'i uchun ma'lumotlarni tayyorlang.
2. *newhop* buyrug'i yordamida tarmoq yaratish;
3. Xopfild sun'iy neyron tarmog'ini tasodifiy ma'lumotlarda sinab ko'ring. Uning faoliyati natijalari to'g'risida hisobot tayyorlang.

### Topshiriq variantlari

13.1-jadval

Variant	Xopfild sun'iy neyron tarmog'ini kirish o'lchami	Nazorat savollari
1	3	1
2	4	2
3	5	3
4	3	4
5	4	5
6	5	6
7	3	7
8	4	1
9	5	2
10	3	3
11	4	4
12	5	5
13	3	6
14	4	7
15	5	1

## Nazorat savollari

1. Xopfild tarmog'ining topologiyasini tavsiflang.
2. Xopfild tarmog'ini o'rgatish haqida gapirib bering.
3. Xopfild tarmog'ida axborotni qayta ishlab chiqarish jarayonini tasvirlab bering.
4. Tarmoq tomonidan saqlanadigan maksimal tasvirlar sonining uning hajmiga bog'liqligini tushuntiring.
5. Xopfild tarmog'ining qo'llanilishini sanab o'ting.

## 14-LABORATORIYA ISHI NEYROTARMOQLI TASVIRNI TANIB OLISH

**Ishdan maqsad:** sun'iy neyron tarmog'I yordamida tasvirni aniqlash imkoniyatlarini o'rganish.

### Nazariy qism

Tasvirni aniqlashning vazifasi taqdim etilgan obyektlarni bir necha (sinflar) toifalariga ajratishdir. Ushbu muammodagi tasvirlar obyektlar deb ataladi. Tasniflash muammosining yechimi pretsedentlarga asoslanadi. Pretsedent - bu tasniflash masalalarini hal qilish uchun namuna sifatida olingan, avval tasniflangan (ya'ni, to'g'ri tasniflash unga ma'lum) obyekt. Shuni ta'kidlash kerakki, zamonaviy tabiiy-ilmiy dunyoqarashda pretsedentlarni tahlil qilish asosida qarorlar qabul qilish g'oyasi asosiy hisoblanadi. Tanib olish muammosini hal qilish uchun barcha obyektlar yoki hodisalar cheklangan miqdordagi sinflarga bo'lingan deb faraz qilamiz.

MatLab muhitida sun'iy neyron tarmog'ini yaratish va o'qitish

Sun'iy neyron tarmog'ini bo'yicha o'qitishga tayyorgarlik quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1.  $XR$  o'quv tasvirlarining ikki o'lchovli massivini shakllantirish, ularning har bir ustuni bitta tasvirning  $N$  xususiyatlari to'plamidir va  $K$  ustunlar soni o'quv tasvirlari soniga teng.
2.  $YR$  maqsadli javoblarning ikki o'lchovli massivini kuzatish.
3. *Feedforwardnet* buyrug'i yordamida kerakli struktura va parametrlarga ega sun'iy neyron tarmog'ini yaratish.
4. Sun'iy neyron tarmog'ini o'rganish jarayonining boshlanishi *train* buyrug'i bilan boshlanadi.

Hosil qilingan belgilarni tanib olish muammolarini hal qilish uchun biz neyronlar soni 50 ga teng bo'lgan bitta yashirin uch qatlamli sun'iy neyron tarmog'idan foydalanamiz. Chiqish qatlami tasniflash sinflari soniga mos keladigan neyronlar sonini o'z ichiga oladi. Tegishli MatLab kodi 14.5-rasmda ko'rsatilgan.

```
InData=double(XR');
OutData=double(YR');
nHidden=50;
Net = feedforwardnet(nHidden);
Net.performFcn = 'sse'; % sse квадратичная ошибка
Net.trainParam.goal = 1e-3; % целевое значение ошибки.
Net.trainParam.epochs = 5000; % максимальное число эпох обучения
Net.trainParam.mc = 0.95; % Momentum constant.
Net.trainParam.lr = 0.0001;
Net.layers{1}.transferFcn = 'tansig';
Net.layers{2}.transferFcn = 'logsig';
Net.trainFcn = 'traingda';
Net=init(Net);
Net.IW{1,1}=Net.IW{1,1}+1e-2*randn;
Net.b{1}=Net.b{1}+1e-3*randn;
Net.LW{2,1}=Net.LW{2,1}+1e-2*randn;
Net.b{2}=Net.b{2}+1e-2*randn;
% обучаем сеть в заданных настройках
Net = train(Net,XR',YR');
```

#### 14.5-rasm. Sun'iy neyron tarmog'ini yaratish va o'qitishni MatLab dasturidagi kodi

O'qitilgan sun'iy neyron tarmog'ining bosma belgilarni tanib olish  $X[N]$  ustunli vektor ko'rinishidagi kiritish bilan  $Y$  javobini shakllantirishdan iborat bo'lgan sun'iy neyron tarmog'i  $sim(Net,X)$  buyrug'i bilan amalga oshiriladi.

Turli darajadagi nosozlilarga ega bo'lgan belgilarni tanib olishda sun'iy neyron tarmog'ining ishlashini tekshirish 14.6-rasmda ko'rsatilgan MatLab kodi yordamida amalga oshiriladi.

```

% тестируем на зашумленных образах
for i=1:size(CharsetNames)
for j=1:10
A=CharsetNames(i,:);
X=logical(imread(A));
B=rand(size(X));
C=X+((B>0.7));
L=size(X);
N=L(1)*L(2);
XTest=double(reshape(X,[N,1]));
YTest=sim(Net,XTest)
end
end

```

14.6-rasm. Sunʼiy neyron tarmogʻini yaratish va oʻqitishni MatLab dasturidagi kodi

Sunʼiy neyron tarmogʻi ishining sifatini obyektiv baholash uchun tanib olishning ehtimollik xususiyatlarini hisoblash kerak.

### Ishni bajarish tartibi

1. Oʻqituvchi tomonidan belgilangan belgilar uchun mos yozuvlar tasvirlarining grafik fayllarini tayyorlang.

2. MatLab muhitida bosilgan belgilarni tanib olish uchun moʻljallangan sunʼiy neyron tarmogʻini yarating va oʻrgating.

3. Sunʼiy neyron tarmogʻi ish sifatining bogʻliqligini oʻrganing:

- belgilarning buzilish darajasi boʻyicha;
- yashirin qatlamdagi neyronlar soni;
- neyronlarni faollashtirish funksiyalari;
- sunʼiy neyron tarmogʻini oʻrganish algoritmlari.

Sunʼiy neyron tarmogʻi ishining sifati  $i$ -sinf tasvirining  $P_{pr}(i)$  toʻgʻri tasniflash ehtimoli bilan baholanishi kerak,  $i=1, \dots, N$ .  $P_{pr}(i)$  ehtimolini baholash quyidagi formula boʻyicha amalga oshiriladi:

$$\hat{P}_{np}(i) = \frac{N_{np}}{N_0} \quad (14.1)$$

bu yerda  $N_{np}$  –  $i$ -sinfning toʻgʻri tanib olinishi soni;  $N_0$  –  $i$ -sinfning umumiy tanib olinishi soni.  $N_{pr}$  soni dastur  $N_0 = 10 \dots 100$  qiymatlarida ishga tushirilganda eksperimental tarzda aniqlanadi.

## Topshiriq variantlari

14.1-jadval

№	Belgilar to'plami	Tasvirning o'lchami	Nazorat savollari
1	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	8×12	1
2	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J	10×15	2
3	K, L, N, O, P, Q, R, S, T, U	12×18	3
4	Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z	8×12	4
5	a, b, c, d, e, f, g, h, i, j	10×15	5
6	k, l, n, o, p, q, r, s, t, u	12×18	6
7	q, r, s, t, u, v, w, x, y, z	8×12	7
8	A, Б, В, Г, Д, Е, Ё, Ж, З, И	10×15	1
9	Й, К, Л, М, Н, О, П, Р, С, Т	12×18	2
10	У, Ф, Х, Ц, Ч, Ш, Щ, Ъ, Ы, Э	8×12	3
11	Х, Ц, Ч, Ш, Щ, Ъ, Ы, Э, Ю, Я	10×15	4
12	а, б, в, г, д, е, ё, ж, з, и	12×18	5
13	й, к, л, м, н, о, п, р, с, т	8×12	6
14	у, ф, х, ц, ч, ш, щ, ъ, ы, э	10×15	7
15	х, ц, ч, ш, щ, ъ, ы, э, ю, я	12×18	1

### Nazorat savollari

1. Tasvirni aniqlash masalasida tasvir va sinf nima deyiladi?
2. Tanib olish tizimining samaradorligi nima bilan belgilanadi?
3. MatLab da tasvirlar bilan ishlashning qanday funksiyalarini bilasiz?
4. Tanib olish masalalarini hal qilishda neyron tarmoqlardan foydalanish imkoniyatlari qanday?
5. Neyron tarmoqni o'qitish jarayoni nimadan iborat?

## 15-LABORATORIYA ISHI ELEKTR O'TKAZGICHNING NORAVSHAN MANTIQUIY BOSHQARISH TIZIMI

Ushbu maqolada biz PID rostlagichining sozlash parametrlarini noravshan moslashtirishni ko'rib chiqamiz, bu esa obyektning nohiziqli xususiyatlarini hisobga olish va elektr o'tkazgich modeli misolidan foydalanib, kerakli rostlash sifatini ta'minlash imkonini beradi.

Boshqaruv tizimlarida noravshan mantiqdan foydalanish boshqaruv jarayoniga operator aralashuvi darajasini pasaytiradi va shuning uchun sanoat muhitiga ko'proq moslashtirilgan boshqaruvning yangi usullarini ishlab chiqishga imkon beradi. Noravshan mantiq asosida qurilgan rostlagichlar, ba'zi hollarda, klassik rostlagichlarga nisbatan vaqtinchalik

jarayonlarning yuqori sifat ko'rsatkichlarini ta'minlashga qodir. Bundan tashqari, noravshan boshqaruv algoritmlarini sintez qilish usullaridan foydalanib, kompleks matematik tadqiqotlar o'tkazmasdan, murakkab boshqaruv sikllarini optimallashtirish mumkin bo'ladi.

Noravshan mantiqqa asoslangan rostlagichli PID rostlagich va ular o'rtasidagi farq shundaki, boshqaruvchining proporsional va integral sxemalaridagi zanjirlar statik emas, ya'ni ular hozirgi vaqtda tizimning holatiga bog'liq. Bu sizga boshqaruv jarayonini sifat jihatidan o'zgartirish, tizimdagi signallarning parametrlarini (signal o'zgarish tezligi, tezlashuv) hisobga olish, shuningdek, boshqarish jarayonini yanada moslashuvchan qilish imkonini beradi.

### **Avtomatik boshqarish tizimining hisobi**

Avtomatik boshqarish tizimi parametrlarini hisoblash:

$$T_{\vartheta} = \frac{L_{\text{я}}}{R_{\text{я}}} = \frac{0.8\Gamma_H}{1.73O_M} = 0.462 \text{ c} \quad (15.1)$$

Moment bo'yicha dvigatelning doimiyligini hisoblash:

$$C_M = \frac{M}{I_{\text{я}}} = \frac{0.925 H \cdot \text{м}}{2.6A} = 0.356 \quad (15.2)$$

Tezlik bo'yicha dvigatelning doimiyligini hisoblash:

$$C_E = \frac{U_n - I_{\text{я}}R_{\text{я}}}{2\pi n} \cdot 60 = \frac{110B - 2.6A \cdot 1.73O_M}{2 \cdot \pi \cdot 2400 \text{ об / мин}} \cdot 60 = 0.42 \quad (15.3)$$

Dvigatelning kuchaytirish koeffitsiyenti:

$$k_{\delta} = \frac{1}{C_E} = \frac{1}{0.42} = 2.38 \quad (15.4)$$

O'tkazgichning elektromexanik vaqt doimiysi,  $s$  :

$$T_M = \frac{J_{\Xi}R_{\text{я}}}{C_E C_M} = \frac{0.024 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot 1.73O_M}{0.42 \cdot 0.356} = 0.278 \text{ c} \quad (15.5)$$

Reduktor doimiysi:

$$K_{\text{ред}} = \frac{1}{i} = \frac{1}{40} = 0.025 \quad (15.6)$$

bu yerda  $i$  – reduktorning uzatish soni.

Tiristor quvvat o'zgartirgichi yetarli darajada aniqlik bilan aperiodik deb hisoblanishi mumkin. Elektr o'tkazgich 50 Hz chastotali uch fazali oqim tarmog'idan quvvatlanadi.

Struktura sxemasini tuzish uchun quyidagilarni hisobga olish kerak:

- 1) tizimning sifat omili - chiqish signalining maksimal o'zgarish tezligining tezlik xatosiga nisbati sifatida hisoblanadi;
- 2) qurilmalarni taqqoslashning kuchaytirish koeffitsiyenti:

$$D = \frac{V}{\delta_v} \quad (15.10)$$

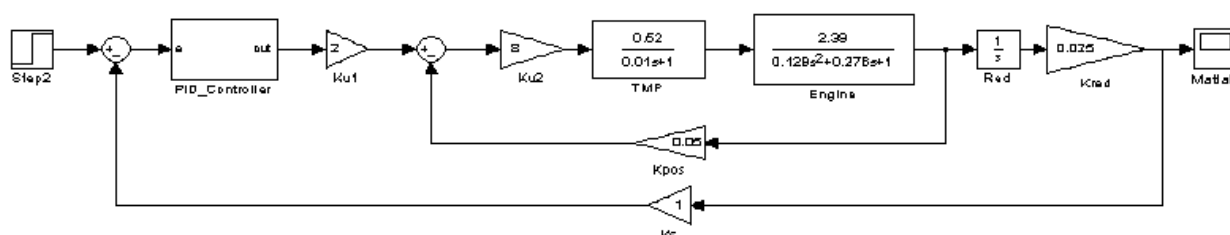
Tezlik konturidagi kuchaytirish koeffitsiyenti:

$$K_{u2} = 8 \quad (15.11)$$

Holat konturidagi kuchaytirish koeffitsiyenti:

$$K_{u1} = 2 \quad (15.12)$$

Elektr o'tkazgich struktura sxemasini 15.1-rasmda keltirilgan.



15.1-rasm. Elektr o'tkazgich struktura sxemasi

Tezlik siklidagi PID rostlagich koeffitsiyentlari hisoblash uchun Simulink paketining yopiq tizimlarni parametrik optimallashtirish uchun mo'ljallangan *NonlinearControlDesign* (NCD) ost dastur yordamida hisoblanadi. Bu tengsizliklar ko'rinishidagi cheklovlar mavjud bo'lganda parametr qiymatlari uchun optimallashtirish muammolarini hal qilish va ketma-ket kvadratik dasturlashni optimallashtirish algoritmi sifatida ishlatiladi.

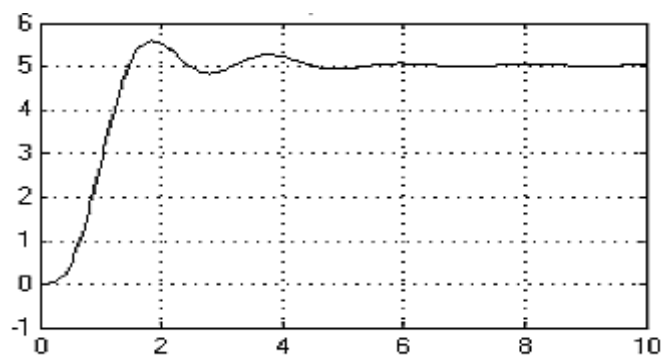
NCD dasturining ishi natijasida PID-rostlagichning quyidagi koeffitsiyentlari olindi:

$$K_p = 3.7163;$$

$$K_i = 0.0387;$$

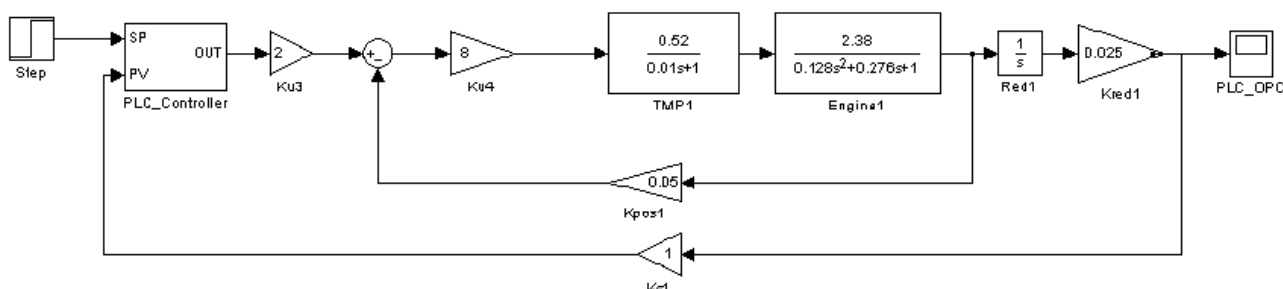
$$K_d = 1.0552.$$

Modellashtirish natijasida PID rostlagichning o'tkinchi jarayoni 15.2-rasmda ko'rsatilgan. Yuqoridagi grafikdan ko'rinib turibdiki, bu tizim 0,8% oshib ketgan.



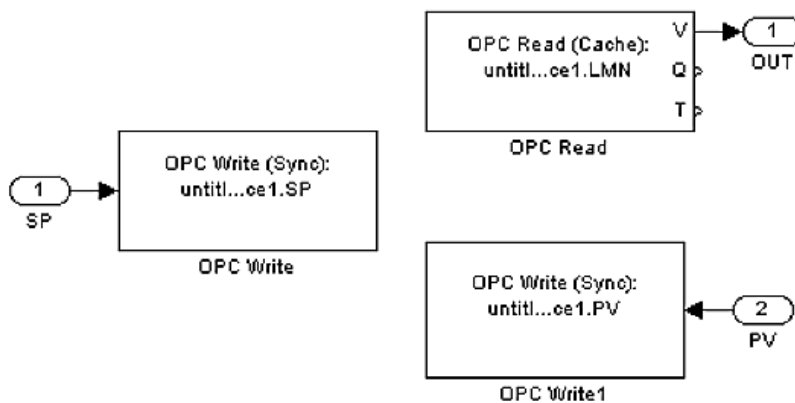
15.2-rasm. PID rostlagichli o‘tkinchi jarayon grafigi

Matlab Simulinkda Siemens S7-300 PLK PID-rostlagichga asoslangan modelning struktura sxemasi 15.3-rasmda ko‘rsatilgan.



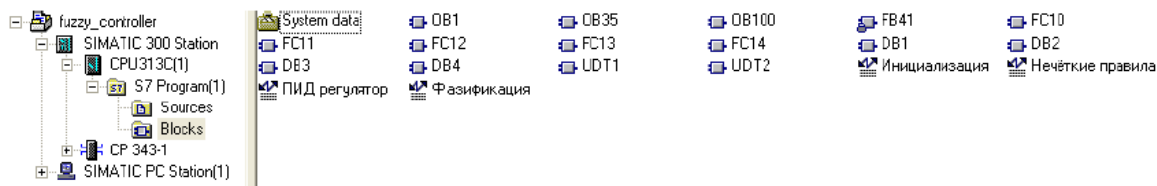
15.3-rasm. Modelning struktura sxemasi

Matlab Simulinkdagi “PLC\_Controller” ma’lumotlarni uzatish bloki va PLK 15.4-rasmda ko‘rsatilgan.



15.5-rasm. OPC-protokolidan foydalangan holda ma’lumotlarni uzatish

STEP 7 da bajarilgan noravshan PID-rostlagichni amalga oshiruvchi dastur bloklari 15.6-rasmda ko‘rsatilgan.



15.6-rasm. STEP7dagi dastur bloklari



Noravshan rostlagichning asosiy vazifasi tizimning joriy koordinatalariga qarab boshqaruvning chiqish qiymatini shakllantirishdir.

Rostlagichdagi kirish ma'lumotlarini qayta ishlash tartibini quyidagicha tavsiflash mumkin:

1) kiritilgan o'zgaruvchilarning joriy qiymatlari lingvistik qiymatlarga aylantiriladi (fazzifikatsiya);

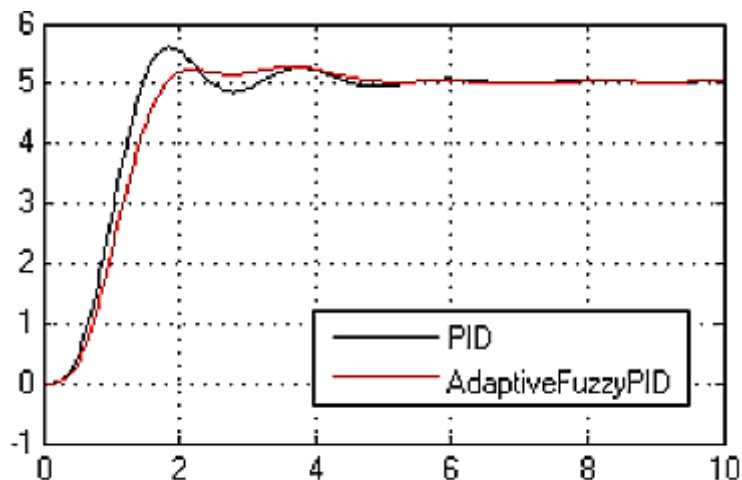
2) olingan lingvistik qiymatlar asosida va boshqaruvchi qoidalar bazasidan foydalangan holda, noravshan xulosa chiqariladi, buning natijasida chiqish o'zgaruvchilarining lingvistik qiymatlari hosil bo'ladi (defazzifikatsiya).

Noravshan rostlagichning bilimlar bazasi quyidagi masalalarni bartaraf etish uchun ishlab chiqiladi:

1) hisoblab chiqilgan istalgan rejimda yopiq boshqaruv tizimining harakatlarini tahlil qilish asosida kirish lingvistik o'zgaruvchilarni tanlash;

2) har bir lingvistik o'zgaruvchi uchun lingvistik atamalar to'plamini belgilash;

3) har bir atama uchun taxminiy noravshan to'plamni tanlash.



15.7-rasm. O'tkinchi jarayonni taqqoslash sxemasi

Klassik PID-rostlagich va noravshanrostlagichyordamida o'tkinchi jarayonning grafiklari taqqoslanilganda, noravshanrostlagichli modelni barqaror holat jarayoni vaqtini sezilarli darajada yaxshilanilganligini ko'rish mumkin bo'ladi.

## Tizimlarni taqqoslash natijalari

Rostlagichning turi	O'ta rostlanish, %	O'rnatilgan jarayon davomiyligi, s
	0,8	4,8
	0,1	5,7

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. Ануфриев, И. Е. MatLab 7. Наиболее полное руководство в подлиннике / И. Е. Ануфриев, А. Б. Смирнов, Е. Н. Смирнова. –СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
2. Горбань, А. Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А. Н. Горбань, Д. А. Россиев. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1996. – 276 с.
5. Комарцова, Л. Г. Нейрокомпьютеры : учеб. пособие для вузов /Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов. – 2-е изд. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 400 с.
6. Медведев, В. С. Нейронные сети. MatLab 6 / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. – М. : Диалог-МИФИ, 2002. – 496 с.
7. Уоссермен, Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / Ф. Уоссермен. – М. : Мир, 1992. – 118 с.
8. Ясницкий, Л. Н. Искусственный интеллект. Элективный курс :учеб. пособие / Л. Н. Ясницкий. – М. : БИНОМ, Лаборатория знаний,2011. – 200 с.
9. Замятин Н. В. Нечеткая логика и нейронные сети: учебное пособие /Н. В. Замятин; рец.: И. А. Ходашинский, С. Н. Ливенцов ;Министерство образования и науки Российской Федерации,Томский государственный университет систем управления ирадиоэлектроники (Томск). - Томск: Эль Контент, 2014. - 146 с. (10экз. в библиотеке ТУСУР)
10. Павлов С. Н. II Системы искусственного интеллекта : учеб. пособие.В 2-х частях. /С. Н. Павлов. — Томск: Эль Контент, 2011. — 176 с.(10 экз. в библиотеке ТУСУР)
11. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. Матлаб 6. М.:Диалог МИФИ, 2002. – 496с.
12. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. М.: Издательскийдом «Вильямс», 2001. – 287с.
13. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. –М.: Мир, 1992.
14. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. М.:Горячая линия - Телеком, 2001. – 382с.
15. РутковскаяД., ПилиньскийМ., РутковскийЛ. Нейронныесети, генетическиеалгоритмыинечеткиесистемы. –М., 2004.

16. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.

17. Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. М.: Энергоиздат. 1991. — 234 с.

18. Захаров В.И., Ульянов В.С. Нечеткие модели интеллектуальных промышленных регуляторов и систем управления: научно-организационные, технико-экономические и прикладные аспекты. Известия Академии наук. Техническая кибернетика, 1992, № 5, с. 171–196.

19. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления/ Изд.4-е, перераб. и доп., 2003.- 752 с.

## MUNDARIJA

Kirish.....	1
Laboratoriya ishi №1: Noravshan matematik modelni qurish va tadqiq etish..	4
Laboratoriya ishi №2: Fuzzy Logic Toolbox paketini o‘rganish.....	7
Laboratoriya ishi №3: Ekspert ma’lumotlari asosida tegishlilik funksiyalarini qurish.....	15
Laboratoriya ishi №4: Tegishlilik funksiyalari va ularning FUZZY LOGIC TOOLBOX muhitida tatbiqi.....	19
Laboratoriya ishi №5: Noravshan approksimatsiyalash modelini qurish.....	22
Laboratoriya ishi №6: Neyrotarmoqli approksimatsiyalash modeli.....	30
Laboratoriya ishi №7: Noravshan mantiq asosida boshqaruv obyektini shakllantirish.....	34
Laboratoriya ishi №8: MATLAB tizimida neyro-noravshan xulosa chiqarishning adaptiv tizimini ishlab chiqish jarayonini o‘rganish.....	41
Laboratoriya ishi №9: Perseptron tarmog‘idan foydalanish tanifi.....	46
Laboratoriya ishi №10: Sun’iy neyron tarmoqlar yordamida funksiyani approksimatsiyalash.....	53
Laboratoriya ishi №11: Koxonen to‘rlaridan foydalanishning tasnifi.....	58
Laboratoriya ishi №12: Vaqt qatorlarini neyrotarmoqli bashoratlash.....	66
Laboratoriya ishi №13: Xopfild tarmog‘initadqiq qilish.....	70
Laboratoriya ishi №14: Neyrotarmoqli tasvirni tanib olish.....	74
Laboratoriya ishi №15: Elektr o‘tkazgichning noravshan mantiqiy boshqarish tizimi.....	77
Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yhati.....	83

**Siddikov I.X., Yakubova N.S.**

# **INTELLEKTUAL BOSHQARISH NAZARIYASI**

fanidan  
laboratoriya ishlarini bajarish uchun

**USLUBIY KO‘RSATMA**

*Muharrir: Miryusupova Z.M.*