

**“THEORY OF INTELLIGENT CONTROL”**  
**WEEK-13. NON-DETERMINISTIC SETS AND NON-**  
**DETERMINISTIC LOGIC.**

**“INTELLEKTUAL BOSHQARISH NAZARIYASI” FANIDAN**  
**№ 13-MA’RUZA**

**MAVZU: NOQAT’IY TO’PLAMLAR VA NOQAT’IY MANTIQ**

***Reja:***

1. Noqat’iy mantiq va noqat’iy toplam nazariyasining matematik apparati
2. Noaniq va lingvistik o'zgaruvchilar. A'zolik (tegishlilik) funksiyasini ifodalash shakllari va noqat’iy xulosa chiqarish

***Tayanch so‘z va iboralar:*** noqat’iy mantiq, noqat’iy to‘plam, lingvistik o‘zgaruvchi, a’zolik funksiyasi, noqat’iy operatsiyalar, noaniqlik va noaniqlik, intervalli noqat’iy to‘plamlar, noaniqlikni modellashtirish, agregatsiya va defuzzifikatsiya, sun’iy intellekt va boshqaruvda qo'llash

**13.1. Noqat’iy mantiq va noqat’iy toplam nazariyasining matematik apparati**

Noqat’iy to‘plamlarning matematik nazariyasi va noqat’iy mantiq klassik to‘plamlar nazariyasi va klassik formal mantiqning umumlashmasidir. Bu tushunchalar birinchi marta 1965 yilda amerikalik olim Lotfi Zoda tomonidan taklif qilingan. Yangi nazariyaning paydo bo‘lishining asosiy sababi inson jarayonlar, tizimlar va ob’ektlarni tasvirlashda noqat’iy va taqribiy fikrlashning mavjudligi edi.

Murakkab tizimlarni modellashtirishning noqat’iy yondashuvi butun dunyoda e’tirof etilishidan oldin, noqat’iy to'plamlar nazariyasi yaratilganidan beri o'n yildan ko'proq vaqt o'tdi. Va noqat’iy tizimlar rivojlanishining ushbu yo'lida uchta davrni ajratish odatiy holdir [1-3].

Birinchi davr (60-yillarning oxiri — 70-yillarning boshi) noqat'iy to'plamlarning nazariy apparati (L.Zadeh, E.Mamdani, Bellman)ning rivojlanishi bilan tavsiflanadi. Ikkinchi davrda (70-80-yillar) murakkab texnik tizimlarni noqat'iy boshqarish (noqat'iy boshqaruvli bug 'generatori) sohasida birinchi amaliy natijalar paydo bo'ldi. Shu bilan birga, noqat'iy mantiqqa asoslangan ekspert tizimlarini qurish va noqat'iy kontrollerlarni ishlab chiqish masalalariga e'tibor berila boshlandi. Qarorlarni qo'llab-quvvatlash uchun noaniq ekspert tizimlari tibbiyot va iqtisodiyotda keng qo'llaniladi.

Nihoyat, 80-yillarning oxiridan boshlab davom etayotgan va bugungi kunda ham davom etayotgan uchinchi davrda noqat'iy ekspert tizimlarini qurish uchun dasturiy paketlar paydo bo'ladi va noqat'iy mantiqni qo'llash sohalari sezilarli darajada kengayib bormoqda. U avtomobilsozlik, aerokosmik va transport sanoatida, maishiy texnika sohasida, moliya, tahlil va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda va boshqa ko'plab sohalarda qo'llaniladi [4].

Butun dunyo bo'ylab noqat'iy mantiqning zafarli yurishi 80-yillarning oxirida Bartolomey Kosko mashhur FAT (Fuzzy Approximation Theorem) teoremasini isbotlaganidan keyin boshlandi. Biznes va moliya sohasida noqat'iy mantiq 1988 yilda moliyaviy ko'rsatkichlarni bashorat qilish uchun noaniq qoidalarga asoslangan ekspert tizimi fond bozorining qulashini bashorat qilgan yagona tizim bo'lganidan keyin tan olindi. Muvaffaqiyatli noaniq ilovalar soni esa hozir minglab.

Noqat'iy modellar va usullarni qo'llash doirasi keng bo'lib, metro poyezdining jo'nash va to'xtash jarayonini boshqarish, yuk liftlari va yuqori pechlarni boshqarishdan kir yuvish mashinalari, changyutgichlar va mikroto'lqinli pechlargacha. Shu bilan birga, noqat'iy tizimlar p noqat'iy to'plamlarning matematik nazariyasi va noqat'iy mantiq klassik to'plamlar nazariyasi va formal mantiqning umumlashtirilishi hisoblanadi. Bu tushunchalarni amerikalik olim Z.Lutfiy 1965 yilda taklif qilgan. Yangi nazariyaning paydo bo'lishining asosiy sababi inson jarayonlar, tizimlar va ob'ektlarni tasvirlaganda noqat'iy va taxminiy fikrlashning mavjudligi edi [5-7].

Noqat'iy modellar va usullarni qo'llash doirasi keng bo'lib, metro poyezdining jo'nash va to'xtash jarayonini boshqarish, yuk liftlari va yuqori pechlarni boshqarishdan kir yuvish mashinalari, changyutgichlar va mikroto'lqinli pechlargacha. Shu bilan birga, noqat'iy tizimlar resurs va energiya xarajatlarini kamaytirish bilan birga mahsulot sifatini yaxshilashga imkon beradi va aralashuvchi omillarga yuqori qarshilik ko'rsatadi.

Noqat'iy to'plamlarning matematik nazariyasi bu bilimlar bilan ishlaydigan noqat'iy tushunchalar va bilimlarni tasvirlash va noqat'iy xulosalar chiqarish imkonini beradi. Noqat'iy mantiq real dunyoning noaniqliklari va noaniqliklarini ifodalashning samarali vositasini ta'minlaydi [8].

Aytaylik  $E$  universal to'plam,  $X$  -  $E$  ning elementi,  $R$  esa qandaydir xossa bo'lsin. Elementlari  $R$  xossasini qanoatlantiradigan universal  $E$  to'plamining oddiy (aniq)  $A$  kichik to'plami  $A = \{\mu_A(x)/x\}$  tartiblangan juftliklar to'plami sifatida aniqlanadi, bunda  $\mu_A(x)$  xarakteristik a'zolikdir. Funktsiya (yoki oddiygina a'zolik funktsiyasi), ba'zi bir to'liq tartiblangan  $M$  to'plamdagi qiymatlarni qabul qiladi (masalan,  $M = [0, 1]$ ). A'zolik funktsiyasi  $x$  elementning  $A$  kichik to'plamga a'zolik darajasini (yoki darajasini) ko'rsatadi.  $M$  to'plam a'zolik to'plami deb ataladi. Agar  $M = \{0, 1\}$  bo'lsa,  $A$  noaniq to'plamni oddiy yoki aniq to'plam deb hisoblash mumkin.

Noqat'iy to'plam oddiy to'plamdan farq qiladi, chunki  $E$  kichik to'plamining  $X$  elementlari uchun  $R$  xossasi bo'yicha aniq javob (ha – yo'q) yo'q. Shu munosabat bilan  $E$  universal to'plamining noaniq  $A$  kichik to'plami to'plam sifatida aniqlanadi. buyurtma qilingan juftliklar.  $\mu_A(x)$  a'zolik funktsiyasi  $A$  kichik to'plamga tegishli  $X$  elementning darajasini (darajasini) ko'rsatadi [9,10].

**Misol:**

Agar  $E = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$ ,  $M = [0; 1]$

$A$  - noaniq to'plam bo'lib, unga a'zolik funktsiyalari belgilanadi.

$\mu_A(X_1) = 0,3$ ;  $\mu_A(X_2) = 0$ ;  $\mu_A(X_3) = 1$ ;  $\mu_A(X_4) = 0,5$ ;  $\mu_A(X_5) = 0,9$ .

Bunda

$A = \{0,3/x_1; 0/x_2; 1/x_3; 0,5/x_4; 0,9/x_5\}$  yoki

$A = 0,3/x_1 + 0/x_2; 1/x_3; 0,5/x_4; 0,9/x_5$

Noqat'iy to'plamlarning asosiy xususiyatlari:

**sup  $\mu_A(x)$**  miqdori noqat'iy  $A$  to'plamining balandligi deyiladi.

Noqat'iy  $A$  to'plami normal hisoblanadi, agar uning balandligi 1 bo'lsa, ya'ni. uning a'zolik funksiyasining yuqori chegarasi 1 ga teng.

$\text{Sup } \mu_A(x) < 1$  uchun noqat'iy to'plam subnormal hisoblanadi.

Agar a'zolik funksiyasi 0 ga teng bo'lsa, noqat'iy to'plam bo'sh bo'ladi.

Agar a'zolik funksiyasi 1 ga teng bo'lsa,  $\mu_A(x) = 1$  faqat bitta  $X$  element uchun, u holda noqat'iy to'plam unimodaldir.

Agar kichik to'plam  $> 0$  a'zolik funksiyalarini o'z ichiga olsa, u  $A$  deb ataladi - noqat'iy kichik to'plamning tashuvchisi.

Agar a'zolik funksiyasi 0 ga teng bo'lsa,  $0 = \mu_A$  bo'lsa,  $X$  ning ushbu sharti qondiriladigan elementlari o'tish nuqtalari deb ataladi.

Noqat'iy to'plamlarda mantiqiy amallar

1) Inklyuziya: Agar elementlarning a'zolik funksiyasi  $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$  bo'lsa,  $A \subset B$  elementida mavjud bo'ladi.

$A \subset B$  – inklyuziya

$B \subset A$  ning ustidan ustunlik qiladi

2) Tenglik:  $A = B$

$A = B$ , agar  $\mu_A(x) = \mu_B(x)$  bo'lsa

3)  $\mu_A(x) = 1 - \mu_B(x)$  bo'lsa,  $A$  va  $B$  to'ldiruvchilar bir-birini to'ldiradi.

$B = \bar{A}$  yoki  $A = \bar{B}$

4) Kesishish:  $A \cap B$

$A \cap B$  ni kesib o'tadi -  $A$  va  $B$  ni o'z ichiga olgan noaniq kichik to'plam

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

5) Yig'indi ( $A$  yoki  $B$ da)

Noaniq kichik to'plam, shu jumladan  $A$  va  $B$

$A \cup B$  – Yig'indi

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

6) Farq:  $A - B = A \cap \bar{B}$

$$\mu_{A - B}(x) = \mu_{A \cap \bar{B}}(x) = \min(\mu_A(x), 1 - \mu_B(x))$$

7) Disyunktiv yig'indi:

$$A + B = (A - B) \cup (B - A) = (A \cap \bar{B}) \cup (\bar{A} \cap B)$$

Tegishlilik funksiyasi

$$\mu_{A-B}(x) = \max(\min(\mu_A(x), 1 - \mu_B(x)); \min(1 - \mu_A(x), \mu_B(x)))$$

### 13.2. Noqat'iy va lingvistik o'zgaruvchilar. A'zolik funksiyasini ifodalash shakllari va noqat'iy xulosa chiqarish

Noqat'iy omillar uchun noqat'iy lingvistik o'zgaruvchilar tushunchasini kiriting. Noqat'iy o'zgaruvchi to'plam  $(\alpha, \chi, A)$  bilan tavsiflanadi, bu erda  $\alpha$  - o'zgaruvchining nomi,  $\chi$  - universal to'plam ( $\alpha$  soha uchun),  $A$  -  $x$  bo'yicha noqat'iy to'plam, cheklovni tavsiflovchi ( $M_A(x)$  noqat'iyning qiymati bo'yicha o'zgaruvchisi  $\alpha$ ).

Toq lingvistik o'zgaruvchining qiymati noqat'iy o'zgaruvchilar to'plami (B, T, X, G, P) bilan tavsiflangan noqat'iy o'zgaruvchilar bo'lishi mumkin. ularning har birining ta'rifi - X. To'plam T asosiy lingvistik o'zgaruvchi deb ataladi. G - T elementlari bilan ishlash imkonini beruvchi sintaktik protsedura (masalan, yangi qiymatlarni yaratish), M - lingvistik o'zgaruvchining har bir yangi qiymatini aylantirish, G protsedurasini noqat'iy o'zgaruvchiga aylantirish imkonini beruvchi sintaktik protsedura, ya'ni mos keladigan noqat'iy to'plamlarni hosil qilish mumkin.

Funksiyalarni belgilash uchun ko'plab standart shakllar mavjud aksessuarlar. Eng keng tarqalganlari uchburchak, trapezoidal va gauss a'zolik funksiyalaridir.

M a'zolik funksiyasi sonlarning uchligi (a,b,c) bilan aniqlanadi va uning x nuqtadagi qiymati ifodaga muvofiq hisoblanadi.

**Uchburchak a'zolik funksiyasi.**

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ x \text{ ning qolgan holatlarida } 0 \end{cases}$$

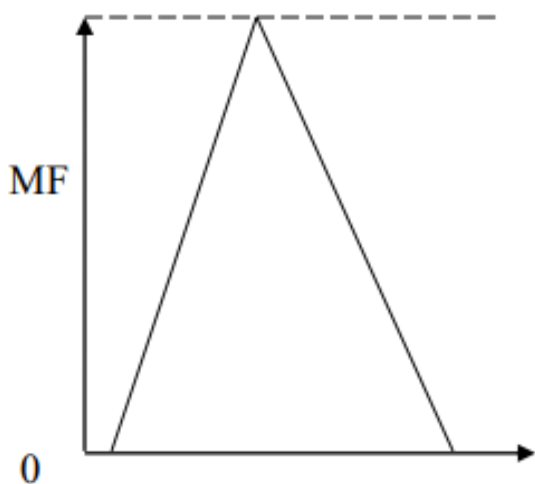
Agar  $b-a=c-b$  simmetrik uchburchak a'zolik funksiyasiga ega bo'lsa, u uchta parametrdan ikkitasi bilan yagona aniqlanishi mumkin.

Trapesoidal a'zolik funksiyasini belgilash uchun raqamlarning eng katta to'rtligidan (a,b,c,d) foydalaning.

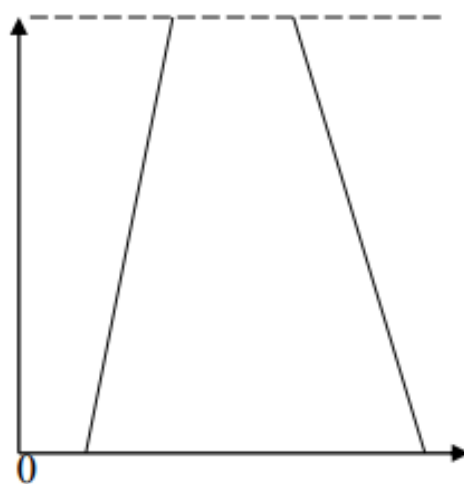
### Trapesoidal a'zolik funksiyasi.

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ x \text{ ning qolgan holatlarida } 0 \end{cases}$$

1) Uchburchak



2) Trapesiodal



13.1-rasm

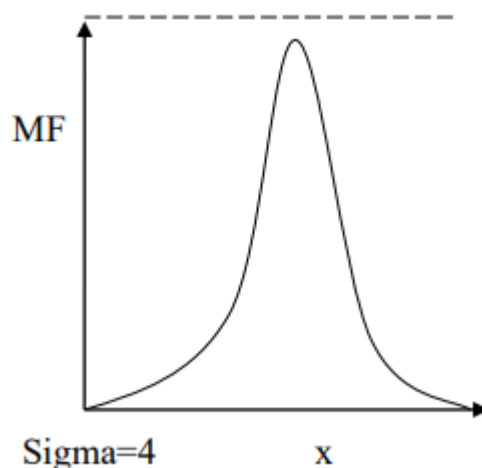
### Gauss tipidagi a'zolik funksiyasi

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

Ikki parametr bilan ishlaydi.

Parametr C noqat'iy to'plamning markazini bildiradi va  $\varphi$  funksiyalar uchun javobgardir.

### 3) Gauss egri chizig'i



13.2-rasm

T asosiy to'plamidagi har bir atama uchun a'zolik funktsiyalari yig'indisi odatda bitta grafikda birgalikda chiziladi. Lingvistik o'zgaruvchidagi atamalar soni kamdan-kam hollarda oshadi.

Noqat'iy mantiqiy xulosa chiqarish operatsiyasini bajarish uchun asos hisoblanadi "agar u holda" ko'rinishidagi noaniq iboralarni o'z ichiga olgan qoidalar bazasi va funksiya tegishli lingvistik atamalar uchun aksessuarlar. Bu yerda quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

- 1) Har bir tilshunoslik uchun kamida bitta qoida mavjud chiqish o'zgaruvchisi.
- 2) Chiqaruvchi o'zgaruvchining istalgan atamasi uchun kamida bitta qoida mavjud, bunda atama qoidaning maqsadli qismi sifatida ishlatiladi. Aks holda, noqat'iy qoidalar bazasi mavjud.

Qoidalar bazasida  $r_1, r_2$  ko'rinishdagi qoidalar bo'yicha 0 bo'lsin

$R_1$ : Agar  $X_1 A_{11} \dots$  va  $\dots X_n A_{1n}$  bo'lsa,  $y - B_1$  bo'ladi

$R_i$ : Agar  $x_1 - A_{j1} \dots$  va  $\dots X_n - A_{jn}$  bo'lsa,  $y - B_i$

...

$R_m$ : Agar  $x_1 A_{m1} \dots$  va  $\dots X_n - A_{mn}$  bo'lsa,  $y - B_m$  bo'ladi.

...

$x_k, k=1 \dots n$ , bu yerda

$x_k$  - kiritish o'zgaruvchilari

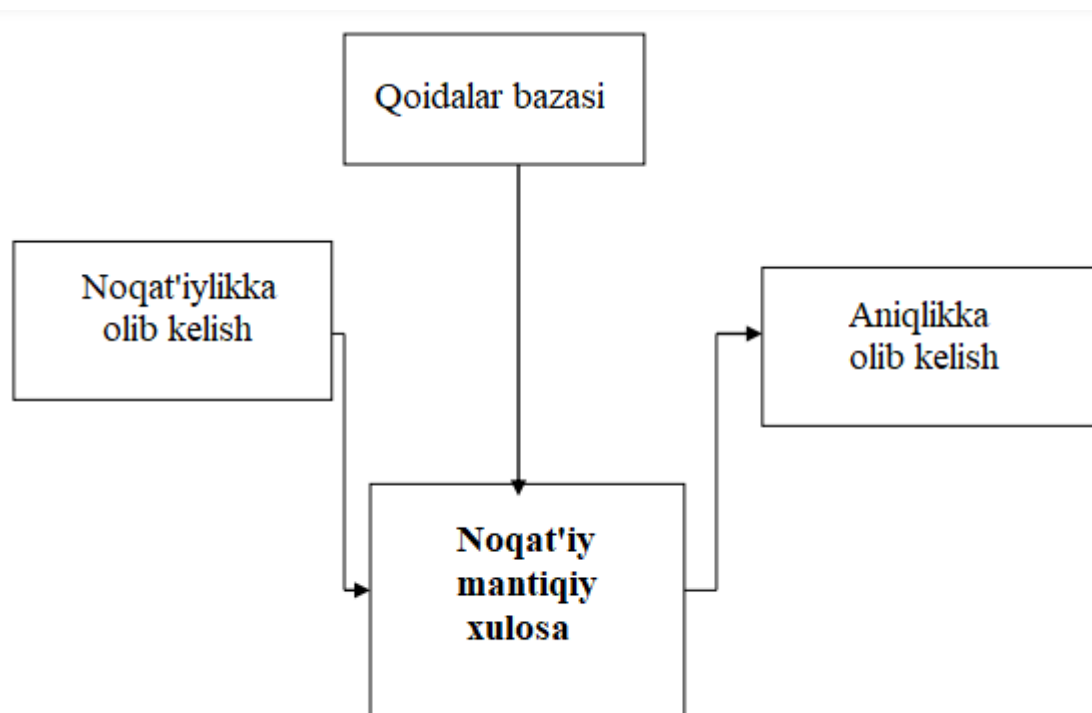
y - chiqish o'zgaruvchilari

$A_{j1}$ - a'zolik funksiyalariga ega aniqlangan noaniq to'plamlar.

Noqat'iy xulosaning natijasi  $y^*$  o'zgaruvchining aniq qiymati hisoblanadi va  $x_k$  ning berilgan aniq qiymatlariga asoslanadi.

Umuman olganda, noqat'iy xulosa chiqarish mexanizmi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- 1) Noaniqlikni kiritish.
- 2) Noaniq chiqish.
- 3) Kompozitsiya.
- 4) Aniqlik kiritish



### 13.3-rasm. Noqat'iy xulosalar mexanizmining bosqichlari

Noqat'iy xulosalar algoritmlari, asosan, qo'llaniladigan mantiqiy operatsiya qoidalarining turlari va diversifikatsiya usuli turi bilan farqlanadi. Noqat'iy modellar ishlab chiqilgan: Mamdani, Sugeno, Larsen, Tsukamoto.

Xulosa chiqarishning noaniq algoritmlari

An'anaviy mantiqiy xulosa quyidagi tautologiyalarga asoslanadi:

modus ponens:  $(A \wedge (A \Rightarrow B)) \Rightarrow B$ ;

modus tollens:  $(A \Rightarrow B) \wedge B \Rightarrow A$ ;

sillogizm:  $((A \Rightarrow B) \wedge (B \Rightarrow C)) \Rightarrow (A \Rightarrow C)$ ;

kontrappozitsiya:  $(A \Rightarrow B) \Rightarrow (B \Rightarrow A)$ ;

Aniq mantiqiy xulosada eng ko'p ishlatiladigan qoida modus ponens bo'lib, uni quyidagicha yozish mumkin:

Tayanish	A bu to'g'ri
Izoh	Agar A u holda B
Mantiqiy xulosa	B to'g'ri

Modus ponens "A to'g'ri" ekanligi ma'lum bo'lsa va "Agar A bo'lsa, B" qoidasi mavjud bo'lsa, "B to'g'ri" degan xulosani chiqaradi (A va B aniq mantiqiy bayonotlar). Biroq, agar pretsedent bo'lmasa, modus ponens hech qanday, hatto taxminiy xulosani ham chiqara olmaydi. A ga yaqin A' bayonoti to'g'ri ekanligi ma'lum bo'lgan taqdirda ham, modus ponens qo'llanilmaydi. Noaniq ma'lumotlar bilan qaror qabul qilishning mumkin bo'lgan usullaridan biri noqat'iy mantiqiy xulosalardan foydalanishdir. Noqat'iy mantiqiy xulosa - bu noaniq ma'lumotlar bazasi va noqat'iy operatsiyalardan foydalangan holda kirishlarning joriy qiymatlariga mos keladigan noqat'iy to'plam ko'rinishidagi xulosani olish jarayoni.

$B \text{ t} \equiv A \text{ t} \circ (A \rightarrow B)$  Noqat'iy mantiqiy xulosaning asosi Zadening kompozitsion qoidasidir. Zadening kompozitsion xulosa chiqarish qoidasi quyidagicha tuzilgan: agar kirish (x) va chiqish (y) o'zgaruvchilari o'rtasidagi noaniq munosabat ma'lum bo'lsa, u holda kirish o'zgaruvchisining  $x = \tilde{A}$  noqat'iy qiymati bilan chiqish o'zgaruvchisining noqat'iy qiymati aniqlanadi. quyidagicha:

$$y = \tilde{A} \circ R,$$

bu yerda  $\circ$  maksimin kompozitsiya.

### Nazorat savollari

1. Noqat'iy mantiq nima va u klassik mantiqiy mantiqdan nimasi bilan farq qiladi?
2. Noqat'iy mantiqning asosiy tarkibiy qismlari nimalardan iborat va ular bir-biri bilan qanday bog'liq?

3. Noqat'iy mantiqda a'zolik funksiyasi qanday tuzilgan va lingvistik o'zgaruvchilarni tasvirlashda qanday foydalaniladi?
4. Noqat'iy to'plamlarda qanday amallar bajariladi va bu amallar real hayot sharoitida noqat'iylikni qanday aks ettiradi?
5. Intervalli noqat'iy to'plamlar qanday rol o'ynaydi va ular turli darajadagi noaniqliklarni modellashtirish uchun qanday ishlatiladi?
6. Noqat'iy mantiq kontekstida agregatsiya va defuzzifikatsiya qanday sodir bo'ladi va bu noqat'iy qaror qabul qilish bilan qanday bog'liq?
7. Sun'iy intellekt va boshqaruv sohasida noqat'iy mantiq qanday qo'llaniladi?

### **Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati**

1. Jorj J. Klir, Bo Yuan. "Noqat'iy to'plamlar va noqat'iy mantiq: nazariya va ilovalar". Prentice Hall, 1995 yil.
2. Lotfiy A. Zoda. "Noqat'iy to'plamlar". Axborot va nazorat, 1965 yil.
3. Erl Koks. "O'rnatilgan tizim ilovalari uchun noaniq mantiq". Nyunes, 2003 yil.
4. Timoti J. Ross. "Muhandislik ilovalari bilan noqat'iy mantiq". MakGrou-Xill, 2010 yil.
5. Didye Dyubois, Anri Prade. "Noqat'iy to'plamlar va tizimlar: nazariya va ilovalar". Akademik matbuot, 1980 yil.
6. Grigoris Antoniou, Frank van Harmelen. "Semantik veb-primer." MIT Press, 2004.
7. Jon F. Sowa. "Semantik tarmoqlar tamoyillari: bilimlarni ifodalashda izlanishlar". Morgan Kaufmann, 1991 yil.
8. Tom Xit, Kristian Bizer (Tahrirlar). "Bog'langan ma'lumotlar: Internetni global ma'lumotlar maydoniga aylantirish". Morgan va Kleypul, 2011 yil.
9. Amit Sheth. "Semantik veb-texnologiyalar: Ontologiyaga asoslangan tizimlardagi tendentsiyalar va tadqiqotlar". Wiley-Interscience, 2006 yil.
10. Paskal Gitsler, Markus Krötzsh, Sebastyan Rudolf. "Semantik web-texnologiyalar asoslari". CRC Press, 2009.