

KOMPYUTER TIZIMLARINI NOANIQ MODELLARINI QO'LLASH ASOSIDA LOYIHALASH**Fozilov Fayzullo**

Muhammad Al-Xorazmiy Nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6513300>

Annotatsiya: Tushuntirish va aniqlikni o'zgartirish zarurati noaniq tizimlardan foydalanishga xosdir. To'g'ri, ammo inson tushunadigan noaniq tizimlarni olish Zade va Mamdaniyning asosiy g'oyalari va tizimni aniqlash metodologiyalarida asosiy rol o'ynadi. Shunga qaramay, yumshoq hisoblashlar paydo bo'lishidan oldin, aniqlik asta-sekin noaniq modellarni yaratuvchilarning asosiy tashvishiga aylandi, natijada paydo bo'lgan noaniq tizimlar neyron tarmoqlar kabi qora quti modellariga yaqinlashdi. Yaxshiyamki, noaniq modellashtirish ilmiy hamjamiyati izohlash-aniqlik o'rtasidagi kelishuv bilan bog'liq dizayn texnikasini ko'rib chiqish orqali o'z kelib chiqishiga qaytdi. Xususan, genetik noaniq tizimlardan foydalanish ularning o'ziga xos moslashuvchanligi va turli xil optimallashtirish mezonlarini birgalikda ko'rib chiqish qobiliyati tufayli keng tarqaldi. Joriy hissa yaxshi aniqlik bilan izohlanadigan lingvistik noaniq modellarni olish uchun Mamdani tipidagi noaniq qoidalarga asoslangan tizimlarga tayanuvchi eng vakili genetik noaniq tizimlarni ko'rib chiqishdan iborat.

Kalit so'zlar: kompyuter tizimlari, noaniq modellar, loyihalash.

Tizimni identifikatsiya qilish o'lchangan ma'lumotlardan real dunyo tizimlarining xatti-harakatlarini tavsiflovchi dinamik modellarni yaratish uchun matematik vositalar va algoritmlardan foydalanishni o'z ichiga oladi. Modellashtirish jarayonida har doim ikkita qarama-qarshi talab mavjud: modelning haqiqiy tizimni sodiqlik bilan ifodalash qobiliyati (aniqlik) va real tizimning xatti-harakatlarini tushunarli tarzda ifodalash qobiliyati (interpretatsiya). Yuqori darajadagi aniqlik va izohlilikka erishish qarama-qarshi maqsad bo'lib, amalda ikkita xususiyatdan biri ikkinchisidan ustun turadi. Yumshoq hisoblashlar, xususan, noaniq mantiq paydo bo'lishidan oldin, aniqlik model quruvchilarning asosiy tashvishi edi, chunki izohlash deyarli yo'qolgan sabab edi. E'tibor bering, an'anaviy nazorat nazariyasi yondashuvlarida, asosiy vakillik tilining qat'iyiligini hisobga olgan holda, modellarning talqin qilinishi juda cheklangan.



Noaniq tizimlar tizimni identifikatsiyalash vositasi sifatida o'zining ajoyib qobiliyatini namoyish etdi. Tizimni identifikatsiyalash uchun noaniq qoidalarga asoslangan tizimlardan (FRBS) foydalanish noaniq predikatlar bilan noaniq mantiqqa asoslangan tavsiflovchi tildan foydalanadigan tizimni modellashtirish uchun foydalaniladigan yondashuv sifatida qaralishi mumkin. Ushbu paradigma o'zining ma'lumotlardan avtomatik ravishda har xil turdagi noaniq modellarni yaratish qobiliyatini isbotladi, bu inson ekspert bilimlarini birlashtirishga imkon beradi va raqamli va ramziy ishlov berishni umumiy sxemaga birlashtiradi.

Shunga qaramay, Bonissone ta'kidlaganidek, yumshoq hisoblash (noaniq) model dizayneriga tuzilmani ifodalash, parametrlarni sozlash va jarayonni klassik ravishda an'anaviy tarzda kuzatib boradigan "model strukturasi parametrlari" tenglamasi doirasida takrorlash uchun ancha boy repertuarni beradi. tizimni identifikatsiyalash usullari. So'nggi bir necha yil ichida izohlash va aniqlik o'rtasidagi yaxshi muvozanatni qidiradigan noaniq modellashtirish ilmiy hamjamiyatidagi yangi tendentsiya o'z ahamiyatini oshirdi. Noaniq modellashtirishning talqin etilishi-aniqlik almashinuvi atamasi ushbu intizomni aniqlash uchun ikki xil nuqtai nazarni to'plash uchun yaratilgan: aniq (odatda TSK) noaniq modellarning talqin qilinishini yaxshilash yoki yaxshi talqin qilinadigan lingvistik noaniq (Mamdani tipidagi) modellarning aniqligini yaxshilash. .

Yumshoq hisoblash sohasidagi eng muvaffaqiyatli noaniq tizimni identifikatsiyalash metodologiyalaridan biri genetik noaniq tizimlar (GFS) bo'lib, bu erda genetik (va, umuman, evolyutsion) algoritmlar [63] FRBS komponentlarini o'rganish uchun ko'rib chiqiladi. GFS asosan genetik yoki evolyutsion algoritmgga (GA/EA) asoslangan o'quv jarayoni bilan to'ldirilgan noaniq tizimdir. Mamdani tipidagi GFSlarni loyihalashda talqin qilish va aniqlik o'rtasidagi kelishuvni hal qilish uchun katta miqdordagi tadqiqotlar ishlab chiqilgan. Joriy hissaning maqsadi - bu turdagi eng vakillik takliflari bo'yicha tarixiy sharhni ishlab chiqish.

Buni amalga oshirish uchun ushbu hissa quyidagicha tuzilgan: Keyingi bo'limda ba'zi dastlabki ma'lumotlar, jumladan Mamdani tipidagi FRBS tuzilmasi, izohlash-aniqlik o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikning ba'zi asosiy jihatlari va GFSlarning qisqacha ko'rinishi keltirilgan. Keyinchalik, 3-bo'lim adabiyotda mavjud bo'lgan Mamdani tipidagi GFSlarning ko'pchiligini ko'rib chiqish orqali hissaning asosiy qismini tashkil etadi, xususan, ularning izohlash-aniqlik o'zaro munosabatiga e'tibor qaratadi. Nihoyat, 4-bo'lim ba'zi yakuniy fikrlarni to'playdi va ushbu sohadagi ba'zi joriy tadqiqot tendentsiyalari va ochiq masalalarni tavsiflaydi.

Har qanday FRBS kabi, Mamdani tipidagi FRBSlar ikkita asosiy komponentni taqdim etadi: (1) noaniq xulosalar tizimi, 1 tizim chiqishini olish uchun tizim kiritishida qo'llanilishi kerak



bo'lgan loyqa fikrlash jarayonini amalga oshiradi va (2) noaniq bilimlar bazasi (KB).), hal qilinayotgan muammo haqidagi bilimlarni ifodalaydi. KBda lingvistik o'zgaruvchilardan iborat bo'lgan noaniq IF THEN qoidalari mavjud bo'lib, ular atama to'plamida real ma'noga ega bo'lgan qiymatlarni oladi. Lingvistik belgilarning semantikasini belgilaydigan noaniq to'plamlar KBga kiritilgan barcha qoidalar uchun bir xilda aniqlanadi, bu esa tizimni odamlar uchun o'qishni osonlashtiradi. Aytganimizdek, bu noaniq lingvistik qoidalar to'plami tavsiflovchi yondashuvni tashkil etadi, chunki KB tizimning sifat ifodasiga aylanadi. Bundan tashqari, noaniq qoidalar tuzilmalari va ularning ma'nosi o'rtasidagi bu bo'linish bizga ikki xil komponentni ajratish imkonini beradi: noaniq qoidalar to'plamini o'z ichiga olgan noaniq qoidalar bazasi (RB) va noaniq qoidalar a'zolik funksiyalarini o'z ichiga olgan ma'lumotlar bazasi (MB) lingvistik o'zgaruvchilar bilan bog'liq bo'limlar. Bu noaniq model strukturasi va klassik tizim identifikatsiyasida belgilangan parametrlar o'rtasidagi aniq farqni belgilaydi.

Ikkinchisini hisobga olgan holda, Mamdani tipidagi FRBS tuzilishi bir nechta qiziqarli xususiyatlarni namoyish etishini aniq tan olish mumkin. Bir tomondan, bu lingvistik noaniq qoidalar ko'rinishidagi ekspert bilimlarini kiritish uchun tabiiy asosni ta'minlaydi. Ushbu bilimlarni tizimga kirish va chiqish o'rtasidagi munosabatni tavsiflovchi ma'lumotlar to'plamidan avtomatik ravishda yaratiladigan qoidalar bilan osongina birlashtirilishi mumkin. Boshqa tomondan, noaniq mantiqqa asoslangan mulohazalar kuchidan to'liq foydalanadigan noaniq xulosalar mexanizmini loyihalashda ko'plab turli xil muammolar mavjud bo'lib, ular noaniq xulosaning yagona va soddalashtirilgan turini qo'llaydigan TSK FRBS-lariga qarama-qarshidir. Bundan tashqari, Mamdani tipidagi FRBSlar bilimlarni shakllantirish uchun juda moslashuvchan vositalarni ta'minlaydi, shu bilan birga ular to'g'ri dizayn ishlab chiqilsa, talqin qilinishi mumkin bo'lib qoladi.

Biroq, Mamdani FRBSs bir qator afzalliklarga ega bo'lsa-da, ular ham ba'zi kamchiliklarga ega. Ularning asosiy kamchiliklaridan biri - ba'zi bir murakkab, yuqori o'lchamli tizimlarni modellashtirishda aniqlikning yo'qligi. Bu noaniq qoidalar tuzilishiga qattiq cheklovlar qo'yadigan lingvistik o'zgaruvchan kontseptsianing o'zgarmasligi bilan bog'liq. Ta'riflash kuchi eksponent ravishda ortib borayotgan model murakkabligi evaziga olinadi. Bu shuni anglatadiki, kirish va chiqish bo'shliqlarining qattiq bo'linishi natijasida tizimni ma'lum bir aniqlik darajasiga (ayniqsa, ko'plab kirish o'zgaruvchilari bilan) yaqinlashish uchun ko'plab qoidalar kerak bo'lishi mumkin.

Oxirgi sabablarga ko'ra, Mamdani tipidagi FRBSlarning aniqligini oshirish uchun klassik lingvistik noaniq qoida strukturasi uni yumshatish uchun ba'zi kengaytmalar ko'rib



chiqildi. Eng ekstremal kengaytma klassik tarmoqqa asoslangan bo'limlar o'rniga tarqaladigan noaniq qismlardan foydalanishni o'z ichiga oladi, shunda har bir qoida o'z ma'nosiga ega bo'ladi (o'zining noaniq to'plamlari bog'langan). Tarqalgan noaniq bo'limlar aniq noaniq modellarni yaratish uchun ko'proq mos keladi, chunki ular tarmoqqa asoslanganlarning qattiq kirish maydoni bo'linishiga tobe emas. Demak, haqiqiy tizimni kerakli aniqlik darajasiga yaqinlashtirish uchun zarur bo'lgan noaniq qoidalar soni kamroq bo'lishi mumkin. Biroq, ular kuchli izohlash qobiliyatini pasaytiradi, chunki har bir qoidada har bir noaniq to'plamga boshqa lingvistik atama tayinlanishi kerak, bu esa klassik Mamdani FRBS ning global semantikasini yo'qotadi. Demak, o'qilishi mumkin bo'lgan va farqlanadigan qoidalarni faqat ixcham RBlar hisobga olinganda va ularni tashkil etuvchi o'xshash noaniq to'plamlar ko'p bo'lmaganda olish mumkin.

Mamdani tipidagi noaniq qoidalar strukturasi ba'zi boshqa kengaytmalari uning global semantikasini saqlab qolish va shu tariqa umuman izohlash mumkin bo'lgan holda taklif qilingan. Ular ikkita oqibatli qoidalar, vaznli qoidalar va lingvistik to'siqlarga ega qoidalarni o'z ichiga oladi. Barcha holatlarda, olingan lingvistik noaniq model/klassifikator/kontrollerning aniqligini oshirish uchun yuqori erkinlik darajalariga ega bo'lgan lingvistik o'zgaruvchan cheklolar yumshatiladi.

Noaniq modellashtirishning tarixiy rivojlanishini ko'rib chiqsak, tizimni modellashtirish uchun noaniq usullardan foydalanishning asl maqsadi inson tomonidan izohlanadigan modellarni olish ekanligini osongina tan olish mumkin. Oldingi bo'limda tasvirlangan klassik Mamdani tipidagi lingvistik noaniq qoida strukturasi shu maqsadda ko'rib chiqildi. Ayrim muammolar uchun aniqroq, ammo talqin qilinadigan (kulrang quti) noaniq qoidalarga asoslangan modellar ba'zan boshqa aniqroq (qora quti) modellarga (masalan, neyron tarmoqqa asoslangan) afzalroq bo'lishining sababi shu edi.

Keyin, 80-yillarda, TSK noaniq qoida tuzilishi Takagi, Sugeno va Kang tomonidan bir nechta ishlarda taklif qilingan. Yangi noaniq model strukturasi ba'zi qiziqarli xususiyatlarni ko'rsatdi, ya'ni qoidada ko'proq erkinlik darajalari mavjudligi sababli uning yuqori tizimli yaqinlashish qobiliyati va uni raqamli yaqinlashish usullari yordamida misollardan to'g'ridan-to'g'ri olish imkoniyati. Bu fakt noaniq modellashtirish hamjamiyatidagi tadqiqotlarni TSK FRBS-lardan foydalangan holda yuqori aniqlikdagi modellarni loyihalashga o'tishga sabab bo'ldi.

Shunga qaramay, bu aniqlikning oshishi, aslida, izohlash qobiliyatini yo'qotish hisobiga erishiladi: ta'rifiga ko'ra, natijada ko'p nomli funktsiyaga ega bo'lgan TSK noaniq qoida strukturasi foydalanuvchi uchun Mamdani tipidagi noaniq lingvistik qoidaga qaraganda



kamroq izohlanadi. 2 Bu noaniq modellashtirishni lingvistik o'zgaruvchilar kontseptsiyasining tavsiflovchi kuchidan foydalanishga qaratilgan asosiy maqsadidan chetga chiqishga olib keldi.

Shu sababli, so'nggi bir necha yil ichida noaniq modellashtirish hamjamiyatida yanada murakkab va ishonchli izohlanuvchanlik indekslarini aniqlash dolzarb mavzuga aylandi va oxirgi muammoni hal qilish uchun ba'zi takliflar kiritildi. In, Chjou va Gan noaniq tizimni talqin qilish, yuqori va past darajadagi izohlash uchun ikki xil darajani ajratib turadigan global asosni taqdim etdi. Birinchisi, RBdagi noaniq qoidalarning talqin qilinishini hisobga olsa, yuqorida aytib o'tilgan mezonlarni (murakkablikka asoslangan izohlash) va boshqa noaniq qoidalarning qamrab olinishi, to'liqligi va izchilligi bilan bog'liq bo'lgan mezonlarni hisobga olgan holda, ikkinchisi bog'liqdir. boshqa Mamdani tipidagi FRBS komponentiga, JBga o'tadi va noaniq bo'limlardagi noaniq to'plamlarning izohlanishini o'lchaydi (semantikaga asoslangan izohlash). Bizning ma'lumotlarimizga ko'ra, yuqori va past talqin qilish darajasidagi o'lchovlarni birlashtirgan birinchi talqin qilish indeksi Nayuck tomonidan taklif qilingan bo'lib, unda a'zolik funksiyasini qamrab olish o'lchovi va ikkita murakkablik o'lchovi, sinflar soni va umumiy soni o'rtasidagi nisbat birlashtirilgan. binolar va o'rtacha normallashtirilgan noaniq bo'limning granularligi.

Alonso va boshqalar. FRBS talqinini tavsiflash uchun umumiy asosni belgilab berdi. Mualliflar oldingi ishlarda taklif qilingan tasniflardan boshlaydilar va eng ko'p ishlatiladigan indeksni baholash va sharhlash qobiliyatini baholash uchun ularning haqiqiy imkoniyatlarini tavsiflash uchun eksperimental tahlilni (haqiqiy foydalanuvchilar bilan veb-so'rov shaklida) o'tkazadilar. So'rovdan olingan natijalar o'lchovning o'ziga xos sub'ektivligini ko'rsatadi. Olingan asosiy xulosa shundan iboratki, raqamli indeksni aniqlash keng tan olingan indeksni olish uchun etarli emas, lekin har bir muammoning kontekstiga, shuningdek, foydalanuvchining sifat mezonlariga osongina moslashtiriladigan noaniq indeksni aniqlash zarurati mavjud. Shu maqsadda, xuddi shu mualliflar Mamdani tipidagi KB ning izohlanuvchanlik darajasini o'lchash uchun FRBSni ishlab chiqdilar. Oltita asosiy kirish o'zgaruvchilari, umumiy qoidalar soni, binolarning umumiy soni, bir, ikki yoki uchta yoki kirish o'zgaruvchilari yordamida qoidalar soni, va har bir kiritish uchun teglarning umumiy soni hisobga olinadi. E'tibor bering, ko'rib chiqilgan barcha izohlash mezonlari murakkablikka asoslangan, chunki umumiy indeks SFPlardan foydalanishni nazarda tutadi. Yagona chiqish - bu noaniq fikrlash jarayoni natijasida hisoblangan baholangan KB ning izohlanuvchanlik darajasi. Taklif etilayotgan FRBS to'rt xil moduldan tashkil topgan ierarxik tuzilmani ko'rsatadi, ular oxirgi oltita mezonni ular uzatadigan ma'lumotlarga ko'ra to'rt xil oilaga guruhlaydi, ya'ni RB o'lchami, RB murakkabligi, RB sharhlanishi (oxirgi ikkitasining



natijalarini birlashtiradi), va qo'shma DB-RB talqini (bu birinchisining chiqishini va kirish mezoniga yorliqlarning umumiy sonini birlashtiradi). E'tibor bering, so'nggi sharhlash qobiliyatini baholash quyi tizimlarining har biri ekspert tomonidan belgilangan KB tomonidan boshqariladi, bu esa sharhlashni baholashda foydalanuvchining afzalliklarini bevosita ifodalash imkonini beradi. Shunga qaramay, sharhlash imkoniyatini baholash uchun so'nggi FRBS uning turli muammolarga va turli xil foydalanuvchi imtiyozlariga moslashish qiyinligi muammosini ko'rsatadi, chunki butun noaniq indeks noldan aniqlanishi kerak. Shu bilan bir qatorda, Alonso va Magdalena noaniq tizim sifat indeksini (shu jumladan, aniqlik va izohlash qobiliyatini) aniqlashga imkon beruvchi yana bir tizimni taqdim etdilar. Yangi indeks foydalanuvchining afzalliklari va turli xil sifat mezonlarini o'z ichiga olgan holda har bir tizimni identifikatsiyalash muammosi kontekstiga osongina moslashtiriladi. Buni amalga oshirish uchun barcha kerakli mezonlar (ham o'qish, ham tushunarlikka asoslangan holda izohlash mezonlarining turli oilalaridan tanlangan) qarorlar ierarxiyasi tizimiga birlashtiriladi. KB to'plamining izohlanishini baholash jarayoni ko'p mezonli qarorlar qabul qilish muammosi sifatida qaraladi, yakuniy maqsad KBlarning sharhlash darajasi bo'yicha reytingini belgilashdir. Ierarxiyaning yuqori qismi sifat ko'rsatkichini ifodalaydi, pastki qismi esa muammolarni hal qilish talablari uchun eng mosini tanlash uchun baholanishi kerak bo'lgan barcha noaniq tizimlarni o'z ichiga oladi. Ierarxiya Saaty tomonidan belgilangan klassik analitik ierarxiya jarayoni tomonidan taklif qilinganidek tuzilgan k qaror darajasidan iborat. Birlashtirish jarayoni Yagerning tartiblangan vaznli o'rtacha (OWA) operatorlari yordamida amalga oshiriladi.

Bu sohada semantik izohlash ko'rsatkichlarining ta'rifi kamroq kengaytirilgan bo'lsa-da, so'nggi paytlarda kabi ishlarda hal qilindi. Inson aralashuvini ham ko'rib chiqadigan juda yangi yondashuv, mualliflar modelning rasmiy parametr sozlamalari bilan aniqlangan aniq semantika o'rtasidagi "moslashuv darajasi" asosida FRBCSlarning tushunarlilikini baholash strategiyasini belgilaydilar.

Genetik o'rganish jarayonlari algoritm tomonidan ishlab chiqarilgan strukturaviy o'zgarishlarga ko'ra, parametrlarni optimallashtirishning eng oddiy holatidan qoidalarga asoslangan tizimning qoidalar to'plamini o'rganishning eng yuqori darajadagi murakkabligigacha bo'lgan turli darajadagi murakkablikni qamrab oladi. KB odatda GFS doirasida o'rganish ob'ekti hisoblanadi. FRBSni loyihalash uchun GA/EAni ko'rib chiqayotganda, oxirgi ikkita vazifa mos ravishda tizimni identifikatsiyalashning klassik terminologiyasiga amal qilgan holda parametrlarni baholash (MB) va strukturani identifikatsiya qilish (RB yoki DB + RB) uchun mo'ljallangan. Optimallashtirish nuqtai nazaridan, ma'lum bir muammo uchun mos KBni topish vazifasi ko'rib chiqilgan KB



komponentlarini parametrlash va bir yoki bir nechta optimallashtirish mezonlari bo'yicha optimal bo'lgan parametr qiymatlarini topishga teng. KB parametrlari qidiruv jarayoni amalga oshiriladigan mos genetik vakillikka aylantiriladigan qidiruv maydonini tashkil qiladi. Bu GA/EA ga turli tabiatdagi optimallashtirish mezonlarini hisobga olgan holda talqin qilish-aniqlik o'rtasidagi kelishuvni hal qilish uchun etarli darajada moslashuvchanlikni ta'minlaydi.

Uchburchak yoki trapezoidal shakldagi va Gauss a'zolik funksiyasi parametrlari uchun tabiiyroq haqiqiy kodlangan tasvir mos ravishda ko'rib chiqildi. Keyinchalik ko'plab takliflar kabi, bu yondashuvlar SFPdan foydalanishga emas, balki har bir noaniq to'plam uchun ikki, uch yoki to'rtta (ularning Gauss, uchburchak yoki trapezoidal shakldagi tabiatiga qarab) real qiymatli belgilash parametrlarini to'g'ridan-to'g'ri kodlashga asoslangan edi. har bir noaniq bo'limda. Ushbu kodlash sxemasi ham ijobiy, ham salbiy tomonlarini taqdim etadi. Bir tomondan, genetik sozlash SFPga asoslanganlarga nisbatan ko'proq erkinlik darajalariga ega. Shu tarzda aniqroq lingvistik noaniq modellarni olish mumkin. Boshqa tomondan, u yanada muhim modifikatsiyalarni ishlab chiqadi, natijada olingan Mamdani tipidagi FRBS ning talqin qilinishini kamaytiradi.

Genetik sozlash jarayoni qo'llanilgandan so'ng tegishli izohlashni ta'minlash uchun mintaqada semantik izohlash cheklovlaridan foydalanish kengaytirildi. Valente de Oliveyra optimallashtirish jarayonini shunday cheklash uchun semantik shart-sharoitlarni o'rganishni taqdim etdi, shunda hosil bo'lgan a'zolik funktsiyalari hali ham inson o'qiy oladigan lingvistik atamalarni aks ettira oladi [155]. Cordon va boshqalar. MOGUL GFS doirasidagi Mamdani tipidagi FRBS [48] va FRBCS uchun haqiqiy kodlangan genetik sozlash jarayonida ushbu xususiyatlarning ba'zilari allaqachon ko'rib chiqilgan.

Mamdani tipidagi FRBS genetik sozlash adabiyotida muqobil yondashuv lingvistik o'zgaruvchilar kontekstini moslashtirishni hisobga olish edi. Bu tushuncha real hayotda bir xil asosiy tushuncha turli vaziyatlarda turlicha idrok etilishi mumkinligini kuzatishdan kelib chiqadi. A'zolik funktsiyalari shakllarini individual moslashtirish o'rniga, noaniq bo'limlar parametrlari ma'lumotlardan aniqlangan chiziqli yoki chiziqli bo'lmagan masshtablash funktsiyalari yordamida bir koinotdan ikkinchisiga noaniq to'plamlarni masshtablash orqali global miqyosda moslashtiriladi. Ko'pgina hollarda, bu global sozlash izolyatsiyalangan a'zolik funktsiyasini sozlashdan ko'ra, izohlash-aniqlik o'rtasidagi kelishuvni hal qilish uchun yaxshiroq yondashuvni tashkil qiladi, chunki olingan noaniq bo'limlar ko'proq izohlanadi.



Chiziqli masshtablash funksiyalarini genetik sozlash Mamdani tipidagi noaniq kontrollerlar uchun GFSning dastlabki davrlarida taklif qilingan. Keyinchalik, chiziqli bo'lmagan kontekstni moslashtirish bo'yicha yanada ilg'or takliflar kiritildi. Ushbu turdagi jarayonlarda odatiy yondashuv har bir o'zgaruvchiga birdan to'rtagacha parametrlarni moslashtirishdir (miqyoslash funksiyasini belgilaydi): biri masshtablash omilidan foydalanganda, ikkitasi chiziqli masshtablash uchun va uch yoki to'rttasi chiziqli bo'lmagan masshtablashda. Ko'rsatilgan ishlarning aksariyati haqiqiy kodlash sxemasini ko'rib chiqadi, lekin eng qadimgi usul bo'lib, bu erda har bir masshtablash omilining uch bitli ikkilik ko'rinishi ishlatiladi.

So'nggi bir necha yil ichida yanada murakkab genetik sozlash jarayonlari ishlab chiqildi. Bir tomondan, biz ushbu takliflarni lingvistik noaniq qoidalar kengaytmalarini hisobga olgan holda va/yoki sozlash usulini qoida tanlash bilan birlashtirgan holda topamiz. Boshqa tomondan, mualliflar lateral sozlash deb atagan narsani amalga oshirish uchun [4] lingvistik 2-tuning vakillik modelidan [86] foydalanishga asoslangan yangi kodlash sxemalari taklif qilingan. Uchburchak shaklidagi a'zolik funksiyasini aniqlash nuqtalarini kodlash uchun klassik uchta parametrli tasvirdan foydalanish o'rniga, ular faqat noaniq to'plamlarning lateral siljishiga, ya'ni dastlabki noaniq to'plamlarning ozgina siljishiga imkon beruvchi yangi yagona nuqta kodlash sxemasini kiritdilar. chapga yoki o'ngga. Bu genetik sozlash usuli bilan hal qilinadigan qidiruv maydonining qisqarishiga olib keldi va shu bilan lingvistik noaniq modellarni, ayniqsa murakkab yoki yuqori o'lchamli muammolarda hosil qilishni osonlashtirdi. Xuddi shu mualliflar keyinchalik ushbu kodlash sxemasini lingvistik 3 kortejli yondashuvni asos qilib olgan holda a'zolik funksiyasi uchun yana bitta parametr qo'shish orqali kengaytirdilar. Shu tarzda, ular bu noaniq to'plamning tayanchining lateral siljishi va amplituda o'zgarishini sozlash orqali ham lateral, ham amplituda sozlashni amalga oshirishi mumkin. Ikkala parametrni sozlash, shuningdek, klassik usullarga nisbatan optimal modellarni olishni osonlashtiradigan qidiruv maydonini qisqartirishni o'z ichiga oladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Sulaymonov, J. B. O. G. L., Yuldashev, A. E. O. G. L., & Nishonqulov, S. F. O. G. L. (2021). Hidrologik modellashtirish bilan Geografik axborot tizimlari (GIS) integratsiya. *Science and Education*, 2(6), 239-246.
2. Inomxojayev, A. A. O., Yoldashev, A. E. O., & Nishonqulov, S. F. O. (2021). ZARARLI OBYEKTNING KOMPYUTERGA TA'SIRI UCHUN MATEMATIK MODEL IMMUNITET TIZIMI. *Scientific progress*, 2(2), 1662-1667.



3. Sulaymonov, J. B. O., Nishonqulov, S. F. O., & Gofurov, M. R. (2021). GEOGRAFIK AXBOROT TIZIMLARI VA AMALIY IQTISODIYOT: POTENTIAL ARIZALAR VA HISSALARNI DASTLABKI MUHOKAMALARI. *Scientific progress*, 2(2), 1371-1377.
4. Butaboyev, M., Urinov, A., Mulaydinov, F., & Tojimatov, I. Digital economy.
5. Горовик, А. А., Мулайдинов, Ф. М., & Лазарева, М. В. (2018). Дистанционное образование как необходимое средство обучения в условиях современной экономики узбекистана. In *Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты* (pp. 122-125).
6. Kokand, F. M., Kokand, R. T., & Kokand, D. M. (2020). Trends in solving problems in the development of an innovative economy. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 12(6), 1205-1209.
7. Мулайдинов, Ф. М. (2021). КИЧИК БИЗНЕС ВА ТАДБИРКОРЛИКДА КРАУДФАНДИНГ ИМКОНИАТЛАРИ. *Academic research in educational sciences*, 2(Special Issue 4), 23-32.
8. TURSUN, S., TUYCHIEVICH, B. M., & MUROTOVICH, M. F. (2020). Effects of the Global Crisis on the Economy of Uzbekistan During the Coronovirus Pandemidia and Measures to Ease IT. *JournalNX*, 6(05), 277-280.
9. Mulaydinov, F. M. (2021). CROWDFUND OPPORTUNITIES IN SMALL BUSINESS AND ENTREPRENEURSHIP. *Academic research in educational sciences*, 2, 23-32.
10. Mulaydinov, F., & Nishonqulov, S. (2021). The role of information technologies in the development of the digital economy. *The role of information technologies in the development of the digital economy*.
11. Farkhod, M., Azadkhon, K., Gulkhon, M., & Oybek, A. (2020). Advantages of the transition to a digital economy in the innovative development of Uzbekistan. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 12(6), 1226-1232.
12. Mulaydinov, F., & Nishonqulov, S. (2021). Raqamli iqtisodiyotni rivojlantirishda axborot texnologiyalarining orni-The role of information technologies in the development of the digital economy.
13. Mulaydinov, F. M. (2019). Econometric Modelling of the Innovation Process in Uzbekistan. *Форум молодых ученых*, (3), 35-43.
14. Farkhod, M. (2020). Econometric Modelling of the Innovation Process in Uzbekistan. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(02).
15. Mulaydinov, F. (2021). Digital Economy Is A Guarantee Of Government And Society Development. *Ilkogretim Online*, 20(3), 1474-1479.



16. Farhodjon oqli, N. S., & Odil oqli, R. B. (2021). Raqamli iqtisodiyot almashinuvining resurslar sarfiga sakkizta tasiri. Бошқарув ва Этика Қоидалари онлайн илмий журнали, 1(1), 53-56.
17. Nishonqulov, S. (2022). KICHIK KOMPANIYADA AXBOROT TIZIMLARIDAN FOYDALANISH. Yosh Tadqiqotchi Jurnal, 1(1), 1-13.
18. Nishonqulov, S., & Rajabboyev, B. (2021). OCHIQ TARMOQ KORXONALARINING BIZNES-MODELLARI.