

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.13/05.05.2023.T.07.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**SAPAROV SAIDQUL XO‘JAMUROTOVICH**

**BOSH MIYA SARATONINI ERTA TASHXISLASH MASALALARIDA  
OBYEKTLAR MUHIMLIGINING AXBOROT O‘LCHOVINI ANIQLASH  
ALGORITMLARI**

05.01.03- Informatikaning nazariy asoslari

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati  
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Saparov Saidkul Xo'jamurodovich**

Bosh miya saratonini erta tashxislash masalalarida obyektlar muhimligining axborot o'lchovini aniqlash algoritmlari..... 5

**Сапаров Саидкул Хужамуродович**

Алгоритмы определения информационной меры важности объектов в задачах ранней диагностики рака головного мозга..... 21

**Saparov Saidkul Khojamurodovich**

Algorithms for determining the informational measure of object importance in early diagnosis of brain cancer ..... 39

**E'lon qilingan ishlar ro'uxati**

**Список опубликованных работ**

List of published works..... 43

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**  
**HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI**  
**DSc.13/05.05.2023.T.07.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**SAPAROV SAIDQUL XO‘JAMUROTOVICH**

**BOSH MIYA SARATONINI ERTA TASHXISLASH MASALALARIDA**  
**OBJEKTLAR MUHIMLIGINING AXBOROT O‘LCHOVINI ANIQLASH**  
**ALGORITMLARI**

05.01.03- Informatikaning nazariy asoslari

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)**  
**DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.2.PhD/T4635 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Muhammad al-Xorazmiy nomli Toshkent axborot texnologiyalari universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb sahifasida (www.tuit.uz) va "ZiyoNet" axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Nishanov Axram Xasanovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Primova Xolida Anorboyevna**  
texnika fanlari doktori, professor

**Xamrayev Alisher Shodmonqulovich**  
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori,  
katta ilmiy xodim

**Yetakchi tashkilot:**

Toshkent davlat transport universiteti

Dissertatsiya himoyasi Muhammad al-Xorazmiy nomli Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi DSc.13/05.05.2023.T.07.03 raqamli Ilmiy kengashning 2025-yil "3" sentabr soat 16<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur shox ko'chasi, 108-uy. Tel.:(99871) 238-64-43, e-mail: ilmiy\_kengash@tuit.uz).

Dissertatsiya bilan Muhammad al-Xorazmiy nomli Toshkent axborot texnologiyalari universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (365 raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur shox ko'chasi, 108-uy Tel.: (99871) 238-64-70).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil "20" avgust da tarqatildi.  
(2025-yil "20" avgust dagi 11- raqamli reestr bayonnomasi.)



**M.M. Kamilov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy  
kengash raisi, texnika fanlari doktori,  
professor, O'zFA akademigi

**N.A. Egamberdiyev**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy  
kengash ilmiy kotibi, texnika  
fanlari bo'yicha falsafa doktori

**N.O. Raximov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash qoshidagi  
ilmiy seminar raisi,  
texnika fanlari doktori, dotsent

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda katta hajmdagi ma'lumotlarga ishlov berish texnologiyalari sanoat, qishloq xo'jaligi, sog'liqni saqlash va boshqa sohalarga jadal sur'atlar bilan kirib kelmoqda. Bu texnologiyalar asosida obyektlar va belgilar muhimligi axborot o'lchovlarini aniqlashning algoritmik ta'minoti, ularning amaliyotga tadbiri, timsollarni tanib olish nazariyasi va amaliyoti rivojida yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida raqamli texnologiyalarga bo'lgan e'tibor ortib borayotganligi tufayli, ma'lumotlar intellektual tahlilida obyektlar muhimligi axborot o'lchovini aniqlashga asoslangan klasterlash, sinflashtirish, informativ belgilar majmuasini tanlash va kasallikka tashxis qo'yish masalalarining algoritmik va dasturiy ta'minotini ishlab chiqish hamda ularni amaliyotga joriy etishni taqozo etadi. Shu jihatdan inson faoliyatining barcha jabhalarida ma'lumotlar intellektual tahlili rivoji uchun tadqiqot obyekti va belgilar muhimligiga asoslangan nazariya va algoritmik ta'minotdan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda katta hajmda berilgan turli tipdagi ma'lumotlar intellektual tahlilida obyektlar va belgilar muhimligi o'lchov birliklarini aniqlashga asoslangan klasterlash, sinflashtirish va informativ belgilarni tanlash algoritmlarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, ma'lumotlarga dastlabki ishlov berish, klasterlash, sinflashtirish va informativ belgilar majmuasini tanlash algoritmlarini ishlab chiqishda obyektlar va belgilar majmualarining muhimlik darajalarini aniqlash mezonlarining shakllantirilishi hamda taklif etilgan masalalarning matematik ta'minotini yaratishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda ham mazkur yo'nalishda ma'lumotlarga dastlabki ishlov berish, tahlil qilish hamda timsollarni tanib olishga mo'ljallangan algoritmlar va apparat-dasturiy majmualarini ishlab chiqish hamda amaliyotga joriy etish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2017-2021-yillarda O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasida, jumladan "...iqtisodiyot, ijtimoiy soha va boshqaruv tizimiga axborot kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish..."<sup>1</sup> bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, tibbiyot, ta'lim, sanoat va qishloq xo'jaligi sohalari ma'lumotlariga asoslangan qaror qabul qilish tizimlari, intellektual tahlil platformalari hamda sun'iy intellekt asosidagi apparat-dasturiy yechimlar bosqichma-bosqich amaliyotga tatbiq etilishi, bunda axborot xavfsizligi, tizimlar aro integratsiya va foydalanuvchiga qulay interfeyslar yaratish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 19-fevralda "Axborot texnologiyalari va kommunikatsiya sohasini yanada takomillashtirish chora tadbirlari to'g'risida"gi PF-5349-sonli, 2020-yil 5-oktabrda "Raqamli O'zbekiston- 2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-sonli, 2020-yil 28-aprelda "Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng

---

<sup>1</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi PF-4947-son Farmoni

joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4699-sonli, 2022-yil 28-yanvarda "2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-sonli, 2023-yil 11-sentabrda "O'zbekiston-2030 strategiyasi to'g'risida"gi PF-158-sonli, 2020-yil 29-oktabrdagi "Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-6097-sonli Farmonlari hamda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 17-fevralda "Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4996-sonli, 2023-yil 28-dekabrda "Sog'liqni saqlash tizimini raqamlashtirishni jadallashtirish hamda ilg'or raqamli texnologiyalarni joriy etish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"dagi PQ-415-sonli qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa meyoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining IV."Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Bosh miya saratonini erta tashxislash masalalarini hal qilishda faoliyat yuritgan xorijlik doktorlar: Dr. Paul Mischel: Glioblastoma bo'yicha ishi bilan tanilgan doktor Mischel miya saratonining molekulyar mexanizmlarini tushunishga katta hissa qo'shgan; Dr. Ingo Mellinghoff: Memorial Sloan Kettering saraton markazi tadqiqotchisi, Dr. Mellinghoff miya o'smalarining molekulyar biologiyasi va maqsadli davolash usullariga e'tibor qaratadi; Dr. Webster Cavenee: Miya saratoni bo'yicha tadqiqotlarning ko'zga ko'ringan vakili, doktor Kaveni gliomalarning genetik asoslari ustida ishlagan; Dr. Susan Chang: U neyro-onkologiya bo'yicha tajribaga ega va miya shishlarining turli jihatlari bo'yicha tadqiqotlar olib borgan; Dr. David Reardon: Neyro-onkolog doktor Reardon miya saratonini davolash bilan bog'liq klinik sinovlar va tadqiqotlarda ishtirok yetgan; Dr. John Sampson: Miya shishi va glioblastoma uchun immunoterapiya bo'yicha ishi bilan tanilgan; Dr. Mitchel Berger: Miya shishi jarrohlik texnikasi va tadqiqotlariga hissa qo'shgan neyroxirurg; Dr. Anna Krichevsky: Miya saratonida mikroRNK ustida ishlagan tadqiqotchi; Fred Hutchinson Cancer Research Center: Ushbu muassasada miya saratonining turli jihatlari ustida ishlaydigan ko'plab olimlar ishtirok etgan miya saratoni bo'yicha tadqiqot dasturi mavjud.

Tibbiyot sohasiga ma'lumotlar ilmini joriy qilgan xorijiy olimlar: Y.I.Juravlev, N.G.Zagoruyko, L.A.Rastrigin, P.M.Chegolin, A.L.Gorelik, M.B.Aydarxanov, G.S.Lbov, va boshqalar.

Respublikamizda sog'liqni saqlash tizimi tashkilotlariga ma'lumotlarni intellektual tahlili yo'nalishida olishgan ilmiy nazariy natijalarini amaliyotga tadbiri bo'yicha: O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi akademigi M.M.Kamilov, Sh.X.Fozilov, F.T.Adilova, X.A.To'raqulov, N.A.Ignatyev, A.X.Nishanov, N.S.Mamatov, B.B.Akbaraliyev, M.Xudoyberdiyev, S.Rajabov va boshqalar o'z hissalarini qo'shib kelishmoqda.

Albatta, bu yo'nalishda ko'p ilmiy ishlar mavjudligiga qaramasdan, bosh miya saratoni kasalliklarini erta aniqlashda tadqiqot obyektlari holatlarini muhimligining axborot o'lchov mezoni asosida baholash, tibbiy tashxis qo'yish, belgilar majmualarini

tanlash, simtokomplekslarni aniqlash masalalari to‘liq hal qilinmagan, yetarli darajada o‘rganilmagan.

**Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim yoki ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining BA-5-017-“Ma’lumotlarni intellektual tahlili usullari asosida ko‘krak va bachadon bo‘yni saratoni diagnostikasi algoritmlari va dasturiy ta’minotini yaratish” (2017-2019), №BV-V-F4-011-“Noaniqlik sharoitlarida ma’lumotlarni intellektual tahlilining noravshan-nokorrekt masalalarini yechish usul va algoritmlari” (2017-2020) mavzularidagi ilmiy tadqiqot loyihalari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi:** Bosh miya saratonini erta tashxislashda belgilar muhimligini ta’minlovchi axborot mezonlariga asoslangan obyektlar muhimligi axborot o‘lchovini aniqlash algoritmlarini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

miya saratoni bemorlarining kasallik varaqalari asosida belgilar fazosi va tanlanmalarni shakllantirish, ma’lumotlarga dastlabki ishlov berish, obyekt-belgilar muhimligini baholashning axborot o‘lchov mezonlari va algoritmlari tahlil qilish;

bosh miya saratoni o‘quv tanlanma sinflarini shakllantirishda tibbiy timsollar muhimligining axborot o‘lchovini aniqlash algoritmini ishlab chiqish;

ma’lumotlarni intellektual tahlil qilish usul va algoritmlari kombinatsiyasi asosida miya saratoni obyektlarining ahamiyatligini axborot o‘lchovini aniqlash algoritmini ishlab chiqish;

miya saratoni obyektlarining muhimligini aniqlashga yordam beradigan belgilar majmualarini tanlash algoritmini ishlab chiqish;

ishlab chiqilgan algoritmlar kesimida tibbiyotning amaliy masalalarini yechishga ko‘mak beruvchi dasturiy majmuani ishlab chiqish.

**Tadqiqotning obyekt**i sifatida bosh miya saratonini erta tashxislash, obyektlar va belgilarni muhimligini aniqlash axborot o‘lchov mezonlari va algoritmlari, belgilar majmualarini tanlashga asoslangan yondashuvlar olingan.

**Tadqiqotning predmeti.** Bosh miya saratoni kasalliklarini erta tashxislashda obyektlarning muhimliklarini axborot o‘lchov mezonlari va algoritmlaridan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida ma’lumotlar bilimi va intellektual tahlil qilish usullari asosida axborotdan samarali bilim ajratib olishga yo‘naltirilgan yondashuvlardan, tashxislash va tasniflash vazifalarida qaror daraxtlari (Decision Tree), k- means, o‘rganiluvchi vektor mashinalari (SVM) kabi klassik mashinali o‘qitish modellari va timsollarni tanib olish usullariga asoslangan holda klasterlash, sinflashtirish, informativ belgilar majmuasini tanlash va baholash hamda ular asosida tashxislash borasida ishlab chiqilgan usullardan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

bosh miya saratoni bilan kasallangan bemorlarga erta tashxis qo‘yishda obyektlar va ularni tavsiflovchi belgilarning tashxislashga qo‘shgan axborot hissasini aniqlashga asoslangan evristik mezonlari ishlab chiqilgan;

miya saratoni tashxisiga oid mashinali o'qitish modellari uchun klinik belgilar axborot o'lchoviga asoslangan sintetik o'quv tanlanmasini yaratish algoritmi ishlab chiqilgan;

nominal belgilar fazosi asnosida shakllantirilgan miya saratoni obyektlarining muhimligi axborot o'lchovini aniqlashga asoslangan informativ belgilar majmualarini tanlash algoritmi ishlab chiqilgan;

ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usul va algoritmlari asosida miya saratoni obyektlarining tashxislashga qo'shgan axborot hissasini baholash orqali ularning muhimlik darajasini aniqlash asnosida sinflashtirishga asoslangan algoritmi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

miya saratoni bemorlar kasallik darajalarini baholash axborot o'lchovi mezonini va algoritmlari asnosida tibbiy tashxislash jarayonlarini avtomatlashtirish va yakuniy tashxis qo'yishga ko'maklashuvchi dasturiy majmuasi ishlab chiqilgan;

dasturiy majmuasini tibbiyot sohasining amaliy masalalarini yechishga tatbiq etish natijasida erta tashxislash bilan bog'liq bo'lgan muammolar hal etilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Miya saratonini erta tashxislashda taklif etilgan algoritmlarning ishonchliligi bir necha omillarga bog'liq bo'lib, jumladan, axborot o'lchovi mezonining nazariy asoslanganligi, o'quv tanlanmaning sifati va algoritmlarning tajriba-sinovlar orqali tekshirilganligi bilan belgilanadi. Ushbu algoritmlar turli baholash ko'rsatkichlari asosida sinovdan o'tkazilib, mutaxassis-ekspertlar tomonidan ijobiy baholangan. Natijalar diagnostik aniqlikni oshirishga xizmat qiluvchi samarali tizim yaratishga asos bo'ldi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati miya saratonini erta aniqlashda obyektlar muhimligining axborot o'lchovini aniqlash, signallarni qayta ishlash, ma'lumotlar fani va sun'iy intellekt kabi turli sohalar bilan kesishadigan murakkab tadqiqotdir. Bunday tadqiqotlarning ilmiy ahamiyati miya saratonining dastlabki ko'rsatkichlari asnosida samarali va mukammal aniqlay oladigan algoritmlarni ishlab chiqilganligi va ularni rivojlantirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan algoritmlar miya shishlarining o'ziga xos xususiyatlarini aniqlash orqali saraton kasalligining individual xususiyatlariga moslashtirilgan shaxsiylashtirilgan davolash rejalarini ishlab chiqishda yordam beradi. Samarali algoritmlar asosida yaratilgan dasturiy majmua tibbiyot sohasida ko'mak beruvchi zamonaviy tanib olish tizimi ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Ilmiy tadqiqotda ishlab chiqilgan algoritmlar asosida yaratilgan "Aqli onkologiya" dasturiy majmuasi asosida:

miya saratoni o'quv tanlanma sinflarini shakllantirishda tibbiy timsollar muhimligining axborot o'lchovini aniqlash algoritmi asosida yaratilgan dasturiy majmua Respublika ixtisoslashtirilgan onkologiya va radiologiya ilmiy-amaliy tibbiyot markazi Qoraqalpog'iston filialida joriy etilgan (Qoraqalpog'iston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligining 2025-yil 29-martdagi 04/2366-sonli ma'lumotnomasi). Natijada bu bemorlar uchun qulay shart-sharoit muhitini yaratib, ularning Neyroxirurg va Radiologilar maslahatini olish zarurligini yoki zaruriyat emasligini ko'rsatdi.

Shuningdek, bu jarayonda shifokorlar uchun bosh miya kasalliklarini erta aniqlash, bu soha mutaxassislarining ish unumdorligini o'rtacha 15% ga oshirishga imkon berdi;

ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usul va algoritmlari kombinatsiyasi kesimida miya saratoni obyektlarining muhimligini axborot o'lchovini aniqlash algoritmi asosida yaratilgan dasturiy majmua Respublika ixtisoslashtirilgan onkologiya va radiologiya ilmiy-amaliy tibbiyot markazi Qoraqalpog'iston filialida joriy etilgan (Qoraqalpog'iston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligining 2025-yil 29-martdagi 04/2366-sonli ma'lumotnomasi). Natijada bosh miya kasalliklar sinfining muhimlik ko'rsatgichlari baholanilgan va ular asosida sinflarning vakil obyekti aniqlangan. Buning natijasida radiolog va onkologlar tomonidan bosh miya kasalliklariga tashxis qo'yishda muayyan tibbiy choralarni o'z vaqtida amalga oshirishga, buning natijasida ma'lumotlarni tahlil qilish uchun ketadigan vaqtni 15% ga qisqartirish va tashxislash samaradorligini 20% ga oshirga imkon berdi;

miya saratoni obyektlarining muhimligini aniqlashda informativ belgilar majmualarini tanlash algoritmi asosida yaratilgan dasturiy majmua Qoraqalpog'iston Respublikasi To'rtko'l tuman tibbiyot birlashmasida joriy etilgan (Qoraqalpog'iston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligining 2025- yil 29- martdagi 04/2366-sonli ma'lumotnomasi). Natijada bosh miya saratoni kasalliklarini xarakterlovchi 19 ta belgilar majmuasidan tashxis qo'yishda eng muhim bo'lgan 6 ta belgidan iborat bo'lgan informativ belgilar majmuasi tanlab olingan. Buning natijasida informativ belgilar majmuasidan foydalanib kasallikka tashxis qo'yishga ketadigan vaqtni taxminan 1.7 barobarga qisqartirish imkonini berdi.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Dissertatsiyaning asosiy nazariy hamda amaliy natijalari 3 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-texnik hamda ilmiy- amaliy anjumanlarida muhokama qilingan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Tadqiqot mavzusi bo'yicha asosiy natijalar 19 ta ilmiy ishlarda e'lon qilingan bo'lib, ulardan 8 ta O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda, jumladan 5 tasi respublika va 3 tasi xorijiy jurnallarda, shu bilan birga 2 tasi boshqa xorijiy jurnallarda nashr qilingan hamda 2 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy mahsulotlarga qayd qilish guvohnomalari O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk Agentligidan olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, to'rt bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 108 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi, mavzuning o'rganilganlik darajasi, dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasi ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi kursatilgan, dissertatsiyaning maqsadi, vazifalari, obyekti, predmeti, usullari tavsiflangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari, tadqiqot natijalarining ishonchliligi, olingan

natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyatini ochib berilgan, tadqiqot natijalarining joriy qilinishi, tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Miya saratonini erta tashxislash bo'yicha yondashuvlar”** deb nomlangan birinchi bobining 1.1-paragrafida bosh miyadagi o'smalar va ularni erta aniqlashda belgilarning axboriy muhimligi, belgilarda axboriy muhimlik tushunchasining ilmiy asosi, klinik belgilarning axboriy muhimligi to'g'risida batafsil tahliliy ma'lumotlar keltirilgan. Shu bilan bir qatorda mazkur bobning 1.2-paragrafida tanib olish obyektlarining muhimligini axborot o'lchovi mezonlari va ularni hisoblash algoritmlarining qo'llanilishi keltirilgan bo'lsa, 1.3-paragrafida esa obyektlar muhimligining axborot o'lchovini aniqlashga asoslangan masalalari va ularni yechishga doir yondashuvlar keltirilgan bo'lib, bu yondashuvlarni tahlil etgan holda tadqiqot masalasining qo'yilishi aniqlab olingan.

Faraz qilaylik,  $N$  o'lchovli nominal belgilar fazosida bosh miya saratonini tashxislash obyektlari  $x_i \in X, i = \overline{1, M}$ ; berilgan bo'lsin. Bunda quyidagi masalalarni yechish talab etilsin:

**1-Masala.** Umumiy tanlanmadan  $x_i \in X, i = \overline{1, M}$ ; o'quv tanlanmalarini  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ ; shakllantirish;

**2-Masala.** Bosh miya saratoni kasalligining klinik belgilari axborot o'lchovi asosida yarim sintetik o'quv tanlanmani shakllantirish;

Berilgan  $N$  - o'lchovli nominal belgilar fazosidagi  $x_i \in X, i = \overline{1, M}$ ; umumiy tanlanmadan foydalangan holda har bir sinfga yangi  $K$  ta obyekt qo'shiladigan sintetik o'quv tanlanmalarni shakllantirish talab etilsin.

Bunda  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ ; sinflari obyektlarining belgilari axborot o'lchovi kattaligi oldindan aniqlangan  $\delta$  sonidan kam bo'lmasligi talab etiladi. Bu yerda  $X_p$  sinf  $m_p$  ta  $x_{p1}, \dots, x_{pm_p}$  obyektlardan tashkil topgan  $X = \bigcup_{p=1}^r X_p$  bo'ladi.

**3-Masala.** Nominal belgilar fazosida informativ belgilar majmuasini tanlash;

Faraz qilaylik,  $N$  - o'lchovli nominal belgilar fazosida bosh miya saratoni kasalligining o'quv tanlanmasi  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ ; berilgan bo'lsin. O'quv tanlanmadagi har bir obyekt  $x_{pi} = (x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N)$ ,  $i = \overline{1, m_p}$ , bemorlar  $N$  - o'lchovli nominal belgilar fazosida berilgan. Bu yerda  $x_{pi}$ ,  $p$ -sinfning  $i$ -obyekti deb o'qiladi,  $N$ - obyektarni tashkil etuvchi belgilar sonini bildirsa,  $m_p$ -  $p$  sinfdagi obyektlar sonini bildiradi. Demak,  $x_{pi} = (x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N)$  bemorlari  $p$ -sinfdagi  $i$  ( $i = \overline{1, m_p}$ ) - obyektarni tashkil etadi.

Nominal belgilar fazosida informativ belgilar majmuasini tanlashda quyidagi

optimizatsiya masalasi yechilsin: 
$$\begin{cases} \frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} \sum_{q=1}^{m_p} (\chi_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda) \rightarrow \max \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{\lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N}\} \end{cases}$$

**4-Masala.** Nazorat tanlanmasi  $W = \{w_1, \dots, w_n\}$  berilgan bo'lsin. Talab etiladi nazorat obyektlari  $w_i, i = 1, \dots, n$  ni  $X_p, p = \overline{1, r}$ ; - sinflardan qaysi biriga tegishli ekanligini aniqlansin.

Nazorat tanlanmasi  $W = \{w_1, \dots, w_n\}$  ko‘rinishida berilgan bo‘lsin. Nazorat obyektlari  $w_i, i = 1, \dots, n$  ni  $X_p, p = \overline{1, r};$  - sinflardan qaysi biriga tegishli ekanligini topish talab etiladi.

Dissertatsiyaning **“Bosh miya saratonini erta tashxislashda obyektlar muhimligining axborot o‘lchovini aniqlash mezonlari va algoritmi”** deb nomlangan ikkinchi bobning 2.1-paragrafida bosh miya saratonini erta tashxislashda tadqiqot obyektlarining muhimliklarini ta‘minlovchi axborot o‘lchovlari va ularni mazmunini aniqlab beruvchi mezonlar, hamda obyektlar muhimligini axborot o‘lchovini aniqlashning umumiy tushunchalar, belgilashlar va ta‘riflar keltirilgan.

Mazkur bobning 2.2-paragrafida bosh miya saratonini kasalligining klinik belgilari axborot o‘lchovi asosida yarim sintetik o‘quv tanlanmani yaratish algoritmi ishlab chiqilgan bo‘lib, ushbu algoritm nominal belgilar fazosi uchun sintetik obyektlar yaratishda obyektlarning o‘rtacha axborot o‘lchovini baholash orqali yangi kengaytirilgan DataSetni yaratishga qaratilgan.

Quyida esa sintetik o‘quv tanlanma yaratish masalasini yechishning quyidagi bosqichlarini keltirib o‘tamiz:

1-bosqich. O‘quv tanlanma  $x_i \in X, i = \overline{1, M};$  obyektlari  $p$  ta sinfga ajratilgan. Ya‘ni, birinchi masala yechimi asosida  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r};$  sinflarga ajratiladi;

2-bosqich. Quyida keltirilgan (1) formula asosida barcha  $p = \overline{1, r}; i \neq q = \overline{1, m_p}; j = \overline{1, N};$  lar uchun  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk})$  oldindan hisoblanadi.

Bu bosqichda dastlab, obyektlarni o‘xshashlik darajalarini aniqlash mezonidan foydalaniladi, bunda obyektlarni o‘xshashliklarini aniqlash uchun  $\mu(x_{pi}, x_{pk}) = (\mu^1(x_{pi}, x_{pk}), \mu^2(x_{pi}, x_{pk}), \dots, \mu^N(x_{pi}, x_{pk}))$  bul vektoridan foydalaniladi:

$$\mu^j(x_i, x_k) = \begin{cases} 1 & \text{agar } x_i^j = x_k^j, j = \overline{1, N}. \\ 0 & \text{aks holda} \end{cases} \quad (1)$$

bu yerda  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk}) = 1$  bo‘ladi, agar ikkida obyektning mos komponentalari  $x_i^j = x_k^j$  o‘zaro teng bo‘lsa, aks holda  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk}) = 0$  bo‘ladi. So‘ngra, belgilar o‘lchovini baholash mezonlari hisoblanadi.

3-bosqich. Ixtiyoriy  $p$  – sinfdagi  $i$  – obyekt, shu sinfdagi  $m_p - 1$  ta obyektlar majmuasidagi muhim belgilar axborot o‘lchovi quyidagicha baholanadi va uni oldindan quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$I_{pi}(x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p - 1} \sum_{q=1}^{m_p - 1} \sum_{j=1}^N \mu_{pi}^j(x_{pi}, x_{pq}), p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}; i \neq q. \quad (2)$$

4-bosqich. Shuningdek, ixtiyoriy  $p$  -sinfdagi obyektlarining o‘rtacha axborot o‘lchovi foizda quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$I_p(X_p) = \frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} I_{pi}(x_{pi}, X_p) * 100\%, p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}; \quad (3)$$

5-bosqich. Yangi  $\bar{x}$  obyekti  $X_p, p = \overline{1, r};$  sinflari uchun sintetik yaratilganida ushbu sinfdagi obyektlarning o‘rtacha axborot o‘lchovi kattaligi  $I_p(X_p)$  ning ko‘tarilishini ta‘minlagan muhim belgilarni saqlangan holda yaratilgan obyektlar ushbu sinfga qo‘shiladi. Agarda  $p$ - sinfdagi obyektlar soni  $m_p = 1$  bo‘lsa, u holsa

sintetik obyekt yaratilayotganda sinfdagi obyektning boshqa sinflar obyektlaridan ajralib turadigan belgilarni saqlangan holda yaratiladi. Bunda  $I_p(X_p) > 65\%$  qanoatlantirish talab etiladi.

Yuqorida keltirilgan bosqichlardan foydalangan holda yarim sintetik o'quv tanlanmani yaratish algoritmi quyidagi qadamlarda olib boriladi:

**1-qadam.** Umumiy o'quv tanlanma obyektlari ma'lumotlar bazasiga kiritiladi. Boshlang'ich ma'lumotlar bazasi barcha  $x_i \in X, i = \overline{1, M}$ ; obyektlar kesimida shakllantiriladi.

**2-qadam.** Ma'lumotlarga dastlabki ishlov berish jarayoni amalga oshiriladi. Bunda ma'lumotlarni tozalash ya'ni to'plangan ma'lumotlarda xatolar, yo'qolgan qiymatlar, nusxalar, yoki noaniq ma'lumotlar bo'lishi mumkin. Bular to'g'rilanadi va ma'lumotlar normirovka qilinadi.

**3-qadam.** Umumiy o'quv tanlanma oldindan  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ ; sinflarga ajratiladi.

**4-qadam.** Shakllantirilgan har bir sinf uchun obyektlarning o'rtacha axborot o'lchovi kattaligi  $I_p(X_p), p = \overline{1, r}$ ; ning qiymatlari aniqlanadi.

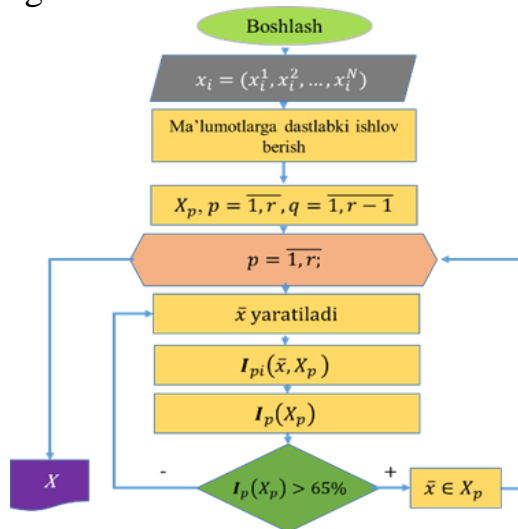
**5-qadam.** Yangi  $\bar{x}$  obyekt  $X_p, p = \overline{1, r}$ ; sinflari uchun ushbu sinfdagi obyektlarning o'rtacha axborot o'lchovi kattaligi  $I_p(X_p)$ ning ko'tarilishini ta'minlagan muhim belgilari saqlangan holda yaratiladi.

**6-qadam.** Agarda  $p$ - sinfda obyektlar soni  $m_p = 1$  bo'lsa, u holsa sintetik obyekt yaratilganda sinfdagi obyektning boshqa sinflar obyektlaridan ajralib turadigan belgilari saqlangan holda yaratiladi.

**7-qadam.** 5, 6-qadamlar har bir sinfga  $K$  ta yangi sintetik obyektlar qo'shilgunicha davom etadi. Natijada gibrid obyektlardan iborat sinflar paydo bo'ladi.

Mazkur klinik belgilar axborot o'lchoviga asoslangan sintetik o'quv tanlanma yaratish algoritmining blok sxemasi quyida keltirilgan 1-rasmda ifoda etilgan.

2.3.-paragrafda sinflashtirishda keng qo'llaniladigan algoritmlar, obyektlarni muhimlik darajalariga mos sinflashtirish va KNIME muhitidagi algoritmlarning amaliy natijalar tahlili keltirilgan.



**1-rasm. Klinik belgilar axborot o'lchoviga asoslangan sintetik o'quv tanlanma yaratish algoritmining blok sxemasi**

Dissertatsiya ishining “**Obyektlar axborot o‘lchovini aniqlashning informativ belgilarni tanlash va sinflashtirishga asoslangan algoritm-lari**” deb nomlangan uchinchi bobining 3.1-paragrafida bosh miya saratonida obyektlar muhimligini axborot o‘lchovini aniqlashning asosiy tushunchalar, ta’riflar va masalalarini shakllantirishga bag‘sihlangan. 3.2-paragrafida nominal ma’lumotli fazoda axborot o‘lchovini aniqlashga asoslangan informativ belgilarni tanlash algoritmi ishlab chiqilgan.

Faraz qilaylik, nominal belgilar fazosida obyektlar va ularning sinflari berilgan  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}; x_{pi} = (x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N), i = \overline{1, m_p};$  bo‘lsin.

Nominal belgilar fazosida obyektlarning o‘xshashligini ko‘rsatuvchi kattalik kattalik vektorning parametrlari

$\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}) = (\rho_{pi}^1(x_{pi}, x_{pq}), \rho_{pi}^2(x_{pi}, x_{pq}), \dots, \rho_{pi}^N(x_{pi}, x_{pq}))$  ko‘rinishda ifodalaniladi. Shuningdek,  $\lambda = (\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^N)$  bul vektori bo‘lib, uning komponentalari 0 yoki 1 qiymat qabul qiladi.

Agar  $\lambda^j = 1$  bo‘lsa, u holda  $j$  –komponent hisoblash ishlarida ishtirok etadi, aks holda  $\lambda^j = 0$  bo‘lsa,  $j$  –komponent hisoblash ishlarida ishtirok etmaydi. Quyida  $\lambda = (\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^N)$  vektorlardan tashkil topgan  $\ell$  informativli vektorlar to‘plamini  $\lambda \in \Lambda^\ell = \{ \lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N} \}$  ko‘rinishda ifodalanadi.

Quyidagi skalyar ko‘paytmani qaraylik,  $(\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda) = \rho_{pi}^1(x_{pi}, x_{pq})\lambda^1 + \rho_{pi}^2(x_{pi}, x_{pq})\lambda^2 + \dots + \rho_{pi}^N(x_{pi}, x_{pq})\lambda^N$  va  $I(\lambda, x_{pi}, X_p)$  – axborotni o‘lchash mezon qiymatlari quyidagicha hisoblansin:

$$I(\lambda, x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p - 1} \sum_{q=1}^{m_p} (\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda), i \neq q, \quad (4)$$

Bu ifodaning ma’nosi  $X_p$  sinfnig barcha obyektlari tomonidan  $x_{pi}$  obyektning axborot o‘lchovini aniqlab beradi.

Shuningdek,  $X_p$  sinfnig barcha obyektlarining axborot o‘lchovini aniqlash mezoni  $I(\lambda, X_p)$  ko‘rinishda o‘z ifodasini topadi va quyidagicha hisoblanadi:

$$I(\lambda, X_p) = \frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} I(\lambda, x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p(m_p - 1)} \sum_{i=1}^{m_p} \sum_{q=1}^{m_p} (\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda), i \neq q. \quad (5)$$

Nominal ma’lumotli fazoda timsollarni axborot o‘lchovini aniqlash asosida informativ belgilarni tanlash masalasini hal qilish uchun quyidagi optimizatsiya masalasini yechimini topish talab etiladi

$$\begin{cases} \max_{\lambda} I(\lambda, X_p) \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{ \lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N} \} \end{cases}$$

Shunday  $\ell$  informativli  $\lambda = (\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^N)$  vektori topiladiki ushbu qiymatda optimizatsiya masalasi maksimal qiymat qabul qilinadi.

Ixtiyoriy, birorta  $X_p, p = \overline{1, r};$  sinfi uchun

$$I(\lambda, x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p - 1} \sum_{q=1}^{m_p} (\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda), i \neq q$$
 ni hisoblansin.

Bu tenglikni ikkala tomonini  $m_p - 1$  ga ko‘paytiramiz, u holda

$$I(\lambda, x_{pi}, X_p)(m_p - 1) = \sum_{q=1}^{m_p} (\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda).$$

Bu ifodadan quyidagi o‘rinli

$$I(\lambda, x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p-1} (a_{pi}, \lambda) \quad (6)$$

bu yerda

$$a_{pi}^j = \sum_{q=1}^{m_p} \rho_{pi}^j(x_{pi}, x_{pq}), \quad j = \overline{1, N}. \quad (7)$$

Bu yerda  $I(\lambda, x_{pi}, X_p)$  – funksionalni,  $\lambda$  vektor komponentalari kesimida,  $x_{pi}$  obyektini  $X_p$  sinf obyektleri tomonidan baholash mezoni deb tushuniladi. Uning qiymatining ma'nosi  $x_{pi}$  obyektini  $X_p$  sinf obyektleri tomonidan baholanganligi deb tushuniladi va mana shu sinfni shakllanishida ushbu obyektning qo'shgan hissasi deb tushuniladi.

Yuqorida keltirilgan (6) va (7) formulalardan foydalanib,  $X_p$  sinfning barcha obyektlerini baholash mezoni  $I(\lambda, X_p)$  quyidagi ko'rinishda hisoblanadi

$$I(\lambda, X_p) = \frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} (a_{pi}, \lambda). \quad (8)$$

Nominal ma'lumotli timsollarni tanib olishda (11) funksionaldan foydalangan hoda informativ belgilarni tanlash masalasini,  $X_p$  sinf obyektleri kesimida hal qilish uchun quyidagi optimizatsiya masalasini yechimini topish talab etiladi:

$$\begin{cases} \frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} (a_{pi}, \lambda) \rightarrow \max \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{ \lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N} \} \end{cases} \quad (9)$$

Bu (9) optimizatsiya masalasi yechimi bir tomondan  $X_p$  sinf obyektleri aro o'xshashlik darajalarini aniqlovchi kattalikni bersa, ya'ni obyektleri barchalarini  $X_p$  sinfni shakllanishiga qo'shgan hissasini bersa, ikkinchi tomondan tadqiq etilayotgan obyektleri o'xshashlik darajalarini aniqlashda maksimal qiymat beruvchi informativ belgilar mjmuasini tanlash masalasi yechimini beradi.

Maqsad funksionalini, ya'ni (9) ning yuqori qismini quyidagicha yoyib ifodalash mumkin

$$\begin{aligned} \frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} (a_{pi}, \lambda) &= \frac{1}{m_p(m_p-1)} [ (a_{p1}, \lambda) + (a_{p2}, \lambda) + \dots + \\ & (a_{pm_p}, \lambda) ] = \frac{1}{m_p(m_p-1)} [ (a_{p1} + a_{p2} + \dots + a_{pm_p}, \lambda) ] = \left( \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p1} + \right. \\ & \left. \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p2} + \dots + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{pm_p}, \lambda \right) = (a_p, \lambda). \end{aligned}$$

Bu yerda  $a_p = (a_p^1, a_p^2, \dots, a_p^N)$  vektor quyidagicha yoziladi:

$$a_p = \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p1} + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p2} + \dots + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{pm_p}.$$

Ushbu vektorning komponentalari esa,

$$a_p^j = \frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} \sum_{j=1}^N a_{pi}^j, \quad j = \overline{1, N} \quad (10)$$

ko'rinishda hisoblanadi. Umumiylikka zarar yetkazmagan holda (10) orqali ifodalangan  $a_p$  vektor  $a_p^j$ ,  $j = \overline{1, N}$  komponentalarini kamayish tartibida joylashtirib chiqilishi mumkin, ya'ni  $a_p^{j_1} \geq a_p^{j_2} \geq \dots \geq a_p^{j_\ell} \geq a_p^{j_{\ell+1}} \geq \dots \geq a_p^{j_N}$ .

Bu ketma-ketlikning birinchi  $\ell$  ta hadi  $a_p^{j_1} \geq a_p^{j_2} \geq \dots \geq a_p^{j_\ell}$ , (9) optimizatsiya masalasining yechimi bo'ladi. Bu algoritmni adabiyotlarda tartiblash algoritmi deb

ham yuritiladi. Mazkur usul orqali informativ belgilar majmuasini tanlash algoritmi murakkabligi, ya'ni hisoblashlar va o'rinlashtirishlar soni  $N + \frac{N(N-1)}{2}$  ga teng bo'ladi.

### Tartiblashga asoslangan algoritm N ta nominal belgilar

**1-qadam.** Kirish parametrlari  $x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N, p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}$ ; yuklanadi;

**2-qadam.**  $\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}) = (\rho_{pi}^1(x_{pi}, x_{pq}), \rho_{pi}^2(x_{pi}, x_{pq}), \dots, \rho_{pi}^N(x_{pi}, x_{pq}))$  vektor komponentalari quyidagi formula orqali shakllantiriladi:

$$\rho_{pi}^j(x_{pi}, x_{pq}) = \begin{cases} 1, & \text{agar } (x_{pi}^j - x_{pq}^j) = 0; \\ 0, & \text{aks holda} \end{cases}$$

**3-qadam.** (10) formuladan foydalanib  $a_{pi} = (a_{pi}^1, a_{pi}^2, \dots, a_{pi}^N)$  vektorlarning parametrlari, barcha  $p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}, j = \overline{1, N}$ ; lar uchun hisoblanadi;

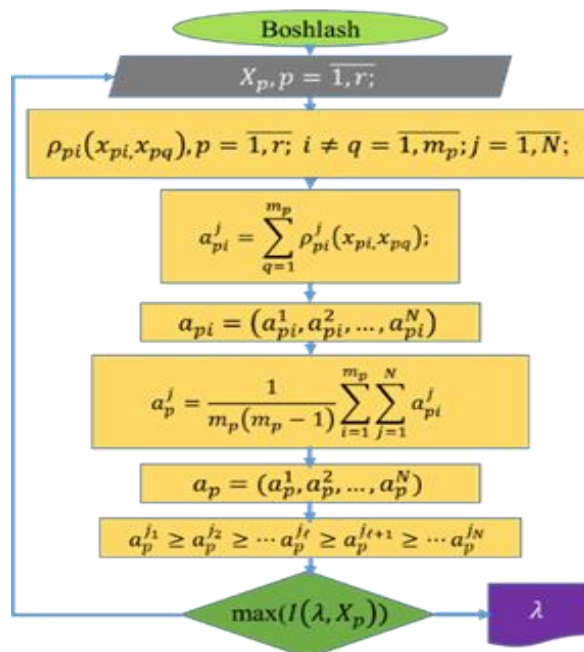
**4-qadam.**  $a_p = (a_p^1, a_p^2, \dots, a_p^N)$  vektor quyidagi ko'rinishda ifodalanib,

$$a_p = \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p1} + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p2} + \dots + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{pm_p}$$

uning komponentalari barcha  $p = \overline{1, r}; j = \overline{1, N}$ ; lar uchun (10) formula asosida hisoblanadi;

**5-qadam.** So'ngra,  $a_p$  vektor  $a_p^j, j = \overline{1, N}$  komponentalarini kamayish tartibida joylashtirib chiqiladi, ya'ni  $a_p^{j_1} \geq a_p^{j_2} \geq \dots \geq a_p^{j_\ell} \geq a_p^{j_{\ell+1}} \geq \dots \geq a_p^{j_N}$ . Bundan birinchi  $\ell$  ta hadi  $a_p^{j_1} \geq a_p^{j_2} \geq \dots \geq a_p^{j_\ell}$ , (12) optimizatsiya masalasining yechimi bo'ladi;

**6-qadam.**  $I(\lambda, X_p)$  hisoblanadi. Bunda funksionalning maksimal qiymati  $I(\lambda, X_p) = a_p^{j_1} + a_p^{j_2} + \dots + a_p^{j_\ell}$  ga teng va  $\lambda$  vektorining komponentalari quyidagicha  $\lambda^{j_1} = \lambda^{j_2} = \dots = \lambda^{j_\ell} = 1, \lambda^{j_{\ell+1}} = \lambda^{j_{\ell+2}} = \dots = \lambda^{j_N} = 0$  bo'ladi.



2-rasm. Nominal ma'lumotli fazoda axborot o'lchovini aniqlashga asoslangan informativ belgilarni tanlash algoritmi blok sxemasi

Bayon qilingan algoritmdan foydalangan holda olingan funktsional-ning qiymati  $X_p$  sinfnig barcha obyektlarini uning shakllanishiga qo'shgan hissasini bersa, ikkinchi tomondan tadqiq etilayotgan obyektlar-ning o'xshashlik darajalarini aniqlashda maksimal qiymat beruvchi informtiv belgilar majmuasini tanlash masalasi yechimini beradi.

Mazkur algoritmnig blok sxema ko'rinishidagi ifodasi 2- rasmda ifodalanilgan.

3.3-paragrafda obyektlar va belgilar muhimligining axborot o'lchovi mezonlariga asoslangan algoritmlari ishlab chiqilgan.

Dastlab obyektlar va belgilar muhimligining axborot o'lchovini aniqlashga asoslangan mezonlarga to'xtalamiz:

Faraz qilaylik, nominal ma'lumotlar fazosida bizga  $X_p$  sinfnig ikkita  $x_{pi}, x_{pk} \in X_p$  obyektlari berilgan bo'lsin.

Bu obyektlar nominal belgilar kesimida o'xshashliklarini aniqlash uchun  $\mu(x_{pi}, x_{pk}) = (\mu^1(x_{pi}, x_{pk}), \mu^2(x_{pi}, x_{pk}), \dots, \mu^N(x_{pi}, x_{pk}))$  bul vektorini kiritamiz va uning komponentalarini quyidagiga asoslanib shakllantiriladi:

$$\mu^j(x_i, x_k) = \begin{cases} 1 & \text{agar } x_i^j = x_k^j, j = \overline{1, N}. \\ 0 & \text{aks holda} \end{cases} \quad (11)$$

bu yerda  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk}) = 1$  bo'ladi, agar ikkida obyektning mos komponentalari  $x_i^j = x_k^j$  o'zaro teng bo'lsa, aks holda  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk}) = 0$  bo'ladi.

Shunday qilib, o'quv tanlanmaning ixtiyoriy ikkita obyekt uchun  $\mu(x_i, x_k)$  vektorini bir qiymatli aniqlash mumkin.

Bu obyektlar  $\kappa(x_{pi}, x_{pk}) = \sum_{j=1}^N \mu^j(x_{pi}, x_{pk})$  (12) kattalik orqali  $x_{pi}, x_{pk}$  obyektlarning o'xshashlik koeffitsiyentini belgilaylik.

Bu kattalik  $x_{pi}, x_{pk}$  obyektlarining bir xil bo'lgan komponentalari sonini bildiradi. Bu ikkala obyektning o'xshashlik darajalari  $\nu(x_{pi}, x_{pk})$  orqali belgilanadi va u foizda quyidagicha hisoblanadi:

$$\nu(x_{pi}, x_{pk}) = \frac{\kappa(x_{pi}, x_{pk}) * 100\%}{N} \quad (13)$$

Shunday  $\delta$  soni beriladiki, bu orqali  $\tilde{X}_p$  sinf obyektlari shakllantiriladi. Bunda  $\forall x_{pi}, x_{pk}: \nu(x_{pi}, x_{pk}) \geq \delta$  bo'lsin.

Ya'ni  $\tilde{X}_p = \{\forall x_{pi}, x_{pk}: \nu(x_{pi}, x_{pk}) \geq \delta, i \neq k, p = \overline{1, r}\}$  sonidan katta bo'lsa sinf shakllanadi. So'ngra ma'lumotlar ichidan eng muhim va ta'sirchan belgilar tanlanadi.

Bu jarayon ma'lumotlarning turli o'lchov mezonlariga ko'ra saralanishi orqali amalga oshiriladi. Bu yerda quyidagi

$$\begin{cases} \tilde{X}_p = \{\forall x_{pi}, x_{pk}, \lambda: \nu(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) \geq \delta, i \neq k, p = \overline{1, r}\} \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{\lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N}\} \end{cases}$$

optimizatsiya masalasi yechiladi.

Bu yerda

$$\kappa(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) = \sum_{j=1}^N \mu^j(x_{pi}, x_{pk}) \lambda^j \quad (14),$$

$$\nu(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) = \frac{\kappa(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) * 100\%}{N} \quad (15).$$

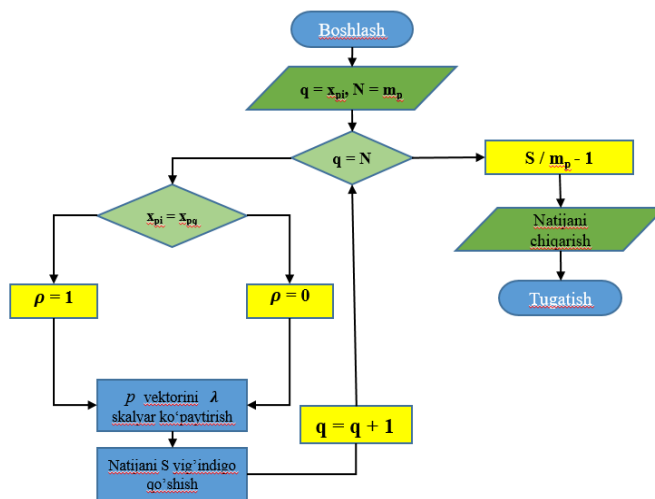
Demak, shunday  $\lambda$  vektor tanlanishi kerakki, bunda sinflar soni kamayishi,  $\tilde{X}_p$  sinf obyektlari orasidagi o'xshashlik berilgan  $\delta$  dan kam bo'lmashligi kerak. Topilgan  $\lambda$  vektor komponentalari iformativ belgilar majmuasini beradi.

Keyingi navbatda belgilarni baholash va tanlash amalga oshiriladi. Tanlangan mezonlar asosida belgilarning ahamiyati baholanadi. Odatda, quyidagi optimizatsiya masalasi yechiladi.

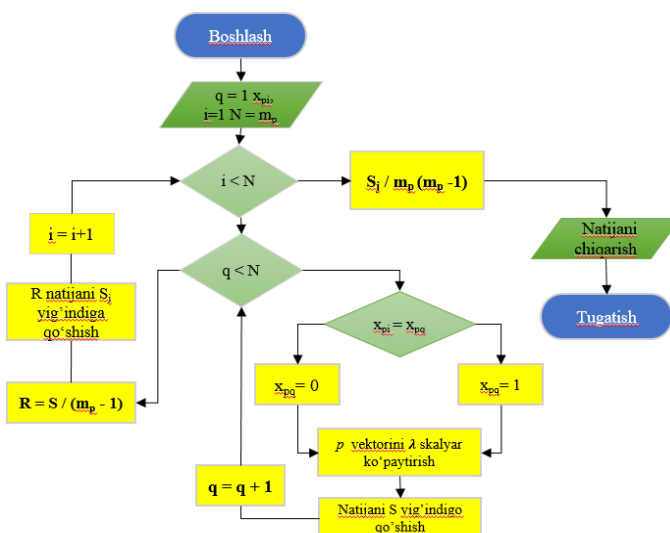
$$\begin{cases} v(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) = \max_{\lambda \in \Lambda^\ell} \sum_{i \neq k=1}^{m_p} \sum_{k=i+1}^{m_p} \frac{\kappa(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) * 100\%}{N} \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{ \lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N} \}. \end{cases}$$

Tanlangan belgilar asosida ma'lumotlar tahlil qilinadi va modellashtirishda qo'llaniladi.

Ushbu 3.3-paragrafda keltirilgan mezonlarga asoslanib obyektlar va belgilar muhimligining axborot o'lchovi mezonlariga asoslangan algoritmlari ishlab chiqilgan va uning blok sxemasi quyidagi 3-4-raslarda ifodalanilgan.



**3-rasm. Belgilar muhimligining axborot o'lchovini aniqlash algoritmining blok sxemasi**



**4-rasm. Obyektlar muhimligini axborot o'lchovini aniqlash algoritmining blok sxemasi**

3.4-paragrafida klinik belgilar axborot o'lchoviga asoslangan sinflashtirish

algoritmi ishlab chiqilgan bo‘lib, u quyidagicha amalga oshiriladi. Ya’niki, yuqorida keltirilgan to‘rtinchi masala yechiladi.

Faraz qilayki, nominal belgilar fazosida obyektlarning belgilari axborot o‘lchovini ko‘rsatuvchi kattalik  $\kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq})$  orqali belgilanib, (16) formula asosida

$$\text{hisoblansin, ya'ni } \kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq}) = \begin{cases} 1, & \text{agar } (w_i - x_{pq}^j) = 0; \\ 0, & \text{aks holda} \end{cases}$$

(16),

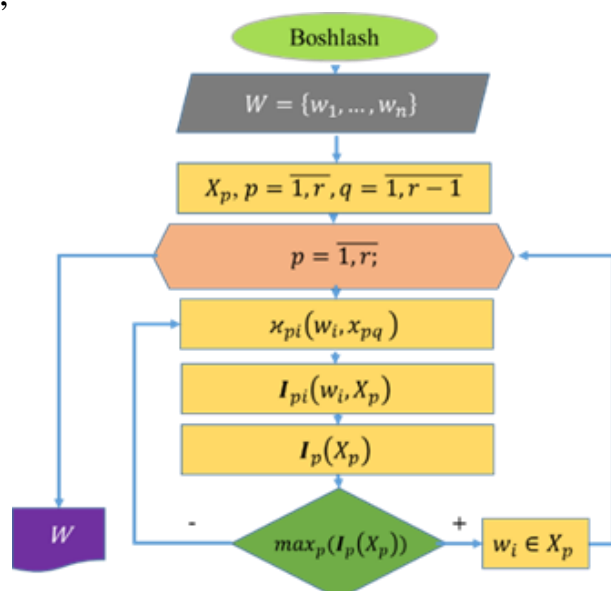
bu yerda  $p = \overline{1, r}; i \neq q = \overline{1, m_p}; j = \overline{1, N}$ ; ga teng.

Ifodalaniilgan (16) kattalik vektorning parametrlari bo‘lib, u quyidagi  $\kappa_{pi}(w_i, x_{pq}) = (\kappa_{pi}^1(w_i, x_{pq}), \kappa_{pi}^2(w_i, x_{pq}), \dots, \kappa_{pi}^N(w_i, x_{pq}))$  ko‘rinishda ifoda etiladi. Demak,  $p$  sinfdagi ixtiyoriy ikkita  $w_i$  va  $x_{pq}$  obyektlar uchun bul vektorlar fazosida  $\kappa_{pi}(w_i, x_{pq}) = (\kappa_{pi}^1(w_i, x_{pq}), \kappa_{pi}^2(w_i, x_{pq}), \dots, \kappa_{pi}^N(w_i, x_{pq}))$  bul vektoriga ega bo‘linadi.

Bu vektorning komponentalari qaralayotgan belgi kesimida ikkita obyektlarining muhim belgilari axborot o‘lchovini bildiradi. Agar  $\kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq}) = 1$  bo‘lsa, u holda  $w_i$  va  $x_{pq}$  obyektlar  $j$  belgi hisoblash ishlarida ishtirok etadi, aks holda ya’ni  $\kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq}) = 0$  bo‘lsa, u holda shu  $j$  belgi hisoblash ishlarida ishtirok etmasligini bildiradi.

Endi esa yuqorida keltirilganlarga tayangan holda sinflashtirish masalasini yechishning quyidagi bosqichlarini keltirib o‘tamiz:

**1-bosqich.** Nazorat obyektlari  $w_i$  yuqorida keltirilgan (3.13) formula asosida barcha  $p = \overline{1, r}; i \neq q = \overline{1, m_p}; j = \overline{1, N}$ ; lar uchun  $\kappa_{pi}(w_i, x_{pq})$  vektorning barcha parametrlari hisoblanadi;



**5-rasm. Klinik belgilar axborot o‘lchoviga asoslangan sinflashtirish algoritmining blok sxemasi**

**2-bosqich.** Nazorat obyektlari  $w_i$  va ixtiyoriy sinfdagi  $m_p - 1$  ta obyektlar majmuasidagi muhim belgilar axborot o‘lchovi kattaligi quyidagicha baholanadi va uni oldindan quyidagi formula asosida hisoblanadi:

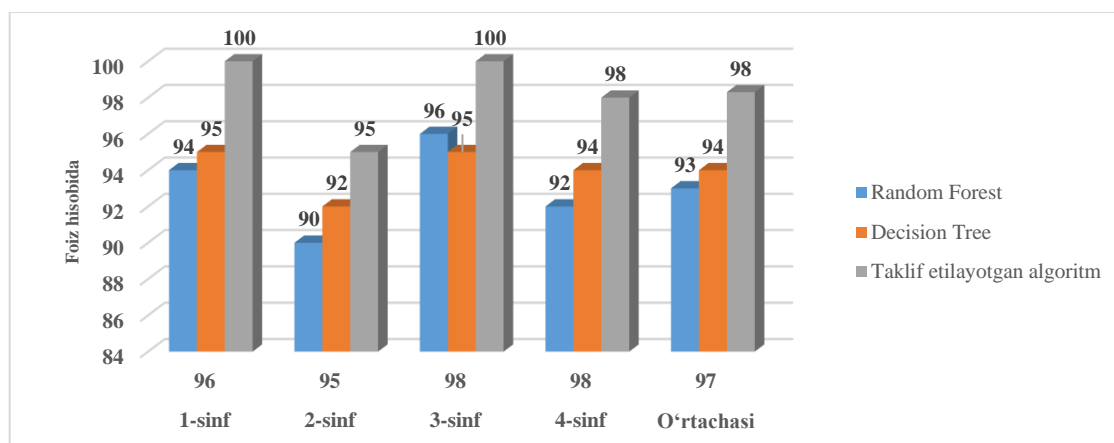
$$I_{pi}(w_i, X_p) = \frac{1}{m_p - 1} \sum_{q=1}^{m_p - 1} \sum_{j=1}^N \kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq}), p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}; i \neq q.$$

**3-bosqich.** Nazorat obyektlari  $w_i$  va ixtiyoriy  $p$  –sinfdagi obyektlarining o‘rtacha axborot o‘lchovi foizda quyidagi formula orqali hisoblanadi va bunda  $p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}$ ;

$$I_p(X_p) = \frac{1}{m_q} \sum_{i=1}^{m_q} I_{pi}(w_i, X_p) * 100\%$$

**4-bosqich.** Barcha nazorat obyektlari  $w_i$  sinflarga nisbatan o‘xshashligi aniqlanadi va eng katta qiymatga ega sinfga tegishli hisoblanadi. Agarda o‘xshashliklari teng bo‘lsa  $p$  qiymati kichiga tegishli hisoblanadi.

Ushbu hisoblashlar barcha  $W = \{w_1, \dots, w_n\}$  nazorat tanlanma obyektlari uchun bajariladi. Bu keltirilgan bu bosqichlarga asoslangan holda klinik belgilar axborot o‘lchoviga asoslangan sinflashtirish algoritmi ishlab chiqildi va uning blok sxemasini quyidagi 5-rasmda ifoda etilgan. Shuningdek, mazkur ishlab chiqilgan algoritim mavjud mashhur KNIME analitik platformasidagi algoritmlar bilan qiyosiy tahlil etildi(6-rasmga qarang).



**6-rasm. Klinik belgilar axborot o‘lchoviga asoslangan sinflashtirish algoritmning ishonchligini boshqa mashhur algoritmlar bilan qiyosiy baholash natijalari tahlili**

Dissertatsiyaning “Aqlli onkologiya” dasturiy majmuasining tibbiyot amaliy masalalarni yechishga tadbiqu” deb nomlangan to‘rtinchi bobida dissertatsiya ishi doirasida ishlab chiqilgan algoritmlar asosida yaratilgan “Aqlli onkologiya” dasturiy majmuasining umumiy tuzilmasi, funksional imkoniyatlari va grafik interfeysi hamda ishlash mexanizimi haqida batafsil bayon etilgan.

## XULOSA

“Bosh miya saratonini erta tashxislash masalalarida obyektlar muhimligining axborot o‘lchovini aniqlash algoritmlari” mavzusidagi dissertatsiya ishi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Miya saratoni bemorlarining kasallik varaqalari asosida belgilar fazosi va tanlamalarni shakllantirish, ma’lumotlarga dastlabki ishlov berish, obyekt-belgilar muhimligini baholashning axborot o‘lchov mezonlari va algoritmlari tahlil qilindi;

2. Bosh miya saratoni o‘quv tanlanma sinflarini shakllantirishda tibbiy timsollar muhimligining axborot o‘lchovini aniqlash algoritmi ishlab chiqildi. Natijada bunda bemorlar uchun qulay shart-sharoit muhiti yaratilib, ularning Neyroxirurg va Radiologilar maslahatini olish zarurligini yoki zaruriyat emasligini ko‘rsatib berdi. Shuningdek, bu jarayonda shifokorlar uchun bosh miya kasalliklarini erta aniqlash imkonini berdi. Natijada bu soha mutaxassislarining ish unumdorligini o‘rtacha 15% ga oshirga imkon berdi;

3. Ma’lumotlarni intellektual tahlil qilish usul va algoritmlari kombinatsiyasi asnosida miya saratoni obyektlarining ahamiyatligini axborot o‘lchovini aniqlash algoritmini ishlab chiqildi. Natijada bosh miya kasalliklar sinfining muhimlik ko‘rsatgichlari baholanilgan va ular asosida sinflarning vakil obyekti aniqlangan. Buning natijasida radiolog va onkologlar tomonidan bosh miya kasalliklariga tashxis qo‘yishda muayyan tibbiy choralarni o‘z vaqtida amalga oshirishga imkoniyati yaratildi. Buning natijasida ma’umotlarni tahlil qilish uchun ketadigan vaqtni 15% ga qisqartirish va tashxislash samaradorligini 20% ga oshirga imkon berdi;

4. Miya saratoni obyektlarining muhimligini aniqlashga yordam beradigan informativ belgilar majmualarini tanlash algoritmini ishlab chiqildi. Natijada bosh miya saratoni kasalliklarini xarakterlovchi 19 ta belgilar majmuasidan tashxis qo‘yishda eng muhim bo‘lgan 6 ta belgidan iborat bo‘lgan informativ belgilar majmuasi tanlab olingan. Buning natijasida informativ belgilar majmuasidan foydalanib kasallikka tashxis qo‘yishga ketadigan vaqtni taxminan 1.7 barobarga qisqartirish imkonini berdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSC. 13/05.05.2023. Т. 07.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**САПАРОВ САИДКУЛ ХУЖАМУРОТОВИЧ**

**АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МЕРЫ  
ВАЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ В ЗАДАЧАХ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ РАКА  
ГОЛОВНОГО МОЗГА**

05.01.03- Теоретические основы информатики

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО  
ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2025**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за №.B2025.2.PhD/T4635

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте (www.tuit.uz) и на информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz)

**Научный руководитель:**

**Нишанов Ахрам Хасанович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Примова Холида Анорбоевна**  
доктор технических наук, профессор

**Хамраев Алишер Шодмонкулович**  
доктор философии по техническим наукам, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:**

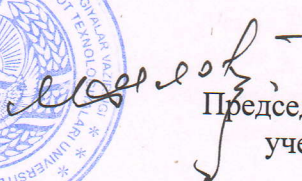
Ташкентский государственный  
транспортный университет

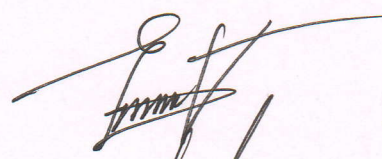
Защита диссертации состоится « 3 » сентября 2025 года в 16<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.13/05.05.2023.T.07.03 по присуждению ученых степеней при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий (Адрес: 100084, г. Ташкент, пр. Амира Темура, д. 108 Тел.: (99871) 238-64-43, e-mail: ilmiy\_kengash@tuit.uz).

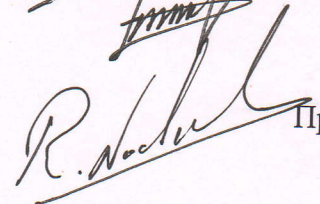
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий (регистрационный номер № 365) (Адрес: 100084, г. Ташкент, пр. Амира Темура, д. 108 Тел.: (99871) 238-64-70).

Автореферат диссертации разослан « 20 » августа 2025 года, (протокол реестра № 11 от « 20 » августа 2025 г.).



  
**М.М. Камиров**  
Председатель Научного совета по присуждению  
ученых степеней, доктор технических наук,  
профессор, академик АН РУз

  
**Н.А. Эгамбердиев**  
Учёный секретарь Начного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор философии технических наук

  
**Н.О. Рахимов**  
Председатель научного семинара при Научном  
совете по присуждению учёных степеней,  
доктор технических наук, доцент

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Технологии обработки больших объемов данных стремительно внедряются в промышленность, сельское хозяйство, здравоохранение и другие сферы по всему миру. На основе этих технологий алгоритмическое обеспечение определения информационных мер важности объектов и признаков, их практическое применение занимают одно из ведущих мест в развитии теории и практики распознавания образов. В связи с растущим вниманием к цифровым технологиям в мировом масштабе, интеллектуальный анализ данных требует разработки и внедрения в практику алгоритмического и программного обеспечения для задач кластеризации, классификации, выбора комплекса информативных признаков и диагностики заболеваний, основанных на определении информационной меры важности объектов. В этом аспекте использование теории и алгоритмического обеспечения, основанных на важности объекта исследования и признаков, имеет существенное значение для развития интеллектуального анализа данных во всех сферах человеческой деятельности.

В мире проводятся научно-исследовательские работы, направленные на разработку алгоритмов кластеризации, классификации и выбора информативных признаков, основанных на определении единиц измерения значимости объектов и признаков при интеллектуальном анализе различных типов данных, представленных в больших объемах. В связи с этим при разработке алгоритмов предварительной обработки данных, кластеризации, классификации и выбора информативных наборов признаков особое внимание уделяется формированию критериев определения уровней значимости объектов и наборов признаков, а также созданию математического обеспечения для решения предложенных задач.

В нашей республике в данном направлении осуществляются широкомасштабные мероприятия по разработке и внедрению в практику алгоритмов и аппаратно-программных комплексов, предназначенных для предварительной обработки, анализа данных и распознавания образов, и достигаются определенные результаты. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены важные задачи, в том числе «...внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу и систему управления...»<sup>2</sup> При реализации этих задач особое значение приобретает поэтапное внедрение систем принятия решений, основанных на данных в сферах медицины, образования, промышленности и сельского хозяйства, платформ интеллектуального анализа и аппаратно-программных решений на основе искусственного интеллекта. При этом ключевую роль играют обеспечение информационной безопасности, межсистемная интеграция и создание удобных пользовательских интерфейсов.

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-5349 от 19 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», №УП-6079 от 5 октября 2020 года «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации», № УП-4699 от 28 апреля 2020 года «О мерах по широкому внедрению цифровой экономики и электронного правительства», № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-158 от 11 сентября 2023 года «О Стратегии «Узбекистан-2030», № УП-6097 от 29 октября 2020 года «Об утверждении Концепции развития науки до 2030 года», а также в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4996 от 17 февраля 2021 года «О мерах по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта», № ПП-415 от 28 декабря 2023 года «О дополнительных мерах по ускорению цифровизации системы здравоохранения и внедрению передовых цифровых технологий», и в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в рамках IV приоритетного направления развития науки и технологий Республики «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

**Степень изученности проблемы.** Иностранцы врачи, работавшие над решением вопросов ранней диагностики рака головного мозга: Dr. Paul Michel: Доктор Мичел, известный своими работами по глиобластоме, внес большой вклад в понимание молекулярных механизмов рака головного мозга; Dr. Ingo Mellinshoff: Исследователь в Cancer Center Memorial Sloan Kettering, Dr. Mellinshoff фокусируется на молекулярной биологии и методах целенаправленного лечения опухолей головного мозга; Dr. Webster Cavenee: Видный представитель исследований рака мозга, доктор Кавени работал над генетическими основами глиом; Dr. Susan Chang: Она имеет опыт в нейроонкологии и проводила исследования различных аспектов опухолей головного мозга; Dr. David Reardon: Нейроонколог Dr. Reardon участвовал в клинических испытаниях и исследованиях, связанных с лечением рака головного мозга; Dr. John Sampson: Известна своими работами по иммунотерапии опухолей головного мозга и глиобластомы; Доктор Митчел Бергер: нейрохирург, внесший вклад в хирургическую технику и исследования опухолей головного мозга; Dr. Anna Krichevsky: Исследователь, работавший над микроРНК при раке мозга; Fred Hutchinson Cancer Research Center: В этом учреждении есть исследовательская программа по раку головного мозга, в которой участвуют многие ученые, работающие над различными аспектами рака головного мозга.

Зарубежные ученые, внедрившие науку данных в область медицины: Ю.И.Журавлев, Н.Г.Загоруйко, Л.А.Растрин, П.М.Чеголин, А.Л.Горелик, М.Б.Айдарханов, Г.С.Лбов и другие.

По внедрению в практику научно-теоретических результатов, полученных в направлении интеллектуального анализа данных в организациях системы

здравоохранения республики: Академики Академии наук Республики Узбекистан М.М.Камилов, Ш.Х.Фозилов, Ф.Т.Адилова, Х.А.Туракулов, Н.А.Игнатъев, А.Х.Нишанов, Н.С.Маматов, Б.Б.Акбаралиев, М.Худойбердиев, С.Раджабов и другие вносят свой вклад.

Конечно, несмотря на наличие большого количества научных работ в этом направлении, вопросы оценки состояния объектов исследования на основе информационно-измерительных критериев важности раннего выявления рака головного мозга, постановки медицинской диагностики, выбора наборов симптомов, определения симптомокомплексов до конца не решены и недостаточно изучены.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хоразмий по темам: БА-5-017-«Разработка алгоритмов и программного обеспечения для диагностики рака молочной железы и шейки матки на основе методов интеллектуального анализа данных»(2017-2019), №БВ-В-Ф4-011-«Методы и алгоритмы решения нечетко-некорректных задач интеллектуального анализа данных в условиях неопределенности» (2017-2020).

**Цель исследования:** Разработка алгоритмов определения информационной меры важности объектов на основе информационных критериев, обеспечивающих значимость признаков в ранней диагностике рака головного мозга.

**Задачи исследования:**

формирование пространства признаков и выборок на основе больничных листов больных раком головного мозга, предварительная обработка данных, анализ информационных критериев измерения и алгоритмов оценки важности объект-признаков;

разработка алгоритма определения информационной меры важности медицинских образов при формировании учебных выборочных классов рака головного мозга;

разработка алгоритма определения информационной меры важности объектов рака головного мозга на основе комбинации методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных;

разработка алгоритма выбора наборов признаков, способствующих определению важности объектов рака головного мозга;

разработка программного комплекса, способствующего решению практических задач медицины в разрезе разработанных алгоритмов.

**Объектом** исследования являются подходы, основанные на ранней диагностике рака головного мозга, выборе информационно-измерительных критериев и алгоритмов, наборов признаков для определения важности объектов и признаков.

**Предмет исследования.** Состоит из информационных критериев и алгоритмов измерения важности объектов в ранней диагностике рака головного мозга.

**Методы исследования.** В процессе исследования использовались подходы, направленные на эффективное извлечение знаний из информации на основе знаний данных и методов интеллектуального анализа, классические модели машинного обучения и методы распознавания образов, такие как деревья решений (Decision Tree), k-means, векторные машины обучения (SVM) в задачах диагностики и классификации, а также разработанные методы кластеризации, классификации, выбора и оценки информативных наборов признаков и диагностики на их основе.

**Научная новизна исследования** содержит:

разработаны эвристические критерии для ранней диагностики у пациентов с раком головного мозга, основанные на определении информационного вклада объектов и их характеризующих признаков в процесс диагностики;

разработан алгоритм создания синтетической обучающей выборки на основе информационного измерения клинических признаков для моделей машинного обучения для диагностики рака головного мозга;

Разработан алгоритм выбора информативных наборов признаков, основанный на определении информационной меры важности объектов рака головного мозга, сформированных в пространстве номинальных признаков.

На основе методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных разработан алгоритм классификации, основанный на определении уровня важности объектов рака головного мозга путем оценки их информационного вклада в диагностику.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

Разработан программный комплекс, способствующий автоматизации процессов медицинской диагностики и постановке окончательного диагноза на основе критериев и алгоритмов информационного измерения оценки степени заболевания у пациентов с раком головного мозга;

в результате применения программного комплекса для решения практических задач в области медицины были разрешены проблемы, связанные с ранней диагностикой.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность предложенных алгоритмов ранней диагностики рака головного мозга зависит от нескольких факторов, в том числе теоретической обоснованности критерия информационной меры, качества обучающей выборки и экспериментальной проверки алгоритмов. Эти алгоритмы были протестированы на основе различных оценочных показателей и положительно оценены специалистами-экспертами. Результаты послужили основой для создания эффективной системы, способствующей повышению диагностической точности.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в том, что оно представляет собой комплексное исследование на стыке различных областей, таких как определение информационной меры важности объектов для раннего

выявления рака головного мозга, обработка сигналов, наука о данных и искусственный интеллект. Научная ценность подобных исследований объясняется разработкой и совершенствованием алгоритмов, позволяющих эффективно и точно диагностировать рак головного мозга на основе первичных показателей.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные алгоритмы помогают в создании персонализированных планов лечения, адаптированных к индивидуальным особенностям рака, путем выявления специфических характеристик опухолей головного мозга. Программный комплекс, созданный на основе эффективных алгоритмов, представляет собой современную систему распознавания, которая оказывает поддержку в области медицины.

**Внедрение результатов исследования.** На основе программного комплекса «Умная онкология», созданного на основе алгоритмов, разработанных в ходе научного исследования:

программный комплекс, созданный на основе алгоритма определения информационной меры важности медицинских образов при формировании учебных выборочных классов рака головного мозга, внедрен в Каракалпакском филиале Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра онкологии и радиологии (справка Министерства здравоохранения Республики Каракалпакстан № 04/2366 от 29 марта 2025 г.). В результате это создало благоприятную среду для пациентов, указывая на необходимость или нежелательность получения консультаций нейрохирургов и радиологов. Также в этом процессе раннее выявление заболеваний головного мозга позволило повысить производительность труда врачей-специалистов в данной области в среднем на 15%;

программный комплекс, созданный на основе алгоритма определения информационной меры важности объектов рака головного мозга в разрезе комбинации методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных, внедрен в Каракалпакском филиале Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра онкологии и радиологии (справка Министерства здравоохранения Республики Каракалпакстан № 04/2366 от 29 марта 2025 г.). В результате были оценены показатели важности класса заболеваний головного мозга и на их основе определен представительный объект классов. В результате этого радиологам и онкологам удалось своевременно проводить определенные медицинские мероприятия при диагностике заболеваний головного мозга, что позволило сократить время, затрачиваемое на анализ данных, на 15% и повысить эффективность диагностики на 20%.

программный комплекс, созданный на основе алгоритма выбора информативных наборов признаков при определении важности объектов рака головного мозга, внедрен в Турткульском районном медицинском объединении Республики Каракалпакстан (справка Министерства здравоохранения Республики Каракалпакстан № 04/2366 от 29 марта 2025 г.). В результате из 19 наборов признаков, характеризующих рак головного мозга, был выбран информативный набор признаков, состоящий из 6 признаков, наиболее важных

в диагностике. Это позволило сократить время, затрачиваемое на диагностику заболевания с использованием информативного набора признаков, примерно в 1,7 раза.

**Апробация результатов исследования.** Основные теоретические и практические результаты диссертации обсуждались на 3 международных и 4 республиканских научно-технических и научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Основные результаты по теме исследования опубликованы в 19 научных работах, из них 8 в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 5 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, 2 в других зарубежных журналах, а также получены 2 свидетельства на программные продукты для ЭВМ от Агентства интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 108 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость темы диссертации, указывается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, степень изученности темы, связь с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация, описываются цель, задачи, объект, предмет, методы исследования, раскрываются научная новизна и практические результаты исследования, достоверность результатов исследования, научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследования, апробация результатов исследования, приводятся сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В параграфе 1.1 первой главы диссертации под названием **“Подходы к ранней диагностике рака головного мозга”** приведены подробные аналитические сведения об опухолях головного мозга и информационной важности признаков при их раннем выявлении, научной основе понятия информационной важности признаков, информационной важности клинических признаков. Наряду с этим, в параграфе 1.2 данной главы представлены критерии информационного измерения важности объектов распознавания и применение алгоритмов их расчета, а в параграфе 1.3 изложены задачи, основанные на определении информационной меры важности объектов, и подходы к их решению. Путем анализа этих подходов была определена постановка исследовательской задачи.

Предположим, что в  $N$ -мерном пространстве номинальных признаков даны объекты диагностики рака головного мозга. При этом требуется решение следующих задач:

**Задача 1.** Формирование обучающих выборок  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ ; из общей выборки  $x_i \in X, i = \overline{1, M}$ ;

**Задача 2.** Формирование полусинтетической обучающей выборки на основе информационной меры клинических признаков рака головного мозга;

Требуется сформировать синтетические обучающие выборки с добавлением новых  $K$  объектов в каждый класс  $X_p$ , используя общую выборку  $x_i \in X, i = \overline{1, M}$ ; в заданном пространстве  $N$  измеримых номинальных признаков. При этом информационная мера признаков объектов классов  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ ; не должна быть меньше заранее определенного числа  $\delta$ . Здесь класс  $X_p$  будет состоять из  $m_p$  объектов  $x_{p1}, \dots, x_{pm_p}, X = \bigcup_{p=1}^r X_p$ .

**Задача 3.** Выбор информативного набора признаков в пространстве номинальных признаков;

Предположим, что в  $N$ -мерном пространстве номинальных признаков дана обучающая выборка  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ ; рака головного мозга. Каждый объект  $x_{pi} = (x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N), i = \overline{1, m_p}$ , в обучающей выборке, пациенты  $N$ -мерно представлены в пространстве номинальных признаков. Здесь  $x_{pi}$  читается как  $i$ -й объект  $p$ -го класса,  $N$  означает количество признаков,  $m_p$  - количество объектов, а  $a$  - количество объектов в классе. Следовательно  $x_{pi} = (x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N), i(i = \overline{1, m_p})$ , пациенты  $i(i = \overline{1, m_p})$  составляют объекты  $p$ -го класса.

При выборе информативного набора признаков в пространстве номинальных признаков следует решить следующую задачу оптимизации:

$$\begin{cases} \frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} \sum_{q=1}^{m_p} (x_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda) \rightarrow \max \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{\lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N}\} \end{cases}$$

**Задача 4.** Пусть дана  $W = \{w_1, \dots, w_n\}$  контрольная выборка. Требуется определить, к какому из классов  $X_p, p = \overline{1, r}$ ; принадлежат объекты  $w_i, i = 1, \dots, n$  контроля.

В параграфе 2.1 второй главы диссертации под названием «**Критерий и алгоритм определения информационной меры важности объектов в ранней диагностике рака головного мозга**» приведены информационные меры, обеспечивающие значимость объектов исследования в ранней диагностике рака головного мозга, и критерии, определяющие их содержание, а также общие понятия, обозначения и определения для информационной меры важности объектов. В параграфе 2.2 данной главы разработан алгоритм создания полусинтетической обучающей выборки на основе информационного измерения клинических признаков рака головного мозга, направленный на создание нового расширенного набора данных путем оценки среднего информационного размера объектов при создании синтетических объектов для пространства номинальных признаков.

Ниже приведены следующие этапы решения задачи создания синтетической обучающей выборки:

Этап 1. Обучающая выборка  $x_i \in X_i = \overline{1, M}$ ; разделена на  $p$  классы. То есть, первая задача решается путем классификации на  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ ; классы;

Этап 2. На основе приведенной ниже формулы (1) предварительно рассчитывается  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk})$  для всех  $p = \overline{1, r}; i \neq q = \overline{1, m_p}; j = \overline{1, N}$ ;

На этом этапе сначала используется критерий определения степени сходства объектов, при этом для определения сходства объектов используется  $\mu(x_{pi}, x_{pk}) = (\mu^1(x_{pi}, x_{pk}), \mu^2(x_{pi}, x_{pk}), \dots, \mu^N(x_{pi}, x_{pk}))$  булева вектор:

$$\mu^j(x_i, x_k) = \begin{cases} 1 & \text{если } x_i^j = x_k^j, j = \overline{1, N}. \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (1)$$

где  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk}) = 1$ , если соответствующие компоненты двух объектов  $x_i^j = x_k^j$  равны, в противном случае  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk}) = 0$ . Затем, это считается критерием оценки меры признаков.

Этап 3. Информационная мера существенных признаков любого  $i$ -го объекта  $p$ -класса в совокупности  $m_p - 1$  объектов этого класса оценивается следующим образом и предварительно рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{pi}(x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p - 1} \sum_{q=1}^{m_p - 1} \sum_{j=1}^N \mu_{pi}^j(x_{pi}, x_{pq}), p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}; i \neq q. \quad (2)$$

Этап 4. Кроме того, средний объем информации для объектов произвольного  $p$ -класса вычисляется в процентах по следующей формуле:

$$I_p(X_p) = \frac{1}{m_q} \sum_{i=1}^{m_q} I_{pi}(x_{pi}, X_p) * 100\%, p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}; \quad (3)$$

Этап 5. При синтетическом создании нового объекта  $\bar{x}$  для классов  $X_p, p = \overline{1, r}$  к этому классу добавляются объекты, созданные с сохранением существенных признаков, обеспечивающих увеличение средней информационной меры объектов этого класса  $I_p(X_p)$ . Если количество объектов в  $p$ -м классе равно  $m_p = 1$ , то при создании синтетического объекта он формируется с сохранением признаков, отличающих объект данного класса от объектов других классов. При этом требуется удовлетворение условия  $I_p(X_p) > 65\%$ .

Алгоритм создания полусинтетической обучающей выборки с использованием вышеуказанных этапов осуществляется в следующих шагах:

**Шаг 1.** Объекты общей обучающей выборки вносятся в базу данных. Исходная база данных формируется в разрезе всех объектов  $x_i \in X, i = \overline{1, M}$ .

**Шаг 2.** Проводится предварительная обработка данных. Это включает в себя очистку данных, так как собранные данные могут содержать ошибки, отсутствующие значения, дубликаты или неточные данные. Они корректируются, и данные нормализуются.

**Шаг 3.** Общая обучающая выборка предварительно разбивается на классы  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ .

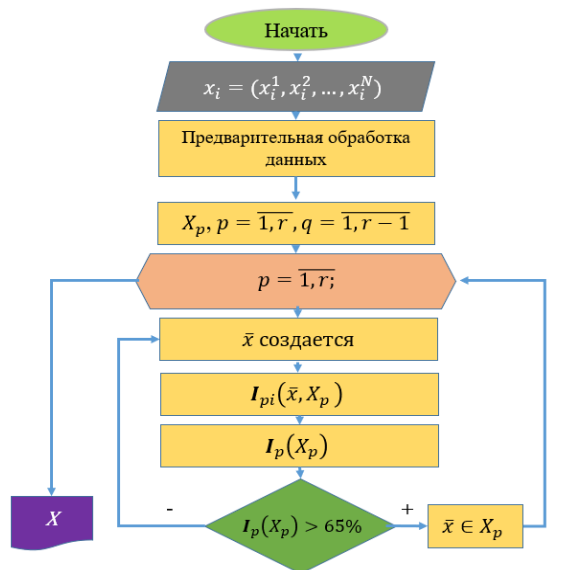
**Шаг 4.** Для каждого сформированного класса определяются значения средней информационной меры объектов  $I_p(X_p), p = \overline{1, r}$ .

**Шаг 5.** Новый объект  $\bar{x}$  создается для классов  $X_p, p = \overline{1, r}$  с сохранением существенных признаков, обеспечивающих увеличение средней информационной меры объектов этого класса  $I_p(X_p)$ .

**Шаг 6.** Если количество объектов в  $p$ -классе равно  $m_p = 1$ , то при создании синтетического объекта он формируется с сохранением признаков, отличающих объект данного класса от объектов других классов.

**Шаг 7.** Шаги 5 и 6 повторяются до тех пор, пока в каждый класс не будет добавлено  $K$  новых синтетических объектов. В результате образуются классы, состоящие из гибридных объектов.

Блок-схема алгоритма создания синтетической учебной выборки на основе информационного измерения данных клинических признаков представлена на Рис. 1.



**Рис1. Блок-схема алгоритма создания синтетической обучающей выборки на основе информационной меры клинических признаков**

В параграфе 2.3 приведены широко используемые алгоритмы классификации, классификация объектов по уровням важности и анализ практических результатов алгоритмов в среде KNIME.

В третьей главе диссертационной работы, озаглавленной «Алгоритмы определения информационной меры объектов на основе выбора и классификации информативных признаков», параграф 3.1 посвящен формированию основных понятий, определений и задач определения информационной меры важности объектов при раке головного мозга. В параграфе 3.2 разработан алгоритм выбора информативных признаков, основанный на определении меры информации в пространстве номинальных данных.

Предположим, что в пространстве номинальных признаков заданы объекты и их классы  $x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pm_p} \in X_p, p = \overline{1, r}$ . Пусть  $x_{pi} = (x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N), i = \overline{1, m_p}$ ;

Параметры вектора величины, указывающего на сходство объектов в пространстве номинальных признаков, выражаются в виде  $\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}) = (\rho_{pi}^1(x_{pi}, x_{pq}), \rho_{pi}^2(x_{pi}, x_{pq}), \dots, \rho_{pi}^N(x_{pi}, x_{pq}))$ .

Также,  $\lambda = (\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^N)$  является булевым вектором, компоненты которого принимают значения 0 или 1. Если  $\lambda^j = 1$ , то  $j$ -й компонент участвует в вычислениях, в противном случае  $\lambda^j = 0$ ,  $j$ -й компонент не участвует в вычислениях. Ниже представлено множество  $\ell$  информативных векторов, состоящих из векторов  $\lambda = (\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^N)$  в виде  $\lambda \in \Lambda^\ell = \{\lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N}\}$ . Рассмотрим следующее скалярное произведение,  $(\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda) = \rho_{pi}^1(x_{pi}, x_{pq})\lambda^1 + \rho_{pi}^2(x_{pi}, x_{pq})\lambda^2 + \dots + \rho_{pi}^N(x_{pi}, x_{pq})\lambda^N$  и пусть значения критерия измерения информации  $I(\lambda, x_{pi}, X_p)$  вычисляются следующим образом:

$$I(\lambda, x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p - 1} \sum_{q=1}^{m_p} (\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda), i \neq q, \quad (4)$$

Значение этого выражения определяет информационную меру объекта  $x_{pi}$  по отношению ко всем объектам класса  $X_p$ . Также критерий определения информационной меры всех объектов класса  $X_p$  выражается в виде  $I(\lambda, X_p)$  и вычисляется следующим образом:

$$I(\lambda, X_p) = \frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} I(\lambda, x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p(m_p - 1)} \sum_{i=1}^{m_p} \sum_{q=1}^{m_p} (\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda), i \neq q. \quad (5)$$

Для решения задачи выбора информативных признаков на основе определения информационной меры образов в пространстве номинальных данных требуется найти решение следующей оптимизационной задачи:

$$\begin{cases} \max_{\lambda} I(\lambda, X_p) \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{\lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N}\} \end{cases}$$

Находится такой вектор  $\lambda = (\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^N)$  с информативностью  $\ell$ , при котором задача оптимизации достигает максимального значения.

Для произвольного класса  $X_p, p = \overline{1, r}$ ; пусть вычисляется  $I(\lambda, x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p - 1} \sum_{q=1}^{m_p} (\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda), i \neq q$ .

Умножим обе части этого равенства на  $m_p - 1$ , тогда

$$I(\lambda, x_{pi}, X_p)(m_p - 1) = \sum_{q=1}^{m_p} (\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}), \lambda).$$

Из этого выражения следует следующее:  $I(\lambda, x_{pi}, X_p) = \frac{1}{m_p - 1} (a_{pi}, \lambda)$  (6)

$$\text{здесь } a_{pi}^j = \sum_{q=1}^{m_p} \rho_{pi}^j(x_{pi}, x_{pq}), j = \overline{1, N}. \quad (7)$$

Здесь  $I(\lambda, x_{pi}, X_p)$  понимается как критерий оценки функционала в разрезе компонент вектора  $\lambda$ , где объект  $x_{pi}$  оценивается объектами класса  $X_p$ . Значение этого функционала интерпретируется как оценка объекта  $x_{pi}$  объектами класса  $X_p$  и рассматривается как вклад данного объекта в формирование этого класса. Используя приведенные выше формулы (6) и (7), критерий оценки всех объектов класса  $X_p, I(\lambda, X_p)$  рассчитывается следующим образом:

$$I(\lambda, X_p) = \frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} (a_{pi}, \lambda). \quad (8)$$

Для решения задачи выбора информативных признаков при распознавании образов с номинальными данными, используя функционал (11), в разрезе объектов класса  $X_p$ , требуется найти решение следующей оптимизационной задачи:

$$\begin{cases} \frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} (a_{pi}, \lambda) \rightarrow \max \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{ \lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N} \} \end{cases} \quad (9)$$

Решение данной задачи оптимизации (9), с одной стороны, определяет величину, характеризующую степень сходства между объектами класса  $X_p$ , то есть вклад всех объектов в формирование класса  $X_p$ , а с другой стороны, предоставляет решение задачи выбора набора информативных признаков, дающих максимальное значение при определении степени сходства исследуемых объектов.

Целевой функционал, то есть верхнюю часть (9), можно развернуто выразить следующим образом.  $\frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} (a_{pi}, \lambda) = \frac{1}{m_p(m_p-1)} [(a_{p1}, \lambda) + (a_{p2}, \lambda) + \dots + (a_{pm_p}, \lambda)] = \frac{1}{m_p(m_p-1)} [(a_{p1} + a_{p2} + \dots + a_{pm_p}, \lambda)] = \left( \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p1} + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p2} + \dots + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{pm_p}, \lambda \right) = (a_p, \lambda)$ .

Здесь  $a_p = (a_p^1, a_p^2, \dots, a_p^N)$  вектор записывается так:

$$a_p = \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p1} + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p2} + \dots + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{pm_p}.$$

а компоненты этого вектора, считается в форме

$$a_p^j = \frac{1}{m_p(m_p-1)} \sum_{i=1}^{m_p} \sum_{j=1}^N a_{pi}^j, j = \overline{1, N} \quad (10)$$

Без ущерба для общности вектор  $a_p$ , выраженный через (10), может быть расположен в порядке убывания компонент  $a_p^j, j = \overline{1, N}$ , то есть  $a_p^{j_1} \geq a_p^{j_2} \geq \dots a_p^{j_\ell} \geq a_p^{j_{\ell+1}} \geq \dots a_p^{j_N}$ .

Первые  $\ell$  членов этой последовательности  $a_p^{j_1} \geq a_p^{j_2} \geq \dots a_p^{j_\ell}$ , являются решением задачи оптимизации (9). Этот алгоритм в литературе также называется алгоритмом сортировки. При использовании данного метода сложность алгоритма выбора информативного набора признаков, то есть количество вычислений и перестановок, будет равна  $N + \frac{N(N-1)}{2}$ .

### Алгоритм, основанный на упорядочивании $N$ номинальных признаков

**Шаг 1.** Загружаются входные параметры  $x_{pi}^1, x_{pi}^2, \dots, x_{pi}^N, p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}$ ;

**Шаг 2.** Компоненты вектора  $\rho_{pi}(x_{pi}, x_{pq}) = (\rho_{pi}^1(x_{pi}, x_{pq}), \rho_{pi}^2(x_{pi}, x_{pq}), \dots, \rho_{pi}^N(x_{pi}, x_{pq}))$  формируются по следующей формуле:  $\rho_{pi}^j(x_{pi}, x_{pq}) = \begin{cases} 1, & \text{если } (x_{pi}^j - x_{pq}^j) = 0; \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$

**Шаг 3.** Используя формулу (10), вычисляются параметры векторов  $a_{pi} = (a_{pi}^1, a_{pi}^2, \dots, a_{pi}^N)$  для всех  $p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}, j = \overline{1, N}$ ;

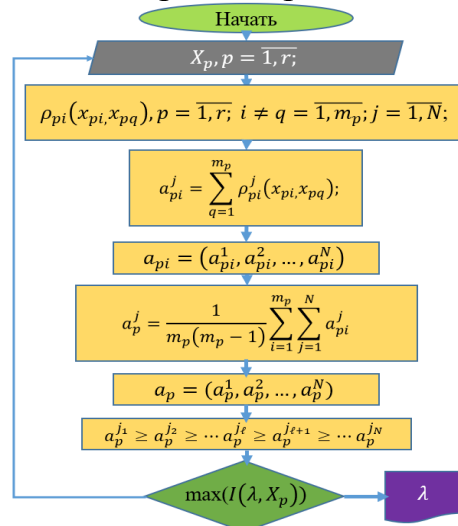
**Шаг 4.** Вектор  $a_p = (a_p^1, a_p^2, \dots, a_p^N)$  выражается в следующем виде:

$$a_p = \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p1} + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{p2} + \dots + \frac{1}{m_p(m_p-1)} a_{pm_p}$$

Его компоненты вычисляются по формуле (10) для всех  $p = \overline{1, r}; j = \overline{1, N}$ ;

**Шаг 5.** Затем компоненты вектора  $a_p$ , а именно  $a_p^j, j = \overline{1, N}$ , располагаются в порядке убывания, то есть  $a_p^{j_1} \geq a_p^{j_2} \geq \dots \geq a_p^{j_\ell} \geq a_p^{j_{\ell+1}} \geq \dots \geq a_p^{j_N}$ . Отсюда первые  $\ell$  членов  $a_p^{j_1} \geq a_p^{j_2} \geq \dots \geq a_p^{j_\ell}$  являются решением задачи оптимизации (12);

**Шаг 6.** Вычисляется  $I(\lambda, X_p)$ . При этом максимальное значение функционала равно  $I(\lambda, X_p) = a_p^{j_1} + a_p^{j_2} + \dots + a_p^{j_\ell}$ , а компоненты вектора  $\lambda$  следующие:  $\lambda^{j_1} = \lambda^{j_2} = \dots = \lambda^{j_\ell} = 1, \lambda^{j_{\ell+1}} = \lambda^{j_{\ell+2}} = \dots = \lambda^{j_N} = 0$ . Значение функционала, полученное с помощью описанного алгоритма, отражает вклад всех объектов класса  $X_p$  в его формирование, а с другой стороны, предоставляет решение задачи выбора набора информативных признаков, дающих максимальное значение при определении степени сходства исследуемых объектов. Блок-схема данного алгоритма представлена на рис. 2.



**Рис 2. Блок-схема алгоритма выбора информативных признаков, основанного на определении меры информации в пространстве номинальных данных**

В параграфе 3.3 разработаны алгоритмы, основанные на критериях информационного измерения важности объектов и признаков. Сначала рассмотрим критерии, основанные на определении информационной меры важности объектов и признаков. Допустим, в номинальном пространстве данных нам даны два объекта  $x_{pi}, x_{pk} \in X_p$  класса  $X_p$ . Для определения сходства этих объектов в разрезе номинальных признаков введем булев вектор  $\mu(x_{pi}, x_{pk}) = (\mu^1(x_{pi}, x_{pk}), \mu^2(x_{pi}, x_{pk}), \dots, \mu^N(x_{pi}, x_{pk}))$  и сформируем его компоненты на основе следующего:

$$\mu^j(x_i, x_k) = \begin{cases} 1 & \text{если } x_i^j = x_k^j, j = \overline{1, N}. \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (11)$$

где  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk}) = 1$ , если соответствующие компоненты двух объектов  $x_i^j = x_k^j$  равны друг другу, в противном случае  $\mu^j(x_{pi}, x_{pk}) = 0$ . Таким образом, для любых двух объектов обучающей выборки можно однозначно определить вектор  $\mu(x_i, x_k)$ . Обозначим коэффициент подобия объектов  $x_{pi}, x_{pk}$  через величину

$$\kappa(x_{pi}, x_{pk}) = \sum_{j=1}^N \mu^j(x_{pi}, x_{pk}) \quad (12).$$

Эта величина представляет собой количество одинаковых компонентов объектов  $x_{pi}, x_{pk}$ .

Степень сходства этих двух объектов обозначается  $\nu(x_{pi}, x_{pk})$  и вычисляется в процентах следующим образом:

$$\nu(x_{pi}, x_{pk}) = \frac{\kappa(x_{pi}, x_{pk}) * 100\%}{N} \quad (13)$$

Дано такое число  $\delta$ , при котором формируются объекты класса  $\tilde{X}_p$ . При этом пусть для  $\forall x_{pi}, x_{pk}: \nu(x_{pi}, x_{pk}) \geq \delta$ .

То есть, класс формируется, если  $\tilde{X}_p = \{\forall x_{pi}, x_{pk}: \nu(x_{pi}, x_{pk}) \geq \delta, i \neq k, p = \overline{1, r}\}$  больше данного числа. Затем из данных выбираются наиболее важные и значимые признаки. Этот процесс осуществляется путем сортировки данных по различным критериям измерения. Здесь следующие

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{X}_p = \{\forall x_{pi}, x_{pk}, \lambda: \nu(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) \geq \delta, i \neq k, p = \overline{1, r}\} \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{\lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N}\} \end{array} \right.$$

решается задача оптимизации. Здесь

$$\kappa(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) = \sum_{j=1}^N \mu^j(x_{pi}, x_{pk}) \lambda^j \quad (14)$$

$$\nu(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) = \frac{\kappa(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) * 100\%}{N} \quad (15)$$

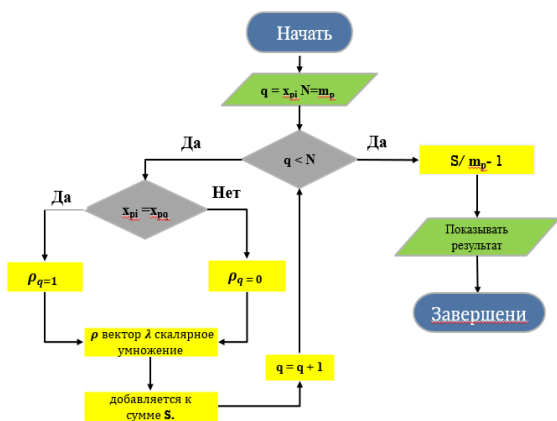
Следовательно, необходимо выбрать такой вектор  $\lambda$ , чтобы количество классов уменьшалось, а сходство между объектами класса  $\tilde{X}_p$  было не менее заданного  $\delta$ . Компоненты найденного вектора  $\lambda$  дают набор информативных признаков.

Далее осуществляется оценка и отбор признаков. На основе выбранных критериев оценивается значимость признаков. Обычно решается следующая задача оптимизации.

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) = \max_{\lambda \in \Lambda^\ell} \sum_{i \neq k=1}^{m_p} \sum_{k=i+1}^{m_p} \frac{\kappa(x_{pi}, x_{pk}, \lambda) * 100\%}{N} \\ \lambda \in \Lambda^\ell = \{\lambda: \sum_{j=1}^N \lambda^j = \ell, \lambda^j \in \{0,1\}, j = \overline{1, N}\}. \end{array} \right.$$

На основе выбранных признаков данные анализируются и используются в моделировании.

На основе критериев, приведенных в параграфе 3.3, разработаны алгоритмы, основанные на критериях информационного измерения важности объектов и признаков. Блок-схема данного алгоритма представлена на рисунках 3-4 ниже.



**Рис 3.** Блок-схема алгоритма определения информационной меры важности признаков

В параграфе 3.4 разработан алгоритм классификации, основанный на информационном измерении клинических признаков, который реализуется следующим образом. А именно, решается четвертая задача, упомянутая выше.

Предположим, что в пространстве номинальных признаков признаки объектов определяются величиной  $\kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq})$ , указывающей информационную меру, и вычисляются по формуле (16), то есть

$$\kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq}) = \begin{cases} 1, & \text{если } (w_i - x_{pq}) = 0; \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (16)$$

здесь  $p = \overline{1, r}; i \neq q = \overline{1, m_p}; j = \overline{1, N}$ .

Выраженная величина (16) является параметрами вектора и представляется в виде

$\kappa_{pi}(w_i, x_{pq}) = (\kappa_{pi}^1(w_i, x_{pq}), \kappa_{pi}^2(w_i, x_{pq}), \dots, \kappa_{pi}^N(w_i, x_{pq}))$ . Следовательно, для любых двух объектов  $w_i$  и  $x_{pq}$  класса  $p$  в пространстве булевых векторов соответствует булев вектор

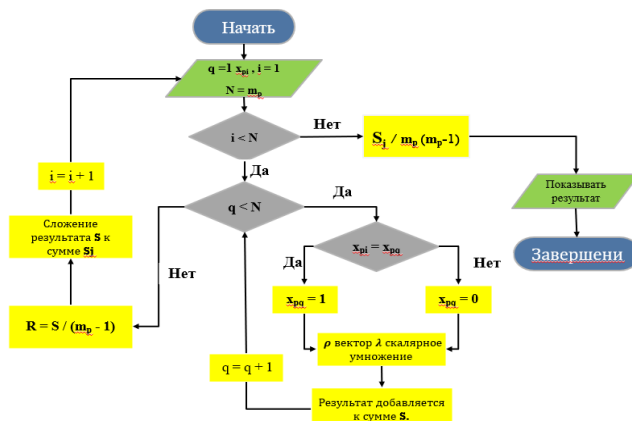
$\kappa_{pi}(w_i, x_{pq}) = (\kappa_{pi}^1(w_i, x_{pq}), \kappa_{pi}^2(w_i, x_{pq}), \dots, \kappa_{pi}^N(w_i, x_{pq}))$ . Компоненты этого вектора представляют собой информационную меру важных признаков двух объектов в разрезе рассматриваемого признака.

Если  $\kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq}) = 1$ , то объекты  $w_i$  и  $x_{pq}$  участвуют в вычислении  $j$ -го признака, в противном случае, то есть если  $\kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq}) = 0$ , это означает, что они не участвуют в вычислении этого  $j$ -го признака.

Теперь, основываясь на вышесказанном, приведем следующие этапы решения задачи классификации:

**Этап 1.** На основе приведенной выше формулы (3.13) для всех  $p = \overline{1, r}; i \neq q = \overline{1, m_p}; j = \overline{1, N}$  вычисляются все параметры вектора  $\kappa_{pi}(w_i, x_{pq})$  для контрольных объектов  $w_i$ .

**Этап 2.** Величина информационной меры важных признаков для контрольных объектов  $w_i$  и совокупности  $m_p - 1$  объектов произвольного



**Рис 4.** Блок-схема алгоритма определения информационной меры важности объектов

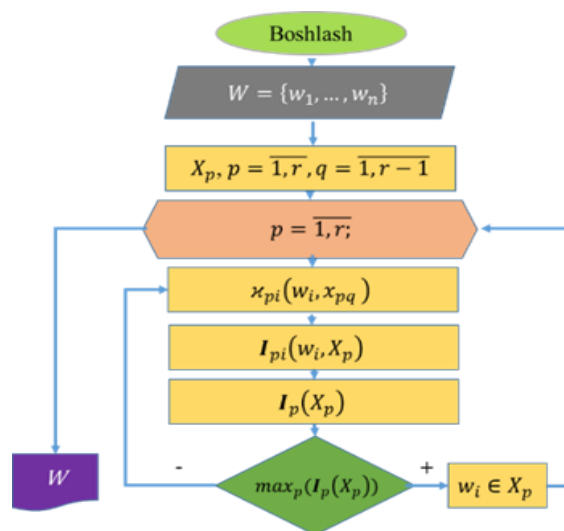
класса оценивается следующим образом и предварительно рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{pi}(w_i, X_p) = \frac{1}{m_p - 1} \sum_{q=1}^{m_p - 1} \sum_{j=1}^N \kappa_{pi}^j(w_i, x_{pq}), p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}; i \neq q.$$

**Этап 3.** Среднее информационное значение  $w_i$  объектов контроля и объектов произвольного  $p$ -класса рассчитывается в процентах по следующей формуле и при этом  $p = \overline{1, r}; i = \overline{1, m_p}; I_p(X_p) = \frac{1}{m_q} \sum_{i=1}^{m_q} I_{pi}(w_i, X_p) * 100\%$

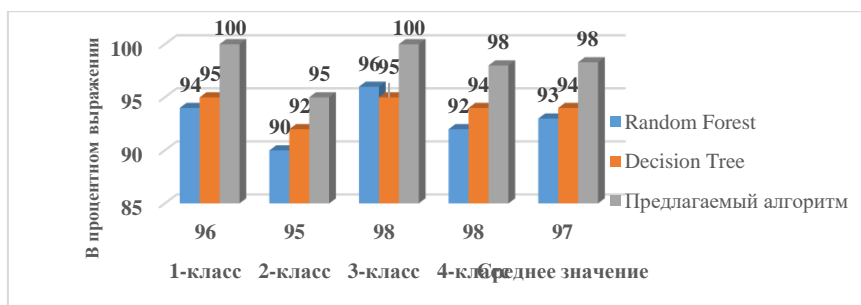
**Этап 4.** Определяется сходство всех объектов контроля относительно классов  $w_i$ , и объект считается принадлежащим к классу с наибольшим значением сходства. Если значения сходства равны, объект считается принадлежащим к классу с меньшим значением  $p$ .

Данные вычисления проводятся для всех объектов контрольной выборки  $W = \{w_1, \dots, w_n\}$  будет выполнено. На основе приведенных этапов был разработан алгоритм классификации, основанный на информационном измерении клинических признаков, блок-схема которого представлена на рисунке 5 ниже.



**Рис 5. Блок-схема алгоритма классификации клинических признаков на основе информационного измерения**

Также данный разработанный алгоритм был сравнительно проанализирован с алгоритмами существующей популярной аналитической платформы KNIME (см. рис. 6).



**Рис 6. Анализ результатов сравнительной оценки надежности алгоритма классификации, основанного на информационной мере клинических признаков, с другими известными алгоритмами**

В четвертой главе диссертации под названием **«Применение программного комплекса «Умная онкология» к решению практических медицинских задач»** подробно описаны общая структура, функциональные возможности и графический интерфейс, а также механизм работы программного комплекса «Умная онкология», созданного на основе алгоритмов, разработанных в рамках диссертационной работы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований по диссертационной работе на тему «Алгоритмы определения информационной меры важности объектов в задачах ранней диагностики рака головного мозга» представлены следующие выводы:

1. Проанализированы критерии информационного измерения и алгоритмы формирования пространства признаков и выборок на основе историй болезни пациентов с раком головного мозга, предварительной обработки данных, оценки важности объект-признаков;

2. Разработан алгоритм определения информационной меры важности медицинских образов при формировании учебных выборочных классов рака головного мозга. В результате была создана благоприятная среда для пациентов, что позволило определить необходимость или отсутствие необходимости в консультациях нейрохирургов и радиологов. Это также позволило врачам выявлять заболевания головного мозга на ранней стадии. В итоге это позволило повысить производительность труда специалистов в этой области в среднем на 15%;

3. Разработан алгоритм определения информационной меры важности объектов рака головного мозга на основе комбинации методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных. В результате были оценены показатели важности класса заболеваний головного мозга и на их основе определен репрезентативный объект классов. Это дало возможность радиологам и онкологам своевременно проводить определенные медицинские мероприятия при диагностике заболеваний головного мозга. В итоге это позволило сократить время анализа данных на 15% и повысить эффективность диагностики на 20%;

4. Разработан алгоритм выбора информативных наборов признаков, позволяющий определить значимость объектов рака головного мозга. В результате из 19 наборов признаков, характеризующих рак головного мозга, был выбран информативный набор признаков, состоящий из 6 наиболее важных для диагностики признаков. Использование этого информативного набора признаков позволило сократить время диагностики заболевания примерно в 1,7 раза.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSC.13/05.05.2023.T.07.03 AT TASHKENT UNIVERSITY OF  
INFORMATION TECHNOLOGIES**

---

**INFORMATION TECHNOLOGIES TASHKENT UNIVERSITY OF  
INFORMATION TECHNOLOGIES**

**SAPAROV SAIDKUL KHOJAMUROTOVICH**

**ALGORITHMS FOR DETERMINING THE INFORMATIONAL MEASURE  
OF OBJECT IMPORTANCE IN EARLY DIAGNOSIS OF BRAIN CANCER**

05.01.03 – Theoretical basis of computer science

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2025**

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministers of Higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2025.2.PhD/T4635.

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) and on the website of "Ziyonet" Information and educational portal ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific adviser:**

**Nishanov Ahram Xasanovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Official opponents:**

**Primova Kholida Anorboevna**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Khamraev Alisher Shodmonkulovich**  
Doctor of Philosophy in Engineering Sciences, Senior Researcher

**Leading organization:**

Tashkent State Transport University

The defense of the dissertation will be held " 3 " September 2025 at 16<sup>00</sup> at the meeting of the Scientific council No. DSc.13/05.05.2023.T.07.03 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Ph.: (99871) 238-64-43, e-mail: [ilmiy\\_kengash@tuit.uz](mailto:ilmiy_kengash@tuit.uz)).

The dissertation can be found at the Information Resource Center of Tashkent University of Information Technologies (is registered under: No. 365) (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108; Ph.: (99871) 238-64-70).

The abstract of the dissertation was sent out on « 20 » August 2025 y. (mailing protocol No. 11 on 20 August 2025 y.).



*[Handwritten signature]*

**M.M. Kamilov**  
Chairman of the scientific council awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Academy of Sciences of Uzbekistan

*[Handwritten signature]*

**N.A. Egamberdiev**  
Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, Doctor of Philosophy in Technical Sciences

*[Handwritten signature]*

**N.O. Rakhimov**  
Chairman of the scientific seminar under the scientific council awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Docent

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** is to development of algorithms for determining the significance of objects based on information criteria, ensuring the significance of signs in the early diagnosis of brain cancer.

**The object of the research work** is the early diagnosis of brain cancer, approaches based on the selection of information measurement criteria and algorithms for determining the significance of objects and signs, sets of signs.

**The scientific novelty** of the research is as follows:

Heuristic criteria have been developed for the early diagnosis of patients with brain cancer, based on the determination of the information contribution of objects and their characteristic features to the diagnosis;

an algorithm for creating a synthetic training sample based on the information measurement of clinical signs for machine learning models for the diagnosis of brain cancer has been developed;

An algorithm for selecting informative feature sets based on determining the information measure of the significance of brain cancer objects, formed on the basis of a nominal feature space, has been developed;

Based on methods and algorithms of intelligent data analysis, an algorithm has been developed for classifying brain cancer objects based on assessing their significance by assessing their informational contribution to the diagnosis.

**Implementation of the research results.** Based on the “Smart Oncology” software package, created on the basis of algorithms developed during scientific research:

the software package created on the basis of the algorithm for determining the information dimension of the importance of medical images in the formation of training selection classes for brain cancer has been implemented in the Karakalpak branch of the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Oncology and Radiology (certificate of the Ministry of Health of the Republic of Karakalpakstan No. 04/2366 dated March 29, 2025). As a result, this created a favorable environment for patients, indicating whether they need or do not need consultations with neurosurgeons and radiologists. Also, in this process, early detection of brain diseases for doctors made it possible to increase the productivity of specialists in this field by an average of 15%;

the software package created on the basis of the algorithm for determining the importance of information measurement of brain cancer objects in the context of a combination of methods and algorithms for intelligent data analysis was implemented in the Karakalpak branch of the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Oncology and Radiology (certificate of the Ministry of Health of the Republic of Karakalpakstan No. 04/2366 dated March 29, 2025). As a result, the significance indicators of the class of brain diseases were assessed, and based on them, the representative object of the classes was determined. As a result, radiologists and oncologists were able to timely implement certain medical measures in the diagnosis of brain diseases, as a result of which the time spent on data analysis was reduced by 15% and the effectiveness of diagnostics was increased by 20%;

the software package created on the basis of the algorithm for selecting informative feature sets in determining the importance of brain cancer objects has been implemented in the Turtkul District Medical Association of the Republic of Karakalpakstan (certificate of the Ministry of Health of the Republic of Karakalpakstan No. 04/2366 dated March 29, 2025). As a result, a set of informative features consisting of 6 features, which are the most important in diagnosing brain cancer, was selected from a set of 19 features characterizing brain cancer. As a result, it was possible to reduce the time spent on diagnosing the disease using an informative set of signs by approximately 1.7 times.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 108 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (Часть I; Part I)**

1. Нишанов А.Х., Жўраев Ғ.П., Сапаров С.Х., Зарипов Ф.М. Информатив симптокомплекслар асосида тиббий тимсолларни ташхислаш алгоритми // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. №1(19). Toshkent-2022. -Б. 158 - 165 (05.00.00; № 10).
2. Нишанов А.Х., Ғ.П.Жўраев, Ҳасанова М.А., Сапаров С.Х., Зарипов Ф.М. Тиббий тимсолларни синфлаштиришда тасодифий танловга асосланган алгоритм қиёсий таҳлили // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. №4 (22). Toshkent-2022. -Б.61-68 (05.00.00; № 10).
3. Nishanov A.X., Juraev G.P., Khasanova M.A., Saparov S.X., Zaripov F.M. Algorithm for the Classification of Coronary Heart Disease Based on the Use of Symptom Complexes in the Cardiovascular Environment // 12th International Conference “High-Performance Computing Systems and Technologies in Scientific Research, Automation of Control and Production”. Russia-2022. -P.147-167. DOI: 10.1007/978-3-031-23744-712 (№3, Scopus).
4. Saparov S.X. Bosh miya saratonini erta tasniflashda informativ belgilar Majmuasini tanlash algoritmi.// “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. №3(25). Toshkent-2023. -Б.57-63 (05.00.00; № 10)
5. Nishanov A.H., Djuraev G.P., Khasanova M.A., Saparov S.X., Zaripov F.M. Algorithm of diagnostics of medical datas based on symptom complexes // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. Vol. 12564. 2023. -P.189-201 <https://doi.org/10.1117/12.2669449> (№3, Scopus).
6. Нишанов А.Х., Жўраев Ғ.П., Сапаров С.Х., Олламбергенов Ф.Ф. Номинал маълумотли фазода ахборот ўлчовини аниқлашга асосланган информатив белгиларни танлаш алгоритми // Raqamli Transformatsiya va Sun'iy Intellekt ilmiy jurnali ISSN 3030-3346 volume 2, ISSUE 1, february 2024-В 161-166. 63 (05.00.00) ОАК Раёсати қарори (04.07.2023 й., №340/3).
7. Jurayev G.P., Saparov S.X. An algorithm for selecting an informative Symbolic complex based on classification error Coefficients and probabilistic indicators in the Representation of symbols // International Journal of Advance Scientific Research (ISSN - 2750-1396), Volume 04 ISSUE 03. pages: 149-155 Sjif impact factor (2022: 5.636) (2023: 6.741) (2024: 7.874) (№35, CrossRef)
8. Nishanov A.X., Jo'rayev G.P., Saparov S.X. Tibbiyot masalalarini kompleks tadqiqida informativ simptokomplekslarni shakllantirish algoritmi // O'ZBEKISTON MILLIY AXBOROT AGENTLIGI - o'za ilm-fan bo'limi

(elektron jurnal). Toshkent.2024. № 5(55), -P. 178-189 (OAK Rayosatining 2019 yil 28 fevraldagi 262/9.2-son qarori)

## **II bo‘lim (Часть II; Part II)**

9. Нишанов А.Х., Джураев Г.П., Хасанова М.А., Зарипов Ф.М., Сапаров С.Х. Применение программного средства «E-ischemic cardio diagnosis» при диагностике ишемических заболеваний сердца // Журнал ISSN 2619-0818. Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии, - Т. 6, № 1, 2022. -с. 192-200.
10. Nishanov A.X., Juraev G.P., Khasanova M.A., Saparov S.X., Zaripov F.M. Comparative Analysis of an Algorithm Based on Random Selection in the Classification of Medical Emblems // Journal “TELEMATIQUE”. Vol 21, No 1, 2022. ISSN: 1856-4194. -P. 6911-6924.
11. Nishanov A.X., Zaripov F.M., Saparov S.X. Tibbiyot sohasida katta hajmli ma'lumotlarning o'rni // “Iqtisodiyot tarmoqlarining innovatsion rivojlanishida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ahamiyati” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik anjuman materiallari to'plami. Toshkent-2022. -B.498-500.
12. Saparov S.X., Allayarov U.B., Qudratov H.B. Bosh miya saratonini erta tasniflashda obyektlar muhimligini aniqlash algoritmi // “Xalq xo'jaligi sohasida ilg'or texnologiyalar tadbiqu muammolari” mavzusidagi hududiy ilmiy-texnik konferensiyasi ma'ruzalar to'plami. Nukus-2023. -B.164-166.
13. Saparov S.X., Allayarov U.B., Qudratov H.B. Mashinali o'qitish usullaridan foydalanib bosh miya saratonini erta tashxislashning dasturiy modulini ishlab chiqish // “Xalq xo'jaligi sohasida ilg'or texnologiyalar tadbiqu muammolari” mavzusidagi hududiy ilmiy-texnik konferensiyasi. Nukus-2023. -B.167-170.
14. Saparov S.X., Allayarov U.B., Qudratov H.B. Bosh miya saratoni kasalligini erta tasniflashda informativ belgilar majmuasini tanlash algoritmi // “Xalq xo'jaligi sohasida ilg'or texnologiyalar tadbiqu muammolari” mavzusidagi hududiy ilmiy-texnik konferensiya ma'ruzalar to'plami. Nukus-2023. -B.159-163.
15. Kenjayev X.B., Saparov S.X. Matinli hujjatlarni avtomat generatsiya qilish masalasi va modellari // “Informatsion texnologiyalar va iqtisodiyot tarmoqlarini rivojlantirishda nanofizika va fotoenergetika sohalarining zamonaviy muammolari va yechimlari” mavzusidagi Xalqaro ilmiy konferensiyasi ma'ruzalar to'plami. Namangan-2023. -B.528-530.
16. Saparov S.X., Nishanov A.X., Mengturayev F.Z., Qudratov H. B, Allayarov U.B. Bosh miya saratoni kasalliklariga moyillikni erta aniqlashga ko'mak beruvchi dasturiy majmuasi // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligining EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnomasi № DGU 20236413. Toshkent, 06.09.2023.
17. Saparov S.X., Nishanov A.X., Jo'rayev G.P., Qudratov H.B, Allayarov U.B., Ro'ziyev Q.F., Bo'riyev Y.A. Bosh miya saratonini erta tashxislashda obyektlarining muhimlik Axborot o'lchovini aniqlashning dasturiy majmuasi (aqlli-Onkologiya)// O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi

Intellectual mulk agentligining EHM uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnomasi № DGU 29149. Toshkent, 19.10.2023.

18. Сапаров С.Х., Allayarov U.B, Rashidova D.E. Information measurement criteria of the importance of recognition objects and their calculation algorithms // 30th - International Conference on “Innovations in Applied Sciences, Education and Humanities”. Hosted from Barcelona, Spain September 26th 2024.-P.4-10 <https://conferencea.org>
19. Сапаров С.Х., Allayarov U.B, Rashidova D.E. Algorithm for selecting a set of informative signs based on the information measurement criteria of the importance of objects// 30th - International Conference on “Research in Humanities, Applied Sciences and Education” Hosted from Berlin, Germany 27th September – 2024.-P.10-15 <https://conferencea.org>

Avtoreferat “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy jurnali tahririyatida tahriridan o‘tkazildi hamda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.