«TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI» MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/26.05.2022.T.10.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

JO‘RAYEV SHERALI UMARJONOVICH

REOGRAFIK MA’LUMOTLARNI TASNIFLASHDA INFORMATIV BELGILAR MAJMUASINI SHAKLLANTIRISH ALGORITMLARI

05.01.03 – “Informatikaning nazariy asoslari”

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

Toshkent – 2023

UDK: 004.93

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

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Contents of Dissertation Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) on Technical Sciences

Jo‘rayev Sherali Umarjonovich
Reografik ma’lumotlarni tasniflashda informativ belgilar majmuasini shakllantirish algoritmlari 3

Жураев Шерали Умаржонович
Алгоритмы формирования информативных наборов признаков при классификации реографических данных 21

Jurayev Sherali Umarjonovich
Algorithms for forming informative set of features for classification of rheographic data 39

E’lon qilingan ishlar ro‘yxati
Список опубликованных работ
List of published works 42

«TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI» MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/26.05.2022.T.10.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

JO‘RAYEV SHERALI UMARJONOVICH

REOGRAFIK MA’LUMOTLARNI TASNIFLASHDA INFORMATIV BELGILAR MAJMUASINI SHAKLLANTIRISH ALGORITMLARI

05.01.03 – “Informatikaning nazariy asoslari”

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

Toshkent – 2023

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston respublikasi oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi oliy attestatsiya komissiyasida B2020.3.PhD/T1801 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Dissertatsiya Namangan davlat universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb sahifasida (www.tiiame.uz) va «Ziyonet» Axborot ta’lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	**Radjabov Sobirjon Sattorovich** texnika fanlari doktori, k.i.x.
Rasmiy opponentlar:	**Babomuradov Ozod Jo‘rayevich** texnika fanlari doktori, professor
	Yuldashev Zafar Baxtiyarovich texnika fanlari falsafa doktori (PhD)
Yetakchi tashkilot:	**Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali**

Dissertatsiya himoyasi «Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti» Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi DSc.03/26.05.2022.T.10.05 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil «____» _____ soat _____ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 100000, Toshkent shahri, M.Ulug‘bek tumani, Qori Niyoziy ko‘chasi, 39-uy. Tel.: (99871) 237-19-36, faks: (99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiiame.uz).

Dissertatsiya bilan «Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti» Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_____ raqam bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 100000, Toshkent shahri, M.Ulug‘bek tumani, Qori Niyoziy ko‘chasi ko‘chasi, 39-uy. Tel.: (99871) 237-19-45).

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil «____»_____ kuni tarqatildi.
(2023 yil «_____» _____ dagi _____ raqamli reyestr bayonnomasi.)

N.S. Mamatov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi,
t.f.d., professor

D.Q. Bekmuratov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash ilmiy kotibi,
texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)

D.T.Muxamediyeva
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi,
t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda kasallik turidan qat'iy nazar uni erta tashxislash va samarali davolashga mo'ljallangan intellektual tizimlarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ushbu yo'nalishda biosignallariga dastlabki ishlov berish, tasniflash, tahlillash va tanib olish model, usul va algoritmlarini ishlab chiqish, takomillashtirish hamda amalga oshirish dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda. Hozirgi kunda dunyoning rivojlangan mamlakatlari, jumladan, AQSH, Xitoy, Rossiya Federatsiyasi, Angliya, Germaniya, Hindiston, Fransiya kabi davlatlarda biosignallarga raqamli ishlov berish va tanib olish yo'nalishlarining nazariy va amaliy masalalarini yechishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda biosignallariga ishlov berish, tanib olish usul va algoritmlarini takomillashtirish, ishlab chiqish hamda hisoblash algoritmlarini yaratishga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Jumladan, biosignallarni qayta ishlash va tahlil qilishning apparat-dasturiy vositalarini ishlab chiqish yo'nalishida Medtronic, Neurosoft, Deymed, Brain, Bittium kabi yirik kompaniya va korporatsiyalar yetakchilar hisoblanadi va ular sun'iy intellekt texnologiyalari asosida biosignallariga ishlov berish, sifati va ularning tanib olish tezligini oshirishning samarali vositalarini ishlab chiqish va takomillashtirish. Bunda biosignal belgilari majmuasini shakllantirish, optimallashtirish, shuningdek ushbu biosignalllarni tanib olishning avtomatlashtirilgan tizimlarini yaratishga katta e'tibor qaratishmoqda.

Respublikamizda ham mazkur yo'nalishda biosignal ma'lumotlariga dastlabki ishlov berish, tahlil qilish va tanib olishga mo'ljallangan dasturiy vositalarni ishlab chiqish va joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. «Raqamli O'zbekiston – 2030» strategiyasida, jumladan «... robototexnika komplekslari va odamlar o'zaro ta'sirining algoritmlarini ishlab chiqish, ma'lumotlar uzatish tarmoqlari infratuzilmasini, o'rnatilgan sensorlar va sensor tarmoqlarni takomillashtirish, shuningdek «bulutli» xizmatlarini taqdim etishning turli xil modellarini amalga oshirish uchun dasturiy ta'minot yaratish bo'yicha ilmiy ishlarni olib borish ...»[1]. Bundan tashqari, 2021 yil 5 maydagi PQ-5124-son «Sog'liqni saqlash sohasini kompleks rivojlantirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida»gi qarorida sog'liqni saqlash tizimida davlat boshqaruvini takomillashtirish, birlamchi bo'g'inni kasalliklarni erta aniqlaydigan va davolaydigan tizimga aylantirish, raqamlashtirish ishlarini takomillashtirish bo'yicha bir qator muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirish, jumladan, biologik signallarni tahlil qilish asosida bemorning hozirgi holatini baholash tizimlarini yaratish axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirishning eng muhim masalalaridan biridir. Shu munosabat bilan biologik signallarni qayta ishlash va tahlil qilish usullari va algoritmlarini takomillashtirish,

[1]O'zbekiston Respublikasi prezidentining 2020 yil 5 oktyabrdagi PF-6079 «Raqamli O'zbekiston- 2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi farmoni

jumladan, belgilar majmuasini shakllantirish, informativ belgilarni ajratish va bu signallarni tasniflash muhim ahamiyatga ega.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son «O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida», 2018 yil 19 fevraldagi PF-5349-son «Axborot texnologiyalari va kommunikatsiya sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida», 2020 yil 5 oktyabrdagi PF-6079 «Raqamli O‘zbekiston- 2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi Farmonlari, 2020 yil 28 apreldagi PQ-4699-son «Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora tadbirlari to‘g‘risida» Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me’yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishi-ning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. «Axborotlashtirish va axborot kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish» ustuvor yo‘nalishiga mos ravishda bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Reografik ma’lumotlarni klinik tadbiqi haqidagi dastlabki ma’lumotlar E.Atzler, G.Lehmann, H.Mann, L.Rosa, J.Nyboer va A.Kedrov ishlarida keltirib o‘tilgan. Keyinchalik bemorlar holatini tashhislash uchun ushbu ma’lumotlardan foydalanish T.Liberman, W.Holtzer, K.Polzer va A.Mario kabi olimlarni jadal sa’yi harakatlari tufayli fundamental rivojlandi. Reografiya W.Kubicek yondashuvi asosida yanada mashhur bo‘ldi va bu yondashuv V.Lollini, N.Raval va D.Bernsteinlar tomonidan rivojlantirildi. Reografik ma’lumotlarni qayta ishlash model, usul va algoritmlarini ishlab chiqish hamda takomillashtirish masalalarini yechish, ularni amaliyotga joriy etishga bag‘ishlangan zamonaviy ilmiy ishlar bo‘yicha xorijiy olimlardan S.Sapetsky, R.D.Pascual-Marqui, R.Grech, A.A.Danilov, M.Bodo, Ya.S.Pekker, A.V.Korjenevskiy, L.R.Zenkov, V.V.Gnezdiskiy, A.K.Babushkin, V.M.Axutin, P.K.Anoxin va boshqalarning ilmiy ishlari diqqatga sazovor.

O‘zbekistonda timsollarni tanib olish, signallariga raqamli ishlov berish va tahlil qilishning nazariy asoslarini rivojlantirishga M.M.Kamilov, T.F.Bekmuratov, Sh.X.Fozilov, S.S.Sodiqov, M.M.Musayev, R.X.Xamdamov, D.T.Muxamediyeva, N.S.Mamatov, N.M.Mirzayev va boshqalar o‘zlarining hissalarini qo‘shib kelmoqdalar.

Hozirgi kunda tibbiy-biologik signallarini qayta ishlash va tahlil qilish asosida tashxislash ilovalari va kasallikni tanib olish bilan bog‘liq bo‘lgan texnologiyalar jadal rivojlanmoqda. Ushbu yo‘nalish bo‘yicha o‘tkazilgan amaliy va tajribaviy tadqiqotlar tahlili tibbiy-biologik signallarni tanib olish ilovalarini istiqbolli tijoriy mahsulot ekanligini ko‘rsatdi. Jumladan, ushbu signallarni qayta ishlash va tahlil qilishga asoslangan tashxislash va tavsiya tizimlari tibbiyot xodimlari uchun eng qulay va samarali vosita hisoblanadi. Ayni paytda turli ob’yekt, hodisa va jarayonlarni tanib olishning ko‘plab usul va algoritmlari ishlab chiqilgan bo‘lsada, biroq turli kasalliklar uchun real vaqt rejimi talablariga javob beruvchi tanib olish va tashxislash tizimlarini yaratish uchun mavjud usul va algoritmlarni takomillashtirish

yoki yangi usul va algoritmlarni ishlab chiqish muammosi yetarli darajada o‘rganilmagan. Bunda reografik ma’lumotlarni tasniflashda informativ belgilar majmuasini shakllantirishning yuqori tezlikni ta’minlovchi usul va algoritmlarini ishlab chiqish muammosi dolzarb hisoblanadi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim va ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti va Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining BV-Atex-2018 (240+147) «Yuz tasvirlarini oqimli qayta ishlash asosida shaxsni identifikatsiya qilish algoritmlari va dasturiy ta’minotini ishlab chiqish» (2018-2020), PZ-201906202 «O‘zbek tilidagi matnli axborotlarni tahlil qilish va tasniflash tizimini ishlab chiqish» (2019-2021), FZ-201907178- “Yuz tasvirlarini qayta ishlash asosida shaxsni tanib olish algoritmlari va dasturiy ta’minotini yaratish” (2020-2022) mavzudagi loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi reografik ma’lumotlarni tasniflash uchun informativ belgilar majmuasini aniqlash algoritmlari va dasturiy ta’minotini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

reografik ma’lumotlarga raqamli ishlov berish va tanib olish borasida amalga oshirilgan ilmiy ishlarni tahlil qilish;

reogramma belgilarini ajratib olish hamda tanib olish usul va algoritmlarini tadqiq qilish;

reografik ma’lumotlarini to‘plash, tizimlashtirish va ularni ekspertlar yordamida verifikatsiyalash;

diskretlash algoritmlari asosida reogramma belgilari majmuasini shakllantirish algoritmlari hamda belgilar muhimlik darajalarini baholash yondashuvini ishlab chiqish;

Veyvlet-tahlil va Furye almashtirishlar xossalarini inobatga olgan holda reogrammalar informativ belgilarini ajratish algoritmini ishlab chiqish;

neyron tarmoq texnologiyasi asosida reogrammalarni tasniflash masalasi yechimi uchun umumlashgan algoritm ishlab chiqish.

tajribaviy tadqiqotlar o‘tkazish hamda yaratilgan model va algoritmlarning ishlashini baholash;

reogrammalarni tasniflash dasturlar majmuasini yaratish va amaliyotda qo‘llash.

Tadqiqotning ob’yekti ma’lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish algoritmlari hisoblanadi.

Tadqiqotning predmetini reografik ma’lumotlarni avtomatik tanib olish model, usul va algoritmlari hamda dasturiy ta’minoti tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Quyilgan masalani yechish uchun tizimli tahlil, imitasion modellashtirish, ehtimollar nazariyasi va matematik statistika, diskret matematika, signallarga ishlov berish, mashinali o‘qitish va chuqur o‘qitish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

reografik signalga dastlabki ishlov berish algoritmi taklif etilgan;

“Delta” diskretlash usuli asosida reogramma belgilari majmuasini shakllantirish algoritmlari ishlab chiqilgan;

“Kompaktlik gipotezasi” asosida belgilarni muhimlik darajalarini baholash yondashuvi taklif etilgan;

Veyvlet-tahlil va Furye almashtirishlar xossalarini inobatga olgan holda reogramma informativ belgilarini ajratish algoritmi taklif etilgan;

neyron tarmoq texnologiyasi asosida reogrammalarni tasniflash masalasi yechimi uchun umumlashgan algoritm taklif etilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

tibbiy-biologik signallarni qayta ishlash, informativ belgilarni shakllantirish hamda tashxislash tizimlari va qurilmalarni intellektuallashtirishga mo‘ljallangan algoritmik ta’minot ishlab chiqilgan;

biologik signallar belgilarini ajratish va ushbu belgilarning informativligini baholash algoritmlari tashxislash masalasini yechish uchun neyron tarmoq modellari hamda taklif etilgan va mashhur algoritmlar asosida “RMQI 1.0” dasturiy majmuasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi algoritmlarni ishlab chiqishda reografik ma’lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish matematik apparatining to‘g‘ri qo‘llanilishi hamda tajribaviy tadqiqotlarning ijobiy natijalari bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ishlab chiqilgan algoritmlar reografik signallarni qayta ishlash, belgilarni ajratish va tanib olish nuqtai nazaridan signal tahlilining nazariy asoslarini yanada rivojlantirish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan algoritmlar va ularni amalga oshirish uchun dasturiy ta’minot reografik ma’lumotlarni tahlil qilish asosida bemorning holatini baholash jarayonini avtomatlashtirishning amaliy masalasini yechish uchun istiqbolli tanib olish tizimlarini yaratishga imkon berishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Reografik ma’lumotlarni raqamli qayta ishlash va tanib olish modellari, usullari va algoritmlarini ishlab chiqish bo‘yicha olingan ilmiy natijalarni amaliy qo‘llanilishi quyidagilardan iborat:

reografik ma’lumotlarga dastlabki ishlov berish algoritmi, shuningdek uning asosida asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Namangan viloyati Kosonsoy tuman tibbiyot birlashmasi amaliy faoliyatiga joriy qilingan (Namangan viloyati sog‘liqni saqlash boshqarmasi 2023 yil 11 avgustdagi ma’lumotnomasi). Ilmiy tadqiqot natijalarini qo‘llash bemorlar holatini tashxislash jarayoniga sarflanadigan vaqtni o‘rtacha 10% qisqartirish imkonini berdi;

“Delta” diskretlash algoritmi va “Kompaktlik gipotezasi” asosida belgilarni muhimlik darajalarini baholash yondashuvi asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Namangan viloyati Kosonsoy tuman markaziy poliklinikasi amaliy faoliyatiga joriy qilingan (Namangan viloyati sog‘liqni saqlash boshqarmasi 2023

yil 11 avgustdagi ma’lumotnomasi). Ilmiy tadqiqot natijalarini qo‘llash bemorlar holatini o‘rtacha 88% aniqlikgacha tashxislash imkonini berdi;

neyron tarmoq texnologiyasi asosida reogrammalarni tasniflash masalasi yechimi uchun umumlashgan algoritm, shuningdek u asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Namangan viloyati “Davo medikal” xususiy korxonasi amaliy faoliyatiga joriy qilingan (“Davo medikal” xususiy korxonasi 2023 yil 7 avgustdagi 1-son dalolatnomasi). Ilmiy tadqiqot natijalarini qo‘llash tashxislash jarayoniga sarflanadigan vaqtni o‘rtacha 10% qisqartirish imkonini berdi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 5 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma’ruza qilingan va muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi. Tadqiqot mavzusi bo‘yicha jami 15 ta ilmiy ish chop etilgan bo‘lib, shulardan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, jumladan 2 tasi xorijiy va 3 tasi respublika jurnallarida nashr qilingan. Bundan tashqari 1 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalarini qayd qilish guvoxnomasi olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 118 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirishda dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan. Tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilab olingan hamda tadqiqot ob’yekti va predmeti aniqlangan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslab berilgan, ularning nazariy va amaliy ahamiyati ko‘rsatilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish holati, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **«Murakkab fizik tizimlarni modellashtirish va tahlil qilish usullari tahlili»** deb nomlangan birinchi bobi murakkab fizik tizimlarni modellashtirish tahlil qilish usullari tahliliga bag‘ishlangan bo‘lib, unda murakkab fizik tizimlarni asosiy xossa va xususiyatlari o‘rganilgan. Bundan tashqari, tibbiy-biologik jarayonlarini tahlil qilish va qayta ishlashning mavjud usul va algoritmlari tahlil qilingan hamda murakkab fizik tizimlarni tavsiflash usullari tasnifi bayon etilgan.

1.1-paragrafda murakkab tizimlar va ularni xossalari, tahlil qilish bosqichlari, ifodalanishi, shuningdek ularni modellashtirish yo‘llari bayon etilgan. Shuningdek ushbu paragrafda bashoratlash, tasniflash va bunday tizimlarni boshqarish masalalarini hal etishda neyron tarmoqlardan foydalanish keltirilgan.

1.2-paragrafda tibbiy-biologik signallarni modellashtirish bosqichlari va usullari, modellashtirish aniqligini baholash, informativ belgilarni ajratish va signal informativligi baholash usullari, signallar sintezi, taqsimot qonunlari, tibbiy-biologik ma’lumotlarni korrelyasion tahlili, qon aylanishi va nafas olish funksional

holatini baholash hamda tana integral reografiyasi usuli haqida ma’lumotlar bayon etilgan hamda tahlil qilingan.

1.3-paragrafda reografik ma’lumotlardan foydalanish istiqbollari, shuningdek maqsadi, zamonaviy tandensiyalari va ushbu ma’lumolarni qayta ishlash va tahlil qilish bayon etilgan Bundan tashqari, ushbu paragrafda reografiyaning tibbiyot va fizioterapiyadagi asosiy yo‘nalishlari, reografik ma’lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish usullari bayon etilgan.

Dissertatsiyaning «**Biologik to‘qimalar elektr impedans o‘lchov almashtirgichlari**» deb nomlanuvchi ikkinchi bobi 4 ta paragrafdan iborat bo‘lib, unda bir jinsli bo‘lmagan o‘tkazgichlar elektr impedans o‘lchov almashtirgichlari, ularni qurish usullari, tahlili va tasnifi hamda biologik to‘qimalar elektr impedansini o‘lchashni o‘ziga xos xususiyatlari keltirib o‘tilgan.

2.1-paragrafda bir jinsli bo‘lmagan o‘tkazgichlar elektr impedans o‘lchov almashtirgichlarini qo‘llanilishi bo‘yicha ma’lumotlar, ularni xossalari, gemodializ tizimi tuzilmaviy sxemasi keltirib o‘tilgan.

2.2-paragrafda biologik to‘qimalar elektr impedans o‘lchovining o‘ziga xos xususiyatlari yoritilib, impedans o‘lchovidan foydalanish shartlari, to‘qimalarni qarshilik oraliqlari, elektr momenti, relaksiya vaqti, to‘qimalar elektr xossalarini tahlil qilish, qutblanish hodisalari oldini olish, hujayralari qarshiligini o‘lchash sxemalari keltirilib, impedans chastotali xossalari bayon etilgan.

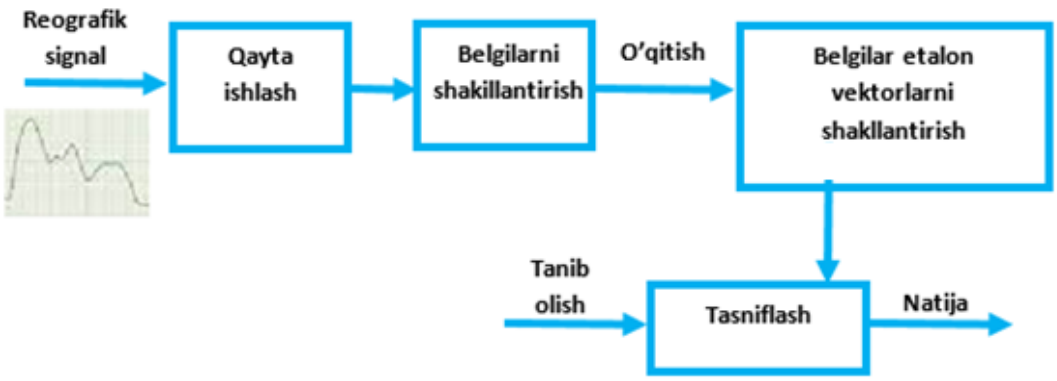
2.3-paragrafda biologik impedans o‘lchov almashtirgichlarini qurish usullari, turli o‘lchov almashtirgichlar va ularning sxemalari bayon etilgan.

2.4-paragrafda biologik to‘qimalar elektr impedans o‘lchov almashtirgichini qurish usullari tahlili keltirilgan, ushbu o‘lchov almashtirgichlari tasnifi amalga oshirilgan, shuningdek, elektrodlardan foydalanish bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

Dissertatsiyaning **«Reogrammalar fiziologik parametrlariga asoslangan tasniflagichlarini qurish»** deb nomlangan uchinchi bobi reogrammalar fiziologik parametrlariga asoslangan tasniflagichlarini qurishga bag‘ishlangan bo‘lib, unda miya va ko‘z ichi qon oqimini reografik tadqiqi, neyron tarmoqli tasniflagichlarni qurish, Furye va Veyvlet almashtirishlari asosida reogrammalarni tahlil qilish va qayta ishlash yo‘llari ko‘rsatib o‘tilgan. Bundan tashqari, reogrammalar informativ belgilarini shakllantirish, belgilarni muhimlik darajalarini aniqlash algoritmlari taklif etilib, o‘qituvchili o‘qitilgan neyron tarmoqlar asosida tasniflash modellarini qurish va ularning natijalari, shuningdek vizualizatsiyalash usuli hamda mavjud ma’lumotlar majmuasiga usullarni qo‘llash natijalari bayon etilgan.

3.1-paragrafda miya va ko‘z ichi qon oqimini reografik tadqiq etilgan bo‘lib, unda reografik chiziq tahlili, vizual tahlil, reoqaydlarni sonli tahlili, impedans vaqtli bog‘lanishi bayon etilgan hamda reografik signallarni tanib olish tizimi sxemasi keltirilgan (1-rasm).

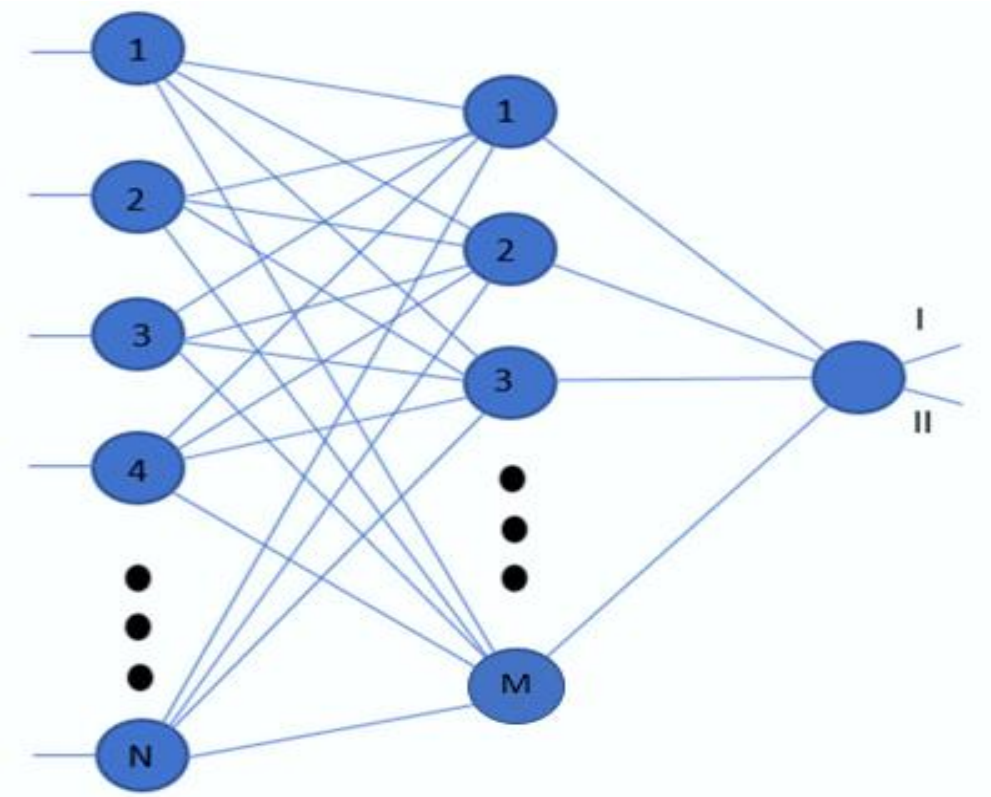
3.2-paragrafda neyron tarmoqli klassifikatorni qurish amalga oshirilgan bo‘lib, unda neyron tarmoqlarni asosiy afzalliklari yoritib berilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda masalalarni neyron tarmoq orqali yechish va ularni o‘qitish yo‘llari, tarmoqqa kiruvchi signallarga qo‘yiladigan talablar bayon etilgan.



1-rasm. Tanib olish tizimi sxemasi

Tasniflash modellarini qurish o‘qituvchili o‘qitilgan sun’iy neyron tarmoqlar asosida amalga oshirilgan bo‘lib, neyron tarmoqlar nazariyasida qabul qilingan o‘qitish algoritmlari, kirish signallari ahamiyatini hisoblash va minimallashtirish qo‘llanilgan. Har bir tasniflash modeliga mos ma’lumotlar to‘plami uchun neyron tarmoqni bashoratlash qobiliyati sirpanuvchi sinov rejimida tadqiq etilgan. Python kutubxonalaridan foydalanilgan va u neyron tarmoq usullari yordamida ma’lumotlarni tahlil qilish va modellashtirish imkonini ta’minlaydi.

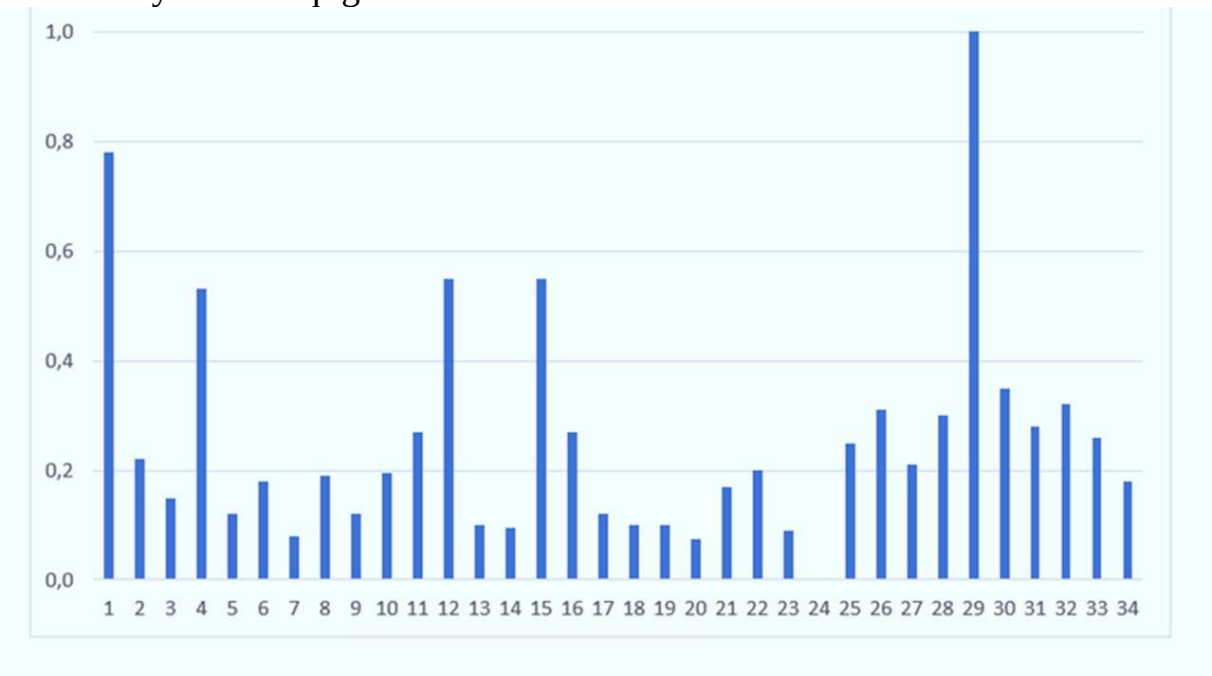
Har bir tasniflash modeli uchun o‘qitish algoritmi arxitekturasi va parametrlarini optimallashtirish hamda yechimni maksimal aniqligiga erishish, shuningdek yechim aniqligiga ta’sirini o‘rganishda turli boshlang‘ich neyron tarmoq arxitekturalari bilan sirpanuvchi sinov amalga oshirilgan.



2-rasm. Boshlang‘ich neyron tarmoq

Olib borilgan tajribaviy tadqiqotlarda eng yuqori identifikatsiyalash aniqligi [0,5;0,8] oralig‘ida bo‘lgan neyron xarakteristikasi bo‘lgan *m*ta neyronli bir qatlamli neyron tarmog‘ida erishilgan.

Neyron tarmoq kirish parametrlari ahamiyati tahlili ham amalga oshirilgan bo‘lib, uning natijasi 3-rasm keltirib o‘tilgan. Identifikasiyalash aniqligini oshirish maqsadida kiruvchi parametrlar sonini 34 tadan 12 tagacha kamaytirildi va identifikasiyalash aniqligi 75-80% ni tashkil etdi.



3-rasm. Reogramma belgilari muhimligini normallashgan ko‘rsatkichlari

Informativ sifatida sistolik to‘lqin amplitudasi *M*, yoki reografik indeks - 1-parametr, u tadqiq etilayotgan sohada pulsli qon to‘ldirish nisbiy qiymatini ifodalaydi, 4-parametr - maksimal venoz komponent *V*, 12-parametr - $100\ 4\ A_{3/4}\ (t_V\text{-}T_A)/(VT)$ sifatida belgilangan venoz chiqish indeksi, 15-parametr - sust qon to‘ldirish tezligi $(M\text{-}A1)/(t_M\text{-}t_{A1})$, parametr 29 - *D* diastolik to‘lqin amplitudasi olingan (3-rasm).

3.3-paragraf Furye diskret almashtirishi asosida reogrammalarni tahlil qilishga bag‘ishlangan bo‘lib, unda Furye diskret almashtirishi, nafas shablonlarini bartaraf etish yo‘llari bayon etilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda nafas olish artefaktlarini bartaraf etish usulini markaziy gemodinamika parametrlarini hisoblashdagi asosiy kamchiliklari keltirib o‘tilgan hamda reogrammalarga dastlabki ishlov berish algoritmi taklif etilgan.

Mazkur ishda Furye almashtirishiga asoslangan reogrammalar informativ belgilarini ajratish algoritmi ishlab chiqilgan bo‘lib, u dasturiy ta’minotga joriy qilingan va u quyidagi modullardan iborat.

1. Ma’lumotlarga dastlabki ishlov berish moduli;
2. “Delta” diskretlash moduli;
3. “Kompaktlik gipotezasi” asosida belgilarni muhimlik darajalarini baholash moduli;

4. Furye koeffitsientlari asosida informativ belgilar majmuasini shakllantirish moduli.

Ishda yuqorida keltirib o‘tilgan har bir modul batafsil bayon etilgan bo‘lib, quyida taklif etilgan ayrim algoritmlar keltirilgan.

“Delta” diskretlash moduli quyidagicha amalga oshiriladi.

Reogrammalar asosida identifikatsiyalashda signal hajmi va unga sarflanadigan vaqtni kamaytirish muhim ahamiyat kasb etadi. Shuning uchun ushbu tadqiqot ishida reografik signal belgilari sonini kamaytirish hisobiga ishlov beriladigan signal hajmi va tizim ishlashi uchun sarflanadigan vaqt kamaytirilishiga e’tibor qaratilgan bo‘lib, unda signalni «Delta diskretlash» diskretlash algoritmi taklif etilgan. Ushbu algoritm batafsil bayoni quyida keltirilgan.

Ishda «Delta diskretlash» algoritmi quyidagi qadamlardan iborat:

1-qadam. Reografik signali qabul qilinadi.

2-qadam. Chiziqni maksimal va minimal nuqtalari aniqlanadi.

3-qadam. Signalini normallashtirish amalga oshiriladi.

4-qadam. Reografik signalini 2-qadamda belgilangan oralig‘idan quyidagi qonuniyat asosida belgilar vektori shakllantiriladi:

$$x^1 = \left(x_{2i+1} - x_{2i-1}\right)/2,\ x^2 = \left(x^1{}_{2i+1} - x^1{}_{2i-1}\right)/2, ..., x^m = \left(x^{m-1}{}_{2i+1} - x^{m-1}{}_{2i-1}\right)/2,$$

bu yerda, $x-$ berilgan signal sanoqlaridan iborat vektor, $m = 1, 2, ..., N$.

5-qadam. Signalidan belgilar to‘plami shakllantiriladi.

6-qadam. Reogramma modelini qurish va uning asosida identifikatsiyalash amalga oshiriladi.

7-qadam. Tamom.

“Kompaktlik gipotezasi” asosida belgilarni muhimlik darajalarini baholash moduli diskret optimizatsiya masalasini yechish orqali belgilar muhimligini aniqlashga mo‘ljallangan.

Diskret optimizatsiya masalasi bu chekli yoki sanoqli diskret Ω to‘plamda aniqlangan I funksiyaning maksimal yoki minimal qiymatini aniqlashdan iborat.

$$I(x) \to extr,\ x \in \Omega \qquad (1)$$

bu yerda I - maqsad funksiya, Ω – mumkin bo‘lgan yechimlar to‘plami.

Faraz qilaylik, quvvatlari $m_i = \left|\Omega_i\right|,\ i = \overline{1, N}$ ga, ya’ni $|\Omega| = \prod_{i=1}^{N} m_i$ bo‘lgan $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup ... \cup \Omega_N$ diskret to‘plam va $I(\alpha, \beta, x) = \dfrac{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^{N} \beta_i x_i}$, $x_i \in \Omega_i,\ i = \overline{1, N}$ kasr-chiziqli funksiya berilgan bo‘lsin.

Ω to‘plamda quyidagi optimizatsiya masalasini ko‘rib chiqaylik:

$$\begin{cases} I(\alpha,\beta,x)=\dfrac{\sum\limits_{i=1}^{N}\alpha_i x_i}{\sum\limits_{i=1}^{N}\beta_i x_i}\to\max, \\ x_i\in\Omega_i,\ i=\overline{1,N}. \end{cases} \qquad (2)$$

(2) masalani yechish uchun Sh.X.Fazilov, N.S.Mamatov va boshqalarni ishlarida keltirilgan xossalardan foydalanilgan.

Faraz qilaylik, $\forall x_i, y_i\in\Omega_i,\ x_i\neq y_i,\ i=\overline{1,N}$ tanlangan bo‘lsin.

Lemma. Tanlangan x vektor (2) masalani optimal yechimi bo‘lishi uchun 2-, 4- va 5-xossalar shartlarini qanoatlantiruvchi $a=\Delta\alpha_i$ va $b=\Delta\beta_i$, $\left(i=\overline{1,l},\ \ j=\overline{l+1,N}\right)$ larning mavjud bo‘lmasligi zarur va yetarli.

x vektor (2) masalaning yechimi bo‘lmasa, u holda 2-, 4- va 5-xossalar asosida almashtirishlar bajariladi. Almashtirish jarayoni 2-, 4- va 5-xossalar shartlarini qanoatlantiruvchi $a=\Delta\alpha_i$ va $b=\Delta\beta_i$ mavjud bo‘lmaguncha davom ettiriladi.

Agar $a=\Delta\alpha_i$ va $b=\Delta\beta_i$ 2-, 4- va 5-xossalar shartlarini qanoatlantiruvchi $a=\Delta\alpha_i$ va $b=\Delta\beta_i$ mavjud bo‘lmasa, xossa natijasiga ko‘ra hosil qilingan yechim optimal.

Mazkur usulda ham funksionalning qiymati va x vektorning komponentalari lemmalar asosida quyidagicha shakllantiriladi.

$\Delta\alpha_t^{(k)}$ va $\Delta\beta_t^{(k)}$ lar uchun 2-yoki 4-yoki 5-xossalardan biri o‘rinli bo‘lsin. U holda xossalar natijasiga ko‘ra $\dfrac{A+\Delta\alpha_i}{B+\Delta\beta_i}>\dfrac{A}{B}$ bo‘ladi. x vektorning i- va j- kommponetlari qiymatlari o‘zaro almashtiriladi.

Ko‘rinib turibdiki, lemma olingan yechimning mukammal ekanligini kafolatlaydi, ya’ni $I(y)=\max\limits_{x\in\Omega}I(x)$.

Taklif etilayotgan usul algoritmi:

1-qadam. $x=(x_1,x_2,...,x_N),x_i\in\Omega_i,i=\overline{1,N}$ olinadi.

2-qadam. A va B larning qiymatlari hisoblanadi.

3-qadam. $i=1$.

4-qadam. $j=N$; $A_1=A,B_1=B$.

5-qadam. $\Delta\alpha_t^{(k)}$ va $\Delta\beta_t^{(k)}$ larning qiymatlari hisoblanadi.

6-qadam. 4-xossa shartlarini tekshiramiz. Agar $\Delta\alpha_t^{(k)}$ va $\Delta\beta_t^{(k)}$ 4- xossa shartlarini qanoatlantirsa, xossa natijasi asosida almashtirishlar bajariladi, ya’ni x vektorning *i*- va *j*-komponentlari qiymatlari o‘zaro almashtiriladi va $A=A+\Delta\alpha_{ij},B=B+\Delta\beta_{ij}$ hisoblanadi va 9-qadamga o‘tiladi.

7-qadam. 2- xossa shartlarini tekshiramiz. Agar $\Delta\alpha_t^{(k)}$ va $\Delta\beta_t^{(k)}$ 2- xossa shartlarini qanoatlantirsa, xossa natijasi asosida almashtirishlar bajariladi, ya’ni x vektorning *i*- va *j*-komponentlari qiymatlari o‘zaro almashtiriladi va $A=A+\Delta\alpha_{ij},B=B+\Delta\beta_{ij}$ hisoblanadi va 9-qadamga o‘tiladi.

8-qadam. 5- xossa shartlarini tekshiramiz. Agar $\Delta\alpha_t^{(k)}$ va $\Delta\beta_t^{(k)}$ 5- xossa shartlarini qanoatlantirsa, lemma natijasi asosida almashtirishlar bajariladi, ya’ni x

vektor i- va j-komponentlari o‘zaro almashtiriladi va $A = A + \Delta\alpha_{ij}, B = B + \Delta\beta_{ij}$ hisoblanadi va 9-qadamga o‘tiladi.

9-qadam. Agar $j > l$ bo‘lsa, $j = j - 1$ va 5-qadamga o‘tiladi aks holda navbatdagi qadamga o‘tiladi.

10-qadam. $i = i + 1$. Agar $i < l$ bo‘lsa, $i = i + 1$ va 5-qadamga o‘tiladi aks holda navbatdagi qadamga o‘tiladi.

11-qadam. Agar $A_1 = A$ va $B_1 = B$ bo‘lsa, 12-qadamga o‘tiladi, aks holda 3-qadamga o‘tiladi.

12-qadam. x optimal yechim.

Taklif etilgan va mashhur algoritmlar ustida amalga oshirilgan tajribaviy tadqiqotlar natijalari dissertatsiya ishining 4-bobida batafsil yoritilgan.

3.4-paragrafda reogrammalar belgilarini ajratishda veyvlet tahlildan foydalanish imkoniyati tadqiq etilgan bo‘lib, unda tasniflash maqsadida ularni qayta ishlash uchun informativ belgilar majmuasini shakllantirishni uchta usuli qiyosiy tahlili keltirilgan. Reogramma davriy signal bo‘lib, unda agar bir tebranish davri vaqt oralig‘ida ko‘rilsv, uni nostasionar signal deb olish mumkin. So‘nggi yillarda nostasionar signallarni tahlil qilishda veyvletlarga asoslangan usullardan ko‘proq foydalanilmoqda. Veyvlet usullar tashxislashni muhim belgilarini tanib olish va ajratishda, shuningdek tashxislash ma’lumotlarini minimal yo‘qotish bilan signal va tasvirlarni siqishda qo‘llaniladi.

4-rasm. Dasturiy majmuaning asosiy oynasi

Dissertatsiyaning «**Dasturiy majmua va uning amaliy masalalarda qo‘llanilishi**» deb nomlanuvchi to‘rtinchi bobi reografik signallarini qayta ishlash va tanib olish dasturiy majmuasini ishlab chiqish, tajribaviy tadqiqotlar hamda

amaliy masalalarni yechishga bag‘ishlangan bo‘lib, unda dasturiy majmua tuzilmasi, uning modullari, ma’lumotlar jadvallarini shakllantirish va ularni tahlil etish yo‘llari, neyron tarmoq tasniflagichlarini qurish va ular asosida olingan natijalar bayon etilgan.

4.1-paragrafda taklif etilgan, mavjud va takomillashtirilgan algoritmlar asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua bayoni keltirilgan bo‘lib, u reografik signallariga dastlabki ishlov berish, belgilarini ajratib olish va tanib olishga mo‘ljallangan.

Modullilik tamoyili asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmuaning asosiy oynasi 4-rasmda keltirilgan va ishda barcha modullar batafsil bayon etilgan.

4.2-paragrafda tajribaviy tadqiqotlar va ularning natijalari keltirilgan bo‘lib, tibbiy xodimlar hamkorligida bemorlarni tekshirish orqali olingan ma’lumotlarni o‘zida jamlagan "ob’yekt - belgi" tipidagi ikkita jadval shakllantirilgan.

1-jadval

Bemorlarni yoshi bo‘yicha taqsimlanishi

Guruh	Tekshiruvdan o‘tganlar soni				Jami	
	45 - 54 yosh		55-65 yosh			
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
DOBG bemorlar	61	43,2	80	56,8	141	51,6
Sog‘lom	72	54,5	60	45,5	132	48,4
Jami	133	48,7	140	51,3	273	100

Ma’lumotlar jadvalini har bir satri ma’lum bir ob’yektni ifodalaydi va unda bemor reogrammasi namunasi, belgilari qiymatlari ustunlarga joylashtirilgan. Bunda umumiy belgilar soni 35ta bo‘lib, shundan 34 tasi reogramma fiziologik ko‘rsatkichlaridir.

Ko‘rsatkichlar oldingi boblarda keltirilgan usul va algoritmlar asosida hisoblanib, belgilardan biri sifatida binar kodli javob olingan, ya’ni bemorda glaukoma bor yoki yo‘q. 1-jadvalda ob’yekt sifatida har bir bemorni reoensefalogrammasi olingan bo‘lib, unda jami 273 ta namuna mavjud, shulardan 141 tasi glaukoma bilan og‘rigan bemorlar, 120 tasi sog‘lomlardir.

Oldindan tanlab olingan bemorlar yosh guruhilari 45 yoshdan 65 yoshgachani tashkil etadi. Shakllantirilgan jadval 273 qator va 36 ustundan iborat bo‘lib, uning birinchi ustunda bemorlar va ularga mos reogramma ID raqamlari joylashgan.

Quyidagi jadvalda 170 ta reoftalmogramma namunalari mavjud (bitta namuna bemorning bir ko‘zidan olingan reoftalmogrammaga to‘g‘ri keladi), belgilar birinchi jadvalga kiritilgan reoensefalogrammalarni hisoblashda qo‘llaniladigan bir xil usullar bilan hisoblangan reogrammalarning fiziologik parametrlari edi. Odatda yuqoridagi kabi jadvallar katta sonli belgilarga ega bo‘lishini inobatga olib ma’lumotlarni tushunish o‘ta murrakab bo‘ladi. Shuning uchun bunday hollarda ma’lumotlarni vizuallashtirish talab etiladi. Mazkur paragrafda ma’lumotlarni vizuallashtirish amalga oshirilgan bo‘lib, vizualizatsiyalashdan asosiy maqsadi tekislikda ma’lumotlarni ko‘p o‘lchovli taqsimlanishini dastlabki taqsimotga xos bo‘lgan xususiyatlarini, ya’ni belgilar orasidagi ichki bog‘lanishlar, klasterlar tuzilishi, ma’lumotlarni sinflarga ajratish kabilarni aks ettirishdan iborat.

2-jadval

Reoensefalogrammalar reografik ko‘rsatkichlari

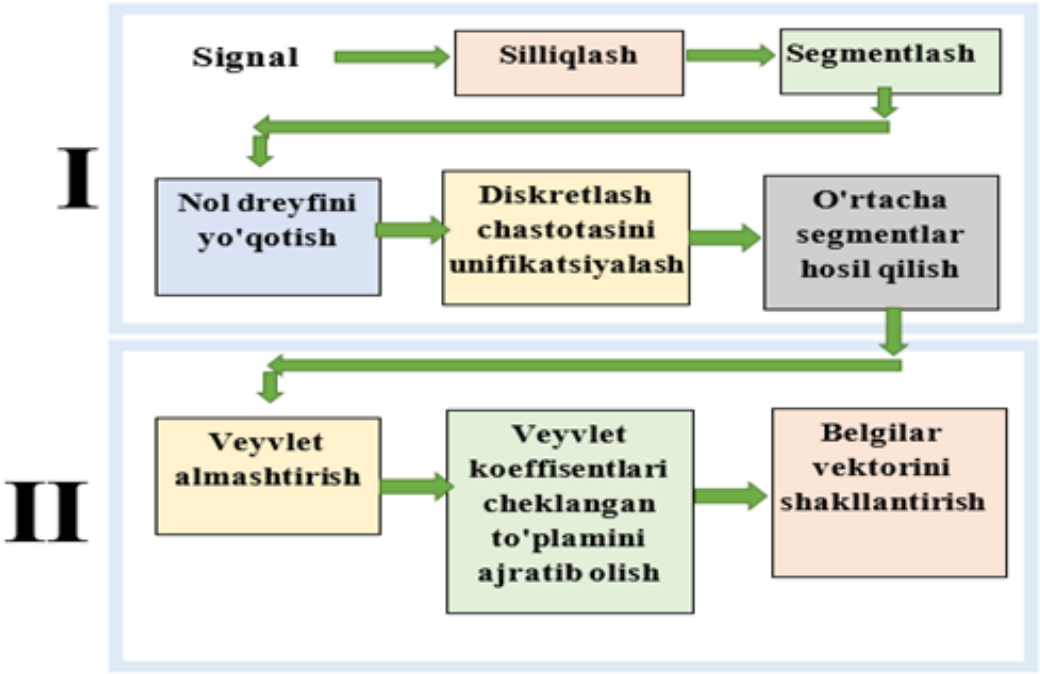
ID	Tashxis	Sistolik to‘lqin amplitudasi (Om)	Asosiy qarshilik (Om)	Arterial komponenta maksimumi (Om)	Venoz komponenta maksimumi (Om)	Amplituda-chastotali ko‘rsatkich (Om)	Amplituda-chastotali arterial ko‘rsatkich (Om/s)	Amplituda-chastotali venoz ko‘rsatkich (Om/s)	Sistolik munosabat (%)	To‘lish pulslari tezligi (Om/s)	So‘nggi chorakda kamayish tezligi (Om/s)
K109	1	0,061	220	0,06	0,023	0,065	0,065	0,026	37,8	0,091	0,073
K109	1	0,093	292	0,08	0,036	0,098	0,098	0,037	37,5	0,132	0,039
K114	1	0,089	238	0,09	0,047	0,09	0,09	0,048	52,6	0,131	0,072
K114	1	0,14	238	0,13	0,082	0,16	0,16	0,071	57,8	0,218	0,114
K143	1	0,09	318	0,09	0,027	0,17	0,17	0,026	23,2	0,134	0,172
K143	1	0,042	285	0,13	0,029	0,05	0,05	0,027	66,3	0,072	0,077
K151	1	0,061	262	0,14	0,048	0,081	0,081	0,065	73,8	0,150	0,093
K151	1	0,071	225	0,07	0,041	0,092	0,092	0,059	61,1	0,155	0,132
K158	1	0,057	235	0,04	0,039	0,078	0,078	0,058	91,7	0,117	0,151
K158	1	0,073	277	0,09	0,06	0,098	0,098	0,079	84,6	0,170	0,154
S085	2	0,122	284	0,18	0,07	0,144	0,134	0,079	59,7	0,207	0,094
S085	2	0,215	360	0,19	0,14	0,245	0,245	0,137	56,6	0,382	0,116
S107	2	0,098	371	0,17	0,07	0,118	0,09	0,091	95,1	0,193	0,158
S107	2	0,114	401	0,09	0,11	0,144	0,11	0,125	125,4	0,229	0,184

Dastlabki tahlil. Konturlar bo‘yicha o‘rtacha hisoblangan reogrammalar birinchi Furye garmonikalari amplitudalari va fazalaridan belgilar etalon vektorini shakllantirishda foydalanilgan bo‘lib, signalni asosiy energiyasini dastlabki 15 ta garmonikada bo‘lishini olish mumkin. Shuning uchun ulardan reogrammalarni tahlil qilishda foydalanish maqsadga muvofiq deb hisoblaymiz. Dastlabki 15 ta garmonika modullari va fazalari qiymatlari olinib, belgilar soni fiziologik reogramma parametrlari asosida birinchi usulda foydalanilgan belgilar soni bilan taqqoslandi va 35 ta parametrlari tanlandi, ya’ni 20 ta argument va reogrammalar Furye garmonikasi 15 ta fazasi.

Tajribalarda reoftalmogrammaning 120 ta namunasi tadqiq etilib, ulardan 50 tasi birinchi sinfga va qolganlari ikkinchi sinfga, shuningdek 200 tasi reoensefalogramma namunalaridan 120 tasi ikkinchi sinfga va 80 tasi birinchi sinfga tegishli deb olingan. Reoftalmogramma va reoensefalogramma ma’lumotlari uchun ikkita alohida jadval shakllantirildi. Olingan ma’lumotlar yuqoridagi boblarda keltirilgan usul va algoritmlar asosida qayta ishlandi. Dasturiy majmuaning belgilarni shakllantirish moduli sxemasi 5-rasmda ko‘rsatilgan.

4.3-paragrafda neyron tarmoqlardan foydalanib tasniflash masalasini yechish hal etilgan bo‘lib, tasniflash o‘qituvchili o‘qitilgan neyron tarmoqlar yordamida amalga oshirilgan. Neyron tarmog‘i namunalarni 1-sinf-sog‘lom yoki 2-sinf - glaukoma bilan og‘rigan bemorlarga to‘g‘ri aniqlash qobiliyati bo‘yicha tadqiqot o‘tkazildi. Bu sirpanuvchi sinov rejimida amalga oshirilib, unda 64 ta neyron tarmoqlar ishga tushirilgan.

Testlash natijalariga ko‘ra, eng maqbul tarmoq parametrlari aniqlandi va eng yuqori identifikatsiyalash aniqligiga erishilgan. Tajribalar asosida har bir qatlamda 12 ta neyron va [0,45 - 0,95] oralig‘idagi xarakteristikaga ega bo‘lgan bir qatlamli tarmoq eng yuqori aniqlikka erishdi. Qoniqarli identifikatsiyalash aniqligiga ega bo‘lgan barcha neyron tarmoqlar kirish parametrlari ahamiyati uchun tahlil qilingan. Bundan tashqari, mazkur paragrafda belgilarni aniqlash turg‘unligi tahlil etilgan hamda tasniflash modellarini qurishda veyvlet koeffitsientlar imkoniyatlari o‘rganilgan.



5-rasm. Belgilar shakllantirish tizimining sxemasi

Reografik ma’lumotlarga raqamli ishlov berish va tanib olishning mavjud hamda taklif etilgan model, usul va algoritmlari sinovdan o‘tkazish hamda amaliy masalalarni yechish uchun Namangan viloyati sog‘liqni saqlash boshqarmasi Kosonsoy tuman tibbiyot birlashmasi va Kosonsoy tuman markaziy poliklinikasi hamda “Davo medikal” xususiy korxonasida joriy etildi.

Olingan natijalar soha mutaxassislari tomonidan ijobiy qabul qilindi. Xulosalar esa keyingi tadqiqotlarda reografik signallarni real vaqt rejimi talablariga javob beradigan to‘qima va hujayralar xususiyatlarini inabotga oluvchi appart-dasturiy tizimlarni ishlab chiqishda neyron tarmoqlarni zamonaviy arxitekturalari asosida olib borilishi maqsadga muvofiq deb topildi. Tanlab olingan neyron tarmoq arxitekturalari orqali amaliy tadqiqotlarda kelajakdagi ishlarni rejalashtirish ushbu soha mutaxassislarga ancha qulaylik tug‘dirdi va ortiqcha sarf-xarajatlarni kamaytirdi.

XULOSA

“Reografik ma’lumotlarni tasniflashda informativ belgilar majmuasini shakllantirish algoritmlari” mavzusida olib borilgan dissertatsiya tadqiqotining asosiy natijalari quyidagilardan iborat:

1. Hozirgi kunda tibbiy signallarni qayta ishlashda neyron tarmoq va vaqtli qatorlar zamonaviy usullaridan samarali foydalanilmoqda, biroq bu asosan elektroensefalogramma, elektrokardiogramma va elektromiogramma kabi signallarga tegishli bo‘lib, mazkur usullarni boshqa yo‘nalishlar ma’lumotlarini tahlilida qo‘llash haqida kam ma’lumot mavjud.
2. Reogrammalar uzoq davrlar tahliliga asoslangan GAB usulini yangi variantlari bir vaqtni o‘zida hayotiy organlar neyrogen va sirkulyar holatini baholash imkonini beradi.
3. O‘lchov almashtirgichlar afzallik va kamchiliklarini inobatga olgan holda impulsli impedansometriya usuliga asoslangan o‘lchov almashtirgichidan foydalanish maqbul hisoblanadi. Bu ayniqsa biologik tuzilmalar impedansini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shuning uchun ko‘priksimon va potensiometrik o‘lchov usullariga asoslangan almashtirgichlardan foydalanish qisqa o‘lchash vaqtlari talabiga bo‘ysunadi.
4. Impulsli impedansometriyaga asoslangan o‘lchov almashtirgichidan foydalanish samarali, chunki u qisqa o‘lchash vaqtida keng chastota diapazonida biologik ob’yekt impedans xususiyatlari haqidagi ma’lumotlarni olish imkonini beradi.
5. Tasniflashni neyron tarmoqli modelini reogrammalarni tanib olishni adekvat vositasi sifatida qarash mumkin.
6. Identifikatsiyalashni eng yuqori aniqligiga ichki qatlamda 12 ta neyronli tarmoqdan foydalanganda, belgilar fazosini 34 tadan 12 – 16 gacha kamaytirilganda erishildi. Bunda identifikatsiyalash xatoligi reoensefalogrammalar uchun 20% dan, reooftalmogrammalar uchun 25 % dan oshib ketmadi.
7. Belgilar informativligini saqlagan holda reogrammalarni diskretlash usuli hamda Furye almashtirishi va “kompaktlik gipotezasiga” asoslangan reogrammalar informativ belgilarini ajratish va dastlabki ishlov berish algoritmi ishlab chiqildi.
8. Neyron tarmoqni modellashtirishda maksimal identifikatsiyalash aniqligiga funksiyalar sonini 12 tagacha kamaytirish orqali erishildi. Bu holda identifikatsiyalash xatosi reoensefalogramma va reoftalmogramma uchun mos ravishda maksimal 20% va 18%ni tashkil etdi. Belgilarni muhimlik darajalari tahlili eng muhim belgilar garmonik qiymatlari 13 dan katta bo‘lgan amplitudalar va dastlabki ikkita garmonikga mos keladigan fazalar ekanligi aniqlandi.
9. Veyvlet almashtirishlar asosida reogrammalarni samarali informativ belgilar to‘plamini shakllantirish va dastlabki ishlov berish algoritmi ishlab chiqildi.
10. Mavjud va taklif etilgan usul va algoritmlarni yagona interfeysga birlashtiruvchi “IRUzb” identifikatsiyalash dasturiy majmuasi ishlab chiqildi. Dasturiy majmuani ishlab chiqishda uning ishonchliligi bilan birga tezkorlik masalasi ham e’tiborga olindi.

11. Ishlab chiqilgan dasturiy majmua bir nechta reografik ma’lumotlar bazalarida testlashdan o‘tkazildi hamda tibbiyotda tashxislash bilan bog‘liq bir qator amaliy masalalarni yechishda qo‘llanildi.

12. Reografik ma’lumotlarga raqamli ishlov berish va tanib olishning mavjud hamda taklif etilgan model, usul va algoritmlari sinovdan o‘tkazish hamda amaliy masalalarni yechish uchun Namangan viloyati sog‘liqni saqlash boshqarmasi Kosonsoy tuman tibbiyot birlashmasi va Kosonsoy tuman markaziy poliklinikasi hamda “Davo medikal” xususiy korxonasida joriy etildi

НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/26.05.2022.T.10.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»

НАМАНГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЖУРАЕВ ШЕРАЛИ УМАРЖОНОВИЧ

АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ НАБОРОВ ПРИЗНАКОВ ПРИ КЛАССИФИКАЦИИ РЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

05.01.03 – Теоретические основы информатики

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PHD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2020.3.PhD/T1801.

Диссертация выполнена в Наманганском государственном университете

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tiiame.uz) и в Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:	**Раджабов Собиржон Сатторович** доктор технических наук, старший научный сотрудник
Официальные оппоненты:	**Бабомурадов Озод Жўраевич** доктор технических наук, профессор
	Юлдашев Зафар Бахтиярович доктор философии (PhD) по техническим наукам
Ведущая организация:	Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

Защита диссертации состоится «_ _ __» _____ 2023 года в __ ___ часов на заседании Научного совета DSc.03/26.05.2022.T.10.05 при Национальном исследовательском университете «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязи, 39. Тел: (99871) 237-19-36; факс: (99871) 237-54-79; e-mail: admin@tiiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре при Национальном исследовательском университете «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (зарегистрировано №_ ___). (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязи, 39. Тел.: (99871) 237-19-45).

Автореферат диссертации разослан «___ _ _» __ _____ 2023 года.
(реестр протокола рассылки №__ _ _ от «___ _ _» __ _____ 2023 года)

Н.С. Маматов
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Д.К. Бекмуратов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор философии по техническим наукам (PhD)

Д.Т.Мухамедиева
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется разработке интеллектуальных систем ранней диагностики и эффективного лечения любых заболеваний. В этом направлении разработка, усовершенствование и внедрение моделей, методов и алгоритмов предварительной обработки, классификации, анализа и распознавания биосигналов остается одним из актуальных задач. В настоящее время большое внимание уделяется решению теоретических и практических вопросов цифровой обработки и распознавания биосигналов в развитых странах мира, в том числе в США, Китае, Российской Федерации, Великобритании, Германии, Индии, Франции и других странах.

В мире ведутся научные исследования, направленные на создание вычислительных алгоритмов обработки биосигналов и усовершенствование, разработку методов и алгоритмов распознавания биосигналов. В частности, в области разработки аппаратно-программных средств обработки и анализа биосигналов лидерами являются крупные компании и корпорации, такие как Medtronic, Neurosoft, Daymed, Brain, Bittium, которые разрабатывают и совершенствуют эффективные средства обработки биосигналов, повышения качества и скорости их распознавания на основе технологий искусственного интеллекта. При этом особое внимание уделяется формированию и оптимизации информативных наборов признаков биосигналов, а также созданию автоматизированных систем распознавания этих биосигналов.

В нашей республике особое внимание в этом направлении уделяется разработке и внедрению программных средств предварительной обработки, анализа и распознавания биосигналов. В Стратегии «Цифровой Узбекистан – 2030» определены приоритетные задачи, в том числе, «... проведение научных исследований в области разработки алгоритмов взаимодействия робототехнических комплексов и человека, совершенствования инфраструктуры сетей передачи данных, установленных датчиков и сенсорных сетей, а также создания программного обеспечения для реализации различных моделей предоставления «облачных» сервисов...»[2]. Кроме того, в постановлении Президента №УП-5124 от 5 мая 2021 года «О дополнительных мерах по комплексному развитию сферы здравоохранения» определен ряд важных задач по совершенствованию государственного управления в системе здравоохранения, превращению первичного звена в систему раннего выявления и лечения заболеваний, ускорению работ по цифровизации. Реализация этих задач, в том числе создание систем оценки текущего состояния пациента на основе анализа биологических сигналов, является одним из важнейших вопросов развития информационно-коммуникационных

[2] Указ Президента Республики Узбекистан от 5 октября 2020 года ПП-6079 «Об утверждении стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации»

технологий. В этой связи, важное значение имеет совершенствование методов и алгоритмов обработки и анализа биологических сигналов, включая формирование набора признаков, выделение информативных признаков и классификация этих сигналов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для выполнения задач, предусмотренных указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию 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», постановлениями Президента №ПП-4699 от 28 апреля 2020 года «О мерах по широкому внедрению цифровой экономики и электронного правительства», №ПП-4996 от 17 февраля 2021 года «О мерах по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта», а также другими нормативно-правовыми актами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий IV. “Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий”.

Степень изученности проблемы. Предварительные сведения о клиническом применении реографических данных приводятся в работах E.Atzler, G.Lehmann, H.Mann, L.Rosa, J.Nyboer и А.Кедрова. В дальнейшем использование этих данных для диагностирования состояния пациентов получило фундаментальное развитие благодаря усилиям таких учёных, как Т.Либерман, W.Holtzer, K.Polzer и A.Mario. Реография стала еще более популярной на основе подхода W.Kubicek и он был развит В.Лоллини, N.Raval и D.Bernstein. Из современных научных работ, посвященных решению задач усовершенствования и разработки моделей, методов и алгоритмов обработки реографических данных, а также внедрения их в практику, заслуживают внимания труды таких зарубежных ученых, как S.Sapetsky, R.D.Pascual-Marqui, R.Grech, A.A.Danilov, M.Bodo, Я.С.Пеккера, А.В.Корженевского, Л.Р.Зенкова, В.В.Гнездицкого, А.К.Бабушкина, В.М.Ахутина, П.К.Анохина и др.

В Узбекистане в развитие теоретических основ распознавания образов, обработки и анализа сигналов внесли свой вклад такие ученые, как М.М.Камилов, Т.Ф.Бекмуратов, Ш.Х.Фазылов, С.С.Садыков, М.М.Мусаев, Р.Х.Хамдамов, Д.Т.Мухамедиева, Н.С.Маматов, Н.М.Мирзаев и др.

В настоящее время быстро развиваются диагностические приложения, основанные на обработке и анализе медико-биологических сигналов, и технологии, связанные с распознаванием заболеваний. Анализ практических и экспериментальных исследований, проведенных в этом направлении, показал,

что приложения распознавания биологических сигналов являются перспективным коммерческим продуктом. В частности, диагностические и рекомендационные системы, основанные на обработке и анализе указанных сигналов, являются наиболее удобными и эффективными инструментами для медиков. В настоящее время разработано множество методов и алгоритмов распознавания различных объектов, событий и процессов, однако проблема совершенствования существующих и разработки новых методов и алгоритмов для создания систем распознавания и диагностики заболеваний в режиме реального времени не изучена достаточно. Поэтому задача разработки быстродействующих методов и алгоритмов формирования набора информативных признаков при классификации реографических данных является актуальной.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов плана научно-исследовательских работ Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта и Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий по следующим темам: БВ-Атех-2018 (240+147) «Разработка алгоритмов и программного обеспечения для идентификации личности на основе потоковой обработки изображений лица» (2018-2020); ПЗ-201906202 «Разработка системы анализа и классификации текстовой информации на узбекском языке» (2019-2021); ФЗ-201907178 «Создание алгоритмов и программного обеспечения распознавания личности на основе обработки изображений лица» (2020-2022).

Целью исследования разработка алгоритмов и программного комплекса формирования набора информативных признаков реографических данных для классификации этих данных.

Задачи исследования:

анализ научных работ по цифровой обработке реографических данных;

исследование методов и алгоритмов выделения признаков реограммы, а также ее распознавания;

сбор реографических данных, их систематизация и верификация с помощью экспертов;

разработка алгоритмов формирования набора признаков реограмм на основе алгоритмов дискретизации и подхода оценки уровней значимости признаков;

разработка алгоритма выделения информативных признаков реограмм с учетом свойств вейвлет-анализа и преобразования Фурье;

разработка обобщенного алгоритма решения задачи классификации реограмм на основе нейросетевой технологии;

экспериментальное исследование и оценка работоспособности созданных моделей и алгоритмов;

создание и практическое применение комплекса программ

классификации реограмм.

Объектом исследования являются алгоритмы обработки и анализа данных.

Предмет исследования составляют модели, методы, алгоритмы и программное обеспечение автоматического распознавания реографических данных.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовались методы системного анализа, имитационного моделирования, теории вероятностей и математической статистики, дискретной математики, обработки сигналов, машинного обучения и глубокого обучения.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

предложен алгоритм предварительной обработки реографического сигнала;

разработаны алгоритмы формирования наборов признаков реограммы на основе метода дискретизации «Дельта»;

предложен подход оценки степени важности признаков на основе «гипотезы компактности»;

предложен алгоритм выделения информативных признаков реограммы с учетом свойств вейвлет-анализа и преобразованияФурье;

предложен обобщенный алгоритм решения задачи классификации реограмм на основе нейросетевой технологии.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано алгоритмическое обеспечение обработки медико-биологических сигналов, формирования информативных признаков и интеллектуализации диагностических систем и устройств;

разработаны алгоритмы выделения признаков биологических сигналов и оценки информативности этих признаков, нейросетевые модели для решения задачи диагностики, а также программный комплекс «RMQI 1.0», основанный на предложенных и известных алгоритмах.

Достоверность результатов исследования обосновывается правильным использованием математического аппарата обработки и анализа реографических данных при разработке алгоритмов, а также положительными результатами экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется тем, что разработанные алгоритмы служат дальнейшему развитию теоретических основ анализа сигналов в части обработки, выделения признаков и распознавания реографических сигналов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные алгоритмы и программные средства их реализации позволяют создавать перспективные системы распознавания для решения практической задачи автоматизации процесса оценки состояния пациента на основе анализа реографических данных.

Внедрение результатов исследования. Практическое применение

полученных научных результатов по разработке моделей, методов и алгоритмов цифровой обработки и распознавания реографических данных, состоит в следующем:

алгоритм предварительной обработки реографических данных, а также разработанный на его базе программное обеспечение внедрены в деятельность Касансайского районного медицинского объединения Наманганской области (справка Управления здравоохранения Наманганской области от 11 августа 2023 года). Использование результатов научного исследования позволило сократить в среднем на 10% время диагностики состояния пациента;

алгоритм формирования наборов признаков реограммы на основе метода дискретизации «Дельта» и подход оценки степени важности признаков на основе «гипотезы компактности», а также разработанный на их базе программное обеспечение внедрены в деятельность Центральной поликлиники Касансайского районна Наманганской области (справка Управления здравоохранения Наманганской области от 11 августа 2023 года). Использование результатов научного исследования позволило диагностировать состояние пациентов со средней точностью 88%;

обобщенный алгоритм решения задачи классификации реограмм на основе нейросетевой технологии, а также разработанный на его базе программное обеспечение внедрены в деятельность ЧП «Даво Медикал» Наманганской области (акт ЧП «Даво Медикал» от 7 августа 2023 года №1). Использование результатов научного исследования позволило сократить в среднем на 10% время диагностики состояния пациента;

Апробация результатов исследования. Теоретические и практические результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 3 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из которых 5 статей опубликованы в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе – 3 в республиканских и 2 в международных журналах. Кроме того, получено 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, приводится соответсвие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая

значимость результатов исследования, приведены сведения о внедрении результатов исследования, об опубликованности результатов и структуре диссертации.

Первая глава диссертации **«Анализ методов моделирования и анализа сложных физических систем»** посвящена анализу методов моделирования и анализа сложных физических систем, в которых изучаются основные свойства и характеристики сложных физических систем. Кроме того, проанализированы существующие методы и алгоритмы анализа и обработки медико-биологических процессов, а также приведена классификация методов описания сложных физических систем.

В параграфе 1.1 описаны свойства, этапы анализа, представление, а также способы моделирования сложных систем. Также в данном параграфе приведены об использовании нейронных сетей при решении задач прогнозирования, классификации и управления таких систем.

В параграфе 1.2 изложены этапы и методы моделирования биологических сигналов, методы оценки точности моделирования, выделения информативных признаков и оценки информативности сигналов, приведены сведения и проведен анализ процесса синтеза сигналов, законов распределения, методов корреляционного анализа биологических данных, оценки функционального состояния процессов кровообращения и дыхания, метода интегральной реографии тела.

В параграфе 1.3 приведены перспективы использования реографических данных, а также цель, современные тенденции и проблемы обработки и анализа, этих данных. Кроме того, в данном параграфе описаны основные направления реографии в медицине и физиотерапии, методы обработки и анализа реографических данных.

Вторая глава диссертации **«Измерительные преобразователи электроимпеданса биологических тканей»** состоит из 4 параграфов, и в ней приведены принцип работы измерительных преобразователей электрического импеданса неоднородных проводников, методы построения и классификация этих преобразователей, а также особенности измерения электрического импеданса биологических тканей.

В параграфе 2.1 изложены сведения об использовании измерительных преобразователей электрического импеданса неоднородных проводников, их свойства, а также структурная схема гемодиализной системы.

В параграфе 2.2 приведены сведения об особенностях измерения электрического импеданса биологических тканей, использования измерения импеданса, диапазоны сопротивления ткани, электрического момента, времени релаксации, анализа электрических свойств тканей, предотвращения поляризационных явлений, схемы измерения сопротивления клеток, частотные свойства импеданса.

В параграфе 2.3 описаны методы построения измерительных преобразователей биоимпеданса, различные измерительные преобразователи и приведены их схемы.

В параграфе 2.4 проведен анализ методов построения измерительных преобразователей электрического импеданса биологической ткани, осуществлена классифицируются этих преобразователей, а также приведены рекомендации по использованию электродов.

В третьей главе диссертации **«Построение классификаторов на основе физиологических параметров реограмм»** приведены результаты исследования реографических данных мозгового и внутриглазного кровотока, пути построения нейросетевых классификаторов этих данных, анализа и обработки реограмм на основе Фурье- и вейвлет-преобразований. Кроме того, предложены алгоритмы формирования информативных признаков реограмм, определения степени важности признаков, построения классификационных моделей на основе нейронных сетей обученных с учителем и их результаты, а также метод визуализации и результаты применения предложенных и известных методов к существующим наборам данных.

В параграфе 3.1 описано реографическое исследование мозгового и внутриглазного кровотока, в котором описаны анализ реографических линий, визуальный анализ, численный анализ реорегистраций, импедансно-временная корреляция, а также представлена схема системы распознавания реографических сигналов (рис. 1).

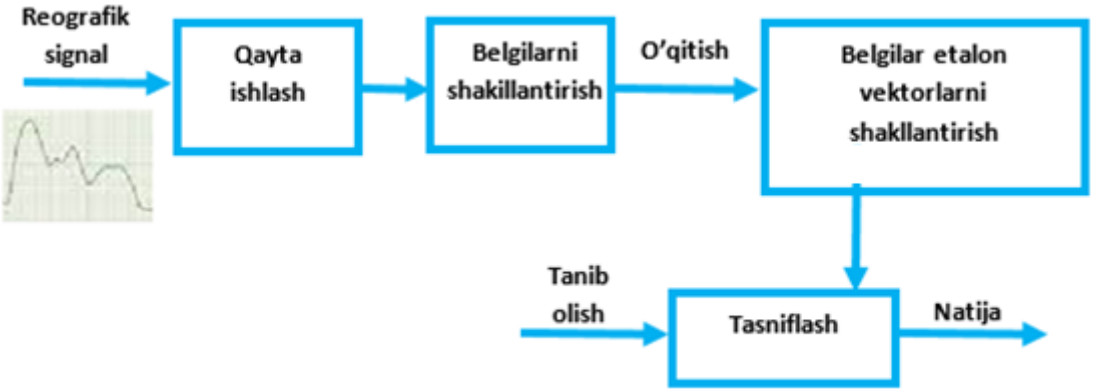


Рис. 1. Схема системы распознавания

В параграфе 3.2 осуществляется построение нейросетевого классификатора, в котором выделены основные преимущества нейронных сетей. Также в этом параграфе описаны методы решения задач через нейронные сети и их обучение, требования к сигналам, поступающим в сеть.

Построение моделей классификации осуществлялось на основе искусственных нейронных сетей, обученных с учителем, использовались принятые в теории нейронных сетей алгоритмы обучения, вычисления и минимизации значимости входных сигналов. Прогностическая способность нейронной сети для каждого набора данных, подходящего для каждой модели классификации, исследовалась в режиме скользящего испытания. Используются библиотеки Python, которые предоставляют возможность анализировать и моделировать данные с использованием методов нейронной сети.

Для каждой модели классификации были оптимизированы архитектура и

параметры алгоритма обучения и проведен скользящий тест с различными начальными архитектурами нейронных сетей для достижения максимальной точности решения и изучения влияния на точность решения.

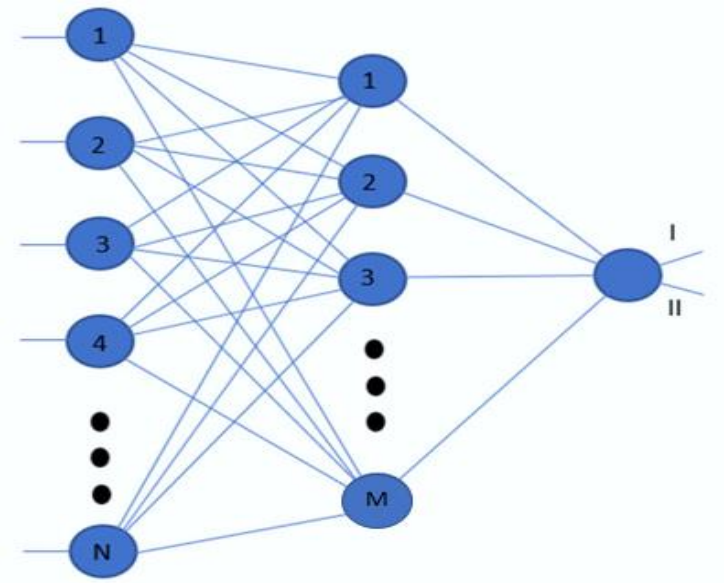


Рис. 2. Базовая нейронная сеть

В результате экспериментальных исследований наибольшая точность идентификации была достигнута при использовании однослойной нейронной сети с *m* нейронами с характеристиками нейронов в диапазоне [0,5;0,8].

Также был проведен анализ значимости входных параметров нейронной сети, результат которого показан на рисунке 3. С целью повышения точности идентификации количество входных параметров было уменьшено с 34 до 12. При этом, точность идентификации составила 75-80%.

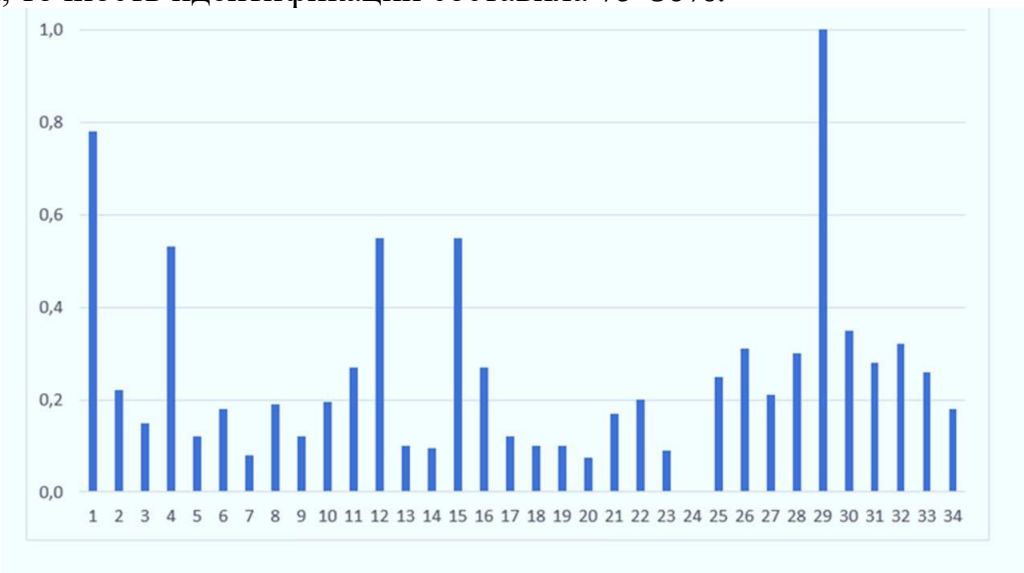


Рис. 3. Нормированные показатели значимости признаков реограммы

Информативными являются амплитуда систолической волны *M*, или реографический индекс - параметр 1, который представляет собой относительную величину пульсового кровенаполнения в исследуемой зоне, параметр 4 - максимальный венозный компонент *B*, параметр 12 - $100\ 4\ A_{3/4}\ (t_B$-

$t_A)/(BT)$ индекс венозного оттока, параметр 15 - медленную скорость кровенаполнения $(M\text{-}A1)/(t_M\text{-}t_{A1})$, параметр 29 - амплитуду диастолической волны D (рис. 3).

Параграф 3.3 посвящен анализу реограмм на основе дискретной Фурье-преобразования, где описаны дискретное Фурье-преобразование, способы устранения шаблонов дыхания. Также в этом параграфе приведены основные недостатки метода устранения респираторных артефактов при вычислении показателей центральной гемодинамики и предложен алгоритм предварительной обработки реограмм.

В данной работе разработан и реализован в программном обеспечении алгоритм выделения информативных признаков реограмм на основе Фурье-преобразования, который состоит из следующих модулей.

1. Модуль предварительной обработки данных;
2. Модуль «Дельта»дискретизации;
3. Модуль оценки степеней важности признаков на основе «гипотезы компактности»;
4. Модуль формирования набора информативных признаков на основе коэффициентов Фурье.

Каждый упомянутый выше модуль подробно описан в работе, а некоторые предлагаемые алгоритмы представлены ниже.

Модуль «Дельта» дискретизации реализуется следующим образом.

При идентификации по реограммам важно уменьшить размер сигнала и время, затрачиваемое на его обработку. Поэтому в данном исследовании акцентируется внимание на уменьшении размера обрабатываемого сигнала и времени, затрачиваемого на работу системы за счет уменьшения количества реографических признаков сигнала, и предлагается алгоритм дискретизации сигнала «Дельта-дискретизация». Подробное описание этого алгоритма приведено ниже.

Алгоритм «Дельта-дискретизации» в работе состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Принимается реографический сигнал.

Шаг 2. Определяются максимальная и минимальная точки линии.

Шаг 3. Выполняется нормализация сигнала.

Шаг 4. Из диапазона реографического сигнала, определенного на этапе 2, формируется вектор признаков по следующему правилу:

$$x^1 = \left(x_{2i+1} - x_{2i-1}\right)/2,\ x^2 = \left(x^1{}_{2i+1} - x^1{}_{2i-1}\right)/2,\ ...,\ x^m = \left(x^{m-1}{}_{2i+1} - x^{m-1}{}_{2i-1}\right)/2,$$

где $x-$ вектор заданных отсчетов сигналов, $m = 1, 2, ..., N$.

Шаг 5. Из сигнала формируется набор признаков.

Шаг 6. Осуществляется построение модели реограммы и на ее основе идентификация.

Шаг 7. Конец.

На основе «гипотезы компактности» модуль оценки важности функций предназначен для определения важности функций путем решения задачи дискретной оптимизации.

Задача дискретной оптимизации состоит в определении максимального или минимального значения функции, определенной I в конечном или счетном дискретном множестве Ω.

$$I(x) \to extr,\ x \in \Omega \tag{1}$$

где I - целевая функция, Ω – множество возможных решений.

Пусть даны $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup ... \cup \Omega_N$ — дискретное множество с мощностью $m_i = |\Omega_i|,\ i = \overline{1,N}$, то есть $|\Omega| = \prod_{i=1}^{N} m_i$ и $I(\alpha,\beta,x) = \dfrac{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^{N} \beta_i x_i}$, $x_i \in \Omega_i,\ i = \overline{1,N}$ — дробно-линейная функция.

Рассмотрим следующую оптимизационную задачу на множестве Ω:

$$\begin{cases} I(\alpha,\beta,x) = \dfrac{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^{N} \beta_i x_i} \to \max, \\ x_i \in \Omega_i,\ i = \overline{1,N}. \end{cases} \tag{2}$$

Пусть выбран $\forall x_i, y_i \in \Omega_i,\ x_i \neq y_i,\ i = \overline{1,N}$.

Лемма. Для того чтобы выбранный вектор x был оптимальным решением задачи (2), необходимо и достаточно не существование $a = \Delta\alpha_i$ и $b = \Delta\beta_i$, $\left(i = \overline{1,l},\ j = \overline{l+1,N}\right)$, удовлетворяющие условия свойств 2, 4 и 5.

Если вектор x не является решением задачи (2), то производятся замены на основе свойств 2, 4 и 5. Процесс замены продолжается до тех пор, пока свойства 2, 4 и 5 не будут удовлетворены и перестанут существовать $a = \Delta\alpha_i$ и $b = \Delta\beta_i$.

Если не существуют $a = \Delta\alpha_i$ и $b = \Delta\beta_i$, удовлетворяющих условиям свойств 2, 4 и 5, то решение, полученное в соответствии с результатом свойства, является оптимальным.

В этом методе значение функционала и компоненты вектора x формируются следующим образом на основе лемм.

Пусть для $\Delta\alpha_t^{(k)}$ и $\Delta\beta_t^{(k)}$ имеет место одно из свойств 2, 4 или 5. Тогда по результату свойств будет $\dfrac{A + \Delta\alpha_i}{B + \Delta\beta_i} > \dfrac{A}{B}$. Значения i- и j-компонент вектора x взаимоменяются.

Очевидно, что лемма гарантирует, что полученное решение является оптимальным, т.е. $I(y) = \max_{x \in \Omega} I(x)$.

Алгоритм предложенного метода:

Шаг 1. Принимается $x = (x_1, x_2, ..., x_N),\ x_i \in \Omega_i,\ i = \overline{1,N}$.

Шаг 2. Вычисление значений A и B.

Шаг 3. $i = 1$.

Шаг 4. $j = N$; $A_1 = A, B_1 = B$.

Шаг 5. Вычисление значений $\Delta\alpha_t^{(k)}$ и $\Delta\beta_t^{(k)}$.

Шаг 6. Проверка условий свойства 4. Если $\Delta\alpha_t^{(k)}$ и $\Delta\beta_t^{(k)}$ удовлетворяют условиям свойства 4, то на основе результата свойства осуществляются взаимозамена, т.е. i-ая и j-ая компоненты вектора x меняются значениями и вычисляются $A = A + \Delta a_{ij}, B = B + \Delta b_{ij}$ и осуществляется переход к шагу 9.

Шаг 7. Проверка условий свойства 2. Если $\Delta\alpha_t^{(k)}$ и $\Delta\beta_t^{(k)}$ удовлетворяют условиям свойства 2, то на основе результата свойства осуществляются взаимозамена, т.е. взаимоменяются значения i-й и j-й компонент вектора x и вычисляются $A = A + \Delta a_{ij}, B = B + \Delta b_{ij}$ и осуществляется переход на шаг 9.

Шаг 8. Проверка условий свойства 5. Если $\Delta\alpha_t^{(k)}$ и $\Delta\beta_t^{(k)}$ удовлетворяют условиям свойства 5, то на основе результата свойства осуществляются взаимозамена, т.е. взаимоменяются значения i-й и j-й компонент вектора x и вычисляются $A = A + \Delta a_{ij}, B = B + \Delta b_{ij}$ и осуществляется переход на шаг 9.

Шаг 9. Если $j > \ell$, то $j = j - 1$ и осуществляется переход на шаг 5, в противном случае – переход на следующий шаг.

Шаг 10. Если $i < \ell$, то $i = i + 1$ и осуществляется переход на шаг 5, в противном случае – переход на очередной шаг.

Шаг 11. Если $A_1 = A$ и $B_1 = B$, то осуществляется переход на шаг 12, в противном случае переход на шаг 3.

Шаг 12. x является оптимальным решением.

Результаты экспериментальных исследований, проведенных на предложенных и известных алгоритмах, подробно описаны в 4-й главе диссертационной работы.

В параграфе 3.4 исследована возможность использования вейвлет-анализа при выделении признаков реограмм, в котором представлен сравнительный анализ трех методов формирования набора информативных признаков для их обработки с целью классификации. Реограмма представляет собой периодический сигнал, и если в интервале времени наблюдается один период колебаний, ее можно рассматривать как нестационарный сигнал. В последние годы при анализе нестационарных сигналов все чаще используются вейвлет-методы. Вейвлет-методы используются для распознавания и выделения важных диагностических признаков, а также сжатия сигналов и изображений с минимальной потерей диагностической информации.

Четвертая глава диссертации «**Программный комплекс и его применение в практических задачах»** посвящена разработке программного комплекса обработки и распознавания реографических сигналов, экспериментальным исследованиям и решению практических задач, где изложены структура программного комплекса, его модули, формирование таблиц данных и способы их анализа, построение нейросетевых классификаторов и результаты, полученные на их основе.

В параграфе 4.1 приводится описание программного комплекса, разработанного на основе предложенных, существующих и

усовершенствованных алгоритмов, предназначенного для предварительной обработки, выделения и распознавания реографических сигналов.

Главное окно программного комплекса, разработанного на основе принципа модульности, представлено на рисунке 4, а все модули подробно описаны в работе.

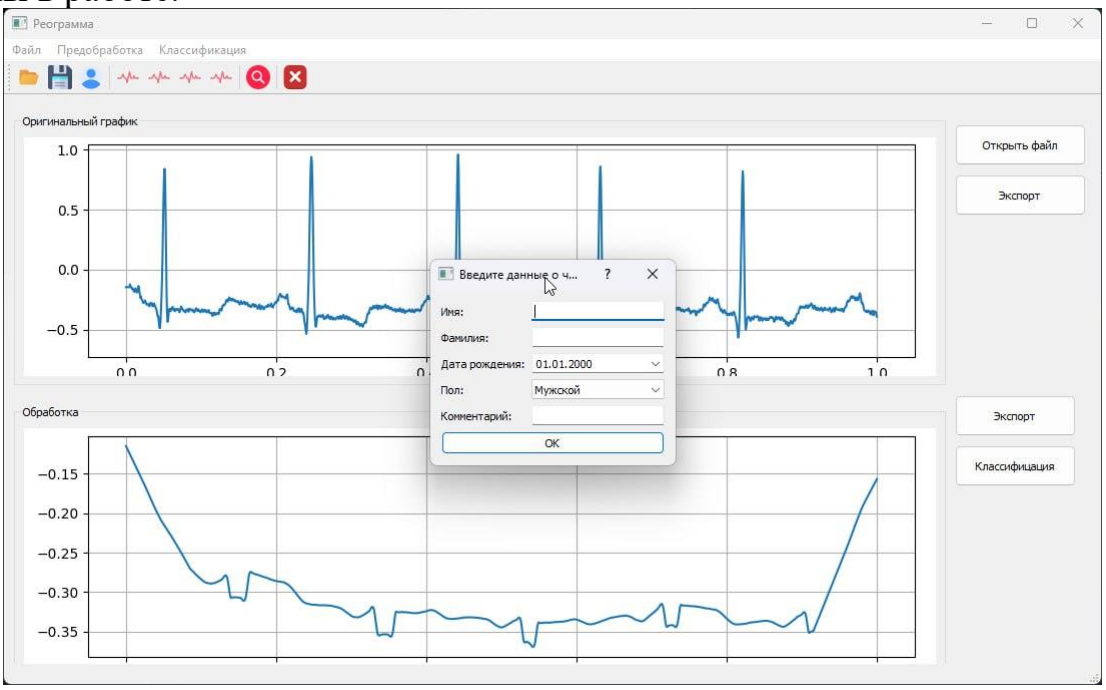


Рис. 4. Основное окно программного комплекса

В параграфе 4.2 представлены экспериментальные исследования и их результаты, а также сформированы две таблицы типа «объект – признак», в которые включены данные, полученные при обследовании больных при сотрудничестве медицинского персонала.

Таблица 1

Распределение пациентов исследуемых групп по возрасту

Группа	Число обследуемых лиц в возрасте				Всего обследуемых	
	45-54 года		55-65 года			
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Больные ПОУГ	61	43,2	80	56,8	141	51,6
Здоровые	72	54,5	60	45,5	132	48,4
Всего	133	48,7	140	51,3	273	100

Каждая строка таблицы данных представляет собой определенный объект, а в ней, образец реограммы пациента, в столбцах размещены значения признаков. Общее количество признаков 35, из них 34 являются физиологическими показателями реограммы.

Показатели рассчитываются на основе методов и алгоритмов, представленных в предыдущих главах, и в качестве одного из показателей получается бинарно-кодированный ответ, т.е. есть у пациента глаукома или нет. В таблице 1 в качестве объекта взята реоэнцефалограмма каждого пациента, всего 273 пробы, из них 141 больной глаукомой и 120 здоровых лиц.

Возрастные группы предварительно отобранных пациентов – от 45 до 65 лет. Сгенерированная таблица состоит из 273 строк и 36 столбцов, первый столбец которых содержит пациентов и соответствующие им ID номера реограмм.

Таблица 2

Реографические показатели реоэнцефалограмм

ID	Диагноз	Амплитуда систол. волны (Ом)	Базовое сопротивление (Ом)	Максимум артериальной компон. (Ом)	Максимум венозной компон. (Ом)	Ампл.-част. показатель (Ом)	Ампл.-част. артериал. показатель (Ом/с)	Ампл.-част. веноз. показатель (Ом/с)	Систолическое отношение (%)	Скорос. пульсов кровенапол (Ом/с)	Скор.убыв на посл.четв. (Ом/с)
К109	1	0,061	220	0,06	0,023	0,065	0,065	0,026	37,8	0,091	0,073
К109	1	0,093	292	0,08	0,036	0,098	0,098	0,037	37,5	0,132	0,039
К114	1	0,089	238	0,09	0,047	0,09	0,09	0,048	52,6	0,131	0,072
К114	1	0,14	238	0,13	0,082	0,16	0,16	0,071	57,8	0,218	0,114
К143	1	0,09	318	0,09	0,027	0,17	0,17	0,026	23,2	0,134	0,172
К143	1	0,042	285	0,13	0,029	0,05	0,05	0,027	66,3	0,072	0,077
К151	1	0,061	262	0,14	0,048	0,081	0,081	0,065	73,8	0,150	0,093
К151	1	0,071	225	0,07	0,041	0,092	0,092	0,059	61,1	0,155	0,132
К158	1	0,057	235	0,04	0,039	0,078	0,078	0,058	91,7	0,117	0,151
К158	1	0,073	277	0,09	0,06	0,098	0,098	0,079	84,6	0,170	0,154
С085	2	0,122	284	0,18	0,07	0,144	0,134	0,079	59,7	0,207	0,094
С085	2	0,215	360	0,19	0,14	0,245	0,245	0,137	56,6	0,382	0,116
С107	2	0,098	371	0,17	0,07	0,118	0,09	0,091	95,1	0,193	0,158
С107	2	0,114	401	0,09	0,11	0,144	0,11	0,125	125,4	0,229	0,184

В приведенной выше таблице содержится 170 образцов реофтальмограмм (один образец соответствует реофтальмограмме, взятой с одного глаза пациента), признаками обозначены физиологические параметры реограмм, рассчитанные теми же методами, что и для расчета реоэнцефалограмм, включенных в первую таблицу. Обычно таблицы, подобные приведенной выше, содержат большое количество признаков, что очень затрудняет понимание данных. Поэтому в таких случаях необходима визуализация данных. В этом параграфе осуществляется визуализация данных, причем основная цель визуализации – отразить особенности многомерного распределения данных на плоскости, характерные для исходного

распределения, то есть внутренние связи между признаками, структуру кластеров, классификация данных по классам и т.д.

Предварительный анализ. Для формирования эталонного вектора признаков используются усредненные по контуру реограммы по амплитудам и фазам первых гармоник Фурье, а основную энергию сигнала можно получить в первых 15 гармониках. Поэтому мы считаем целесообразным использовать их при анализе реограмм. Были получены значения модулей и фаз первых 15 гармоник, количество признаков сопоставлены с количеством признаков, использованных в первом методе, исходя из параметров физиологической реограммы, и выбрано 35 параметров, т.е. 20 аргументов и 15 фаз Фурье-гармоники реограммы.

В экспериментах было изучено 120 образцов реоофтальмограмм, из которых 50 относились к первому классу, остальные – ко второму классу, а также из 200 образцов реоэнцефалограмм 120 – ко второму классу и 80 – к первому классу. Для данных реофтальмограммы и реоэнцефалограммы были созданы две отдельные таблицы. Полученные данные были обработаны на основе методов и алгоритмов, представленных в предыдущих главах. Схема модуля формирования символов программного комплекса представлена на рисунке 5.

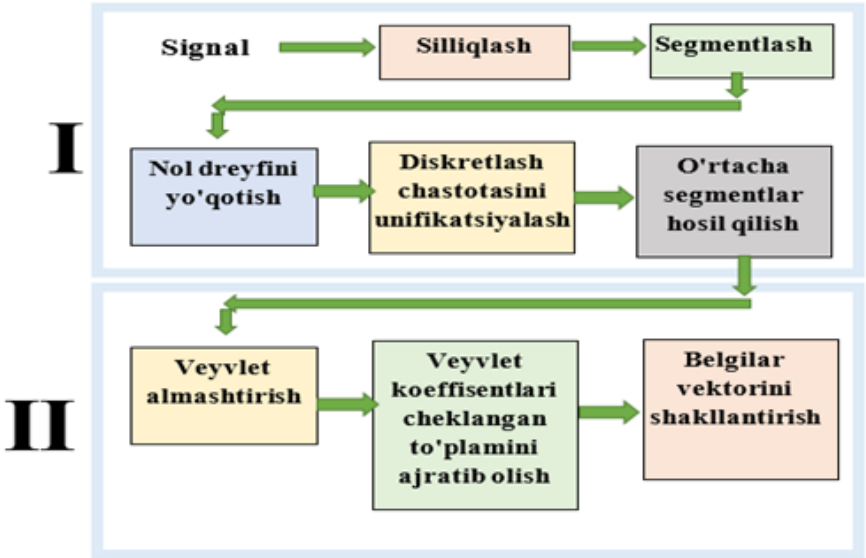


Рис. 5. Схема системы формирования признаков

В параграфе 4.3 была решена задача классификации с помощью нейронных сетей, и классификация выполнялась с использованием нейронных сетей, обученных с учителем. Было проведено исследование способности нейронной сети правильно идентифицировать образцы от здоровых пациентов 1-го класса или пациентов с глаукомой 2-го класса. Это было сделано в скользящем пробном режиме, где было запущено 64 нейронные сети.

По результатам испытаний были определены оптимальные параметры сети и достигнута высочайшая точность идентификации. По результатам экспериментов наибольшую точность достигла однослойная сеть с 12 нейронами в каждом слое и характеристикой в диапазоне [0,45 – 0,95]. Все

нейронные сети с удовлетворительной точностью идентификации были проанализированы на значимость входных параметров. Кроме того, в этом параграфе анализируется стабильность распознавания признаков и исследуются возможности вейвлет-коэффициентов при построении моделей классификации.

Существующие и предлагаемые модели, методы и алгоритмы цифровой обработки и распознавания реографических данных были внедрены в Управление здравоохранения Наманганской области Косонсойское районное медицинское объединение и Косонсойскую районную центральную поликлинику и частное предприятие «Даво Медикал» для апробации и решения практических задач.

Полученные результаты одобрены специалистами предметной области. Сделаны выводы, что в дальнейших исследованиях считается целесообразным проведение реографических сигналов на основе современных архитектур нейронных сетей при разработке программных комплексов, учитывающих характеристики тканей и клеток, отвечающих требованиям режима реального времени. режим. Планирование будущей работы в области прикладных исследований с помощью выбранных архитектур нейронных сетей значительно облегчило работу экспертам в этой области и сократило накладные расходы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного диссертационного исследования на тему «Алгоритмы формирования информативных наборов признаков при классификации реографических данных» сводятся к следующим основным выводам:

1. В настоящее время при обработке медицинских сигналов эффективно используются современные методы нейронных сетей и временных рядов, но в основном это касается таких сигналов, как электроэнцефалограмма, электрокардиограмма и электромиограмма, и информации об использовании этих методов при анализе данных других направлений мало.

2. Новые варианты метода ГАБ, основанные на анализе длительных периодов реограмм, позволяют одновременно оценивать состояние нейрогенных и циркулярных жизненно важных органов.

3. Учитывая преимущества и недостатки измерительных преобразователей, допускается использование преобразователя на основе импульсно-импедансного метода. Это особенно важно при определении импеданса биологических структур. Поэтому использование преобразователей на основе мостового и потенциометрического методов измерения обусловлено требованием короткого времени измерения..

4. Использование измерительного преобразователя на основе импульсной импедансометрии эффективно, так как позволяет за короткое время измерения получить информацию об импедансных свойствах биологического объекта в широком диапазоне частот.

5. Нейросетевая модель классификации может рассматриваться как адекватное средство распознавания реограмм.

6. Наивысшая точность идентификации достигнута при использовании 12 нейронных сетей во внутреннем слое, уменьшив признаковое пространство с 34 до 12-16. Ошибка идентификации не превышала 20% для реоэнцефалограмм и 25% для реоофтальмограмм.

7. Разработан алгоритм дискретизации реограмм с сохранением информативности признаков и алгоритм выделения и предварительной обработки информативных признаков реограмм на основе замены Фурье и «гипотезы компактности».

8. Максимальная точность идентификации при нейросетевом моделировании достигнута за счет сокращения количества функций до 12. При этом максимальная ошибка идентификации составила 20% и 18% для реоэнцефалограммы и реоофтальмограммы соответственно. Анализ степеней важности признаков выявил, что наиболее важными признаками являются амплитуды со значениями гармоник больше 13 и фазы, соответствующие первым двум гармоникам.

9. На основе вейвлет-преобразований разработан алгоритм формирования эффективного информативного набора реограмм и предварительной обработки.

10. Разработан программный комплекс идентификации «IRUzb», объединяющий существующие и предлагаемые методы и алгоритмы в единый интерфейс. При разработке программного комплекса наряду с его надежностью учитывалась и скорость работы.

11. Разработанный программный комплекс апробирован на нескольких реографических базах данных и использован для решения ряда практических задач, связанных с медицинской диагностикой.

12. Существующие и предлагаемые модели, методы и алгоритмы цифровой обработки и распознавания реографических данных внедрены в Косонсойское районное медицинское объединение Наманганской области и Косонсойскую районную центральную поликлинику и частное предприятие «Даво Медикал» с целью апробации и решения практических задач.

SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc.03/26.05.2022.T.10.05 AT THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY «TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS»

NAMANGAN STATE UNIVERSITY

Jurayev Sherali Umarjonovich

ALGORITHMS FOR THE FORMATION OF INFORMATIVE FEATURE SETS WHEN CLASSIFYING RHEOGRAPHIC DATA

05.01.03 – Theoretical foundations of computer science

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

Tashkent – 2023

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.3.PhD/T1801

The dissertation has been prepared at Namangan State University.

The abstract of dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council (www.tiiame.uz) and Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:	**Radjabov Sobirjon Sattorovich** doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	**Babomurodov Ozod Jurayevich** doctor of technical sciences, professor
	Yuldashev Zafar Baxtiyarovich PhD of Technical Sciences
Leading organization:	**Samarkand branch of Tashkent University of Information Technology named after Muhammad al-Khwarazmi**

Defense of dissertation will take place in «___» _____ 2023 at ____ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/26.05.2022.T.10.05 at the National research university «Tashkent institute of irrigation and agriculture mechanization engineers» (Address: 100000, Tashkent, str. Kari Niyazi 39, tel.: (99871) 237-19-36; fax: (99871) 237-54-79; e-mail: admin@tiiame.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at t the Information-resource center the National research university «Tashkent institute of irrigation and agriculture mechanization engineers» (registration number _____). Address: 100000, Tashkent, str. Kari Niyazi 39, tel . (99871) 237-19-45).

Abstract of dissertation sent out on «____» _____ 2023 year.
(mailing report № ____, on «___» _____ 2023 year).

N.S. Mamatov
Chairman of Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

D.K. Bekmuratov
Scientific secretary of Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

D.T.Muxamediyeva
Chairman of the Academic seminar
under the Scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The purpose of the research is to develop algorithms and a software package for forming a set of informative features of rheographic data for the classification of these data.

The object of the study is algorithms for data processing and analysis.

The scientific novelty of the research work is as follows:

algorithm of rheographic signal preprocessing is proposed;

Algorithms for the formation of a complex of rheogram symbols have been developed based on the " Delta " discretization method;

Based on the "compactness hypothesis", an approach to evaluating character significance levels has been proposed;

Taking into account the properties of "Veylet-analysis" and "Fourier" transformations, an algorithm for separating informative signs of the rheogram is proposed;

A generalized algorithm for solving the problem of classification of rheograms based on neural network technology is proposed.

Implementation of the research results. Practical application of the obtained scientific results on the development of models, methods and algorithms of digital processing and recognition of rheographic data consists in the following:

The algorithm of preliminary processing of rheographic data, as well as the software developed on its basis are implemented in the activities of Kosonsoy district medical association of Namangan region (certificate of the Health Department of Namangan region dated August 11, 2023). The use of the results of the scientific research allowed reducing the time of diagnosing the patient's condition by 10% on average;

The algorithm of formation of rheogram feature sets on the basis of the "Delta" discretization method and the approach to assess the degree of importance of features on the basis of the "compactness hypothesis", as well as the software developed on their basis are implemented in the activities of the Central Polyclinic of Kosonsoy district in Namangan region (certificate of the Health Department of Namangan region dated August 11, 2023). The use of the results of scientific research allowed to diagnose the condition of patients with an average accuracy of 88%;

The generalized algorithm for solving the problem of rheogram classification on the basis of neural network technology, as well as the software developed on its basis are implemented in the activities of PE "Davo Medical" of Namangan region (act of PE "Davo Medical" dated August 7, 2023 №1). The use of the results of scientific research allowed to reduce the time of diagnostics of the patient's condition by 10% on average;

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 118 pages.

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

I bo’lim (Часть I; Part I)

1. Fozilov Sh.X., Mamatov N.S., Samijonov A.N., Jo’rayev Sh.U., Градиентный метод определения неинформативных признаков на основе однородного критерия с положительной степенью // Hisoblash va amaliy matematika muammolari. – Toshkent, 2020. – V часть. – С. 87-94 (05.00.00, №23)
2. Niyozmatova N.A., Mamatov N.S., Samijonov A.N., Jo’rayev Sh.U., Безусловная дискретная оптимизация дробно-линейных функционалов «-1» -порядка // Hisoblash va amaliy matematika muammolari. Toshkent, 2020. – V часть. – С. 67-74 (05.00.00, №23)
3. N. Mamatov, N.A. Niyozmatova, A. Samijonov, Sh. Juraev, B. Abdullayeva, The choice of informative features based on heterogeneous functionals // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – Rossiya 2020**.** - 919 042009. (Scopus)
4. N.A. Niyozmatova, N. Mamatov, A. Samijonov, E. Rahmonov, Sh. Juraev, Method for selecting informative and non-informative features // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – Rossiya 2020. - 919 042013. (Scopus)
5. Jo’rayev Sh.U. Neyron tarmoqlarda faollashtirish funksiyalari va ulardan foydalanish // Raqamli transformatsiya va sun'iy intellekt ilmiy jurnali. – Toshkent 2023. – Vol 1, № 2. – С. 47-49

II bo’lim (Часть I; Part I)

6. Sh.U.Jo’rayev MS EXCEL dasurida hujjatlarga o‘zgartirish va ma’lumot kiritish bo‘yicha cheklovlarni tashkil etish masalalari // Namangan davlat universiteti, Amaliy matematika kafedrasining davriy to‘plami. – Namangan 2015, – 1-son. – С. 112-114.
7. Sh.U.Jo’rayev Microsoft PowerPoint 2010 dasturida mundarijali bog‘lanishlarga asoslangan taqdimot hujjatlarini yaratish // “Mehnat va kasb ta’limi yo‘nalishlarida muxandislik fanlarini o‘qitishning dolzarb muammolari”. Respublika ilmiy anjumani to‘plami. – Namangan 2015. – С. 69-70.
8. Sh.U.Jo’rayev Shaxsiy kompyuterdagi ayrim qitmirliklar natijasida yuzaga kelgan holatlarni bartaraf etish usullari. // “O‘zbekiston Respublikasida to‘qimachilik, paxta tozalash va yengil sanoat korxonalarida jaxon talabiga mos ravishda mahsulot ishlab chiqarishda texnika texnologiyalarning

ahamiyati”. Respublika ilmiy-amaliy anjumani to‘plami. – Namangan. 2016. – C.122-123.
9. Sh.U. Jo’rayev O‘rin almashtirish shifrlash algoritmlariga asoslangan dasturiy vosita yaratish masalalari // “Algebra, amaliy matematika, axborot texnologiyalari va ta’lim”. Respublika ilmiy-amaliy anjumani to‘plami. – Namangan 2016. – C.51-53.
10. Sh.U. Jo’rayev Saytlarni yaratishda dastlabki ko‘zda tutish mumkin bo‘lgan tavsiyalar // “Innovatsion rivojlanish davrida intensiv yondashuv istiqbollari”. Xalqaro anjuman. – Namangan 2018. – C.377-378.
11. Sh.U. Jo’rayev Python kutubxonalari // GOLDEN BRAIN. 2023. – C.249-260. (IF=3.587)
12. Sh.U.Jo’rayev Reografik tahlilning rivojlanish istiqbollari haqida // Educational Research in Universal Sciences. 2023. – VOLUME 2. – C.125-139. (IF=5.564)
13. Sh.U.Jo’rayev Python programming language and its features // American Journal of Pedagogical and Educational Research. – USA 2023. VOLUME 14. – C.45-48. (JIF=5.564)
14. Sh.U.Jo’rayev Performing an arithmetic operation in the python programming language // American Journal of Pedagogical and Educational Research. – USA 2023. – VOLUME 14. – C.49-52. (SJIF=5.635)
15. Sh.U.Jo’rayev Neyron tarmoqlarda chiziqli bo'lmagan faollashtirish funksiyalari va ulardan foydalanish // International Journal of Education, Social Science & Humanities. Finland Academic Research Science Publishers. – Finlandiya 2023. – VOLUME 11. – C.66-76. (SJIF=7.502)

Avtoreferat Namangan davlat universiteti ilmiy axborotnomasi tahririyatida tahrirdan o'tkazildi hamda o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.