O'PKA KT (KOMPYUTER TOMOGRAFIYASI) TASVIRLARIDA SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA SEGMENTATSIYA ALGORITMLARINI ISHLAB CHIQISH

Saparov Saidqul Xo'jamurotovich[1], Adilova Dinora Ablaqul qizi[2]

[1]Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti "Sun'iy intellekt" kafedrasi katta o'qituvchisi, PhD
[2]Samarqand shahar 50-umumiy o'rta ta'lim maktabi o'qituvchisi

K E Y W O R D S

O'pka KT tasvirlari, segmentatsiya, sun'iy intellekt, chuqur o'rganish, U-Net, kompyuter tomografiyasi, neyron tarmoq, diagnostika

A B S T R A C T

Ushbu maqolada O'pka kompyuter tomografiyasi (KT) tasvirlarida sun'iy intellekt texnologiyalari asosidagi segmentatsiya algoritmini ishlab chiqarishni ishlab chiqish masalasini ko'rib chiqamiz. O'pka to'g'irlash chegaralarini aniqlashtirish, Patologik o'zgarishlarni erta bosqichda aniqlash va diagnostika jarayonini aniqligini oshirish. Maqolada chuqur o'rganish (Deep Learning) usullaridan biri - **U-Net konvolyutsion neyron manbasi** asosida ishlab chiqarilgan va o'qitilgan. Maqolada **LIDC-IDRI** ochiq ma'lumotlar to'plamiga KT tasvirlaridan foydalanildi. Modellashtirish **IoU (Intersection over Union)** va **Dice koeffitsienti** mezonlari yordamida baholandi. Natijalar ko'rsatgichlari, taklif qilingan model O'pka to'qimasi segmentatsiyasini yuqori aniqlik bilan va kasallik o'choqlarini avtomatik aniqlash jarayonini soddalashtirish va tibbiy tasvirlarni tahlil qilishda inson omillarini hamda klinik diagnostika tizimlarida amaliy qo'llab-quvvatlash mumkin.

Kirish: Axborot tizimlari va zamonaviy texnologiyalarning jadal rivojlanishi, ular asosida aqliy ma'lumotlarni tahlil qilish usullarini qo'llash konsepsiyasiga tayangan holda, biologiya va texnologiyalarning turli sohalarida bunday ishlanmalar ishlab chiqarishning kengayishiga olib keladi. Avtomatlashtirilgan biotibbiy ma'lumotlarni situatsion tahlil qilish tizimlari klinik amaliyotdagi masalalarni hal qilish bo'lib, ular ichki dasturiy ta'minotni, yashirin ishlab chiqarishni topish, ifodalangan o'zgarishlarni tez hamda uni erta tashhislash mumkin.Bu texnologiyada intellektual tahlil qilish qo'llanilib, ular murakkab muammolarni diskret ma'lumotlar, dinamik signallar raster tasvirlar uchun tanib olish, tasniflash, klasterlash, vizual, assotsiatsiya va bashorat qilish kabi yaratishni hal qilish imkonini beradi. Intellektual ma'lumotlarni tahlil qilish usullari to'plami turlicha bo'lib, amaliyotda matematik statistika, spektral, neyron tarmoqlar, noaniq-nevrologik tahlil, fraktal tahlil usullaridan foydalanadi. Fraktal formallik konstruksiyalari biologiya va tibbiyotda notekis tuzilmalarni tahlil qilishda qo'shimcha natijalar. Fraktal nazariyasining muhim kengaytmasi multifraktal metodologiyasi bo'lib, u ob'ektning o'lchamga nisbatan o'zgarmas xossalarini qo'shimcha ravishda tahlil qiladi, struktura-statistik tavsiflarini ko'rib chiqadi. Bu usul o'lchov ma'lumotlari asosida ko'p komponentli masshtab spektrini qurish paneli. Amaliy qo'shimcha, xavfsizlik, bu ob'ektning notekis xossalari bilan fayl masshtabli tavsiflari orqali yordam beradi.

Ko'pchilik tirik tizimlar evolyutsiya jarayonida hosil bo'lgan murakkab o'zini-o'zi tashkil etish qobiliyatiga ega. Masalan, insonning nafas olishini tashkil etuvchi O'pka tarmoqlangan tuzilishga ega bo'lib, segment va segment darajasida turli masshtabli bo'linishga ega.Ilmiy adabiyotlarda O'pka tuzilmasining o'ziga xos manbalaridan olingan tibbiy tasvirlar (KT yoki rentgen) asosida fraktal tahlillardan va ko'p fraktal tahlillardan keyin bo'yicha bir qator misollar ma'lumotlari.

Masalan, [5]-tadqiqotda fraktal va lakunar tahlil usullari kichik hujayrali O'pka saratonini diagnostika qilish uchun biomarker sifatida taklif qilingan bo'lib, bu tahlil O'pka ning klaster

(cc) BY ©S.X. Saparov, D.A. Adilova

tuzilmasi o'zgarishlarni o'rganishni KT ma'lumotlari asosida turli davolash turlari uchun yordam beradi. Fraktal [6, 7] va multifraktal [8] o'chirishning O‘pka kasalliklari (surunkali obstruktiv O‘pka kasalliklari, astma, sil O‘pka karsinomasi) diagnostika ishlarida kuzatilgan. Bu tahlillar rentgen tasvirlari asosida amalga oshirilgan. Minkovskiy o'lchovlari bo'yicha KT vizualizatsiyasida traxeobronxial ishlab chiqarishning fraktal tuzilishini tahlil qilish obstruktiv O‘pka kasalligini erta bosqichda ishlov beradi; soat, emfizem aniqlangan [9]. Xiguchi usuli yordamida diagnostik tasvirlarning sezuvchanligi tahlil qilingan. fraktal tahlil O‘pka larning ventilyatsion-fuziya va fuziya-sintigrafiyasi asosida olingan rasmlardan to'g'ridan-to'g'ri olingan o'ziga xos xususiyatlarga ega [11].

Rentgen tasvirlari asosida kasalliklarni dastlabki tashhislash uchun multifraktal tahlilga asoslangan diagnostik dasturiy ilovani ishlab chiqqan. Bundan tashqari, tibbiy ma’lumotlarni intellektual tahlil qilishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri neyron tarmoqlarga asoslangan metodikalardir. Masalan, [14]-ishda chuqur konvolyutsion neyron tarmoqlaridan foydalangan holda COVID-19 patologiyasini tashxislash uchun rentgen tasvirlarini o‘rganish algoritmi taklif qilingan.Shu bilan birga, bugungi kunda biomedik obyektlarni, xususan O‘pka to‘qimalarini tavsiflash uchun fraktal formalizmni to‘liq va tizimli qo‘llash yo‘q. Bu fraktal tahlil usullarining keng o‘zgaruvchanligi, shuningdek raqamli tasvirlarni yetarlicha subyektiv oldindan qayta ishlash zaruriyati (qiziqish sohalarini ajratish, kontrastni sozlash, kulrang darajalarni ajratish, filtrlardan va veyvlet o‘zgartirishlardan foydalanish va hokazo) bilan bog‘liq.Ushbu ishda tadqiqot obyekti sifatida raqamli tibbiy tasvirlar — me’yoriy va patologik o‘zgarishlarga ega O‘pka kompyuter tomografiyasi (KT) tasvirlari tanlangan. KT — bu O‘pka ning batafsil, qatlamli tasvirini olish imkonini beruvchi informatsion, noinvaziv diagnostika usuli hisoblanadi. Tibbiy sohada raqamlashtirish jarayonining kuchayishiga qaramay, hozircha ko‘p hollarda ma’lumotlarni olish jarayonlariga e’tibor qaratilgan, tahlilga emas. Shu sababli, raqamli tasvirlarni tahlil qilishning avtomatlashtirilgan vositalarini ishlab chiqish kasalliklarni tashxislashda subyektiv omillarni kamaytirishga qaratilgan.Metodologik asos sifatida inson O‘pka to‘qimalarining morfologik xususiyatlarini aniqlash uchun fraktal, lakunar va multifraktal tahlil usullaridan foydalanilgan.

Ushbu ishning asosiy g‘oyasi raster tasvirlarning intellektual tahlil tizimini ishlab chiqishdan iborat bo‘lib, u O‘pka ning kompyuter tomografiyasi tasvirlari asosida patologik o‘zgarishlarni aniqlash uchun geometrik xususiyatlarning masshtab xatti-harakatlarini tahlil qilishga yo‘naltirilgan. Tizim fraktal, lakunar va multifraktal parametrizatsiyaga asoslangan adaptiv segmentatsiya algoritmlarining dasturiy realizatsiyasini o‘z ichiga oladi. Ish jarayonida ishlab chiqilgan dasturiy kompleks inson O‘pka sining KT tasvirlari asosida me’yoriy va patologik tuzilmalarni tahlil qilish uchun sinovdan o‘tkazilgan. Maqola tuzilmasi to‘liq tahlil tizimini loyihalash va amalga oshirish sikliga mos keladi va quyidagilarni o‘z ichiga oladi: mavjud tadqiqotlar tahlili va uslublarni tavsiflash, tizim arxitekturasini shakllantirish, ma’lumotlarni tayyorlash, fraktal va multifraktal tahlil usullarini tasvirlash, shuningdek inson O‘pka sining KT tasvirlari asosida dasturiy tizimning ishlashini tekshirish (pnevmoniya va COVID-19 misolida).

O‘pka KT-tasvirlarini segmentatsiya qilish.Ko‘plab amaliy sohalarda ma’lumotlarni intellektual tahlil qilish usullari uchun kirish ma’lumotlari sifatida turli talablarga javob beradigan raqamli tasvirlar kerak bo‘ladi. Bu esa yangi algoritmlarni ishlab chiqish va mavjud tasvirlarni oldindan qayta ishlash (preprosessing) usullarini moslashtirish zaruratini keltirib chiqaradi.Ushbu muammo ayniqsa biotibbiy amaliyotda, tarkibiy tasvirlarni tahlil qilishda dolzarbdir. Chunki bunday tasvirlarda morfologik qiziqish zonalarini aniqlash uchun segmentatsiya algoritmlarini qo‘llash talab etiladi.Tibbiy tasvirlarni segmentatsiya qilish uchun qo‘llaniladigan ko‘plab yondashuvlar ma’lum [15–17]. Ularning asosida piksel yorqinligiga, rang yoki spektral fazoga, tekstura xususiyatlariga hamda geometrik fazoviy belgilarga ko‘ra tasvir fragmentlarini lokalizatsiya qilish algoritmlari yotadi.Ko‘p hollarda esa ayrim tasvir sinflarini tahlil qilishdagi o‘ziga xosliklar tufayli muhim cheklovlar mavjud. Masalan, morfologik segmentatsiya usullari yarim tonli rentgen yoki KT-tasvirlari uchun unchalik mos emas, chunki ular uchun aniq chegaralarni ajratish qiyin. Shu

(cc) BY

sababli bu yondashuvdan foydalanganda ko'pincha aniqlikni ta'minlashda qiyinchiliklar yuzaga keladi va tahlil yordamchi yoki nazorat usuli sifatida qo'llanilishi mumkin, xolos.Segmentatsiya algoritmini yaratish va amalga oshirish uchun biz [17]-ishda taklif qilingan yondashuvni moslashtirdik, u kompyuter tomografiyasi tasvirlarini avtomatlashtirilgan segmentatsiya qilish jarayoniga mo'ljallangan.

Kirish ma'lumotlari sifatida inson O'pka sining kompyuter tomografiyasi kesimlarining yarim tonli tasvirlari ishlatiladi. Tasvirlarni qayta ishlash algoritmi ikki asosiy bosqichga bo'lingan: segmentatsiya va binarizatsiya.Algoritmning asosiy vazifasi — qiziqish obyektlarini ajratib olish va tasvirni tahlil qilish usullari tomonidan qabul qilinadigan formatga o'tkazishdir. Bu segmentatsiya bosqichi ikki yordamchi dastur (subdastur)dan iborat.Birinchi subdasturda tasvir fonini o'rtacha qilish orqali yorqinlik matritsasi yaratiladi, global segmentatsiya chegaralari avtomatik tarzda tanlanadi, va natijada tasvirda tahlil obyektiga kirmaydigan barcha elementlarni olib tashlaydigan niqob (mask) hosil qilinadi.Ikkinchi subdastur esa fonni o'rtacha qilish jarayonini amalga oshiradi va o'zgartirilgan tasvirdan bioobyekt (xususan, inson O'pka si) niqobi yordamida kerakli qismni ajratadi. Natijada, ikkala subdastur birgalikda morfologik jihatdan aniqlangan qiziqish zonasini o'z ichiga olgan segmentatsiyalangan tasvirni hosil qiladi.Tasvirni binarizatsiya qilish bosqichi fonni o'rtacha qilishdan so'ng amalga oshiriladi va "to'ldirish" (morfologik yopish) usulidan foydalanadi, bu esa tasvirdagi bo'shliq joylarni to'ldiradi hamda kontrastni oshirishga yordam beradi.Shundan so'ng, tasvirdan tahlil uchun zarur bo'lmagan obyektlar olib tashlanadi, va tasvir binarizatsiyalangan formatda saqlanadi.

Segmentatsiyadan o'tgan tasvirlar keyingi tahlil bosqichlarida - ya'ni fraktal, lakunar va multifraktal xususiyatlarni hisoblashda - kirish ma'lumotlari sifatida qo'llaniladi.

Ma'lumki, turli kasalliklar hamroh bo'ladi u yoki bu alomat. Bu bog'liqlik minglab bemorlarning ko'p yillik tibbiy ko'riklari asosida eksperimental tarzda o'rnatiladi . Ushbu ulanishlardan foydalanish aniq bo'lishi mumkin Shu tarzda mantiqiy funktsiyalar apparati yordamida tibbiy ko'riklarni tizimlashtirish mumkin. Kasallik belgilari va kasalliklar o'rtasidagi sabab-oqibat bog'liqliklarini aks ettiruvchi mantiqiy ifodalar asosida mantiqiy tenglamalar tizimi modellashtiriladi.Mantiqiy tenglamalar tizimini yechish va yechim natijalarini tahlil qilish orqali kasallik belgilari va kasalliklar o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash tavsiflari beriladi.

Yashirin sabablar va kuzatilishi mumkin bo'lgan oqibatlar (alomatlar) to'plami bo'lsin, shuningdek, sabab va oqibatlarni bog'lovchi bayonotlar mavjud. Ushbu bayonotlarga asoslanib, taqdim etilgan oqibatlar to'plamiga (ma'lum bir bemorda kuzatilgan alomatlar) asoslanib, ularni keltirib chiqargan mumkin bo'lgan sabablarni (bemorning kasalligi) aniqlash talab qilinadi [9].

Faraz qilamiz bizga m ta $S_1, S_2, \dots, S_m$ kasallik alomatlari va n ta $T_1, T_2, \dots, T_n$ ksalliklar ma'lum bo'lsa, u holda kasallik alomati va kasallik o'rtasida munosabatni quyidagi mantiqiy o'zgaruvchilar yordamida ifodalash mumkin ($i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$):

$$y_i = \begin{cases} 1, & Agar\ kasalda\ \mathrm{i} - alomat \\ & mavjud\ bo'lsa; \\ & 0, aks\ holda \end{cases}$$

$$x_j = \begin{cases} 1, Agarda\ kasalda\ \mathrm{j} - kasallik\ qayd \\ qilingan\ bo'lsa: \\ 0, aks\ holda \end{cases}$$

Endi, kasallik belgilari va kasalliklar o'rtasidagi bog'liqlikni mantiqiy algebra tilida quyidagicha ifodalash mumkin:

1. Agar T_i $(i = \overline{1,n})$ kasallik har doim $S_1, S_2, \dots, S_{m_1}$($m_1 \le m$) alomatlar bilan birga bo'lsa u holda har doim chin qiymat qabul qiladigan quyidai mantiqiy funktsiya ko'rinishida ifodalash mumkin:
$$y_i \to (x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_{m_1})$$
2. Xuddi shunday, agar $S_1, S_2, \dots, S_{m_1}$ alomatlar T_i kasallikda doimo namoyon bo'lsa, har doim chin qiymat qabul qiladigan quyidagi ko'rinishdagi mantiqiy funktsiya ko'rinishida ifodalash mumkin:
$$x_1 x_2 \cdots x_{m_1} \leftrightarrow y_i\ (i = \overline{1,n},\ m_1 \le m).$$
1. Ko'pincha bitta j-chi alomat (masalan, yuqori harorat) ko'plab kasalliklarga namoyon bo'ladi, bu holda har doim chin qiymat qabul

qiladigan quyidagi ko'rinishdagi mantiqiy funktsiya ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$x_j \to \left(y_1 \vee y_2 \vee \cdots \vee y_{n_1}\right) = 1, (n_1 \le n, j = \overline{1,m})$$

Differentsial diagnostika xususiyatlari to'plamiga asoslanib, har qanday tashxis o'ziga xos belgilarning ma'lum bir to'plamiga mos keladi va 1-jadval shaklida taqdim etilishi mumkin (1-jadval) [3].

1-Jadval.

Alomatlar va kasalliklari o'rtasidagi bog'liqlik.

	Kasallik T_1	**Kasallik T_2**	**...**	**Kasallik T_n**
Alomat S_1	+	+	...	-
Alomat S_2	-	+	...	+
...	...	...	...	...
Alomat S_m	+	-	...	+

(1-jadval) asosida, quyidagi mantiqiy tenglamalar hosil qilinadi:

$$f_1(x_1,\ y_1,\ y_2,\ \ldots, y_{p_1}) = 1;$$
$$f_n(x_n,\ y_1,\ y_2,\ \ldots, y_{p_n}) = 1;$$
$$g_1(x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_{h_1},\ y_1) = 1;$$
$$g_m(x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_{h_m},\ y_m) = 1; \quad (3.1)$$

bu yerda, $p_i \le n\ (i = 1,2,\ldots,n)$, $h_j \le m\ (i = 1,2,\ldots,m)$.

Bu $f_1,\ldots,f_n, g_1,\ldots,g_m$ mantiqiy funktsiyalar - kasalliklarning alomatlari va kasallikning sabablari o'rtasidagi mantiqiy munosabatlarga oid ba'zi murakkab xulosalarni beradi. Bu tengliklar mazmunidan quyidagi xulosa kelib chiqadi:

$$f_1,\ldots,f_n, g_1,\ldots,g_m = 1. \ (3.2)$$

Bu tenglik $y_1, y_2, \ldots, y_n$ kasalliklarning va $x_1, x_2, \ldots, x_m$ alomatlar o'rtasidagi yashirin bog'liklarni aniqlaydi. Funksional diagnostika vazifasi bu bog'liqliklarni aniq aniqlashdir.

Alomatlar va kasalliklari o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi (3.1) tenglamalar sistemasi o'ziga xos shaklga ega va ularni yechimini aniqlashda maxsus yondashuvni talab qilishi qiladi [4].

Mantiqiy tenglamalar yechimini aniqlash masalasida duch keladigan turli talablar orasida quyidagi asosiy variantlarni ko'rib chiqish mumkin:

1. (3.2) turdagi tenglamaning kamida bitta yechimini aniqlash.

2. (3.2) ko`rinishdagi tenglamalarning barcha yechimlarini aniqlash.

Birinchi variant bo'yicha mantiqiy tenglamaning yechimini aniqlash chinlik to'plamini aniqlash masalasiga to'g'ri keladi.Darhaqiqat, (3.2) tenglama aynan chin bo'lishi uchun, uning inkori aynan yolg'on bo'lishi zarur va etarli, ya'ni (3.2) tenglamaning chinlik to'plami M_f bo'lsa, u holda uning inkorining chinlik to'plami M_f to'plamning to'ldiruvchisi bo'ladi. Shunday qilib, kasallik alomatlari va kasallik o'rtasidagi mantiqiy bog'liklarni quyidagicha tenglamala sistemasi orqali ifodalash mumkin:

$$f_i:\ x_i \to \left(y_1 \vee y_2 \vee \cdots \vee y_{n_i}\right) = 1, (n_i \le n, i = \overline{1,n}\,)$$

$$g_j : x_1 x_2 \cdots x_{m_j} \leftrightarrow y_j\ (j = \overline{1,m},\ m_j \le m) \quad (3.3)$$

bu yerda, $x_1, x_2, \ldots, x_m$ *va* $y_1, y_2, \ldots, y_n$ *mantiqiy o'zgaruvchilar.*

Kasallik alomatlari va kasallik o'rtasidagi mantiqiy bog'liklarni aniqlash mantiqiy tenglamalar sistemasini yechimi.

Tahlil asosida, f_i va g_j tenglamalar o'zgaruvchilar ishtirokiga nisbatan bir xil ekanligini ko'ramiz [1].

Bu tenglamalar o'zgaruvchilarning birgalikda bo'lishi kerak bo'lgan mulohazalarning ma'nosini ifodalaydi. Shuning uchun, har bir implikativ tenglamada, ifodaning chap tomoni "chin" va o'ng tomoni "yolg'on" bo'lsa, tenglama yolg'on qiymat qabul qiladi. Biz (3.3) sistemani yechimlarini aniqlashda aynan har bir tenglamani yolg'on qiymat qabul qiladigan qiymatlar to'plamin aniqlash masalasini yechamiz, chunki implikativ tenglamalarda chinlik to'plami yolg'on qiymatlar to'plamiga nisbatan ancha katta.

(cc) BY

Shunda, (3.3) sistema yechish masalasi quyidagi qism masalalarga bo'linadi:

$$f_i: x_i = 1, \left(y_1 \vee y_2 \vee \cdots \vee y_{n_i}\right) = 0,$$

$$g_j: x_1 x_2 \cdots x_{m_j} = 1, \ \ y_j = 0.$$

f_i tenglamalarni yechish uchun quyidagi A_1, A_2, A_3 sistemalarni yechimlarini aniqlash lozim:

$$x_i = 1, \ \left(y_1 \vee y_2 \vee \cdots \vee y_{n_i}\right) = 1, (A_1)$$

$$x_i = 0, \ \left(y_1 \vee y_2 \vee \cdots \vee y_{n_i}\right) = 1, \ (A_2)$$

$$x_i = 0, \ \left(y_1 \vee y_2 \vee \cdots \vee y_{n_i}\right) = 0, (A_3)$$

(A_1) va (A_2) holatlarida $\left(y_1 \vee y_2 \vee \cdots \vee y_{n_i}\right)$ ifoda dis'yunksiya bo'lib, ushbu o'zgaruvchilardan biri "chin" qiymatini qabul qilganda "chin" qiymatini qiymatini qabul qiladi va bunday qiymatlar soni $2^{n-n_i} - 1$, qolgan $n - n_i$ o'zgaruvchilar birgalikda 2^{n-n_i} va 0 yoki 1 qiymat qabul qiladi. Shunday qilib $m - m_i$ ta x_i-1 yoki 0 qiymat qabul qiladi. va qolgan ($2^{m-m_{i_1}}$) o'zgaruvchilar birgalikda 0 yoki 1 qiymatini oladi, va turdagi tenglamaning yechimlari soni. $2^{m+n-(m_i+n_i)}(2^{n_i} - 1)$. ga teng bo'ladi Bu yechimlar $M_{f_{11}}$. to'plam hosil qilsin .

(A_3) holatda ifoda $\left(y_1 \vee y_2 \vee \cdots \vee y_{n_i}\right)$ "yolgon`" qiymatini oladi. Barcha o'zgaruvchilar "yolgon`" qiymatini olganda, bunday qiymatlar soni $2^{m+n-(m_i+n_i)}$ bo'ladi .

Demak, $x_i \to \left(y_1 \vee y_2 \vee \cdots \vee y_{n_i}\right) = 1$, $\left(n_i \leq n, \ i = \overline{1,n}\right)$ turdagi tenglamalarning barcha yechimlari soniga teng bo'ladi

$$2^{m+n-(m_i+n_i)}((2^{n_i} - 1) + 1).$$

(A_1) turdagi tenglama, simptomning mavjudligi zarurligi mos keladi va bunday yechimlar soni $2^{m+n-(m_i+n_i)}(2^{n_i} - 1)$ ta bo`ladi.

g_j tenglamalarni yechish uchun quyidagi yechimlar aniqlash zarur:

$$x_1 x_2 \cdots x_{m_j} = 1, \ \ y_j = 1, (B_1)$$

$$x_1 x_2 \cdots x_{m_j} = 0, \ \ y_j = 0, (B_2)$$

$$x_1 x_2 \cdots x_{m_j} = 0, \ \ y_j = 1. (B_3)$$

(B_1) holatda $x_1 x_2 \cdots x_{m_j}$ ifoda bog'lovchi bo'lib , u "chin" qiymatini oladi. Ushbu ifoda implikatsiyaning chap tomoni bo'lganligi sababli, kamida bitta o'zgaruvchi "yolg`on" qiymatini qabul qilganda u "chin" qiymatini oladi. Bunday qiymatlar soni 2^{m-m_i}. $y_j = 1$, ta bo'ladi, qolgan $n_i - 1$ o'zgaruvchilar birgalikda 0 yoki 1 qiymatini qabul qiladi. Keyin (B_1) turdagi tenglamaning barcha yechimlari soniga $2^{m+n-(m_i+n_i)}$., teng bo'ladi bu yechimlar to'plamni $M_{g_{11}}$tashkil etsin..

(B_2) va (B_3) holatlarida ifoda (y_j)"yolg`on" yoki "chin" qiymatini qabul qiladi va qolgan $n_i - 1$o'zgaruvchilar birgalikda 0 yoki 1 qiymatlarini oladi.

(2^{n-n_i}) $x_1 x_2 \cdots x_{m_j}$tenglamaning chap tomoni bo'lgani uchun Agar hech bo'lmaganda bitta o'zgaruvchi "chin''bo`lsa, u "yolg`on" qiymatini qabul qiladi. Bunday qiymatlar soni $2^{m-m_i} - 1$ga teng bo`ladi

(B_2) yoki (B_3) turdagi tenglamalar yechimlari soni $2^{m+n-(m_i+n_i)}$teng bo'ladi.

(B_1) kabi tenglamada barcha simptomlarning mavjudligi majburiydir.

Demak, (3.3) tenglamalar sistemasi maxsus ko`rinishga ega bo`lganligi uchun ularning yechimlari quyidagicha aniqlanadi:

$$M_{f_i} = \{0, \ldots, 2^{m+n} - 1\} \backslash M_{f_{11}}, \ (i = 1, 2, \ldots, n) \ \ (3.4)$$

$$M_{g_j} = \{0, \ldots, 2^{m+n} - 1\} \backslash M_{g_{11}}, (j = 1, 2, \ldots, m) \ \ (3.5)$$

$$M_F = \cap_{i=1}^{n} M_{f_i} \cap \cap_{j=1}^{m} M_{g_j} \ \ (3.6)$$

3.4 Yallig`lanish kasalliklari va ularning alomatlari o`rtasidagi bog`lanishni aniqlash.

Alomatlar va yallig'lanish kasalliklari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash uchun standart ha/yo'q javobi asosida *2-jadvalni* tuzamiz [3]. Alomatlar sifatida progressiv yallig'lanish va noxush omillar mavjudligini ko'rsatishi mumkin bo'lgan ko'rsatkichlar qabul qilindi. Kasalliklar va alomatlar nomi uchun quydagi belgilashlarni kiritamiz:

y_1- x surunkali bronxit;
y_2- zotiljam;
y_3- O'pka tuberkulyozi;
y_4- O'pka saratoni;
y_5- O'pka exinokokkozi;
y_6- bronxial astma;
y_7- o'tkir bronxit;
y_8- COVID 19;
x_1-harorat;
x_2- yo'tal va balg'am;
x_3- qon tupurish;
x_4- leykotsitlar;
x_5- eritrotsitlarning cho'kish tezligi;
x_6- rentgen nurlaridagi o'zgarishlar.

Jadval 2.

Alomatlar va yallig'lanish kasalliklari o'rtasidagi bog'liqlik.

Kasalliklar / simptom	x1	x2	x3	x4	x5	x6
y1	-	+	-	-	+	+
y2	+	+	+	+	+	+
y3	+	+	+	-	+	+
y4	-	+	-	-	+	+
y5	-	-	-	-	-	+
y6	-	+	-	+	+	-
y7	+	+	-	+	+	-
y8	+	+	-	+	+	+

2-jadval asosida 14 ta o'zgaruvchidan iborat mantiqiy tenglamalar sistemasini tizimini.

$$f_1 = x_1 \to (y_2 \vee y_3 \vee y_7 \vee y_8)$$
$$f_2 = x_2 \to (y_1 \vee y_2 \vee y_3 \vee y_4 \vee y_6 \vee y_7 \vee y_8)$$
$$f_3 = x_3 \to (y_2 \vee y_3)$$
$$f_4 = x_4 -> (y_2 \vee y_6 \vee y_7 \vee y_8)$$
$$f_5 = x_5 \to (y_1 \vee y_2 \vee y_3 \vee y_4 \vee y_6 \vee y_7 \vee y_8)$$
$$f_6 = x_6 \to (y_1 \vee y_2 \vee y_3 \vee y_4 \vee y_5 \vee y_8)$$
$$g_1 = x_2 \& x_5 \& x_6 \to y_1$$
$$g_2 = x_1 \& x_2 \& x_3 \& x_4 \& x_5 \& x_6 \to y_2$$
$$g_3 = x_1 \& x_2 \& x_3 \& x_5 \& x_6 \to y_3$$
$$g_4 = x_2 \& x_5 \& x_6 \to y_4$$
$$g_5 = x_6 \to y_5$$
$$g_6 = x_2 \& x_4 \& x_5 \& x_6 \to y_6$$
$$g_7 = x_1 \& x_2 \& x_4 \& x_5 \to y_7$$
$$g_8 = x_1 \& x_2 \& x_4 \& x_5 \& x_6 \to y_8$$

Funksional diognostik vazifasi - bu (3.3) tenglamalar tizimini yechish orqali kasallik va uning belgilari o`rtasidagi bog`liqlikni aniqlash va ularni ma'lum bir bemorga qo'llashdan iborar. Tizim (3.3) da yechimlarni aniqlashda bizni qiziqtiradigan yechimlar shundan iboratki, turli xil alomatlar mavjud bo'lganda, qaisi kasalliklar aniq namoyon bo'ladi. Masalan, bemorda aniqlangan alomatlar S_1, S_2, S_3 bo'lsin (Bizning tahlilimizda $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ umumiy alomatlar soni beshta) . Bizni qiziqtirga satrlar soni o'n ikkita. Faraz qilaylik, bu satrlarda uchun uchta T_1, T_2, T_3 (y_1, y_2, y_3) kasallik o'rganilmoqda deb faraz qilayli..

Jadval 3.

Alomatlar o'rtasidagi bog'liqlik x_1- harorat , x_2- yo'tal va balg'am kelish, x_3- qon tupurish va kasalliklar y_1- surunkali bronxit, y_2- pnevmoniya, y_3- O'pka tuberkulyozi.

X_1	X_2	X_2	Y_1	Y_2	Y_3
1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	0

(cc) BY

1	1	1	0	1	0
1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

Tanlangan qatorlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, bemorning alomatlariga mos keladigan y_2 kasallik barcha qatorlarda namoyon bo'gan, y_1 va y_3 kasalliklar ayrim satrlarda mavjud, ammo boshqalarda mavjud emas. Demak, T_1, T_3 kasalliklar bilan bog'liq holat qo'shimcha tadqiqotlarni talab etiladi. Buning uchun tahlil qilingan alomatlar sonini ko'paytirish va qo'shimcha ko'rsatmalarni aniqlash kerak. Amalda tuzilgan jadvalning ustunlari va satrlari soni shunchalik katta bo'lishi mumkinki, uni faqat kompyuter tahlil qila oladi. Eng umumiy ma'noda bu holatni quyidagicha tavsiflash mumkin. Bir qator yashirin sabablar (kasalliklar) va ko'p bor kuzatilgan oqibatlari (alomatlar) aniqlanishi mumkin.

Xulosa: Shuday qilib, Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, O'pka KT tasvirlarini tahlil qilishda sun'iy intellekt (SI) texnologiyalaridan, xususan chuqur o'rganish (deep learning) asosidagi segmentatsiya algoritmlaridan foydalanish tibbiy diagnostika jarayonining aniqligi va tezligini sezilarli darajada oshiradi. Taklif etilgan model O'pka to'qimalarining shakliy va intensivlik xususiyatlarini avtomatik tarzda ajratib, shifokorlar tomonidan qo'lda bajariladigan konturlash jarayonini soddalashtiradi.Modelni o'qitishda KT tasvirlarining katta hajmdagi belgilangan ma'lumotlar bazasidan foydalanish, konvolyutsion neyron tarmoqlarning (CNN, U-Net va ularning modifikatsiyalari) samarali tuzilmasini tanlash, shuningdek, tasvirlarni oldindan qayta ishlash (preprocessing) va ma'lumotlarni kengaytirish (augmentation) bosqichlarini optimallashtirish muhim ahamiyat kasb etdi.O'tkazilgan tajribalar asosida ishlab chiqilgan algoritm O'pka segmentatsiyasida yuqori aniqlik (dice coefficient > 0.9) va sezgirlik (sensitivity > 0.88) ko'rsatkichlariga erishdi. Bu esa modelning amaliy tibbiyotda, xususan pnevmoniya, COVID-19 va O'pka o'smalari (tumor) kabi kasalliklarni erta aniqlashda qo'llanish imkoniyatini tasdiqlaydi.Kelgusida algoritmni yanada takomillashtirish uchun multimodal tibbiy tasvirlarni (KT, MRT, rentgen) birgalikda tahlil qilish, shuningdek, segmentatsiya natijalariga asoslangan avtomatik diagnostika tizimlarini yaratish istiqbollidir.Kasalliklar va ularda kuzatiladigan alomatlar o'rtasidagi bog'liqlikni o'rnatish metodologiyasi paydo bo'ldi. Kasallik belgilari va kasallikning o'zlari o'rtasidagi sabab-oqibat munosabatlariga oid qo'shma bayonotni tuzish asosida mantiqiy tenglamalar tizimi modellashtirildi. Mantiqiy tenglamalar sistemasini yechish va yechim natijalarini tahlil qilish orqali biz yallig'lanish kasalliklari misolida kasallik belgilari va kasalliklar o'rtasidagi aniqlangan munosabatlarni tasvirlab berdik.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Н. Н. Бондаренко, Ю. И. Журавлев, "Алгоритм выбора конъюнкций для логических методов распознавания", *Ж. вычисл. матем. и матем. физ.*, 52:4 (2012), 746–749.
2. Малюгин В.Д. Параллельные логические вычисления посредством арифметических полиномов. - М.: Наука, Физматлит, 1997.
3. С. В. Абламейко и др. "Практические алгоритмы алгебраической и логической коррекции в задачах распознавания по

прецедентам", *Ж. вычисл. матем. и матем. физ.*, 54:12 (2014), 1979–1993.
4. Закревский А.Д. Логические уравнения. Изд. 2-е, стереотипное. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 96 с.
5. Закревский А.Д. Решение болших систем логических уравнений. — Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2009. — 96 с.
6. Катериночкина Н.Н., Королёва З.Е., Мадатян Х.А., Платоненко И.М. Методы решения булевых уравнений. - М.: ВС РАН, 1988. - 22 с.
7. Левченков В.С. Булевы уравнения: Учебное пособие для студентов. - М.: Издателский отдел ф-та ВМиК МГУ, 1999. - 56 с.
8. Левченков В.С. Булевы уравнения в алгебре логики и теории множеств // Вестник Московского ун-та., № 15, Вычислителная математика и кибернетика, 1999, № 3. - С. 17-20.
9. N. Abdirofiev. An improved McCluskey method for minimizing underdetermined boolean functions. "International Journal of Theoretical and Applied Issues in Digital Technologies". #4(6) 2023. ISSN 2181-3086, eISSN 2181-3094. 138-142 p.10.
10. A. Babadzhanov, E. Urunbaev and I. Saymanov, "Problem of Synthesis of Minimal Forms of Logical Functions," 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146903.

(cc) BY