

FTAMP 28.23.37
ӘОЖ 004.93'14

<https://doi.org/10.55452/1998-6688-2024-21-3-37-47>

¹Мамырбаев О.Ж.,

PhD, қауымдастырылған профессор, ORCID ID: 0000-0001-8318-3794,

e-mail: morkenj@mail.ru

²Павлов С.В.,

т.ғ.д., ORCID ID: 0000-0002-0051-5560,

e-mail: psv@vntu.edu.ua

^{3*}Момынжанова К.Р.,

магистр, ORCID ID: 0000-0002-9981-5706,

e-mail: kymbat_momynzhanova87@mail.ru

¹Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, 050000, Алматы қ., Қазақстан

²Винница ұлттық техникалық университеті, 21000, Винница қ., Украина

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, 050040, Алматы қ., Қазақстан

ГЛАУКОМАНЫ ЕРТЕ ДИАГНОСТИКАЛАУ ҮШІН БҰЛЫҢҒЫР ЛОГИКАҒА НЕГІЗДЕЛГЕН САРАПТАМАЛЫҚ ЖҮЙЕ ҚҰРУ

Аңдатпа

Кескіндерге негізделген шешім қабылдау жүйелерінің қазіргі уақытта медицина саласындағы маңызы артып келеді. Кескіндер клиникалық зерттеулер үшін ауруларды диагностикалаудың негізгі құралдарының біріне айналды. Бұл мақалада біз көру жүйесінің басын зақымдайтын және көру қабілетінің қалпына келмейтіндей жоғалуына әкелетін глаукоманы емдеу туралы сөз қозғаймыз. Мақалада глаукоманы ерте диагностикалауға арналған жаңа бұлдыр сараптамалық жүйе ұсынылған. ОКТ бастапқы кескіндері алдымен кескіннің анық еместігін жою үшін тиісті сүзгілер арқылы алдын ала өңделеді. Содан кейін контурларды анықтау үшін Canny детекторы алгоритмі қолданылады. Осыдан кейін негізгі параметрлер анықталып, оптикалық диск пен ойықтың эллиптикалық формалары сәйкестендіріледі. Бұл операция Randomized Hough Transform арқылы жүзеге асырылады. Соңында, пациенттердің ауруын анықтау үшін бұлдыр логикалық тәсілдерге негізделген жіктеу алгоритмі ұсынылады. Біздің жүйе аспаптық параметрлерді де, қауіп факторларын да (жас, нәсіл, отбасы тарихы) ескереді, бұл глаукоманың болуы мүмкін деген болжамды нақтылауға маңызды үлес қосады. Ұсынылған жүйе қалыпты және глаукоматозды науқастардың офтальмологиялық кескіндерінің нақты деректер жинағында сыналған. Қолданыстағы басқа жүйелермен салыстырғанда тәжірибелік нәтижелер ұсынылған әдістердің артықшылығын көрсетеді. Бұрынғы әдістермен салыстырғанда, дұрыс болжамдардың пайызы 96%-дан асып, 1–9% жақсару көрсеткен.

Тірек сөздер: глаукома, шешім қабылдау жүйесі, офтальмологиялық суреттер, оптикалық жүйкенің басы, кескінді өңдеу, бұлыңғыр логика.

Кіріспе

Глаукома – бұл адамның көру қабілетін біртіндеп жоғалтуға әкелетін, оптикалық жүйке мен көздің басқа бөліктеріне тұрақты зақым келтіретін күрделі көз ауруы, ал бұл зақымдануларды қалпына келтіру мүмкін емес [1]. Ресми статистика деректеріне сәйкес, Қазақстан Республикасында глаукомамен алғашқы сырқаттанушылық 2010 жылы 100 мың тұрғынға шаққанда 70,8-ден 2014 жылы 96,1-ге дейін өсті. Бұл өсім Қазақстанда 2011 жылдың сәуірінен бастап глаукомаға халықты скринингтік тексеру бағдарламасын енгізумен немесе созылмалы инфекциялық емес аурулармен сырқаттанушылықтың жалпы өсуімен байланысты болуы мүмкін. Глаукома созылмалы ауру болғанымен, оның қазіргі уақытта емі жоқ. Шын мәнінде, бұл ауру «неврологиялық ауру» болып табылады, себебі жүйке клеткаларына зақым келіп, оны қалпына келтіру мүмкін болмайды [2, 3]. Сондықтан оны ерте диагностикалау

және емдеу көру қабілетін жоғалтудың алдын алуға көмектеседі [4]. Көру жүйкесінің басын офтальмоскопия немесе сканерлеуші лазерлік томография (SLT), сканерлеуші лазерлік поляриметрия (SLP) және оптикалық когерентті томография (OCT) сияқты сандық бейнелеу әдістері арқылы қолмен бағалау глаукоманы анықтауға арналған клиникалық құрал ретінде ұсынылады [5]. Алайда, олардың тиімділігіне қарамастан, бұл әдістердің құны жоғары болғандықтан, олар дәрігерлердің басым көпшілігіне қолжетімсіз [6].

Көз шарасының дискіге қатынасы (CDR) және «Төменгі, жоғарғы, беткі және самай» (ISNT) ережесі ОКТ-ны бағалау үшін негізгі екі көрсеткіш болып табылады. CDR оптикалық көз шарасы диаметрінің көру жүйкесі дискінің диаметріне қатынасы ретінде анықталады. Глаукома асқынған сайын көру жүйкесі талшықтары біртіндеп жоғалады. Осылайша, оптикалық көз шарасының көру жүйкесі дискінің диаметріне қатынасы үлкейіп, CDR жоғарылайды [7]. Осы зерттеудің нысаны болып табылатын Тунис сияқты дамушы елдерде CDR-ды офтальмолог әдетте қолмен өлшеу арқылы анықтайды. Дегенмен, ОКТ өзгерістерін қолмен бақылау көп уақытты қажет ететін процесс болып табылады және оның дәлдігі офтальмологтың тәжірибесіне байланысты өзгереді.

Көз шарасының дискіге қатынасын (CDR) есептеуге негізделген жүйені Чандрика және оның серіктестері ұсынды [8]. $CDR > 0,3$ глаукоманың бар екенін көрсетеді, ал $CDR \leq 0,3$ қалыпты кескін болып саналады. Бұл әдісті Собиа Наци және басқа да зерттеушілер қолданған [9]. Алайда, CDR көздің глаукоматозды екендігінің сенімді көрсеткіші болмауы мүмкін. Шын мәнінде, диск пен көз шарасының үлкен болуынан глаукома диагнозының қате қойылған жағдайлары да кездеседі, ал керісінше, көз шарасының кішкентай болуынан глаукоманың барын байқамаған жағдайлар да бар. Осыған байланысты, егер CDR дискінің мөлшерімен сәйкес келмесе, бұл әдісті қолдану шектеулі болуы мүмкін.

Бұл мақала глаукоманы көз түбінің кескіндерін қолдана отырып, 96,15% жіктеу дәлдігін қамтамасыз ететін жаңа әдіске негізделген. Ұсынылған әдіс алдыңғы салыстырмалы зерттеулердің дәлдігінен асып түседі [7, 11–12, 14, 15]. Мақалада офтальмологиялық кескіндердің компьютерлік талдауына арналған жаңа стратегия сипатталған, оның негізінде глаукоманы диагностикалауға қажетті параметрлерді алу және оптикалық папиллярды анықтау үшін кескіндерді өңдеу алгоритмдері жасалған.

Бұл параметрлер глаукомамен ауыратын науқастың жағдайын анықтау үшін бұлыңғыр логикалық механизмдерге негізделген математикалық алгоритмдер жасалатын келесі бөлімнің бастапқы деректері болады.

Негізгі ережелер

Бұл түрлендіру келесідей көрсетілген параметрлік эллипс теңдеуіне негізделген [16]:

$$ax^2 + 2bxy + cy^2 + 2dx + 2ey + f = 0 \quad (1)$$

Үлкен эллипс осінің екі шыңы болып саналатын әрбір жұп (x_1, y_1) және (x_2, y_2) жиек пикселдері үшін эллипс центрінің координаттары (x_0, y_0) , үлкен r_1 осінің ұзындығы және бағыты сәйкес теңдеулерді қолдана отырып есептеледі.

Содан кейін кіші осьтің ұзындығының жартысын анықтау үшін үшінші нүкте қажет, оны келесі теңдеумен бағалауға болады [17]:

$$r^2 = \sqrt{\frac{a^2 d^2 \sin^2 \tau}{a^2 - d^2 \cos^2 \tau}} \quad (2)$$

Мұндағы:

$$\cos \tau = \frac{a^2 + d^2 - f^2}{2ad} \quad (3)$$

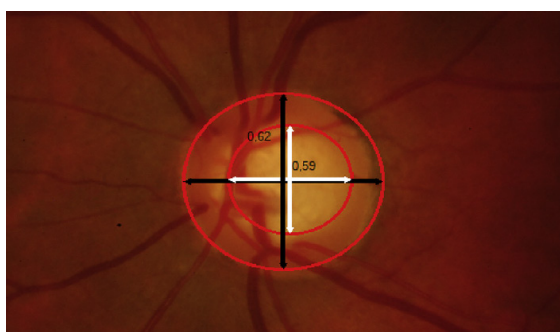
Мұндағы d – (x, y) және (x_0, y_0) арасындағы қашықтық, ал f – (x, y) және (x_2, y_2) арасындағы қашықтық.

Эллипстерді анықтау үшін бұл алгоритм параметрлердің бес өлшемді кеңістігін қажет етті. Тәуелсіз дискілер эллипстің болжамды параметрлері үшін бір-біріне тәуелсіз дауыс алады. Дауыс беру немесе жинақтау процесінің соңында әрбір диск сәйкес параметр үшін бір немесе бірнеше көпшілік дауысты береді, бұл сәйкес параметрлері бар фигураның сенімді дәлелі.

Материалдар мен әдістер

Бұл жұмыс үшін барлығы 104 кескін өңделді, оның 46-сы глаукомамен ауыратын науқастардың жағдайларын, ал 58-і 25 пен 82 жас аралығындағы қалыпты жағдайды білдіреді. Кескіндер JPEG пішімінде, ажыратымдылығы 3008×2000 пиксель. Сарапшылар жіберген оптикалық жүйкенің теориялық бейнелерінің кейбір мысалдары 3-суретте сипатталған. Түпнұсқа кескіндердің ажыратымдылығы өте жоғары болғандықтан, өңдеу уақытын қысқарту және әртүрлі ажыратымдылықтағы кескіндердің бірдей немесе өте ұқсас хәштерге ие болуын қамтамасыз ету үшін кескіндердің өлшемін 752×500 пиксельге өзгертуден бастадық. Содан кейін өлшемі өзгертілген көз түбінің кескіндері сұр реңкке түрлендіру, гистограмманы теңестіру және шуды сүзу арқылы алдын ала өңделеді.

Кейінгі өңдеу: Глаукоманы диагностикалаудың негізгі параметрлерін алу үшін көлденең және тік сызбаларды есептейміз. Бұл қадам дискінің пішіндерін және генерализацияланған Hough трансформациясы арқылы ойықтарды анықтауға бағытталған, сонымен қатар оптикалық дискінің диаметрі бойынша ойық диаметрін көлденең және тік бағытта бөлуді қамтиды. Бұл мәндер глаукоманы анықтауда маңызды факторлар болып табылады. 1-суретте осы операцияның нәтижелері көрсетілген.



Сурет 1 – CDR көлденең және тік есептеу

ISNT мәндерін өлшеу, S, N және T-нейро-торлы сақинаның төменгі, жоғарғы, мұқаба және уақытша бөліктері, олар төменгі бөлігінде ең кең, одан кейін жоғарғы бөлігінде, мұқаба жағында, содан кейін уақытша жағында болуы керек. Ол қалыпты жағдайларда ең жұқа болуы керек. Бұл шаралар науқастың жағдайы туралы айтады. Егер бұл мәндер жоғарыда сипатталған ережені қанағаттандырмаса, науқас глаукомадан зардап шегеді. Нәтиже 2-суретте көрсетілген.



Сурет 2 – I, S, N және T параметрлерін шығару және есептеу.

Көздің асимметриясын есептеу сол және оң көздің кескіндері сурет қораптарына салынып, диаметрлері есептелгендіктен, бұл фазада оң және сол көздің көлденең диаметрі арасындағы айырмашылық оның 0,2-ден жоғары екенін тексеру үшін есептеледі. Барлық алынған мәндер: Көлденең ЖӘНЕ тік CDR, ISNT параметрлері, екі көздің арасындағы асимметрия viatextbox-es пайдаланушысы үшін көрсетіледі, содан кейін қолданбаға байланыстырылған дерекқорда тіркеледі.

Бұлыңғыр логикаға негізделген шешім қабылдау алгоритмі.

Бұл бөліктің мақсаты-бұлыңғыр логикаға негізделген алгоритмді қолдана отырып шешім қабылдау үшін кескінді өңдеу бөлігінде алынған нәтижелерді өңдеу және талдау. Диагностика үшін бір параметрді қолдану бізге жалған нәтижелер береді. Шынында да, офтальмологтармен талқылаулар мен осы тақырыптағы зерттеулерден кейін біз бұл патологияның диагностикасы шешім қабылдауды қолдау жүйесінде ескеретін бірнеше параметрлерге негізделгенін түсінеміз.

Кесте 1 – «Тостағанша-диск» қатынасының мәндеріне сәйкес корпустарды жіктеу

	Қалыпты	Глаукомаға күдікті	Глаукоматозды
Тік CDR	0.541 (± 0.226)	0.657 (± 0.149)	0.776 (± 0.250)
Көлденең CDR	0.593 (± 0.187)	0.681 (± 0.0715)	0.797 (± 0.143)

Үш лингвистикалық айнымалы қолданылады: екі кіріс және шығыс.

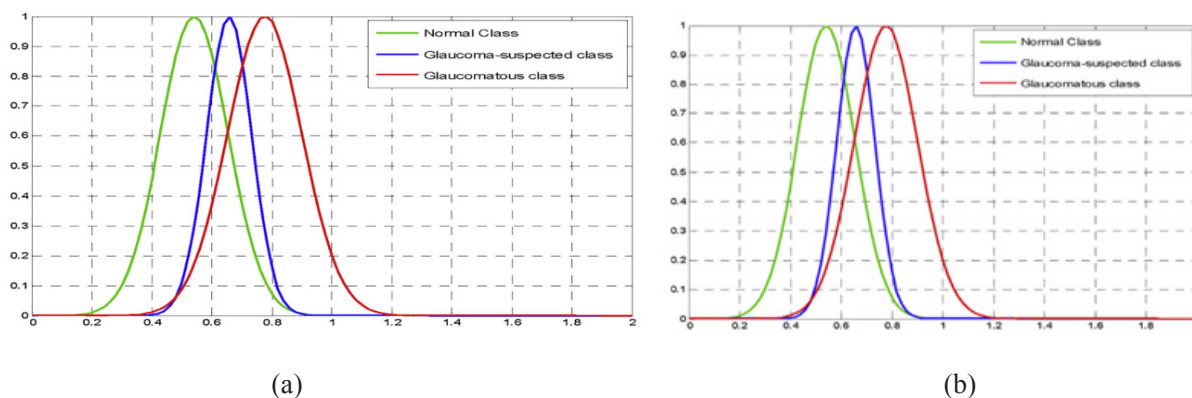
Кіріс тік және көлденең CDR болып табылады, әр жазба үшін дискурстың әмбебап мәні [2] аралығы болып табылады. Нәтижелер дискурсивті ғаламның интервалы болатын шешімді білдіреді [1].

Мүшелік функциялары. Кіріс функциялары. Адамдар тобының статистикалық зерттеулері үш түрлі жағдайдың бар екенін көрсетті: біріншісі-глаукомасы жоқ адамдардың жағдайы, екіншісі-глаукомаға күдікті науқастардың жағдайы және үшіншісі-глаукомасы бар адамдар тобы [19]. 1-кестеде топтардың тік және көлденең CDR мәндері бойынша жіктелуі көрсетілген.

Осы топтарды көрсету үшін біз келесі теңдеумен сипатталған Гаусс функцияларын қолдандық:

$$f(x) = \frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2} \quad (4)$$

Мұндағы σ - стандартты ауытқу, ал m – Гаусс функциясының орташа мәні. 2-кестеде әр тиістілік функциясының параметрлері, m_v және m_h сәйкесінше тік және көлденең CDR сипатталған.



Сурет 3 – Кіріс функциялары (a) CDR-ге тиесілі тік функция.
(b) CDR-ге көлденең мүшелік функциясы.

Жабдықтың шығыс функциясы.

Шығу мүшелігі функция анық емес қозғалтқыштың кірісіне және оның шығу ережелеріне сынақтар жүргізілгеннен кейін эмпирикалық түрде таңдалады. Оның құрамында екі класс бар: қалыпты және глаукоматозды. Белгіленген бірінші класс функциясы (қалыпты класс) сызықтық функция болып табылады, ал белгіленген екінші класс функциясы (глаукоматозды класс) аффиндік болып табылады. Олар сәйкесінше теңдеулермен сипатталады. (5) және (6):

$$f_N(x) = ax; a = 1 \quad (5)$$

$$f_G(x) = ax + b; a = -1 \quad b = 1 \quad (6)$$

Кесте 2 – Кіріс функциясының параметрлерінің сипаттамалық кестесі

	Қалыпты	Глаукомаға күдікті	Глаукоматозды
Тік қатынасты мүшелік функциясының орташа мәні m_v	0.541	0.657	0.776
Мүшелік функциясының тік қатынасты стандартты ауытқуы σ_v	0.113	0.0745	0.125
Көлденең қатынасты мүшелік функциясының орташа мәні m_H	0.593	0.681	0.797
Мүшелік функциясының көлденең қатынасты стандартты ауытқуы σ_H	0.0935	0.0357	0.0715

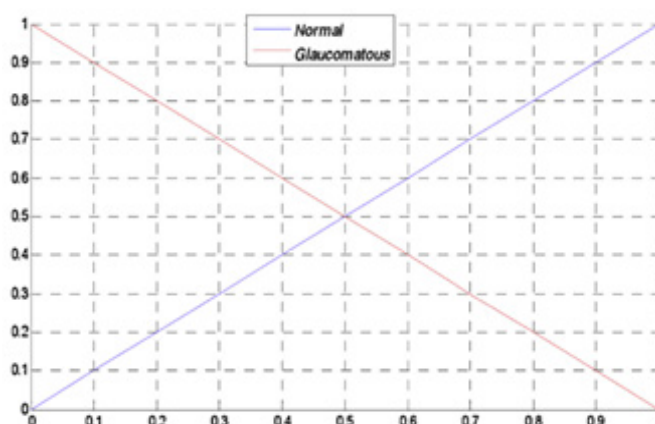
Бұлыңғыр ережелер

«Егер болса» ережелерін офтальмологтар бекітеді. Медициналық маңызы бар олар қазірдің өзінде глаукомадан зардап шегетін және көру қабілеті нашар глаукомаға күдікті адамдарды ажыратады Бұлыңғыр қозғалтқыш алты ережені қамтиды.

Егер тік қатынас қалыпты класына жатса, ал көлденең – қалыпты класқа, содан кейін науқас қалыпты.

Егер тік қатынас қалыпты класқа, ал көлденең қатынас глаукомаға күдікті класқа жатса, науқас қалыпты деп есептеледі.

Егер тік қатынас қалыпты класқа, ал көлденең қатынас глаукомаға күдікті класқа жатса, науқас қалыпты деп есептеледі.



Сурет 4 – Жабдықтың шығыс функциясы.

Егер тік қатынас глаукомаға күдікті класқа, ал көлденең қатынас қалыпты класқа жатса, онда пациент қалыпты.

Егер тік қатынас глаукоматоз класына жатса, ал көлденең қатынас глаукоматоз класына жатса, онда науқаста глаукома болады.

Егер тік қатынас глаукоматозды класқа, ал көлденең қатынас глаукомаға күдікті класқа жатса, онда науқаста глаукома болады.

Егер тік қатынас глаукомаға күдік туғызатын класқа жатса, ал көлденең қатынас глаукоматозды класқа жатса, онда науқаста глаукома болады.

Шығару әдісі

Бірнеше кластардан кейін «MAX PROD» әдісі ең дәл нәтиже берді. Бұл әдіс үшін AND, OR операторлары сәйкесінше келесідей анықталады:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (7)$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (8)$$

Бұл теңдеулерді бұлыңғыр жүйені жасаушы жоғарыда аталған бұлыңғыр ережелерді жазу үшін пайдаланады. Шын мәнінде, классикалық логика операторлары (and, or, they) бұлыңғыр логикада қолайсыз, сондықтан оларды математикалық операторлар (min, max және product) қайта анықтауы керек.

Ауырлық центрінің бұлыңғырлығы

Дефазификация интерфейсінің мақсаты шешім қабылдауға мүмкіндік беретін логикалық Шығыс механизмі есептеген бұлыңғыр жиынды бұлыңғыр мәнге түрлендіру болып табылады [18]. Ұсынылған қолданба аймақтың ортасында бұлыңғырлық әдісін қолданады. Ауырлық центрінің абсциссасын келесі жалпы теңдеу арқылы анықтауға болады [19]:

$$x_R^* = \frac{\int x_R \mu_R(x_R) dx_R}{\int \mu_R(x_R) dx_R} \quad (9)$$

Мұнда:

$$\mu_R(x_R) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_{C_i} * \mu_{O_i}(x_R i) \quad (10)$$

$\mu_{C_i} - R_i$ ережесінің мүшелік коэффициенті, ал μ_{O_i} – ережемен байланысты операцияның мүшелік функциясы.

(8) және (9) теңдеулер бұлыңғыр жиынды сипаттайтын мүшелік центроидтың абсциссасына сәйкес x_R^* деп белгіленген шығысты есептеу үшін қызмет етеді. Бұл операцияның мақсаты бұрын қорытындылау механизмімен есептелген бұлыңғыр жиынды бір бұлыңғыр мәнге түрлендіру, соған сәйкес соңғы шешім қабылданады.

Нәтижелер мен талқылау

Бұл жұмыс оптикалық жүйке басының зақымдануын азайту үшін глаукоманы ерте танудың тиімді әдісін ұсынады. Біз ұсынған әдіс көз түбінің 104 кескінінің 100-ін дұрыс жіктеуге мүмкіндік берді (58 қалыпты және 46 глаукоматозды кескін). Ұсынылған жүйенің жұмысын одан әрі тексеру үшін сезімталдықты, ерекшелікті, оң болжамдық мәнді (PPV), теріс болжамдық мәнді (NPV) және дәлдікті талдау жүргізілді, нәтижелер 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3 – Жіктеу нәтижелері

TP	45	Сезімталдық	97.82%
TN	55	Ерекшелігі	94.82%
FP	3	Дәлдігі	93.75%
FN	1	Теріс болжамды мән	98.21%
		Дәлдігі	96.15%

– Нағыз оң нәтиже (TP): біз ұсынған классификатор бойынша глаукоматозды деп жіктелген глаукомасы бар суреттердің саны.

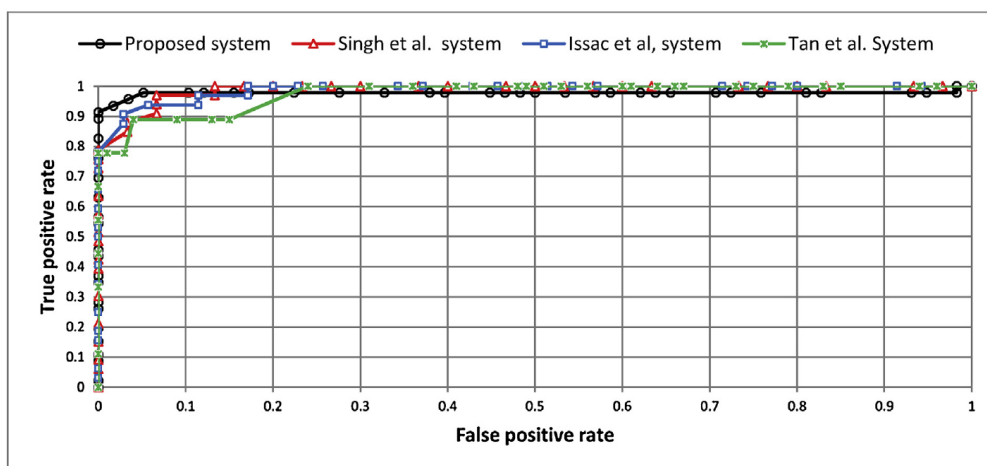
– Ақиқат теріс (TN): ұсынылған классификатор арқылы қалыпты деп жіктелген қалыпты кескіндер саны.

– Жалған оң нәтиже (FP): ұсынылған классификаторға сәйкес глаукоматозды деп жіктелген қалыпты кескіндердің саны.

– Жалған теріс (FN): ұсынылған классификаторға сәйкес қалыпты деп жіктелген глаукома кескіндерінің саны.

Әзірленген жүйелердің көпшілігі фундаментальды кескіндерден белгілерді алуға және әртүрлі жіктеу әдістерін қолдануға негізделген. Тірек векторлық аппараттың көмегімен глаукома 88%–95,2% дәлдікпен, 93% сезімталдықпен және 94,3%–96,7% ерекшелігімен анықталды [9, 14]. Жасанды нейрондық желі (ANN) 72%–94,7% дәлдікке қол жеткізді, 96,9% сезімталдық пен 93,3% ерекшелік. Бұл жұмыс жіктеу үшін белгілерді шығаруға және бұлыңғыр логикаға негізделген жаңа әдісті ұсынады. Бұл жүйе 96,15% дәлдікке, 97,8% сезімталдыққа және 94,8% ерекшелікке қол жеткізді. жіктеу нәтижелері 3-кестеде сипатталған.

Жіктеу тиімділігін талдау мақсатында біз жалған позитивтердің жиілігін оң нәтижелердің шынайы жиілігінің функциясы ретінде білдіретін қабылдағыштың жұмыс сипаттамаларының графигін (ROC) таңдадық. ROC қисықтары біздің алгоритмді тан және т.б. [10], Исаак және т.б. [14]. ROC қисықтарын алу үшін біз әр алгоритм үшін бірнеше шекті мәндерді тандаймыз және оларға сәйкес жалған позитивтілік пен шынайы оң нәтиже көрсеткіштерін есептейміз. 5-сурет жоғарыда аталған алгоритмдер арасындағы ROC қисығын салыстыруды көрсетеді.



Сурет 5 – Әр түрлі глаукома-диагностикалық жүйелер арасындағы ROC графигін салыстыру.

Мұның бәрі сандық кескінді өңдеу мен форманы танудың тиісті дамыған әдістерін қолдану және жасанды интеллекттің алгоритмдік әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылды.

Қорытынды

Осы зерттеу аясында глаукома ауруын анықтау алгоритмі іс жүзінде енгізілді. Бұл қауіпті ауру уақытында диагноз қойылмаса, соқырлыққа әкелуі мүмкін. Сондықтан біз осы патологияны анықтау үшін қажетті параметрлерді алуға мүмкіндік беретін кескінді өңдеу мен пішінді танудың әртүрлі әдістеріне негізделген автоматтандырылған диагностикалық жүйені әзірледік

Глаукоманы диагностикалау үшін осы жұмыста алынған сәйкестік жиілігін арттыру мақсатында авторлардың ағымдағы зерттеуі жасанды нейрондық желілерді пайдалану арқылы жасалатын шешімдерді қолдаудың келесі әдісін әзірлеуге бағытталған. Болашақта қан тамырлары желісінің конвергенциясын бақылау жұмыстары да жүргізіледі. Бұл шешімдер сыналғаннан кейін, екі әдістің әрқайсысы алған нәтижелерге сәйкес іске асыруда ең жақсы әдісіне тандау жасалады.

Қаржыландыру туралы ақпарат: Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (Грант № AP19675574).

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Dahl A.A. Glaucoma Causes, Symptoms. – Treatment & Surgery. – 2018. [online]. <https://www.medicinenet.com/glaucoma/article.htm>. [Accessed: 10-Available at: Mar-2018].
- 2 Nayak J., Acharya U.R., Bhat P.S., Shetty A., Lim T.C. Automated diagnosis of glaucoma using digital fundus images // J. Med. Syst. – 2009. – Vol. 33. – No. 5. – 7, Springer. – PP. 337–346.7.
- 3 Абышева Л.Д., Алдашева Н.А., Утельбаева З.Т. Сравнительная оценка методов лечения рефрактерной глаукомы // Вестник КазНМУ. – 2019. – № 3. – PP. 185–188.
- 4 Kourkoutas D., Karanasiou I.S., Tsekouras G.J., Moshos M., Iliakis E., Georgopoulos G. Glaucoma risk assessment using a non-linear multivariable regression method // Comput. Methods Programs Biomed. 2012. – Vol.108. – No. 3. – PP. 1149–1159.
- 5 Greany M.J. et al. Comparisons of optic nerve imaging methods to distinguish normal eyes from those with glaucoma Invest // Ophthalmol. Visual Sci. – 2002. – Vol. 43. – No. 1. – PP. 140–14.
- 6 Lachkar Y., Sellem E. La papille glaucomateuse en pratique // Laboratoire Chauvin Bausch & Lomb. – 2024. – No. 80.
- 7 Man Hua, Chenghao Zhub, Xiaoxing Lib, Yongli Xub. Optic Cup Segmentation from Fundus Images for Glaucoma Diagnosis. – Taylor & Francis, 2016. – PP. 1–8 [Online].
- 8 Chandrika S., Nirmala K. Analysis of CDR detection for glaucoma diagnosis // Int. J. Eng. Res. Appl. (IJERA). – 2013. ISSN: 2248-9622, NCACCT-19.
- 9 Sobia Nazi, Sheela N. Rao. Glaucoma detection in color fundus images using cup to disc ratio // Int. J. Eng. Sci. (IJES). – 2014. – Vol. 3. – No. 6. – PP. 51–58.
- 10 Kim P.Y., Iftekharuddin K.M. Novel fractal feature-Based multiclass glaucoma detection and progression prediction // IEEE J. Biomed. Health. Inf. – 2013. – Vol. 17. – No. 2.
- 11 Tan M.H., Sun Y., Ong S.H., Liu J., Baskaran M., Aung T., Wong T.Y. Automatic notch detection in retinal images : IEEE 10th International Symposium on Biomedical Imaging, April, San Francisco, CA, USA, 2013.
- 12 Yadav D., Sarathi M.P., Dutta M.K. Classification of glaucoma based on texture features using neural networks : IEEE 7th International Conference on Contemporary Computing, August, Noida, India, 2014.
- 13 Noronha K.P., Acharya U.R., Nayaka K.P., Martis R.J., Bhandary S.V. Automated classification of glaucoma stages using higher order cumulant features Biomed // Signal Process. Control. – 2014. – No. 10. – PP. 174–183.
- 14 Raja C., Gangatharan N. A hybrid swarm algorithm for optimizing glaucoma diagnosis // Comput. Biol. Med. – 2015. – No. 63. – PP. 196–207.
- 15 Ashish Issac, M. Partha Sarathi, Malay Kishore Dutta. An adaptive threshold based image processing technique for improved glaucoma detection and classification // Comput. Methods Programs Biomed. – 2015. – Vol. 122. – No. 2. – PP. 229–244.

16 Cosmin A. Basca, Mihai Talos, Remus Brad. Randomized hough transform forellipse detection with result clustering : IEEE International Conference onComputer as a Tool, Serbia & Montenegro, Belgrade, 2005.

17 Bennett N., Burrridge R., Saito N. A method to detect and characterize ellipsesusing the Hough transform // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 1999. – Vol. 21. – No. 7. – PP. 652–657.

18 Corine Schnyder, André Mermoud, et al. Glaucome. – Atlas En Ophtalmologie. – Elsevier, 2005. – PP. 463.

19 Van Broekhoven E., De Baets B. A comparison of three methods for computingthe center of gravity defuzzification : IEEE International Conference onFuzzy Systems, Budapest, Hungary, 2004.

REFERENCES

1 Dahl A.A. Glaucoma Causes, Symptoms. Treatment & Surgery, 2018. [Online]. <https://www.medicinenet.com/glaucoma/article.htm>. [Accessed: 10-Available at: Mar-2018].

2 Nayak J., Acharya U.R., Bhat P.S., Shetty A., Lim T.C. (2009) Automated diagnosis ofglaucoma using digital fundus images. J. Med. Syst., vol. 33, no. 5, pp. 337–346.7.

3 Abysheva L.D., Aldasheva N.A., Utel'baeva Z.T. (2019) Sravnitel'naja ocenka metodov lechenija refrakternoj glaukomy. Vestnik KazNMU, no. 3, pp. 185–188.

4 Kourkoutas D., Karanasiou I.S., Tsekouras G.J., Moshos M., Iliakis E., Georgopoulos G. (2012) Glaucoma risk assessment using a non-linear multivariable regression method. Comput. Methods Programs Biomed, vol.108, no. 3, pp. 1149–1159.

5 Greany M.J. et al. (2002) Comparisons of optic nerve imaging methods to distinguishnormal eyes from those with glaucomaInvest. Ophthalmol. Visual Sci., vol. 43, no. 1, pp. 140–14.

6 Lachkar Y., Sellem E. (2024) La papille glaucomateuse en pratique. Laboratoire Chauvin Bausch & Lomb, no. 80.

7 Man Hua, Chenghao Zhub, Xiaoxing Lib, Yongli Xub. (2016) Optic Cup Segmentationfrom Fundus Images for Glaucoma Diagnosis, Taylor & Francis, 2016, pp. 1–8. [Online].

8 Chandrika S., Nirmala K. (2013) Analysis of CDR detection for glaucoma diagnosis. Int. J. Eng. Res. Appl. (IJERA), ISSN: 2248-9622, NCACCT-19.

9 Sobia Nazi, Sheela N. Rao. (2014) Glaucoma detection in color fundus images usingcup to disc ratio. Int. J. Eng. Sci. (IJES), vol. 3, no. 6, pp. 51–58.

10 Kim P.Y., Iftekharuddin K.M. (2013) Novel fractal feature-Based multiclass glaucomadetection and progression prediction. IEEE J. Biomed. Health. Inf., vol. 17, no. 2.

11 Tan M.H., Sun Y., Ong S.H., Liu J., Baskaran M., Aung T., Wong T.Y. (2013) Automaticnotch detection in retinal images. IEEE 10th International Symposium onBiomedical Imaging, April, San Francisco, CA, USA.

12 Yadav D., Sarathi M.P., Dutta M.K. (2014) Classification of glaucoma based on texturefeatures using neural networks. IEEE 7th International Conference onContemporary Computing, August, Noida, India.

13 Noronha K.P., Acharya U.R., Nayaka K.P., Martis R.J., Bhandary S.V. (2014) Automatedclassification of glaucoma stages using higher order cumulant features Biomed. Signal Process. Control, no. 10, pp. 174–183.

14 Raja C., Gangatharan N. (2015) A hybrid swarm algorithm for optimizing glaucomadiagnosis. Comput. Biol. Med., no. 63, pp. 196–207.

15 Ashish Issac, M. Partha Sarathi, Malay Kishore Dutta. (2015) An adaptive thresholdbased image processing technique for improved glaucoma detection andclassification. Comput. Methods Programs Biomed., vol. 122, no. 2, pp. 229–244.

16 Cosmin A. Basca, Mihai Talos, Remus Brad. (2005) Randomized hough transform forellipse detection with result clustering. IEEE International Conference onComputer as a Tool, Serbia & Montenegro, Belgrade.

17 Bennett N., Burrridge R., Saito N. (1999) A method to detect and characterize ellipsesusing the Hough transform. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 21, no. 7, pp. 652–657.

18 Corine Schnyder, André Mermoud, et al. Glaucome (2005) Atlas En Ophtalmologie, p. 463.

19 Van Broekhoven E., De Baets B. (2004) A comparison of three methods for computingthe center of gravity defuzzification. IEEE International Conference onFuzzy Systems, Budapest, Hungary.

¹**Мамырбаев О.Ж.,**

PhD, ассоциированный профессор, ORCID ID: 0000-0001-8318-3794,

e-mail: morkenj@mail.ru,

²**Павлов С.В.,**

к.т.н., ORCID ID: 0000-0002-0051-5560,

e-mail: psv@vntu.edu.ua

^{3*}**Момынжанова К.Р.,**

магистр, ORCID ID: 0000-0002-9981-5706,

*e-mail: kymbat_momynzhanova87@mail.ru

¹Институт информационных и вычислительных технологий, 050000, г. Алматы, Казахстан²Винницкий национальный технический университет, 12000, г. Винница, Украина³Казахский национальный университет имени аль-Фараби, 050040, г. Алматы, Казахстан

СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННОЙ НА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКЕ, ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ГЛАУКОМЫ

Аннотация

В настоящее время системы принятия решений, основанные на изображениях, приобретают все большее значение, особенно в области медицины. Изображения стали фундаментальным инструментом для клинических исследований и диагностики заболеваний. В случае глаукомы, заболевания, которое может повредить головку зрительного нерва и привести к необратимой потере зрения, для ранней диагностики была разработана новая нечеткая экспертная система. Исходные изображения ОНН предварительно обрабатываются фильтрами для удаления шума, после чего используется алгоритм Canny detector для определения контуров. Затем извлекаются ключевые параметры путем идентификации эллиптических форм диска зрительного нерва и экскавации с использованием рандомизированного преобразования Хафа. Алгоритм классификации, основанный на нечеткой логике, используется для оценки состояния пациентов с учетом как инструментальных параметров, так и факторов риска, таких как возраст, раса и семейный анамнез. Система протестирована на наборе данных офтальмологических изображений, демонстрирующих значительное улучшение прогнозов по сравнению с существующими методами с точностью более 96% при выявлении случаев с подозрением на глаукому.

Ключевые слова: глаукома, система принятия решений, офтальмологические изображения, головка зрительного нерва, обработка изображений, нечеткая логика.

¹**Mamyrbayev O.Zh.,**

Ph.D., associate professor, ORCID ID: 0000-0001-8318-3794,

e-mail: morkenj@mail.ru

²**Pavlov S.V.,**

prof. Dr. Techn. Sc., ORCID ID: 0000-0002-0051-5560,

e-mail: psv@vntu.edu.ua

^{3*}**Momynzhanova K.R.,**

master, ORCID ID: 0000-0002-9981-5706,

e-mail: kymbat_momynzhanova87@mail.ru

¹Institute of information and computational technologies, 050040, Almaty, Kazakhstan²Vinnitsia National Technical University, 21000, Vinnytsa, Ukraine³Al-Farabi Kazakh National University, 050040, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF AN EXPERT SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC FOR EARLY DIAGNOSIS OF GLAUCOMA

Abstract

Nowadays, decision-making systems that rely on images are becoming increasingly crucial, especially in the medical field. Images have become a fundamental tool for clinical research and diagnosing illnesses. In the case of

glaucoma, a disease that can damage the optic nerve head and result in irreversible vision loss, a new Fuzzy Expert System has been developed for early diagnosis. Original ONH images are preprocessed with filters to remove noise, followed by using the Canny detector algorithm to detect contours. Key parameters are then extracted by identifying elliptical forms of the optic disc and excavation using the Randomized Hough Transform. A classification algorithm based on fuzzy logic is used to assess patients' conditions, taking into account both instrumental parameters and risk factors such as age, race, and family history. The system is tested on a dataset of ophthalmologic images, showing a significant improvement in predictions compared to existing methods, with over 96% accuracy in identifying cases suspected to have glaucoma.

Key words: Glaucoma, decision-making system, ophthalmic images, optic nerve head, image processing, fuzzy logic.

Мақаланың редакцияға түскен күні: 05.04.2024.