

И.Ж. Есенгабылов, **А.О. Алдабергенова**, **А.А. Оразбаева**,
А.М. Адамбекова, **Ғ.А. Жапсарбаев**
Zhetysu University, Талдықорған, Қазақстан
E-mail: ilias_e@mail.ru

ҚОЛЖАЗБА МӘТІНІН ТАНУ ҮШІН НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІҢ ПРАКТИКАЛЫҚ ҚОЛДАНЫЛУЫН ТАЛДАУ

Андатпа. Нейрондық желілер жалпы дәстүрлі әдістерді қолданғанда пайда болатын кемшіліктерді жою үшін пайдаланады және қолмен енгізілген мәтінді өңдеудің тиімді әрі оңтайландырылған алгоритмдерін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, осы саладағы нейрондық желілерді пайдалану қолданылатын тану алгоритмдерінің тиімділігін арттыру және пайдаланылған деректер көлемін айтарлықтай арттыруға алып келеді. Осыған байланысты нейрондық желілердің архитектурасын оңтайландыру - қолмен жазылған мәтінді тану контекстінде жоғары дәлдік көрсеткіштерін қамтамасыз етудің басым тәсілдерінің бірі болып саналады. Бұл мақалада қолжазба мәтінін танудың қазіргі құралдары сипатталады және әртүрлі мәселелерді шешу үшін қолданылатын нейрондық желілердің артықшылықтары сипатталады. Осыған қоса, қолжазба мәтінін тану үшін нейрондық желілердің түрлері баяндалып, нейрондық желілерде қолжазбаны пайдалану кезеңдері жайлы айтылады. Қазіргі уақытта қолданылып жүрген бірнеше үлгілердің мысалдары келтіріліп, осы саладағы қиындықтар мен даму тенденциялары талқыланады.

Түйінді сөздер. Қолжазба мәтінін тану; нейрондық желілер; табиғи тілді түсіндіру; көрнекі технологиялар; тану әдістері; нейрондық желінің архитектурасы; деректерді алдын ала өңдеу; мұғаліммен оқыту.

Кіріспе.

Қолжазба мәтінін танудың тиімді әдістерін әзірлеу мәселесі жасанды интеллект саласындағы, атап айтқанда табиғи тілді өңдеу және компьютерлік көру сияқты пәндердегі зерттеулердің ең басым және перспективалы бағыттарының бірі болып табылады. Мәтінді тану әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады, мысалы, поштаны автоматты түрде сұрыптау, қолмен жазылған банк чектерінің аутентификациясы, автоматтандырылған жеткізу жүйелерінде қолданылатын көрсетілген мекенжайларды тексеру, медициналық құжаттар және т.б. Алайда, бірқатар техникалық қиындықтарға байланысты қолжазбаны тиімді тану өзінің толық мүмкіндіктерін жүзеге асыра алмайды. Бұл кемшілік зерттелетін ғылыми мақаланың өзектілігін анықтайды, өйткені қазіргі уақытта қолмен жазылған мәтінді тану негізінде қолданылатын бағдарламалық қамтамасыз ету көлемінің өсуіне байланысты тиімді алгоритмдерді әзірлеу қажеттілігі туындайды. Бұл мәселені шешу үшін біз нейрондық желілерді пайдалануды ұсынамыз. Нейрондық желілер танудың жоғары деңгейіне қол жеткізу арқылы қолмен жазылған мәтінді өңдеудің дәстүрлі құралдарына тән кемшіліктер мен шектеулерді жоя алатын жаңа тәсілді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Мақалада қолжазба мәтінді тану кезінде нейрондық желілерді пайдалануға мүдделі зерттеушілер мен ізденушілерге қатысты өзекті мәселелер талқыланады.

Жұмыстың мақсаты – қолмен жазылған мәтінді тиімді тану мәселесін шешу үшін нейрондық желілердің жұмыс істеуінің қолданбалы аспектілерін көрсету. Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер анықталды: қолданылған қолжазбаны тану құралдарын сипаттау, нейрондық желілердің жұмыс істеуінің ішкі принциптерін талдау,

қолмен жазылған мәтінді тану үшін нейрондық желілердің мүмкіндіктерін пайдаланудың жалпы тәсілдерін салыстыру, оларды табысты пайдалану жағдайларын зерделеу және осы саладағы одан әрі даму және инновациялары мен перспективаларын талқылау.

Бұл зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы қолжазба мәтінін танудағы нейрондық желілердің қазіргі қолданысы туралы мәліметтерді синтездеу және жүйелеу арқылы қолжазба мәтінін тану мәселелеріне жаңа көзқарасты дамытуда.

Материалдар мен тәсілдер.

Қолжазба мәтінін тану және нейрондық желілерді пайдалану саласындағы жарияланған ғылыми әдебиеттерді талдауды қамтиды. Нейрондық желілерді қолданудың құралдары мен әдістері сараланып, оларды сәтті қолдану мысалдары талқыланады.

Машиналық оқыту – адамның интеллектісін қажет ететін іс-әрекеттерді жүзеге асыру үшін компьютерлерді пайдаланудың оңтайлы жолдарын зерттейтін білімнің күрделі ғылыми және инженерлік саласы. Ол машиналардың жаңа білімді өз бетінше алу және өңдеу, оны бұрыннан бар біліммен салыстыру және тиімді шешім қабылдау үшін пайдалану қабілетіне негізделген.

М.А.Киряков өз жұмысында машиналық оқытудың ең перспективалы бағыттарының бірі тереңдетіп оқыту екенін көрсетті. Тереңдетіп оқыту машиналық оқыту шеңберінде есептерді шешу үшін тиімдірек және күрделі алгоритмдерді пайдаланады.[1, б. 307]. Яғни, тереңдетіп оқытуды озық әрі инновациялық технология деп санауға болады. Соңғы уақытта бұл сала дербестендірілген деректер мен дауыстық хабарламаларды өңдеу және іздеу, табиғи тілде көрсетілген ақпаратты өңдеу, тіларалық машиналық аударма, мультимедиялық оқыту әдістері, іздеу технологиялары және басқа да көптеген аспектілерде айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізді. Қолданылатын тереңдетіп оқыту алгоритмдерінің арқасында машиналар интеллектуалдық белсенділік, аудио және бейне ақпаратты тану, бейнені танумен байланысты әртүрлі мәселелерді шешу сияқты адам әрекеттеріне еліктей алады. Жасанды интеллект технологиясын жүзеге асыру нысандарының бірі ретінде тереңдетіп оқыту әртүрлі практикалық және теориялық аспектілерді біріктіретін сала болып табылады. Мысалы, кескінді тану үдерісі саласындағы кейіпкерді тану сияқты мүмкіндікті жүзеге асырады. Кейіпкерді тану белгілі бір заңдылыққа негізделген танудан ғана емес, сонымен қатар кейіпкердің іс-әрекетінің логикасын танудан, бейне ақпараттарды өңдеуден, оның танымдық қабілеттерін талдаудан және т.б. тұрады. Зияткерлік технологиялардың дамуымен кейіпкерлерді тану әдістері үлкен дәрежеде дамып келеді. Бұған қоса, бұл процесс тану жылдамдығын да арттырады. Бұл тәсіл иероглифтік жазуда кеңінен қолданылады. Қарапайым кейіпкерді тану міндеті әдетте айтарлықтай жоғары жылдамдықпен сипатталады, ал күрделі кейіпкерді тану үлкен қиындықтарға тап болады, өйткені егер кейіпкер табиғи орта сияқты күрделі ортада болса, онда оның фоны бұлыңғыр болуы мүмкін де, ажыратымдылық салыстырмалы түрде төмен болады, ал жалпы кескін жарықтандыру қарқындылығының жеткіліксіздігімен сипатталады.

Нәтижелер.

Жоғарыда айтып өткендей, табиғи тілді өңдеу және компьютерлік көру саласындағы ең өзекті міндеттердің бірі қолжазба мәтінін тану (OCR, Optical Character Recognition) болып табылады. Нейрондық желі технологиялары, әсіресе, терең оқытудың дамуы тану жүйелерінің дәлдігі мен тиімділігін айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік туғызды.

OCR үшін қолданылатын нейрондық желілер келесі түрлерге бөлінеді:

Конволюциялық нейрондық желілер (CNN): CNN конволюциялар мен қосалқы үлгілерді пайдалану арқылы кеңістіктік белгілерді (мысалы, контурлар, текстуралар)

бөлектеу арқылы кескіндерді тиімді өңдейді. Бұл оларды қолжазба мәтінінің суретін талдауға өте ыңғайлы етеді.

Қайталанатын нейрондық желілер (RNN): RNN, әсіресе олардың lstm (Long Short-Term Memory) және GRU (Gated Recurrent Unit) сияқты нұсқалары дәйекті деректерді өңдеу үшін қолданылады. OCR тапсырмаларында оларды дәйекті таңбалар немесе сөздер арасындағы байланыстарды модельдеу үшін пайдалануға болады.

Трансформаторлар: BERT және GPT сияқты трансформаторлардың соңғы жетістіктері олардың OCR тапсырмаларына бейімделуі мүмкін екенін көрсетеді. Олар мәтіндік деректерді контексте өңдей алады, түсіну мен тану дәлдігін жақсартады.

Қолжазбаны тану үшін нейрондық желілерді келесі кезеңдерде қолданады:

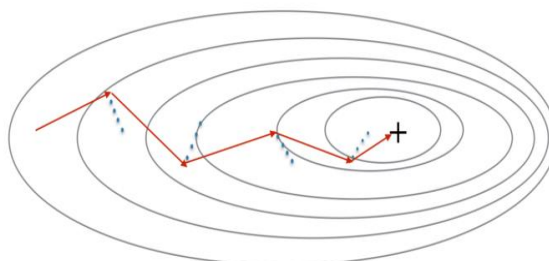
Деректерді жинау және дайындау: Модельдерді оқыту үшін аннотацияланған деректердің үлкен көлемі қажет. MNIST (сандар үшін) және IAM (ағылшын мәтіні үшін) сияқты танымал деректер жиынтығы зерттеу стандарттары ретінде қызмет етеді. Әдетте машиналық оқыту үшін пайдаланылады, бағдарламалар ондағы сандарды тануға үйретіледі (1-сурет).



1 сурет - MNIST (сандар үшін) деректер жиынтығы

Кескінді өңдеу: Бұл кезең тану сапасын жақсарту үшін кескіндерді қалыпқа келтіруді, өлшемін өзгертуді және түрлендіруді қамтиды. Оқу үлгісінің әртүрлілігін арттыру үшін деректерді күшейту әдістерін де қолдануға болады. Фотосуреттер немесе бейне кадрлар сияқты кіріс деректері кескін болып табылады және кескінді өңдеу шығыс кескінді алу үшін де жүзеге асырылуы мүмкін. Мысалы, бұл кезеңде басып шығаруға дайындау, телехабар тарату және т.б. жасалынады.

Нейрондық желіні оқыту: Модельдер Adam немесе SGD сияқты оңтайландырғыштарды (2-сурет) және жоғалту функцияларын (мысалы, дәйекті тану үшін CTC Loss) қолдана отырып, белгіленген мәліметтерден үйренеді.



2 сурет - SGD оңтайландырғышы

Тестілеу және валидация: Қайта оқытуды болдырмау және оның барлық жалпылау қабілетіне көз жеткізу үшін үлгіні жеке сынақ деректер жинағында мұқият тексеру керек және бұл өте маңызды кезең.

Енгізу және оңтайландыру: Тестілеуден кейін нейрондық желіні қолданбалы шешімге біріктіруге болады (мысалы, мобильді немесе веб-қосымшалар). Қажетті өңдеу жылдамдығына қол жеткізу және әртүрлі құрылғылармен жұмыс істеу үшін оңтайландыру қажет.

Қолжазба мәтінді тану тәсілдерінің алғашқы іске асырылуларының бірі әртүрлі математикалық-статистикалық модельдер мен алгоритмдерді пайдалану болды. Бұл тәсілдер модельдердің жіктелуі және олардың жеке сипаттамаларын пайдалану әдістеріне негізделген. Дегенмен, бұл тәсілдер өздерінің белгілі бір кемшіліктері мен шектеулерімен сипатталды, олар танудағы қателердің жоғары деңгейі мен қолжазба мәтіннің әртүрлі нұсқалары мен стильдерін тану барысында туындайтын қиындықтарды қамтиды. Өз еңбегінде А.А. Морозов «Нейрондық желілер ақпаратты өңдейтін және жіктеу мен үлгіні тану сияқты тапсырмаларды орындайтын көптеген өзара байланысқан нейрондардан тұратын адам миының жұмысын имитациялайтын машиналық оқыту саласындағы қуатты құрал», - деп айтып өткен [2, б. 5914].

Нейрондық желілерді пайдаланудың артықшылығы жоғары дәлдік, бейімделу және процестерді автоматтандыру болып табылады. Жоғары дәлдік - деректердің үлкен көлеміне үйретілген заманауи үлгілер қолжазбаны тану үшін жоғары дәлдік көрсеткіштеріне қол жеткізе алады. Бейімделу - нейрондық желілер әртүрлі тілдерге және жазу стильдеріне бейімделуі мүмкін, бұл олардың қолданылу аясын кеңейтуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, процестерді автоматтандыру үшін нейрондық желілерге сүйенетін жүйелер дәстүрлі әдістерге қарағанда үлкен көлемдегі деректерді жылдамырақ және тиімдірек өңдей алады.

Талқылау.

Қолжазба мәтінді тану үшін нейрондық желі архитектурасының әртүрлі түрлерін пайдалануға болады. Төменде қазіргі таңда қолданыста жүрген және әртүрлі өлшемдердегі бірнеше модельдерге сипаттама берілген.

28x28 пиксель: Бұл өлшем MNIST деректер жинағындағыдай қолмен жазылған сандарды тану үшін жиі пайдаланылады. Бұл модельдерді жылдам үйретуге және есептеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

32x32 пиксель: CIFAR-10 сияқты кейбір оқу деректер жиындарында жиі қолданылатын өлшем, мұндай кескіндерде нысандар мен олардың шағын вариациялары болады.

64x64 және 128x128 пиксельдер: Бұл өлшемдер үлкен көлемді кескін мәліметтерін сақтау қажет болғанда күрделірек тану тапсырмалары үшін пайдаланылады. Бұл таңбалардың құрылымы мен пішіні туралы қосымша ақпаратты қажет ететін тапсырмалар үшін пайдалы болуы мүмкін. Еліміздің көптеген қалаларында қолданылып жүрген «Сергек» сынды камераларда осы өлшемдер қолданылады.

224x224 пиксель және одан жоғары: VGG және ResNet сияқты көптеген заманауи архитектуралар үшін стандартты кіріс кескін өлшемі. Бұл өлшемдер жақсырақ тану сапасын қамтамасыз етеді және әртүрлі жоғары ажыратымдылығы бар қолданбаларға бейімделуі мүмкін.

Бір қабаттан екінші қабатқа өту кезінде алынған белгілер бір-бірімен сәйкес келмейтінін және осыған байланысты объектінің шығыс қабатын қосу қабаты бар арнайы нысан графигіне енгізудің қажеті жоқ екенін атап өткен жөн. Бұл әдісті қолдана отырып, сіз нысан графигіне әртүрлі нысандарды зерттеуге мүмкіндік бере аласыз және желіге асимметрия бере аласыз.

Т.В. Жуковтың зерттеулеріне сәйкес, берілген қолжазба мәтінді тану процесінде нейрондық желілерді тиімді пайдаланудың көптеген мысалдары бар. Мысалы, берілген қолмен жазылған мәтінді жоғары дәлдікпен тани алатын тиімді математикалық

алгоритмдер бар. Бұл алгоритмдер адам қызметінің әртүрлі салаларында, соның ішінде банктік, пошталық және медициналық қызметте белсенді түрде қолданылады [3, б. 258]. Н.Н. Самылкинаның жұмысында нейрондық желілер әртүрлі қолжазба стильдерінің өзгермелілігі мен әртүрлілігін өңдей алатынын атап өтеді. Бұл қабілет нейрондық желілерді қолмен жазылған мәтінді тану және өңдеудің тиімді құралына айналдырады. Қолжазба мәтінін тану процесінде қазіргі уақытта нейрондық желілерді қолдануда қол жеткізілген деңгейге қарамастан, әлі де шешілмеген белгілі мәселелер бар деп атап өтті [4, б. 22]. Сонымен қатар, О.М.Буркин «Нейрондық желілерді қолдану» атты еңбегінде нейрондық желілер өте жиі деректердің жеткіліксіз жиынтығымен немесе өңдеу үшін жеткілікті есептеу қуатын қажет ететін деректердің үлкен көлемімен жұмыс істейтінін жазды. [5, б. 55]. Дегенмен, жасанды интеллект технологияларының жетілдірілуіне және таңбаланған деректердің үлкен көлемінің болуына байланысты нейрондық желілер қолжазба мәтінін тану кезінде дәлірек және тиімдірек бола алады.

Қорытынды.

Қолжазба мәтінін тану үшін нейрондық желілерді практикалық қолдануды зерттеу, бұл технологияның әртүрлі салалардағы әлеуетін көрсетеді. Берілген қолжазба ақпаратының ең кішкентай айырмашылықтарын талдай және таба алатын тереңірек және күрделі нейрондық желілер құрылымдарын әзірлеу және енгізу бойынша үздіксіз зерттеулер жүргізілуде. Бұл жағдайда кескіндерді өңдеу үшін оңтайландырылған конволюционды нейрондық желілерді, сондай-ақ символдардың белгілі бір тізбегін өңдеу үшін арнайы оңтайландырылған қайталанатын нейрондық желілер деп аталатындарды пайдалану маңызды рөл атқарады.

Зерттеудің тағы бір маңызды бағыты - деректерді алдын ала өңдеудің оңтайлы әдістерін табу және енгізу. Бұл мәселені сәтті шешу сүзгілеу және деректерді алдын ала өңдеу әдістерін жетілдіруге әкеледі. Бұл өз кезегінде деректердің сапасын жақсартуға және оның салдары ретінде оларды тану процесіне оң әсер етеді. Айта кету керек, деректерді кеңейту әдісі нейрондық желілерді оқыту үшін қолданылады, бұл қолжазба мәтінінің әртүрлі мысалдарын жасауға мүмкіндік береді және оларды жазу стиліндегі өзгерістерге сенімдірек етеді. Нейрондық желілерді үйрету үшін қолжазбаның үлкен және әртүрлі деректер жиынынан тұруы да маңызды. Мұндай деректер жиынын қалыптастыру және таңбалау күрделі және жеткілікті уақытты қажет ететін тапсырма болып табылады, бірақ жоғары сапалы деректер пайдаланылған жағдайда, ол қолмен жазылған мәтінді тануда жоғары дәлдік дәрежесін қамтамасыз ететін маңызды факторға айналуы мүмкін. Деректерді жинау және таңбалау алгоритмдеріндегі жетістіктер, сондай-ақ үлкен деректер жинақтарын жүргізетін зерттеушілер мен зерттеу ұйымдары арасындағы ғылыми алмасу зерттеулердің осы бағытын айтарлықтай ілгерілетеді. Ақпараттық технология саласындағы зерттеушілер мен мамандардың алдында тұрған мәселелердің бірі – қолжазба мәтіннің әртүрлі нұсқаларын өңдеу мәселесі. Нақты өмірлік жағдайда берілген қолмен жазылған мәтін зақымдалуы немесе бұрмалануы, өлшемдері мен бағдарлары әртүрлі болуы, сонымен қатар қате деректер болуы мүмкін.

Қорытындылай келе, қолжазба мәтінін тану үшін нейрондық желілерді практикалық қолдануды зерттеу маңызды және өзекті бағыт екенін атап өткен жөн. Нейрондық желілер дәстүрлі әдістердің шектеулерін жоя отырып, жоғары тану дәлдігіне жетудің қуатты құралын ұсынады. Алгоритмдерді үздіксіз жетілдіру, деректердің қолжетімділігін арттыру және алдын ала өңдеудің озық әдістерін пайдалану арқылы нейрондық желілер қолжазба мәтінін тану процесін және оның әртүрлі салалардағы практикалық қолдануларын түбегейлі өзгертуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, A., & Haffner, P. (1998). «Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition». Proceedings of the IEEE, 86(11), 2278-2324.
- [2] Морозов А. А. Исследование нейронных систем для распознавания текстовых изображений // StudNet. – 2022. – Т. 5. – №. 6. – С. 5912-5920.
- [3] Khan, M. A., Badran, H. I. (2021). «Review of Optical Character Recognition Applications and Modern Techniques». Journal of Engineering Science and Technology Review, 14(5), 1-10.
- [4] Pal, U., & Mukherjee, J. (2012). «Challenges in Optical Character Recognition». International Journal of Computer Applications, 54(10), 7-12.
- [5] Буркин О. М. Применение нейронных сетей //теоретические и практические аспекты научных исследований. – 2019. – С. 54-57.

REFERENCES*

- [1] LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, A., & Haffner, P. (1998). «Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition». Proceedings of the IEEE, 86(11), 2278-2324.
- [2] Morozov A. A. Issledovanie nejronnyh sistem dlja raspoznavaniya tekstovyh izobrazhenij // StudNet. – 2022. – Т. 5. – №. 6. – S. 5912-5920.
- [3] Khan, M. A., Badran, H. I. (2021). «Review of Optical Character Recognition Applications and Modern Techniques». Journal of Engineering Science and Technology Review, 14(5), 1-10.
- [4] Pal, U., & Mukherjee, J. (2012). «Challenges in Optical Character Recognition». International Journal of Computer Applications, 54(10), 7-12.
- [5] Burkin O. M. Primenenie nejronnyh setej //teoreticheskie i prakticheskie aspekty nauchnyh issledovaniy. – 2019. – S. 54-57.

Ilyas Yessengabylov, candidate of pedagogical sciences, associate professor, Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan, Ilias_E@mail.ru

Aigul Aldabergenova, candidate of pedagogical sciences, associate professor, Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan, aigul_ao@mail.ru

Asel Orazbayeva, master's degree, Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan, asel.orazbaeva@mail.ru

Aizhan Adambekova, doctoral student, Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan, aizheke@gmail.com

Galymbek Zhasarbayev, doctoral student, Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan, zhapsarbay.galymbek@mail.ru

ANALYSIS OF THE PRACTICAL USE OF NEURAL NETWORKS FOR HANDWRITING TEXT RECOGNITION

Abstract. This article discusses the effectiveness of using neural networks for handwritten text recognition. Neural networks provide efficient and optimized algorithms for processing text written and entered by hand, overcoming the shortcomings that characterize common traditional methods. At the same time, it seems important to emphasize that increasing the efficiency of the recognition algorithms used and a significant increase in the volume of data used will have a positive impact on the prospects for the use of neural networks in this area. In this regard, optimization of the architecture of neural networks seems to be a priority approach to

ensure high accuracy rates in the context of handwritten text recognition. This article describes current tools for recognizing handwritten text and describes the advantages of neural networks used to solve various problems. In addition, the types of neural networks for recognizing the text of a manuscript are described and the stages of using a manuscript in neural networks are described. Examples of several models currently in use are provided, and challenges and future developments in this area are discussed.

Keywords. Handwriting recognition; neural networks; natural language interpretation; visual technologies; recognition methods; neural network architecture; data preprocessing; training with a teacher.

Ильяс Есенгабылов, к.п.н., ассоциированный профессор, Zhetysu University, Талдыкорган, Казахстан, Ilias_E@mail.ru

Айгуль Алдабергенова, к.п.н., ассоциированный профессор, Zhetysu University, Талдыкорган, Казахстан, aigul_ao@mail.ru

Асель Оразбаева, магистр, Zhetysu University, Талдыкорган, Казахстан, asel.oralbaeva@mail.ru

Айжан Адамбекова, докторант, Zhetysu University, Талдыкорган, Казахстан, aizheke@gmail.com

Галымбек Жапсарбаев, докторант, Zhetysu University, Талдыкорган, Казахстан, zhapsarbay.galymbek@mail.ru

АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА

Аннотация. В данной статье рассматривается эффективность использования нейронных сетей для распознавания рукописного текста. Нейросети предоставляют действенные и оптимизированные алгоритмы обработки текста, написанного и введенного вручную, преодолевая недостатки, характеризующие общепринятые традиционные методы. При этом представляется важным подчеркнуть, что повышение эффективности используемых алгоритмов распознавания и значительный рост объемов используемых данных окажет положительное влияние на перспективы использования нейросетей в этой сфере. В связи с этим, оптимизация архитектуры нейронных сетей представляется приоритетным подходом для обеспечения ими высоких показателей точности в контексте распознавания рукописного текста. В данной статье дается описание актуальных средств распознавания рукописного текста и описаны преимущества нейронных сетей, используемых для решения различных задач. Кроме того, описаны типы нейронных сетей для распознавания текста рукописи и описаны этапы использования рукописи в нейронных сетях. Приводятся примеры нескольких моделей, которые используются в настоящее время, и обсуждаются вызовы и перспективы развития в этой области.

Ключевые слова. Распознавание рукописного текста; нейросети; интерпретация естественного языка; визуальные технологии; методы распознавания; архитектура нейросетей; предобработка данных; обучение с преподавателем.

Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Received 14.08.2024

Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted 26.11.2024