



## EAST ALGORITMI ASOSIDA MURAKKAB FONLI TASVIRLARDAGI MATN HUDUDLARINI ANIQLASH MODELI

Asqarov Elbek Erkinjon o'g'li,

Qo'qon universiteti Raqamli texnologiyalar va matematika kafedrasida o'qituvchisi.

[e.e.asqarov@kokanduni.uz](mailto:e.e.asqarov@kokanduni.uz)

+998930969697

DOI: <https://doi.org/10.54613/ku.v18iC.1738>

### MAQOLA HAQIDA/О СТАТЬЕ

**Qabul qilindi:** 16-iyun 2026-yil

**Tasdiqlandi:** 18-iyun 2026-yil

**Jurnal soni:** 18-C

**Maqola raqami:** 26

### KALIT SO'ZLAR/КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

EAST algoritmi, STR, scene text recognition, scene text detection, murakkab fonli tasvirlar, matn lokalizatsiyasi, matnni tanib olish, IoU, F1-score

### ANNOTATSIYA/АННОТАЦИЯ

Ushbu ilmiy ishda murakkab fonli tasvirlardagi matn hududlarini aniqlash EAST algoritmi asosida amalga oshirildi. Turli xil tasvirlarda matnlar noteks joylashuvi va tasvirning sifati yorug'lik yetishmasligi, shriftlarning turli xil uslubda bo'lishi kabi omillar ta'siri natijasida tasvirdagi matnlarni aniqlash qiyinchiliklari kelib chiqadi. Shunday sabablarga ko'ra matn tanib olishda avval hududlari tanib olish va STR modelidan foydalanilish kerak bo'ladi. Ushbu tadqiqotdan East algoritmi asosida hududlarni aniqlash va STR usuli bilan matnning mazmunini tanib olish modeli ishlab chiqilgan. Model quyidagi bosqichlardan iborat: birinchi bosqichda tasvirni qayta ishlash, EAST algoritmi uzatish, matn joylashgan joylashuvini aniqlash, keyingi bosqichda takroriy freymlarni aniqlash va uni filtrlash, bundan keyingi bosqichda esa ajratib olingan hududlarni alohida ajratib olish va STR orqali matnni tanib olishdan iborat. Modelning samaradorligini esa precision, recall, f1-score, IoU kabi aniqlash mezonlari yordamida baholash amalga oshirildi. Bunda EAST algoritmi tasvir ichidagi matn joylashgan hududlarni tezkor va aniq aniqlash imkonini beradi. STR modeli esa ajratib olingan matn hududlaridagi belgilar ketma-ketligini mazmunli matn ko'rinishida tanib olishga xizmat qiladi. Taklif etilgan yondashuv murakkab fon, turli ranglar, notekis yoritilish va shrift xilma-xilligi mavjud bo'lgan tasvirlarda ham samarali ishlashga yo'naltirilgan. Tadqiqot jarayonida matn hududlarini aniqlash va tanib olish bosqichlarining o'zaro bog'liqligi model natijalariga bevosita ta'sir qilishi aniqlandi. Shuningdek, ajratilgan hududlarning sifati STR orqali tanib olish aniqligini oshirishda muhim omil hisoblanadi. Natijada, ishlab chiqilgan model tasvirlardagi matnlarni avtomatik aniqlash va ularning mazmunini tanib olish jarayonini takomillashtirishga xizmat qiladi.

### ABOUT THE PAPER

**Accepted:** 16 June 2026

**Approved:** 18 June 2026

**Volume:** 18-C

**Paper number:** 26

### KEYWORDS

EAST algorithm, STR, scene text recognition, scene text detection, complex background images, text localization, text recognition, IoU, F1-score

### ANNOTATION

In this scientific work, the detection of text regions in images with complex backgrounds was carried out based on the EAST algorithm. In different images, the location of texts and the quality of the image, such as insufficient lighting, and the use of different fonts, make it difficult to detect texts in the image. For these reasons, it is necessary to first recognize regions and use the STR model in text recognition. In this study, a model for detecting regions and recognizing text content using the STR method was developed based on the EAST algorithm. The model consists of the following steps: the first step is to process the image in the first stage, transfer it to the EAST algorithm, determine the location of the text, in the next stage, detect and filter repeated frames, and in the next stage, separate the extracted regions and recognize the text through STR. The effectiveness of the model was evaluated using recognition criteria such as precision, recall, f1-score, and IoU. The EAST algorithm enables fast and accurate detection of text regions within an image. The STR model is used to recognize the sequence of characters in the extracted text regions and convert them into meaningful textual content. The proposed approach is aimed at achieving effective performance in images with complex backgrounds, different colors, uneven illumination, and various font styles. During the research, it was found that the relationship between text region detection and text recognition stages directly affects the overall performance of the model. In addition, the quality of the extracted text regions plays an important role in improving the recognition accuracy of the STR model. As a result, the developed model contributes to improving the process of automatic text detection and content recognition in images.

**Kirish.** Hozirgi raqamli dunyoda raqamli tasvirlardan matnli axborotni avtomatik ajratib olish masalasi computer vision va sun'iy intellekt sohasining muhim tadqiqot yo'nalishlaridan biriga aylandi. Ayniqsa, murakkab fonli tasvirlarda joylashgan matnlarni aniqlash va tanib olish shahar infratuzilmasi monitoringi, transport tizimlari, reklama tahlili, xavfsizlik nazorati va mobil ilovalarda katta amaliy ahamiyatga ega. Scene text detection va scene text recognition yo'nalishlari chuqur o'rganish texnologiyalari rivojlanishi bilan sezilarli darajada takomillashtirib, tasvirlardagi matnni aniqlash va tanib olish jarayonini avtomatlashtirish imkoniyatlarini kengaytirdi. Long va boshqa olimlar tomonidan ayib o'tilganidek, deep learning texnologiyalarining rivoji scene text detection va recognition yo'nalishida yondashuvlar metodlar va natijalarning yangilanishiga olib keldi [1].

Murakkab fonli tasvirlarda matnni aniqlash oddiy hujjat tasvirlaridagi matnni tanib olishdan anchagina farq qiladi. Bu kabi tasvirlarda matn turli burchaklarda joylashishi va fonga aralashib ketishi, yorug'lik darajasi turli taqsimlanish, shrift ko'rinishi va o'lchami har xil bo'lishi mumkin. Kuzatilishi mumkin bo'lgan holatlarda matn xira yoki ayrim qismi yopilgan boshqa bir jismlar bilan birga tasvirlangan bo'ladi. ICDAR 2015 Robust Reading Competition doirasida ham incidental scene text va foydalanuvchi oldindan maxsus tayyorlanmagan real tasvirdagi matnlari yuqori darajadagi xilma-xillik, murakkablik mavjud ekani ko'rsatilgan [2].

Tasvirlar bilan ishlash jarayoni ikki asosiy bosqichdan iborat: birinchisi — matn joylashgan joylashuvini aniqlash, ikkinchi bosqich esa aniqlangan hududdagi matnni tanib olish. Birinchi bosqich scene text detection deyiladi va u tasvirda matn mavjud bo'lgan hududlarni lokalizatsiya qilishga xizmat qiladi. Ikkinchi bosqich esa STR — Scene Text Recognition bo'lib, u aniqlangan matn hududidagi belgilar yoki so'zlarni tanib olishga qaratiladi. Shi Bai va Yao tomonidan taklif qilingan CRNN arxitekturasi scene text recognition vazifasida feature extraction sequence modeling va transcription bosqichlarini bir modelda jamlash bilan muhim yo'nalishdan biri sifatida ko'rsatilgan [3].

Mazkur tadqiqotda matn hududlarini aniqlash uchun EAST algoritmidan foydalaniladi. EAST — Efficient and Accurate Scene Text Detector algoritmi matn hududlarini aniqlashda ortiqcha oraliq bosqichlarni kamaytirib, so'z yoki matn qatorlari joylashuvini bevosita bashorat qilishga asoslanadi [4]. Zhou va boshqalar tomonidan taklif etilgan EAST algoritmi fully convolutional network asosida matn hududlari uchun ehtimollik va geometrik koordinatalarni hosil qiladi va Non-Maximum Suppression yordamida ortiqcha freymlarni filtrlab yakuniy matn hududlarini ajratadi [4].

EAST algoritmining afzalligi shundaki, u matnni lokalizatsiya qilish jarayonini soddalashtiradi va murakkab fonli tasvirlarda turli burchaklarda joylashgan matn hududlarini aniqlashga imkon beradi. Biroq EAST

algoritmi matn mazmunini tanib bermaydi; u faqat matn joylashgan hududni aniqlaydi. Shu sababli aniqlangan matn hududlaridan keyingi bosqichda STR yondashuvi orqali matn tanib olish zarur bo'ladi. Scene text recognition sohasida RARE va ASTER kabi modellar notekis, egri yoki perspektiva buzilishiga ega matnlarni tanib olishda rectification, ya'ni matn tanishga qulay shaklga keltirish g'oyasidan foydalanadi [5], [6].

Mavjud tadqiqotlarda scene text detection va scene text recognition ko'pincha alohida vazifalar sifatida o'rganilgan. Biroq real amaliy tizimlarda bu ikki bosqich o'zaro uzviy bog'liq hisoblanadi. Agar matn hududi noto'g'ri aniqlansa, keyingi STR bosqichida ham tanib olish xatoligi ortadi. Deep TextSpotter kabi tadqiqotlarda detection va recognition bosqichlarini yagona end-to-end tizim sifatida ko'rib chiqish samarali natija berishi mumkinligi ko'rsatilgan [7]. Shuning uchun EAST algoritmi va STR yondashuvini yagona model doirasida ko'rib chiqish murakkab fonli tasvirlardan matnli axborotni ajratib olish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Ushbu maqolaning dolzarbligi murakkab fonli tasvirlarda matn joylashgan hududlarni aniqlash va aniqlangan hududlardagi matnli STR orqali tanib olish jarayonini bosqichma-bosqich model sifatida ishlab chiqish bilan amalga oshiriladi. Ko'cha belgisi reklama banneri do'kon peshtaxtalari mashina raqami kabi tasvirlarda matnli aniqlash haqiqiy axborot tizimlari uchun ahamiyatga ega. Shu bois mazkur maqolada EAST algoritmi va STR yondashuvi asosida murakkab fonli tasvirlardagi matnli aniqlash va tanib olish modeli taklif etiladi.

Tadqiqot gipotezasi — EAST algoritmi yordamida matn joylashuvini aniqlash va STR orqali aniqlangan hududlardagi matnli tanib olish murakkab fonli tasvirlarda matnli axborotni ajratib olish samaradorligini oshiradi. Biroq modelning aniqlik darajasi tasvir sifati fon murakkabligi yorug'lik darajasi matn o'lchami shrift turi va matnning joylashuviga bog'liq bo'ladi.

Maqolaning maqsadi — EAST algoritmi va STR yondashuvi asosida murakkab fonli tasvirlardagi matnli aniqlash va tanib olish modelini ishlab chiqish model bosqichlarini ilmiy jihatdan asoslab berish uning samaradorligini baholash mezonlarini belgilashdan iborat.

Maqolaning yuqorida ko'rsatilgan maqsadidan kelib chiqib quyidagi vazifalar belgilandi murakkab fonli tasvirlarda matnli aniqlash va tanib olish muammosining dolzarbligini asoslash EAST algoritmining matn hududlarini aniqlashdagi vazifasi va ishlash mexanizmini tahlil qilish STR yondashuvining aniqlangan matn hududlarini tanib olishdagi o'rinni yoritish EAST va STR asosida murakkab fonli tasvirlardan matnli axborotni ajratib olish modelini ishlab chiqish, model samaradorligini Precision, Recall, F1-score, IoU, tanib olish aniqligi va qayta ishlash vaqti mezonlari asosida baholashni amalga oshirish.

**Adabiyotlar tahlili.** Murakkab fonli tasvirlarda matnli aniqlash va tanib olish masalasi computer vision sohasida muhim tadqiqot yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Long, He va Yao tomonidan olib borilgan tadqiqotda scene text detection va scene text recognition yo'nalishlari deep learning texnologiyalari rivojlanishi bilan sezilarli darajada takomillashgani ta'kidlanadi [1]. Ushbu yondashuvlar real muhitda olingan tasvirlarda matn joylashgan hududni aniqlash va keyinchalik uni tanib olish imkonini beradi.

Zhou va boshqalar tomonidan taklif etilgan EAST algoritmi matn hududlarini aniqlashda samarali yondashuvlardan biri sifatida qaraladi [2]. Mazkur algoritmi matn yoki matn qatorlari joylashuvini tasvirdan bevosita aniqlashga qaratilgan bo'lib, ortiqcha oraliq bosqichlarni kamaytiradi. EAST algoritmi matn hududlarini aniqlash bosqichida qo'llanadi, ya'ni u tasvirdagi matn mazmunini emas, balki matn joylashgan hudud koordinatalarini aniqlaydi.

Matn hududi aniqlangandan keyin keyingi bosqichda STR — Scene Text Recognition yondashuvi qo'llanadi. Shi, Bai va Yao tomonidan ishlab chiqilgan CRNN modeli tasvirdagi belgilar ketma-ketligini tanib olish uchun feature extraction, sequence modeling va transcription bosqichlarini yagona modelda birlashtiradi [3]. Shu sababli CRNN murakkab fonli tasvirlardan ajratib olingan matn hududlarini tanib olishda muhim yondashuvlardan biri sifatida baholanadi.

Murakkab fonli tasvirlarda matn har doim ham tekis va aniq joylashmaydi. Ayrim holatlarda matn qiyshaygan, egri, perspektivasi buzilgan yoki noaniq ko'rinishda bo'lishi mumkin. Bunday holatlarni hisobga olgan holda Shi va boshqalar RARE modelini taklif qilgan bo'lib, unda matnli tanishdan oldin uni tanishga qulay shaklga keltirish, ya'ni rectification jarayoni qo'llanadi [4]. ASTER modeli ham rectification va recognition bosqichlarini birlashtirib, murakkab shakldagi matnlarni tanib olishga qaratilgan [5].

So'nggi yillarda scene text detection yo'nalishida an'anaviy bounding box regressiyasiga asoslangan yondashuvlardan tashqari segmentatsiya va transformerga asoslangan zamonaviy usullar ham keng rivojlanmoqda. Shunday yondashuvlardan biri DBNet bo'lib, u matn hududlarini aniqlashda differensiallanuvchi binarizatsiya modulidan foydalanadi. Ushbu yondashuvda thresholding jarayoni modelning o'zi tomonidan o'rganiladi va murakkab post-processing bosqichlariga ehtiyoj kamayadi. Shu sababli DBNet real vaqtga yaqin ishlovchi, murakkab fonli tasvirlarda matn hududlarini aniqlash uchun samarali yondashuvlardan biri sifatida qaraladi [8].

Matn hududlari har doim ham to'g'ri to'rtburchak shaklda bo'lmaydi. Reklama bannerlari, do'kon peshlavhalari, ko'cha yozuvlari va turli dizayn elementlarida matn egri, qiyshaygan yoki murakkab shaklda joylashgan bo'lishi mumkin. Bunday holatlar uchun PSENet modeli taklif etilgan bo'lib, u progressiv masshtab kengaytirish strategiyasiga asoslanadi. PSENet matnning kichik yadro sohalarni aniqlab, keyinchalik ularni bosqichma-bosqich kengaytirish orqali to'liq matn hududini tiklaydi. Bu yondashuv egri va murakkab shakldagi matnlarni aniqlashda muhim ahamiyatga ega [9].

Matnli tanib olish bosqichida esa transformerga asoslangan STR modellari yuqori natijalar bermoqda. PARSeq modeli scene text recognition vazifasida permuted autoregressive sequence modeling yondashuvidan foydalanadi. Bu model matnli faqat chapdan o'ngga o'qish bilan cheklanmay, turli o'qish tartiblarini o'rganish orqali belgilar orasidagi kontekstual bog'liqlikni yaxshiroq hisobga oladi. Shu sababli PARSeq qiyshaygan, qisman buzilgan yoki murakkab fonli tasvirlardagi matnlarni tanib olishda an'anaviy ketma-ketlik modellariga nisbatan moslashuvchanroq hisoblanadi [10].

Ushbu tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki zamonaviy matn aniqlash va tanib olish tizimlari uchun asosiy yo'nalishda rivojlanmoqda: real vaqtga yaqin ishlovchi tezkor deteksiya, murakkab shakldagi matn hududlarini lokalizatsiya qilish va kontekstga asoslangan matnli tanib olish. Shu sababli EAST, DBNet yoki PSENet kabi deteksiya modellari CRNN, ASTER yoki PARSeq kabi STR modellari bilan uyg'unlashtirish murakkab fonli tasvirlardagi matnli aniqlash va tanib olish uchun yanada to'liq yechim yaratadi.

**Metodologiya.** Ushbu tadqiqot doirasida murakkab fonli tasvirlardagi matnlarni yuqori aniqlikda lokalizatsiya qilish va o'qish maqsadida EAST (Efficient and Accurate Scene Text detector) algoritmi hamda STR (Scene Text Recognition) yondashuvini o'zaro birlashtirgan ko'p bosqichli yaxlit model ishlab chiqildi. Umumiy tadqiqot jarayoni bir nechta mantiqiy bosqichlarni o'z ichiga oladi: ma'lumotlarni yig'ish va toifalash, tasvirlarga dastlabki ishlov berish, matn hududlarini aniqlash, ularni ajratib olish, STR yordamida matnli tanib olish va olingan natijalarni kompleks baholash.

Jarayonning birinchi qismida matn joylashgan hududlarni koordinatalar orqali aniq belgilab olish (lokalizatsiya) uchun EAST algoritmi qo'llaniladi. Ta'kidlash joizki, EAST algoritmi matnning mazmunini o'qimaydi, balki tasvirdagi yozuv qismlarini topib, keyingi bosqich uchun "xomashyo" tayyorlab beradi. Ikkinchi qismida esa STR yondashuvi yordamida ushbu kesib olingan hududlardagi belgilar ketma-ketligi tahlil qilinib, haqiqiy matn ko'rinishida tanib olinadi.

Tadqiqot uchun material sifatida matnlar turli rangli fonlarda, turfa burchak ostida, shuningdek, turli shrift va o'lchamlarda berilgan murakkab tasvirlar to'plami tanlab olindi. Tajribalar ishonchligini ta'minlash maqsadida ko'cha belgilari, reklama bannerlari, do'kon peshlavhalari va avtomobil davlat raqamlari aks etgan 100 ta tasvirdan iborat maxsus ma'lumotlar bazasi shakllantirildi.

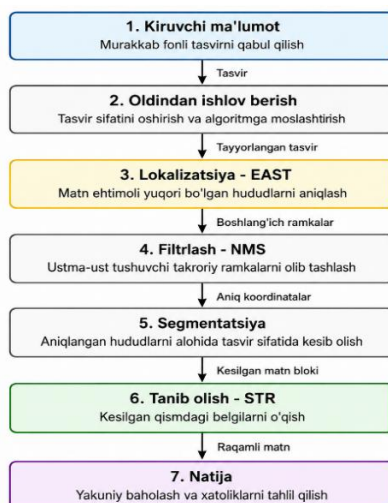
1-jadval.

Tadqiqot uchun tanlangan tasvirlar to'plami

Tasvir turi	Tasvirlar soni	O'ziga xos xususiyatlari (Tavsifi)
<b>Ko'cha belgisi</b>	25 ta	Yo'l, manzil ko'rsatkichlari va ogohlantiruvchi yozuvlar
<b>Reklama banneri</b>	25 ta	Rang-barang murakkab fon va turli shriftli matnlar
<b>Do'kon yozuvi</b>	25 ta	Peshlava, xizmat nomlari, turlicha joylashuv burchagi
<b>Avtomobil raqami</b>	25 ta	Standart shakldagi, kichik hajmli matnli obyektlar
<b>Jami</b>	<b>100 ta</b>	<b>Turli darajadagi murakkab fonli matnli tasvirlar</b>

Ushbu to'plam modelning turli sharoitlarda qanday ishlashini xolis baholash imkonini beradi. Masalan, reklama bannerlarida fon shovqini yuqori bo'lsa, avtomobil raqamlarida matn o'lchami muammo tug'dirishi mumkin.

Taklif etilayotgan kompleks model mantiqan bir-birini to'ldiruvchi ikkita yirik moduldan tashkil topgan. Modelning ishlash ketma-ketligi quyidagi algoritim asosida amalga oshadi:



(1-rasm. EAST algoritmi va STR yondashuvi asosida murakkab fonli tasvirlardagi matnni aniqlash va tanib olish arxitekturasini)

Tasvirlarni to'g'ridan-to'g'ri neyron tarmoqqa kiritishdan oldin ularning sifati va formati standartlashtiriladi. Murakkab fon, xiralik, notekis yorug'lik va matnning fon bilan rangdosh bo'lib qolishi kabi omillar model ishiga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi uchun quyidagi amallar bajariladi. Tasvir o'lchamlarini tarmoqning kirish qatlami talabiga moslashtirish. Rang formatini standart holatga (RGB/Grayscale) keltirish. Gaus yoki boshqa filtrlar yordamida xira va shovqinli tasvirlarni tozalash. Matn va fon o'rtasidagi farqni oshirish uchun kontrastni kuchaytirish.

Dastlabki tayyorgarlikdan o'tgan tasvir EAST tarmog'iga uzatiladi. Algoritim har bir pikselni tahlil qilib, uning matn qismi bo'lish ehtimolini hisoblaydi va natijada matn ehtimollik xaritasi hamda hududlarning geometrik koordinatalarini generatsiya qiladi [2]. Bu jarayon yakunida model uch xil ma'lumotni taqdim etadi: ehtimoli yuqori bo'lgan hududlar, ularni o'rab turuvchi ramka koordinatalari va har bir ramkaning ishonchlilik (confidence) darajasi.

EAST algoritmining ishlash prinsipi bitta matn ustida bir nechta o'xshash yoki ustma-ust tushuvchi ehtimoliy ramkalarni yaratishi mumkin. Ushbu ortiqcha ma'lumotlarni tozalash va har bir so'z uchun faqat bitta, eng to'g'ri ramkani saqlab qolish maqsadida Non-Maximum Suppression (NMS) usuli qo'llaniladi. NMS bosqichidan so'ng olingan toza va yakuniy koordinatalar asosida tasvirdagi matnli bloklar kesib olinib, keyingi bosqichga uzatiladi.

Ushbu hal qiluvchi bosqichda lokalizatsiya qilingan matnli bloklar STR modeliga kiritiladi. Tizim tasvirdagi vizual belgilarni raqamli matnga (string) aylantirib beradi. Bunga CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network) kabi samarali arxitekturalar orqali erishiladi [3]. Agar tasvirdagi matn qiyshiq yozilgan yoki perspektiva jihatdan buzilgan bo'lsa, aniqlik darajasini tushirmaslik uchun RARE va ASTER kabi tasviri tekislovchi (rectification) maxsus modullardan ham foydalanildi [4], [5].

Ishlab chiqilgan tizimning samaradorligi ikki mustaqil yo'nalishda: **aniqlash sifati** (EAST) va **tanib olish sifati** (STR) bo'yicha baholandi.

2-jadval.

**Model samaradorligini baholash mezonlari**

Mezon	Ilmiy mazmuni va vazifasi
<b>Precision (Aniqlik)</b>	Model tomonidan topilgan matn hududlarining qanchasi haqiqatdan ham to'g'ri ekanligini ko'rsatadi.
<b>Recall (Qamrov)</b>	Tasvirdagi mavjud haqiqiy matnlarning qanchasi model tomonidan muvaffaqiyatli topilganini bildiradi.
<b>F1-score</b>	Precision va Recall ko'rsatkichlarining o'rtacha garmonik qiymati bo'lib, umumiy muvozanatni ifodalaydi.
<b>IoU (Intersection over Union)</b>	Haqiqiy va model aniqlagan ramkalarining o'zaro ustma-ust tushish (kesishma) darajasini o'lchaydi.
<b>STR accuracy</b>	O'qilgan matnning asl matnga (ground truth) qanchalik mos kelishini foizda hisoblaydi.
<b>Processing time</b>	Bitta tasviri to'liq sikldan o'tkazish (aniqlash va o'qish) uchun sarflangan vaqt (FPS yoki ms).

Taklif etilgan model samaradorligini baholashda matn hududlarini aniqlash va matnni tanib olish bosqichlari alohida ko'rib chiqiladi. Matn hududlarini aniqlash bosqichi Precision, Recall, F1-score va IoU mezonlari asosida baholanadi.

$$Precision = TP / (TP + FP)$$

$$Recall = TP / (TP + FN)$$

$$F1-score = 2 \times (Precision \times Recall) / (Precision + Recall)$$

$$IoU = Area\ of\ Overlap / Area\ of\ Union$$

Bu yerda TP – to'g'ri aniqlangan matn hududlari, FP – matn deb noto'g'ri aniqlangan obyektlar, FN – model aniqlay olmagan haqiqiy matn hududlari hisoblanadi. IoU formulasida Area of Overlap – kesishma yuzasi, Area of Union – birlashma yuzasini bildiradi.

Matnni tanib olish, ya'ni STR – Scene Text Recognition bosqichining aniqligi quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$STR\ accuracy = (To'g'ri\ tanib\ olingan\ so'zlar\ soni / Umumiy\ so'zlar\ soni) \times 100\%$$

Mazkur mezonlar EAST algoritmi asosida matn hududlarini aniqlash sifati hamda STR yondashuvi orqali matnni tanib olish natijalarini kompleks baholash imkonini beradi.

Tadqiqot davomida shuni hisobga olish kerakki, modelning yakuniy natijasi har ikki bosqichning ishlash sifatiga chambarchas bog'liq. O'ta

murakkab fon, yorug'likning yetishmasligi yoki qisman to'silib qolgan yozuvlar kabi omillar EAST algoritmining matnni to'g'ri lokalizatsiya qilishiga to'sqinlik qilishi mumkin.

Eng asosiy metodologik cheklov shundan iboratki, tizim kaskad (ketma-ket) tamoyilida ishlaydi: agar EAST algoritmi matn hududini noto'g'ri kesib olsa yoki umuman topa olmasa, STR bosqichi ham muqarrar ravishda xato ishlaydi. Shu sababli, maqolaning keyingi bo'limlarida har bir bosqichning xatolik darajasi alohida tahlil qilinadi va o'zaro ta'siri muhokama qilinadi.

**Natijalar.** Tajriba murakkab fonli tasvirlardagi matn hududlarini aniqlash va tanib olish modelining samaradorligini baholashga qaratildi. Tajriba to'plami ko'cha belgisi, reklama banneri, do'kon yozuvi va avtomobil raqami aks etgan 100 ta tasvirdan iborat shakllantirildi. Har bir tasvirda mavjud matn hududlari belgilandi va model aniqlagan ramkalar haqiqiy hududlar bilan solishtirildi.

Baholash ikki bosqichda amalga oshirildi: EAST algoritmi orqali matn hududlarini aniqlash sifati va STR yondashuvi orqali tanib olingan matnning to'g'rilik darajasi tahlil qilindi. Natijalar Precision, Recall, F1-score, IoU, STR accuracy va qayta ishlash vaqti mezonlari asosida baholandi.

Tajriba ma'lumotlari tarkibi

Tasvir turi	Tasvirlar soni	Matn bloklari soni	Asosiy murakkablik omili
Ko'cha belgisi	25	38	Masofa va yorug'lik o'zgarishi
Reklama banneri	25	54	Rang-barang fon va turli shriftlar
Do'kon yozuvi	25	41	Turli burchak va bezakli yozuvlar
Avtomobil raqami	25	25	Kichik o'lcham va harakat xiraligi
<b>Jami</b>	<b>100</b>	<b>158</b>	<b>Murakkab fonli matnli tasvirlar</b>

**Tasvir turlari bo'yicha natijalar**

Tajriba natijalari model eng barqaror natijani avtomobil raqamlari va ko'cha belgilarida berganini ko'rsatdi. Reklama bannerlari va do'kon

yo'zuvlarida esa rang-barang fon, turli shriftlar va matnning qiyshaygan joylashuvi aniqlash hamda tanib olish sifatiga ta'sir ko'rsatdi.

Tasvir turlari bo'yicha EAST va STR natijalari

Tasvir turi	Soni	Precision	Recall	F1-score	IoU	STR accuracy	Vaqt, ms
Ko'cha belgisi	25	0.89	0.86	0.87	0.78	87.5%	145
Reklama banneri	25	0.81	0.76	0.78	0.69	79.6%	162
Do'kon yozuvi	25	0.85	0.82	0.83	0.74	83.1%	151
Avtomobil raqami	25	0.93	0.90	0.91	0.84	91.2%	138
<b>Umumiy natija</b>	<b>100</b>	<b>0.87</b>	<b>0.84</b>	<b>0.85</b>	<b>0.76</b>	<b>85.4%</b>	<b>149</b>

**Baholash ko'rsatkichlari tahlili**

Umumiy natijalarga ko'ra, model Precision bo'yicha 0.87, Recall bo'yicha 0.84 va F1-score bo'yicha 0.85 qiymatini ko'rsatdi. IoU ko'rsatkichining umumiy qiymati 0.76 bo'lib, model aniqlagan ramkalar haqiqiy matn hududlari bilan yetarlicha mos kelganini bildiradi.

STR accuracy umumiy hisobda 85.4% ni tashkil etdi. Bu natija matn hududlari to'g'ri kesib olingan holatlarda tanib olish sifati yuqori bo'lishini

ko'rsatadi. Reklama bannerlari va do'kon yozuvlarida murakkab fon, bezakli shriftlar hamda notekis yorug'lik sababli xatoliklar ko'proq kuzatildi.

Qayta ishlash vaqti bo'yicha model bitta tasvirni o'rtaicha 149 ms ichida qayta ishladi. Natijalar EAST bosqichidagi lokalizatsiya sifati STR bosqichidagi tanib olish aniqligiga bevosita ta'sir qilishini tasdiqlaydi.

Aniqlangan asosiy xatoliklar va ularning sabablari

Xatolik sababi	EAST bosqichiga ta'siri	STR bosqichiga ta'siri
Fon murakkabligi	Matn hududi noto'g'ri lokalizatsiya qilinadi	Kesilgan blok sifati pasayadi
Past yorug'lik	Matn chegaralari noaniq bo'ladi	Belgilar xato tanilishi mumkin
Kichik shrift	Matn hududi o'tkazib yuboriladi	Belgilar chalkash taniladi
Qiyshaygan matn	Ramka joylashuvi noto'g'ri chiqadi	Tanib olish aniqligi pasayadi
Xira tasvir	Score map sifati pasayadi	So'z noto'g'ri tanilishi mumkin

**Muhokama.** Tajriba natijalari EAST algoritmi va STR yondashuvi asosida tashkil etilgan model murakkab fonli tasvirlardan matnli axborotni ajratib olishda bosqichma-bosqich ishlashini ko'rsatadi. Bunda EAST algoritmi matn joylashgan hududlarni lokalizatsiya qilish, STR modeli esa ajratib olingan matn bloklaridagi belgilar ketma-ketligini tanib olish vazifasini bajaradi. Shu sababli model natijasining sifati har ikki bosqichning aniqligiga bevosita bog'liq.

Olingan kuzatuvlar shuni ko'rsatadiki, matn va fon o'rtasidagi kontrast yuqori bo'lgan tasvirlarda matn hududlarini aniqlash nisbatan barqaror amalga oshadi. Aksincha, fon rang-barang bo'lgan, yorug'lik notekis tushgan yoki matn kichik o'lchamda joylashgan tasvirlarda aniqlash sifati pasayishi mumkin. Bu holat EAST algoritmining score map va geometry map hosil qilish jarayonida matn chegaralarini aniq ajratishga bog'liqligini ko'rsatadi.

STR bosqichida esa tanib olish aniqligi, avvalo, EAST tomonidan matn hududining qanchalik to'g'ri kesib olinganiga bog'liq. Agar lokalizatsiya bosqichida matn ramkasi to'liq va aniq ajratilsa, STR modeli belgilar ketma-ketligini yuqori aniqlikda tanib oladi. Agar matn hududi noto'g'ri kesilsa, ortiqcha fon yoki kesilgan.

Taklif etilgan modelning asosiy afzalligi matn bilan ishlash jarayonini ikki mantiqiy bosqichga ajratishidir. Birinchi bosqichda matn hududi aniqlanadi, ikkinchi bosqichda esa aniqlangan hududdagi matn tanib olinadi. Bu yondashuv murakkab fonli tasvirlarda matn to'g'ridan-to'g'ri tanib olishga nisbatan barqarorroq natija berishi mumkin.

EAST algoritmining yagona bosqichli lokalizatsiya yondashuvi modelning tezkor ishlashiga xizmat qiladi. Region proposal kabi ortiqcha oraliq bosqichlarning kamaytirilishi tasvirni qayta ishlash vaqtini qisqartiradi. STR bosqichi esa ajratilgan matn bloklari bilan ishlagani sababli tanib olish jarayoni aniqroq nazorat qilinadi.

Taklif etilgan modelning asosiy afzalliklari

Afzallik	Ilmiy-amaliy izoh
Bosqichma-bosqich ishlash	Aniqlash va tanib olish vazifalari alohida baholanadi.
EAST algoritmining tezkorligi	Matn hududlarini bevosita aniqlash hisoblash jarayonini soddalashtiradi.
STR bilan integratsiya	Lokalizatsiya qilingan matn bloklari alohida tanib olinadi.
Murakkab fonlarga moslashuvchanlik	Kontrast, yorug'lik va fon shovqini kabi omillar alohida tahlil qilinadi.
Baholash mezonlarining aniqligi	Precision, Recall, F1-score, IoU va STR accuracy orqali kompleks baholash imkoniyati yaratiladi.

Modelning asosiy cheklovi uning kaskad, ya'ni ketma-ket ishlash tamoyiliga asoslanganidir. Agar EAST algoritmi matn hududini noto'g'ri aniqlasa yoki matnning bir qismini o'tkazib yuborsa, STR bosqichida ham xatolik yuzaga keladi. Demak, tanib olish natijasi lokalizatsiya bosqichining sifatiga bog'liq.

Murakkab fon, past yorug'lik, matnning juda kichik o'lchamda bo'lishi, qiyshaygan yozuvlar yoki tasvir xiraligi model samaradorligini pasaytiruvchi asosiy omillar hisoblanadi. Ayniqsa, fon va matn rangi o'xshash bo'lgan tasvirlarda score map sifati pasayishi mumkin. Natijada matn hududi noto'g'ri aniqlanishi yoki butunlay o'tkazib yuborilishi ehtimoli ortadi.

Model cheklovlari va ularning ta'siri

Cheklov omili	EAST bosqichiga ta'siri	STR bosqichiga ta'siri
Past yorug'lik	Matn chegaralari noaniq ko'rinadi.	Belgilar noto'g'ri tanilishi mumkin.
Fon murakkabligi	Matn hududi fon bilan aralashib ketadi.	Kesilgan blok sifati pasayadi.
Kichik shrift	Matn hududi o'tkazib yuborilishi mumkin.	Belgilar chalkash tanilishi mumkin.
Qiyshaygan matn	Ramka noto'g'ri joylashishi mumkin.	Tanib olish aniqligi kamayadi.
Xira tasvir	Score map sifati pasayadi.	Belgilar ketma-ketligi noto'g'ri chiqadi.

Taklif etilgan model turli amaliy sohalarda qo'llanishi mumkin. Xususan, reklama bannerlaridagi yozuvlarni tahlil qilish, ko'cha belgilarini avtomatik aniqlash, do'kon peshlavhalaridan ma'lumot ajratish va avtomobil raqamlaridagi matnni lokalizatsiya qilish kabi vazifalarda modeldan foydalanish imkoniyati mavjud.

Model shahar infratuzilmasini monitoring qilish, transport nazorat tizimlari, mobil ilovalar, elektron axborot tizimlari hamda xavfsizlik kuzatuv tizimlarida foydali bo'lishi mumkin. Bunda EAST algoritmi matn hududini tez aniqlashga, STR bosqichi esa ajratilgan matnni raqamli formatga o'tkazishga xizmat qiladi.

8-jadval.

Qo'llash yo'nalishi	Kutiladigan amaliy natija
Transport monitoringi	Avtomobil raqamlari va yo'l belgilaridagi matnlarni aniqlash.
Shahar infratuzilmasi	Ko'cha belgisi va manzil yozuvlarini avtomatik tahlil qilish.
Reklama tahlili	Banner va tashqi reklamalardagi matnli axborotni ajratib olish.
Savdo obyektleri	Do'kon peshlavhalari va xizmat nomlarini tanib olish.
Mobil ilovalar	Kamera orqali olingan tasvirdan matnli ma'lumotni ajratish.

Umuman olganda, muhokama natijalari EAST va STR yondashuvlarini ketma-ket qo'llash murakkab fonli tasvirlardan matnli axborotni ajratib olishda samarali metodologik yechim bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, modelning amaliy samaradorligini oshirish uchun tasvir sifati, fon murakkabligi va matn orientatsiyasi kabi omillarni oldindan hisobga olish zarur.

**Xulosa.** Mazkur maqolada EAST algoritmi va STR yondashuvi asosida murakkab fonli tasvirlardagi matnni aniqlash va tanib olish modeli ko'rib chiqildi. Tadqiqotda matn bilan ishlash jarayoni ikki bosqichdan iborat ekani asoslandi: avval tasvirdagi matn joylashgan hudud EAST algoritmi yordamida aniqlanadi, keyin esa ajratib olingan matn bloki STR modeli orqali tanib olinadi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, murakkab fonli tasvirlarda matnni to'g'ri aniqlash uchun faqat tanib olish modeli yetarli emas. Avvalo matn hududi aniq lokalizatsiya qilinishi kerak. Agar EAST bosqichida

matn noto'g'ri kesib olinsa, keyingi STR bosqichida ham xatolik yuzaga keladi. Shu sababli modelda aniqlash va tanib olish bosqichlari o'zaro bog'liq holda tashkil etildi.

Modelning amaliy afzalligi shundaki, u ko'cha belgisi, reklama banneri, do'kon peshlavhasi va avtomobil raqami kabi real muhitga yaqin tasvirlarda qo'llash uchun qulay. Ayniqsa, matn va fon o'rtasida kontrast yetarli bo'lgan, yozuv aniq ko'ringan holatlarda model samarali natija berishi mumkin.

Shu bilan birga, ayrim cheklovlar ham mavjud. Fonning juda murakkab bo'lishi, yorug'likning pastligi, tasvirning xiraligi, matnning kichik o'lchamda yoki qiyshaygan holda joylashishi model natijasiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bunday holatlarda EAST algoritmi matn hududini noto'g'ri aniqlashi yoki STR modeli belgilarni noto'g'ri tanib olishi ehtimoli ortadi.

#### Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Long, S., He, X., & Yao, C. (2021). Scene text detection and recognition: The deep learning era. *International Journal of Computer Vision*, 129(1), 161–184.

2. Yao, C., Wu, J., Zhou, X., Zhang, C., Zhou, S., Cao, Z., & Yin, Q. (2015). Incidental scene text understanding: Recent progresses on ICDAR 2015 Robust Reading Competition Challenge 4. arXiv preprint arXiv:1511.09207.

3. Shi, B., Bai, X., & Yao, C. (2017). An end-to-end trainable neural network for image-based sequence recognition and its application to scene text recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(11), 2298–2304.

4. Zhou, X., Yao, C., Wen, H., Wang, Y., Zhou, S., He, W., & Liang, J. (2017). EAST: An efficient and accurate scene text detector. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 5551–5560.

5. Shi, B., Wang, X., Lyu, P., Yao, C., & Bai, X. (2016). Robust scene text recognition with automatic rectification. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 4168–4176.

6. Shi, B., Yang, M., Wang, X., Lyu, P., Yao, C., & Bai, X. (2019). ASTER: An attentional scene text recognizer with flexible rectification. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 41(9), 2035–2048.

7. Busta, M., Neumann, L., & Matas, J. (2017). Deep TextSpotter: An end-to-end trainable scene text localization and recognition framework. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 2204–2212.

8. Liao, M., Wan, Z., Yao, C., Chen, K., & Bai, X. (2020). Real-time scene text detection with differentiable binarization. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 34(07), 11474–11481.

9. Wang, W., Xie, E., Li, X., Hou, W., Lu, T., Yu, G., & Shao, S. (2019). Shape robust text detection with progressive scale expansion network. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 9336–9345.

10. Bautista, D., & Atienza, R. (2022). Scene text recognition with permuted autoregressive sequence models. *European Conference on Computer Vision*, 178–196.