

**BELGILARNI ANIQLASH VA AJRATIB OLISHNING NAZARIY
ASOSLARI VA ALGORITMIK YONDASHUVLARI**

<https://doi.org/10.70728/tech.v3.i05.006>

Roxmonova Ma'rifat Shuxrat qizi

Magistratura talabasi, Abu Rayhon Beruniy nomidagi

Urganch davlat universiteti

roxmonovamarifat@gmail.com

Annotatsiya Qo'l yozuvi matnlarini avtomatik aniqlash va tanib olish masalasi kompyuter ko'rish hamda sun'iy intellekt sohalarining eng murakkab yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu ishda belgilarni aniqlash va ajratib olish jarayonining nazariy asoslari hamda zamonaviy algoritmik yondashuvlari ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilinadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, qo'l yozuvi tanish tizimlarida segmentatsiya bosqichi eng muhim va murakkab jarayonlardan biri bo'lib, uning xatolari butun OCR tizimi aniqligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Zamonaviy ishlarda segmentatsiyaga asoslangan, segmentatsiyasiz va gibrid yondashuvlar qo'llanilmoqda. Chuqur o'rganishga asoslangan konvolyutsion, rekurrent va attention mexanizmlaridan foydalanadigan modellar qo'l yozuvini tanishda yuqori samaradorlik ko'rsatmoqda. Ushbu tezisda mavjud ilmiy ishlardagi metodlar umumlashtirilib, belgilarni aniqlash tizimlarini yaratishda ularning nazariy ahamiyati asoslab beriladi.

Kalit so'zlar: qo'l yozuvi tanish, OCR, segmentatsiya, CRNN, attention, transformer, kompyuter ko'rish.

KIRISH

Raqamli texnologiyalar rivojlanishi bilan hujjatlarni avtomatik qayta ishlash, arxivlash va tahlil qilish tizimlariga bo'lgan ehtiyoj keskin ortib bormoqda. Matnli ma'lumotlarni tasvirdan avtomatik ajratib olish va tanib olish texnologiyalari bank, ta'lim, tibbiyot hamda tarixiy hujjatlarni raqamlashtirish sohalarida keng qo'llanilmoqda. Ayniqsa qo'l yozuvi matnlarini tanish masalasi kompyuter ko'rish va sun'iy intellekt sohalarining murakkab ilmiy muammolaridan biri hisoblanadi.

Qo'l yozuvi belgilarining shakli, o'lchami va yozilish uslubi insondan insonga keskin farq qiladi. Bundan tashqari, belgilar yopishib ketishi, satrlar notekis joylashuvi va fon shovqinlari tanish jarayonini murakkablashtiradi. Tadqiqotlarda qo'l yozuvi tanish tizimlarining aniqligi ko'pincha segmentatsiya va ketma-ketlikni modellashtirish bosqichlariga bog'liq ekani qayd etilgan [2].

An'anaviy OCR tizimlari odatda tasvirga ishlov berish, segmentatsiya, xususiyatlarni ajratish va tanib olish bosqichlaridan iborat bo'ladi. Biroq qo'l yozuvi uchun bunday pipeline ko'pincha yetarli natija bermaydi. Shu sababli zamonaviy tadqiqotlarda chuqur o'rganish modellariga asoslangan end-to-end yondashuvlar keng qo'llanilmoqda [1].

Ushbu maqolaning maqsadi qo‘l yozuvi belgilarini aniqlash va ajratib olish jarayonining nazariy asoslarini tahlil qilish, mavjud algoritmik yondashuvlarni ilmiy manbalar asosida solishtirish hamda zamonaviy OCR tizimlarining rivojlanish tendensiyalarini aniqlashdan iborat.

Qo‘l yozuvi tanish tizimlarining umumiy modeli

Qo‘l yozuvi matnlarini avtomatik tanish tizimlari ko‘p bosqichli arxitekturaga ega bo‘lib, tasvirdan semantik axborotni bosqichma-bosqich ajratib olish jarayoniga asoslanadi. Zamonaviy ilmiy adabiyotlarda OCR tizimlari signalni qayta ishlash, tasvirni segmentatsiyalash, xususiyatlarni ajratish hamda ketma-ketlikni modellashtirish bosqichlarining integratsiyasi sifatida qaraladi. Bunday tizimlar nafaqat belgilarni tanib olish, balki hujjat strukturasi tushunish vazifasini ham bajaradi.

Qo‘l yozuvi matnlarini tanish jarayonining birinchi bosqichi tasvirga oldindan ishlov berishdan iborat. Ushbu bosqichda tasvir sifati yaxshilanadi, shovqinlar kamaytiriladi, kontrast normallashtiriladi hamda matn hududlari aniqlanadi. Oldindan ishlov berish bosqichining asosiy vazifasi keyingi bosqichlar uchun barqaror kirish ma‘lumotlarini shakllantirishdir. Tadqiqotlarda qayd etilishicha, tasvir sifati past bo‘lgan holatlarda hatto kuchli neyron tarmoq modellar ham past aniqlik ko‘rsatishi mumkin, shu sababli ushbu bosqich OCR pipeline’ning muhim qismi sifatida qaraladi [5].

Keyingi bosqich segmentatsiya hisoblanadi. Segmentatsiya jarayonida tasvir alohida struktura birliklariga ajratiladi. An’anaviy tizimlarda bu birliklar satr, so‘z yoki belgilar darajasida ajratiladi. Segmentatsiya bosqichining asosiy vazifasi matn hududini fon elementlaridan ajratish hamda tanish moduli uchun aniq obyektlarni shakllantirishdan iborat. Ilmiy ishlarda segmentatsiya xatolari tanish aniqligiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir ko‘rsatishi, shuning uchun ushbu bosqich OCR tizimining eng kritik qismlaridan biri ekani ta’kidlangan [7].

Zamonaviy yondashuvlarda segmentatsiya faqat geometrik ajratish sifatida emas, balki semantik tahlil vazifasi sifatida ham qaraladi. Semantik segmentatsiya modellar tasvirni piksel darajasida tahlil qilib, matn hududlarini aniq ajratish imkonini beradi. Bu yondashuv ayniqsa murakkab fonli hujjatlarda samarali natija ko‘rsatadi [5].

Segmentatsiyadan keyingi bosqich xususiyatlarni ajratib olish hisoblanadi. Klassik OCR tizimlarida bu jarayon qo‘lda tanlangan xususiyatlar asosida bajarilgan bo‘lsa, zamonaviy tizimlarda ushbu vazifa konvolyutsion neyron tarmoqlar yordamida avtomatik amalga oshiriladi. Konvolyutsion qatlamlar tasvirdagi kontur, gradient va fazoviy bog‘lanishlarni ierarxik darajada o‘rganib, belgilarni tavsiflovchi chuqur xususiyatlar hosil qiladi. Bu yondashuv qo‘l yozuvi belgilarining o‘zgaruvchan shakllarini samarali modellashtirish imkonini beradi.

Segmentatsiyaga asoslangan yondashuvlar

Segmentatsiyaga asoslangan yondashuvlar klassik OCR tizimlarining asosini tashkil etadi. Bu yondashuvda matn avval satrlar, so‘zlar yoki belgilar bo‘yicha ajratiladi, so‘ng har bir segment alohida tanib olinadi. Bunday pipeline modulli tuzilishga ega bo‘lib, har bir bosqichni alohida optimallashtirish imkonini beradi.

So‘nggi tadqiqotlarda segmentatsiya vazifasi obyekt aniqlash muammosi sifatida qaralmoqda. Region-based konvolyutsion neyron tarmoqlar belgilar hududini aniqlashda samarali natijalar ko‘rsatishi mumkinligi ko‘rsatilgan [6]. Bunday modellar tasvirdan ehtimoliy belgi hududlarini topadi va ularni klassifikatsiya qiladi.

Rekurrent neyron tarmoqlar ham segmentatsiya muammosini hal etishda qo‘llanilmoqda. Online qo‘l yozuvi segmentatsiyasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda RNN modellar yozuv signalidagi o‘tish nuqtalarini aniqlashda samarali bo‘lishi mumkinligi ko‘rsatilgan [4]. Bu yondashuv belgilar orasidagi uzluksizlikni hisobga oladi.

Segmentatsiyaga asoslangan tizimlarning asosiy ustunligi shundaki, ular belgilar hududini aniq ko‘rsatadi. Biroq segmentatsiya xatolari tanish natijasiga bevosita ta‘sir qiladi va qo‘shimcha anotatsiya talab qiladi.

Segmentatsiyasiz yondashuvlar

Segmentatsiyasiz yondashuvlar qo‘l yozuvi tanish tizimlarining zamonaviy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu yondashuvda tasvir avval alohida segmentlarga ajratilmaydi; aksincha, butun hujjat modelga beriladi va belgilar ketma-ketligi to‘g‘ridan-to‘g‘ri generatsiya qilinadi.

Document Attention Network arxitekturasi ushbu yondashuvning muhim misoli bo‘lib, u hujjatni to‘liq ko‘rinishda qabul qiladi va attention mexanizmi yordamida belgilar ketma-ketligini hosil qiladi [1]. Ushbu model global kontekstni hisobga olishi sababli uzun matnlar bilan ishlashda samarali natija ko‘rsatadi.

Encoder-decoder arxitekturasi ham segmentatsiyasiz tanish tizimlarida keng qo‘llaniladi. To‘liq sahifa darajasida o‘qitilgan modellar satr annotatsiyasiz ham matni tanib olishi mumkinligi ko‘rsatilgan [2]. Bu real hujjatlar bilan ishlashda muhim afzallik hisoblanadi.

Vertikal attention mexanizmlariga asoslangan modellar paragraf darajasida matnni qayta ishlashda samarali natijalar ko‘rsatadi va implicit segmentatsiyani o‘rganadi [8].

Shuningdek, semantik segmentatsiya modellar matn hududini piksel darajasida aniqlab, keyingi tanish bosqichining aniqligini oshirishi mumkinligi ko‘rsatilgan [5]. Bu yondashuv murakkab fonli hujjatlarda muhim ustunlik beradi.

Segmentatsiyasiz tizimlarning asosiy ustunligi pipeline’ni soddalashtirish va segmentatsiya xatolarini kamaytirishdir. Biroq ular katta hisoblash resurslari talab qiladi va modelni o‘qitish jarayoni murakkab bo‘lishi mumkin.

Ketma-ketlikni modellashtirishga asoslangan yondashuvlar

Qo‘l yozuvi matnlarini avtomatik tanish jarayonida belgilarni aniqlash masalasi ko‘pincha ketma-ketlikni modellashtirish muammosi bilan chambarchas bog‘liq bo‘ladi. Qo‘l yozuvi belgilarining shakli o‘zgaruvchan bo‘lgani sababli ularni alohida obyekt sifatida aniqlash har doim ham yetarli bo‘lmaydi. Matnni to‘g‘ri tanib olish uchun belgilar orasidagi kontekstual bog‘lanishlarni hisobga olish zarur. Shu sababli zamonaviy OCR tizimlarida ketma-ketlik modellariga asoslangan yondashuvlar muhim rol o‘ynaydi.

Rekurrent neyron tarmoqlar ushbu yo‘nalishdagi dastlabki samarali modellar hisoblanadi. Rekurrent arxitekturalar tasvirdan ajratilgan xususiyatlarni vaqt bo‘yicha

ketma-ketlik sifatida qayta ishlaydi. Online qo‘l yozuvi segmentatsiyasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda RNN modellar yozuv signalidagi o‘tish nuqtalarini aniqlashda samarali bo‘lishi mumkinligi ko‘rsatilgan [4]. Bunday modellar belgilar orasidagi uzluksizlikni o‘rganadi va segmentatsiya jarayonini kontekst asosida bajaradi.

Konvolyutsion-rekurrent modellar (CRNN) qo‘l yozuvi tanish tizimlarida keng qo‘llaniladigan arxitekturalardan biri hisoblanadi. Ushbu modellar konvolyutsion qatlamlar orqali tasvirdan fazoviy xususiyatlarni ajratib oladi, rekurrent qatlamlar esa ushbu xususiyatlarni ketma-ketlik sifatida modellashtiradi. Tadqiqotlarda CRNN modellarining qo‘l yozuvi tanishda yuqori aniqlik ko‘rsatishi, ayniqsa ma‘lumotlarni ko‘paytirish texnikalari bilan birgalikda qo‘llanganda umumlashtirish qobiliyati oshishi qayd etilgan [3]. Bu yondashuv belgilarni oldindan segmentatsiya qilmasdan tanib olish imkonini beradi.

Gibrid tizimlar va integratsiyalashgan OCR arxitekturalari

So‘nggi yillarda qo‘l yozuvi tanish sohasida olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, bitta yondashuv asosida universal OCR tizimini yaratish qiyin. Segmentatsiyaga asoslangan modellar belgilarni aniq ajratishda samarali bo‘lsa-da, ular anotatsiya talab qiladi va segmentatsiya xatolari tanish natijasiga ta‘sir qiladi. Segmentatsiyasiz modellar esa global kontekstni yaxshi o‘rganadi, biroq hisoblash murakkabligi yuqoriroq bo‘lishi mumkin. Shu sababli zamonaviy tadqiqotlarda gibrid arxitekturalar shakllanmoqda.

Semantik segmentatsiya va ketma-ketlik modellarini birlashtiruvchi tizimlar ushbu yo‘nalishdagi muhim yutuqlardan biridir. Semantik segmentatsiya tasvirni piksel darajasida tahlil qilib, matn hududini aniq ajratadi, keyingi bosqichda esa rekurrent yoki attention modeli ushbu hududdan belgilarni generatsiya qiladi [5]. Bu yondashuv fazoviy va semantik ma‘lumotlarni birgalikda modellashtirish imkonini beradi.

Algoritmik yondashuvlarning solishtirma tahlili

Qo‘l yozuvi tanish tizimlarida turli algoritmik yondashuvlar qo‘llaniladi va ularning samaradorligi vazifaga bog‘liq holda farq qiladi. Segmentatsiyaga asoslangan tizimlar belgilar hududini aniq ko‘rsatishi bilan ajralib turadi. Region-based CNN modellar belgilarni aniqlashda yuqori aniqlik ko‘rsatishi mumkinligi ilmiy ishlarda qayd etilgan [6]. Ayniqsa belgilar bir-biriga yaqin joylashgan holatlarda bunday modellar samarali ishlaydi.

Biroq segmentatsiya xatolari tanish natijasiga bevosita ta‘sir qiladi. Shu sababli segmentatsiyasiz modellar ko‘plab vazifalarda ustunlik ko‘rsatadi. Attention asosidagi modellar global kontekstni hisobga olib, uzun matnlarni samarali qayta ishlashi mumkin [1], [8].

Ketma-ketlik modellarining qo‘llanishi qo‘l yozuvi tanish tizimlarining aniqligini sezilarli oshiradi. CRNN modellarining yuqori aniqlik ko‘rsatishi ilmiy ishlarda qayd etilgan [3]. Rekurrent modellar belgilar orasidagi kontekstni hisobga olishi sababli ayrim murakkab belgilarni aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

Satr segmentatsiyasi va sahifa strukturasi modellashtirish ham tanish aniqligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. LineCounter modeli sahifa tuzilmasini avtomatik aniqlash imkonini beradi [7]. Bu esa murakkab hujjatlar bilan ishlashda muhim ustunlik hisoblanadi.

Yuqoridagi tahlillar shuni ko'rsatadiki, zamonaviy OCR tizimlarida eng samarali yondashuv turli metodlarni birlashtirish hisoblanadi.

XULOSA

Mazkur tezisdagi qo'l yozuvi belgilarini aniqlash va ajratib olish jarayonining nazariy asoslari hamda zamonaviy algoritmik yondashuvlari ilmiy manbalar asosida tahlil qilindi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, qo'l yozuvi tanish tizimlari tasvirni qayta ishlash, segmentatsiya, ketma-ketlik modellashtirish va sahifa strukturasi aniqlash bosqichlarining integratsiyasiga asoslanadi.

Segmentatsiyaga asoslangan yondashuvlar belgilarni fazoviy jihatdan aniqlashda samarali bo'lsa-da, segmentatsiya xatolari tanish natijasiga ta'sir qilishi mumkin. Segmentatsiyasiz modellar esa global kontekstni hisobga olish orqali pipeline'ni soddalashtiradi. Ketma-ketlik modellarining qo'llanishi qo'l yozuvi tanish tizimlarining samaradorligini sezilarli oshiradi.

Zamonaviy OCR tizimlarining eng istiqbolli yo'nalishi turli algoritmik yondashuvlarni birlashtiruvchi gibrid arxitekturalarni yaratish hisoblanadi. Ushbu tezisdagi keltirilgan tahlillar belgilarni aniqlash algoritmilarini ishlab chiqishda metodologik asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

REFERENCES

[1] Coquenot, D., Chatelain, C., & Paquet, T. (2023). Dan: a segmentation-free document attention network for handwritten document recognition. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 45(7), 8227-8243.

[2] Tensmeyer, C., & Wigington, C. (2019, September). Training full-page handwritten text recognition models without annotated line breaks. In *2019 International conference on document analysis and recognition (ICDAR)* (pp. 1-8). IEEE.

[3] Minz, S., Kanojia, R., Yadav, T., & Jayanthi, N. (2023, May). Enhancing accuracy in handwritten text recognition with convolutional recurrent neural network and data augmentation techniques. In *2023 Third International Conference on Secure Cyber Computing and Communication (ICSCCC)* (pp. 803-808). IEEE..

[4] Nguyen, C. T., & Nakagawa, M. (2015, November). An improved segmentation of online English handwritten text using recurrent neural networks. In *2015 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR)* (pp. 176-180). IEEE.

[5] Nguyen, K. C., Nguyen, C. T., & Nakagawa, M. (2020, September). A semantic segmentation-based method for handwritten Japanese text recognition. In *2020 17th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR)* (pp. 127-132). IEEE.

[6] Varpe, K., Sakhare, S., & Joshi, R. (2025, January). Enhancing Accuracy of Handwritten Character Segmentation Using Region-Based Convolutional Neural Networks (R-CNN). In *2025 1st International Conference on AIML-Applications for Engineering & Technology (ICAET)* (pp. 1-6). IEEE.

[7] Li, D., Wu, Y., & Zhou, Y. (2021, September). Linecounter: learning handwritten text line segmentation by counting. In *2021 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)* (pp. 929-933). IEEE.

[8] Coquenot, D., Chatelain, C., & Paquet, T. (2022). End-to-end handwritten paragraph text recognition using a vertical attention network. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(1), 508-524