ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 2

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

OBYEKTLARNI TANIB OLISH ALGORITMLARI TAHLILI

Abdukadirov Baxtiyor Abduvaxitovich
Farg‘ona davlat universiteti, Axborot texnologiyalari kafedrasi dotsenti, PhD

Annotatsiya. Ushbu maqolada video tasvirlaridan obyektlarni avtomatik aniqlash va tasniflashga oid ilg‘or algoritmlar tahlil qilingan. Sun’iy intellekt va chuqur o‘qitish texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida ushbu jarayonning aniqlik va samaradorligi sezilarli darajada oshdi. Tadqiqotda YOLO, Faster R-CNN va SSD kabi zamonaviy algoritmlar batafsil ko‘rib chiqilib, ularning ishlash tamoyillari, dasturiy ta’minot muhiti hamda turli sohalardagi amaliy qo‘llanilishi tahlil etilgan. Maqola obyektlarni avtomatik aniqlash sohasidagi zamonaviy yondashuvlarni chuqur o‘qitish va ulardan samarali foydalanish imkoniyatlarini yoritishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: Obyektni aniqlash, YOLO, Faster R-CNN, SSD, sun'iy intellekt, chuqur o‘qitish, video tahlili

Аннотация. В данной статье представлен глубокий анализ передовых алгоритмов автоматического обнаружения и классификации объектов в видеоизображениях. Стремительное развитие искусственного интеллекта и глубокого обучения значительно повысило точность и эффективность этих процессов. В исследовании рассматриваются современные алгоритмы, такие как YOLO, Faster R-CNN и SSD, исследуются их основополагающие принципы, программные основы и практические приложения в различных областях. Статья направлена на предоставление комплексного представления о современных подходах к обнаружению объектов и их эффективной реализации.

Ключевые слова: обнаружение объектов, YOLO, Faster R-CNN, SSD, Искусственный интеллект, Глубокое обучение, Видеоаналитика.

Abstract: This article provides an in-depth analysis of advanced algorithms for automatic object detection and classification in video imagery. The rapid advancements in artificial intelligence and deep learning have significantly enhanced the accuracy and efficiency of these processes. The study examines state-of-the-art algorithms such as YOLO, Faster R-CNN, and SSD, exploring their underlying principles, software frameworks, and practical applications across various domains. The article aims to offer a comprehensive understanding of modern approaches to object detection and their effective implementation.

Keywords: Object detection, YOLO, Faster R-CNN, SSD, Artificial Intelligence, Deep Learning, Video Analytics.

KIRISH.

Hozirgi paytda ko‘plab sohalar sun’iy intellektga asoslangan yechimlarni o‘z faoliyatiga integratsiyalamoqda. Hozirda mavjud bo‘lgan sun’iy intellekt

texnologiyalari orasida keng tarqalganlaridan biri bu kompyuterning ko‘rishidir. Kompyuter ko‘rish, sun’iy intellektning bir bo‘limi bo‘lib, u kompyuterlarga insonlar kabi tasvirlar va video yozuvlarning mazmunini ko‘rish va tushunishga yordam beradi. Ushbu texnologiya obyektlarni tanib olish, qonuniyatlarni aniqlash va ular nimani ko‘rayotganini tushunish imkonini beradi.

Olimlarning tadqiqotlariga ko‘ra, 2032 yilga borib kompyuterning ko‘rishi dunyo bozoridagi ulushi 175,72 milliard AQSh dollariga yetadi. Kompyuterning ko‘rishi sun’iy intellekt tizimlariga vizual ma’lumotlarni tahlil qilish va talqin qilish imkonini beruvchi turli vazifalarni qamrab oladi. Kompyuterning ko‘rishining eng ko‘p qo‘llaniladigan va muhim vazifalaridan biri bu obyektlarni aniqlashdan ibortadir.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA. Maqolada uchta asosiy obyekt aniqlash algoritmlarini tahlil qilinadi: YOLO (You Only Look Once), Faster R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network) va SSD (Single Shot MultiBox Detector). Bu modellarning arxitekturasi, hisoblash samaradorligi va aniqlik darajasi bo‘yicha solishtirish amalga oshiriladi.

Obyektlarni aniqlash vizual ma’lumotlarda obyektlarni tasniflashga qaratilgan. Masalan, kompyuterga sigir tasvirini ko‘rsatsak, u sigirni aniqlashi va uning atrofida chegaralovchi chiziqlarni chizishi mumkin. Bu qobiliyat hayvonlarni kuzatish, o‘zini o‘zi boshqaradigan avtomobillar va videokuzatuv kabi real ilovalarda foydalaniladi.

Ommabop obyektlarni aniqlash modellari. Obyektlarni aniqlash usullaridan biri bu kompyuterning ko‘rishi modellari yordamida aniqlashdir. Masalan, YOLO (You Only Look Once) obyektlarni aniqlash kabi kompyuterning ko‘rishi vazifalarini qo‘llab-quvvatlaydigan kompyuterning ko‘rishi modelidir.

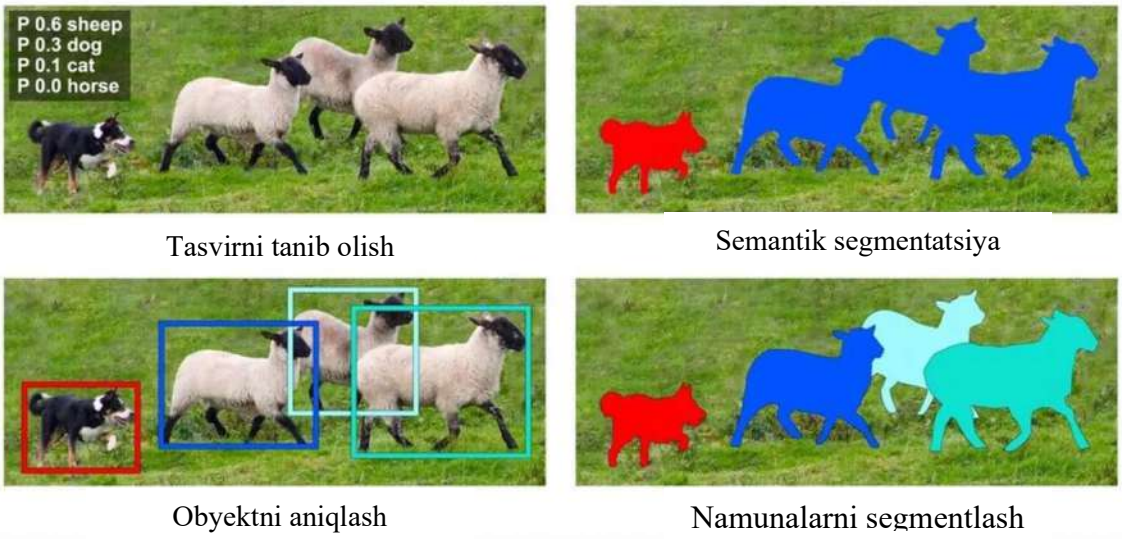
Obyektlarni tanib olish texnologiyasi turli sharoitlarda xavfsizlikni oshirish uchun videokuzatuv tizimlarida keng qo‘llaniladi. Masalan, maktab va bog‘chalarda bolalarni kuzatib borib ularni adashmaslikka yordam beradi. Xavfsizlik tizimlarida hududlarda qoidabuzarlarni aniqlash, olomonning gavjumligi yoki shubhali xatti-harakatlarini kuzatish, shuningdek, ruxsatsiz kirish aniqlanganda real vaqt rejimida ogohlantirishlar yuborishda muhim rol o‘ynaydi. Obyektlarni tanib olish kuzatuv tizimlarida xavfsizlikni oshiradi, monitoringni avtomatlashtiradi va potensial tahdidlarga tez javob berish imkonini beradi.

Obyektlarni aniqlash, tasvirlar yoki video yozuvlardagi obyektlarning joylashuvini aniqlovchi va belgilovchi kompyuterning ko‘rish vazifasidir. U ikki savolga javob beradi: “rasmda qanday obyektlar mavjud?” va “ular qayerda joylashgan?”.

ISSN 3030-3907

Obyektlarni aniqlash ikki asosiy bosqichni o‘z ichiga oluvchi jarayon sifatida ko‘rib chiqish mumkin. Birinchisi, obyektlarni tasniflash, tizimga obyektlarni tanib olish va belgilash imkonini beradi, masalan, o‘rganilgan namunalar asosida mushuk, avtomobil yoki insonni aniqlashni misol qilib olinsa, ikkinchi bosqichda ularni lokallashtirish, tasvirda obyektning paydo bo‘lish joyini ko‘rsatuvchi chegaralovchi chiziqlarni uning atrofiga chizish orqali obyektning joylashishini aniqlaydi. Bu bosqichlar birgalikda mashinalarga sahnadagi obyektlarni aniqlash va tushunish imkonini beradi.

Kompyuterning ko‘rishining boshqa vazifalari turli maqsadlarga qaratilgan. Masalan, tasvirlarni tasniflashda butun tasvirga belgi qo‘yiladi. Shu bilan birga, tasvirlarni segmentatsiyalash turli elementlarni piksel darajasida tushunishni ta’minlaydi, bu real vaqt rejimida bir nechta obyektlarni hisoblash kabi vazifalarda foydali hisoblanadi.



1-rasm. Kompyuterning ko‘rishi masalalarini taqqoslash

YOLO modellari tezligi, aniqligi va hammabopligi bilan mashhur. Yillar davomida bu modellar tezroq, aniqroq va kengroq masalalarni yechishga erishdi. YOLOv5 modeli PyTorch kabi freymvorklar bilan ishlashni soddalashtirdi. YOLOv8 modeli segmentlash, holatni baholash va tasvirlarni tasniflash kabi yangi funksiyalarni taqdim etdi. Hozirda YOLO12 modeli yanada rivojlanib, turli vazifalarda samaradorlikni oshirmoqda. U YOLOv8m modeliga qaraganda 22% kam parametrlardan foydalanib, YOLO12m COCO ma’lumotlar to‘plamida yuqori o‘rtacha aniqlikka erishgan.

YOLO12 modeli kompyuterning ko‘rishi ilovalari uchun samarali va shu bilan birga qulay yechimni taklif qiladi.

Kompyuterning ko‘rishi modellarni o‘qitish kompyuterlarga tasvir va video yozuvlarni tanib olish va ularni tushunishda yordam berishni o‘z ichiga oladi. Biroq, o‘qitish ko‘p vaqt talab qiladigan jarayondir. O‘qitishni boshidan boshlash

ISSN 3030-3907

o‘rniga, transfer learning umumiy qonuniyatlarini foydalanib oldindan o‘qitilgan modellardan foydalanilsa o‘qitish jarayoni tezlashtiriladi. Masalan, YOLO12 modeli COCO ma’lumotlar to‘plamida o‘qitilgan bo‘lib, u turli xil kundalik obyektlar to‘plamini o‘z ichiga oladi. Ushbu dastlabki o‘qitilgan model dastlabki ma’lumotlar to‘plamiga kirmasligi mumkin bo‘lgan o‘ziga xos obyektlarni aniqlashi uchun qo‘shimcha ravishda o‘qitilishi mumkin.

YOLO11 modelini o‘qitish uchun aniqlashni istagan obyektlarning rasmlarini o‘z ichiga olgan belgilangan ma’lumotlar to‘plami kerak bo‘ladi. Masalan, oziq-ovqat do‘konidagi turli xil mevalarni aniqlash uchun model qurmoqchi bo‘lsak, nomlari (olma, banan, apelsin va boshqalar) belgilangan rasmlar bilan ma’lumotlar to‘plamini yaratishimiz kerak. Ma’lumotlar to‘plami tayyor bo‘lganidan so‘ng, YOLO11 modelini kichik to‘plam hajmi, o‘qitish tezligi va davr kabi giper parametrlarini optimallashtirish orqali o‘qitish mumkin.

Ushbu yondashuv tufayli turli hil kompaniyalar YOLO11 modelini ishlab chiqarishdagi nuqsonli detallardan tortib, tabiatni muhofaza qilish loyihalarida yovvoyi hayvonlarning turlarigacha, modelni o‘z ehtiyojlariga moslashtirib o‘qitishlari mumkin.

YOLO11 modelining ning asosiy ishlash tamoyili, butun tasvirga bir o‘tishda ishlov berish uchun yagona konvolyutsion neyron tarmog‘idan foydalanishdan iborat.

YOLO12 modelining oldingi modellarida qo‘llaniladigan an’anaviy CNN yondashuvlaridan chetlashadigan, ammo ko‘plab ilovalar uchun zarur bo‘lgan real vaqt inferens (sun’iy intellekt modelini o‘qitish jarayonida olgan ma’lumotlarini bashorat qilish yoki qaror qabul qilish uchun qo‘llaydigan jarayon) tezligini saqlab qoluvchi diqqatga yo‘naltirilgan arxitekturasi taqdim etilgan. Ushbu model real vaqt rejimida unumdorlikni saqlab qolgan holda, diqqat mexanizmlari va umumiy tarmoq arxitekturasidagi yangi uslubiy innovatsiyalar tufayli obyektlarni aniqlashning zamonaviy aniqligiga erishadi. Ushbu afzalliklarga qaramay, YOLO12 modeli insonlar jamiyati tomonidan boshqariladigan bo‘lib, u o‘qitishning beqarorligini, yuqori xotira sarfini va katta diqqat bloklari tufayli protsessorning sekinroq o‘tkazuvchanligini ko‘rsatishi mumkin, shuning uchun Ultralytics tashkiloti YOLO11 modelini tavsiya qilmoqda.

YOLO xatolik funksiyasini topish usuli. YOLO modelida xatolik funksiyasini topish uch qismdan iborat bo‘ladi:

1. Koordinata xatoligi (Localization Loss)

$$\lambda_{coord}\sum_{i=0}^{S^2}\sum_{j=0}^{B}1_{ij}^{obj}\left[(x_i-\hat{x}_i)^2+(y_i-\hat{y}_i)^2+(w_i-\hat{w}_i)^2+(h_i-\hat{h}_i)^2\right]$$

ISSN 3030-3907

2. Tasniflash xatoligi (Classification Loss)

$$\sum_{i=0}^{S^2} 1_i^{obj} \sum_{c \in classes} (p_i(c) - \hat{p_i}(c))^2$$

Umumiy xatolik funksiyasi:

$$L = \lambda_{coord} L_{loc} + L_{class}$$

Faster R-CNN. Hozirgi zamonaviy ilg‘or modellarining aksariyati Faster R-CNN neyron tarmoq modeli asosida shakllangan. Faster R-CNN, bu tasvirdagi obyektlarni aniqlab, ularning atrofida chegaralovchi chiziqlar (bounding boxes) chizadigan va ularni tasniflaydigan obyekt aniqlash modelidir. U ikki bosqichli detektor hisoblanadi:

1-bosqich: Tasvir ichida obyekt bo‘lishi mumkin bo‘lgan hududlarni taklif qiladi. Buni Region Proposal Network (RPN) bajaradi.

2-bosqich: Taklif qilingan hududlar asosida obyektning sinfini aniqlaydi va chegaralovchi chiziqni yanada aniqroq joylashtiradi.

3-bosqich: Sohani taklif qilish tarmog‘i (Region Proposal Network, RPN)

Birinchi bosqichda tasvir dastlab konvolyutsion neyron tarmoq (masalan, ResNet yoki VGG16) orqali o‘tkaziladi. Ushbu jarayonda tasvirdagi muhim belgilar ajratib olinadi va ular asosida belgilar xaritasi hosil qilinadi. Belgilar xaritasining turli nuqtalariga oldindan belgilangan turli o‘lcham va shakldagi tayanch qutilar (Anchors) joylashtiriladi. Har bir tayanch quti tasvir ichidagi obyekt bo‘lish ehtimoli bor joylarni ifodalaydi.

Shundan so‘ng, hudud taklif qilish tarmog‘i ushbu tayanch qutilarning obyekt joylashgan yoki bo‘sh hudud ekanligini taxmin qiladi. Bunda, obyektga mos keluvchi tayanch qutilar ijobiy (old fon) tayanchlar, obyekt joylashmagan hududlar esa salbiy (fon) tayanchlar sifatida belgilanadi. Bundan tashqari, RPN tayanch qutilarning haqiqiy obyekt bilan mos kelishi uchun ularning koordinatalarini biroz siljitib, aniqlashtirish jarayonini ham amalga oshiradi.

Ushbu bosqichda ikkita asosiy xatolik funksiyasi ishlatiladi. Tasniflash xatolik modelga tayanch qutining obyektni o‘z ichiga olgan yoki olmaganligini aniqlashga yordam beradi. Regressiya xatoligi esa tayanch qutilarning haqiqiy obyekt chegaralariga aniq mos kelishi uchun ularning joylashuvini sozlashga xizmat qiladi.

2-bosqich: Obyektni tasniflash va qutini aniqlashtirish.

Birinchi bosqichdan so‘ng, RPN tomonidan aniqlangan soha takliflari (obyekt bo‘lish ehtimoli yuqori bo‘lgan qutilar) olinadi. Lekin, bu qutilarning o‘lchamlari turlicha bo‘lishi mumkin, neyron tarmoq esa doimiy o‘lchamdagi ma’lumotlar bilan ishlaydi. Shu sababli, ROI pooling (Region of Interest Pooling) usuli qo‘llaniladi. Ushbu usul soha takliflarini belgilangan o‘lchamga

ISSN 3030-3907

moslashtirib, kichik qismlarga bo‘lish va pooling texnikasi yordamida ularning hajmini bir xil qiladi.

Shundan so‘ng, har bir hudud kichik neyron tarmoqdan o‘tkazilib, uning ichidagi obyekt turi aniqlanadi. Masalan, obyekt mashina, it, inson yoki boshqa sinfda bo‘lishi mumkin. Ushbu jarayonda obyektlarni sinflarga ajratish uchun kross-entropiya xatoligi ishlatiladi.

Bundan tashqari, ushbu bosqichda obyekt joylashuvi yanada aniqroq bo‘lishi uchun qutilar yana bir bor sozlanadi. Bu jarayonda regressiya xatoligi qo‘llanib, obyektlarning aniq koordinatalari aniqlanadi.

Ushbu bosqich ko‘p vazifali o‘qitish tamoyiliga asoslangan bo‘lib, neyron tarmoq obyektlarni tasniflash va ularning qutilarini aniq sozlash jarayonlarini birgalikda o‘qitadi. Shu tariqa, model tasvir ichidagi obyektlarni to‘g‘ri aniqlabgina qolmay, ularning chegaralarini ham aniq belgilaydi [2].

a) Region Proposal Network (RPN) Loss

$$L_{RPN} = L_{cls} + \lambda L_{reg}$$

- Tasniflashdagi xatolik funksiyasi (Classification Loss)

$$L_{cls} = -\sum_i \left[p_i \log(\hat{p}_i) + (1 - p_i)\log(1 - \hat{p}_i) \right]$$

- Regressiya xatolik funksiyasi (Regression Loss)

$$L_{reg} = \sum_i p_i \sum_{j \in \{x,y,w,h\}} smooth_{L1}(t_i - \hat{t}_i)$$

Smooth L1 loss:

$$smooth_{L1}(x) = \begin{cases} 0.5x^2, agar \mid x \mid < 1 \\ \mid x \mid - 0.5, aks\ holda \end{cases}$$

b) Faster R-CNN umumiy xatolik funksiyasi

$$L = L_{RPN} + L_{FastRCNN}$$

SSD (Single Shot MultiBox Detector), bu obyektlarni aniqlash uchun ishlatiladigan tezkor va samarali neyron tarmoq arxitekturasi bo‘lib, u bir vaqtning o‘zida bir nechta obyektlarni aniqlash va ularni tasniflash imkoniyatiga ega. SSD ning asosiy afzalligi shundaki, u faqat bitta neyron tarmoq orqali obyektlarni aniqlaydi, bu esa uning tezligini oshiradi.

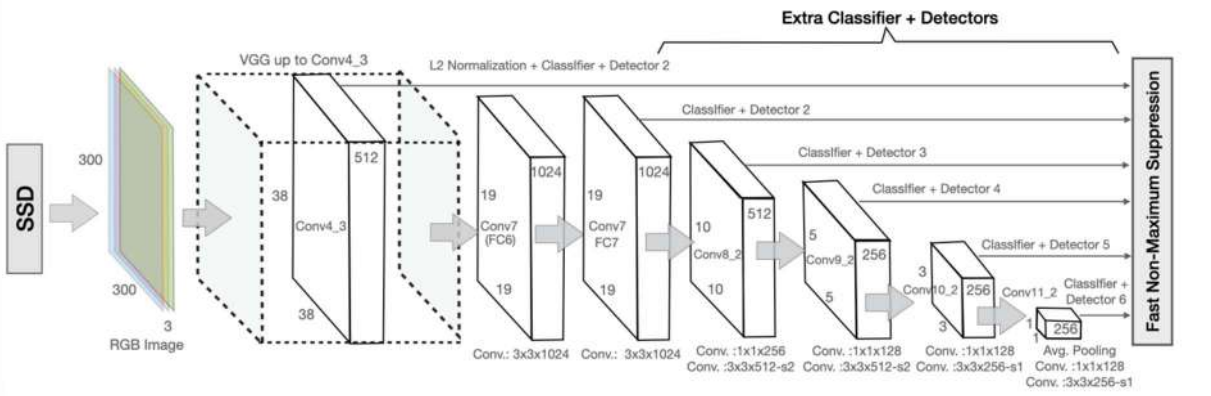
SSD bir nechta obyektlarni bir marta neyron tarmoqdan o‘tkazib, aniqlaydi va bu usul boshqa usullarga, masalan, R-CNN ga qaraganda tezroq ishlaydi. U turli o‘lchamdagi obyektlarni aniqlash uchun turli qatlamlardan foydalanadi, bu esa kichik va katta obyektlarni aniqlashda yaxshi natijalar beradi. SSD har bir piksel uchun bir nechta “anchor box” (standart qutilar) yaratadi va bu qutilar obyektlarning shakli hamda o‘lchamini taxmin qilishda yordam beradi. SSD

ISSN 3030-3907

asosan VGG16 kabi CNN arxitekturasi asosida qurilgan bo‘lib, uning ishlash jarayoni quyidagicha: avval asosiy neyron tarmoq (Backbone Network) yordamida kiruvchi tasvirning belgilari ajratiladi, so‘ng qo‘shimcha konvolyutsiya qatlamlari orqali turli o‘lchamdagi obyektlarni aniqlash uchun belgilar olinadi.

Multi-scale feature maps (turli qatlamlardan olingan belgilar xaritalari) yordamida kichik va katta obyektlarni aniqlash samarali amalga oshiriladi. Pastki qatlamlar katta obyektlarni, yuqori qatlamlar esa kichik obyektlarni aniqlashda yordam beradi. Har bir belgi xaritasida SSD anchor boxlar yordamida obyektlarni lokalizatsiya qiladi va ularni tasniflaydi. Har bir anchor box uchun obyektning klassini aniqlaydi va bounding box regressiyasini bajaradi. SSD ning ishlash jarayoni quyidagicha: tasvir neyron tarmoqga kiritiladi, so‘ng belgilar CNN orqali turli qatlamlarda ajratiladi, so‘ngra anchor boxlar yordamida obyektlarni aniqlash va tasniflash amalga oshiriladi. Nihoyat, aniqlangan obyektlarning bounding boxlari va sinflari chiqariladi. SSD ning asosiy afzalliklari orasida uning tezkorligi, turli o‘lchamdagi obyektlarni aniqlashda aniqligi va oddiyligi keltirish mumkin.

Biroq, uning ba’zi kamchiliklari ham bor, jumladan, ba’zan kichik obyektlarni aniqlashda muammolar yuzaga kelishi va anchor boxlarni to‘g‘ri sozlash jarayoni murakkab bo‘lishi mumkin. SSD real vaqtda obyektlarni aniqlash uchun keng qo‘llaniladi, masalan, avtonom transport vositalari, xavfsizlik tizimlari va boshqa kompyuterning ko‘rishi vazifalarida.



2-rasm. SSD modeli arxitekturasi

Rasmda keltirilgan so‘zlar izohi quyidagicha:

SSD – obyektlarni aniqlash tarmog‘i;

300x300 Image – kirish tasviri o‘lchami;

VGG-16 through Conv5_3 layer – VGG-16 neyron tarmog‘ining Conv5_3 qatlamigacha bo‘lgan qismi asosiy belgilarni ajratish uchun ishlatiladi;

Conv3_3 – konvolyutsion qatlam (38x38 o‘lchamdagi xarita, 512 kanalli);

ISSN 3030-3907

Conv6 (FC6) – kengaytirilgan konvolyutsiya qatlami (19x19 o‘lcham, 1024 kanalli);

Conv7 (FC7) – qo‘shimcha konvolyutsiya qatlami (19x19 o‘lcham, 1024 kanalli);

Conv8_2 – konvolyutsion qatlam (10x10 o‘lcham, 512 kanalli);

Conv9_2 – konvolyutsion qatlam (5x5 o‘lcham, 256 kanalli);

Conv10_2 – konvolyutsion qatlam (3x3 o‘lcham, 256 kanalli);

Conv11_2 – konvolyutsion qatlam (1x1 o‘lcham, 256 kanalli);

Classifier: conv 3x3x(4x(Classes+4)) – klassifikatsiya qatlami, har bir anchor box uchun sinf va bounding box koordinatalarini hisoblaydi;

Extra Feature Layers – qo‘shimcha belgilar qatlamlari, turli o‘lchamdagi obyektlarni aniqlash uchun ishlatiladi;

Detections: 8732 per Class – har bir sinf uchun 8732 ta aniqlangan obyekt;

Non-Maximum Suppression – bir-biriga o‘xshash bounding boxlarni o‘chirish algoritmi.

a) Tasniflashdagi xatolik funksiyasi (Classification Loss) ni aniqlash:

$$L_{conf} = -\sum_{i \in Pos} \log(\hat{p}_i) - \sum_{i \in Neg} \log(1 - \hat{p}_i)$$

b) Regresiya xatolik funksiyasi (Localization Loss)

$$L_{loc} = \sum_{i \in Pos} \sum_{j \in \{x,y,w,h\}} smooth_{L1}(t_i - \hat{t}_i)$$

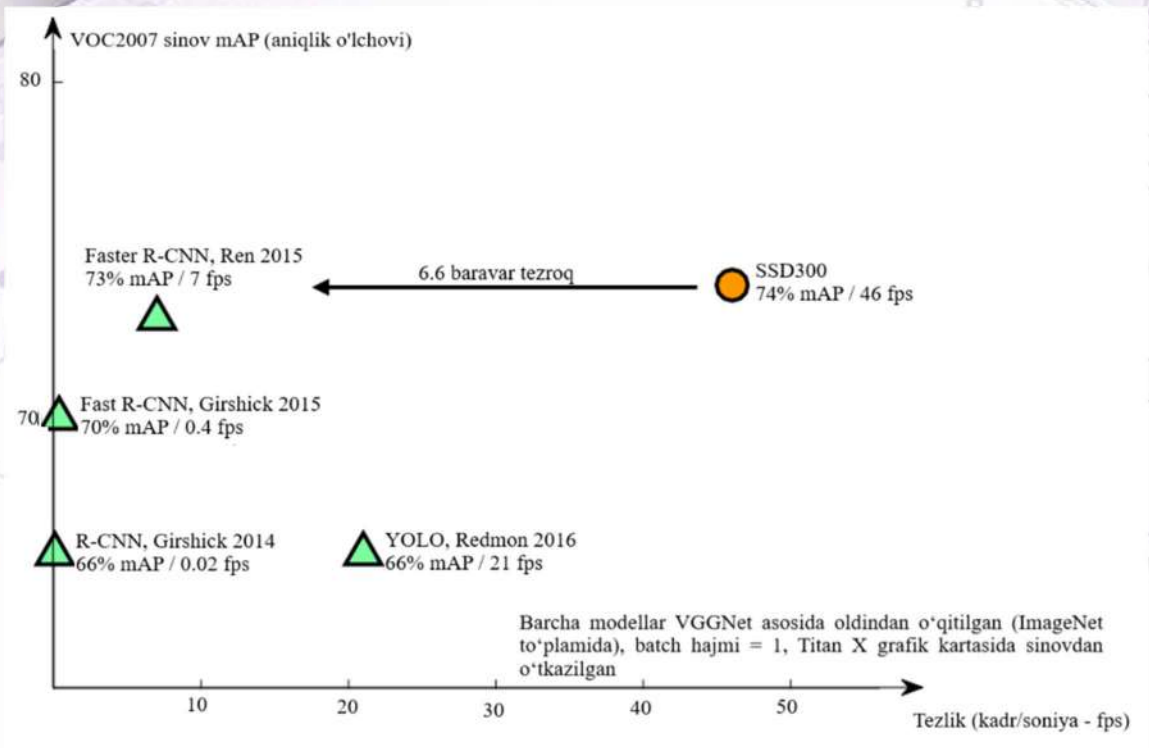
c) Umumiy SSD xatolik funksiyasi

$$L = L_{conf} + \alpha L_{loc}$$

Bu yerda α – regressiya va tasniflash xatoliklarini muvozanatlashtirish uchun ishlatiladigan giperparametr.

NATIJALAR. 3-rasmda asosiy obyektni aniqlash usullarining (R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO va SSD300) tezlik va aniqlik bo‘yicha tarqalish diagrammasi keltirilgan. Taqqoslash adolatli bo‘lishi uchun barcha modellar bir xil sharoitda sinovdan o‘tkazilgan (asosiy tarmoq sifatida VGG16 ishlatilgan, batch hajmi 1 va Pascal VOC2007 test to‘plamida sinovdan o‘tkazilgan). Shuni ta’kidlash joizki, YOLO va SSD300 yagona bosqichli (single-shot) detektorlar bo‘lsa, qolganlari region taklifi asosida ishlovchi ikki bosqichli (two-stage) modellar hisoblanadi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. SSD va Faster R-CNN va YOLO ishlashini taqqoslash.

Yuqoridagi grafikdan quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

SSD300 modeli eng yuqori tezlik va aniqlik qiymatiga ega. U 74% mAP aniqlik bilan 46 fps tezlikda ishlaydi, bu esa uni real vaqtda ishlash uchun eng mos variantga aylantiradi. Faster R-CNN modeli aniqlik bo‘yicha yaxshi natija ko‘rsatsa ham, u SSD300 ga qaraganda 6.6 marta sekinroq natijani bergan.

Ikki bosqichli (two-stage) modellar, jumladan, R-CNN, Fast R-CNN va Faster R-CNN, aniqlikni oshirishga harakat qilgan, lekin ularning tezligi sezilarli darajada past. Masalan, R-CNN atigi 0.02 fps, Fast R-CNN esa 0.4 fps tezlikka ega bo‘lib, real vaqt uchun mos emas. Faster R-CNN tezlikni 7 fps gacha oshirgan bo‘lsa ham, SSD300 bilan taqqoslaganda ancha sekin.

YOLO modeli esa 21 fps tezlikka ega bo‘lib, Faster R-CNN va Fast R-CNN ga nisbatan ancha tez ishlaydi. Biroq uning 66% mAP aniqligi SSD300 yoki Faster R-CNN’dan pastroq.

Umuman olganda, tezkor va aniq model tanlashda SSD300 eng yaxshi variant bo‘lib ko‘rinmoqda. Agar aniqlik muhim bo‘lsa, Faster R-CNN tanlanishi mumkin, lekin u ancha sekin ishlaydi. YOLO esa tez ishlov berish talab qilinadigan, ammo maksimal aniqlik shart bo‘lmagan holatlarda yaxshi tanlov bo‘lishi mumkin [3].

XULOSA. Maqolada uchta asosiy obyektni aniqlashning neyron tarmoq modeli – YOLO, Faster R-CNN va SSD – tahlil qilinib, ularning afzallik va kamchilik tomonlari o‘rganildi. YOLO modeli bir bosqichli yondashuvga asoslangan bo‘lib, tezkor va samarali hisoblanadi. Faster R-CNN esa ikki

ISSN 3030-3907

bosqichli detektor bo‘lib, aniqroq natijalar taqdim etadi. SSD modeli esa ushbu ikkala yondashuvning afzalliklarini o‘zida mujassamlashtirib, balansli yechimni ta’minlaydi.

Barcha modellar konvolyutsiya va RoI Pooling kabi muhim texnologiyalarga asoslanib, obyektlarni aniqlashda yuqori aniqlik va samaradorlikni ta’minlaydi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, real vaqt rejimidagi dasturlar uchun YOLO ustunlik qilsa, aniq obyektni lokalizatsiyasi talab etiladigan vaziyatlarda Faster R-CNN yanada samarali hisoblanadi. Shunday qilib, obyektlarni aniqlash algoritmlarini tanlashda, qo‘llaniladigan soha va talab qilinadigan xususiyatlar muhim ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Peiyuan Jiang, Daji Ergu, Fangyao Liu, Ying Cai, Bo Ma: A Review of Yolo Algorithm Developments. Procedia Computer Science Volume 199, 2022, Pp:1066-1073.
2. Rishabh Singh: Understanding and Implementing Faster R-CNN. Medium, October 15, 2024.
3. Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, Alexander C. Berg, “SSD: Single Shot MultiBox Detector”. Google Inc., University of Michigan.
4. Nosirov K., Norinov M., Abdukadirov B. Image filtering algorithm based on the analysis of the main components // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – 2019. Pp. 1-3.
5. Norinov M., Abdukadirov B., Gofurov M. Application of Fourier Methods and Discrete-Cosinus Transformation in the Process of Processing of TV Images // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Vol. 8, Issue 9S3. – Pp. 1565-1568.
6. Niyozmatova N., Mamatov N., Samijonov A., Abdukadirov B., Abdullayeva B. Algorithm for determining the coefficients of the interpolation polynomial of Newton with separated differences // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 862, Issue 042019. – Pp. 1-4.

ISSN 3030-3907