

TIBBIY TASVIRLASH UCHUN KONVOLYUTSION NEYRON TARMOQLARDA GEOMETRIYANING ROLI

S.Beknazarova

(Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti professori)

saidabeknazarova92@gmail.com

+99891327 66 66

N. Yu.Xalikova

(Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti doktoranti)

nasibaxalikova94@gmail.com

+99897722 55 05

M.B.Qulmatov

(Management va zamonaviy texnologiyalar universiteti katta o'qituvchisi)

muxorka95@gmail.com

+99897 039 25 25

Annotatsiya. Konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) tibbiy tasvirlashda muhim rol o'ynadi. Bu klinisyenlarga operatsiyalarni rejalashtirish, bemorlarga erta tashxis qo'yish va nodir kasalliklarni batafsil o'rganish imkonini berdi. Biroq, ma'lumotlar sifati, miqdori va nomutanosibligi CNN ta'limi va aniqligi uchun qiyinchiliklar tug'diradi. Bundan tashqari, sog'liqni saqlash tizimida ko'p turdagi CNN kerak bo'lganda, o'qitish xarajatlari yuqori bo'lishi mumkin. Ushbu maqola katta o'quv ma'lumotlar to'plamining yukini kamaytirish va hisoblash xarajatlarini qoplash uchun CNN arxitekturasidagi geometrik vositalarning joriy integratsiyasini ko'rib chiqadi. Shuningdek, geometrik asboblarni CNN bilan integratsiya qilish bo'yicha kelajakdagi tadqiqotlar uchun unumdor hududlarni belgilaydi.

Kalit so'zlar: CNN, pozitron emissiya tomografiyasi, magnit-rezonans tomografiya, TDA.

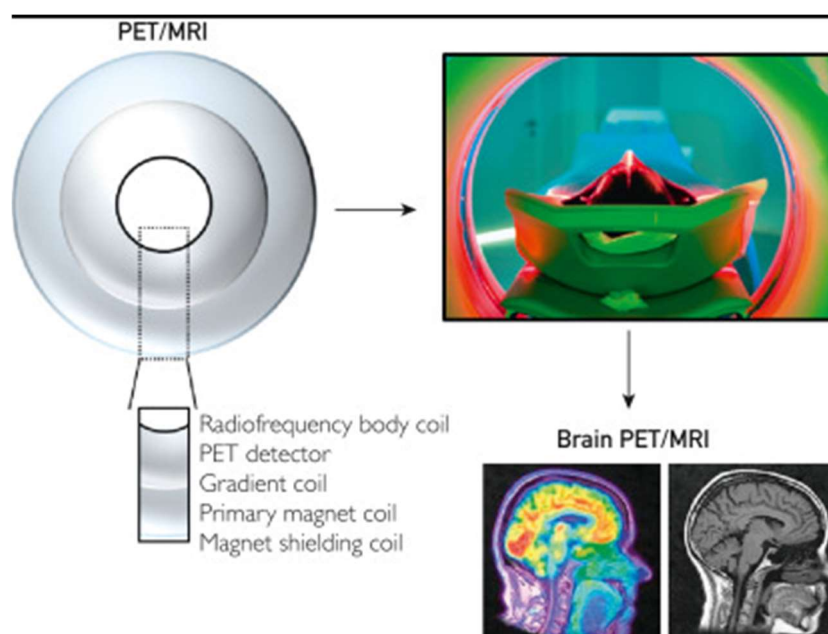
KIRISH

Tibbiy tasvir diagnostika, davolashni rejalashtirish va tibbiy tadqiqotlarga yordam beradigan qimmatli vizual ma'lumotlarni taqdim etish orqali zamonaviy sog'liqni saqlashda hal qiluvchi rol o'ynaydi. U klinisyenlarga inson tanasidagi ichki tuzilmalar va jarayonlarni tasavvur qilish imkonini beruvchi noinvaziv yoki minimal invaziv usullarning bir qatoridan iborat. Tibbiy tasvirlash uchun klinik ehtiyojlar keng va xilma-xil bo'lib, turli xil ilovalarni o'z ichiga oladi. Tibbiy tasvirlash uchun asosiy klinik ehtiyojlardan biri bu bemorlarning diagnostik tasviridir. Turli xil tibbiy sharoitlarni baholash va tashxislash uchun rentgen, ultratovush, kompyuter tomografiyasi, magnit-rezonans tomografiya (MRI) va pozitron emissiya tomografiyasi (PET) kabi ko'plab usullar qo'llaniladi. Ushbu tasvirlash usullari anormalliklarni aniqlash va lokalizatsiya qilish, o'smalarni aniqlash, jarohatlar darajasini baholash va davolash qarorlarini boshqarish uchun qimmatli ma'lumotlarni taqdim etishga yordam beradi. Diagnostika maqsadlaridan tashqari, tibbiy tasvirlash tibbiy tadqiqotlarda hal qiluvchi rol o'ynaydi. Bu olimlar va tadqiqotchilarga anatomik tuzilmalarni, (pato) fiziologik jarayonlarni va kasallikning rivojlanishini o'rganishni osonlashtirib, inson tanasini noinvaziv usulda o'rganish imkonini beradi. Tibbiy tasvirlash usullari davolash samaradorligini kuzatish, kasallikning rivojlanishini

baholash va turli sharoitlarning asosiy mexanizmlarini tushunish uchun klinik sinovlar va uzunlamasına tadqiqotlarda keng qo'llaniladi.[1]

Bundan tashqari, tibbiy tasvirlar jarrohlikni rejalashtirishda yordam beradi. U jarrohlarga anatomik tuzilmalarni tasavvur qilish, muhim hududlarni aniqlash va eng xavfsiz va samarali jarrohlik yondashuvini rejalashtirish imkonini beruvchi operatsiyadan oldingi batafsil tasvirlarni taqdim etadi. Bundan tashqari, minimal invaziv muolajalar paytida real vaqt rejimida tasvirlash, masalan, tasvirga asoslangan aralashuvlar asboblarni joylashtirish va protseduraning borishini kuzatishga yordam beradi. Bundan tashqari, tibbiy ko'rish davolanishga javobni kuzatishda muhim rol o'ynaydi. Ketma-ket ko'rish tadqiqotlari klinisyenlarga terapiya samaradorligini baholash, kasallikning rivojlanishidagi o'zgarishlarni kuzatish va davolash rejalariga zarur tuzatishlar kiritish imkonini beradi. Bu, ayniqsa, kimyoterapiya, immunoterapiya yoki radiatsiya terapiyasiga o'sma reaksiyalarini baholash uchun MRI va PET kabi tasvirlash usullari qo'llaniladigan onkologiyada juda muhimdir.[2]

Tibbiy tasvirlash texnologiyasidagi yutuqlar o'z imkoniyatlarini kengaytirishda davom etmoqda, bu esa aniqroq va batafsil tasvirlash imkonini beradi, natijada bemorni parvarish qilish va natijalarni yaxshilash imkoniyatlari paydo bo'ldi. (1-rasm).



1-rasm. Tibbiy tasvirga misol. Standart pozitron emissiya tomografiyasi (PET)/magnit-rezonans tomografiya (MRI) skanerining tuzilishi va ichki komponentlari tasvirni olishning odatiy usuli bilan. Rang fluorodeoksiglyukoza radiotraserining o'zlashtirilishini bildiradi. Qizil - eng yuqori qabul qilish, ko'k - eng past.

Konvolyutsion neyron tarmoqlarning o'tmishda qo'llanilishi haqida umumiy nuqtai nazar.

Konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) tibbiy tasvirni tahlil qilishda inqilob qildi va radiologlarga aniq aniqlash va tashxis qo'yish uchun kuchli vositalarni taqdim etdi. Konvolyutsion neyron tarmoqlar modelning qiziqish natijasiga mosligini yaxshilash uchun har bir qatlamdagi tibbiy tasvirlardan mazmunli xususiyatlarni olish uchun konvolyutsiya qatlamlarida optimallashtirilgan topologik xaritalashdan foydalanadi.

Muhim jihatlardan biri CNN-lardagi mahalliy ulanish modelidir. Konvolyutsion neyron tarmoqlar konvolyutsiya kontseptsiyasidan foydalanadi, bu erda filtrlar mahalliy naqshlarni aniqlash uchun kirish tasviri ustiga siljiydi. Ushbu mahalliy ulanish radiologlar uchun juda muhim, chunki u tarmoqqa tibbiy tasvir tahlilida hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lgan qirralar, teksturalar va shakllar kabi mahalliy xususiyatlarni olish imkonini beradi.[3] Masalan, mammografiyada CNN ko'krak bezi saratonini erta aniqlashga yordam beradigan mikrokalsifikatsiya yoki me'moriy buzilishlarni aniqlay oladi. Yana bir muhim topologik jihat - bu retseptiv maydon. Qabul qiluvchi maydon ma'lum bir neyronning faollashishiga ta'sir qiluvchi kirish tasvirining hududiga ishora qiladi. CNNlarda retseptiv maydonlar tarmoq chuqurligi bilan ortadi. Kattaroq qabul qiluvchi maydonlar tarmoqqa global kontekstli ma'lumotlarni olish imkonini beradi, bu ayniqsa tibbiy tasvirni tahlil qilishda foydalidir. Radiologlar bu jihatdan foyda ko'rishlari mumkin, chunki CNN anatomik tuzilmalar o'rtasidagi kontekstual munosabatlarni aniqlay oladi, bu aniq lokalizatsiya va segmentatsiya vazifalarini osonlashtiradi.

Bundan tashqari, CNN ning ierarxik tabiati radiologlar uchun juda muhimdir. CNN-lardagi konvolyutsiya qatlamlari kirish tasvirining ierarxik tasvirini tashkil qiladi. Qirralar va burchaklar kabi past darajadagi xususiyatlar dastlabki qatlamlarda, murakkab tuzilmalar va teksturalar kabi yuqori darajadagi xususiyatlar esa chuqurroq qatlamlarda o'rganiladi. Ushbu ierarxik vakillik CNN-larga tibbiy tasvirlardagi murakkab naqshlarni o'rganish imkonini beradi, bu ularni normal va g'ayritabiiy topilmalar o'rtasida farqlash qobiliyatiga ega qiladi. Radiologlar o'smalar yoki shikastlanishlar kabi anormallik va kasalliklarni aniqlashda yordam berish uchun ushbu ierarxik jihatdan foydalanishlari mumkin.[4]

Parametrlarni almashish kirish tasvirining turli fazoviy joylarida bir xil og'irliklar (filtrlar) to'plamidan foydalanishni anglatadi. Bu jihat CNN-larga joylashuvidan qat'iy nazar mahalliy xususiyatlarni ajratib olish imkonini beradi, parametrlar sonini kamaytiradi va samaradorlikni oshiradi. Radiologlar uchun parametrlarni almashish foydalidir, chunki u tarmoqqa umumlashtirilishi mumkin bo'lgan xususiyatlarni o'rganish imkonini beradi, bu esa CNNni tasvirni olish va bemorni joylashtirishdagi o'zgarishlarga chidamli qiladi. Bundan tashqari, CNN-larda qo'llaniladigan birlashtirish operatsiyalari ularning topologik jihatlariga hissa qo'shadi.

Birlashtirish qatlamlarining quyi namunalarida mahalliy hududlarni umumlashtirish orqali xaritalar mavjud. Bu jarayon fazoviy o'lchamlarni pasaytirib, eng muhim xususiyatlarni saqlab qoladi va tarmoqqa tasvir yoki tasvir yo'nalishidagi aniq joylashuvdan qat'iy nazar xususiyatlarni aniqlash imkonini beradi. Klinisyenlar bu jihatdan foyda olishlari mumkin, chunki CNN anatomik tuzilmalarni hatto kichik pozitsion o'zgarishlar bilan ham aniq aniqlay oladi va tahlilning mustahkamligini oshiradi. So'nggi bir necha yil ichida erishilgan kuchli yutuqlarga qaramay, CNNlar tibbiy tasvirlash ma'lumotlariga nisbatan bir qator qiyinchiliklarga duch kelishadi, masalan, nisbatan kichik namuna o'lchamlari, aylanish o'zgarishi (ayniqsa, raqamli patologiyada, chunki slaydlarga o'rnatilgan gistologik bo'limlar turli yo'nalishlarga ega bo'lishi mumkin.) va chiziqli bo'lmagan bo'shliqlarda yashovchi ma'lumotlar (miya tasviri ma'lumotlari kabi).[5] Geometriya va topologiyaning matematik vositalari global va mahalliy ma'lumotlar xususiyatlarini ma'lumotlarni qayta ishlash bosqichlariga yoki CNN algoritmining o'ziga qo'shish orqali ushbu muammolarni hal qilishi mumkin. Oxirgi natijalar CNN-larning geometriya va topologiya bilan kombinatsiyasi tibbiy tasvir tahlili oldida turgan muhim muammolarni hal qilishi mumkinligini ko'rsatadi va bu yondashuvlar CNN quvurlarida bir qadam sifatida geometriyadan xabardor xususiyat muhandisligidan kelib chiqishi mumkin bo'lgan boshqa yutuqlarni taklif qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Alternativ yondashuvlar. Topologik ma'lumotlarni tahlil qilish (TDA) mashhurlik kasb etgan va turli sohalarda, jumladan, tibbiy tasvirlashda qo'llaniladigan matematik tizimdir. Radiologiyada TDA dan foydalanish murakkab tibbiy tasvirlarni baholash va talqin qilishning yangi usulini taqdim etadi, bu esa radiologlarga qo'shimcha ma'lumot beradi.[6] TDA ning anatomik tuzilmalar yoki tasvirlar ichidagi jarohatlarning topologik jihatlarini qo'lga kiritish va baholash qobiliyati tibbiy tasvirlashda uning asosiy afzalliklaridan biridir. An'anaviy tasvir tahlili yondashuvlari ko'pincha piksel intensivligi yoki tekstura tahliliga tayanadi, ular strukturaning asosiy geometrik va topologik xususiyatlarini yetarli darajada ifodalamasligi mumkin. Aksincha, TDA tuzilishi, shakli va ulanishiga e'tibor qaratadi, bu uning xususiyatlarini yanada to'liqroq tushunishga imkon beradi. Topologik ma'lumotlarni tahlil qilish yondashuvlari radiologlarga anatomik tuzilmalar yoki shikastlanishlarning fazoviy munosabatlari va morfologik xususiyatlarini yaxshiroq tushunishga yordam beradi. Bundan tashqari, TDA-ga asoslangan usullar tasvirlash ma'lumotlaridagi bo'shliqlarni, tunnellarni yoki yuqori o'lchamli tuzilmalarni aniqlashi mumkin, bu esa radiologlarga qiziqishning turli hududlari va turli shaxslar va bemorlar guruhlarini o'rtasidagi murakkab naqsh va aloqalarni yaxshiroq tushunishga imkon beradi. Topologik ma'lumotlarni tahlil qilish, shuningdek, topologik xususiyatlariga ko'ra turli xil anatomik tuzilmalar yoki shikastlanishlarni ajratishga yordam beradi. Ko'rish

ma'lumotlarining topologik tasvirlarini ishlab chiqish orqali radiologlar patologik o'zgarishlar yoki kasallikning rivojlanishini ko'rsatishi mumkin bo'lgan tuzilmalar topologiyasida kichik o'zgarishlarni aniqlashlari mumkin.[7] Bu ularga ko'plab tibbiy kasalliklarni aniqroq aniqlash va tasniflashda yordam berish imkoniyatiga ega. Bundan tashqari, TDA MRI, kompyuter tomografiyasi yoki PET skanerlari kabi turli xil tasvirlash usullaridan ma'lumotlarni birlashtirish orqali multimodal tasvirlash ma'lumotlarini birlashtirishga yordam beradi. Ushbu vositalardan foydalanib, asosiy anatomiya va patologiyani yanada kengroq va yaxlit tushunishni bir nechta usullar bo'yicha topologik xususiyatlarni o'rganish orqali olish mumkin, bu esa aniqroq tashxis qo'yish va davolashni rejalashtirishga olib keladi.

NATIJALAR

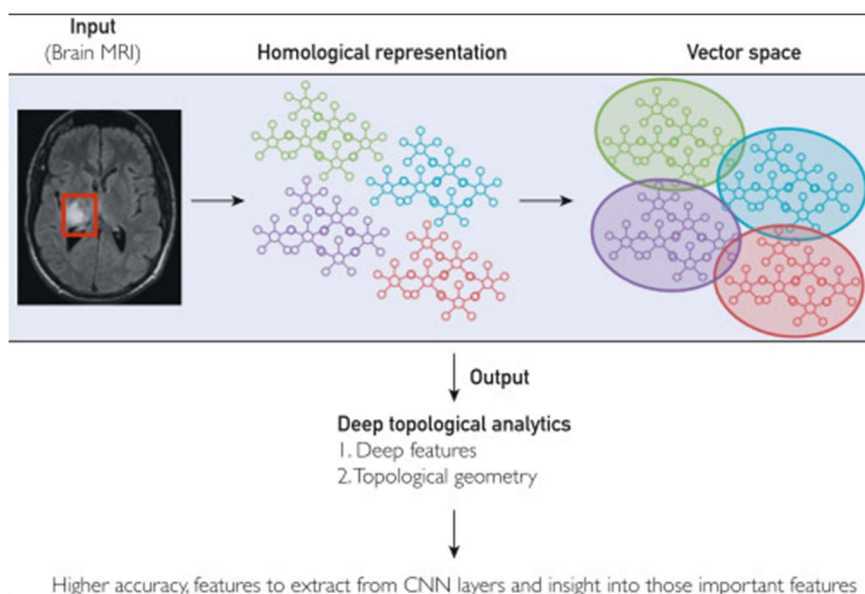
CNNdagi topologiya. TDA va CNN kombinatsiyasi tibbiy tasvirlashda turli xil ilovalar uchun CNNni takomillashtirishdada ahamiyat kasb etadi. Elyasi va Moghadam [8]teri lezyonlarini tasniflash, aniq identifikatsiya va tasnifga erishish uchun Xception neyron tarmog'i bilan bir qatorda TDA dan foydalangan. Mualliflar teri lezyonlarini tasniflash uchun TDA ning Xception neyron tarmog'i bilan birgalikda qo'llanilishini o'rganadilar. Ular tasvirlardan topologik xususiyatlarni olish va ularni Xception tarmog'i tomonidan o'rganilgan chuqur xususiyatlar bilan birlashtirish uchun doimiy homologiyaning foydalanadilar. Eksperimental natijalar shuni ko'rsatadiki, TDA ni Xception tarmog'i bilan birlashtirish teri lezyonlarini aniqlash vazifalari uchun tasniflash aniqligini oshirishga olib keladi. Topologik ma'lumotlarning integratsiyasi teri lezyonlarining strukturaviy xususiyatlarini aniqlashga yordam beradi, bu esa aniqroq tasniflash imkonini beradi.

G'afuriy va boshqalar tibbiy tasvirni tahlil qilishda aniqlik va samaradorlikni oshirishga qaratilgan CNN konvolyutsiya qatlamlariga topologik tushunchalarni kiritdilar. Ushbu tadqiqot tibbiy tasvirni tahlil qilish uchun CNN arxitekturasida topologik jihatlardan foydalanishni o'rganadi. Ular doimiy homologiya, algebraik topologiyadan olingan usul orqali tasvirlarning topologik xususiyatlarini o'z ichiga olgan yangi yondashuvni taklif qilishadi. Mualliflar tibbiy tasvirlar ma'lumotlar to'plamiga qo'llash va natijalarni an'anaviy CNN modellari bilan solishtirish orqali o'z yondashuvlarining samaradorligi haqida xabar berishadi. Ularning xabar berishicha, topologik ma'lumotlarni o'z ichiga olish CNN modellarining aniqligi va mustahkamligi nuqtai nazaridan ish faoliyatini yaxshilashi mumkin.[9]

Hajij va boshqalar ko'krak qafasi rentgenogrammasidan COVID-19 ni aniqlash uchun doimiy homologiya va chuqur o'rganish xususiyatlarining uyg'unligi bo'lgan TDA-Net-ni taklif qilishdi va bu aniqlikni oshirdi.[10] Bu ko'krak qafasi rentgenogrammasi yordamida COVID-19ni aniqlash uchun doimiy homologiyaning chuqur o'rganish xususiyatlari bilan birlashtirgan TDA-Net deb nomlangan usulni taqdim etadi. Mualliflar o'pka mintaqalarining topologik tuzilishini

olish va tasniflash uchun kamsituvchi xususiyatlarni olish uchun doimiy homologiyaning foydalanadilar. Ular an'anaviy chuqur o'rganish modellari bilan solishtirganda COVID-19 ni aniqlashda yuqori aniqlikka erishish orqali o'zlari taklif qilgan usulning samaradorligini aniqladilar. Doimiy homologiya orqali topologik ma'lumotlarning integratsiyasi modelning o'pka mintaqalaridagi naqsh va nosimmetriklarni aniqlash qobiliyatini oshiradi, bu esa aniqlashning aniqligini oshirishga olib keladi.

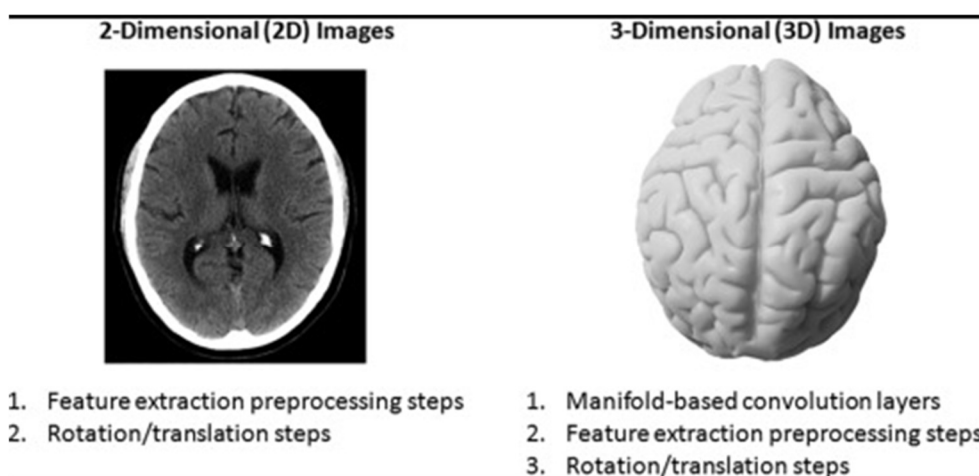
Ushbu tadqiqotlar tibbiy ko'rish vazifalarida TDA-CNN kombinatsiyalarining potentsialini ta'kidlaydi (2-rasm). Biroq, oldingi tadqiqotlar tibbiy tasvirni tahlil qilish va teri lezyonlarini tasniflash uchun chuqur o'rganish modellariga doimiy homologiya orqali topologik jihatlarni kiritishning afzalliklari haqida xabar berdi. Topologik ma'lumotlardan foydalanish modellarning ma'lumotlardagi murakkab naqsh va tartibsizliklarni olish qobiliyatini oshiradi, bu esa aniqlik va mustahkamlikni oshirishga olib keladi.



2-rasm. Topologik asoslangan doimiy homologiya arxitekturaga qo'shilsa, konvolyutsion neyron tarmoqlarning (CNN) aniqligini oshiradi, bu chuqur o'rganish cheklovlarini potentsial ravishda hal qila oladi va geometrik va tekstura ma'lumotlarini tasvirlaydi. Qizil quti - topologiya yoki homologiya bajarilayotgan maydon. MRI, magnit-rezonans tomografiya.

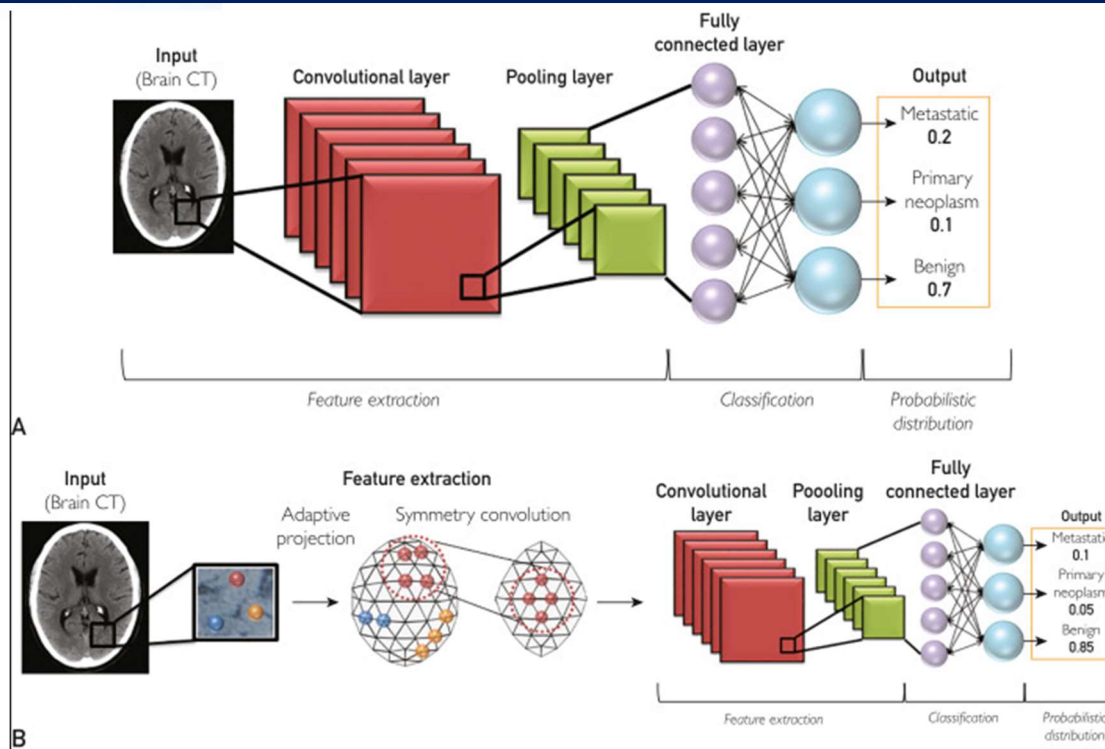
CNNda geometriya. Topologiya CNN ish faoliyatini yaxshilash vositalariga hissa qo'shganidek, geometriyaning bir nechta sohalarida ham bor va bu ilovalarning ko'pchiligi TDA va CNN kombinatsiyasi kabi birlashma yoki konvolyutsiya qatlamlariga geometrik vositalarni qo'shishni o'z ichiga oladi. Misol uchun, konvolyutsiya qatlamlari kirish va xaritalash bo'shliqlari sifatida (3-rasm) [11] mahalliy tekis geometriyalari (manifoldlar deb ataladi) bilan egri tasvir ma'lumotlarini (masalan, uch o'lchovli miya tasvirlari) olishi mumkin yoki qismlarni

manipulyatsiya qiluvchi egri konvolyutsiya xaritalarida aylanish va tarjima operatorlarini o'z ichiga oladi. Aniqlikni oshirish uchun CNN-larda geometriyadan foydalanish birlashma va konvolyutsiya qatlamlariga geometrik asboblarni kiritishni o'z ichiga oladi. Manifoldlar deb nomlanuvchi mahalliy tekis geometriyalarga ega bo'lgan uch o'lchovli miya tasvirlari kabi egri tasvir ma'lumotlari uchun geometrik usullardan foydalanish mumkin. Misol uchun, konvolyutsiya qatlami egri konvolyutsiya xaritalarida aylantirish va tarjima operatorlarini o'z ichiga olishi uchun mo'ljallangan bo'lishi mumkin, bu algoritm optimal xususiyatlar va xaritalarni o'rganishi sababli asl tasvirlarning muayyan qismlarini manipulyatsiya qilish imkonini beradi. Ushbu geometrik yondashuvlar CNN aniqligini oshirishda muvaffaqiyatli bo'lib, turli ilovalarda eng zamonaviy ko'rsatkichlarga olib keldi.



3-rasm. 2 o'lchovli va 3 o'lchovli makon uchun geometriyaga asoslangan turli xil chuqur o'rganish imkoniyatlari.

Geometrik imzolar va xususiyatlar, shuningdek, CNN modelini o'rnatishdan oldin ko'rish ma'lumotlaridan olinishi mumkin, bu esa ko'proq turdagi original kirish ma'lumotlarini yoki tasvir ma'lumotlarini boshqa ma'lumotlar turlari bilan birlashtirishga imkon beradi. Ushbu xususiyatlarni saqlaydigan matritsalar keyin CNN qatlamlari bo'ylab xaritalanadi. [12] Tasvir ma'lumotlaridan olingan xususiyatlarning o'zi CNNni o'rnatishdan oldin tasvirlarga qayta ishlanishi mumkin. Bunga misollardan biri gistologik tasvirlar to'plamidagi o'ziga o'xshashlik naqshlarini (fraktallarni) ko'rib chiqadi va bu xususiyatlarning o'zini topish uchun algoritmgga ishonishdan ko'ra tuzilmalarni aniqlaydigan muhim geometrik xususiyatlarni kodlaydi, bu sinf nomutanosibli bilan aniqlikni oshirishi va mashg'ulot tezligini oshirishi mumkin (4 rasm).



4-rasm. Tibbiy tasvirlashda keng qo'llaniladigan konvolyutsion neyron tarmoq arxitekturalari. 2 usulning ish jarayoni diagrammasi. A, Tibbiy tasvirlarni an'anaviy konvolyutsion neyron tarmog'iga ishlov berish. B, Geometrik xususiyatlarni ajratib olish, keyin an'anaviy konvolyutsion neyron tarmoqqa asoslangan usullar. KT, kompyuter tomografiyasi.

MUHOKAMA

Tibbiy tasvirlash kontekstida ma'lumotlarning simmetriyalaridan foydalanish uchun CNN-larni umumlashtirish muhim ahamiyatga ega. Turli xil ilmiy sohalarda tabiiy hodisalarni tushunishda uzoq vaqtdan beri hal qiluvchi rol o'ynagan simmetriyalar hozirda yuqori samarali neyron tarmoqlarni qurishda, ayniqsa cheklangan o'quv ma'lumotlari bilan ishlashda muhim ahamiyatga ega. Misol uchun, agar kiritilgan tibbiy rasmda ma'lum bir ob'ekt mavjud bo'lsa va ob'ektning joylashuvi bir xil tasvir ichida o'zgartirilsa, CNN tomonidan chiqarilgan xususiyatlar bir xil masofaga siljishi kutiladi. Konvolyutsiya operatsiyasi ushbu jarayonni osonlashtiradi va tarmoqning bunday fazoviy tarjimalarga sezgir bo'lishini ta'minlaydi. Biroq, turli xil simmetriyalarni qamrab olish uchun konvolyutsiya teoremasini umumlashtirish tibbiy tasvirlash uchun samarali neyron tarmoq arxitekturasini yaratish uchun juda muhimdir. Xususan, Sferik CNN va Mesh CNN kabi usullar aylanish va o'lchov simmetriyalari mavjud bo'lgan stsenariylarda juda qimmatli ekanligini isbotladi.[15] Ushbu yondashuvlar tarmoqqa aylanish va o'lchov simmetriyalarini samarali o'rganish va ulardan foydalanish imkonini beradi, bu esa tibbiy tasvirlardan mazmunli xususiyatlarni olish qobiliyatini oshiradi. Tibbiy tasvirlash ma'lumotlarida mavjud bo'lgan asosiy simmetriyalardan foydalangan holda, tadqiqotchilar va amaliyotchilar

CNN arxitekturasini yanada kuchli va samarali ishlab chiqishlari mumkin. Bu, o'z navbatida, tibbiy tasvirlash sohasida tasvirlarni tasniflash, segmentatsiyalash va aniqlash kabi vazifalarda aniqlik va samaradorlikni oshirishga olib kelishi mumkin.

XULOSALAR

Geometriya va topologiya kuchli tibbiy tasvirni tahlil qilish quvurlarini yaratish uchun CNN bilan birlashishi mumkin va so'nggi yutuqlar geometriya taklif qiladigan vositalarning faqat bir qismini o'z ichiga oladi. Ko'p o'lchamli tasvirlash ma'lumotlarini oldindan belgilangan yoki eng mos ma'lumotlar maydoniga joylashtirish mumkin bo'lgan ko'p qavatli o'rganish va konformal xaritalash doimiy homologiya yoki tarjima/aylanish operatsiyalariga o'xshash tarzda yaxshi xususiyatli muhandislik bosqichini yoki birlashtiruvchi qatlamni ta'minlashi mumkin. Ricci yoki Yamabe oqimi kabi silliqlash vositalari gistologiya ma'lumotlarini buzishi mumkin bo'lgan montaj artefaktlarini engillashtirishi mumkin. Hodge-Helmholtz dekompozitsiyasida bo'lgani kabi, oqim naqshlarining mahalliy va global naqshlarga bo'linishi, PET yoki ekokardiyogramma ma'lumotlarining CNN tasnifini soddalashtirishi mumkin. Tibbiy chuqur o'rganish tadqiqotchilari va geometrlarning hamkorligi bu sohadagi ba'zi asosiy muammolarni hal qilish uchun zarur, masalan, kichik ma'lumotlar to'plamlari yoki shovqinli ma'lumotlar bilan aniq tasniflash va bemorni parvarish qilishda shaxsiy yondashuvni ishlab chiqish.

Tibbiy tasvirlashda CNN qo'llanilishidan tashqari, tabiiy tilni qayta ishlashda muvaffaqiyati bilan mashhur bo'lgan transformator arxitekturalari ham ushbu sohada moslashtirilishi va qo'llanilishi mumkin. Transformatorlarning uzoq masofali bog'liqliklarni boshqarish qobiliyati tibbiy tasvirlashda, ayniqsa yurak tasviri yoki vaqt o'tishi bilan miya faoliyati kabi ketma-ket yoki vaqtli ma'lumotlarni o'z ichiga olgan vazifalarda foydali bo'lishi mumkin. Ular yuqori o'lchamli tasvir ma'lumotlarini samarali qayta ishlash, ko'p tomonlama o'rganish va konformal xaritalashni yaxshilash uchun ishlatilishi mumkin. Bundan tashqari, transformatorlar silliqlash asboblari bilan birlashishi yoki oqim naqshining parchalanishiga yordam berishi mumkin, bu esa tasniflashning aniqligi va mustahkamligini oshirishi mumkin. Ushbu ilovalar chuqur o'rganish tadqiqotchilari va geometriyalar o'rtasidagi hamkorlikdan yanada foydali bo'ladi, bu esa bemorni yanada shaxsiylashtirilgan va samarali parvarish qilishga olib keladi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. S. Husayn, I. Mubeen, N. Ullah va *boshqalar*. Tibbiyot sohasidagi zamonaviy diagnostik tasvirlash texnikasini qo'llash va xavf omillari: sharh *Biomed Res Int*, 2022 (2022), 5164970- modda
2. YMY Abdulloh Tibbiy tasvirlash tarixi *Arch Med Health Sci*, 5 (2) (2017), 275-278 - betlar
3. H. Kasban, MAM El-Bendary, DH Salama Tibbiy tasvirlash usullarini qiyosiy o'rganish *Int J Inf Sci Intell Syst*, 4 (2) (2015), 37-58 - betlar

4. J. Kornejo , JA Kornejo-Aguilar , M. Vargas va *boshqalar*. Jarrohlik va tibbiy asboblarni anatomik muhandislik va 3D bosib chiqarish: xalqaro sharh va kelajakdagi eksponensial innovatsiyalar Biomed Res Int , 2022 (2022) , maqola 6797745
5. D. Vang , D. Ma , ML Vong , YX Vang. O'simta biopsiyasi va rezektsiyasi uchun jarrohlik rejalashtirish va navigatsiya sohasidagi so'nggi yutuqlar Quant Imaging Med Surg , 5 (5) (2015) , 640-648 - betlar
6. J. G'afuriy , H. Du , S. Jassim. Tibbiy tasvirni tahlil qilish uchun CNN konvolyutsiya qatlamlarining topologik jihatlari SPIE ishlari (2020) , 11399- modda
7. M. Hojij , G. Zamzmi , F. Batayneh. TDA-Net: ko'krak qafasi rentgenogrammasidan COVID-19 ni aniqlash uchun doimiy homologiya va chuqur o'rganish xususiyatlarining uyg'unligi
8. Y. Singh , CM Farrelly , QA Hathaway va *boshqalar*. Tibbiy tasvirlashda topologik ma'lumotlarni tahlil qilish: san'atning hozirgi holati Insights Imaging , 14 (1) (2023) , p. 58
9. HX Bai , B. Hsieh , Z. Xiong va *boshqalar*. Ko'krak KT da COVID-19 ni COVID-19 bo'lmagan virusli pnevmoniyadan farqlashda rentgenologlarning ishlashi Radiologiya , 296 (2) (2020) , bet. E46 - E54
10. L. Li , L. Qin , Z. Xu va *boshqalar*. O'pka KT asosida COVID-19 va jamiyat tomonidan orttirilgan pnevmoniyani aniqlash uchun sun'iy intellektdan foydalanish: diagnostika aniqligini baholash Radiologiya , 296 (2) (2020) , bet. E65 - E71
11. EJ Amézquita , MY Quigley , T. Ophelders , E. Munch , DH Chitwood . Kelajakdagi narsalarning shakli: topologik ma'lumotlarni tahlil qilish va biologiya, molekullardan organizmlargacha Dev Dyn , 249 (7) (2020) , 816-833 - betlar
12. N. Elyasi , MH Moghadam. Xception neyron tarmog'i bilan bir qatorda Tda bo'yicha teri lezyonlarining tasnifi J AI Data Mining , 10 (3) (2022) , 333-344 - betlar
13. R. Chakraborty , J. Bouza , JH Manton , BC Vemuri ManifoldNet: ilovalar bilan ko'p qiymatli ma'lumotlar uchun chuqur neyron tarmoq IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell , 44 (2) (2022) , 799-810 - betlar
14. EJ Bekkers , MV Lafarge , M. Veta , KAJ Eppenhof , JPW Pluim , R. Duits. Tibbiy tasvirni tahlil qilish uchun roto-tarjima kovariant konvolyutsion tarmoqlar. Med Image Comput Computer Assist Interv MICCAI. 2018 yil (2018 yil) , b. 11070
15. T. Dan , Z. Huang , X. Cai , PJ Laurienti , G. Vu. Geometrik e'tiborli neyron tarmog'idan foydalangan holda rivojlanayotgan ko'p funktsional MRI ma'lumotlarining miya dinamikasini o'rganish. IEEE Trans Med Imaging , 41 (10) (2022) , 2752-2763 – betlar