

MODERN
RADIOLOGY
eBook

Mesterséges Intelligencia a Radiológiában

ESR EUROPEAN SOCIETY
OF RADIOLOGY



/ Előszó

A *Modern Radiology* a Radiológia Európai Társasága (ESR) által online kiadott, szabadon hozzáférhető radiológia oktatási forrása. A most megjelent, átdolgozott és új arculatú második kiadás címe tükrözi az ESR eBook új didaktikai koncepcióját: az egyedi, tömör oldalakból álló szerkezet szöveget, képeket és sematikus ábrákat ötvöz, amelyeket klinikai képkötő esetek, kérdés-válasz szekciók és hiperhivatkozások egészítenek ki. Ezek lehetővé teszik, hogy az olvasó gyorsan váltson az egyes szervrendszer-alapú és technikai fejezetek, összefoglalók és irodalmi hivatkozások között.

A fejezetek több mint 100 elismert európai szakértő hozzájárulásán alapulnak, lefedve mind az általános technikai, mind a szervrendszer-alapú klinikai képkötő témaköröket. Az új grafikai megjelenés – amely Asklepiost modern szemüvegben ábrázolja – a klasszikus orvosi oktatás és a korszerű oktatási stílus ötvözésének szimbóluma.

Noha az ESR eBook eredeti változata kifejezetten orvos-tanhallgatók és graduális képzést folytató oktatók számára készült, idővel bővült, és egyre magasabb szintű tudanyagot kínál azok számára is, akik mélyebb ismeretekre

vágynak. Ennek eredményeképpen a *Modern Radiology* már a Radiológiai Európai Képzési Tanterv posztgraduális szintjének témaköreit is felöleli, ezáltal a szakorvosképzésben résztvevők oktatási igényeire is válaszol. Ezen túlmenően tükrözi azon világszerte dolgozó egészségügyi szakemberek visszajelzéseit, akik szeretnék naprakésszé tenni tudásukat az orvosi képkötés meghatározott területein, és akik nagyra értékelték az ESR eBook világos és mélyreható tartalmát a kezdő és haladó szinteken egyaránt.

Szeretném szívből megköszönni minden szerzőnek az önkéntes, nonprofit vállalkozáshoz nyújtott idejét és szakértelmét, valamint Carlo Catalano, Andrea Laghi és Palkó András professzoroknak az ESR eBook ötletének megfogalmazását. Végül, de nem utolsósorban köszönet illeti az ESR Irodát a technikai és adminisztratív támogatásért.

A *Modern Radiology* a közös alkotás szellemiségét és a radiológia, mint a korszerű betegellátás szempontjából nélkülözhetetlen tudományág iránti elkötelezettséget testesíti meg. Remélem, hogy ez az oktatási eszköz kíváncsiságot ébreszt és ösztönzi a kritikus gondolkodást, hozzájárulva a radiológia mint tudomány és művészet európai és nemzetközi megbecsüléséhez.

Minerva Becker, szerkesztő

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az al alapjai

Haladó al témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Szerzői jogok és felhasználói feltételek

Ez a mű a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 nemzetközi licenz alatt készült.

A műveket szabadon

Megoszthatod – másolhatod és terjesztheted a művet bármilyen módon vagy formában.

Az alábbi feltételekkel:

/ **NEVEZED MEG** – A szerzőt megfelelően kell fel-
tüntetned, hivatkozást kell létrehoznod a licencre és
jelezned ha a művön változtatást hajtottál végre. Ezt
bármilyen ésszerű módon megteheted, kivéve oly
módon ami azt sugallná, hogy a jogosult támogat
téged vagy a felhasználásod körülményeit.

/ **NE ADD EL!** – Nem használhatod a
művet üzleti célokra.

/ **NE VÁLTOZTASD** – Ha újrendezed,
átalakítod vagy építesz az anyagra, nem ter-
jesztheted a módosított anyagot.

Hogyan kell idézni a munkát?

European Society of Radiology,
Tugba Akinci D'Antonoli, Marcio A. B. C.
Rockenbach, Vera Cruz e Silva,
Merel Huisman, Elmar Kotter, Emmanouil
Koltsakis, Peter M. A. van Ooijen, Erik R.
Ranschaert, Pinar Yilmaz
(2024) ESR Modern Radiology eBook:

/ **Mesterséges Intelligencia a Radiológiában.**
DOI 10.26044/esr-modern-radiology-08

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Jelmagyarázat

 **ALAPKÉSZSÉGEK**

 **FIGYELMEZTETÉS**

 **HYPERHIVATKOZÁSOK**

 **TOVÁBBI ISMERETEK**

 **ÖSSZEHASONLÍTÁS**

 **REFERENCIÁK**

 **KÉRDÉSEK**

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

Mesterséges Intelligencia a Radiológiában

SZERZŐK

Szerkesztők: Merel Huisman | Elmar Kotter | Peter M. A. van Ooijen | Erik R. Ranschaert

Tagok: Tugba Akinci D' Antonoli | Marcio Aloisio Bezerra Cavalcanti Rockenbach

Vera Cruz e Silva | Emmanouil Koltsakis | Pinar Yilmaz

AFFILIÁCIÓ

European Society of Medical Imaging Informatics (EuSoMII) Education Committee

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

<↑> **HYPERHIVATKOZÁSOK**

info@eusomii.org

/ Fordítók

A Modern Radiology eBook fejezetének fordítása

EREDETI CÍM:

AI in Radiology

FORDÍTOTTA:

Szuly Attila, Szegedi Tudományegyetem Radiológiai Klinika

A FORDÍTÁST KOORDINÁLTA:

Kincses Zsigmond Tamás, Szegedi Tudományegyetem Radiológiai Klinika

TÁMOGATTA:

Magyar Radiológusok Társasága



**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

<↑> HYPERHIVATKOZÁSOK

szuly.attila@szte.hu

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Tartalomjegyzék

/ Bevezetés

- / Miért kell tanulnunk az ai-ről?
- / Az ai rövid története
- / Definíciók

/ A mesterséges intelligencia alapjai

- / Felügyelt tanulás
- / Felügyelet nélküli tanulás
- / Megerősítő tanulás

/ Haladó ai témakörök

- / Deep learning és alkalmazásai az orvosi képalkotásban
- / Algoritmusfejlesztés, üzembe helyezés és értékelés
- / Adatmegosztás
- / Lehetséges előnyök, kockázatok és jelenlegi evidenciák

/ Jövőbeli aspektusok

- / A radiológia fényes jövője az ai-el
- / Mesterséges általános intelligencia
- / Nagy nyelvi modellek

/ Összefoglalás

/ Hivatkozások és további irodalom

/ Teszteld a tudásod!

/ Bevezetés

MODERN RADIOLOGY

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az AI Alapjai

Haladó AI Témakörök

Jövőbeli Aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és
További Irodalom

Teszteld a Tudásod!

/ Miért kell tanulnunk az ai-ről?

/ A mesterséges intelligencia (Artificial Intelligence, AI) gyorsan növekvő terület, amely életünk minden aspektusát befolyásolja, beleértve azt ahogy az orvoslást gyakoroljuk. Az egészségügyi dolgozóknak **lépést kell tartaniuk a digitális fejlődés ütemével** a terület előmozdítása érdekében.

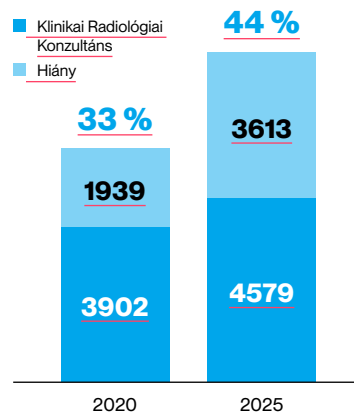
/ Miközben a képzés nyújtása és összetettsége az évekbe szökik, nő a munkaerőhiány és a radiológusok terhelése. Ennek eredményeként romlik a minőség, és növekszik a leletezésbeli lemaradás. A mesterséges intelligencia **növelheti mind a leletezés sebességét, mind a minőségét**, miközben

növeli az orvosok munkahelyi elégedettségét.

/ A mesterséges intelligencia egészségügyi felhasználása **potenciális kockázatokat** rejt magában, például a nagyszámú hibát vagy a további szükséges költségeket. Ezért többet kell megtudnunk a mesterséges intelligenciáról annak érdekében, hogy biztonságosan és hatékonyan alkalmazzassuk.

/ A következő részben többet fogunk megtudni az AI radiológiai alkalmazásairól, **de először nézzük meg az AI rövid történetét és alapvető tulajdonságait.**

A klinikai radiológus szakorvosok várható hiánya az Egyesült Királyságban, 2020–2025 között



<> REFERENCIÁK

A Clinical Radiology UK Workforce Census 2020 jelentés alapján

<https://www.rcr.ac.uk/publication/clinical-radiology-uk-workforce-census-2020-report>

/ **Mesterséges Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

/ Miért kell tanulnunk az ai-ről?

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

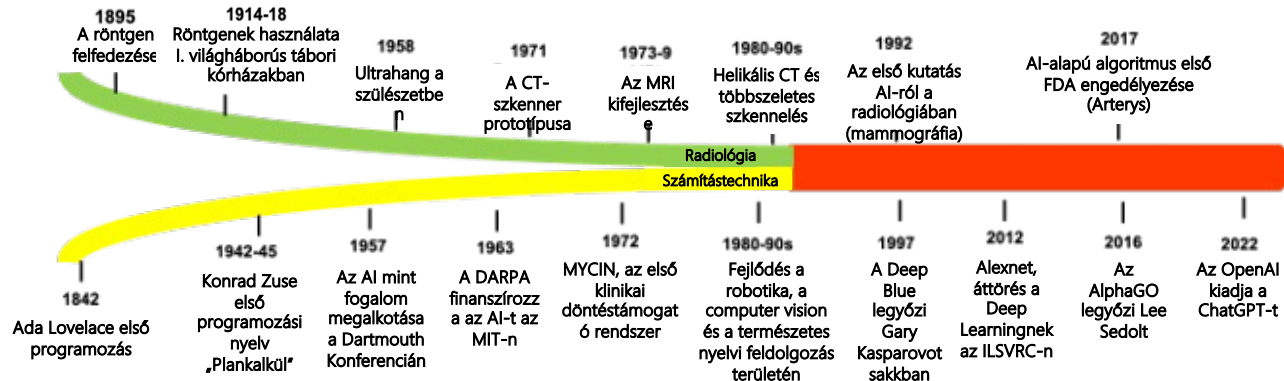
Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Az ai rövid története a radiológiában

- / Ada Lovelace 1842-ben fogalmazta meg az első számítógépes programot, ami a számítástechnika születését jelentette.
- / 1895-ben William Conrad Roentgen felfedezte az első röntgent, ami a radiológia mint szakterület kialakulásához vezetett.
- / Krizhevsky et al., 2012-ben megnyerte az ImageNet kihívást az AlexNettel, egy Konvolúciós Neurális Hálózattal, és a Deep Learning területe iránti érdeklődés az egekbe szökött.
- / Az FDA 2017-ben engedélyezte az első AI-alapú algoritmust, ami ezáltal hivatalosan is belépett a klinikai környezetbe.



<> REFERENCIÁK

Forrás: Clin Transl Sci (2020) 13, 216–218; doi:10.1111/cts.12704

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

/ Az ai rövid története a radiológiában

Az AI Alapjai

Haladó AI Témakörök

Jövőbeli Aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és
További Irodalom

Teszteld a Tudásod!

/ Definíciók

- / **Mesterséges intelligencia (Artificial Intelligence, AI):** a számítástechnika olyan megoldások létrehozására összpontosító területe, amelyek **képesek általában az emberi intelligenciához kapcsolt feladatok elvégzésére**. Ez egy tág fogalom, amely a technológiák széles skáláját öleli fel, és még egy alapvető szabályalapú modell is az AI egyik formájának tekinthető.
- / **Gépi Tanulás (Machine Learning, ML):** az AI egy részhalmaza, amely az adatokból tanulni és előrejelzéseket készíteni képes algoritmusok létrehozása körül forog. Ezek az algoritmusok azonban továbbra is **emberi felügyeletre** támaszkodnak. A ML nem új fogalom az AI területén. Computer vision megoldásokhoz a

hagyományos ML algoritmusok gyakran képfeldolgozást és explicit funkciókinyerést tartalmaznak.

- / **Deep Learning (DL):** a ML egy részkészlete, amely neurális hálózatokat használ az adatok mintáinak megismeréséhez. Az AI-n belül viszonylag új területnek számít, és az elmúlt években népszerűsége megugrott. A DL-modellek betanítása általában nagy mennyiségű adatot és számítási erőforrást igényel a neurális hálózati architektúrák összetettsége miatt. Manapság ez megvalósítható a mátrixműveletekre specializált grafikus kártyáknak köszönhetően.

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

/ Definíciók

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

<=> FIGYELMEZTETÉS

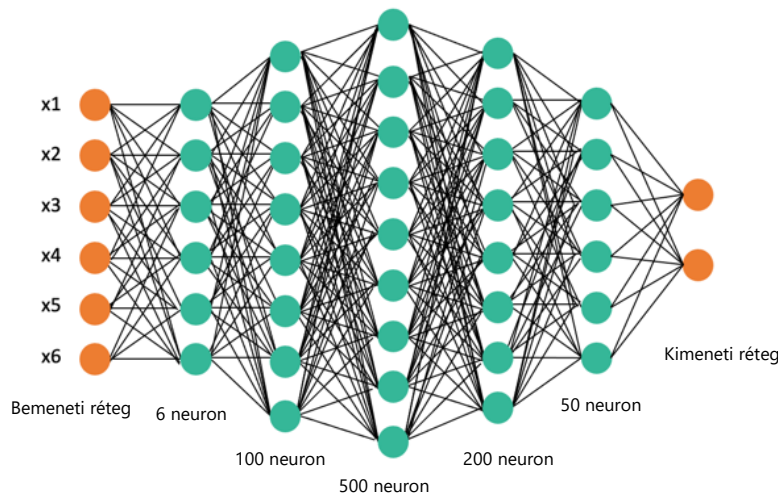
Az AI egy gyűjtőfogalom, és számos területen sokféle formában alkalmazható. Ebben a fejezetben elsősorban a **Deep Learning-re** összpontosítunk a **képfelismerésben**



>< ÖSSZEHASONLÍTÁS

/ **Mesterséges neurális hálózat (Artificial Neural Network, ANN):** egyfajta gépi tanulási algoritmus, amely utánozza az emberi agy szerkezetét és működését. Több neuront tartalmaznak, amelyek hierarchikus rétegekbe szerveződnek. A bemeneti réteghöz legközelebb eső rétegek felelősek a bemeneti adatok feldolgozásáért és átalakításáért a releváns jellemzők kinyerése érdekében, míg a kimeneti réteg felelős a végső kimenetért.

/ **Mély neurális hálózat (Deep Neural Network, DNN):** a neurális hálózatok egy speciális típusa, amely több közbenső rétegből (azaz rejtett rétegből) áll. Használhatók nagy mennyiségű adaton alapuló hatékony modellek betanítására.



 Rejtett neuronrétegek

<∞> REFERENCIÁK

Forrás: M. Bahi and M. Batouche, "Deep Learning for Ligand-Based Virtual Screening in Drug Discovery," doi: 10.1109/PAIS.2018.8598488

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

/ Definíciók

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

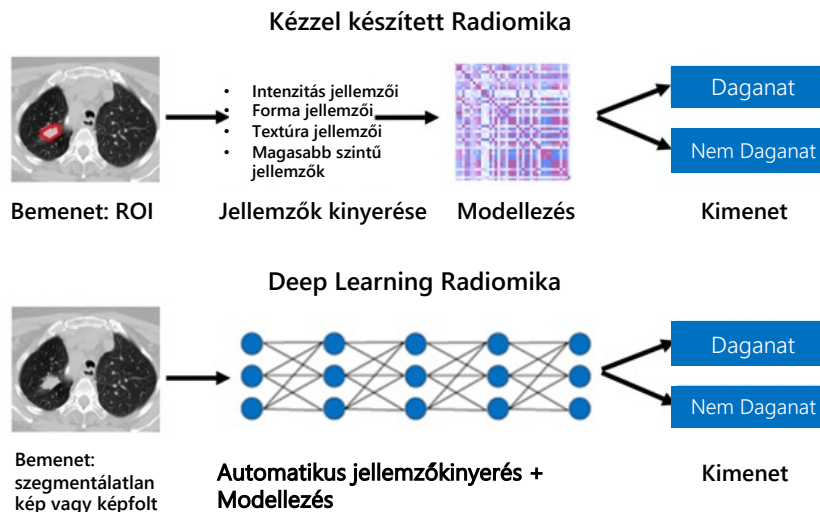
Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

Radiomika: számszerűsíthető és bányászható jellemzők kinyerése orvosi képekből. Ez egy gyorsan növekvő kutatási terület, amelyet leginkább az onkológiai képalkotás területén alkalmaznak.

Jelenleg a radiomika még mindig **nagyrészt csupán kutatási terület**, de erőfeszítéseket tesznek annak érdekében, hogy ezeket a kutatási eredményeket a klinikai gyakorlatba is átültessék.

Attól függően, hogy **kézzel készített** vagy **deep learning megközelítéseket** használ, a radiológiai munkaforma magában foglalhatja a klinikai és képalkotó adatok tisztítását, a kép előfeldolgozását, a képszegmentálást, a funkciók kinyerését, a modellfejlesztést és a modell validálását.



FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

/ Definíciók

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Az AI alapjai

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az AI alapjai

Haladó AI témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

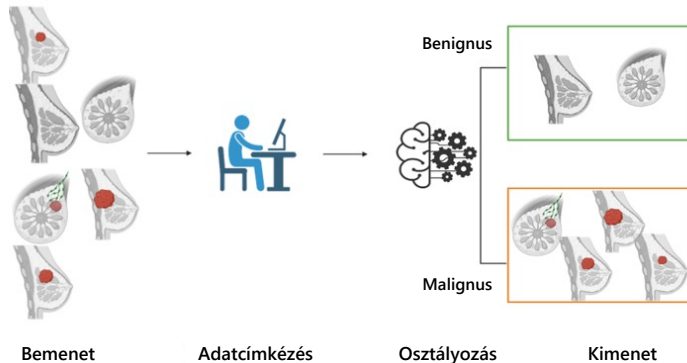
Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Felügyelt tanulás

A **felügyelt tanulás (Supervised Learning)** egy ML paradigma, amely **ember által címkézett** betanítási adatokat használ. Ezután a modell előrejelzi (ezt "besorolásnak" nevezzük) egy új, címkézetlen adatkészlet kimenetelét. Ez a **leggyakrabban használt technika**.

A címkék lehetnek például egy **érdeklődési régió (region of interest, ROI)**, amely rosszindulatú emlődaganatra utal (lásd az alábbi képen), egy **határolókeret (bounding box)**, amely fokális léziót jelez, vagy egy **szöveges címke**, például "törés".



Készült: BioRender.com

>=< TOVÁBBI ISMERETEK

Gyakori felügyelt módszerek:

- / **Regresszió** → megbecsüli a változók közötti kapcsolatokat
- / **Döntési fa algoritmusok, DTA** (pl. véletlenszerű erdő - random forest) → a DTA-k az osztályozási és regressziós feladatokhoz használhatók; hierarchikus faszerkezetük van egy gyökércsomóponttal, ágakkal, belső csomópontokkal és levélcsomópontokkal
- / **Support Vector Machine (SVM)** → osztályozási & regressziós feladatokhoz használatos; Különbösen hasznosak az adatok 2 csoportba sorolásához.

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

/ Felügyelt tanulás

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

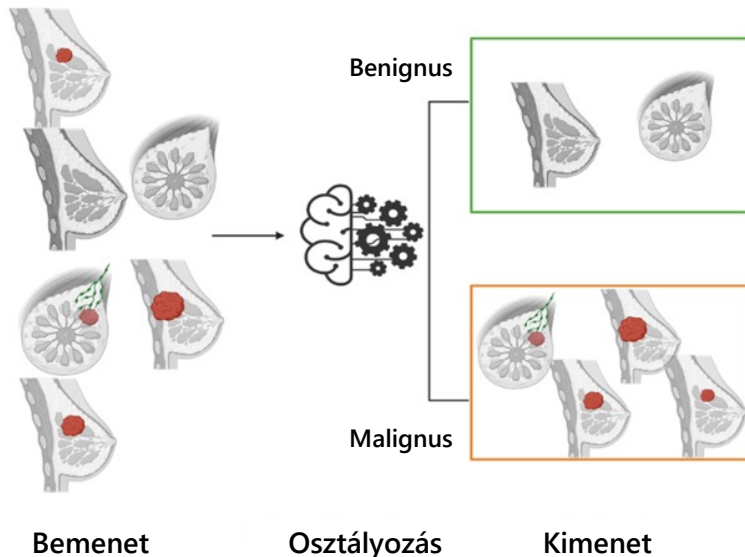
Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Felügyelet nélküli tanulás

- / A felügyelet nélküli tanulás (Unsupervised Learning) megkerüli a manuális adatcímkézést klaszterezési technikákkal, például k-means-szel.
- / A modell általában nagy mennyiségű **címkézetlen adatot** tartalmaz, majd az adatstruktúra alapján mintákat keres.
- / A felügyelet nélküli tanulást általában **strukturálatlan adatok nagy halmazain** használják, például új biomarkerek felfedezéséhez.
- / Az orvosi képalkotásban gyakori példa a Generative Adversarial Network (GAN), amelyet szintetikus (=hamis) képek készítésére használnak.



FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

/ Felügyelt tanulás

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

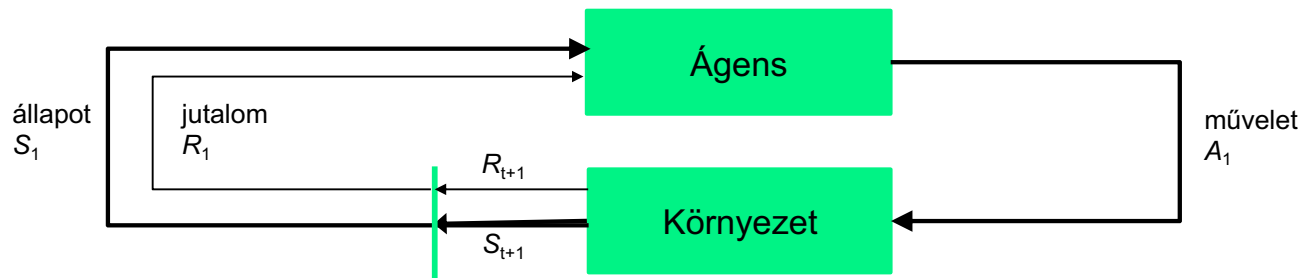
Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Megerősítő tanulás

A megerősítő tanulás (Reinforcement Learning) jutalmakon és büntetéseken alapuló tanulási megközelítés. Az ágens kölcsönhatásba lép a környezettel azáltal, hogy érzékeli annak állapotát, és megtanulja végrehajtani a műveleteket a hosszú távú jutalmak maximalizálása érdekében.

Ezzel a megközelítéssel az ágensnek egyensúlyt kell fenntartania a jutalom és a büntetés között, próbákon és hibákon keresztül, hogy előnyben részesítse azokat a cselekedeteket, amelyek a legnagyobb hasznot hozzák.



<∞> REFERENCIÁK

Shweta Bhatt képe alapján.

<https://towardsdatascience.com/reinforcement-learning-101-e24b50e1d292>

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

/ Felügyelet nélküli tanulás

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Haladó ai témakörök

/ A deep learning alkalmazásai az orvosi képalkotásban

Az orvosi képalkotás az egyik fő érdeklődési terület, ha deep learning modellek orvosi alkalmazásáról van szó. Számos példa található a különböző képalkotási módokra kifejlesztett algoritmusokra (MR, CT, röntgen, ultrahang). A következő néhány dián megtalálja azokat a feladattípusokat, amelyekben már alkalmaztak mély tanulást, valamint néhány példát a modellekre:

Osztályozás: képek kategorizálására képes modell betanítása.

Példák:

- / Bináris osztályozás: Normál vs. rendellenes mellkasröntgen az eltérés pontos megjelölése nélkül
- / Pozitív egy adott betegségre vagy negatív (pl. az agyi MR-ek pozitív vagy negatív besorolása Alzheimer-kórra)
- / Anatómiai síkok szerinti (többosztályos) osztályozás: axiális vs coronalis vs sagittális
- / Anatomical planes (multi-class) classification: axial vs coronal vs sagittal.

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

- / A deep learning alkalmazásai az orvosi képalkotásban

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

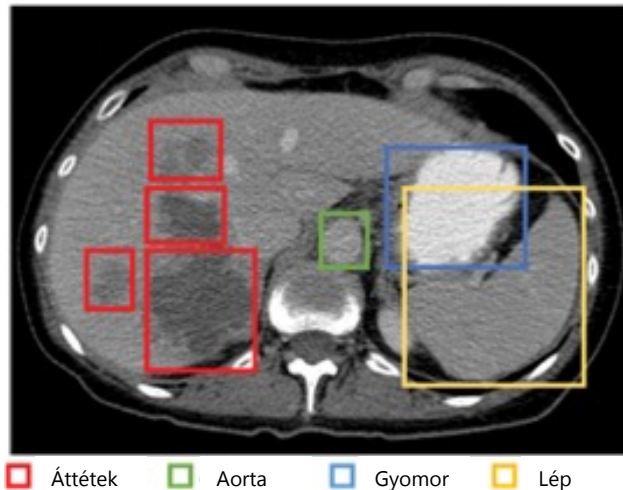
Detektálás: ezeknek az algoritmusoknak a célja anatómiai vagy patológiai „objektumok” azonosítása egy képen.

Az észlelt objektum gyakran kiemelhető határolókeretek használatával (lásd a képet).

Példák közé tartoznak:

- / Tájékozódási pont detektálás (landmark detection) a gerincműtétek tervezéséhez röntgenen
- / Tüdő nodulus kimutatása CT vizsgálaton
- / Vesekő kimutatása CT vizsgálaton
- / Májkárosodás kimutatása CT vizsgálattal

Objektum detektálás



<∞> REFERENCIÁK

Cheng PM. Online közzétéve:
September 01, 2021

<https://doi.org/10.1148/rg.2021200210>
CC BY 4.0 licenc alatt megosztva

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ A deep learning
alkalmazásai az
orvosi képalkotásban

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

Szegmentálás: egy kép pixeleinek több régióra vagy szegmensre osztása, ahol minden szegmens egy adott tárgynak vagy osztálynak felel meg (pl. **szerv vagy eltérés**).

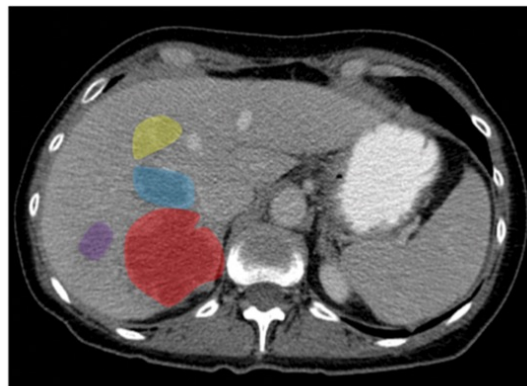
Általában ez az első lépés, amely következő lépésként megkönnyíti az osztályozást vagy a számszerűsítést (pl. mérés).

Ez a fajta alkalmazás a DL egyik népszerű felhasználása az orvosi képalkotásban.

Példák:

- / Prostataszegmentáció MR-en
- / Májszegmentáció CT-n
- / Agydaganatszegmentáció MR-en
- / Szívsegregmentáció CTA-n
- / Tüdőtumor segregmentáció CT-n
- / Stroke segregmentáció CT/MR-en

Májáttétek segregmentálása CT-vizsgálaton



Áttét 1 Áttét 2 Áttét 3 Áttét 4

<> REFERENCIÁK

Cheng PM. Online közzétéve:
September 01, 2021

<https://doi.org/10.1148/rq.2021200210>
CC BY 4.0 licenc alatt megosztva

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ A deep learning
alkalmazásai az
orvosi képalkotásban

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

Képjavitás: a mély tanulási modellek betaníthatók olyan feladatok elvégzésére, amelyek javítják a **képminőséget** (vagy alacsonyabb dózissal fenntartják a képminőséget) az orvosi képeken.

Alkalmazásai többek között:

Alkalmazásai többek között:

- / **Zajmentesítés:** A DL algoritmusok megtanulják megkülönböztetni a zajt az alapul szolgáló jeltől. A zaj ezután eltávolítható, miközben megőrizzük a legfontosabb képalkotási jellemzőket.
- / **Szuperfelbontás:** A DL modellek megtanulhatják növelni a térbeli felbontást (azaz nagy felbontású képeket hozhatnak létre alacsony felbontású képekből)
- / **Műtermékek eltávolítása:** a képminőséget befolyásoló eltérések (például mozgási műtermékek, sugárkeményedés) eltávolítása.
- / **Virtuális Kontrasztos javított szkennelések:** A DL-modellek betaníthatók kontrasztos javított képek szimulálására nem kontrasztos vizsgálat alapján.

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

- / A deep learning alkalmazásai az orvosi képalkotásban

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

Nem-értelmező felhasználási formák:

Olyan esetek vagy alkalmazások, amelyek nem rendelkeznek elsődlegesen diagnosztikai vagy prognosztikai kimenetekkel, de megkönnyítik a digitális radiológiai munkafolyamatot, a betegek ütemezésétől az eredmények közléséig (példákat lásd a következő dián). Ezek az felhasználási formák viszonylag újszerűek és többnyire még **fejlesztés alatt** állnak, de nagy lehetőségeket rejtnek magukban.

Néhány gyakori példa:

- / **Ütemezési támogatás:** segíthet a munkafolyamat optimalizálásában, automatizálva a vizsgálatok ütemezését és biztosítva, hogy a munkaterhelés megfelelő legyen az osztály számára.
- / **Radiológiai protokollok automatizálása:** a rendelkezésre álló klinikai információk alapján az AI segíthet azonosítani az optimális képalkotási protokollt, pl. hogy a hasi CT vizsgálatot IV kontraszttal vagy anélkül érdemes-e elkészíteni
- / **Feladatlista rangsorolása:** egyes gépi tanulási modellek úgy vannak kialakítva, hogy azonosítsák azokat a sürgős vizsgálatokat, amelyek radiológus általi gyors értelmezést igényelnek. Így biztosíthatjuk, hogy először a kiemelt fontosságú vizsgálatokat leletezük.
- / **Hanging protokollok:** egyes AI-eszközök segíthetnek meghatározni a radiológiai képek megjelenítésének elrendezését az adott klinikai környezetnek / vizsgálati protokollnak megfelelően

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ A deep learning alkalmazásai az orvosi képalkotásban

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

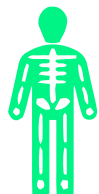
Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

A gyártók és a klinikusok „csőlátással” rendelkeznek az értelmező felhasználási formák irányába, míg a döntéshozatal támogatásán (azaz a diagnózis felállításán) túl számos felhasználási eset létezik.

Képpalkotási értéklánc | Nem-értelmező felhasználási formák

Merel Huisman ESSR 2023



**Upstream
Munkafolyamat**

- / Kereslet előrejelzése vs. személyzet száma
- / Páciensek felkészítése (chatbot/ Általános AI)
- / Modalitás kiválasztása
- / Protokoll kiválasztása
- / Kontrasztanyag- és dózis-csökkentés
- / Automatikus minőség-ellenőrzés és újraszkenelés
- / Utófeldolgozás
- / Triázsolás (feladatlista)
- / Klinikai Információ (LLM)
- / Irányítás nélküli, személyre szabott navigáció
- / Automatizált, személyre szabott hanging protokollok



Döntéshozatal



**Downstream
Jelentés | kommunikáció**

- / Automatikus irányelvjavaslatok
- / Jelentések előre kitöltése
- / Auto-rendszerzés
- / Automatizált megjelenítés
- / Oldaliság/kor/ nem korrekció
- / Multimédiás továbbfejlesztett jelentések
- / Betegbarát jelentések és fordítás
- / Kritikus diagnózisok és utánkövetés menedzsmentje
- / Számlázás
- / Rezidensoktatás
- / Üzleti Információk (Irányítópultok)

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

- / A deep learning alkalmazásai az orvosi képpalkotásban

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Algoritmusfejlesztés, üzembe helyezés és értékelés

/ **Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

Használati
Forma
Definiálása



Adatkészlet
Előkészítése



Modell Betaní-
tása



Belső
Validáció



Külső
Validáció



Klinikai Tele-
pítés



Forgalomba
Hozatal Utáni
Megfigyelés

/ Határozza meg az algoritmus célját (pl. az alkalmazás által **megcélzott klinikai állapotot**)

/ Határozza meg a klinikai állapothoz kapcsolódó beválasztási és kizárási kritériumokat

/ Azonosítsa a modellfejlesztéshez szükséges **adatelemeket**

/ Gyűjtsön a klinikai állaputra nézve **reprezentatív adatokat**

/ Címkezze/ annotálja az összegyűjtött adatokat (ez az **alapigazság**, amely a modell betanításához és teszteléséhez lesz felhasználva)

/ **Ossza fel** az adatkészletet betanítási, ellenőrzési és tesztelési készletekre

/ Értékelje ki, hogy milyen típusú **adat-előfeldolgozásra** lesz szükség

/ Válassza ki a megfelelő modell-architektúra-megközelítést az előző lépésekben meghatározott feladathoz

/ Használja a **betanítási és ellenőrzési** készleteket a különböző megközelítésekkel betanított modellek teljesítményének értékelésére

/ **Válassza ki** az ellenőrzési készlet legjobban teljesítő modelljét

/ Értékelje ki a **modell teljesítményét** a független (pl. kizárási) **tesztkészleten**

/ Ez a teljesítmény modell **általánosíthatóságának becslése** lesz (azaz hogy a modell milyen jól teljesítene egy másik adatkészletben)

/ Értékelje ki a **modell teljesítményét** külső adatokon (például más egészségügyi intézmények adatain)

/ Értékelje a **modell általánosíthatóságát és reprodukálhatóságát** (azaz hasznosságát változó környezetben / populációban)

/ Segít azonosítani a modell **torzítását** (pl. gyenge alcsoport-teljesítmény)

/ A modelleket beillesztik a klinikai **munkafolyamatba**, általában egy **próbaüzem** után

/ A **zökkenőmentes integráció** nem triviális, hanem kritikus

/ Hatósági engedély szükséges (pl. **CE-mark**)

/ A modell teljesítményén túlmutató **használhatósági tényezőket** is figyelembe kell venni (pl. hogyan és mikor, sebesség, ember-gép interakció)

/ A modell kimenetét **folyamatosan monitorozni** kell, hogy a klinikai paraméterek változása esetén észlelni lehessen a teljesítménycsökkenést (az úgynevezett **adatkészlet-eltolódást**)

/ A modell használatával kapcsolatos **nemkívánatos eseményeket** jelezni kell

/ **Felhasználói visszajelzéseket** kell gyűjteni

/ Modellfrissítések valósíthatók meg az esetlegesen azonosított problémák megoldása érdekében

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ Algoritmusfejlesztés, üzembe helyezés és értékelés

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

Az algoritmikus teljesítményét a rendszer folyamatosan értékeli a modell betanítása során, majd a végső teljesítményt a tesztkészleten, később pedig a külső adatokon értékeli a külső validáció folyamán.

A teljesítményt mindig **több teljesítménymutató használatával** kell értékelni, hogy átfogó képet kapjon a modell erősségeiről és a gyengeségeiről. A választás a probléma típusától, a betegség előfordulásától és a klinikai kontextustól függ.

Gyakori teljesítménymetrikák a DL-ben:

- / **Dice hasonlósági együttható (Dice Similarity Coefficient, DSC):** pixelalapú átfedési mérték az előrejelzett és a valós területek között szegmentálási feladatokban, 0-tól (nincs átfedés) 1-ig (tökéletes átfedés)
- / **Átlagos négyzetes hiba (Mean Squared Error, MSE) / átlagos abszolút hiba (Mean Absolute Error, MAE):** a regressziós modell minőségét értékeli
- / **Precizitás (Precision, =pozitív prediktív érték)*:** a valódi pozitívak aránya az összes pozitív előrejelzésből, függ a prevalenciától
- / **Felidézés (Recall, =szenzitivitás)*:** a valódi pozitív eredmények aránya az összes tényleges pozitív mintából, független a prevalenciától
- / **Pontosság (Accuracy)*:** a helyes előrejelzések aránya az összes előrejelzéshez képest (%helyes), intuitív, de túlbecsülheti a teljesítményt
- / **F1-pontszám (F1-score)*:** metrika a betegségek magabiztos előrejelzésére és észrevételére alacsony prevalenciájú környezetben, előnyben részesített a pontossággal szemben ritka betegségek esetén
- / **A ROC-görbe alatti terület (Area Under Curve-Receiver Operator Characteristic, AUC-ROC):** a modelldiszkrimináció grafikus összefoglaló statisztikája, amely a többszörös besorolási küszöbértékek melletti hamis pozitív arányhoz viszonyított valódi pozitív arányként jelenik meg

*A confusion mátrixból származtatva (lásd a következő diát)

FEJEZET VÁZLATA:

Introduction

Fundamentals of ai

**Advanced topics
about ai**

/ Algorithm
development,
deployment, and
evaluation

Future aspects

Take-home messages

References and
further reading

Test your knowledge

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ Algoritmusfejlesztés,
üzembe helyezés és
értékelés

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

A **confusion mátrix** **kritikus** fontosságú a modell teljesítményének értékeléséhez az **osztályozási feladatokban** (pl. benignus vs. malignus lézió). Átfogó összegzést nyújt a modell előrejelzéseiről az alapigazság-címkékhez képest (ground truth, GT):

		Predikció	
		POZITÍV	NEGATÍV
Valóság (Alapigazság)	POZITÍV	VALÓDI POZITÍV (TP) Találat	HAMIS NEGATÍV (FN) II. típusú hiba (téves elutasítás)
	NEGATÍV	HAMIS POZITÍV (FP) I. típusú hiba (téves nem elutasítás)	VALÓDI NEGATÍV (TN) Helyes elutasítás

A confusion mátrix alapján több teljesítmény-
mutató is levezethető, többek között:

- / **Szenzitivitás:** $TP / (TP + FN)$. A modell azon képességét méri, hogy helyesen azonosítja-e a pozitív eseteket (rendellenességeket) az összes tényleges pozitív esetből.
- / **Specifititás:** $TN / (TN + FP)$. Azt méri, hogy a modell képes-e helyesen azonosítani a negatív eseteket (normál eseteket) az összes tényleges negatív esetből.

AI a klinikai vizsgálatokban:

- / A klinikai vizsgálatok centralizált képolvasásának beállításához használt AI-eszközök szintén megfelelő technikai és klinikai validálást igényelnek. Az alapigazság konzisztenciája és a populáció megfelelő reprezentációja (beleértve a betegség fenotípusait, a scannereket és az mérési protokollok variabilitását) egyaránt elengedhetetlen ebben az esetben az algoritmusok betanításához és teszteléséhez.
- / A mesterséges intelligencia támogatthat/ megkönnyíthet bizonyos, vizsgálattal kapcsolatos feladatokat és/vagy képelemzést, például: a betegek felvételi kritériumok szerinti kiválasztását, a feltöltött felvételek képminőségének meghatározását és a kvantitatív képalkotó biomarkerek értékelését, ami hírhedten csökkenti a képek címkézéséhez/ olvasásához szükséges időt, ezáltal csökkentve az olvasók közötti variabilitást.

Mesterséges Intelligencia a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Introduction

Fundamentals of ai

Advanced topics about ai

- / Algorithm development, deployment, and evaluation

Future aspects

Take-home messages

References and further reading

Test your knowledge

<∞> REFERENCIÁK

További információ:

<https://www.eusomii.org/w60-validation-of-automated-image-analysis-tools-in-the-absence-of-a-ground-truth-by-marco-during/>

/ Adatmegosztás

Az AI fejlesztése és tökéletesítése nagyrészt az algoritmus tanulási tapasztalatain alapul. Mivel az algoritmusok tanulnak az adatokból, az átfogóbb adathozzáférés elengedhetetlen a nagyobb pontossághoz és megvalósíthatósághoz, és végső soron az egészségügyi ellátás jobb kiszolgálásához.

GDPR - Általános Adatvédelmi Rendelet

2018. május 25-én hatályba lépett a GDPR. Valamennyi EU tagállamra érvényes, és a személyes adatok feldolgozására vonatkozik, beleértve (bár nem kifejezetten erre terveztek) az egészségügyi adatokat.

A GDPR **kötelező érvényű** törvény, és felülírja a már létező törvényeket.

SZEMÉLYES ADATOK:

azonosított vagy azonosítható természetes személyre vonatkozó bármely információ

FELDOLGOZÁS:

a személyes adatokon végzett bármely művelet vagy műveletek összessége

EGÉSZSÉGÜGYI ADATOK:

azonosított vagy azonosítható természetes személyre vonatkozó bármely információ

<!=> FIGYELMEZTETÉS

Az azonosított vagy azonosítható természetes személy kulcsfontosságú fogalom az adatvédelem területén.

<∞> REFERENCIÁK



Nézze meg:
<https://gdpr-info.eu/>

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ Adatmegosztás

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

Az általános adatvédelmi rendelet kiemelt fontosságú az Orvostechikai Eszközök (Medical Devices, MD) fejlesztésében és forgalmazásában, különösen azoknál, amelyek AI-szoftvereket használnak, ahol a megfelelő adatkészletekhez való hozzáférés határozza meg teljesítményüket és a **rendeltetésszerű használatnak** való megfelelést.

Az Orvostechikai Eszközökről szóló uniós rendelet (Medical Device Regulation, MDR) 2021. május 26-tól felváltotta az Orvostechikai Eszközökről szóló uniós irányelvet (Medical Device Directive, MDD). Szigorú szabályozási követelményeket ír elő, amelyeket teljesíteni kell, mielőtt az orvostechikai eszközöket a klinikai gyakorlatban használni lehetne. Az Orvostechikai Eszközökről szóló uniós rendelet (MDR) megköveteli a GDPR-nek való megfelelést.

<!> FIGYELMEZTETÉS

Az AI-alapú szoftvereszközöket orvostechikai eszköznek tekintik, és ekként szabályozzák

Az MDR vonatkozik bármely műszerre, berendezésre, készülékre, szoftverre, implantátumra, reagensre, anyagra vagy egyéb cikkre, amely az alábbi célokra szánt:

- / betegség diagnosztizálása, megelőzése, figyelemmel kísérése, kezelése vagy enyhítése;
- / anatómiai, fiziológiai vagy patológias folyamat vizsgálata, helyettesítése vagy módosítása;
- / adatszolgáltatás emberi testből származó minták in vitro vizsgálata révén.

A rendeltetésszerű felhasználás a következőket foglalja magában:

- (1) a tényleges orvosi célt;
- (2) az engedélyezett felhasználást, amely definiálja a tervezett felhasználókat és használati környezetet, a megcélzott betegcsoportot vagy testrészeket.

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ Adatmegosztás

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

Az adatvédelmi kockázat csökkentésére szolgáló technikák a GDPR szerint:

/ **Álnevesítés** - a személyes adatok oly módon történő kezelése, amelynél további információk felhasználása nélkül többé már nem állapítható meg, hogy a személyes adat mely konkrét érintetthez vonatkozik, feltéve, hogy az ilyen további információk külön tárolódnak. Az álnevesített adatok a GDPR értelmében személyes adatnak minősülnek.

/ **Anonimizálás** – anonim adatok az olyan adatok, amelyeket nem lehet konkrét azonosítható személlyel kapcsolatba hozni, és amelyek kívül esnek a GDPR hatályán.

Az egészségügyi ágazat konkrét esetében, ahol döntő fontosságú a nyomon követhetőség megőrzése, az álnevesítés az adatvédelem biztosításának egyik megfelelő példája.

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ Adatmegosztás

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

<∞> REFERENCIÁK

További információ:

<https://www.eusomii.org/protection-of-patient-data-in-eu-vs-us-by-erik-ranschaert-md-phd-2/>
<https://www.linkedin.com/pulse/anonymisation-now-house-cards-magali-feys>

Az egészségügyi adatok feldolgozására sor kerülhet:

- / Ha a beteg kifejezett és egyértelmű hozzájárulását adja adatainak felhasználásához
- / Amikor ez a beteg létfontosságú érdeke
- / Egészségügyi célokra
- / A közegészségügy területén közérdekből
- / Közérdekű archiválás céljából, tudományos és történelmi kutatási célból vagy statisztikai célból
- / A foglalkoztatási, szociális biztonsági és szociális védelmi jog területén

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ Adatmegosztás

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

<∞> REFERENCIÁK

European Society of Radiology (ESR). The new EU General Data Protection Regulation: what the radiologist should know. Insights Imaging. 2017 Jun;8(3):295-299. doi: 10.1007/s13244-017-0552-7. Epub 2017 Apr 24. PMID: 28439718; PMCID: PMC5438318.

/ Lehetséges előnyök, kockázatok, jelenlegi evidenciák

A klinikai környezetben, különösen a radiológiai munkafolyamatban alkalmazott AI-felhasználás nem csak képfelismerést és döntéshozatali támogatást foglal magában (radiológus-központú), hanem az upstream és downstream eljárásokat is. A zökkenőmentes munkafolyamat érdekében az AI-algoritmusokat teljes mértékben integrálni kell a PACS-munkaállomásokba.

Néhány lehetséges előnye közé tartozik az időigényes feladatok automatizálása, nevezetesen:

- / A munkalista optimalizálása (pl. a sürgősségi vizsgálatok elemzésének megkönnyítése) és ütemezés
- / Képfeldolgozás
- / Modalitás és protokoll kiválasztása
- / Lézió detektálása, mérése és osztályozása
- / Képalkotási idő- és sugárzási dózis-csökkentése
- / Jelentés és kommunikáció a klinikusok és a betegek felé
- / Számlázás

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

/ Lehetséges előnyök,
kockázatok, jelenlegi
evidenciák

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

Egyéb, jelenleg elérhető alkalmazási formák közé tartoznak a scanneléssel kapcsolatos automatizált folyamatok, például:

- / A beteg pozicionálása az izocentrumban (CT és MRI)
- / A kérdéses régió azonosítása (MRI)
- / Berendezések karbantartása (CT)

Ki kell emelni, hogy az egyidejű idő- és költségmegtakarítás, a csökkentett radiológiai munkaterhelés, valamint a megnövekedett produktivitás és hatékonyság elsősorban a beteg, de a radiológus, a beutaló orvosok és általánosságban az egészségügyi rendszer számára is előnyös.

Végül soron az AI-megoldások támogathatják az olyan egészségügyi szolgáltatások lefedettségének kiterjesztését is, ahol szakemberhiány van.

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

- / Lehetséges előnyök, kockázatok, jelenlegi evidenciák

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

<> REFERENCIÁK

European Society of Radiology (ESR). The new EU General Data Protection Regulation: what the radiologist should know. Insights Imaging. 2017 Jun;8(3):295-299. doi: 10.1007/s13244-017-0552-7. Epub 2017 Apr 24. PMID: 28439718; PMCID: PMC5438318.

Az AI-alkalmazásaiban rejlő néhány kockázatot érdemes figyelembe venni, mint például:

- / **Nem szándékos elfogultság**, amely potenciálisan egészségügyi egyenlőtlenségeket okozhat (pl. nem, faj, társadalmi-gazdasági helyzet);
- / **Teljesítménycsökkenés** klinikai környezetben vagy bizonyos alcsoportokban
- / Az algoritmus **inkonzisztens teljesítménye** az idő múlásával;
- / Az egészségügyi ellátás **túlbonyolítása és költségek növelése** hatékonyság, valamint minőségjavulás nélkül;
- / A visszatérítés hiánya (országspecifikus);
- / A forgalomba hozatal utáni megfigyelés **elmulasztása** (az MDR szerint kötelező);
- / **Felelősségi kérdések** (műhiba az Egyesült Államokban) a beteg végső kimenetelével kapcsolatban - ki a felelős? az AI fejlesztője? A cég, amely kereskedelmi forgalomba hozza az algoritmust? Vagy a radiológus?
- / **Kibertámadások és adatszivárgás**;
- / **Automatizálási torzítás** (azaz az emberek vakon követik a mesterséges intelligenciát, még akkor is, ha az rossz tanácsokat ad);
- / **Technikai nyomás > klinikai igény** (azaz eszközök fejlesztése, mert lehetséges, nem pedig azért, mert szükség van rá)

Alapvető fontosságú, hogy tisztában legyünk a **tényleges klinikai problémákkal** és a mesterséges intelligencián alapuló megoldások **megfelelőségével** egy adott klinikai környezetben; a mesterséges intelligenciát eszköznek kell tekinteni, nem pedig végcélnek.

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

- / Lehetséges előnyök, kockázatok, jelenlegi evidenciák

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

<"> REFERENCIÁK

Artificial Intelligence in Medical Imaging: Opportunities,
Applications and Risks | SpringerLink

/ Jövőbeli aspektusok

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Jövőbeli aspektusok

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

- / Jelenleg a radiológiában az AI-algoritmusok szűken fókuszáltak, és egy adott képalkotó funkciót vagy feladatot céloznak meg (ügynevezett pontmegoldás).
- / A jövőben ez megváltozhat a mesterséges általános intelligenciával (Artificial General Intelligence, AGI), és végül az AI számos feladatot emberi szintű képességgel hajthat végre, korlátozott emberi felügyelet mellett.
- / Ebben az esetben a radiológus napi feladatai drasztikusan megváltozhatnak; több időnk lenne a betegekkal való kapcsolattartásra, az összetett esetekre és a multidiszciplináris teamekre.

>|< ÖSSZEHASONLÍTÁS

SZŰK AI (PONTMEGOLDÁS)	ÁLTALÁNOS AI
Felhasználásspecifikus/feladatra korlátozott	Általános (emberi) intelligencia feladatok végrehajtása
A programozók által biztosított fix tartományú modellek	Önmagától tanul és érvel a működési környezettel
Több ezer címkézett példából tanul	Tanul néhány példából és/vagy struktúrátlan adatokból
Reflektív feladatok megértés nélkül	Az emberi kognitív képességek teljes skálája
A tudás nem vihető át más tartományi feladatokra	Kihasználja a tudástranszfert új területekre és feladatokra
Napjaink mesterséges intelligenciája a radiológiában	A jövő mesterséges intelligenciája a radiológiában?

Nagy Nyelvi Modellek (Large Language Model, LLM)

- / Az LLM-ek mély neurális hálózatok, amelyek emberi szintű szöveg előállítására vannak kiképezve.
- / A GPT (generative pretrained transformer) LLM-család jelenleg növekszik, és már az orvostudomány és a radiológia számos területén használják.
- / A mai napig számos cikk jelent meg a GPT-3.5 és GPT-4 használatával, amelyek azt mutatják, hogy az LLM-ek támogatják a mammográfiával kapcsolatos döntéshozatalt, orvosi cikkeket írhatnak, vagy radiológiai szakvizsgát tehetnek.
- / Lehet, hogy a közeljövőben még több újítás érkezik, és az LLM-ek megkönnyítik az AGI-hoz vezető utunkat.

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az AI Alapjai

Haladó AI Témakörök

Jövőbeli Aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és
További Irodalom

Teszteld a Tudásod!



/ Összefoglalás

- / Az AI egy multidiszciplináris erőfeszítés, amelynél informatikusok, orvosi fizikusok és klinikai szakértők működnek együtt a folyamat minden lépésében, hogy klinikailag alkalmazható megoldásokat hozzanak létre.
- / A gépi tanulás olyan algoritmusokat használ, amelyek képesek adatokból tanulni és előrejelzéseket készíteni, míg a deep learning a gépi tanulás részhalmaza, és mély neurális hálózatokat használ az adatok mintáinak megtanulásához.
- / Számos olyan terület van, ahol a deep learning alkalmazható a radiológiában, beleértve a képalkotó és nem képalkotó felhasználási területeket is.
- / A GDPR-nek való megfelelés alapvető fontosságú: Az adatgyűjtést minimalizálni kell, és tisztességesen, világos és törvényes céllal kell az adatokat felhasználni. Nem szabad őket a szükségesnél hosszabb ideig tárolni, és megfelelő kiberbiztonsági intézkedésekkel kell őket védeni.
- / Az AI alkalmazásának előnyei közé tartozik a képtelmezéshez és -feldolgozáshoz szükséges idő csökkentése, a munkalisták optimalizálása és a sugárzási dózis csökkentése.
- / Az AI kockázatai és korlátai közé tartozik a teljesítménycsökkenés, a felelősségi kérdések, a kibertámadások és az adatszivárgás.
- / A radiológusoknak meg kell ismerniük ezeket, és ki kell használniuk az AI-ban rejlő hatalmas potenciált a jobb betegellátás érdekében.

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Hivatkozások

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

**Hivatkozások és
további irodalom**

Teszteld a tudásod!

- / Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J. et al. Artificial intelligence in radiology. Nat Rev Cancer 18, 500–510 (2018).
<https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
- / Gabriel Chartrand, Phillip M. Cheng, Eugene Vorontsov, Michal Drozdal, Simon Turcotte, Christopher J. Pal, Samuel Kadoury, and An Tang. Deep Learning: A Primer for Radiologists. RadioGraphics 2017 37:7, 2113–2131.
<https://doi.org/10.1148/rg.2017170077>
- / Phillip M. Cheng, Emmanuel Montagnon, Rikiya Yamashita, Ian Pan, Alexandre Cadrin-Chênevert, Francisco PerdigónRomero, Gabriel Chartrand, Samuel Kadoury, and An Tang. Deep Learning: An Update for Radiologists. RadioGraphics 2021 41:5, 1427–1445.
<https://doi.org/10.1148/rg.2021200210>
- / Bradley J. Erickson, Panagiotis Korfiatis, Zeynettin Akkus, and Timothy L. Kline. Machine Learning for Medical Imaging. RadioGraphics 2017 37:2, 505–515.
<https://doi.org/10.1148/rg.2017160130>
- / <https://gdpr-info.eu/>
- / European Society of Radiology (ESR). The new EU General Data Protection Regulation: what the radiologist should know. Insights Imaging. 2017 Jun;8(3):295–299. doi: 10.1007/s13244-017-0552-7. Epub 2017 Apr 24. PMID: 28439718; PMCID: PMC5438318
- / Regulation 2017/745 Recital 47, arts. 62(4)(h), 72(3), 92(4), 110(1)–(2) (EU).
- / The Future of Medical Device Regulation: Innovation and Protection (pp. 77–90). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781108975452.007
- / Artificial Intelligence in Medical Imaging: Opportunities, Applications and Risks | SpringerLink.
- / <https://www.linkedin.com/pulse/anonymisation-now-house-cards-magali-feys>
- / <https://www.monash.edu/researchinfrastructure/mbi/research/imaging-analysis/motion-artefact-removal-in-mri>
- / <https://discourse.slicer.org/t/new-extension-fully-automatic-whole-body-ct-segmentation-in-2-minutes-using-totalsegmentator/26710>
- / A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. Hinton. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. Advances in Neural Information Processing Systems 25, 2012.

/ További irodalom

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

**Hivatkozások és
további irodalom**

Teszteld a tudásod!

- / Artificial Intelligence in Medical Imaging: Opportunities, Applications and Risks 1st ed. 2019 Edition by Erik R. Ranschaert (Editor), Sergey Morozov (Editor), Paul R. Algra (Editor), Springer.
- / Pesapane, F., Codari, M. & Sardanelli, F. Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. Eur Radiol Exp 2, 35 (2018). <https://doi.org/10.1186/s41747-018-0061-6>
- / Mazurowski MA, Buda M, Saha A, Bashir MR. Deep learning in radiology: An overview of the concepts and a survey of the state of the art with focus on MRI. J Magn Reson Imaging. 2019 Apr;49(4):939-954. doi: 10.1002/jmri.26534. Epub 2018 Dec 21. PMID: 30575178; PMCID: PMC6483404.
- / Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. Nat Rev Cancer. 2018 Aug;18(8):500-510. doi: 10.1038/s41568-018-0016-5. PMID: 29777175; PMCID: PMC6268174.
- / Kelly BS, Judge C, Bollard SM, Clifford SM, Healy GM, Aziz A, Mathur P, Islam S, Yeom KW, Lawlor A, Killeen RP. Radiology artificial intelligence: a systematic review and evaluation of methods (RAISE). Eur Radiol. 2022 Nov;32(11):7998-8007. doi: 10.1007/s00330-022-08784-6. Epub 2022 Apr 14. Erratum in: Eur Radiol. 2022 May 20;: PMID: 35420305; PMCID: PMC9668941.
- / Kulkarni S, Seneviratne N, Baig MS, Khan AHA. Artificial Intelligence in Medicine: Where Are We Now? Acad Radiol. 2020 Jan;27(1):62-70. doi: 10.1016/j.acra.2019.10.001. Epub 2019 Oct 19. PMID: 31636002.

/ Teszteld a tudásod!

MODERNRADIOLOGY

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Teszteld a tudásod!

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

<?> KÉRDEZ

1

Mi igaz a mély neurális hálózatokra

- ☐ Sikerük a mátrixműveletekre specializálódott jobb hardvernek (grafikus kártyáknak) köszönhető
- ☐ Mesterséges biológiai, magas szinten összekapcsolt neuronokra van szükség a működéshez
- ☐ A gépi tanulás egyetlen formája
- ☐ Szüksége van a tudás kézi kinyerésére és kódolására

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Teszteld a tudásod!

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

<?> VÁLASZ

1 Mi igaz a mély neurális hálózatokra

- Sikerük a mátrixműveletekre specializálódott jobb hardvernek (grafikus kártyáknak) köszönhető
- ☐ Mesterséges biológiai, magas szinten összekapcsolt neuronokra van szükség a működéshez
- ☐ A gépi tanulás egyetlen formája
- ☐ Szüksége van a tudás kézi kinyerésére és kódolására

/ Teszteld a tudásod!

<?> KÉRDEZ

2 A különböző Gépi Tanulási módszerek a következők:

- ☐ Előre kódolt és utókódolt tanulás
- ☐ Alulról-felfelé és felülről-lefelé irányuló tanulás
- ☐ Felügyelt tanulás, felügyelet nélküli tanulás és megerősítő tanulás
- ☐ Egylövéses tanulás és többlövéses tanulás

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Teszteld a tudásod!

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

<?> VÁLASZ

2 A különböző Gépi Tanulási módszerek a következők:

- ☐ Előre kódolt és utókódolt tanulás
- ☐ Alulról-felfelé és felülről-lefelé irányuló tanulás
- ☒ Felügyelt tanulás, felügyelet nélküli tanulás és megerősítő tanulás
- ☐ Egylövéses tanulás és többlövéses tanulás

/ Teszteld a tudásod!

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

<?> KÉRDEZ

3 Mi az IGAZ az adatmegosztásra:

- ☐ Az anonimizálás lehetővé teszi a biztonságos adatmegosztást és a beteg eredeti adatainak visszakövetését.
- ☐ Az álnevesített adatok a GDPR értelmében személyes adatnak minősülnek.
- ☐ Egészségügyi célokból a betegek adatai hozzájárulás nélkül is feldolgozhatók.
- ☐ A szoftver nem mindig tartozik az MDR hatálya alá.

/ Teszteld a tudásod!

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom

Teszteld a tudásod!

<?> KÉRDEZ

3 Mi az IGAZ az adatmegosztásra:

- ☐ Az anonimizálás lehetővé teszi a biztonságos adatmegosztást és a beteg eredeti adatainak visszakövetését.
- ☒ Az álnevesített adatok a GDPR értelmében személyes adatnak minősülnek.
- ☐ Egészségügyi célokból a betegek adatai hozzájárulás nélkül is feldolgozhatók.
- ☐ A szoftver nem mindig tartozik az MDR hatálya alá.

/ Teszteld a tudásod!

<?> KÉRDEZ

4 Az Algoritmus Validálásának tekintetében az alábbiak közül melyik a megfelelő mérőszám egy szegmentálási feladat kiértékeléséhez?

- ☐ Átlagos négyzetes hiba
- ☐ Precizitás
- ☐ F1-pontszám
- ☐ Dice hasonlósági együttható(DSC)

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Teszteld a tudásod!

<?> VÁLASZ

4 Az Algoritmus Validálásának tekintetében az alábbiak közül melyik a megfelelő mérőszám egy szegmentálási feladat kiértékeléséhez?

- ☐ Átlagos négyzetes hiba
- ☐ Precizitás
- ☐ F1-pontszám
- ☒ Dice hasonlósági együttható(DSC)

**Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

/ Teszteld a tudásod!

<?> KÉRDEZ

5 Ami az Orvosi Képzésként Deep Learning Alkalmazásait illeti, egy kép több régióra való felosztása, ahol minden régió egy adott objektumnak vagy osztálynak felel meg, a következőre példa:

- ☐ Osztályozás
- ☐ Képjavítás
- ☐ Detektálás
- ☐ Szegmentálás

/ **Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további
irodalom**Teszteld a tudásod!**

/ Teszteld a tudásod!

<?> VÁLASZ

5 Ami az Orvosi Képzés Deep Learning Alkalmazásait illeti, egy kép több régióra való felosztása, ahol minden régió egy adott objektumnak vagy osztálynak felel meg, a következőre példa:

- ☐ Osztályozás
- ☐ Képjavítás
- ☐ Detektálás
- ☒ Szegmentálás

/ **Mesterséges
Intelligencia**
a Radiológiában

FEJEZET VÁZLATA:

Bevezetés

Az ai alapjai

Haladó ai témakörök

Jövőbeli aspektusok

Összefoglalás

Hivatkozások és további irodalom

Teszteld a tudásod!

