

**MODERN**  
**RADIOLOGY**  
eBook

# Inteligența Artificială în Radiologie

**ESR** EUROPEAN SOCIETY  
OF RADIOLOGY



# / Prefață

Radiologia Modernă este o resursă educațională gratuită pentru radiologie, publicată online de Societatea Europeană de Radiologie (ESR). Titlul acestei a doua versiuni, revizuite și actualizate, reflectă noul concept didactic propus de eBook-ul ESR, caracterizat printr-o combinație originală de text, imagini și scheme, prezentate sub forma unor pagini concise. Acestea sunt completate de cazuri clinice imagistice, secțiuni de tip întrebare-răspuns și hyperlinkuri care permit navigarea rapidă între diferitele secțiuni ale capitolelor organizate atât pe organe, cât și pe teme tehnice, precum și între rezumate și bibliografie.

Capitolele sale sunt bazate pe contribuțiile a peste 100 de experți europeni recunoscuți, referindu-se atât la subiecte tehnice generale, cât și la cele clinice specifice imagisticii organelor. Noul aspect grafic, care îl prezintă pe Asclepios cu ochelari la modă, simbolizează combinația dintre învățământul medical clasic și educația contemporană.

Deși versiunea inițială a eBook-ului ESR a fost creată pentru a oferi cunoștințe de bază studenților la medicină și cadrelor didactice, aceasta și-a extins treptat sfera pentru a include cunoștințe mai avansate pentru cititorii care doresc să aprofundeze subiectele.

Ca rezultat, Radiologia Modernă acoperă și subiecte din nivelurile postuniversitare ale Curriculumului European de Formare în Radiologie, adresându-se astfel nevoilor educaționale postuniversitare ale rezidenților. În plus, reflectă feedback-ul din partea profesioniștilor medicali din întreaga lume care doresc să își actualizeze cunoștințele în domenii specifice ale imagisticii medicale și care au apreciat deja profunzimea și claritatea eBook-ului ESR, atât la nivel educațional de bază, cât și la nivel mai avansat.

Doresc să îmi exprim mulțumirile sincere tuturor autorilor care și-au dedicat timpul și expertiza acestui demers voluntar și nonprofit, precum și lui Carlo Catalano, Andrea Laghi și András Palkó, care au avut ideea inițială de a crea un eBook ESR, și, în final, Biroului ESR pentru sprijinul lor tehnic și administrativ.

Radiologia Modernă întruchipează un spirit de colaborare și un angajament neîncetat față de această disciplină medicală fascinantă, indispensabilă îngrijirii moderne a pacienților. Sper ca acest instrument educațional să încurajeze curiozitatea și gândirea critică, contribuind la aprecierea artei și științei radiologiei în întreaga Europă și dincolo de ea.

**Minerva Becker**, Editor

Profesor la disciplina Radiologie, Universitatea din Geneva, Elveția

**Inteligența  
Artificială în  
Radiologie**

## CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

# / Drepturi de autor și termeni de utilizare

Această lucrare este licențiată sub licența Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

## Sunteți liber să:

Share - copierea și redistribuirea materialului în orice mediu sau format

## În următoarele condiții:

/ **ATRIBUIRE** – Trebuie să acordați creditul, corespunzător, să furnizați un link către licență și să indicați dacă au fost efectuate modificări. Puteți face acest lucru în orice mod rezonabil, dar nu în vreun mod care să sugereze că licențiatorul vă aprobă pe dumneavoastră sau utilizarea dumneavoastră.

/ **NONCOMERCIAL** – Nu puteți utiliza materialul în scopuri comerciale.

/ **NONDERIVATE** – Dacă remixați, transformați sau construiți pe baza materialului, nu aveți voie să distribuiți materialul modificat.

## Cum se citează această lucrare:

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:

Inteligența Artificială în Radiologie.  
DOI 10.26044/esr-modern-radiology-08

## CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

# / Symbolistică

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

<=> **CUNOȘTINȚE DE BAZĂ**<!=> **ATENȚIE**<↑> **HYPERLINK-URI**>=< **CUNOȘTINȚE SUPLIMENTARE**>|< **COMPARAȚII**<∞> **REFERINȚE**<?> **ÎNTREBĂRI**

# Inteligența Artificială în Radiologie

## AUTORI

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

Membri: Tugba Akinci D' Antonoli | Marcio Aloisio Bezerra Cavalcanti Rockenbach  
Vera Cruz e Silva | Emmanouil Koltsakis | Pinar Yilmaz

## AFILIERE

Comitetul pentru educație al Societății Europene de Informatică  
pentru Imagistică Medicală (EuSoMII)

## CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

<↑> **HYPERLINK-URI**

[info@eusomii.org](mailto:info@eusomii.org)

# Recunoaștere pentru traducere

Aceasta este o traducere a capitolului douăzeci din **Modern Radiology eBook**.

**ORIGINAL TITLE:**

AI in Radiology

**TRADUS DE:**

Medic rezident Stefan George Dima, Spitalul Universitar de Urgență București

**COORDONAT DE:**

Prof. Univ. Ioana Andreea Gheonea, Departament de Radiologie și Imagistică Medicală,  
Universitatea de Medicină și Farmacie Craiova

Prof. Univ. Gheorghe Iana, Departament de Radiologie și Imagistică Medicală,  
Universitatea de Medicină și Farmacie Carol Davila, București

Asist. Univ. Cristina Mihaela Ciofiac, Departament de Radiologie și Imagistică Medicală,  
Universitatea de Medicină și Farmacie Craiova

**APROBAT DE:**

Societatea de Radiologie si Imagistica Medicala din Romania

**NOTĂ DIN PARTEA COORDONATORILOR:**

Această inițiativă reprezintă o dovadă a atașamentului față de limba maternă și a voinței de a o valorifica în dezvoltarea educației radiologiei din România.

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

 **<∞> REFERINȚE**

[dimastefangeorge@gmail.com](mailto:dimastefangeorge@gmail.com)

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

# / Cuprins

## / Introducere

- / De ce ar trebui să învățăm despre AI?
- / Scurt istoric al AI
- / Definiții

## / Fundamentele inteligenței artificiale

- / Învățare supravegheată
- / Învățare nesupravegheată
- / Învățarea prin întărire

## / Subiecte avansate în inteligența artificială

- / Învățarea profundă și aplicațiile sale în  
imagistica medicală
- / Dezvoltarea, implementarea și evaluarea  
algoritmilor
- / Schimbul de date
- / Posibilele riscuri, beneficii și dovezile  
disponibile

## / Aspecte de viitor

- / Viitorul luminos al radiologiei cu ajutorul AI
- / Inteligența generală artificială
- / Modele lingvistice mari

## / Mesaje de luat acasă

## / Referințe și lecturi suplimentare

## / Testează-ți cunoștințele

# / Introducere

MODERN RADIOLOGY

**Inteligența  
Artificială în  
Radiologie**

**CUPRINS:**

**Introducere**

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele



# / De ce ar trebui să învățăm despre AI?

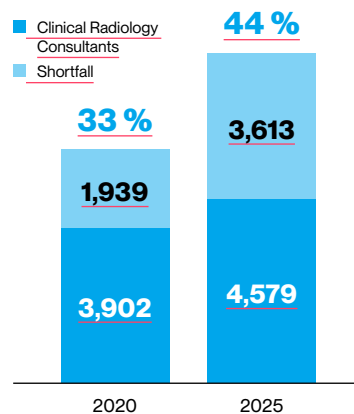
/ Inteligența artificială (AI) este un domeniu în creștere rapidă, care influențează fiecare aspect al vieții noastre, inclusiv modul în care practicăm medicina. Angajații din domeniul sănătății ar trebui să țină pasul cu ritmul dezvoltării digitale pentru a avansa în acest domeniu.

/ În timp ce volumul și complexitatea imagisticii cresc vertiginos, există o creștere a deficitului de forță de muncă și a presiunii asupra radiologilor. Ca urmare, calitatea scade și întârzierile de interpretare sunt în creștere. AI poate crește atât viteza, cât și calitatea rezultatelor, stimulând în același timp satisfacția profesională a medicilor.

/ Utilizarea inteligenței artificiale în domeniul sănătății prezintă riscuri potențiale, cum ar fi un număr mare de erori sau costuri suplimentare inutile. Prin urmare, ar trebui să învățăm mai multe despre AI pentru a implementa instrumentele de AI în mod sigur și eficient în medicină.

/ În secțiunea următoare vom afla mai multe despre aplicațiile AI în radiologie, **dar mai întâi să analizăm un scurt istoric și informații fundamentale despre AI.**

Forecast Shortfall of Clinical Radiology Consultants in UK 2020-2025



## <> REFERINȚE

Adaptat din Clinical radiology UK workforce census 2020 report

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

## CUPRINS:

### Introducere

/ De ce ar trebui să ne învățăm despre AI

### Fundamentele AI

Subiecte avansate despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

# / Scurt istoric al AI în radiologie

## / Inteligența Artificială în Radiologie

- / Ada Lovelace a conceptualizat programarea în 1842, marcând astfel nașterea informaticii.
- / În 1895, William Conrad Roentgen a descoperit prima rază X, ceea ce a dus la apariția radiologiei ca specialitate.
- / Krizhevsky et al. au câștigat provocarea ImageNet în 2012 cu AlexNet, o rețea neurală convoluțională, iar domeniul Deep Learning a crescut vertiginos.
- / Primul algoritm bazat pe inteligență artificială este autorizat de FDA în 2017 și a intrat oficial în mediul clinic.

### CUPRINS:

#### Introducere

/ Scurt istoric al AI în radiologie

Fundamentele AI

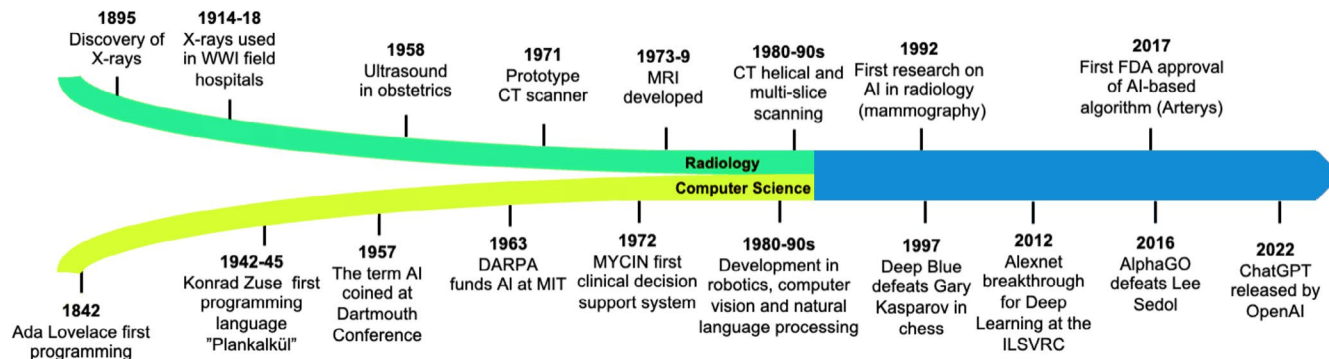
Subiecte avansate despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele



### <> REFERINȚE

Adaptat din Clin Transl Sci (2020) 13, 216-218; doi:10.1111/cts.12704

# / Definiții

- / **Inteligența artificială (AI):** este un domeniu din cadrul informaticii care se concentrează pe crearea de soluții capabile să îndeplinească sarcini care sunt în mod obișnuit asociate cu inteligența umană. Este un termen larg care cuprinde o gamă variată de tehnologii și chiar și un simplu model bazat pe reguli (rule based model) poate fi considerat o formă de inteligență artificială.
- / **Machine learning (ML):** este un subansamblu al inteligenței artificiale care se concentrează în jurul creării de algoritmi capabili să învețe din date și să facă predicții. Cu toate acestea, acești algoritmi încă se bazează pe supra-vegherea umană. ML nu este un concept nou în domeniul inteligenței artificiale. În domeniul vederii artificiale, algoritmii ML tradiționali presupun adesea procesarea imaginilor și extragerea explicită a caracteristicilor.
- / **Deep Learning (DL):** este un subset al ML care utilizează rețele neurale pentru a învăța pattern-uri din date.

## >|< COMPARAȚII

Acesta este considerat un domeniu relativ nou în cadrul inteligenței artificiale și a cunoscut o creștere a popularității în ultimii ani. Formarea unui model DL necesită, de obicei, cantități mari de date și resurse de calcul, din cauza complexității arhitecturilor rețelelor neurale. În zilele noastre, acest lucru este fezabil datorită plăcilor grafice specializate în operațiuni matriceale

## <|> ATENȚIE

**Inteligența artificială este un termen generic și poate fi aplicat în multe domenii și sub multe forme.**

**În acest capitol ne concentrăm în principal pe învățarea profundă în recunoașterea imaginilor.**

## / Inteligența Artificială în Radiologie

### CUPRINS:

#### Introducere

##### / Definiții

#### Fundamentele AI

#### Subiecte avansate despre AI

#### Aspecte de viitor

#### Mesaje de luat acasă

#### Referințe și lecturi suplimentare

#### Testează-ți cunoștințele

AI

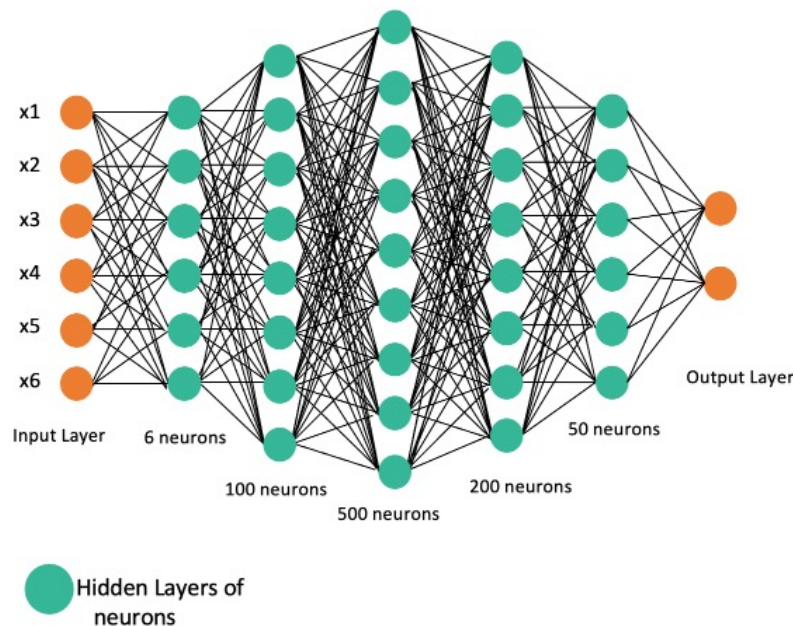
ML

DL

>< COMPARAȚII

/ Rețea neurală artificială (RNA):  
un tip de algoritm de învățare automată care imită structura și funcția creierului uman. Acestea conțin mai mulți neuroni organizați în straturi ierarhice. Straturile cele mai apropiate de stratul de intrare sunt responsabile de procesarea și transformarea datelor de intrare pentru a extrage caracteristicile relevante, în timp ce stratul de ieșire este responsabil de rezultatul final.

/ Rețea neurală profundă (DNN):  
un tip specific de rețea neurală compusă din mai multe straturi intermediare (adică straturi ascunse). Acestea pot fi utilizate pentru a antrena modele puternice pe baza unor cantități mari de date.



<∞> REFERINȚE

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

CUPRINS:

Introducere

/ Definiții

Fundamentele AI

Subiecte avansate despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

CUPRINS:

Introducere

/ Definiții

Fundamentele AI

Subiecte avansate despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

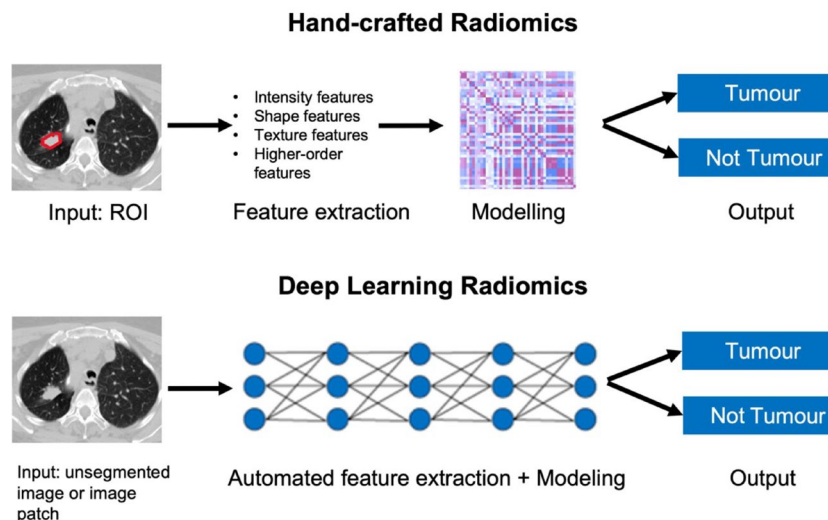
Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

**Radiomică:** se referă la extragerea caracteristicilor cuantificabile și minabile din imaginile medicale. Este un domeniu de cercetare în creștere rapidă și se aplică mai ales în domeniul imagisticii oncologice.

În prezent, radiomica este încă în mare parte un domeniu de cercetare, dar se depun eforturi pentru a transpune aceste rezultate ale cercetării în clinică.

În funcție de utilizarea abordărilor de învățare manuală sau de învățare profundă, fluxul de lucru în radiomică poate include curățarea datelor clinice și imagistice, preprocesarea imaginilor, segmentarea imaginilor, extragerea caracteristicilor, dezvoltarea modelului și validarea acestuia.



**CUPRINS:**

Introducere

**Fundamentele AI**

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

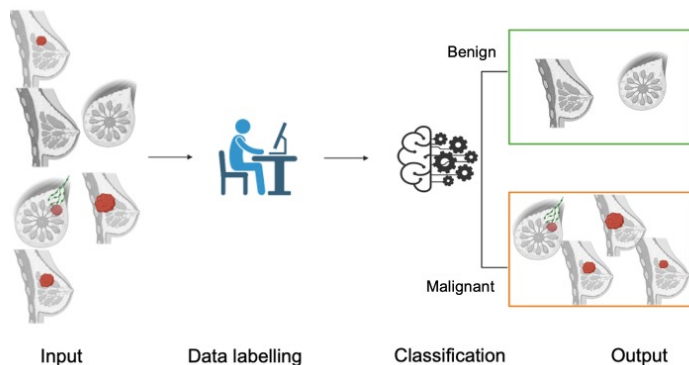
Testează-ți cunoștințele

# / Fundamentele AI

# / Învățare supravegheată

Învățarea supravegheată este o paradigmă ML care utilizează date de instruire etichetate de oameni. Apoi, modelul prezice (ceea ce se numește "clasificare") rezultatele pe un set de date noi, neetichetate. Este cea mai frecvent utilizată tehnică.

Etichetele pot fi, de exemplu, o regiune de interes (ROI) care indică o tumoră malignă la sân (a se vedea imaginea de mai jos), o cutie delimitatoare care indică o leziune focală sau o etichetă bazată pe text, cum ar fi "fractură".



## >=< CUNOȘTINȚE SUPLEMENTARE

### Metode comune supravegheate:

- / **Regresie** → estimează relațiile dintre variabile.
- / **Algoritmii arborelui de decizie, (DTA - Decision Tree Algorithm) (de ex. pădure aleatorie)** → DTA sunt utilizate pentru sarcini de clasificare și regresie; au o structură arborescentă ierarhică cu un nod rădăcină, ramuri, noduri interne și noduri de frunze.
- / **Mașina vectorială de suport (SVM – Support Vector Machine)** → sunt utilizate pentru sarcini de clasificare și regresie; ele sunt deosebit de utile pentru a clasifica datele în 2 grupuri.

## / Inteligența Artificială în Radiologie

### CUPRINS:

Introducere

### Fundamentele AI

/ Învățare supravegheată

Subiecte avansate despre AI

Aspecte de viitor

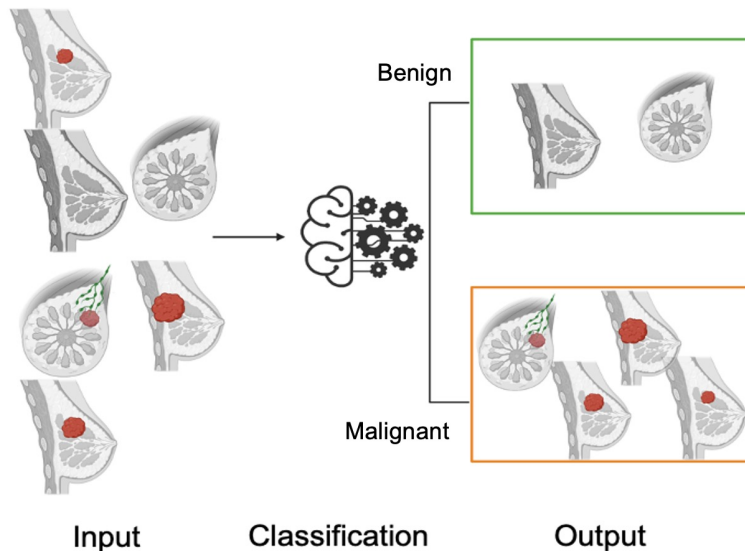
Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

# / Învățare nesupravegheată

- / Învățarea nesupravegheată ocolește etichetarea manuală a datelor prin tehnici de grupare, cum ar fi k-means.
- / Modelul este alimentat, de obicei, cu o cantitate mare de date neetichetate, iar apoi găsește modele pe baza structurii datelor.
- / Învățarea nesupravegheată este utilizată în mod obișnuit pentru seturi mari de date nestructurate, de exemplu, pentru descoperirea de noi biomarkeri.
- / În domeniul imagisticii medicale, un exemplu comun este Generative Adversarial Network (GAN), utilizat pentru a crea imagini sintetice (= false).



## CUPRINS:

Introducere

## Fundamentele AI

/ Învățare nesupravegheată

Subiecte avansate despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

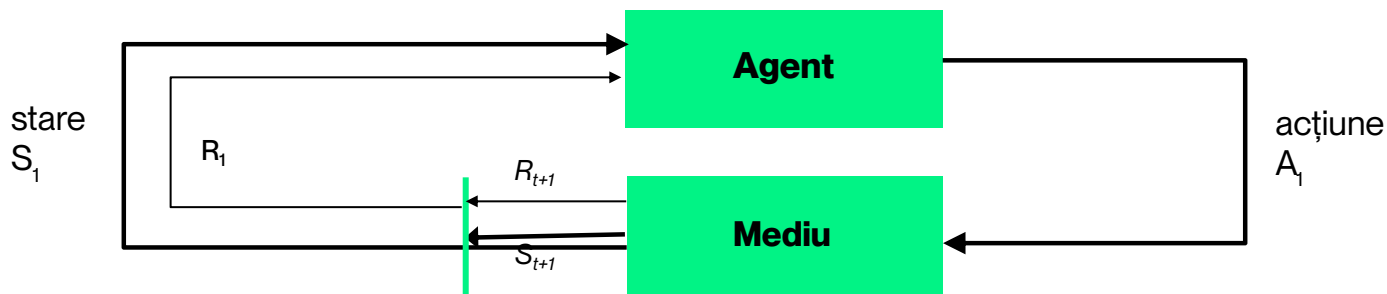
Testează-ți cunoștințele



## / Învățarea prin întărire

Învățarea prin întărire este o abordare de învățare bazată pe recompense și pedepse. Un agent interacționează cu mediul prin detectarea stării sale și învață să efectueze acțiuni pentru a maximiza recompensele pe termen lung.

Prin această abordare, agentul trebuie să mențină un echilibru între recompensă și pedeapsă, prin încercări și erori, pentru a favoriza acțiunile care vor aduce cel mai mare beneficiu.



### <∞> REFERINȚE

Adaptat după imaginea realizată de Shweta Bhatt

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

### CUPRINS:

Introducere

**Fundamentele AI**

/ Învățarea prin întărire

Subiecte avansate despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate  
despre AI**

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți  
cunoștințele v

# / Subiecte avansate despre AI

# / Aplicații Deep Learning în imagistica medicală

Imagistica medicală a fost unul dintre principalele domenii de interes în ceea ce privește dezvoltarea modelelor de Deep Learning pentru aplicații medicale. Se pot găsi multe exemple de algoritmi dezvoltați pentru diferite modalități de imagistică (RMN, CT, radiografie, ecografie). În următoarele slide-uri, veți găsi tipurile de sarcini în care a fost utilizat Deep Learning, împreună cu câteva exemple de modele:

**Clasificare:** formarea unui model capabil să clasifice imaginile.

Exemple:

/ Clasificare binară: Radiografie toracică normală vs. anormală fără specificarea unei patologii

/ Clasificarea planurilor anatomice (multiclasă): axial vs coronal vs sagital

/ Pozitiv pentru o anumită boală vs. negativ (de exemplu, clasificarea RMN-urilor cerebrale în pozitive sau negative pentru boala Alzheimer)

## CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

## Subiecte avansate despre AI

/ Învățare profundă  
Aplicații în imagistica  
medicală

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

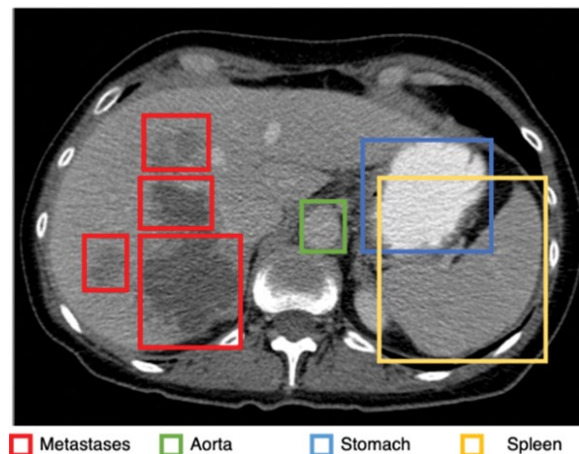
**Detectie:** scopul acestor algoritmi este de a identifica "obiecte" anatomice sau patologice în cadrul unei imagini.

Adesea, obiectul detectat poate fi evidențiat cu ajutorul unor cutii de delimitare (a se vedea imaginea).

Printre exemple se numără::

- / Detectarea punctelor de reper pentru planificarea chirurgiei coloanei vertebrale pe raze X
- / Detectarea nodulilor pulmonari pe scanările CT
- / Detectarea pietrelor la rinichi pe scanările CT
- / Detectarea leziunilor hepatice pe scanările CT

**Object detection**



**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate despre AI**

/ Învățare profundă  
Aplicații în imagistica medicală

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

**<∞> REFERINȚE**

Cheng PM. Publicat online:  
01 septembrie 2021  
<https://doi.org/10.1148/rq.2021200210>  
Partajat sub o licență CC BY 4.0

**Segmentare:** sarcina de a împărți pixelii unei imagini în mai multe regiuni sau segmente, fiecare segment corespunzând unui anumit obiect sau unei anumite clase (de exemplu, un organ sau o patologie).

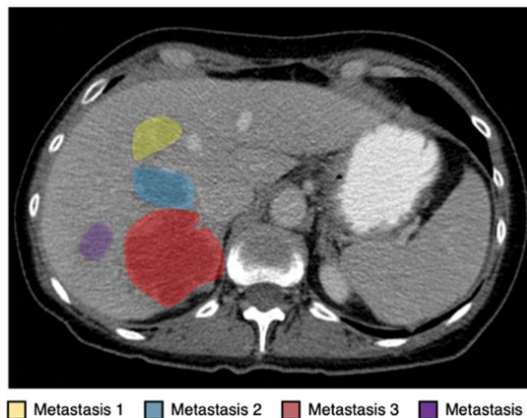
În general, aceasta este prima etapă care facilitează clasificarea sau cuantificarea (de exemplu, măsurarea) ca etapă următoare

Acest tip de aplicație este una dintre cele mai populare utilizări ale DL în imagistica medicală.

Exemple:

- / Segmentarea prostatei pe RM
- / Segmentarea ficatului pe CT
- / Segmentarea tumorilor cerebrale pe RM
- / Segmentarea cardiacă pe CTA
- / Segmentarea tumorilor pulmonare pe CT
- / Segmentarea accidentului vascular cerebral pe CT/MR

Segmentarea metastazelor hepatice pe o scanare



<∞> REFERINȚE

Cheng PM. Publicat online:  
01 septembrie 2021  
<https://doi.org/10.1148/rq.2021200210>  
Partajat sub o licență CC BY 4.0

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate  
despre AI**

/ Învățare profundă  
Aplicații în imagistica  
medicală

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

**Îmbunătățirea imaginilor:** modelele de învățare profundă pot fi antrenate pentru a efectua sarcini care îmbunătățesc calitatea imaginii (sau mențin calitatea imaginii cu o doză mai mică) pe imagini medicale.

Aplicațiile includ:

- / **Denoising:** Algoritmii DL pot învăța să distingă zgomotul de semnalul de bază. Zgomotul poate fi apoi eliminat, păstrând în același timp cele mai importante caracteristici imagistice.
- / **Super-rezoluție:** Modelele DL pot învăța să mărească rezoluția spațială (de exemplu, să creeze imagini de înaltă rezoluție din imagini de joasă rezoluție).
- / **Îndepărtarea artefactelor:** Îndepărtarea artefactelor care afectează calitatea imaginii (cum ar fi artefactele de mișcare, întărirea fasciculului).
- / **Scanări virtuale cu contrast îmbunătățit:** Modelele DL pot fi antrenate să simuleze imagini cu contrast îmbunătățite pe baza unui studiu fără contrast.



**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate despre AI**

/ Învățare profundă  
Aplicații în imagistica medicală

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

## Cazuri de utilizare non-interpretative:

Cazuri de utilizare sau aplicații care nu au rezultate primare de diagnostic sau prognostic, dar care facilitează fluxul de lucru radiologic digital, de la programarea pacientului la comunicarea rezultatelor (a se vedea slide-ul următor pentru exemple). Aceste aplicații sunt relativ noi și, în cea mai mare parte, sunt încă în curs de dezvoltare, dar au un mare potențial.

Câteva exemple:

- / **Sprijin pentru programare:** poate ajuta la optimizarea fluxului de lucru, prin automatizarea procesului de programare a studiilor și prin asigurarea unui volum de muncă adecvat pentru departament.
- / **Automatizarea protocoalelor de radiologie:** pe baza informațiilor clinice disponibile, AI poate ajuta la identificarea protocolului de achiziție optim, de exemplu, dacă o tomografie computerizată abdominală ar trebui să fie achiziționată cu sau fără contrast IV.
- / **Prioritizarea listei de lucru:** unele modele de învățare automată sunt construite pentru a identifica studiile urgente care necesită o interpretare rapidă de către

un radiolog. În acest fel, ne putem asigura că studiile cu prioritate ridicată sunt examinate primele.

- / **Protocoale de agățare:** unele instrumente de inteligență artificială pot ajuta la determinarea aspectului prin care imaginile radiologice sunt afișate în funcție de scenariul clinic specific / protocolul de studiu.

### CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

### Subiecte avansate despre AI

- / Învățare profundă  
Aplicații în imagistica  
medicală

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

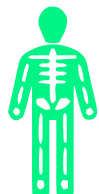
Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

Furnizorii și clinicienii au avut o "viziune de tunel" asupra cazurilor de utilizare interpretativă, în timp ce există o serie de cazuri de utilizare dincolo de sprijinul decizional (adică dincolo de stabilirea diagnosticului).

## Imaging value chain | Non-interpretative use cases

Merel Huisman ESSR 2023



### Upstream Workflow

- / Demand forecasting vs. staffing
- / Scheduling optimisation
- / Patient preparation (chatbot / GenAI)
- / Modality selection
- / Protocol selection
- / Contrast agent & dose reduction
- / Automatic quality control and rescan
- / Post-processing
- / Triage (worklist)
- / Clinical information (LLM's)
- / Hands-free personalised navigation
- / Automated personalised hanging protocols



### Decision-making



### Downstream Reporting | Communication

- / Automatic guideline recommendations
- / Prepopulating reports
- / Auto-structuring
- / Automated impression
- / Laterality/age/gender correction
- / Multi-media enhanced reports
- / Patient friendly reports & translation
- / Critical findings & follow-up
- / Management
- / Billing
- / Resident Education
- / Business Intelligence (Dashboards)

## Inteligență Artificială în Radiologie

### CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

### Subiecte avansate despre AI

/ Învățare profundă  
Aplicații în imagistica medicală

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele



# / Dezvoltarea, implementarea și evaluarea algoritmilor

>|< COMPARAȚII

## Definirea cazului de utilizare

/ Definiți obiectivul algoritmului (adică starea clinică care urmează să fie vizată de aplicație).

/ Definiți criteriile de includere și de excludere asociate cu starea clinică.

/ Identificați elementele de date necesare pentru dezvoltarea modelului

## Pregătirea setului de date

/ Colectați date reprezentative pentru starea clinică

/ Etichetați / adnotați datele colectate (acesta este adevărul de bază care va fi utilizat pentru a antrena și testa modelul).

/ Împărțiți setul de date în seturi de instruire, validare și testare

## Modele de formare

/ Evaluați ce tip de preprocesare a datelor va fi necesară.

/ Alegeți abordarea corectă a arhitecturii modelului pentru sarcina definită în etapele anterioare.

/ Utilizați seturile de instruire și validare pentru a evalua performanța modelelor instruite cu diferite abordări.

## Validare internă

/ Selectarea modelului cu cea mai bună performanță pe setul de validare

/ Evaluarea performanței modelului pe setul de testare independent (adică pe setul de testare de tip holdout)

/ Această performanță va fi o aproximare a generalizabilității modelului (și anume, cât de bine ar funcționa modelul într-un alt set de date).

## Validarea externă

/ Evaluarea performanțelor modelului pe date externe (de exemplu, date de la alte instituții de sănătate).

/ Evaluarea generalizabilității și reproductibilității modelului (adică utilitatea în diferite medii / populații).

/ Ajută la identificarea influenței modelului (de exemplu, performanța

## Desfășurarea clinică

/ Modelele sunt implementate în fluxul de lucru clinic, de obicei după un proiect pilot.

/ Integrarea perfectă este esențială

/ Este necesară o autorizație de reglementare (de exemplu, CE- mark)

/ Trebuie luați în considerare factorii de utilizare dincolo de performanța modelului (de exemplu, cum și când, viteza, interacțiunea om-program)

## Supravegherea după introducerea pe piață

/ Rezultatul modelului trebuie monitorizat în permanență pentru a detecta scăderile de performanță în cazul modificării parametrilor clinici (numită schimbarea setului de date).

/ Trebuie raportate evenimentele adverse legate de utilizarea modelului.

/ Trebuie să se colecteze feedback-ul utilizatorului.

/ Se pot implementa actualizări ale modelului pentru a aborda orice probleme care pot fi identificate.

/ Inteligența Artificială în Radiologie

## CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate despre AI**

/ Dezvoltarea algoritmului, Desfășurare și evaluare

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

Performanța algoritmică este evaluată în mod constant pe parcursul formării modelului, iar apoi performanța finală este evaluată pe setul de testare și, ulterior, pe date externe în timpul validării externe.

Performanța ar trebui să fie întotdeauna evaluată cu ajutorul mai multor indicatori de performanță pentru a obține o înțelegere cuprinzătoare a punctelor sale forte și a punctelor slabe. Alegerea depinde de tipul de problemă, de prevalența bolii și de contextul clinic.

Măsurători comune de performanță în ML:

- / **Coeficientul de similaritate Dice:** o măsură de suprapunere bazată pe pixel între zonele prezise și cele reale în sarcinile de segmentare, variind de la 0 (nicio suprapunere) la 1 (suprapunere perfectă).
- / **Eroare medie pătratică (MSE) / Eroare medie absolută (MAE):** evaluează calitatea unui model de regresie.
- / **Precizia (=valoarea predictivă pozitivă)\*:** proporția de rezultate pozitive adevărate din toate predicțiile pozitive, depinde de prevalență
- / **Recall (=sensibilitate)\*:** proporția de adevărați pozitivi din totalul eșantioanelor pozitive reale, independent de prevalență.
- / **Precizia\*:** proporția de predicții corecte din totalul predicțiilor (%corect), intuitivă, dar poate supraestima performanța.
- / **F1-score\*:** metrică pentru a prezice cu încredere și a nu omite o boală într-un mediu cu prevalență scăzută, preferată în locul acurateței în cazul bolilor rare.
- / **Aria de sub curba ROC (AUC-ROC):** o statistică grafică de sinteză pentru discriminarea modelului, reprezentată de rata de rezultate pozitive adevărate în raport cu rata de rezultate pozitive false la mai multe praguri de clasificare.

## CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate despre AI**

/ Dezvoltarea algoritmului, Desfășurare și evaluare

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

Matricea de confuzie este esențială pentru evaluarea performanței modelului în sarcinile de clasificare (de exemplu, leziune benignă vs. malignă). Aceasta oferă un rezumat cuprinzător al predicțiilor modelului în comparație cu clasificările de adevăr de bază (clasa reală):

|                         |         | Predicție                                           |                                                |
|-------------------------|---------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                         |         | POZITIV                                             | NEGATIV                                        |
| Real (Adevărul de bază) | POZITIV | ADEVĂRAT POZITIV (AP)<br>Hit                        | FALS NEGATIV (FN)<br>Eroare de tip II (ratare) |
|                         | NEGATIV | FALS POZITIV (FP)<br>Eroare de tip I (alarmă falsă) | ADEVĂRAT NEGATIV (AN)<br>Respingere corectă    |

Pe baza matricei de confuzie, se pot obține mai mulți indicatori de performanță, printre care:

- / **Sensibilitate:**  $AP / (AP + FN)$ . Măsoară capacitatea modelului de a identifica corect cazurile pozitive (anomalii) din toate cazurile pozitive reale.
- / **Specificitate:**  $AN / (AN + FP)$ . Măsoară capacitatea modelului de a identifica corect cazurile negative (cazuri normale) din toate cazurile negative reale.

CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate despre AI

- / Dezvoltarea algoritmului, Desfășurare și evaluare

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

## AI în studiile clinice:

/ Instrumentele de inteligență artificială care sunt utilizate în cadrul citirii centralizate a imaginilor pentru studiile clinice necesită, de asemenea, o validare tehnică și clinică adecvată. Consistența adevărului de bază și reprezentarea adecvată a populației (inclusiv fenotipurile de boală, variabilitatea scanerelor și a protocoalelor de achiziție) sunt la fel de esențiale în acest scenariu pentru formarea și testarea algoritmilor

/ Inteligența artificială poate sprijini/facilita unele sarcini legate de studiu și/sau analiza imaginilor, cum ar fi: selecția pacienților în funcție de criteriile de includere, evaluarea calității imaginilor din scanările încărcate și evaluarea cantitativă a biomarkerilor imagistici, aducând, de asemenea, o scădere importantă a timpului de adnotare/lectură a imaginilor și o reducere a variabilității dintre cititori.

## Inteligența Artificială în Radiologie

### CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

### Subiecte avansate despre AI

/ Dezvoltarea algoritmului, Desfășurare și evaluare

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

## <∞> REFERINȚE

Pentru mai multe informații, consultați:

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

# / Partajarea datelor

Dezvoltarea și îmbunătățirea inteligenței artificiale se bazează în mare măsură pe experiența de învățare a algoritmului. Pe măsură ce algoritmi învață din date, un acces mai cuprinzător la date este crucial pentru îmbunătățirea acurateței și a implementării și, în cele din urmă, pentru un serviciu mai bun oferit asistenței medicale.

## GDPR - Regulamentul general privind protecția datelor

În 25 mai 2018 a intrat în vigoare GDPR. Acesta se aplică în toate statele membre ale UE și se referă la prelucrarea datelor cu caracter personal, inclusiv (deși nu a fost conceput în mod specific pentru) datele privind sănătatea.

GDPR este o lege obligatorie și înlocuiește legile preexistente.

### DATE CU CARACTER PERSONAL:

orice informație referitoare la o persoană fizică identificată sau identificabilă

### PROCESARE:

orice operațiune sau set de operațiuni care se efectuează asupra datelor cu caracter personal

### DATE PRIVIND SĂNĂTATEA:

orice informație referitoare la o persoană fizică identificată sau identificabilă

### <!=> ATENȚIE

Persoana fizică identificată sau identificabilă este un concept-cheie în materie de protecție a datelor.

### <∞> REFERINȚE



Aruncați o privire:  
<https://gdpr-info.eu/>

### CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate despre AI**

/ Schimbul de date

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

Un cadru special în care GDPR este extrem de important este cel al dezvoltării și comercializării dispozitivelor medicale (DM), în special a celor care implementează software de inteligență artificială, unde accesul la seturi de date adecvate determină performanța și conformitatea cu utilizarea prevăzută.

Regulamentul UE privind dispozitivele medicale (MDR) a înlocuit Directiva UE privind dispozitivele medicale (MDD) începând cu 26 mai 2021. Acesta impune cerințe de reglementare stricte care trebuie îndeplinite înainte ca dispozitivele medicale să poată fi utilizate în practica clinică. Regulamentul UE privind dispozitivele medicale (MDR) impune respectarea GDPR.

<!> ATENȚIE

**Instrumentele software bazate pe inteligență artificială sunt considerate ca fiind un dispozitiv medical și sunt reglementate ca atare**

**Se aplică MDR la instrument, aparat, software, implant, reactiv, material sau alt articol pentru oricare dintre următoarele:**

- / diagnosticarea, prevenirea, monitorizarea, tratamentul sau ameliorarea unei boli;
- / investigarea, înlocuirea sau modificarea unui proces anatomic,
- / furnizarea de date prin examinarea in vitro a unor eșantioane provenite din corpul uman.

Utilizarea prevăzută cuprinde:

- (1) scopul medical real;
- (2) utilizarea autorizată, înțelesă ca fiind definirea utilizatorilor și a mediului de utilizare, a populației de pacienți vizate sau a părților corpului.

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate despre AI**

/ Schimbul de date

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

## Tehnici de atenuare a riscurilor legate de protecția datelor în conformitate cu GDPR:

- / **Pseudonimizarea** - înseamnă prelucrarea datelor cu caracter personal astfel încât datele cu caracter personal să nu mai poată fi atribuite unei anumite persoane vizate fără utilizarea de informații suplimentare, cu condiția ca aceste informații suplimentare să fie păstrate separat. Datele pseudonimizate se califică drept date cu caracter personal în conformitate cu GDPR.
- / **Anonimizarea** - datele anonime sunt date din care nu se poate face nicio legătură cu o persoană identificabilă specifică și care nu intră sub incidența GDPR.

În cazul specific al sectorului sănătății, unde este esențial să se păstreze trasabilitatea, pseudonimizarea este un exemplu de protecție adecvată a datelor.

### CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate  
despre AI**

/ Schimbul de date

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

### <∞> REFERINȚE

Pentru mai multe informații, consultați:

<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>

Datele privind sănătatea pot fi prelucrate:

- / Atunci când pacientul își dă consimțământul explicit și neechivoc pentru utilizarea datelor sale.
- / Atunci când este în interesul vital al pacientului
- / În scopuri medicale
- / Pentru interesul public în domeniul sănătății publice
- / În scopuri de arhivare în interes public, în scopuri de cercetare științifică sau istorică sau în scopuri statistice
- / În domeniul dreptului muncii, al securității sociale și al protecției sociale



**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate  
despre AI**

/ Schimbul de date

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

<∞> REFERINȚE

Societatea Europeană de Radiologie (ESR). Noul Regulament general al UE privind protecția datelor: ce trebuie să știe radiologii. Insights Imaging. 2017 Jun;8(3):295-299. doi: 10.1007/s13244-017-0552-7. 2017 Jun;8(3):295-299. doi: 10.1007/s13244-017-0552-7. Epub 2017 Apr 24. PMID: 28439718; PMCID: PMC5438318.



# / Beneficii posibile, riscuri, dovezi disponibile

Aplicațiile de inteligență artificială în mediul clinic, în special în fluxul de lucru în radiologie, cuprind nu numai recunoașterea imaginilor și suportul pentru luarea deciziilor (centrat pe radiolog), ci și procedurile din amonte și din aval. Pentru un flux de lucru fără probleme, algoritmi de AI ar trebui să fie pe deplin integrați în stațiile de lucru PACS.

Printre beneficiile posibile se numără automatizarea sarcinilor care necesită mult timp, și anume:

- / Optimizarea listei de lucru (de exemplu, facilitarea analizei examinărilor de urgență) și a programării.
- / Prelucrarea imaginilor
- / Detectarea, măsurarea și clasificarea leziunilor
- / Selectarea modalității și a protocolului
- / Raportarea și comunicarea către clinicieni și pacienți
- / Timpul de achiziție a imaginii și reducerea dozei de radiații
- / Facturare

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate despre AI**

/ Beneficii posibile,  
Riscuri, dovezi  
disponibile

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

## &lt;∞&gt; REFERINȚE

Alte aplicații actuale disponibile includ procese automatizate legate de scanare, cum ar fi:

- / Poziționarea pacientului la izocentru (CT și RMN)
- / Identificarea regiunii de interes (RMN)
- / Întreținerea echipamentelor (CT)

Trebuie subliniat faptul că economisirea simultană a timpului și a costurilor, împreună cu reducerea volumului de muncă radiologică și creșterea productivității și eficienței vor fi în primul rând în beneficiul pacientului, dar și al radiologului, al medicilor de referință și al sistemului de sănătate în general.

În cele din urmă, soluțiile de inteligență artificială ar putea, de asemenea, să sprijine o extindere a acoperirii serviciilor de medicală acolo unde există un deficit de practicieni/asistentă.



**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate despre AI**

- / Beneficii posibile, Riscuri, dovezi disponibile

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi suplimentare

Testează-ți cunoștințele

<∞> REFERINȚE

Potočnik, J., Foley, S. & Thomas, E. Aplicații actuale și potențialele inteligenței artificiale în practica imagisticii medicale: O analiză narativă. J Medical Imaging Radiat Sci (2023) doi:10.1016/j.jmir.2023.03.033.

Unele riscuri inerente trebuie să fie luate în considerare în aplicațiile de inteligență artificială, cum ar fi:

- / prejudecăți neintenționate care pot cauza disparități în materie de sănătate (de exemplu, sex, rasă, statut socioeconomic);
- / Scăderea performanțelor în mediul clinic sau în anumite subgrupuri
- / Performanța inconsecventă a algoritmului în timp;
- / Complicarea excesivă a asistenței medicale și creșterea costurilor fără a obține câștiguri în materie de eficiență și calitate;
- / Lipsa de rambursare (specifică fiecărei țări);
- / Eșecul supravegherii după introducerea pe piață (obligatoriu conform MDR);
- / Probleme de răspundere (un aspect de malpraxis în Statele Unite) privind rezultatul final al pacientului - cine este responsabil? dezvoltatorul AI? Compania care comercializează algoritmul? Sau radiologul?
- / Atacurile cibernetice și scurgerile de date;
- / Prejudecata automatizării (adică oamenii urmează orbește inteligența artificială chiar dacă aceasta oferă sfaturi greșite);
- / Împingere tehnică > atracție clinică (de exemplu, dezvoltarea de instrumente pentru că este posibil, nu pentru că este necesar).

Este esențial să fim conștienți de problemele clinice reale și de caracterul adecvat al soluțiilor bazate pe inteligență artificială într-un anumit context clinic; priviți inteligența artificială ca pe un mijloc și nu ca pe un scop final.

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

**Subiecte avansate  
despre AI**

- / Beneficii posibile,  
Riscuri, dovezi  
disponibile

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

## &lt;∞&gt; REFERINȚE

Inteligența artificială în imagistica medicală: Oportunități, aplicații și riscuri | SpringerLink

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

**Aspecte de viitor**

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

# / Aspecte de viitor

# / Aspecte viitoare

- / În prezent, algoritmi de inteligență artificială în radiologie au un scop restrans, vizând o caracteristică sau o sarcină specifică de imagistică (numită soluție punctuală).
- / În viitor, acest lucru s-ar putea schimba odată cu inteligența generală artificială (AGI) și, în cele din urmă, AI ar putea executa multe sarcini la nivelul capacității umane, cu o supraveghere umană limitată.
- / În acest caz, sarcinile de zi cu zi ale unui radiolog s-ar putea schimba radical; am avea mai mult timp pentru contactul cu pacienții, pentru cazurile complexe și pentru întâlnirile echipei multidisciplinare.

>|< COMPARAȚII

| AI RESTRANSA (SOLUȚIE PUNCTUALĂ)                         | AI GENERALĂ                                                      |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Aplicație specifică/limitată la o anumită sarcină        | Efectuarea de sarcini de informații generale (umane)             |
| Modele de domenii fixe furnizate de programatori         | Se autocunoaște și raționează cu mediul său de operare           |
| Învață din mii de exemple etichetate                     | Învață din câteva exemple și/sau din date nestructurate          |
| Sarcini de reflectare fără înțelegere                    | Întreaga gamă de capacități cognitive umane                      |
| Cunoștințele nu se transferă la alte sarcini din domeniu | Valorifică transferul de cunoștințe către noi domenii și sarcini |
| Inteligența artificială de astăzi în radiologie          | Viitorul AI în radiologie?                                       |

CUPRINS:

- Introducere
- Fundamentele AI
- Subiecte avansate despre AI
- Aspecte de viitor
- Mesaje de luat acasă
- Referințe și lecturi suplimentare
- Testează-ți cunoștințele

## Modele de limbaj mari (LLM – Large Language Model)

- / LLM-urile sunt rețele neurale profunde, antrenate pentru a genera text la nivel uman.
- / Familia GPT (generative pretrained transformer) de LLM-uri este în prezent în creștere și este deja utilizată în multe domenii ale medicinei și radiologiei.
- / Până în prezent, au fost publicate mai multe articole folosind GPT-3.5 și GPT-4 care arată că LLM-urile pot sprijini luarea deciziilor în mamografie, pot scrie articole medicale sau pot trece examenele de radiologie.
- / S-ar putea să mai apară și altele în viitorul apropiat, iar LLM-urile ar putea facilita drumul nostru către AGI

### CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

**Aspecte de viitor**

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele



# / Mesaje de luat acasă

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

**Mesaje de luat acasă**Referințe și lecturi  
suplimentare

Testează-ți cunoștințele

- / Inteligența artificială este un efort multidisciplinar în care informaticienii, fizicienii medicali și experții clinici colaborează în toate etapele procesului pentru a obține soluții aplicabile din punct de vedere clinic.
- / Învățarea mecanică utilizează algoritmi capabili să învețe din date și să facă predicții, în timp ce învățarea profundă este un subansamblu al învățării mecanice și utilizează rețele neuronale profunde pentru a învăța modele în date.
- / Există o gamă largă de domenii în care Deep Learning poate fi aplicată în radiologie, inclusiv cazuri de utilizare imagistică și non-imagistică.
- / Conformitatea cu GDPR este fundamentală: Colectarea datelor trebuie să fie redusă la minimum și utilizată în mod corect, cu un scop clar și legitim. Datele nu trebuie stocate mai mult decât este necesar și trebuie protejate prin măsuri adecvate de securitate cibernetică.
- / Beneficiile implementării AI includ reducerea timpului de interpretare și procesare a imaginilor, optimizarea listelor de lucru și reducerea dozei de radiații.
- / Riscurile și limitările inteligenței artificiale includ scăderea performanțelor, probleme de răspundere, atacuri cibernetice și scurgeri de date.
- / Radiologii ar trebui să se familiarizeze cu acestea și să profite de acest potențial enorm pentru o mai bună îngrijire a pacienților.

# / Referințe

## CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

**Referințe și lecturi  
suplimentare**

Testează-ți cunoștințele

- / 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.



# / Lecturi suplimentare

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

**Referințe și lecturi  
suplimentare**

Testează-ți cunoștințele

- / 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.

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

**Testează-ți  
cunoștințele**

# / Testează-ți cunoștințele

## / Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBARE

1

### Ce este ADEVĂRAT despre rețelele neurale profunde?

- ☐ Succesul lor se datorează unui hardware mai bun (plăci grafice) specializat în operații matriciale
- ☐ Necesită neuroni biologici artificiali, puternic interconectați, pentru a funcționa
- ☐ Sunt singura formă de învățare automată
- ☐ Necesită extragerea și codificarea manuală a cunoștințelor

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

**Testează-ți  
cunoștințele**

## / Testează-ți cunoștințele

<?> RĂSPUNS

1

### Ce este ADEVĂRAT despre rețelele neurale profunde?

- ☒ Succesul lor se datorează unui hardware mai bun (plăci grafice) specializat în operații matriciale
- ☐ Necesită neuroni biologici artificiali, puternic interconectați, pentru a funcționa
- ☐ Sunt singura formă de învățare automată
- ☐ Necesită extragerea și codificarea manuală a cunoștințelor

#### CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

**Testează-ți  
cunoștințele**

# / Testează-ți cunoștințele



**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

**Testează-ți  
cunoștințele**

<?> ÎNTREBARE

## 2 Diferitele metode de învățare automată sunt:

- ☐ Învățare precodificată și postcodificată
- ☐ Învățarea de jos în sus și de sus în jos
- ☐ Învățarea supravegheată, învățarea nesupravegheată și învățarea prin întărire
- ☐ Învățarea cu o singură lovitură și învățarea cu mai multe lovituri

## / Testează-ți cunoștințele

<?> RĂSPUNS

### 2 Diferitele metode de învățare automată sunt:

- ☐ Învățare precodificată și postcodificată
- ☐ Învățarea de jos în sus și de sus în jos
- ☒ Învățarea supravegheată, învățarea nesupravegheată și învățarea prin întărire
- ☐ Învățarea cu o singură lovitură și învățarea cu mai multe lovituri

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

**Testează-ți  
cunoștințele**

## / Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBARE

### 3 Ce este ADEVĂRAT în legătură cu schimbul de date:

- ☐ Anonimizarea permite partajarea datelor în condiții de siguranță și urmărirea înapoi la datele originale ale pacientului.
- ☐ Datele pseudonime sunt considerate date cu caracter personal în conformitate cu GDPR.
- ☐ În scopuri medicale, datele pacienților pot fi prelucrate fără consimțământ.
- ☐ Software-ul nu intră întotdeauna sub incidența MDR.

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

**Testează-ți  
cunoștințele**

## / Testează-ți cunoștințele

<?> ÎNTREBARE

### 3 Ce este ADEVĂRAT în legătură cu schimbul de date:

- ☐ Anonimizarea permite partajarea datelor în condiții de siguranță și urmărirea înapoi la datele originale ale pacientului.
- ☒ Datele pseudonime sunt considerate date cu caracter personal în conformitate cu GDPR.
- ☐ În scopuri medicale, datele pacienților pot fi prelucrate fără consimțământ.
- ☐ Software-ul nu intră întotdeauna sub incidența MDR.

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

**Testează-ți  
cunoștințele**



## / Testează-ți cunoștințele



### CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

**Testează-ți  
cunoștințele**

### <?> ÎNTREBARE

4 În ceea ce privește evaluarea  
algoritmului, care dintre următoarele  
este o măsurătoare adecvată pentru  
a evalua o sarcină de segmentare?

- ☐ Eroare medie pătrată
- ☐ Precizie
- ☐ Scor F1
- ☐ Coeficientul de similaritate Dice

## / Testează-ți cunoștințele



### CUPRINS:

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare

**Testează-ți  
cunoștințele**

<?> RĂSPUNS

4 În ceea ce privește evaluarea  
algoritmului, care dintre următoarele  
este o măsurătoare adecvată pentru  
a evalua o sarcină de segmentare?

- ☐ Eroare medie pătrată
- ☐ Precizie
- ☐ Scor F1
- ☒ Coeficientul de similaritate Dice

## / Testează-ți cunoștințele

/ **Inteligența  
Artificială în  
Radiologie**

## &lt;?&gt; ÎNTREBARE

5

În ceea ce privește aplicațiile Deep Learning în imagistica medicală, împărțirea unei imagini în mai multe regiuni, în care fiecare regiune corespunde unui anumit obiect sau unei anumite clase, este un exemplu de:

- ☐ Clasificare
- ☐ Îmbunătățirea imaginii
- ☐ Detecție
- ☐ Segmentare

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare**Testează-ți  
cunoștințele**

## / Testează-ți cunoștințele

## &lt;?&gt; RĂSPUNS

5

În ceea ce privește aplicațiile Deep Learning în imagistica medicală, împărțirea unei imagini în mai multe regiuni, în care fiecare regiune corespunde unui anumit obiect sau unei anumite clase, este un exemplu de:

- ☐ Clasificare
- ☐ Îmbunătățirea imaginii
- ☐ Detecție
- ☒ Segmentare

/ **Inteligența  
Artificială în  
Radiologie**

**CUPRINS:**

Introducere

Fundamentele AI

Subiecte avansate  
despre AI

Aspecte de viitor

Mesaje de luat acasă

Referințe și lecturi  
suplimentare**Testează-ți  
cunoștințele**

