

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) FOR DETECT INTRACRANIAL HEMORRHAGE, A LITERATURE REVIEW

Finidya Septiani¹; M. Irvanie Harahap²; Samuel Tandionugroho³

1 Resident. Department of Radiology, Faculty of Medicine, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Indonesia.

2 Consultant Radiologist. Department of Radiology, Faculty of Medicine, RSPAD Gatot Soebroto Jakarta, Indonesia.

3. Consultant Interventional Radiologist. Department of Radiology, Faculty of Medicine, RSPAD Gatot Soebroto Jakarta, Indonesia.

Pendahuluan

Perkembangan kecerdasan buatan (artificial intelligence/AI) dalam bidang radiologi telah membuka babak baru dalam diagnosis dan manajemen berbagai kondisi medis, termasuk perdarahan intrakranial (intracranial hemorrhage/ICH). Perdarahan intrakranial merupakan kondisi gawat darurat yang membutuhkan penanganan cepat dan akurat karena tingginya risiko mortalitas dan morbiditas neurologis.¹ Perdarahan intrakranial sebagai penyumbang utama kematian akibat trauma kepala, stroke hemoragik, atau komplikasi penyakit vascular. Kondisi ini meliputi berbagai jenis, seperti perdarahan intraserebral, subdural, epidural, dan subaraknoid, yang masing-masing memiliki implikasi klinis dan prognosis yang berbeda.

Dalam praktik radiologi, computed tomography (CT) scan telah menjadi modalitas utama (gold standart) dalam praktik klinis karena kecepatan dan akurasi yang tinggi. Namun, interpretasi hasil pencitraan sering kali menghadapi tantangan kompleks, seperti variasi anatomi, artefak pencitraan, dan temuan halus yang mudah terlewatkan, terutama dalam situasi tekanan waktu atau beban kerja tinggi, serta pengalaman dan keahlian dokter radiologi.² Deteksi dan diagnosis yang cepat sangat krusial karena penanganan awal yang tepat secara signifikan menurunkan angka kematian dan mencegah kerusakan neurologis permanen pada pasien.³ Di sinilah peran radiologis sebagai garda terdepan dalam diagnosis menjadi krusial, sekaligus menghadapi risiko human error yang berpotensi memengaruhi klinisi dalam memberikan tindakan yang tepat terhadap pasien.

Seiring dengan kemajuan teknologi, kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah muncul sebagai alat bantu yang potensial dalam meningkatkan kinerja diagnosis radiologis, terutama melalui pendekatan deep learning dan convolutional neural networks (CNN), telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengidentifikasi serta mengklasifikasikan perdarahan intrakranial dari citra CT scan. Berbagai penelitian telah mengembangkan model-model AI yang tidak hanya mampu mendeteksi keberadaan perdarahan intrakranial, tetapi juga membantu mengukur volume dan lokasi perdarahan secara kuantitatif, yang sangat penting untuk menentukan strategi penanganan dan manajemen pasien.³

Selain meningkatkan kecepatan deteksi, integrasi AI dalam proses interpretasi CT scan juga berpotensi mengurangi tingkat kesalahan diagnostik yang mungkin terjadi karena kelelahan atau subjektivitas manusia.¹ Dengan adanya sistem pendukung keputusan berbasis AI, dokter radiologi dapat memperoleh second opinion yang objektif, sehingga meningkatkan kepercayaan dan ketepatan dalam proses diagnosis. Walaupun demikian, implementasi AI dalam praktik klinis masih menghadapi tantangan etik dan operasional, seperti integrasi dengan sistem rumah sakit, validasi eksternal, serta pertimbangan hukum terkait tanggung jawab klinis.

Penelitian dalam bidang AI untuk deteksi perdarahan intrakranial terus berkembang dengan pesat. Studi-studi tersebut mencakup pengembangan algoritma, evaluasi performa model dalam berbagai set data, serta uji coba di lingkungan klinis nyata, terutama dalam skrining awal atau triase kasus darurat.⁴ Tujuan dari tinjauan literatur ini adalah untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai keunggulan, keterbatasan, dan potensi aplikasi AI dalam mendeteksi perdarahan intrakranial.

Pemahaman mendalam tentang kapabilitas AI dalam konteks ICH tidak hanya relevan secara akademis, tetapi juga praktis. Radiologis perlu terlibat aktif dalam pengembangan, validasi, dan adopsi teknologi ini untuk memastikan bahwa AI berfungsi sebagai "alat bantu" yang memperkuat, bukan menggantikan, keahlian klinis manusia. Dengan mengkaji beberapa

literatur ini, diharapkan dokter radiologi dapat mengintegrasikan teknologi AI ke dalam praktik klinis sehari-hari, sehingga menghasilkan pelayanan yang lebih efisien dan akurat dalam menangani kasus-kasus perdarahan intrakranial.

Objektif

Artificial Intelligence/AI digunakan menganalisis CT scan kepala non-kontras dengan tujuan mendeteksi perdarahan intrakranial secara otomatis.

Metode

Tinjauan pustaka ini membahas tentang sepuluh jurnal mengenai deep learning/ pembelajaran mendalam untuk mendeteksi perdarahan intrakranial pada CT kepala non-kontras. Kesepuluh jurnal tersebut adalah: 1. Active Reprioritization of the Reading Worklist Using Artificial Intelligence Has a Beneficial Effect on the Turnaround Time for Interpretation of Head CT with Intracranial Hemorrhage.¹ 2. Artificial Intelligence with Statistical Confidence Scores for Detection of Acute or Subacute Hemorrhage on Noncontrast CT Head Scans.² 3. Deep Learning to Detect Intracranial Hemorrhage in a National Teleradiology Program and the Impact on Interpretation Time.³ 4. Examination-Level Supervision for Deep Learning-based Intracranial Hemorrhage Detection on Head CT Scans.⁴ 5. Utilization of Artificial Intelligence-based Intracranial Hemorrhage Detection on Emergent Noncontrast CT Images in Clinical Workflow.⁵ 6. A Deep Learning Algorithm for Automatic Detection and Classification of Acute Intracranial Hemorrhages in Head CT Scans.⁶ 7. Advanced machine learning in action: identification of intracranial hemorrhage on computed tomography scans of the head with clinical workflow integration.⁷ 8. Deep Learning Applied to Intracranial Hemorrhage Detection.⁸ 9. Detection and Classification of Intracranial Haemorrhage on CT Images Using a Novel Deep-Learning Algorithm.⁹ 10. Expert level detection of acute intracranial hemorrhage on head computed tomography using deep learning.¹⁰

Cara kerja artificial intelligence/AI meliputi pelatihan model AI menggunakan kumpulan data gambar CT untuk mengidentifikasi ICH, pemberitahuan muncul sebagai widget pop-up pada monitor radiolog; kemudian diolah menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN) atau algoritma lainnya yang dimodifikasi untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan ICH, indikasi ditandai "AI" dalam daftar kerja sebagai langkah kedua; skor keyakinan statistik untuk mengurangi positif palsu dengan memfilter prediksi, pemeriksaan yang dideteksi positif oleh AI diprioritaskan dalam daftar kerja untuk langkah terakhir.¹

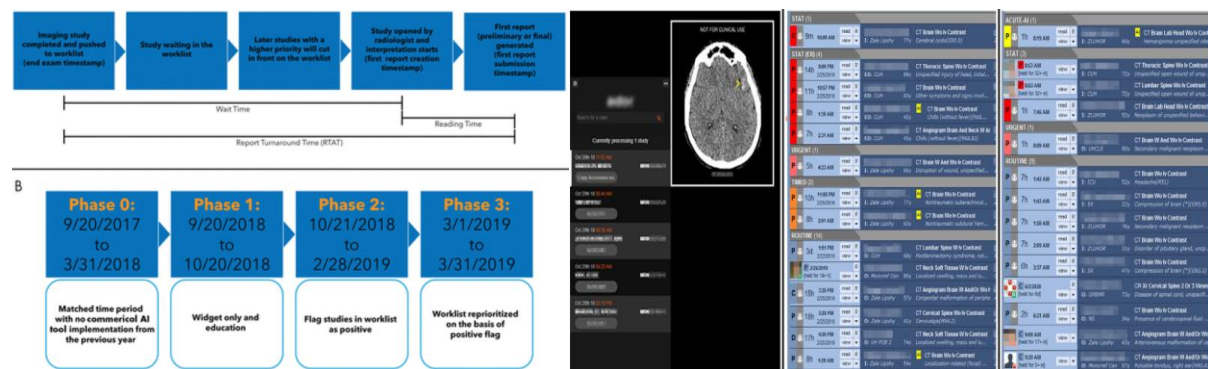
Metode yang digunakan meliputi pelatihan model AI yang dominan menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN), kemudian EfficientDet, Artificial Neural Networks (ANNs) dan Fully Convolutional Neural Network (FCN).

Convolutional Neural Networks (CNN) merupakan jenis arsitektur deep learning yang sangat efektif dalam mengolah gambar pada CT scan untuk mendeteksi perdarahan intrakranial. Jenis/arsitektur CNN: LeNet-5, AlexNet, VGGNet, ResNet, U-Net, dan 3D CNN. Cara kerja CNN dalam mendeteksi perdarahan intrakranial yaitu dengan menganalisis gambar, lapisan konvolusi (mencari pola aneh), lapisan pooling (menyaring informasi penting), lapisan fully connected (menyimpulkan diagnosis berupa ada/tidaknya perdarahan dan lokasi perdarahan).^{4,5,6}

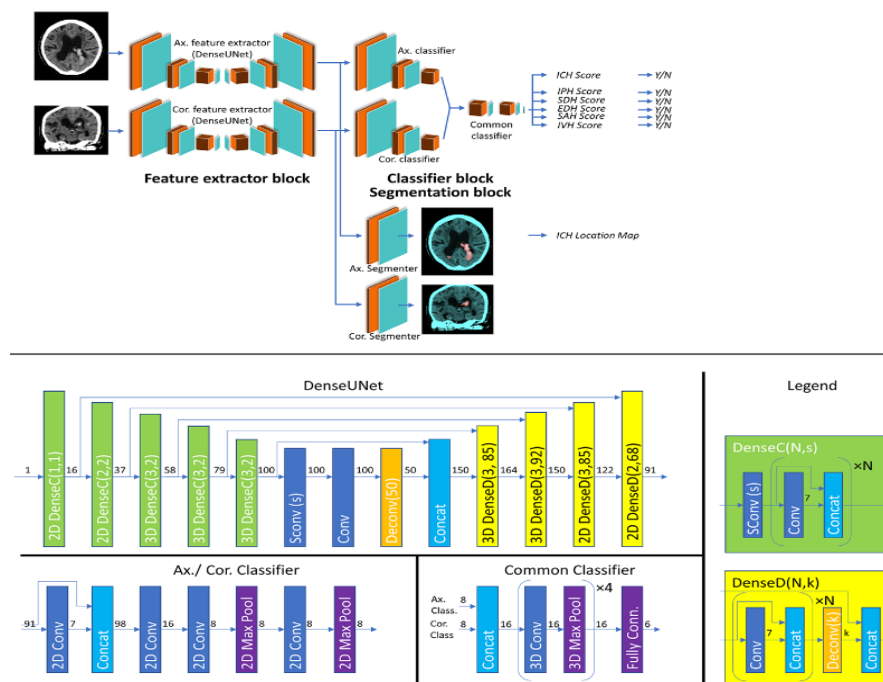
EfficientDet adalah arsitektur yang dirancang untuk mencapai akurasi tinggi dengan efisiensi komputasi optimal dalam mendeteksi perdarahan intrakranial. EfficientDet menggabungkan: backbone (menganalisis gambar), BiFPN (Bidirectional Feature Pyramid Network) untuk fusi fitur multi-skala dan head untuk menentukan lokasi dan klasifikasi.⁸

Artificial Neural Networks (ANNs) adalah artificial intelligence/AI berupa jaringan saraf tiruan yang dirancang untuk membantu dalam diagnosa medis. Jenis ANN yaitu Feedforward Neural Networks (FNN) dan Multi-Layer Perceptron (MLP). Cara kerja ANN yaitu menerima gambar CT Scan, menganalisis pola gambar, membuat keputusan (ada atau tidak perdarahan).⁹

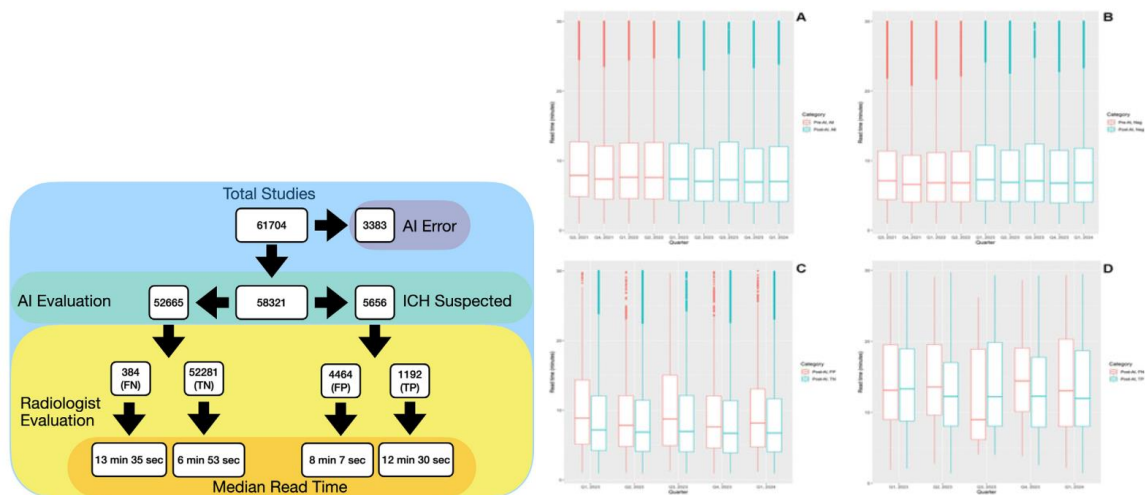
Fully Convolutional Neural Network (FCN) adalah arsitektur CNN yang hanya menggunakan lapisan konvolusi tanpa lapisan terhubung sepenuhnya (fully connected). FCN dirancang untuk tugas segmentasi dengan menghasilkan peta segmentasi beresolusi tinggi dari gambar yang diinput. Jenis FCN: FN-32s, FCN-16s, FCN-8s, U-Net dan DeepLab. Cara kerja FCN dalam deteksi perdarahan intracranial yaitu dengan encoder-decoder (mengeksrak fitur dan merekonstruksi peta segmentasi), skip connections (menghubungkan fitur dari encoder ke decoder), output (peta segmentasi perdarahan vs non-perdarahan atau jenis perdarahan), postprocessing (analisis 3D dengan menggabungkan hasil segmentasi).¹⁰



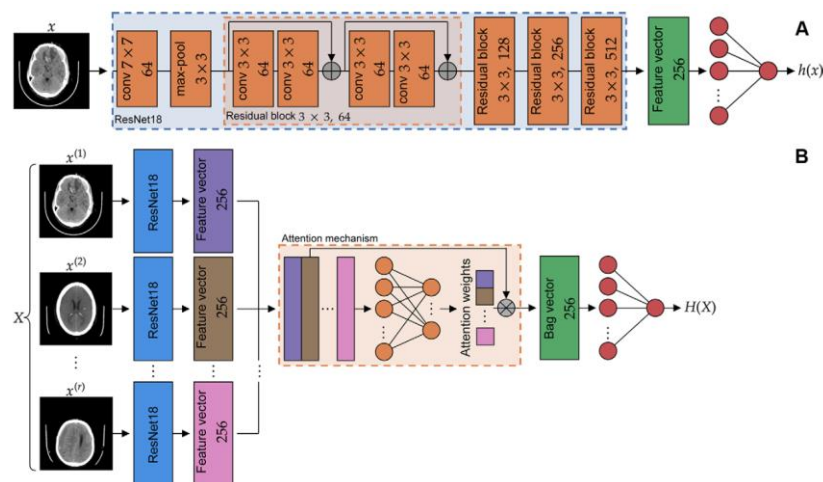
Gambar 1. AI menggunakan deep learning CNN (Convolutional Neural Network)¹



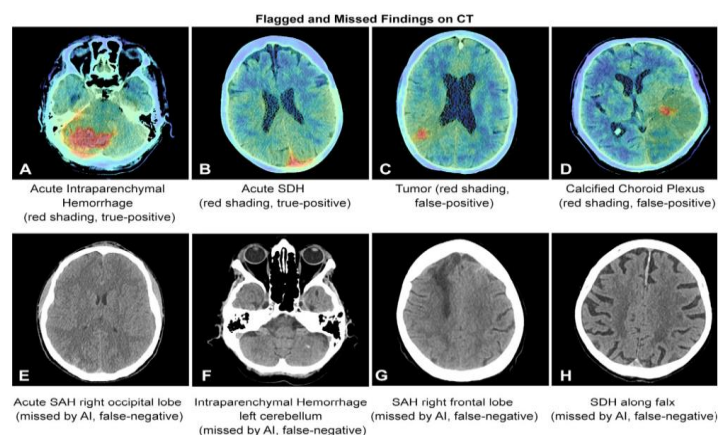
Gambar 2. Deep learning CNN (Convolutional Neural Network) yang dikombinasikan dengan calibrated classifier dan Dempster-Shafer.²



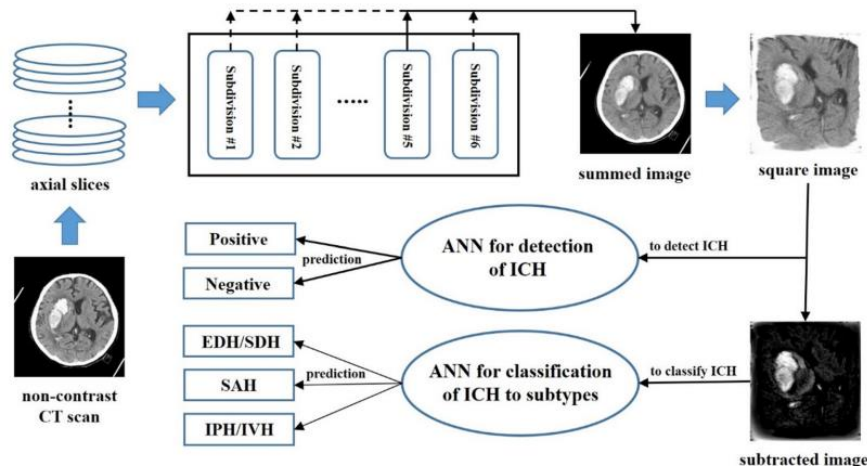
Gambar 3. Deep Learning CNN dari Avicenna, menghasilkan sensitivitas 75.6%.³



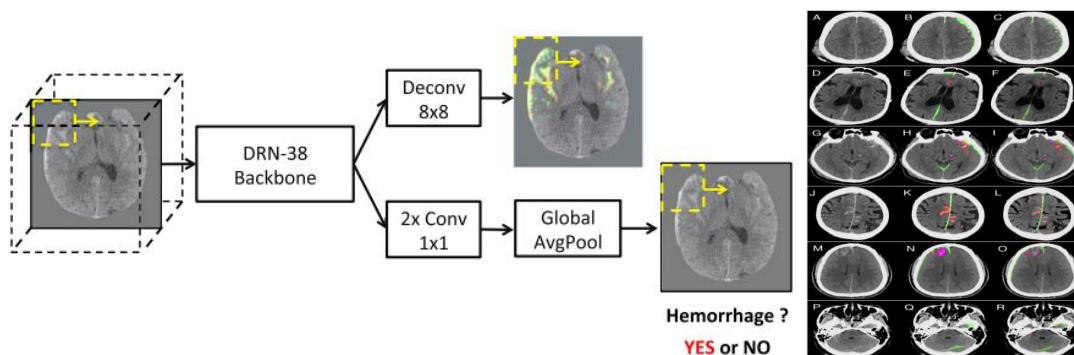
Gambar 4. Deep learning CNN yang dikombinasikan dengan strong dan weak supervision melalui teknik explainability (Grad-CAM dan h-Shap).⁴



Gambar 5. Menggunakan algoritma deep learning CNN dari AIdoc Medical dengan CI Clopper-Pearson dan CI logit.⁵



Gambar 9. Deep-learning berbasis Artificial Neural Networks (ANNs) menggunakan Kim-Monte Carlo Algorithm.



Gambar 10. Deep learning—dengan pendekatan end-to-end berupa PatchFCN, yaitu sebuah fully convolutional neural network (FCN) dengan klasifikasi patch.

Hasil dan diskusi

Mayoritas AI yang digunakan dalam mendeteksi perdarahan intrakranial yaitu Convolutional Neural Networks (CNN) yang dimodifikasi dengan berbagai algoritme, kemudian EfficientDet, Artificial Neural Networks (ANNs) dan fully convolutional neural network (FCN).

Evaluasi AI dalam mendeteksi perdarahan intracranial dengan ROC Curve yaitu grafik yang menunjukkan "trade-off" antara keakuratan dan kesalahan AI serta AUC yaitu angka yang merangkum performa AI, Dimana semakin tinggi AUC, semakin baik AI-nya.

Pada jurnal “Artificial Intelligence with Statistical Confidence Scores for Detection of Acute or Subacute Hemorrhage on Noncontrast CT Head Scans” hasil ROC-AUC mencapai

0.97 pada data internal dan 0.95 pada data eksternal²; jurnal “Examination-Level Supervision for Deep Learning-based Intracranial Hemorrhage Detection on Head scans” dengan ROC-AUC 0.96–0.92⁴; jurnal “Utilization of Artificial Intelligence-based Intracranial Hemorrhage Detection on Emergent Noncontrast CT Images in Clinical Workflow ” dengan skor F1: 0.78, akurasi: 93.0% dan sensitivitas: 87.2%⁵; jurnal “A Deep Learning Algorithm for Automatic Detection and Classification of Acute Intracranial Hemorrhages in Head CT Scans” menghasilkan ROC-AUC 0.988⁶; jurnal “Advanced machine learning in action: identification of intracranial hemorrhage on computed tomography scans of the head with clinical workflow integration” dengan ROC-AUC sebesar 0.846⁷, jurnal “Deep Learning Applied to Intracranial Hemorrhage Detection” dengan ROC-AUC sebesar 0.978 dan sensitivitas 92.7%⁸; jurnal “Detection and Classification of Intracranial Haemorrhage on CT Images Using a Novel Deep Learning Algorithm” menghasilkan ROC-AUC 0.903 dan sensitivitas 91.7%⁹; jurnal “Expert level detection of acute intracranial hemorrhage on head computed tomography using deep learning” dengan ROC-AUC sebesar 0.991, sensitivitas 100% dan spesifisitas 90%¹⁰.

AI menunjukkan kemampuan yang sangat baik dalam mendeteksi perdarahan intrakranial dengan ROC-AUC >0.846 yang berkorelasi dengan sensitivitas dan akurasi diagnostik yang tinggi. AI bertindak sebagai alat canggih dalam skrining awal. Penerapan AI tidak hanya meningkatkan akurasi deteksi tetapi juga efisiensi alur kerja radiologi. Tanpa AI, sistem diagnosis ICH bergantung sepenuhnya pada kecepatan dan keahlian manusia, yang rentan terhadap kendala waktu dan kesalahan manusia.

Kesimpulan

Tinjauan pustaka ini menunjukkan bahwa AI memiliki sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi yang tinggi dalam mendeteksi ICH pada pemindaian CT kepala non-kontras, sehingga diagnosis ICH menjadi lebih cepat, lebih efisien serta dapat meningkatkan peluang pemulihan pasien. AI dapat menjadi pengubah permainan dalam radiologi darurat.

Daftar Pustaka

1. O'Neill, Thomas J et al. Active Reprioritization of the Reading Worklist Using Artificial Intelligence Has a Beneficial Effect on the Turnaround Time for Interpretation of Head CT with Intracranial Hemorrhage. Dallas; Texas. RSNA. 2021; 3(2). Available from: <https://doi.org/10.1148/ryai.2020200024>.
2. Gibson, Eli et al. Artificial Intelligence with Statistical Confidence Scores for Detection of Acute or Subacute Hemorrhage on Noncontrast CT Head Scans. USA. RSNA, 2022; 4(3). Available from: <https://doi.org/10.1148/ryai.210115> •
3. Gaizo Andrew J D, Osborne T F, Shahoumian Troy, Sherrier Robert. Deep Learning to Detect Intracranial Hemorrhage in a National Teleradiology Program and the Impact on Interpretation Time. Washington, DC. RSNA, 2024; 6(5). Available from: <https://doi.org/10.1148/ryai.240067>.
4. Teneggi Jacopo, Yi Paul H, Sulam Jeremias. Utilization of Artificial Intelligence–based Intracranial Hemorrhage Detection on Emergent Noncontrast CT Images in Clinical Workflow. Baltimore. RSNA, 2024; 6(1). Available from: <https://doi.org/10.1148/ryai.230159>.
5. Seyam et al. Examination-Level Supervision for Deep Learning–based Intracranial Hemorrhage Detection on Head CT Scans. Switzerland. RSNA, 2022; 4(2) Available from: <https://doi.org/10.1148/ryai.210168>.
6. X. Wang et al. A Deep Learning Algorithm for Automatic Detection and Classification of Acute Intracranial Hemorrhages in Head CT Scans. China. Elsevier, 2021. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2021.102785>.
7. Arbabshiran, M R et al. Advanced machine learning in action: identification of intracranial hemorrhage on computed tomography scans of the head with clinical workflow integration. USA. NPJ Digital Medicine, 2018. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41746-017-0015-z>.
8. Cortés-Ferre, L et al. Deep Learning Applied to Intracranial Hemorrhage Detection. Sevilla, Spain. MDPI, 2023. Available from: <https://doi.org/10.3390/jimaging9020037>.
9. Lee, Ji Young et al. Detection and Classification of Intracranial Haemorrhage on CT Images Using a Novel Deep-Learning Algorithm. Seoul, Korea. Nature Research, 2020; 10:20546 Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77441-z>.
10. Kuo, Weicheng et al. Expert level detection of acute intracranial hemorrhage on head computed tomography using deep learning. California, San Francisco. PNAS, 2019. Available from : <https://doi.org/10.1073/pnas.1908021116>.