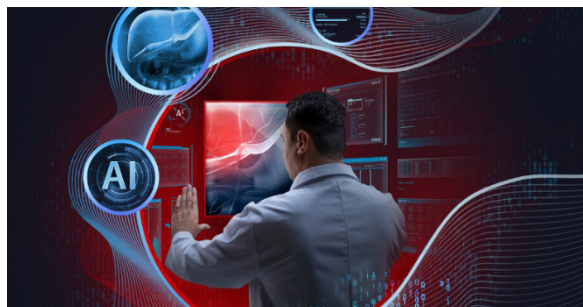


Rewolucja w ochronie zdrowia: sztuczna inteligencja w portfolio tomografii komputerowej firmy Canon Medical Systems

A. Zakrzewska, A. Wrotny, M. Dropia, Z. Gniadek

Dział CT / Healthcare IT



Ryc. 1 Sztuczna inteligencja w ochronie zdrowia
Źródło: materiały Canon Medical Systems.

Sztuczna inteligencja AI (*ang. Artificial Intelligence*) staje się kluczowym aspektem transformacji systemu opieki zdrowotnej. Szczególnie w dziedzinie obrazowania medycznego, AI odgrywa znaczącą rolę, przynosząc nowe możliwości i efektywność diagnostyczną.

Tomografia komputerowa jest jedną z najbardziej zaawansowanych i najczęściej wykorzystywanych metod w diagnostyce i monitorowaniu chorób, umożliwiając lekarzom szczegółowe spojrzenie na „wnętrze” pacjenta. Teraz, dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji w portfolio tomografii komputerowej firmy Canon Medical Systems, procesy te stają się jeszcze bardziej precyzyjne i szybsze.

W niniejszym artykule przyjrzymy się, jak innowacyjne rozwiązania AI w zakresie diagnostyki obrazowej, opracowane przez Canon Medical Systems rewolucjonizują tę dziedzinę obrazowania medycznego, zwłaszcza w odniesieniu do optymalizacji czasu wykonywania i analizy badań oraz poprawy dokładności uzyskiwanych rezultatów diagnostycznych oraz redukcji dawki.

Rewolucyjny 2023 rok: sukcesy i innowacje Canon Medical Systems

Trzeci kwartał 2023 roku zakończył się dla firmy Canon Medical Systems wielkim otwarciem nowej europejskiej siedziby w Amstelveen w Holandii, gdzie utworzono „Canon Medical Academy Europe” (ponad 8 600 m² powierzchni parku maszynowego) stanowiące kluczowe miejsce do wymiany doświadczeń z naszymi klientami oraz prezentacji innowacyjnych rozwiązań w zakresie diagnostyki obrazowej.



Ryc. 2 Uroczyste otwarcie Canon Medical Academy Europe, Amstelveen, Holandia
Źródło: materiały Canon Medical Systems.

Podczas kongresu Radiological Society of North America (RSNA), odbywającego się pod koniec 2023 roku w Chicago, Canon Medical Systems zaprezentował dwa rewolucyjne systemy Aquilion ONE INSIGHT Edition oraz Aquilion Serve SP, które dzięki niezwykłym funkcjonalnościom mogą wspierać zakłady diagnostyki obrazowej w każdej jednostce opieki zdrowotnej.



Ryc. 3 Stoisko Canon Medical Systems podczas RSNA 2023
Źródło: Radiology Business.

„W czym mogę pomóc?” – Sztuczna inteligencja na oddziale diagnostyki obrazowej

Omówienie najnowszych tomografów w portfolio Canon Medical Systems warto rozpocząć od przybliżenia rewolucyjnej platformy INSTINX, w oparciu o którą zostały zaprojektowane systemy premierowe Aquilion ONE INSIGHT Edition oraz Aquilion Serve SP, ale również obecny już od roku system Aquilion Serve.

INSTINX łączy automatykę sterowaną przez sztuczną inteligencję z intuicyjnym interfejsem użytkownika oraz innowacyjną konstrukcją gantry i stołu. Nowa platforma pozwala wykonywać badania tomograficzne szybciej, łatwiej i bezpieczniej, co przekłada się znacząco na skrócenie czasu realizacji procedur, a także szkolenia techników. Przeprojektowany przepływ pracy, automatyczne pozycjonowanie pacjenta za pomocą dwóch wbudowanych kamer, automatyczne planowanie skanowania z funkcją wykrywania anatomicznych punktów orientacyjnych pacjenta oraz intuicyjnie zaprojektowany system operacyjny przyczyniają się do poprawy komfortu pracy personelu medycznego.



Ryc. 4 Sztuczna inteligencja w obszarze diagnostyki obrazowej
Źródło: materiały Canon Medical Systems.

Dwie wbudowane kamery oraz ekrany dotykowe o przekątnej 10,4" umożliwiają precyzyjne, automatyczne pozycjonowanie pacjenta do izocentrum. Kamera boczna mierzy grubość pacjenta, natomiast górna kamera wykrywa ułożenie pacjenta na stole i wyznacza pozycję dla rozpoczęcia skanogramu. Dodatkowo, w systemach tomografii komputerowej Canon Medical Systems dostępna jest opcja poprzecznego ruchu stołu, co umożliwia



Ryc. 5 Intuicyjny panel dotykowy w systemie Aquilion Serve
Źródło: materiały Canon Medical Systems.

centrowanie pacjenta lewo/prawo. Funkcja 3D Landmark Scan pozwala na wykonywanie skanogramów 3D z dawką taką samą, jak dla skanogramów 2D. 3D Landmark Scan, oprócz tradycyjnego widoku 2D, zapewnia podgląd obrazów przekrojowych dla pełnego zakresu obrazowania. Wykorzystując dane uzyskane w trybie 3D Landmark, funkcja Anatomical Landmark Detection (ALD) precyzyjnie rozpoznaje struktury anatomiczne wymagane do automatycznego planowania skanu dla wszystkich badań rutynowych, a także ustawia automatycznie zakres obrazowania, pole widzenia, parametry skanowania i dawki, uwzględniając rozmiary pacjenta. Pozwala to zaoszczędzić czas i zapewnia powtarzalność przy każdym badaniu, niezależnie od technika wykonującego badanie.

Aquilion ONE INSIGHT Edition – przetomowy system tomografii komputerowej



Ryc. 6 Najnowszy system Aquilion ONE INSIGHT Edition
Źródło: materiały Canon Medical Systems.

Ponad dekada intensywnej współpracy z wiodącymi ośrodkami klinicznymi uczyniły firmę Canon liderem w dziedzinie dynamicznej objętościowej tomografii komputerowej. 320-rzędowy detektor zastosowany w systemie Aquilion ONE INSIGHT Edition o pokryciu anatomicznym detektora wynoszącym 16 cm

w osi z eliminuje potrzebę skanowania spiralnego podczas badań serca, mózgu lub innych narządów. Możliwość obrazowania całych narządów w trakcie jednego krótkiego obrotu układu lampa – detektor, gwarantuje doskonałą jednorodność czasową, zmniejsza ryzyko wystąpienia artefaktów związanych z ruchem pacjenta (lub serca), a także minimalizuje dawkę promieniowania i środka kontrastowego potrzebnych do uzyskania wysokiej jakości badania. Nowo zaprojektowana gantry z otworem o średnicy 80 cm wyposażona jest w dwa łatwe w użyciu panele dotykowe i wbudowane kamery, umożliwiające w pełni automatyczne pozycjonowanie pacjenta po naciśnięciu jednego przycisku. Aquilion ONE INSIGHT Edition jako jedyny system w tej klasie na rynku wyposażony jest w opcję Tech Assist Lateral Slide, czyli system poprzecznego ruchu stołu +/- 8,5 cm (lewo-prawo) ułatwiający ustawienie pacjenta w izocentrum, zwłaszcza w przypadku badań skrajnych obszarów.

W codziennej pracy ten unikalny tomograf wykorzystuje szereg rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji, których głównym zadaniem jest automatyzacja i usprawnienie pracy, optymalizacja jakości obrazu, poprawa pewności diagnostycznej oraz redukcja dawki. Należą do nich między innymi platforma INSTINX, o której była mowa powyżej, oraz algorytmy wykorzystujące technologię głębokiego uczenia takie jak AiCE, PIQE czy Deep Spectral, które zostaną omówione szczegółowo w dalszej części artykułu.

W 2018 roku firma Canon Medical Systems jako pierwsza w branży wprowadziła do tomografii komputerowej algorytm rekonstrukcyjny DL (Deep Learning). AiCE (Advanced Intelligent Clear-IQ Engine), wykorzystując ogromną moc obliczeniową głębokich konwolucyjnych sieci neuronowych, został wytrenowany do rozróżniania sygnału od szumu. Algorytm tłumi szum, jednocześnie wzmacniając sygnał, co pozwala na uzyskiwanie ostrych i szczegółowych obrazów o naturalnej strukturze przy zachowaniu niskich dawek promieniowania. AiCE stał się podstawą do opracowania kolejnych algorytmów, takich jak PIQE czy Deep Learning Spectral.

Deep Learning Spectral gwarantuje najwyższej jakości obrazowanie spektralne wykorzystujące szybkie przetaczanie kV z modulacją mA w połączeniu z technologią głębokiego uczenia zapewnia doskonałą separację energii oraz obrazy o niskim poziomie szumu przy jednoczesnym zachowaniu niskich dawek

promieniowania. Rozwiązanie to jest w pełni zintegrowane z kompleksowym przepływem pracy, łatwe w użyciu i może być w wygodny sposób włączone do rutynowych protokołów. Aquilion ONE INSIGHT Edition z funkcją Deep Learning Spectral automatycznie rekonstruuje obrazy monochromatyczne, wykonuje rekonstrukcje materiałowe i generuje mapy jodowe.

Aquilion ONE INSIGHT Edition to również najwyższej jakości, łatwa diagnostyka kardiologiczna, w tym pacjentów z arytmiami oraz nieregularnym rytmem pracy serca.

Algorytm PIQE (Precise IQ Engine) – wykorzystujący technologię głębokiego uczenia w obrazowaniu kardiologicznym (i nie tylko) optymalizuje rozdzielczość przestrzenną i zapewnia wysoką szczegółowość obrazowania w stosunku do konwencjonalnych algorytmów rekonstrukcji

Podsumowując, Aquilion ONE INSIGHT Edition łączy w sobie zalety wynikające z zastosowania 320-rzędowego detektora PUREINSIGHT o najcieńszym elemencie detekcyjnym 0,5 mm oraz prędkości rotacji lampy RTG wynoszącej 0,24 s z nowatorską konstrukcją gantry oraz innowacyjnymi rozwiązaniami wykorzystującymi sztuczną inteligencję. Umożliwia to wykonywanie badań wszystkich narządów: od procedur rutynowych i urazowych, po zaawansowaną ocenę naczyń obwodowych i wieńcowych, serca czy zmian onkologicznych z najwyższą pewnością diagnostyczną i najniższą dawką, a także otwiera drzwi do nowych możliwości diagnostycznych.

Aquilion Serve SP – niezastąpione wsparcie w pracowni tomografii komputerowej

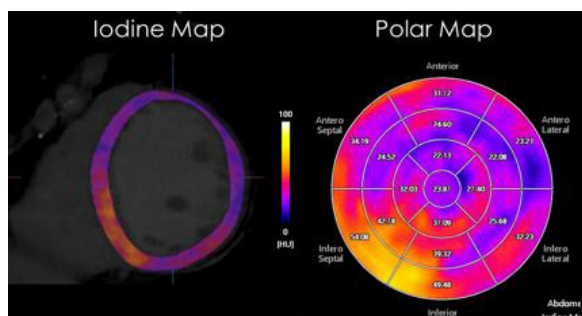


Ryc. 8 System Aquilion Serve SP

Źródło: materiały Canon Medical Systems.

Aquilion Serve SP to 80-rzędowy (160-warstwowy) system tomografii komputerowej wykorzystujący technologię głębokiego uczenia zarówno dla optymalizacji jakości obrazu i redukcji dawki, jak i zapewnienia zaawansowanej diagnostyki oraz spójności wyników. Technologia INSTINX czyni obsługę tomografu jeszcze łatwiejszą, zwiększa przepustowość pracowni i usprawnia jej pracę, pozostawiając zespołowi więcej czasu na opiekę nad pacjentem.

Tak jak w przypadku Aquilion ONE INSIGHT Edition, nowo zaprojektowana gantry z otworem o średnicy 80 cm jest



Ryc. 7 Obrazowanie spektralne i mapy jodowe.

Źródło: materiały Canon Medical Systems.

wyposażona w dwa, łatwe w użyciu panele dotykowe i wbudowane kamery, które automatycznie pozycjonują pacjenta po naciśnięciu jednego przycisku. Dzięki nowatorskiej konstrukcji oraz zastosowaniu najnowszej generacji, inteligentnych rozwiązań, takich jak między innymi INSTINX, AiCE, PIQE, Aquilion Serve SP to system, który doskonale się sprawdza nie tylko w rutynowej diagnostyce, ale też w diagnostyce pacjentów bariatrycznych, procedurach urazowych, ortopedycznych, interwencyjnych czy kardiologicznych.

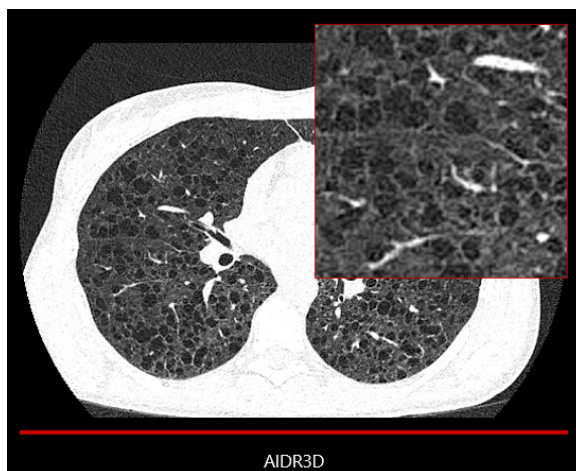
Algorytmy rekonstrukcji danych obrazowych oparte o *deep learning*, czyli uczenie głębokie

Sztuczna inteligencja, która wspiera nie tylko planowanie badania, dobór parametrów i dawki dla pacjenta, aktywnie wspiera również rekonstrukcję badań. Firma Canon Medical Systems jako pierwsza w branży opracowała algorytmy do rekonstrukcji danych obrazowych oparte o *deep learning*, czyli uczenie głębokie. W 2018 roku został opracowany algorytm Advanced intelligent Clear-IQ Engine (AiCE). Obrazy uzyskiwane z wykorzystaniem AiCE charakteryzują się bardzo niskim poziomem szumu, wysoką rozdzielczością anatomiczną oraz nadzwyczajną jednorodnością przy zachowaniu jak najniższych poziomów dawek.

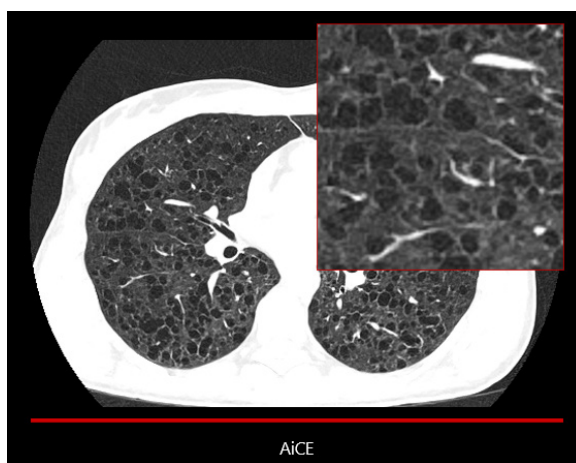


Ryc. 9 AiCE – algorytm rekonstrukcji danych obrazowych wykorzystujący *deep learning*
Źródło: materiały Canon Medical Systems.

Opierając się na wcześniejszych technologiach obrazowania niskodawkowego, AiCE umożliwia wykonywanie badań matrycowych 1024 o ultrawysokiej rozdzielczości przy dawkach promieniowania porównywalnych z konwencjonalnymi systemami tomografii komputerowej, co pozwala lekarzom na lepsze podejmowanie decyzji klinicznych i poprawę wyników leczenia. Wysokiej jakości dane uzyskane dzięki zaawansowanej technologii iteracyjnej rekonstrukcji opartej na modelu rzutowanym (MBIR) są wykorzystywane jako obraz docelowy w procesie głębokiego uczenia się sieci neuronowych. AiCE umożliwia lepszą rozdzielczość przestrzenną przy znacznie zmniejszonej dawce poprzez selektywne eliminowanie szumu z oryginalnych składników sygnału, szczególnie w obszarach o niskim kontraście. Jego sieć neuronowa głębokiego uczenia umożliwia krótszy czas rekonstrukcji w porównaniu z przewidywanym MBIR.



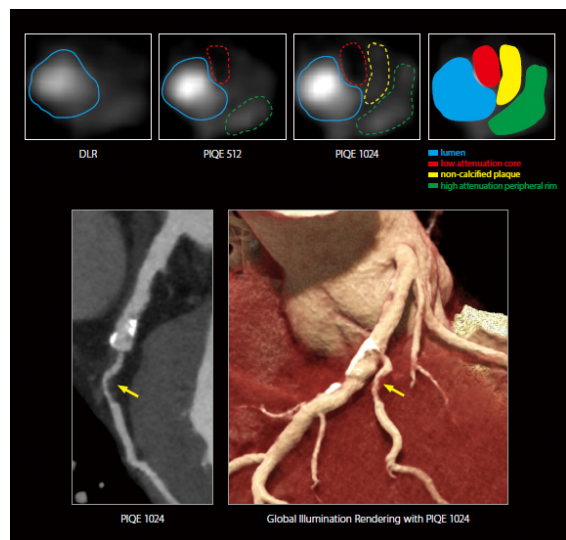
Ryc. 10 Rekonstrukcja płuc przy pomocy algorytmu iteracyjnego AIDR3D
Źródło: Canon Medical Systems.



Ryc. 11 Rekonstrukcja płuc przy pomocy algorytmu AiCE wykorzystującego *deep learning*
Źródło: Canon Medical Systems.

Drugim algorytmem, który początkowo wykorzystywany był do rekonstrukcji badań serca, a obecnie ma zastosowanie również w innych obszarach jest PIQE (Precise IQ Engine) – algorytm wykorzystujący technologię głębokiego uczenia, który zapewnia lepszą rozdzielczość przestrzenną i wysoki poziom redukcji szumów dla lepszej wizualizacji w stencie z wyraźnym obrazem światła naczynia w celu oceny przerostu neointymy i restenozy. PIQE – jest to algorytm w postaci 3-wymiarowej sieci neuronowej konwolucyjnej, której proces uczenia odbywał się przy użyciu wysokiej jakości przypadków kardiologicznych uzyskanych przy użyciu aparatu Aquilion Precision, który jest wyposażony w detektor o 160 rzędach \times 0,25 mm, zdolny do rozpoznawania szczegółów anatomicznych o wielkości nawet 150 mikronów. Za pomocą tego skanera CT o ultrawysokiej rozdzielczości (UHR) w ramach jednej akwizycji można uzyskać pary obrazów o symulowanej normalnej rozdzielczości (NR) o grubości 0,50 mm oraz UHR (grubość warstwy 0,25 mm, rekonstrukcja przy użyciu AiCE), które charakteryzują się doskonałym wyrównaniem przestrzennym, co idealnie nadaje się do szkolenia sieci neuronowej.

Symulowane obrazy NR (0,50 mm) odpowiadają danym wejściowym do sieci neuronowej, a odpowiednie obrazy najwyższej rozdzielczości UHR (0,25 mm) są wykorzystywane jako dane docelowe o złotym standardzie. Algorytm uczy się maksymalizować naturalną rozdzielczość możliwą w przypadku obrazów NR i jeszcze bardziej zwiększać rozdzielczość, jednocześnie zmniejszając szum. Algorytm ten został następnie zaimplementowany na systemach dedykowanych kardiologii, gdzie sieć neuronowa jest już gotowa do użycia (nie odbywa się już proces uczenia sieci).



Ryc. 12 Rekonstrukcja serca przy użyciu algorytmu PIQE
Źródło: Canon Medical Systems.

Możliwe do zastosowania dla wszystkich grup pacjentów badania CTA One beat PIQE gwarantują: wysoką szczegółowość anatomiczną, redukcję artefaktów i poprawę wizualizacji światła naczyń bez dodatkowej dawki oraz jeszcze lepszą wizualizację blaszki.

Oba zaawansowane algorytmy są dostępne w większości systemów TK Canon Medical Systems.

Globalny wpływ Canon Medical Systems na tomografię komputerową

Canon Medical Systems odegrała kluczową rolę w globalnej branży tomografii komputerowej (CT), wprowadzając innowacyjne technologie, które znacząco poprawiły diagnostykę medyczną na całym świecie. Seria skanerów CT Aquilion firmy, w tym zaawansowane funkcje, takie jak wysoka rozdzielczość obrazowania, redukcja dawek promieniowania i efektywne usprawnienia w przepływie pracy, zyskała uznanie wśród personelu medycznego.

Canon Medical Systems skoncentrowała się na bezpieczeństwie pacjentów, integrując techniki rekonstrukcji iteracyjnej, adaptacyjną modulację dawki i narzędzia śledzenia dawki w swoje skanery CT. Firma odegrała również kluczową rolę w rozwijaniu technologii obrazowania spektralnego w ramach CT, co pozwala na uzyskiwanie bardziej szczegółowych informacji o składzie tkanek.

Dalsze inwestycje w sztuczną inteligencję (AI) umożliwiły Canon Medical Systems opracowanie skanerów CT z zastosowaniem inteligentnych algorytmów, co przyspiesza proces diagnozy. Wpływ firmy na skalę globalną polega na dostarczaniu innowacyjnych rozwiązań CT do placówek medycznych na całym świecie, współpracując z profesjonalistami w dziedzinie zdrowia.

Canon Medical Systems zmienia oblicze branży tomografii komputerowej, oferując zaawansowane technologie, które nie tylko zwiększają precyzję diagnoz, ale także kładą nacisk na bezpieczeństwo pacjentów. Wprowadzenie sztucznej inteligencji i innowacyjnych rozwiązań w zakresie obrazowania medycznego sprawia, że firma ta odgrywa kluczową rolę w doskonaleniu diagnostyki i poprawie wyników leczenia na całym świecie. ^B