

Sztuczna inteligencja w tomografii – teraźniejszość, przyszłość czy zagrożenie?

Klaudyna Stefańska, Weronika Kubarek

Philips

Sztuczna inteligencja AI (*Artificial Intelligence*) staje się nieodłącznym elementem w nowoczesnych systemach tomografii komputerowej. Początkowo sztuczna inteligencja była postrzegana przez lekarzy i techników jako konkurencja. Jednak wraz z upływem czasu korzyści płynące z zastosowania AI przeważają nad tymi obawami i obecnie ciężko wyobrazić sobie system, który nie wykorzystuje jej do pracy.

Firma Philips stworzyła rozwiązanie *Pecise Suite*, w skład którego wchodzi narzędzia wykorzystujące sztuczną inteligencję, mające na celu usprawnić i zautomatyzować pracę oraz zmaksymalizować jakość obrazu, zmniejszając tym samym liczbę wymaganych ponownych skanów i zwiększając pewność diagnostyczną. W przypadku oddziałów, które wykorzystują tomografię do procedur interwencyjnych, pakiet obejmuje również rozszerzone możliwości śledzenia igieł.

Lepsza jakość obrazu oraz niższa dawka promieniowania dzięki AI

Metoda filtrowanej projekcji wstecznej (FBP) od dziesięcioleci była wykorzystywana w rekonstrukcji obrazów tomografii

komputerowej. Mimo licznych usprawnień jest metodą nieefektywną w przypadku niedostatecznego próbkowania danych lub gdy szum jest silniejszy od sygnału obrazu. Firma Philips regularnie wprowadza rozwiązania, które pozwalają w jak największym stopniu zniwelować ograniczenia charakterystyczne dla tej metody oraz zapewnić lepszą jakość obrazów. Takie narzędzia jak *iDose4* oraz IMR pozwalały na dostosowanie jakości obrazu do indywidualnych potrzeb pacjenta przy zastosowaniu niskiej dawki promieniowania. Tradycyjne algorytmy rekonstrukcji iteracyjnej mimo skutecznego ograniczania szumu sprawiają, że otrzymany obraz różni się od standardowych obrazów FBP, do których są przyzwyczajeni radiolodzy. Różnica w wyglądzie stanowi główną barierę do wdrożenia technologii umożliwiającej obniżenie dawki promieniowania. Dopiero zastosowanie sztucznej inteligencji pozwoliło osiągnąć kolejny poziom technologii redukcji dawki i uzyskiwać obrazy z niższą dawką promieniowania, ale jednocześnie o bardziej znajomym wyglądzie.

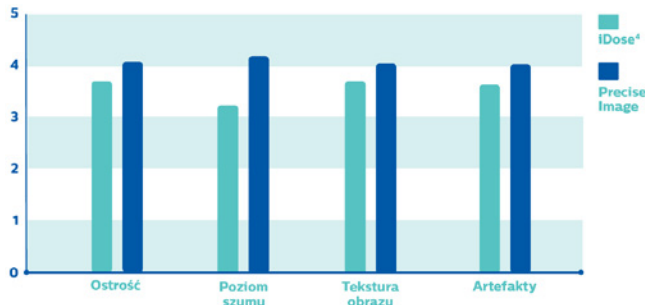
Przetomowym rozwiązaniem w tomografii komputerowej jest narzędzie *Precise Image* firmy Philips, wykorzystujące sztuczną inteligencję. Pozwala ona na uzyskiwanie obrazów, które wyglądem przypominają obrazy zrekonstruowane metodą filtrowanej



Ryc. 1 Proces uczenia głębokiej sieci neuronowej rozwiązania *Precise Image*

projekcji wstecznej, ale z możliwością redukcji szumu dostępną przy użyciu zaawansowanych metod rekonstrukcji iteracyjnej. Dzięki temu otrzymywane obrazy charakteryzują się wysoką jakością i znajomym wyglądem, przy zastosowaniu niskiej dawki promieniowania. W rozwiązaniu *Precise Image* wykorzystywane jest uczenie głębokie (*deep learning*), które jest podzbiorem uczenia maszynowego. Bazuje ono na głębokiej sieci neuronowej, czyli sztucznej sieci neuronowej z wieloma warstwami ukrytymi oraz węzłami pozwalającymi na złożone klasyfikacje otrzymywanych danych, w tym modelowanie zależności nieliniowych. W narzędziu *Precise Image* zaprojektowana sieć posiada dostosowaną liczbę warstw oraz węzłów w celu zapewnienia krótkiego czasu badania oraz rekonstrukcji dobrej jakości obrazu.

Przeprowadzono ocenę obrazów klatki piersiowej, jamy brzusznej i miednicy wykonane u 40 pacjentów z użyciem narzędzi *iDose4* i *Precise Image* (Ryc. 2). Oba zestawy obrazów każdego z pacjentów oceniono pod kątem pewności diagnostycznej, ostrości, poziomu szumu, tekstury obrazu oraz obecności artefaktów na 5-stopniowej skali Likerta, gdzie 1 oznacza najniższą ocenę, a 5 oznacza ocenę najwyższą. Wszystkie skany zostały wykonane z użyciem konwencjonalnej dawki promieniowania, natomiast rekonstrukcja obrazów z użyciem narzędzia *iDose4* została przeprowadzona z zastosowaniem pełnej dawki użytej podczas akwizycji, a rekonstrukcja z użyciem narzędzia *Precise* – z zastosowaniem połowy konwencjonalnej dawki zastosowanej podczas akwizycji i niskodawkowych technik symulacji.



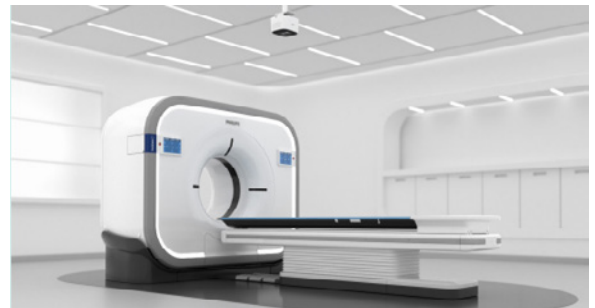
Ryc. 2 Oceny jakości obrazu zrekonstruowanego z użyciem narzędzia *Precise Image* przy połowie konwencjonalnej dawki były wyższe niż obrazów zrekonstruowanych z użyciem narzędzia *iDose4* i pełnej konwencjonalnej dawki

Pozycjonowanie pacjenta wspierane AI

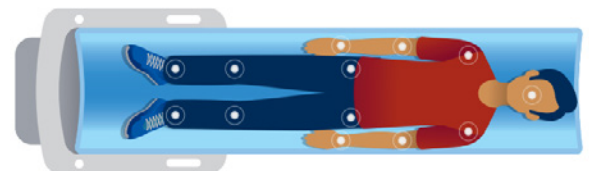
Błędne ustawienie pacjenta jest powszechnym i udokumentowanym wyzwaniem w badaniach tomograficznych, które może prowadzić do niepożądanych konsekwencji, takich jak zwiększona dawka promieniowania dla pacjenta oraz wyższy poziom szumu. Ponadto badania wśród techników radiologii i innych pracowników zakładów diagnostycznych w USA, Francji, Niemczech i Wielkiej Brytanii wskazują, że 23% ich pracy jest nieefektywne. Respondenci stwierdzili, że automatyzacja procesów, w tym pozycjonowania pacjenta, znacznie pomogłaby personelowi poświęcać mniej czasu na ustawianie aparatu, a więcej dla

pacjenta. Technicy uważają, że szeroko pojęte czynniki technologiczne (jakość i funkcjonalność sprzętu, stopień zaawansowania technologicznego, łatwość użycia aparatury diagnostycznej) zajmują drugie miejsce spośród głównych czynników uniemożliwiających przeprowadzenie poprawnego (diagnostycznie przydatnego) badania tomograficznego. Skoncentrowanie wysiłków w obszarze innowacyjności tych obszarów ma ogromny potencjał w kontekście poprawy płynności pracy i przepustowości zakładów diagnostycznych, lecz także czynników ludzkich, do których przywiązuje się coraz większą uwagę – zmniejszenie stresu oraz ryzyka wypalenia u pracowników, a także lepszego poczucia zaopiekowania u pacjentów.

Funkcja *Precise Position* wykorzystuje innowacyjne algorytmy oparte na sztucznej inteligencji dostarczające informacje, które pozwalają na dostosowanie się aparatu do pacjenta, dzięki czemu osiągamy lepszą płynność pracy, poprawia się spójność pozycjonowania pomiędzy różnymi operatorami, a przede wszystkim personel zyskuje więcej czasu, aby skupić się na potrzebach pacjenta. Jak to działa? Precyzyjna kamera wspierana sztuczną inteligencją jest zamontowana w suficie nad stołem pacjenta (Ryc. 3). Gdy pacjent znajdzie się na stole, kamera wykorzystuje zaawansowaną technologię sieci neuronowych, a także funkcje koloru i głębi, aby zidentyfikować 13 punktów referencyjnych na ciele pacjenta (Ryc. 4).



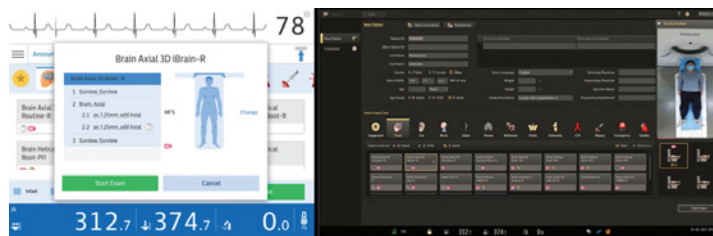
Ryc. 3 Funkcja *Precise Position* opiera się na wspieranej sztuczną inteligencją kamerze sufitowej



Ryc. 4 Algorytm wspierany AI znajduje na ciele pacjenta 13 punktów referencyjnych, które wykorzystywane są do wyznaczenia zakresu obrazu poglądowego (*surview*)

Orientacja pacjenta w pozycji na brzuchu lub na plecach oraz jego pozycja głową do przodu lub nogami do przodu jest wybierana automatycznie, bez potrzeby wprowadzania dodatkowych ręcznych ustawień w 99% przypadków, co znacznie ułatwia proces przygotowania do badania i pozwala zredukować jego czas o 23% (w porównaniu do aparatów bez funkcji *Precise Position*).

Następnie obliczana jest optymalna wysokość stołu i wyznaczanie izocentrum, a także wyświetla się zakres podglądu (surview) – zarówno na konsoli operatora, jak i panelach dotykowych OnPlan na gantry aparatu (Ryc. 5) – bez konieczności dodatkowych akcji operatora w 93% przypadków. Wszystkie dane przesyłane są do systemu, a stół ustawia się automatycznie zgodnie z ustalonym surviwe.



Ryc. 5 Elastyczność wyboru podglądu na konsoli bądź panelach sterowania na gantry pozwala na szybkie i spójne pozycjonowanie

Sztuczna Inteligencja w badaniach tętnic wieńcowych

Jako lider innowacji technologicznych w obrazowaniu serca, firma Philips niedawno wprowadziła nowatorskie podejście do rekonstrukcji w tomograficznych badaniach kardiologicznych. Kompensująca ruch rekonstrukcja *Precise Cardiac* oferuje nowatorską technikę niewymagającą dodatkowych akcji ze strony osoby przeprowadzającej badanie, polegającą na wygenerowaniu serii obrazów ze skorygowanym ruchem. Ma ona zastosowanie zarówno przy badaniach z bramkowaniem retrospektywnym, lecz również osiowym prospektywnym.

Takie podejście pozwala uniknąć konieczność wprowadzania dodatkowych manualnych ustawięń – zastosowane bowiem skuteczne techniki filtrowania we wstępnie zdefiniowanym obszarze wokół docelowej fazy serca identyfikują odpowiednie obiekty i dynamicznie śledzą ich zachowania ruchowe w badanym cyklu. Uwzględniając zarówno przemieszczanie się struktur, jak i poprawki będące częścią procesu projekcji wstecznej, generowane są obrazy z korekcją ruchu.

Badania pilotażowe przeprowadzone na grupie 28 pacjentów wykazały skuteczność metody *Precise Cardiac* w poprawie wizualizacji tętnic wieńcowych, biorąc pod uwagę takie wskaźniki, jak stosunek sygnału do szumu (SNR) oraz stosunek kontrastu do szumu (CNR).

Średnia częstotliwość akcji serca pacjentów podczas badania wyniosła 86 ± 11 uderzeń na minutę (pełen zakres: 68–114 uderzeń na minutę). Uzyskane wyniki wizualizacji były wyższe przy zastosowaniu rekonstruktora z kompensacją ruchu dla wszystkich segmentów tętnic wieńcowych w porównaniu ze standardową rekonstrukcją w badaniach bramkowanych.



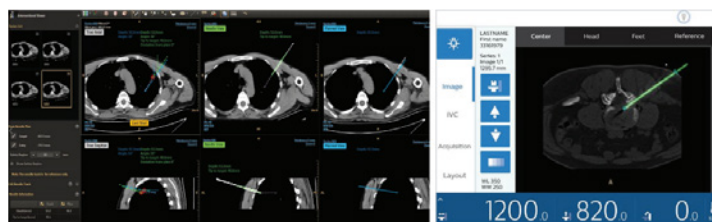
Zwyczajna rekonstrukcja *Precise Cardiac*

Parametry skanu – 120 kVp, 697 mAs, CTDIvol 56,5 mGy, DLP 678 mGy × cm, dawka efektywna 9,5 mSv ($k = 0,014$)

Zwyczajna rekonstrukcja *Precise Cardiac*

Przykładowe badanie z badan klinicznych aparatem Spectral CT 7500 w Tel Aviv Sourasky Medical Center (Ichilov), Israel

Ryc. 6 Porównanie standardowej rekonstrukcji i z zastosowaniem *Precise Cardiac*



Ryc. 7 Tor prowadzenia igły – wyświetlany zarówno na konsoli, panelach dotykowych na gantry oraz na monitorach w pomieszczeniu zabiegowym

Większa pewność procedur interwencyjnych w tomografii

Nowoczesne tomografy umożliwiają ocenę i charakterystykę zmian począwszy od planowania poprzez przebieg zabiegu. Zastosowanie opartej na sztucznej inteligencji funkcjonalności *Precise Intervention* pozwala na redukcję czasu badania o 16%, a także ułatwia przebieg samej interwencji dzięki doskonałej wizualizacji ścieżki docelowej igły. Bez względu na złożoność przypadku i stopień utrudnienia dostępu, użytkownik może zaplanować dowolne nachylenie igły, a następnie śledzić jej tor wprowadzenia (Ryc. 7). Narzędzia te pozwalają na szybką informację zwrotną na temat dokładności umieszczenia igły, co z kolei pozwala użytkownikowi, aby nie tylko mieć pewność w kontekście dokładności wykonania zabiegu, ale także przeprowadzić procedurę w możliwie najkrótszym czasie.