

Rezonans magnetyczny Philips – Inteligentne portfolio

Weronika Kubarek, Piotr Winiarczyk

Philips Healthcare

Sztuczna inteligencja staje się ważnym elementem nowoczesnych systemów rezonansu magnetycznego. W podsumowaniu premier Philips z Kongresu RSNA 2021 pojawiła się informacja o technologii SmartSpeed, której warto się przyjrzeć dokładniej.

Niniejszy artykuł, oprócz przybliżenia techniki obrazowania SmartSpeed, pokrótce opisuje historię implementacji algorytmów sztucznej inteligencji w rezonansach Philips. Historia sięga roku 2006 i dotyka wszystkich etapów powstawania obrazu MR. Oczywiście największe emocje budzą techniki rekonstrukcji, zacznijmy więc od nowości z Kongresu RSNA 2021.

SmartSpeed – inteligentny Compressed SENSE

System SmartSpeed jest odpowiedzią firmy Philips na coraz większe zapotrzebowanie na szybkie i precyzyjne badanie

rezonansem magnetycznym. Cały czas rośnie liczba pacjentów problematycznych i wymagających natychmiastowej precyzyjnej diagnozy. Na Kongresie RSNA przedstawiono rozwiązanie wykorzystujące techniki obrazowania równoległego SENSE, możliwości przyśpieszenia Compressed SENSE oraz algorytmy z zakresu uczenia głębokiego w celu polepszenia wydajności badania rezonansem magnetycznym oraz poprawy satysfakcji pacjentów i personelu.

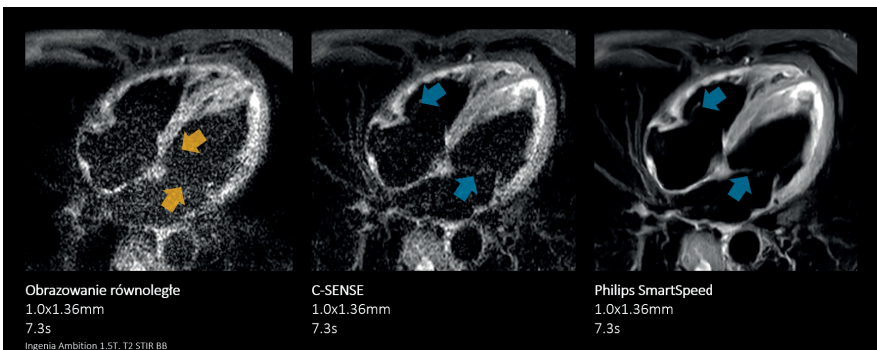
Aby skutecznie zredukować czas trwania badania, należy skoncentrować się na skróceniu czasu skanowania oraz zminimalizowaniu potrzeby powtórzeń skanów. Nawet 20% badań lub skanów należy powtórzyć ze względu na powstałe artefakty ruchowe na obrazie. Krótszy czas badania zapewnia mniejszy stres dla pacjenta i pozwala pozostać w bezruchu podczas trwania skanowania.

Technika Compressed SENSE zapewnia szybszy czas skanowania w obrazowaniu 3D o 50% i o 20-30% w przypadku skanów 2D, przy jednoczesnym zachowaniu lub poprawie jakości dla wszystkich anatomii. Pozwala to obsłużyć większą liczbę pacjentów i zlikwidować opóźnienia. System Smart Speed jest kolejnym krokiem pozwalającym rozszerzyć obecne możliwości wykorzystywanych technik. Techniki obrazowania równoległego SENSE wraz z rozrzedzonym próbkowaniem (typu Compressed Sensing) umożliwiły przyśpieszenie badania poprzez wykorzystanie podpróbkowania. Dodatkowe zastosowanie algorytmów rekonstrukcyjnych sztucznej inteligencji zapewniają przywrócenie brakujących danych z przestrzeni k oraz zmniejszenie wymaganej ilości danych do wykonania rekonstrukcji obrazów. Zastosowanie tych dwóch elementów pozwala uzyskać szybkie i dobrej jakości skany.

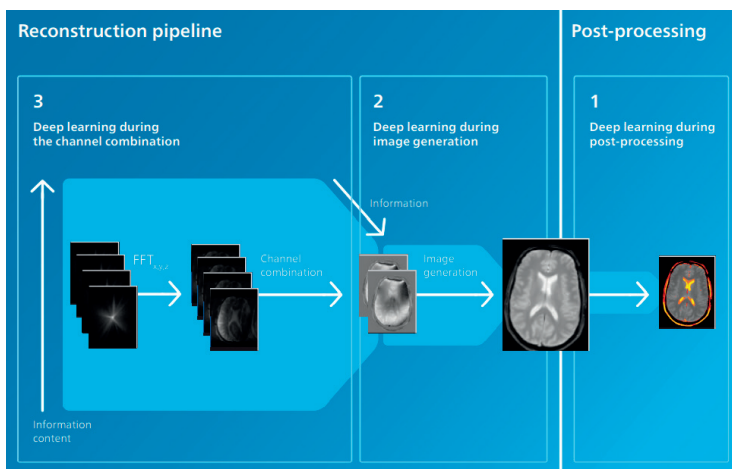
Podczas wprowadzania rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję pojawił się lęk, że maszyna i algorytmy całkowicie zastąpią pracownika. Na szczęście odchodzi się od takich myśli i przyjmuje się chętnie nowe rozwiązania, które pozwalają poprawić wyniki i komfort pracy. Sztuczna inteligencja zapewnia wsparcie w podejmowaniu decyzji diagnostycznych i poprawia wydajność pracy. Uczenie maszynowe i głębokie wykorzystywane jest do tworzenia algorytmów rekonstrukcyjnych, analizy dużej ilości otrzymanych danych i działania na nich poprzez wykorzystanie konwolucyjnych sieci neuronowych.

Rozwiązanie firmy Philips jest innowacyjne i różni się od innych dostępnych systemów na rynków poprzez zastosowanie algorytmów uczenia na każdym etapie wykonywania badania. Zaczynając od wyboru strategii próbkowania, akwizycji i rekonstrukcji danych po postprocessingu obrazów (Ryc. 2).

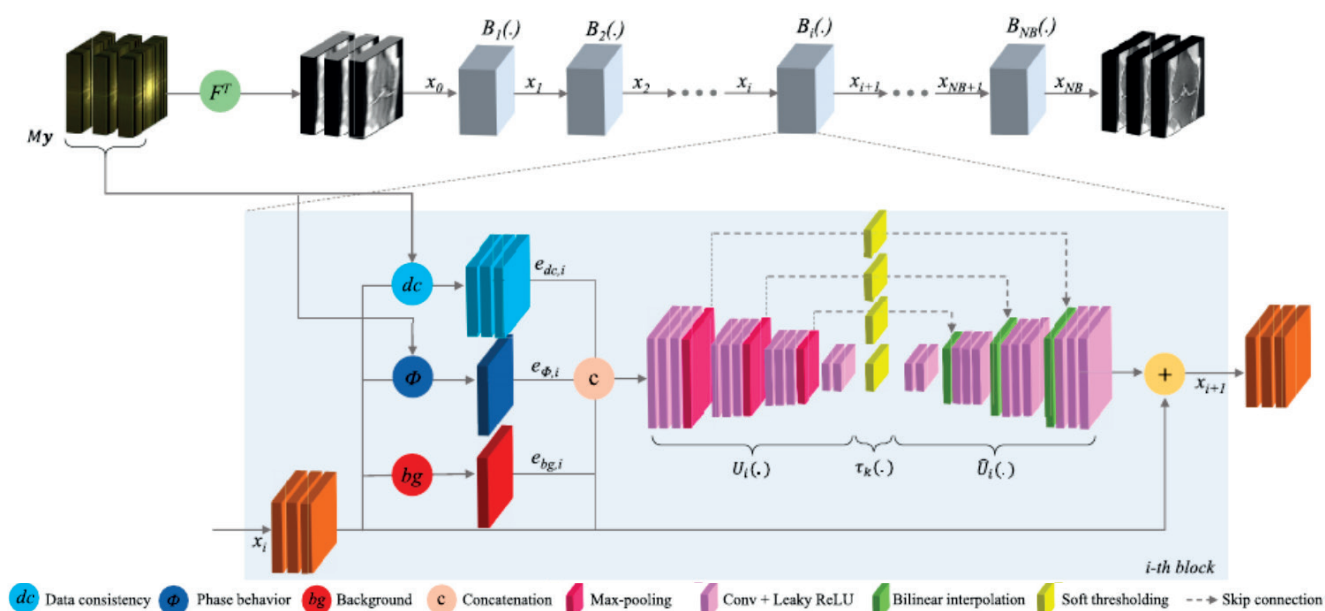
W systemie SmartSpeed wykorzystano konwolucyjną sieć neuronową Adaptive-CS-Net. Po raz pierwszy sieć Adaptive CS-Net wykorzystano podczas wyzwania FastMRI 2019 dotyczącego obrazowania kolana, organizowanego przez New York Langone Health i Facebook AI Research. Stworzona sieć konwolucyjna wspierająca



Ryc. 1 Porównanie obrazowania serca przy pomocy technik: obrazowania równoległego, Compressed SENSE i SmartSpeed
Źródło: Własne.



Ryc. 2 Widok łańcucha rekonstrukcji z zastosowaniem metod uczenia głębokiego
Źródło: Własne.



Ryc. 3 Proponowana architektura sieci adaptacyjnej Adaptive-CS-Net

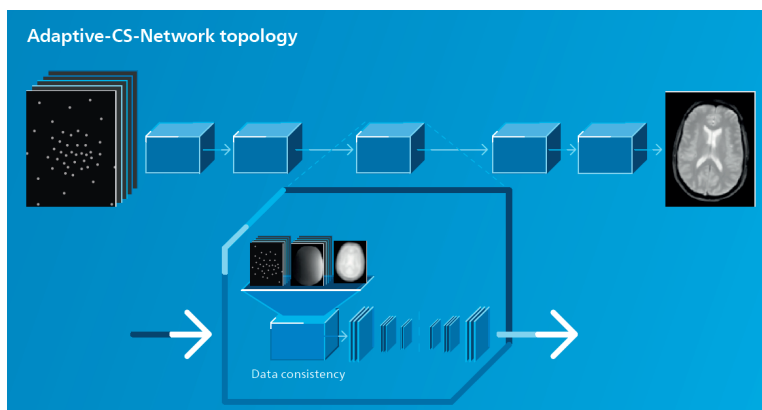
Źródło: Pezzotti N., Yousefi S., Elmahdy M.S., et al. An Adaptive Intelligence Algorithm for Undersampled Knee MRI Reconstruction. IEEE Access. 2020;8:204825-204838.

technologię Compressed SENSE została najlepiej oceniona przez siedmiu niezależnych jurorów biorących udział w konkursie.

Trenowanie sieci zastosowanej w systemie SmartSpeed obejmowało ponad 700 tysięcy obrazów 2D i 3D w celu przystosowania do rozpoznawania wszystkich anatomii i kontrastów wykonywanych badań. Dodatkowo sieć Adaptive-CS-Net zastosowana jest na początku skanowania, zapewniając integrację z akwizycją i rekonstrukcją danych. Powoduje to przyspieszenie poszczególnych etapów skanowania i zapewnia pokrycie dla wszystkich anatomii pacjenta. Połączenie algorytmów sztucznej inteligencji jako sieci neuronowej i technologii Compressed SENSE zapewniają bezkonkurencyjne rozwiązanie zapewniające najlepszą jakość i szybkość obrazowania.

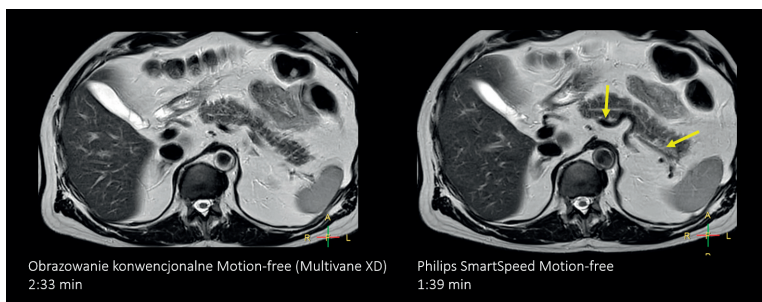
System SmartSpeed działa na podstawie technologii Compressed SENSE i przenosi ją na kolejny wyższy poziom poprzez rozszerzenie jej zakresu o dodatkowe protokoły obrazowania i optymalizację procesu rekonstrukcji danych. Wybrane protokoły, które zawierają się w SmartSpeed, to:

- **Philips SmartSpeed MotionFree:** rozwiązanie stosowane do szybkiego obrazowania z eliminacją artefaktów ruchowych. Zastosowano połączenie szybkiej rekonstrukcji Compressed SENSE i akwizycją MultiVane XD, która gwarantuje dobrą jakość obrazowania w przypadku poruszającego się pacjenta. Artefakty ruchowe powstałe poprzez ruch lub oddech pacjenta zostały zredukowane w 90% przypadków w porównaniu z konwencjonalnym obrazowaniem karczojańskim.
- **Philips SmartSpeed Implant:** rozwiązanie umożliwiające obrazowanie wokół implantów metalowych tak szybko, jak zwykłe obrazowanie MSK, bez pogorszenia jakości obrazu. Zastosowano sprawdzone oprogramowanie O-MAR XD w połączeniu z możliwościami szybkiego obrazowania SmartSpeed, dzięki czemu możliwe jest znaczne skrócenie czasu skanowania w kompleksowym badaniu (T1w, T2w, PDw, STIR) przy zachowaniu jakości obrazu.
- **Philips SmartSpeed Diffusion:** przyspieszenie obrazowania dyfuzji i poprawa jakości diagnostyki za pomocą redukcji szumów związanych ze współczynnikiem g. Używane jest w celu poprawy współczynnika SNR poszczególnych pomiarów obrazowania dyfuzyjnego, skrócenia czasu skanowania i poprawy rozdzielczości.



Ryc. 4 Struktura sieci Adaptive-CS-Net

Źródło: Własne.

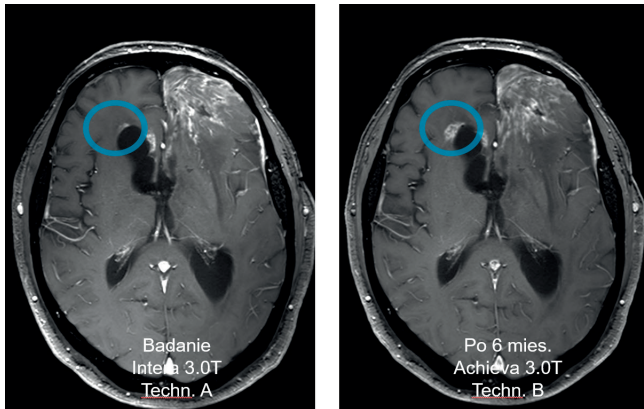


Ryc. 5 Obrazowanie jamy brzusznej przy pomocy obrazowania konwencjonalnego i Philips SmartSpeed MotionFree

- **Philips SmartSpeed 3D FreeBreathing:** skracanie czasu skanowania przy swobodnym oddychaniu 3DT1w, umożliwiając skanowanie po podaniu kontrastu. Trójwymiarowa akwizycja T1 bez konieczności wstrzymywania oddechu przez pacjenta jest możliwa dzięki zintegrowaniu technologii 3DVane XD z przyspieszeniem możliwym do uzyskania dzięki SmartSpeed.

Początek zastosowań AI w rezonansach Philips – rok 2006 SmartExam Brain

Historia zastosowań sztucznej inteligencji w rezonansach Philips ma już ponad 15 lat. Na kongresie RSNA w roku 2006 został zaprezentowany algorytm automatycznego planowania badania oparty o sztuczną inteligencję, rozpoznającą kilkadziesiąt punktów anatomicznych w obrębie mózgowia i na tej podstawie planujący badanie. Dodatkowo SmartExam Brain potrafi uczyć się od operatora i wprowadzane przez niego korekty planowania wykorzystuje w kolejnych badaniach. Wypracowany w ten sposób algorytm można zapisać i w razie potrzeby przenieść na kolejny skaner. Przykładowe badanie pacjenta na ryc. 6 było wykonane na dwóch różnych systemach, w odstępie pół roku, przez dwóch różnych techników. W obu badaniach warstwy ułożone są identycznie, co ma ogromne znaczenie dla lekarzy radiologów porównujących badania kontrolne pacjentów.



Ryc. 6 Badania pacjenta wykonane w odstępie 6 miesięcy, z wykorzystaniem SmartExam Brain w planowaniu badania. Dzięki przeniesieniu algorytmu planowania układ warstw w obu badaniach jest identyczny

Algorytmy automatycznego planowania badania wspomaganego sztuczną inteligencją dostępne są dla najczęściej wykonywanych badań głowy, kręgosłupa, kolan i barku, co znacznie skraca czas planowania badań. Powtarzalność planowania SmartExam przekracza 99%, co znacznie poprawia jakość pracy lekarzy radiologów.

Magnes BlueSeal – obsługa bezhelowa zarządzana przez AI

Od premiery magnesu BlueSeal (system Ambition X) minęły już 4 lata, na świecie pracuje ponad 500 systemów tego typu, a w portfolio Philips pojawił się kolejny system wykorzystujący tę technologię – MR5300. Działanie magnesów BlueSeal jest możliwe dzięki wykorzystaniu opcji EasySwitch z algorytmami inteligencji adaptacyjnej, optymalizującej pracę magnesu. EasySwitch jest odpowiedzialny za utrzymywanie stabilnej pracy systemu, a także za procedury awaryjne, np. planowanego wyłączenia pola przez użytkownika, bezpiecznego wyłączenia pola w sytuacji awarii systemu wody lodowej, włączenia pola przez użytkownika. Głównym zadaniem opcji EasySwitch jest wyeliminowanie przerw w działaniu rezonansu magnetycznego i zapewnienie ciągłości pracy.

Kolejną opcją, która pojawiła się w systemach nowej generacji, jest SmartLine, algorytm działający w tle, przeprowadzający inteligentne przetwarzanie obrazów (dodatkowe rekonstrukcje,

analizy perfuzji, dyfuzji itp.) równoległe z akwizycją obrazu. Dzięki SmartLine oszczędzany jest czas, który bez tej opcji musiałby poświęcić technik lub lekarz na wstępną obróbkę danych.








Wszystkie obecnie oferowane systemy MR Philips (o otworze magnesu 70 cm) mogą być wyposażone w kamerę VitalEye do monitorowania oddechu pacjenta. Na temat jej działania i korzyści wynikających z jej zastosowania było już kilka publikacji w liFM, warto więc jedynie podkreślić, że również to rozwiązanie wykorzystuje algorytmy sztucznej inteligencji, by śledzić dokładnie oddech pacjenta, całego tułowia z doskonałą rozdzielczością czasową. Jest to również jedyny system monitorowania oddechu, którego zastosowanie ma znaczący wpływ na jakość uzyskiwanych obrazów. Ograniczeniem innych dostępnych technik jest mała liczba czujników, która wymusza zastosowanie tego samego algorytmu korekcji oddechu w obrębie całego tułowia pacjenta.

Rezonans magnetyczny Philips – Inteligentne portfolio

Sztuczna inteligencja przez pewien czas była postrzegana jako konkurencja dla lekarzy, ale wraz z jej coraz szerszą implementacją poziom akceptacji dla algorytmów AI rośnie, bo zalety wykorzystania sztucznej inteligencji są ogromne. Rezonans magnetyczny z racji złożoności procesu obrazowania jest liderem zastosowań sztucznej inteligencji, a w najbliższych latach spodziewany jest około czterokrotny wzrost ilości zastosowań AI w szeroko pojętej diagnostyce obrazowej.


Użytkownicy systemów rezonansu magnetycznego, świadomi zalet implementacji AI, zwracają uwagę na obecność tych algorytmów w nowych systemach. Historia sztucznej inteligencji w rezonansach magnetycznych Philips sięga roku 2006 i od tego czasu dynamicznie się rozwija. Co istotne, rezonanse Philips wykorzystują sztuczną inteligencję nie tylko na etapie rekonstrukcji obrazów (etap najszerszej dyskusyjny na rynku) i postprocessingu, ale dużo wcześniej, począwszy od zarządzania pracą magnesu. Niezwykle istotne jest wykorzystanie sztucznej inteli-

Etapy powstawania obrazu MR:

- Stale pole magnetyczne – BlueSeal/EasySwitch 
- Planowanie badania – SmartExam 
- Monitorowanie pacjenta w czasie badania – VitalEye 
- Akwizycja danych – SmartSpeed 
- Rekonstrukcja danych – SmartSpeed 
- Wstępna obróbka danych – SmartLine 
- Analiza obrazów – IntelliSpace Portal 



Ryc. 7. W systemach MR Philips sztuczna inteligencja wykorzystywana jest na wszystkich etapach obrazowania – od zarządzania pracą magnesu, poprzez akwizycję i rekonstrukcję, po analizę obrazów

gencji na etapach powstawania obrazu, w planowaniu badania, monitorowaniu pacjenta i w szczególności na etapie akwizycji danych. Są to etapy, gdzie AI pomaga wyeliminować artefakty i zmaksymalizować ilość dostępnych danych do rekonstrukcji. System SmartSpeed jest unikalnym rozwiązaniem gwarantującym uzyskiwanie obrazów o jakości diagnostycznej w nieosiągalnych dotychczas czasach akwizycji. 

Źródła:
Materiały własne firmy Philips