

Nowości Philips na Kongresie RSNA w roku 2021

Mirostław Bogusz, Weronika Kubarek, Piotr Winiarczyk

Philips

W 2021 roku, po przerwie spowodowanej pandemią, Kongres RSNA powrócił w tradycyjnej formie. Na stoisku Philips pojawiło się wiele nowych rozwiązań dla rezonansu magnetycznego i tomografii komputerowej, które z pewnością nie pozostaną bez wpływu na świat radiologii.

W dziedzinie rezonansu magnetycznego rok 2021 to kontynuacja rozpoczętej trzy lata temu kampanii **The Next MR Wave**, w ramach której nie tylko sukcesywnie poszerzane jest portfolio systemów, ale urzeczywistniane są dążenia do poprawy komfortu, zarówno z punktu widzenia użytkowników systemu, jak i pacjentów. W tomografii komputerowej prawdziwa rewolucja dzieje się na polu systemów detekcyjnych zmieniając pierwszy raz od dziesięcioleci możliwości diagnostyczne systemów CT. Tradycyjnie Kongres RSNA stał się miejscem premiery nowej wersji systemu IntelliSpace Portal, która w jeszcze większym stopniu wykorzystuje do analizy obrazów algorytmy sztucznej inteligencji wspomagające lekarzy w codziennej pracy.

Tomograf spektralny CT 7500

Choć globalna premiera tomografu Philips CT 7500 miała miejsce ponad pół roku temu (w maju 2021 roku) i poświęcony mu został cały artykuł w „Inżynierze i Fizyku Medycznym” (IFM) w czerwcu, to warto o nim napisać również w kontekście Kongresu RSNA.

Pierwszego dnia Kongresu miała bowiem miejsce uroczystość wręczenia nagrody przyznanej przez Aunt Minnie dla **Najlepszego produktu radiologicznego roku 2021** (*Best New Radiology Device of 2021*), którą otrzymał tomograf spektralny CT 7500. Jest to ogromne wyróżnienie, biorąc pod uwagę mnogość premierowych urządzeń, w szeroko pojętej radiologii, wprowadzonych na rynek w 2021 roku.

Nie jest to jednak wyróżnienie przypadkowe. Philips IQon Spectral CT i CT 7500 to wciąż jedyne tomografy spektralne na rynku, a do tego oprócz ogromnych możliwości wynikających ze spektralnej akwizycji obrazu (jednocześnie dla dwóch energii, w oparciu o jedno źródło promieniowania) zachowują możliwość generowania tradycyjnych obrazów CT, bez żadnych kompromisów. Gwarantuje to nieosiągalną dla innych tomografów uniwersalność, które pracując w trybie dwuenergetycznym lub

wykorzystując detektor typu *photon counting*, nie są w stanie tworzyć tradycyjnego obrazu CT, do którego przyzwyczajeni są radiolodzy. Tomograf CT 7500 może być z powodzeniem używany we wszystkich dziedzinach obrazowania ze względu na 8 cm zakres pokrycia detektora, czas obrotu gantry poniżej 0,3 s i mocny 120 kW generator, poszerzając znacznie możliwości diagnostyki kardiologicznej z wykorzystaniem obrazowania spektralnego. Powiększona do 80 cm średnica gantry tomografu pozwala na wykorzystanie go w planowaniu radioterapii, a standardowo dostępne algorytmy iDose⁴ i modelowy rekonstruktor iteracyjny IMR gwarantują najwyższy możliwy poziom redukcji dawki promieniowania. We wszystkich badaniach, niezależnie od wykorzystanego trybu akwizycji, dostępny jest retrospektywnie dostęp do danych spektralnych, dzięki czemu minimalizowana jest konieczność wykonywania uzupełniających badań diagnostycznych w sytuacji, gdy tradycyjny obraz CT nie daje możliwości postawienia pewnej diagnozy.

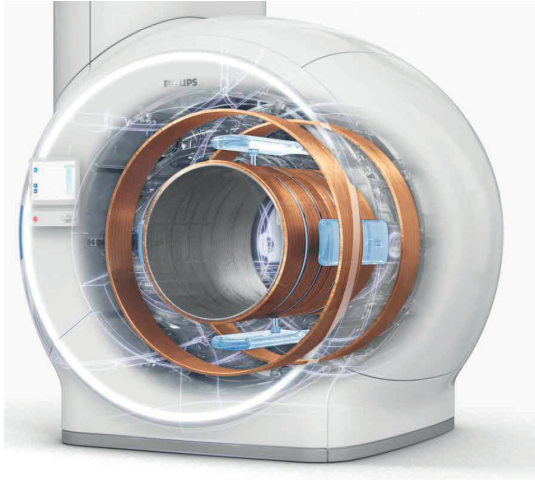
Zainteresowanych odsyłam do wspomnianego artykułu w IFM opisującego szczegółowo możliwości diagnostyczne i funkcjonalności tomografu CT 7500.



Ryc. 1 Brian Casey (Editor-in-Chief of AuntMinnie.com) wręcza Fransowi Venker (Business Leader CT) nagrodę za najlepsze urządzenie radiologiczne 2021 – tomograf spektralny CT 7500
Źródło: Własne.

Rezonans magnetyczny 1.5T MR 5300

MR 5300 powstał jako hybryda trzech sprawdzonych na przestrzeni lat technologii wykorzystywanych w systemach rezonansu magnetycznego Philips: dStream, Breeze, BlueSeal.



Ryc. 2 Zapomnij o helu! System MR 5300 posiada magnes typu BlueSeal chłodzony zaledwie 7 litrami helu
Źródło: Własne.

Pewność diagnostyczna (jakość obrazowania) w rezonansie magnetycznym zależy od bardzo wielu czynników. Przez wiele lat w dużej mierze ograniczała ją konieczność przesyłania sygnału RF odebranego z cewek w postaci analogowej do przetwornika ADC. Technologia dStream wyeliminowała ten problem całkowicie, przenosząc punkt digitalizacji sygnału RF i zaopatrując każdą cewkę odbiorczą we własny, indywidualny przetwornik ADC. Nie inaczej w systemie MR 5300 – tor odbiorczy RF oparty jest na technologii dStream.

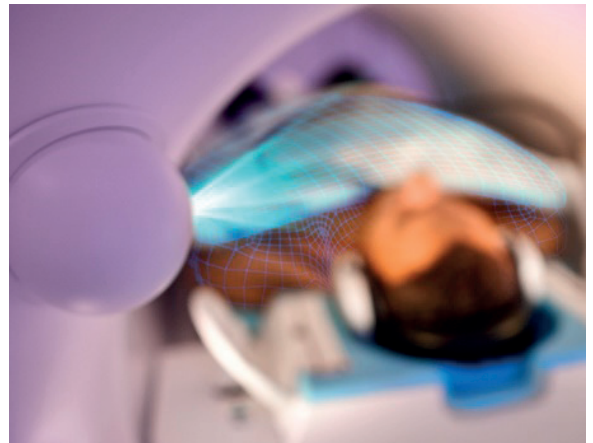
Breeze – nowa koncepcja cewek MR, niesamowicie lekkich, posiadających wygodne wtyki, prostych w obsłudze i uniwersalnych, a przy tym bezkompromisowych, jeśli chodzi o jakość



Ryc. 3 W systemie MR 5300 cewki typu Breeze dają ogromne możliwości swobodnego, ale też powtarzalnego pozycjonowania
Źródło: Własne.

obrazowania, pojawiła się na rynku wraz z systemami Prodiva. Ogromny sukces Breeze wśród techników obsługujących systemy MR nie pozostał bez echa. Projektując nowy system, sięgnięto po sprawdzone i preferowane przez użytkowników systemów MR rozwiązanie. MR 5300 został wyposażony w cewki typu Breeze, a także w gamę cewek dedykowanych (w tym cewkę do badań mammograficznych).

Najważniejszą rewolucją w świecie MR ostatnich lat było zaprezentowanie przez Philips systemu Ambition X wyposażonego w magnes BlueSeal, z obsługą bezhelową, któremu towarzyszyło hasło: „Zapomnij o helu!”. O dostępność i ceny helu nie muszą się też martwić użytkownicy systemu MR 5300, gdyż posiada on magnes typu BlueSeal. Dla przypomnienia są to konstrukcje z otworem magnesu 70 cm, poprawiającym komfort pacjenta, z doskonałą homogenicznością umożliwiającą obrazowanie w FOV 55 x 55 x 50 cm. Magnesy BlueSeal nie wymagają budowy awaryjnego wyrzutu helu, gdyż hel jest szczelnie zamknięty w instalacji magnesu na cały czas jego życia, na etapie produkcji, bez ryzyka ulatniania się (powolnego lub quench). Do pracy systemu wystarcza zaledwie 7 litrów helu. Magnesy BlueSeal są około 900 kg lżejsze od tradycyjnych, co ułatwia ich posadzenie (dodatkowo nie ma rury „quench”), a w codziennej pracy użytkownicy systemu mają unikalną możliwość samodzielnego wyłączenia i włączenia pola magnetycznego bez wzywania i informowania serwisu. Procedura zajmuje łącznie 5-6 godzin (ramp-down i ramp-up), co potwierdzono już w wielu miejscach na świecie.



Ryc. 4 Bezdotykowy system monitorowania oddechu VitalEye poprawia również jakość obrazowania, dzięki ciągłej analizie ruchu około 100 punktów na tułowie pacjenta, 20 razy na sekundę
Źródło: Własne.

Z punktu widzenia komfortu pacjenta warto jeszcze wymienić technologię bezdotykowego monitorowania oddechu VitalEye, miękkie i grube materace z pamięcią kształtu ComfortPlus i audiowizualny system informujący pacjenta o przebiegu badania AmbientExperience. MR 5300, łącząc wszystkie zalety obsługi bezhelowej z doskonałą jakością obrazowania i wygodą obsługi, stanowić będzie atrakcyjną propozycję dla klientów poszukujących systemu o szerokich możliwościach obrazowania i gwarantującego ekonomiczną eksploatację.

Rezonans magnetyczny 3.0T MR 7700

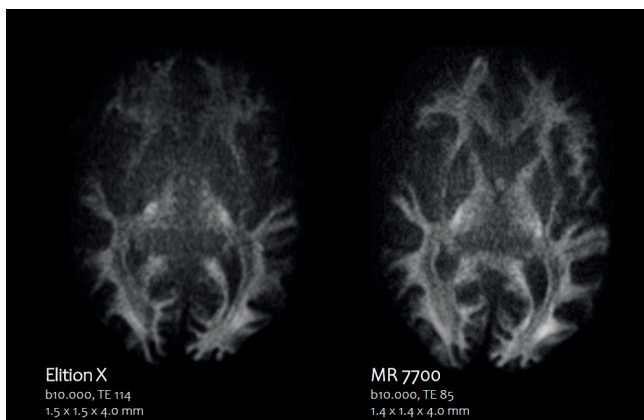


Ryc. 5 Cewka typu DUAL (do obrazowania protonowego i spektroskopii wielojądrowej) – premierowy system MR 7500
Źródło: Własne.

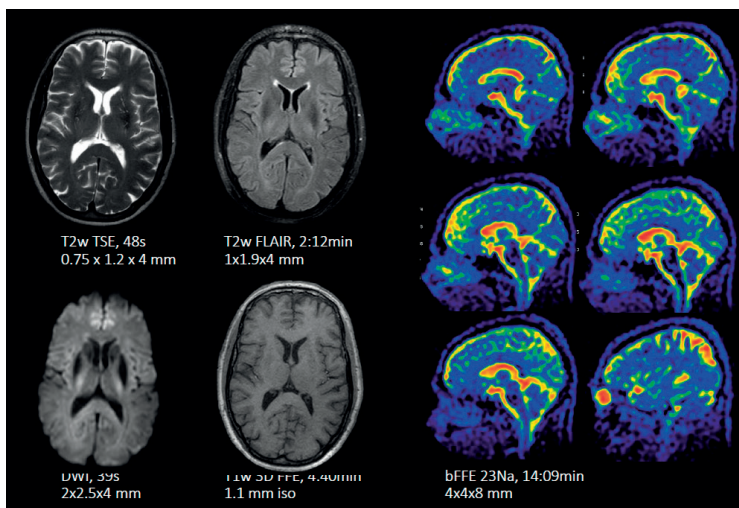
System MR 7700 to najbardziej zaawansowany system 3T w katalogu Philips. Zwiększono w nim siłę gradientów, amplituda 65 mT/m i szybkość narastania 220 T/m/s, co umożliwiło dalszą poprawę jakości obrazowania w najbardziej wymagających badaniach, przy czym podobnie jak we wcześniejszym systemie Elition X, położono nacisk nie tylko na siłę, ale również na precyzję układu gradientowego. Ma to szczególne znaczenie dla ośrodków prowadzących badania naukowe, w których kluczowe jest zapewnienie powtarzalności i absolutnej pewności diagnostycznej.

Nowy układ gradientowy to niejedyna innowacja. MR 7700 jest pierwszym na rynku systemem, w którym zintegrowano w 100% spektroskopię multinukleinową. Dotychczas wykonywanie tego typu badań miało charakter badań naukowych i wymagało dedykowanych protokołów badania, a także dedykowanego systemu do post-processingu. W systemie MR 7700 spektroskopia multinukleinowa jest dostępna w każdym protokole badania wraz ze standardowymi sekwencjami. W wyposażeniu systemu znajdują się dwie cewki typu DUAL (do badania głowy i uniwersalna), wykorzystywane do standardowego obrazowania (protonowego), z możliwością uzupełnienia o spektroskopię innych pierwiastków. Nie ma konieczności przetaczania trybu pracy systemu z naukowego do rutynowych badań, a otrzymywane wyniki spektroskopii multinukleinowej analizowane są z użyciem tych samych narzędzi, co spektroskopia protonowa, zapewniając niedostępną dotychczas wygodę i łatwość obsługi.

Wykonywane rutynowo badania spektroskopii multinukleinowej są cennym źródłem informacji o metabolitach i procesach wewnątrzkomórkowych, np.: w obrazowaniu czynnościowym mózgu, obrazowaniu ortopedycznym (chrząstek), badaniu



Ryc. 6 W badaniach dyfuzyjnych EPI w systemie MR 7700 stosunek sygnał/szum jest około 35% wyższy w porównaniu z systemem Elition X, dzięki czemu możliwa jest znaczna poprawa jakości obrazowania
Źródło: Własne.



Ryc. 7 Badanie mózgu z wykorzystaniem spektroskopii ^{23}Na na cewki typu DUAL
Źródło: Własne.

1H+23Na brain 30 min		00:27:28
	Survey	
	T2W_TSE	tra
	T2W_FLAIR	tra
	DWI	tra
	T1W_3D_FFE	tra
	23Na_bFFE-U...	Geo1
	T1W_3D_FFE	tra

Ryc. 8 Protokół badania mózgu zawierający standardowe sekwencje obrazowania (protonowego) i spektroskopii ^{23}Na
Źródło: Własne.

czynnościowym wątroby, metabolizmu mięśni i czynnościowym obrazowaniu serca. Udostępnienie spektroskopii multinukleinowej, w rutynowych protokołach dla wszystkich badanych pacjentów, poszerza możliwości diagnostyczne rezonansu magnetycznego, tym samym system MR 7700 wyznacza nowe trendy w dziedzinie rezonansu.

MR Workspace – nowa konsola operatora rezonansu magnetycznego

Praca techników i lekarzy opisujących badania rezonansu magnetycznego są dokładnie zaplanowane i usystematyzowane. Okazuje się jednak, że przy pomocy kilku innowacji można skrócić czas badania oraz zapewnić większy komfort pracy personelu, np. implementując nowe rozwiązanie – MR Workspace. Jego podstawowym elementem jest Konsola MR Console Plus, która zapewnia użytkownikowi intuicyjny interfejs obsługi, duże okno podglądowe obrazów, wskazówki użytkownika oraz dostęp do dodatkowych funkcji, wspieranych przez sztuczną inteligencję. MR Console Plus służy nie tylko do akwizycji obrazów, zapewnia również funkcjonalne wskazówki z zakresu przetwarzania danych, niezależnie od wiedzy i doświadczenia technika, dzięki czemu możliwe jest osiągnięcie najwyższej jakości obrazowania przy zastosowaniu zaawansowanych aplikacji.



Ryc. 9 Ekran konsoli MR Console Plus – uwagę zwraca nowy sposób podglądu obrazów
Źródło: Własne.

Integralną częścią konsoli jest system MR Day Manager, pozwalający na planowanie badania jeszcze przed przyjściem pacjenta do pracowni. Dzięki możliwości pełnej integracji informacji na temat pacjenta oraz harmonogramu badań dostępnym w systemach HIS/RIS, technicy mogą przypisać protokoły badań ExamCards, przewidzieć ewentualne trudności oraz wprowadzić

dotatkowe informacje odnośnie pacjentów do systemu, np. na temat ewentualnych ograniczeń wynikających z posiadanych przez pacjentów implantów warunkowo dopuszczonych do badania MR, ciąży lub stanu zdrowia pacjenta. Za pomocą opcji Protocol Assistant, wspieranej przez sztuczną inteligencję, sugerowany jest najczęściej używany protokół dla każdego przypadku.

MR Console Pro, czyli rozszerzenie konsoli podstawowej, ma dwa monitory wysokiej rozdzielczości, zapewniające jednocześnie: monitorowanie pacjenta, ocenę badania w czasie rzeczywistym, wstępne przetwarzanie obrazów oraz zaawansowane wizualizacje, bez przełączania pomiędzy ekranami. Stały dostęp do tych funkcjonalności zapewnia sprawną, wydajną i satysfakcjonującą pracę, a finalnie – wysokiej jakości wyniki badań.

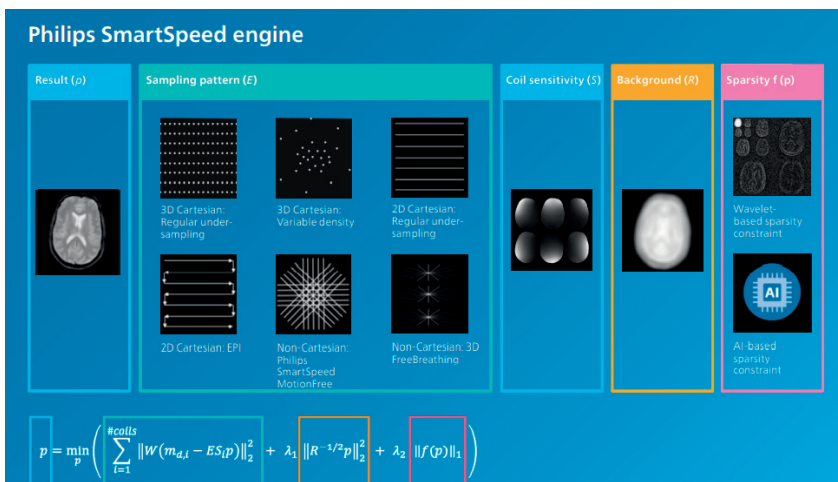
SmartSpeed – rozszerzona wersja techniki obrazowania Compressed SENSE

Wraz ze wzrostem użyteczności klinicznej badań rezonansu magnetycznego rosną również oczekiwania co do efektywnego wykorzystania wyników badań MR dla coraz większej liczby pacjentów. W odpowiedzi na potrzebę skrócenia czasu badania, przy jednoczesnym zachowaniu najwyższej jakości obrazowania, firma Philips zaprezentowała na Kongresie RSNA system SmartSpeed. Wykorzystuje on zalety technik obrazowania równoległego SENSE i Compressed SENSE, przenosząc je na kolejny poziom, poprzez ich rozbudowę. Punktem wyjścia była znana i sprawdzona technologia Compressed SENSE, której zakres zastosowania został rozszerzony o nowe protokoły obrazowania, a także o algorytmy sztucznej inteligencji, stosowanej na wczesnym etapie procesu rekonstrukcji.

SmartSpeed pozwala na wykorzystanie różnych modeli próbkowania, wcześniej stosowane techniki akwizycyjne z rozrzedzonym próbkowaniem (typu Compressed Sensing) umożliwiały jedynie próbkowanie kartezyjańskie. Dodatkową korzyścią w przypadku akwizycji modeli kartezyjańskich 2D i 3D jest integracja uczenia głębokiego (deep learning) i zastosowanie rekonstrukcji iteracyjnej na kolejnych etapach przetwarzania danych.

System Philips SmartSpeed ma strukturę modułową, w skład której wchodzi dwa kluczowe elementy zapewniające przyśpieszenie obrazowania: moduł akwizycji minimalizujący ilość niezbędnych danych przy użyciu dedykowanych wzorców próbkowania oraz moduł rekonstrukcji wspierany przez sztuczną inteligencję, umożliwiającą uzyskiwanie wysokiej jakości obrazowania z ograniczonej ilości danych wejściowych.

Philips SmartSpeed wykorzystywany jest w szerokiej gamie badań MR, używa uczenia głębokiego na wczesnym etapie rekonstrukcji danych, dla większości używanych sekwencji, we wszystkich dziedzinach, niemniej szczególnie



Ryc. 10 SmartSpeed – zasada działania algorytmów akwizycji i rekonstrukcji obrazów
Źródło: Własne.

istotny jest w protokołach badań wymagających jak największego skrócenia czasu akwizycji, np. w skanowaniu MultiVane (dla wszystkich kontrastów) w wielu rejonach anatomicznych, w technice 3D Free Breathing, do zastosowania w skanach 3D T1 swobodnie oddychającego pacjenta, w obrazowaniu dyfuzyjnym, czy też w sąsiedztwie implantów metalowych.

Technologia Adaptive CS-Net może być zastosowana na kilku etapach obrazowania MR, począwszy od określania najkorzystniejszej strategii próbkowania i przetwarzania wejściowych (surowych) danych, po końcowe przetwarzanie obrazów. Skuteczność wykorzystanych algorytmów zależy od celu oraz miejsca zastosowania.

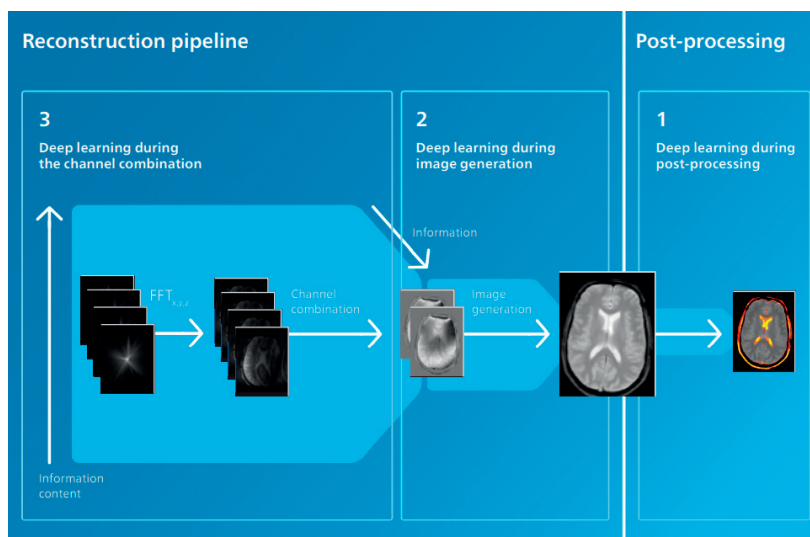
Etap przetwarzania końcowego (postprocessing) wykorzystuje możliwości sztucznej inteligencji jako dodatkowego kroku przetwarzania końcowego, danych otrzymanych z obrazowania rezonansem magnetycznym. Wcześniej, na etapie generowania obrazów, stosuje się algorytmy sztucznej inteligencji do przetworzenia złożonych danych obrazowych, wykorzystując informacje fazowe oraz umożliwiając iterację między danymi przetworzonymi a surowymi. W czasie akwizycji SmartSpeed umożliwia łączenie kanałów, z wykorzystaniem uczenia głębokiego, poprzez selektywne włączanie sygnału z elementów podłączonych cewek do łańcucha rekonstrukcji danych. Celem jest zapewnienie jak najlepszej zgodności między danymi i sygnałem. Zastosowanie elementów uczenia głębokiego na bardzo wczesnym etapie rekonstrukcji wyróżnia systemy Philips.

Po raz pierwszy sieć Adaptive CS-Net wykorzystano podczas wyzwania FastMRI, organizowanego przez New York Langone Health i Facebook AI Research. Wykorzystana konwolucyjna sieć neuronowa, wspomagająca rekonstrukcję Compressed SENSE, została najlepiej oceniona przez panel siedmiu niezależnych jurorów spośród biorących udział w konkursie rozwiązań.

Kompleksowa platforma do diagnostyki najtrudniejszych przypadków klinicznych

System **IntelliSpace Portal 12** to jedno uniwersalne rozwiązanie do zaawansowanej wizualizacji (ang. *Advanced Visualization*) w diagnostyce obrazowej. System przyspiesza i usprawnia pracę oraz podnosi pewność diagnozy – zwłaszcza podczas interpretacji obrazów oraz badań kontrolnych złożonych przypadków klinicznych. Dzięki jednemu zintegrowanemu środowisku pracy pozwala on na komunikowanie się specjalistów różnych domen klinicznych oraz wymianę obrazów pozyskanych różnymi technikami obrazowania.

Najnowsza generacja systemu IntelliSpace Portal w wersji 12, która wdrażana jest w Polsce od września 2021 r., zawiera bogaty zestaw zupełnie nowych, zautomatyzowanych narzędzi do analizy jakościowej i ilościowej, wspierających pracę radiologa w ocenie diagnostycznej w szerokim spektrum domen klinicznych.



Ryc. 11 Widok łańcucha rekonstrukcji z zastosowaniem metod uczenia głębokiego
Źródło: Własne.

System IntelliSpace Portal wsparty przez sztuczną inteligencję – precyzyjna diagnoza dzięki dogłębny informacjom

O prawdziwej wartości sztucznej inteligencji decyduje jej **zdolność do pozyskania informacji umożliwiających sformułowanie prawidłowego rozpoznania i podjęcie właściwych decyzji klinicznych** prowadzących do uzyskania dobrych wyników leczenia. W połączeniu z wiedzą i doświadczeniem lekarza stanowi ona potężne narzędzie, które może znacząco poprawić poziom opieki.



System **IntelliSpace Portal 12** używa inteligentnych procedur wspomaganych metodami wykorzystującymi sztuczną inteligencję w licznych aspektach diagnostyki, między innymi w:

- wykrywaniu i charakteryzacji guzków płuc,
- algorytmach automatycznej segmentacji wątroby i płuc,
- wspomaganym komputerowo wykrywaniu polipów w jelicie grubym i zatorowości płucnej,
- wykrywaniu subtelnych zmian w mózgu w ramach oceny zmian w czasie,
- segmentacji komór serca na obrazach pozyskanych w badaniu rezonansu magnetycznego i tomografii na potrzeby analizy czynnościowej,

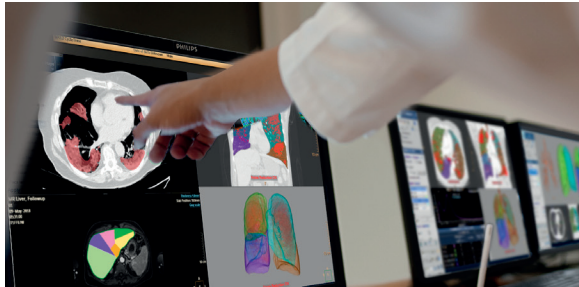
- wskaźnikach jakości umożliwiających przeprowadzenie automatycznej oceny wyników perfuzji.

Co szczególnie istotne, wspomagane sztuczną inteligencją możliwości analizy płuc obejmują także automatyczną ocenę w zakresie zmian powiązanych z COVID-19.

Sztuczna inteligencja wykorzystywana w systemie IntelliSpace Portal 12 stanowi także integralną część procedur, automatyzując wiele wykonywanych zadań, dlatego lekarz często nawet nie zauważa jej istnienia. Zapewnia potężne możliwości dostosowane do rodzaju badania i potrzeb użytkownika.

Philips IntelliSpace Portal 12 – laureat nagrody EuroMinnie za najlepsze nowe oprogramowanie radiologiczne

Warto podkreślić, że już drugi rok z rzędu **firma Philips zdobyła nagrodę EuroMinnie¹** w kategorii „Najlepsze nowe oprogramowanie radiologiczne”, w uznaniu dla nowej generacji platformy zaawansowanej wizualizacji – Philips IntelliSpace Portal 12.



„Jesteśmy zaszczytzeni otrzymaniem tego najnowszego wyróżnienia dla naszego rozwiązania zaawansowanej wizualizacji. Nowa generacja **platformy IntelliSpace Portal** dodaje liczne funkcje obsługujące sztuczną inteligencję, które automatycznie generują pomiary ilościowe, upraszczają przepływy pracy i udostępniają dane radiologiczne wszędzie tam, gdzie są one istotne klinicznie w organizacji”.

**Calum Cunningham –
Dyrektor Generalny rozwiązań IT w Philips**

Elastyczność i dopasowanie do indywidualnych potrzeb

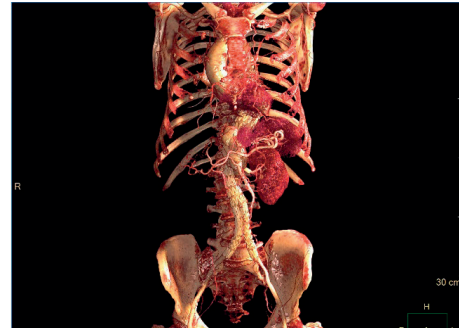
Dzięki zastosowaniu algorytmów sztucznej inteligencji **IntelliSpace Portal 12** automatycznie „uczy się” na podstawie dotychczasowego sposobu używania aplikacji i przewiduje, jakie operacje wstępnego przetwarzania powinny być zastosowane w przypadku danej serii lub badania.

Okresowo funkcja ta weryfikuje, czy w sposobie użytkowania nie nastąpiły jakiegokolwiek zmiany, w celu dostosowania konfiguracji do potrzeb w zakresie obrazowania bez konieczności interakcji ze strony użytkownika. W połączeniu z konfigurowalnymi protokołami wyświetlania, platforma zapewnia optymalizację konfiguracji dostosowaną do indywidualnych potrzeb.

¹ <https://www.auntminnieeurope.com/>

Nowości w zaawansowanej wizualizacji Philips

System IntelliSpace Portal 12 oferuje szereg dodatkowych ulepszeń i funkcjonalności.



Udoskonalenia w najnowszej wersji IntelliSpace Portal obejmują innowacje w zakresie przepływu pracy w analizie naczyniowej w celu uzyskania szybszych wyników.

Oprogramowanie zawiera nową technologię **fotorealistycznego renderingu objętościowego** (ang. *photorealistic volume rendering*) wykorzystującą interaktywne wirtualne źródła światła w celu poprawienia wizualizacji objętości pod względem ich głębokości i relacji z innymi kluczowymi strukturami anatomicznymi – zwiększając jego wykorzystanie jako narzędzia wizualizacyjnego.

Nowe opcje w IntelliSpace Portal obejmują również m.in.:

- **innowacje** w zakresie przepływu pracy dla **analizy naczyniowej** w celu uzyskania szybszych wyników,
- nową **automatyczną propagację segmentacji zmian** między punktami czasowymi do śledzenia guza,
- innowacyjne oprogramowanie do kwantyfikacji odkształcenia miokardium firmy Pie Medical Imaging Caas™ – **MR Caas™ Strain Analysis**,
- ulepszone automatyczne możliwości analizy tętnic wieńcowych TK.

Do najnowszej generacji systemu zaawansowanej wizualizacji **IntelliSpace Portal 12** firma Philips dodała kluczowe rozwiązania, które łączą się w celu usprawnienia całego przepływu pracy w radiologii, aby **sprostać najpilniejszym i najtrudniejszym wyzwaniom w diagnostyce radiologicznej i radiologii interwencyjnej**.

Platforma diagnostyczna łączy dane pacjentów z różnych oddziałów w celu zapewnienia interoperacyjności i maksymalizacji efektywności analizy i pracy radiologów, **stosując m.in. narzędzia AI (sztucznej inteligencji), stosowane na różnym poziomie użytkowania systemu – od czynności operacyjnych po detekcję zmian i analizę badań.** ^B

Piśmiennictwo

1. <https://www.philips.com/a-w/about/news/archive/standard/news/articles/2021/20211027-philips-spectral-ct-7500-receives-minnie-award-for-best-new-radiology-device.html>
2. MR Workspace | Philips Healthcare
3. mr-smartspeed-science-brief-mr.pdf (philips.com)
4. Materiały własne firmy Philips