



# Kongres RSNA'2022 – sprawozdanie bardzo subiektywne

Ryszard Kowski

Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny im. prof. A. Grucy CMKP, Zakład Diagnostyki Radiologicznej i Obrazowej, ul. Konarskiego 13, 05-400 Otwock,  
e-mail: rkowski@wp.pl

Jak na każdym kongresie RSNA, tak i tym razem dało się odczuć, że jest to najważniejsza radiologiczna impreza na świecie. To tu pokazywane są najnowsze urządzenia obrazujące, to tu, podczas wykładów i prezentacji, najsilniej wy wpływają zarówno najnowsze trendy rozwojowe, jak i najpoważniejsze problemy związane z obrazowaniem medycznym.

Jako że jestem już w latach posunięty, to bardziej rozglądam się za dwoma ostatnimi, powyżej wspomnianymi, aspektami dzisiejszości radiologicznej, niż za nowinkami technicznymi. Jednak na początek przedstawię trzy doniesienia dotyczące aspektów technicznych.

Pierwsze z nich może nie jest tak całkiem „nowalijką”, jednak wnosi sporo nowego powiewu do metod akwizycji obrazu rentgenowskiego. Mówię tu o rejestratorach opartych na licznikach fotonów. Po raz pierwszy z ich zastosowaniem w rentgenodiagnostyce zetknąłem się bezpośrednio przy okazji odwiedzin w szwedzkiej firmie SPECTRA. Było to w 2009 roku, ale już w 2006 brytyjski National Health Service w swoim raporcie nr 06045<sup>1)</sup> opublikował techniczną analizę mammografu SPECTRA MicroDose wyposażonego w licznik fotonów (PCD). Już wtedy okazało się, że ten sposób akwizycji danych wykazuje obiecujące możliwości zarówno od strony redukcji dawek, jak i poprawy parametrów obrazowych. Metoda ta jest zresztą znana od dawna – użyto ją w CERN, w Wielkim Zderzaczu Hadronów.

Liczniki fotonów, w odróżnieniu od paneli scyntylicyjnych, mają kilka zalet:

- lepszą sprawność przetwarzania promieniowania na czytelny sygnał, co skutkuje możliwością zmniejszenia dawki promieniowania,
- możliwość dokładniejszego odwzorowania niewielkich struktur, co skutkuje znacząco lepszą rozdzielczością przestrzenną otrzymany obrazów,
- możliwość selektywnej akwizycji kwantów o wybranym zakresie energii, co umożliwia wykonywanie badań dwu- i więcej-energetycznych bez konieczności wielokrotnej ekspozycji.

Są to zalety trudne do przecenienia. Oczywiście, jak zwykle, jest coś za coś – detektory tego typu są trudne do wytwarzania

i trzeba skutecznie rozwiązać wiele problemów, na przykład niebezpieczeństwo wielokrotnej akwizycji tego samego kwantu rtg. Powoli są one jednak pokonywane i pojawia się coraz więcej doniesień klinicznych o praktycznym zastosowaniu.

Liczniki fotonów, obecnie stosowane w nowych modelach tomografów komputerowych, umożliwiają badania TK dwu-energetyczne przy jednoczesnym znaczącym obniżeniu dawki i zapewnieniu dużej rozdzielczości wysokokontrastowej.

Świadome wykorzystywanie wielu napięć w tomografii komputerowej jest niczym innym jak powrotem do podstawowych zasad wykorzystania parametrów ekspozycyjnych w obrazowaniu rentgenowskim. Przecież praktycznie od samego początku było wiadomo, że aby uzyskać właściwe odwzorowanie struktur anatomicznych na rentgenogramie należy wykorzystać kwanty o energii adekwatnej do różnic gęstości obrazowanych struktur, czyli ustawić właściwą wartość wysokiego napięcia i odpowiednią filtrację.

Potem zachtyśnięcie rewolucją TK, w której sprawność komputerów i wielka liczba danych (uzyskiwanych praktycznie jedną wartością kV) pozwalały na odtworzenie przestrzennego obrazu struktur anatomicznych, co prawda przy wielkiej dawce (żeby była wielka ilość danych), ale jaki obraz! A teraz świadomość skutków działania promieniowania tak masowo i radośnie dostarczanego pacjentom, powoduje, że powoli wracamy do źródeł; że hasłem przewodnim staje się „**IMAGE GENTLY**” – obrazuj delikatnie! Swoją drogą polecam serdecznie wejście na stronę o takiej właśnie nazwie i poczytanie sobie, co myślą radiolodzy stosujący tę właśnie zasadę.

Drugą, ciekawą moim zdaniem, informacją są doniesienia o postępach w unowocześnianiu algorytmów stosowanych w procedurach angiograficznych. Radiologia interwencyjna to dziedzina wiążąca się z największymi (oczywiście poza radioterapią) dawkami dostarczonymi pacjentom. Tu najsilniej spotyka się zasadę wyboru mniejszego zła, bo często są to procedury ratujące życie. Optymalizacja dawki jest tu niezwykle potrzebna. I to dwojakiego rodzaju dawki: zarówno promieniowania jonizującego, jak i nefrotoksycznych środków kontrastujących. Najczęściej są to związki jodu, które, szczególnie u pacjentów



z współistniejącymi chorobami (a takich jest przeważający odsetek wśród wymagających pilnych procedur naczyniowych), mogą wywoływać CIN (Contrast Induced Nephropathy), czyli nefropatie pokontrastowe. Od wielu lat próbuje się stosować inne środki wzmocnienia kontrastowego, ale dają one zdecydowanie gorszej jakości obrazy. Taką metodą jest wykorzystanie dwutlenku węgla. Z natury swojej jest to kontrast ujemny, zatem gorzej kontrastujący obrazy rentgenowskie. Lęk przed błędną oceną stanu pacjenta (wynikającą właśnie z gorszej jakości obrazów) oraz przed ewentualnymi powikłaniami wynikającymi z wprowadzenia gazu do krążenia są przyczyną bardzo rzadkiego wykorzystywania tej metody u pacjentów z podwyższonym zagrożeniem CIN. Prowadzone w ostatnich latach badania dają nadzieję na pokonanie najważniejszych problemów w tym zakresie. Udoskonalone wyposażenie do podawania CO<sub>2</sub> oraz daleko posunięte nowe zalecenia kliniczne w tym zakresie to jedna strona tej ścieżki. Nie tu miejsce na rozważanie aspektów klinicznych.

Przypatrzmy się drugiej stronie.

Wszyscy znamy, co najmniej teoretycznie, a często i z codziennej praktyki, bardzo często wykorzystywaną w obrazowaniu naczyniowym procedurę DSA (digital subtraction angiography). W skrócie polega ona na następującej sekwencji obrazowania:

Obraz struktur anatomicznych (tzw. maska) – podanie środka kontrastującego – obraz tych samych struktur wraz ze środkiem

kontrastującym (tzw. obraz „live”) – odjęcie od siebie tych obrazów i uzyskanie „czystej sieci naczyniowej”, czyli obrazu DSA. Niby proste, ale jest z tym jeszcze sporo kłopotu – eliminacja ruchu, dopasowanie współczynników dla uzyskania właściwego kontrastu itp., itd. W tej metodzie różnica w jakości obrazów uzyskanych przy pomocy środków jodowych i CO<sub>2</sub> jest faktycznie ogromna.

Od paru lat prowadzone są prace nad zastosowaniem innego algorytmu, którego skrót nazwy to DVA (Digital Variance Angiography), czyli Cyfrowa Angiografia Wariancyjna. W tej metodzie wykorzystuje się ruchomość (kinetykę) w dużej serii zarejestrowanych obrazów. Nie używa się maski, ale dla każdego piksela oblicza się parametry ilościowe (przede wszystkim odchylenie standardowe i wariancję sygnału zmieniającego się w zależności od pochłaniania promieniowania w przepływającym środku kontrastującym). Metoda DVA zwiększa różnice w obszarze wzmacnianym kontrastowo.

Daje to zdecydowanie lepszy obraz, o znacząco mniejszym poziomie szumu, niezależnie od zastosowanych środków kontrastujących (związki jodu czy CO<sub>2</sub>). W efekcie można obniżyć dawkę bez utraty jakości obrazu. W niektórych przypadkach dawkę udało się zmniejszyć nawet o 70%! Poprawa jakości obrazowania również dla ujemnego kontrastowania przy pomocy CO<sub>2</sub> to wielka szansa na wykonanie koniecznych procedur wewnątrz-naczyniowych również dla pacjentów z wysokim ryzykiem CIN, bo wyeliminowane są główne wady związane ze stosowaniem dwutlenku węgla. Zaawansowane prace dotyczą przede wszystkim procedur angiograficznych kończyn dolnych, ale uzyskane wyniki dają nadzieję na podobne efekty w innych obszarach naczyniowych.

I wreszcie trzecie techniczne doniesienie – to może drobna rzecz, może już dobrze znana – elastografia metodą fali bocznej do oceny stanu ścięgna Achillesa. Porównano wyniki uzyskane klasyczną metodą USG i elastograficzną. Ich analiza porównawcza pozwoliła stwierdzić zniżej bliższe do faktycznego stanu klinicznego informacje uzyskane tym drugim trybem badania.

A teraz przechodzę do tego bardziej interesującego mnie obszaru, czyli do – jak wspomniałem na początku – trendów rozwojowych i najpoważniejszych problemów.

Temat, który dziś zahacza o wszelkie dziedziny życia i budzi coraz gorętsze emocje. To coś, co przyspiesza w ostatnim czasie w tempie oszałamiającym, a niesie ze sobą tak wiele możliwości, że... strach się bać! Żyjemy naprawdę w „ciekawych czasach”, a pamiętajmy, że w Państwie Środka życzenie komuś, by w takowych żył, było jednak jednym z gorszych przekleństw! Myślę oczywiście o przestrzeni niewyobrażalnie wielkiej i tajemniczej, oznaczonej króciutkim symbolem AI, czyli o sztucznej inteligencji.

To bardzo szerokie pojęcie. Zapewne w wielu miejscach można poczytać o uczeniu maszynowym, o uczeniu głębokim. O mechanizmach wnioskowania... Pompujemy się teorią, myślimy, że coś wiemy... A potem siadamy przed ekranem i nad klawiaturą

reklama

**KOSS**  
**RENTGEN-SERWIS**

**Aparaty RTG**  
**Sprzedż**  
**Dierżawa**  
**Serwis**

**Radiografia**  
**cyfrowa DR**

**RENTGEN-SERWIS Zygmunt Koss Rafał Koss**  
**ul. Kasjopei 8 • 80-299 Gdańsk**  
**e-mail: rentgenserwis@gmail.com**  
**www.koss.net.pl • tel. 603 270 482**



uruchamiamy coś, co określane jest literkami GPT-3 (dlaczego nie Artuditu czy Tripio?). I nagle wpadamy w inny świat. Staramy się zadać jak najtrudniejsze pytanie problemowe albo poprosić o wiersz na temat czy impresję malarską... A to coś odpowiada, tworzy... Wypróbowałem. I, powiem szczerze, przestraszyłem się! Nie, nie tego, że mnie „to coś” zastąpi. Ale tego, co nastąpi!

Dość. Najpierw słów parę o jasnych jej stronach. Na pewno możemy spodziewać się sporej pomocy w, choćby, analizie obrazu i wskazywaniu miejsc godnych wzmożonej uwagi. To programy typu CADg – Computer Assisted Diagnosis czy CADt – Computer Aid Detection. To już od dawna znane wspomaganie na przykład w przesiewowych badaniach mammograficznych. Powstała również cała dziedzina, zwana z polską radiomiką, czy po angielsku radiomics. Tu jeszcze nie ma uczenia głębokiego. To „dopiero tylko” uczenie maszynowe. A co to jest? Na przykład na podstawie obrazów TK i MR próba wnioskowania o zależności rokowań od podjętych działań... Czyli ogólniej: wydobywanie z obrazów medycznych dużej ilości cech, zwanych radiometrycznymi, których wzajemna konfiguracja może być podstawą wnioskowania o potencjalnym rozwoju procesu rozrostowego. Oczywiście wymaga to bardzo zaawansowanego procesu tworzenia odpowiednich algorytmów. W uproszczeniu przypominać to może tresurę zmuszającą zwierzę do określonej reakcji na konkretny, niedostrzegalny dla obserwatora, układ gestów.

Innym przykładem może być (tu już po zastosowaniu głębokiego uczenia) prognozowanie poważnych incydentów kardiologiczno-naczyniowych jedynie na podstawie radiografii klatki piersiowej i, dalej jedynie na podstawie tegoż zdjęcia, wskazywanie pacjentów, u których powinny być zastosowane działania prewencyjne (np. farmakoterapia). Są to na razie doniesienia wstępne, oparte o tysiące przypadków zweryfikowanych danymi biochemicznymi i hemodynamicznymi, a do osiągnięcia zadowalającego poziomu zaufania potrzeba materiału liczącego miliony obrazów, ale jedynie kwestią czasu jest uzyskiwanie, jedynie na podstawie cyfrowej analizy obrazu, liczbowego wyniku dostarczającego zarówno informacje diagnostyczne, jak i prognostyczne, mające znaczenie zarówno dla pacjenta, jak i lekarza.

Skoro tak, skoro wystarczy analiza radiomikowa lub głębsza obrazu, to może wykorzystać ogromne ilości danych elektronicznych, które od 30 lat spoczywają w archiwach szpitalnych na całym świecie? Przecież to ogromny materiał, w którym są zawarte zarówno informacje obrazowe, jak i dalsza historia zdrowotna pacjentów, którzy byli obserwowani przez co najmniej dziesięcioletnie okresy. I takie prace są rzeczywiście prowadzone. W jednej z dużych organizacji leczniczych, dysponującej bogatym archiwum dziesiątków tysięcy pacjentów, rozpoczęto działania w celu znalezienia cech radiomicznych, na podstawie których można przewidzieć, które torbiele trzustki przerodzą się w złośliwe nowotwory. Taka możliwość predykcji na podstawie analizy obrazu USG pacjenta dałaby nadzieję na uratowanie wielu istnień ludzkich. Wyniki na początku prac były bardzo obiecujące. Sztuczna inteligencja, trenowana tworzoną przez

zespół ekspertów algorytmami, znalazła kilka zestawów cech wydających się dawać asumpt do wnioskowania o ich decydującym znaczeniu. By uwiarygodnić i doprowadzić do właściwego poziomu ufności program, trzeba było dołączyć archiwa z innych jednostek i organizacji ochrony zdrowia, by potwierdzić trafność określenia znalezionych cech radiomicznych. I tu zaczęły się pojawiać problemy. Zespół musiał wybrać słowa, którymi badający pacjenta radiolodzy określali typy torbieli. Trzeba było stworzyć algorytm i znowu przywołać AI, by przetwarzała język naturalny tak, by dało się wyodrębnić odpowiednie grupy pacjentów. Spotkało się to z barierą różnorodności trudną do pokonania. Nawet tam, gdzie część informacji była kodowana, nie było lepiej.

Z tym samym problemem borykamy się i u nas, gdy podejmowane są próby np. zautomatyzowania rejestracji pacjentów na poszczególne procedury (np. TK czy MR). Oczywiście to nie ten cel wykorzystania danych i jedynie ich ułamkowy zakres, ale problem jest ten sam: brak jednolitego kodowania. Również w Stanach Zjednoczonych stwierdzono, że sposób, w jaki są kodowane i archiwizowane dane elektronicznej dokumentacji medycznej, jest bardziej zgodny z systemami rozliczeń, niż z precyzyjnym określeniem patologii. To jest główna przyczyna, z powodu której dane w różnych systemach szpitalnych są nieporównywalne. U nich w systemach archiwalnych, u nas w funkcjonujących aktualnie. Brak standardów i słowników ujednolicających zarówno nazewnictwo procedur i cech opisowych wyników badań czyni utopijnymi próby stworzenia jednolitych systemów automatycznej rejestracji. To u nas. Brak takich standardów w archiwach jest przyczyną ogromnych trudności w ich wykorzystaniu do tworzenia procedur AI. Tworzenie algorytmów przetwarzających mowę potoczną w jednolity zapis stanu pacjenta jest niezwykle trudne, ale dopiero to pozwoli na pełne wykorzystanie archiwów.

I tu dochodzimy do zagrożeń niesionych przez próby codziennego wykorzystania AI. Firmy tworzące pogramy CADt mnożą się jak grzyby po deszczu. Na rynek wypuszczane są coraz nowsze produkty wspomagające pracę diagnostów czy klinicystów. Brak jest jednak narzędzi i systemów ich weryfikacji. Przecież nawet gdy będzie prawidłowe działanie takiego programu w jednej jednostce – nie świadczy to, że trochę inaczej dostarczone, skonfigurowane lub sformułowane dane pacjenta w innej, pozwolą na uzyskanie równie wiarygodnych wniosków. Brak jest jednoznacznych cech wskazujących, na jakim poziomie zaufania „do maszyny” powinien zatrzymać się stosujący ją lekarz.

Jedno z ważnych w dyskusji o AI doniesień zajęło się dopuszczonymi przez FDA programami wspomagającymi detekcję (CADt) krwawień wewnątrzczaszkowych. Przyjętym obecnie standardem ich wykrywania jest tomografia komputerowa głowy bez wzmocnienia kontrastowego i interpretacja uzyskanych obrazów przez radiologa. FDA wydało zgodę na podstawie retrospektywnej oceny skuteczności tych programów w zakresie wykrywania i segregacji krwawienia śródczaszkowego w kilku wybranych ośrodkach.




Obecnie programy te stosowane są już praktycznie w wielu miejscach w US. Przedmiotem referowanych prac było przeanalizowanie ich wpływu na dokładność diagnostyczną lub skrócenie czasu uzyskania odpowiedzi i stwierdzono, że oceny retrospektywne podatne są na stronniczość oraz przyjęcie założeń, które nie sprawdzają się w rzeczywistym środowisku praktyki lekarskiej. Wykonano zatem w wielu typach jednostek ochrony zdrowia badania prospektywne i stwierdzono, że realna zdolność systemów CADt w dużym stopniu zależy od metod ich wdrożenia, a w większości miejsc nie stwierdzono poprawy ani trafności rozpoznań, ani skrócenia czasu ich uzyskania. Zalecany jest zatem wysoki stopień sceptycyzmu zarówno przy wyborze dostawców, jak i przy stosowaniu tego typu programów. Okazało się, że radiolog z dostateczną wiedzą i doświadczeniem jest lepszy niż programy AI. Przynajmniej w tym obszarze klinicznym. Bo na przykład w ocenie mammograficznych badań przesiewowych wspomaganie programami typu CADt ma znaczący wpływ, a skuteczność wspomagania porównywalna jest z efektami osiąganymi poprzez „double reading”.

I na zakończenie krótkie podsumowanie panelu dyskusyjnego, który przeprowadzono pod hasłem: **niezależnie od tego, czy chodzi o sztuczną inteligencję, diagnostykę wspomaganą komputerowo (CAD) czy głębokie uczenie się, stale rosnąca złożoność technologiczna obrazowania medycznego oznacza, że współpraca między radiologami a fizykami w obszarze obrazowania medycznego jest ważniejsza niż kiedykolwiek.**

Współpraca i działanie w zespołach multidyscyplinarnych znacząco wpływa na jakość opieki nad pacjentem, trafność

diagnoz i stosowanego leczenia. Dzięki tej współpracy zauważalny jest znaczący rozwój metod obrazowania, jak i optymalizacja oceny uzyskiwanych obrazów. Widać to praktycznie w każdej dziedzinie obrazowania, a szczególnie wyraźnie na przykładzie mammograficznych badań przesiewowych czy w procedurach tworzonych na potrzeby walki z COVID-19. Podczas dyskusji stwierdzono, że dalsza, coraz bardziej intensywna, współpraca jest nieodzowna, bo postęp techniczny i nowe wyzwania (w tym wkraczanie szeroką falą AI) stanowią coraz poważniejsze wyzwanie.

A ja na zakończenie tego subiektywnego przeglądu pozwolę sobie na odniesienie do naszego polskiego świata radiologii. W najbliższych latach czekają nas, fizyków i inżynierów działających w obszarze obrazowania medycznego, nie tylko zadania, o których wspomniano podczas panelu dyskusyjnego streszczonego w poprzednim akapicie. Czekają nas dużo poważniejsze zadania, niż naszych kolegów działających „za wielką wodą”. Tam już dawno świadomość potrzeby i zasad optymalizacji w obrazowaniu z wykorzystaniem promieniowania jonizującego jest uświadomiona i wdrożona. W Polsce jesteśmy na samym początku tej ścieżki i zadania, jakie stoją przed fizykami i inżynierami, są dużo większe i poważniejsze, niż większość z nas sobie uświadamia. Nie będzie lekko! 

## Piśmiennictwo

1. Report 06045 Full Field Digital Mammography Systems Sectra MicroDose August 2006.

reklama



**WWW.XRAYINSPECTOR.PL**  
**TEL.: 515 26 88 22**  
**BIURORTG@GMAIL.COM**

-  Projekty Osłon Stałych
-  Pomiary mocy dawki promieniowania rentgenowskiego / Pomiary osłon stałych
-  Nadzór IOR / Konsultacje

  @XRAYINSPECTOR