

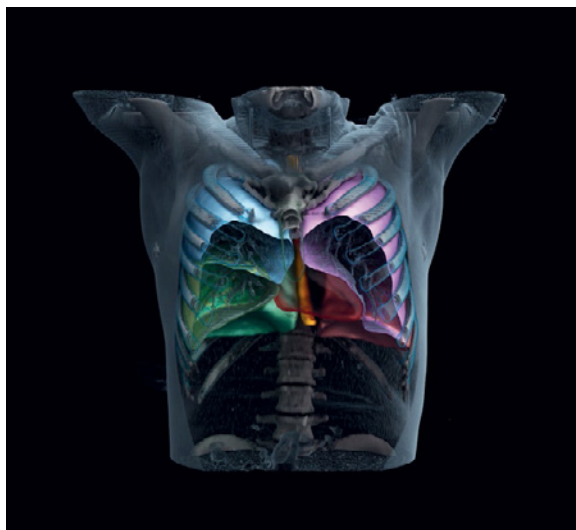
AI-Rad Companion Organs RT firmy Siemens Healthineers – korzyści wynikające z automatycznego konturowania wspomagane go sztuczną inteligencją

Marcin Dębiński, Łukasz Kliszcz

Siemens Healthineers

Automatyczne konturowanie w leczeniu nowotworów

W ciągu ostatnich kilku lat wzrosła zachorowalność na raka, a co za tym idzie – zwiększeniu uległa również liczba pacjentów poddawanych radioterapii (RT). Aż dwie trzecie wszystkich pacjentów z chorobą nowotworową wymaga radioterapii w trakcie jej trwania¹.

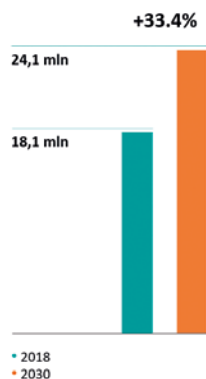


Ryc. 1 Wizualna reprezentacja działania systemu

Każdy pacjent trafiający na oddział radioterapii wymaga planu leczenia. Pierwszym, niezbędnym krokiem w procesie planowania leczenia jest konturowanie narządów krytycznych. Powoduje to coraz większe obciążenie personelu oddziału radioterapii. Co równie ważne, należy także zapewnić wysoką jakość konturowania, by planowanie leczenia pacjentów onkologicznych było efektywne.

¹ RTAnswers.com, <https://www.rtanswers.org/What-is-Radiation-Therapy>, accessed July, 2020.

Liczba nowych przypadków na świecie²



Do 2/3 chorych na raka otrzymuje radioterapię³

66%



Ryc. 2 Statystyki dotyczące nowotworów oraz prognozowana zachorowalność
Źródło: ²International Agency for Research on Cancer, <https://gco.iarc.fr/tomorrow/home>, accessed July, 2020. ³RTAnswers.com, <https://www.rtanswers.org/What-is-Radiation-Therapy>, accessed July, 2020.

Postęp w dziedzinie technologii i sztucznej inteligencji może potencjalnie przyczynić się do automatyzacji powtarzalnych zadań, takich jak konturowanie zagrożonych narządów. Celem jest zmniejszenie obciążenia pracą, zaoszczędzenie czasu i standaryzacja badań przy pomocy algorytmów opartych na sztucznej inteligencji.

Wyzwania związane z konturowaniem narządów krytycznych (Organs At Risk, OAR)

W wielu placówkach prowadzących radioterapię konturowanie narządów krytycznych jest wykonywane ręcznie, co angażuje cenne zasoby kadrowe. Zadanie to jest kosztowne i czasochłonne. Dodatkowo konturowanie często wykonują różne osoby, co może utrudniać osiągnięcie spójnych wyników. Niezbędne jest również przeszkolenie operatorów w zakresie wspólnych wytycznych dotyczących konturów. Biorąc pod uwagę kwestie kadrowe,



Ryc. 3 Ręczne konturowanie to czasochłonny proces wymagający znacznego wysiłku, który często prowadzi do znacznej niespójności pomiędzy użytkownikami podczas procesu planowania radioterapii
 Źródło: Własne.

takie jak wysokie wskaźniki rotacji, konturowanie narządów krytycznych jest w dalszym ciągu wyzwaniem dla wielu placówek.

Aby sprostać tym wyzwaniom, w ostatniej dekadzie wprowadzono różne rozwiązania służące do automatycznego konturowania. Niestety wyniki dostarczane przez te narzędzia często nie są klinicznie użyteczne dla specjalistów w dziedzinie radioterapii, co powoduje, że niezbędna jest znaczna korekta lub ponowny obrys konturów.

Czym jest AI-Rad Companion Organs RT?

AI-Rad Companion Organs RT to rozwiązanie oparte na sztucznej inteligencji, które umożliwia automatyczne konturowanie narządów krytycznych.

Obrazy uzyskane w tomografii komputerowej są przesyłane do przetworzenia w AI-Rad Companion Organs RT. Wyniki RTSTRUCT (DICOM) mogą być następnie wysyłane bezpośrednio do systemu planowania leczenia lub przeglądane w interfejsie AI-Rad Companion Organs RT.

Narzędzie AI-Rad Companion Organs RT umożliwia konturowanie narządów krytycznych za pomocą algorytmów głębokiego uczenia (AI) dla różnych obszarów ciała, w tym głowy i szyi, klatki piersiowej, brzucha i miednicy. Rozwiązanie to pozwala również

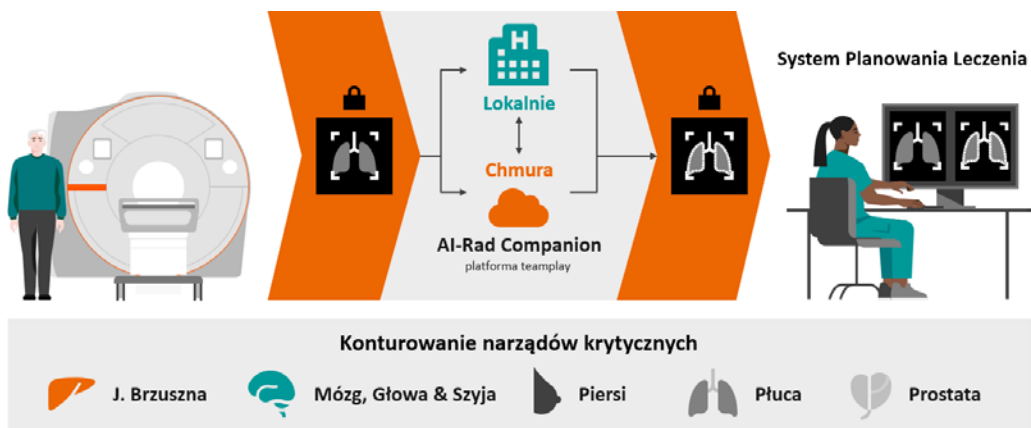
na stosowanie konfiguracji szablonów narządów, które można dostosować do protokołów danej placówki, by zaoszczędzić czas i poprawić standaryzację w przepływach pracy klinicznej.

Jakie są kluczowe korzyści konturowania przy wykorzystaniu AI-Rad Companion Organs RT?

Narzędzie AI-Rad Companion Organs RT wykorzystuje algorytmy sztucznej inteligencji (AI) przy wykonywaniu konturu zagrożonych narządów, co zapewnia wysoką jakość konturu i umożliwia standaryzację. Dzięki temu personel może mieć więcej czasu na wykonywanie innych zadań, a przepływ pracy związany z planowaniem radioterapii staje się prostszy.

Lokalne doświadczenia oraz informacje przedstawione przez Zakład Radioterapii Siedleckiego Centrum Onkologii wskazują na pozytywne rezultaty wdrożenia systemu AI-Rad Companion Organs RT do pracy klinicznej. Jak mówi mgr Bartosz Weinert z Pracowni Fizyki Medycznej:

„Wprowadzenie sztucznej inteligencji do procesu konturowania narządów krytycznych wydaje się przyspieszać i usprawniać cały proces planowania leczenia. Korzyści, takie jak

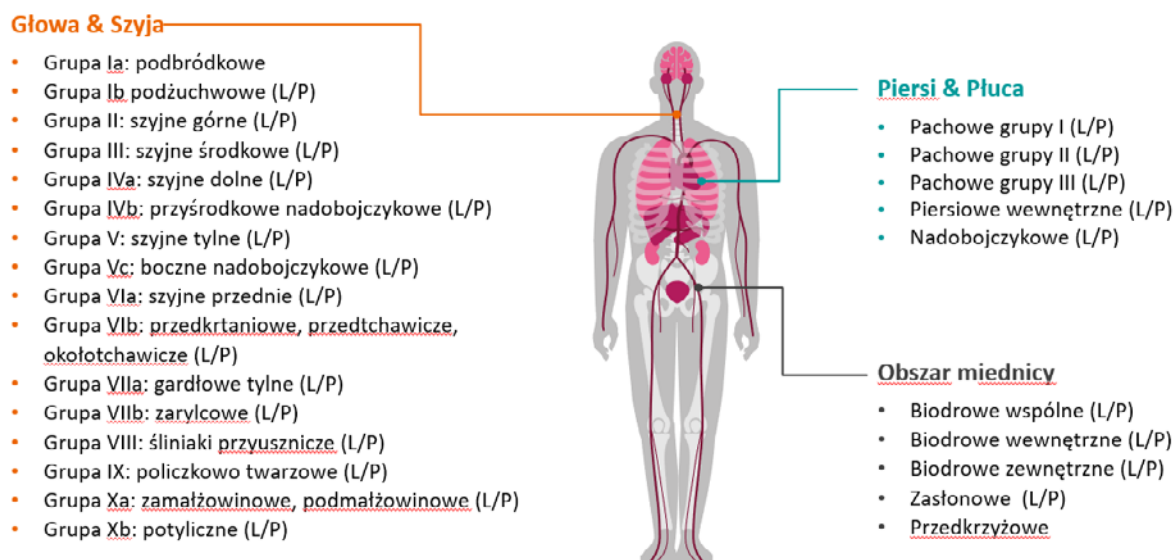
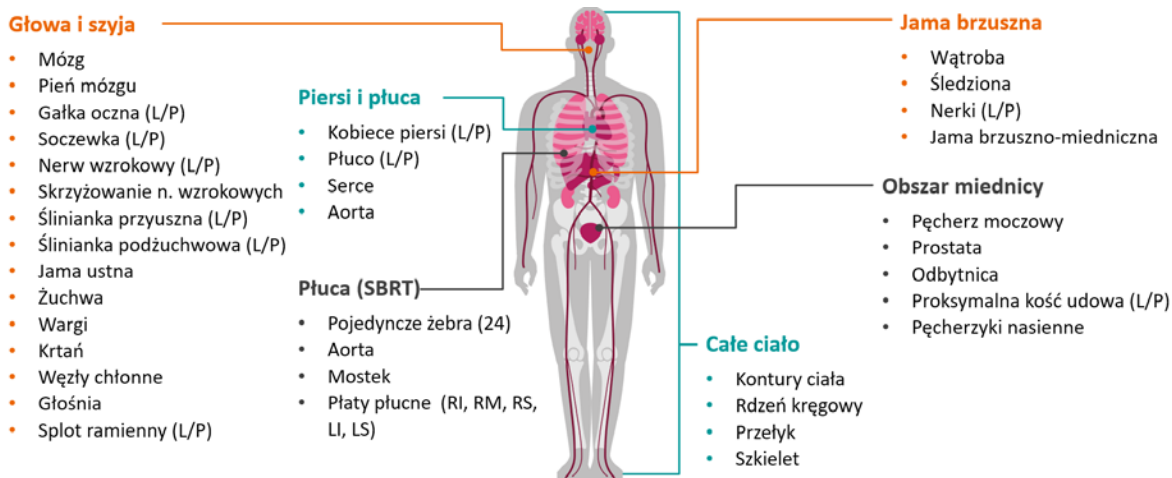


Ryc. 4 Narzędzie AI-Rad Companion Organs RT bezproblemowo integruje się ze środowiskiem szpitalnym
 Źródło: Własne.

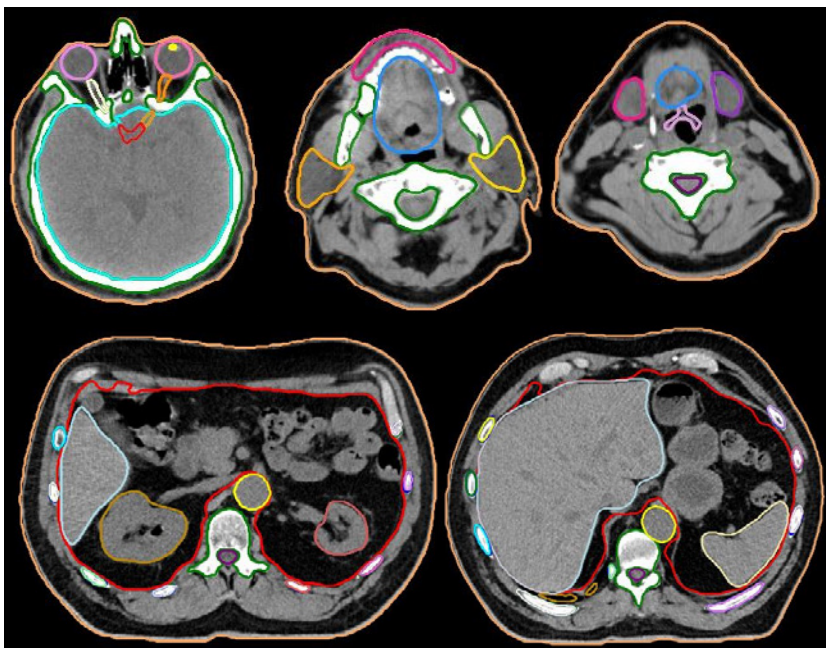
ułatwienie konturowania węzłów chłonnych w miednicy i okolicy głowy i szyi, mają istotne znaczenie w precyzyjnym wyznaczeniu obszarów do napromieniania. Stworzenie standardowych template'ów dla nazw i konturowanych narządów krytycznych w różnych lokalizacjach pomaga w unifikacji procedur i zapewnia spójność w pracy zespołu. Automatyczny proces przesyłania struktur do systemu planowania leczenia, bezpośrednio z tomografu komputerowego przez chmurę teamplay do systemu planowania leczenia, dodatkowo przyspiesza cały proces. To podejście



umożliwia szybkie uzyskanie gotowych konturów narządów krytycznych, co z pewnością wpływa na efektywność pracy i skraca czas oczekiwania na plan leczenia. Ważne jest również podkreślenie, że mimo automatyzacji procesu istnieje etap weryfikacji i ewentualnej korekty przez elektroradiologa oraz audytu przez lekarza radioterapeutę, co zapewnia bezpieczeństwo i wysoką jakość uzyskiwanych wyników. Podejście hybrydowe, łączące automatyzację z ludzką weryfikacją, może być kluczowym czynnikiem sukcesu we wdrażaniu nowych technologii w dziedzinie radioterapii”.



Ryc. 5 Przegląd części ciała i obszarów nowotworowych, które są obsługiwane przez narzędzie AI-Rad Companion Organs RT
Źródło: Własne.



Ryc. 6 Przykładowa wizualizacja konturów. Przedstawione narządy są oparte na wybranym szablonie narządu
 Źródło: Dzięki uprzejmości Nordstrahl, Praxis für Strahlentherapie, Norymberga, Niemcy.

Studium przypadku – badania przeprowadzone przez Centrum Onkologii CCGM Montpellier we Francji

W celu przeanalizowania automatycznych konturów i działania sztucznej inteligencji przy pomocy narzędzia AI-Rad Companion Organs RT przeprowadzono ocenę kliniczną we współpracy z Centre de Cancerologie du Grand Montpellier (CCGM) - centrum radioterapii i onkologii działającym w południowym regionie Francji. Badanie zostało przeprowadzone w ciągu pięciu miesięcy.

Celem oceny klinicznej było potwierdzenie, że wyniki automatycznego konturu są zgodne z oczekiwaniami CCGM dotyczącymi funkcjonalności narzędzia AI-Rad Companion Organs RT w trzech kluczowych obszarach:

- Oszczędność czasu dzięki zautomatyzowanemu konturowaniu narządów krytycznych
- Wysokiej jakości standaryzacja konturowania narządów krytycznych przy pomocy algorytmów opartych na działaniu sztucznej inteligencji
- Uproszczenie przepływów pracy klinicznej poprzez automatyczne dostarczanie konturów narządów krytycznych do systemu planowania leczenia (TPS).

„Automatyczne kontury umożliwiają zwiększenie precyzji, co jest bardzo korzystne dla pacjentów”⁴.

⁴ Wypowiedzi cytowane w niniejszym dokumencie są wypowiedziami prof. Muraro. Opisane tu oświadczenia klientów firmy Siemens Healthineers opierają się na wynikach osiągniętych w placówce danego klienta.

Zautomatyzowane kontury wygenerowane przez narzędzie AI-Rad Companion Organs RT zostały ocenione przez dwóch doświadczonych, dyplomowanych klinicystów (lekarza i fizyka). Uzgodniono, że przeprowadzone zostanie badanie, w którym klinicyści przeanalizują obrysy wygenerowane przez narzędzie AI-Rad Companion Organs RT w obrębie głowy i szyi, klatki piersiowej (piersi/płuco), brzucha, miednicy (mężczyzna/kobieta) i porównają je z obrysami wygenerowanymi przez wykwalifikowany personel zgodnie z aktualnymi standardowymi procesami klinicznymi CCGM, a następnie prześlą informacje zwrotne.

Do oceny obrysów wygenerowanych przez narzędzie AI-Rad Companion Organs RT zastosowano 4-punktową skalę:

- Ocena 4 oznaczała, że obrys jest przydatny klinicznie
- 3 – obrys wymaga niewielkiej edycji
- 2 – obrys wymaga większej edycji
- Ocena 1 oznaczała, że konieczne jest powtórzenie konturu.

Skala ta została zastosowana w celu uproszczenia klasyfikacji obrysów. Aby ocenić oszczędności czasu, porównano czas niezbędny do wykonania ręcznego konturu zagrożonych narządów (OAR) w próbnym zestawie przypadków. Czas ten był mierzony przez klinicystów biorących udział w przeprowadzeniu tej oceny.

„Funkcja automatycznego konturowania w narzędziu AI-Rad Companion Organ RT odmienia naszą pracę jako klinicystów”.

„Typowy” szpital lub laboratorium nie istnieje i jest wiele zmiennych (np. wielkość szpitala, rodzaje próbek, oferta zabiegów, poziom informatyzacji i/lub automatyzacji), dlatego też nie ma żadnej gwarancji, że inni klienci osiągną takie same wyniki.

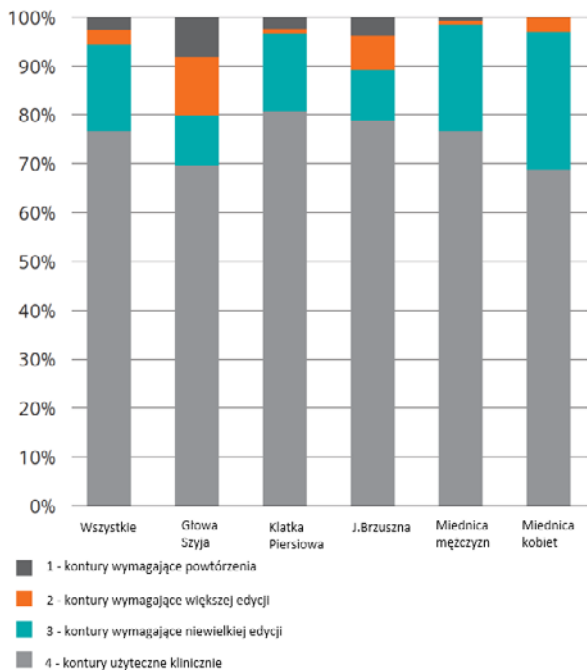
Dozwolone były ręczne narzędzia do konturu, takie jak interpolacja. Czasy te zostały następnie porównane z czasem wykonania zautomatyzowanego konturowania – na tej podstawie oszacowano oszczędność czasu.

Badania przeprowadzone przez Centrum Onkologii CCGM Montpellier – wyniki oraz dyskusja

Jak pokazano na poniższym rysunku, spośród konturów wygenerowanych dla wszystkich regionów łącznie przez narzędzie AI-Rad Companion Organs RT i ocenionych przez Centrum Onkologii CCGM (N = 55), 77% wygenerowanych obrysów nie wymagało edycji i było przydatnych klinicznie (ocena = 4). 95% wygenerowanych konturów było przydatnych klinicznie lub wymagało niewielkiej edycji (oceny 4 i 3).

Ocenę przekraczającą 95% uzyskano dla obszarów klatki piersiowej oraz męskiej i żeńskiej miednicy, gdzie obrysy były przydatne klinicznie lub wymagały jedynie niewielkiej edycji.

Tylko maksymalnie 7-8% obrysów wygenerowanych dla wszystkich narządów objętych tym badaniem zostało ocenionych jako wymagających powtórzenia (ocena = 1).



Ryc. 7 Ocena konturów
Źródło: Własne.

AI-Rad Companion jako narzędzie do automatycznego konturowania

Narzędzie AI-Rad Companion Organs RT ma na celu rozwiązanie problemu pracochłonnej i czasochłonnej segmentacji narządów krytycznych, która wymaga wyników o wysokiej jakości umożliwiających optymalne planowanie radioterapii. Dzięki zastosowaniu algorytmu uczenia głębokiego, AI-Rad Companion Organs RT sprawnie wykonuje automatyczne kontury, dostarczając dane wyjściowe dla systemu planowania leczenia w postaci zestawu plików w formacie DICOM RT (RTSTRUCT).

Ogólnie rzecz biorąc, w badaniu CCGM uzyskano akceptowalne wyniki automatycznego konturowania narządów krytycznych przy pomocy AI-Rad Companion Organs RT. Jak wynika z oceny specjalistów dokonujących adnotacji, blisko 77% obrysów narządów nie wymagało modyfikacji, a 95% obrysów narządów zostało zaliczonych do przydatnych klinicznie lub wymagających niewielkiej edycji.

Rozwiązanie AI-Rad Companion Organs RT obsługuje w pełni zautomatyzowany przepływ pracy i umożliwia zaoszczędzenie czasu oraz zwiększenie standaryzacji. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu algorytmów opartych na sztucznej inteligencji przy wykonywaniu wysokiej jakości konturowania narządów krytycznych. Wygenerowana w ten sposób oszczędność czasu sprawia, że klinicyści mogą się skoncentrować na innych zadaniach klinicznych.

Piśmiennictwo

1. A. Nambu i in.: *Rib fracture after stereotactic radiotherapy for primary lung cancer: prevalence, degree of clinical symptoms, and risk factors* [Złamanie żeber po radioterapii stereotaktycznej w pierwotnym raku płuca: częstość występowania, nasilenie objawów klinicznych i czynniki ryzyka], *BMC cancer*, 13(1), 2013, 68.
2. American Cancer Society [Amerykańskie Towarzystwo Onkologiczne], www.cancer.org.
3. International Agency for Research on Cancer [Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem], <https://gco.iarc.fr/tomorrow/home>, dostęp: lipiec 2020 roku.
4. RTAnswers.com, <https://www.rtanswers.org/What-is-Radiation-Therapy>, dostęp: lipiec 2020 roku.
5. F.C. Ghesu i in.: *Multi-scale deep reinforcement learning for real-time 3D-landmark detection in CT scans*, [Wieloskalowe uczenie głębokie ze wzmocnieniem do wykrywania w czasie rzeczywistym punktów orientacyjnych 3D na skanach TK], *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 41(1), 2017, 176-189.
6. D. Yang D i in.: *Automatic Liver Segmentation Using Adversarial Image-to-Image Network* [Automatyczna segmentacja wątroby przy użyciu sieci przeciwstawnej], *Amerykański wniosek patentowy nr 15/877,805*, 2018.