

## ZAKRES TEMATYCZNY KONKURSU<sup>1</sup>

### Uprawniony:

Główny Urząd Miar (GUM)

### Tytuł tematu badawczego:

Wyznaczanie granic ośrodków o różnej gęstości w radiografii przemysłowej oraz w przemysłowej tomografii komputerowej dla celów precyzyjnego wyznaczania objętości.

### Cel projektu:

Celem projektu jest opracowanie rozwiązania pozwalającego na dokładny pomiar kształtu i wyznaczenie objętości zamkniętych obiektów w oparciu o wykorzystanie przemysłowej radiografii (PR) i tomografii komputerowej (TK) w procesie pomiaru automatycznego wspomaganego metodami wizji komputerowej.

Rozwiązanie znajdzie zastosowanie w badaniach naukowych (budowa i badanie komór jonizacyjnych klasy wzorców pierwotnych oraz wtórnych w GUM, w innych NMI (Narodowych Instytucjach Metrologicznych) oraz firmach zajmujących się produkcją dawkomierzy promieniowania), a także w rozwiązaniach przemysłowych (kontrola stopnia napełnienia puszek aerozolowych przez okręgową administrację miar i producentów).

### Produkty projektu:

Oczekiwany rezultatem zamawianego projektu jest narzędzie informatyczne, bazujące na metrologii aplikacyjnej oraz sztucznej inteligencji w wyznaczaniu objętości komór jonizacyjnych oraz puszek aerozolowych na podstawie obrazowania przemysłowej radiografii (PR) i tomografii komputerowej (TK), w celu umożliwienia analizy kształtu elementów składowych obiektów zamkniętych w przypadkach, w których pomiar kształtu tradycyjnymi metodami (np. maszyna współrzędnościowa) nie jest możliwy z uwagi na niemożność otwarcia obiektu, jego małe rozmiary bądź skomplikowany kształt.

Głównymi funkcjonalnościami projektowanego rozwiązania będzie predykcja objętości komór jonizacyjnych oraz zawartości puszek aerozolowych, umożliwiona za pośrednictwem dedykowanej platformy w formie aplikacji internetowej. Rozwiązanie musi spełnić określone wymogi co do dokładności predykcji zweryfikowane na wyselekcjonowanym zbiorze danych.

### Oczekiwane produkty to:

1. Opracowanie zbiorów danych obrazowania metodą przemysłowej tomografii komputerowej służących do trenowania modeli uczenia maszynowego z uwzględnieniem informacji o rzeczywistych wymiarach elementów o różnych gęstościach w ramach badanych obiektów. Obiekty wymagane do stworzenia

---

<sup>1</sup> Wyniki prac realizowanych w ramach poszczególnych faz zostały sprecyzowane w Załączniku nr 13 do Regulaminu konkursu, tj. Wytyczne dot. efektów realizacji kolejnych faz w poszczególnych tematach z zakresu tematycznego konkursu.

- niniejszych zbiorów danych w trakcie realizacji projektu zostaną dostarczone przez Główny Urząd Miar. Wymagane jest utworzenie treningowych i testowych zbiorów danych dla komórek jonizacyjnych oraz pojemników aerozolowych wraz z informacją o oczekiwanej wartości predykcji objętości.
2. Opracowanie modeli i algorytmów wykorzystujących narzędzia sztucznej inteligencji (metod uczenia maszynowego, w tym potencjalnie sieci neuronowych) do wyznaczania wymiarów i kształtu elementów o różnych gęstościach badanego obiektu.
    - a. W kontekście zdefiniowanego problemu, oczekiwane rozwiązanie w postaci rozwiązania będącego w stanie dokonać segmentacji elementów o różnej gęstości jest oparte o uczenie nienadzorowane (segmentacja elementów składowych obiektu zamkniętego na podstawie informacji o ilości elementów montażowych w zbiorze danych).
    - b. Na podstawie mapy segmentacji elementów, rozwiązanie jest w stanie wyznaczyć i zaprezentować ich wymiary (a także objętość).
    - c. Wymaganą dokładność w wyznaczaniu objętości:
      - i. poniżej 0,4% w przypadku wyrobów aerozolowych;
      - ii. poniżej 0,1% w przypadku detektorów promieniowania.
    - d. Czas wykonania predykcji dla danego obiektu nie powinien przekraczać 30 sekund. Przyjęte założenie oparte zostało na umożliwieniu wykorzystania zaawansowanych rozwiązań architektonicznych, jednocześnie nie wykluczając integracji rozwiązania w przemysłowych systemach kontroli jakości.
  3. Opracowanie rozwiązania w formie narzędzia informatycznego – ogólnodostępnej platformy w postaci aplikacji webowej.
    - a. Główne funkcjonalności systemu umożliwiają przeprowadzanie analiz obrazowania CT nowych obiektów z wykorzystaniem powyższych modeli.
    - b. Narzędzie powinno udostępniać funkcjonalności za pośrednictwem graficznego interfejsu użytkownika (GUI) a także poprzez dedykowane usługi sieciowe umożliwiające integrację zewnętrznych narzędzi w celu uzyskania predykcji.
    - c. Narzędzie powinno integrować mechanizmy kontroli dostępu na podstawie upoważnionych kont oraz autoryzowanego dostępu do interfejsu programistycznego aplikacji.
  4. Dokumentację modeli uczenia maszynowego wraz z informacją dot. użytych algorytmów, zdefiniowanej funkcji kosztu, parametryzacji rozwiązania oraz sposobu przetwarzania danych obrazowych (np. przekształcenia, normalizacja, rozszerzenie zbioru danych). Wyniki testów wydajnościowych i jakościowych dla wytrenowanych modeli.
  5. Dokumentację systemu oraz instrukcję wdrożenia systemu uwzględniającą niezbędne informacje dotyczące konfiguracji oprogramowania na nowych środowiskach oraz wyniki testów wydajnościowych.

**Korzyści:**

- Poprawa dokładności i zmniejszenie niepewności pomiarowej wyznaczenia objętości dla istniejących i powstających w przyszłości wzorców pierwotnych. W konsekwencji poprawa wyników uzyskiwanych w pomiarach kluczowych i międzynarodowych.
- Zwiększenie dokładności i zmniejszenie niepewności w procesie wzorcowania dawkomierzy wykorzystywanych w radioterapii i ochronie radiologicznej.
- Rozwój nowoczesnych technologii i stymulowanie rozwoju metrologii, w szczególności w obszarach zaawansowanych technik pomiarowych i technologii cyfrowych w metrologii.
- Poprawa leczenia pacjentów onkologicznych z wykorzystaniem radioterapii.
- Wzmocnienie pozycji polskiej metrologii wobec partnerów zagranicznych.
- W obszarze przemysłu możliwe będzie wykorzystanie tych metod do precyzyjnego wyznaczania objętości różnych materiałów oraz do kontroli jakości produktów.
- W obszarze medycyny możliwe będzie zastosowanie tych metod do usprawnienia terapii oraz do analizy nieprawidłowości na obrazowaniu medycznym.
- W obszarze nauk ścisłych możliwe będzie wykorzystanie tych metod do badania struktur i właściwości różnych materiałów oraz do tworzenia modeli obiektów.

## **FAQ – Pytania i odpowiedzi do VII konkursu INFOSTRATEG**

**Jaki jest zakres rozmiarów badanych obiektów?**

Wymiary obszaru zainteresowania to: od 50 cm x 50 cm x 50 cm do 0,1 cm x 0,1 cm x 1 cm.

Przewidziany zakres rozmiarów badanych obiektów to:

- w zakresie pomiarów puszek aerozolowych – maksymalny rozmiar puszek to 50 cm.
- w zakresie pomiarów komór jonizacyjnych maksymalny rozmiar to 10 cm.
- minimalna wielkość obiektów to 0,5 cm.

Podane różnice w rozmiarach wynikają z faktu, że obiekty mają też obudowy, które są większe od objętości mierzonej.

**Jak dokładność podana w Regulaminie konkursu (0,1% oraz 0,4%) przekłada się na liczbę wokseli?**

Z doświadczenia GUM z detektorami promieniowania wynika, że może dochodzić do powstawania błędów rzędu 1%. Głównie jest to widoczne dla detektorów o objętości poniżej 0,5 cm<sup>3</sup>. W przypadku aerozoli przekłada się na 0,3%, pod warunkiem dużej różnicy gęstości obiektów, np. stal-woda, stal-polietylen. Wielkość woksela oraz ich liczba przekłada się na dokładność. Przy rozmiarach woksela 0,25 mm błąd wynosił do 1%, zaś w przypadku woksela 0,1 mm błąd otrzymywany przez GUM był na poziomie 0,1%. Należy pamiętać, że głównie będziemy mieć do czynienia z obiektami małymi w przypadku detektorów promieniowania - max. 100 cm<sup>3</sup> dla Ochrony Radiologicznej, zaś 0,1 cm<sup>3</sup> dla radioterapii. Wyroby aerozolowe to objętości do 1000 ml.

**Czy badanie powinno obejmować obraz 3D czy 2D?**

Badanie powinno obejmować obraz zarówno 2D, jak i 3D.

**Czy dysponowanie tomografem przemysłowym jest warunkiem krytycznym przystąpienia do konkursu, czy tomograf komputerowy spełniający oczekiwaną dokładność wyników również będzie wystarczający?**

Dysponowanie tomografem przemysłowym jest konieczne. Tomograf ten musi odpowiadać wymogom i kryteriom dokładności ustalonych w dokumentacji konkursowej.

**Czy zostaną określone jednoznaczne warunki przeprowadzenia badań tomografem obiektów wyznaczonych, czy mogą być wskazane przez Zamawiającego różne warunki, co wpłynie na ilość wykonanych badań? Czy na potrzeby projektu możemy sami ustalić warunki badań? W zależności od temperatury i zmiany położenia aerozolu/ wstrząśnięcia obiektem cieczy i gazy zmieniają swoje objętości. Jeśli dezodorant został wstrząśnięty to w czasie badania zmienia się objętość cieczy (spada).**

Dla aerozoli stosowane jest odczekanie 24h w warunkach takich, w jakich będzie prowadzone badanie 23 stopnie C (aerozol nie jest więc wstrząśnięty). Szczegółowe informacje można znaleźć w publikacjach i przepisach dotyczących towarów paczkowanych.

**W niektórych przypadkach gęstość ścian pojemnika może mieć podobną gęstość jak jego zawartość (np. plastik)? Jak w takim wypadku będzie oceniana dokładność pomiaru?**

Dokładność pomiaru oceniana będzie w ten sam sposób, jak dla innych produktów paczkowanych, czyli wartość błędu nie może przekroczyć 0,4%.

**Jaki skład chemiczny będą miały obiekty badane? Czy cieczy będą jednorodne? Czy w środku obiektu mogą znajdować się cząsteczki stałe - zawiesiny i cieczy nienewtonowskie?**

Skład chemiczny obiektów badanych jest niemożliwy do podania. Badaniu podlegają wszystkie obiekty aerozolowe (pianki budowlane, pianki do golenia, odświeżacze powietrza, dezodoranty, lakiery, leki itp.). Aerozole mogą mieć widoczne różne fazy (niewstrząśnięte).

**Czy zostaną określone jednoznaczne warunki przeprowadzenia badań tomografem obiektów wyznaczonych?**

Warunki przeprowadzania pomiarów tomografem muszą odpowiadać warunkom, w jakich przeprowadzony zostanie pomiar referencyjny. Jeśli zostanie on przeprowadzony metodą kontaktową, to najbardziej istotnym parametrem środowiskowym będzie temperatura, w którym przeprowadzony będzie pomiar referencyjny. W przypadku GUM tego typu pomiary przeprowadzane są w temperaturze 20C +/-0,5C). Bardzo istotne jest, aby

obiekty (komory jonizacyjne) miały taką samą temperaturę w przypadku pomiaru odniesienia i badań tomografem (dla zachowania wymiarów).

**Czy mogą być wskazane przez Zamawiającego różne warunki, co wpłynie na ilość potrzebnych do wykonania badań?**

To w dużej mierze zależy od propozycji rozwiązania problemu. Wybór narzędzi może wpłynąć na ilość potrzebnych do wykonania badań próbek, czyli rozmiar zbioru treningowego. Jeśli model uczenia maszynowego jest bardziej złożony, może wymagać większego zbioru treningowego, aby uniknąć przeuczenia. Ponadto, techniki uczenia, takie jak głębokie uczenie, zazwyczaj wymagają większych zbiorów danych. Różnorodność danych jest kolejnym czynnikiem; jeżeli rozwiązanie ma obejmować szereg obiektów wykraczających poza zakres zdefiniowany przez Zamawiającego, aby model był skuteczny w różnorodnych przypadkach użycia, potrzebny będzie zbiór treningowy obejmujący tę różnorodność. Jakość danych obrazowych i rozdzielczość pomiaru również mają znaczenie. Zebranie większej ilości danych może być konieczne w przypadku, gdy zbiory będą posiadały obrazowanie o różnorodnej rozdzielczości pomiaru. Minimalna liczebność zbiorów została podana w dokumentacji konkursowej.

**Czy w badaniu należy uwzględnić zmiany temperatury i położenia obiektu? (Po wstępnych testach widzimy, że w zależności od temperatury i zmiany położenia obiektu, ciecze i gazy stanowiące jego zawartość zmieniają swoje objętości.**

Pomiary przeprowadzane są w temperaturze 23 stopni C. Położenie obiektu - jak w świadectwie wzorcowania/kalibracji "układu akwizycji obrazu".

**Czy możliwe jest, aby gęstość ścian obiektu badanego miała podobną gęstość jak jego zawartość (np. kiedy opakowaniem jest plastik)?**

Tak, jest to możliwe.

**Jak w takim wypadku będzie oceniana dokładność pomiaru?**

Dokładność pomiaru oceniana będzie w ten sam sposób, jak dla innych produktów paczkowanych, czyli wartość błędu nie może przekroczyć 0,4%.

**Jaki skład chemiczny będą miały obiekty badane?**

Skład chemiczny obiektów badanych jest niemożliwy do podania. Badaniu podlegają wszystkie obiekty aerozolowe (pianki budowlane, pianki do golenia, odświeżacze powietrza, dezodoranty, lakiery, leki itp.). Aerozole mogą mieć widoczne różne fazy (niewstrząśnięte).

**Czy Uprawniony poda zawartość obiektów zamkniętych i ilość substancji niezbędnych do zbadania?**

### **Załącznik nr 3.** Zakres tematyczny VII konkursu INFOSTRATEG.

W przypadku kontroli puszek aerozolowych zawartością tych puszek są wyroby w nich zamknięte (np. pianki montażowe, środki czyszczące etc.). Ilość substancji odpowiada zawartości produktu w chwili sprzedaży.

#### **Czy zawartość obiektu będzie jednorodna?**

Zawartość obiektów może być niejednorodna, np. pianki budowlane. Będą widoczne one na obrazie.

#### **Czy w środku obiektu mogą znajdować się cząsteczki stałe - zawiesiny i ciecze nienewtonowskie.**

Tak, w środku obiektu mogą znajdować się cząsteczki stałe - zawiesiny i ciecze nienewtonowskie.

#### **Jak dokładność podana w regulaminie konkursu (0,1% oraz 0,4%) przekłada się na liczbę wokseli?**

Z doświadczenia GUM z detektorami promieniowania wynika, że może dochodzić do powstawania błędów rzędu 1%. Głównie jest to widoczne dla detektorów o objętości poniżej 0,5 cm<sup>3</sup>. W przypadku aerozoli przekłada się na 0,3%, pod warunkiem dużej różnicy gęstości obiektów, np. stal-woda, stal-polietylen. Wielkość woksela oraz ich liczba przekłada się na dokładność. Przy rozmiarach woksela 0,25 mm błąd wynosił do 1%, zaś w przypadku woksela 0,1 mm błąd otrzymywany przez GUM był na poziomie 0,1%. Należy pamiętać, że głównie będziemy mieć do czynienia z obiektami małymi w przypadku detektorów promieniowania - max. 100 cm<sup>3</sup> dla Ochrony Radiologicznej, zaś 0,1 cm<sup>3</sup> dla radioterapii. Wyroby aerozolowe to objętości do 1000 ml.

#### **Czy w przedmiotowym konkursie można realizować projekt w zakresie AI w systemie medycznym?**

Tak, jest to możliwe.