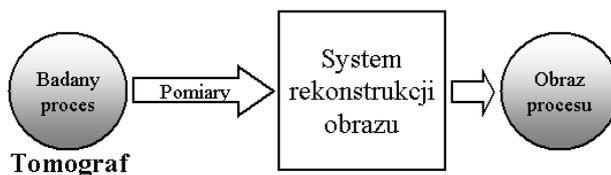


Sławomir Lewandowski*, Jarosław Włodarczyk*

Generowanie macierzy wag na potrzeby rekonstrukcji obrazu w przemysłowej tomografii gamma

1. Wprowadzenie

Przemysłowa tomografia gamma (GRT) okazała się efektywną bezinwazyjną metodą obrazowania dynamicznych procesów przemysłowych. Ogólna struktura systemu tomograficznego została pokazana na rysunku 1.



Rys. 1. Ogólna struktura systemu tomograficznego

Zadanie rekonstrukcji obrazu w odniesieniu do tomografii gamma polega na odtworzeniu rozkładu osłabień promieniowania na podstawie serii pomiarów pochodzących z detektorów tomografu. Na podstawie rozkładu osłabień możliwe jest wyznaczenie rozkładu gęstości w badanym przekroju, a więc jednocześnie wyznaczenie obrazu badanego procesu. Zależność między rozkładem gęstości oraz danymi pomiarowymi określa prawo Lamberta-Beera, które można zapisać w postaci wzoru (1) [2].

$$I = I_0 \exp(-\mu\rho x) \quad (1)$$

gdzie:

- I – natężenie promieniowania po przejściu przez absorber,
- I_0 – natężenie promieniowanie emitowanego przez źródło,
- μ – współczynnik osłabienia,
- ρ – gęstość absorbera,
- x – grubość absorbera.

* Katedra Informatyki Stosowanej, Politechnika Łódzka

Wyznaczenie rozkładu gęstości wymaga zatem rozwiązania zagadnienia odwrotnego. Aby zadanie rekonstrukcji można było rozwiązać przy użyciu metod numerycznych, niezbędna jest dyskretyzacja badanego obszaru, czyli jego podział na skończoną liczbę podobszarów zwanych rekselami (*reconstruction element*) [4]. Wartość danego reksela determinuje zależność (2). Występująca w tej zależności waga jest wyznaczana na podstawie geometrii tomografu i określa wkład danego reksela i do promienia mierzonego przez detektor j [1]. Po obliczeniu wagi dla każdego reksela i oraz promienia j powstaje macierz o wymiarach $N \times M$ zwana macierzą wag (*weight matrix*).

$$p_j = \sum_{i=1}^N w_{ji} \rho_i \quad (2)$$

gdzie:

p_j – znormalizowana wartość zmierzona przez detektor j , gdzie $j = 1, 2, \dots, M$,

ρ_i – znormalizowana gęstość odpowiadająca rekselowi i , gdzie $i = 1, 2, \dots, N$,

w_{ji} – wartość wagi dla promienia j oraz reksela i ,

N – liczba rekseli,

M – liczba detektorów (pomiarów).

2. Klasyczne podejścia do wyznaczania macierzy wag

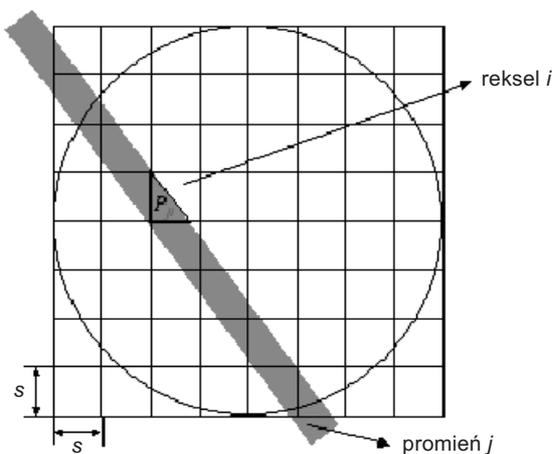
Aby obliczyć każdy element macierzy wag, badany obszar jest dzielony na N takich samych elementów (rekseli) [1]. Dla każdego reksela i oraz promienia j obliczana jest waga. Istnieje kilka metod obliczania wartości elementów macierzy wag. Dwie z nich zostały przedstawione w podrozdziałach 2.1 oraz 2.2.

2.1. Waga jako stosunek pól

W pierwszej metodzie wartość wagi jest obliczana jako stosunek części pola reksela objętego przez dany promień do całkowitego pola reksela co wyrażają wzory (3) oraz (4). Zwykle przyjmuje się, że reksel jest kwadratem o polu równym jedności. Idea metody została przedstawiona na rysunku 2.

$$w_{ji} = \frac{P_{ji}}{s^2} \quad (3)$$

$$w_{ji} = \begin{cases} 1, & P_{ji} \geq 0,5s^2 \\ 0, & P_{ji} < 0,5s^2 \end{cases} \quad (4)$$

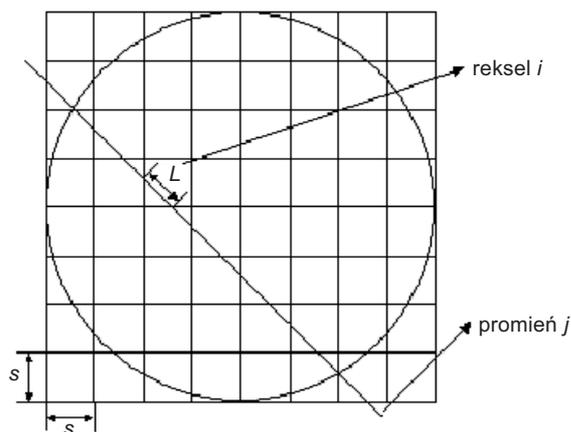


Rys. 2. Idea obliczania wartości wagi jako stosunku pól
Opis w tekście

2.2. Waga jako stosunek długości

W kolejnej metodzie wartość wagi zdefiniowana jest jako stosunek długości części promienia przechodzącego przez dany reksel do długości przekątnej tego reksele, co wyraża zależność (5) [3, 5, 6]. Ideę metody przedstawia rysunek 3.

$$w_{ji} = \frac{L_{ji}}{\sqrt{2}s} \quad (5)$$



Rys. 3. Idea obliczania wartości wagi jako stosunku długości
Opis w tekście

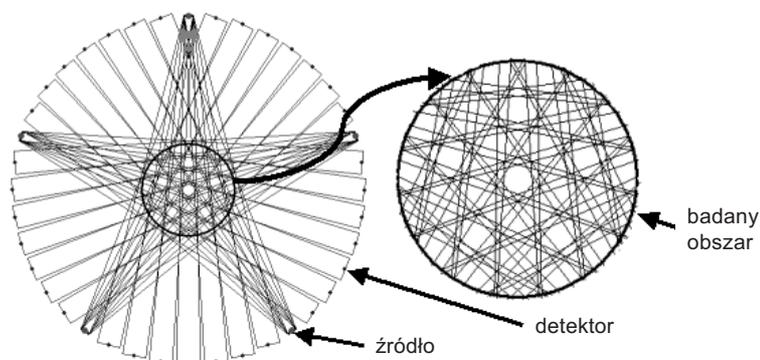
3. Nowe podejście do wyznaczania macierzy wag

W klasycznych metodach obliczania wartości wag badany obszar dzielony jest na kwadratowe podobszary, co zostało przedstawione w rozdziale 2.

Konsekwencje takiego podziału są następujące (rys. 2):

- granice rekseli nie pokrywają się z granicami promieni,
- rozdzielczość obrazu (liczba rekseli) musi być określona w sposób doświadczalny.

W zaproponowanej metodzie podziału badanego obszaru, granice rekseli wyznaczone są na podstawie granic promieni. Idea ta została przedstawiona na rysunku 4.



Rys. 4. Nieregularny podział badanego obszaru

Aby możliwe było generowanie nieregularnej siatki dzielącej badany obszar, zaimplementowana została aplikacja o nazwie GeoCreator przy wykorzystaniu środowiska Microsoft Visual C++.

Aplikacja wymaga wprowadzenia m.in. takich parametrów, jak:

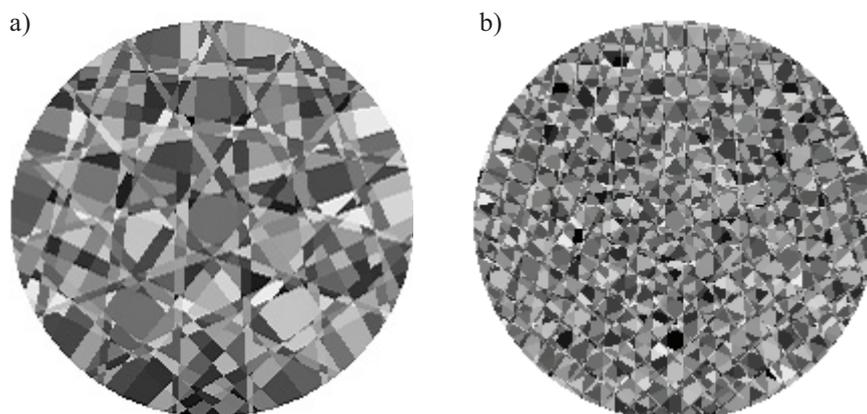
- liczba źródeł oraz detektorów,
- współrzędne źródeł oraz detektorów,
- szerokość wiązek promieni.

Wizualizacja podziału obszaru wykonana dzięki programowi GeoCreator została przedstawiona na rysunku 5. Poszczególne rekseli pokazane zostały za pomocą różnych poziomów jasności.

Przy obliczaniu macierzy wag dla tak podzielonego obszaru możliwe są tylko dwa przypadki:

- dany reksel jest całkowicie objęty przez promień,
- dany reksel nie jest w ogóle objęty przez promień.

Dlatego w macierzy wag będą pojawiać się tylko wartości 0 lub 1. Poza tym liczba rekseli jest ściśle określona.



Rys. 5. Wizualizacja nieregularnego podziału obszaru: a) dla 35 promieni; b) dla 85 promieni

4. Podsumowanie

W artykule zaproponowana została nowa metoda podziału badanego obszaru na potrzeby rekonstrukcji obrazu w przemysłowej tomografii gamma. Główną cechą, jaka odróżnia tę metodę od klasycznych, jest nieregularny podział badanego obszaru. Podział ten jest przeprowadzany na podstawie granicy wiązek promieni pochodzących ze źródeł tomografu gamma. Taki podział obszaru upraszcza obliczanie macierzy wag oraz determinuje rozdzielczość obrazu po rekonstrukcji. W chwili pisania tego artykułu nie jest jeszcze gotowe oprogramowanie do rekonstrukcji obrazów bazujące na nieregularnym podziale badanego obszaru. Z tego powodu nie jest możliwe zamieszczenie wyników rekonstrukcji oraz ocena nowej metody. Uzyskane wyniki oraz ocena przydatności metody zostaną przedstawione w kolejnych publikacjach.

Literatura

- [1] Kak C.A., Slaney M. : *Principles of Computerized Tomographic Imaging*. The Institute of Electrical and Electronics Engineering, New York, 1999, 275–296
- [2] Williams R.A., Beck M.S.: *Process Tomography. Principles, Techniques and Applications*. Butterworth-Heinemann, Great-Britain, 1995, 281–323
- [3] Maad R., Johansen G.A.: *Automatic Weight Matrix Generation for Gamma-ray Tomography*. 3rd World Congress on Industrial Process Tomography, Banff, Canada, 2003
- [4] Hjertaker B.T.: *Multiphase Flow Imaging by Dual Mode Tomography*. PhD Thesis, Department of Physics University of Bergen, Norway, 1998, 94–97
- [5] Semeter J., Kamalabadi F.: *A natural pixel decomposition for tomographic imaging of the ionosphere*. Department of Electrical and Computer Engineering, Boston University, 1998, 2913–2916
- [6] Sankowski D., Mosorov V., Lewandowski S.: *Reconstruction image error in gamma tomography*. The 1st Polish and International PD Forum – Conference on Computer Science, Bronisławow, Poland, 2005

