

## KOMPUTEROWA ANALIZA OBRAZU W OCENIE MIESZANIA JEDNORODNEJ MIESZANINY ZIARNISTEJ

Joanna Rut, Katarzyna Szwedziak

*Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska*

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono możliwość wykorzystania komputerowej analizy obrazu do oceny mieszania jednorodnych materiałów ziarnistych. Analizie poddano jednorodny układ ziarnisty różniące się barwą. Metodę analizy wariancji zastosowano do oceny miary rozproszenia trasera na powierzchni badanych przekrojów poprzecznych mieszalnika.

**Słowa kluczowe:** komputerowa analiza obrazu, mieszanie materiałów ziarnistych, jednorodna mieszanina ziarnista, analiza wariancji

### Wstęp

Mieszanie materiałów ziarnistych jest procesem, w którym kilka składników jest rozpraszanych w mieszalniku przez chaotyczny, przypadkowy ruch ziaren. Proces ten jest od dawna stosowany w wielu dziedzinach działalności człowieka. Mieszanie materiałów ziarnistych jest jednym z podstawowych procesów powszechnie spotykanych w wielu gałęziach przemysłu między innymi w przemyśle spożywczym, młynarskim, farmaceutycznym, cementowym, wydobywczym, w budownictwie, w energetyce oraz w rolnictwie. W tych gałęziach, a także w wielu innych, efekt mieszania materiałów ziarnistych decyduje o jakości otrzymywanych produktów. Dość znaczny rozwój tego procesu w praktyce przemysłowej wyraźnie wyprzedził opracowanie jego podstaw teoretycznych. Obecnie dzięki zastosowaniu techniki komputerowej możliwy jest szybszy rozwój teorii procesu oraz jej lepsze powiązanie z praktyką [Boss 1987].

Komputerowa analiza obrazu dotyczy metod wydobywania informacji z obrazów, w zapisie cyfrowym. Wydobicie cech opisujących obraz oraz interpretacja jakościowa i ilościowa może dostarczyć wiele cennych danych dotyczących badanych materiałów. [Jankowski 2006; Tadeusiewicz 1997; Wojnar i in. 1994]. Komputerowa analiza pozwala w skuteczny i precyzyjny sposób wyodrębnić z obrazów informacje w postaci numerycznej.

Wykorzystanie w technologii materiałów ziarnistych metody analizy obrazów umożliwia dokładną ocenę ilościową rozkładu komponentów mieszaniny. Tradycyjna metoda oceny udziałów konkretnych komponentów w mieszalniku opiera się często na analizie sitowej, która jest szczególnie uciążliwa w przypadku mieszania dużych objętości materiałów. Komputerowa analiza obrazu wychodzi naprzeciw wszelkim utrudnieniom w ocenie mieszania układów ziarnistych. W wielu badaniach potwierdzono, że z dużą dokładnością rozkład barw mieszanych składników na powierzchni kolejnych przekrojów poprzecznych mieszalnika odpowiada empirycznemu rozkładowi poszczególnych składni-

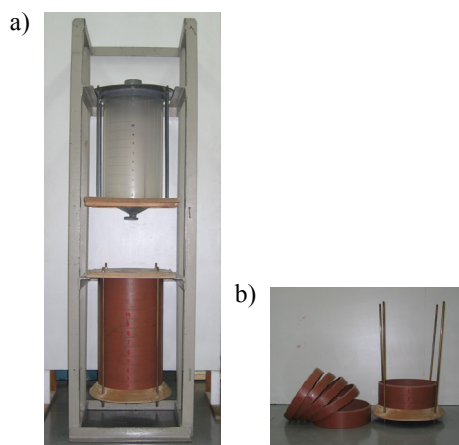
ków w całej jego objętości. Autorzy wielu prac badawczych stosując metodę komputerową analizę obrazu udowodnili w licznych publikacjach przydatność i dokładność tej metody do oceny stanu mieszanin ziarnistych. [Boss i in. 2003; Tukiendorf 2003; Matuszek i in. 2007; Matuszek i in. 2008].

## Cel badań

Celem prowadzonych badań było przedstawienie możliwości zastosowania komputerowej analizy obrazu do oceny mieszania jednorodnych układów ziarnistych w mieszalniku przesypowym.

## Metodyka badań

Materiałem użytym do badań był jednorodny układ ziarnisty składający się z ziaren pszenicy różniących się barwą. Układ ziarnisty poddawano mieszaniu w mieszalniku przesypowym (rys. 1). Mieszalnik składał się z dwóch identycznych zbiorników (wysokość części cylindrycznej – 500 mm, średnica wewnętrzna – 300 mm, wysokość części stożkowej – 90 mm, średnica otworu – 30 mm), umieszczonych jeden nad drugim w sposób umożliwiający łatwą ich zamianę. Dodatkowo jeden ze zbiorników składał się z 10 rozbieralnych pierścieni. Przed przystąpieniem do mieszania zasypywano zbiornik mieszalnika materiałem ziarnistym w udziałach procentowych 50/50, 60/40, 70/30. Następnie zbiorniki zamieniano kolejno miejscami, opróżniając zbiornik na drodze wysypu grawitacyjnego, aż do momentu osiągnięcia stanu równowagowego układu.



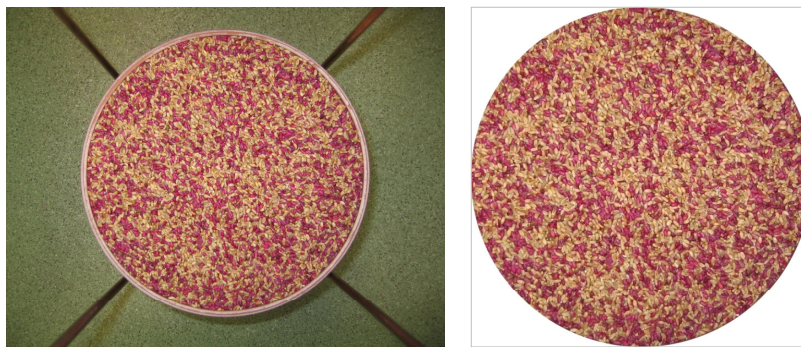
(fot. J. Rut)

Rys. 1. Laboratoryjny mieszalnik przesypowy: a) cała konstrukcję mieszalnika, b) rozbieralna część mieszalnika

Fig. 1. Laboratory pour mixer: a) whole mixer structure, b) dismountable mixer part

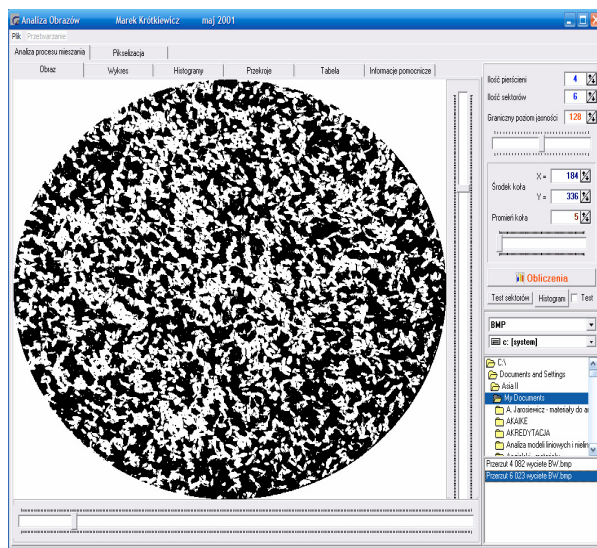
## Komputerowa analiza obrazu...

Każdy układ ziarnisty w wymienionych wyżej udziałach poddawano mieszaniu. Po każdym kroku mieszania wykonywano zdjęcia kolejnych przekrojów poprzecznych mieszalnika (rys. 2).

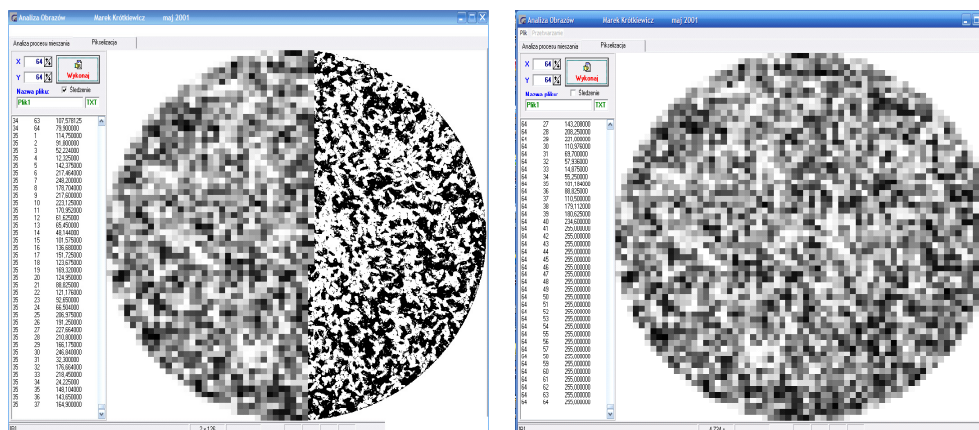


Rys. 2. Przykładowy obraz wybranego pierścienia mieszalnika  
Fig. 2. An example of selected mixer ring image

Na tym etapie metodyki badań wykorzystano metodę komputerowej analizy obrazu. Algorytm tej metody również stosowali w swoich badaniach Boss, Tukiendorf i Matuszek. Uzyskany obraz w postaci cyfrowej poddano komputerowej analizie obrazu. Wykorzystując skalę RGB-256 zamieniono kolory ziaren pszenicy na czern i biel (rys. 3), które następnie poddano dalszej analizie – pikselizacji (rys. 4).



Rys. 3. Przykładowy obraz przedstawiający analizę koloru dla ziaren pszenicy  
Fig. 3. An example of image showing colour analysis for wheat grains



Rys. 4. Przykładowe obrazy przedstawiające proces pikselizacji ziarna pszenicy  
 Fig. 4. Examples of images showing wheat grain pixelization process

Obliczono średnicę zastępczą  $d_e$  ziaren dla pszenicy, aby wyznaczyć wielkość komórek przy pikselizacji, średnica zastępcza wynosiła 4,69 mm.

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6M}{\pi\gamma n}} \quad (1)$$

gdzie:

- $d_e$  – średnica zastępcza [m],
- $M$  – masa nasion wziętych jako próba [kg],
- $\gamma$  – gęstość nasion [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ],
- $n$  – liczba nasion w próbie.

Dla tak obliczonej średnicy zastępczej przeprowadzono proces pikselizacji dla ziaren pszenicy 64x64 komórki. W kolejnym etapie analizy danych wykonano binaryzację; punktom białym przydzielano wartość 1, natomiast czarnym 0. Do określenia miary rozproszenia trasera na powierzchni badanych przekrojów poprzecznych mieszalnika zastosowano metodę analizy wariancji  $s^2$ .

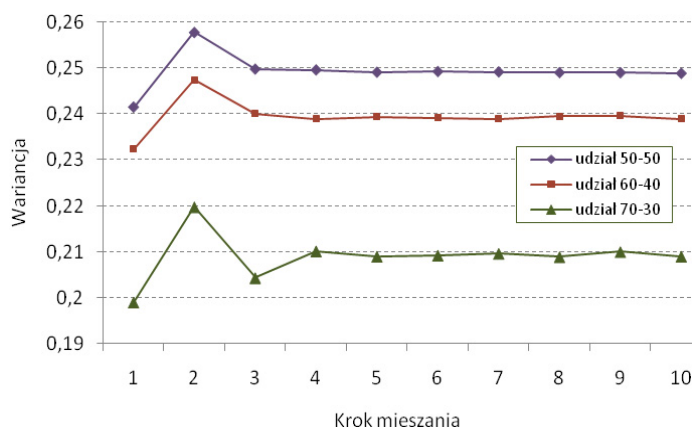
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

gdzie:

- $n$  – ilość obserwacji,
- $x_i$  – wartość cechy badanej dla  $i$ -tej obserwacji,
- $\bar{x}$  – wartość średnia badanej cechy.

## Analiza i dyskusja wyników

Następnie obliczono średnie wariancje dla każdego udziału procentowego 50/50, 60/40, 70/30 ziarna pszenicy. Uzyskane wyniki przedstawiono graficznie na rys. 5.



Rys. 5. Wariancja trzech udziałów po kolejnym kroku mieszania.  
Fig. 5. Variance of three fractions after successive mixing step

Jak wynika z wykresu dla udziałów procentowych 50/50, 60/40 zadowalający wynik zmieszania uzyskano po 3 kroku mieszania, gdzie wyraźnie widać stabilizację wartości wariancji. Natomiast dla udziału 70/30 satysfakcjonujący efekt zmieszania uzyskano po 4 kroku mieszania, uzależnione to jest od procentowej ilości składnika kluczowego.

Układy te uznano za mieszaninę w stanie doskonale losowym zwaną dalej stanem randomowym, (z ang. random – losowy), w której prawdopodobieństwo znalezienia cząstki określonego składnika jest takie samo we wszystkich punktach tej mieszaniny [Boss 1987]. Należy również podkreślić, że ilość kroków mieszania jednorodnych mieszanin ziarnistych jest krótsza niż ilość kroków mieszania materiałów niejednorodnych. Związane to jest z parametrami fizycznymi badanych układów ziarnistych takich jak: gęstość ziaren, ich kształt, wielkość czy rodzaj. Otrzymane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że metoda analizy wariancji z użyciem metody komputerowej analizy obrazu może stanowić dobry sposób oceny rozproszenia składnika kluczowego na powierzchni przekrojów poprzecznych zbiornika. Implementacja nowoczesnych metod analizy obrazu pozwala na istotną i wnikliwą analizę badanych materiałów.



Projekt współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego

## Bibliografia

- Boss J.** 1987. Mieszanie materiałów ziarnistych. PWN Warszawa. s. 8.
- Boss J.; Krótkiewicz M.; Tukiendorf M.** 2003. An application of picture analysis as a method of evaluation of granular blend's quality. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* Number 12/53. s. 27-30.
- Jankowski M.** 2006. Elementy grafiki komputerowej, WNT Warszawa. ISBN: 83-204-3163-8.
- Matuszek D., Tukiendorf M.** 2007. Komputerowa analiza obrazu w ocenie mieszania układów ziarnistych (System funnel-flow), *Inżynieria Rolnicza* 2(90). s. 183-188.
- Matuszek D.; Tukiendorf M.** 2008. Regresyjna analiza zmian jakości mieszanki ziarnistej w czasie mieszania metodą przesypu. *Inżynieria Rolnicza* 6(104). s. 135-143.
- Tadeusiewicz R.** 1997. Komputerowa analiza obrazu i przetwarzanie obrazu. FPT Kraków. ISBN 83-86476-15-X.
- Tukiendorf M.** 2003. Modelowanie neuronowe procesów mieszania niejednorodnych układów ziarnistych. *Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie, Zesz.* 272.
- Tukiendorf M.** 2003. Characteristics of mixing granular material achieved by Rusing methods of variance analysis and geostatistical function. *EJPAU*. Volume 6. Issue 1.
- Wojnar L.; Majorek M.** 1994. Komputerowa analiza obrazu, FOTOBIT-DESIGN Kraków, ISBN 83-901450-2-2.

## COMPUTER IMAGE ANALYSIS IN THE ASSESSMENT OF MIXING UNIFORM GRANULAR MIXTURES

**Abstract.** The article presents possibility to use computer image analysis to assess mixing of uniform granular materials. Homogeneous granular pattern differing in colour was put to the analysis. The variance analysis method was employed to assess tracer dissipation measure on the surface of examined mixer cross-sections.

**Key words:** computer image analysis, mixing of granular materials, homogeneous granular mixture, variance analysis

### Adres do korespondencji:

Joanna Rut; e-mail: j.rut@po.opole.pl  
Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej  
Politechnika Opolska  
ul. Mikołajczyka 5  
45-271 Opole