

WPŁYW ROZDZIELCZOŚCI I KOMPRESJI OBRAZU NA BŁĄD POMIARU GEOMETRII ORAZ BARWY ZIARNIAKÓW ZBÓŻ

Streszczenie

Przedstawiono rozważania nad wpływem rozdzielczości i kompresji obrazu na pomiar geometrii ziarniaków zbóż. Obraz ziarniaków pozyskiwany był za pomocą aparatu cyfrowego, a automatyczny pomiar geometrii wykonany został przy użyciu programu MultiScan v. 11.06. Rozdzielczość i kompresja obrazu nie miały wpływu na pomiar pola powierzchni, natomiast pozostałe wymiary zmieniały się w zależności od rozdzielczości i kompresji.

Słowa kluczowe: analiza obrazu, geometria, błąd pomiaru, rozdzielczość, kompresja

Wprowadzenie

Komputerowe techniki wizyjne (*DIA- digital image analysis*) znalazły już zastosowanie w prawie każdej dziedzinie naszego życia. Wykorzystuje się je w naukach medycznych, przyrodniczych, inżynierskich itp. Systemy wizyjne służą między innymi do kontroli różnych procesów technologicznych, identyfikacji cech obiektów. W rolnictwie wykorzystuje się je do sterowania maszynami rolniczymi (kombajny, ciągniki), urządzeniami sortującymi i do oceny jakości produktów rolniczych. Wiele ośrodków badawczych prowadzi badania nad poszukiwaniem związków pomiędzy jakością technologiczną surowców spożywczych a ich cechami zewnętrznymi, identyfikowanymi z wykorzystaniem systemów wizyjnych (pomiar barwy, geometrii, tekstury powierzchni). Takie prace prowadzi się także w odniesieniu do zbóż. Poszukuje się zależności pomiędzy wymiarami ziarniaków, barwą okrywy nasiennej, teksturą powierzchni a zawartością glutenu czy właściwościami reologicznymi. Jedne z pierwszych prac podejmujących te zagadnienie to publikacje zespołu pod kierunkiem Neumana [1987] oraz Majumdera, Jayas [1999]. Fundamentalną pracą jest cykl publikacji pod kierunkiem Majumdera [2000]. Autorzy wykorzystali technikę cyfrowego zapisu do identyfikacji różnych gatunków zbóż. Konsekwencją tych publikacji były prace Visena [2001], Paliwala [2003]. Shouche wykorzystał płaski skaner do identyfikacji różnych odmian pszenicy indyjskiej. Utku próbował opracować system do rozróżniania 31 odmian pszenicy z wykorzystaniem kamery CCD. Fornal i zespół [1999, 2000, 2003] prowadzili badania nad poszukiwaniem relacji pomiędzy

cechami geometrycznymi a technologicznymi. Określali zależność współczynnika konturu od długości, szerokości, odvodu lub pola powierzchni i korelowali to z cechami technologicznymi. Badali też przydatność wykorzystania pomiaru barwy endospermy w systemie RGB do charakteryzowania ziarna pszenicy. Informacji na temat wykorzystania systemów wizyjnych do oceny czy identyfikacji ziarniaków zbóż jest dużo. Niestety, większość prac w sposób ogólny opisuje metodykę pomiaru, a szczególnie sposób postępowania z obrazem po jego zapisaniu na dysku twardym komputera. Mało jest informacji na temat sposobu zapisu zdigitalizowanego obrazu oraz jego kompresji. Większość prac pomija także informację na temat błędu pomiaru mierzonych wielkości. Celem pracy było określenie wpływu rozdzielczości i kompresji obrazu na błąd pomiaru geometrii i barwy ziarniaków zbóż.

Zakres pracy

Przedmiotem badań była pszenica odmiany Kobra. Ziarno zostało rozsortowane na trzy frakcje: >2.8, 2.8-2.5, 2.5-2.2. Każda frakcja jak i ziarna niesortowane zostały sfotografowane przy następującej kompresji i rozdzielczości zapisu: format TIFF, SHQ, HQ, SQ1_W, SQ1_N, SQ2_N, SQ2_W o rozdzielczości: 2048x1536, 1600x1200, 1280x960, 1024x768 oraz 640x480. Ziarniaki na scenie układane były bruzdką do dołu po 200 szt. na każdym zdjęciu. Dodatkowo dla nasion niesortowanych wykonano 30 zdjęć w serii w celu określenia błędu pomiaru wynikającego z optyki aparatu.

Następnie opracowano metodykę filtrowania obrazu, której zadaniem było przygotowanie zdjęcia do automatycznego pomiaru geometrii i barwy ziarniaków. Przed przystąpieniem do filtrowania obrazu dokonano skalowania. Wzorcem była suwmiarka. Skalowanie polegało na wykonaniu zdjęcia suwmiarki, przy określonym ustawieniu, a następnie z wykorzystaniem funkcji skalowania zawartym w programie przeprowadzono skalowanie obrazu. Zmierzono następujące wymiary geometryczne ziarniaków: pole powierzchni, długość, szerokość, obwód.

Analiza statystyczna wyników objęła przeprowadzenie analizy wariancji dla doświadczeń jednoczynnikowych, test Newmana-Keulsa przy poziomie istotności $p=0,05$. Sprawdzono wpływ rozdzielczości obrazu i jego kompresji na błąd pomiaru geometrii, a dodatkowo barwy. Przyjęto założenie, iż wyniki uzyskane z obrazu o największej rozdzielczości (2048x1536) i niepoddane kompresji (TIFF) stanowią punkt odniesienia. Do obliczeń wykorzystano pakiet statystyczny Statistica 6.0.

Stanowisko badawcze

Do pomiarów wielkości geometrycznych wykorzystano stanowisko do komputerowej analizy obrazu. W skład stanowiska wchodził aparat cyfrowy Olympus Z3040, komputer PC z procesorem Pentium III, komora świetlna o wymiarach: wysokość 75 cm, szerokość 100 cm i głębokość 60 cm. W komorze umieszczono dwie lampy o mocy 20W. Komora została tak zbudowana, aby maksymalnie został ograniczony wpływ światła zewnętrznego. Aparat fotograficzny został umieszczony nad próbą w odległości 65cm. Do analizy zapisanego obrazu wykorzystano program MultiScanBase v.11.06 firmy Computer Scanning System Ltd.

Metodyka pomiaru

W pierwszym etapie badań, w celu określenia błędu pomiaru będącego wynikiem działania optyki i części mechanicznych aparatu (powtarzalność ustawienia przesłony, migawki oraz ogniskowej), wykonano w serii 30 zdjęć tych samych obiektów przy niezmiennym oświetleniu sceny. Formatem zapisu był niekompresowany format TIFF o rozdzielczości 2048x1536 i 24 bitowej głębi kolorów. W drugim etapie badań, w celu określenia błędu pomiaru wynikającego z algorytmów przekształcających oraz samych procedur obliczeniowych wykorzystanych w programie do analizy obrazu, wykonano zdjęcie czterech obiektów o znanych wymiarach linowych. W tabeli 1 zostały przedstawione wyniki pomiaru podstawowych wielkości.

Tabela 1. Wartości średnie uzyskane z pomiaru suwmiarką oraz z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu oraz uzyskane błędy pomiaru

Table 1. Average values and measurement error obtained at slide caliper measurement and computer image analysis

Numer Kostki	D [mm]			P [mm ²]			Ob. [mm]		
	Suw- miarka*	analiza obrazu	błąd pomiaru %	Suw- miarka*	analiza obrazu	błąd pomiaru %	Suw- miarka*	analiza obrazu	błąd pomiaru %
1	20,51	20,52	0,06	171,99	176,13	2,41	55,30	55,91	1,10
2	20,42	20,47	0,24	171,05	174,67	2,12	55,10	55,75	1,17
3	20,60	20,44	0,75	172,94	174,40	0,85	55,50	55,93	0,78
4	20,51	20,55	0,23	171,99	175,65	2,13	55,30	56,12	1,49

D- długość, P- pole powierzchni, Ob.- obwód

** Za pomocą suwmiarki zostały zmierzone długość i szerokość obiektu a następnie zostały wyliczone pole powierzchni i obwód.*

D – length, P – area, Ob. – circumference

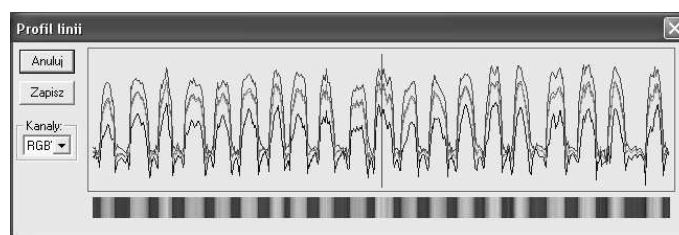
** - length and width of the object were measured with slide caliper and then the surface and circumference were calculated*

Błąd pomiaru określa różnicę pomiędzy pomiarem wykonanym suwmiarką (dokładność pomiaru 0,02 mm) a komputerową analizą obrazu. W tabeli 2 przedstawiono warianty ustawienia kompresji i rozdzielczości.

Tabela 2. Warianty kompresji i rozdzielczość obrazu
Table 2. Variants of image compression and resolution

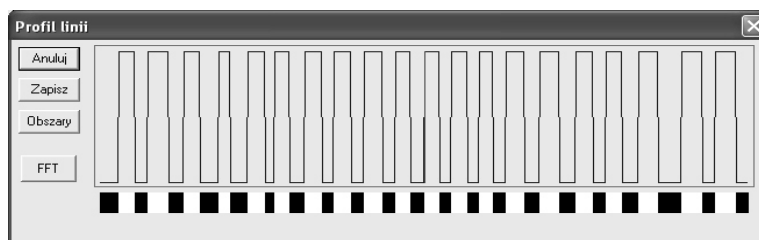
Kompresja	Rozdzielczość				
	2048x1536	1600x1200	1280x960	1024x768	640x480
TIFF	X	X	X	X	X
SHQ	X	-	-	-	-
HQ	X	-	-	-	-
SQ1H	-	X	X	-	-
SQ1N	-	X	X	-	-
SQ2H	-	-	-	X	X
SQ2N	-	-	-	X	X

Pozyskane zdjęcia zostały zapisane na dysku twardym komputera. Przed przystąpieniem do pomiaru geometrii ziarniaków opracowano metodykę przekształceń filtracyjnych, umożliwiającą automatyczne wykonywanie pomiarów. W celu określenia dokładności wyodrębnienia ziarniaków z tła obrazu na obrazie nieprzekształconym wykonano profil odcinka wzdłuż jednego z boków obrazu w taki sposób, aby możliwe było ustalenie granic pomiędzy poszczególnym ziarniakiem a tłem. Na rysunku 1 został przedstawiony przykładowy profil odcinka obrazu niepoddanego przekształceniom.



Rys. 1. Profil odcinka wzdłuż obrazu przed filtracją
Fig. 1. Section profile along the image before filtration

Najlepszym układem filtrów przekształcających obraz było: zdjęcie z obrazu kanału czerwonego, filtr medianowy o średnicy 5, a następnie binaryzacja obrazu z progiem od 110 do 125 w zależności od rozdzielczości i kompresji obrazu. Właściwą wartość progowania ustalano na podstawie porównania dokładności pokrycia się profilu odcinka przed i po przekształceniu. Takie postępowanie umożliwiło uzyskanie dokładności końcowej binaryzacji do 1 piksela. Na rysunku 2 został przedstawiony przykładowy profil odcinka na obrazie zbinaryzowanym, gotowym do wykonania pomiarów geometrii.



Rys.2. Profil odcinka wzdłuż obrazu po binaryzacji
 Fig.2. Section profile along the image after decimal-to-binary conversion

Ostatnim etapem badań był automatyczny pomiar geometrii ziarniaków. Mierzone były następujące wielkości: *D*-długość, *S*-szerokość, *P*-pole powierzchni, *Ob*- obwód.

Wyniki

Optyka aparatu oraz jego części mechanicznych, elektronicznych, tj. ustawienie ogniskowej, powtarzalność pracy migawki i przysłony, nie miały wpływu na pomiar geometrii mierzonych obiektów. W tabeli 3 przedstawiono średnie i błędy mierzonych wartości. Analiza statystyczna wyników (analiza wariancji przy poziomie istotności $p=0,05$) wykazała brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy średnimi uzyskanymi z 30 zdjęć.

Tabela 3. Średnia wartość z pomiaru geometrii i barwy ziarniaków zbóż uzyskanych w serii 30 zdjęć ($N=6\ 000$)
 Table 3. Average values of measured dimensions and colour of creal grains obtained in the series of 30 pictures ($N = 6000$)

Statystyki	Mierzone wielkości						
	P mm ²	D mm	S mm	R	G	B	Y
\bar{x}	15,26	6,34	3,04	181,26	146,14	101,30	151,43
SEM	0,03	0,01	0,005	0,13	0,13	0,13	0,13

Wpływ przekształceń filtracyjnych oraz algorytmów przeliczeniowych programu do analizy obrazu na pomiar mierzonych wielkości był nieistotny. Z przedstawionych w tabeli 1 wyników pomiaru wykonanego suwmiarką i otrzymanego z analizy obrazu wynika, że umowny błąd wyliczony pomiędzy dwoma metodami nie przekraczał 2,5%. Dla pomiaru długości był mniejszy od 1%.

W tabeli 4 i 5 przedstawiono wartości średnie geometrii ziarniaków zbóż dla poszczególnych grup doświadczalnych oraz wyniki analizy wariancji. W zestawieniu przedstawiono tylko jedną frakcję (2,5-2,2 mm) oraz ziarno

niesortowane, ponieważ w pozostałych frakcjach zależności były takie same.

Tabela 4. Średnie wartości z pomiaru geometrii ziarniaków z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu

Table 4. Average values of grains' geometry parameters measured by using computer image analysis

Rodzaj kompresji	Rozdzielczość	Ziarno niesortowane			Fracja 2,5-2,2 mm		
		P mm ²	Ob. mm	D mm	P mm ²	Ob. mm	D mm
TIFF	2048x1536	17,83 ^a	6,70 ^{bc}	3,36 ^d	14,97 ^a	6,32 ^d	3,02 ^e
SHQ	2048x1536	17,80 ^a	6,71 ^{bc}	3,33 ^{cd}	14,85 ^a	6,30 ^{cd}	3,00 ^{de}
HQ	2048x1536	17,81 ^a	6,70 ^{bc}	3,35 ^d	14,75 ^a	6,29 ^{cd}	2,99 ^{cde}
TIFF	1600x1200	17,76 ^a	6,66 ^{bc}	3,32 ^d	14,90 ^a	6,28 ^{cd}	2,98 ^{cde}
SQ1H	1600x1200	17,86 ^a	6,68 ^{bc}	3,33 ^{cd}	14,94 ^a	6,28 ^{cd}	2,99 ^{cde}
SQ1N	1600x1200	17,73 ^a	6,67 ^{bc}	3,31 ^{cd}	14,80 ^a	6,27 ^{cd}	2,96 ^{bcde}
TIFF 1	1280x960	17,70 ^a	6,63 ^{bc}	3,28 ^{bcd}	14,98 ^a	6,26 ^{bcd}	2,96 ^{cde}
SQ1H	1280x960	17,66 ^a	6,62 ^{bc}	3,28 ^{bcd}	14,84 ^a	6,24 ^{bcd}	2,94 ^{bcde}
SQ1N	1280x960	17,71 ^a	6,63 ^{bc}	3,28 ^{bcd}	14,72 ^a	6,22 ^{bcd}	2,92 ^{bcd}
TIFF	1024x960	17,45 ^a	6,55 ^b	3,21 ^b	14,58 ^a	6,15 ^b	2,87 ^b
SQ2H	1024x768	17,71 ^a	6,59 ^{bc}	3,25 ^{bc}	14,74 ^a	6,18 ^{bc}	2,91 ^{bcd}
SQ2N	1024x768	17,69 ^a	6,58 ^{bc}	3,24 ^{bc}	14,80 ^a	6,19 ^{bc}	2,90 ^{bc}
TIFF	640x480	17,55 ^a	6,44 ^a	3,13 ^a	14,56 ^a	5,99 ^a	2,78 ^a
SQ2H	640x480	17,49 ^a	6,43 ^a	3,13 ^a	14,61 ^a	6,01 ^a	2,79 ^a
SQ2N	640x480	17,45 ^a	6,44 ^a	3,12 ^a	14,62 ^a	6,02 ^a	2,78 ^a

P- pole powierzchni, Ob- obwód, D- długość

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie istotnie na poziomie $p=0,05$.

P – area, Ob. – circumference, D – length

Average values marked with the same letters do not differ significantly at level $p = 0,05$.

Wpływ rozdzielczości i kompresji nie miały statystycznie istotnego wpływu na pomiar pola powierzchni. Natomiast wpływ kompresji i rozdzielczości na pomiar długości i obwodu mierzonych obiektów było różny. Stycznie istotne różnice pomiędzy średnimi zanotowano dla rozdzielczości 640x480 w stosunku do pozostałych grup doświadczalnych w pomiarze pola powierzchni. Długość i obwód ziarniaków, niezależnie od frakcji, zmniejszała się wraz ze zmniejszeniem rozdzielczości obrazu. Istotnie statystyczne różnice występowały pomiędzy średnimi uzyskanymi z rozdzielczości 640x480, 1024x960. Tendencja ta jest o tyle zrozumiała, iż wraz ze zmniejszeniem się rozdzielczości obrazu, pojedynczy piksel ma większe rozmiary, co wpływa na dokładność pomiaru.

Wpływ kompresji i rozdzielczości obrazu na pomiar barwy był różny dla poszczególnych grup doświadczalnych. Statystycznie istotne różnice zanotowano pomiędzy średnimi uzyskanymi ze zdjęcia o kompresji TIFFF

2048x1536 a HQ 2048x1536 (dla wszystkich kanałów barwy). Świadczy to o istotnym wpływie rodzaju kompresji na pomiar barwy. Natomiast wpływ kompresji SQ1H, SQ1N, SQ2H, SQ2N był niejednoznaczny.

Tabela 5. Średnie wartości z pomiaru barwy ziarniaków z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu

Table 5. Average values of grains' colour measured with the use of computer image processing

Rodzaj kompresji	Rozdzielczość	Ziarno niesortowane			Fracja 2,5-2,2 mm		
		R	G	B	R	G	B
TIFF	2048x1536	182,9 ^{abc}	146,6 ^{ab}	104,2 ^{bd}	187,5 ^e	150,2 ^{cd}	107,7 ^d
TIFF	1600x1200	181,0 ^{ab}	145,5 ^a	102,3 ^{abc}	184,9 ^{abcde}	148,7 ^{abcd}	104,7 ^{abc}
TIFF	1280x960	180,8 ^a	145,5 ^a	101,3 ^{ac}	182,5 ^{ab}	145,9 ^a	102,9 ^{ab}
TIFF	1024x960	182,7 ^{abc}	146,6 ^{ab}	103,8 ^{bd}	184,4 ^{abcd}	147,3 ^{abcd}	104,5 ^{abc}
TIFF	640x480	182,4 ^{abc}	146,9 ^{abc}	103,5 ^{bcd}	182,1 ^a	145,9 ^a	102,4 ^a
SQ1H	1280x960	181,0 ^a	146,6 ^{ab}	101,2 ^a	185,3 ^{bcdde}	150,1 ^{cd}	104,7 ^{abc}
SQ1H	1600x1200	182,3 ^{abc}	148,0 ^{bcd}	102,3 ^{abc}	184,1 ^{abcd}	148,7 ^{abcd}	103,7 ^{abc}
SQ1N	1280x960	182,5 ^{abc}	148,2 ^{bcd}	103,5 ^{bd}	182,6 ^{abc}	147,6 ^{abcd}	103,0 ^{ab}
SQ1N	1600x1200	182,5 ^{abc}	147,9 ^{bcd}	102,3 ^{abc}	184,2 ^{abcd}	148,9 ^{bcd}	103,5 ^{ab}
SQ2H	1024x768	183,5 ^{bc}	148,1 ^{bcd}	103,5 ^{bd}	183,3 ^{abc}	147,0 ^{abc}	103,0 ^{ab}
SQ2H	640x480	183,5 ^{bc}	149,0 ^{cde}	103,5 ^{bd}	185,2 ^{bcdde}	149,9 ^{cd}	104,5 ^{abc}
SQ2N	1024x768	184,6 ^{cd}	149,4 ^{de}	105,2 ^d	186,5 ^{de}	150,4 ^d	106,5 ^{cd}
SQ2N	640x480	181,9 ^{ab}	148,3 ^{bcd}	104,0 ^{bd}	182,1 ^a	147,9 ^{abcd}	104,0 ^{abc}
SHQ	2048x1536	184,0 ^{bcd}	148,9 ^{cde}	104,5 ^{bd}	185,5 ^{cde}	149,0 ^{bcd}	105,6 ^{bcd}
HQ	2048x1536	185,6 ^d	150,4	106,7 ^e	184,7 ^{abcd}	148,4 ^{abcd}	104,4 ^{abc}

R- kanał czerwony, G- kanał zielony, B- kanał niebieski

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie statystycznie istotnie na poziomie $p=0,05$.

R – red channel, G – green channel, B – blue channel

Average values marked with the same letters are not significantly different at level $p = 0,05$.

Wnioski

1. Wpływ optyki i elektroniki aparatu oraz algorytmów przeliczeniowych programu do analizy obrazu na pomiar geometrii ziarniaków pszenicy był nieistotny.
2. Rodzaj kompresji i rozdzielczość obrazu nie miały wpływu na pomiar pola powierzchni ziarniaków, natomiast długość, szerokość, obwód zmieniały się w zależności od zastosowanego wariantu ustawienia formatu zapisu.
3. Format kompresji HQ miał statystycznie istotny wpływ na pomiar barwy ziarniaków.
4. W komputerowej analizie obrazu, wykorzystywanej do określenia geometrii ziarniaków zbóż, nie należy używać rozdzielczości obrazu mniejszej niż 1024x768 oraz kompresji HQ.

Bibliografia

Fornal J., Jeliński T., Sadowska J., Quattrucci E. 1999. Comparison of endosperm microstructure of wheat and durum wheat using digital image analysis. *International Agrophysics*, 13 (2): 215-220.

Fornal Ł. 2000. Jakość ziarna zbóż, jak się określa i od czego zależy. *Biuletyn W-MIR* 7/8.

Fornal Ł., Kozirok W., Chorążewicz R. 2003. New possibilities to characterizing wheat grain endosperm. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, Vol. 13/1: 170-183

Majumdar S., Jayas D.S. 1999. Classification of bulk samples of cereal grains using machine vision. *J. Agric. Engang. Res.* 73: 35-47

Majumdar S., Jayas D.S. 2000. Classification of cereal grains using machine vision: VI. Combined Morphology, Color, and Texture Models. *American Society of Agricultural Engineering*, 43(6): 1689-1694

Neuman M., Sapristein H D., Shwedyk E., Bushuk W. 1987. Discrimination of wheat class and variety by digital image analysis of whole grain samples. *Journal of Cereal Science*, 6: 125-132

Paliwal J., Visen N.S., Jayas D.S., White N.D.G. 2003. Comparison of a neural network and non-parametric classifier for grain kernel identification. *Biosystems Engineering*, 85(4): 405-413

Visen N.S., Paliwal J., Jayas D.S., White N.D.G. 2001. Specialist neural networks for cereal grain classification. *Biosystems Engineering*, 82(2): 151-159

THE EFFECT OF IMAGE RESOLUTION AND COMPRESSION ON MEASUREMENT ERROR OF CEREAL GRAIN GEOMETRY AND COLOUR

Summary

The study considered the influence of digital image resolution and compression on the measurements of cereal grain geometry. Grain image was obtained by using a digital camera. The automatic measurement of grain geometry was realized by application of the MultiScan v. 11.06 programme. Neither the image resolution nor compression did affect the exactness of grain surface measurement, whereas the other dimensions changed depending on the resolution and compression parameters.

Key words: cereal grains, digital image analysis, measurement error, resolution, compression, geometric parameters

Recenzent – Jarosław Frączek