

METODA REKONSTRUKCJI 3D NASION W APLIKACJI TYPU CAD

Marek Wróbel

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Zaprezentowano nową, autorską metodę tworzenia trójwymiarowych modeli nasion roślin uprawnych w typowej aplikacji do komputerowego wspomaganego projektowania (CAD). Procedura tworzenia modelu rozpoczyna się od wykonania serii przekrojów próbki, którą tworzy nasienie zatopione w żywicy, z jednoczesną akwizycją obrazów tych przekrojów. Kolejny etap to przetwarzanie obrazów przekrojów polegające na kadrowaniu, usuwaniu tła i skalowaniu. W końcowym etapie, na bazie wybranych obrazów przekrojów tworzone są obrysy poszczególnych składowych nasiona (okrywa, zarodek, itp.) i na ich podstawie generowany jest model nasienia. Generowanie modelu wykonano za pomocą programu SolidEdge. Modele, oprócz charakterystycznych cech geometrycznych, uwzględniają budowę wewnętrzną nasion.

Słowa kluczowe: materiały ziarniste, modelowanie, nasiona, komputerowa analiza obrazu

Wprowadzenie

W dobie, kiedy komputery osobiste stały się powszechnym narzędziem pracy, a moc obliczeniowa takich jednostek jest na wysokim poziomie, szukane są sposoby optymalizacji procesów projektowania i produkcji maszyn. Komputery wraz z odpowiednim oprogramowaniem dają projektantowi silne narzędzie przydatne w całym procesie projektowania i wytwarzania maszyn i urządzeń. Symulacje oraz wizualizacje w dużej mierze oddają warunki rzeczywiste z zachowaniem praw fizyki, mechaniki oraz innych. To wszystko skraca czas projektowania i wytwarzania, minimalizując koszty, ponieważ nie potrzeba przeprowadzania żmudnych eksperymentów, budowy prototypów oraz prób w warunkach naturalnych.

Niejednokrotnie jednak, wytworzone maszyny, po spotkaniu się z materiałem niewłaściwie go przetwarzają. Dzieje się tak dlatego, że na etapie projektowania i wstępnych symulacji pracy urządzeń stosowane są uproszczone modele surowca.

Gdyby projektant już podczas projektowania dysponował modelami o właściwościach fizycznych surowca, byłby w stanie uniknąć wielu nieprzewidzianych sytuacji.

W inżynierii rolniczej jednym z najczęściej przetwarzanych surowców są materiały ziarniste. Spotykamy je w transporcie, magazynowaniu, przechowywaniu, omłocie, suszeniu, mieleniu oraz inny procesach. Aby poznać właściwości oraz zachowanie się tego typu materiałów, tworzy się co prawda modele, w których poszczególne ziarna reprezentowane są najczęściej przez kule, elipsoidy, sferoidy lub sferocylindry [Kęska, Feder 1997;

Donev 2004; Mieszkalski 2001; <http://smartimtech.com/modeling.htm>], jednak kształty tych brył zbyt daleko odbiegają od rzeczywistych kształtów nasion. Spotyka się co prawda nasiona, których kształt jest zbliżony do ww. brył, jednak większość nasion roślin uprawnych ma swój niepowtarzalny kształt, a zastąpienie go wspomnianymi bryłami wprowadza zbyt duże uproszczenia do tworzonego z nich modelu. Dlatego też prowadzone są prace mające na celu otrzymanie modeli posiadających jak najwięcej cech obiektów rzeczywistych [Mabille i Abecassis 2003; Frączek i Wróbel 2009; Weres 2009; Weres 2010].

Utworzenie szczegółowego modelu wraz z przypisaniem mu właściwości fizycznych surowca w programie, z którego korzysta projektant, może znacznie ułatwić przeprowadzanie symulacji danego procesu oraz jego zoptymalizowanie.

Cel pracy

Celem było opracowanie metody tworzenia wirtualnych modeli nasion roślin uprawnych uwzględniających najważniejsze elementy ich budowy wewnętrznej. Modele tworzone są w środowisku typowego programu CAD jakim jest Solid Edge.

Metoda

Odtworzenie trójwymiarowego modelu realizowane jest na podstawie serii przekrojów obiektu modelowanego. Jest to znana zasada rekonstrukcji 3D i w zależności od autora metody, są to obrazy przekroi w skali makro lub mikro pozyskane obecnie z zastosowaniem fotografii cyfrowej lub techniki USG, tomografii komputerowej czy też rezonansu magnetycznego. W zależności od stopnia dokładności szczegółów zarejestrowanych na wykonanych przekrojach, metody te, mogą generować ogólne modele 3D lub modele szczegółowe uwzględniające szczegóły budowy wewnętrznej modelowanych obiektów.

W przedstawianej metodzie trójwymiarowe modele nasion tworzone są na podstawie informacji zawartych na cyfrowych obrazach kolejnych przekrojów nasienia. Utworzony model uwzględnia podstawową budowę wewnętrzną nasion. Metoda składa się z następujących faz:

Przygotowanie próbek

Próbkę wykonuje się z nasion reprezentatywnych, tzn. takich, których wymiary są zbliżone do średnich wymiarów nasion rośliny danej odmiany. Pojedyncze nasiono, którego model będzie tworzony, po pomiarze wysokości, szerokości i długości, umieszcza się w formie, a następnie zalewa i utrwala żywicą, co umożliwia, w dalszym etapie, stabilne zamocowanie próbki, wykonanie przekrojów i w efekcie pozyskanie szczegółowych obrazów kolejnych przekrojów.

Cięcie próbki i akwizycja obrazów przekrojów

Wykonanie przekrojów realizuje się na urządzeniu, które zapewnia uzyskanie stałej odległości pomiędzy nimi z zachowaniem wzajemnej równoległości płaszczyzn. Obraz

każdego przekroju rejestruje aparat cyfrowy pracujący w trybie Macro. Wykonanie obrazów realizowane jest bez konieczności wyjmowania próbki z uchwytu urządzenia tnącego.

Przetwarzanie obrazów przekrojów

Zarejestrowane obrazy przekrojów poddaje się obróbce polegającej na kadrowaniu, usuwaniu tła oraz skalowaniu.

Tworzenie modelu 3D

Spośród wszystkich uzyskanych obrazów przekrojów nasiona wybierane są tzw. przekroje charakterystyczne (wykonane w miejscach znaczących zmian krzywizn nasienia), w minimalnej liczbie pozwalającej na uzyskanie dokładnego modelu. Na bazie wybranych obrazów tworzy się obrysy przekrojów poszczególnych elementów nasiona (okrywa, liście itp.), z kolei na ich podstawie generowany jest trójwymiarowy model.

Badania

W celu wyboru nasion mających stanowić próbkę, na podstawie której tworzony będzie model, wykonano badania wstępne. Zostały one przeprowadzone na próbie 100 losowo wybranych, nieuszkodzonych nasion i polegały na pomiarze ich geometrii (grubość, szerokość oraz wyznaczeniu współczynnika kształtu [Mohsenin 1986]. Pomiar geometrii wykonany był za pomocą programu Multiscan v. 14.02 wg autorskiej metody [Frączek i Wróbel 2006]. Współczynnik kształtu wyznaczono z zależności 1:

$$S_n = \sqrt[3]{\frac{a \cdot b}{c^2}} \quad (1)$$

gdzie:

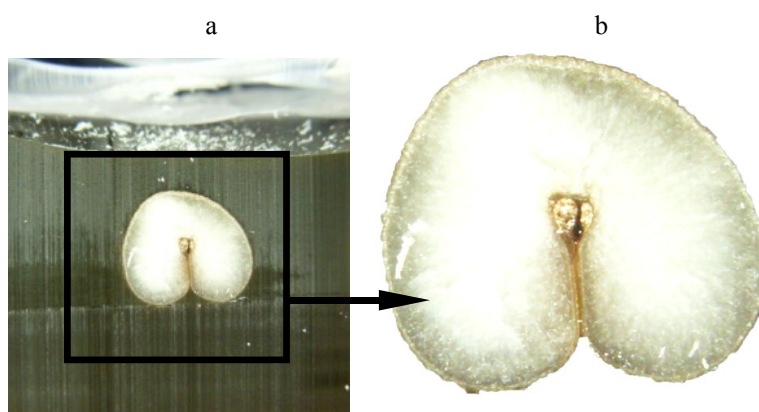
- a – grubość [mm],
- b – szerokość [mm],
- c – długość [mm].

Kolejnym krokiem było wyznaczenie średniego współczynnika kształtu. Nasiono o współczynniku kształtu zbliżonym do średniego uznano za reprezentatywne i przygotowano z niego próbkę.

Ciecie próbki wykonano mikrotomem saneczkowym HM 200. Obrazy kolejnych przekrojów rejestrowane były bezpośrednio po ich wykonaniu. Uzyskano to dzięki zamocowaniu na suporcie mikrotomu aparatu cyfrowego CAMEDIA C-5050 firmy Olympus. Takie umiejscowienie aparatu daje stałą, niezmienną podczas ciecienia, odległość obiektywu od powierzchni każdego przekroju. Uzyskujemy dzięki temu zdjęcia wykonane w jednakowych warunkach. Odległość pomiędzy kolejnymi przekrojami wynosiła 0,1 mm. Szczegółowy opis opracowanej przez autora procedury przygotowania próbki i pozyskania obrazów przekrojów zamieszczono w publikacji [Frączek, Wróbel 2009].

Przed przystąpieniem do etapu modelowania, uzyskane obrazy odpowiednio przetworzono. Proces ten polegał na kadrowaniu wszystkich obrazów ramką o tej samej wielkości

oraz położeniu (rys. 1a). Z wykadrowanych obrazów usunięto elementy zbędne oraz tło (rys 1b). Ostatnim etapem przetwarzania było przeskalowanie zdjęć, po to, aby do programu modelującego można je było wczytać w skali 1:1.

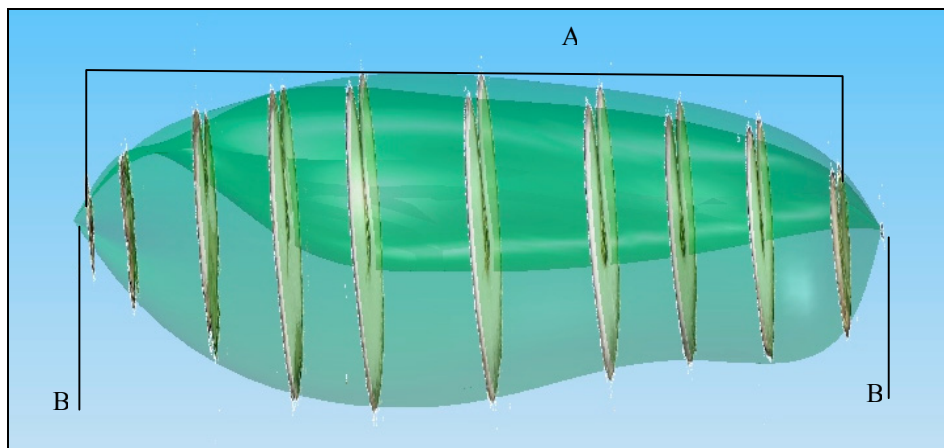


Rys. 1. Obrazy przekroju nasienia : A – wyjściowy, B – po kadrowaniu i usunięciu tła
Fig. 1. Images of a seed cross-section: A – initial, B – after cropping and background elimination

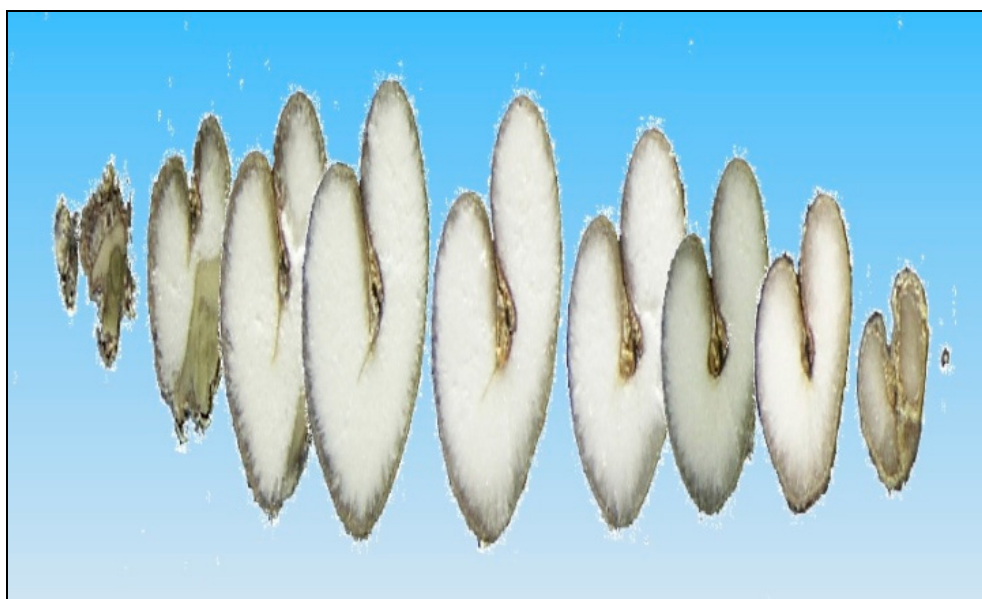
Generowanie modelu przeprowadzono w programie SolidEdge V19, który to jest typową aplikacją CAD wykorzystywaną do parametrycznego projektowania maszyn. Utworzenie modelu bazującego na wszystkich uzyskanych przekrojach, za względu na czasochłonność przygotowania obrysów, a przede wszystkim na ograniczenia programowe było niemożliwe. Liczba przekrojów, w zależności od wielkości nasion, może wynosić kilkadziesiąt do kilkuset. Zbyt duża liczba przekrojów oraz duża złożoność tworzonego modelu bardzo spowalnia działanie programu modelującego lub prowadzi do przerwania operacji modelowania. W wyniku kompromisu pomiędzy dokładnością uzyskanego modelu a możliwościami programu ustalono, że minimalna liczba przekrojów wynosi średnio jeden na mm długości nasiona. Odległości pomiędzy wybranymi do tworzenia modelu przekrojami nie były jednakowe, tzn. w miejscach gdzie krzywizna nasiona zwiększa się, zagęszczenie przekrojów również zwiększano. Aby program mógł utworzyć model bryłowy nasion, oprócz wybranych przekrojów należało jeszcze określić dwa punkty krańcowe które pokrywały się z początkiem i końcem modelowanego nasiona (rys. 2).

Następnie w programie modelującym utworzono serię płaszczyzn, na których budowane będą obrysy przekrojów. Odległość pomiędzy płaszczyznami miała wartość odległości między wybranymi przekrojami. Na każdą z płaszczyzn wklejono odpowiedni obraz przekroju, natomiast na pierwszą i ostatnią płaszczyznę wstawiono punkt skrajny (rys. 3). Każdy modelowany element nasiona (okrywa, zarodek, itp.) został obrysowany linią krzywą (rys. 4).

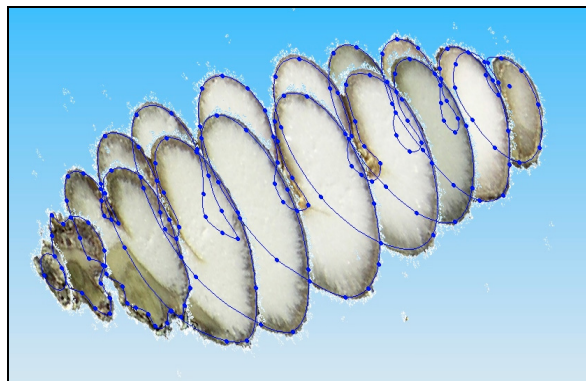
Przed wygenerowaniem modelu obrazy przekrojów ukryto, pozostawiając tylko zarysy elementów składowych (rys. 5). Ostatnim krokiem przy tworzeniu modelu było użycie narzędzia „wyciąganie przez przekroje”, za pomocą którego utworzono model (rys 6).



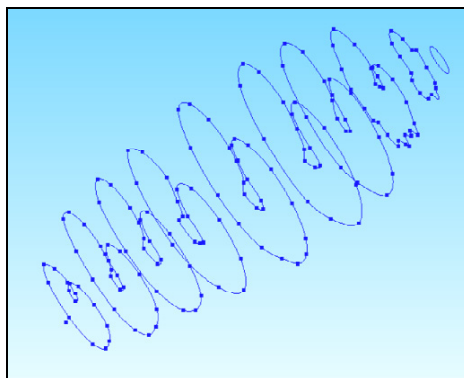
Rys. 2. Wybór i umiejscowienie przekrojów do tworzenia modelu nasiona pszenżyta. A – wybrane przekroje, B – punkty skrajne
Fig. 2. Selection and placing cross-sections for creating a model of triticale seed. A – selected cross-sections, B – extreme points



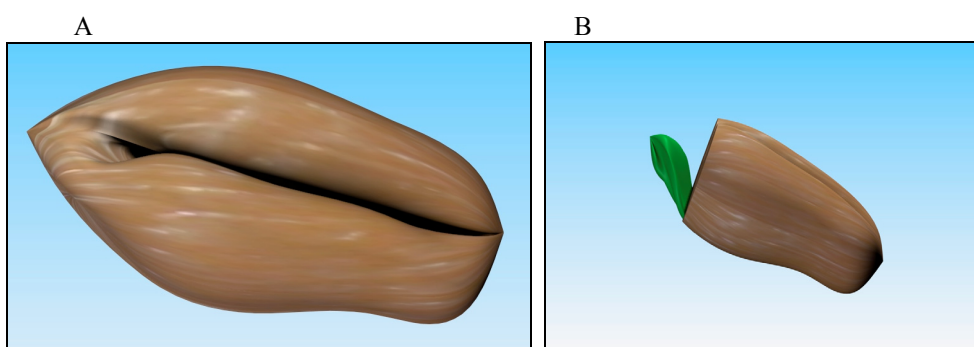
Rys. 3. Obrazy przekrojów wczytane na płaszczyzny
Fig. 3. Images of cross-sections loaded onto planes



Rys. 4. Tworzenie obrysów przekrojów
Fig. 4. Creating contours of cross-sections



Rys. 5. Uzyskane obrysy przekrojów
Fig. 5. Obtained contours of cross-sections



Rys. 6. Wygenerowany model nasiona pszenżyta. A – widok ogólny, B – widok przedstawiający model zarodka
Fig. 6. A generated model of a triticale seed. A – general view, B – view presenting a germ model

Podsumowanie

Przedstawiona metoda umożliwia generowanie trójwymiarowych modeli nasion roślin uprawnych. Podobnie jak w przypadku wcześniejszej metody autorskiej [Frączek i Wróbel 2009], otrzymane modele zachowują charakterystyczne cechy geometryczne nasion (wymiary główne, promienie krzywizn). Natomiast innowacją tej metody jest uwzględnienie wewnętrznej budowy nasion w tworzonym modelu. Ponadto w porównaniu do poprzedniej metody, gdzie model tworzony był w specjalistycznym programie KSRUN firmy Carl Zeiss (aplikacja do komputerowej analizy obrazów), w tym przypadku model tworzony jest w tym samym programie, w którym projektowane mogą być narzędzia przetwarzające modelowane nasiona.

Wykorzystując tę metodę tworzona będzie baza modeli nasion roślin. Modele te będą mogły być wykorzystane jako podstawowe elementy struktury, podczas modelowania zachowania się ziół roślinnych materiałów ziarnistych. Metoda ta po nieznacznych modyfikacji może być wykorzystana do tworzenia modeli innych surowców rolniczych (pędy, bulwy, owoce i inne).

Uzyskanym modelom można przypisać właściwości fizyczne, które są wykorzystywane przy analizach wytrzymałościowych oraz symulacjach metodą elementów skończonych.

Bibliografia

- Donev A., et al.** 2004. Improving the density of jammed disordered packings using ellipsoids. *Science* vol. 303. s. 990-993.
- Frączek J., Wróbel M.** 2006. Metodyczne aspekty oceny kształtu nasion. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 12 (87). s. 155-163.
- Frączek J., Wróbel M.** 2009. Zastosowanie grafiki komputerowej w rekonstrukcji 3D nasion. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6 (115). s. 87-94
- Kęska W., Feder S.** 1997. Trójwymiarowa rekonstrukcja kształtu elementów roślinnych z dwuwymiarowych obrazów rastrowych. *Pr. Przem. Inst. Masz. Roln.* s. 15-17.
- Mabille F., Abecassis J.** 2003. Parametric modelling of wheat grain morphology: a new perspective. *Journal of Cereal Science*. Nr 37 s. 43-53.
- Mieszkalski L.** 2001. Metoda tworzenia modelu bryły ziarna zbóż. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. s. 29-36.
- Mohsenin N.** 1986. *Physical properties of plant and animals material*. Gordon and Breach Science Public, New York, ISBN 0-677021370-0
- Weres J.** 2009. Komputerowe metody geometrycznego modelowania surowców i produktów rolniczych. III Konferencja Naukowa „Agrofizyka w badaniach surowców i produktów rolniczych” Kraków 2009 – referaty i doniesienia.
- Weres J.** 2010. Informatyczny system pozyskiwania danych o geometrii produktów rolniczych na przykładzie ziarniaka kukurydzy. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(125). s. 229-236.
- “Sferocylindry” [dostęp 10-11-2011] Dostępny w Internecie: <http://smartimtech.com/modeling/polyhedrons.htm>

3D RECONSTRUCTION METHOD OF SEEDS IN CAD APPLICATION

Abstract. A new, original method of creating three-dimensional models of seeds of cultivated plants in typical application programme for computer aided design (CAD). The procedure of creating a model starts with the series of cross-sections of a sample, that is, a seed submerged in resin with simultaneous frame grabbing of these cross-sections. Processing the images of cross-sections, which consists in cropping, background elimination and scaling. In the final stage, contours of particular seed components (see cover, germ etc.) are created based on the selected images of cross-sections and a seed model is generated on their basis. The model was generated with the use of SolidEdge programme. Except for characteristic geometric properties, the models consider inner construction of seeds.

Key words: seed material, modelling, seeds, computer analysis of image

Adres do korespondencji:

Marek Wróbel; e-mail: Marek.Wrobel@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków