

Możliwości zastosowania metod analizy obrazu w pomiarach dendrochronologicznych

Joanna Barniak, Małgorzata Danek, Anna Fabijańska

Abstrakt. W pracy przedstawiono rezultaty przetwarzania obrazu rozporowatego typu drewna z zastosowaniem wyostrzenia adaptacyjnego. Wykorzystano algorytm adaptacyjny wyrównywania histogramu z ograniczeniem kontrastu (ang. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE). Materiał wyjściowy stanowił obraz wywiertu (skan o rozdzielczości 1200dpi) drewna lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.). Poddano go przetwarzaniu z zastosowaniem wyżej wspomnianego algorytmu, modyfikując rozmiar bloku obrazu, w którym analizowano lokalne histogramy oraz nachylenie zbocza funkcji dokonującej transformacji jasności. Uzyskano poprawę jakości obrazu znacznie ułatwiającą identyfikację granic poszczególnych słoików.

Słowa kluczowe: pomiary dendrochronologiczne, skanowane obrazy wywiertów, przetwarzanie obrazu, CLAHE, lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.)

Abstract. Possibilities of image processing application in dendrochronological measurement process. The paper presents the results of processing of diffuse-porous wood image using CLAHE method (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization). The input material was core image (scan with a resolution of 1200dpi) of small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.) wood. Scan was processed using the above mentioned method, with modification of algorithm parameters, namely local block size and slope of the intensity transformation function. Significant improvement in image quality, greatly facilitating the identification of the tree-ring boundaries was achieved. Identification of usually very difficult to determine, dimly visible tree-ring boundaries became much easier.

Keywords: tree ring measurements, scanned core images, image processing, CLAHE, small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.)

Wstęp

Pomiar szerokości przyrostów rocznych drzew jest jednym z podstawowych etapów analizy dendrochronologicznej. Klasycznie w procesie tym wykorzystuje się urządzenia pomiarowe (lupa binokularna wraz ze stolikiem przesuwным oraz rejestratorem przesuwu), przy użyciu których pomiaru dokonuje się bezpośrednio na odpowiednio przygotowanych próbach drewna. W ostatnim czasie rośnie popularność wykorzystania technik pomiarowych bazujących na obrazach cyfrowych zeskanowanych bądź sfotografowanych wcześniej prób. Na użyteczność wykorzystywanych obrazów wpływa nie tylko ich rozdzielczość, ale również cechy analizowanego materiału (charakterystyka przyrostów rocznych, cechy budowy anatomicz-

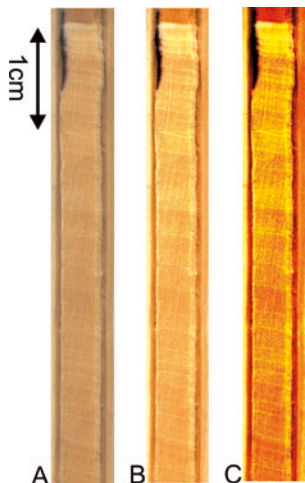
nej) oraz odpowiednie jego przygotowanie. Wszystko to sprawia, że często jakość obrazu nie pozwalała na precyzyjny pomiar, lub też jest on niemożliwy. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie metod analizy obrazu, pozwalających na uwidocznienie charakterystycznych cech przyrostów rocznych, mających podstawowe znaczenie w procesie pomiarowym, jak również umożliwiających wykonanie pomiarów automatycznych (Kunqing i Zhiyao 2000, De Amicis i in. 2011, Pan i Kudo 2011, Sundari i Kumar 2014).

Celem prowadzonych obecnie prac jest odszukanie oraz opracowanie algorytmów analizy obrazu dających najlepsze efekty w przypadku materiału dendrochronologicznego, a także stworzenie oprogramowania do szybkiej obróbki obrazów prób drewna różnych gatunków. W pracy przedstawiono test jednej z metod przetwarzania, przeprowadzony na obrazie próby reprezentującej drewno rozpieczchłonaczyniowe, charakteryzujące się strukturą anatomiczną o często niewyraźnych granicach przyrostów rocznych. Dla porównania wpływu metod preparacji na jakość skanowanego obrazu, analizy przeprowadzono na obrazach tej samej próby przygotowanej z zastosowaniem dwóch metod: z wykorzystaniem ostrza preparacyjnego oraz struga.

Material i metody

Badania przeprowadzono na drewnie lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.) rosnącej w zwartym drzewostanie leśnym. W celu uwidocznienia struktury przyrostów rocznych, przed skanowaniem (rozdzielczość 1200 dpi) próbkę drewna w postaci wywiertu poddano preparacji polegającej na usunięciu wierzchniej warstwy drewna. W tym celu jej powierzchnię najpierw ścięto ostrzem preparacyjnym. Po wykonaniu skanu, tą samą próbkę poddano ponownej preparacji, tym razem z wykorzystaniem struga. Tak przygotowany materiał powtórnie zeskanowano z taką samą rozdzielczością.

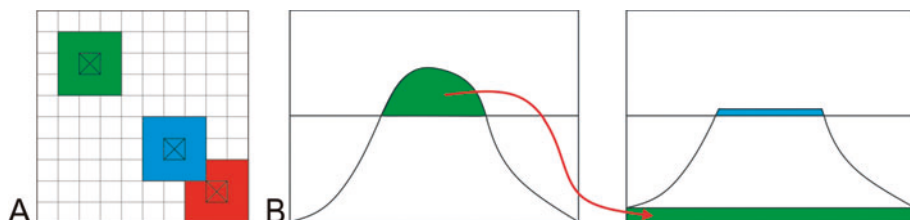
Przed właściwym pomiarem, uzyskane obrazy poddane zostały przetwarzaniu wstępnemu mającemu na celu uwypuklenie informacji obrazowej na granicach przyrostów. W pierwszej kolejności przetestowano metody bazujące na korekcyj globalnego histogramu obrazu tj.: rozciągnięciu histogramu (ang. contrast stretching) oraz równoważeniu histogramu (ang. histogram equalization). Pierwsza z wymienionych metod ma na celu rozszerzenie histogramu na cały zakres dostępnych wartości składowych barw, z kolei druga - takie rozłożenie dostępnych wartości każdej ze składowych barw, aby były one możliwie równoliczne. Metody dokonujące modyfikacji globalnego histogramu obrazu okazały się jednak niewystarczające, z uwagi na dużą rozdzielczość obrazu oraz relatywnie niewielkie rozmiary słojów. W niektórych przypadkach, pogorszyły wręcz widoczność słojów dostępnych w obrazie i zaowocowały widoczną zmianą w balansie barw (Ryc. 1).



Ryc. 1. Wyniki modyfikacji globalnego kontrastu obrazu: A – obraz oryginalny, B – normalizacja histogramu, C – wyrównywanie histogramu

Fig. 1. The results of global histogram modification: A – unprocessed image; B – histogram normalization; C – histogram equalization

Z uwagi na powyższe ograniczenia metod poprawy globalnego kontrastu, ostatecznie zastosowano wyostrzenie lokalne z wykorzystaniem algorytmu adaptacyjnego wyrównywania histogramu (ang. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE, Zuiderveld 1994). Metoda ta dokonuje podziału obrazu na bloki o rozmiarze bs pikseli. Następnie, w każdym z bloków wyznaczana jest lokalna funkcja poprawy kontrastu, która definiuje nową wartość barwy dla centralnego piksela wewnątrz bloku (por. Ryc. 2A). Funkcja ta ma na celu wyrównanie lokalnego histogramu obrazu. Wartości pozostałych pikseli obrazu wyznaczone są w wyniku interpolacji, gdzie węzłami są centralne piksele kolejnych bloków. Rozmiar bloku bs powinien być większy niż rozmiar szczegółów, których krawędzie należy wyostrzyć.



Ryc. 2. Idea działania algorytmu CLAHE: A - podział obrazu wejściowego na bloki o jednakowym rozmiarze bs , B - modyfikacja kształtu histogramu w wyniku ograniczenia zbocza funkcji transformującej wartości składowych barw obrazu

Fig. 2. General CLAHE algorithm idea: A - the division of the input image into blocks of equal size bs , B - histogram shape modification as a result of slope limitation of brightness levels transforming function

W celu uniknięcia zjawiska nadmiernej poprawy kontrastu, w rozważanym przypadku zastosowano ograniczenie zbocza funkcji (slope) dokonującej transformacji intensywności składowych barw. Takie działanie powoduje przycięcie wierzchołka histogramu obrazu oraz równomierne rozłożenie usuniętych wartości składowych barwy pomiędzy wszystkie jasności uwzględnione w histogramie (por. Ryc. 2B). Przekłada się to na wyraźną poprawę kontrastu obrazu oraz pozwala uniknąć istotnej zmiany balansu barw.

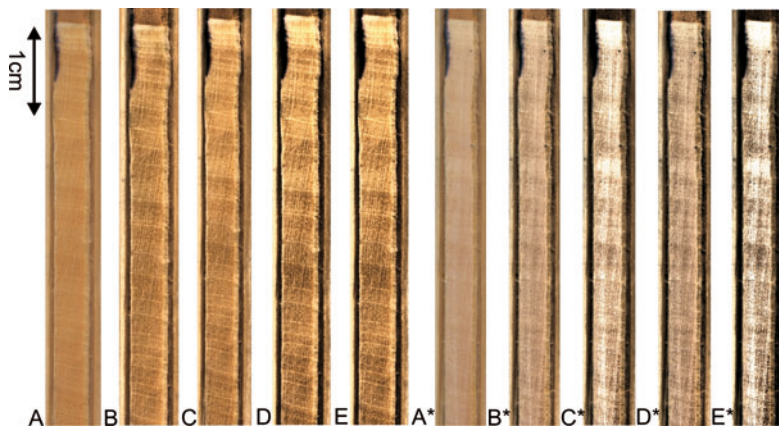
Wyniki

Wybrane do badań drewno lipy charakteryzowało się jaśniejszą barwą oraz węższymi przyrostami rocznymi w ostatnich latach. Cechy te powodowały, iż w skanowanym obrazie drewna granice przyrostów rocznych były bardzo słabo widoczne, a niektóre zupełnie nieczytelne (Ryc. 3A).

Zastosowane metody przetwarzania znacznie poprawiły jakość analizowanych obrazów (Ryc. 3). Bardzo dobre rezultaty przetwarzania otrzymano dla wywiertu przygotowanego za pomocą ostrza preparacyjnego. Zastosowany algorytm pozwolił zdecydowanie poprawić widoczność struktury przyrostów, w tym podkreślić granice pomiędzy nimi. Detekcja przyrostów rocznych na tak przetworzonym obrazie przez mierzącego staje się znacznie łatwiejsza. Skutkuje to także zwiększeniem dokładności pomiaru oraz redukcją czasu procesu pomiarowego.

Porównując nieprzetworzone obrazy drewna przygotowanego obiema metodami widać wyraźnie mniej czytelny rysunek struktury drewna próby preparowanej strugiem (Ryc. 3A i A*). Różnice te przełożyły się potem na skuteczność zastosowanych metod przetwarzania.

W przypadku drewna preparowanego ostrzem, struktura anatomiczna na obrazach przetworzonych jest bardzo dobrze widoczna (Ryc. 3B-E). Te same metody przetwarzania zastosowane względem obrazu wywiertu przygotowanego za pomocą struga, dały zdecydowanie gorszy efekt względem czytelności poszczególnych przyrostów rocznych (Ryc. 3B*-E*). Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują więc na istotny wpływ metody preparacji na jakość skanowanego obrazu, a pośrednio także na uzyskiwane rezultaty przetwarzania, ze wskazaniem na preparację z użyciem ostrza jako bardziej odpowiednią.



Ryc. 3. Fragment obrazu wywiertu drewna lipy: A - obraz nieprzetworzony, B-E – wyniki poprawy kontrastu obrazu metodą CLAHE: slope = 3, bs = 127 (B); slope = 3, bs = 511 (C); slope = 5, bs = 127 (D); slope = 5, bs = 511 (E); (*) - sposób preparacji – strug

Fig. 3. The images of linden core fragment: A – unprocessed image, B-E – images processed by CLAHE method using combination of parameters: slope = 3, bs = 127 (B); slope = 3, bs = 511 (C); slope = 5, bs = 127 (D); slope = 5, bs = 511 (E); () – preparation by jointer*

Podsumowanie

Zastosowana metodyka przetwarzania obrazu znacznie poprawiła jakość obrazu drewna rozpieczłonaczyniowego, dla którego wykonanie pomiarów na podstawowym, nieprzetworzonym obrazie było utrudnione, a niekiedy niemożliwe. Uwypuklenie granic poszczególnych przyrostów rocznych ma istotne znaczenie w procesie pomiarowym – pozytywnie wpływa na szybkość, komfort i dokładność manualnych pomiarów szerokości przyrostów rocznych w programach bazujących na skanowanych obrazach próbek. Istotny wpływ na jakości wykorzystywanego w pomiarach obrazu drewna ma również sam sposób preparacji próbek przed skanowaniem/fotografowaniem. Uzyskane wyniki dają podstawę do dalszych prac zmierzających do wytypowania najlepszych i najbardziej efektywnych algorytmów przetwarzania obrazu próbek drewna dla poszczególnych gatunków drzew.

Podziękowania

Praca powstała w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.140.173 oraz nr 11.11.140.626.

Literatura

- De Amicis R., Riggio M., Girardi G., Piazza M. 2011. Morphology-based macro-scale finite-element timber models. *Computer-Aided Design* 43: 72-87.
- Kunqing X., Zhiyao L. 2000. Method of scanning image analysis for tree-ring research and its application in environmental change. *Quaternary Sciences* 20 (3): 259-269.
- Pan S., Kudo M. 2011. Segmentation of pores in wood microscopic images based on mathematical morphology with a variable structuring element. *Computers and Electronics in Agriculture* 75: 250-260.
- Sundari P.M., Kumar S.B.R. 2014. A study of image processing in analyzing tree ring structure. *IMPACT: International Journal of Research in Humanities, Arts, and Literature* 2 (3): 13-18.
- Zuiderveld K. 1994. Contrast limited adaptive histogram equalization, *Graphics gems IV*, Academic Press Professional, Inc. 474-485.

¹Joanna Barniak*, ²Malgorzata Danek, ³Anna Fabijańska

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geologii Ogólnej i Geoturystyki

²AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Analiz Środowiskowych, Kartografii i Geologii
Gospodarczej

³Politechnika Łódzka, Instytut Informatyki Stosowanej

*barniak@geol.agh.edu.pl