

Automatyczne rozpoznawanie ziaren pyłku roślin

Część I. Rozpoznawanie obiektów

Automatic System for Pollen Recognition

Part I. Objects identification

dr n. tech. inż. Zbigniew M. Wawrzyniak^{1,2}, dr n. med. Piotr Rapiejko^{3,4}

1. Instytut Systemów Elektronicznych, Politechnika Warszawska

2. Zakład Profilaktyki Zagrożeń Środowiskowych i Alergologii, Warszawski Uniwersytet Medyczny

3. Klinika Otolaryngologii Wojskowego Instytutu Medycznego w Warszawie

4. Ośrodek Badania Alergenów Środowiskowych w Warszawie

Streszczenie: W pracy przedstawiono podstawowe wymogi i zasady rozpoznawania ziaren pyłku realizowane przez automatyczny system rozpoznawania i zliczania dla procesu monitorowania. Opisano funkcje zbudowanego komputerowego systemu analizy i klasyfikacji pyłku opartego na definiujących je parametrach cech i regułach ludzkiego sposobu rozpoznawania i identyfikacji obiektów. System daje możliwość internetowej wymiany informacji na temat parametrów klasyfikacji i rozkładu intensywności występowania ziaren pyłku danego gatunku.

Abstract: In the paper fundamental requirements and rules for pollen grains recognition are presented that are realized by automatic system for recognition and counting of pollens for monitoring purposes. Functionality of the made computerized system are described for analysis and classification of pollens based on defined feature parameters and rules of recognition and identification of objects in human visual system. The system enables web-based data exchange of classification parameters as well as intensity distribution of pollen grains for the species.

Słowa kluczowe: pyłek, analiza obrazu, klasyfikacja pyłku, rozpoznawanie obiektów, mikroskopowa analiza obrazu

Key words: pollen, image analysis, pollen classification, object recognition, microscopic image analysis

Wstęp

Rozwój technik pomiarowych opartych na analizie wizualnej obrazu umożliwia poszerzenie potencjału badawczego i diagnostycznego w wielu dziedzinach medycyny i badań środowiska naturalnego. Czynniki fizyko-chemiczne środowiska naturalnego oddziałują na człowieka, najsilniej na stan jego zdrowia [1, 13]. Zaawansowana technika umożliwia monitorowanie różnych czynników środowiskowych [10], szczególnie gdy w grę wchodzi choroby alergiczne [12]. Aeroalergeny zawarte wewnątrz ziaren pyłku roślin wiatropylnych mogą wywoływać chroniczne objawy alergiczne o wielopostaciowej i wielonarządowej ma-

nifestacji klinicznej [4, 14]. Do prawidłowej diagnostyki i leczenia schorzeń alergicznych wywołanych nadwrażliwością na sezonowo występujące w atmosferze aeroalergeny niezbędna jest znajomość lokalnego stężenia ziaren pyłku roślin i spor grzybowych. Istnieje więc konieczność monitorowania ich stężenia [2, 3] w powietrzu w trosce o zdrowie ogromnej części społeczeństwa (obecnie szacowanej na ponad 30–35% całej populacji [11]). Ustalenie terminu rozpoczęcia „okresu pylenia roślin” oraz monitorowanie stężenia ziaren pyłku pozwala na właściwe stosowanie środków zapobiegawczych i/lub leczniczych, umożliwiając minimalizację skutków chorób alergicznych [7]. Monito-

rowanie stężeń ziaren pyłku ma również istotne znaczenie dla palinologii [5] – z uwagi na rozsiew i opad zarodników roślin – i palinostratygrafii [6] jako interdyscyplinarnych nauk współpracujących również przy prognozowaniu i monitorowaniu klimatu [7].

W przypadku dotychczasowych metod [8] oznaczania stężenia ziaren pyłku roślin doświadczony biolog lub palinolog prowadził mikroskopową obserwację pobranej próbki. Poprzez porównywanie zauważonych ziaren aeroalergenów z zapamiętanymi wzorcami ziaren lub przy użyciu wzorców z atlasu pyłku [15] rozpoznawał gatunki ziaren i zliczał ziarna [16]. Taka ręczna metoda zliczania obarczona jest wieloma wadami praktycznymi i dużymi błędami, zarówno na etapie rozpoznania rodzaju pyłku, jak i samego zliczania. Tradycyjna metoda jest też czasochłonna. Przed wszystkim to skłania do podjęcia prób automatyzacji procesu rozpoznawania (rozumianego jako klasyfikacja obiektów pyłku w celu przypisania klasy – gatunku biologicznego) i zliczania [28, 30, 34]. Opracowanie systemu wspomaganego komputerem do automatycznego rozpoznawania i zliczania ziaren pyłku, opartego na metodach komputerowej analizy obrazu, stanowi rozwiązanie tego problemu [25, 35].

W pracy przedstawiono podstawowe wymogi i zasady rozpoznawania ziaren pyłku przez automatyczne rozpoznawanie dla procesu monitorowania. Opisano funkcje zbudowanego komputerowego systemu do analizy i rozpoznawania obrazu ziaren pyłku.

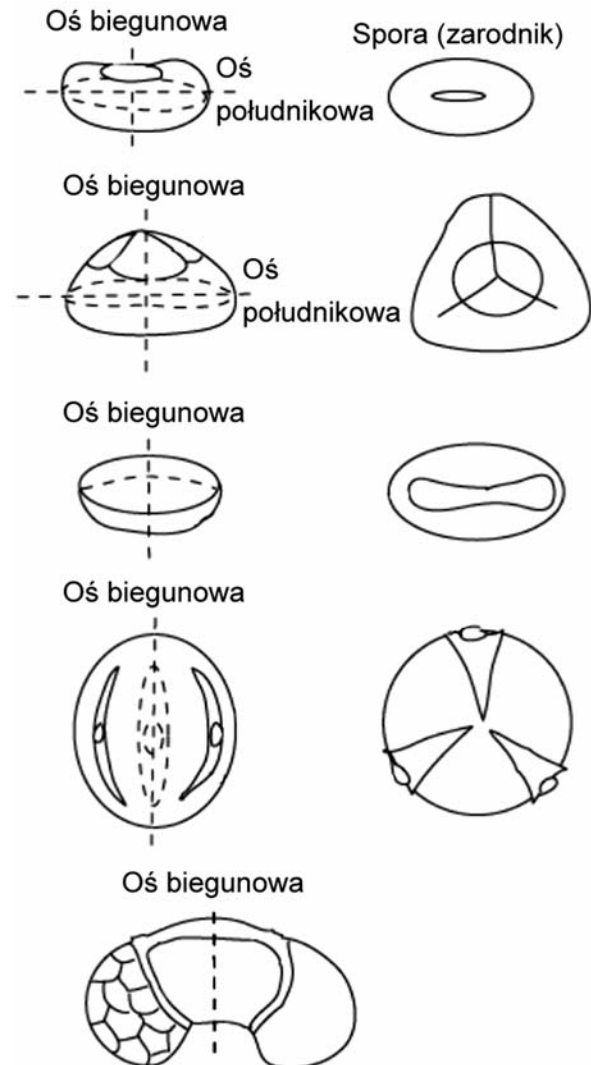
Ziarna pyłku jako obiekty do rozpoznania obrazowego

Ziarna pyłku roślin są przestrzennymi obiektami ziarnistymi o cechach zbliżonych w przekroju poprzecznym do koła, elipsy lub złożenia tych figur (według nomenklatury palinologicznej, ryc. 1) [17, 19]. W ścianach komórkowych (jedno- lub dwuwarstwowych) niektórych ziaren występują przerwy brzegów, tak zwane pory (*pores*), lub widoczne bruzdy (*colpi*), a w środku znajdują się różne widoczne organy wewnętrzne (jądro, protoplazma). Przykładowe przekroje strukturalne przez ściany komórkowe pokazano na rycinie 2.

Rozpoznawanie takich obiektów odbywa się metodą wizualną z wykorzystaniem przyrządów optycznych i obserwatora w przeciwieństwie do stosowanych w diagnostyce medycznej (rozpoznawania alergenów) metod chemicznych i złożonych metod fizycznych (np. fluorescencyjnych, radioizotopowych).

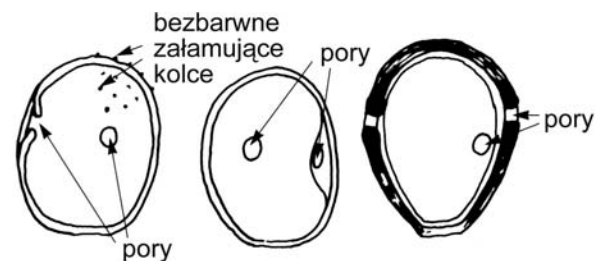
Położenie i liczba porów oraz bruzd są głównymi kryteriami rozpoznawania i identyfikacji klas ziaren

Rycina 1. Ziarna aeroalergenów według nomenklatury palinologicznej [19].



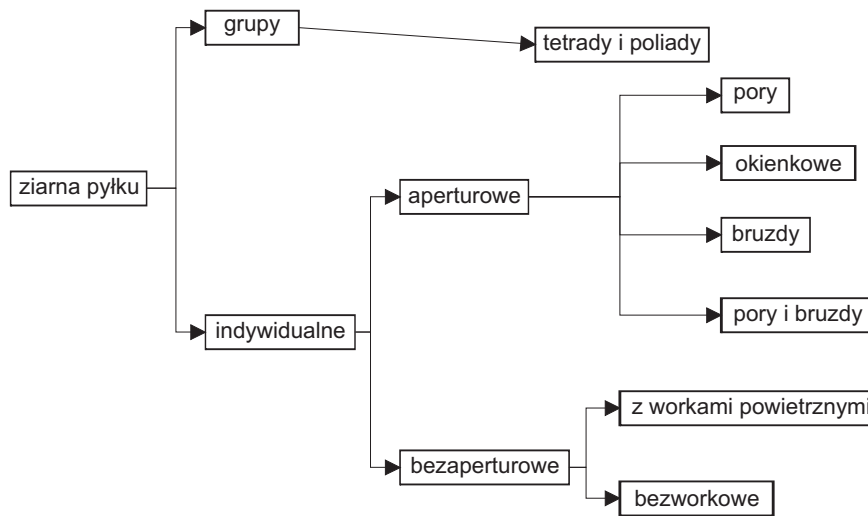
Terminologia spor i ziaren według Playford i Dettman 1996.

Rycina 2. Przykładowe przekroje poprzeczne ziaren pyłków w różnym ułożeniu przestrzennym i z różnym położeniem porów w ścianie komórkowej [17].



metodą wizualną przez obserwatora. W różnicowaniu wizualnym palinolodzy używają pojęcia *apertura*, które definiowane jest jako lokalne ścienienie lub modyfikacja ściany komórkowej [17] (w wyniku istnienia otworów i bruzd). W rozumieniu optycznym jest to pojęcie odległe od definicji technicznej, a na użytek

Rycina 3. Klasyfikacja palinologiczna ziaren pyłków na podstawie RNSA [21].



- 1) porów (ang.: *Monoporate*, *Biporate*, *Triporate*, *Multiporate*),
- 2) bruzd (ang.: *Monocolpate*, *Bicolpate*, *Tricolpate*, etc.)
- 3) porów i bruzd (ang.: *Monocolporate*, *Bicolporate*, etc.).

Zastosowanie określonego schematu podziału kształtów i charakterystycznych cech ziaren (ryc. 3), w sensie ontologicznym, stanowi podstawę tworzenia algorytmów rozpoznawania gatunków. Taki

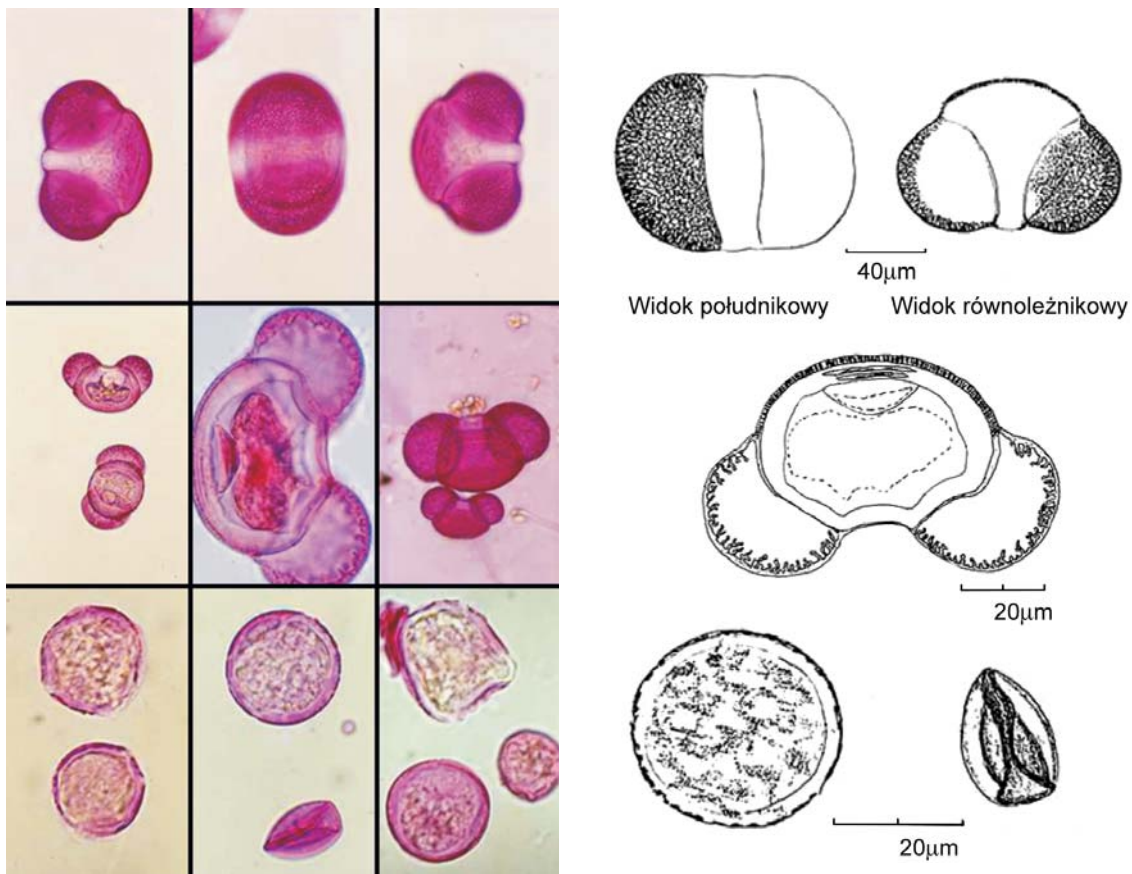
rozpoznawania należałoby je definiować jako lokalne zmiany powierzchni ściany lub ziarna (łącznie z nieciągłością brzegów).

Klasyfikacja palinologiczna ziaren, np. [15], opiera się na różnicowaniu obiektów na ziarna aperturowe lub bezaperturowe. Ziarna zwane aperturowymi podzielone są na grupy pod kątem liczby występujących

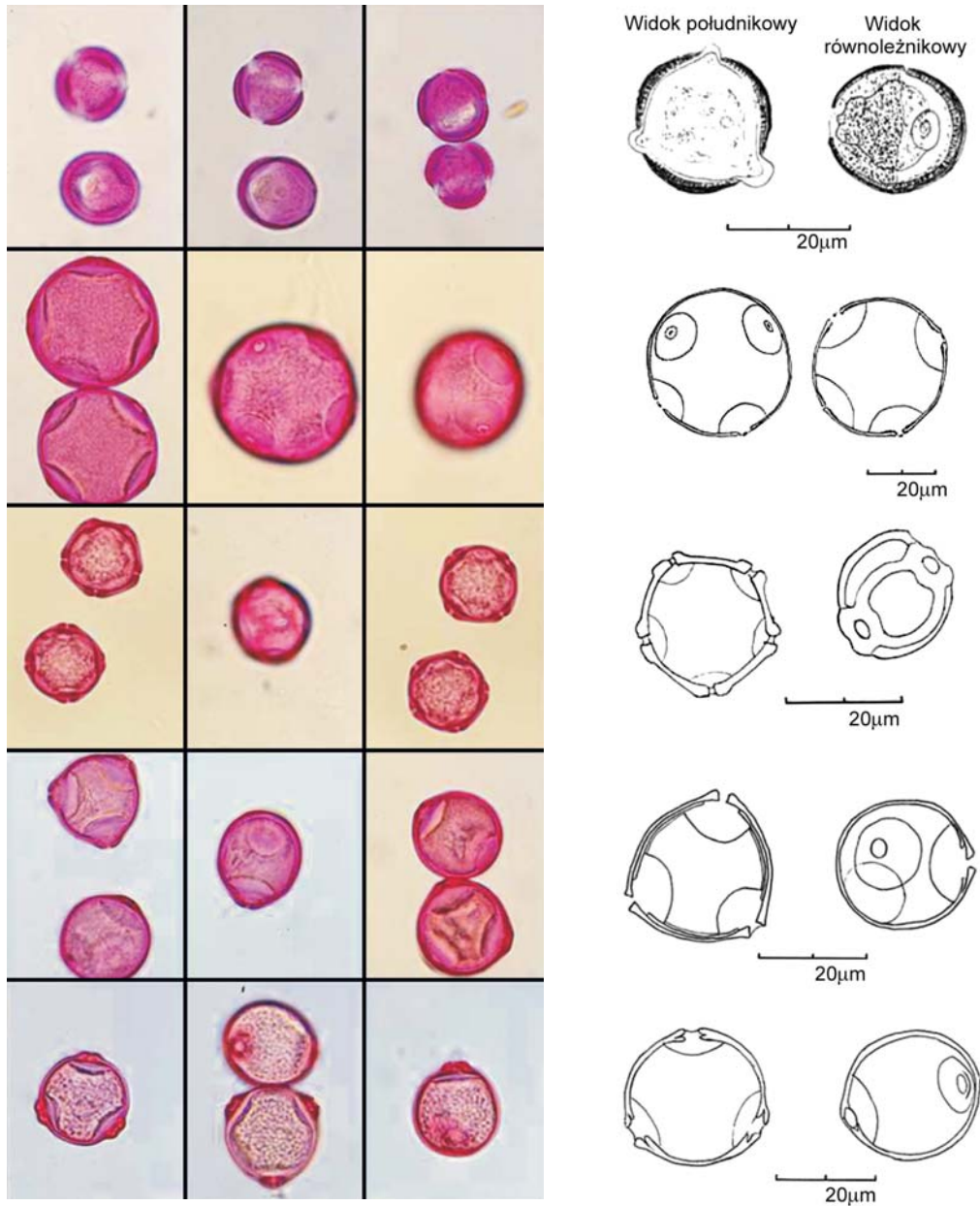
podział uzupełniony wzorcami obrazowymi (zdjęcia) stanowi źródło wzorców wizualnych (tzw. atlas elektroniczny) wspomagające proces rozpoznawania przez obserwatora [21].

W analizie wizualnej ziarna pyłku są traktowane jako obiekty, których poszukuje się do dalszego

Rycina 4. Wzorce ziaren bezaperturowych *Picea* i *Pinus* (w powiększeniu 160×) oraz *Populus* (w powiększeniu 400×) (z lewej strony – kolorowe, z prawej – schematyczne przekroje poprzeczne) [21].



Rycina 5. Wzorce ziaren aperturowych: *Artemisia*, *Carpinus*, *Alnus*, *Corylus*, *Betula* (w powiększeniu 400×) (z lewej kolorowe, z prawej przekrój poprzeczny) [21].



rozpoznania (tak jak w analizie przez obserwatora). Ziarna jako obiekty przestrzenne układają się na szkiełku preparatu w dowolny sposób. Obserwowany obraz jest więc rzutem na płaszczyznę obrazową (dwuwymiarową). Także same ziarna mogą nieco różnić się od siebie, co w analizie wizualnej może prowadzić do ich utrudnionego rozpoznania przez obserwatora. Ziarna pyłku charakteryzują właściwości brzegu i specyficzny kształt obiektu oraz barwa, w ogólności mająca niejednorodną jasność i charakter tekturowy. Kształt obiektu (ziarna) nie zawsze ma wizualną regularność (koło, elipsa), a parametry wymiarowe mogą nie mieć cech powtarzalności dla różnych ziaren z tej samej klasy (gatunku) [27, 29, 31, 32].

Reguły ludzkiego sposobu rozpoznawania i ich identyfikacja (poprzez opisujące je cechy) wniosły duży wkład w opracowanie algorytmów rozpoznawania dla obrazów ziaren. Charakterystyczny wygląd grupy ziaren bezaperturowych:

- z workami powietrznymi różnie umiejscowionymi (np. ziarno gatunku *Picea* o wymiarach $115 \times 75 \mu\text{m}$ oraz *Pinus* o wymiarach: średnim $75 \mu\text{m}$ i body $44 \times 54 \mu\text{m}$),
- bez worków (*Populus* o wymiarach $30 \mu\text{m}$), oraz ziaren aperturowych:
- wieloporowych (*Alnus* o wymiarach $19 \times 25 \mu\text{m}$, *Corylus* – $23 \times 26 \mu\text{m}$, *Carpinus* – $40 \mu\text{m}$ oraz *Betula* – $20 \mu\text{m}$),

- i wieloporowych z bruzdami (*Artemisia* o wymiarach 22 μm), umożliwia ich łatwiejsze rozpoznanie (ryc. 4, 5).

Wnętrze ziaren ma silne cechy tekturowe, co jest istotnym parametrem w ich różnicowaniu, a potem klasyfikacji. Za cechy dyskryminacji obiektów (między sobą), dostrzegalne w pierwszej kolejności skupienia uwagi, można uznać również pory i bruzdy, szczególnie dla obrazu monochromatycznego (zdjęcia w prawej kolumnie).

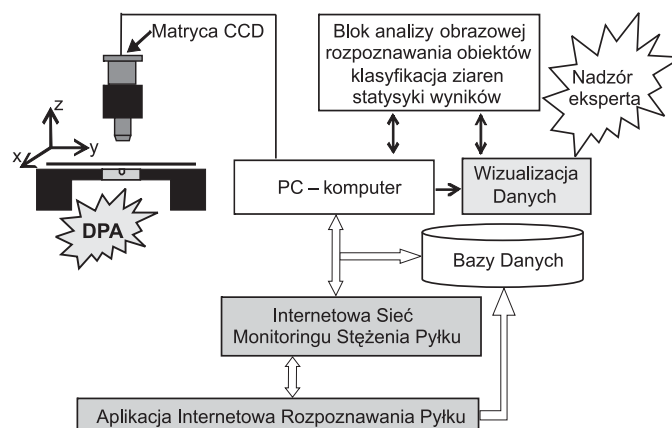
Zasadnicze cechy wizualne wykorzystywane przez obserwatora w rozpoznaniu ziaren to kolor, kształt i cechy opisujące wypełnienie obiektu oraz wzajemne położenie obiektów, umiejscowienie w polu widzenia, a także wielkość. Rozmiary fizyczne ziaren, oprócz informacji o kolorze, stanowią istotny czynnik szybkiego skupienia uwagi, a kategorie podziału według nomenklatury palinologicznej podano w licznych publikacjach [19, 20, 22].

Istotą rozpoznawania jest zawsze dyskryminacja (odróżnienie) obiektu (ziarna) od tła. Skojarzenie różnych cech realizowane jest w fuzjach decyzji w procesie rozpoznawania wizualnego przez ludzki kanał analizy, a w tym procesie poszukuje się punktów, w których maksymalizują się miary dyskryminacji [23, 24].

Funkcje systemu komputerowego rozpoznawania obiektów ziaren pyłków

Materiał badawczy – preparaty ziaren pyłku (DPA) – uzyskuje się z akwizycji mechanicznej w urządzeniu zbierającym – aparat typu Hirsta [9]. Obraz cyfrowy otrzymuje się w układzie optycznym złożonym z mikroskopu i aparatu cyfrowego (ryc. 6). Następnie sekwencje obrazowe z DPA są analizowane według cech wizualnych w bloku analizy obrazowej w celu rozpoznania obiektów ziaren, klasyfikacji (oznaczeniu gatunków) i zliczenia ziaren poszczególnych gatunków. Możliwa jest obserwacja obrazów ziaren w stanowisku wizyjnym systemu komputerowego rozpoznawania. Schemat funkcjonalny poszczególnych procedur przedstawiono na rycinie 6, natomiast część komputerową stanowiska wraz ze stanowiskiem wizyjnym na rycinie 7. Opracowany system wykorzystuje bazy wzorców elektronicznych ziaren pyłku, z możliwością współpracy z innymi systemami internetowej wymiany informacji o stężeniach pyłku. Przy skanowaniu preparatu DPA wykorzystuje się 3-wymiarowy przesuw stolika sterowany komputerowo oraz komputery PC (ryc. 8). System może analizo-

Rycina 6. Poglądowy schemat funkcjonalny stanowiska do identyfikacji ziaren pyłku do monitorowania aeroalergenów.

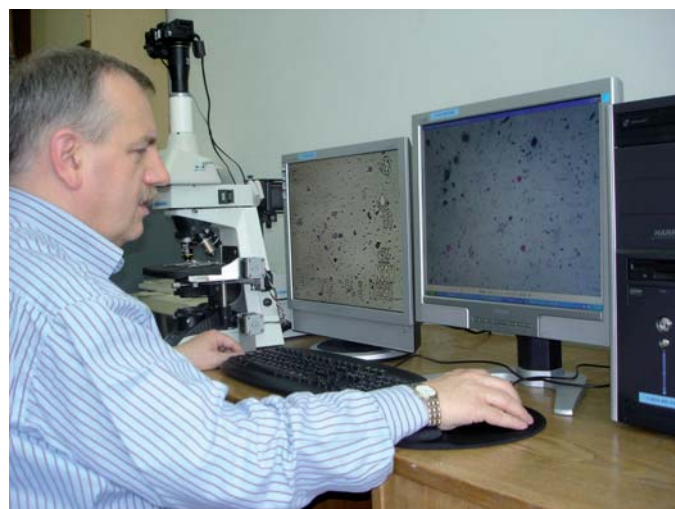


wać dane (obrazy DPA przysyłane z innych ośrodków drogą internetową).

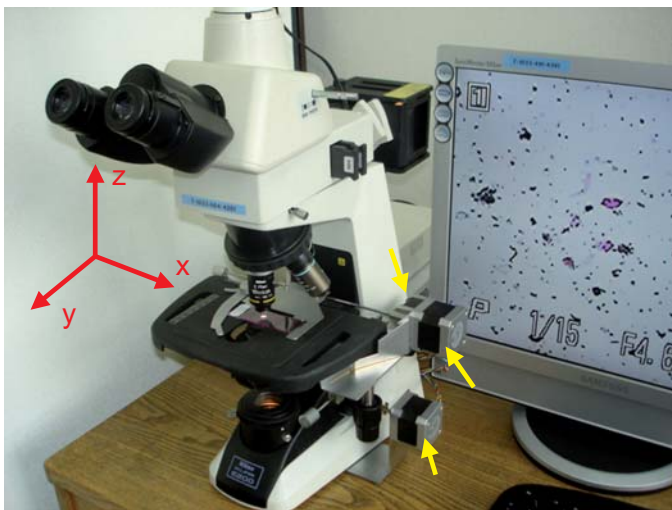
Stanowisko wyposażone jest w dwa monitory: jeden do bieżącej wizualnej kontroli akwizycji obrazu części do skanowania DPA w trakcie działania programu Nikon-Grabber, a drugi – do obsługi bloku analizy i wizualizacji.

Do automatycznej akwizycji obrazu wykorzystano mikroskop biologiczny Nikon Eclipse E200 wyposażony w oświetlacze światła przechodzącego i górnego, współpracujący z cyfrowym aparatem fotograficznym Nikon Coolpix 5400 (obiektyw 4x Zoom Nikon o zakresie ogniskowej F=5,8–24 mm i przetwornik obrazu CCD 1/1,18", 5,1 mln pikseli efektywnych). Umożliwia on wykonywanie zdjęć w formacie JPEG o wymiarach 2592×1944, 1600×1200, 1280×960, 1024×768, 640×480 pikseli. W procesie akwizycji obrazu wykorzystano pole widzenia w po-

Rycina 7. Ogólny widok stanowiska do analizy ziaren pyłku.



Rycina 8. Mikroskop Nikon Eclipse E200 z zamontowanym aparatem cyfrowym Nikon Coolpix 5400 – widoczny przesuw mechaniczny stolika w kierunkach x, y, z oraz kontroler przesuwu (z tyłu).

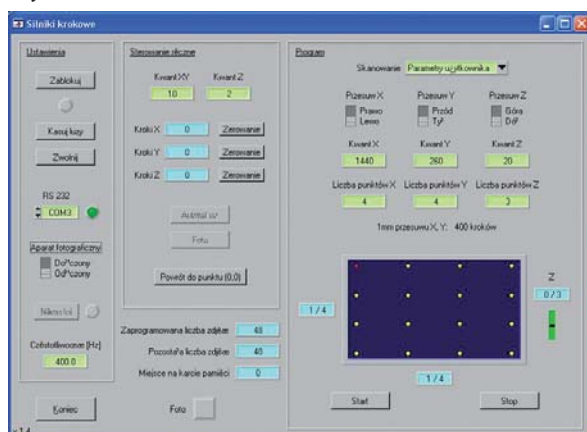


stacji prostokąta o bokach $1,0067 \times 0,755$ mm – pojedynczy punkt obrazu (piksel) ma wymiary $0,388 \times 0,388$ μm .

Przesuw stolika jest sterowany trzema silnikami, co umożliwia przy jednym kroku silnika przesuw stolika o $2,5$ μm . Zakres zmian wysokości stolika, dla których możliwe jest uzyskanie ostrego obrazu za pomocą automatyki aparatu fotograficznego, odpowiada ok. 60 krokom silnika (przy zastosowaniu w mikroskopie obiektywu $10\times$ i zoomu aparatu $4\times$).

Sterowanie aparatem fotograficznym Nikon Coolpix 5400 odbywa się za pośrednictwem interfejsu RS 232 w komputerze PC. Aparat jest również połączony łączem AV z dodatkowym monitorem LCD (ryc. 7), na którym można oglądać obraz w czasie rzeczywistym. Komunikacja z użytkownikiem odbywa się za pomocą przyjaznego interfejsu graficznego (ryc. 9).

Rycina 9. Menu programu Nikon-Grabber w trybie użytkownika.



W programie przewidziano manualny tryb pracy, który wykorzystywany jest do wstępnego ustalenia ostrości oraz określenia punktu startowego akwizycji obrazu. Zasadniczy tryb pracy, tzw. programowany – opcja „cały obszar”, umożliwia skanowanie całego obszaru preparatu DPA (1254 zdjęcia na jeden preparat DPA). Zdjęcia wykonywane są „na zakładkę” w obu kierunkach X, Y.

Podsumowanie

W metodach oznaczania stężenia ziaren pyłku (źródeł aeroalergenów) stosowana jest obecnie obserwacja wizualna pobranej próbki pod mikroskopem. Porównywanie zauważonych ziaren pyłku roślin ze wzorcami ziaren prowadzi do rozpoznania gatunku ziaren i ich zliczenia. Automatyzacja procesu rozpoznawania (klasyfikacja obiektów pyłku według gatunku biologicznego) i zliczania może być realizowana w systemie wspomaganego komputerem rozpoznawania i zliczania pyłku roślin, opartego na metodach komputerowej analizy obrazu i właściwościach cech opisujących ziarna pyłku. Przedstawione podstawowe wymagania i zasady rozpoznawania ziaren pyłku opierają się na wykorzystaniu przez automatyczne rozpoznawanie dla procesu monitorowania. Opisano funkcję zbudowanego komputerowego systemu do analizy i rozpoznawania obrazu ziaren pyłku.

Zaletą zbudowanego systemu jest możliwość bezpośredniego skanowania dostarczonych próbek DPA i przyjmowania sekwencji obrazów przekazywanych łączami internetowymi we współpracy z udostępnianą internetowo bazą wzorców ziaren. Internetowa wymiana informacji umożliwia łatwe tworzenie mapy rozkładu intensywności występowania ziaren pyłku danego gatunku (pylenia) oraz rozkład intensywności pylenia w czasie w oparciu o sieć stacji badawczych.

Stanowisko badawcze do analizy i rozpoznawania obrazu ziaren pyłku zostało wykonane w ramach grantu badawczego KBN nr 3 T10C 004 28.

Piśmiennictwo:

1. Leikauf G.D.: Hazardous Air Pollutants and Asthma. *Environmental Health Perspectives* 2002, 110(Sup. 4): 505-526.
2. Recommendations For Methodology For Routinely Performed Monitoring Of Airborne Pollen. *International Association for Aerobiology (IAA). Aerobiologia* 1995, 11: 69-70.

3. Rogers Ch., Muilenberg M.: *Comprehensive Guidelines For The Operation of Hirst-Type Suction Bioaerosol Samplers* Pan-American Aerobiology Association, Standardized Protocols, 2001 [online: <http://www.geocities.com/paaaorg/>].
4. Alvarez-Cuesta E., Bousquet J., Canonica G.W., Durham S.R., Malling H.J., Valovirta E.: *Standards For Practical Allergen-Specific Immunotherapy*, Immunotherapy Task Force. *Allergy* 2006, 61(Supl. 82): 1-20.
5. Gage, S.H., Isard, S.A., Colunga-G.M.: *Biological scales of motion for dispersal of biota. Agricultural and Forest Meteorology* 1999, 97: 249-261.
6. Wood G., Gabriel A.M., Lawson J.C.: *Palynological techniques – processing and microscopy. W: Palynology: principles and applications. Jansonius J., McGregor D.C. (red.). AASP Foundation 1996, 1: 29-50.*
7. Gassmann M.I., Gardiol J.M.: *Weather conditions associated with the potential for pollen recirculation in a coastal area. Meteorological Applications* 2007, 14(1): 39-48.
8. Ogden E.C., Raynor G.S., Hayes J.V.: *Manual for sampling airborne pollen. New York, Hafener Press, 1974.*
9. Hirst J.M.: *An automatic volumetric spore trap. Ann. Appl. Biol.* 1952, 39: 257-265.
10. D'Amato G., Speksma F.Th.M., Bonini S. (red.). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe. London, Blackwell Scientific Publications, 1991.*
11. Zwick H., Popp W., Jäger S., Wagner C., Reiser K., Mora K.F.: *Pollen sensitization and allergy in children depend on the pollen load. Allergy* 1991, 46: 362-366.
12. D'Amato G., Liccardi G., D'Amato M., Cazzola M.: *Outdoor air pollution climatic changes and allergic bronchial asthma. Eur. Respir. J.* 2002, 20: 763-776.
13. Beggs P.: *Pollen and pollen antigens as triggers of asthma – what to measure? Atmospheric Environment* 1998, 32: 1777-1783.
14. Cariñanos P., Alcázar P., Galán C., Navarro R., Domínguez E.: *Aerobiology as a tool to help in episodes of occupational allergy in work places. J. Invest. Allergol. Clin. Immunol.* 2004, 14(4): 300-308.
15. Erdtman G.: *Handbook of Palinology. New York, Hafner Publishing Co., 1969.*
16. Subiza J.: *How to interpret pollen counts. Alergol. Immunol. Clin.* 2001, 16: 59-65.
17. *Airborne Pollens and Spores, A Guide to Trapping and Counting. The British Aerobiology Federation, Hearts, United Kingdom, 1995.*
18. [online: <http://www.bio.uu.nl/~palaeglossary/glos-int.htm>].
19. Playford G., Dettmann M.E.: *Spores, W: Palynology: principles and applications, vol. 1, Principles. Jansonius J., McGregor D.C. (red.). American Association of Stratigraphic Palynologists, Foundation, College Station, Tex., 1996: 227-260.*
20. Dybova-Jachowicz S., Sadowska A.: *Palinologia. Wyd. Instytutu Botaniki PAN, Kraków 2003: 411.*
21. Sulmont G., Laine C., Sulmont D., Dupuy N., Lachasse Ch., Thibaudon M.: *The Pollen Content of the Air Identification Key. Reseau National De Surveillance Aerobiologique (RNSA), Studio Bouquet, Saint Etienne.*
22. *The Australasian Pollen and Spore Atlas* [online: <http://palaeworks.anu.edu.au/databases/>].
23. Mundhenk T.N., Itti L.: *Computational modeling and exploration of contour integration for visual saliency. Biological Cybernetics* 2005, 93(3): 188-212.
24. Wawrzyniak Z., Sochoń J., Jachowicz R., Rapięjko P., Jurkiewicz D.: *System komputerowego rozpoznawania gatunków ziaren pyłku (aeroalergenów). Elektronika* 2008, XLIX(6): 175-177.
25. Rapięjko P., Wawrzyniak Z.M., Jachowicz R.S., Jurkiewicz D.: *Analiza obrazów w automatycznym systemie identyfikacji ziaren pyłku roślin. Acta Agrobotanica* 2006, 59(1): 385-393.
26. Rapięjko P., Wawrzyniak Z.M., Jachowicz R.S., Jurkiewicz D.: *Image analysis in computer system of pollen recognition. Revista de Rhinologia* 2006, 6(1): 46.
27. Rapięjko P., Wawrzyniak Z.M., Jachowicz R.S., Bartkowiak-Emeryk M., Jurkiewicz D.: *Automatic system of pollen recognition on the air. Pol. J. Environ. Studies* 2006, 15(2a): 661-664.
28. Rapięjko P., Wawrzyniak Z.M., Jachowicz R.S., Jurkiewicz D.: *Estimations of feature space parameters for aerobiological analysis of pollen grains. Eur. Respir. J.* 2006, 28(Suppl. 50): 679-680.
29. Rapięjko P., Wawrzyniak Z.M., Jachowicz R.S., Jurkiewicz D.: *Analiza obrazów w automatycznym systemie identyfikacji ziaren pyłku roślin. Acta Agrobotanica* 2006, 59(1): 385-393.
30. Wawrzyniak Z.M., Rapięjko P., Jachowicz R.S., Jurkiewicz D.: *Komputerowa analiza obrazów w rozpoznawaniu i klasyfikacji aeroalergenów. Pol. Merk. Lek.* 2005, 19(111): 315-318.
31. Wawrzyniak Z.M., Rapięjko P.: *Estimations of feature space parameters for aerobiological analysis of pollen grains. Polen* 2004, 14: 65.
32. Rapięjko P., Wawrzyniak Z.M., Jachowicz R.S., Jurkiewicz D.: *Image analysis in computer system of pollen recognition, Proc. XXV Congress of the European Academy of Allergology and Clinical Immunology, Vienna, Austria, 10-14 June 2006: Abstract Book. Vienna 2006: 260.*
33. Rapięjko P., Wawrzyniak Z., Gołębiowska-Wawrzyniak M.: *Application of Image Morphological Analysis Methods in Automatic System for Pollen Recognition, Proc. of the XXIII EAACI Congress, 2004: 190-191.*
34. Wawrzyniak Z.M., Rapięjko P., Jachowicz R.S.: *Komputerowa analiza obrazów w rozpoznawaniu i klasyfikacji ziaren pyłku roślin (aeroalergenów), Mat. Konf. Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe – Nowoczesne Techniki w Rynologii i Alergologii. Warszawa, 2004: 19.*
35. Jachowicz R., Wawrzyniak Z., Sochoń J.: *Metody i algorytmy rozpoznawania ziaren pyłku roślin oparte na szybkiej kompu-*

terowej analizie obrazów, Raport z prac własnych KBN nr 3
T10C 004 28, Instytut Systemów Elektronicznych PW 2007,
marzec, 92.

Adres do korespondencji:

dr n. tech. Zbigniew M. Wawrzyniak

Instytut Systemów Elektronicznych

00-665 Warszawa, ul. Nowowiejska 15/19

e-mail: magic2k@wp.pl

W dniu 10 X 2009 Walne Zebranie Delegatów Polskiego Towarzystwa Alergologicznego wybrało nowe władze Towarzystwa

Zarząd Główny (Kadencja 2009–2012):

Prezydent – prof. *Barbara Rogala*

Wiceprezydent – prof. *Marek Kulus*

Prezydent Elekt – prof. *Bolesław Samoliński*

Ustępujący prezydent – prof. *Piotr Kuna*

Sekretarz – dr hab. *Radosław Gawlik*

Skarbnik – prof. *Zbigniew Bartuzi*

Członkowie Zarządu Głównego:

prof. *Anna Bręborowicz*

prof. *Krzysztof Buczyłko*

prof. *Andrzej Emeryk*

prof. *Andrzej M. Fal*

prof. *Marek Jutel*

prof. *Jerzy Kruszewski*

prof. *Ryszard Kurzawa*

dr *Piotr Rapiejko*

prof. *Zenon Siergiejo*

prof. *Krzysztof Sładek*