

## **AUTOMATYCZNA OCENA JAKOŚCI OPRYSKU NA PODSTAWIE ŚLADÓW KROPEL PRZY UŻYCIU KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU**

Adam J. Lipiński

*Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

Seweryn Lipiński

*Katedra Elektrotechniki i Energetyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono możliwość automatycznej oceny jakości oprysku roślin na podstawie obrazu śladu pokrycia papierka wodnoczułego cieczą roboczą. Opisano podstawowe zasady początkowego przetwarzania (binaryzacji) zeskanowanych obrazów w sposób minimalizujący możliwość utraty informacji przed przystąpieniem do właściwej ich analizy. Dysponując binarnym obrazem śladu pokrycia można wyznaczyć, poza powszechnie obliczanym stopniem pokrycia, inne parametry oceny: indeks pokrycia (w pionie i w poziomie) oraz współczynnik izotropii pokrycia. Przy pomocy tych parametrów można dokładniej określić jakość oprysku. Wszystkie te parametry charakteryzujące jakość oprysku są obliczane w sposób matematyczny, czyli obiektywnie i powtarzalnie.

**Słowa kluczowe:** jakość oprysku, papierek wodnoczuły, parametry oceny oprysku, komputerowa analiza i przetwarzanie obrazu

### **Wstęp**

Skuteczność zabiegów ochronnych wykonywanych w uprawach rolniczych zależy między innymi od właściwego doboru sposobu oprysku oraz dawki cieczy użytkowej nanoszonej na chronione rośliny [Hołownicki 2006]. Powszechnie do oceny jakości oprysku używa się papierków wodnoczułych [Fox i in. 2003; Godyń i in. 2008; Lipiński i in. 2007]. Jest to metoda prosta, szybka i stosunkowo tania. Papierki wodnoczułe umieszcza się na określonych częściach opryskiwanych roślin, a następnie wizualnie lub za pomocą programu komputerowego, określa się stopień ich pokrycia cieczą użytkową. Stopień pokrycia, który definiowany jest jako stosunek powierzchni papierka wodnoczułego pokrytej cieczą użytkową do całkowitej jego powierzchni, nie zawsze w pełni odzwierciedla prawdziwą jakość oprysku. Określa tylko powierzchnię papierka pokrytą cieczą roboczą, nie mówi zaś nic o sposobie tego pokrycia, czyli przykładowo rozproszeniu kropeł lub ich kształcie.

## Cel, zakres pracy oraz uzasadnienie

Celem pracy było pokazanie możliwości automatycznego obliczania dodatkowych parametrów przydatnych do dokładniejszej oceny jakości oprysku. Przyjęto założenie, że dodatkowe parametry będą wyznaczone równocześnie przy obliczaniu stopnia pokrycia roślin cieczą użytkową, będą proste do wyznaczenia i interpretacji, mają wynikać bezpośrednio z formy obrazów - rozkładu cieczy roboczej na powierzchni papierka wodnoczułego. Ponadto różnice w obrazach mają mieć bezpośredni wpływ na wartości tych parametrów.

W pracy przedstawiono również podstawowe zasady początkowego przetwarzania zeskanowanych obrazów w sposób minimalizujący możliwość utraty danych niosących informacje o oprysku jeszcze przed właściwą analizą obrazu.

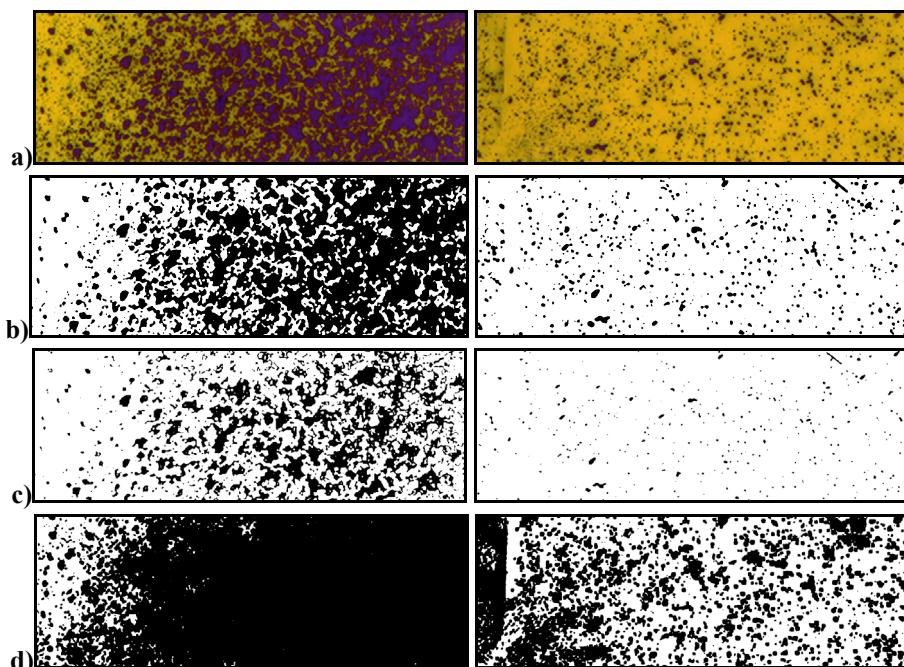
Przy wizualnej ocenie jakości oprysku (porównania z wzorcem) dużą rolę odgrywa czynnik ludzki, który jest bardzo łatwy do zakwestionowania. Matematyczne wyznaczenie dodatkowych parametrów na podstawie zeskanowanych obrazów papierków wodnoczułych gwarantuje obiektywny i powtarzalny wynik osiągnięty znacznie szybciej.

## Metodyka

W pracy posłużono się papierkami wodnoczułymi, które były stosowane w trakcie wcześniejszych badań jakości oprysku na plantacji ziemniaków [Lipiński i in. 2007]. Używane w doświadczeniu papierki wodnoczułe miały wymiary 76 x 26 mm. Po zabiegu oprysku ziemniaków i wyschnięciu, papierki wodnoczułe były zdejmowane z roślin i skanowane do formatu bitmapy. Tak pozyskane obrazy cyfrowe poddano binaryzacji, a z obrazów binarnych obliczono proponowane parametry charakteryzujące jakość oprysku. Cały proces obróbki obrazu i obliczenia parametrów oprysku zostały zaimplementowane w środowisku obliczeniowym Matlab. Program został napisany w taki sposób, by operator miał jedynie za zadanie wskazać plik lub pliki do obróbki. Cały proces obliczeniowy nie wymaga żadnej ingerencji użytkownika. Program automatycznie generuje i zapisuje binarne obrazy pozyskiwane w trakcie przetwarzania oraz automatycznie oblicza na ich podstawie wszystkie zaproponowane parametry.

### Binaryzacja

Binaryzację wykonuje się przed właściwą obróbką obrazu i obliczaniem parametrów określających jakość oprysku. Celem binaryzacji jest uzyskanie z każdego skanu obrazu czarno-białego, w którym czarny piksel oznacza punkt pokryty, a biały piksel – punkt niepokryty cieczą użytkową. Operacja binaryzacji polega na obliczeniu progu, powyżej którego odpowiedni piksel obrazu klasyfikuje się jako czarny, a poniżej jako biały. Operacja ta jest prosta do wykonania, jednak można w jej trakcie popełnić błąd rzutujący na cały dalszy proces obliczania parametrów, czyli źle postawić próg binaryzacji. Możliwe skutki błędnego wyznaczenia progu binaryzacji pokazano na rys. 1. Z przedstawionych rysunków wynika, że mogą powstać niedoszacowania (rys. 1c) lub przeszacowania (rys. 1d) wielkości obszaru pokrytego cieczą roboczą. Skutkuje to niewłaściwym obliczeniem wartości stopnia pokrycia oraz błędami w obliczeniach pozostałych parametrów oprysku.



Rys. 1. Ilustracja właściwego i błędnego wyboru progu binaryzacji: a) skany papierków wodnoczułych; b) obrazy po binaryzacji przeprowadzonej metodą Otsu; c, d) obrazy po binaryzacji przeprowadzonej nieprawidłowo: odpowiednio niedoszacowanie i przeszacowanie

Fig. 1. Visualisation of correct and incorrect choice of binarization threshold: a) scans of water sensitive papers; b) images after binarization using Otsu method; c, d) images after erroneously executed binarization: respectively underestimation and overestimation

Do celu binaryzacji przetwarzanych w artykule skanów papierków wodnoczułych, wybrano metodę automatycznej binaryzacji Otsu. Wyboru tej metody dokonano na podstawie przeprowadzonych doświadczeń z różnymi algorytmami oraz przeprowadzonego studium literaturowego [Sezgin i Sankur 2004]. Argumentem przemawiającym za użyciem metody Otsu jest także fakt, że metoda ta jest implementowana w wiele środowisk obliczeniowych, np. Matlab, co pozwala na jej wykorzystanie bez przymusu angażowania czasu i kosztów w proces samodzielnej implementacji algorytmu binaryzacyjnego. Próg binaryzacji w tej metodzie wyznaczany jest na podstawie minimalizacji wartości sumy ważonej wariancji dwóch klas zawartych w histogramie: tła i obiektu [Tadeusiewicz i Korohoda 1997]. W tym przypadku obiektem jest ciecz użytkowa barwiąca papierki wodnoczułe. Należy dodać, że metoda Otsu jest ceniona za uniwersalność oraz niezawodność [Sezgin i Sankur 2004].

### Parametry automatycznej oceny jakości oprysku

Do automatycznej oceny jakości oprysku przyjęto, zdefiniowano, a następnie obliczono wartości następujących parametrów:

1. Stopień pokrycia roślin cieczą użytkową - SP.

Przyjęty sposób obliczania wartości tego wskaźnika opisano w pracy Lipińskiego i in. [2007]. Parametr ten jest powszechnie stosowany do oceny jakości oprysku roślin w uprawach polowych i sadowniczych [Godyń i in. 2008, Hołownicki 2006].

Parametr ten nie zawiera żadnej dodatkowej informacji o tym w jaki sposób papierek wodnoczuły pokryty jest cieczą roboczą. W praktyce porównywalny stopień pokrycia roślin cieczą roboczą może być uzyskany przy różnym rozkładzie tej cieczy na powierzchni. Niezaprzeczalnie największy wpływ na stopień pokrycia ma błąd wyznaczenia progu binaryzacji, jak pokazano na rys. 1.

### 2. Indeks pokrycia w pionie - IPP i w poziomie - IPH.

Indeks pokrycia w pionie mówi nam o średniej ilości kropeł przypadających na 1 cm bieżący papierka w pionie. Definiujemy i obliczamy go następująco:

$$IPP = \frac{n_z}{2 \cdot h \cdot x} \quad [1 \cdot \text{cm}^{-1}] \quad (1)$$

gdzie:

- $n_z$  – ilość zmian barwy (z czarnej na białą i odwrotnie) we wszystkich kolumnach przetwarzanego obrazu,
- $x$  – rozdzielczość pozioma przetwarzanego obrazu,
- $h$  – geometryczny wymiar pionowy papierka wodnoczułego (szerokość), [cm].

Indeks pokrycia w poziomie mówi nam natomiast o średniej ilości kropeł przypadających na 1 cm bieżący papierka w poziomie. Definiujemy i obliczamy go następująco:

$$IPH = \frac{n_z}{2 \cdot l \cdot y} \quad [1 \cdot \text{cm}^{-1}] \quad (2)$$

gdzie:

- $n_z$  – ilość zmian barwy (z czarnej na białą i odwrotnie) we wszystkich wierszach przetwarzanego obrazu,
- $y$  – rozdzielczość pionowa przetwarzanego obrazu,
- $l$  – geometryczny wymiar poziomy papierka wodnoczułego (długość), [cm].

Wyżej zdefiniowane parametry (1) i (2) opisują rozproszenie i wielkość kropeł pokrywających papierek wodnoczuły. Im wyższa wartość każdego z tych deskryptorów tym rozproszenie i ilość kropeł pokrywających papierek wodnoczułe są większe.

### 3. Współczynnik izotropii pokrycia - WIP.

Współczynnik izotropii pokrycia jest obliczany na podstawie obliczonych wcześniej indeksów pokrycia w pionie i w poziomie w następujący sposób:

$$WIP = \frac{IPP}{IPH} \quad [-] \quad (3)$$

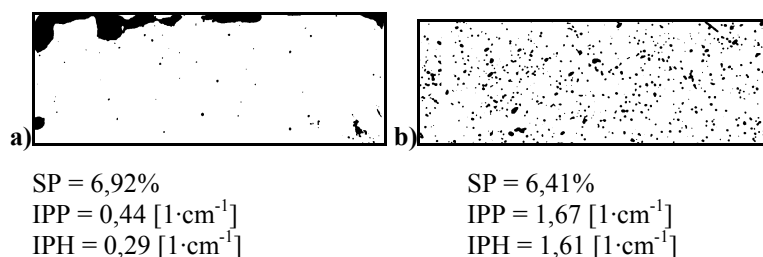
Współczynnik WIP określa sposób pokrycia papierka wodnoczułego, tzn. na ile jego pokrycie jest zależne od kierunku, a także na ile pokrywające papierek krople mają kształt zbliżony do okręgu, czy może są bardziej wydłużone.

### Przykładowe wyniki obliczeń

Na rys. 2–3 przedstawiono przykładowe pary obrazów (po binaryzacji) skanów papierków wodnoczułych o zbliżonych wartościach stopnia pokrycia SP.

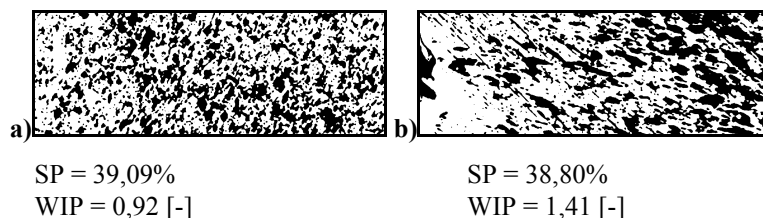
Na rys. 2 można dostrzec istotność wyznaczania indeksu pokrycia w pionie i w poziomie. Na rys. 2a, praktycznie cała wartość indeksu pokrycia wynika z kilku dużych kropeł w lewym górnym rogu obrazu, natomiast pokrycie obrazu na rys. 2b jest bardzo równomierne. Dookreślenie jakości oprysku indeksami pokrycia w pionie i w poziomie pozwala rozróżnić te obrazy.

Na rys. 3 można zobaczyć różnicowanie obrazów poprzez współczynnik izotropii pokrycia. Obraz na rys. 3a ma współczynnik izotropii bliski jedności, jego pokrycie jest niezależne od kierunku. Natomiast obraz przedstawiony na rys. 3b ma wyraźną oś oprysku, co wpływa na zmianę wartości współczynnika izotropii.



Rys. 2. Skany papierków wodnoczułych po binaryzacji i odpowiadające im indeksy pokrycia: indeksy pokrycia w pionie (IPP) i indeksy pokrycia w poziomie (IPH)

Fig. 2. Scans of water sensitive papers after binarization and corresponding coverage indexes: vertical coverage variability indexes (IPP) and horizontal coverage indexes (IPH)



Rys. 3. Skany papierków wodnoczułych po binaryzacji i odpowiadające im współczynniki izotropii pokrycia (WIP)

Fig. 3. Scans of water sensitive papers after binarization and corresponding coverage isotropy ratios (WIP)

### Podsumowanie i wnioski

Stosowanie stopnia pokrycia jako jedyne go wskaźnika jakości oprysku może prowadzić do błędów w ocenie jakości oprysku, szczególnie jeżeli nie stosuje się dodatkowo oceny wizualnej. Ocena wizualna jest jednak zawsze obciążona subiektywizmem obserwatora. Wydaje się zatem celowym wprowadzenie dodatkowych parametrów opisujących papierki wodnoczułe, parametrów pozwalających ocenić jakość oprysku dokładniej i obiektywniej.

Zaproponowane parametry do oceny jakości oprysku są łatwe do obliczenia, a jednocześnie w prosty sposób pozwalają odróżnić od siebie uzyskane obrazy.

## Bibliografia

- Fox R.D., Derksen R.C., Krause C.R., Cooper J.A., Ozkan H.E.** 2003. Visual and image system measurement of spray deposits using water-sensitive paper. *Applied Engineering in Agriculture* 19(5). s. 549-552.
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W.** 2008. Ocena rozkładu cieczy opryskowej w sadzie jabłoniowym wykonana za pomocą papieru wodnoczułego. *Inżynieria Rolnicza* 4 (102). s. 299-306.
- Hołownicki R.** 2006. Technika opryskiwania roślin. Wydawnictwo Plantpress Kraków, ISBN 83-89874-50-4.
- Lipiński A. J., Choszcz D., Konopka S.** 2007. Ocena rozpylaczy do oprysku ziemniaków w aspekcie równomierności pokrycia roślin cieczą. *Inżynieria Rolnicza* 9 (97). s. 135-141.
- Sezgin M., Sankur B.** 2004. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation. *Journal of Electronic Imaging* 13(1). s. 146-165.
- Tadeusiewicz R., Korohoda P.** 1997. Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazu. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków.

## AUTOMATIC VALUATION OF THE SPRAYING QUALITY ON THE BASIS OF DROPS TRACES USING THE COMPUTER IMAGE ANALYSIS

**Abstract.** The paper presents the possibility of automatic assessment of the quality of plant spraying based on the image of trace of covering water-sensitive paper with working liquid. The research allowed to describe basic principles regarding initial processing (decimal-to-binary conversion) of scanned images in a manner reducing to minimum possibility to lose information before commencement of its proper analysis. Binary image of covering trace allows to determine other assessment parameters (aside from commonly computed covering degree): covering index (in the perpendicular and horizontally), and covering isotropy coefficient. These parameters allow to determine spraying quality more accurately. All these parameters characterising spraying quality are calculated mathematically, that is in an objective and repeatable manner.

**Key words:** spraying quality, water sensitive paper, parameters of spraying valuation, computer analysis and image processing

### Adres do korespondencji:

Adam J. Lipiński; e-mail: adam.lipinski@uwm.edu.pl  
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
ul. Oczapowskiego 11  
10-719 Olsztyn