

ZASTOSOWANIE ANALIZY OBRAZU W BADANIACH OBIEKTÓW I PROCESÓW

Tadeusz MIKOŁAJCZYK

ATR Bydgoszcz, Katedra Inżynierii Produkcji
85-796 Bydgoszcz, ul. Kaliskiego 7, tami@atr.bydgoszcz.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono niektóre przykłady zastosowania analizy obrazu do badań obiektów i procesów zrealizowane w Katedrze Inżynierii Produkcji ATR Bydgoszcz. Przy użyciu kamery cyfrowej i specjalnie opracowanego oprogramowania dokonywano pomiarów obiektów na podstawie analizy ich obrazów. Uzyskiwana dokładność pomiaru była wystarczająca do identyfikacji obiektów, a także oceny wymiaru w warunkach warsztatowych. Z zastosowaniem procedur rozpoznawania obrazu dokonywano też oceny obrazów przedmiotów czy też twarzy w oparciu o obrazy zawarte w bazie danych. Przy użyciu sieci neuronowej poszukiwano na obrazie ostrza obrazu jego zużycia.

Słowa kluczowe: analiza obrazu, pomiary optyczne, rozpoznawanie obrazu

APPLICATION OF IMAGE ANALYSE IN OBJECT AND PROCESS INVESTIGATION

Summary

Applications to image analyse was presented in this work. With use digital camera was measured the cutting angle of turning tool. Special recognizing procedure was used to object and human face recognize by compare with image in knowledge base. Was short presented special software to area of tool wear recognition with neural network use.

Key words: picture analyse, optical measure, picture recognition

1. WPROWADZENIE

Postępy w elektronice wywierają wpływ również na rozwój inżynierii budowy i produkcji maszyn. Nowe możliwości badań procesów inżynierii produkcji w tym zakresie stwarzają coraz powszechniejsze układy zapewniające zapis komputerowy obrazu. Współczesne kamery cyfrowe wyposażone, w dogodny do stosowania, złącze USB charakteryzują się znaczną rozdzielczością i częstotliwością zapisu obrazu przy niskiej stosunkowo cenie. Układy te wsparte odpowiednim oprogramowaniem umożliwiają realizację nowych jakościowo zadań opartych na analizie i rozpoznawaniu obrazu. Kamery cyfrowe znajdują zastosowanie w układach:

- rozpoznawania obrazu,
- układach pomiarowych.

Zakres zastosowania rozpoznawania obrazu jest bardzo szeroki i dotyczy między innymi układów analizy zużycia ostrza [3], układów wizyjne humanoidów, rozpoznawania twarzy, identyfikacji linii papilarnych, rozpoznawania tęczy i siatkówki, analizy kształtu ucha [2].

Rozpoznawanie obrazu prowadzone jest najczęściej z zastosowaniem sieci neuronowych.

W zagadnieniu rozpoznawania obrazu wyróżnia się szczególnie dwa procesy:

- wyodrębnianie obiektów,
- identyfikacja obiektów.

Wyodrębnianie obiektów polega na ich wykryciu na analizowanym obrazie. Wykonuje się przy tym kilka działań takich jak: wykrywanie krawędzi, wyznaczanie konturów, ocenę powierzchni. W realizacji tych zadań wygrywają sieci neuronowe w szczególności dzięki ich zdolności do funkcjonowania w warunkach zakłóceń. W odróżnieniu od pozostałych algorytmów analizy obrazów sieci neuronowe nie potrzebują wstępnej filtracji ("odszumiania") obrazów. Identyfikacja obiektów polega na wskazaniu, do której klasy obiektów należy obiekt.

Zaawansowana technika pomiarowa z zastosowaniem kamer cyfrowych nosi nazwę metody fotogrametrii inżynierskiej. Stosowana jest w zakresie bliskiego zasięgu na przykład do pomiarów karoserii samochodu [4]

W pracy przedstawiono niektóre przykłady zastosowania analizy obrazu do badań obiektów i procesów zrealizowane w Katedrze Inżynierii Produkcji ATR Bydgoszcz. Przedstawione przykłady obejmują zastosowanie kamery do:

- identyfikacji ostrza na podstawie pomiarów kąta przystawienia noża tokarskiego,
- rozpoznawania obiektów,
- analizy zużycia ostrza.

2. WYBRANE ZAGADNIENIA Z POMIARÓW WIDEOOPTYCZNYCH

2.1. Charakterystyka kamer cyfrowych

We współczesnych kamerach stosuje się dwa typy matryc CMOS i CCD. Te drugie droższe cechują się większą czułością i jakością rejestrowanego obrazu.

Rozdzielczość współczesnych kamer cyfrowych dogodnych do podłączenia do komputera waha się w szerokich granicach. Z wyższą rozdzielczością kamery związana jest jej wyższa cena. Pomiarowe kamery cyfrowe o bardzo wysokiej rozdzielczości matrycy CCD (np. Zeiss – UMK HighSCAN 15.4K * 11K) [4], w których obraz jest sekwencyjnie skanowany, cechuje bardzo długi czas 5 - 330 sek. generowania obrazu. Cecha ta stanowi zasadnicze ograniczenie ich powszechnego zastosowania. Kamery z bezpośrednim cyfrowym zapisem posiadają czas akwizycji obrazu ≤ 2 sek., (np. Imetric – Icam 28 (7.2K * 4.1K, CCD digital) [4]. Rozwój układów cyfrowej akwizycji obrazu jest bardzo dynamiczny i współcześnie pojawia się szereg rozwiązań aparatów cyfrowych o dużej rozdzielczości matrycy powstałych na bazie lustrzanek jednoobiektywowych, które wyposażono w stabilny pod względem geometrycznym sensor CCD i krótkich czasach ekspozycji. Mogą znaleźć on zastosowanie w zagadnieniach analizy obrazu.

Zapis obrazu następuje bezpośrednio na wewnętrznych, wymiennych kartach pamięci. Transfer danych cyfrowych do komputera odbywa się za pomocą interfejsu typu LPT, SCSI, USB lub kart PCMCIA. Szczególnie dogodne jest zastosowanie kamer podłączanych do portu USB z uwagi na dużą prędkość transmisji jak i zastosowanie zasilania kamery bezpośrednio z portu USB. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość zastosowania kamery w dowolnym komputerze wyposażonym w port USB.

2.2. Dokładność pomiarów

Dokładność zapisu obrazu związana jest przede wszystkim z kamerą. Podstawowymi cechami kamery są:

- rozdzielczość kamery,
- czułość,
- dokładność wykonania matrycy,

Dodatkowymi czynnikami mającymi wpływ na dokładność są układ optyczny jego powiększenie i dokładność. Dobór odpowiedniego powiększenia układu optycznego umożliwia zwiększenie dokładności układu poprzez dobór pola widzenia kamery do wielkości obserwowanego obiektu. Analiza obrazu zapewnia możliwość korekty błędów układu optycznego i matrycy poprzez zastosowanie w programach procedur korekty. Dokładność D pomiaru określenia wybranych punktów związana jest z zastosowaną rozdzielczością matrycy. Można ją wyrazić poprzez stosunek wielkości liniowej mierzonego obrazu do rozdzielczości matrycy w wybranym kierunku pomiaru.

$$D = \frac{1}{R \cdot 1000} \quad (1)$$

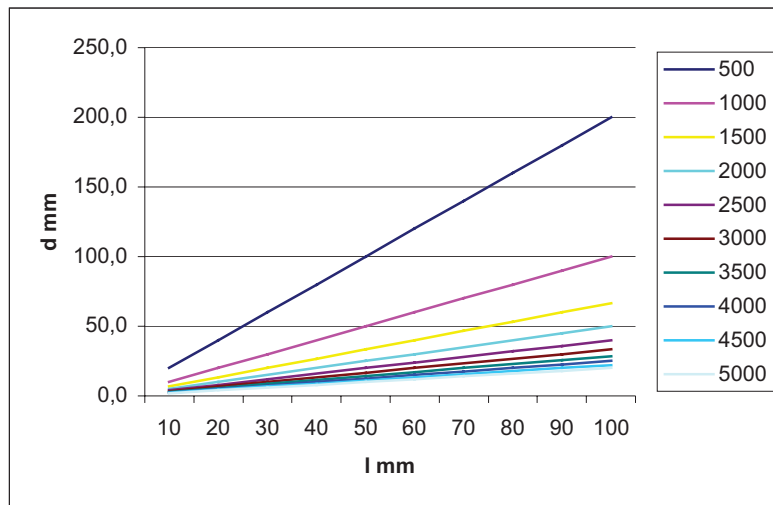
gdzie:

- D- dokładność μm ,
- l- wymiar liniowy mm,
- R- rozdzielczość w pixelach.

Dokładność pomiaru w zakresie rozdzielczości do 500 do 5000 pixeli zilustrowano na wykresie (rys. 1). Na podstawie wykresu można stwierdzić że przy pomiarze obiektów o wymiarze do 100 mm dokładność pomiaru przy rozdzielczości matrycy 2000 sięga 0,05 mm, natomiast dla matrycy o rozdzielczości 500 pixeli z taką dokładnością można mierzyć przedmioty o wielkości około 20 mm.

Metoda fotogrametrii inżynierskiej, przy zastosowaniu odpowiedniego specjalistycznego oprogramowania, z uwzględnieniem bardzo precyzyjnej kalibracji kamery jak i wszystkich elementów układu pomiarowego, umożliwi w związku z zastosowaniem metod triangulacji, dokonywanie pomiarów ze znacznie większą dokładnością. Niezbędny jest również pomiar wielkości kątowych z dokładnością 1" [4]. Uzyskiwana dokładność pomiaru jest na poziomie 1/50 pixela. Obserwowane obiekty można mierzyć z dokładnością 1:100000, a nawet 1:1000000. Metody te wymagają jednak odpowiedniej metodyki pomiaru i specjalnego oprogramowania. Technika ta stosowana jest zarówno on-line jak też off-line. Większe dokładności pomiaru uzyskiwane są w metodach off-line.

Współcześnie rozwija się również technika skaningu laserowego związanego również z cyfrowym zapisem obrazu. W wyniku pomiaru uzyskać można informacje o geometrii całego obiektu, czy też wykonać przekrój w dowolnym miejscu, a jednocześnie dostajemy zdjęcie cyfrowe mierzonego obiektu. Sam pomiar natomiast nie wymaga bezpośredniego kontaktu z obiektem, czy wcześniejszej sygnalizacji punktów.



Rys. 1. Dokładność pomiaru na poziomie rozdzielczości pikseli w zależności od rozdzielczości matrycy i wielkości analizowanego obrazu

3. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA

W Katedrze Inżynierii Produkcji ATR Bydgoszcz od szeregu lat prowadzone są próby zastosowania techniki wizyjnej do badań możliwości identyfikacji cech obiektów i analizy procesów. Przedstawione przykłady obejmują zastosowania tej techniki do:

- pomiarów,
- rozpoznawania obrazów,
- analizy obrazu zużycia ostrza.

Zastosowanie kamery do badań strefy spalania silnika ZI z uwzględnieniem oceny składu mieszanki na podstawie koloru przedstawiono w innej pracy w tych materiałach.

3.1. Pomiar kątów przystawienia noża tokarskiego

Pomiar kątów przystawienia polega na określeniu na obrazie ostrza współrzędnych punktów przecięcia siecznych p1, p2 i krawędzi skrawających głównej i pomocniczej (rys. 2).

Na podstawie znajomości współrzędnych punktów A1, B1 oraz A2 i B2 można określić wartości kątów przystawienia κ_{r1} i κ_{r2} .

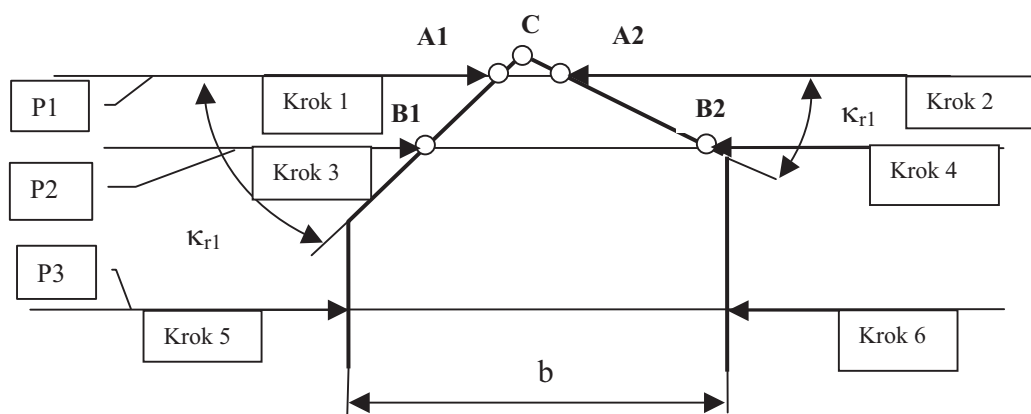
Szerokość trzonka wyznaczyć można jako różnicę współrzędnych przecięcia prostej p3 z trzonkiem noża z uwzględnieniem skali obrazu.

Do identyfikacji noża należy wyznaczyć odległość wierzchołka ostrza względem powierzchni bocznej noża – h. Opisane zależności zawarte są w programie, a procedury pomiarowe realizowane są automatycznie.

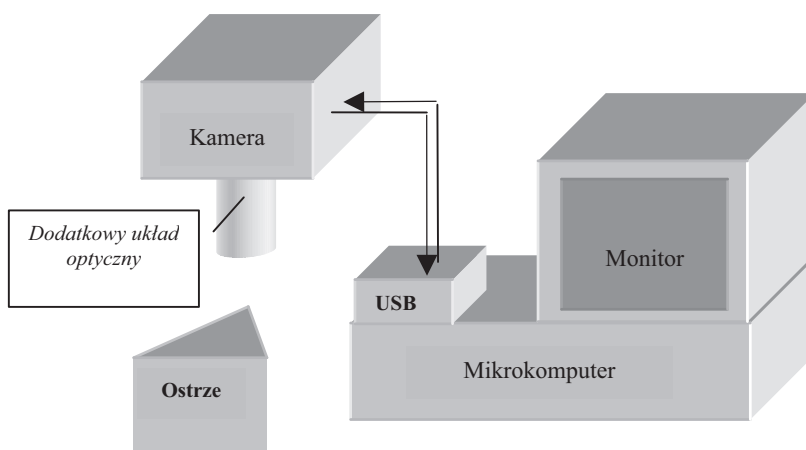
W przyjętym postępowaniu zakłada się, że trzonek noża usytuowany jest w pozycji horyzontalnej pola widzenia kamery

Stanowisko pomiarowe przedstawiono na rysunku 3. Zawiera ona kamerę cyfrową FLASH 350FS firmy TRUST z matrycą CMOS

o rozdzielczości 640*480 pikseli. Kamery o tej rozdzielczości są z powodzeniem stosowane w astronomii amatorskiej [1]. Kamera umożliwia zapis obrazu ze zwiększoną (interpolowaną) rozdzielczością 1280*800 pikseli. Ogranicza to jednak możliwości samoczynnej pracy stanowiska. Kamera podłączona jest do komputera poprzez złącze USB. Umożliwia to pomiar przy zastosowaniu innych komputerów wyposażonych w to złącze bez konieczności instalacji karty. Do obsługi stanowiska opracowano w języku Visual Basic 6.0. specjalne oprogramowanie umożliwiające transmisję obrazu z kamery, a następnie analizę obrazu w celu pomiaru. Program zawiera trzy formy. Poza formą stanowiącą winięty programu opracowano formę podstawową służącą do dokonania pomiarów ostrza oraz formę za pomocą której dokonuje się skalowania stanowiska. Dodatkowo sporządzono formę, na której dokonuje się zmian nastaw kamery. W układzie zastosowany jest standardowy układ optyczny kamery. W celu powiększenia pola widzenia dla wykorzystania rozdzielczości obrazu możliwe jest zastosowanie dodatkowego układu optycznego. Pomiar przeprowadzono przy różnym usytuowaniu siecznych pomiarowych, które są sterowane suwakami umieszczonymi z boków obrazu narzędzia. Dla przykładowego noża dokonano pomiarów kąta przystawienia oraz szerokości ostrza i odległości wierzchołka ostrza od bazy. Uzyskane wyniki pomiarów wskazują, że opracowane oprogramowanie umożliwia pomiar kątów przystawienia z dokładnością $\pm 0,5^\circ$. Dokładność pomiarów liniowych wynosi 0,1 mm. Po wyznaczeniu parametrów zarówno liniowych: szerokości – b oraz przemieszczenia wierzchołka – h jak i kątów przystawienia ostrza umożliwia to jednoznaczny pomiar analizowanego noża tokarskiego przez porównanie z bazą narzędzi.



Rys. 2. Kolejność procedur pomiarowych przy wyznaczaniu parametrów geometrycznych ostrza w płaszczyźnie P_i

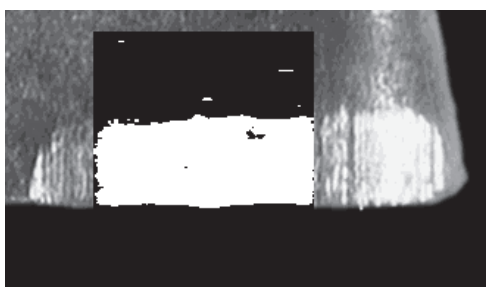


Rys. 3. Schemat stanowiska do identyfikacji noży tokarskich

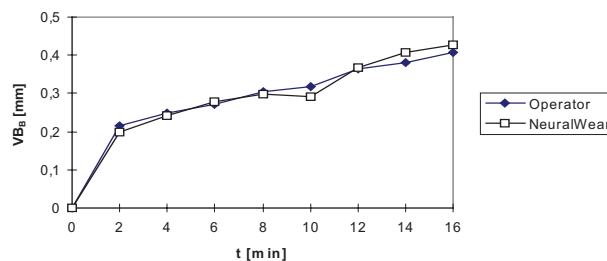
3.2. Analiza zużycia ostrza siecią neuronową

Rozpoznawanie wielkości zużycia ostrza na podstawie obrazu jego zużycia prowadzono przy zastosowaniu specjalnie opracowanego programu Neural Wear [3]. W programie określa się obszar, na którym następuje uczenie nienadzorowanej sieci typu SCBC widoku ostrza nie zużytego. Następnie sieć na podstawie analizy jasności pixeli obrazu z uwzględnieniem ich sąsiedztwa program dokonuje analizy stanu powierzchni zużycia

określając automatycznie jego obszar poprzez zaznaczenie rozpoznanego obszaru kolorem białym (rys. 4). Na rozpoznanym obszarze zużycia ostrza zostaje określona liczba pixeli obszaru zużycia, którą można przeliczyć na wartość parametru zużycia powierzchni. W prowadzonych próbach pomiaru parametru VB_B zużycia ostrza stwierdzono różnice rzędu 8 % w stosunku do pomiarów dokonanych przez subiektywnego obserwatora. (rys. 5).



Rys. 4. Widok ostrza po analizie [3]

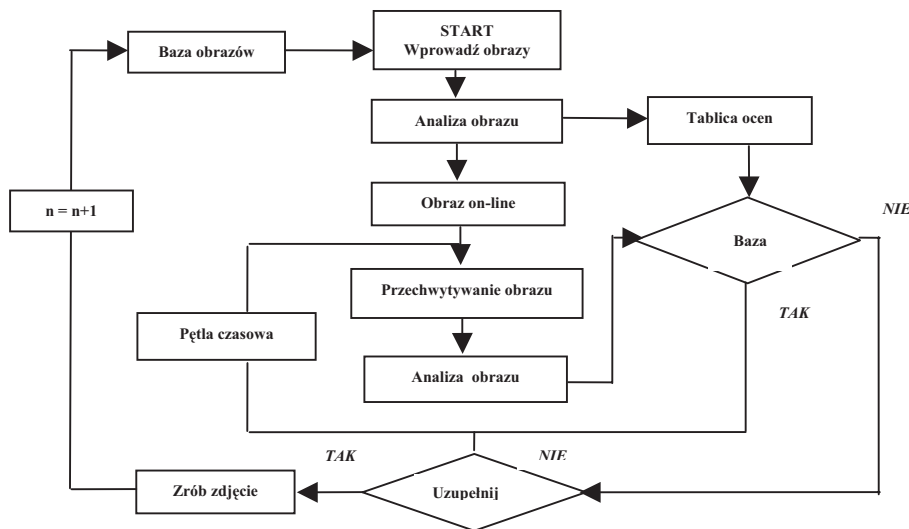


Rys. 5. Porównanie wyników pomiarów [3]

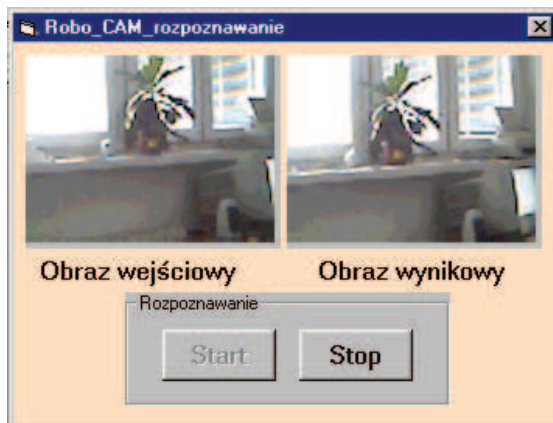
3.3. Rozpoznawanie obiektów

Rozpoznawanie obiektów zrealizowano z zastosowaniem oprogramowania opracowanego w języku VB. Wykorzystano w nim procedurę (rys. 6) porównującą obraz on-line z obrazami zawartymi w bazie wiedzy skojarzonej z programem. Oceny obrazów z bazy wiedzy opracowywane są przy uruchomieniu programu. W przypadku uzyskania zbieżności program potwierdza rozpoznanie obiektu. Opracowany program umożliwi uzupełnienie bazy o nowe obrazy. Zastosowana procedura jest uniwersalna, może rozpoznawać dowolne obiekty, w tym twarze,

gdyż program analizuje jedynie podobieństwo graficzne bez wyróżnienia cech obrazu jak np. ma to miejsce w rozpoznawaniu twarzy. Program realizuje swoje zadania z dużą dokładnością, pod warunkiem zapewnienia zbliżonych warunków oświetlenia, przy sporządzaniu obrazów wzorcowych i pracy on-line. Przykład pracy programu przedstawia forma na rysunku 7, która przedstawia obraz on-line i rozpoznany obraz wzorcowy. Układ rozpoznawania zastosowany będzie w oprogramowaniu robota IRb 60.



Rys. 6. Schemat blokowy procedury rozpoznawania obrazu



Rys. 7. Przykład działania programu

Przedstawione przykłady wskazują na duże możliwości zastosowania kamer cyfrowych zarówno do celów pomiarowych jak i rozpoznawania obrazu. Rozdzielczość kamery, stosowanej w pracy, na poziomie VGA była wystarczająca do pomiarów cech geometrycznych noża tokarskiego w płaszczyźnie P_r z dokładnością umożliwiającą zidentyfikowanie narzędzia spośród

innych. Uzyskana dokładność pomiaru była znacznie większa niż stosowany odstęp pomiędzy poszczególnymi odmianami noży. W procesie rozpoznawania obrazu ze względu na czas obliczeń celowe jest stosowanie obniżonej rozdzielczości kamery. Tak więc rozdzielczość VGA jest wystarczająca, a nawet celowe jest jej zmniejszenie, co jest możliwe poprzez zmianę nastaw kamery.

4. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych prób można sformułować następujące wnioski:

- Kamery cyfrowe o rozdzielczości VGA mogą zastosowane zarówno do pomiarów o dokładności rzędu 0,5 % jak i do rozpoznawania obrazu,
- Opracowane stanowisko może być stosowane do pomiarów geometrii ostrza może znaleźć zastosowanie praktyczne,
- Opracowany program rozpoznawania zużycia ostrza umożliwia automatyczne rozpoznanie obszaru zużycia z widoku ostrza, a następnie ocenę parametru

zużycia z dokładnością porównywalną z subiektywną oceną człowieka,

- Testowana procedura rozpoznawania obiektów umożliwia rozpoznawanie różnych obiektów zawartych w bazie wiedzy. Do rozpoznawania celowe jest stosowanie obniżonej rozdzielczości obrazu ze względu na szybkość działania programu i możliwość pracy on-line.
- Celowe jest prowadzenie prac w zakresie zastosowania kamer cyfrowych do pomiarów w procesie technologicznym z uwzględnieniem możliwości rozpoznawania obiektów i analizy procesów. Szczególnie celowe jest wdrożenie procedur fotogrametrycznych przy pomiarach.



Dr inż. Mikołajczyk Tadeusz, ur. w 1951 r. Adiunkt w Katedrze Inżynierii Produkcji ATR Bydgoszcz. Opiekun Koła Naukowego Mechaników. Autor prac z zakresu podstaw skrawania i konstrukcji narzędzi, jak też zastosowań mechatroniki w inżynierii produkcji.

LITERATURA

- [1] <http://www.astrokrak.pl>
[2] <http://www.gpro.wi.ps.pl/> (Zakład Przetwarzania i Rozpoznawania Obrazów Politechniki Szczecińskiej).
[3] Mikołajczyk T., Nowicki K.: Ocena obrazu zużycia ostrza z wykorzystaniem sieci neuronowych. Mechatronika, Warszawa, 1997, s. 829-833.
[4] Sawicki P., Fotogrametryczne systemy do pomiaru punktów w bliskim zasięgu, Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe pn. Fotogrametria i teledetekcja w społeczeństwie informacyjnym, AFKiT vol. 12, Biało-brzegi k. Warszawy 2002.