

dr inż. Stanisław Bocian
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy
Pojazdów Szynowych w Poznaniu
dr inż. Piotr Boguś
Akademia Medyczna w Gdańsku
dr inż. Marian Kaluba
mgr inż. Antoni Kardacz
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy
Pojazdów Szynowych w Poznaniu

Pozyskanie obrazu przez komputerowe systemy graficzne do wizyjnej kontroli i diagnostyki hamulca tarczowego

W pracy opisano nowe podejście w zakresie diagnostyki i nadzoru hamulców tarczowych z wykorzystaniem komputerowych systemów graficznych. Przedstawiono sposób pozyskania obrazu z kamer cyfrowych i komputerowe rozwiązanie systemu wizyjnego do statycznego i dynamicznego kontrolowania stanu tarczowego układu hamulcowego na podstawie zarejestrowanego obrazu.

(Artykuł powstał w ramach projektu badawczego KBN nr 9T12C 064 14

„Wizyjny system kontroli i diagnostyki zjawisk trybologicznych wybranych zespołów pojazdów szynowych”)

1. WPROWADZENIE

Obecnie w wysoko uprzemysłowionych krajach świata rozwija się w sposób dynamiczny branża przemysłowych technik wizyjnych. Indeks rocznego wzrostu sprzedaży produktów i usług przekracza 15%. Współczesne urządzenia wizyjne w przemyśle przechodzą od fazy nowatorskiej do normalnego masowego użytkowania, podobnie jak stosuje się inne urządzenia automatyki i pomiarów. Wielkie międzynarodowe koncerny branży automatyki takie jak FESTO, OMRON, DANFOSS, SIMENS tworzą własne oddziały produkcji wizyjnych urządzeń automatyki [10].

Nowe opracowania tych firm koncentrują się na:

- końcowym sprawdzaniu powierzchni, które w wielu sektorach produkcji jest ostatnim nie zautomatyzowanym zadaniem kontroli jakości,
- sprawdzanie kompletności montażu, także prawidłowości pozycji, zarówno w toku składania, jak i przy końcowej fazie kontroli,
- bezdotykowe pomiary, zarówno dwu-, jak i trójwymiarowe,
- identyfikacja i sprawdzanie części,
- systemy wizyjne do robotów.

W zakresie sprzętu obserwuje się żywiołowy rozwój inteligentnych kamer (smart cameras) - zintegrowanych urządzeń scalających kamerę akwizycji obrazu i mikrokomputer. Nazwane są one też czujnikami wizyjnymi (vision sensor).

Pierwsze realizacje czujników sprzed dwóch lat mogły wykonywać tylko proste zadania. Obecnie możliwości przetwarzania czujników wzrosły na tyle, że mogą realizować większość aplikacji.

Najistotniejszą częścią przemysłowych systemów wizyjnych jest oprogramowanie [10].

W oprogramowaniu firmowym dostawca wykorzystuje wieloletni ogólny i firmowy dorobek metod analizy obrazów i specjalistycznych technik programowania. Natomiast główną wartością dodaną przez projektanta jest autorskie opro-

gramowanie aplikacji, często realizujące zupełnie nowy pomysł sposobu kontroli czy sterowania. W zakresie oprogramowania dominującą tendencją jest wprowadzenie interfejsów graficznych, jako narzędzi do tworzenia programów użytkowych.

2. OBIEKT BADANY

W eksploatacji pojazdów i maszyn spotyka się wiele sposobów i układów do sygnalizacji stanu technicznego obiektu. W przedsiębiorstwie użytkującym tabor szynowy ze względu na znaczną liczbę eksploatowanych pojazdów właściwe i szybkie przetwarzania rejestrowanych informacji jest niemożliwe bez zastosowania specjalistycznego komputerowego systemu kierowania eksploatacją.

W ramach projektu badawczego KBN nr 9T 12C 064 14 pt. "Wizyjny system kontroli i diagnostyki zjawisk trybologicznych wybranych zespołów pojazdów szynowych" przyjęto, że obiektem do wizyjnego komputerowego diagnozowania i kontroli będzie część mechaniczna hamulca tarczowego zainstalowana na pojazdach szynowych. Jest to obiekt techniczny, który w wyniku postępu technicznego w budowie taboru kolejowego wyprzedził istniejącą infrastrukturę eksploatacyjną i nie daje się prosto diagnozować dotychczas stosowanymi metodami [6].

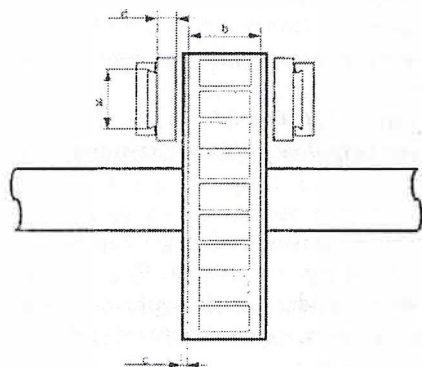
Do celów diagnostycznych wybrano hamulec tarczowy pojazdu szynowego ponieważ:

1. Jest obiektem, który w przyszłości będzie powszechnie stosowany w pojazdach szynowych.
2. Jest obiektem programowo zużywającym się co wymaga systematycznej diagnozy i częstych wymian.
3. Jego stosowanie w pojeździe umożliwia diagnozę bez udziału człowieka specjalnie przygotowanego stanowiska obsługującego (kanał rewizyjny).
4. Jest możliwe programowanie terminów wymiany zużytych okładzin ciernych i w związku z tym można opty-

malizować ilość oraz obciążenie stanowisk obsługowych.

Właściwości geometryczne obiektu (hamulec tarczowy) i jego osadzenie w pojeździe szynowym preferują, ze względu na prostotę instalacyjną i bardzo obiecującą metodę diagnozowania techniką wizyjną i na jej podstawie diagnozowanie ilościowe oraz wymiarowe.

Część mechaniczna hamulca tarczowego składa się z tarczy hamulcowej i z mechanizmu zaciskowego wyposażonego w zużywające się (wymienne) okładziny cierne. Na rysunku 1. Przedstawiono widok z dołu pojedynczej tarczy hamulcowej wraz z okładzinami ciernymi. Zadaniem systemu diagnostycznego będzie pomiar grubości okładzin oznaczonej na rysunku jako d oraz zewnętrznej strony tarczy hamulcowej oznaczonej jako c .



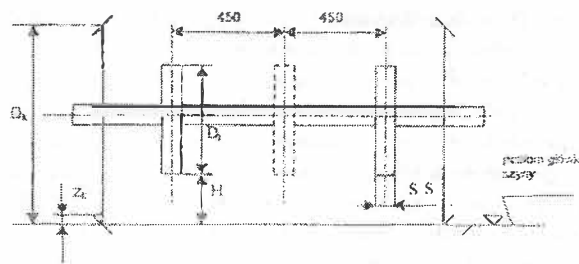
Rys. 1 Widok z dołu tarczy hamulcowej z okładzinami ciernymi.

Charakterystycznym fragmentem w badanym obiekcie jest element mocujący okładzinę hamulcową, w którym stałym wymiarem wykorzystywanym do szacowania grubości okładzin jest naniesiony na rysunku wymiar a . Drugą niezmienną wielkością jest odległość między wytwarzanymi w trakcie procesu produkcji liniami kontrolnymi ograniczającymi wewnętrzną (minimalną dla bezpiecznej pracy) wymiar tarczy hamulcowej oznaczony na rysunku jako b . Oba wymiary są prostopadłe, co umożliwiła wyskalowanie wymiarów.

Tarcza hamulcowa w pojazdach szynowych (wagonach osobowych, towarowych i zespołach trakcyjnych) zabudowana jest na osi zestawu kołowego lub na tarczach kół. Na ramie wózka lub podwoziu pojazdu zabudowany jest mechanizm zaciskowy wraz z okładzinami.

Najczęściej tarcze hamulcowe mocowane są na osi zestawów kołowych pomiędzy tarczami kół zestawu kołowego.

Na osi zestawu kołowego mocowane są dwie lub trzy tarcze hamulca tarczowego. Wielkość średnicy tarczy hamulcowej mocowanej na osi zestawu kołowego determinowana jest średnicą nominalną kół, dopuszczalnym ich zużyciem i skrajnią taboru pomiędzy kołami zestawu. Rozmieszczenie tarcz hamulcowych na osi przedstawiono schematycznie na rys. 2[5].



Rys.2 Rozmieszczenie tarcz hamulcowych na osi zestawu kołowego

Średnicę tarczy hamulcowej na osi można określić następującą zależnością

$$D_t \leq D_k - 2z_k - H,$$

gdzie: D_k - średnica nominalna koła,
 D_t - średnica tarczy hamulcowej
 z_k - maksymalne zużycie obręczy koła
 H - minimalna odległość pojazdu od główki szyny ($H = 130$ mm)
 S - szerokość tarczy nowej

Dla kół zestawów kołowych całowalcowanych o $D_k = 920$ i zużyciu maksymalnym 25 mm średnica tarczy wynosi 610 mm, a dla kół obręczowanych o zużyciu maksymalnym 35 mm średnica tarczy wynosi 590 mm.

Praktycznie należy liczyć się, że dolna krawędź tarczy hamulcowej znajdować się będzie w odległości minimalnej (H) i maksymalnej ($H + z_{k\max}$) od główki szyny.

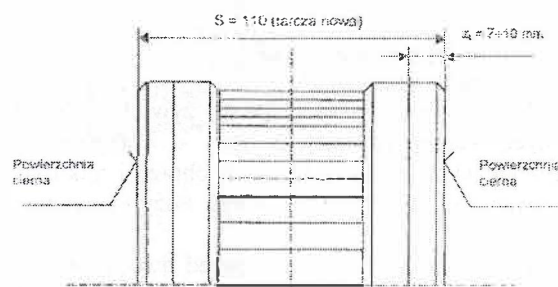
W związku z powyższym należy przyjąć, że krawędź tarczy będzie odległa od główki szyny 130÷170 mm.

Tarcze hamulcowe typowe nie zużyte posiadają szerokość wieńca tarczy $S = 110$ mm.

Bywają jednak tarcze o szerokości 180 mm (aluminiowe dla wagonów towarowych), 140 mm (aluminiowe dla wagonów osobowych) i np. 80 mm dla zastosowań specjalnych.

Maksymalne zużycie tarcz hamulcowych (powierzchni ciernej) z_t wynosi od 7 do 10mm.

Graniczne zużycie tarczy zaznaczone jest na walcowej powierzchni tarczy przez specjalne zatoczenie (rys. 3).



Rys. 3 Zużycie tarczy hamulcowej.

Drugim obiektem podlegającym diagnostyce jest okładzina cierna współpracująca z powierzchnią cierną tarczy.

W karcie UIC 541-3 przewidziane są dwie wielkości okładzin współpracujących z tarczami zamocowanymi na osi zestawu: 350 cm² przewidziane do współpracy z tarczami

mniejszymi niż $\phi 610$ mm i 400 cm^2 dla tarcz o średnicy większej niż 610 mm

Współpracę okładziny z tarczą przedstawiono na rys. 4.

Oba rodzaje okładzin mogą być wykonane o grubości 24 mm i 35 mm, przy czym zużyciu podlega warstwa okładziny o grubości odpowiednio 19 i 30 mm. Pięć milimetrów grubości okładziny nie może podlegać zużyciu ze względu na możliwość współpracy tarczy z metalowym zbrojeniem okładziny, które prowadzi do uszkodzeń tarczy hamulcowej.

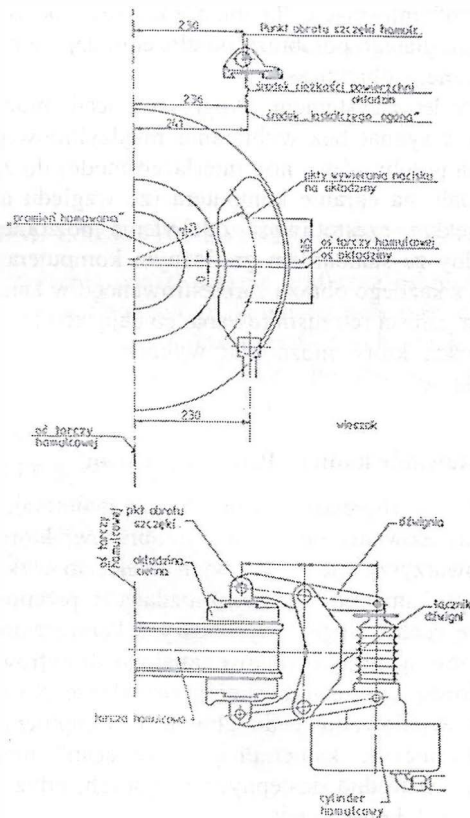
Mechanizm zaciskowy wraz z okładzinami znajduje się najczęściej pomiędzy zestawami kołowymi na wózku tocznym wagonu.

W pojazdach trakcyjnych występuje niejednokrotnie na zewnątrz zestawów kołowych wózka.

Podlegające kontroli: tarcze hamulcowe, oraz okładziny cieme (ich stopień zużycia) widoczne są dobrze od dołu pojazdu.

Kamery wizyjne powinny być zamocowane poniżej główek szyn pomiędzy torami w początkowym okresie w rozstawie 900 mm względem osi toru ± 450 mm, przy czym kąt widzenia kamery i kąt jej ustawienia powinien zostać dobrany doświadczalnie tak, by można było kontrolować zużycie tarczy i zużycie okładzin równocześnie.

Do każdej z kamer mocowane jest urządzenie laserowe, w którym dwa źródła światła laserowego (promienie świetlne zarejestrowane w komputerze) umożliwiają dokładne skalowanie uzyskanego pomiaru zużywającej się tarczy hamulcowej i okładzin ciemnych (odległość między dwoma źródłami oświetlenia laserowego traktowany jest jako bardzo dokładny wzorzec długości).



Rys. 4 Współpraca okładziny z tarczą hamulcową

3. METODY ELEKTRONICZNEJ ANALIZY OBRAZÓW

Praktyczne zastosowania elektronicznej analizy obrazów wzrosły gwałtownie w ostatnich latach.

W tematyce tej pracują specjaliści różnych dziedzin jak np. matematyka, fizyka, elektronika, automatyka, informatyka, biologia itd. Spowodowało to olbrzymią różnorodność definicji, określeń oraz używanych analogii dotyczących analizy obrazów. W pracy będziemy używać nazewnictwo, które jest najczęściej używane.

W ogólności metody wykorzystywane podczas analizy obrazów można podzielić na trzy zasadnicze grupy:

- pozyskanie obrazu
 - przetwarzanie obrazu
 - rozpoznanie obrazu
- Najprostsze definicje tych metod mogą być następujące [7], [12].

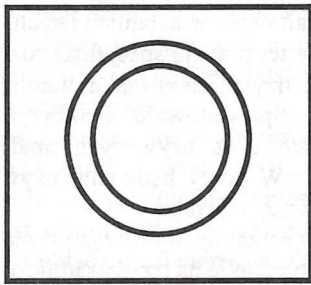
- Pozyskanie obrazu to przekształcenie obrazu fizycznego w obraz cyfrowy. Jest to problematyka głównie techniczna i obejmuje technikę wizyjną, technikę przetwarzania analogowo-cyfrową (A/C) oraz techniki przesyłania i zapamiętywania obrazów cyfrowych (metody te obejmują technikę wizyjną, sprzęt wizyjny, kamery).
- Przetwarzanie obrazów analogowo-cyfrowego (A/C) oraz techniki przesyłania i zapamiętywania obrazów cyfrowych. Problematyką tą nie będziemy się w tym opracowaniu zajmować. Przetwarzanie obrazu to przekształcanie obrazu cyfrowego w inny obraz cyfrowy. Jest to problematyka głównie teoretyczna i obejmuje tworzenie algorytmów matematycznych polepszających jakość obrazu lub uwypuklających pewne jego cechy. Generalnie ma to taki sam sens jak przekształcenie obrazu przechodzącego przez układ optyczny, z tym, że tutaj wszystko odbywa się w komputerze i na obrazach cyfrowych. W praktyce przetwarzanie obrazu obejmuje wszelkiego rodzaju filtracje obrazu (zapewniające np. wyostrenie lub rozmycie krawędzi), wykrywanie tychże krawędzi itp.
- Rozpoznawanie obrazu to przekształcenie obrazu cyfrowego w opis obrazu. Problematyką tą nie będziemy się w tym opracowaniu zajmować. Opis obrazu jest bardzo szerokim pojęciem, może obejmować w ogólności segmentację obrazu, analizę cech obrazu, analizę cech obiektów występujących na obrazie, lokalizację obiektów na obrazie, wyznaczenie parametrów ruchu, wyznaczenie przestrzeni cech, klasyfikację elementów obrazu oraz obiektów występujących na obrazie itp. Generalnie opis obrazu ma sens podobny do opisu obrazu jaki jest formułowany przez człowieka.

4. OBRAZ CYFROWY

4.1 Opis obrazu cyfrowego

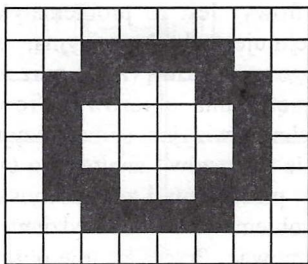
Obraz jest dwuwymiarowym obiektem przekazującym ludzkiemu oku informacje wizualne, takie jak geometria, barwa, głębokość (obrazy trójwymiarowe) itp. Fotografia wykonywana aparatem małoobrazkowym, jest dla odbiorcy przykładem obrazu analogowego. Zapisana na nim informacja ma charakter wizualnie ciągły we wszystkich kierunkach przestrzeni. Obraz cyfrowy uzyskuje się poprzez próbkowanie obrazu analogowego w regularnych odstępach w obu

kierunkach w celu dyskretyzacji informacji. Każda próbka nosi nazwę piksela lub pela. Rys. 5 Przedstawia analogowy obraz pierścienia.



Rys. 5. Obraz analogowy

Obraz z rys. 5 jest próbkowany w ośmiu regularnych odstępach w obu kierunkach. W rezultacie powstaje obraz cyfrowy o wymiarach 8 X 8 pikseli, jak to pokazuje rys. 6.



Rys. 6 Obraz cyfrowy próbkowany 8x8 pikseli

Informacja dla każdego piksela przechowywana jest numerycznie w systemie dwójkowym. Liczba bitów na piksel określa dokładność próbkowania. Im wyższa liczba bitów tym wyższa dokładność odwzorowania i lepsza jakość obrazu.

5. OBRAZY Z KAMER WYKORZYSTUJĄCE PRZETWORNIKI CCD

Coraz powszechniejsze zastosowanie kamer wideo do monitorowania poruszających się obiektów (np. rejestracja poruszających się pojazdów) sprawia, że wymagania odnośnie jakości uzyskanych obrazów są coraz większe. Musi on mieć lepszą niż dotychczas rozdzielczość pionową, a poruszające się obiekty nie mogą być rozmazane [8].

5.1. Metody konwencjonalne

W kamerze wideo obraz jest zapisany w postaci ładunków zgromadzonych w najmniejszych elementach obrazu, tzw. pikselach, z których składa się przetwornik CCD (Charge Coupled Device - element ze sprzężeniem ładunkowym). Przy wybieraniu międzyliniowym podczas jednego cyklu odczytu półobrazu zbierana jest informacja o ładunkach z co drugiej linii (ze wszystkich linii nieparzystych) zawierających piksele. Następny półobraz zawiera informacje z linii parzystych. Pełna informacja o obrazie zostaje utworzona z tych dwóch kolejnych półobrazów. Sposób odczytu danych przedstawiono na rys.7.(a). Jest to konwencjonalna metoda wybierania międzyliniowego. Uzyskany obraz ma dobrą

rozdzielczość pionową, ale złą rozdzielczość dynamiczną wynikającą z przesunięcia ruchomych obiektów.

Aby poprawić rozdzielczość dynamiczną stosuje się inną metodę odczytu informacji z przetwornika CCD, zaliczaną również do metod konwencjonalnych. Jej zasada jest przedstawiona na rys.7.(b). Sumowane są ładunki z pikseli należących do sąsiednich linii. Przy każdym półobrazie ładunek piksela jest dodawany do ładunku górnego lub dolnego sąsiedniego piksela.

Aby zminimalizować wpływ ruchu obiektu na rozmycie obrazu (tj. poprawić rozdzielczość dynamiczną obrazu) dla każdego półobrazu wykorzystuje się informacje ze wszystkich pikseli. Taka technika odczytu okupiona jest jednak zmniejszoną rozdzielczością pionową obrazu.

5.5. Metoda „Progressive scan”

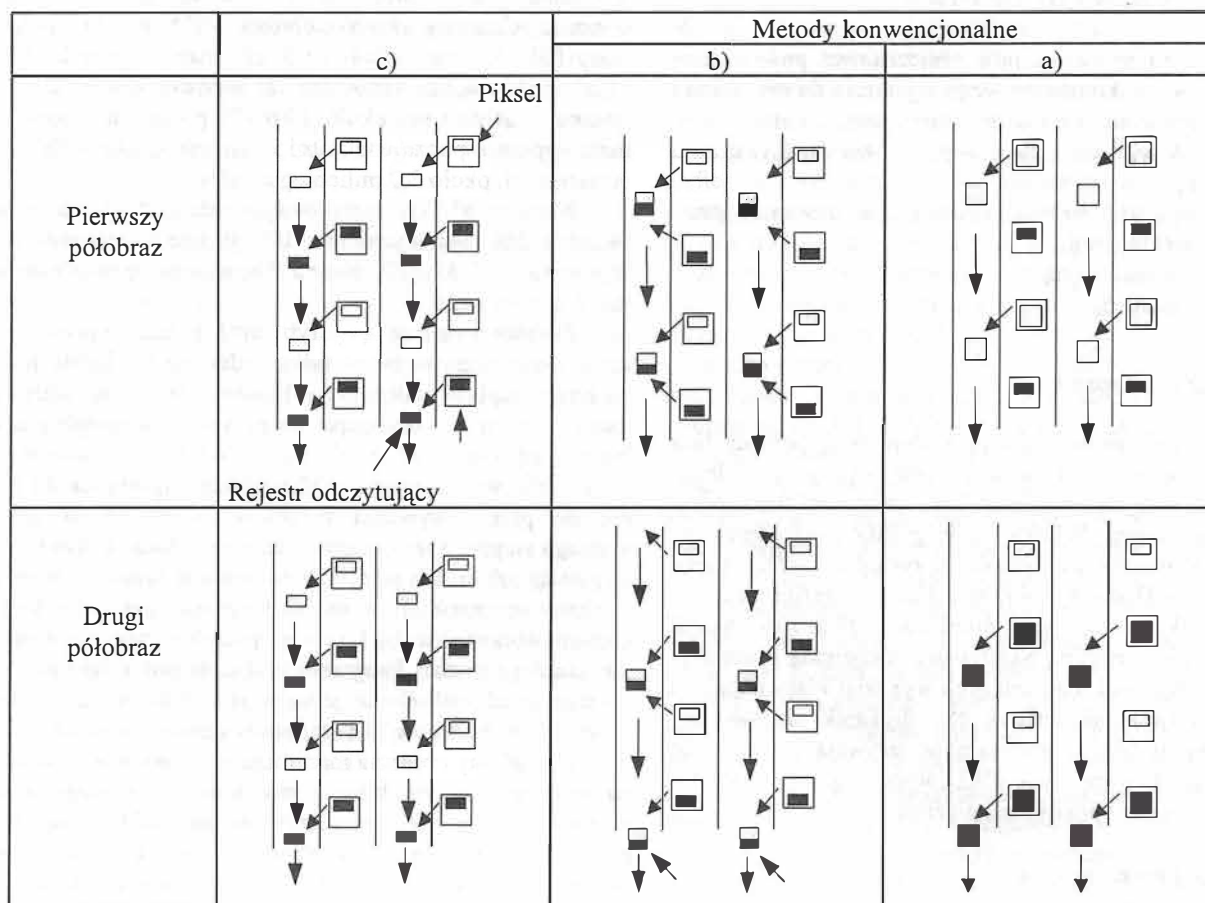
Nowa metoda odczytu obrazu z przetwornika CCD zwana „Progressive scan” jest prosta. W tym samym czasie 1/50s są odczytywane wartości ładunków wszystkich pikseli, jak to przedstawiono na rysunku 7.(c). Następnie tworzone są dwa półobrazy, przy czym jeden z nich jest zawsze odtwarzany z pamięci. Te półobrazy tworzą po złożeniu pełny obraz. Realizacja tej metody wymagała opracowania układów elektronicznych stymulujących wybieranie liniowe, będące standardem dla sygnałów wideo. Ta metoda odczytu zapewnia zarówno wysoką rozdzielczość pionową, jak i dobrą rozdzielczość dynamiczną. Tradycyjna metoda odczytu kolejnych półobrazów ma zasadniczą wadę jaką jest przesunięcie w czasie dwóch półobrazów o 1/50s (dla standardu 625 linii).

W przypadku szybko poruszających się obiektów te półobrazy mogą nie pasować do siebie. W metodzie „Progressive scan”, informacje dla obu półobrazów pochodzą z tej samej chwili, dlatego półobrazy po złożeniu dają prawidłowy obraz ruchomego obiektu.

Z kamery wideo z systemem „Progressive scan” można również uzyskać sygnał bez wybierania międzyliniowego (bez przeplatania półobrazów - non interlaced mode) do zobrazowania sygnału na ekranie komputera (ze względu na dwukrotnie większą częstotliwość odchylenia poziomego jest kompatybilny ze standardem graficznym komputera). Pełna informacja z każdego obrazu zarejestrowanego w kamerze co 1/50s jest w całości retransmitowana, co daje stabilny obraz o dużej ostrości, który może być wykorzystany do analizy ruchu obiektów.

5.3. Zastosowanie kamer „Progressive scan”

Kamery „Progressive scan” z przetwornikami CCD znajdują zastosowanie do rejestracji obrazów, którym nieustannie towarzyszy ruch. Typowym miejscem wykorzystania tego typu kamer są laboratoria badawcze przeprowadzające analizę ruchu. Sygnał wyjściowy z kamer zamieniony jest za pomocą przetworników analogowo-cyfrowych w postać cyfrową i transmitowany przez złącze RS-422 lub połączenie światłowodowe do głównego komputera. Sterowane elektronicznie kamery „Progressive scan” mogą być umieszczone w trudno dostępnych miejscach, gdyż nie wymagają częstych konserwacji.



Rys. 7. Odczyt obrazu z przetwornika CCD metodą:
 a - wybierania międzyliniowego z półobrazami z linii nieparzystych i parzystych;
 b - wybierania międzyliniowego, zmodyfikowaną;
 c - „Progressive scan”

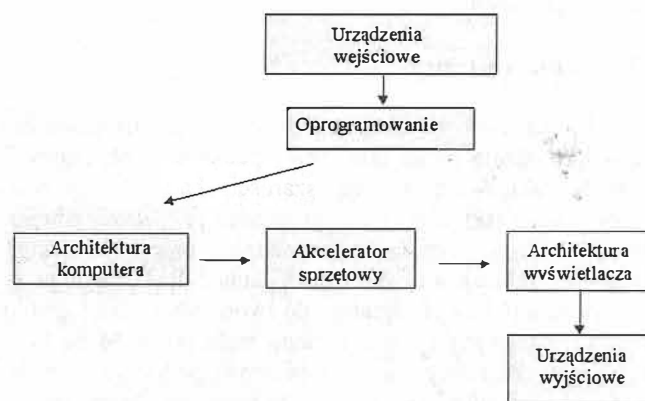
- ładunek, który gromadzi się podczas jednego odczytu
 - całkowity ładunek zgromadzony do momentu odczytu

6. KOMPUTEROWY SYSTEM GRAFICZNY

Urządzenia umożliwiające graficzną prezentację wyników noszą w terminologii komputerowej nazwę graficznej stacji roboczej. Architektura graficznych stacji roboczych ulega ciągłej ewolucji. Niektóre podstawowe zagadnienia mają charakter ponadczasowy [1].

Można do nich zaliczyć:

- bazę programową
- architekturę komputera
- urządzenia wejściowe
- architekturę wyświetlacza
- akceleratory sprzętowe
- urządzenia wyjściowe



Rys. 8 Elementy składowe komputerowej graficznej stacji roboczej.

7. GRAFIKA KOMPUTEROWA

Dopiero od niedawna moc obliczeniowa powszechnie dostępnego sprzętu komputerowego wystarcza do tworzenia i manipulacji obrazami. Przyszłość należy więc do programów graficznych. W tym rozdziale opisałem różne aspekty grafiki komputerowej.

Programy graficzne można podzielić na trzy kategorie:
grafikę wektorową,
grafikę prezentacyjną,
grafikę rastrową.

7.1. Grafika wektorowa

Grafika wektorowa, opisująca obraz przy pomocy linii krzywych o zadanych atrybutach, wymaga programów innego typu, nazywanych programami rysowniczymi lub programami ilustracyjnymi. Wielką zaletą grafiki wektorowej jest możliwość wydzielenia obiektów na rysunku i niezależnego ich skalowania. Dlatego innym określeniem grafiki wektorowej jest „grafika zorientowana obiektowo”. Pliki z rysunkami mają niewielkie rozmiary. Skalowanie umożliwia pełne wykorzystanie zdolności rozdzielczych wysokiej klasy urządzeń wyjściowych (np. naświetlarek czy drukarek laserowych). Szczególnym rodzajem programów używających grafikę wektorową są programy typu CAD, wspomagające projektowanie i tworzenie rysunków technicznych.

7.2. Grafika prezentacyjna

Grafika prezentacyjna jest to najczęściej wyspecjalizowana grafika wektorowa służąca do wizualizacji danych w tabelach i tworzenia diagramów przepływu lub schematów. Podstawą do jej tworzenia jest zbiór liczb a nie rysunek. Kategoria ta obejmuje zarówno proste programy graficzne stanowiące integralną część arkuszy kalkulacyjnych i pozwalające na przedstawienie niewielkiej liczby danych przy pomocy prostych wykresów, jak i bardzo wyrafinowane oprogramowanie służące do graficznej prezentacji ogromnych ilości danych.

7.3. Grafika rastrowa

Grafika rastrowa, zwana również grafiką bitmapową lub malarską traktuje obraz jako zbiór punktów o określonych cechach, takich jak stopień szarości, barwa, nasycenie. Przetwarzanie takich obrazów, zwłaszcza przy dużej zdolności rozdzielczej, wymaga odpowiednich mocy obliczeniowych - potrzebna jest również duża pamięć dyskowa do przechowywania plików. Programy do tworzenia i edycji grafiki rastrowej nazywane są programami malarskimi. Mapa bitowa po powiększeniu pokazuje ziarnistość, podobnie jak oglądane pod lupą zdjęcie w gazecie. Skanowane obrazy zamieniane są w mapy bitowe.

Obraz bitmapowy składa się z elementów zero-jedynkowych reprezentujący prostokątną tablicę punktów na ekranie nazywanych pikselami albo pelami (słowo „piksel” wywodzi się od angielskiego picture element, czyli element obrazu). Liczba pikseli w każdym kierunku mapy bitowej jest ustalona, np. obraz jednej litery przechowywany w pamięci monitora starego terminala tekstowego ma zwykle 8x8 pik-

seli, obraz ikony w środowisku Windows ma 33x33 piksele, obraz wypełniający ekran monitora VGA dla komputerów klasy IBM PC ma 640x480 pikseli, małe zdjęcie legitymacyjne 3x4 cm, zeskanowane z rozdzielczością 300 dpi (punktów na cal) ma około 350x470 pikseli, a zdjęcie formatu typowej pocztówki 10x15 cm ma około 1200x1800 pikseli, czyli około 2,2 miliona punktów.

Monitor SVGA o wysokiej rozdzielczości może wyświetlić 1280 pikseli wzdłuż i 1024 piksele w szerokości ekranu, co daje w sumie 1 310 720 pikseli. Określa się to jako rozdzielczość 1280 x 1024.

Podstawową cechą (atrybutem) każdego piksela jest kolor. Jeśli przeznaczymy tylko jeden bit na każdy piksel, możemy zapisać informację binarną: 0=piksel biały lub 1=piksel czarny. Taka mapa nie przypomina jednak czarno-białego zdjęcia, gdyż składa się z obszarów całkowicie białych i całkowicie czarnych. Mapy binarne przydają się jedynie do przechowywania rysunków. Czarno-biała grafika wymaga stopniowania odcieni szarości. Bardzo dobre rezultaty osiągnąć można przy 256 poziomach szarości. Wymaga to przeznaczenia 8 bitów na jeden piksel, czyli jeden bajt na element obrazu. Liczbę bitów na piksel nazywa się również „dynamiką obrazu”. Programy graficzne pozwalają przeznaczyć na każdy piksel od jednego do 24 bitów, czyli zdefiniować 2, 4, 8... aż do 16,8 milionów poziomów szarości.

Kompletny obraz na monitorze rastrowym jest tworzony na bazie rastra, czyli zbioru poziomych linii składających się z pikseli. Raster jest zapamiętywany jako tablica pikseli reprezentujących całą powierzchnię ekranu. Cały obraz jest tworzony sekwencyjnie przez sterownik wyświetlania, linii po linii z góry na dół i potem ponownie od góry. Dla każdego piksela natężenie strumienia jest tak ustawiane, żeby odzwierciedlić jasność piksela.

Pojęcie mapy bitowej odnosi się do systemów dwupoziomowych, gdzie jest 1 bit na piksel; dla systemów, gdzie jest wiele bitów dla jednego piksela, używamy bardziej ogólnego pojęcia mapy pikselowej. W potocznym języku mapa pikselowa odnosi się zarówno do zawartości pamięci obrazu, jak i do samej pamięci.

Główne zalety grafiki rastrowej w porównaniu z grafiką wektorową to niższy koszt i możliwość wyświetlania obszarów wypełnionych jednolitą barwą albo wzorami - jest to niesłychanie ważna funkcja przy tworzeniu realistycznych obrazów obiektów 3D.

Główna wada systemów rastrowych w porównaniu z systemami wektorowymi jest związana z dyskretną naturą reprezentacji piksela. Prymitywy, takie jak odcinki i wielokąty, są określane przez parametry ich końców (wierzchołków) i muszą być odwzorowane za pomocą pikseli. Ten proces odwzorowania, czy też konwersji, jest określanej dalej jako rasteryzacja. W efekcie programista określa współrzędne końców odcinka albo wierzchołków w trybie przeglądania przypadkowego, a system zapewnia przejście do reprezentacji pikselowej przed wyświetlaniem w trybie przeglądania rastrowego. W komputerach osobistych i tanich stacjach roboczych, gdzie mikroprocesor jest odpowiedzialny za całą grafikę, rasteryzacja jest często wykonywana programowo.

Inna wada systemów rastrowych wynika z natury rastra. Podczas gdy system wektorowy może rysować ciągłe gładkie odcinki (a nawet gładkie krzywe) w zasadzie od dowolnego punktu na ekranie do dowolnego innego punktu, system rastrowy może wyświetlać matematycznie gładkie linie,

wielokąty i brzegi krzywoliniowych prymitywów, takich jak okręgi i elipsy, tylko na zasadzie ich aproksymacji za pomocą pikseli należących do siatki rastra. Taka aproksymacja może powodować powstawanie dobrze znanego problemu „schodków” albo „ząbków”. To wizualne zakłócenie jest konsekwencją błędu próbkowania określanego w teorii przetwarzania sygnałów jako aliasing; takie zakłócenia pojawiają się wówczas, gdy funkcja ciągłej zmiennej zawierająca ostre zmiany jakości jest aproksymowana za pomocą dyskretnych próbek. We współczesnej grafice komputerowej są stosowane metody zwalczania zakłóceń (tak zwany antialiasing) w systemach ze skalą szarości i w systemach barwnych. Te metody określają gradację jasności sąsiednich pikseli na granicach prymitywów (a nie ograniczają się do ustawiania tylko maksymalnej albo zerowej jasności).

8. STANDARDY GRAFICZNE

W miarę jak współpraca między oprogramowaniem i sprzętem jest coraz bardziej scentralizowana dzięki rozwojowi systemów operacyjnych, w tworzeniu oprogramowania grafiki trójwymiarowej (3D) wzrasta znaczenie bibliotek interfejsów graficznych [4]. Standardowe interfejsy graficzne wykorzystują ujednoczone, niezależne od układów interfejsy funkcji. Kiedy biblioteka graficzna jest przenoszona do innego systemu operacyjnego lub graficznego interfejsu użytkownika, użytkownik nie musi zapoznawać się dogłębnie ze wszystkimi szczegółami budowy sprzętu czy systemu operacyjnego. Interfejs graficzny przejmuje kontrolę nad prawidłowym ustawieniem trybów graficznych i przesyłaniem rozkazów do akceleratora sprzętowego. W ten sposób program napisany w C lub C++ można przenieść z jednego środowiska do innego niewielkim nakładem pracy, o ile nowe środowisko dysponuje tą samą biblioteką graficzną.

Standardy graficzne implementowane są jako biblioteki w kodzie maszynowym lub języku wysokiego poziomu i odwołują się do sterowników systemu operacyjnego i sprzętowych akceleratorów grafiki.

Ogólna świadomość potrzeby standardów dla grafiki niezależnej od urządzeń pojawiła się w połowie lat siedemdziesiątych; punktem kulminacyjnym była specyfikacja 3D Core Graphics System (w skrócie Core) opracowana przez ACM SIGGRAPH (SIGGRAPH - Specjal Interest Group on Graphics - jest to jedna z profesjonalnych grup działających w ramach ACM - Association for Computing Machinery) . ACM jest jednym z dwóch największych profesjonalnych stowarzyszeń informatyków; drugie to IEEE (Institute of Electrical and Electronical Engineers) Computer Society . Specyfikacja systemu Core odegrała zamierzoną rolę specyfikacji bazowej. Core nie tylko miał wiele implementacji, ale był również wykorzystany jako wyjściowy system oficjalnych (rządowych) projektów standardów w ramach ANSI (American National Standards Institute) i ISO (International Standards Organization). Pierwszą specyfikacją graficzną, która została przyjęta jako oficjalny standard, był GKS (Graphical Kernel System), dopracowana wersja systemu Core, jednak w przeciwieństwie do tego systemu ograniczona do 2D (grafika dwuwymiarowa). W 1988r. oficjalnym standardem stał się GKS-3D, rozszerzenie GKS-u w kierunku 3D; podobnie oficjalnym standardem stał się bardziej złożony system graficzny PHIGS (Programmer's Hierarchcal Interactive Graphics System) W systemie GKS są wyróżnione seg-

menty grupujące logicznie powiązane ze sobą prymitywy, np. odcinki, wielokąty i ciągi znaków i ich atrybuty; te segmenty nie mogą być zagnieżdżone. PHIGS, jak to już z jego nazwy wynika, dopuszcza zagnieżdżenie hierarchiczne grupy podprymitywów 3D, nazywane strukturami. W systemie PHIGS wszystkie prymitywy, włącznie z przywoływaniem struktur, podlegają przekształceniom geometrycznym (skalowanie, obroty i przesunięcia), dzięki czemu jest możliwy ruch. PHIGS dopuszcza bazy danych struktur, które programista może selektywnie poddawać edycji. PHIGS automatycznie uaktualnia ekran po zmianie bazy danych. PHIGS został rozszerzony o zestaw funkcji dla nowoczesnego pseudorealistycznego renderingu obiektów na monitorach rastrowych, to rozszerzenie zostało określone jako PHIGS+, zanim zostało skierowane do ANSI/ISO oraz PHIGS PLUS wewnątrz ISO. Z renderingiem pseudorealistycznym mamy do czynienia wówczas, gdy do opisu odbijania światła od obiektów są wykorzystywane proste prawa optyki. W renderingu fotorealistycznym są wykorzystywane dokładniejsze aproksymacje sposobów odbijania i załamania światła przez obiekty; takie aproksymacje wymagają większych nakładów obliczeniowych ale prowadzą do generowania obrazów, których jakość jest bliższa jakości fotografii. Ze względu na dużą liczbę funkcji i złożoność specyfikacji, implementacje systemu PHIGS są dużymi pakietami. Implementacje systemu PHIGS, a zwłaszcza PHIGS PLUS są wykonywane najszybciej wówczas, gdy przekształcenia, obcinanie i funkcje renderingu są wspomagane sprzętowo. Obecnie istnieją dwa powszechnie uznane standardy, na podstawie których tworzone są aplikacje grafiki trójwymiarowej wywodzącej się z Silicon Graphics Open GL oraz DirectX Microsoftu. Najnowszy projekt to wspólne przedsięwzięcie tych dwóch firm pod nazwą Fahrenheit, którego celem jest stworzenie języka opisu obrazu i jego interfejsów dostosowanych do trendów panujących w konstrukcji procesorów i podsystemów graficznych.

Obok oficjalnych standardów publikowanych przez narodowe, międzynarodowe albo profesjonalne organizacje standaryzacyjne istnieją standardy nieoficjalne. Tak zwane standardy przemysłowe w rzeczywistości są opracowywane, promowane i udostępniane na zasadzie licencji przez poszczególne firmy konsorcja i uniwersytety. Standardy przemysłowe mogą być bardziej rozpowszechnione i dlatego są ważniejsze z punktu widzenia komercyjnego niż oficjalne standardy, ponieważ mogą być szybciej uaktualniane, zwłaszcza te, które są kluczowymi produktami komercyjnymi firmy i stąd mają za sobą znaczne zasoby. Dla grafiki rastrowej wykorzystuje się SRGP (Simple Raster Graphics Package), który zapożycza funkcje od popularnego całkowitoliczbowego pakietu QuickDraw firmy Apple i X Window System z MIT, jeśli chodzi o wyjście, i od GKS-u i PHIGS-a dla wejścia. Jest to pakiet grafiki rastrowej niskiego poziomu, stosuje on algorytmy rasteryzacji i obcinania w pakietach do generowania obrazów prymitywów w pamięci obrazu. Znacznie silniejszy pakiet jest SPHIGS (Simple PHIGS). SPHIGS jest podzbiorem systemu PHIGS, który działa na prymitywach zdefiniowanych w zmiennopozycyjnym, abstrakcyjnym systemie współrzędnych świata 3D, niezależnym od rodzaju technologii wyświetlania i który ma niektóre funkcje systemu PHIGS PLUS.

9. FORMATY GRAFICZNE

Obraz zapisany w pliku musi mieć określony format [3]. Niestety, w tej dziedzinie nie ma dominujących standardów, wiele firm tworząc oprogramowania graficzne wprowadzało swoje własne formaty plików graficznych. Przedstawimy obecnie najczęściej używane formaty graficzne używane także w przedstawionym w pracy komputerowym systemie graficznym.

9.1. GIF

W celu wydawniejszego przechowywania plików 256-kolorowych CompuServe stworzył w 1987 Graphics Interchange Format (GIF), czyli format wymiany grafiki, o następujących cechach:

- dane są kompresowane, tak aby zajmowały mniej miejsca - nie tylko oszczędza to miejsce na dysku, ale też skraca czas wysyłania i ściągania
- format używa 8-bitowej głębi koloru (lub mniejszej), co było w owych czasach standardem
- może zawierać więcej niż jeden obraz
- obrazy 256-kolorowe wyglądają prawie jak fotografia i w zasadzie niewiele różnią się od analogowego obrazu wideo.

9.2. JPEG

JPG lub JPEG - format opracowany przez Joint Photographic Experts Group (czyli Połączona Grupa Ekspertów Fotografii), z dobrą kompresją grafiki (dla 24-bitowego koloru rzędu 20:1, bez widocznej utraty jakości obrazu, do 100:1 dla wstępnego podglądu obrazu), format dla grafiki najwyższej jakości, używany zarówno z wewnętrzną kompresją, jak i bez niej. JPEG nadaje się do reprodukcji obrazów jakości fotograficznej, a ponadto jest rozpoznawany przez większość programów do obróbki obrazów. Fotografie wymagają milionów kolorów (lub odcieni szarości, w przypadku rysunków w skali szarości), które umożliwiają odwzorowanie wszystkich subtelnych tonów światła i cienia. JPEG ma 24-bitową głębię koloru, a jednocześnie utrzymuje względnie niewielki rozmiar pliku, bo korzysta z dużo silniejszej kompresji niż GIF.

JPEG używa 24-bitowej głębi koloru dla obrazów RGB (czerwony, zielony, niebieski). Można także zapisywać obrazy w standardowej skali szarości (8 bitów na piksel), obrazy w rozszerzonej skali szarości (12 bitów na piksel) i obrazy CMYK (cyjan, magenta, żółty, czarny) dla drukarek czterokolorowych (32-bitowa głębia koloru).

9.3. TIF/TIFF

TIF, a właściwie TIFF (Tagged Image File Format) został stworzony jako pewien standard graficzny, niezależny od konkretnego programu. TIFF jest tak zbudowany, aby modyfikacje sposobu zapisu obrazu nie wpływały zbyt mocno na konstrukcję pliku. Za pomocą tego pliku można zapisać obraz o dowolnej rozdzielczości, który może być przesyłany pomiędzy różnymi architekturami komputerowymi i ma gwarancję odczytania na innym sprzęcie. Format ten nie powstał jako część jakiegoś programu, ale został specjalnie

wymyślony do obsługi skanerów i profesjonalnej grafiki. Praktycznie każdy skaner posiada możliwość zapisania danych w formacie TIFF. Jedną z wad zapisanych w tym formacie jest trudny algorytm ich odczytu. TIFF jest bardzo dobry do zapisywania grafiki monochromatycznej i czarno-białej. TIFF był jednym z wczesnych formatów graficznych, projektowano go z myślą o maksymalnej elastyczności, tak aby dał się wykorzystać w rozmaitych sytuacjach. Rozpoczął swoją karierę jako format obrazów w skali szarości - opracowano go, zanim komputery nauczyły się wyświetlać kolor - ale obecnie może obsługiwać obrazy we wszystkich głębiach koloru. TIFF może być kompresowany, przy użyciu całej gamy metod. TIFF ma kilka cech charakterystycznych, które czynią go popularnym wśród projektantów grafiki i profesjonalistów pokrewnych dziedzin. Po pierwsze, może on używać bezstratnej metody kompresji, która nie powoduje spadku jakości podczas przetwarzania. Po drugie, bez trudu obsługuje ogromne obrazy, często spotykane w grafice profesjonalnej. Zaletą TIFF w stosunku do innych formatów jest to, że można dostać się bezpośrednio do dowolnej części obrazu. Dzieje się tak dlatego, że TIFF zapisuje dane obrazu w postaci osobnych pasków czy kwadratów. Kiedy wczytuje się cały plik TIFF, widać jak paski czy kwadraty stopniowo pojawiają się na ekranie. Jednakże korzystając z odpowiedniego oprogramowania można dotrzeć bezpośrednio do konkretnego paska czy kwadratu, nie czekając na wczytanie całego obrazu i oszczędzając tak czas i miejsce w pamięci.

Pliki TIFF mogą być czarno-białe, w skali szarości lub kolorowe i umożliwiają używanie głębi koloru od 2 do 96 bitów na piksel. Zatem niekompresowany plik TIFF może być gigantyczny. Format ten może stosować jedną z kilku metod kompresji lub nie używać jej wcale. TIFF ucierniał na tym, że był w okresie początkowym zbyt uniwersalny. Wersja formatu przedstawiała zbyt wiele swobody, z czego wynikał pewien chaos, gdyż program A nie był w stanie odczytać TIFF-ów programu B i na odwrót. Ostatnie wersje standardu starają się zaradzić temu problemowi, ale różnorodne wersje formatu TIFF są niestety zupełnie niekompatybilne. Efekt jest taki, że kiedy chce się przekształcić obraz na format TIFF, trzeba określić ogromną liczbę opcji - a i tak nie ma gwarancji, że ktoś będzie w stanie otworzyć w swoim edytorze grafiki utworzony przez nas plik.

9.4. Standard MPEG

MPEG jest skrótem od Moving Picture Experts Group (Grupa Ekspertów Obrazów Ruchomych). Działalność MPEG nie ogranicza się wyłącznie do kompresji obrazu video, ale także kompresji związanego z nim dźwięku i ich wzajemnej synchronizacji.

Używając kompresji MPEG można zmniejszyć wielkość użytej pamięci o 12 razy, bez zauważalnej straty jakości. Możliwa jest nawet 24-krotna redukcja wielkości; wtedy jakość co prawda spada, ale i tak jest lepsza niż próby nagrania tego samego pliku z mniejszą rozdzielczością lub częstotliwością próbkowania.

Do tej pory powstały cztery standardy MPEG:

- MPEG - 1 - Kodowanie ruchomych obrazów i dźwięku towarzyszącego przy szybkości przesyłania ponad 1,5Mbit/s
- MPEG - 2 - Powszechne kodowanie ruchomych obrazów i towarzyszącej informacji dźwiękowej

- MPEG - 3 - później został połączony z MPEG - 2
- MPEG - 4 - Kodowanie obiektów audiowizualnych.

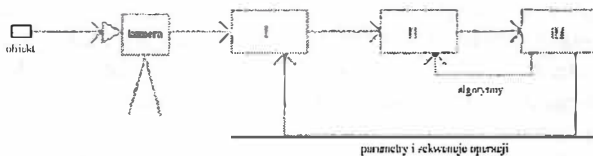
9.5. BMP

Trzecim najczęściej spotykanym formatem grafiki komputerowej jest BMP, skrót od słów „mapa bitowa”. Jest to wewnętrzny format systemów Windows i OS/2. Nie nadaje się on do przesłania grafiki w Internecie, ale jest to jedyny format, którego można użyć dla tapety Windows. Formatu BMP jest to wewnętrzny format systemu Microsoft Windows (a także OS/2), stosowany dla tapet, tła i innych elementów graficznych. Format BMP zaprojektowano specjalnie do tego celu i często nie funkcjonuje on najlepiej w innych okolicznościach. Każdy plik musi zostać najpierw przekształcony na bit mapę, a dopiero później może być wyświetlony przez funkcje systemowe.

Ponieważ pliki BMP nie są kompresowane, wczytują się i wyświetlają szybko, nie muszą bowiem być najpierw rozkompresowane.

10. KOMPUTEROWA WSTĘPNA ANALIZA OBRAZÓW POZYSKANYCH Z KAMER CYFROWYCH

W algorytmach analizy obrazów można wyróżnić kilka jej poziomów. Najczęściej przyjmuje się trzy poziomy analizy obrazów [14].



Rys. 9. Poziomy analizy obrazów systemu wizyjnego czasu rzeczywistego

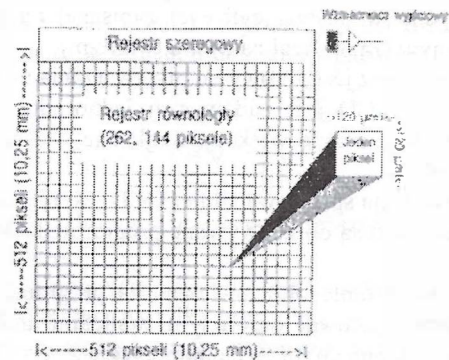
- I — Najniższy poziom analizy obrazów nazywany jest często wstępnym przetwarzaniem sygnału wizyjnego. Ma on na celu: eliminację zakłóceń, wydobywanie obiektu z tła, detekcję krawędzi, ustalanie poziomów szarości pikseli należących do interesującego nas obiektu na podstawie histogramu, równoważenie histogramu itp.
- II — Średni poziom analizy obrazów obejmuje: segmentację obrazu, lokalizację obiektów, rozpoznanie kształtu obiektu i wyróżnienie cech charakterystycznych tego kształtu.
- III — Najwyższy poziom przeprowadza analizę złożonej sceny w sensie analizy ruchu obiektu oraz pozostałymi poziomami systemu wizyjnego (zadaje algorytmy oraz parametry i sekwencje operacji).

Przedstawiona na rys.9 struktura systemu wizyjnego ukazuje ponadto występujące powiązania (sprzężenia) pomiędzy różnymi poziomami systemu wizyjnego. Wyniki II i III etapu przetwarzania obrazu mogą mieć wpływ na parametr i kolejność wykonywanych operacji na I najniższym poziomie oraz na algorytmy przetwarzania na II poziomie.

W pracy zajmujemy się pozyskaniem obrazu z kamer cyfrowych, dlatego interesują nas zadania najniższego poziomu systemu wizyjnego realizującego wstępne przetwarzanie obrazu.

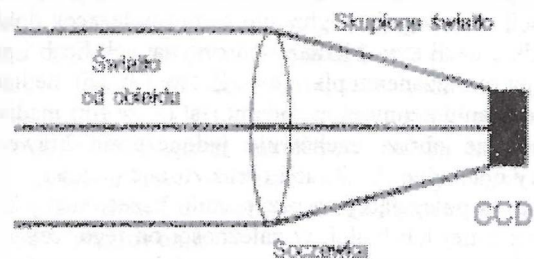
Kamera cyfrowa CCD to szereg rozmieszczonych jedna obok drugiej komórek fotoelektrycznych. Zadaniem przetwornika matrycy złożonego z komórek fotoelektrycznych jest zamiana energii świetlnej w elektryczną. Cząsteczki światła zderzając się z komórką wytrącają z niej elektrony, powodując przepływ energii elektrycznej. Wielkość ładunku elektrycznego zależy od natężenia światła padającego na matrycę CCD. Następnie elektryczny sygnał analogowy pochodzący z matrycy CCD poddawany jest próbkowaniu czyli zamianie na postać cyfrową [14].

Typowy wymiar liniowy każdego elementu to 20µm, a całej struktury około 1 cm.



Rys. 10. Typowa struktura CCD.

W kamerach CCD światło odbija się od obiektu fotografowanego, jest odpowiednio ogniskowane i kierowane na strukturę CCD (rys.11).



Rys. 11 Soczewka połączona ze strukturą CCD

Jasności obrazu są rejestrowane w postaci tablicy liczb zapamiętywanej w komputerze w celu umożliwienia dalszego przetwarzania.

W ten sposób w komputerze zostaje zarejestrowany plik zawierający tablicę liczb uporządkowaną w rzędy i kolumny z których każdy odpowiada rzeczywistemu obrazowi w strukturze CCD. Z kolei oprogramowanie wykorzystuje ten plik jako wejście dla różnych operacji, jakie użytkownik zechce wykonać. Typowe formy struktur są następujące: 512x512, 800x800, 1024x1024 lub większe.

Przy zapisywaniu tablicy w pamięci komputera liczby muszą być zakodowane w postaci reprezentującej barwy albo poziomy szarości. Jeśli do kwantowania odczytywanych napięć ze struktury CCD wykorzystuje się 4, 8 lub więcej

poziomów, to każdy wyświetlany punkt będzie w jednym z wielu dostępnych poziomów szarości.

Zalety komputerowego przetwarzania obrazów w porównaniu z metodami fotograficznymi, to przede wszystkim szybkość i czułość. Tradycyjna fotografia, w najlepszym przypadku przy specjalnych filmach i procesach rejestruje tylko 0,5% światła padającego. Dla kamer CCD sprawność ta wynosi 90%. Kolejną zaletą kamer CCD jest liniowość. To oznacza, że 2-krotna ekspozycja powinna zarejestrować dwa razy więcej światła: oczywiście nie występuje to w tradycyjnej fotografii. Układy CCD cechuje wyjątkowa liniowość, nawet przy bardzo długich i bardzo krótkich czasach ekspozycji. W przeciwieństwie do tradycyjnej fotografii, kamera daje wyniki w postaci cyfrowej zapisanej na nośniku magnetycznym (zazwyczaj na dysku twardym).

Stąd obraz jest gotowy do przetwarzania numerycznego.

Układ CCD jest nadzwyczaj jednorodny i może być używany w znacznie większym zakresie widma, w tym dla podczerwieni.

Realizacja sprzętowa kamer CCD jest niemal optymalna stale natomiast są opracowywane programy do przetwarzania obrazów.

Przetwarzanie obrazów oznacza programowanie liniowe. Trzeba operować ogromnymi tablicami liczb i wykonywać czasochłonne obliczenia numeryczne.

Obraz pozyskany z kamer poddawany jest wstępnej operacji przetwarzania obrazów. Sygnały z przetworników CCD poddawane są filtracji dolnoprzepustowej, której głównym celem jest usunięcie dodanego do obrazu szumu. Szum ten jest wynikiem zsumowania termicznego generowanego w strukturze CCD kamery oraz szumu zebranego w torze transmisji sygnału. Do eliminacji szumu została wybrana filtracja medianowa, której działanie polega na posortowaniu pikseli od najmniejszej do największej wartości ich stopni szarości, a następnie wybraniu wartości leżącej dokładnie pośrodku, czyli tzw. Mediany posortowanych liczb i przypisaniu jej rozważanemu pikselowi. Zalety filtracji medianowej w porównaniu z innymi metodami jest to, że filtr medianowy wygładzając obraz, zachowuje jednocześnie krawędzie i kontury obiektów. Po filtracji obraz zostaje poddany operacji binaryzacji polegającej na przypisaniu każdemu z pikselowi barwy czarnej lub białej, w zależności od tego, czy ich poziomy jasności znajdują się powyżej lub poniżej określonej wcześniej wartości progowej. Z operacją tą wiąże się znaczna redukcja informacji zawartej w obrazie i w związku z tym bardzo istotny jest odpowiedni dobór wartości progowej, poniżej której wszystkie piksele staną się czarne, tak aby nie utracić istotnej z punktu widzenia procesu rozpoznania informacji zawartej w obrazie. Uzyskany binarny obraz wymaga filtracji logicznej, której celem jest usunięcie zakłóceń w postaci pojedynczych białych pikseli na czarnym tle lub pojedynczych czarnych pikseli na białym tle.

Po zakończeniu operacji wstępnego przetwarzania obrazów, których celem jest poprawienie ich jakości i uwypuklenie istotnych z punktu widzenia rozpoznania informacji obrazu poddawane są dalszej analizie.

11. MODEL MATEMATYCZNY KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZÓW [11]

Niech A oznacza zbiór obiektów znajdujących się w polu widzenia systemu przy czym $a_0 \in A$ jest z zasady

obiektem nie podlegającym analizie i będzie nazwane tłem. Czynność przetworzenia obrazu do postaci elektrycznej rozbić można na dwa odwzorowania: Pierwsze z nich, realizowane przez układ optyczny, polega na wytworzeniu płaskiego obrazu w płaszczyźnie analizy. Rozpatrując obraz w płaszczyźnie analizy jako funkcję dwu zmiennych przestrzennych x i y , której wartościami są jasności (intensywności oświetlenia) poszczególnych punktów, odwzorowanie to możemy zapisać jako:

$$\varphi_0: A \rightarrow W^{x \times y}$$

Gdzie zbiór A został wyżej nieformalnie wprowadzony, $X \subset R_+$ jest zbiorem wartości współrzędnych horyzontalnych punktów obrazu, $Y \subset R_+$ jest analogicznym zbiorem współrzędnych wertykalnych (rys. 10), zaś $W \subset R$ jest zbiorem wartości jasności poszczególnych punktów. Znakiem \times oznaczamy będziemy iloczyn kartezjański, zaś R_+ jest zbiorem nieujemnych liczb rzeczywistych. Zapis α^β w przypadku, gdy α i β są zbiorami oznacza naturalne funkcję o argumentach przebiegających zbior β i wartościach przemianowanych ze zbioru α .

Natura odwzorowania φ_0 może być rozmaita, najczęściej jednak rozpatrywane są odwzorowania dwójakiego rodzaju: geometryczne, polegające na uzyskaniu płaskiego obrazu zbioru A zgodnie z zasadami perspektywy i optyki geometrycznej (zasada kamery fotograficznej) względnie dyfraktometryczne, polegające na uzyskaniu dwuwymiarowego widma Fouriera zbioru A (zasada dyfraktometru). Pierwsze podejście częściej stosowane w zasadach analizy cech geometrycznych obrazów, drugie natomiast przy analizie faktur i w niektórych zadaniach rozpoznawania.

Przed wprowadzeniem do komputera obraz przetwarzany jest do postaci sygnału elektrycznego, a następnie poddawany dyskretyzacji i kwantowaniu, przy czym w różnych rozwiązaniach procesy te mogą się w różnym stopniu przeplatać. Typowo stosowane są tu dwie drogi, jakkolwiek możliwe są ich rozliczne modyfikacje. Pierwsza droga polega na wykorzystywaniu techniki telewizyjnej. Przy jej wykorzystaniu najpierw dokonywane jest odwzorowanie

$$\varphi_i: W^{x \times y} \rightarrow V^T$$

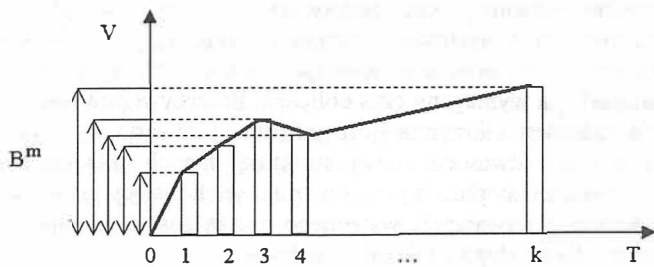
gdzie V jest zbiorem wartości napięć na wyjściu kamery telewizyjnej, a T zbiorem momentów czasu.

$$\varphi_p: V^T \rightarrow V^N$$

Następnie dokonywane jest próbkowanie gdzie $N = \{1, 2, \dots, k\}$ jest zbiorem numerów dyskretnych kwantów czasowych. Ostatnim odwzorowaniem jest tu dyskretyzacja sygnału:

$$\varphi_d: V^N \rightarrow \left[\left(B^m \right) \right]^N$$

gdzie $B = \{0, 1\}$ zaś zapis B^m oznacza m -tą potęgę zbioru B .



Rys. 12. Metoda telewizyjna pozyskania obrazu z kamer

Druga droga, umownie nazwana matrycową, polega na wykorzystaniu matrycy odpowiednio rozmieszczonych fotoelementów, dokonujących równoległego (równoczesnego) przetwarzania do postaci elektrycznej wartości jasności wybranych fragmentów obrazu. Ze względu na rozmieszczenie i kształt elementów matrycy wyróżnić można między innymi rastr kwadratowy, prostokątny, heksagonalny i biegunowy. Niezależnie od typu rastru jego organizacja jest zwykle dwuwskaznikowa, możemy więc wyróżniać dwa zbiory numerów I oraz J interpretowane zależnie od rodzaju rastru (na przykład jako zbiór numerów wierszy i kolumn). Przetwarzanie obrazu w metodach matrycowych sprowadza się więc do realizacji odwzorowań:

$$\varphi_s = W^{X \times Y} \rightarrow V^{I \times J}$$

$$\varphi_d = V^{I \times J} \rightarrow [(B)^m]^{I \times J}$$

Ze względu na sposób działania kanałów wejściowych komputera konieczne jest zwykle dodatkowe odwzorowanie, zwane skaningiem.

$$\varphi_k : [(B)^m]^{I \times J} \rightarrow [(B)^m]^N$$

Warto zauważyć, że

$$\forall a \in A \quad \varphi_k \circ \varphi_d \circ \varphi_s \circ \varphi_e(a) = \varphi_d \circ \varphi_p \circ \varphi_t \circ \varphi_e(a)$$

czyli w dalszych rozważeniach można będzie abstrahować od metody wprowadzania obrazu do komputera.

Obraz wprowadzony do pamięci komputera reprezentowany jest w niej w sposób upakowany, wprowadzaniu towarzyszy zatem odwzorowanie zwane upakowywaniem

$$\varphi_u : [(B)^m]^N \rightarrow [(B)^l]^P$$

gdzie l jest długością słowa maszynowego używanego komputera ($l \geq m$), zaś P jest zbiorem adresów w pamięci operacyjnej. Oznaczając przez $\# \alpha$ moc zbioru α oraz wprowadzając operację \div (dzielenie z resztą) w zbiorze N będącym zbiorem liczb naturalnych, zdefiniowaną następująco:

$$\forall_{i, j, n, m} \in \mathcal{N} \quad (i \div j = \langle n, m \rangle \Leftrightarrow j \cdot n + m = i)$$

możemy w następujący sposób zapisać najczęściej spotykane warunki realizacji operacji upakowywania:

$$l \div m = \langle d, 0 \rangle \quad \text{dla upakowania bezstratnego}$$

$$\#N = k = \#P \cdot d$$

Operacja upakowania jest zwykle konieczna ze względu na oszczędność pamięci komputera, gdyż czynnik d , nazywany krotnością upakowania, bywa duży (rzędu kilkunastu), bardzo istotnie obniża jednak sprawność czasową przetwarzania obrazów. Z tego powodu bardzo istotne jest posiadanie zoptymalizowanej procedury rozpakowującej (software'owej). Procedura taka obok rozpakowywania elementów obrazu nadaje mu strukturę rastrową, niezależnie od metody przetwarzania obrazu przy jego wprowadzaniu. Procedurę rozpakowującą wygodnie jest rozpatrywać jako odwzorowanie

$$\varphi_e : P \times I \times J \rightarrow V^*$$

gdzie V^* jest dyskretnym (wewnątrz maszynowym) odpowiednikiem zbioru V .

Czynności przetwarzania obrazów dokonane w komputerze podzielić można na kilka grup. Podstawową grupę stanowią czynności zmiany struktury obrazu, stanowiące różne realizacje odwzorowania.

$$\varphi_s : [(B)^l]^P \rightarrow [(B)^l]^P$$

Zaliczyć tu można filtrację obrazu polegającą na usuwaniu jego zniekształceń i zakłóceń towarzyszących procesowi wprowadzania; transformacje całkowe i różniczkowe obrazu (dyskretne dwuwymiarowe transformacje Fouriera, określenie gradientów jasności i wydobywanie konturów obrazu). Czynności tej grupy stanowią balast dla systemu, gdyż zużywają czas komputera nie przynosząc bezpośrednich korzyści, są jednak nieodzowne do wszelkich dalszych prac.

Kolejną grupą procedur są odwzorowania lokalizujące elementy zbioru A na dyskretnym (ewentualnie przetworzonym) rastrze. Najczęściej lokalizacja polega na opisanu wokół poszczególnych obiektów linii gabarytowych odpowiadających liniom kardynalnym rastru i może być zapisana w postaci odwzorowania:

$$\varphi_l : P \rightarrow (I \times I \times J \times J)^{*A}$$

Należy przy tym zauważyć, że $*A$ jest skończoną liczbą całkowitą, na ogół niewielką, lecz nieznaną a priori, co znacznie utrudnia konstrukcje programów realizujących operację φ_l . Zwykle jako jedno z istotnych ograniczeń implementacyjnych systemu analizy obrazów pojawia się ograniczenie maksymalnej wartości jaką może przyjmować $\#A$, co w konsekwencji zmusza do analizy bardziej złożonych obrazów metodą analizy fragmentarycznych kadrów i scalania wyników przy wykorzystaniu pamięci komputera,

Dysponując wymienionymi wyżej grupami procedur pomocniczych można wyposażać system w programy użytkowe, realizujące analizę cech obiektów zbioru A oraz (ewentualnie) ich rozpoznawanie. Założmy, że na zbiorze A zadane są (a priori) dwa odwzorowania:

$$\varphi_w : A \rightarrow C$$

nazywane przypisaniem obiektom określonych cech ze zbioru C oraz

$$\varphi_r : A \rightarrow M$$

nazywane klasyfikacją obiektów i polegające, na przypisaniu obiektom nazw z określonego zbioru nazw M . Dla wygody dalszego operowania zakłada się zwykle, że $C \subset \mathbb{R}^q$ (\mathbb{R} jest zbiorem liczb rzeczywistych). Interpretacja elementów zbioru C jest zależna od celów praktycznych stawianych przed systemem, a ich wybór ma zwykle charakter arbitralnej decyzji, opartej bardziej na intuicji, niż na przesłankach formalnych. Jest to godne odnotowania, ponieważ od wyboru zbioru C zależy na ogół praktyczna przydatność i efektywność całego systemu. Przykładami częściej spotykanych składowych zbioru C są wymiary obiektów zbioru A (obwody, cięciwy, średnice i powierzchnie odpowiednich elementów zidentyfikowanych na rastrze), wartości pochodne od wymiarów (stosunki i proporcje wybranych wymiarów, tzw. współczynniki kształtu, wskaźniki deformacji), elementy opisu kształtów (obecność lub brak linii prostych i łuków w określonych fragmentach obiektu, obecność naroży, skrzyżowań, rozwidleń i zakończeń linii), a także informacje wynikające z rozkładu jasnych i ciemnych punktów w obrazie obiektu

O relacji φ_r zakłada się zwykle, że generuje ona w zbiorze A relację równoważności $\varphi_q \subset A \times A$, taka, że

$$\forall a_1, a_2 \in A \left[(a_1, a_2) \in \varphi_q \Leftrightarrow \exists \mu \in M \left((a_1, \mu) \in \varphi_r \wedge (a_2, \mu) \in \varphi_r \right) \right]$$

Realizacja komputerowa odwzorowań analogicznych do φ_w i φ_r sprowadza się do wyposażenia biblioteki programów systemu w procedury obliczania poszczególnych składowych wchodzących w skład zbioru cech C oraz w implementację którejś ze znanych metod rozpoznawania obrazów celem identyfikacji nazw ze zbioru M . Należy podkreślić, że procedury realizujące odwzorowanie φ_w mogą być zazwyczaj używane dopiero po analizie obrazu zgodnie z odwzorowaniem φ_r realizacja odwzorowania φ_r zawsze uwarunkowana jest wcześniejszą realizacją odwzorowania φ_w . Stosunkowo często zadania stawiane systemowi komputerowej analizy obrazu sprowadzają się wyłącznie do realizacji odwzorowania φ_w (np. zadania planimetrii i stereometrii) podczas gdy szeroko dyskutowane w specjalistycznej literaturze problemy realizacji odwzorowania φ_r są z reguły łatwiejsze i często zbyteczne.

12. ROZWIĄZANIE SYSTEMU WIZYJNEGO DO POZYSKANIA OBRAZU W CZASIE RZECZYWISTYM

Ciągły wzrost rozdzielczości kamer oraz liczby przekazywanych przez nie obrazów na sekundę powodują wzrost zapotrzebowania na szybkie metody przetwarzania obrazów, a zwłaszcza ich wstępnej obróbki. Przetwarzanie wstępne, występuje praktycznie w każdym systemie wizyjnym, wykorzystywanym do rozpoznawania bądź analizy obrazów, a jego celem jest poprawa jakości obrazu oraz zaakcentowa-

nie tych jego elementów, które niosą istotną informację z punktu widzenia procesu rozpoznawania. Z punktu widzenia zastosowań w systemach wizyjnych, pracujących w czasie rzeczywistym, powyższe operacje są najbardziej krytyczne ze względu na wymagany czas obliczeń. Przyczyną powyższego zjawiska jest olbrzymia ilość informacji zawarta w obrazie (obraz jest dwuwymiarową strukturą danych, zawierającą informacje o stopniach jasności wielu setek tysięcy pikseli), a operacje przetwarzania wstępnego muszą zostać przeprowadzone dla każdego z pikseli z osobna.

Z powyższym zagadnieniem wiąże się problem pojęcia czasu rzeczywistego dla rozważanych systemów wizyjnych. Przyjęto uważać za wizyjne te systemy czasu rzeczywistego, w których czas reakcji systemu na zmiany w obserwowanym obiekcie jest niezauważalny (w wymiarze skali czasu zmian zachodzących w tym obiekcie). Za bezpośrednie odniesienie skali czasu takich systemów uznano czas trwania jednego obrazu. W związku z powyższym czas trwania jednego piksela, wynikający z częstotliwości pracy przetwornika A/C . przyjęto jako podstawową jednostkę czasu. Zachowanie tak wygórowanych wymagań odnośnie do czasu reakcji systemu czasu rzeczywistego nie zawsze jest konieczne. Jednakże postawienie żądania, aby czas przetwarzania obrazu był równy okresowi próbkowania sygnału z kamery gwarantuje, że ze strony procesu przetwarzania obrazu nie będzie dalszych ograniczeń szybkości działania sensora wizyjnego. ponieważ limitującym czynnikiem jest i tak proces akwizycji obrazu.

W związku z powyższym niezwykle istotnym zagadnieniem. z punktu widzenia projektowania w wizyjnych systemach czasu rzeczywistego, jest zapewnienie dostatecznej mocy obliczeniowej, wpływającej na czas realizacji postawionych zadań oraz gwarantującej dochowanie, nałożonych na pracę systemu, ograniczeń czasowych.

W pracy przedstawiono sposób pozyskania obrazu dla następujących badań diagnostycznych:

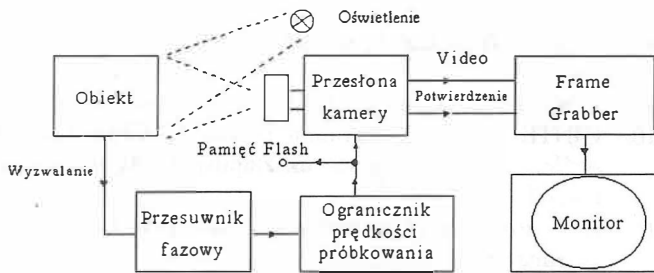
- statycznych (stanowiskowych) i dynamicznych, gdzie pozyskanie obrazu, będzie realizowane z wykorzystaniem systemu wizyjnego firmy HARD soft podczas przejazdu pojazdu szynowego z prędkością max. 80km/h.
- statycznych (stanowiskowych) i quasi-statycznych, gdzie pozyskanie obrazu będzie realizowane podczas przejazdu pojazdu szynowego z prędkością max. 5km/h.

Pozyskanie obrazu w obydwu przypadkach realizowane będzie z wykorzystaniem kamer z przetwornikami CCD (Charge Coupled Device - element ze sprzężeniem ładunkowym) z wykorzystaniem metody „progressive scan” (układ eliminacji zakłóceń występujących podczas ruchu obiektu).

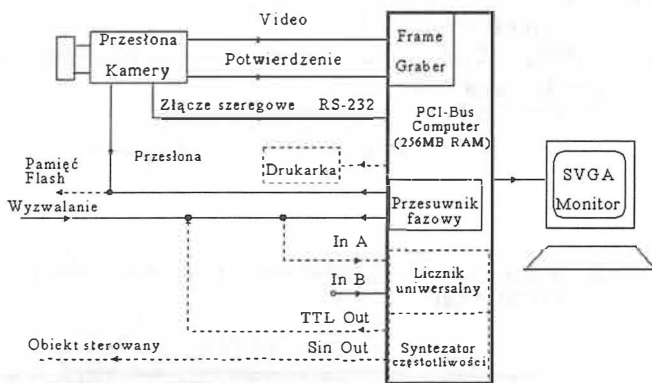
12.1. System wizyjny do statycznego i dynamicznego pozyskania obrazu.

W ramach projektu badawczego zakupiono system wizyjny firmy HARD soft. System wizyjny wyposażony jest w kamerę CCD progressive scan, komputer Pentium (400MHz, 256MB RAM), kartę frame grabber korzystającą z magistrali PCI i stosowne oprogramowanie. Framegrabber jest to urządzenie wprowadzania i zapisywania obrazów (fragmentu lub całego ekranu monitora) na monochromatyczne lub barwne dane graficzne. W systemie wizyjnym zastosowano frame-

grabber typu PC-EYE1. Do jednej karty można podłączyć cztery kamery. Kamery są przełączane programowo. Rozmiar obrazu (ilość pikseli i ilość linii) są programowalne. System wizyjny służy do obserwacji i rejestracji w czasie rzeczywistym zjawisk okresowych do 100kHz i powtarzalnych nieokresowych. Ma on możliwość zewnętrznego wyzwalania za pomocą standardowych sygnałów TTL z regulowanym opóźnieniem od 50ns do 100s. Badany obiekt (tu okładzina i klocki hamulca tarczowego) oświetlany może być światłem ciągłym z lampy halogenowej, lub lampą błyskową (z możliwie krótkim czasem reakcji) wyzwalaną zewnętrznym impulsem TTL. Zasadę działania i schemat blokowy systemu wizyjnego przedstawiono na rys. 13 i 14.



Rys.13. Zasada działania systemu wizyjnego HARD soft



Rys.14. Schemat blokowy systemu wizyjnego HARD soft

Uzyskiwane obrazy cechuje duża ostrość i wysoka rozdzielczość 659x494 punkty z 256 poziomami szarości przy monochromatycznym kineskopie czarno-białym, lub jasności dla monitorów z barwnym luminoforem. W standardowym wyposażeniu znajduje się również niezależny od częstotliwości, cyfrowy przesuwnik fazowy umożliwiający obserwację obiektu poruszającego się periodycznie pod zadanym kątem fazowym. Kąt ten może być zmieniany programowo w sposób ciągły. Powstaje wtedy zjawisko lupy czasowej. Dla powtarzalnych przebiegów nieokresowych karta przesuwnika może być przełączona w tryb opóźnienia czasowego. Program sterujący realizowany jest w środowisku WINDOWS 95. Moduły kamery, framegrabber'a i przesuwnika fazowego obsługiwane są programowo z własnych okien. Zmiany parametrów są realizowane w czasie rzeczywistym na jednocześnie wyświetlanym obrazie. Obrazy te są równolegle zapamiętywane w pamięci komputera. Zapamiętaną sekwencję można dowolnie wiele razy wyświetlać lub obejrzeć poszczególne klatki. Maksymalna ilość zapamiętywanych obrazów zależy od ilości pamięci RAM w jaką wyposażony jest

komputer. Przy 256 MB można zapamiętać ponad 600 obrazów. Sekwencje mogą być zapisane na twardym dysku w postaci standardowych plików graficznych (TIFF lub BMP), przy czym ich numeracja odbywa się automatycznie. Po zakończeniu rejestracji i zapisie sekwencji na dysk możemy więc przejść w tryb analizowania obrazu.

Zastosowana w systemie wizyjnym kamera, video należy do najnowszej generacji, tzw. „Progressive scan”. Jej czas migawki wynosi od 1/800 000s (1.25µs) do 1/60s (16ms). Jest ona połączona z komputerem wielożyłowym, specjalnie ekranowanym przewodem. Poprzez ten przewód przesyłane są nie tylko sygnały video, lecz również napięcie zasilające kamerę, sygnały sterowania konfiguracją i parametrami oraz wyzwalanie migawki i framegrabbera. Konfiguracja kamery (tryb normalny/asynchroniczny, praca z przeplotem/ bez przeplotu, czas migawki, wzmacnienie poziomu bieli i czerni) sterowane są programowo z komputera. Umożliwia ona również ręczną regulację ostrości. Jej standardowa rozdzielczość wynosi 659x494 punkty, możliwe jest jednak zastosowanie modeli o wyższych rozdzielczościach.

Framegrabber przystosowany jest nie tylko do akwizycji standardowego sygnału video, lecz również może współpracować z kamerami wyzwalanymi asynchronicznie. Obrazy są digitalizowane w czasie rzeczywistym i natychmiast wyświetlane na ekranie monitora oraz zapamiętywane w pamięci RAM komputera. Rozmiar obrazów można ograniczyć do obszaru zainteresowania (ROI), przez co zmniejsza się wielkość pliku graficznego, co umożliwia zapisanie większej liczby obrazów.

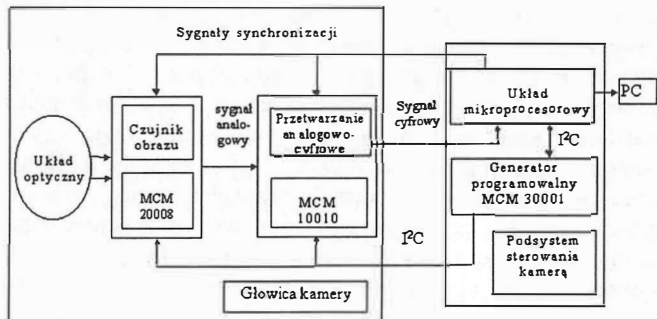
Zastosowany cyfrowy przesuwnik fazowy umożliwia pracę w dwóch trybach: jako przesuwnik lub jako linia opóźniająca. W przypadku sygnałów okresowych (nas nie interesujących) można stosować obie funkcje przesuwnika. Szczególną zaletą ma jednak funkcja przesuwnika fazowego, gdyż impulsy wejściowe można programowo przesunąć o dowolny kąt fazowy, przy czym nie jest on zależny od częstotliwości tych impulsów. W przypadku sygnałów o przebiegu nieokresowym, gdy pojęcie fazy nie ma zastosowania, karta pracuje w trybie programowo sterowanej linii opóźniającej, ma jednak możliwość zewnętrznego wyzwalania.

12.2. System wizyjny do statycznego i quasistatycznego pozyskania obrazu

Ze względu na duże koszty zakupu kamer i kart graficznych framegrabber postanowiono opracować koncepcję modułu do akwizycji obrazu spełniającej funkcję tzw. „kamery przemysłowej” z wykorzystaniem matrycy CCD typu MCM 20008, przetwornika A/C typu MCM 10010, programowalnego generatora przebiegów czasowych typu MCM 30001 i procesora typu MPC 832 firmy MOTOROLA. Układ blokowy takiego układu przedstawiono na rys. 15.

Prezentowany układ oparty jest o czujnik obrazu wykonany w technologii CMOS, w wersji opracowanej przez firmy MOTOROLA i KODAK nazwanej Image MOS. Przy zastosowaniu szeregu funkcji w jednym układzie, w tym funkcji redukcji szumów własnych czujnika osiągnięto jakość porównywalną z czujnikami wykonanymi w technologii CDD przy obniżonych kosztach. Na rys.15 układ optyczny skupia obraz na światłoczułej matrycy CMOS (640x480 pikseli) czujnika obrazu MCM 20008. Stan naświetlania poszczególnych pikseli jest zamieniany na napięcie i dopro-

wadzony do specjalizowanego przetwornika analogowo-cyfrowego MCM10010. Oba układy dokonują wstępnej obróbki odebranych sygnałów wizyjnych. Sygnały w postaci cyfrowej są przekazywane do układu mikroprocesorowego MPC 832, który steruje całością procesu i dalej sygnał jest przekazywany do komputera PC, gdzie dane są gromadzone i poddane ostatecznej obróbce.

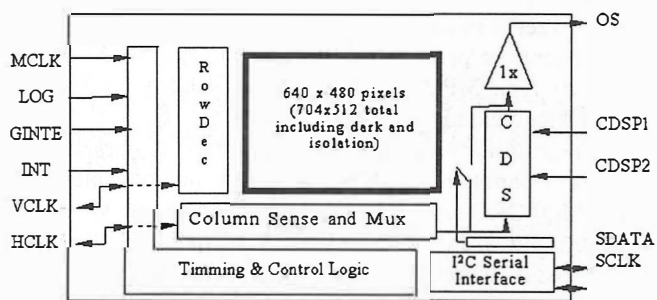


Rys.15. Schemat blokowy systemu pozyskiwania obrazów

12.2.1. Schemat blokowy czujnika obrazów MCC 20008

- 1/3" kolorowa VGA matryca pomiarowa
- Rozdzielczość 640 x 480 pikseli
- Rozmiar piksela 7,8µm x 7,8µm
- Wymiary powierzchni światłoczułej (wielkość matrycy) 5,0mm x 3,7mm
- Częstotliwość odczytu obrazów 30 obrazów/sek
- Dynamika 66dB
- Zasilanie 3,3V ±10%
- Układ może pracować w różnych trybach wybieranych przez podsystem sterowania przez łącze w standardzie I²C.

- Z pojedynczym sygnałem zegara i generowaniem sygnałów wybierania wierszy i kolumn matrycy w ramach układu MCM 20008 lub sygnałami wybierania dostarczonymi z zewnątrz.
- W trybie pracy ciągłej lub pojedynczych zdjęć.
- W jednym z dwóch standardowych trybów skanowania matrycy: interlaced (z przeplataniem) lub progressive scan.
- Z włączonym lub wyłączonym układem tłumienia szumów własnych CDS (Correlated Double Sampling)

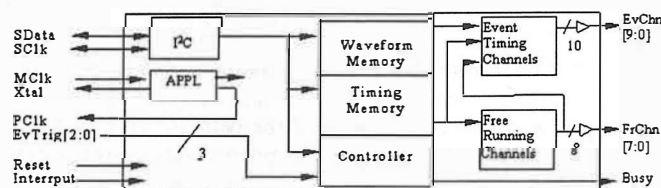


Rys.16. Schemat blokowy układu MCM 20008

Opis schematu blokowego MCM 20008

1. 640 x 480 pixels (740 x 512 total including dark and isolation) : 640 x 480 pikseli (740 x 512 całkowita ilość pikseli licząc z zaciemnionymi i stanowiącymi odstęp)
2. Row. Dec. : dekodowanie wierszy
3. Column Sense and Mux : odczyt i multipleksowanie kolumn
4. Timing and Control Logic : układy sterujące i czasowe
5. I²C Serial Interface : łącze transmisji szeregowej w standardzie I²C
6. MCLK : Master Clock; główny sygnał taktujący (zegarowy)
7. VCLK : Vertical Clock; sygnał taktujący wierszy (pionowy)
8. HCLK : Pixel Clock; sygnał taktujący kolumn (poziomy)
9. LOG : Lateral Overflow Gate; przepelnienie bramki
10. GINTE : Global Integration Enable (SFCM); blokada ogólnej integracji (sposób ukształtowania pojedynczego ujęcia)
11. INT : Pixel Integrate; element obrazu (pixel) połączony w jedną całość
12. OS : Output Signal; sygnał wyjściowy
13. CDS : Correlated Double Sampler; korelacja podwójnego próbkowania
14. CDSPI : CDS Reference Simple Pulse; wzorcowy impuls próbkowania CDS
15. CDSPI2 : CDS Signal Sample Pulse; sygnał impulsu próbkowania CDS
16. SDATA : Serial Data; linia danych łącza I²C
17. SCLK : Serial Clock; linia sygnału taktującego łącze I²C

12.2.2. Schemat blokowy generatora programowalnego MCM 30001



Rys.17. Schemat blokowy układu MCM 30001

Opis schematu blokowego MCM 30001

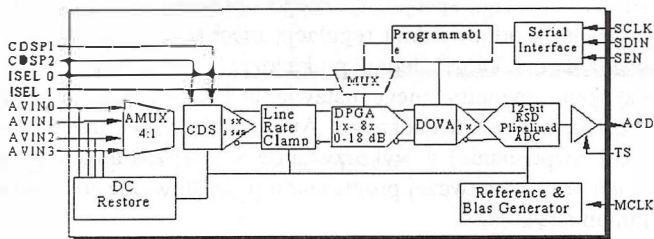
1. I²C, SDATA, SCLK, MCLK: jak wyżej
2. Xtal : sygnał taktujący
3. PCLK : Programmable Clock; zegar programowalny
4. EvTrig : przełącznik zdarzeń
5. Reset : zerowanie
6. Interrupt : przerwanie
7. APPL : Asynchronous Phase Locked Loop; asynchroniczna pętla synchronizacji fazowej
8. Waveform Memory : pamięć kształtu przebiegu
9. Timing Memory : pamięć parametrów czasowych
10. Controller : sterownik

11. Event Timing Channels : typ 1 torów wyjściowych MCM 30001
12. Tree Running Channels : typ 2 torów wyjściowych MCM 30001
13. Busy : sygnał zajętości

12.2.3. Schemat blokowy przetwornika analogowo-cyfrowego MCM 10010

- Układ dostarcza sprzętowych środków do realizacji szeregu funkcji koniecznych do obróbki sygnału wizyjnego w torze analogowym i cyfrowym.
- Rozdzielczość pomiaru 12 bitów
- 15 MSPS 6-bitowy programowalny układ odejmujący
- Układ jest przystosowany do podłączenia z matrycą CDD lub CMOS
- Maksymalna częstotliwość pracy : 24 MSPS
- Zasilanie: 3,0 ÷ 3,6 V

Funkcjonowanie układu jest ustalane przez podsystem sterowania przez złącze w standardzie I²C.



Rys. 18. Schemat blokowy układu MCM 10010

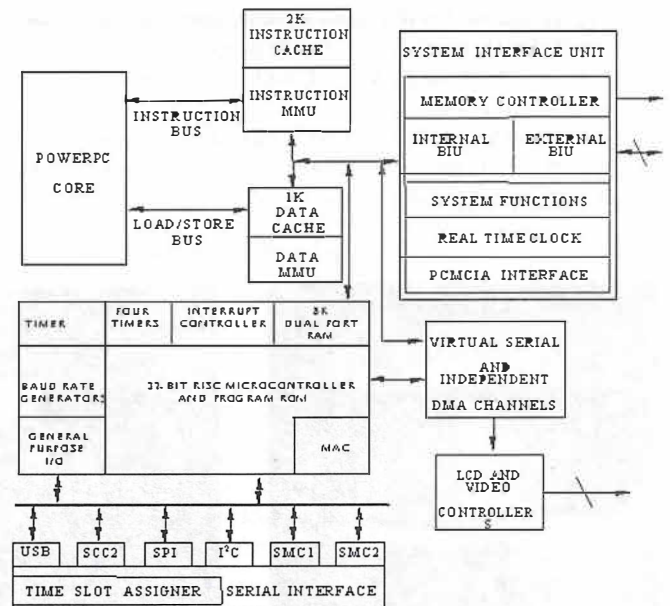
Opis schematu blokowego MCM 10010

1. CDS, CDSP1, CDSP2, MCLK : jak wyżej
2. ISEL0, ISEL1 : wejścia wybierające
3. AVIN0 ... AVIN3 : wejścia sygnałów analogowych video
4. AMUX : multiplekser analogowy
5. DC Restore : układ odtwarzania punktu pracy (DC: napięcia stałego) wejścia analogowego w odniesieniu do napięcia zasilania MCM 10010
6. Line Rate Clamp : stopień kompensacji linii (układ kompensacji poziomu czerni)
7. DPGA: Digitally Programmable Gain Amplifier; wzmacniacz z cyfrowo programowalnym wzmocnieniem
8. DOVA: DC Offset Voltage Adjust; korygowanie napięcia przesunięcia DC
9. MUX : multiplekser
10. Programmable Register : rejestr programowalny
11. Serial Interface : złącze transmisji szeregowej
12. SCLK : Serial Clock; sygnał taktujący transmisji szeregowej
13. SDIN : Serial Data Input; wejście danych szeregowych
14. SEN: Serial Enable; blokada transmisji szeregowej
15. RSD Pipelined ADC : Redundant Signed Digit Pipelined ADC; metoda przetwarzania przetwornika analogowo-cyfrowego z wykorzystaniem techniki potokowej

16. Reference and Bias Generator : generator napięcia odniesienia i napięcia wstępnego
17. TS : Three State Output Enable; blokada wyjścia trójstanowego

12.2.4. Schemat blokowy mikroprocesora MPC 832

Układ procesora MPC 832 rys. 19 użyto dlatego, że jest zalecany przez firmę MOTOROLA, dla tego typu rozwiązania. Jest to 32 bitowy procesor zbudowany w architekturze RISC. Wyposażony jest on w szybki kontroler transmisji szeregowej USB (prędkość ok. 2Mb/s), port I²C służący do programowania układu generatora przebiegów czasowych, wyposażony jest dodatkowo w kontroler LCD do którego można podłączyć wyświetlacz ciekłokrystaliczny. Procesor wyposażony jest w co najmniej 4MB szybkiej pamięci danych do przechowywania całych obrazów. Ponadto jest wyposażony w nieulotną pamięć danych typu FLASH, w której można przechowywać spakowane obrazy w formacie JPEG. Komunikacja z komputerem PC odbywa się za pomocą szybkiego łącza USB.



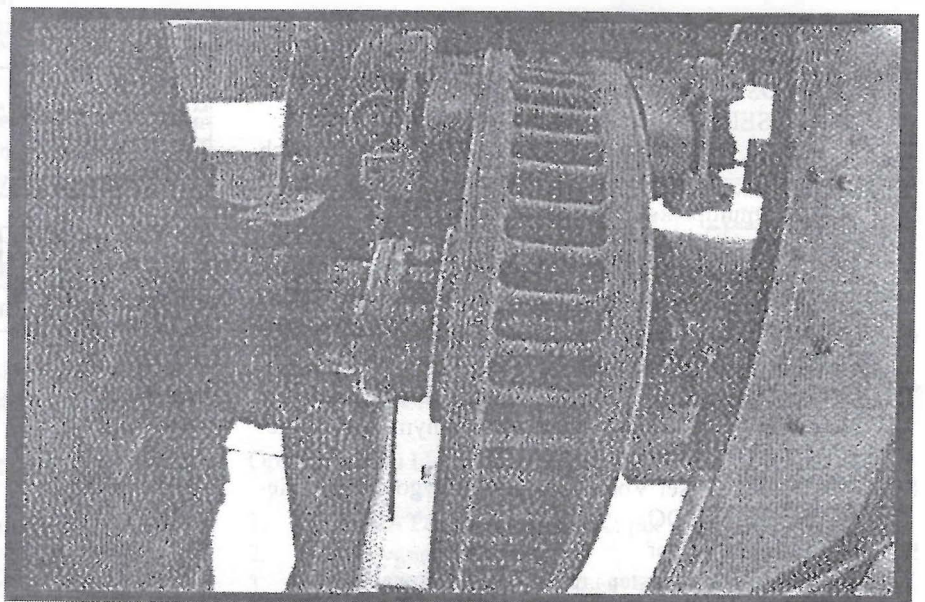
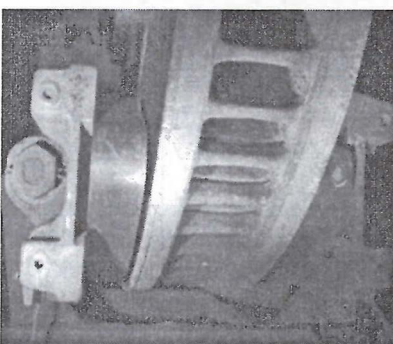
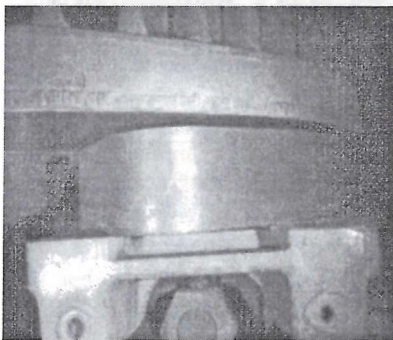
Rys. 19. Schemat blokowy MPC 832

Opis schematu blokowego MCM 832

1. POWER PC CORE : rdzeń oparty na procesorze POWER PC
2. INSTRUCTION CACHE : pamięć podręczna instrukcji
3. INSTRUCTION MMU : Instruction Memory Management Unit; Jednostka zarządzania pamięcią instrukcji
4. DATA CACHE : pamięć podręczna danych
5. DATA MMU : Data Memory Management Unit; Jednostka zarządzania pamięcią danych
6. INSTRUCTION BUS : magistrala instrukcji
7. LOAD / STORE BUS : magistrala danych
8. TIMER : zegar (czasomierz)
9. FOUR TIMERS : cztery zegary

10. INTERRUPT CONTROLLER : sterownik przerw
 11. DUAL - PORT RAM : dwuportowa pamięć RAM
 12. BAUD RATE GENERATORS : generatory sygnałów taktujących transmisji
 13. GENERAL PURPOSE I/O : wejścia / wyjścia ogólnego przeznaczenia
 14. 32-BIT RISC MICROCONTROLLER AND PROGRAM ROM : 32 bitowy mikrokontroler typu RISC (o zredukowanej liście rozkazów) i pamięć stała programu.
 15. MAC : 16 x 16 bit Multiply-Accumulate Hardware; Sprzętowy układ mnożący 16 x 16 bitów
 16. USB : universal serial bus; złącze transmisji szeregowej w standardzie USB
 17. SCC2 : Serial Communication Controller 2; Sterownik komunikacji szeregowej 2
 18. SPI : Serial Peripheral Interface; Złącze szeregowych urządzeń peryferyjnych
 19. I²C : Serial Interface : złącze transmisji szeregowej w standardzie I²C
 20. SMC1 : Serial Management Controller 1; sterownik zarządzania transmisją szeregową 1
 21. SMC2 : Serial Management Controller 2; sterownik zarządzania transmisją szeregową 2
 22. TIME SLOT ASSIGNER : wydzielone złącze czasowe
 23. SERIAL INTERFACE : złącze transmisji szeregowej
 24. SYSTEM INTERFACE UNIT : jednostka (moduł) złącza systemowego
 25. MEMORY CONTROLLER : sterownik pamięci
 26. INTERNAL BIU : Internal Bus Interface Unit; Jednostka złącza magistrali wewnętrznej
 27. EXTERNAL BIU : External Interface Unit; Jednostka złącza magistrali zewnętrznej
 28. SYSTEM FUNCTIONS : funkcje systemowe
 29. REAL - TIME CLOCK : zegar czasu rzeczywistego
 30. PCMCIA INTERFACE : złącze standardu PCMCIA
 31. VIRTUAL SERIAL AND INDEPENDENT DMA CHANNELS : wirtualne kanały szeregowy i niezależne kanały DMA (bezpośredniego dostępu do pamięci)
 32. LCD and VIDEO CONTROLLERS : sterowniki wyświetlaczy LCD i video
- 13. POZYSKANE OBRAZY Z KAMER I ZAREJE-STROWANE W KOMPUTERZE**

Na rys.20 zostały pokazane przykładowe obrazy pozyskane z kamery cyfrowej umieszczonej na stanowisku badawczym hamulca tarczowego. Kąt widzenia kamery i jej kąta ustawienia powinien zostać dobrany doświadczalnie, tak aby można było kontrolować zużycie tarczy i okładziny równocześnie uzyskując symetrię kąta widzenia kamery. Na zdjęciach przedstawiono obrazy pozyskane tylko z jednej kamery. Z przedstawionych zdjęć wynika, że sposób ustawienia kamery wymaga specjalistycznego oprzyrządowania mechanicznego z odpowiednią regulacją mechaniczną do zamocowania dwóch kamer, jednej po każdej stronie hamulca w celu uzyskania symetrycznego ustawienia kąta widzenia kamery względem obiektu badanego. Analiza obrazów (przetwarzanie i rozpoznanie) z wykorzystaniem zrealizowanych w ramach pracy badawczej programami przedstawione zostanie w innym artykule.



Rys. 20. Pozyskane obrazy hamulca tarczowego z kamery cyfrowej

Literatura

- [1] Anger S., Bass W.A., Brown T., i in.: *Grafika PC bez tajemnic*. Intersoftland, Warszawa 1995.
- [2] Duch W.: *Fascynujący świat programów komputerowych*. Nakom, Poznań 1997.
- [3] Fernandez J.W.: *Grafika w internecie*, Mikom, Warszawa 1998.
- [4] Foley J.D., van Dam A., Feiner S.K., i in.: *Wprowadzenie do grafiki komputerowej*. WNT, Warszawa 1985.
- [5] Kaluba M.: *Opis doświadczalnego obiektu (hamulca tarczowego) i zjawisk podlegających diagnozie i kontroli*. OB.-353 Opracowanie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Pojazdów Szynowych, Poznań 1999.
- [6] Kardacz A., Grzeszczyk R.: *Diagnostyka układu hamulcowego pojazdów szynowych na podstawie sygnałów wizyjnych*. Materiały konferencyjne III Konferencji Diagnostyka Procesów Przemysłowych, Jurata 7.09 ÷ 10.09 1998, Politechnika Gdańska, Gdańsk 1998.
- [7] Pavlidis T.: *Grafika i przetwarzania obrazów*. WNT, Warszawa 1987.
- [8] Samuła J.: *Metody odczytu obrazu z przetwornika CCD*. *Radioelektronik* 11, 1998.
- [9] Syrczyński A.: *Systemy wizyjne w wytwarzaniu i kontroli*. *Pomiary Automatyka Robotyka* 9, 1999.
- [10] Syrczyński A.: *VISION'99 Międzynarodowe targi przemysłowych systemów wizyjnych i technik identyfikacji*. *Pomiary Automatyka Robotyka* 12, 1999.
- [11] Tadeusiewicz R.: *Komputerowa analiza obrazów i jej zastosowanie*. *Elektrotechnika* t.1, z.2, 1982.
- [12] Tadeusiewicz R.: *Systemy wizyjne robotów przemysłowych*. WNT, Warszawa 1992.
- [13] Watkins Ch.D., Sadun A., Marenka S.: *Nowoczesne metody przetwarzania obrazów*. WNT, Warszawa 1995.
- [14] Wiatr K.: *Analiza parametrów czasowych architektury potokowej specjalizowanych procesów sprzętowych*. *Kwartalnik Elektroniki i Komunikacji* t44, z.3., 1998