

Bogdan Jankowicz

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA I MODYFIKACJI KAMER FILMOWYCH CCD DLA CELU STEREOSKOPOWEGO POMIARU PROCESÓW SZYBKOZMIENNYCH W AGROTECHNICE I NAUKACH BIOLOGICZNYCH.

Streszczenie

Artykuł dotyczy możliwości zastosowań i modyfikacji kamer filmowych CCD dla celów pomiaru procesów i obiektów szybkozmiennych w szczególności dotyczących agrotechniki, biologii (biostereometrii i bioniki), a także techniki małych przestrzeni.

Przedstawione zostały dwa sposoby realizacji pomiaru procesów szybkozmiennych:

- przy zastosowaniu kamer filmowych CCD z aplikacją nasadki stereoskopowej na obiektyw kamery;
- przy zastosowaniu wstępnie projektowanej (pomysł autorski), zmodyfikowanej kamery filmowej CCD z naprzemienną rejestracją obrazów (lewy / prawy).

1. Słowo wstępne.

Rozwój technologiczny oraz ciągle doskonalenie aparatury wyposażonej w detektory obrazu typu Charge Coupled Devices - CCD (tzn. przyrządy o sprzężeniu ładunkowym) szczególnie kamer filmowych video pozwala na coraz częstsze zastosowanie ich w rozwiązywaniu zagadnień fotogrametrycznych nie tylko naukowych i inżynierskich w przemyśle i technice ale także w dziedzinach bardziej od nich odległych.

Postęp jaki nastąpił w ostatnich latach w dziedzinie polepszania parametrów optoelektronicznych kamer CCD, szczególnie w zakresie zwiększania zdolności rozdzielczej oraz szybkości rejestracji obrazu (szybka migawka elektroniczna) powoduje wzrost zainteresowania tymi urządzeniami również w stosunku do badań procesów szybkozmiennych.

Aktualnie zapis 10000 – 15000 obrazów w ciągu sekundy nie stanowi żadnego problemu nawet w kamerach amatorskich, a w przypadku profesjonalnych urządzeń może być jeszcze większy.

Podobnie rozdzielczość obrazu pozyskiwanego z kamer cyfrowych staje się porównywalna jakościowo z rozdzielczością obrazu w fotografii tradycyjnej, ulegając zwiększeniu.

Podczas obserwacji i pomiaru procesów o wysokiej dynamice zmian w czasie (szybkozmiennych), otrzymujemy serię obrazów kolejnych położenia mierzonego obiektu. Stan odkształcenia lub przemieszczenia obiektu przedstawia się w danym układzie współrzędnych w funkcji czasu.

2. Koncepcje modyfikacji aparatury; obserwacje i pomiary.

Zasadą naczelną pomiaru jest zachowanie stałości orientacji tzn. niezmiennosc położenia kamery podczas rejestracji obrazów [Sittek Z., 1990].

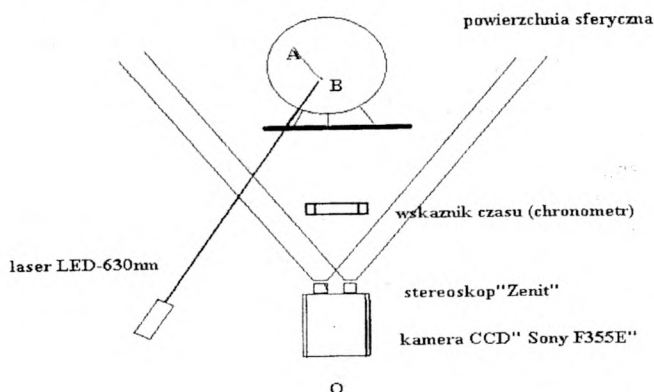
Przedstawiony w niniejszym opracowaniu temat dotyczy pomiaru procesów szybkozmiennych z zastosowaniem filmowych kamer CCD metodą stereoskopową.

Opisany sposób stereoskopowego pomiaru procesów szybkozmiennych (SPPS) eliminuje negatywne cechy metody opartej na filmowaniu z dwóch stanowisk kamery wiążącej się z koniecznością jednoczesnego użycia dwóch przyrządów dla dokonania rejestracji w tym samym czasie rzeczywistym, co jest w wielu przypadkach niedogodnością, a w przypadku mikroskali wręcz niemożliwe (biostereometria, biostereoskopia, technika małych przestrzeni).

Zagadnienie aplikacji odpowiednich przyrządów rejestrująco-pomiarowych (kamera, stereoskop, chronometr, komputer PC z oprogramowaniem do wizualizacji, przetwarzania, opracowania i pomiaru obrazów) opracowano na przykładzie obserwacji i pomiarów przemieszczeń plamki laserowej, traktowanej jako punkt poruszający się po powierzchni kulistej.

Taki algorytm prowadzenia SPPS można zastosować w przypadku obiektów wielopunktowych, stąd potraktowanie opisanego badania jako przykładu reprezentatywnego.

W przeprowadzonych eksperymentach obrazy testowe realizowano poprzez przemieszczanie się plamki laserowej po powierzchni sferycznej -losowo. Obraz plamki tworzony był przez diodę laserową o mocy 3 mW, długości fali światła 630 nm, a średnica plamki na powierzchni sferycznej wynosiła 3 mm (rys.1).



Pomiar, obserwacja i rejestracja przebiegu plamki laserowej po powierzchni sferycznej.

Rys.1.: Rejestracja zmian położenia w czasie rzeczywistym plamki laserowej na powierzchni sferycznej przez kamerę CCD z nasadką stereo – sposób przeprowadzenia badania.

Obraz zarejestrowano kamerą filmową SONY typu CCD F355E z obiektywem o ogniskowej $f=7...42\text{mm}$ na taśmie (zapis analogowy) w systemie Video 8/SP (rys. 2).

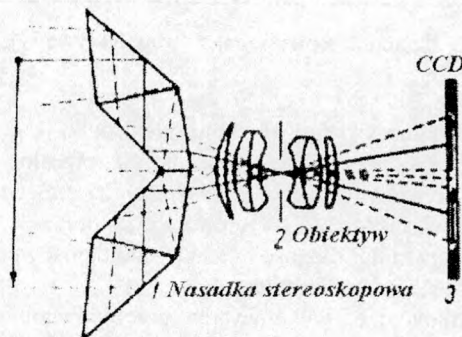
Kamera współpracowała z nasadką stereoskopową ZENIT specjalnie do niej adaptowaną.

Obraz jaki powstaje na matrycy przetworników CCD po przejściu przez nasadkę stereo i obiektyw kamery stanowi parę obrazów wykonanych jednocześnie (rys. 3).



Rys.2.: Zastosowana w badaniach kamera filmowa CCD SONY F355E wraz z nasadką stereoskopową ZENIT.

Zarejestrowany kamerą CCD obraz, a ściślej – parę obrazów stereoskopowych poddaje się digitalizacji, celem ich opracowania fotogrametrycznego w programie VSD – AGH jako „zamrożonych” par obrazów przemieszczeń (odkształceń) obiektu w funkcji czasu wskazywanego przez chronometr znajdujący się w polu widzenia kamery.

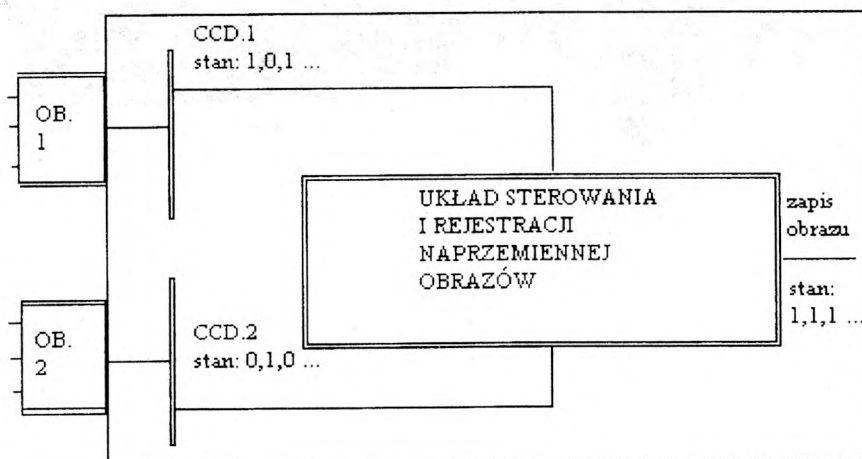


Rys. 3.: Powstawanie obrazów stereoskopowych, na matrycy CCD wideokamery z aplikacją nasadki stereoskopowej ZENIT.

Inną, nową koncepcją mogącą znaleźć zastosowanie przy pomiarze procesów szybkozmiennych jest zastosowanie kamery filmowej CCD dwuobiektywowej (z obiektywami OB.-1 i OB.-2), z parą naprzemiennie uaktywnianych matryc CCD (CCD-1 i CCD-2) – (rys.4).

W odróżnieniu od opisywanej wcześniej wersji kamery CCD z nasadką stereo, gdzie na tej samej matrycy obrazowej CCD powstają 2 obrazy (stereo) rozdzielone na drodze optycznej względem siebie za pośrednictwem nasadki (ryc. 3) - w drugim przypadku - kamera wyposażona w dwa obiektywy i dwie matryce CCD rejestrowałaby na każdej z matryc tylko ten obraz, który dochodzi z odpowiedniego obiektywu kamery (lewy obiektyw - lewa matryca obrazowa / prawy obiektyw - prawa matryca).

Obraz byłby zapisywany na standardowej taśmie magnetycznej, przy czym jego rejestracja dokonywałaby się naprzemiennie (obraz lewy: 1,0,1 / prawy: 0,1,0) z częstotliwością uzależnioną od szybkości zmian mierzonego obiektu. Przy czym czas ekspozycji obrazu -lewy / prawy musi być relatywnie krótki w stosunku do odstępu czasowego między kolejnymi ekspozycjami stereopar. W przeciwnym przypadku przebieg procesu o wysokiej dynamice zmian przestrzennych w czasie rzeczywistym może nie zostać prawidłowo ujęty ze względu na jego postępowanie w czasie jaki występuje między ekspozycjami: obraz lewy / obraz prawy.



Rys.4.: Schemat budowy i działania opisywanej, dwuobiektywowej, stereoskopowej kamery filmowej CCD.

Tak więc w dobie intensywnego rozwoju elektroniki i optoelektroniki realizacja stereoskopowego obrazowania przy użyciu wirujących przesłon może być zastąpiona naprzemienną rejestracją obrazów (lewego / prawego) za pośrednictwem naprzemiennie uaktywnianych matryc przetworników CCD - rejestrujących obraz.

Bazę pomiarową stanowi tutaj długość odcinka - odległość między punktami głównymi obiektywów kamery, która jest wielkością stałą.

Chociaż zdjęcia tradycyjne wykonywane przez dwuobiektywowe-stereoskopowe aparaty fotograficzne znane są już od dawna, pozwalając uzyskać oczekiwany efekt trójwymiarowości, to w przypadku kamer filmowych CCD problem staje się bardziej złożony.

Taka koncepcja pozyskiwania obrazu stereoskopowego wymaga znacznej modyfikacji kamery filmowej CCD, opracowanej według zasad przedstawionych powyżej.

Opisywane urządzenie nie tylko może znaleźć zastosowanie w interesującym nas zagadnieniu związanym ze stereoskopowym opracowaniem procesów szybkozmiennych lecz

także wszędzie tam, gdzie zachodzi potrzeba obserwacji i pozyskiwania obrazu w trzech wymiarach.

Stereoskopowy obraz zarejestrowany opisywaną kamerą może być odtworzony za pośrednictwem komputera PC (obraz cyfrowy) na ekranie jego monitora lub na ekranie standardowego odbiornika TV (obraz analogowy).

Empirycznie można się przekonać jak łatwo uzyskać efekt stereoskopii przy odbiorze sceny filmowanej, będącą w ruchu standardową wideokamerą z włączeniem szybkiej migawki elektronicznej.

Podobnie jest z pozornym ruchem statycznej, dwuobiektywowej (projektowanej) kamery filmowej z naprzemiennie uaktywnianymi matrycami CCD, które taki pozorny ruch realizują względem rejestrowanego obrazu. Ten pozorny ruch jest warunkiem uzyskania efektu 3-D przy odbiorze filmowanego obrazu. Efekt głębi można dodatkowo wzmocnić stosując okulary wyposażone w szkła o różnym stopniu przepuszczalności światła (lewe – przezroczyste, prawe – przydymione).

3. Zastosowania przedstawionych koncepcji aparatury.

Możliwości wykorzystania w nauce i gospodarce narodowej obu omówionych metod stereoskopowego pomiaru procesów szybkozmiennych trudno jest nie dostrzec.

W naukach rolniczych opisane metody można zastosować w modelowaniu rozprzestrzeniania się chmury aerozolowej środków ochrony roślin rozpylanych z samolotu – celem optymalizacji sposobu prowadzenia podobnych, celowych zabiegów agrotechnicznych. Oczywiście wyniki symulacji komputerowej rozprzestrzeniania się chmury aerozolowej w czasie rzeczywistym, będące funkcją głównie: wysokości lotu samolotu i jego prędkości, parametrów atmosfery (ciśnienie, temperatura, wilgotność powietrza; kierunek i prędkość wiatru), parametrów rozpylanego środka chemicznego (głównie wielkości cząstek aerozolu, jego ciężaru właściwego i lepkości) – winny być jak najbardziej zbliżone do wyników opracowania fotogrametrycznego odpowiadającego jakości i wielkości zmian geometrii chmury aerozolowej w czasie rzeczywistym.

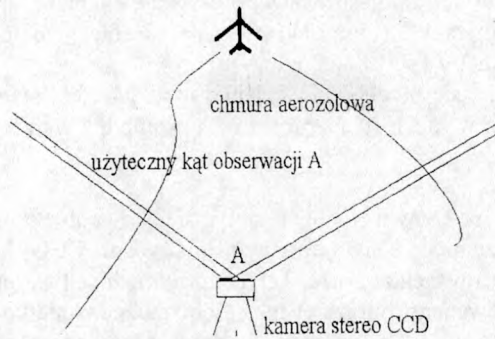
Oszczędności jakie wynikają z zastosowania takiego modelowania przestrzennego mogą być znaczące, zwłaszcza w przypadku szerszego wdrożenia tej metody.

Celem polepszenia, a w niektórych przypadkach – wręcz umożliwienia wizualizacji obrazu właściwym zabiegiem byłoby wprowadzenie do aerozolu (rozpylanego środka) kolorowego znacznika, który wraz z nim rozprzestrzeniałby się w powietrzu – tym samym ułatwiając opracowanie fotogrametrycznego obrazu – (ryc. 5).

Następnym przykładem zastosowania wcześniej opisanych koncepcji SPPS niech będą biostereometryczne badania procesów szybkozmiennych zachodzących w biologii (np. analiza ruchu skrzydeł ptaka lub owada podczas lotu i wykorzystanie jej chociażby dla potrzeb aerodynamiki) oraz obserwacja 3-D wszędzie gdzie jest to pożądaną.

Przykład taki stanowić może przestrzenna obserwacja pola operacyjnego podczas wykonywanego zabiegu chirurgicznego z zastosowaniem endoskopu wyposażonego w

miniaturową kamerę stereoskopową, umożliwiającą dokładną lokalizację przestrzenną obiektu wewnątrz ciała ludzkiego.



Ryc.5.: Zastosowanie SPPS opisywanymi metodami dla celów modelowania rozprzestrzeniania się chmury aerozolowej środków ochrony roślin podczas zabiegu prowadzenia oprysku roślin.

Istnieje również szereg innych zastosowań SPPS spoza dziedzin agrotechniki i biologii o których warto wspomnieć – jak obserwacje i pomiar drgań, wibracji przemysłowych i obiektów budowlanych, jak również pomiar odkształceń dynamicznych chociażby w przypadku testów zderzeniowych pojazdów mechanicznych.

Literatura

1. Sitek Z., 1990, *Fotogrametria ogólna i inżynierska*, PPWK Warszawa.

Summary

Possibilities of CCD movie-camera application and modification for fast variable processess measuring.

This publication refer to possibilities of CCD movie-camera application and modification for fast variable processess measuring particullary in agricultural technology and biology.

It was described two kinds of fast variable measuring performances with CCD movie-camera application:

- with stereoscopic unit application;
- with modified CCD movie-camera with alternating image system (left / right) picture imagination).

Recenzował: dr inż. Adam Boroń