

Andrzej Lubecki

REJESTRACJA I OPRACOWANIA CYFROWE W TERMALNYM SYSTEMIE KOMPUTEROWYM

1. Wstęp

W Instytucie Geodezji i Fotogrametrii ART w Olsztynie w 1987 roku w ramach badań zleconych przez Biuro Nowych Uruchomień PZL w Warszawie zakupiono podstawową część systemu termalnego AGEMY LWB 880, składającego się ze skanera i displaya z zasilaniem sieciowym i obiektywem o kącie 20° . Sprzęt ten nie zapewniał pełnych możliwości rejestracji i opracowań termalnych spotykanych w kompletnych systemach. Ze względu na brak środków w celu skompletowania całego systemu, zaprojektowano konfigurację hardwerowo-softwareową ok. 3x tańszą od oryginału firmowego.

Zaprojektowano połączenie posiadanego sprzętu z komputerem PC 386 notebook oraz dołączenie dodatkowego toru rejestracji obrazów z kamery CCD, głównie rejestrowanych z samolotu. Celowo wybrano komputer typu notebook, aby system mógł pracować na różnych stanowiskach z bezpośrednią rejestracją obrazów i jednocześnie z możliwością ich opracowywania w miejscu badań jeśli zaistniałaby taka potrzeba i możliwość. Interfejs i oprogramowanie pod Windows 3.1 wykonano w Instytucie Elektroniki Politechniki Łódzkiej.

W ten sposób powstał Termalny System Komputerowy (TSK), umożliwiający pracę na stanowiskach stacjonarnych i ruchomych w samochodzie lub w samolocie. Zobrazowania można rejestrować jako pojedyncze obrazy, filmy o zadanej ilości kadrów i zadany czasem repetycji oraz w czasie rzeczywistym (real time). Poza tym istnieje możliwość rejestracji oddzielnej i łącznej zobrazowań termalnych i z kamery CCD. Opracowanie zobrazowań możliwe jest bezpośrednio w programie systemu lub poza nim w innym odpowiednim, nawet w terenie pod warunkiem dostępu do monitora kolorowego i drukarki.

2. Dane techniczne TSK

A. SYSTEM TERMALNY

skaner - AGEMA LWB 880,
detektor - tellurek rtęciowo-kadmowy (MCT) fotoprzewodzący,
czułość - $0,07^{\circ}\text{C}$ przy 30°C temperatury obiektu,
max. czas utrzymania azotu w dewarze -4÷6 h,
kąt widzenia obiektywu - 20° ,
pole widzenia obiektywu z odległości 10m - $3.2 \times 3.2\text{m}$,
rozdzielczość - TVS40TE - 256×60 , AGEMA - 256×400 ,

rozdzielczość przetwarzania A/C - 4/8 bitów,
szybkość rejestracji w trybie real-time w pamięci „ (TVS40TE) 1 obraz / 50 ms,
AGEMA 880 - 1 obraz / 160 ms; tryb z czasem repetycji HDD $t_{\min} = 0.5s$,
pojemność systemu - real-time - 128 obrazów /1MB RAM (4RAM=512 obrazów),
- film - ograniczenie pojemnością HDD - 1 obraz ok.57 KB,
grafika - SVGA -16/64kolor,
liczba zakresów wzmocnień - 8,
liczba izoterm - 2,
zakres pomiaru temperatur - -20++1500°C z filtrami interferencyjnymi,
zakres rejestrowanego promieniowania - 8+12 μ m,
max. temperaturowy zakres pracy - -15 ++55°C,

B. SYSTEM WIZYJNY

kamera typ OS - 25II cz-b,
rozdzielczość - 512x240(480-interlace),
rozdzielczość przetwarzania A/C - 8 bitów,
częstotliwość próbkowania - 15 Mhz,
procesor graficzny - TMS34010 - 40 MHz,
światłoczułość - 0,02 lx,
barwoczułość - 400 + 950nm,
zasilanie - 12V,
obiektyw - 6,0 mm/f=1,2 z ręczną przysłoną,
grafika - 16/256 SVGA-kolor

C. KOMPUTER

PC 386DX/33MHz/HDD120MB/4MB/mono, notebook EUROCOM,
docking station z wymiennymi kartami,

D. OPROGRAMOWANIE

wielkość zbioru pojedynczego obrazu - 57KB,
zapis obrazu pojedynczego i filmu - na HDD,
zapis obrazu real time - w pamięci RAM,
format - AGA z możliwością zmiany na BMP,
liczba kolorów - 16/64,
krzywa kalibracji - umieszczona w programie,
pomiar temperatury w punkcie posadowienia kursora,
określanie współrzędnych x,y kursora z początkiem układu w dolnym lewym rogu okna obrazu,
skalowanie obrazu - krotność pow. wybranej kursorem do pow. całego okna,
przekroje - wzdłuż linii obrazu wzajemnie prostopadłych, ustawianych kursorem,
możliwość zmiany kolorów palety barw - jedna cz-b i dwie kolorowe,
trójwymiarowy rozkład temperatur obrazu - punktowo i liniowo,
możliwość zmiany skal temperatur - °C, K, F,
możliwość wielokrotnego odsumiania obrazu - filtr sigma,

histogram procentowy - określanie pow.o danej temperaturze w pow. całego okna,
pomiar emisyjności w punkcie obrazu - podając temp. obiektu i jego otoczenia,
otwieranie dowolnej liczby obrazów w oknie,
przesyłanie wybranych obrazów do schowka,
zapamiętywanie obrazu w bieżącym katalogu,
zapamiętywanie obrazu w nowym katalogu,
zapamiętywanie obrazu w formacie BMP,
możliwość opracowywania obrazów w innych programach,
odtwarzanie zarejestrowanych obrazów,
dołączanie komentarzy,
łączenie poszczególnych obrazów w szeregi i bloki z zastosowaniem pokrycia
podłużnego i poprzecznego,
tworzenie konturów obrazu wizyjnego,
lokalizacja sytuacji w obrazach termalnych za pomocą obrazów wizyjnych,
możliwość lokalizacji pozycji kursora na obu obrazach,
przerywanie rejestracji obrazów podczas założonych, zbyt dużych plików (ok. 1000
obrazów i więcej) bez wychodzenia z programu.

Program posiada formę otwartą. Jest obecnie ciągle udoskonalany pod potrzeby wszechstronnych zastosowań, a w szczególności rejestracji z pokładu samolotu.

3. Metodyka zastosowań

Termowizja jest ciągle bardzo aktualną z uwagi (np. w przemyśle) na zły stan izolacyjności przewodów czy urządzeń podgrzewających atmosferę. Zużyta energia, jest tylko w części wykorzystywana efektywnie, a znaczna jej część jest tracona. Stąd wynikają główne potrzeby analiz termalnych w miejscach konieczności lokalizacji braku, uszkodzeń różnego rodzaju izolacji lub urządzeń. Dotyczy to głównie: ścian kotłowni, chłodni, rurociągów przesyłowych, turbin, generatorów, kominów, elektrofiltrów, budynków itp. Metodyka pomiarów termalnych nie może być uogólniana na wszystkie obiekty. Sposób wykonania obserwacji termograficznej powinien być uzależniony od celu jakiego będą one służyć. Cel natomiast winien być dokładnie sprecyzowany przed podjęciem obserwacji. Poza tym do każdego obiektu należy podchodzić z pomiarami indywidualnie odnośnie wyboru trzech zasadniczych sposobów realizacji problemu:

1. Jakościowo, bez pomiaru temperatury ze wskazaniem miejsc cieplejszych lub zimniejszych.
2. Z kontaktowym pomiarem temperatury innymi miernikami i procentowym udziałem pól izotermicznych w całej obserwowanej powierzchni obiektu kamerą termalną.
3. Ilościowo z określeniem wartości temperatur poszczególnych powierzchni badanych za pomocą TSK w funkcji następujących parametrów: temperatura powietrza, wilgotność powietrza, dystans pomiaru, emisyjność obiektu.

Nie ma problemów gdy obiekt znajduje się w pomieszczeniu. Natomiast w przypadku obiektów typu budynki, kominy itp. - będzie to stan chwilowy, istotna jest pora roku i dnia, warunki atmosferyczne, temperatura panująca wewnątrz i zewnątrz obiektu. Optymalną pogodą do wykonania obserwacji termograficznych będzie bezwietrzny pochmurny dzień. W przypadku konieczności wykonania obserwacji terminowej, gdy dni są słoneczne, pomiary można wykonywać nocą ale w ustabilizowanych warunkach termicznych. Nie przestrzeganie w/w warunków prowadzi do błędnych wyników, które spowodują więcej złego niż dobrego.

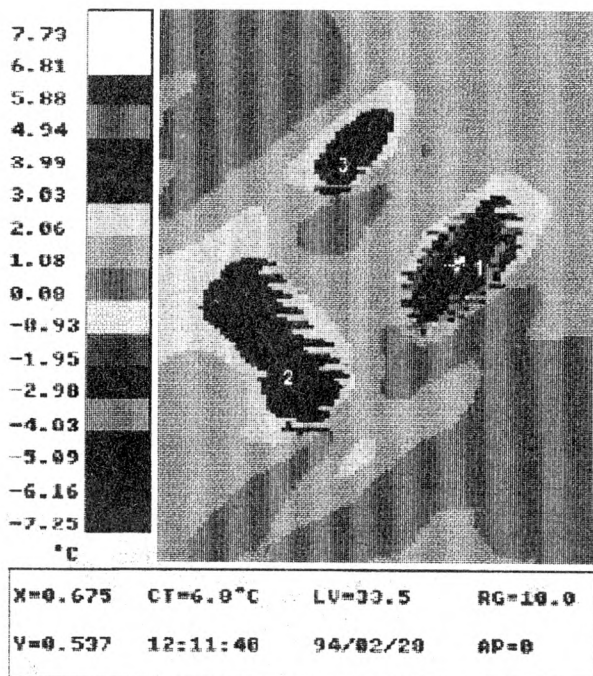
4. Przykłady niektórych zastosowań.

Większość procesów technologicznych w przemyśle, głównie praca maszyn i urządzeń technicznych charakteryzuje się wydzielaniem energii cieplnej. Powoduje to zmianę temperatury obiektu. Natomiast każde prawidłowo pracujące urządzenie posiada swój indywidualny obraz cieplny, a zużyte, uszkodzone lub wadliwie skonstruowane - inny, różniący się od poprzedniego. Ten stan rzeczy wykorzystywany jest w diagnostyce do oceny stanu technicznego urządzeń, wykrywania stanów przedawaryjnych czy poprawy nowych rozwiązań konstrukcyjnych. Skala zobrazowań maszyn lub urządzeń musi być tak dobrana, aby otrzymać największą selektywność informacji termograficznej. Zwiększa to dokładność wnioskowania diagnostycznego. W termo- diagnostyce urządzeń energetycznych wykorzystuje się wydzielanie energii cieplnej jako następstwo lokalnego wzrostu rezystancji lub przeciążenia obwodów czy sieci. Zapewnia to możliwość szybkiej lokalizacji wadliwych złączy lub zmian przekrojów czynnych przewodów, wskutek korozji chemicznej lub elektrycznej. Jest to bardzo przydatna metoda umożliwiająca zdalną kontrolę urządzeń podczas ich pracy. Straty ciepła mogą być spowodowane przez wycieki wody lub pary gorącej do gruntu. Grozi to jeszcze dodatkowo zniszczeniem kanałów czy też poparzeniem przypadkowych przechodniów. Efektem ucieczki ciepła jest zakłócenie lokalnego rozkładu temperatury bezpośrednio nad miejscem awarii. Znalezienie miejsca ucieczki ciepła metodą termalną polega na wyszukaniu największego przyrostu temperatury gruntu na określonym odcinku trasy przebiegu kanału. Do penetracji długich tras wykorzystać można do transportu aparatury termalnej samochód lub samolot. Zasadniczą zaletą termalnego badania sieci ciepłowniczych jest szybkie wskazanie miejsca uszkodzenia ciepłociągu z wystarczającą dokładnością bez konieczności wykonywania pracochłonnych odkrywek kontrolnych niszczących z reguły teren i obudowy kanałów. W przypadku rurociągów napowietrznych lokalizacji uszkodzeń podlega sama izolacja ponieważ wycieki są widoczne.

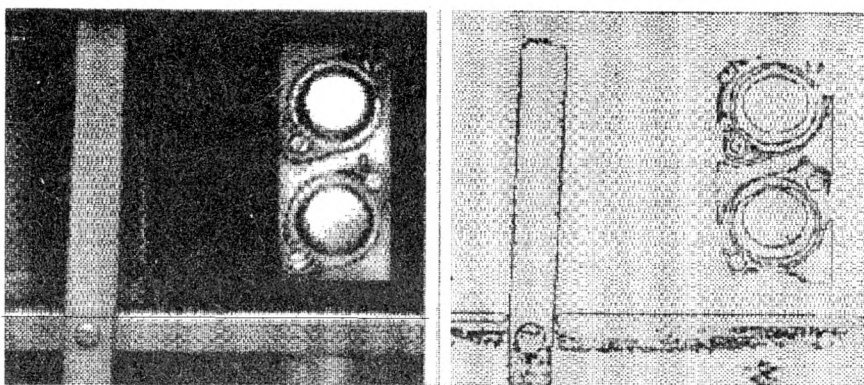
5. Możliwości opracowań w systemie

Po zarejestrowaniu obrazów w ustalonej wcześniej opcji (pojedynczy, film, wielokrotne, real-time) można bezpośrednio wydrukować poszczególne zobrazowania na drukarce kolorowej. Jeśli zachodzi potrzeba opracowań wówczas w zależności od rodzaju opracowania można wykorzystać istniejące oprogramowanie systemu lub przejść do innego programu graficznego i w nim dokonać przetworzeń. Podczas bezpośredniego opracowania termogramów istnieje możliwość wyskalowania obrazu, odszumienia obrazów, wykonania przekrojów poprzecznego i podłużnego, ustalenia skali barw i temperatur, pomierzenia temperatury w punkcie obrazu wskazanym kursorem. Jest również możliwość uzyskania mapy temperatury w postaci wykresów trójwymiarowych z możliwością ich obracania względem płaszczyzny poziomej i pionowej za pomocą suwaków okna. Mapa może składać się z punktów lub z linii. Pojedynczy obraz z informacją obrazowania przedstawiono na fot.1. Powyższe opracowania można dokonywać na obrazach termalnych. Istnieje również możliwość przetwarzania z udziałem obrazów z kamery CCD, które w połączeniu z obrazami termalnymi są pomocne do identyfikacji obiektów na obrazie termalnym. Jednoczesna wizualizacja obiektów wizyjnych i termalnych w prezentowanym systemie może odbywać się dwoma sposobami, a mianowicie: a) przez wyświetlanie obrazów w dwóch różnych oknach ekranu, b) nakładanie konturów obrazu wizyjnego na obraz termalny. Ekstrakcja konturów w tym przypadku odbywa się w dwóch etapach: uwydatnienia krawędzi (edge enhancement) i obcinania progowego (threshold). W pierwszym kroku przeprowadzona

jest analiza rozkładu luminancji, a w drugim wytwarzana jest mapa konturów. Jednym z algorytmów uwydatnienia krawędzi jest filtracja z użyciem operatora Sobela. Przykład zastosowania konturowania przedstawiono na fot.2.



Fot.1 Termogram lotniczy zabudowań wiejskich:
1-budynek mieszkalny, 2-stodoła, 3-obora

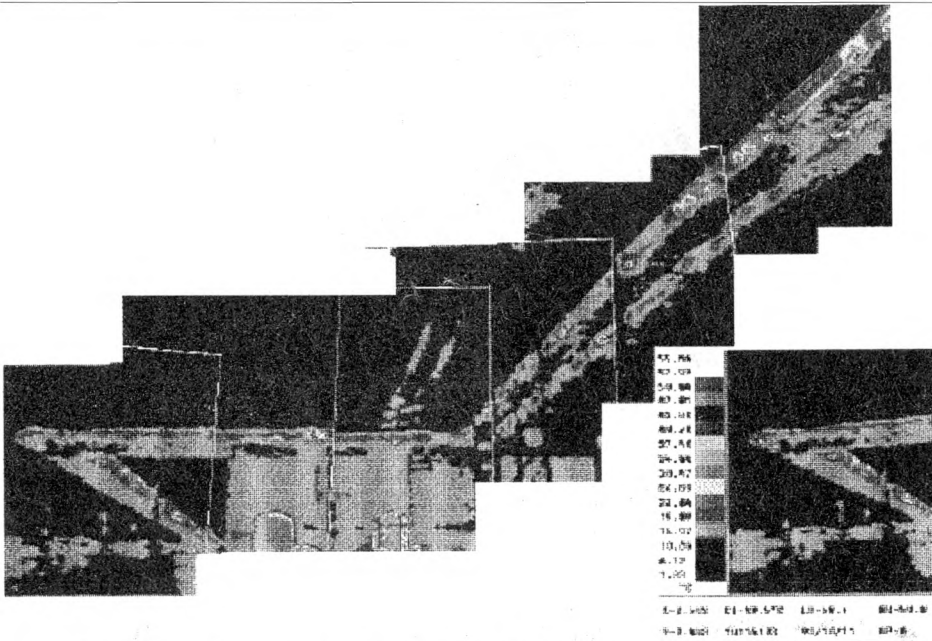


Fot.2 Konturowanie obrazu wizyjnego

6. Opracowania poza systemem.

Opracowania zobrazowań termalnych poza systemem są możliwe dopiero po:

- wprowadzeniu opracowywanego obrazu do schowka i wklejenie go (**paste**) w programie roboczym np. w **CorelDRAW**
- zapisaniu obrazu w formacie **BMP**, następnie importowanie go w programie roboczym
- zamianie formatu BMP na inny (w odpowiednim programie) w zależności od potrzeb programu roboczego. Przykład przedstawiono na fot.3.



Fot.3 Rurociągi powietrzne do przesyłania pary

Opracowania poza systemem umożliwiają wykonanie szeregu różnorodnych przetworzeń, które rozszerzają możliwości interpretacji obrazów. Do nich należy zaliczyć: obrót obrazu o dowolny kąt, łączenie obrazów, skalowanie pojedynczych obrazów i całych bloków, kompozycje z tekstem itp. Należy tylko pamiętać o jednakowym zakresie termalnym podczas rejestracji, bo w przeciwnym przypadku łączenie nie jest możliwe. Ten sposób opracowania ma swoje wady i zalety. Wadą jest konieczność posiadania kilku różnych programów graficznych (roboczych). Zaletą natomiast są wszechstronne możliwości przetwarzania celem wydobycia i pokazania możliwie najwięcej informacji.

7. Wnioski

- a) przedstawiony system posiada formę otwartą, może być dowolnie uzupełniany i rozbudowywany,
- b) TSK jest kilkakrotnie tańszy w porównaniu z produktem firmowym,
- c) posiadając okno wizyjne z kamery CCD, TSK znacznie ułatwia identyfikację i interpretację obrazów termograficznych,
- d) TSK jest przydatny do prac badawczych i usługowych w różnych zastosowaniach,
- e) TSK jest systemem przenośnym z możliwością jego montażu w samochodzie i samolocie.

8. Literatura

1. Sala A., Radiacyjna wymiana ciepła, WNT. Warszawa 1982.
2. Więcek B., Grecki M., Pacholik J., Zintegrowany system termograficzny i wizyjny dla celów automatyzacji procesu pozyskiwania danych. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej „Automatyzacja procesu pozyskiwania danych i tworzenie mapy cyfrowej”, ART Olsztyn-Kikity 11-12.03.1994r.
3. Materiały Pierwszej Ogólnopolskiej Konferencji Termografii i Termometrii w Podczerwieni. Szczyrk 19-20.11.1992.
4. AGEMA Infrared Systems - Thermovision^R 880, Operating Manual.

Recenzowała: dr inż. Alina Wróbel

dr inż. Andrzej Lubecki

Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie
Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej
Instytut Geodezji i Fotogrametrii
tel.23 33 05