

O ANALIZA A ERORILOR DATORATE ACHIZIȚIEI ÎN SISTEME DE IMAGISTICĂ MEDICALĂ (SIM)

Radu Arsinte

Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Facultatea de Electronică și Telecomunicații
tel.064-195699 fax.064-193148 E-
mail: Radu.Arsinte@com.utcluj.ro

Abstract

Performances of Medical Imaging Systems are strongly influenced by the metrological parameters of the acquisition board (frame grabber). The paper presents theoretical aspects and practical methods of evaluation, for a series of parameters. A software environment, useful in this evaluation is also presented, along with a set of measurements for two different types of boards.

Keywords: Frame grabber, Imaging system, Testing, Acquisition error

1. Introducere

Parametrii caracteristici ai unui sistem de imagistică pot fi grupați în mai multe categorii așa cum se arată în tabelul următor ([2]).

Tabelul 1

Tipul parametrilor	Denumirea parametrilor
Metrologici (de acuratețe)	Precizia de măsură a parametrilor obiectelor
	Precizia de măsură a caracteristicilor
	Precizia de măsură a distribuțiilor
Funcționali	Numărul parametrilor măsurați
	Gama dinamică a parametrilor măsurați
	Viteza de funcționare
De exploatare	Fiabilitate
	Gradul de automatizare al controlului parametrilor
	Simplitatea în utilizare
Tehnico - economici	Dimensiuni, masă, putere consumată
	Cost
	Grad de standardizare

Se va examina pe scurt prima categorie de parametri, cei care definesc precizia metrologică a sistemului și a determinărilor realizate cu ajutorul acestuia.

Distorsiuni spațiale

Pentru rezolvarea problemelor de imagistică este necesară întotdeauna cunoașterea exactă a relației între sistemul de coordonate spațiale al imaginii inițiale (exterioară) și coordonatele imaginii manipulate în interiorul sistemului.

Trebuie făcută precizarea că în sistemele de achiziție de imagine moderne distorsiunile spațiale provin practic în totalitate din dispozitivul videocaptor care este utilizat pentru achiziția imaginii.

Transformarea neliniară de coordonate care este datorată sistemului optic este de forma:

$$\xi = k[x + Ax(x + y)] ; \nu = k[y + Ay(x + y)] ; \quad (1)$$

$$\Delta x(x, y) = Ax(x^2 + y^2) ; Ay(x, y) = Ay(x^2 + y^2); \quad (2)$$

unde k - coeficientul de mărire al sistemului optic; A- coeficient de distorsiune, determinat de parametrii sistemului optic.

Compensarea acestor distorsiuni este realizată ulterior achiziției prin utilizarea unor matrici de corecție punct cu punct (care sunt mari consumatoare de memorie și dificil de utilizat) sau a unor funcții de tip polinomial.

Distorsiuni de amplitudine

În procesul de conversie a semnalului este distorsionată nu numai componenta spațială a semnalului, dar și câmpul valorilor (amplitudinilor) acestuia. Aceste distorsiuni au un caracter atât sistematic cât și aleator.

Distorsiunile de amplitudine sistematice sunt împărțite în două grupe mai mult sau mai puțin independente.

Prima grupă este constituită de distorsiunile neliniare care nu depind de coordonatele spațiale și sunt descrise de o funcție univocă de tipul $U=U(R)$, unde U-valoarea semnalului distorsionat, R-valoarea semnalului de intrare.

A doua grupă este constituită de distorsiunile neliniare care depind de coordonatele spațiale ale semnalului de intrare x,y. Aceste distorsiuni sunt descrise de o funcție de trei variabile $U=U(x,y,R)$;

Distorsiunile din prima grupă sunt datorate în principal dispozitivului videocaptor a cărui caracteristică $U(R)$ poate fi descrisă de relația:

$$U = a R^y \quad (3)$$

unde y este un parametru care dă panta caracteristicii dispozitivului videocaptor; a - un parametru care determină eficiența fotoelectrică a dispozitivului.

De cele mai multe ori în aplicații se preferă dezvoltări polinomiale ale acestei relații care sunt de forma:

$$U = U_0 + \alpha_1 (R-R_0) + \alpha_2 (R-R_0)^2 + \alpha_3 (R-R_0)^3 + \dots \text{ pentru } R > R_0$$

$$U = U_0 \text{ pentru } R < R_0$$

unde α_i sunt coeficienții dezvoltării; R_0 este valoarea minimă a semnalului de intrare pentru care se generează semnal de ieșire (prag de sensibilitate); U_0 - semnal de fond al dispozitivului videocaptor. Distorsiunile sistematice din cea de-a doua categorie sunt mult mai complexe de descris și evaluate. Ele sunt datorate în principal neuniformității baleierii țintei în dispozitivele videocaptoare. În unele aproximații se încercă descompunerea funcției complexe $U(x,y,R)$ în produsul a două funcții separate sub forma:

$$U(x,y,R) = U_1(x,y)U_2(R) \quad (5)$$

Erori de discretizare

Procesul de discretizare constă din transformarea semnalului de argument continuu $f(t)$ într-o serie de eşantioane $\{f(t_n)\}$, valorile $f(t_n)$ fiind determinate doar în momentele de timp t_n .

Eşantioanele semnalului pot fi continue sau într-o formă discretă dacă după operaţia de discretizare temporală se realizează şi o discretizare în amplitudine.

Cea mai cunoscută formă de discretizare este eşantionarea uniformă, pentru care este construită întreaga teorie a prelucrării numerice a semnalelor analogice.

Formula de reconstrucţie a semnalului iniţial din semnalul eşantionat (în condiţiile respectării teoremei eşantionării) este de forma:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT_s) \operatorname{sinc} 2\pi \left(\frac{t}{T_s} - h \right) \quad (6)$$

Teorema eşantionării este formulată şi pentru semnale bidimensionale.

În sistemele de imagistică fenomenele legate de nerespectarea teoremei eşantionării sunt extrem de supărătoare constând în principal din apariţia unor efecte de tip alias, manifestat prin creşterea zgomotului din imagine sau apariţia unor perturbaţii regulate pe imaginea achiziţionată.

Un caz particular îl constituie apariţia frecvenţei subpurtătoare subeşantionate în sisteme care utilizează camere color fără a fi prevăzute cu circuite de rejecţie a acestora.

O altă modalitate de apariţie a erorilor de discretizare în sistemele de imagistică este datorată variaţiilor ceasului de achiziţie (jitterului) mai ales în sisteme care sincronizează acest ceas cu semnalele de sincronizare ale sursei de semnal.

Erori de cuantizare

Cuantizarea semnalului analogic (sau seria temporală discretă corespunzătoare) constă în înlocuirea valorilor continue cu cele mai apropiate valori din seria de valori finite discrete (nivelele de cuantizare).

Gama dinamică a semnalului de intrare $(0, U_{\max})$ este împărţită în N intervale (în cazul general inegale) de forma $u_i = q_{i+1} - q_i$ unde q_i marginea inferioară a intervalului de cuantizare i .

Pentru fiecare interval de cuantizare este determinat nivelul de cuantizare d_i , astfel încât $U(t) - \delta_i$; dacă $q_i < U(t) < q_{i+1}$. Diferenţa $h_i = d_{i+1} - d_i$ determină pasul de eşantionare.

De regulă $h_i = u_i$, iar d_i corespunde fie cu marginile intervalului de cuantizare fie cu mijlocul acestuia. Ultimul caz este preferat în practică, deoarece eroarea de cuantizare maximă în interiorul intervalului nu depăşeşte $h_i/2$.

Diferenţa între semnal şi aproximarea sa prin cuantizare este de forma:

$$\varepsilon_{cu}(t) = U(t) - \hat{U}(t) \quad (7)$$

mărimea descrisă de (7) este zgomotul de eşantionare. Dispersia acestui zgomot este:

$$\sigma_{cu}^2 = \sum_{i=0}^{N-1} \int_{q_i}^{q_{i+1}} \delta^2 P\{U\} dU = \sum_{i=0}^{N-1} \int_{\delta_i - \frac{h_i}{2}}^{\delta_i + \frac{h_i}{2}} (U - \delta_i)^2 P\{U\} dU \quad (8)$$

unde $P\{U\}$ este densitatea de probabilitate a semnalului de intrare.

Erorile de cuantizare apar nu numai în procesul de conversie analog-numerică ci și ulterior în cursul etapelor de prelucrare a informației în dispozitivele de calcul specializate care au erori de trunchiere sau rotunjire datorate lungimii finite a cuvântului unității aritmetice.

2. Surse concrete de eroare și evaluarea acestora

Tipurile de distorsiuni prezentate la punctul anterior sunt în general destul de dificil de evaluat separat. Ca efect global și combinat ele determină o serie întreagă de erori în achiziția datelor în SDVI, care se constituie în mărimi și parametri măsurabili. Aceștia sunt prezentați sumar în enumerarea următoare: 1.Zgomotul propriu

2. Parametri de cuantizare ai CAN

- Caracteristica de transfer
- Erorile de apertură

3.Parametri legați de secțiunea de procesare analogică

- Stabilitatea nivelului de negru
- Banda de frecvență a amplificatorului video
- Calitatea sincronizării

3.Rezultate experimentale

Acest set de parametri și metode de măsurare a fost implementat în mai multe medii software pe calculatoare personale de tip IBM-PC. Varianta Windows a acestuia este denumită FGE VAL ecranul principal al meniului fiind prezentat în figura 1. Programul are următoarele facilități:

- permite selecția fișierelor utilizate în diferite faze de test;
- selectează individual sau global diferite tipuri de teste;
- efectuează testele selectate;
- afișează rezultatele testelor în formă numerică și după caz ,grafică (histogramă).

Pentru testare s-au folosit două tipuri de plăci de achiziție video : prima dintre acestea este placa SV 101 descrisă în ([1],[3]), cea de-a doua este o placă de producție industrială destinată unor aplicații multimedia, utilizabilă însă și în aplicații de tip SEVI.

Valorile măsurate pentru cele două tipuri de plăci , utilizând mediul descris, sunt sintetizate în tabelul de mai jos.

Tabelul 2

Tip placa	Zgomot	Stabilitate nivel negru	Frecvente dominante	Parametri CAN	Acuratețea sincronizării
No#1	abs.< 1LSB RMS<1LSB	Variație <0.07%>	fs/8-75.5% fs/4-80% fs/2-100% 3fs/4-80%	No missing codes.	0.72puncte/ tranziție
No #2	abs.<1.5LSB RMS<1.8 LSB	Variație <2%		No missing codes	1.28 puncte /tranziție

Nota: fs-este frecvența de eșantionare specifică fiecărui tip de placă

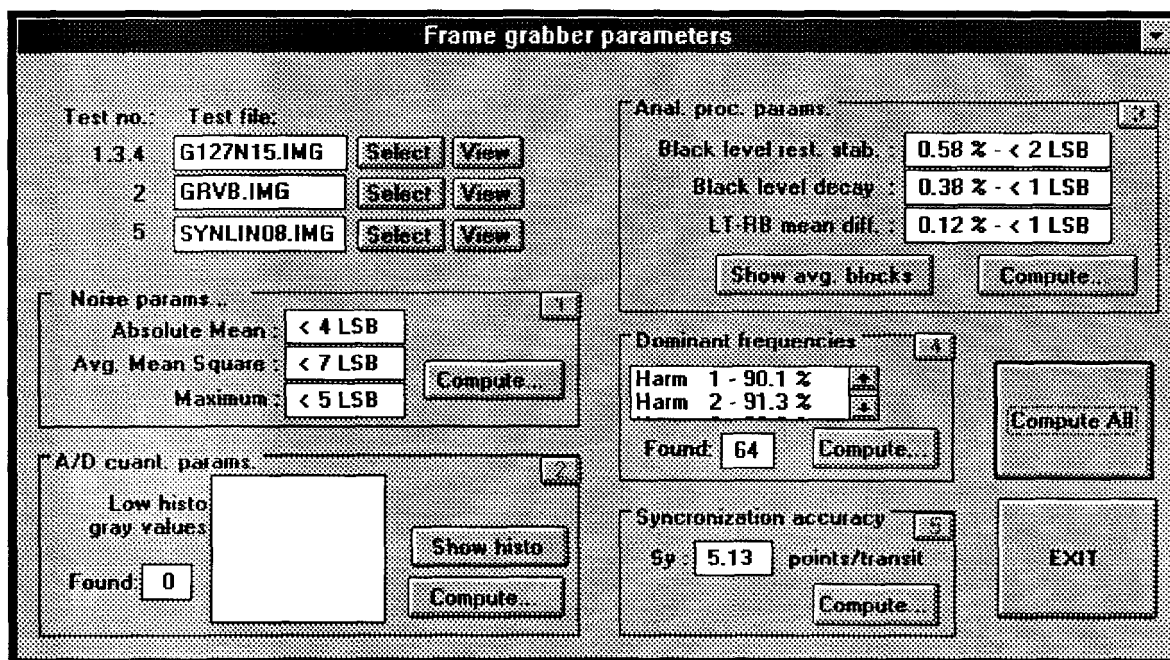


Fig.1. Meniul principal al programului FGEVAL

4. Concluzii

Problema testării SIM are o importanță care a fost subliniată și la începutul acestei lucrări. Confruntat cu problemele practice de implementare a SIM, autorul a fost pus în situația în care aplicații care funcționau fără probleme pe un anumit tip de dispozitive generau erori considerabile în altele cerând compensări suplimentare în programele de aplicație. De cele mai multe ori acest fapt ducea la complicații care făceau imposibilă încadrarea în parametrii solicitați a sistemelor de achiziție. Elaborarea metodologiei de testare descrise și definirea parametrilor prezentați a putut face posibilă evidențierea în termeni obiectivi, măsurabili, a diferențelor dintre aceste sisteme și renunțarea la formulări subiective.

Metodologia propusă permite determinarea principalilor parametri ai sistemelor și plăcilor de achiziție utilizate în realizarea SIM. Ea propune metode de evaluare pentru următoarele mărimi:

- zgomotul sistemului
- frecvențele dominante
- parametrii de cuantizare ai CAN
- stabilitatea nivelului de negru
- banda de frecvențe a amplificatorului video
- calitatea sincronizării

Aplicarea unui asemenea set de măsurători face posibilă realizarea de teste comparative [2] și recalibrări, care sunt utile în îmbunătățirea parametrilor sistemelor de imagistică medicală.

5. Referințe

[1] Radu Arsinte - "Studii și experimentări privind achiziția de date cu aplicații în realizarea senzorilor vizuali inteligenți " - Teza de doctorat - Susținută la 21 aprilie 1997 la Universitatea Tehnică Cluj-Napoca

[2] Radu Arsinte - Studii și experimentări privind achiziția și prelucrarea informației video cu procesor digital de semnal (DSP) cu aplicații în realizarea modulelor de inspecție vizuală ultrarapide - AA 1537/1997/IX la contract MCT 58/1996 tema A5 - Software ITC S.A.Cluj-Napoca

[3] R.Arsinte - "Placa de achiziție imagini SV-101 -Manual de prezentare" - Software ITC 1992