

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00221

(22) Data de depozit: 29/04/2022

(41) Data publicării cererii:  
30/10/2023 BOPI nr. 10/2023

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE  
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.  
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:  
• DONCIU CODRIN, STR. VALEA ADÂNCĂ  
NR.9, IAȘI, IS, RO

(54) METODA DE MĂSURARE VIDEO A DISTANȚEI BAZATĂ  
PE MEDIA PONDERATĂ A CENTRELOR INTERVALELOR  
DE ADÂNCIME

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de măsurare a distanței cu o singură cameră video pentru evaluarea distanței la care se află un obiect de interes față de cameră. Metoda de măsurare, conform invenției, cuprinde o etapă de calibrare și o etapă de măsurare, etapa de calibrare cuprinzând două cicluri: un ciclu (1) al obiectului de interes și un ciclu (2) al lentilei de focus, în care ciclul (1) obiectului constă în deplasarea obiectului de interes în lungul axei de simetrie a camerei, normalizarea, pentru fiecare poziție a obiectului, a valorilor de claritate obținute din ciclul lentilei și identificarea indexului clarității maxime, iar ciclul (2) lentilei presupune deplasarea lentilei de focus prin pozițiile disponibile și calcularea valorilor de claritate, iar după parcurgerea celor două cicluri menționate, se identifică intervalele de adâncime specifice fiecărei poziții a lentilei de focus și se calculează centrele acestora, apoi se calculează media ponderată a centrelor, pe baza clarităților, pentru fiecare poziție de interes, se aproximează variația mediei ponderate printr-o funcție polinomială, obținându-se caracteristica de calibrare. Etapa de măsurare a distanței presupune deplasarea lentilei de focus prin pozițiile existente, calcularea valorilor de claritate, normalizarea valorilor de claritate, calcularea mediei ponderate a centrelor intervalelor de adâncime pentru claritățile obținute și calcularea distanței la care se află obiectul pe baza funcției obținute în cadrul calibrării.

Revendicări: 1  
Figuri: 7

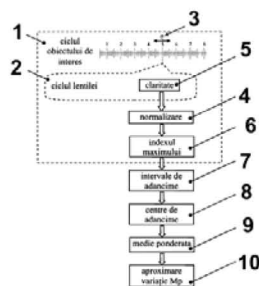


Fig. 1

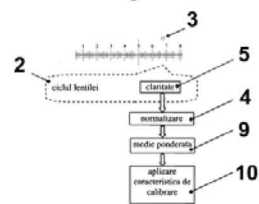


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	2022 oc 221
Data depozit .....	29-04-2022

## METODA DE MĂSURARE VIDEO A DISTANȚEI BAZATA PE MEDIA PONDERATA A CENTRELOR INTERVALELOR DE ADANCIME

Invenția se referă la o metodă de măsurare a distanței cu o singură cameră video statică, destinată evaluării distanței la care se află obiectul de interes față de cameră.

Măsurarea distanței cu ajutorul camerelor video se poate realiza prin metode active și prin metode pasive. Sunt cunoscute metode active de măsurare a distanței, care utilizează elemente hardware suplimentare cu ajutorul cărora se emit fascicule de lumina în diverse configurații [1, 2] și metode pasive, care utilizează doar lumina primită de la obiectul de interes. Unul dintre cele mai cunoscute produse lansate pe piață care utilizează metode active de determinare a distanței este Kinect (Microsoft). Metodele pasive pot folosi două camere pentru a crea geometrie binoculară [3, 4], o cameră și mai multe imagini preluate din poziții diferite [5, 6] sau doar o singură cameră statică.

Sunt cunoscute metode de estimare a distanței la care se afla obiectul de interes fata de camera, cu o singură cameră statica, pe baza corelației cu poziția de focalizare a lentilei [7], bazată pe capturarea setului de imagini provenit din modificarea poziției lentilei de focus și identificarea imaginii cu claritate maximă. Sunt cunoscute de asemeni metode combinate, care utilizează poziția lentilei de focalizare și metode de deep learning [8, 9].

Problema tehnica pe care o rezolvă invenția este creșterea numărului de stări de calibrare comparativ cu numărul de pași pe care ii poate realiza lentila de focalizare și implicit creșterea preciziei de măsurare.

Metoda de măsurare a distanței bazată pe media ponderată, conform invenției, cuprinde o etapă de calibrare și o etapă de măsurare.

Pentru a se realiza focalizarea unui obiect aflat la o anumită distanță de cameră, lentila parcurge un set de poziții (stack). Pentru fiecare poziție se calculează valoarea de claritate pe baza contrastului imaginii. Din setul de clarități obținut, se determina imaginea cu claritate maximă și implicit poziția lentilei în care claritatea este maximă. Claritatea maximă pentru o poziție a lentilei se menține pentru un anumit interval de adâncime (depth of field) în care se poate afla obiectul.

Se notează media ponderată a centrelor intervalelor de adâncime ca fiind  $M_p$ .

Ponderea este dată de valorile de claritate corespunzătoare pozițiilor lentilei de focus.

Calibrare se realizează o singură dată pentru un tip de cameră și presupune stabilirea dependenței dintre  $M_p$  și distanța la care se află obiectul de interes față de cameră. Măsurarea distanței presupune calcularea mediei ponderate curente și utilizarea curbei de calibrare pentru obținerea distanței.

Invenția poate fi exploatată industrial pentru aplicații Human-Computer Interaction (HCI)

Metoda de măsurare a distanței bazată pe media ponderată conform invenției, prezintă următoarele avantaje: permite realizarea de aplicații de măsurare video a distanței fără referința și crește rezoluția de măsurare și implicit precizia de măsurare a distanței.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1 - fig. 7 care reprezintă:

- fig. 1, diagrama bloc a etapei de calibrare;
- fig. 2, diagrama bloc a etapei de măsurare;
- fig. 3, valorile normalizate de claritate obținute pentru setul de poziții al lentilei, pentru un obiect aflat la o distanță de 105mm față de cameră;
- fig. 4,  $M_p$  pentru un obiect aflat la o distanță de 105mm față de cameră;
- fig. 5 curba de calibrare reprezentând  $M_p$  în funcție de distanța la care se afla obiectul;
- fig. 6 aproximarea polinomială a curbei de calibrare, distanța în funcție de  $M_p$ ;
- fig. 7 eroarea relativă de măsurare.

Calibrarea conține două cicluri: ciclul obiectului de interes 1 și ciclul lentilei de focus 2. Ciclul lentilei se realizează câte o dată pentru fiecare poziție 3 din ciclul obiectului.

Ciclul obiectului presupune deplasarea obiectului de interes 3 în lungul axei de simetrie a camerei, cu o rezoluție egală cu rezoluția dorită a fi obținută la măsurare. Pentru fiecare poziție a obiectului se normalizează 4 valorile de claritate 5 obținute din ciclul lentilei și se identifică indexul clarității maxime 6.

Ciclul lentilei presupune deplasarea lentilei de focus prin pozițiile disponibile (numărul pozițiilor depinde de rezoluția focusului) și calcularea valorilor de claritate 5.

După parcurgerea celor două cicluri se identifică intervalele de adâncime 7 specifice fiecărei poziții a lentilei de focus (intervalul de deplasare a obiectului de interes pentru care se obține maximul de claritate pentru o poziție a lentilei) și se calculează centrele acestora 8. Se calculează media ponderată 9 a centrelor, pe baza clarităților, pentru fiecare poziție a

obiectului de interes. Se aproximează variația  $M_p$  printr-o funcție polinomială 10, obținându-se caracteristica de calibrare.

Măsurarea distanței până la obiectul de interes 3 presupune deplasarea lentilei de focus prin pozițiile existente 2, calcularea valorilor de claritate 5, normalizarea valorilor de claritate 4, calcularea mediei ponderate a centrelor intervalelor de adâncime pentru claritățile obținute 9 și calcularea distanței la care se afla obiectul, pe baza funcției obținute în cadrul calibrării 10.

S-a utilizat o cameră web de tip Logitech Pro C920 care are un focus pe 4 biți, echivalent a 16 poziții distincte ale lentilei. S-au stabilit prin calibrare, pentru fiecare dintre cele 16 poziție ale lentilei de focus, intervalul în care se obține claritatea maximă, după cum se observă în tabelul alăturat și s-a calculat poziția centrului intervalului de adâncime.

Poziție lentilă		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Interval de adâncime	$x_1$ [mm]	25	38	42	47	55	63	74	93	119	166	286	461	551	590	618	620
	$x_2$ [mm]	38	42	47	55	63	74	93	119	166	286	461	551	590	618	620	625
Centrul intervalului	[mm]	31.5	40	44.5	51	59	68.5	83.5	106	142.5	226	373.5	506	570.5	604	619	622.5

Metoda de măsurare video a distanței se bazează pe calcularea mediei ponderate ( $M_p$ ) a centrelor intervalelor de adâncime. Dacă  $C_i$ ,  $i=0..15$ , sunt claritățile obținute pentru cele 16 poziții ale lentilei iar  $M_i$ ,  $i=0..15$ , sunt centrele intervalelor de adâncime, atunci media ponderată pentru un obiect aflat la o anumită distanță va fi:

$$M_p = \sum C_i M_i / \sum C_i, i=0..15$$

Pentru exemplificare se consideră un obiect de interes aflat la o distanță de 105mm față de cameră. Trecerea lentilei de focus prin cele 16 poziții conduce la obținerea valorilor de claritate prezentate în figura 3. Calcularea mediei ponderate  $M_p$  duce la aflarea punctului prezentat în figura 4. Pentru a obține, prin calibrare, curba de dependență a  $M_p$  față de distanță, s-a modificat poziția obiectului de interes (10 poziții) în cadrul fiecărui interval de adâncime. Curba de calibrare obținută este prezentată în figura 5. Pentru etapa de măsurare, curba de calibrare a fost aproximată printr-o funcție polinomială de gradul 6, ca distanță calculată ( $D$ ) funcție de  $M_p$ :

$$D = 0.000000002\text{Mp}^5 - 0.000004\text{Mp}^4 + 0.003\text{Mp}^3 - 1.1\text{Mp}^2 + 188.1\text{Mp} - 12606$$

Eroarea relativă maximă obținută experimental a fost de 7.3%, în intervalul 80mm-600mm (fig.7).

**BIBLIOGRAFIE**

- [1] L. Keselman, J. I. Woodfill, A. Grunnet-Jepsen and A. Bhowmik, Intel(R) RealSense(TM) Stereoscopic Depth Cameras, 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2017, pp. 1267-1276
- [2] Olivier Aubreton, Alban Bajard, Benjamin Verney, Frederic Truchetet, Infrared system for 3D scanning of metallic surfaces. Machine Vision and Applications, Springer Verlag, 2013, 24, pp.1513-1524.
- [3] Y. Wang, Z. Lai, G. Huang, B.H. Wang, L. van der Maaten, M. Campbell, K.Q. Weinberger, Anytime Stereo Image Depth Estimation on Mobile Devices, 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2019, pp. 5893-5900
- [4] H. Hirschmuller, Stereo processing by semiglobal matching and mutual information, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 30 (2) (2008) 328–341.
- [5] Özyeşil, O., Voroninski, V., Basri, R., & Singer, A, A survey of structure from motion, Acta Numerica, 26, (2017), 305-364.
- [6] J.L. Schönberger, J. Frahm, Structure-from-motion revisited, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016, pp. 4104–4113.
- [7] S. Pertuz, D. Puig, M. García, Analysis of focus measure operators in shape-from focus, Pattern Recognit. 46 (2012).
- [8] Asif Muhammad and Tae-Sun Choi, Learning shape from focus using multilayer neural networks, Proc. SPIE 3811, Vision Geometry VIII, (1999)
- [9] Y. Hu, Y. Wang and S. Wang, Scene Target 3D Point Cloud Reconstruction Technology Combining Monocular Focus Stack and Deep Learning, IEEE Access, vol. 8, pp. 168099-168110, 2020

## REVENDICĂRI

Metoda de măsurare a distanței bazată pe media ponderată, **caracterizată prin aceea că** determina distanța utilizând media centrelor intervalelor de adâncime ponderate de valorile de claritate, atât în etapa de calibrare cât și în etapa de măsurare și conține etapa de calcul a clarității (5), etapa de normalizare (4), etapa de stabilire a indexului clarității maxime (6), etapa de determinare a intervalelor de adâncime (7), etapa de calcul a centrelor intervalelor (8), etapa de mediere ponderată (9) și etapa de calcul al funcției de aproximare (10)

DESENE

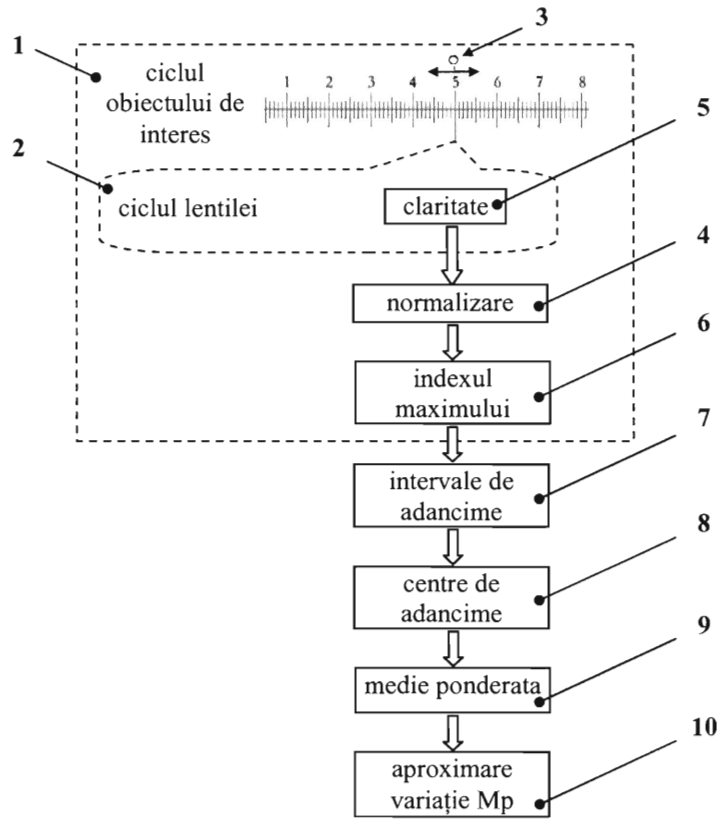


Fig. 1

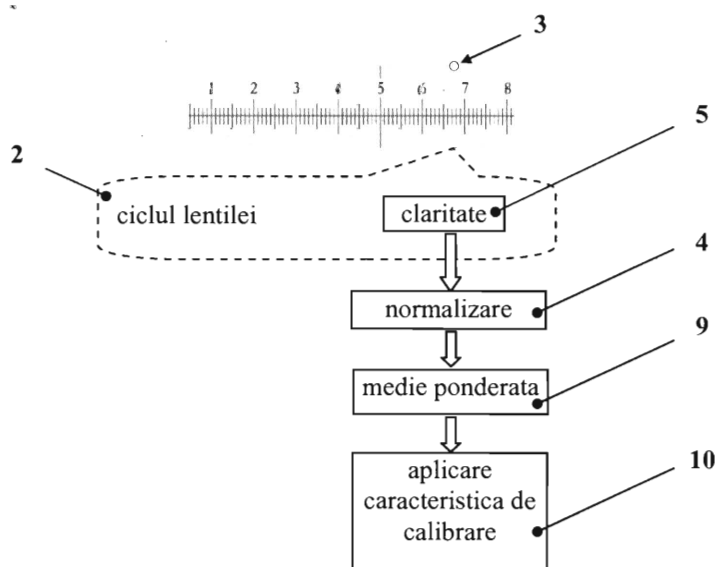


Fig. 2



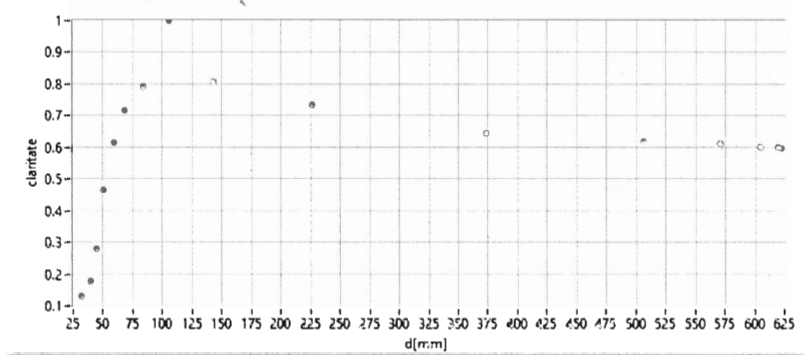


Fig. 3

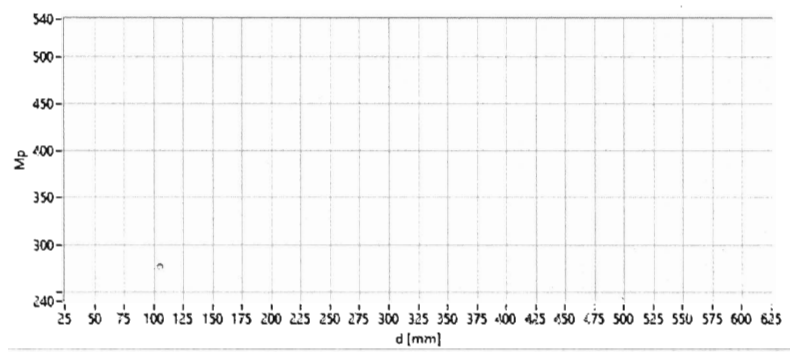


Fig. 4

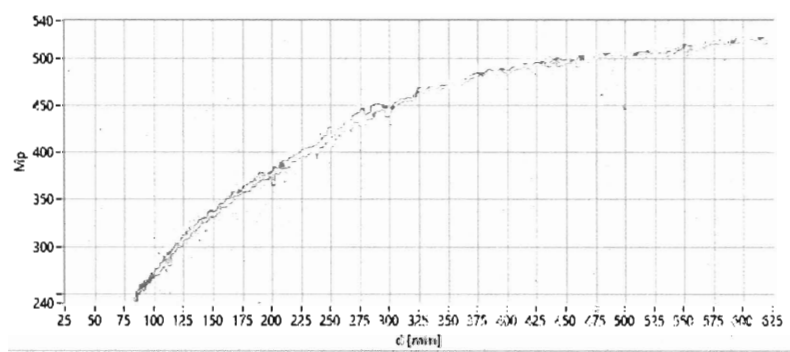


Fig. 5

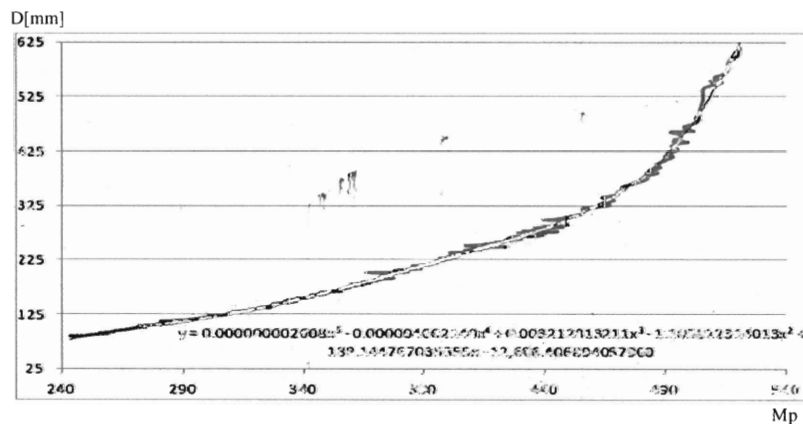


Fig. 6

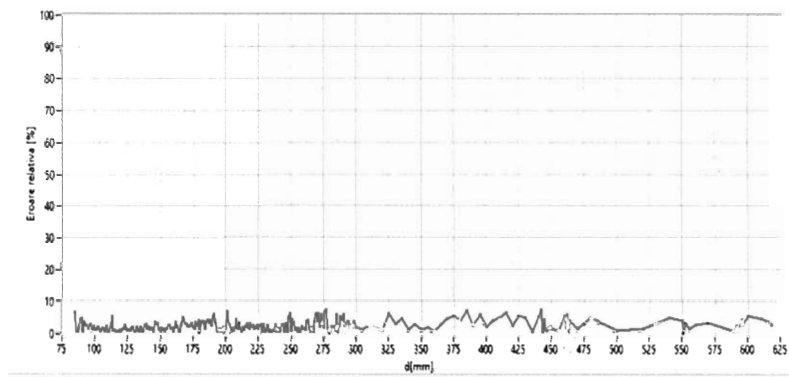


Fig. 7