

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00220

(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 METODA CELOR MAI MICI PĂTRATE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de măsurare a distanței cu o singură cameră video pentru a evalua distanța la care se află un obiect de interes față de cameră. Metoda 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, în care ciclul (2) lentilei se realizează câte o dată pentru fiecare poziție (3) din ciclul obiectului, iar ciclul (1) obiectului constă în deplasarea obiectului de interes în lungul axei de simetrie al camerei, pentru fiecare poziție (3) a obiectului fiind normalizate valorile de claritate obținute din ciclul lentilei, iar din matricea datelor obținute se extrage, pentru fiecare poziție a lentilei, dependența clarității de poziția obiectului și se aproximează polinomial fiecare dependență. Etapa de măsurare, pentru poziția (3) obiectului, preia setul de imagini caracteristic ciclului (2) lentilei, calculează claritatea corespunzătoare fiecărei poziții a lentilei, normalizează valorile de claritate, calculează abaterile clarităților curente față de dependențele rezultate prin calibrare, pentru fiecare poziție a obiectului, și determină indexul minimului abaterilor care va corespunde cu distanța măsurată.

Revendicări: 1
Figuri: 6

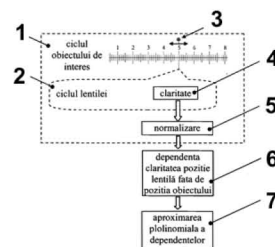


Fig. 1

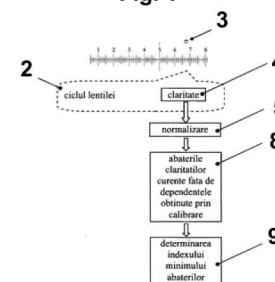


Fig. 2



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	2022 0220
Data depozit	29-04-2022

30

METODA DE MASURARE VIDEO A DISTANTEI BAZATA PE METODA CELOR MAI MICI PATRATE

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

Determinarea optică a distanței se poate realiza prin metode active și prin metode pasive. Sunt cunoscute metode active de tip emițător-receptor, la care se emite un fascicol luminos către obiectul de interes, iar după reflexie fascicolul este recepționat de către camera video. Fascicolul conține un model cunoscut iar metoda de determinare a distanței se bazează pe măsurarea deformării modelului. Sunt cunoscute numeroase produse care utilizează această metodă: Project Tango de la Google, Occipital's Structure Sensor și Microsoft's Kinect. De asemenea sunt cunoscute cercetări bazate pe principiul emițător-receptor optic [1, 2]. Astfel de sisteme necesită echipamente scumpe și specializate pentru a funcționa și depind de precizia calibrării.

Sunt cunoscute metode pasive de determinare a distanței care utilizează sisteme binoculare realizate din două camere, între care se cunoaște distanța, cu precizie. Metoda impune realizarea unei alinieri a imaginilor celor două camere pentru identificarea corespondenței între imaginile obiectului de interes. Sunt cunoscute dispozitive realizate pe acest principiu precum: HTC One (M8) și Dell Venue 8 7000 Series. Sunt cunoscute de asemenea cercetări în determinarea distanței prin metode binoculare [3, 4] sau variante ale acestei în care se utilizează o singură cameră, iar efectul de binocular se obține prin deplasarea camerei pe o distanță cunoscută [5-7].

Sunt cunoscute metode de determinare a distanței pe baza corespondenței dintre poziția lentilei de focus și distanța la care se află obiectul față de cameră [8]. Metoda presupune preluarea unui set de imagini ale obiectului de interes (stack), câte o imagine pentru fiecare poziție a lentilei de focus și identificarea poziției lentilei pentru care imaginea are claritate maximă. Poziția lentilei pentru care se obține claritate maximă a imaginii este dependentă de distanța la care se află obiectul de interes față de cameră. Claritatea se evaluează pe baza contrastului.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este îmbunătățirea preciziei de măsurare în cadrul camerelor cu lentilă de focalizare.

Metoda de măsurare a distanței bazată pe metoda celor mai mici pătrate, conform

invenției, cuprinde o etapă de calibrare și o etapă de măsurare. Calibrare se realizează o singură dată pentru un tip de cameră și presupune:

- stabilirea dependentei clarității, pentru fiecare poziție a lentilei, față de poziția obiectului de interes. Se obține un număr de dependente egal cu numărul de poziții ale lentilei de focus;
- aproximarea fiecărei dependente printr-o funcție polinomială și identificarea coeficienților funcției;

Măsurarea distanței la care se află un obiect față de cameră presupune:

- preluarea unui set de imagini ale obiectului (stack) și calcularea clarităților pentru fiecare poziție a lentilei;
- calcularea abaterilor pătratice dintre claritățile curente și claritățile obținute prin calibrare, pentru fiecare poziție a lentilei și pentru fiecare poziție a obiectului
- stabilirea indexului minimului abaterilor pătratice, care reprezintă distanța calculată

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

Metoda de măsurare a distanței conform invenției, prezintă următoarele avantaje: permite realizarea de aplicații de măsurare video a distanței fără referință 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. 1-6 care reprezintă:

- fig. 1. diagrama bloc a etapei de calibrare
- fig. 2. diagrama bloc a etapei de măsurare
- fig. 3. dependența clarității față de poziția la care se află obiectul, pentru fiecare dintre pozițiile pe care le poate avea lentila de focus
- fig. 4, claritățile unui set de imagini (stack) pentru un obiect aflat la o distanță de 104mm față de cameră
- fig. 5 abaterea pătratică a setului de clarități ale obiectului aflat la distanța de 104mm (claritățile din figura 2), față de dependențele clarităților obținute prin calibrare (figura 3)
- fig. 6. aproximările polinomiale ale clarităților față de poziția obiectului, pentru cele 16 poziții ale lentilei de focus (f_0-f_{15})

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

28

obiectului si conduce la obținerea setului de imagini (stack) pe baza căruia se stabilește focusul, imaginea cu cea mai buna claritate (focalizarea). Ciclul obiectului presupune deplasarea obiectului de interes 3 in lungul axei de simetrie a camerei, cu o rezoluție egala cu rezoluția dorita a fi obținuta la măsurare. Pentru fiecare poziție a obiectului se normalizează 5 valorile de claritate 4 obținute din ciclul lentilei. Din matricea datelor obținute se extrage pentru fiecare poziție a lentilei dependenta clarității de poziția obiectului 6 și se aproximează polinomial fiecare dependență 7.

Etapa de măsurare, pentru poziția obiectul 3, preia setul de imagini (stack) prin ciclul lentilei 2, calculează claritatea corespunzătoare fiecărei poziții a lentilei 4 și normalizează valorile de claritate 5. Apoi, calculează abaterile clarităților curente față de dependentele obținute prin calibrare, pentru fiecare poziție păzibila a obiectului 8 și determină indexul minimului abaterilor 9, care va corespunde cu distanta măsurata.

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-a stabilit prin calibrare, pentru fiecare dintre cele 16 poziție ale lentilei de focus, dependenta clarității față de poziția obiectului. S-au aproximat dependențele clarităților pozițiilor lentilei printr-o funcție polinomială de tipul $y_i = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 + a_6x^6$, unde i reprezintă poziția lentilei, x reprezintă poziția obiectului iar y valoarea de claritate. Coeficienții celor 16 funcții polinomiale de grad 6 sunt prezentați in tabelul următor:

Poziție lentila (i)	Coeficienți polinom						
	$y_i = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 + a_6x^6, i=0..15$						
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
0	1E+0	-3.42E-3	-2.92E-4	4.05E-6	-2.17E-8	5.23E-11	-4.74E-14
1	8.99E-1	6.36E-3	-4.77E-4	5.54E-6	-2.76E-8	6.4E-11	-5.65E-14
2	8.03E-1	1.45E-2	-5.99E-4	6.26E-6	-2.94E-8	6.53E-11	-5.58E-14
3	7.04E-1	1.85E-2	-5.6E-4	5.02E-6	-2.07E-8	4.09E-11	-3.12E-14
4	6.73E-1	1.47E-2	-3.35E-4	2.05E-6	2.05E-6	3.84E-13	6.61E-15
5	6.84E-1	6.58E-3	-2.5E-5	-1.41E-6	1.25E-8	1.25E-8	3.96E-14
6	7.07E-1	7.07E-1	2.08E-4	-3.25E-6	1.82E-8	1.82E-8	3.99E-14
7	7.45E-1	7.45E-1	7.45E-1	7.45E-1	2.47E-8	-5.85E-11	5.29E-14
8	8.32E-1	-2.13E-2	6.81E-4	-7.49E-6	3.8E-8	-9.17E-11	8.5E-14
9	7.07E-1	-4.96E-3	1.49E-4	-1.45E-6	7.4E-9	-1.89E-11	1.82E-14

28

10	7.05E-1	-6.62E-3	1.72E-4	-1.61E-6	7.16E-9	-1.45E-11	1.05E-14
11	6.91E-1	-4.97E-3	1.08E-4	-8.17E-7	2.66E-9	-2.96E-12	-3.2E-16
12	6.87E-1	-4.74E-3	9.64E-5	-6.68E-7	1.83E-9	-8.71E-13	-2.21E-15
13	6.82E-1	-4.54E-3	8.86E-5	-5.73E-7	1.3E-9	4.56E-13	-3.44E-15
14	6.78E-1	-4.47E-3	8.77E-5	-5.73E-7	1.33E-9	3.31E-13	-3.29E-15
15	6.75E-1	-4.51E-3	8.8E-5	-5.68E-7	1.27E-9	5.6E-13	-3.58E-15

Pentru un obiect aflat la distanța de 104mm, se preia setul de 16 imagini pentru care se calculează claritățile normalizate (fig. 4). Pentru fiecare poziție posibilă a obiectului se calculează abaterea dintre claritățile curente și claritățile obținute prin calibrare (fig. 3). Se stabilește minimul abaterilor, care va corespunde cu valoare distanței măsurate (fig. 5) de 103mm. In fig. 6 sunt reprezentate funcțiile de aproximare fata de datele obținute prin calibrare, pentru cele 16 poziții ale lentilei (f_0 - f_{15}).

BIBLIOGRAFIE

- [1] K. Jo, M. Gupta, and S. K. Nayar, SpeDo: 6 DOF ego-motion sensor using speckle defocus imaging, *IEEE Int. Conf. Comput. Vis. (ICCV)*, Dec. 2015, pp. 4319–4327.
- [2] M. Gupta, Q. Yin, and S. K. Nayar, Structured light in sunlight, *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis. (ICCV)*, Dec. 2013, pp. 545–552.
- [3] Y. Wang, Z. Lai, G. Huang, B.H. Wang, L. van der Maaten, M. Campbell, K.Q. Weinberger, *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] F. Yu and D. Gallup, 3D reconstruction from accidental motion, in *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR)*, Jun. 2014, pp. 3986–3993.
- [6] S. Im, H. Ha, G. Choe, H.-G. Jeon, K. Joo, and I. S. Kweon, High quality structure from small motion for rolling shutter cameras, *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis. (ICCV)*, Dec. 2015, pp. 837–845.
- [7] H. Ha, S. Im, J. Park, H.-G. Jeon, and I. S. Kweon, High-quality depth from uncalibrated small motion clip, *Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR)*, Jun. 2016, pp. 5413–5421.
- [8] Pertuz, Said, Domenec Puig, and Miguel Angel Garcia, Analysis of Focus Measure Operators for Shape-from-Focus, *Pattern Recognition* 46.5 (2013): 1415–1432.

25

REVENDICĂRI

Metoda de măsurare a distanței bazată pe metoda celor mai mici pătrate, **caracterizată prin aceea că** determină distanța dintre camera și obiectul de interes utilizând minimul abaterilor pătratice ale valorilor de claritate curente față de valorile de claritate obținute prin calibrare și conține etapa de calcul a clarităților curente (4), etapa de normalizare (5), etapa de calcul a abaterilor clarităților curente față de dependentele obținute prin calibrare (8) și etapa de determinarea indexului minimului abaterilor (9)

24

DESENE

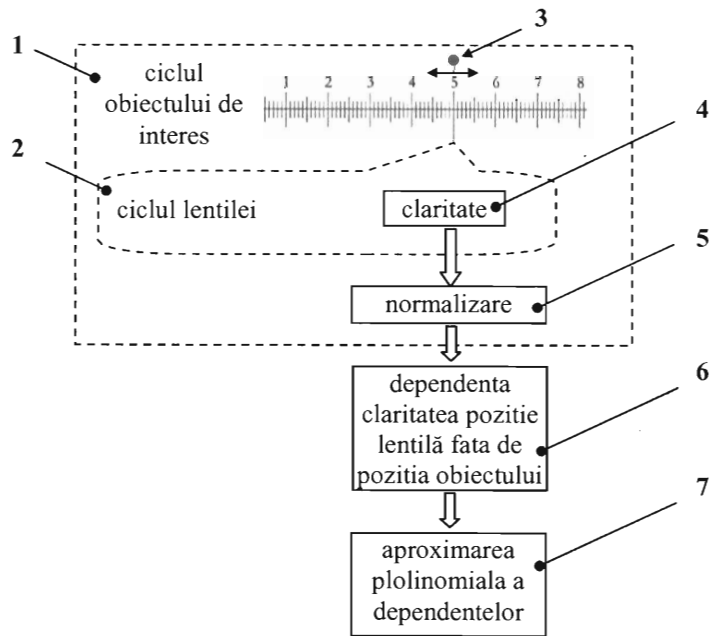


Fig. 1

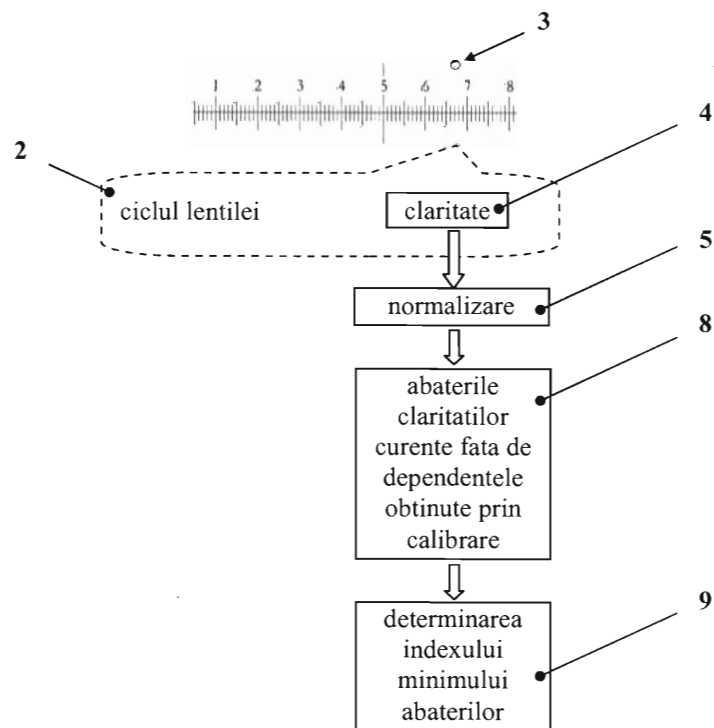


Fig. 2

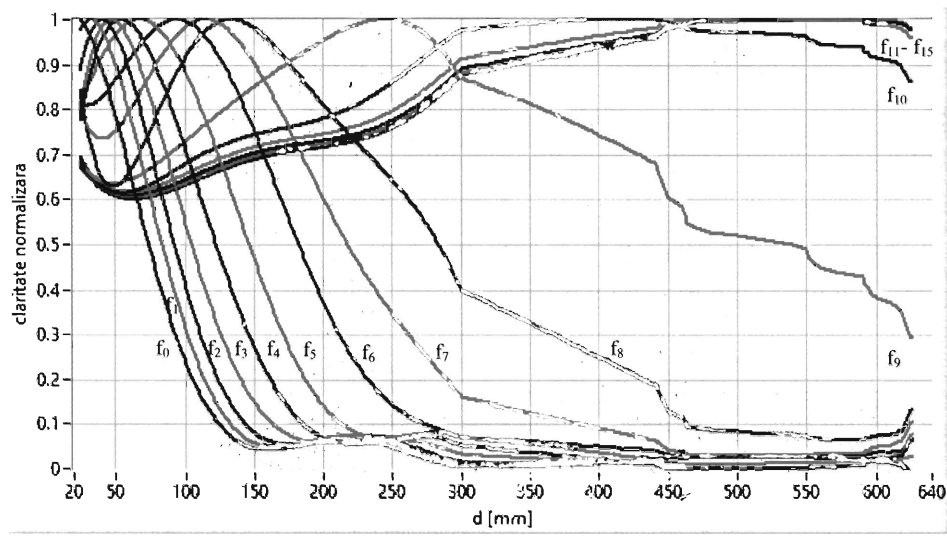


Fig. 3₁

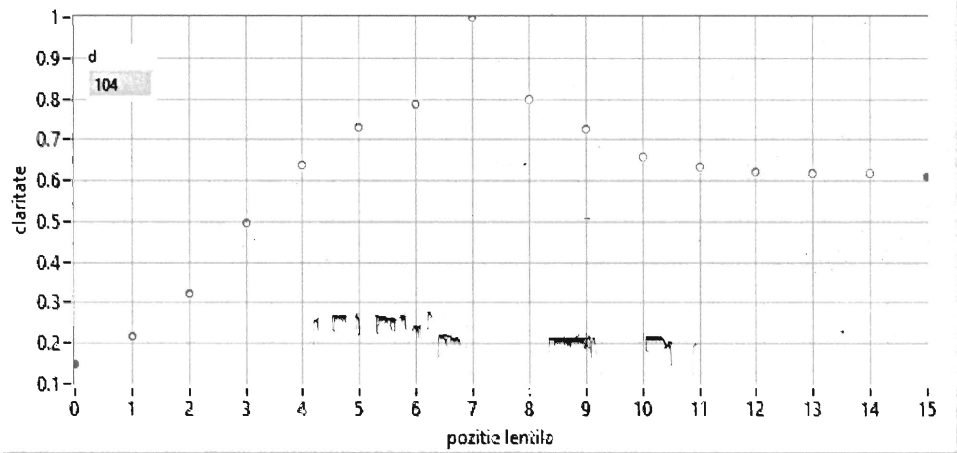


Fig. 4

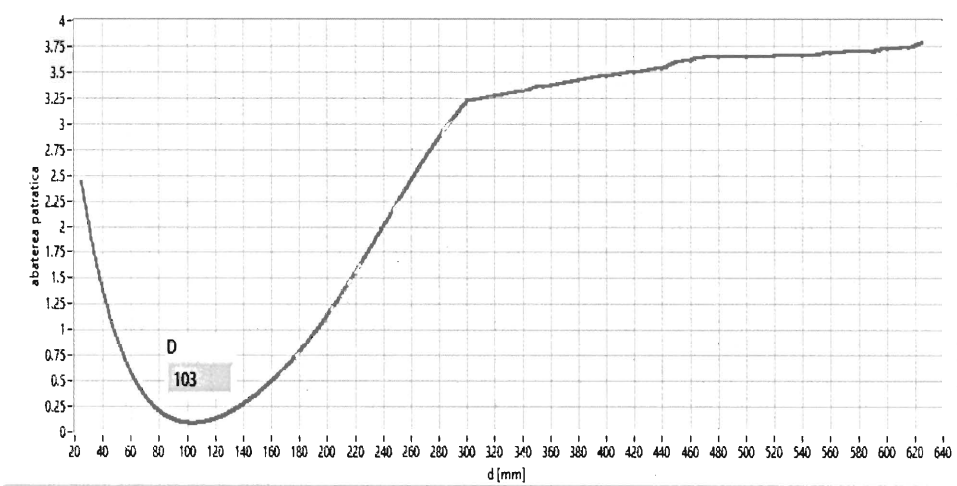


Fig. 5

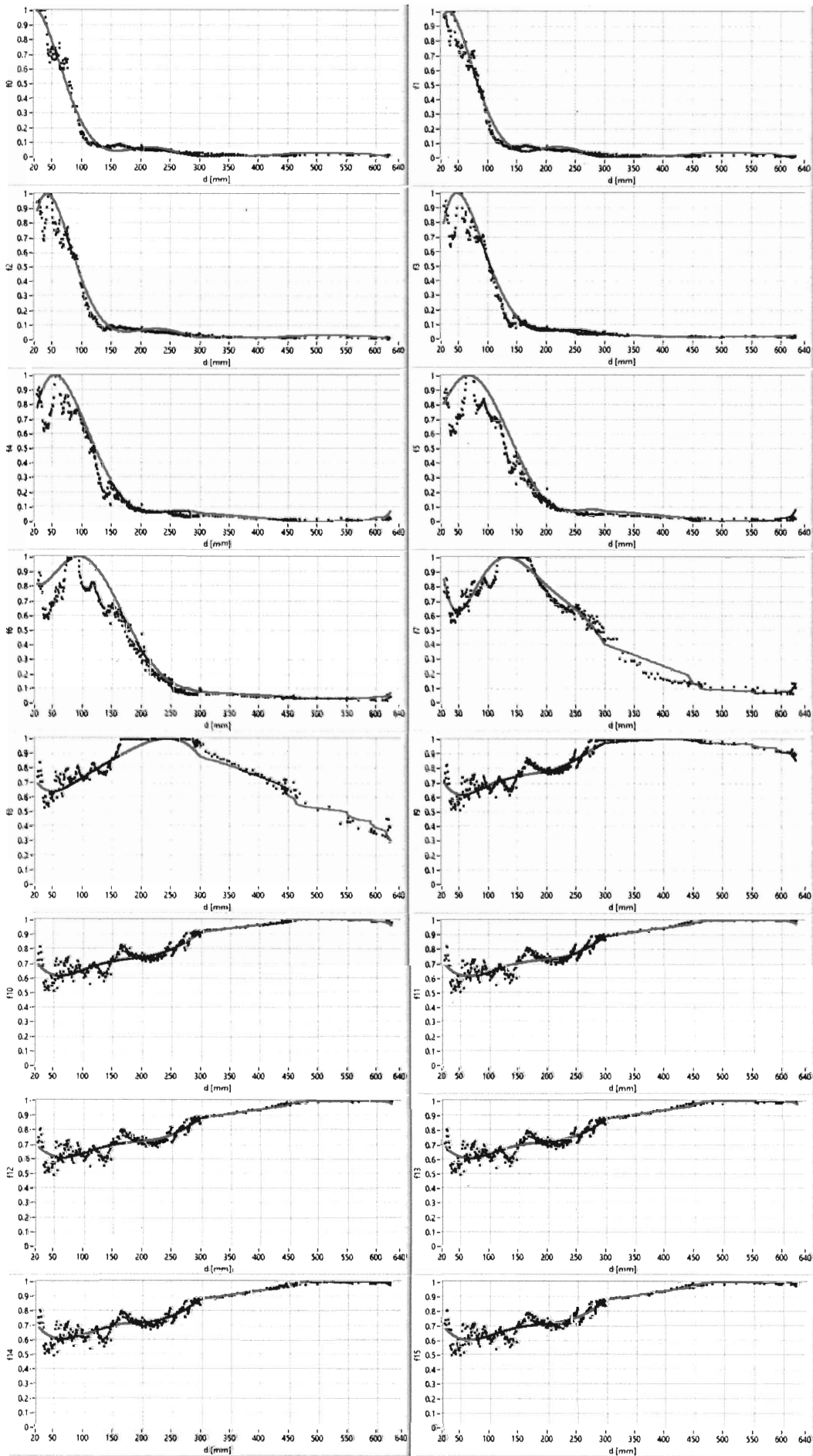


Fig. 6