



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00952**

(22) Data de depozit: **20.11.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.06.2015** BOPI nr. **6/2015**

(41) Data publicării cererii:
30.08.2011 BOPI nr. **8/2011**

(73) Titular:
• **IOR S.A., STR.BUCOVINA NR.4,**
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• **IRIMIE NICOLAE, STR.BĂLȚIȚA NR.10,**
BL.B 33, SC.2, ET.2, AP. 23, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;

• **GROSU NECULAI, ȘOS.GIURGIULUI**
NR.125, BL.4 A, SC.1, ET.5, AP.20,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;

• **NEACȘU NICOLAE, ȘOS. OLTENIȚEI**
NR.121, BL.33, SC.2, ET.2, AP.44,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
EP 1372018 A1; US 2009154769 A1;
US 2007035617 A1

(54) **ECHIPAMENT OPTOELECTRONIC PENTRU TELEDIRIJAREA**
ROBOȚILOR MOBILI



1 Invenția se referă la realizarea unui echipament optoelectronic pentru teledirijarea
2 roboților mobili. Aplicațiile invenției sunt multiple și se referă la culegerea imaginilor de pe
3 mobile în mișcare, culegerea informațiilor în sistemele de supraveghere, telecomanda
4 roboților, navigația autonomă a roboților.

5 Camerele omnidirecționale au un început relativ recent de utilizare, câteva versiuni
6 fiind deja propuse și realizate, pentru aplicații specifice precum teleprezența sau cercetarea
7 la distanță folosind imaginea, navigația autonomă a roboților, videoconferințe, sisteme
8 integrate de supraveghere. Imaginile omnidirecționale pot fi generate prin mai multe tehnici,
9 nu toate creînd un singur centru de proiecție. O categorie de camere omnidirecționale
10 utilizează un sistem catadioptric cu oglindă parabolică, hiperbolică, conică, elipsoidală sau
11 sferică. Cu o cameră omnidirecțională se obține o imagine a unei semisfere, cu un câmp
12 vizual spațial de 360 grade-X-minimum 180 grade, în fața oglinzii, care se reflectă apoi în
13 planul camerei cu excepția umbrei sensorului. Umbra sensorului este neglijabilă în raport cu
14 imaginea în ansamblu. Camera video dispusă în fața oglinzii este una obișnuită, cea mai
15 simplă și mai ieftină este camera "pinhole". Compunerea de bază a camerelor
16 omnidirecționale este comună și include o oglindă (care poate fi de formă sferică, parabolică,
17 hiperbolică, conică), un sistem optic (opțional) și o cameră video. Camerele cu un singur
18 centru de proiecție nu necesită optică specială. Un exemplu de mod de realizare a unei
19 camere omnidirecționale este dat în lucrarea "A Theory of Catadioptric Image Formation",
20 S. Baker și S. K. Nayar, Department of computer science, Columbia University, SUA.

21 Există câțiva factori care influențează rezoluția imaginilor omnidirecționale, cel mai
22 evident fiind rezoluția spațială datorată dimensiunii finite a pixelului. Rezoluția este variabilă
23 în funcție de raza de curbură și scade pe măsura depărtării de centru. Există unele metode
24 pentru uniformizarea rezoluției, prin proiectarea și realizarea unei curburi a oglinzii specifice,
25 metodă destul de greu de realizat practic, o altă metodă constând în utilizarea unui senzor
26 special cu compensarea neuniformității, soluție de asemenea costisitoare. În general,
27 camerele omnidirecționale obișnuite utilizează camere video cu rezoluția de 512x480 pixeli,
28 care generează o imagine omnidirecțională cu o rezoluție de maximum 240 pixeli, rezoluție
29 insuficientă pentru multe aplicații. Rezoluția poate fi îmbunătățită prin utilizarea în camera
30 omnidirecțională a unei camere video de mare rezoluție 2048x2048 pixeli, dar această
31 îmbunătățire conduce la costuri ridicate. Pe lângă rezoluție, mai sunt câteva fenomene care
32 trebuie avute în vedere, precum efectele de blurring al câmpului curbat și cel de coma și
33 astigmatism care apar datorită suprafețelor curbe.

34 Problema tehnică, rezolvată de prezenta invenție, constă în posibilitatea observării,
35 cercetării, supravegherii și culegerii de informații video de înaltă calitate cu un singur
36 dispozitiv, care înlocuiește 3-4 camere video normale și o electronică de prelucrare
37 complicată.

38 Simpla utilizare a unei camere video omnidirecționale rezolvă parțial problema, dar
39 invenția propusă rezolvă complet problema supravegherii în domeniul spațial de 360 grade
40 X minimum 180 grade, completată cu imagini de perspectivă zonale (punctuale) de mare
41 calitate. Echipamentul înlătură neajunsurile camerelor omnidirecționale precum rezoluția
42 scăzută, lipsa zoomului, efectul de blurring, coma și astigmatism, prin montarea unei camere
43 direcționale care poate crea imagini de înaltă calitate în orice punct de interes al imaginii
44 omnidirecționale. Avantajul principal în teleoperarea roboților este că operatorul aflat la
45 distanță are iluzia că se găsește dispus chiar pe robot, iar terenul pe care îl vede pe camera
omnidirecțională și deci și operatorul este nedistorsionat, până la distanța de 2-3 m.

Echipamentul optoelectronic pentru teledirijarea roboților mobili, conform invenției, se caracterizează prin aceea că înlătură o serie de neajunsuri ale camerelor omnidirecționale și ale celor direcționale clasice, și constituie o soluție eficientă atât în telecomanda roboților, cât și în sistemele de supraveghere video. Ideea inovatoare de bază este combinarea a două moduri de culegere a imaginilor, cel omnidirecțional și cel direcțional, creându-se posibilitatea obținerii a două regimuri de lucru, cel de supraveghere și cel de achiziție a imaginii de interes. Modificările aduse camerei omnidirecționale, care constau în stabilirea parametrilor hiperbolei, alegerea dimensiunilor (diametrului), utilizarea oglinzii hiperbolice, a metodei de prelucrare și a metodei de corectare a neliniarității imaginii sunt câteva idei care elimină unele dintre dezavantajele camerelor omnidirecționale. Combinarea într-un singur aparat a două tipuri de camere, înlătură dezavantajele camerelor omnidirecționale clasice și întregeste performanțele revendicate prin invenție. Soluția oferită de extragerea informației din imaginea generală omnidirecțională de urmărire automată a obiectelor în mișcare, este deja larg aplicată, dar transformarea poziției obiectului detectat sau selectat (θ , r) pe imagine este o idee originală și folosește o metodă grafică de conversie unghi-distanță din planul imaginii, în unghiuri spațiale de poziționare a camerei direcționale (θ , φ). De interes este și metoda de corecție a neliniarităților introduse de oglinda convexă, folosind relații de calcul simple și metode grafice, prin care se determină atât mărimea neliniarităților, cât și corecțiile de liniarizare necesare atât în planul orizontal, cât și în cel vertical. Corecțiile sunt furnizate sub forma unor coeficienți în funcție de distanță, care sunt luați în calcul când se citește imaginea creată de oglindă.

Soluția tehnică, oferită de invenție, folosește părțile cele mai bune a două tipuri de camere, camerele omnidirecționale și cele direcționale, facilitând un câmp de observare foarte larg, de 360 grade X 208 grade, specific camerei omnidirecționale și permițând un efect de lupă în orice punct al imaginii omni, permițând astfel observarea și exploatarea imaginii în detaliu. Se obține astfel o rezoluție substanțial îmbunătățită la prețuri rezonabile. Distorsiunile camerei omnidirecționale, generate de suprafețele convexe de reflexie, sunt compensate prin utilizarea unei camere direcționale care permite vizualizarea în timp real a oricărui punct din imaginea omniglobală, ca o imagine standard direcțională, orice punct din imagine având aceeași rezoluție. În sistemele de supraveghere, invenția înlocuiește 4-5 camere normale plus electronica de prelucrare. Pentru cazurile în care invenția este utilizată în teledirijarea roboților, camera omnidirecțională are unele proprietăți unice, care depind de modul de proiectare a oglinzii, de parametrii acesteia și de modul de compensare a distorsiunilor. Avantajul principal, în acest caz, este că operatorul aflat la distanță are iluzia că se găsește dispus chiar pe robot, iar terenul pe care îl vede pe camera omnidirecțională este nedistorsionat, până la distanța de 2-3 m, obținându-se o imagine similară cu ceea ce vede o pasăre în zbor. Camera omnidirecțională din compunere a fost realizată folosind o oglindă cu suprafața hiperbolică, fapt ce conduce la simplificarea opticii și la posibilitatea prelucrării suprafeței oglinzii pe o mașină cu comandă numerică la prețuri foarte scăzute, pentru întregul ansamblu. Alte avantaje și caracteristici sunt prezentate în descrierea unui exemplu de realizare a invenției, care este utilizat în telecomanda roboților destinați pentru cercetare, observare și supraveghere.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției și în legătură cu fig. 1...8, în care:

- fig. 1 reprezintă ansamblul general al invenției;
- fig. 2 reprezintă schema bloc cu componenta funcțională a echipamentului;
- fig. 3 reprezintă formarea imaginii omnidirecționale;
- fig. 4 reprezintă relația grafică dintre punctele din spațiu;
- fig. 5a reprezintă corecția de liniarizare pe verticală;
- fig. 5b reprezintă corecția de liniarizare pe orizontală;
- fig. 6 reprezintă schema de calcul al parametrilor (θ , φ);
- fig. 7 reprezintă schema bloc a sistemului de corecție a liniarității imaginii în plan orizontal;

- fig. 8 reprezintă o vedere de perspectivă a echipamentului optoelectronic.

Invenția este prezentată pe larg și este însoțită de opt figuri, în care:

- fig. 1 reprezintă ansamblul general al invenției, cuprinzând: camera omnidirecțională (1), ca bază a sistemului pe care se montează camera direcțională (2), cu platforma de acționare (11), incluzând cele două motoare și reductoare (9 și 10), care generează unghiurile θ și φ . Componenta principală a camerei omnidirecționale este oglinda hiperboloid (3), care recepționează pixelii componenți ai mediului explorat, care sunt reflectați în cel de-al doilea focar, unde se dispune obiectivul (5) și camera video normală (4), pe senzorul căreia se formează imaginea plană circulară a mediului înconjurător 360 grade X 208 grade. Subansamblul oglinzii hiperboloid (3) și obiectiv (5) este închis într-un cilindru protector de plastic (7), cu transmitanța optică în domeniul vizibil mai mare de 97%. Subansamblurile (8, 6, 12 și 13) constituie corpul aparatului și elemente de fixare;

- fig. 2 reprezintă schema bloc cu componenta funcțională a echipamentului, constând din camera omnidirecțională, camera direcțională, platforma de acționare a camerei, blocul de analiza a imaginii, care realizează detectarea și urmărirea pe imaginea omni a obiectelor mobile și furnizează poziția în coordonate polare r , θ , blocul pentru determinarea coordonatelor spațiale θ și φ , manșa de acționare și blocul de mixare imagine cu marcator, prin intermediul cărora pe imaginea omni se suprapune un marker care permite indicarea unui obiect din imaginea omni spre care să se orienteze camera direcțională;

- fig. 3 reprezintă formarea imaginii omnidirecționale prin reflexia pe oglinda hiperbolică și proiecția în planul imagine, indicându-se obiectul în spațiu, raza incidentă, ce trece prin focarul F_1 al hiperbolei, raza reflectată, ce trece prin focarul F_2 al hiperbolei, unde se dispune o cameră normală a cărei distanță focală este f , iar imaginea circulară se formează în planul imaginii pe care este marcat punctul corespunzător imaginii din spațiu cu coordonatele polare r , θ ;

- fig. 4 reprezintă relația grafică dintre punctele din spațiu aflate în plan vertical $h(\alpha)$ la distanța D , din planul orizontal $d(\alpha)$ la înălțimea H , suprafața convexă de reflexie și suprafața plană de proiecție. Dintr-un punct aflat pe verticală $h(\alpha)$ care se află la distanța D față de axa obiectivului camerei, pleacă o rază incidentă spre focarul F_1 și se reflectă de oglinda hiperbolică, raza reflectată trecând prin focarul F_2 este recepționată de camera în planul imagine la distanța r de axa obiectivului. Un punct aflat pe orizontala $d(\alpha)$ la distanța H formează imaginea în planul imagine în același mod. Deoarece suprafața de reflexie este o conică, relația între $h(\alpha)$, $d(\alpha)$ și r din planul imaginii nu este liniară, motiv pentru care imaginea omnidirecțională obținută este deformată mai puțin în centru și mai mult la periferia oglinzii;

- fig. 5a reprezintă corecția de liniarizare pe verticală, unde se reprezintă grafic relația între un punct pe abscisă în cm și raza hiperbolei r_h în punctul de reflexie, pe ordonata în cm, unde curba 1 reprezintă relația reală, curba 2 cazul relației liniare, iar curba 3 reprezintă corecția necesară pentru fiecare distanță. Curba 3, denumită de corecție, este transpusă într-un tabel de coeficienți K_v , în funcție de distanță și invariabili pentru o hiperbolă dată;

- fig. 5b reprezintă corecția de liniarizare pe orizontală, unde se reprezintă grafic relația între un punct pe orizontală aflată la distanța $H=50$ cm și raza hiperbolei r_h , unde curba 1 este cea reală, curba 2 este cea liniară și curba 3 reprezintă corecția care se transpune într-un tabel de coeficienți K_o ;

- fig. 6 reprezintă metoda de calcul al parametrilor (θ , φ) de poziționare a camerei direcționale pe un punct de interes din imaginea omnidirecțională. Sunt indicate elementele componente pe baza cărora se fac calculele de poziție, imaginea omnidirecțională circulară în care se detectează sau se indică un obiect, de coordonate x, y transformate în coordonate polare r , θ ; graficul cu dependența neliniară a poziției $h(\alpha)$ a unui punct pe verticala unui cilindru aflat la distanța D , în funcție de raza hiperboloidului R_h în punctul corespunzător.

Se dau relațiile care leagă coordonata polară r cu raza hiperbolei $R_{hip} = rxf/F1F2$ unde f este 1
distanța focală a camerei pe care se formează imaginea omnidirecțională, iar $F1F2$
reprezintă distanța între focarele hiperbolei, de asemenea se dă formula de calcul a unghiului 3
 φ de poziționare pe verticala $\varphi = \arctg(\alpha)/D$. Cele două unghiuri θ și φ transmise platformei
vor poziționa camera direcțională pe obiectul vizat, obținându-se imaginea acestuia mărită; 5

- fig. 7 reprezintă schema bloc a sistemului de corecție a liniarității imaginii în plan 7
orizontal, necesară în cazul utilizării camerei omnidirecționale pentru navigația autonomă a
unui robot. În navigația autonomă robotul trebuie să perceapă distanțele în teren corect, 9
operație care nu se poate realiza cu o cameră omnidirecțională normală, următoarele
prelucrări generând o reprezentare corectă a terenului. Imaginea dată de camera 11
omnidirecțională se memorează în coordonate rectangulare x, y în memoria video temporară,
iar în memoria de coeficienți de corecție se memorează sub forma de tabel coeficientul de 13
corecție pe orizontala funcție de distanța r , Ko calculați conform fig. 5b. Procesorul citește
din memoria video pixelii corespunzători imaginii în coordonate rectangulare, efectuează 15
transformarea coordonatelor în coordonate polare r, θ și pentru fiecare r citește din memoria
de coeficienți corecția pe raza necesară și generează o nouă imagine care va fi corectată 17
pe rază și care va reprezenta fidel terenul pe care se deplasează robotul. Esențial este
pachetul software implementat pe procesorul video;

- fig. 8 reprezintă o vedere de perspectivă a echipamentului optoelectronic pentru 19
teleoperarea unui robot mobil. Imaginea redă la scară vederea de ansamblu a modelului
invenției, realizat practic. 21

Invenția are la bază o cameră omnidirecțională, cu o oglindă de tip hiperboloid de 23
 rotație, parametrii acestuia fiind proiectați astfel încât parametrii hiperbolei să fie egali, caz
în care furnizează un câmp de vedere spațială de peste 180° , permițând o dirijare foarte 25
simplă și eficace a unui robot de cercetare; dimensiunile mari ale oglinzii (diametrul este
dublu față de sistemele cunoscute), asigură o rezoluție mult mai bună la același grad de 27
prelucrare; prelucrarea oglinzii pe o mașină cu comandă numerică care furnizează o bună
calitate a suprafeței și o mare productivitate deci un preț de cost redus; introducerea unor 29
coeficienți de liniarizare astfel încât să existe o legătură liniară între imaginea reală și cea
furnizată de cameră, acest lucru permițând utilizatorului să vadă obiectele în poziția reală.

Îmbinarea unei camere omnidirecționale cu o cameră direcțională (cu sau fără zoom 31
depinzând de aplicație) prevăzută cu posibilitatea de scanare în plan orizontal și în plan
vertical creează facilități care o fac utilizabilă în navigația sau telecomanda roboților, dar și 33
în sistemele de supraveghere sau cele de teleprezență, astfel: imaginea omnidirecțională
dată de componenta omnidirecțională furnizează o imagine de ansamblu a terenului, cu 35
rezoluția și liniaritatea caracteristice acestora, dar îmbunătățită prin soluțiile de la punctul
anterior; în situația că se dorește o imagine de detaliu, se indică punctul în care trebuie 37
realizată supravegherea sau acest punct este detectat automat printr-un bloc de detecție a
obiectelor mobile. În situația utilizării pe un robot de cercetare, avantajele sunt categorice, 39
acestea constând în faptul că operatorul care execută teleghidarea recepționează o imagine
ca și când el se află pe robot, observând simultan toate direcțiile de deplasare, imaginea fiind 41
liniarizată este fidelă (foarte aproape de imaginea reală), permițând o apreciere foarte bună
a unghiurilor și distanțelor, în cazul când imaginea omnidirecțională nu este suficient de 43
clară, comandă camera direcțională în zona respectivă și execută telecomanda pe noua
imagine, cu sau fără zoom; de asemenea, pentru roboții care execută supraveghere și 45
culegere de informații prin camera omnidirecțională, se realizează o supraveghere generală
a mediului de deplasare, iar în punctele de interes pentru observare, se orientează, la 47
comandă, camera direcțională care, în cazul când este prevăzută cu zoom, furnizează
imagini de înaltă calitate. 49

Revendicare

1

3

5

7

9

11

13

15

Echipament optoelectronic pentru teledirijarea roboților mobili, **caracterizat prin aceea că** este constituit dintr-o cameră omnidirecțională (1), ca bază a sistemului, a cărei oglindă hiperbolică este construită pentru teledirijare, având un diametru mare și un raport între parametrii hiperbolei 1/1, pe care se montează o cameră direcțională (2), cu o platformă de acționare (11), incluzând cele două motoare și reductoare (9 și 10), care generează unghiurile θ și φ , camera omnidirecțională (1) având, drept componentă principală, o oglindă hiperboloid (3), pe suprafața căreia se reflectă imaginea spațiului înconjurător și este transmisă în cel de-al doilea focar, unde se dispune un obiectiv (5) și o cameră video normală (4), pe senzorul căreia se formează imaginea plană circulară a mediului înconjurător 360 grade X 208 grade, subansamblul oglinda hiperboloid (3) și obiectivul (5) este închis într-un cilindru protector de plastic (7), cu transmitanța optică în domeniul vizibil mai mare de 97%, iar subansamblurile (8, 6, 12 și 13) constituie corpul aparatului și elementele de fixare necesare.

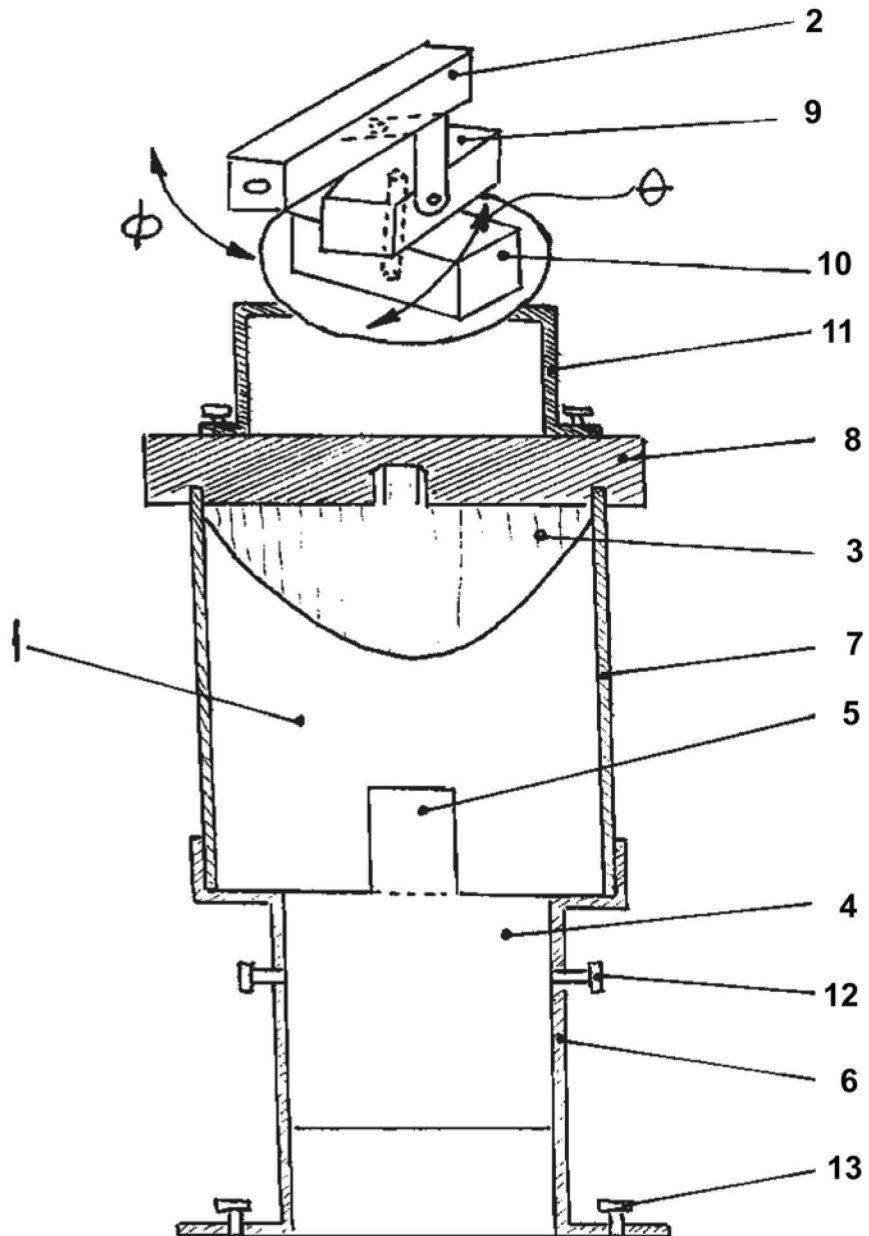


Fig. 1

(51) Int.Cl.
G02B 27/64 (2006.01);
H04N 5/232 (2006.01);
B25J 19/04 (2006.01)

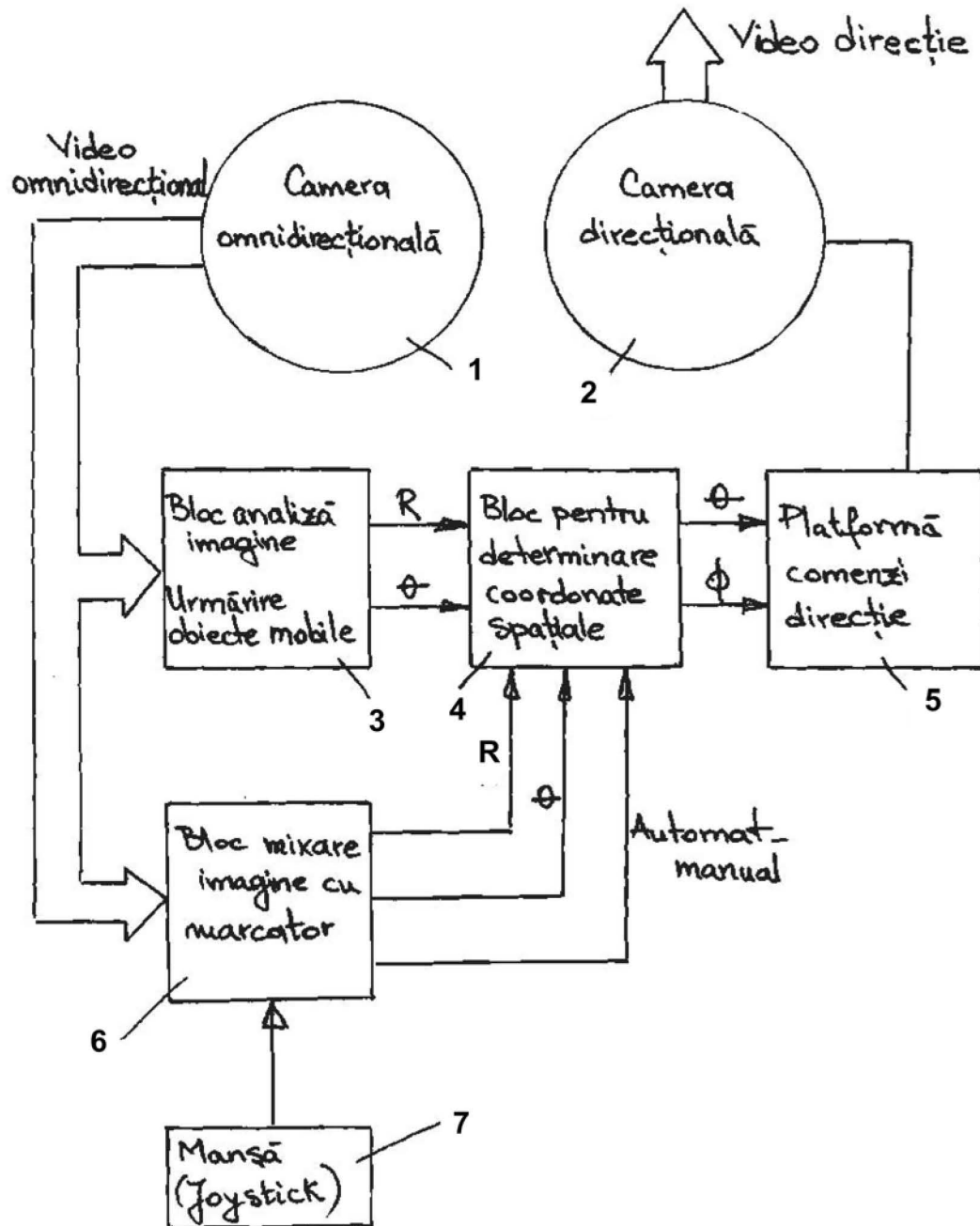


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G02B 27/64 (2006.01).

H04N 5/232 (2006.01).

B25J 19/04 (2006.01)

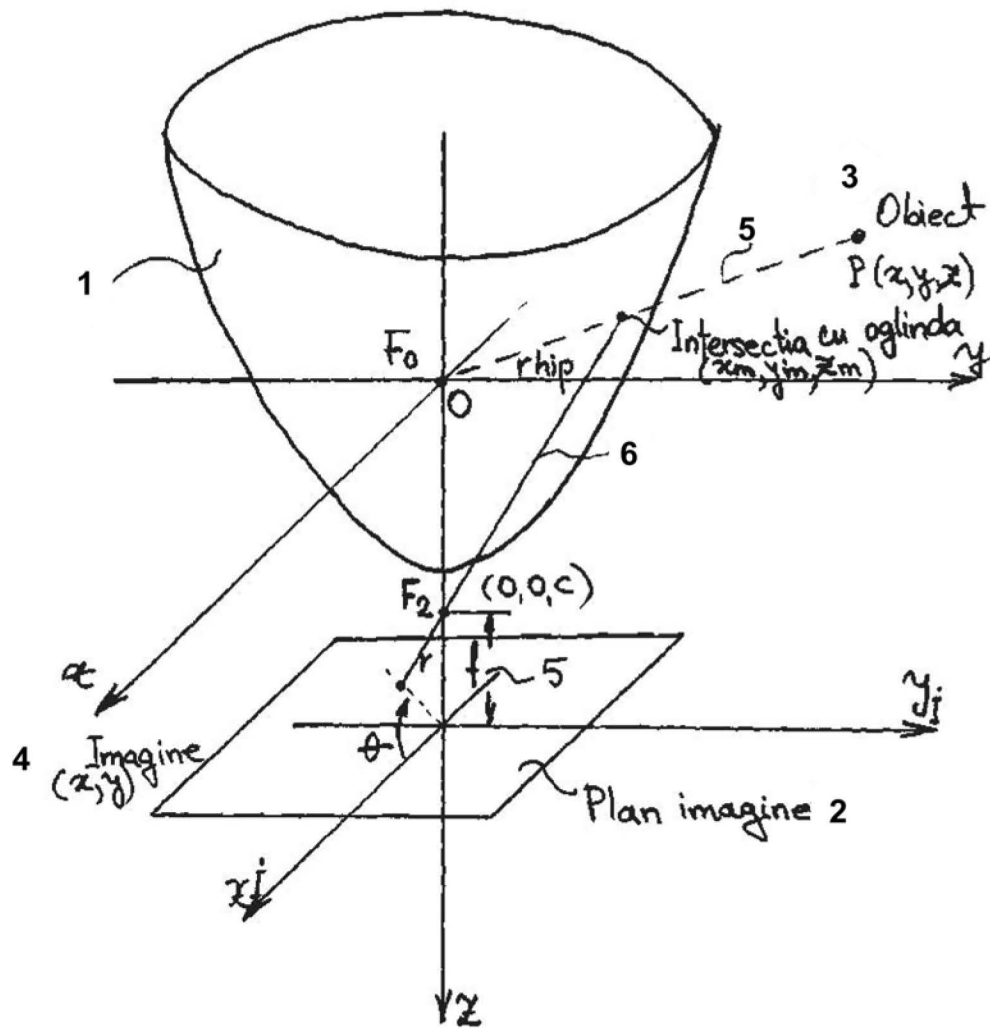


Fig. 3

(51) Int.Cl.
G02B 27/64 (2006.01);
H04N 5/232 (2006.01);
B25J 19/04 (2006.01)

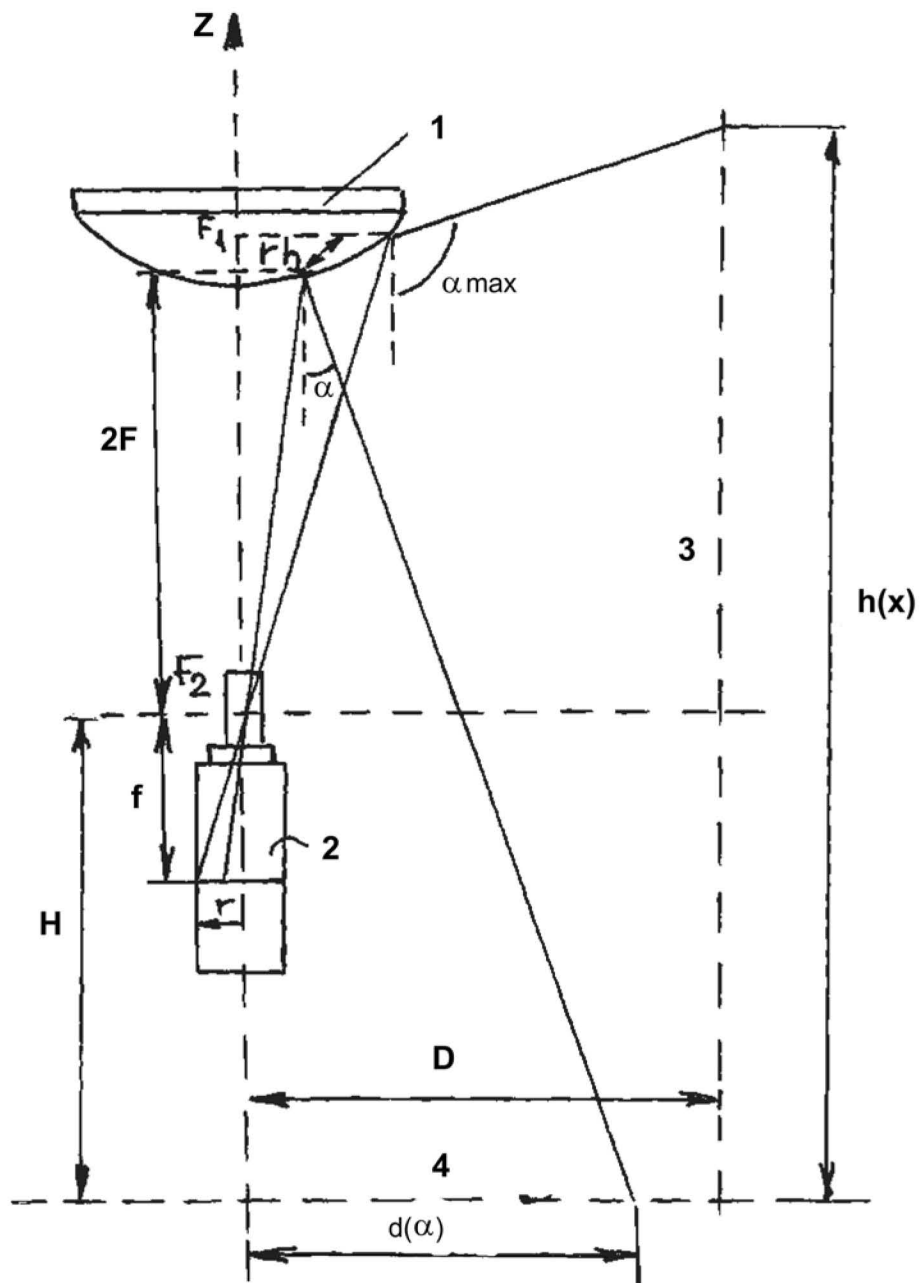


Fig. 4

(51) Int.Cl.

G02B 27/64 (2006.01);

H04N 5/232 (2006.01);

B25J 19/04 (2006.01)

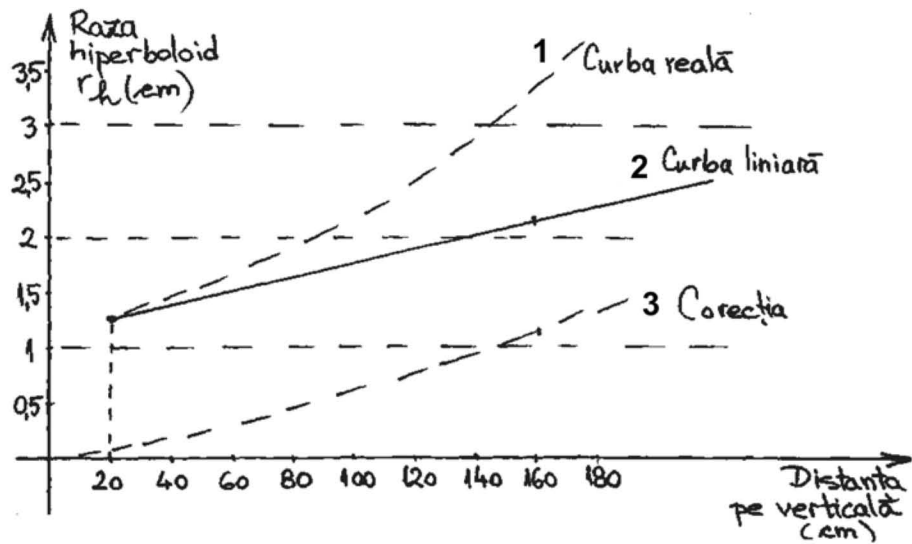


Fig. 5a

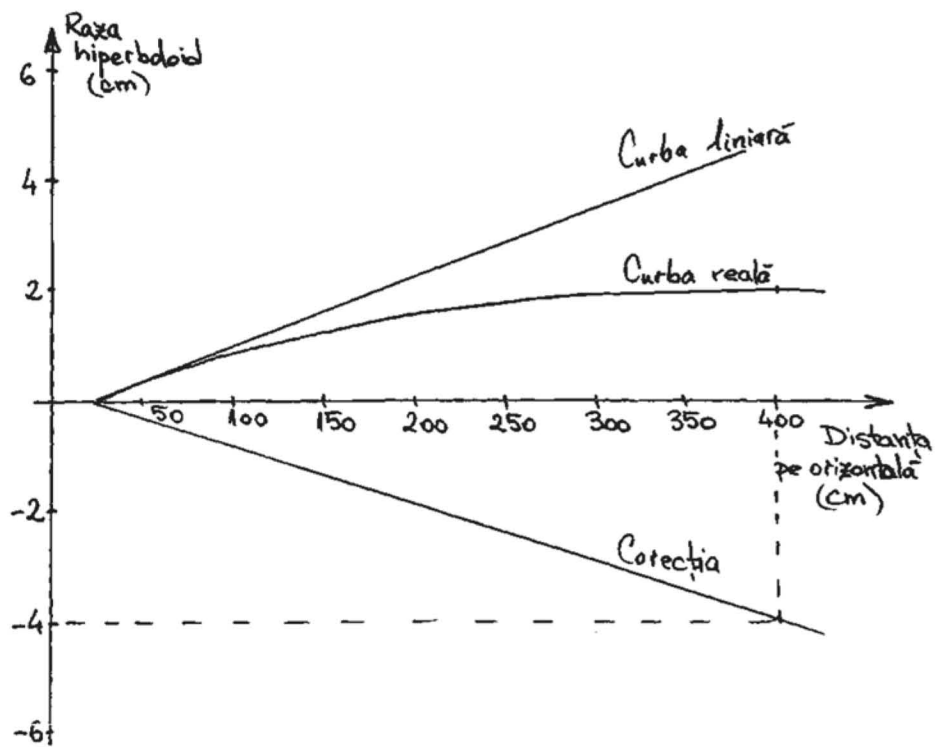


Fig. 5b

(51) Int.Cl.

G02B 27/64 (2006.01),

H04N 5/232 (2006.01),

B25J 19/04 (2006.01)

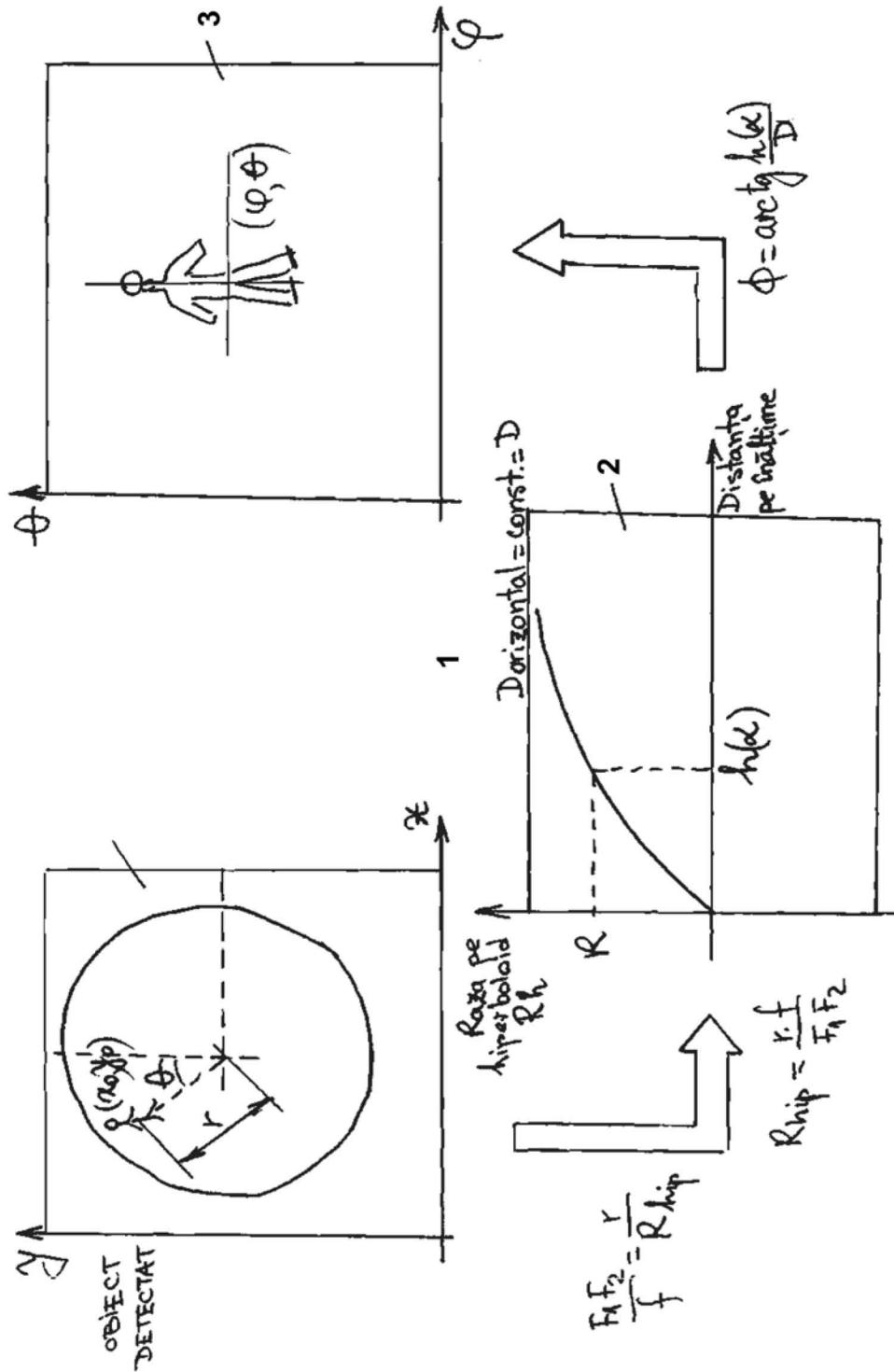


Fig. 6

(51) Int.Cl.
 G02B 27/64 (2006.01);
 H04N 5/232 (2006.01);
 B25J 19/04 (2006.01)

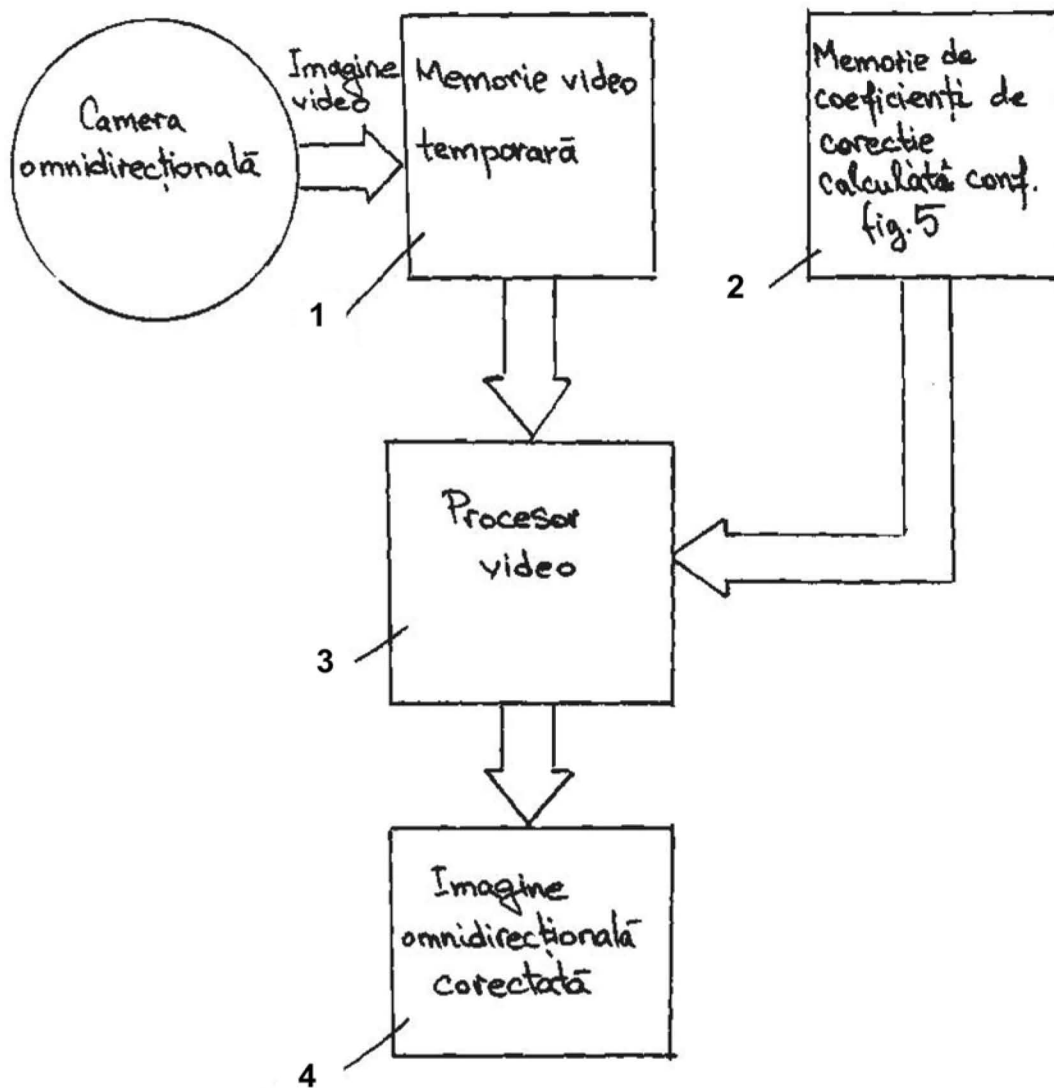


Fig. 7

(51) Int.Cl.

G02B 27/64 (2006.01),

H04N 5/232 (2006.01),

B25J 19/04 (2006.01)

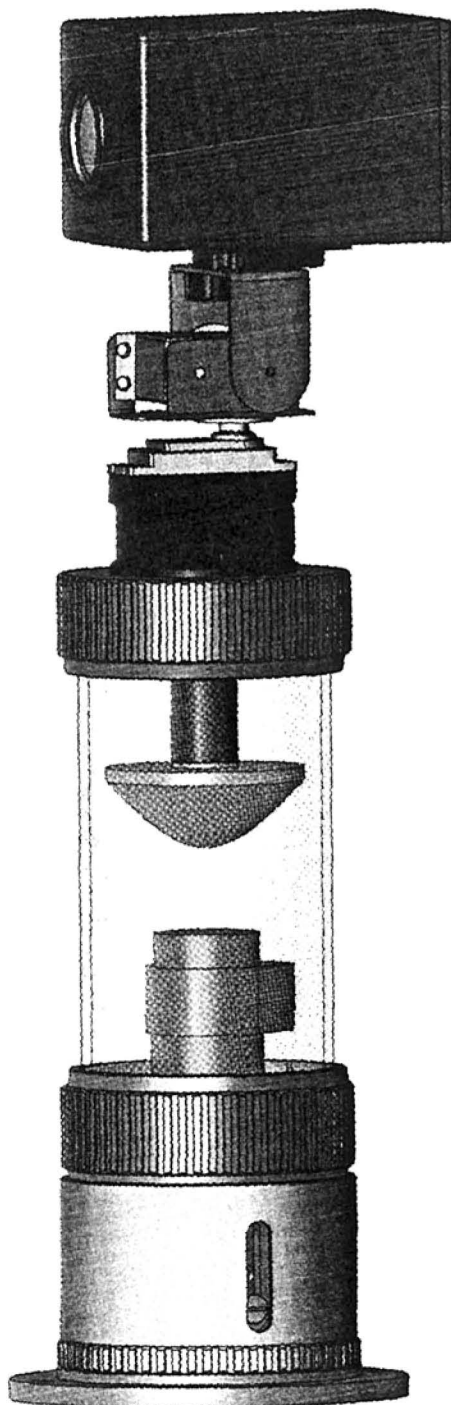


Fig. 8



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 361/2015