



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00673**

(22) Data de depozit: **02.09.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.10.2012** BOPI nr. **10/2012**

(41) Data publicării cererii:
30.03.2011 BOPI nr. **3/2011**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,
IF, RO**

(72) Inventatori:
• **STOICA AXENTE, STR.SIBIU NR.5, BL.E3,
AP.43, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **SAVASTRU DAN, STR. IANI BUZOIANI
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **TĂUTAN MARINA NICOLETA,
STR.EMIL RACOVIȚĂ NR.6, BL.R1, SC.2,
AP.45, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **VÎLCEANU LIVIU DRAGOȘ,
STR.DRUMUL GĂZARULUI NR.42, BL.A3,
SC.4, AP.41, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO;**

• **BĂNICĂ COSMIN KARL,
CALEA VĂCĂREȘTI NR.338, BL.15, SC.1,
ET.5, AP.16, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

**RO 122109 B1; US 4899296; US 4571695;
US 5065618; US 2002/007562 A1;
US 2003/000097 A1; WIDAYAT, D.,
ADHITYA, A. J. ȘI TOOL, T.
"ROUGHNESS CALIBRATION STUDIES
DIFFERENT MEASURING SYSTEMS",
"FOURTH. ANNUAL CONFERENCE ON
ROAD ENGINEERING", 19-21 NOIEMBRIE
1990, JAKARTA, INDONESIA**

(54) **METODĂ ȘI ECHIPAMENT PENTRU TESTAREA ÎN REGIM
DINAMIC A PROFILURILOR LONGITUDINALE ALE
ARTERELOR RUTIERE**



RO 126153 B1

1 Prezenta invenție se referă la o metodă și la un echipament pentru testarea, în regim
2 dinamic, a profilurilor longitudinale ale arterelor rutiere, respectiv, a uniformității, pe direcție
3 longitudinală, a pavimentelor de drum și de autostrăzi, precum și a tuturor căilor de rulare
4 a vehiculelor de orice tip, incluzând pistele din aeroporturi.

5 Se cunoaște, conform brevetului de invenție **RO 122109 B1**, 30.12.2008, o metodă
6 și un echipament pentru testarea în regim dinamic a uniformității pe direcție longitudinală a
7 pavimentelor de drum pe care rulează un vehicul terestru sau unul aerian. Metoda conform
8 brevetului de invenție menționat cuprinde deplasarea, pe pavimentul testat, a unui vehicul
9 laborator, care măsoară fără contact înălțimea la care se află doi senzori dispuși la o distanță
10 prestabilită între ei, față de suprafața pavimentului, declanșarea unei secvențe pentru
11 măsurătorile făcute simultan cu cei doi senzori, la o comandă din exterior, dată de un
12 traductor care măsoară deplasarea vehiculului care suportă senzorii menționați, de fiecare
13 dată când vehiculul parcurge o distanță egală cu cea care există între cei doi senzori, după
14 care este determinată variația elevației profilului de drum în cadrul fiecărei secvențe de
15 măsurare și, în continuare, sunt obținute valorile elevațiilor profilului de drum, determinate
16 în raport cu valoarea elevației de la startul măsurătorilor, ceea ce face posibil calculul, pentru
17 fiecare secvență de măsurare, a valorii indicelui de neuniformitate internațional IRI, pentru
18 aprecierea gradului de uniformitate sau neuniformitate (defectelor de uniformitate) a
19 pavimentului, fiind apoi obținută deplasarea proprie, pe direcție verticală, a vehiculului
20 laborator, în cadrul secvenței curente, și, în final, însumate deplasările secvențiale, pentru
21 a obține valoarea parametrului, ce reprezintă deplasarea curentă pe verticală a vehiculului
22 laborator, în raport cu nivelul inițial de referință. Echipamentul conform invenției cuprinde,
23 montat pe un vehicul laborator, un ansamblu de senzori laser, fixați lateral, în raport cu
24 vehiculul, un traductor de măsurare a distanței parcurse de vehicul, un sistem de calcul,
25 ambarcat în vehicul, care realizează achiziția, memorarea și procesarea datelor de
26 măsurare, și o cameră video digitală, dispusă în linie, între senzorii laser ai ansamblului
27 menționat, realizat cu două surse laser cu emisie continuă.

28 Metoda și echipamentul pentru testarea în regim dinamic a profilurilor longitudinale
29 ale arterelor rutiere, care formează obiectul prezentei invenții, se bazează pe deplasarea,
30 pe pavimentul testat, a unui vehicul-laborator, pe a cărui parte laterală este montat un
31 ansamblu de doi senzori de măsurare, fără contact a înălțimii lor curente față de suprafața
32 pavimentului, senzorii fiind plasați în aliniere orizontală, în direcția mișcării, la o distanță fixă
33 unul față de celălalt, egală cu distanța de eșantionare impusă de normele de evaluare a
34 uniformității profilurilor longitudinale de drum, iar declanșarea unei secvențe, pentru
35 măsurătorile efectuate simultan, de cei doi senzori susmenționați, se realizează la comanda
36 exterioară, furnizată de un traductor care măsoară deplasarea vehiculului, de fiecare dată
37 când acest vehicul parcurge o distanță egală cu cea care există între cei doi senzori. Se
38 consideră drept răspuns al vehiculului, la denivelările drumului testat, un parametru care
39 reprezintă deplasarea curentă pe verticală a vehiculului laborator, în raport cu nivelul inițial
40 de referință al măsurătorilor și a cărui valoare se obține prin însumarea deplasărilor
41 secvențiale, pe verticală, ale vehiculului.

42 Metoda și echipamentul pentru testarea în regim dinamic a profilurilor longitudinale,
43 potrivit soluției din brevetul de invenție menționat, prezintă dezavantajul că oscilațiile inerente
44 de tangaj, pe care vehiculul laborator le prezintă în cursul deplasării sale pe artera rutieră
45 supusă testării, afectează, într-o măsură importantă, atât valoarea fiecărei denivelări de
46 drum, obținute în cadrul unei secvențe de măsurare, prin diferența dintre semnalele celor doi
47 senzori de înălțime, cât și valoarea fiecărei deplasări pe verticală a vehiculului laborator între
48 două secvențe succesive de măsurare, valoare obținută prin diferența semnalelor, cu care,
49 în secvențe consecutive, senzorii corespunzători marchează înălțimea lor deasupra
50 pavimentului.

RO 126153 B1

De asemenea, trebuie menționat faptul că, în cadrul soluției cunoscute, conform
brevetului menționat, traductorul de tip odometric, utilizat pentru măsurarea deplasării
vehiculului laborator, prin contorizarea implusurilor corespunzătoare unghiului de rotație al
axului roții pe care este instalat, nu poate furniza o valoare a deplasării cu precizia necesară,
atât pentru stabilirea conformității și egalității dintre lungimile intervalelor de eșantionare, cât
și pentru ca determinările realizate de cei doi senzori în secvențe succesive să se realizeze,
cât mai exact, în același punct al traseului, pentru ca, prin scăderea una din cealaltă a celor
două determinări, să se poată evalua deplasarea proprie, pe verticală, a vehiculului, în
secvențele respective, din următoarele motive: a. lungimea distanței de eșantionare fiind
relativ redusă în raport cu circumferința roții vehiculului și numărul de impulsuri furnizate de
traductorul odometric în cadrul unei secvențe de măsurare este de asemenea redus, astfel
că nu se asigură rezoluția necesară fixării distanței de eșantionare; b. în condițiile în care
anelopa roții pe care este montat traductorul odometric urmărește într-un grad mai redus
sau mai ridicat neregularitățile drumului testat, în funcție de mărimea acestor neregularități,
nu se poate obține în nicio situație o valoare exactă a deplasării pe orizontală a vehiculului;
c. valoarea luată inițial în considerare, la calculul parametrilor sistemului de măsurare, pentru
circumferința roții pe care este instalat traductorul odometric, poate să nu se mențină în
cursul efectuării determinărilor, datorită unor eventuale variații ale presiunii pneurilor
vehiculului laborator. În sfârșit, un alt dezavantaj este constituit și de faptul că, datorită
ambelor surse principale de erori, proprii echipamentului cunoscut din stadiul tehnicii, și
anume, oscilațiile de tangaj ale vehiculului laborator și, respectiv, defecțiunile de funcționare
ale traductorului odometric, metoda conform soluției cunoscute din stadiul tehnicii nu poate
fi aplicată la stabilirea, în afara indicelui de neuniformitate internațional IRI, și a altor indici
de neuniformitate, destinați evaluării calității suprafețelor de drum, întrucât aceștia necesită
determinări mai precise, ei putând pot fi utilizați la efectuarea unor analize comparative între
sistemele de evaluare.

Metoda și echipamentul pentru testarea în regim dinamic a profilurilor longitudinale,
care formează obiectul prezentei invenții, înlătură aceste dezavantaje, prin aceea că
echipamentul de măsurare, compus din două surse laser și o cameră video, este amplasat
pe o platformă oscilantă, care este menținută în poziție orizontală, independent de oscilațiile
de tangaj pe care le prezintă axa longitudinală a vehiculului laborator, în cursul deplasărilor
sale pe artera rutieră supusă testelor, cu ajutorul unui circuit închis de stabilizare pozițională,
în care este inclus un inclinometru analogic, montat pe platforma oscilantă, și un grup de
acționare, compus dintr-un servomotor și un reductor. De asemenea, conform prezentei
invenții, traductorul de tip odometric, montat pe axa roților motoare ale vehiculului laborator,
este înlocuit cu un ansamblu de măsurare, constituit dintr-un traductor accelerometric,
conectat la intrarea unui circuit electronic, care realizează dubla integrare a semnalului
furnizat de accelerometru, pentru a obține, în acest mod, o mărime de ieșire proporțională
cu deplasarea vehiculului, iar datorită faptului că traductorul accelerometric este montat și
acesta pe platforma oscilantă, mărimea de ieșire obținută este proporțională, în permanență,
cu deplasarea în plan orizontal a vehiculului laborator, independent de neregularitățile
drumului testat. Prin eliminarea acestor surse de erori, metoda pentru testarea profilurilor
longitudinale, care formează obiectul prezentei invenții, obține avantajul că permite să se
determine și alți indici de neuniformitate, destinați evaluării calității suprafețelor de drum,
indici al căror calcul necesită o precizie superioară de măsurare a parametrilor implicați,
printre aceștia numărându-se și indicele de neuniformitate Blr, specific unui integrator de
neuniformități (*Bump-Integrator Irregularity Index*), care este considerat drept "răspuns" al
vehiculului la denivelările drumului testat și a cărui valoare se obține prin însumarea tuturor
valorilor curente care corespund câte unei deplasări pe direcție verticală, în jos spre
paviment, a vehiculului laborator, în cursul unei distanțe standard de testare a pavimentului.

RO 126153 B1

1 Conform celor prezentate, metoda pentru testarea în regim dinamic a profilurilor
longitudinale ale arterelor rutiere, care formează obiectul prezentei invenții, este caracterizată
3 prin:

5 - deplasarea, pe pavimentul testat, a unui vehicul laborator, pe a cărui parte laterală
este montat un ansamblu de doi senzori laser, de măsurare, fără contact, a înălțimii lor
7 curente față de suprafața pavimentului, senzorii laser fiind plasați în aliniere orizontală în
direcția mișcării, la o distanță fixă unul față de celălalt, egală cu distanța de eșantionare
impusă de normele de evaluare a uniformității profilurilor longitudinale de drum;

9 - declanșarea unei secvențe, pentru măsurătorile efectuate simultan de cei doi
senzori susmenționați, la comanda exterioară furnizată de un traductor care măsoară
11 deplasarea vehiculului, de fiecare dată când acest vehicul parcurge o distanță egală cu cea
care există între cei doi senzori;

13 - scăderea, din valoarea înălțimii furnizate de senzorul anterior pe direcția de mișcare,
a valorii înălțimii furnizate de senzorul posterior, pentru a obține, în acest fel, variația elevației
15 profilului de drum, în cadrul fiecărei secvențe de măsurare;

17 - însumarea tuturor variațiilor de elevație obținute în fiecare secvență, începând din
prima secvență de start a măsurătorilor, pentru a obține, în acest fel, valorile elevațiilor profilului
de drum, determinate în raport cu valoarea elevației, obținută la startul măsurătorilor;

19 - înscrierea tuturor valorilor de elevație determinate, în modul prezentat mai sus, la
sfârșitul fiecărei secvențe de măsurare, într-un fișier de tip ERD, care are configurația
21 specializată, necesară, pentru a fi introdusă în programul de calcul al indicelui de neuni-
formitate internațional (IRI - *International Roughness Index*), destinat aprecierii gradului de
23 uniformitate sau neuniformitate (defectelor de uniformitate) al pavimentelor;

25 - scăderea, din valoarea înălțimii furnizate de senzorul anterior în secvența de
măsurare precedentă celei curente, a valorii înălțimii furnizate de senzorul posterior în cadrul
27 secvenței curente, pentru a obține, în acest fel, deplasarea proprie pe direcție verticală a
vehiculului laborator, în cadrul secvenței curente;

29 - însumarea tuturor valorilor curente care corespund câte unei deplasări pe direcție
verticală, în jos spre paviment, a vehiculului laborator și raportarea valorii sumă, obținută la
o distanță de deplasare standard, pentru a obține un indice standard de neuniformitate BI
31 (*Bump Integrator*) care este considerat drept "răspuns" al vehiculului la denivelările drumului
testat.

33 Invenția furnizează, de asemenea, și echipamentul pentru implementarea metodei,
echipament care este caracterizat de faptul că acesta cuprinde:

35 - un vehicul laborator capabil să transporte echipamentul de măsurare, conform
invenției, pe pavimentul supus testării, cu vitezele specificate în normele de circulație pe
37 respectiva arteră rutieră;

39 - o platformă oscilantă, fixată pe o parte laterală a vehiculului laborator și care este
prevăzută cu un sistem de stabilizare care asigură menținerea în poziție orizontală, pe
respectiva platformă oscilantă, a unui ansamblu de doi senzori, care realizează, fiecare,
41 măsurarea înălțimii lor curente de montaj deasupra pavimentului, cei doi senzori fiind dispuși
în linie, pe direcția de deplasare a vehiculului laborator, la o distanță egală cu valoarea
43 distanței de eșantionare impusă de normele de calcul ale indicilor de neuniformitate
internaționali IRI, pentru aprecierea uniformității/neuniformității drumurilor;

45 - un traductor de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator, traductor care,
la intervale de eșantionare prestabilite, furnizează, senzorilor de înălțime, semnale de
47 comandă, pentru declanșarea fiecărei secvențe de măsurare, în momentul parcurgerii, de
către vehicul, a unei distanțe egale, de asemenea, cu această valoare a distanței de eșantio-
49 nare, impusă de normele de calcul al indicilor de neuniformitate internaționali IRI, astfel că

RO 126153 B1

fiecare secvență de măsurare este declanșată în momentul în care, cu precizia asigurată de traductorul de măsurare a deplasării, cel de-al doilea senzor pe direcția de deplasare ajunge să fie plasat în poziția care era ocupată de primul senzor, în secvența precedentă de măsurare;	1
- un sistem de calcul ambarcat în vehicul, și care realizează achiziția, memorarea și procesarea datelor de măsurare.	3
Conform invenției, se are în vedere ca senzorii laser, de măsurare, fără contact, a înălțimilor să fie de tipul scanerelor laser care se bazează pe principiul triangulației. În aceste condiții, blocul de măsurare este alcătuit din două surse laser cu emisie continuă, dispuse în linie, pe direcția de înaintare a vehiculului, la o distanță, una față de cealaltă, egală cu cea a distanței de eșantionare prescrisă de normele de calcul al indicilor de neuniformitate internaționali IRI, de estimare a neuniformităților drumurilor și o cameră video, digitală, cu senzori fotoelectrici liniari (dispuși în linie) și care asigură o mare viteză de scanare a acestor senzori.	5
Camera video este și aceasta plasată în linie cu sursele laser, exact la mijlocul distanței dintre aceste surse, astfel că axa de vedere a camerei video cu scanare în linie (prevăzută cu senzori fotoelectrici liniari) fiind paralelă cu fasciculele laser care sunt perpendiculare pe suprafața pavimentului, nu există situații în care neregularitățile de drum să fie obturate în câmpul de vedere al camerei video. De asemenea, trebuie menționat că, pentru echipamentul conform invenției, alcătuit în acest mod, cele două imagini de reflexie ale celor două surse laser se formează, fiecare, în câte o jumătate a liniei de pixeli ai camerei video, astfel că detectarea separată a acestor imagini se realizează în mod direct, chiar dacă cele două surse laser emit pe aceeași lungime de undă.	7
Alte caracteristici și avantaje ale invenției sunt prezentate în continuare, în descrierea pe larg a invenției, descriere care cuprinde și exemple de realizare constructivă a echipamentelor de testare a profilurilor longitudinale de drum și care face referire inclusiv la desenele care o însoțesc, respectiv, fig. 1...9, care reprezintă:	9
- fig. 1, schema de montaj, pe un vehicul laborator, a unui echipament pentru prelevarea profilurilor longitudinale de drum, conform invenției;	11
- fig. 2, schema de dispunere a componentelor unui bloc de senzori pe o platformă oscilantă, stabilizată în plan orizontal;	13
- fig. 3, schema electrică de montaj a componentelor echipamentului, conform invenției, pentru profilul longitudinal de drum, cu două surse laser și cu axa camerei video paralelă cu fasciculele laser;	15
- fig. 4, schema constructivă a echipamentului, conform invenției;	17
- fig. 5, schema optică, generală, pentru calculul aferent echipamentului conform invenției;	19
- fig. 6, schema de detaliu a senzorului fotoelectric liniar CCD, al camerei video cu pixeli în linie, care intră în alcătuirea echipamentului conform invenției;	21
- fig. 7, schema pentru calculul ordonatelor profilului de drum, în condițiile în care are loc modificarea secvențială în regim dinamic a pozițiilor relative ale domeniilor de măsurare ale echipamentului, conform invenției;	23
- fig. 8, schema pentru calculul deplasărilor proprii pe verticală ale vehiculului laborator, în condițiile în care are loc modificarea secvențială, în regim dinamic, a pozițiilor relative ale domeniilor de măsurare ale echipamentului, conform invenției.	25
- fig. 9 A și B, diagrame pentru evaluarea comparativă a metodologiilor de stabilire a deplasărilor pe verticală (în jos) ale suspensiei în raport cu șasiul vehiculului laborator, pentru calculul indicelui standard de neuniformitate BI (<i>Bump Integrator</i>):	27

RO 126153 B1

1 A. cu echipamentul conform invenției dedicat, în principal, determinării indicelui de
neuniformitate internațional IRI;

3 B. cu un echipament standard dedicat, în mod specific, determinării (contorizării)
indicelui standard de neuniformitate BI (*Bump Integrator*).

5 În cele ce urmează, se trece la o prezentare detaliată a metodei conform invenției,
precum și a construcției și a funcționării echipamentului prevăzut cu două surse laser (scaner
7 laser), care face obiectul prezentei invenții.

9 În fig. 1, este prezentat un echipament pentru testarea în regim dinamic a profilurilor
longitudinale ale arterelor rutiere, dispus pe un vehicul laborator **VL**, echipament ai cărui
senzori de măsurare sunt amplasați într-o carcasă de protecție **C.P.**, montată fix, pe o parte
11 laterală a vehiculului laborator **VL**, cât mai aproape de centrul de greutate al respectivului
vehicul laborator **VL**, pentru a reduce la minimum amplitudinea oscilațiilor de tangaj (în jurul
13 axei sale transversale) care sunt preluate de carcasa de protecție **C.P.** a echipamentului de
testare.

15 Principala componentă a echipamentului conform invenției este constituită sub forma
unui scanner laser, alcătuit din două surse laser **S.L.I** și **S.L.II**, cu emisie continuă, care sunt
17 dispuse în planul longitudinal al vehiculului laborator **VL**, la o distanță **A**, una față de cealaltă,
și care proiectează vertical în jos, spre profilul longitudinal **PL** al pavimentului, câte un
19 fascicul laser **FL I** și, respectiv, **FL II**, plan. La mijlocul distanței **A**, între cele două surse laser
S.L.I și **S.L.II**, este montată o cameră video **C.V.**, digitală, cu senzor fotoelectric liniar **CCD**,
21 care, împreună cu fasciculele laser **FL I** și **FL II**, permite determinarea înălțimii de montaj a
scannerului laser deasupra pavimentului, prin aplicarea tehnicii triangulației asupra imaginilor
23 laser, captate de camera video **C.V.**.

25 Carcasa de protecție **C.P.**, care acoperă, prin părțile sale, laterale și superioară,
componentele scannerului laser, este atașată, de caroseria vehiculului laborator **VL**, cu două
bride de prindere **Br.P.** și **Br.P.'**, așa după cum se arată în fig. 2.

27 În interiorul carcasei de protecție **C.P.**, componentele scannerului laser, respectiv, cele
două surse laser **S.L.I** și **S.L.II**, împreună cu camera video **C.V.**, cu senzor fotoelectric liniar
29 **CCD**, dispusă la mijlocul distanței **A** dintre respectivele surse laser **S.L.I** și **S.L.II**, sunt
montate, pe o platformă oscilantă **P.O.**, stabilizatoare, care mențin direcția de vizare a
31 componentelor susmenționate orientată pe verticală, înspre paviment, indiferent de oscilațiile
de tangaj induse carcasei de protecție **C.P.** de neregularitățile profilului longitudinal **PL** al
33 drumului testat. Ca urmare, determinarea indicelui de neuniformitate internațional IRI se
efectuează, conform soluției propuse în cadrul acestei invenții, în condițiile menținerii direcției
35 de vizare a scannerului laser pe direcție strict verticală, chiar și în situațiile în care drumul de
test, străbătut de vehiculul laborator **VL**, prezintă atât defecțiuni cu frecvențe neregulate ale
37 pavimentului, cât și pante continue. Este de menționat faptul că această soluție a stabilizării
poziționale a scannerului laser se bazează pe faptul că programul de calcul al indicelui de
39 neuniformitate IRI introduce un filtru numeric al cărui factor de amplificare are valoarea
maximă "1", pentru lungimi de undă, ale profilului longitudinal **PL** al drumului, cuprinse între
41 2,4 și 15,4 m, și scade la valoarea de 0,5, pentru lungimi de undă în afara valorilor de 1,2 și,
respectiv, 30,5 m. Din acest motiv, dacă panta continuă de drum, testată, are o lungime mare
43 în raport cu valorile sus-menționate, aceasta nu va influența valoarea calculată a indicelui
de neuniformitate internațional IRI.

45 Sistemul de stabilizare pe orizontală a platformei oscilante **P.O.** cuprinde, ca element
de acționare, un ansamblu servomotor-reductor **Sm+R**, al cărui ax orizontal, cu care se reali-
47 zează rotația platformei oscilante **P.O.** cu un unghi de tangaj $\pm \varphi$, trece prin centrul de

RO 126153 B1

greutate **C.G.** al acesteia. Ansamblul servomotor-reductor **Sm+R** este montat prin intermediul unui stativ de fixare **St.F.**, pe peretele posterior al carcasei de protecție **C.P.**. În componența sistemului de stabilizare intră, de asemenea, și un dispozitiv de măsurare a înclinărilor curente ale platformei oscilante **P.O.**, dispozitiv constituit dintr-un inclinometru **I.m.**, de tip analogic, dispus, în mod normal, pe platforma oscilantă **P.O.**. Pentru a măsura accelerațiile $\pm a$, în plan orizontal, ale vehiculului laborator **VL**, tot pe platforma oscilantă **P.O.**, este dispus un accelerometru **Ac.m.**, care este inclus în circuitul de declanșare, prin comandă externă, a camerei video **C.V.**.

Așa după cum rezultă din schema electrică de montaj a componentelor scannerului laser, prezentată în fig. 3, în acest circuit de declanșare a camerei video **C.V.**, este inclus și un dispozitiv de integrare **D.I.**, care, realizând dubla integrare în timp a semnalelor accelerometrului **Ac.m.**, furnizează, la ieșirea sa, un semnal care este proporțional cu deplasarea curentă a vehiculului laborator **VL**, raportată la un plan orizontal de referință. Circuitele de măsurare ale accelerometrului **Ac.m.** și ale dispozitivului de integrare **D.I.** sunt programate astfel încât să se reseteze la valoarea "zero", ori de câte ori valoarea deplasării curente, contorizată de dispozitivul de integrare **D.I.**, ajunge la o valoare prestabilită care corespunde distanței de eșantionare prescrisă de normele de calcul al indicelui de neuniformitate internațional IRI. În acest fel, ansamblul compus din accelerometrul **Ac.m.** și dispozitivul de integrare **D.I.** realizează declanșarea camerei video **C.V.** și, respectiv, preluarea, de către aceasta, a unei imagini a profilului longitudinal de drum marcat cu cele două fascicule laser **FL I** și **FL II**, ori de câte ori vehiculul laborator **VL**, în deplasarea sa pe drumul testat, a parcurs o distanță **A**, pe orizontală, egală cu valoarea prestabilită. Este de menționat, de asemenea, faptul că, odată cu setarea la zero a dispozitivului de integrare **D.I.**, se realizează de fiecare dată și setarea la zero a accelerometrului **Ac.m.**, pentru a reduce la minimum contorizarea și a valorii de decalaj (*offset*), care afectează valoarea reală a accelerației, și care, în mod normal, prezintă o continuă creștere în timp.

Ansamblul compus din accelerometrul **Ac.m.** și dispozitivul de integrare **D.I.** înlocuiește în acest fel, în cadrul acestei invenții, traductoarele de tip odometric, montate pe axa roților motoare ale vehiculelor laborator **VL**, de acest tip, care realizează, și acestea, testarea calității arterelor rutiere. Motivul acestei înlocuiri este acela că traductorul de tip odometric, măsurând deplasarea vehiculului laborator **VL**, prin contorizarea impulsurilor corespunzătoare unghiului de rotație al roții pe care este instalat, o valoare exactă a deplasării pe orizontală nu se poate obține, în condițiile în care anvelopa roții respective urmărește neregularitățile drumului testat. Din acest motiv, intervalele de eșantionare stabilite cu traductorul odometric nu pot avea, în planul orizontal al deplasării, aceeași dimensiune, respectiv, cea impusă pentru stabilirea indicelui de neuniformitate internațional IRI.

În schema electrică de montaj al componentelor scannerului laser, prezentată în fig. 3, este inclus și circuitul complet de stabilizare, în plan orizontal, al platformei oscilante **P.O.**, circuit în cadrul căruia inclinometrul **I.m.**, de tip analogic, transmite semnalele sale proporționale cu înclinările corespunzătoare unghiului de tangaj $\pm\phi$, prin intermediul unui amplificator electronic **A.E.**, către ansamblul servomotor-reductor **Sm+R**, care acționează în sensul reducerii acestor înclinări, cu o minimă întârziere de timp.

Imaginile colectate de camera video **C.V.** sunt introduse într-un program de prelucrare a datelor, care rulează pe un sistem de calcul constituit dintr-un calculator **P.C.** și un monitor **Mon.**, care sunt, și acestea, ambarcate pe vehiculul laborator **VL**. La același sistem de calcul, este conectat și un receptor **GPS**, cu ajutorul căruia se realizează corelarea parametrilor de evaluare a unor defecțiuni ale pavimentului, cu locațiile geografice ale acestora.

RO 126153 B1

1 O baterie de acumulatori **B.Ac.**, care poate fi chiar bateria circuitelor de aprindere a
vehiculului laborator **VL**, furnizează, printr-o bornă de alimentare U , o tensiune continuă
3 de 12 Vc.c., necesară alimentării tuturor componentelor scannerului laser, care, în schema
de montaj din fig. 3, sunt prevăzute cu câte o conexiune destinată conectării la borna de
5 alimentare U , menționată. Pentru alimentarea electrică a sistemului de calcul, alcătuit din
calculatorul **P.C.** și monitorul **Mon.**, se utilizează tensiunea alternativă de 220 V, 50 Hz,
7 furnizată de un convertizor **Conv.**, care este conectat la aceeași bornă de alimentare U ,
a bateriei de acumulatori **B.Ac.**.

9 Schema constructivă a scannerului laser, prezentată în fig. 4, consemnează faptul că
axa camerei video **C.V.**, cu senzor fotoelectric liniar **CCD**, este paralelă cu fasciculele laser
11 **FL I** și **FL II**, perpendiculare pe suprafața pavimentului, iar camera video **C.V.** este dispusă
în linie, între cele două surse laser **S.L. I** și **S.L. II**, la distanțe **D I** și, respectiv, **D II**, egale față
13 de acestea. În fig. 4, se marchează, de asemenea, prin notațiile "LCV I" și, respectiv, "LCV
II", fiecare dintre limitele câmpului de vedere **LCV I** și, respectiv, **LCV II**, anterioară și,
15 respectiv, posterioară, ale camerei video **C.V.**.

Pentru determinarea indicelui de neuniformitate internațional IRI (*International*
17 *Roughness Index*), este necesar ca, pentru distanțele **D I** și **D II** dintre axele surselor laser
S.L. I și **S.L. II**, și axa camerei video **C.V.**, să se adopte valoarea 125 mm:

$$19 \quad D I = D II = D = 125 \text{ mm.}$$

Celelalte dimensiuni de bază ale parametrilor scannerului laser sunt marcate în
21 reprezentarea grafică din fig. 4, după cum urmează:

C - distanța de gardă a scannerului laser, față de drum;

23 **NOM** - nivelul de origine al domeniului de măsurare;

NMM - nivelul maxim al domeniului de măsurare;

25 y_{\max} - ordonata maximă a denivelărilor măsurate.

Pentru stabilirea relațiilor funcționale de calcul ale scannerului laser, conform invenției,
27 se face însă referire la fig. 5, în care se prezintă schema optică, generală, a scannerului laser,
precum și la fig. 6, în care se prezintă schema detaliată a senzorului fotoelectric liniar **CCD**
29 (senzor de tip linie - *line scan*), împreună cu sistemele coordonatelor de măsurare, atașate
acestui senzor. În aceste figuri au fost introduse și următoarele notații, pentru mărimile
31 dimensionale ale scannerului laser:

b - lungimea senzorului fotoelectric cu senzor fotoelectric liniar **CCD**;

33 **f** - distanța focală a obiectivului **L** al camerei video **C.V.** cu senzor fotoelectric liniar
CCD.

35 În cele ce urmează, cu "n" se notează numărul total de pixeli ai senzorului fotoelectric
liniar **CCD**;

37 Operațiile de prelucrare a datelor achiziționate încep cu extragerea, din fiecare
imagine recepționată de camera video **C.V.**, cu senzor fotoelectric liniar **CCD**, a ordonatei
39 curente $[i]$, care corespunde pixelului care a recepționat imaginea sursei laser **SL I**,
respectiv, **SL II**, reflectată de paviment, prin aplicarea unui program software de detectare
41 a pixelului de maximă luminozitate de pe respectiva linie. Pentru fiecare imagine curentă $[i]$,
programul de detectare permite determinarea, în raport cu capătul **O'** al senzorului
43 fotoelectric liniar **CCD**, a câte unui cuplu de ordonate, măsurate în pixeli, ordonate marcate
cu următoarele notații:

45 y''_{I_i} [pixeli], reprezentând ordonata curentă $[i]$ a pixelului care recepționează
semnalul sursei laser **S.L. I**;

y'''_{II_i} [pixeli], reprezentând ordonata curentă [i] a pixelului care recepționează 1

semnalul sursei laser **S.L. II**;

Întrucât pixelul care recepționează semnalul sursei laser **S.L. II** este situat 3
întotdeauna în acea jumătate a senzorului fotoelectric liniar **CCD** care este mărginită de 5
capătul **O''** al acestuia (fig. 6), pentru simplificarea operațiilor de calcul, se recurge la

schimbarea bazei de măsurare de la capătul **O'**, la capătul **O''**, pentru ordonata y'''_{II_i} , care 7
devine ordonata y''_{II_i} , cu ajutorul relației:

$$y''_{II_i} \text{ [pixeli]} = n - y'''_{II_i} \text{ [pixeli]} \quad (1) \quad 9$$

În continuare, pentru ca înălțimea neregularităților de drum să fie exprimată în unități 11
liniare [mm], este necesar ca pentru unitatea de măsură a ordonatelor y''_i , curente [i],

determinate în modul precizat mai sus, să se realizeze transformarea, din pixeli - pentru 13
ordonatele y''_i , în milimetri, pentru noile ordonate y'_i , fără ca bazele de măsurare ale

acestor ordonate y'_i și y''_i să fie schimbate, transformare efectuată cu ajutorul 15
următoarelor relații de transformare:

$$y'_{I_i} [mm] = \frac{b}{n} \cdot y''_{I_i} [pixeli]; \quad y'_{II_i} [mm] = \frac{b}{n} \cdot y''_{II_i} [pixeli] \quad (2) \quad 17$$

Așa după cum se prezintă în fig. 5, în cadrul unei secvențe de măsurare curente [i] 19
, notațiile " y'_{I_i} " și " y'_{II_i} " definesc ordonatele y'_{I_i} și y'_{II_i} ale profilului longitudinal **PL** 21

al drumului, măsurate, în raport cu nivelul de origine al domeniului de măsurare **NOM**, 23
corespunzător secvenței de măsurare [i] curente, în punctele marcate de către sursele laser **S.L. I** și, respectiv, **S.L. II**.

Pe baza mărimilor definite în cele de mai sus, pentru calculul ordonatelor y'_{I_i} și 25
 y'_{II_i} , ale unor puncte ale profilului longitudinal **PL**, al drumului, pe baza ordonatelor y'_{I_i}

și, respectiv, y'_{II_i} , ale imaginilor acestor puncte, pe senzorul fotoelectric liniar **CCD**, cu 27

care este prevăzută camera video **C.V.**, se utilizează relațiile: 29

$$y_{I_i} = C \cdot \frac{y'_{I_i}}{\frac{b}{2} - y'_{I_i}} \quad (3) \quad 31$$

1 și

$$3 \quad y_{II_i} = C \cdot \frac{y'_{II_i}}{\frac{b}{2} - y'_{II_i}} \quad (4)$$

5 unde s-a ținut seama că:

$$7 \quad C = 2 \cdot D \cdot \frac{f}{b} \quad (5)$$

9 Din relațiile 3 și 4, se obțin și relațiile inverse, și anume, acelea cu care se realizează
calculul ordonatei y'_i , a punctului imagine, pe senzorul fotoelectric liniar **CCD**, în funcție

11 de ordonata y_i , a punctului corespunzător din profilul longitudinal **PL**, al drumului:

$$13 \quad y'_{I_i} = \frac{\frac{b}{2}}{y_{I_i} + C} \cdot y_{I_i} \quad (6)$$

$$15 \quad y'_{II_i} = \frac{\frac{b}{2}}{y_{II_i} + C} \cdot y_{II_i} \quad (7)$$

17 În acest fel, adoptând o valoare maximă y_{\max} , a domeniului de măsurare,
19 corespunzătoare profilului longitudinal **PL**, al drumului testat, se poate calcula valoarea
maximă a ordonatei y'_{\max} , a imaginii respective, de pe senzorul fotoelectric liniar **CCD**,
21 cu relația:

$$23 \quad y'_{\max} = \frac{b}{2} \cdot \frac{y_{\max}}{y_{\max} + C} \quad (8)$$

25 Pe această bază, se poate stabili și relația de calcul a rezoluției curente de măsurare,
27 sub forma:

$$29 \quad \frac{dy'_i}{dy_i} \left[\frac{\text{pixeli}}{\text{mm}} \right] = \frac{n}{2} \cdot \frac{C}{(y_i + C)^2} \quad (9)$$

31 Întrucât, așa după cum rezultă și din relațiile de calcul 3 și 4, semnalele provenite de
33 la cele două surse laser **SL I** și **SL II** se plasează în segmente diferite ale senzorului
fotoelectric liniar **CCD** - semnalele primei surse laser **S.L. I**, într-un prim segment **O'O**,
35 corespunzător primei jumătăți din lungimea senzorului fotoelectric liniar **CCD**, menționat, iar
semnalele celei de-a doua surse laser **S.L. II**, într-un al doilea segment **O''O**, corespunzător
37 celei de-a doua jumătăți din lungimea aceluiași senzor fotoelectric liniar **CCD**, menționat,
este important de semnalat faptul că acest scanner laser, cu axa optică a camerei video **C.V.**
39 paralelă cu fasciculele laser **FL I** și **FL II**, nu necesită ca cele două surse laser **SL I** și **SL II**
să emită pe lungimi de undă diferite, în vederea detectării, separate, a celor două semnale.

41 La relațiile de calcul, stabilite conform celor prezentate mai sus, în condițiile corespunzătoare
regimului static, respectiv, pentru situația în care vehiculul laborator **VL** stă pe
43 loc, trebuie să se adauge un grup suplimentar de relații, care țin seama de modificările care
afectează rezultatele determinărilor în condițiile dinamice, normale, de funcționare, ale

RO 126153 B1

vehiculului laborator **VL**, respectiv, atunci când acesta se deplasează cu viteza legală admisă, pe respectiva arteră rutieră. Principalul factor care influențează în aceste condiții rezultatele determinărilor este constituit de faptul că, în cursul deplasării sale pe drumul testat, vehiculul laborator **VL**, purtător al echipamentului de control, efectuează și o serie de deplasări pe verticala locului, deplasări induse de neregularitățile de drum, și amplificate, respectiv, atenuate, de sistemul de suspensie elastică (arcuri și amortizoare) al vehiculului laborator **VL**. Frecvența acestor oscilații ale vehiculului laborator **VL** este, desigur, determinată de frecvența proprie ($1\div 2$ Hz) a sistemului său elastic de suspensie.

Datorită deplasărilor proprii pe verticală, ale vehiculului laborator **VL**, are loc, așa după cum se prezintă în diagramele din fig. 7 și 8, modificarea poziției domeniilor de măsurare în raport cu nivelul de referință **NR1**, al primei secvențe de măsurare **S1**. Pentru caracterizarea acestui regim dinamic, este necesar să se introducă și un grup suplimentar de mărimi, ale căror notații, alături de notația "PL", pentru profilul longitudinal **PL**, al drumului testat, utilizată și în situațiile anterioare, au fost înscrise în fig. 7 și 8, după cum urmează:

S1, S2, S3, secvențele succesive de măsurare;

NR1, NR2, NR3, nivelurile de referință ale măsurătorilor corespunzătoare fiecăreia dintre secvențele succesive de măsurare **S1, S2, S3**;

NGR, nivelul general de referință la care sunt raportate ordonatele y_{R_i} , ale profilului longitudinal **PL**, al drumului testat;

y_{R_i} , ordonatele raportate la nivelul general de referință **NGR** și care sunt utilizate pentru calculul indicilor de neuniformitate, necesari estimării calității drumului testat;

NIR, nivelul inițial de referință la care sunt raportate deplasările d_{R_i} , pe verticală, ale vehiculului laborator **VL**;

$d_i, i = 1, 2, 3$, deplasările pe verticală ale vehiculului laborator **VL**, corespunzătoare secvențelor succesive de măsurare **S1, S2, S3**;

d_{R_i} , deplasarea curentă, pe verticală, a vehiculului laborator **VL**, în raport cu nivelul inițial de referință **NIR**, al măsurătorilor.

În conformitate cu schemele din fig. 7 și 8, și cu notațiile stabilite mai sus, determinarea valorilor ordonatelor curente ale profilului longitudinal **PL**, al drumului testat, precum și ale deplasărilor proprii, pe verticală, ale vehiculului laborator **VL**, implică efectuarea următoarelor calcule, pentru fiecare secvență succesivă de măsurare:

Secvența 1 de măsurare **S1**:

$$y_1 = y_{I_1} - y_{II_1} \quad 33$$

$$y_{R_1} = y_1 \quad 35$$

$$d_1 = 0 \quad 35$$

Secvența 2 de măsurare **S2**:

$$y_2 = y_{I_2} - y_{II_2} \quad 37$$

$$y_{R_2} = y_1 + y_2 = (y_{I_1} - y_{II_1}) + (y_{I_2} - y_{II_2}) \quad 39$$

$$d_2 = y_{I_1} - y_{II_2} \quad 41$$

RO 126153 B1

1 Secvența 3 de măsurare **S3**:

$$y_3 = y_{I_3} - y_{II_3}$$
$$y_{R_3} = y_1 + y_2 + y_3 = (y_{I_1} - y_{II_1}) + (y_{I_2} - y_{II_2}) + (y_{I_3} - y_{II_3})$$
$$d_3 = y_{I_2} - y_{II_3}$$

5

7

Secvența de măsurare curentă [i]:

$$y_i = y_{I_i} - y_{II_i};$$

$$y_{R_i} = y_1 + y_2 + \dots + y_i = (y_{I_1} - y_{II_1}) + (y_{I_2} - y_{II_2}) + \dots + (y_{I_i} - y_{II_i}) = \sum_{k=1}^i (y_{I_k} - y_{II_k}); \quad (24)$$

$$d_i = y_{I_{i-1}} - y_{II_i}; \quad (25)$$

15 După cum rezultă din relația de calcul 24, ordonata curentă y_i , a profilului

longitudinal **PL**, al drumului testat, stabilită în raport cu nivelul ordonatei y_{i-1} , determinată în secvența de măsurare anterioară [$i-1$], se obține prin scăderea, una din cealaltă, a ordonatelor y_{I_i} și y_{II_i} , ambele ordonate fiind măsurate simultan, în cadrul aceleiași

17 secvențe de măsurare curente [i], deci independent de nivelul, pe verticală, la care se găsește vehiculul laborator **VL**, în momentul respectiv. Pentru a efectua calculul indicelui de neuniformitate internațional IRI (*International Roughness Index*), destinat estimării gradului

19 de neuniformitate al drumului testat, ordonatele y_i , curente, sunt raportate la un nivel general de referință **NGR**, așa cum este cel corespunzător punctului "0" al profilului longitudinal **PL**, al drumului, pentru care, în secvența **S1**, s-a efectuat măsurarea ordonatei

21 y_{II_1} . Pentru a obține ordonatele y_{R_i} , raportate la nivelul **NGR**, este necesar să se

însumeze ordonatele y_i , relative, obținute în toate secvențele de măsurare **S1**, **S2**, **S3**, ...,

27 începând din momentul de start al măsurărilor. După ce, în prealabil, s-a efectuat transformarea necesară pentru exprimarea în metri a ordonatelor y_{R_i} (spre exemplu au

29 fost divizate cu factorul "1000", dacă rezultatele senzorilor de măsurare sunt exprimate în milimetri) aceste ordonate sunt introduse, în continuare, într-un fișier cu configurația specializată (ERD - *External Resource Definition*), necesară, pentru a fi introdus într-un program de calcul destinat calculării indicelui de neuniformitate internațional IRI.

31 Separat de aceasta, se poate calcula o valoare a indicelui de neuniformitate internațional IRI, total independentă de deplasările proprii, pe verticală, ale vehiculului laborator **VL**, pe baza ordonatelor relative y_i , care constituie, fiecare, variația elevației

33 profilului longitudinal **PL**, al drumului, în cadrul unei secvențe de măsurare curente [i] și a căror serie aproximează derivata funcției analitice corespunzătoare respectivului profil longitudinal **PL**, al drumului.

RO 126153 B1

Deplasarea d_i , curentă, pe verticală, pe care vehiculul laborator VL o efectuează 1
în intervalul de timp scurs între două secvențe succesive de măsurare, stă la baza constituirii 3
unui parametru care este considerat drept "răspuns" al vehiculului laborator VL, la 3
denivelările drumului testat. Deplasările d_i , pe verticală, se obțin, așa după cum rezultă 5
din relația 25, prin scăderea, unul din celălalt, a rezultatelor măsurătorilor efectuate cu 5
fiecare dintre scanerile laser, în parte, în secvențe adiacente. Pe această bază, se poate 7
obține valoarea unui indice de neuniformitate Blr, propriu (specific invenției), dacă se 7
însumează toate deplasările d_i , curente, având valori pozitive (care corespund unei 9
deplasări orientate spre paviment, a vehiculului laborator V.L.), pentru o deplasare pe 9
distanța de 1 km (care corespunde la 4000 de secvențe de măsurare, fiecare în lungime de 11
25 cm). Astfel, se obține, conform invenției, o formulă a indicelui de neuniformitate Blr, 11
specific unui integrator de neuniformități (*Bump-Integrator Irregularity Index*), al profilului 13
longitudinal PL, al drumului testat:

$$Blr = \sum_{i=k}^{k+4000} d_i \quad (26) \quad 15$$

în care se însumează numai termenii care îndeplinesc condiția: 17

$$d_i = y_{I_{i-1}} - y_{II_i} > 0 \quad 19$$

Calculul indicelui de neuniformitate Blr, specific unui integrator de neuniformități, se 21
poate efectua prin preluarea valorilor deplasării d_i , curente, pe distanța de 1 km, începând 23
din oricare punct al traseului pe care se efectuează determinarea indicelui de neuniformitate 23
internațional IRI.

În conformitate cu lucrarea autorilor Widayat, D., Adhitya, A. J. și Tool, T. "*Roughness 25
calibration studies different measuring systems*", "*Fourth. Annual Conference on Road 27
Engineering*", Jakarta, Indonezia, 19-21 November 1990, pentru uniformizarea determinărilor 27
obținute pentru indicele de neuniformitate Blr, specific unui integrator de neuniformități 29
(*Bump-Integrator Irregularity Index*), acestea trebuie să fie corectate în raport cu variațiile de 29
viteză ale vehiculului laborator VL, la valoarea unui indice standard de neuniformitate Bl_{32} , 31
care estimează calitatea drumului, și care corespunde unei viteze de 32 km/h, corelarea 31
realizându-se cu ajutorul relației:

$$Bl_{32} = (V/32)^{0.5} \times (Blr - 474) + 474 \text{ [mm/km]} \quad (27) \quad 33$$

a. pentru suprafețe cu neregularități pronunțate și pentru viteze de operare cuprinse 35
între 20 și 65 km/h, precum și pentru suprafețe netede și viteze de operare cuprinse 35
între 20 și 32 km/h, și, respectiv, cu ajutorul relației:

$$Bl_{32} = (V/32) \times (Blr - 474) + 474 \text{ [mm/km]} \quad (28) \quad 37$$

b) pentru suprafețe netede și viteze de operare cuprinse între 32 și 65 km/h, 39
unde V este viteza de deplasare a vehiculului laborator VL, la care au fost 39
efectuate măsurătorile, exprimată în km/oră.

Pentru a realiza această corecție de viteză a indicelui de neuniformitate Blr, specific 41
unui integrator de neuniformități Blr (*Bump-Integrator Irregularity Index*), este necesar ca, 41
simultan cu rezultatele măsurătorilor efectuate asupra neregularităților de drum, să fie 43

RO 126153 B1

1 înregistrate și valorile vitezei V de deplasare a vehiculului laborator **VL**, valori furnizate
de receptorul **GPS**, odată cu datele privind locația geografică, curentă, a vehiculului laborator
3 **VL**. Totodată, realizarea acestei corecții necesită ca, pe intervalul de distanță de 1 km,
pentru care se urmărește să se estimeze și valoarea indicelui de neuniformitate Bl_r , specific
5 unui integrator de neuniformități, să se mențină o viteză V de deplasare a vehiculului
laborator **VL**, pe cât posibil constantă.

7 De asemenea, conform lucrării mai sus menționate, prin studii experimentale,
efectuate de către "Road Engineering Division-Institute of Road Engineering", Bandung,
9 Indonesia, s-a stabilit o relație de corelare estimativă între cei doi indici de neuniformitate IRI
și Bl , internațional și, respectiv, standard:

$$11 \quad IRI = 0,0027 \times (Bl_{32})^{0,944}$$

unde indicele de neuniformitate internațional IRI este exprimat în m/km, iar indicele standard
13 de neuniformitate Bl_{32} este exprimat în mm/km.

Faptul că scannerul laser, conform invenției, permite determinarea simultană, în cursul
15 aceleiași testări, a mărimilor care permit calcularea celor doi indici de neuniformitate IRI și
 Bl_r , face posibilă efectuarea unor analize comparative între evaluările stabilite de acești indici
17 de neuniformitate, pentru calitatea aceluiași porțiuni de drum.

Datorită faptului că frecvența cu care senzorii laser realizează, în mod curent,
19 secvențele de măsurare, este de regulă ridicată, în mod obișnuit, deplasările d_i , pe
verticală, de la o secvență la cealaltă, au o valoare relativ redusă, astfel că este necesar ca
21 senzorii de măsurare utilizați să prezinte o rezoluție suficient de ridicată, încât să permită
detectarea, fără erori, a deplasărilor d_i . Legat de acest aspect, este de menționat faptul
23 că această condiție nu este îndeplinită, decât într-o măsură redusă, de către echipamentele
standard de măsurare a neuniformității drumului, precum integratorul de neuniformități
25 (*Bump Integrator*), care, pentru a face ca operația de înregistrare a deplasărilor șasiului
vehiculului laborator **VL** să se realizeze pentru un singur sens al deplasării acestuia, folosesc
27 un modul de transmisie constituit dintr-un lanț cu un element de zăvorăre, astfel că, datorită
zalelor lanțului, înregistrarea deplasărilor se realizează în mod discontinuu, prin unități de
29 contorizare a căror valoare este de ordinul unui inch (25,4 mm).

În fig. 9 sunt prezentate două diagrame (A și B) pentru evaluarea comparativă a
31 metodologiilor de stabilire a deplasărilor pe verticală (în jos) ale șasiului vehiculului laborator
VL, în raport cu suspensia aceluiași vehicul laborator **VL**, pentru calculul indicelui standard
33 de neuniformitate Bl (*Bump Integrator*):

a. cu echipamentul conform invenției dedicat, în principal, determinării indicelui de
35 neuniformitate internațional IRI ;

b. cu un echipament standard dedicat, în mod specific, determinării (contorizării)
37 indicelui standard de neuniformitate Bl (*Bump Integrator count*).

În aceste diagrame s-a luat ca bază de analiză aceeași curbă de evoluție a deplasării
39 d , pe verticală, a suspensiei, în raport cu șasiul vehiculului laborator **VL**, în funcție de
distanța D , străbătută de vehiculul laborator **VL**.

Prin "P.S.", s-a marcat, în cele două diagrame A și B, (fig. 9), punctul de start **P.S.**,
41 al măsurătorilor, iar prin segmentul **AB**, mărimea reală a deplasării, pe verticală în jos, a
șasiului vehiculului laborator **VL**, în cadrul porțiunii de drum considerate. În cazul diagramei
43 A, intervalele de eșantionare sunt orientate pe verticală și au o lățime a intervalului de

RO 126153 B1

eșantionare I_{IRI} , unde $I_{IRI} = 250$ mm, iar în cazul diagramei B, intervalele de eșantionare sunt orientate pe orizontală și au o lățime C_{BI} , unde $C_{BI} = 25,4$ mm. 1

Deplasarea $A_{IRI}B_{IRI}$, măsurată prin folosind metodologia de determinare a IRI, este marcată, în diagrama A, prin segmentul de dreaptă " $A_{IRI}B_{IRI}$ ", iar deplasarea $A_{BI}B_{BI}$, măsurată folosind metodologia de determinare a BI, este marcată, în diagrama B, prin segmentul de dreaptă " $A_{BI}B_{BI}$ ". S-au notat cu " $\Delta 1$ " și, respectiv, " $\Delta 2$ ", abaterea $\Delta 1$ și, respectiv, $\Delta 2$, ale deplasării $A_{IRI}B_{IRI}$, măsurate folosind metodologia de determinare a IRI, față de deplasarea AB , reală, iar cu " Δ ", abaterea Δ a deplasării $A_{BI}B_{BI}$, măsurate prin metodologia de determinare a metoda BI, față de aceeași deplasare AB , reală. 3
5
7
9

Pentru o evaluare numerică comparativă, dacă se adoptă o valoare normală a vitezei $V = 40$ km/h, a vehiculului laborator VL , pentru intervalul de eșantionare $I_{IRI} = 0,25$ m, se obține următoarea durată de timp t_{IRI} , unde: 11

$$t_{IRI} = I_{IRI} / V = 0,250 \times 3.600 / 40.000 = 0,0225 \text{ s}; \quad 13$$

În continuare, tot pentru această evaluare numerică, pentru amplitudinea d_{\max} , a oscilațiilor proprii ale suspensiei vehiculului laborator VL , se adoptă următoarea valoare uzuală: 15

$$d_{\max} = 4 \times C_{BI} = 4 \times 25,4 = 101,6 \text{ mm}; \quad 17$$

Admițând acum că oscilațiile proprii ale suspensiei vehiculului laborator VL prezintă o evoluție în timp de tip sinusoidal cu o frecvență normală $f = 1$ Hz, se obține, pentru viteza maximă $V_{d_{\max}}$, a acestor oscilații, valoarea: 19

$$V_{d_{\max}} = d_{\max} \times 2\pi f = 101,6 \times 2\pi \times 1 = 638,048 \text{ mm/s} \quad 21$$

Cu datele obținute, se poate evalua acum, pentru echipamentul conform invenției, prevăzut cu scanner laser, rezoluția de scanare pe verticală a integratorului de neuniformități BI (*Bump Integrator*), calculând valoarea maximă d_{IRI} , pe care o atinge deplasarea relativă a șasiului vehiculului laborator VL , pe durata de timp t_{IRI} , a intervalului de eșantionare I_{IRI} , unde $I_{IRI} = 0,250$ m: 23
25

$$d_{IRI} = V_{d_{\max}} \times t_{IRI} = 638,048 \times 0,0225 = 14,356 \text{ mm} \quad 27$$

Din aceste evaluări, rezultă că echipamentul conform invenției, prevăzut cu scanner laser, conform invenției, destinat, în mod specific, pentru determinarea indicelui de neuniformitate internațional IRI (*International Roughness Index*), permite stabilirea în același timp și a indicelui standard de neuniformitate BI (*Bump Integrator*), cu o rezoluție a cărei valoare $d_{IRI} = 14,356$ mm, rezultată din exemplul numeric prezentat, este comparabilă cu valoarea $C_{BI} = 25,4$ mm, care este obținută, de regulă, de către echipamentele concepute în mod special pentru efectuarea acestei operații. 29
31
33

RO 126153 B1

1 Se apreciază că mărimea erorilor de măsurare ale echipamentului conform invenției,
prevăzut cu scanner laser de testare a profilurilor longitudinale **PL**, ale drumurilor, este
3 influențată, în principal, atât de rezoluția de măsurare a scannerului laser, respectiv, cât și de
precizia traductorului de măsurare a intervalelor de eșantionare ale profilului longitudinal **PL**,
5 al drumului. Din acest motiv, în cadrul invenției, se propune ca, în locul unui traductor
odometric, care este folosit, în general, de echipamentele de măsurare a profilului
7 longitudinal al drumului, să se utilizeze un accelerometru **Ac.m.**, dispus pe o platformă
oscilantă **P.O.**, stabilizată în plan orizontal, și care să fie conectat la un dispozitiv de
9 integrare **D.I.**, ce realizează dubla integrare a semnalului transmis acestuia de către
accelerometru **Ac.m.**, menționat.

11 În plus, eroarea de măsurare a echipamentului cu două surse laser, conform
invenției, este influențată într-o măsură importantă și de grosimea liniilor de marcare laser.
13 Se apreciază că pentru a beneficia de valoarea ridicată a rezoluției de măsurare asigurată
de senzorul fotoelectric liniar **CCD**, de tip digital, este necesar ca și linia de marcare laser,
15 aferentă sursei laser **SL I** și, respectiv, **SL II**, să aibă o grosime apropiată de ordinul de
mărime al rezoluției camerei video **C.V.**, respectiv, $0,2 \div 0,3$ mm. În plus, este necesar ca
17 stabilirea ordonatei pixelului, care prezintă o iluminare maximă, să se efectueze prin
medierea întregii zone de senzori fotoelectrici liniari **CCD**, care prezintă o iluminare crescută,
19 ca urmare a proiectării, pe aceștia, a imaginii pe care o prezintă grosimea liniei de marcare
laser.

21 În sfârșit, se apreciază că, întrucât camera video **C.V.**, cu senzori fotoelectrici liniari
CCD, funcționează, de regulă, cu frecvențe ridicate de scanare, echipamentul conform
23 invenției are posibilitatea să efectueze prelevarea profilurilor longitudinale **PL**, ale drumului
testat, și în condițiile în care vehiculul laborator **VL** se deplasează cu viteza maximă admisă
25 pe calea de acces rutieră pe care circulă respectivul vehicul laborator **VL**.

RO 126153 B1

Revendicări

1. Metodă pentru testarea în regim dinamic a profilurilor longitudinale ale arterelor rutiere, care constă în: 3
- deplasarea, pe suprafața unui paviment având un anumit profil longitudinal (PL) supus testării, a unui vehicul laborator (VL) care are montată, pe o parte laterală a sa, o platformă oscilantă (P.O.), stabilizată pe orizontală față de oscilațiile de tangaj ale vehiculului laborator (VL), platformă oscilantă (P.O.) pe care este montat un echipament de măsurare, compus din două surse laser (S.L.I și S.L.II), cu emisie continuă de fascicule laser (FL I și FL II), sursele laser (S.L.I și S.L.II) fiind dispuse în linie, pe direcția de înaintare a vehiculului laborator (VL), la o distanță (A), una față de celalaltă, egală cu cea a distanței de eșantionare prescrisă de normele de calcul ale indicilor de neuniformitate internaționali IRI, pentru aprecierea uniformității/neuniformității drumurilor; și 5
 - preluarea unei imagini cu ajutorul unei camere video (C.V.), digitală, cu senzori fotoelectronici liniari (CCD), cameră video (C.V.) plasată în linie cu sursele laser (SL I și SL II) și exact la mijlocul distanței (A) dintre sursele laser (SL I și SL II), cu axa de vedere a camerei video (C.V.) paralelă cu fasciculele laser (FL I și FL II), perpendiculare pe suprafața pavimentului; 7
 - metodă în care se utilizează un traductor de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator (VL), traductor de măsurare cu care se asigură declanșarea unei secvențe de măsurare curente [i], pentru măsurătorile efectuate simultan de către sursele laser (SL I și SL II) și care sunt realizate la comanda externă furnizată de traductorul de măsurare a deplasării vehiculului laborator (VL), de fiecare dată când vehiculul laborator (VL) menționat, parcurge o distanță egală cu distanța (A) la care sunt dispuse sursele laser (SL I și SL II), una în raport cu cealaltă; 9
- achiziția, memorarea și procesarea datelor de măsurare cu ajutorul unui sistem de calcul în care au loc etapele metodei: 11
- a) scăderea din valoarea înălțimii (y_{I_i}) furnizate de senzorul laser anterior reprezentat de prima sursă laser (S.L.I) pe direcția de mișcare, a valorii înălțimii (y_{II_i}) furnizate de senzorul laser posterior reprezentat de cea de a doua sursă laser (S.L.II), cu obținerea variației elevației (y_i) a profilului longitudinal (PL) al drumului, în cadrul fiecărei secvențe de măsurare curente [i]: 13
- $$y_i = y_{I_i} - y_{II_i} \quad 15$$
- b) însumarea tuturor variațiilor de elevație (y_i) obținute în fiecare secvență de măsurare curentă [i] începând din prima secvență (S1), de start, a măsurătorilor, pentru a obține valorile elevațiilor y_{R_i} ale profilului longitudinal (PL) al drumului, determinate în raport cu valoarea elevației (y_1) obținută la startul măsurătorilor; 17
- $$y_{R_i} = y_1 + y_2 + \dots + y_i = (y_{I_1} - y_{II_1}) + (y_{I_2} - y_{II_2}) + \dots + (y_{I_i} - y_{II_i}) = \sum_{k=1}^i (y_{I_k} - y_{II_k}); \quad 19$$
- c) calcularea, pentru aprecierea gradului de uniformitate sau neuniformitate al pavimentelor, a valorii indicelui de neuniformitate internațional IRI, cu ajutorul unui program 21

RO 126153 B1

1 de calcul care preia, ca date de intrare, valorile de elevație y_{R_i} determinate la sfârșitul
fiecărei secvențe de măsurare curente $[i]$, înscrise, în prealabil, într-un fișier de configurație
3 specializată recunoscută de către programul de calcul menționat;

d) scăderea din valoarea înălțimii $(y_{I_{i-1}})$ furnizate de senzorul laser anterior
5 reprezentat de prima sursă laser (S.L.I) în secvența de măsurare anterioară (i-1), a valorii
înălțimii (y_{II_i}) furnizată de senzorul laser posterior reprezentat de cea de a doua sursă laser
7 (S.L.II), în cadrul secvenței de măsurare curentă $[i]$, cu obținerea deplasării d_i , proprii,
pe direcție verticală, a vehiculului laborator (VL) în cadrul secvenței de măsurare curentă [
9 $i]$:

$$11 \quad d_i = y_{I_{i-1}} - y_{II_i}$$

13 metodă **caracterizată prin aceea că** mai cuprinde:

e) însumarea tuturor valorilor curente având valori pozitive care corespund câte unei
15 deplasări d_i , pe direcție verticală, în jos spre paviment, a vehiculului laborator (VL), cu
obținerea valorii unui indice de neuniformitate Blr, propriu

$$17 \quad Blr = \sum_{i=k}^{k+4000} d_i$$

19 unde valorile curente ale deplasării d_i care îndeplinesc condiția :

$$21 \quad d_i = y_{I_{i-1}} - y_{II_i} > 0.$$

sunt obținute în cursul unei distanțe standard de deplasare a vehiculului laborator (VL), de
23 1 km, care corespunde la 4000 secvențe de măsurare în lungime de 25 cm, fiecare,
respectiv egale cu distanța (A) dintre cele două surse laser (S.L.I și S.L.II) utilizată la
25 determinarea valorii indicelui de neuniformitate internațional IRI menționat.

2. Echipament pentru testarea, în regim dinamic, a profilurilor longitudinale ale
27 arterelor rutiere, pentru aplicarea metodei de la revendicarea 1, echipament cuprinzând un
doi senzori laser, realizați cu surse laser (S.L.I și S.L.II), și o cameră video (C.V.) digitală,
29 cu senzori fotoelectronici liniari (CCD), echipament amplasat pe un vehicul laborator (VL), care
rulează cu viteze normale, admise pentru calea de acces rutieră, al cărui paviment este
31 supus testării de către echipamentul menționat, **caracterizat prin aceea că** are în alcătuire:

- o platformă oscilantă (P.O.), fixată pe o parte laterală a vehiculului laborator (VL)
33 și care este menținută în plan orizontal cu ajutorul unui sistem de stabilizare, care este
alcătuit dintr-un dispozitiv de măsurare a înclinărilor curente ale platformei oscilante (P.O.),
35 dispozitiv constituit dintr-un înclinometru (I.m.) dispus, în mod normal, pe platforma oscilantă
(P.O.), și dintr-un element de acționare, care este comandat de semnalul de înclinare,
37 furnizat de înclinometru (I.m.) și care este constituit dintr-un ansamblu servomotor-reductor
(Sm+R), al cărui ax orizontal, cu care se realizează rotația în tangaj a platformei oscilante
39 (P.O.), trece prin centrul de greutate al acesteia;

RO 126153 B1

- un bloc de doi senzori realizați cu surse laser (**S.L.I** și **S.L.II**), menținuți în poziție orizontală de platforma oscilantă (**P.O.**) pe care sunt montați și care realizează, fiecare, măsurarea înălțimii lor curente de montaj deasupra pavimentului, cei doi senzori realizați cu surse laser (**S.L.I** și **S.L.II**) fiind dispuși în linie, pe direcția de deplasare a vehiculului laborator (**VL**), la o distanță (**A**) egală cu o distanță de eșantionare de valoare prescrisă; 1
3
5
 - o cameră video (**C.V.**) digitală, cu senzori fotoelectrici dispuși în linie, care este montată, și aceasta, pe platforma oscilantă (**P.O.**), între cei doi senzori realizați cu sursele laser (**S.L.I** și **S.L.II**); 7
 - un sistem de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator (**VL**), sistem care, la intervale de eșantionare prestabilite, furnizează senzorilor de înălțime semnale de comandă, pentru declanșarea a câte unei secvențe de măsurare (**S1**, **S2**, **S3**, ...), în momentul parcurgerii de către vehiculul laborator (**VL**) a unei distanțe egale, de asemenea, cu valoarea prescrisă a distanței de eșantionare, astfel că fiecare secvență de măsurare (**S1**, **S2**, **S3**, ...) este declanșată, cu precizia asigurată de traductorul de măsurare a deplasării, în momentul în care, pe direcția de deplasare, cel de-al doilea senzor realizat cu sursă laser (**S.L.II**) ajunge să fie plasat în poziția care era ocupată de primul senzor realizat cu sursă laser (**S.L.I**), în secvența precedentă de măsurare; 9
11
13
15
17
 - un sistem de calcul ambarcat în vehiculul laborator (**VL**) și care realizează achiziția, memorarea și procesarea datelor de măsurare. 19
3. Echipament conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** sistemul de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator (**VL**) include un accelerometru (**Ac.m.**) montat pe platforma oscilantă (**P.O.**) și un dispozitiv de integrare (**D.I.**) care, realizând dubla integrare în timp a semnalelor accelerometrului (**Ac.m.**), furnizează, la ieșirea sa, un semnal care este proporțional cu deplasarea curentă a vehiculului laborator (**V.L.**), raportată la un plan orizontal de referință, circuitele de măsurare ale accelerometrului (**Ac.m.**) și ale dispozitivului de integrare (**D.I.**), menționat, fiind programate astfel încât să se reseteze la valoarea „zero”, ori de câte ori valoarea deplasării curente, contorizată de dispozitivul de integrare (**D.I.**), ajunge la o valoare prescrisă, egală cu distanța de eșantionare. 21
23
25
27
4. Echipament conform revendicării 2 sau 3, **caracterizat prin aceea că** înglobează un ansamblu de senzori laser, care funcționează pe principiul trianghulației și care este alcătuit din două surse laser (**S.L.I** și **S.L.II**) cu emisie continuă, dispuse în linie, pe direcția de înaintare a vehiculului laborator (**VL**), la o distanță (**A**), una față de cealaltă, egală cu cea a distanței de eșantionare prescrisă, și dintr-o cameră video (**C.V.**), digitală, cu senzori fotoelectrici liniari (**CCD**), pentru a asigura o mare viteză de scanare, camera video (**C.V.**) fiind plasată în linie cu sursele laser (**S.L.I** și **S.L.II**), la jumătatea distanței dintre aceste două surse laser (**S.L.I** și **S.L.II**), și având axa de vedere a camerei video (**C.V.**) cu scanare în linie, fiind paralelă cu fasciculele laser (**FL I** și **FL II**) care sunt perpendiculare pe suprafața pavimentului, iar declanșarea camerei video (**C.V.**) și, respectiv, preluarea, de către aceasta, a unei imagini a profilului longitudinal de drum marcat cu cele două fascicule laser (**FL I** și **FL II**), fiind comandată de către sistemul de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator (**VL**) ori de câte ori acesta, în deplasarea sa pe drumul testat, a parcurs o distanță (**A**), pe orizontală, egală cu o valoare prestabilită. 29
31
33
35
37
39
41

(51) Int.Cl.

G01B 11/30 (2006.01),

G01C 7/04 (2006.01),

G01N 3/06 (2006.01)

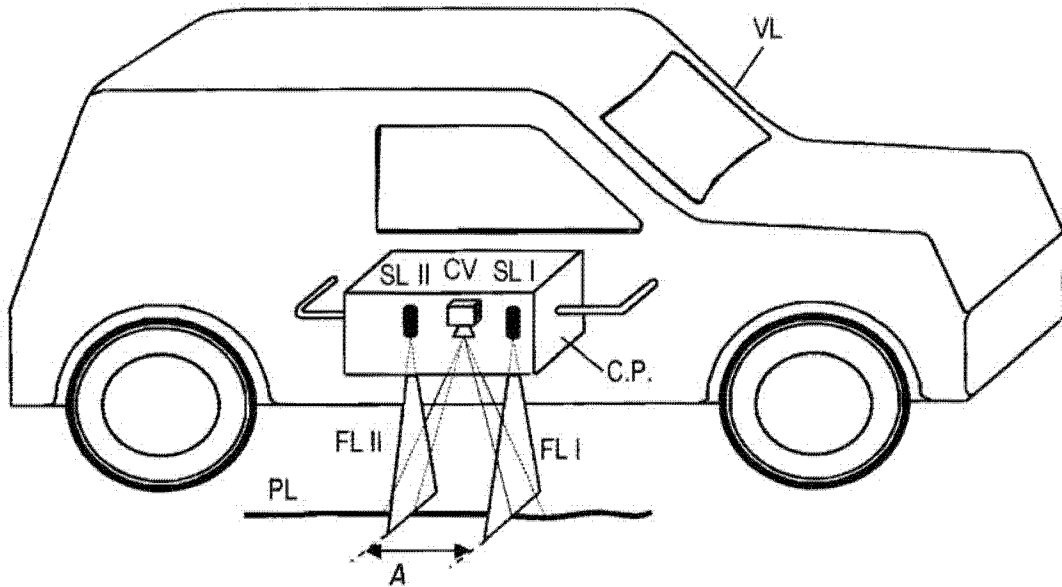


Fig. 1

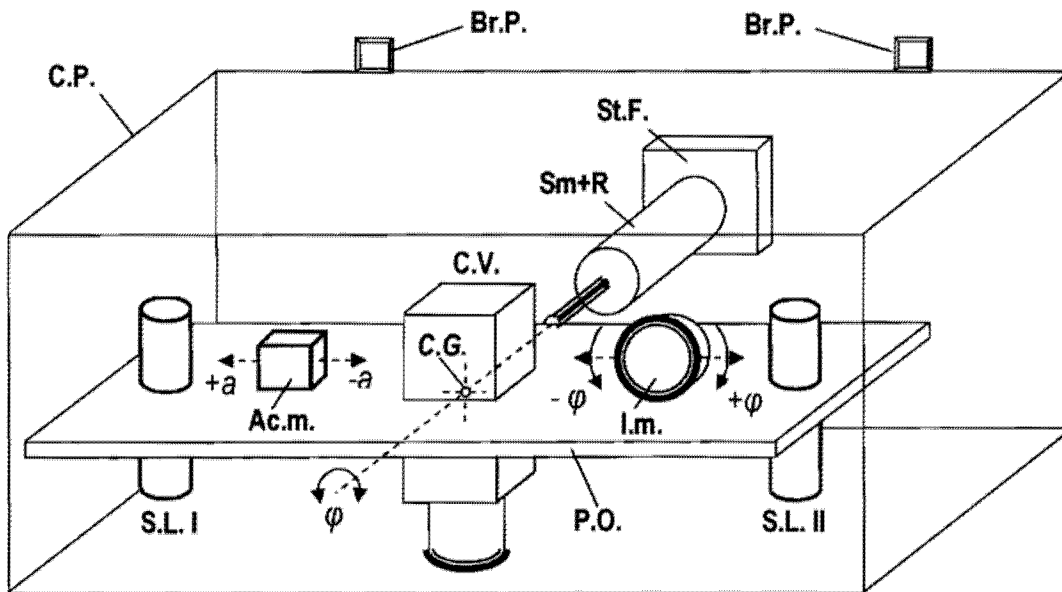


Fig. 2

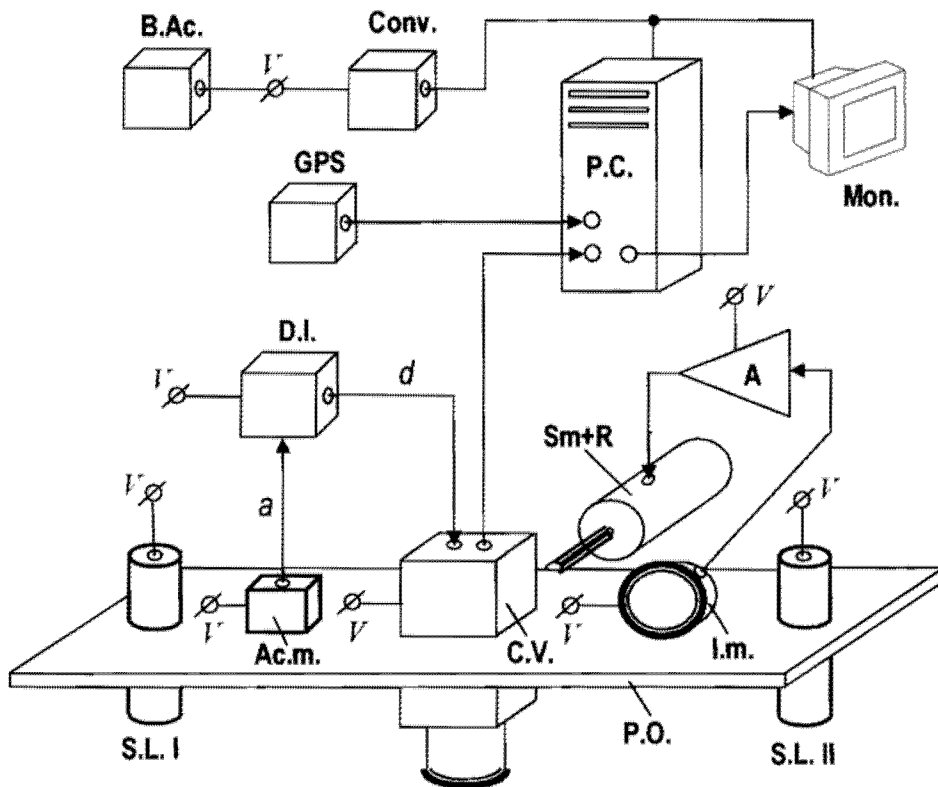


Fig. 3

(51) Int.Cl.

G01B 11/30 (2006.01),

G01C 7/04 (2006.01),

G01N 3/06 (2006.01)

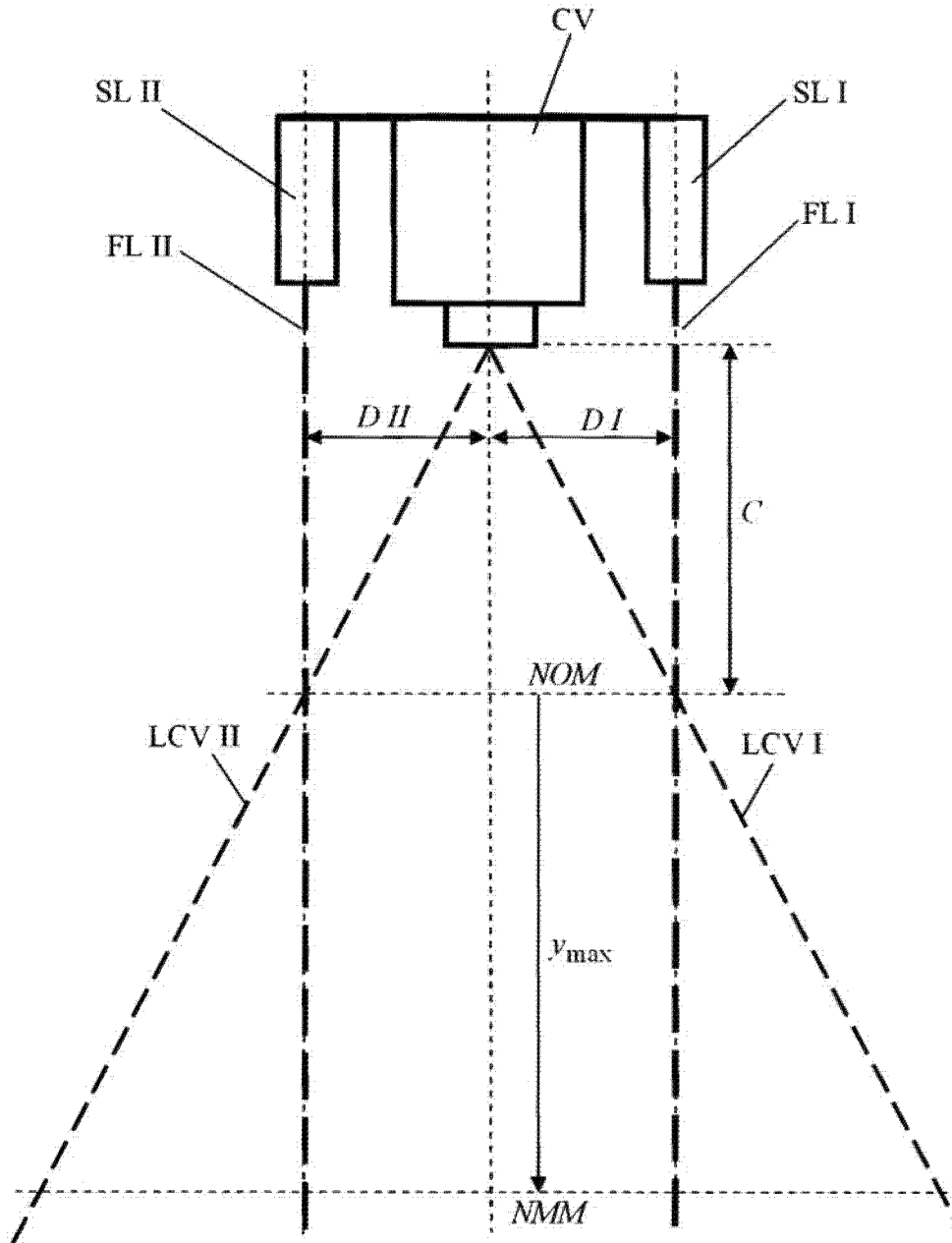


Fig. 4

(51) Int.Cl.

G01B 11/30 (2006.01),

G01C 7/04 (2006.01),

G01N 3/06 (2006.01)

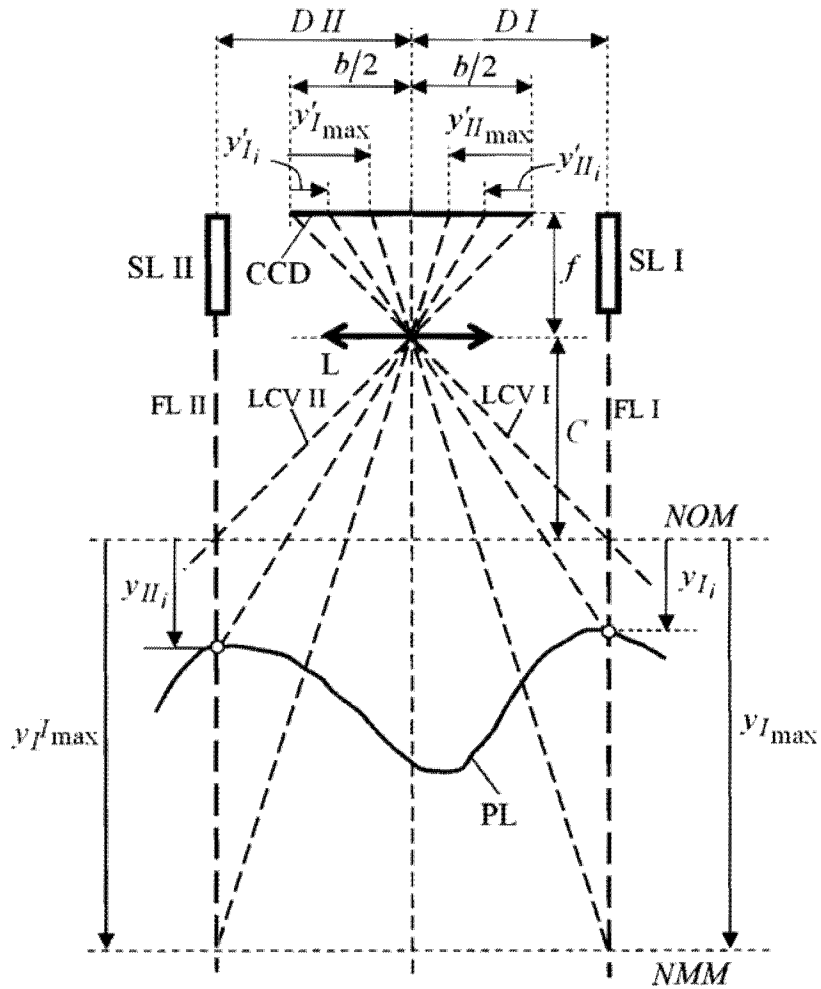


Fig. 5

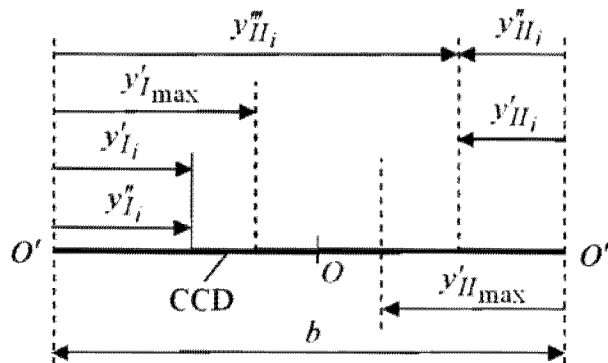


Fig. 6

(51) Int.Cl.

G01B 11/30 (2006.01),

G01C 7/04 (2006.01),

G01N 3/06 (2006.01)

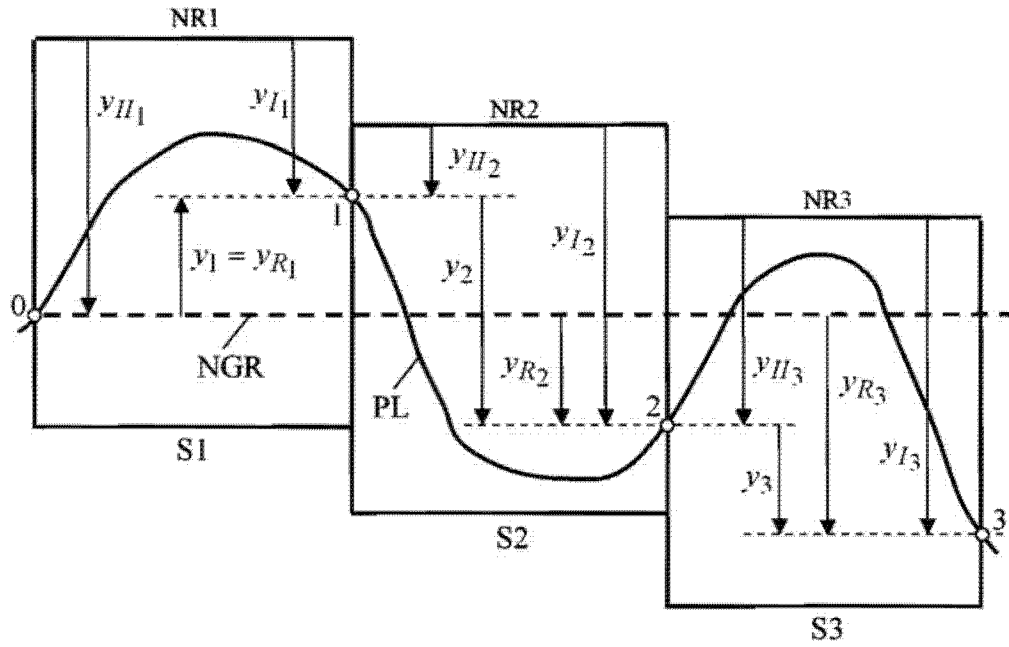


Fig. 7

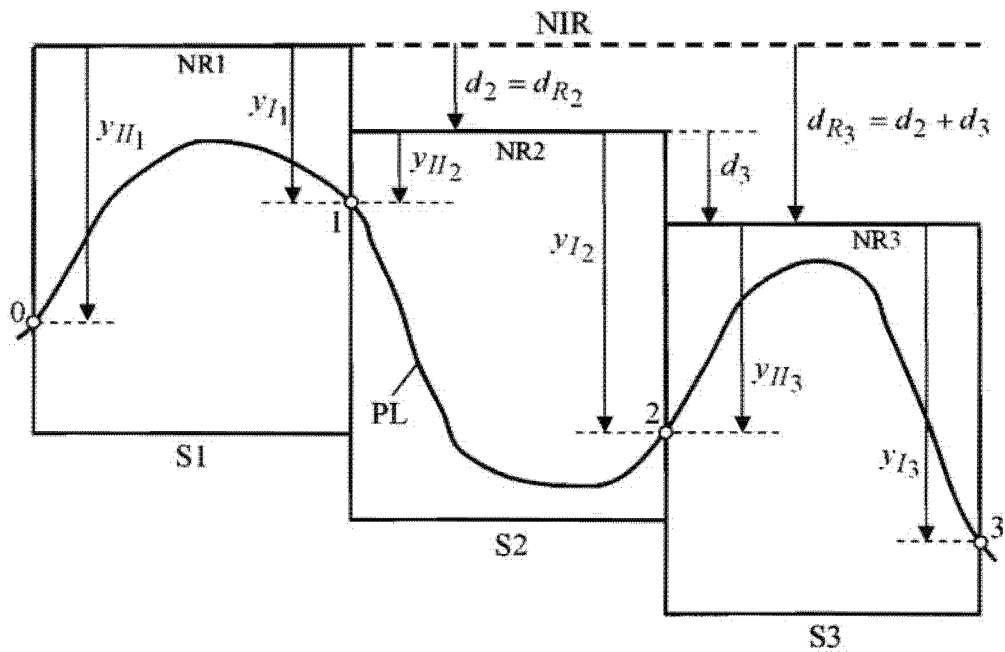


Fig. 8

(51) Int.Cl.

G01B 11/30 (2006.01);

G01C 7/04 (2006.01);

G01N 3/06 (2006.01)

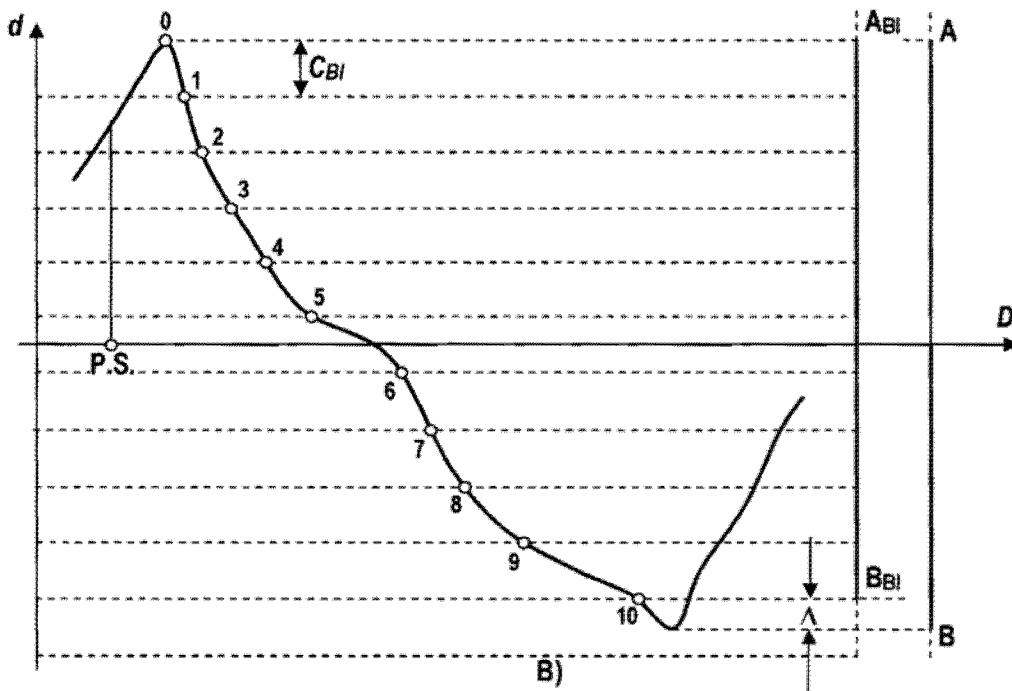
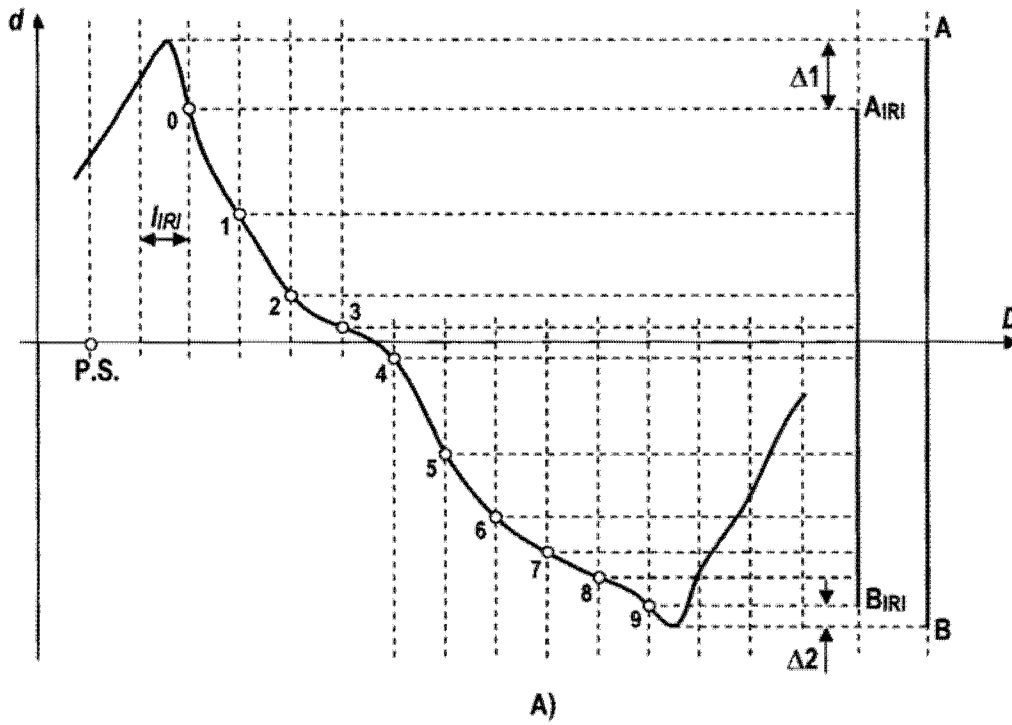


Fig. 9



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 530/2012