

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00076

(22) Data de depozit: 17/02/2020

(41) Data publicării cererii:
27/11/2020 BOPI nr. 11/2020

(71) Solicitant:
• ACCENT PRO 2000 SRL,
STR. NERVA TRAIAN NR.1, BL.K6, SC.1,
AP.26, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• IOVEA MIHAI, STR. NERVA TRAIAN NR.1,
BL.K6, SC.1, AP.26, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) SISTEM DE SCANARE TOMOGRAFICĂ CU RAZE X ÎN TREI
DIMENSIUNI FĂRĂ MIȘCARE DE ROTAȚIE DESTINAT
SCANĂRII BAGAJELOR SAU A ALTOR OBIECTE DE
INTERES

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de scanare tomografică cu raze X în trei dimensiuni a bagajelor. Sistemul, conform invenției, cuprinde trei surse (1) de raze X poziționate la unghiuri radiale diferite, fiecare sursă generând fascicule de radiații sub formă de evantai, care iradiază câte două șiruri de detectori de raze X, dispuse lateral simetric față de planul sursei de radiații la un unghi de 5-15° față de planul normal pe un tunel (4) care conține sursa de radiații, obținându-se astfel patru șiruri (2) de detectori în forma literei L și două șiruri (3) de detectori în forma literei U, tunelul (4) conținând un conveier care transportă bagajul (5) prin translație continuă într-o direcție (6) prin fasciculele de raze X (7).

Revendicări: 10
Figuri: 8

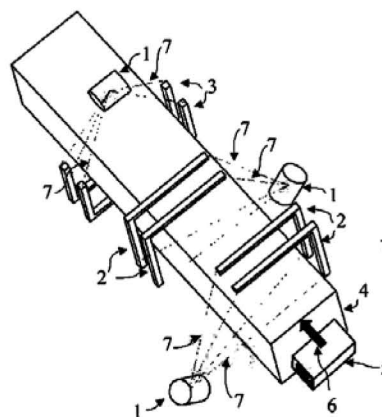


Fig. 1



18

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2020 00076
Data depozit 17-02-2020

SISTEM DE SCANARE TOMOGRAFICA CU RAZE X IN TREI DIMENSIUNI FARA MISCARE DE ROTATIE DESTINAT SCANĂRII BAGAJELOR SAU A ALTOR OBIECTE DE INTERES

Descrierea invenției

1. Domeniul la care se refera invenția

Invenția a cărei brevetare o solicităm se referă la o procedură originală privind obținerea de tomografii 3D ale bagajelor sau a altor obiecte de interes folosind o metodă tomografică 3D fără mișcare de rotație, cu doar o mișcare de translație a bagajului, în locul metodei clasice de tomografie rotațională. În cazul metodei ce face obiectul prezentei cereri de brevet, proiecțiile sunt obținute folosind fascicule oblice de raze X emise în geometrie evantai și detectate folosind șiruri de detectori spectroscopici.

Din acest punct de vedere, invenția face parte din categoria metodelor de scanare bagaje cu raze X în domeniul Securității, în vederea detectării materialelor potențial periculoase.

2. Necesitatea eficientizării la maximum a controlului de securitate al bagajelor

Creșterea amenințărilor teroriste, coroborată cu dezvoltarea continuă a traficului aerian, au dus la necesitatea îmbunătățirii securității zborurilor prin creșterea performanței echipamentelor din punctele de control folosite la inspectarea bagajelor, pentru detectarea în special a explozivilor, dar și altor materiale interzise sau periculoase.

Cele mai performante scanere și cele mai utilizate sunt cele cu raze X care, la controlul de securitate al bagajelor, trebuie să răspundă mai multor cerințe obligatorii, precum: să prezinte un număr redus de alarme fals pozitive și respectiv de alarme fals negative, să fie rapide și fiabile, să aibă un gabarit și un consum energetic cât mai redus să permită control automat real, fără intervenția operatorului.

În funcție de tipul de detectorii de raze X care sunt utilizați în scanere la măsurarea radiației transmise prin bagajele scanate, instalațiile actuale de control nedistructiv al bagajelor se împart în:

- de tipul clasic, ai căror detectori integrează energetic toată intensitatea radiației X transmise, și care pot realiza imagini radiografice digitale ale bagajului;

- cu detectori de tipul „doua-energii” ce permit măsurarea razelor X transmise în două zone spectrale de energii, și care pot realiza imagini radiografice ale bagajului în numerele atomice efective (Z_{eff}) ale materialelor scanate, permițând astfel o mai bună identificare a materialelor periculoase din acestea;
- cu detectori de tipul spectroscopic sau „multe-energii”, care măsoară spectrul radiației transmise prin bagaj în mai multe zone spectrale înguste energetic numite canale, ceea ce permite determinarea cu precizie și acuratețe a valorilor Z_{eff} cat și identificarea materialelor componente.

De menționat că în funcție de modul în care este realizată scanarea și achiziția datelor 3D, tomografele cu raze X destinate controlului bagajelor, la rândul lor, se împart în două mari categorii:

- tomografe mecanice clasice, derivate din soluția tehnică a celor medicale, în care sursa de raze X și șirul de detectori sunt mecanic rotați în jurul tunelului prin care bagajul este deplasat liniar pe banda de transport. Această soluție tehnică este din ce în ce mai puțin utilizată din cauza problemelor tehnice, al energiei electrice consumate ridicate, vitezei de control a bagajelor relativ mică și, nu în ultimul rând, al costurilor ridicate de achiziție.
- tomografe statice, care utilizează mai multe surse de raze X și mai multe șiruri liniare de detectori montați în poziții fixe în jurul tunelului prin care bagajul este translatat de către conveyer. Acest sistem de tomograf static este cel mai avansat concept tehnologic în domeniul controlului bagajelor și prezenta invenție se referă la o soluție tehnică nouă optimizată pentru un astfel de sistem de control bagaje.

Cele mai utilizate scanere cu raze X utilizate pe scara largă în aeroporturi sunt însă cele de tipul „doua-energii” și „doua-vederi” care scanează bagajele după două unghiuri ortogonale față de banda de transport. Însă cele mai performante astfel de echipamente cu raze X pentru scanarea bagajelor sunt Tomografele cu raze X care realizează imagini ale bagajului scanat direct în trei dimensiuni (3D).

La ora actuală, controlul tomografic se poate realiza prin tehnici „doua-energii” sau „multe-energii” iar acestea reprezintă sistemul cel mai avansat de scanat bagaje ce însă mai poate fi încă sensibil îmbunătățit în ceea ce privește viteza de control, acuratețea și nu în ultimul rând costul de exploatare, inclusiv reducerea prețului final al instalațiilor folosite

3. Problema tehnică ce o rezolva invenția în elaborarea a sistemului de scanare 3D static-translațional folosind algoritmi de reconstrucție iterativi.

În cadrul prezentei cererii de brevet sunt propuse principiul și construcția unui sistem tomografic static folosind mai multe surse de raze X și mai multe șiruri de

detectors de radiații montați în poziții fixe de-a lungul unui tunel rectangular prin care bagajul investigat este translatat de un conveier cu bandă transportoare.

Sistemul include un număr de surse de raze X distribuite radial fata de tunel si direcția de deplasare a conveierului, plasate în unul sau mai multe plane apropiate de-a lungul tunelului, și care produc fascicule plate de raze X de tip evantai după mai multe direcții care iradiază un număr corespunzător de șiruri de detectori așezați liniari, poziționați pe suprafața exterioară a tunelului, simetric la stânga și la dreapta planului sursei perpendicular pe tunel. Poziția radiala, numărul surselor și al șirurilor de detectori de raze X liniari sunt astfel alese pentru a avea o vizare completă a obiectului scanat prin tunel și la o rezoluția spațială dorită a obiectului investigat. Detectorii sunt dispuși în grupuri de forma literei „L” (configurație „L”) sau literei „U” (configurație „U”). Elementele de ecranare dispuse în jurul surselor și detectorilor trebuie sa asigure ca fiecare detector să fie iluminat de către o singură sursă. Totodată, fiecare detector individual, aparținând fiecărui sir de detectori, este astfel orientat încât acesta sa fie perpendicular pe fasciculul de raze X care cade pe suprafața acestuia provenind din evantaiului de raze X emis de sursa.

Fiecare generator de raze X se află astfel poziționat pentru ca fasciculul său de raze X să ilumineze toți detectorii situați în toate planele proprii. Sursele pot produce raze X la două sau mai multe energii, sau șirurile de detectori de raze X pot fi de tipul „doua-energii” sau „multe-energii”, pentru a permite obținerea unor reconstrucții tomografice care să conțină informații privitoare atât la numărul atomic efectiv Z_{eff} cat și la densitatea materialelor ce intră în componența obiectelor scanate. În același timp, sistemele coplanare compuse din sursă + un sir de detectori sunt orientate la un unghi inclinat mic în raport cu direcția de mișcare a obiectului analizat astfel încât fiecare voxel (volum elementar al volumului de scanare) să contribuie la mai multe proiecții tomografice, ceea ce permite obținerea unei rezoluții crescute a tomogramei 3D a obiectului.

Astfel, în **Figura 1** se prezinta un exemplu de implementare pentru doar trei surse de raze X **1** poziționate la unghiuri radiale diferite, fiecare sursa generând fascicule de radiații sub forma de evantai ce iradiază cate doua șiruri de detectori de raze X așezate lateral simetric fata de planul sursei de radiații la un unghi relativ mic de valori, de exemplu in gama 5-15 grade fata de planul normal pe tunel care conține sursa de radiații. Se obțin astfel cate patru șiruri **2** de detectori in forma literei L si doua șiruri **3** de detectori in forma literei U. Tunelul **4** conține un conveier care transporta bagajul **5** prin translație continua in direcția **6** prin fasciculele de raze X **7** sub forma de evantai ale celor trei surse de radiații.

Calculul reconstrucției tomografice se face folosind diferiți algoritmi algebrici iterativi (ART) de reconstrucție tomografica. In general, acești algoritmi se bazează, conform **Figura 2**, pe determinarea atenuării radiației emise de sursa de raze X **1** sub forma unui fascicul conic de radiații incident îngust **2** notat I_0 , care intersectează elementul de volumul **3** denumit voxel, considerat plin cu un material având

coeficientul liniar de atenuare a radiatei X notat cu μ , si care apoi atenuază radiația incidenta pe lungimea liniei punctate **4** notata cu d , iar apoi, la ieșirea din voxel, intensitatea radiației atenuata **5**, notata cu I este măsurata de detectorul de radiații **6**. Astfel, se poate scrie legea de atenuare a radiatei la trecerea printr-un material pentru acest voxel:

$$I = I_0 \times e^{\mu \times d} \quad (1)$$

Sau, prin logaritmare expresiei (1) se obține atenuarea radiației X datorata voxelului, notata cu p :

$$p = \ln \frac{I_0}{I} = \mu \times d \quad (2)$$

Pentru implementarea unui algoritm reconstrucție in trei dimensiuni, se împarte întâi zona de reconstrucție a obiectului scanat in volume elementare/voxeli a căror dimensiune este corelata cu rezoluția spațiala dorita in reconstrucția tomografica, obținând-se astfel o matrice 3D de voxeli numita *V3D* de reconstrucție in care se va încadra obiectul scanat. Cunoscându-se pozițiile constructive ale surselor de radiații X si a detectorii amplasați in jurul tunelului la poziții fixe si corelând cu poziția volumul *V3D* data de deplasare controlata pe banda conveierului, putem cunoaște la fiecare poziție a *V3D*, prin calcule geometrice, pentru oricare raza măsurata de un detector ce voxelii intersectează si ce lungime au aceste intersecții, respectiv ce atenuare introduce fiecare voxel, operație valabila pentru oricare raza aparținând oricărei surse sau sir de detectori din geometria utilizata. Astfel, pornind de la datele furnizate de detectorul de radiații (acesta putând fi de orice tip) si aplicând formula (2) pentru toți voxelii intersectați din volumul *V3D* se obține atenuarea totala a unei raze sau o proiecție a detectorul I , descrisa de expresia:

$$p_l = \sum_{i,j,k=1}^n \mu_{ijkl} \times d_{ijkl} \quad (3)$$

unde: p_l este atenuarea razei sau proiecția măsurata de detectorul I prin atenuarea razei incidente emisa de sursa de raze X în obiectul scanat și măsurata de detectorul I al unui sir de detectori; μ_{ijkl} este coeficientul de atenuare liniara a radiațiilor de către elementul de volum (voxel) aflat in poziția ijk si care este intersectat de fasciculul I de raze X ce este incident pe detectorul I iar d_{ijkl} este lungimea intersectata de fasciculul I cu voxelul ijk .

Pentru toate proiecțiile se precalculează si se memorează inițial o singura data care sunt voxelii intersectați si ce contribuții au acestea pentru fiecare proiecție, putând fi apoi utilizate pentru calculul fiecărei noi scanări. În cazurile practice sistemul de ecuații liniare (3) este sub-determinat și poate fi rezolvat iterativ folosind diferite rețete si constrângeri fizice pentru modul de definire a convergenței, pentru a limita numărul de iterații și a converge rapid către o soluție cu sens fizic.

În plus, frecvența de achiziționare a datelor detectorilor trebuie să fie suficient de mare pentru ca distanța între pozițiile obiectului, corespunzând la două eșantionări succesive produse de aceeași detectori, să fie de câteva ori mai mică decât dimensiunea voxelului, proiectată pe direcția de mișcare. În acest caz prin fiecare voxel scanat pot să treacă mai multe raze corespunzătoare unor detectori diferiți, fiecare element de volum al obiectului scanat contribuind în mai multe plane tomografice având orientări spațiale diferite și generând astfel mai multe ecuații de tipul (3), crescând astfel determinarea sistemului de ecuații.

Dacă pentru una sau mai multe surse, razele / definite de sursa și de șirurile de detectori asociați nu sunt paralele cu planul perpendicular pe direcția de mișcare a obiectului scanat, iar distanța între două achiziții de date succesive este suficient de mică în raport cu dimensiunile tipice ale elementelor de volum/voxel, același element de volum/voxel *ijk* din obiectul studiat contribuie, pentru aceeași rază, pentru fiecare poziție de eșantionare, în tot atâtea ecuații, fără ca acestea să fie legate printr-un factor de proporționalitate. Acest mod de lucru numit supra-eșantionare duce la creșterea numărului de ecuații (3), care conțin contribuția unui element de volum dat la atenuările „văzute” de diferite raze și implică la mărirea stabilității și preciziei soluției și la o viteză mărită de convergență către soluția sistemului, datorită mării numărului de constrângeri ce trebuie satisfăcute. Disponibilitatea relativă a surselor și detectorilor asociați propusă aici, pentru a lucra în modul de supra-eșantionare, oferă avantaje de eficiență și viteză în comparație cu alte soluții existente (brevetele US20050078862A1, US7672427, US7424089, US7177391B2 sau US8670601B2).

Pentru exemplificarea avantajului razelor/proiecțiilor neperpendiculare față de direcția de scanare și poziționarea acestora la un unghi mic față de perpendiculara pe direcția de scanare, în **Figura 3a** se prezintă un ansamblu în două dimensiuni (aceeași justificare fiind valabilă și în trei dimensiuni) format dintr-o sursă de raze **1**, un detector de radiații **2** și o rază **3** care constituie un ansamblu ce determină o proiecție și care generează o ecuație conținând coeficienții de atenuare liniară ai pixelilor prin care trece raza și lungimea parcursului razei prin aceștia, conform (3). În **Figura 3b** sunt prezentate patru ansambluri, fiecare precum cel din **Figura 3a**, ce determină patru proiecții distanțate la un pas **4** printr-o matrice de pixeli de reconstrucție având dimensiunea **5**. Se poate observa că toate cele patru proiecții sunt identice și generează practic aceeași ecuație, deci în această situație, când proiecțiile sunt perpendiculare pe direcția de scanare, nu se pot obține ecuații diferite decât la pași mai mari de translație decât dimensiunea pixelului de reconstrucție. În **Figura 3c** este prezentată soluția noastră care, în aceleași condiții ca în **Figura 3a**, doar că toate proiecțiile au fost înclinate la un unghi **6** astfel încât fiecare din cele patru proiecții descrie ecuații diferite datorită parcurșurilor diferite prin pixeli diferiți. Această proprietate a proiecțiilor înclinate face ca să se poată obține un număr mai mare de ecuații liniar independente care conduc la realizarea unor reconstrucții

tomografice de calitate, chiar in condițiile in care un număr mic de surse de raze X sunt utilizate.

In general, la toate celelalte soluții de scanare tomografica utilizate, pentru a putea obține tomograme/secțiuni de calitate, sunt necesare achiziții/proiecții multiple de date pentru o secțiune din bagaj reconstruita, realizate la mai multe poziții de rotație in planul de reconstrucție perpendicular pe direcția de deplasare a benzii. Astfel in brevetul US7177391B2 sunt utilizate 28 de surse de raze X care generează 28 de proiecții in fiecare secțiune din bagaj, iar prin deplasarea bagajului pe banda se obțin secțiuni succesive care prin acumulare generează reprezentarea bagajului in 3D. Numărul foarte mare de surse utilizate creeaza mari probleme de întreținere si mentenanța, sistemul este voluminos, consuma multa energie, are rezoluții spațiale modeste si, nu in ultimul rând, costa foarte mult.

Spre deosebire de patentele existente, in cazul soluției noastre, prin simpla translație cu pași mai mici decât dimensiunile detectorilor se obțin noi proiecții, transformând astfel necesitatea clasica de a avea unghiuri de rotație cat mai multe pentru reconstrucții tomografice de calitate in simple translații ale bagajului, putând astfel sa reducem semnificativ numărul de surse de raze X necesare.

Totodată, spre deosebire de alte soluții, reconstrucția tomografica propusa se realizează direct in trei dimensiuni, iar acesta se realizează in pași succesivi pe măsura ce bagajului este translatat pe banda de transport a conveierului.

4. Procedul prin care, conform prezentei invenției, sunt realizate reconstrucții tomografice statice utilizând un număr mic de surse de raze X.

În **Fig. 4a** si **Fig. 4b** este prezentat, in secțiuni transversale si longitudinale, un exemplul de implementare a unui sistem de scanare care include carcasa exterioara **1**, conține trei surse **2** de raze X, fiecare sursă fiind asociată cu câte două grupe de șiruri de detectori liniari ce se găsesc dispuse într-o zona dreptunghiulara **3** montata peste tunelul **4**, cu banda conveierului **5** care antrenează într-o mișcare de translație bagajul **6**. Șirurile de detectori **7** pentru sursa plasata deasupra tunelului are forma literei „U” iar pentru sursele dispuse in partea de jos șirurile de detectori **8** au configurația in forma literei „L”. Toate șirurile de detectori sunt poziționate la un unghi mic fata de planul sursei care este perpendicular pe tunel, iar fiecare detector individual din fiecare sir de detectori este astfel poziționat încât razele X care îl intersectează sa fie aproximativ perpendiculare pe suprafața acestuia.

În continuare, in **Figura 5a** se prezinta aranjamentul detectorilor **1** in forma literei „U”, unde sursa de raze X **3** este plasata deasupra tunelului si emite un fascicul de radiații **2** in forma de evantai. In **Figurile 5b** si **5c** sunt prezentate configurațiile surselor **3** amplasate sub tunel care emit fascicule de radiații **2** sub

forma de evantai si care întâlnesc şirurile de detectori de radiații 4 având forma literei „L”.

Detectorii din fiecare grup formează un plan, iar planele celor două grupuri sunt ușor divergente și separate de o distanță relativ mică. Astfel ansamblul format de o sursă și detectorii asociați are dimensiuni reduse pe direcția de mișcare a obiectului, și performanța sistemului poate fi mărită prin adăugarea de ansambluri suplimentare, la diferite unghiuri, pe direcția de mișcare a obiectelor investigate, crescând în acest fel calitatea reconstrucției. Calculul reconstrucției tomografice pentru mini-volume 3D succesive se pot realiza pe computere în paralel, care realizează reconstrucția tomografică pentru zone diferite spre a fi apoi fuzionate cu reconstrucțiile produse în paralel. Paralelismul calculului reconstrucțiilor tomografice între diversele module asigură o viteză mărită de funcționare a sistemului.

În această configurație propusă sursa de raze X este coplanară cu fiecare din cele două șiruri de detectori de detectori. Pentru aceeași frecvență de eșantionare și viteză de deplasare a conveierului, un element de volum dat din obiectul scanat contribuie la mai multe secțiuni (proiecții) tomografice decât în cazul aranjamentului din **Fig. 2**. Astfel numărul de constrângeri afectând un voxel dat crește și duce la o creștere a vitezei de convergență a variantei algoritmului ART folosite.

În această configurație, conform **Fig. 1**, pentru un fascicul îngust, fracțiunea dintr-un element de volum traversată de fascicul este proporțională cu lungimea parcursului său prin voxel. Fascicolul de raze X fiind oblic pe direcția de mișcare a obiectului scanat, deplasarea acestuia pe o distanță suficient de mică în raport cu latura voxel-ului, conduce la schimbarea inegală a fracției de volum traversat de o rază dată, pentru diferitele elemente de volum văzute de acea rază. Astfel ecuațiile corespunzătoare atenuării cauzate de aceleași elemente de volum în aceste poziții consecutive sunt liniar independente. În aceste condiții, dacă radiația transmisă prin obiectul studiat este eșantionată cu o frecvență suficientă în raport cu viteza de mișcare a obiectului prin instalație, astfel încât distanța între două poziții de eșantionare succesive să fie de câteva ori mai mică decât latura unui voxel atunci se generează sisteme de ecuații diferite și respectiv proiecții diferite ale volumul scanat, ceea ce duce la realizarea unei reconstrucții tomografice de calitate, sistemul de ecuații ce descrie atenuarea radiației prin obiectul scanat fiind mult mai bine condiționat.

Dacă însă raza ce traversează elementele de volum este perpendiculară pe direcția de mișcare a obiectului, ecuațiile atenuării în cele două poziții succesive mai mici ca latura voxelului vor fi în mare majoritate practic egale și nu se creează ecuații liniar independente, ceea ce face astfel imposibilă reconstrucția tomografică de bună calitate.

5. Avantajele procedurii ce face obiectul invenției

Prin aplicarea procedurii descrise se obțin următoarele avantaje majore:

- se realizează o configurație de scanare tomografică cu raze X fără mișcare de rotație în trei-dimensiuni, pentru bagaje sau alte obiecte de interes, cu un gabarit foarte redus și cu mai puține surse de raze X;

- prin înclinarea proiecțiilor se obțin un număr foarte mare de proiecții diferite ale obiectelor scanate prin simpla translație a bagajului pe banda de transport cu pași mici, față de alte soluții la care numărul de proiecții este mic, fiind dat de numărul de surse de radiații utilizate;

- prin obținerea unui număr foarte mare de proiecții prin simpla scanare a obiectului translatat pe banda cu pași mici se obțin tomograme 3D de calitate mult mai bună care conduc la o mai bună identificare a materialelor periculoase din bagaje;

- numărul mare de proiecții generat, respectiv numărul mare de ecuații obținut duce la constrângeri mai puternice asupra valorilor voxelilor în cadrul algoritmilor de reconstrucție iterativi, ducând în final la o convergență mai rapidă a acestora și respectiv la obținerea unui timp total de reconstrucție mult mai scăzut.

- prin utilizarea unui număr mic de surse de raze X - tipic se pot utiliza 3-4 surse de radiații – consumul energetic cât și dozele de radiații emise de sursele de raze X sunt mult mai mici față de alte sisteme similare iar costurile de achiziție și cele cu mentenanța sistemului sunt mult mai scăzute.

- gabaritul transversal al sistemului este minimal, dat fiind că se utilizează doar câteva surse de raze X montate în principal dedesubt și deasupra benzii transportoare, adică gabaritul rezultat este mult mai redus față de alte soluții de tomograme cu raze X statice existente;

- lungimea zonei în lungul benzii conținând sursele de raze X și șirurile de detectorii de radiații este relativ scurtă, permițând și un gabarit longitudinal redus al întregului scanner și realizând o zonă minimală ce trebuie ecranată pentru protecția împotriva radiației a operatorilor;

- prin varierea pasului de translație la care se achiziționează succesiv câte un set complet de date de transmisie/proiecții pentru toți detectorii, se pot obține rezoluții spațiale diferite ale reconstrucției tomografice, putându-se astfel lucra la rezoluții spațiale diferite pentru zone de interes diferite;

- reconstrucția obiectelor scanate se face direct în trei dimensiuni, sistemul permițând rularea unor algoritmi de reconstrucție în paralel ce conduc la timpi de reconstrucție totali foarte mici.

- prin scanarea cu pași mici față de dimensiunea detectorului se pot realiza tomograme 3D la rezoluții înalte prin procedeul de supra-eșantionare (over-sampling).

6. Rezultate ilustrative

Soluțiile propuse au fost testate prin mai multe procese de simulare obiecte din bagaj, simulare date achiziționate, reconstrucție tomografică 3D cu algoritmi iterativi, vizualizare 3D și recunoaștere de materiale din datele provenite din topografierea statică, astfel:

- a. S-a realizat un program de generare și desenare a pozițiilor surselor și detectorilor de raze X, precum și a paralelipipedului reprezentând dimensiunea tunelului sau a dimensiunilor maxime ale bagajului scanat;
- b. S-a realizat un program de generare diverse obiecte, cu diferite forme și dimensiuni, din materiale având coeficientul de atenuare liniară a radiației dorit; Obiectele simulate, formând astfel împreună un bagaj simulat, sunt apoi preluate de programul de desenare de la pct. a;
- c. S-a realizat un program de simulare a datelor achiziționate prin calculul atenuării fiecărei raze a fiecărui detector, din fiecare sir de detectori și la fiecare pas de translație;
- d. S-a realizat un program de reconstrucție tomografică 3D de tipul algebric iterativ care s-a aplicat la datele simulate de la punctul b, iar rezultat obținut, adică tomograma 3D, este apoi reprezentată în trei dimensiuni.
- e. Din tomograma 3D obținută se calculează apoi histograma valorilor coeficienților de atenuare a radiației ai tuturor voxelilor pentru a se identifica materialele constitutive prin determinarea valorilor medii din grupările de distribuții normale de valori pentru fiecare material.

În **Figura 6** se prezintă ansamblul unui bagaj simulat pentru o configurație simulată conform **Figurii 1**, urmata de simularea scanării prin deplasarea bagajului **1** și achiziția de date la un pas programat; Întregul bagaj este de forma paralelipipedică, cu lungimea de 100 cm și conține 9 obiecte cu coeficienți de atenuare liniari diferiți. De asemenea, în aceeași figură este prezentată schematic configurația și poziționarea surselor de raze X **2** și a șirurilor de detectori de radiații **3**, precum și sensul de scanare al bagajului **4**. S-au introdus următorii parametri:

- Tunel cu dimensiunile: 60 cm X 40 cm x 100cm;
- Trei surse de radiații și șase șiruri de detectori de radiații așezate conform **Figura 1**;
- Fiecare sir de detectori are în componență detectori individuali cu lățimea de 1.5 mm;
- Pasul de scanare/translație: 1mm ;

In **Figura 86** este reprezentata reconstrucția tomografica in trei-dimensiuni unde se pot distinge clar toate obiectele simulate. Mai mult, din histograma **1** acestei tomograme 3D prezentată in **Figura 8** vom putea identifica cu precizie coeficienții de atenuare ai materialelor simulate, adică le vom putea identifica cu ușurința utilizând metoda propusa.

7. Referințe bibliografice

- [1] H. Yu, X. Mou, G. Wang, "Emerging Computed Tomography Technologies", IEEE Access. 2014; (2):1680-82
- [2] G.T. Herman, R. Davidi, "Image reconstruction from a small number of projections", Inverse Problems 24 (2008) 045011
- [3] B. Gonzales et al, "Rectangular Fixed-Gantry CT Prototype", IEEE Access, 2014, (2) 971-981
- [4] M. Iovea, G. Mateiași, M. Neagu, "Pure Transitional Tomography – a Non-Rotational Approach for Tomographic Reconstruction", ECNDT 2006
- [5] U.S. Patent US7672427
- [6] U.S. Patents US20050078862A1, US8670601B2
- [7] U.S. Patent US7424089

**SISTEM DE SCANARE TOMOGRAFICA CU RAZE X IN TREI DIMENSIUNI FARA
MISCARE DE ROTATIE DESTINAT SCANĂRII BAGAJELOR SAU A ALTOR
OBIECTE DE INTERES**

Revendicări

1. Revendicam prioritate privind noua configurație de scanare tomografica cu raze X fără mișcare de rotație in trei-dimensiuni prin aceea ca prin aplicarea metodei se creeaza un gabarit redus si cu puține surse de raze X pentru tomografele destinate scanării bagajelor sau altor obiecte de interes;
2. Revendicam prioritate privind configurația propusa referitoare la utilizarea proiecțiilor inclinate prin aceea ca se obțin un număr foarte mare de proiecții diferite ale obiectelor scanate prin simpla translație a bagajului pe banda de transport cu pași mici, fata de alte soluții la care numărul de proiecții este mic, fiind dat de numărul de surse de radiații utilizate;
3. Revendicam prioritate asupra faptului ca prin configurația propusa se generează un număr mare de proiecții prin simpla scanare a obiectului translatat pe banda cu pași mici si se obțin tomograme 3D de calitate mult mai buna, care conduc la o mai buna identificare a materialelor periculoase din bagaje;
4. Revendicam prioritate asupra faptului ca prin configurația propusa se obțin un număr mare de proiecții, respectiv un număr mare de ecuații care creeaza constrângeri mai puternice asupra valorilor voxelilor in cadrul algoritmilor de reconstrucție iterativi, ducând in final la o convergenta mai rapida a acestora si respectiv la obținerea unui timp total de reconstrucție mult mai scăzut.
5. Revendicam prioritate asupra configurației propuse ce utilizează un număr mic de surse de raze X - tipic se pot utiliza 3-4 surse de radiații – astfel încât consumul energetic cat si dozele de radiații emise de sursele de raze X sunt mult mai mici fata de alte sisteme similare, iar costurile de achiziție si cele cu mentenanța sistemului sunt mult mai scăzute.
6. Revendicam prioritate asupra configurației propuse al căru gabarit transversal al sistemului este minimal, dat fiind ca se utilizează doar câteva surse de raze X montate in principal dedesubt si deasupra benzii transportoare, adică gabaritul rezultat este mult mai redus fata de alte soluții de tomografe cu raze X statice existente;
7. Revendicam prioritate asupra configurației propuse a cărei lungime longitudinala, conținând sursele de raze X si șirurile de detectorii de radiații, este mai scurta, permițând obținerea unui gabarit longitudinal redus al întregului scanner si realizând o zona minimala ce trebuie ecranata pentru protecția împotriva radiației a operatorilor;
8. Revendicam prioritate asupra configurației propuse la care, prin varierea pasului de translație la care se achiziționează succesiv un set de date de transmisie, se pot

obține rezoluții spațiale diferite ale reconstrucției tomografice, putându-se astfel lucra la rezoluții spațiale diferite pentru zone de interes diferite;

9. Revendicăm prioritate asupra configurației propuse la care reconstrucția obiectelor scanate se face direct în trei dimensiuni, sistemul permițând rularea unor algoritmi de reconstrucție în paralel, ce conduc la timpi de reconstrucție foarte mici.

10. Revendicăm prioritate asupra configurației propuse care, prin scanarea cu pași mai mici față de dimensiunea detectorului, se pot realiza tomograme 3D la rezoluții înalte prin procedeul de supra-eșantionare (over-sampling).

**SISTEM DE SCANARE TOMOGRAFICA CU RAZE X IN TREI DIMENSIUNI FARA
MISCARE DE ROTATIE DESTINAT SCANĂRII BAGAJELOR SAU ALTOR
OBIECTE DE INTERES**

DESENE

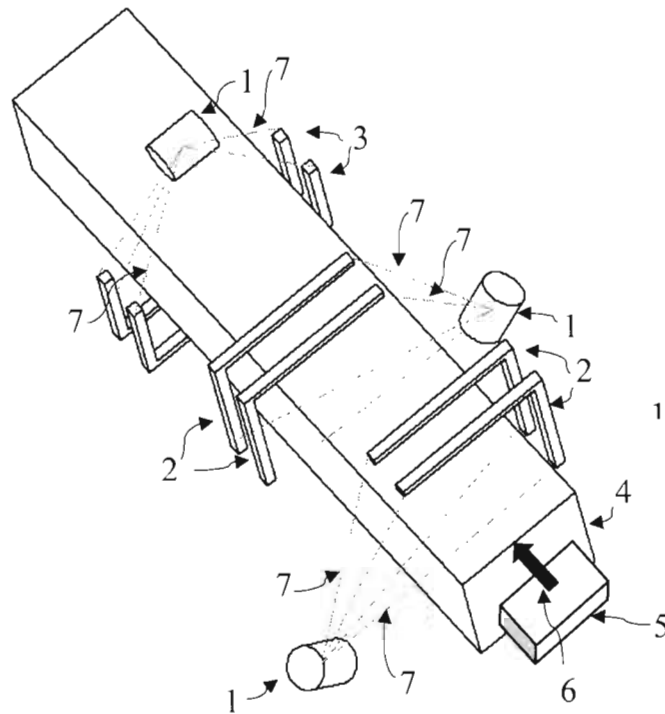


Figura 1

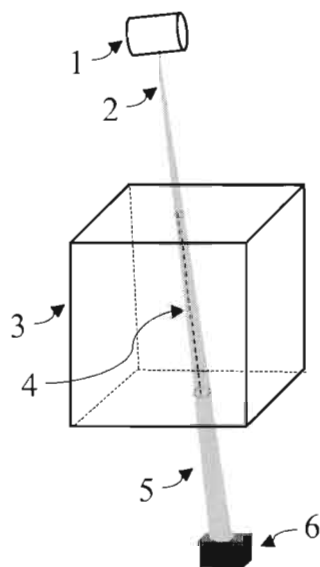
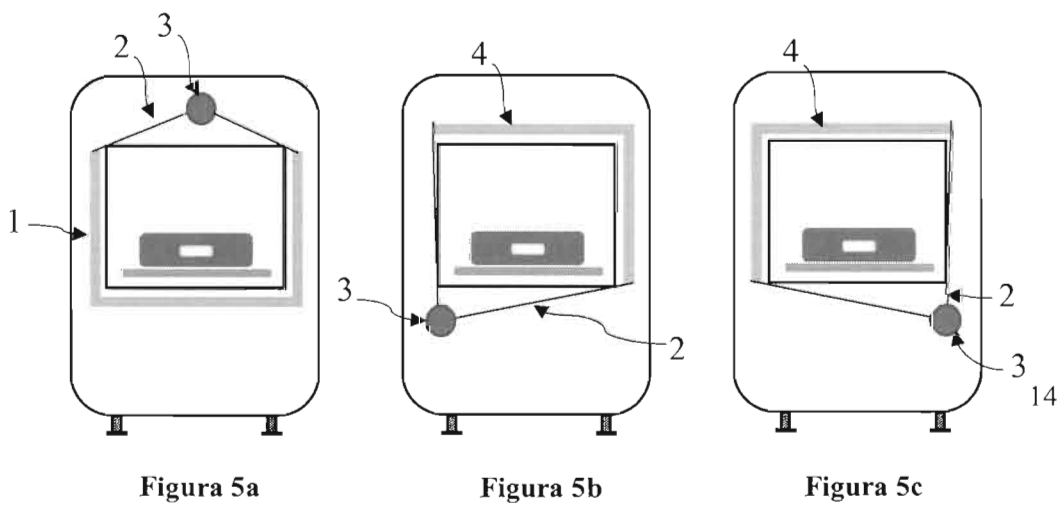
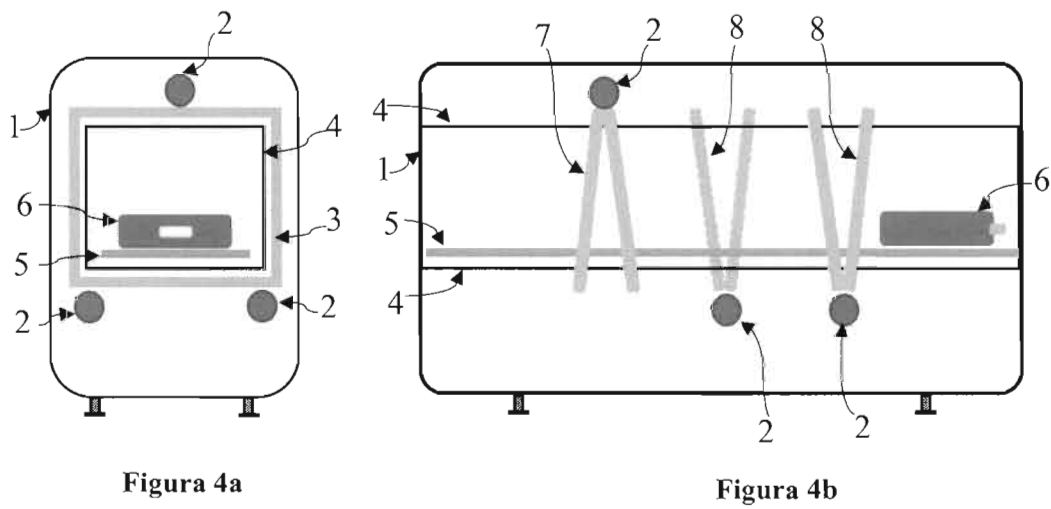
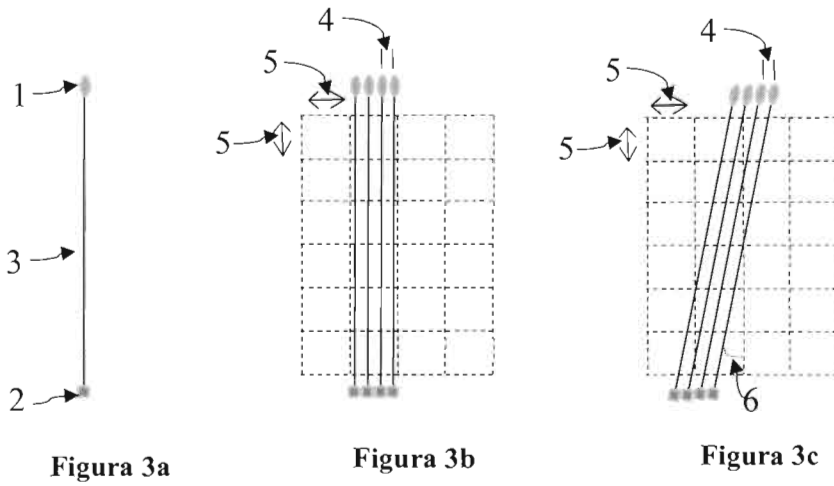


Figura 2



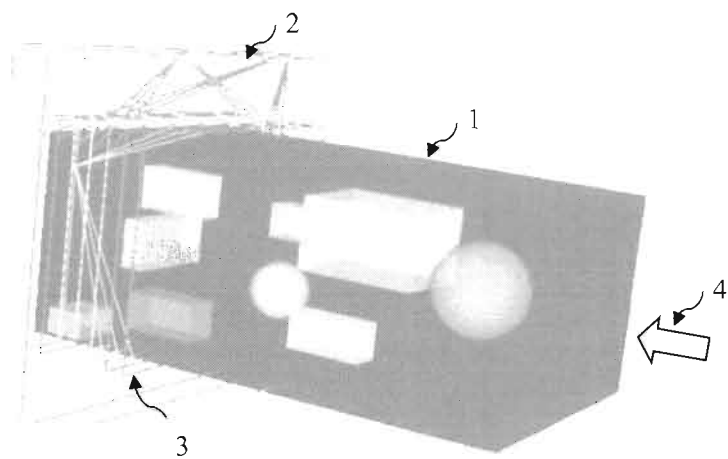


Figura 6

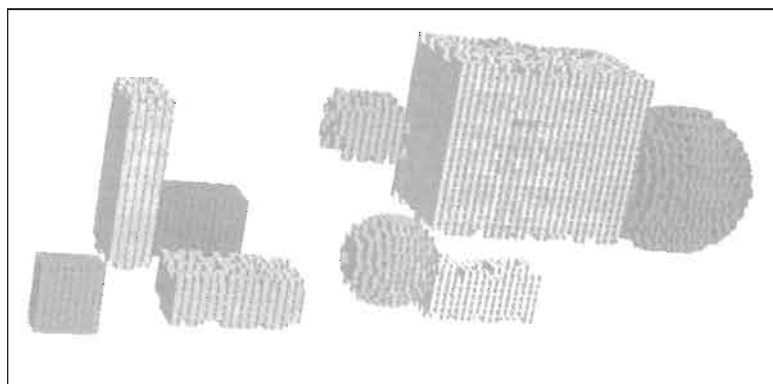


Figura 7

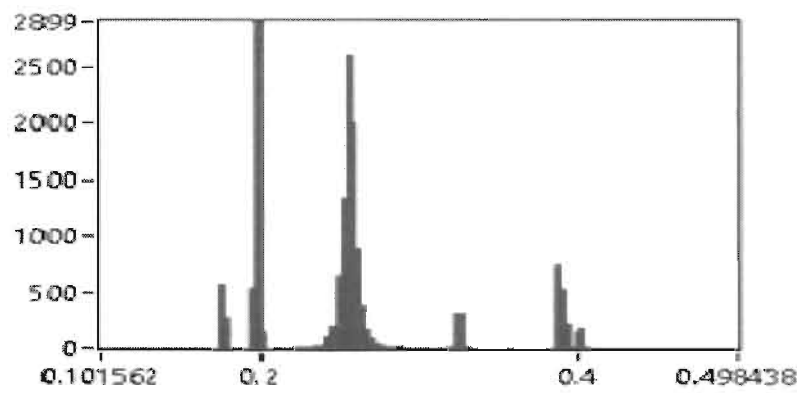


Figura 8