



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2018 00404**

(22) Data de depozit: **07/06/2018**

(41) Data publicării cererii:  
**30/12/2019** BOPI nr. 12/2019

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

(72) Inventatori:  
• **SAVU VALERIU, ALEEA CĂȚINEI NR. 13,  
BL. 37C, SC. C, ET. 2. AP. 51, PLOIEȘTI,  
PH, RO;**

• **RUSU MĂDĂLIN ION,  
STR. PRELUNGIREA GHENCEA NR. 53,  
BL. F2, SC. C, ET. 3, AP. 126, BRAGADIRU,  
IF, RO;**

• **SAVASTRU ROXANA,  
STR. IANI BUZOIANI NR.3, BL.16, SC.A,  
AP.2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **SAVASTRU DAN, STR. IANI BUZOIANI  
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **METODĂ DE OPTIMIZARE A DETECTORULUI CHERENKOV  
DE RADIAȚII ELECTROMAGNETICE ÎN MEDIUL SALIN**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de optimizare a unui detector Cherenkov de radiații electromagnetice în mediu salin utilizată pentru determinarea pozițiilor punctelor optime de plasare a elementelor de detecție pentru măsurarea radiației electromagnetice generate de conul Cherenkov care se formează ca urmare a interacției unui neutrino cu energie ultra-înaltă al unei radiații cosmice cu mediul și pentru determinarea poziției optime de plasare a detectorului Cherenkov în volumul total al mediului salin. Metoda conform invenției folosește un software dedicat pentru prelucrarea datelor care formează amprenta mediului salin în care urmează să fie plasat detectorul Cherenkov, caracterizată prin aceea că se realizează între 50...500 de puncte de măsurare preliminară în mediul salin respectiv, în plan orizontal și în plan vertical, se execută o prelucrare a datelor preliminară prin diferite metode statistice, se generează dimensiunile detectorului pentru un număr de pași de iterație utilizând formula:

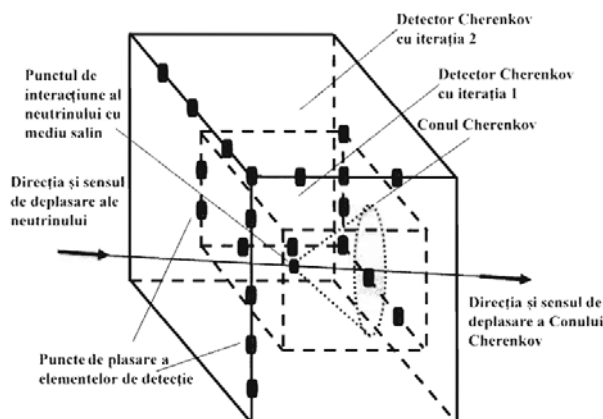
$$Lc_i^3 = p[i + \alpha(i - 1)],$$

cu  $\alpha, i \in N^*$ ,  $p \in R$  și  $p, i > 0$ , unde  $Lc_i^3$  reprezintă lungimea muchiei cubului cu iterația  $i$ ,  $p$  este pasul de

iterație,  $i$  este numărul iterației și  $\alpha$  este o constantă, în urma acestor operații obținându-se un detector Cherenkov format din minimum două detectoare sub formă de cub în cub.

Revendicări: 3

Figuri: 1



## Metodă de optimizare a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin

Invenția se referă la o metodă de optimizare a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin prin determinarea punctelor optime de plasare a elementelor de detecție și a detectorului Cherenkov în mediu salin în vederea minimizării numărului punctelor de măsurare și a numărului de elemente de detecție a radiației electromagnetice generate pentru reducerea costurilor și simplificarea lanțului de măsurare.

Detectoarele Cherenkov pentru determinarea radiațiilor cosmice se pot realiza în următoarele medii: aer, gheață, rocă de sare [1, 2], rocă de calcar, etc. Sunt cunoscute mai multe detectoare Cherenkov pentru determinarea radiațiilor cosmice în diferite medii cum ar fi: pentru mediul salin (SalSA), sub apă (ANTARES, Baikal, NEMO, NESTOR, AUTECH etc.), sub gheață (AMANDA, ICECUBE și RICE), pentru atmosferă (ASHRA, AUGER, EUSO și OWR), între sol și aer (GLUE, Forte'NuTel și ANITA) [3].

Se cunoaște un experiment și două exemple cu/de detectoare Cherenkov folosite pentru mediul salin și anume detectorul Salt Sensor Array, detectorul Salt neutrino detector for ultrahigh-energy neutrino și detector Cherenkov de tip 3D.

Detectorul Salt Sensor Array realizat în experimentul SalSA are ca parametrii de referință, 10x10 șiruri de suprafețe pătrate, plasate la 250 m în plan orizontal între ele pentru o adâncime de 2000 m și plasate la 182 m în plan vertical între ele, cu 12 noduri pe șir și pentru fiecare șir câte 12 elemente de detecție, rezultând 14400 elemente de detecție. Pentru o lungime de atenuare de 250 m pentru radiația electromagnetică cu frecvență cuprinsă între 100-300 MHz, folosind antene cu polaritate orizontală și verticală [4]. Dezavantajele metodei se referă la numărul foarte mare de elemente de detecție, complexitatea lanțului de măsură (numărul foarte mare al amplificatoarelor pentru diminuarea atenuărilor prin cablu, respectiv al amplificatoarelor pentru aducerea nivelelor semnalelor elementelor de detecție la un nivel de prelucrare) distanța între elementele de detecție pe orizontală și pe verticală trebuie să fie constantă, prelucrarea datelor este greoaie și necesită un timp de prelucrare foarte mare iar costurile de realizare și exploatare a acestui detector sunt foarte mari.

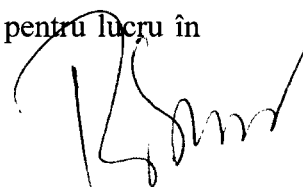
Detectorul Salt neutrino detector for ultrahigh-energy neutrino menționat în articolul lui M. Chiba și alții [1] unde dacă lungimea de atenuare pentru mediul salin este 1 Km atunci pentru realizarea acestui detector se folosesc 216 antene, plasate la un interval de 400 m între ele pe verticală și pe orizontală folosind 36 de puțuri în care sunt plasate șiruri de câte 6 antene.

Dezavantajele acestui detector propus de Chiba și alții [1] se referă la numărul mare de elemente de detecție, complexitatea lanțului de măsură, distanța între elementele de detecție pe orizontală și pe verticală trebuie să fie constantă, prelucrarea datelor este dificilă și necesită un timp de prelucrare mare iar costurile de realizare și exploatare a acestui detector sunt mari.

Detectorul Cherenkov de tip 3D cu o geometrie 20 x 20 x 20 unde numărul de sub-benzi este 1 și numărul de antene cu același tip de polarizare este 2 are o dimensiune de 500 m<sup>3</sup>, utilizează 32.000 de elemente de detecție și un număr de 400 puțuri în blocul de sare. Dacă antenele sunt de bandă îngustă, adică aproximativ 100MHz și este necesară o bandă de detecție a radiației Cherenkov de 100MHz ÷ 1GHz, atunci numărul de sub-benzi este 9 rezultând 288.000 de elemente de detecție și un număr de 400 puțuri în blocul de sare [5]. Dezavantajele acestui detector propus de Savu [5] se referă la numărul foarte mare de elemente de detecție, complexitatea lanțului de măsură, distanța între elementele de detecție pe orizontală și pe verticală trebuie să fie constantă, prelucrarea datelor este dificilă și necesită un timp de prelucrare mare iar costurile de realizare și exploatare a acestui detector sunt mari.

Problema pe care o rezolvă invenția este de a realiza o metodă de optimizare a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin, care înlătură dezavantajele experimentului și celor două exemple menționate mai sus prin aceea că reduce la minim numărul elementelor de detecție și implicit a lanțului de măsură, fiind și o metodă economică și mult mai rapidă, caracterizată prin aceea că determină punctele optime de plasare a elementelor de detecție pentru volumul determinat de fiecare iterație, obținut prin utilizarea formulei  $Lc_i^3 = p[i + \alpha(i - 1)]$ , unde  $\alpha, i \in N^*$ ,  $p \in R$  și  $p, \alpha, i > 0$ , obținându-se un detector Cherenkov format din minim două sau mai multe detectoare sub formă de cub în cub și de asemenea determină poziția optimă de plasare a viitorului detector Cherenkov de radiație electromagnetică în mediu salin.

Metoda de optimizare a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin, **conform invenției**, constă în **determinarea amprentei mediului salin** în care se plasează viitorul detector Cherenkov, **prin măsurători** de determinare a parametrilor dielectrici ai mediului și a lungimii de atenuare a acestuia la frecvența de lucru stabilită, **executându-se măsurători de determinare** a propagării undelor electromagnetice în diferite puncte ale volumului mediului în plan vertical și orizontal [6,7] și în funcție de rezultatele măsurătorilor se pot relua sau multiplica măsurătorile **pentru a se determina în totalitate distribuția reală** a atenuării mediului pentru propagarea undelor electromagnetice, **utilizându-se antene** ale căror parametri electrici (caracteristica de directivitate, rezistența de radiație, rezistența de pierderi, randamentul antenei, raportul față-spate) sunt foarte bine cunoscuți pentru lucru în



mediu salin, în planele orizontal și vertical, **memorându-se datele** într-o bază de date care prin **prelucrarea lor, conduce** la trasarea unei hați cu distribuția lungimilor de atenuare a undelor electromagnetice, **după care se configurează** parametrii electrici ai elementelor de detecție la această frecvență, **prin determinarea caracteristicilor** de directivitate, rezistența de radiație, rezistența de pierderi, randament și raport față-spate, pentru planul orizontal și cel vertical, **memorându-se într-o altă bază de date** ce reprezintă informațiile referitoare la elementele de detecție ale detectorului Cherenkov, prin reluarea sau multiplicarea măsurărilor astfel încât să se poată determina cât mai exact valorile reale ale parametrilor electrici pentru elementele de detecție, cunoscându-se **amprenta mediului**, utilizându-se un **soft dedicat** pentru a determina **punctele optime** de plasare a elementelor de detecție pentru volumul determinat de fiecare iterație, obținut prin utilizarea formulei  $Lc_i^3 = p[i + \alpha(i - 1)]$ , unde  $\alpha, i \in N^*$ ,  $p \in R$  și  $p, \alpha, i > 0$ , obținându-se un detector Cherenkov format din minim două sau mai multe detectoare sub formă de cub în cub și **poziția optimă** a viitorului detector Cherenkov în volumul mediului salin, care în cazul interacției cu mediul a unui neutrino cu ultra-înaltă energie [3] ce provine de la o radiație cosmică, **utilizând informațiile** amprentei mediului și a parametrilor electrici ai elementelor de detecție **se determină** Conul Cherenkov în condiții reale.

Invenția prezintă următoarele avantaje :

- determinarea poziției optime de plasare a detectorului Cherenkov în volumul total al mediului salin;
- determina punctele optime de plasare a elementelor de detecție pentru volumul determinat de fiecare iterație, obținut prin utilizarea formulei  $Lc_i^3 = p[i + \alpha(i - 1)]$ , unde  $\alpha, i \in N^*$ ,  $p \in R$  și  $p, \alpha, i > 0$ , obținându-se un detector Cherenkov format din minim două sau mai multe detectoare sub formă de cub în cub;
- minimizarea numărului de elemente de detecție;
- minimizarea lanțului de măsură;
- durata de prelucrare a datelor de către soft, scăzută în comparație cu alte metode;
- determinarea Conului Cherenkov în condiții reale
- posibilitatea detectării Conului Cherenkov în condițiile generării lui în afara volumului detectorului obținut prin ultima iterație;
- implică prețuri foarte scăzute de manoperă și materiale în comparație cu metodele cunoscute;
- implica minimizarea numărului de puțuri necesare realizării detectorului.



Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură și cu figura 1 care prezintă realizarea unui detector Cherenkov în mediul salin utilizând doua iterații:

- Fig.1 – Detector Cherenkov de radiație electromagnetică în mediul salin (prin iterații), pentru două iterații și exemplu de plasare a elementelor de detecție.

Aplicarea metodei de optimizare a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin în vederea realizării unui detector Cherenkov în mediu salin pentru detecția radiației electromagnetice generate de Conul Cherenkov ca urmare a interacției unui neutrino de energie ultra-înaltă cu mediu, necesită realizarea a două etape premergătoare metodei.

Prima etapă constă în determinarea parametrilor dielectrice ai mediului salin în care urmează a se realiza un detector de radiații electromagnetice Cherenkov și reprezintă tocmai amprenta mediului salin respectiv. Pentru realizarea acestei etape se execută măsurători de determinare a parametrilor dielectrice ai mediului salin și a lungimii de atenuare a mediului respectiv pentru frecvența la care va lucra viitorul detector Cherenkov de radiații electromagnetice în acel mediu. Se execută măsurători de determinare a propagării undelor electromagnetice în diferite puncte ale volumului mediului salin în plan vertical și orizontal și în funcție de rezultatele măsurătorilor se pot relua sau multiplica măsurătorile pentru a se determina în totalitate distribuția reală a atenuării mediului pentru propagarea undelor electromagnetice la frecvența de lucru a viitorului detector Cherenkov în acel mediu. Măsurătorile se realizează atât pentru planul orizontal cât și pentru cel vertical. Datele obținute sunt memorate într-o bază de date. Prelucrarea datelor constituie tocmai amprenta mediului respectiv. În urma realizării amprente mediului salin în care se construiește un detector Cherenkov de radiații electromagnetice se trasează și o hartă cu distribuția lungimilor de atenuare a undelor electromagnetice pentru frecvența de lucru a viitorului detector Cherenkov. Măsurătorile sunt realizate cu antene ale căror parametri electrici (caracteristica de directivitate, rezistența de radiație, rezistența de pierderi, randamentul antenei, raportul față-spate) sunt foarte bine cunoscuți pentru lucru în mediu salin în planele orizontal și vertical.

În a doua etapă se determină, pentru frecvența de lucru a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin, caracteristicile de directivitate ale elementelor de detecție, rezistența de radiație, rezistența de pierderi, randamentul elementelor de detecție și raportul față-spate. Pentru minimizarea erorilor, toți acești parametri se determină pentru planul orizontal și cel vertical, chiar în acel mediu salin în care se va realiza viitorul detector Cherenkov de radiații electromagnetice. Datele obținute sunt memorate într-o bază de date și reprezintă informațiile referitoare la elementele de detecție ale detectorului Cherenkov realizat în acel mediu salin. În funcție de rezultatele măsurătorilor se pot relua sau multiplica

măsurătorile astfel încât să se poată determina cât mai exact valorile reale ale parametrilor electrici pentru elementele de detecție ce vor face parte din viitorul detector Cherenkov realizat în mediu salin cunoscându-se valorile măsurătorilor din prima etapă. Determinarea parametrilor electrici ai elementelor de detecție (caracteristicile de directivitate ale elementelor de detecție, rezistența de radiație, rezistența de pierderi, randamentul elementelor de detecție și raportul față-spate) se realizează cu un soft dedicat și sunt utilizați în determinarea software a Conului Cherenkov în mediu salin în condițiile măsurătorilor reale atunci când un neutrino cu ultra-înaltă energie interacționează cu mediu salin.

Informațiile din cele două baze de date sunt prelucrate cu un soft dedicat pentru determinarea punctelor optime de plasare a elementelor de detecție și a poziției optime de plasare a viitorului detector Cherenkov de radiații electromagnetice în mediu salin pentru care s-a determinat amprenta acestuia. Determinarea dimensiunilor viitorului detector Cherenkov se face utilizând formula de iterație  $Lc_i^3 = p[i + \alpha(i - 1)]$ , unde  $\alpha, i \in \mathbf{N}^*$ ,  $p \in \mathbf{R}$  și  $p, \alpha, i > 0$ , obținându-se un detector Cherenkov format din minim două sau mai multe detectoare sub formă de cub în cub. Prelucrarea datelor din prima etapă cu ajutorul softului va determina amprenta mediului salin respectiv. Determinarea amprentei mediului salin în care urmează să se realizeze un detector Cherenkov este necesară mai târziu în generarea software a Conului Cherenkov ce se poate forma în urma unei interacții a radiației cosmice de natura neutronică cu mediul salin în care este plasat detectorul Cherenkov. În această generare software a Conului Cherenkov se introduc și datele reale primite de la elementele de detecție ale detectorului Cherenkov ce sunt plasate în punctele optime de detecție din cadrul volumului detectorului Cherenkov aflat în mediu salin. Prelucrarea datelor din a doua etapă cu ajutorul softului determină poziția optimă de plasare, în volumul detectorului Cherenkov de radiație electromagnetică, a elementelor de detecție.

Prin caracteristicile sale metoda determină pozițiile punctelor optime de măsurare ce conduce la minimizarea numărului măsurătorilor, numărul de elemente de detecție a radiației electromagnetice și implicit a lanțului de măsurare și de asemenea determinarea poziției optime de plasare a viitorului detector Cherenkov în volumul total al mediului salin, toate acestea conducând la reducerea costurilor. Pentru determinarea Conului Cherenkov în mediu salin metoda necesită utilizarea unui software dedicat ce folosește o bază de date ce conține amprenta mediului salin pentru care se dorește realizarea unui detector de radiații cosmice.



## Bibliografie:

1. M. Chiba, T.Kamijo, O. Yasuda, Y. Chikashige, T.Kon, Y.Takeoka, and R.Yoshida, "Salt Neutrino Detector for Ultrahigh-Energy Neutrinos", Physics of Atomic Nuclei, Vol. 67, No. 11, 2004, pp. 2050–2053. From Yadernaya Fizika, Vol. 67, No. 11, 2004, pp. 2071–2074.
2. M. Chiba, T. Kamijo, M. Kawaki, H. Athar, M. Inuzuka, M. Ikeda, O. Yasuda (Tokyo Metropolitan U.) „Study of Salt Neutrino Detector”, AIP Conf.Proc. 579 (2001) 204-221.
3. Amy Connolly, „The Radio Cerenkov Technique for Ultra-High Energy Neutrino Detection”, Nucl.Instrum.Meth.A595:260-263, 2008.
4. <http://slideplayer.com/slide/7242558/>
5. V. Savu „Contributii la selectia si prelucrarea impulsurilor radio produse de radiatiile cosmice in conditiile specifice unui observator construit intr-un mediu salin” – Teza de coctorat 2014, pp 107-113
6. Savu, V. / Marghescu, I. / Fratu, O. / Halunga, S. / Bădescu, A., "Antenna Design for Electromagnetic Waves Propagation Studies Through the Salt Ore", U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 75, Iss. 2, 2013 ISSN 2286 – 3540, 2013, pp. 143 – 156.
7. Savu, V. / Fratu, O. / Rusu, M. I. / Savastru, D. / Tenciu, D. / Vulpe, A. / Craciunescu, R., "Determination of the electromagnetic wave propagation for the detection of the Cherenkov radiation cone in salt environment", U.P.B. Sci. Bull., Series A, Iss. 1, 2018; ISSN 1223-7027, Vol. 80, 2018, pp. 251-260.



## Revendicări:

1. Metodă de optimizare a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin, folosind un software dedicat pentru prelucrarea datelor preliminare ce formează amprenta mediului salin în care urmează să se plaseze detectorul Cherenkov caracterizată prin aceea că se realizează între 50....500 puncte de măsurare preliminare pe mediu salin respectiv în plan orizontal și vertical, se execută o prelucrare a datelor preliminare prin diferite metode (statistice) ce reprezintă tocmai amprenta mediului, se generează dimensiunile detectorului pentru un număr de pași de iterație utilizând formula  $Lc_i^3 = p[i + \alpha(i - 1)]$ , unde  $\alpha, i \in N^*$ ,  $p \in R$  și  $p, \alpha, i > 0$ , obținându-se un detector Cherenkov format din minim două sau mai multe detectoare sub formă de cub în cub.

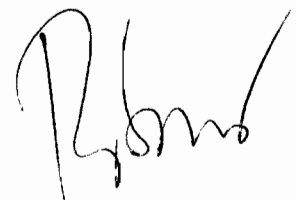
$Lc_i^3$  reprezintă lungimea muchiei cubului cu iterația " $i$ ",

$p$  reprezintă pasul de iterație,

$i$  reprezintă numărul iterației,

$\alpha$  este o constantă.

2. Metodă de optimizare a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin, utilizând un soft dedicat, este caracterizată prin aceea că punctele optime de plasare a elementelor de detecție sunt determinate de caracteristicile de directivitate ale acestora și numărul lor minim este dependent de numărul de iterații și de caracteristicile de directivitate a elementelor de detecție.
3. Metodă de optimizare a detectorului Cherenkov de radiații electromagnetice în mediul salin, utilizând datele celor două baze de date (amprenta mediului și parametrii electrici ai elementelor de detecție) și un soft dedicat, determină poziția optimă de plasare a viitorului detector Cherenkov de radiație electromagnetica în volumul total al mediului salin.



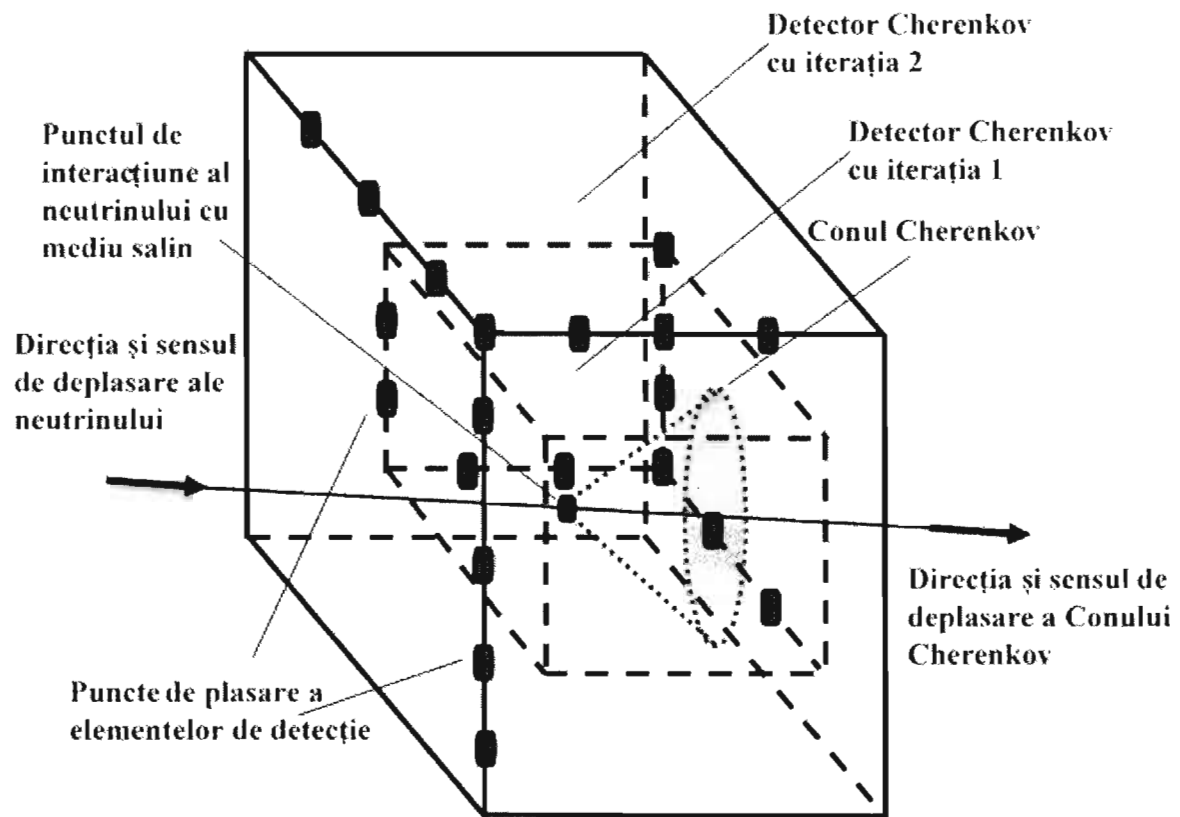


Fig.1 – Detector Cherenkov de radiație electromagnetică în mediul salin (prin iterații), pentru două iterații și exemplu de plasare a elementelor de detecție.