



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00422

(22) Data de depozit: 20/07/2020

(41) Data publicării cererii:
28/01/2022 BOPI nr. 1/2022

(72) Inventatori:
• SZABO ROLAND, STR. ION ROATĂ,
BL. B110, SC.A, ET.3, AP.11, TIMIȘOARA,
TM, RO

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR.2,
TIMIȘOARA, TM, RO

(54) ALGORITM GENETIC ȘI MODUL DE COMANDĂ
PENTRU ÎNVĂȚARE A MIȘCĂRILOR ȘI REDRESAREA UNUI
ROBOT UMANOID BIPED DUPĂ CĂDERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un algoritm genetic și un modul de comandă pentru învățarea mișcărilor și redresarea unui robot umanoid biped după cădere. Modulul de comandă, conform invenției, cuprinde un microprocesor (1) care trimite comenzi, printr-o interfață de comunicație serială (3), pentru acționarea unor servomotoare M (6-11) poziționate la articulațiile picioarelor robotului umanoid, comanda menționată reprezentând un șir de caractere stabilit conform algoritmului genetic al invenției, și de caractere care codifică un semnal PWM echivalent cu unghiul de rotire al fiecărui servomotor pentru a obține mișcări coordonate specifice mersului biped, eventualul incident de deplasare, căzătura, și poziția în care se află robotul fiind detectate de un accelerometru (2) cu 6 axe, care este controlat printr-o interfață I2C.

Revendicări: 2
Figuri: 8

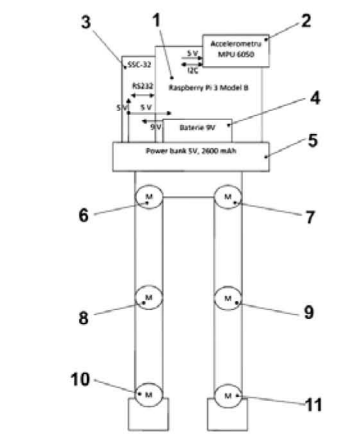


Fig. 8

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2020 0422
Data depozit 20-07-2020

Algoritm genetic și modul de comandă

pentru învățare a mișcărilor și redresarea unui robot umanoid biped după cădere

Invenția se referă la un algoritm genetic care poate fi folosit pentru învățarea sau perfecționarea mersului și ridicare după cădere, fără ajutor exterior, în cazul unui robot autonom și la un modul de comandă a unui robot umanoid biped, a cărui program de control se bazează pe aplicarea acestui algoritm.

Una din cele mai mari realizări tehnologice al inginerilor ar fi de a fabrica un robot umanoid, care poate face toate sarcinile unui om, fiind o copie fidelă a acestuia. Pentru a realiza un asemenea robot umanoid, metoda cea mai eficientă ar fi de a crea un sistem cu inteligență artificială, în speță un sistem care folosește algoritmi genetici pentru a perfecționa și învăța anumite sarcini. Inteligența artificială este necesară, deoarece preprogramarea unui robot umanoid cu toate informațiile necesare ar fi o muncă laborioasă, greu realizabilă. Roboții umanoizi fiind concepuți a fi copia cât mai fidelă al unui om, cel mai natural ar fi ca aceștia să își perfecționeze funcționalitatea învățând din experiențe anterioare, asemenea unui om.

Una din cele mai esențiale sarcini al unui robot umanoid este mersul. Preprogramarea roboților umanoizi pentru mers este o sarcină complexă, fiind necesară controlul precis a minim 6 servomotoare (servomotor de șold, genunchi și gleznă, la două picioare), iar la schimbarea formei suprafeței terenului robotul umanoid ar trebui să fie reprogramat. Cel mai firesc mod de a rezolva problemele de control a mersului și a incidentelor de deplasare ar fi utilizarea pentru programarea modului de comandă a unui algoritm genetic, astfel încât robotul umanoid să învețe din experiențe anterioare. Algoritmii genetici prin încercări repetate pot obține unghiul ideal de rotire al fiecărui servomotor din piciorul robotul, astfel încât robotul umanoid să aibă un mers cât mai natural, similar cu cel al omului, ba mai mult de atât, să se poate adapta terenului accidentat pe care se face deplasarea. Pentru a face învățatul mersului robotului umanoid similar cu învățatul mersului unui om, sistemul necesită coordonarea după un algoritm special conceput așa cum se arată în descrierea ce urmează, care oferă sistemului de comandă posibilitatea de analiză a situațiilor inedite, de valorificare a experiențelor anterioare pentru perfecționarea mișcărilor și de ridicare autonomă după cădere.

Este cunoscută invenția cu numărul WO2019103065 intitulată "*Humanoid Robot*" care descrie un robot umanoid care folosește un sistem de comandă bazat pe un algoritm care gestionează problemele deplasării bipede dar nu rezolvă situațiile critice de pierdere a echilibrului, cădere, nu redresează robotul după un astfel de eveniment și nu oferă posibilitatea valorificării experiențelor anterioare (învățare), după cădere sau la deplasarea pe teren neregulat.

Este cunoscută invenția cu numărul EP3441197 intitulată "*Humanoid Robot*" care descrie un robot umanoid. De asemenea, această soluție tehnică are dezavantajul că nu oferă soluții pentru ridicarea după cădere și aplică un algoritm preprogramat, fără posibilitate de perfecționare, de învățare.

Este cunoscută invenția cu numărul WO2016035759 intitulată "*Humanoid Robot*" care descrie un robot umanoid. Robotul umanoid are dezavantajul că nu se poate ridica după cădere și, de asemenea, aplică un algoritm preprogramat, fără posibilitate de perfecționare, de învățare.

Este cunoscută invenția cu numărul WO2015185738 intitulată "*Humanoid Robot with Collision Avoidance and Trajectory Recovery Capabilities*" care descrie un robot umanoid care evită coliziunea și poate reveni pe traiectorie. Robotul umanoid are dezavantajul că evită coliziunea, dar nu are implementat algoritm de redresare după cădere și de perfecționare a mișcărilor.

Este cunoscută invenția cu numărul WO2015158877 intitulată "*Humanoid Robot with an Autonomous Life Capability*" care descrie un robot umanoid autonom, ce poate evolua într-un mediu prestabilit până la apariția unor situații neprevăzute, nu se poate ridica după cădere și nu se adaptează unor situații ce ies din tiparul algoritmului.

Este cunoscută invenția cu numărul WO2012129250 intitulată "*Humanoid Robot Push Recovery on Level and Non-Level Ground*" care descrie un robot umanoid care se poate adapta pe teren nivelat sau denivelat. Algoritmul folosit de sistemul de comandă a robotului îi permite perfecționarea funcționalității prin învățare dar nu rezolvă problema redresării după pierderea echilibrului, după cădere.

Este cunoscută invenția cu numărul EP2427364 intitulată "*Method for Controlling a Humanoid Robot*" care descrie o metodă de control a unui robot umanoid. Robotul umanoid are dezavantajul că nu se poate ridica după cădere și nu învață să meargă.

Este cunoscută invenția cu numărul EP2596493 intitulată "*Humanoid Robot Having Fall-Management Capabilities, and Method for Managing Said Falls*" care descrie un robot umanoid care, conform algoritmului ce îl folosește, este capabil să gestioneze situații de genul pierderii echilibrului (cădere) dar nu este capabil de perfecționare a mișcărilor pe baza unor experiențe anterioare, nu învață să meargă.

Este cunoscută invenția cu numărul EP2347868 intitulată "*Humanoid Robot and Walking Control Method Thereof*" care descrie metoda de control al mersului unui robot umanoid. Robotul are dezavantajul că nu învață să meargă și că nu se poate ridica după cădere.

Este cunoscută invenția cu numărul WO2011037960 intitulată "*Humanoid Robot*" care descrie un robot umanoid. Robotul umanoid are dezavantajul că nu se poate ridica după cădere și nu învață să meargă.

Este cunoscută invenția cu numărul WO2010132132 intitulată "*A Machine Learning Approach for Predicting Humanoid Robot Fall*" care descrie abordarea cu metoda "Machine Learning" pentru prezicerea căderii unui robot umanoid. Robotul are dezavantajul că prezice căzătura, însă nu se ridică după cădere și nu învață să meargă.

Este cunoscută invenția cu numărul WO2009078499 intitulată "*Apparatus and Method for Balancing and Damping Control in Whole Body Coordination Framework for Biped Humanoid Robot*" care descrie un aparat și o metodă pentru controlul balansului și al amortizării în cadrul coordonării întregului corp al unui robot umanoid biped. Robotul umanoid este capabil să execute mișcările specifice mersului biped dar are dezavantajul că nu se poate ridica după cădere și nu învață să meargă.

Este cunoscută invenția cu numărul WO2007046568 intitulată "*A Method for Controlling the Walk of Humanoid Robot*" care descrie o metodă pentru controlul mersului unui robot umanoid. Robotul umanoid este capabil să execute mișcările specifice mersului biped dar are dezavantajul că nu se poate ridica după cădere și nu învață să meargă.

Este cunoscută invenția cu numărul EP1477277 intitulată "*Two-Leg Walking Humanoid Robot*" care descrie un robot umanoid cu două picioare care merge. Robotul umanoid are dezavantajul că nu se poate ridica după cădere și nu învață să meargă.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este de aceea de a realiza un algoritm genetic pentru învățarea și perfecționarea mișcărilor și un modul de comandă a unui robot umanoid biped, a cărui program de control se bazează pe aplicarea acestui algoritm, folosit pentru învățare a mișcărilor și redresarea după cădere, funcționalitate care înlătură dezavantajele soluțiilor menționate anterior ca fiind cunoscute.

Utilizarea modul de comandă pentru coordonarea mișcărilor unui robot umanoid biped, a cărui program de control se bazează pe aplicarea algoritmului genetic pentru învățarea și perfecționarea mișcărilor conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- în cazul incidentelor de deplasare (pierderea echilibrului, cădere) robotul nu are nevoie de sprijin, ajutor sau intervenție din exterior pentru a reveni în poziția bipedă și poate continua deplasarea;
- modulul de comandă și sursa de energie (baterii, acumulatori) sunt montate pe robot, operează independent, fără condiționarea unei intervenții exterioare și îi oferă robotului autonomie în funcționare.
- robotul coordonat de un astfel de modul de comandă este capabil de învățare prin folosirea experienței dobândite în evenimente anterioare.

Se dau în continuare exemple de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1 ÷ 8 care reprezintă:

- Figura 1. Schema simplificată a algoritmului genetic prin care un robot umanoid poate învăța sau perfecționa mersul și se poate și ridica după cădere;
- Figura 2. Algoritmul programului genetic prin care un robot umanoid poate învăța sau perfecționa mersul și se poate ridica după cădere;
- Figura 3. Algoritmul subprogramului de calcul ADN aleator;
- Figura 4. Algoritmul subprogramului de obținere comandă (conversie din numere conformă tabelului ASCII (GENOTIP) în șir de caractere (FENOTIP));
- Figura 5. Algoritmul subprogramului de calcul scor potrivire;
- Figura 6. Algoritmul subprogramului de realizare încrucișare;
- Figura 7. Algoritmul subprogramului de realizare mutație;
- Figura 8. Schema de principiu a modulului de comandă pentru controlul unui robot umanoid biped care poate învăța sau perfecționa mersul și se poate și ridica după cădere.

În Figura 1 este prezentată o schemă simplificată a algoritmului genetic prin care un robot umanoid poate învăța sau perfecționa mersul și se poate și ridica după cădere. Acest proces se execută în buclă până la obținerea rezultatului așteptat.

Datele de intrare ale algoritmului sunt: *rata Mutației, populație Totală, ținta (șir de caractere de comandă), populație - vector caractere, potrivire.*

Modul de operare după acest algoritm, este descris în Figura 2:

Se declară rata de mutație, dacă e 1%, asta înseamnă că este 1% șansă să facă mutație fiecare caracter în comanda (șirul de caracter) generată după încrucișare.

Se declară populația totală reprezintă numărul de caractere din care se aleg caracterele pentru a face încrucișare. Creșterea numărului de populație reduce drastic numărul de generații prin care se rezolvă algoritmul genetic, se poate ajunge la comanda (șirul de caracter) ideal pentru mersul robotului. Un număr mare de populație poate și crește timpul de rezolvare al algoritmului genetic. Se declară ținta, este un șir de caractere, comandă care tinde să fie ideală pentru mersul robotului. Pentru a crește viteza de calcul, se poate utiliza și comanda ideală pentru un singur picior, pentru celălalt picior se poate aplica aceeași comandă, mișcarea fiind simetrică, decalată în timp funcție de ritmul în care se dorește a se face deplasarea.

Se mai inițializează un vector pentru populație și un vector pentru scorul de potrivire.

Primul pas este de a se inițializa populația, adică se încarcă vectorul de populație cu valori aleatoare generate de funcția ADN().

Pasul doi este selecția. Se calculează scorul de potrivire și apoi se construiește un bazin de împerechere. Se adaugă fiecare membru de n-ori depinzând de scorul de potrivire.

Pasul trei este reproducerea, care este realizată prin încrucișare și mutație (de gene). Practic la încrucișare se ia o parte dintr-un șir și se combină cu altul, dar pentru a evita situațiile când nu se mai poate ajunge la rezultatul dorit, atunci se folosește mutația, care este un caracter aleatoriu, exact ca în genetica celulelor biologice, printr-un mecanism similar reproducerii.

Apoi populația va fi suprascrisă de noul „copil”, de a 2-a generație, generat prin reproducere. Această nouă variantă a „copilului” este acum noua comandă pe care robotul o încearcă pentru a obține o mișcare (mers sau ridicare). Prin reproducere se poate continua îmbunătățirea comenzii prin „copilul de a 3-a generație”, ș.a.m.d.

După fiecare astfel de iterație, microprocesorul primește preia semnalul/datele de la accelerometru (axele X și Z) pentru a ști dacă a căzut după încercarea de mers realizată de comanda obținută de

la copilul nou generat prin reproducere. Dacă a căzut, în funcție de parte pe care cade, robotul are un algoritm de ridicare. Partea pe care a căzut robotul se stabilește prin compararea unei valori limită cu o valoare citită de la accelerometru de pe axa X sau Z. Robotul se poate ridica prin îndoirea la cel puțin 90° a ambelor picioare. Direcția de îndoire este în direcția căderii (dacă cade pe spate îndoie ambele picioare minim 90° în spate, dacă cade în față, îndoie ambele picioare minim 90° în față). Cazul când cade lateral este mai complicat. În acest caz robotul mai trebuie să facă o lovitură cu piciorul pe care este căzut robotul (lovitură piciorul drept, dacă a căzut pe dreapta, lovitură cu piciorul stâng, dacă a căzut pe stânga) pentru a se rostogoli pe burtă, apoi se poate ridica normal parcă ar fi căzut în față. Din cauza că robotul își poartă bateriile pe spate, într-un accesoriu similar unui ghiozdan, lovitură cu piciorul pe care e căzut robotul poate genera o rostogolire doar pe burta a robotului. Din această poziție robotul se poate ridica relativ ușor și își poate continua deplasarea bipedă.

Un robot poate învăța sau perfecționa mersul și prin alte metode, însă cel mai natural mod este un algoritm genetic, deoarece este similar cu modul cum oamenii învață mersul. Obținerea acestei funcționalități a robotului este posibilă folosind în sistemul de comandă algoritmul prezentat în Figura 2, care folosește subprogramele din: Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6 și Figura 7.

În Figura 8 este prezentat un exemplu de implementare al algoritmului genetic prin care un robot umanoid poate învăța sau perfecționa mersul și se poate ridica după cădere. Pentru aplicarea efectivă a invenției am folosit un robotul biped BRAT de la Lynxmotion.

Algoritmul genetic conform invenției, prin care un robot umanoid poate învăța sau perfecționa mersul și se poate și ridica după cădere, este folosit pentru editarea programului după care funcționează modulul de comandă prezentat în Figura 8.

Microprocesorul (1) de pe placa modului de comandă trimite comenzi, printr-o interfață de comunicație (serială), (3), pentru acționarea fiecărui servomotor M (6), (7), (8), (9), (10), (11) de la articulațiile picioarelor robotului umanoid. Comanda trimisă la servomotoarele robotului este un șir de caractere stabilit după algoritmul prezentat anterior. Acest șir de caractere codează un semnal PWM care este echivalent cu unghiul cât trebuie să se rotească fiecare servomotor, pentru a obține mișcări coordonate specifice mersului biped.

Pentru controlul mișcărilor robotului se folosesc 6 servomotoare M, (6), (7), (8), (9), (10), (11) din Figura 8, de la firma Hitec la articulații (gleznă, genunchi, șold). Aceste motoare sunt speciale, de curent continuu cu roți dințate, sunt alese astfel încât să ofere cuplu suficient pentru acționarea



articulațiilor robotului pe care se instalează, și au un circuit electronic de comandă, cu 3 fire de conexiune (Vcc (5V), masă (GND) și intrare PWM (Pulse-Width Modulation = modularea lățimii pulsului). Factorul de umplere al semnalului PWM precizează unghiul de deplasare al servomotorului, acesta putându-se deplasa în unghiuri între 0° și 180° , nu poate face o rotație completă fiind blocat mecanic. Controlul servomotoarelor este realizat cu interfața serială SSC-32 (3), care poate controla până la 32 de servomotoare. Necesită alimentare dublă, 9 V de la o baterie, (4), pentru partea electronică a plăcii, și 5 V pentru parte de putere (cele 6 servomotoare), tensiune obținută de la o sursă de alimentare reîncărcabilă (power bank) (5), suficient de puternică și în același timp suficient de ușoară, putând fi amplasată pe robotul biped. Acționarea servomotoarelor este controlată de un microprocesorul Raspberry Pi model 3 B, (1), prin interfața RS232. Placa Raspberry Pi 3 Model B a fost selectată, deoarece este prima placă care are Wi-Fi încorporat pentru a putea fi accesată fără conexiune directă (fir) de un calculator, facilitate ce este utilă pentru studiere fișiere de log, verificarea execuției programului după etapele algoritmului, etc. Placa aleasă are însă un consum de curent mult mai mic decât Raspberry Pi 3 Model B+ și modelele ulterioare și este alimentată de aceeași sursă de energie (power bank), de 5 V. Pentru ca robotul să detecteze incidentul de deplasare (căzătura) și poziția în care se află, se mai folosește un accelerometru cu 6 axe MPU 6050, (2), care este controlat prin interfața I2C, și alimentat cu 5 V de placa Raspberry Pi 3 Model B. Accelerometrul (2) este similar celor folosite în telefoanele mobile inteligente, poate detecta poziția în care sunt ținute și pot roti ecranul în conformitate, este folosit pentru a detecta poziția robotului (în picioare sau căzut).

Nu este folosit nici un element de sprijin al robotului umanoid și nu sunt conectate nici fire de comandă sau alimentare externe. Robotul este autonom, întreg sistemul de comandă, acționările aferente și sursa de alimentare pentru acestea fiind montate pe robotul umanoid.

Noutatea invenției constă în modulul de comandă ce aplică algoritmul genetic în modul descris anterior, prin care un robot umanoid autonom poate învăța sau perfecționa mersul și se poate și ridica după cădere, comenzile care au fost aplicate cu succes și datele asociate acestora sunt memorate și folosite la reluarea algoritmului, într-un proces similar învățării.

Revendicări

1. Algoritm genetic pentru învățarea sau perfecționarea mersului și ridicarea după cădere, fără ajutor exterior, în cazul unui robot autonom umanoid biped **caracterizat prin aceea că** folosește ca date de intrare: *rata mutației, populație totală, ținta (șir de caractere de comandă), vectori pentru populație și scor de potrivire* și semnalul de la un senzor de poziție de tip accelerometru în modul următor:
 - se declară *rata de mutație*, o valoare de 1%, înseamnă 1% șanse să facă mutație fiecare caracter în comanda (șirul de caractere) generată după încrucișare;
 - se declară *populația totală*, sub forma unui șir de caractere din care se aleg caracterele pentru a face încrucișare, și prestabilește *comanda*;
 - se declară *ținta*, de asemenea sub forma unui șir de caractere, *comandă* care în acest moment este considerată ideală pentru mersul robotului, pentru un singur picior, dar poate fi folosită și pentru comanda celui de-al doilea picior, mișcarea fiind simetrică, decalată în timp funcție de ritmul în care se dorește a se face deplasarea;
 - se inițializează un proces de îmbunătățire progresivă, iterativă, a *comenzii* prin stabilirea unui *vector* pentru *populație*, se încarcă vectorul de populație cu valori aleatoare generate de funcția *ADN()*;
 - se inițializează un vector pentru *scorul de potrivire*;
 - se calculează *scorul de potrivire* și apoi se construiește un bazin de împerechere, se adaugă fiecare membru de *n*-ori depinzând de scorul de potrivire și se generează scenarii de reproducere, prin *încrucișare și mutație* (de gene), se ia o parte dintr-un șir și se combină cu altul, dar pentru a evita situațiile când nu se mai poate ajunge la rezultatul dorit, atunci se folosește *mutația*, care este un caracter aleatoriu;
 - *populația* va fi suprascrisă de noul copil generat prin reproducere, copilul fiind de fapt noua comandă pe care robotul o încearcă pentru a face următoarea mișcare (copilul este deja a 2-a generație, copii copilului a 3-a, ș.a.m.d.);
 - din datele furnizate de accelerometru (axele X și Z) se stabilește dacă a avut loc un incident de deplasare (robotul a căzut) după încercarea de mers realizată de comanda obținută de la copilul nou generat prin reproducere;



- dacă a căzut, în funcție de parte pe care cade, se aplica procedura de ridicare, partea pe care a căzut robotul se stabilește prin compararea unei valori limită cu valoarea semnalului primit de la accelerometru (axa X sau Z), pentru cădere în față sau pe spate, direcția de îndoire a picioarelor va fi în direcția căderii (dacă cade pe spate îndoie ambele picioare minim 90° în spate, dacă cade în față, îndoie ambele picioare minim 90° în față) iar pentru cazul unei căderi laterale robotul trebuie întâi să execute o lovitură cu piciorul pe care a căzut (lovitură piciorul drept, dacă a căzut pe dreapta, lovitură cu piciorul stâng, dacă a căzut pe stânga) pentru a se rostogoli pe burtă, apoi se poate ridica după procedura unei căderi în față;
- după reluarea poziției bipede, robotul poate continua deplasarea;
- comenzile care au fost aplicate cu succes și datele asociate acestora sunt memorate și folosite la reluarea algoritmului, într-un proces similar învățării.

2. Modul de comandă pentru învățare a mișcărilor și redresarea unui robot umanoid biped după cădere în alcătuirea căruia intră un microprocesor Raspberry Pi model 3 B, **(1)**, cu facilități de comunicare Wi-Fi, care operează după un program editat pe baza algoritmului genetic **conform revendicării 1**, un accelerometru, **(2)**, de tipul celor folosite pentru telefon mobil, o interfață de comunicație serială (RS232, SSC-32), **(3)**, pentru acționarea servomotoarelor de la articulațiile picioarelor robotului și surse de energie electrică, **(4)** și **(5)**, **caracterizat prin aceea că** trimite comenzi către servomotoarele robotului sub forma unui șir de caractere stabilit după algoritmul genetic conform revendicării 1, care codează un semnal PWM echivalent cu unghiul cât trebuie să se rotească fiecare servomotor, pentru a obține mișcări coordonate, succesive și alternative specifice mersului biped, factorul de umplere al semnalului PWM fiind proporțional cu unghiul de deplasare al servomotorului, între 0° și 180° , poate sesiza incidentele de deplasare (pierdere echilibru, cădere) și partea pe care a căzut robotul prin compararea unei valori limită cu valoarea semnalului primit de la accelerometru (axa X și axa Z), în funcție de partea pe care a căzut robotul se aplică o procedură de ridicare conform algoritmului genetic ce stă la baza programării microprocesorului, iar comenzile care au fost aplicate cu succes și datele asociate acestora sunt memorate și folosite la reluarea algoritmului, pentru mișcările următoare, într-un proces similar învățării.

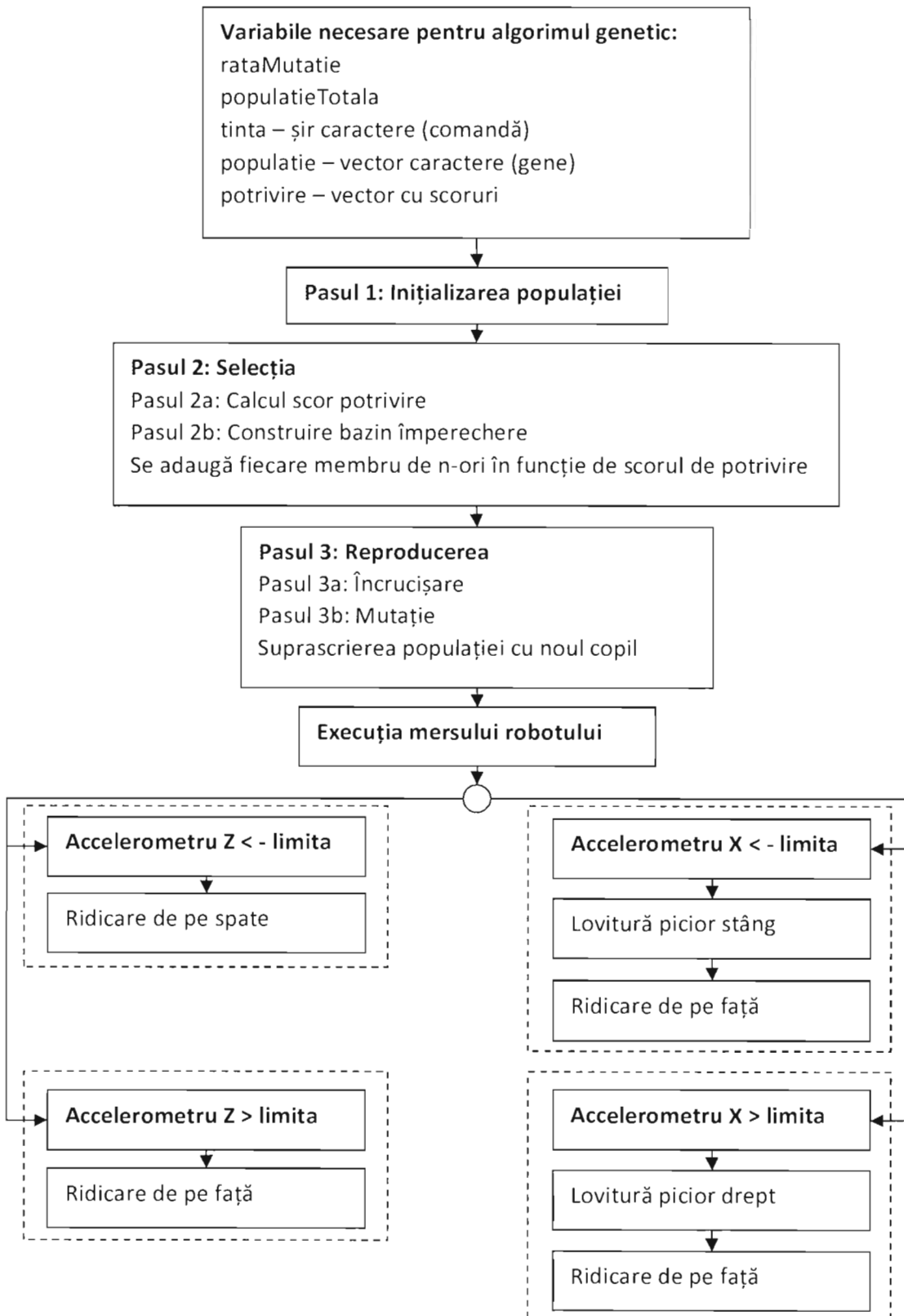


Figura 1

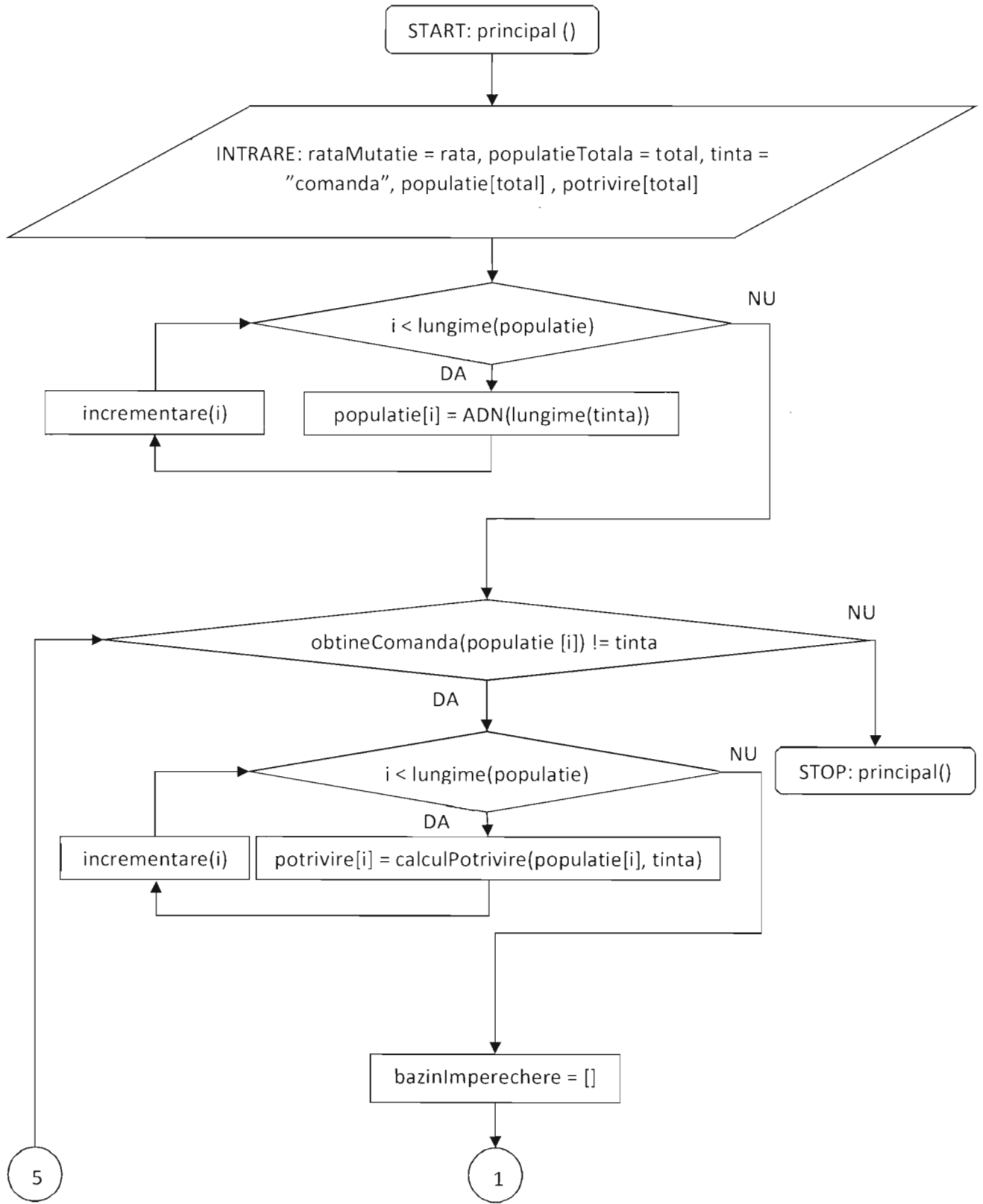


Figura 2 (a)

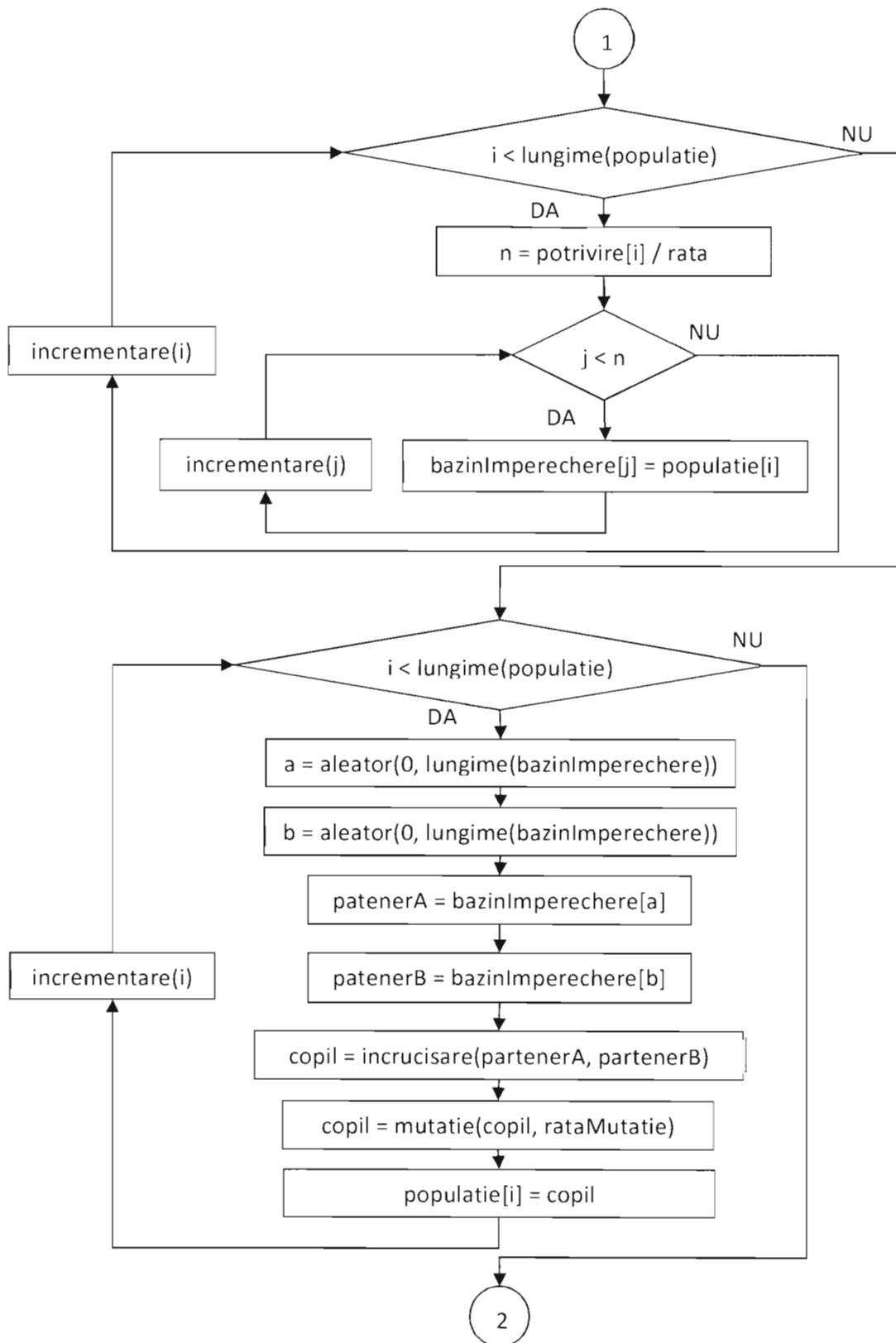


Figura 2 (b)

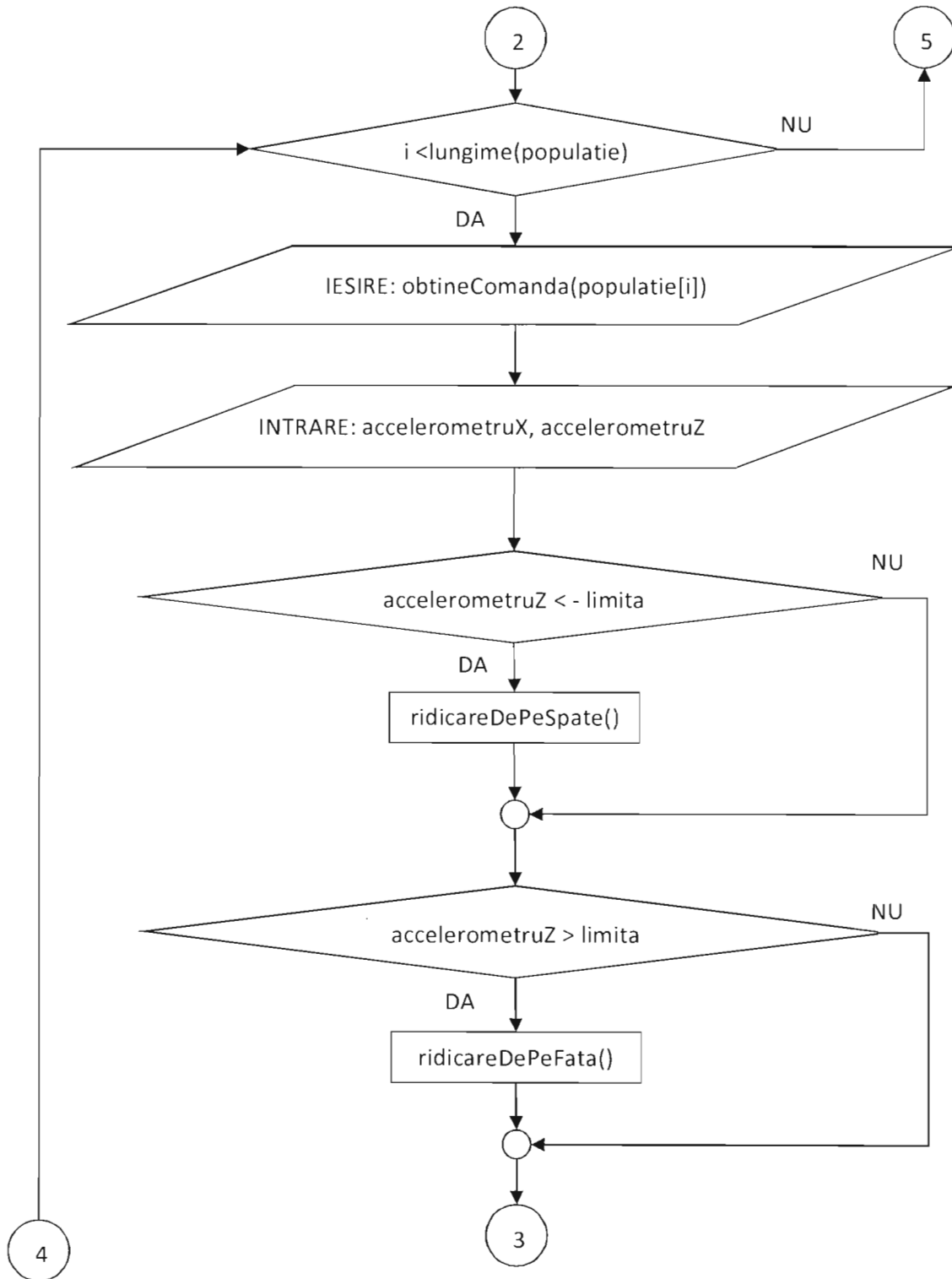


Figura 2 (c)

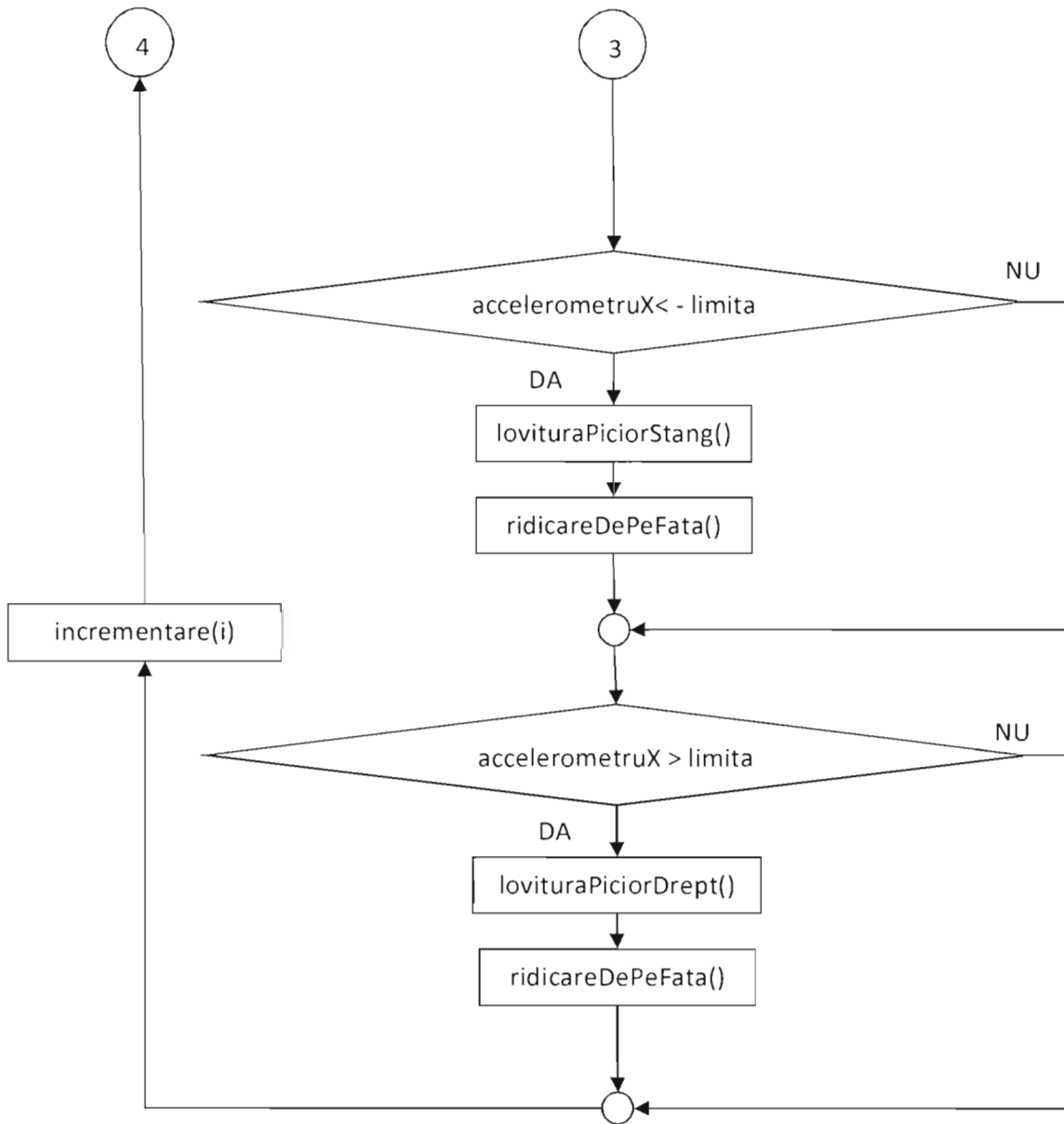


Figura 2 (d)

19

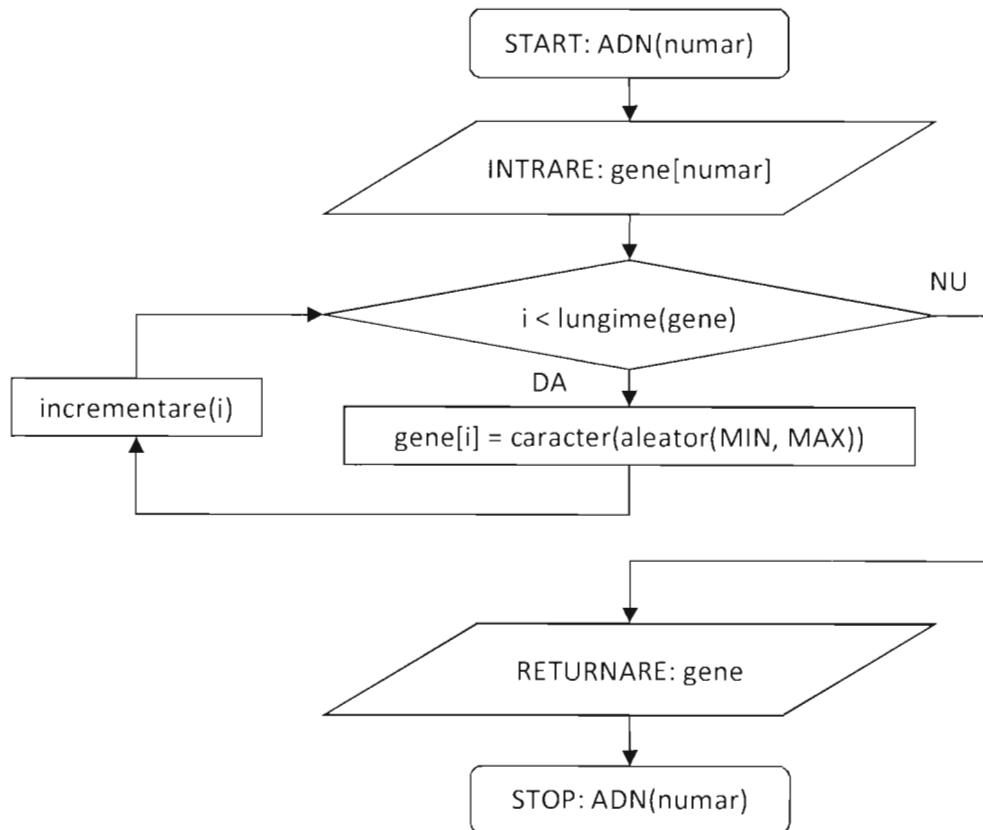


Figura 3

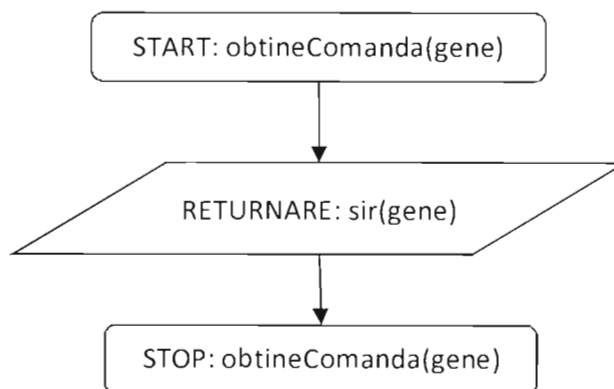


Figura 4

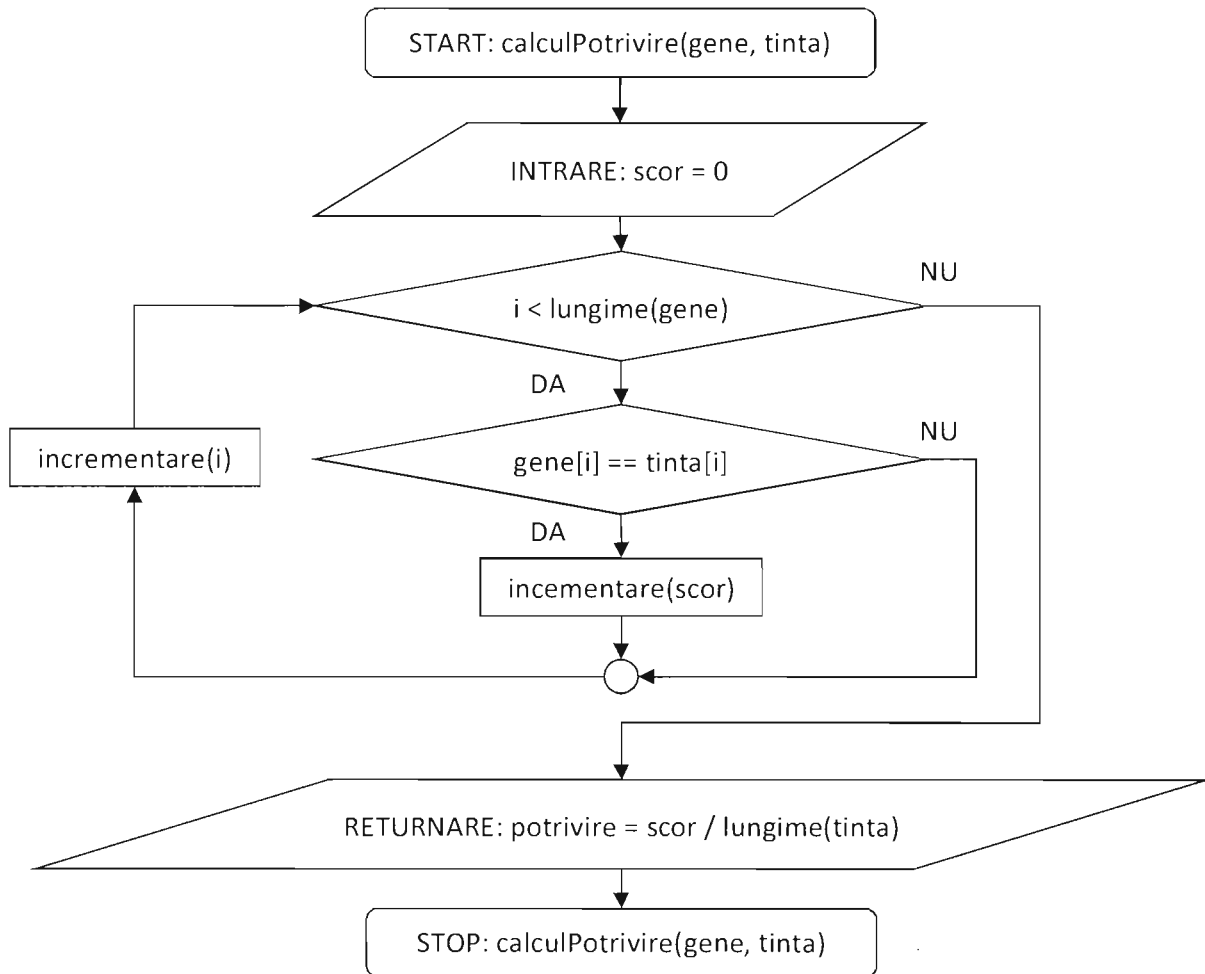


Figura 5

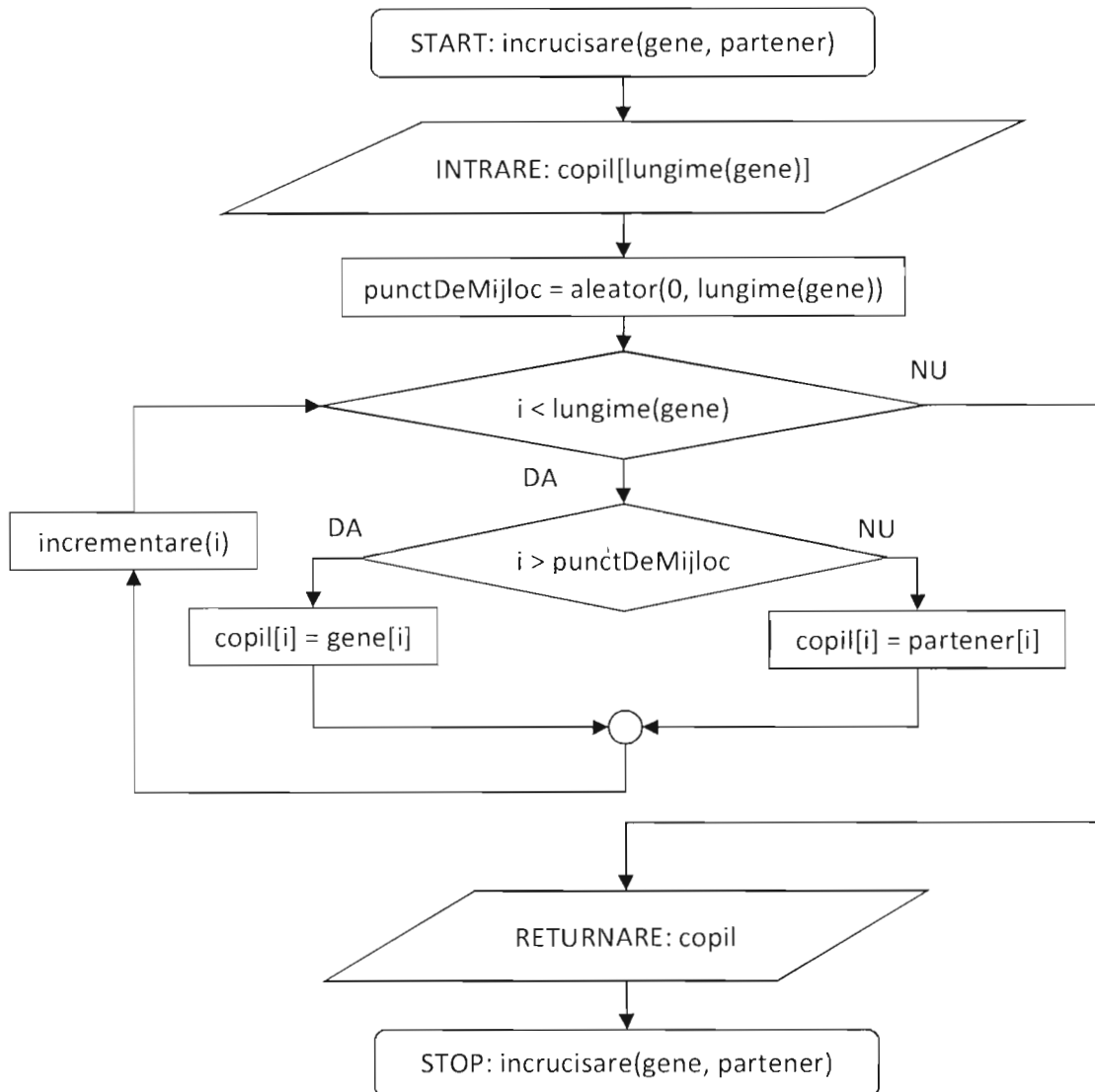


Figura 6

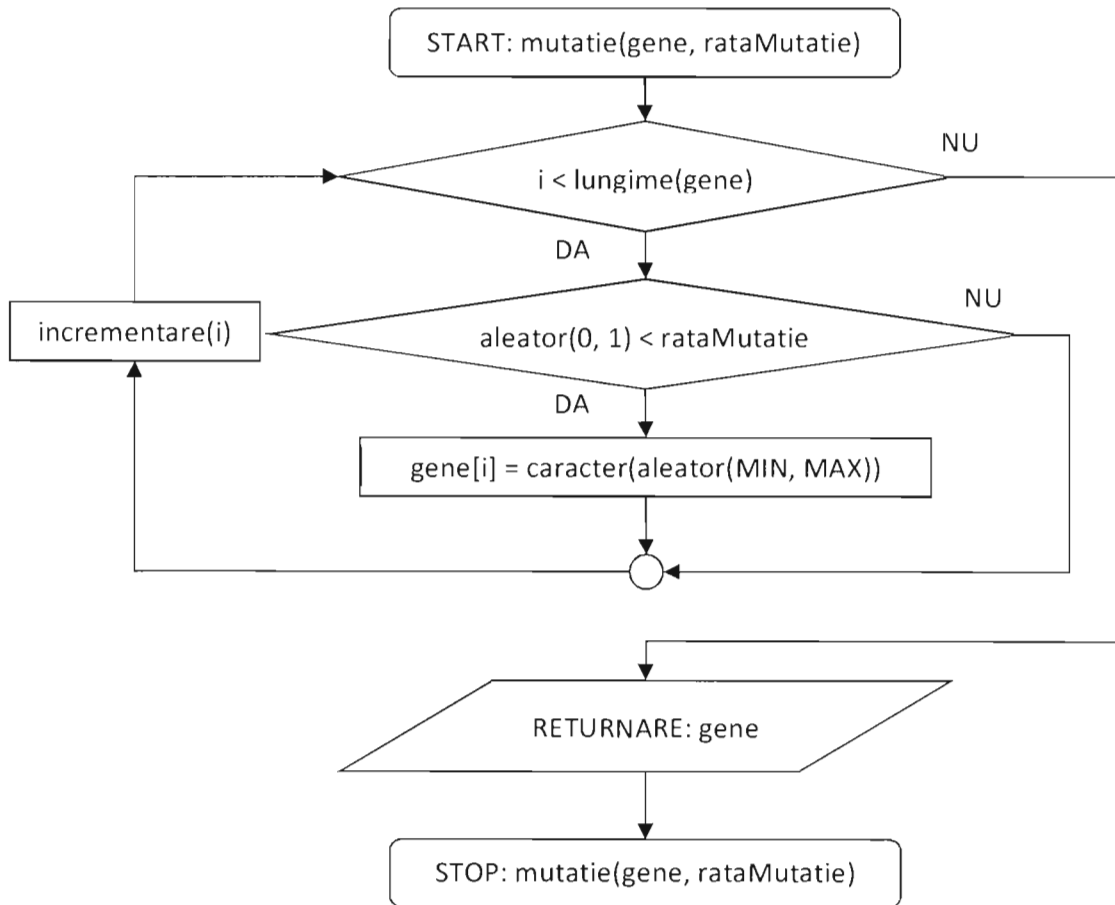


Figura 7

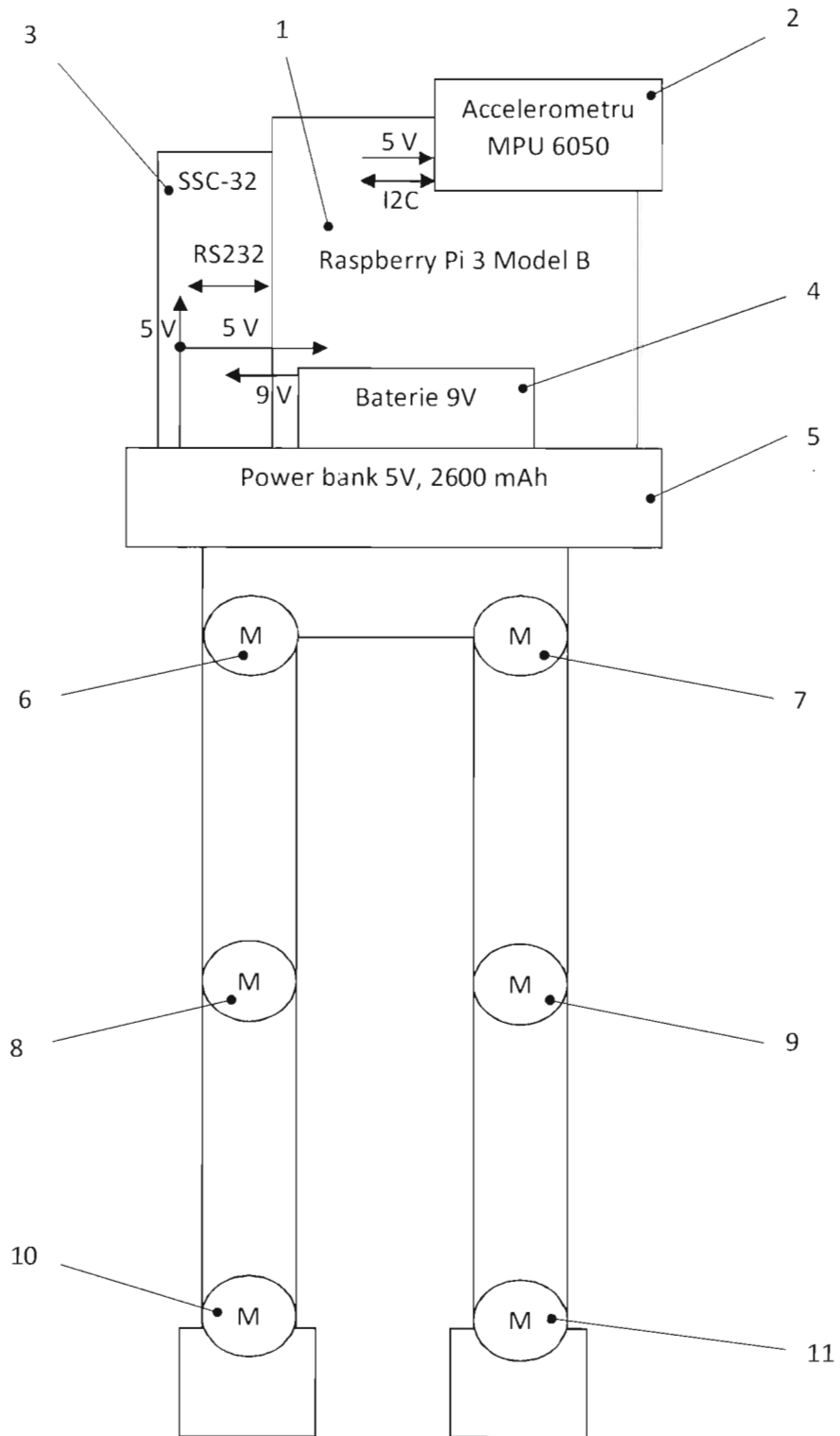


Figura 8