



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

**Hotărârea de acordare a brevetului de invenție poate fi revocată
în termen de 6 luni de la data publicării**

(21) Nr. cerere: **96-00418**

(22) Data de depozit: **29.02.1996**

(30) Prioritate:

(41) Data publicării cererii:
BOPI nr.

(42) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului:
30.12.1997 BOPI nr. **12/1997**

(45) Data eliberării și publicării brevetului:
BOPI nr.

(61) Perfecționare la brevet:
Nr.

(62) Divizată din cererea:
Nr.

(86) Cerere internațională PCT:
Nr.

(87) Publicare internațională:
Nr.

(56) Documente din stadiul tehnicii:
EP 0588594; 0482427; 0665507

(71) Solicitant: **GRIGORE OVIDIU, BUCUREȘTI, RO; GRIGORE OCTAVIAN, BUCUREȘTI, RO;**

(73) Titular: **GRIGORE OVIDIU, BUCUREȘTI, RO; GRIGORE OCTAVIAN, BUCUREȘTI, RO;**

(72) Inventatori: **GRIGORE OVIDIU, BUCUREȘTI, RO; GRIGORE OCTAVIAN, BUCUREȘTI, RO;**

(74) Mandatar:

(54) **METODĂ DE DIRIJARE A RACHETELOR PENTRU
INTERCEPTAREA ȚINTELOR AERIE NE PE BAZA UNEI REȚELE
NEURALE**

(57) **Rezumat:** Metoda de dirijare a rachetelor pentru interceptarea țințelor aeriene pe baza unei rețele neurale este utilizată în domeniul militar, pentru interceptarea țințelor mobile cu dinamică necunoscută, cum ar fi sistemele antirachetă și de lovire a avioanelor inamice, în centre de simulare, pentru antrenarea piloților în cazurile de interceptare a

unei ținte, precum și în domeniul civil, pentru realizarea joncțiunii navelor spațiale pe orbită, metoda folosind o rețea neurală de tip perceptron neliniar, proiectată pe baza unui algoritm de învățare.

Revendicări: 5
Figuri: 6

RO 112784 B1



Invenția se referă la o metodă de dirijare a rachetelor pentru interceptarea țintelor aeriene, utilizată în domeniul militar pentru lovirea țintelor mobile cu dinamică necunoscută, cum ar fi sistemele antirachetă și de lovire a avioanelor inamice, în centre de simulare pentru antrenarea piloților în cazurile de interceptare a unei ținte, precum și în domeniul civil pentru realizarea joncțiunii navelor spațiale pe orbită.

Este cunoscută o metodă de dirijare a rachetelor cu ajutorul unui pilot automat (un calculator de bord foarte complex), care poate fi proiectat prin mai multe metode: prin sinteza alocării polilor, sinteza liniar pătratică, sinteza adaptivă, sinteza optimală (sinteză cu performanță asigurată) și sinteza cu ȳ-atenuare. Aceste metode prezintă următoarele dezavantaje:

- liniarizare în prealabil a ecuațiilor rachetei, datorită faptului că sistemul dinamic ce descrie mișcarea acesteia este neliniar, problema care devine și mai complicată dacă se ține seama și de perturbațiile datorate sistemului dinamic al țintei, care de regulă este necunoscut;
- trebuie proiectat un estimator de stare (observer compozit de stare), care are rolul de a aproxima mărimile ce nu erau cunoscute.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unei metode care face legătura direct între intrarea și ieșirea sistemului de reglare, fără a fi nevoie să se rezolve iterativ sistemul de ecuații diferențiale care caracterizează metodele anterioare.

Metoda de dirijare a rachetelor pentru interceptarea țintelor aeriene pe baza unei rețele neurale, conform invenției, se caracterizează prin aceea că propune utilizarea unei rețele neurale în sistemele de dirijare automată a sistemelor dinamice cu aplicații în: domeniul militar - pentru interceptarea țintelor mobile cu dinamică necunoscută, cum ar fi cazul sistemelor antirachetă și de lovire a avioanelor inamice, și o realizare de centre de simulare pentru antrenarea piloților în cazurile de inter-

ceptare a unei ținte, în domeniul civil - pentru realizarea joncțiunii navelor spațiale pe orbită.

Avantajele invenției sunt:

- utilizarea cu precădere pentru sisteme neliniare;
- elimină rezolvării numerice a unui sistem de ecuații diferențiale;
- simplitatea implementării;
- resurse materiale și financiare mai mici, prin înlocuirea unui întreg calculator de bord cu o singură rețea neurală (implementată într-un singur circuit integrat specializat);
- creșterea fiabilității sistemului, datorită compactității și simplității constructive a acestui pilot;
- timpul de răspuns mic, datorită corespondenței directe intrare-ieșire, față de metodele clasice aplicate la proiectarea unui regulator care trebuie să rezolve iterativ un sistem de ecuații diferențiale;
- precizie mai bună în urmărirea țintelor datorită timpului de răspuns mai mic;

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...6, care reprezintă rezultatele comparative ale simulării funcționării unei metode cu regulator clasic și ale metodei, conform invenției, în diferite condiții inițiale:

- fig.1 aplicarea unei metode cu regulator clasic, distanța inițială 2500m, unghiul de lovire 30°;

- fig.2 aplicarea metodei conform invenției, distanța inițială 2500m, unghiul de lovire 30°;

- fig.3 aplicarea unei metode cu regulator clasic, distanța inițială 1500m, unghiul de lovire 20°;

- fig.4 aplicarea metodei conform invenției, distanța inițială 1500m, unghiul de lovire 20°;

- fig.5 aplicarea unei metode cu regulator clasic, distanța inițială 3000m, unghiul de lovire 20°;

- fig.6 aplicarea metodei conform invenției, distanța inițială 3000m, unghiul de lovire 20°.

Metoda clasică de proiectare a unui regulator presupune parcurgerea următoarelor etape:

1. Liniarizare în prealabil a ecuațiilor rachetei, datorită faptului că sistemul dinamic ce descrie mișcarea acesteia este neliniar.

2. Proiectarea unui estimator de stare (observer compozit de stare), care are rolul de a aproxima mărimile ce sunt necunoscute.

3. Determinarea regulatorului aplicând una dintre metodele clasice de proiectare prin: sinteza alocării polilor, sinteza liniar pătratică, sinteza adaptivă, sinteza optimală (sinteza cu performanță asigurată) și sinteza cu γ -atenuare.

Metoda conform invenției, constă în proiectarea unui regulator folosind o rețea neurală de tip perceptron neliniar, care are ca ieșire comanda la momentul curent, iar intrările sunt reprezentate de stări, intrări și comanda anterioară, și, de asemenea, constă în parcurgerea următoarelor etape:

1. Determinarea unui lot cât mai mare de perechi intrare-ieșire, obținut prin rezolvarea numerică a sistemului de ecuații diferențiale, care descrie evoluția rachetei.

2. Optimizarea lotului obținut la pasul 1, astfel, încât să se determine un set minim de perechi intrare - ieșire care să descrie cât mai bine funcționarea regulatorului. O astfel de operație se mai poate interpreta ca o partiționare a spațiului caracteristicilor k dimensional Ω_x în M regiuni de decizie corespunzătoare celor M clase de reglaj.

3. Antrenarea rețelei neurale folosind algoritmul gradientului negativ. După această etapă se determină ponderile care definesc rețeaua neurală.

4. Cu valorile obținute la pasul 3 rețeaua neurală se folosește în procesul de reglare a sistemului rachetă-țintă.

Sistemul dinamic a celor două rachete este următorul:

$$\begin{aligned} (\Sigma_R): \quad & \begin{cases} \dot{\theta}_R = 5,23\alpha_R \\ \dot{\alpha}_R = p_R \\ \dot{p}_R = -5,88p_R - 728,43\alpha_R - 529,5\delta_R \\ \dot{\Phi} = \frac{v_R}{R}\sin(\Phi-\theta_R) - \frac{v_T}{R}\sin(\Phi-\theta_T) \end{cases} \\ (\Sigma_T): \quad & \begin{cases} \dot{\theta}_T = 1,62\alpha_T \\ \dot{\alpha}_T = p_T \\ \dot{p}_T = -2,505p_T - 572,5\alpha_T - 300,5\delta_T \end{cases} \end{aligned}$$

În metodele clasice, deoarece θ_T , α_T , p_T nu se pot măsura, ele sunt approximate cu ajutorul unui estimator de stare (observer compozit de stare). Deci, practic, sistemul diferențial ce trebuie rezolvat se va dubla (și cu ecuațiile dinamice a mărimilor estimate), el devenind:

$$\begin{aligned} & \begin{cases} \dot{\hat{\theta}}_R = 5,23\alpha_R \\ \dot{\hat{\alpha}}_R = p_R \\ \dot{\hat{p}}_R = -5,88p_R - 728,43\alpha_R - 529,5\delta_R \\ \dot{\hat{\Phi}} = \frac{v_R}{R}\sin(\Phi-\theta_R) - \frac{v_T}{R}\sin(\Phi-\theta_T) \end{cases} \\ & \begin{cases} \dot{\hat{\theta}}_T = 1,62\alpha_T \\ \dot{\hat{\alpha}}_T = p_T \\ \dot{\hat{p}}_T = -2,505p_T - 527,5\alpha_T - 300,5\delta_T \\ \dot{\hat{\theta}}_R = 5,23\hat{\alpha}_R - 15(\hat{\theta}_R - \theta_R) \\ \dot{\hat{\alpha}}_R = p_R - 15(\hat{\alpha}_R - \alpha_R) \\ \dot{\hat{p}}_R = -5,88\hat{p}_R - 728,43\hat{\alpha}_R - 529,5\delta_R \end{cases} \\ & \dot{\hat{\Phi}} = [v_R - v_T] \chi[\Phi - \theta_T] \frac{\hat{\Phi}}{R} - \frac{v_R}{R} \hat{\theta}_R + \frac{v_T}{R} \chi[\Phi - \theta_T] \theta_T - 4 \left[5 \sqrt{\frac{v_T}{v_R}} \chi[\Phi - \theta_T] + [v_R - v_T] \chi[\Phi - \theta_T] \right] \frac{\Phi - \hat{\Phi}}{4R} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{\hat{\theta}}_T &= 1,62\alpha_T - 100(\hat{\Phi} - \Phi) \\ \dot{\hat{\alpha}}_T &= p_T \\ \dot{\hat{p}}_T &= -2,505p_T - 572,5\alpha_T - 0,1(\hat{\Phi} - \Phi)\end{aligned}$$

unde termenul $\chi[\Phi - \theta_T]$ provine de la liniarizarea ecuației lui Φ în cele patru cadrane, mărimea θ_T fiind necunoscută, neputându-se măsura la bordul rachetei.

Metoda clasică de proiectare a unui regulator constă în rezolvarea sistemului anterior, care se face prin metode numerice iterative.

Revendicări

1. Metodă de dirijare a rachetelor pentru interceptarea țintelor aeriene pe baza unei rețele neurale, pornind de la metoda clasică de proiectare a unui regulator cu următoarele etape: 1). liniarizare în prealabil a ecuațiilor rachetei, datorită faptului că sistemul dinamic ce descrie mișcarea acesteia este neliniar, 2). proiectarea unui estimator de stare, observer compozit de stare, care are rolul de a aproxima mărimile ce sunt necunoscute și 3). determinarea regulatorului aplicând una dintre metodele clasice de proiectare prin: sinteza alocării polilor, sinteza liniar pătratică,

sinteza adaptivă, sinteza optimală ca sinteză cu performanță asigurată, și sinteza cu γ -atenuare, **caracterizată prin aceea că** utilizează o rețea neurală de tip perceptron neliniar în sistemele de dirijare automată a sistemelor dinamice, proiectată pe baza unui algoritm de învățare.

2. Metodă, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** se utilizează în domeniul militar, pentru interceptarea țintelor mobile cu dinamică necunoscută.

3. Metodă, conform revendicării 2, **caracterizată prin aceea că** se utilizează în domeniul militar, pentru sistemele antirachetă și de lovire a avioanelor inamice.

4. Metodă, conform revendicării 1 și 2, **caracterizată prin aceea că** se utilizează în domeniul militar, pentru realizarea de centre de simulare pentru antrenarea piloților, în cazurile de interceptare a unei ținte.

5. Metodă, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** se utilizează în domeniul civil, pentru realizarea joncțiunii navelor spațiale pe orbită.

Președintele comisiei de examinare: **ing. Erhan Valeriu**

Examinator: **ing. Apostol Cristina**

112784

(51) Int.Cl.⁶ F 41 G 7/22;
G 06 T 1/40

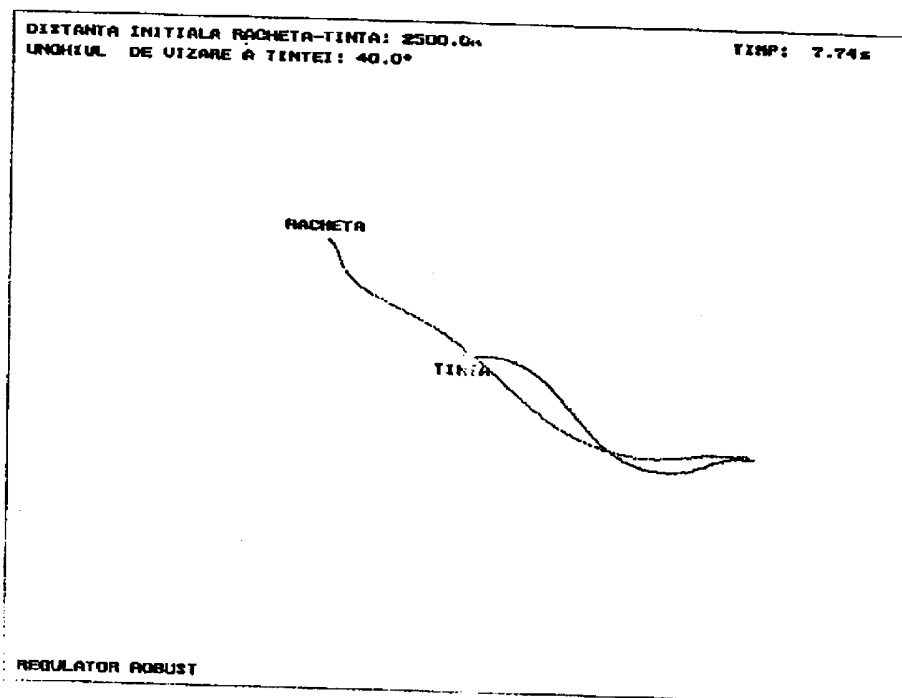


Fig. 1

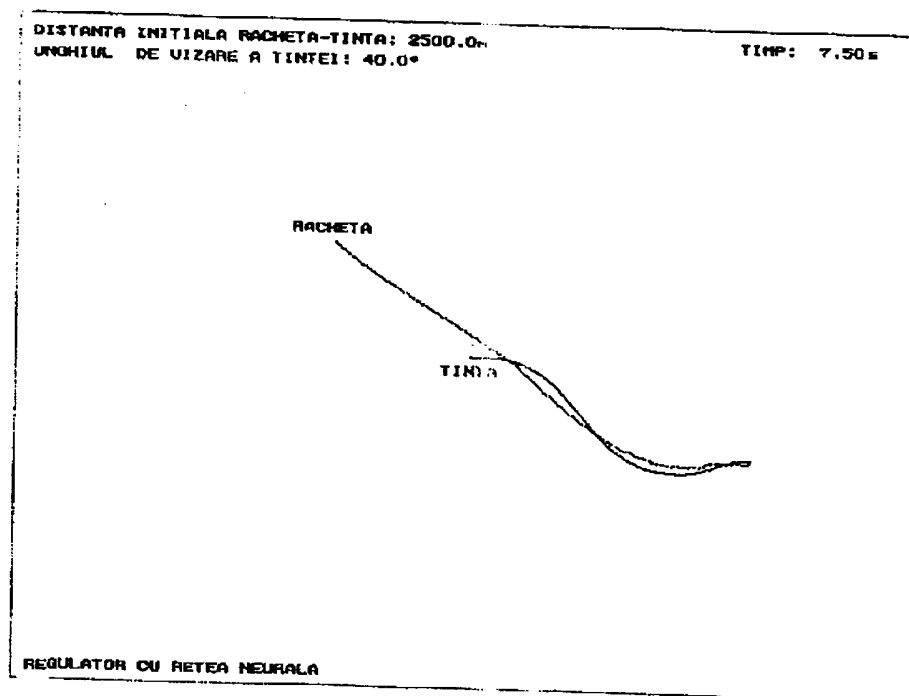


Fig. 2

112784

(51) Int.Cl.⁶ F 41 G 7/22;
G 06 T 1/40

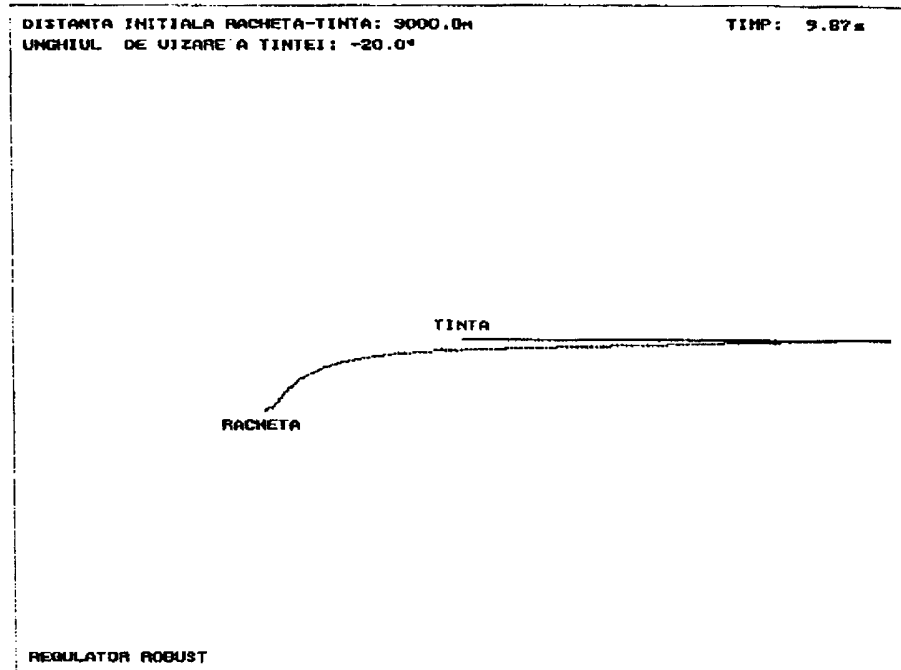


Fig. 3

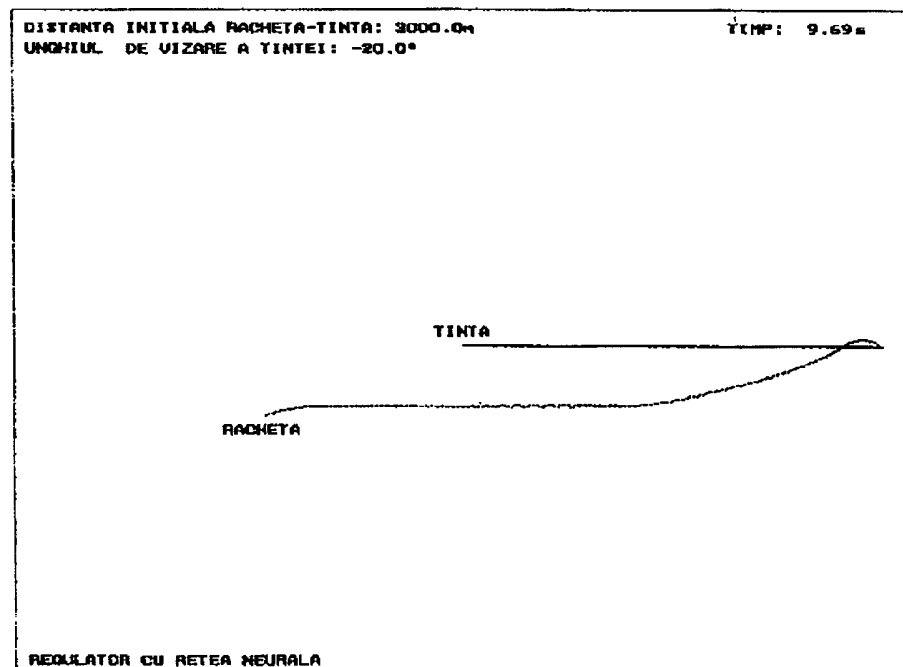


Fig. 4

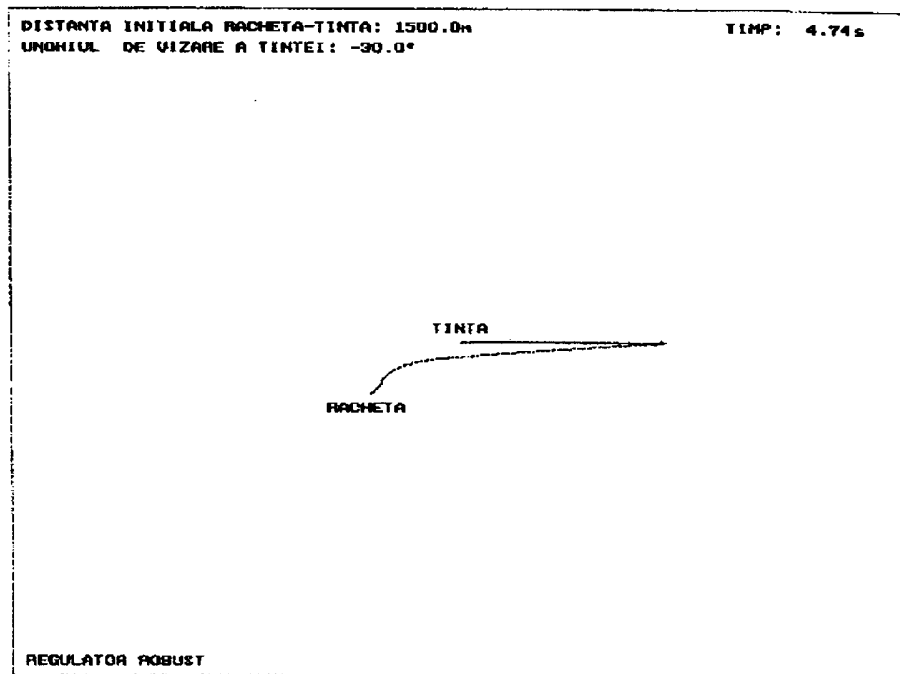


Fig. 5

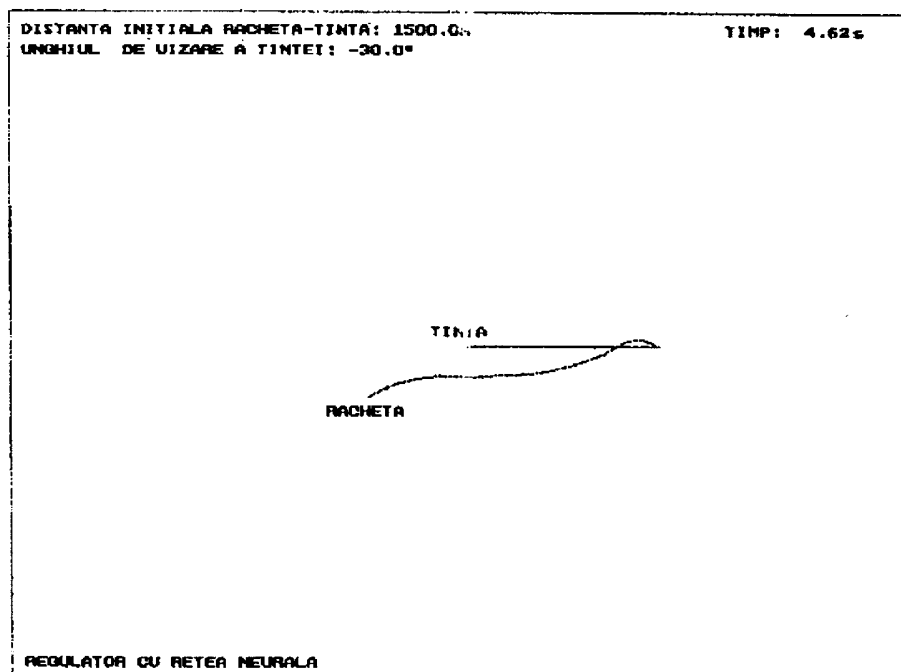


Fig. 6