



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00425

(22) Data de depozit: 23/07/2021

(41) Data publicării cererii:
29/04/2022 BOPI nr. 4/2022

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE
TURBOMOTOARE - COMOTI,
BD.IULIU MANIU NR.220 D, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• CRISTEA LUCIAN LAURENȚIU,
STR.BĂRĂGANULUI 29A,
POPEȘTI-LEORDENI, IF, RO

(54) **SISTEM DE CONTROL INTERACTIV VIBRATILO-ACUSTIC
AL ZGOMOTULUI PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA PRECIZIEI
ȘI ACUITĂȚII VIZUALE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de control interactiv vibratilo-acustic al unui zgomot perturbator în vederea îmbunătățirii preciziei și acuității vizuale. Sistemul de control, conform invenției, cuprinde: un sistem (100) de achiziție și procesare a semnalelor care preia, prin intermediul unor microfoane (700), un zgomot perturbator, îl amplifică, filtrează și digitalizează, cu ajutorul unor algoritmi de control ce rulează pe un calculator (200), niște căști sau difuzoare (300) care generează un semnal acustic de control care are ca scop o mărire a raportului semnal-zgomot și o creștere a inteligibilității eventualelor conversații, iar în paralel și sincronizat cu semnalul acustic de control, se generează un semnal vibratil care este aplicat, prin intermediul unui actuator (500) electrodinamic sau piezoelectric, la nivelul mâinii, încheieturii mâinii, brațului sau piciorului utilizatorului, cu scopul de a modula percepția semnalului sonor și de a reduce efectele nedorite asociate zgomotului, acest semnal fiind filtrat în funcție de semnalul acustic preluat de microfoane (700) și niște ochelari (600) cu urmărire automată a direcției privirii având rol de senzor de eroare în cadrul arhitecturii de control indicând abaterile mari de fixare cu privirea a unui obiect sau a unei traiectorii, abateri ce pot fi corectate prin aplicarea semnalului vibratil.

Revendicări: 2
Figuri: 2

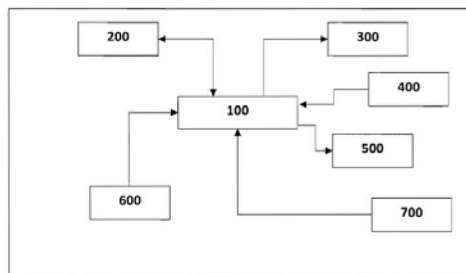
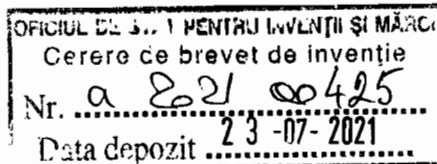


Fig. 1





SISTEM DE CONTROL INTERACTIV VIBRATILO-ACUSTIC AL ZGOMOTULUI PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA PRECIZIEI ȘI ACUITĂȚII VIZUALE

Invenția se referă la un sistem de control interactiv vibratilo-acustic al zgomotului pentru îmbunătățirea preciziei și acuității vizuale, zgomot ce poate conduce la perturbarea percepției vizuale, utilizând modularea senzorială intermodală vibratilo-acustică și psiho-acustică.

Aplicația se adresează situațiilor în care este necesară o atenție și precizie a controlului mișcării deosebite, combinate în același timp cu o eșantionare spațio-temporală crescută a percepției vizuale, auditive și haptice, în condiții de zgomot intens, cum sunt spațiile acustice închise întâlnite în domeniile aero-spațial (cockpitul avioanelor sau navelor spațiale), naval (submarine) sau al vehiculelor grele (buldozere și excavatoare, tancuri, etc.). În astfel de zone, zgomotul și vibrațiile influențează puternic precizia cu care se efectuează manevrele de condus, control al traiectoriei sau țintire, dar și comunicațiile sonore, iar acest sistem permite îmbunătățirea acestora, dacă în paralel cu un control electro-mecanic al perturbațiilor și abaterilor, se aplică și un control activ pe căile percepției multi-senzoriale.

Sistemele de control activ al zgomotului utilizate până în prezent, folosesc modificarea parametrilor fizici ai semnalului perturbator sau căii de transmitere, și în câteva cazuri, ponderările psihoacustice, care se bazează pe determinări și auto-evaluări empirice și nu sunt valabile în cazul oricărui individ.

Se cunosc niște sisteme de control activ al zgomotului ce folosesc arhitecturi care înglobează parametrii psiho-acustici, conform documentelor **US 9437182 B2** și **US 9318094 B2**. Aceste documente abordează utilizarea modulării psiho-acustice, doar în domeniul percepției sonore pentru diferite metode de control activ al sunetelor, dar invenția de față se diferențiază de ceea ce s-a publicat până în prezent prin faptul că aplică o modulare inter-modală vibratilo-acustică a percepției în zona formării și acțiunii atenției și înainte de activarea proceselor cognitive.

Se cunoaște un sistem care utilizează generarea vibrațiilor de joasă frecvență la nivelul toracelui pentru augmentarea unui semnal sonor cu aplicații în zona de media, conform documentul **US 20150063606 A1**. Acest sistem propune și aplicații în zona controlului activ, dar nu utilizează în arhitectura generării semnalelor parametrul care să descrie formarea și acțiunea activă a percepției multi-senzoriale, ci doar modelează răspunsul senzorial, ca un sistem în buclă deschisă.

Spre deosebire de aceasta, prezenta invenție evită intenționat aplicarea de semnal vibrații de joasă frecvență la nivelul toracelui, datorită posibilelor efecte negative pe care acest tip de semnal, cu un nivel de energie vibrațional ridicată aplicată pe o suprafață mare, l-ar avea asupra organelor interne și în special asupra percepției vizuale (conducând la "blurarea" vederii), dar și a faptului că prin însăși aplicația ei, o astfel de soluție ar face ca semnalul vibrații să interfereze cu semnalul perturbator de la nivelul scaunului, și astfel greu de conceput o soluție de control activ.

Astfel, invenția de față utilizează aplicarea de semnal vibrații în zone ale corpului care oferă o amortizare relativ la organele interne sau alte organe de simț, pentru a face ca suprapunerea inter-modală a percepției multi-senzoriale să aibă loc cu precădere la nivelul superior al formării senzațiilor și nu pe căile de transmitere nervoase.

Scopul modulării vibrațiilor-acustice a percepției este de a reduce efectele negative asociate receptării unui semnal auditiv de zgomot intens și prin acest lucru, de a îmbunătăți percepția vizuală sau auditivă în condiții de atenție și precizie motorie sporite. Am denumit interactiv sistemul de control, datorită faptului că acțiunea activă are loc atât la nivelul domeniului fizic (senzori, actuatori, controler), cât și la cel al percepției (inferențe statistice active). Practic, se realizează o acțiune mixtă de control, care înglobează răspunsul senzorial și inferențele predictive și active ale creierului, în arhitecturile fizice de control activ al zgomotului. Dacă pentru un sistem de control activ al zgomotului într-un domeniu structural sau acustic, suprapunerea semnalului perturbator și al celui de control se realizează la nivelul spațiului fizic, în cazul arhitecturilor ce înglobează un control la nivelul formării percepției, suprapunerea semnalelor are loc la nivelul rețelelor nervoase unde impulsurile nervoase ce crează senzațiile se suprapun, astfel că superpoziția acestora pe căile de transmitere nervoase este abordată similar cu cea

întâlnită pe căile de transmitere ale unui domeniu structural sau acustic extern. În condiții de nivel sonor intens, cum este cel rezonant din interiorul spațiilor acustice închise de la bordul aparatelor de zbor sau al autovehiculelor grele, percepția zgomotului are o puternică componentă multi-senzorială. Deși zona responsabilă cu formarea percepției auditive este cea mai sensibilă față de un eveniment acustic intens, faptul că percepția are o componentă inferențială activă este dată de apariția a diferite efecte și activități nervoase pe zone care formează percepții de care sunt responsabile alte organe de simț, cum este văzul. Astfel, dacă semnalul evocat auditiv transmite informația legată de perturbația sonoră pe căile de transmitere corespunzătoare sistemului auditiv, se remarcă, în prezența unui zgomot intens, feedback-ul multi-senzorial care acționează inferențial pe căile de transmitere ale tuturor modurilor perceptive, de la cortex către fiecare dintre organele de simț. O astfel de perturbație care se propagă în sens invers, printr-o acțiune de feedback activ, de la cortex către organul de simț, conduce la un efect de "blocare" a acțiunii inferențiale pe care o întreprinde ochiul prin mișcarea sa sacadată de urmărire a traiectoriei sau poziției, ce are ca și consecință o "blurare" a percepției vizuale.

Deoarece o senzație ce descrie un eveniment extern este întotdeauna multi-senzorială, se poate aprecia că există la nivelul sistemului nervos o permanentă acțiune de modulare inter-senzorială, care astfel, prin augmentare vibratilo-acustică externă, conduce la o arhitectură combinată de control activ care ține cont atât de parametrii fenomenelor fizice externe, cât și de cei care descriu formarea percepției.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, constă în aplicarea de semnal vibratil în zone ale corpului care oferă o amortizare relativ la organele interne sau alte organe de simț, pentru a face ca suprapunerea inter-modală a percepției multi-senzoriale să aibă loc cu precădere la nivelul superior al formării senzațiilor și nu pe căile de transmitere nervoase.

Sistemul de control interactiv vibratilo-acustic al zgomotului pentru îmbunătățirea preciziei și acuității vizuale, conform invenției, rezolvă problema tehnică menționată, prin aceea că semnalul acustic de zgomot este generat prin niște căști, sau prin niște difuzoare și are ca scop o mărire a raportului semnal-zgomot acustic și o creștere a

inteligibilității eventualelor conversații, este preluat de niște microfoane, amplificat, filtrat și digitizat de sistemul de achiziție și procesare de semnal, rularea algoritmilor de control realizându-se cu ajutorul unui calculator, iar semnalul vibrații generat de către sistemul activ de control este aplicat prin intermediul unui actuator electrodinamic sau piezoelectric la nivelul încheieturii mâinii, a brațului sau piciorului, sincronizat și cu semnalul generat de difuzoarele și filtrat în funcție de semnalul acustic preluat de microfoanele, în timp ce, semnalul de eroare, care este o măsură a acuității și preciziei vizuale, este înregistrat prin intermediul unor ochelari cu urmărire automată a direcției privirii.

Sistemul de control interactiv vibrații-acustic al zgomotului pentru îmbunătățirea preciziei și acuității vizuale, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig.1 și 2, care reprezintă:

- fig.1: schema de ansamblu a sistemului de control activ vibrații-acustic al zgomotului pentru îmbunătățirea preciziei și acuității vizuale;
- fig.2: schema de control mixtă, feedback percepiv – feedforward vibrații-acustic.

Sistemul de control interactiv vibrații-acustic al zgomotului pentru îmbunătățirea preciziei și acuității vizuale, conform invenției și așa cum se poate observa și din cadrul fig.1, este compus din senzori, actuatori și un sistem de procesare și control. Semnalul acustic de zgomot este preluat de niște microfoane **700**, amplificat, filtrat și digitizat de un sistem de achiziție și procesare de semnal **100**. Rularea algoritmilor de control se realizează cu ajutorul unui calculator **200**. Semnalului acustic digitizat i se aplică o ponderare psiho-acustică, care reprezintă o corelare a semnalului achiziționat conform răspunsului caracteristic al urechii umane, care este mai sensibilă pe zona frecvențelor medii și mai puțin sensibilă pe banda de frecvențe joase, deși energia acustică în această zonă este sensibil mai mare.

Semnalul de control acustic este generat prin niște căști (în cazul în care aplicațiile o impun), sau prin niște difuzoare **300** și are ca scop o mărire a raportului semnal-zgomot acustic și o creștere a inteligibilității eventualelor conversații. Semnalul de control activ acustic este generat prin intermediul arhitecturilor de tip feed-forward în care s-au aplicat ponderări psiho-acustice atât asupra semnalului de eroare cât și a semnalului de

referință, și ale căror valori cumulate compun semnalul de control acustic activ. În paralel și sincronizat cu semnalul acustic controlat activ, se generează un semnal de vibrații printr-un actuator electrodinamic sau piezoelectric, aplicat la nivelul mâinii, încheieturii mâinii, brațului sau piciorului, cu scopul de a modula percepția semnalului sonor și a reduce efectele nedorite asociate zgomotului, în special cele apărute pe calea de formare a percepției vizuale.

Semnalul vibrațiilor generat de către sistemul activ de control **100**, este aplicat prin intermediul unui actuator electrodinamic sau piezoelectric **500** la nivelul încheieturii mâinii, a brațului sau piciorului, sincronizat și cu semnalul generat de difuzoarele **300** și filtrat în funcție de semnalul acustic preluat de microfoanele **700**. Datorită faptului că actuatorul **500** generează semnale de frecvențe joase, chiar sub domeniul percepției auditive normale ale urechii, se impune ca microfoanele și procesarea de semnal corespunzătoare, să fie alese astfel încât să permită achiziția și de semnal acustic infra-sonic. Semnalul de vibrații este filtrat cu un filtru digital trece-bandă de 3 – 400 Hz, aceasta fiind zona de frecvențe la care este sensibil sistemul osos sau pielea omului. Datorită faptului că suprapunerile multi-senzoriale ale formării percepției au loc la nivel de milisecunde, se impune ca și achiziția semnalelor de stare, procesarea și generarea celor de control să fie la frecvențe de eșantionare corespunzătoare, de cel puțin 50 kHz/canal.

Semnalul de eroare, care este o măsură a acuității și preciziei vizuale, este înregistrat prin intermediul unor ochelari cu urmărire automată a direcției privirii **600** (eye tracking). Abaterile mari de fixare cu privirea a unui obiect sau traiectorie, datorate prezenței unui zgomot intens, sunt reduse prin aplicare de semnal vibrațiilor la nivelul mâinii sau piciorului, semnal supra-eșantionat haptic-vizual-acustic prin modificare forței de strângere a mâinii, care astfel realizează o inferență bayesiană activă asupra mediului perturbator.

Ochelari cu urmărire automată a direcției privirii **600** devin astfel senzor de eroare în cadrul arhitecturii de control, iar modificarea ratei de eșantionare a semnalului de achiziție și control se realizează în funcție de variația valorilor preluate de la senzorii de forță **400**. Se apreciază că semnalul de eroare preluat prin ochelarii cu urmărire automată

a direcției privirii **600** este un răspuns al nivelului de atenție și focusare asupra unui obiect sau traiectorii, iar semnalul de forță de la senzorii **400** descrie inferențele statistice active pe care creierul le face asupra mediului acustic și vizual.

Pentru ca un eveniment vibratil să poată fi integrat unuia acustic, răspunsul percepției auditive trebuie să se realizeze în intervalul temporal de 50-100 ms de la declașarea evenimentului, pentru a permite astfel formarea percepției primare, fără interferențe active din partea nivelurilor superioare ale cogniției. Pielea și sistemul osos, care se presupune a fi receptorii semnalului vibratil, răspund intervalului de frecvențe situat între 3 și 400 Hz, aceasta fiind zona în care se poate realiza o modulare mixtă acusto-vibratilă perceptibilă. Datorită faptului că semnalul nervos vibratil are o întârziere pe calea de transmitere mai mare decât cel auditiv, acest lucru trebuie avut în vedere atunci când se definesc parametrii temporali de sincronizare și generare a semnalelor de control.

Aplicând conceptul devenit unitar în neuroștiințele actuale, acela al inferenței statistice bayesiene, cu scopul de a minimiza energia liberă (K. Friston) sau nivelul de surpriză contextuală creat de prezența zgomotului, acțiunea de modificare a senzațiilor neplăcute auditive și a altor efecte negative corelate acestuia, este realizată prin predicție statistică și actualizare motorie activă (spre exemplu, prin modificarea forței de strângere a mâinii, similară inferenței statistice bayesiene), care duce la o creștere a nivelului de aproximare al mediului vibro-acustic și vizual. Într-o stare mentală ce atribuie percepției starea de zgomot, se introduce coeficientul de amortizare critică a percepției zgomotului, un parametru care descrie starea psihică modulatorie asociată creării senzației de zgomot sau a unui nivel al acestei stări. Funcția generativă care descrie inferența activă pe care individul o aplică asupra mediului pentru a-i aproxima mai bine modificările, cu scopul de a micșora eroarea de predicție, este descrisă de forța de strângere aplicată la nivelul mâinii, forță preluată prin senzorii **400**. Semnalul electric preluat de la senzorii de forță **400** măsoară forța de strângere a mâinii, prin care se încearcă menținerea unui feedback visual-haptic constant, pentru actualizarea și modularea proceselor ce țin de atenție și precizie motorie. În consecință, îmbunătățirea atenției și a preciziei, se realizează prin acțiunea de feedback motoriu care crește rata de eșantionare spațio-

temporală a percepției multi-senzoriale, astfel că un control al forței de strângere conduce la o mărire a acuității vizuale, în condiții de zgomot extern. Forța de strângere care acționează la nivelul mâinii, nu variază în funcție de frecvența semnalului sonor perturbant ci în funcție de starea mentală prin care creierul atribuie percepția de zgomot unui semnal sonor. O creștere bruscă a forței de strângere de la nivelul mâinii în prezența unui eveniment acustic intens, redă formarea senzației multi-senzoriale de zgomot, ca și când acțiunea motrice sporește nivelul de eșantionare spațio-temporal al percepției ce are ca și consecință îmbunătățirea atenției printr-o inferență predictivă accelerată. Rolul activ al forței de strângere (semnal preluat prin senzorii 400) este de a reda și genera acțiunea de supra-eșantionare necesară formării percepției multi-senzoriale în cazul apariției fenomenelor perturbatoare acustice tranziente. Având în vedere că acțiunea de control al poziției unui obiect sau a traiectoriei mișcării, întâlnită în aplicațiile din domeniul aero-spațial sau al vehiculelor presupune o acțiune ce utilizează forța de strângere de la nivelul mâinii, includerea senzorilor de forță ca elemente de control activ ce includ fenomenele ce țin de formarea percepției, este o consecință. Astfel, sistemul de control inter-activ al zgomotului utilizează modificarea atât a parametrilor fizici ai domeniului acustic, cât și pe cei care țin de formarea percepției multi-senzoriale care poartă atributul de zgomot, prin generare de semnal vibratilo-acustic modulat psiho-acustic și ca rată de eșantionare în funcție de percepția haptică.

În cadrul fig.2 se prezintă schema de principiu a arhitecturii de control mixt, feedback perceptiv – feedforward fizic. Aceasta înglobează controlul ce are loc atât la nivelul aparatului perceptiv multisenzorial, cât și la nivelul domeniului fizic. Interfața dintre cele două domenii este realizată de senzorii de eroare de la nivelul ochiului și de cei haptici activi. Bucla feedforward înglobează funcțiile de transfer acustic-vizual, vibratilo-vizual și haptic-vizual și are o acțiune de control modulatoare asupra răspunsului vizual perturbant.

REVENDICĂRI

1. Sistem de control interactiv vibratilo-acustic al zgomotului pentru îmbunătățirea preciziei și acuității vizuale, compus dintr-un sistem de achiziție și procesare de semnal (100), **caracterizat prin aceea că**, semnalul acustic de zgomot este generat prin niște căști, sau prin niște difuzoare (300) și are ca scop o mărire a raportului semnal-zgomot acustic și o creștere a inteligibilității eventualelor conversații, este preluat de niște microfoane (700), amplificat, filtrat și digitizat de sistemul de achiziție și procesare de semnal (100), rularea algoritmilor de control realizându-se cu ajutorul unui calculator (200), iar semnalul vibratil generat de către sistemul activ de control (100) este aplicat prin intermediul unui actuator electrodinamic sau piezoelectric (500) la nivelul încheieturii mâinii, a brațului sau piciorului, sincronizat și cu semnalul generat de difuzoarele (300) și filtrat în funcție de semnalul acustic preluat de microfoanele (700), în timp ce, semnalul de eroare, care este o măsură a acuității și preciziei vizuale, este înregistrat prin intermediul unor ochelari cu urmărire automată a direcției privirii (600).

2. Sistem de control interactiv vibratilo-acustic al zgomotului pentru îmbunătățirea preciziei și acuității vizuale, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, ochelarii cu urmărire automată a direcției privirii (600) devin senzor de eroare în cadrul arhitecturii de control, iar modificarea ratei de eșantionare a semnalului de achiziție și control se realizează în funcție de variația valorilor preluate de la senzorii de forță (400), apreciindu-se că semnalul de eroare preluat prin ochelarii cu urmărire automată a direcției privirii (600) este un răspuns al nivelului de atenție și focusare asupra unui obiect sau traiectorii, iar semnalul de forță de la senzorii (400) descrie inferențele statistice active pe care creierul le face asupra mediului acustic și vizual.

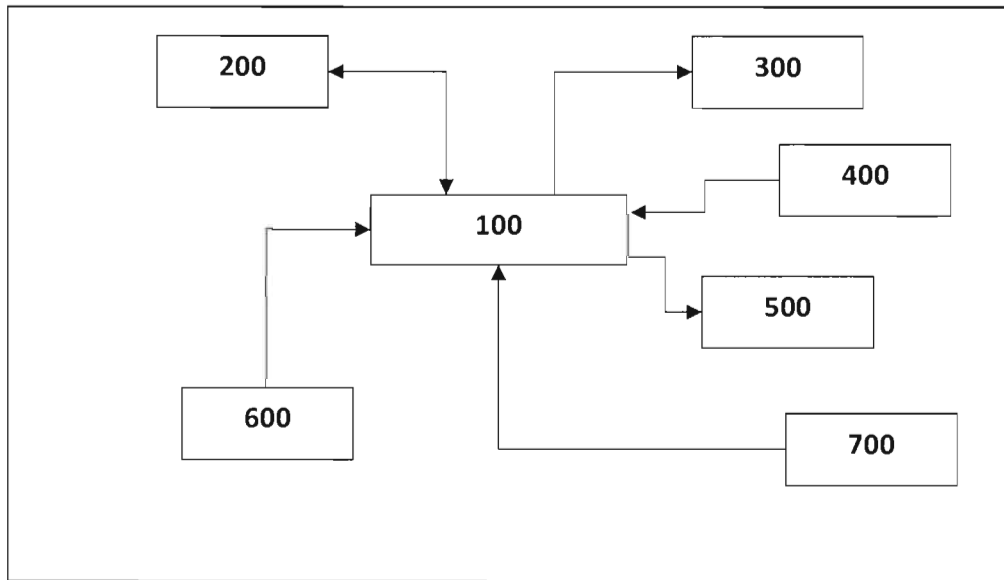


Fig. 1

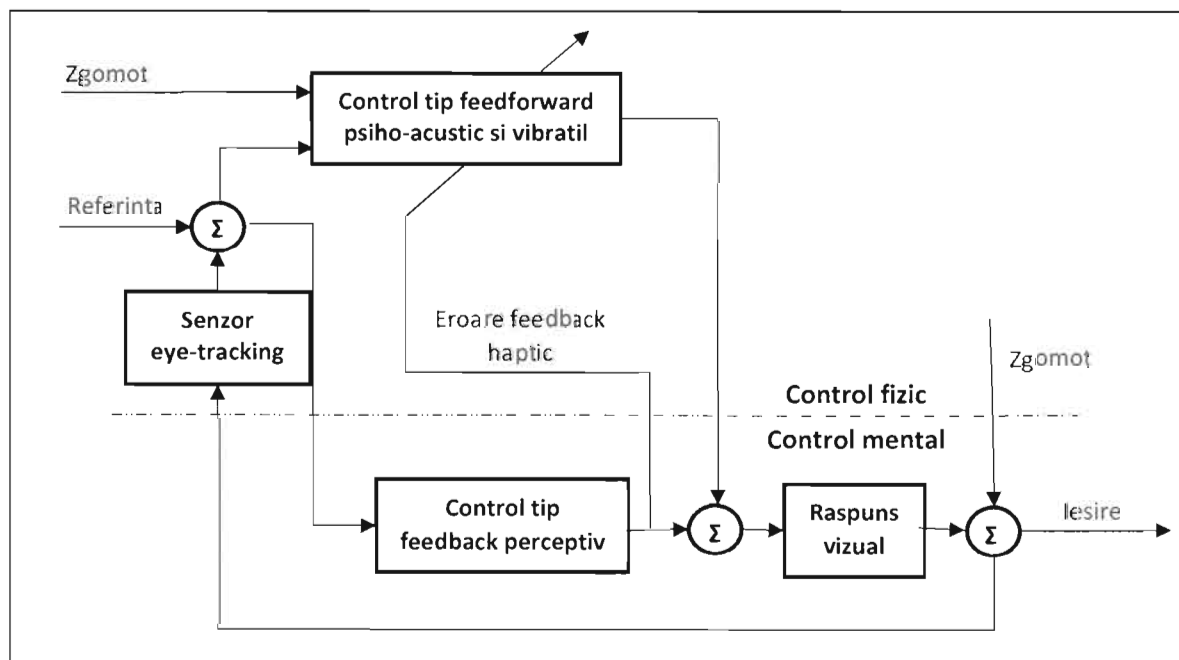


Fig. 2