



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00397**

(22) Data de depozit: **24.05.2013**

(41) Data publicării cererii:
29.11.2013 BOPI nr. 11/2013

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "TRANSILVANIA" DIN
BRAȘOV, BD.EROILOR NR.29, BRAȘOV,
BV, RO

(72) Inventatori:
• BUTNARIU SILVIU LUIS, STR. CEAHLĂU
NR.11, BRAȘOV, BV, RO;

• BUTILĂ EUGEN VALENTIN,
STR. MOLIDULUI NR. 13, BL. B16, SC. A,
AP. 15, BRAȘOV, BV, RO;
• TALABĂ DORU, STR. NUCULUI NR.17,
BRAȘOV, BV, RO

(54) **SISTEM HAPTIC PENTRU SIMULAREA FUNCȚIONĂRII
MECANISMELOR ARTICULATE ȘI MODUL DE UTILIZARE A
ACESTUIA**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem haptic pentru stimularea condițiilor de funcționare cinematice și dinamice, în domeniul mecanismelor articulate. Sistemul conform invenției este alcătuit dintr-o manivelă (1) care este rotită de către un utilizator, un senzor de rotație (2) situat pe un arbore al unui motoreductor (3), care sesizează modificarea în timp a poziției unghiulare a manivelei (1), și transmite datele către o unitate de calcul (4) care preia valoarea variației unghiulare, calculează viteza și, în funcție de mecanismul simulat și de dimensiunile manivelei (1), trimite către un motor electric o comandă de generare a unui retur în forță, având valoarea calculată, iar în același timp unitatea de calcul (4) afișează, pe un sistem de vizualizare (5), imaginea mecanismului simulat în funcționare, conform cu mișcarea imprimată de utilizatorul manivelei (1).

Revendicări: 4
Figuri: 3

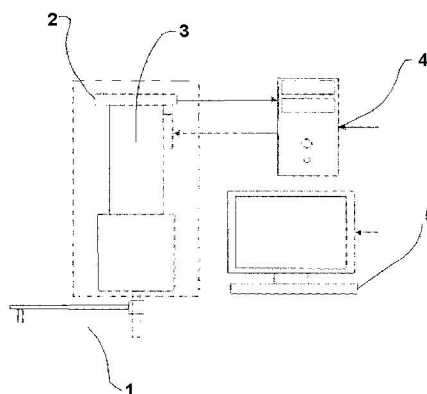
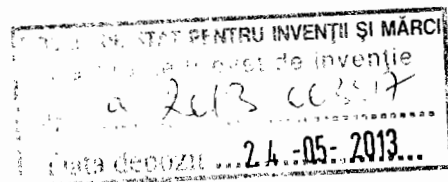


Fig. 1





DESCRIEREA INVENȚIEI

SISTEM HAPTIC PENTRU SIMULAREA FUNCȚIONĂRII MECANISMELOR ARTICULATE ȘI MODUL DE UTILIZARE A ACESTUIA

Invenția se referă la un sistem haptic pentru simularea condițiilor de funcționare cinematice și dinamice în domeniul mecanismelor articulate.

În multe instituții de învățământ superior se înregistrează progrese rapide în domeniul tehnologiei informației, cu accent pe remodelarea stilurilor de învățare ale studenților. Instituțiile de învățământ superior pot crește eficiența pedagogică bazându-se pe investițiile strategice cu privire la utilizarea acestor tehnologii emergente de învățământ în vederea satisfacerii nevoilor tot mai diversificate de învățare ale studenților [Dede, C.: Planning for Neomillennial Learning Styles, Educause Quarterly Magazine, 28 (1), 7-12 (2005)].

Pe de altă parte, modelele utilizate în industrie pentru studiul sistemelor mecanice devin tot mai complexe. Multe situații de învățare cer studentului transformarea mentală a unor obiecte 2D în obiecte dinamice 3D. Pentru a înțelege ușor conceptele științifice, pentru a descrie dinamica unui model, pentru a anticipa modul în care modificările unor parametri influențează alți factori sau de a raționa calitativ despre unele procese fizice, studenții ar putea utiliza eficient modele într-un spațiu 3D. Astăzi, interfața desktop standard a PC-ului este completată cu un mediu virtual multiuser în care partenerii interacționează unii cu alții.

Astfel, abordarea din [Wiebe, E.N., Minogue, J., Jones, M.G., Cowley, J. and Krebs, D.: Haptic feedback and students learning about levers: Unraveling the effect of simulated touch. Computers & Education, 53, 667-676 (2009)] se bazează pe interacțiunile dintre interfața vizuală și percepția haptică. Acest studiu se referă la o simulare privind principiile mecanismelor articulate folosind atât echipamente vizuale cât și feedback-ul haptic. În lucrarea [Grimaldi, D. and Rapuano, S.: Hardware and software to design virtual laboratory for education in instrumentation and measurement. Measurement, 42, 485-493 (2009)] este prezentată o metodă de predare în care activitățile de învățare sunt efectuate în laboratorul virtual (VL).

1

Toate cercetările prezentate anterior demonstrează atractivitatea conceptului propus, în special avantajele care implică feedback-ul haptic [Grimaldi et al 2009], [Wiebe et al 2009]. Cu toate acestea, în exemplele prezentate au fost utilizate dispozitive haptice comerciale, cu dezavantajul ca sunt de uz general fără posibilitatea particularizării la cazuri specifice optimizării unui echipament înca din faza premergatoare proiectării tehnologice propriuzise. Invenția propune utilizarea de dispozitive haptice dedicate, care nu sunt generice, fiind proiectate de la început pentru aplicații specifice.

În acest fel, se urmărește ca spațiul ocupat de aparatul în sine să fie redus la minimum, să fie utilizate doar echipamente uzuale, aflate pe piață. Interfața cu utilizatorul este sugestivă și ușor de folosit, garantând particularizarea facilă a mecanismelor simulate. De asemenea, se are în vedere reducerea costurilor implicate de realizarea echipamentelor de studiu precum și acționarea în direcția respectării normelor ecologice.

Realitatea virtuală este un domeniu de studiu care își propune să expună utilizatorul la o experiență care imită viața reală. Experiența este considerată sintetică, iluzorie sau virtuală, deoarece stimularea senzorială a utilizatorului este generată de sistem. În cazurile practice generale, sistemul utilizat constă dintr-o serie de echipamente: senzori pentru a detecta acțiunile utilizatorului, un calculator care procesează acțiunile efectuate de utilizator și care generează datele de ieșire, display și alte dispozitive suplimentare de îmbunătățire a percepției de realitate (boxele, dispozitive de force feedback).

Pentru a simula și genera experiențe virtuale, dezvoltatorii crează un mediu virtual (Virtual Environment) care este compus, de regulă, din obiecte spațial organizate (numite obiecte virtuale), prezentate utilizatorului prin afișaje senzoriale. Realitatea virtuală permite utilizatorului să ignore realitatea fizică în scopul de a experimenta o modificare virtuală în timp, spațiu și / sau tipul de interacțiune: interacțiunea cu un mediu de simulare a realității sau interacțiunea cu o lume imaginară. Teoria mecanismelor și mașinilor este un domeniu al educației științifice foarte oportun pentru a implementa interfețe haptice și unde pot fi efectuate experimente în care studentul poate atât să aplice forțe cât și să se răspundă prin forțe de feedback. În domeniul sistemelor cu retur haptic, sunt cunoscute câteva brevete de invenție, prezentate în ceea ce urmează.

În brevetul **JP2008217260**, *Force feedback apparatus* [Espacenet, <http://www.epo.org>] este prezentat algoritmul de funcționare a unui dispozitiv ce oferă răspuns în forță. Problema vizată aici este de a oferi unui utilizator ce atinge un obiect

virtual senzația de atingere reală. Soluția sugerată se referă la determinarea sensului forței de operare (dacă este înspre sau dinspre obiectul virtual) și calcularea, ulterior, a pozițiilor degetelor în vederea obținerii senzației realiste de atingere. Ca dezavantaj, se poate observa limita acestui dispozitiv la acțiuni de atingere a unui obiect virtual, fără a aborda problemele de retur haptic pentru mecanisme.

Brevetul **CN201543166**, *Force feedback apparatus of moment type motion* [Espacenet, <http://www.epo.org>] prezintă un aparat ce generează retur de forță. Acesta este alcătuit dintr-un motor electric reversibil comandat printr-un driver, o sursă de curent continuu, un senzor de viteză, un senzor de moment, un senzor de curent și un microprocesor. Motorul este conectat printr-o transmisie la un mecanism ce produce moment și transmite o forță de feedback activ; driverul are rolul de a controla motorului reversibil; senzorul de viteză, senzor de moment și senzorul de curent sunt utilizate pentru a achiziționa date despre viteza de rotație și momentul de ieșire, acestea fiind transmise microprocesor, care trimite semnale PWM driver-ului și care poate ajusta ieșirile motorului prin modificarea semnalelor PWM. putând genera efecte dinamice. Ca dezavantaj, se poate observa utilizarea unui singur mecanism real, programarea microprocesorului pentru un singur caz și derularea experimentelor doar asupra acestuia.

Brevetul **US2011181405**, *Force feedback interface with improved sensation* [Espacenet, <http://www.epo.org>] prezintă o interfață haptică, formată dintr-un arbore de rotație cu axa longitudinală pe care este fixat un levier acționat de către un utilizator, un element de interacțiune cu un fluid magneto-reologic în rotație solidar cu arborele, un sistem pentru generarea unui câmp magnetic în fluid și o unitate de control capabilă să genereze comenzi pentru modificarea câmpului magnetic. Sistemul include un mecanism de tip bobină care generează un câmp magnetic variabil, și un mecanism de tip permanent magnet care generează un câmp magnetic permanent. Se observă că acest echipament poate genera o forță de rezistență, cu o intensitate ce poate fi modificată, la acțiunea utilizatorului de rotire a levierului. Dezavantajul constă în faptul că în spatele acestui dispozitiv nu există un mecanism care să sugereze natura forței de rezistență.

Brevetul **EP1598724**, *Haptic feedback input device* [Espacenet, <http://www.epo.org>] prezintă un sistem format dintr-o sursă de curent electric care alimentează un motor electric, pe arborele căruia este montată solidar o piesă operațională. O unitate centrală calculează viteza de rotație a arborelui în funcție de mișcarea sesizată de un encoder și

controlează momentul generat de motor în funcție de rotația piesei operaționale. Toate aceste componente sunt montate într-o carcasă astfel încât piesele în mișcare să alunece într-un mediu cu vâscozitate ridicată pentru a simula rezistența. Poate fi observată o limitare ce constituie dezavantaj în utilizare: este o aplicație relativ simplă, ce generează retur haptic la nivelul degetelor, fără a vizualiza în niciun mod echipamentul care generează aceste forțe. Totodată, nu există posibilitatea de reglare a valorilor de intrare, astfel încât să existe o variație a mărimilor de ieșire.

Acest sistem prezintă o abordare de integrare a diverselor instrumente de realitate virtuală într-un concept inovator de predare și învățare, în vederea reducerii utilizării sistemelor clasice de experimentare.

Scopul invenției este de a îmbunătăți metodele de transfer de cunoștințe în domeniul ingineriei mecanice în general și a mecanismelor articulate, în special. În această zonă a educației, este sesizată o lipsă a materialelor didactice corespunzătoare, baza materială fiind învechită, iar multe dintre echipamente nefuncționale sau lipsă. Achiziționarea și completarea acestora necesită eforturi foarte mari ale unităților de învățământ.

Un prim **obiectiv** al invenției este de a completa baza materială folosită în predarea disciplinelor de Mecanisme cu un singur sistem ce poate înlocui, din punct de vedere didactic, un număr foarte mare de echipamente fizice. În acest sens, pot fi simulate mecanisme de diverse complexități, de la simple la complicate, foarte multe dintre ele neexistând în inventarul laboratoarelor didactice, ținându-se cont de factorul financiar - prețurile foarte mari pentru machete și standuri experimentale.

Un alt **obiectiv** al invenției este creșterea nivelului de înțelegere a funcționării prin posibilitatea modificării unor parametri de lucru, rezultatul reglajelor fiind sesizat de către utilizator în timp real.

Problema pe care o rezolvă invenția este de a realiza un echipament care să simuleze funcționarea unor mecanisme articulate virtuale având contact cu utilizatorul pe două direcții: vizual (prin intermediul monitorului de calculator sau a unor echipamente speciale cu redare 3D: cască HMD sau CAVE) și fizic (prin intermediul sistemului haptic).

În fapt, funcționarea echipamentului se bazează pe momentul generat de un motoreductor pe axul căruia se află o manivelă, ansamblul fiind montat pe un suport la o înălțime convenabilă din punct de vedere ergonomic. Motoreductorul, alimentat de o sursă de CC, trebuie să îndeplinească anumite condiții specifice: putere, turație, senzor de poziție

18

unghiular (encoder), moment de ieșire în gama sesizabilă de utilizator, cu posibilitate de control. Motorul electric este alimentat prin intermediul unui driver. Pe un PC sunt simulate, cu ajutorul unor aplicații software specializate (medii de proiectare CAD, aplicații de calcul, aplicații de vizualizare și control utilizate în domeniul Realității Virtuale), mecanismele articulate virtuale iar prin intermediul unui controller conectat la PC se realizează comanda și controlul motorului.

Funcționarea echipamentului se desfășoară în următoarea succesiune (Fig. 1): (i) utilizatorul rotește manivela (1); (ii) senzorul de rotație (2) situat pe arborele motoreductorului (3) sesizează modificarea în timp a poziției unghiulare a manivelei și transmite datele către unitatea de calcul (4); (iii) aplicația software preia valoarea variației unghiulare a poziției manivelei și o introduce în algoritmul de calcul corespunzător mecanismului articulat simulat; (iv) în funcție de tipul mecanismului simulat, de caracteristicile dimensionale, de solicitările suplimentare la care este supus, este calculată valoare reacțiunii din lagărul corespunzător manivelei; (v) în funcție de dimensiunile manivelei, este calculată valoarea momentului și se transmite la motorul electric comandă pentru a genera un retur în forță având valoarea calculată; (vi) utilizatorul simte, la manivelă, răspunsul în forță a sistemului, urmărind, totodată, funcționarea mecanismului virtual pe subsistemul de vizualizare (5).

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Tehnic – poate fi reprodus orice fel de mecanism, oricât de complicat (versatilitate ridicată), studenții își pot construi mecanisme proprii;
- Economic - preț mic;
- Ecologic – cu un singur sistem ce poate înlocui un număr foarte mare de echipamente fizice;
- Realism în funcționare, creșterea nivelului de înțelegere a funcționării prin intermediul vizualizării pe ecranul calculatorului și prin feedback-ul haptic;
- Posibilitatea reglării în timpul funcționării;
- Este sesizată de către operator modificarea caracteristicilor constructive și de funcționare.

Se dă în continuare un exemplu de realizare și funcționare a invenției, în legătură și cu figurile 1, 2, 3 care reprezintă:

Fig. 1 - schemă de funcționare a sistemului;

5



Fig. 2 - sistem haptic pentru simularea funcționării mecanismelor articulate;

Fig.3 – schemă logică de utilizare a echipamentului.

În Fig. 2 este prezentat acest sistem, compus din următoarele: un suport metalic (1) fixat pe masa (2). Pe acest suport este montată carcasa reductorului (3), pe axul căruia se află manivela (4), în așa fel încât rotirea acesteia să poată fi realizată fără constrângeri. Alimentarea și comanda motorului electric (5) se face prin intermediul unui controller (6), alimentat la randul sau, din sursa de alimentare cu curent continuu (7). În sistem se mai găsește un calculator portabil (8) ce are rolul de a realiza calculele și a vizualiza mecanismele simulate.

În acest exemplu este simulat un mecanism bielă – manivelă. Etapele funcționării sistemului sunt prezentate, în ordine, în continuare (Fig.3).

- (i) Utilizatorul preia din biblioteca de mecanisme un mecanism tip bielă – manivelă și îl încarcă în programul de control și vizualizare.
- (ii) Motorul electric se resetează iar manivela se rotește de către operator într-o poziție, selectată și memorată ca poziție de echilibru;
- (iii) Se intervine asupra caracteristicilor mecanismului studiat, existând posibilitatea modificării dimensiunilor geometrice precum și forțele ce acționează asupra acestuia (forțe elastice, forțe masice),
- (iv) Se acționează asupra manivelei printr-o mișcare de rotație continuă, urmărindu-se, totodată, pe display, poziția mecanismului;
- (v) În funcție de caracteristicile mecanismului studiat și de poziția de funcționare, sistemul de calcul procesează aceste date și generează un semnal de ieșire ce va fi convertit, în cele din urmă, de către sistemul de acționare - controller și motor electric, generând un moment de sens contrar celui aplicat de utilizator, ce va fi simțit la manivelă.
- (vi) La eliberarea manivelei, aceasta se va retrage în poziția de echilibru presetată iar pe display, mecanismul virtual se va comporta identic.

6

But

10

REVENDICĂRI

1. Sistem haptic pentru simularea funcționării mecanismelor articulate caracterizat prin aceea că se compune din trei părți: unitatea de calcul, subsistemul de generare a returului haptic și subsistemul de vizualizare **2D**, format din monitor PC sau **3D**, utilizând echipamente de Realitate Virtuală - cască HMD (Head Mounted Display) sau CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), caracterizat prin aceea că pot fi urmărite în timp real mecanismele simulate, acestea putând fi modelate în ceea ce privește aspectul vizual.

2. Sistem conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că are predefinită în unitatea de calcul cu memorie o bază de date cu mecanisme articulate, cu descrierea funcțională a acestora, caracterizat prin aceea că aceasta se poate completa fără limite cu fiecare aplicație rulată, este echipat cu un software destinat sa simuleze funcționarea acestor tipuri de mecanisme.

3. Sistem conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că, pentru simularea funcționării unui mecanism, în scopul de a demonstra influența unor factori constructivi (geometrici, dimensionali, proprietăți materiale) sau funcționali (forțe masice, forțe elastice) permite modificarea secvențială a acestora de către operator iar influența acestor schimbări poate fi urmărită în timp real pe subsistemul de vizualizare și pe subsistemul de generare a returului de forță, toate datele fiind simultan memorate în baza de date proprie.

4. Sistem conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că în funcționare sunt parcurse următoarele etape: (i) operatorul preia din biblioteca de mecanisme un mecanism tip bielă – manivelă și îl încarcă în programul de control și vizualizare, după care (ii) motorul electric se resetează iar manivela se rotește de către operator într-o poziție, selectată și memorată ca poziție de echilibru; urmat de (iii) introducerea parametrilor geometrici caracteristici ai mecanismului și a forțelor care acționează asupra acestuia cum ar fi forțe elastice, forțe masice, după care (iv) se acționează asupra manivelei printr-o mișcare de rotație continuă, urmărindu-se, totodată, pe display, poziția mecanismului, după care (v) în funcție de caracteristicile mecanismului studiat și de poziția de funcționare, sistemul de calcul procesează aceste date și generează un semnal de ieșire ce va fi convertit, în cele din urmă, de către sistemul de acționare - controller și motor electric, generând un moment de sens contrar celui aplicat de utilizator, ce va fi simțit la manivelă, iar în ultima etapă (vi) la eliberarea manivelei, aceasta se va retrage în poziția de echilibru presetată iar pe display, mecanismul virtual se va comporta identic.

Subin⁷

Buza

for

DESENE EXPLICATIVE

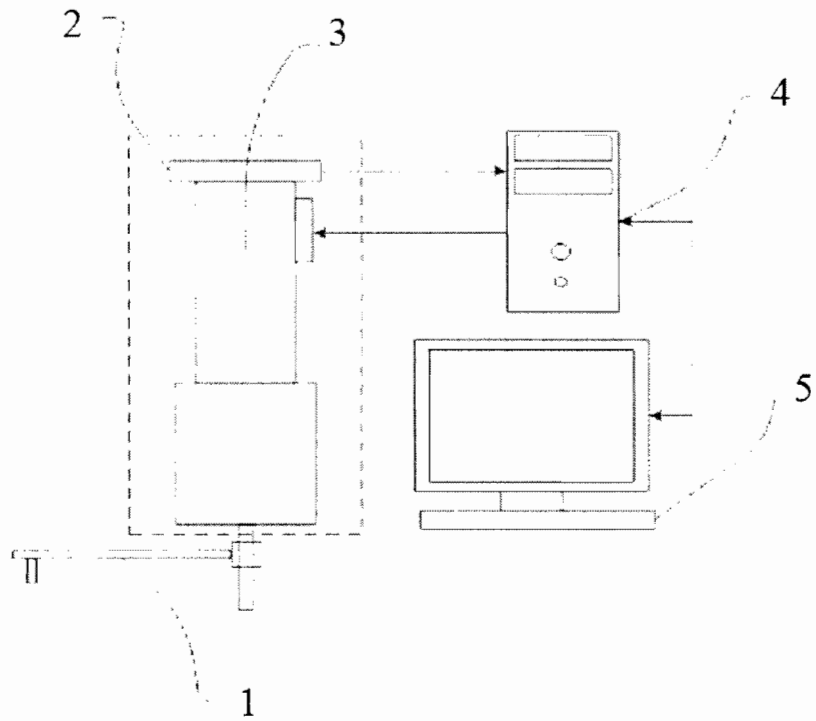


Fig. 1

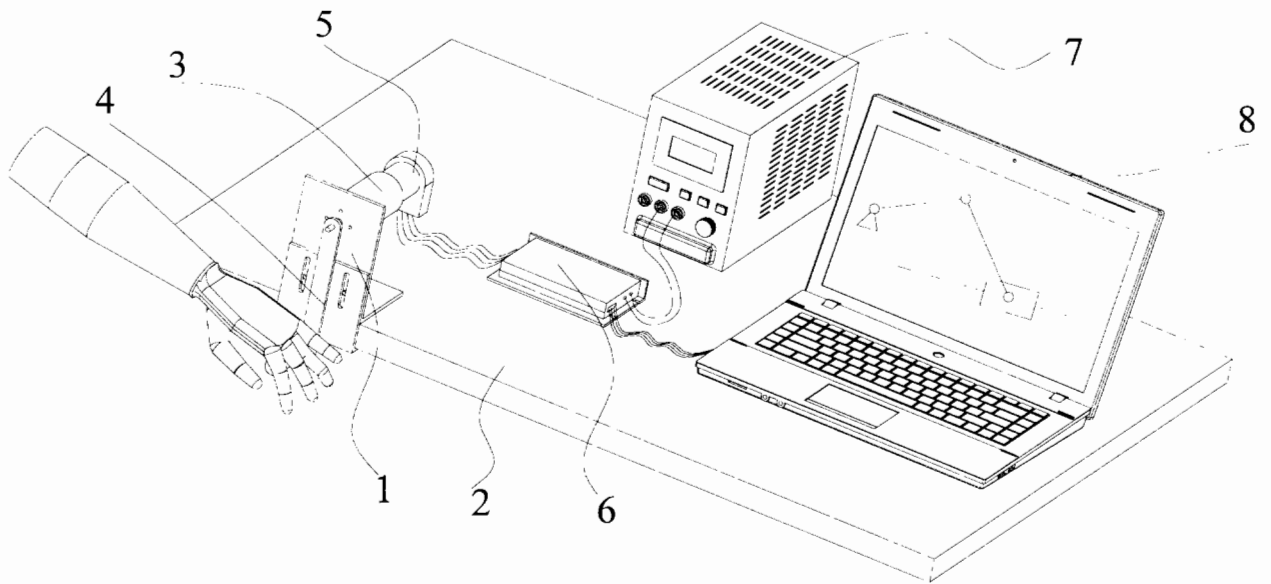


Fig. 2

[Handwritten signature]

[Handwritten signature] 8 *[Handwritten signature]*

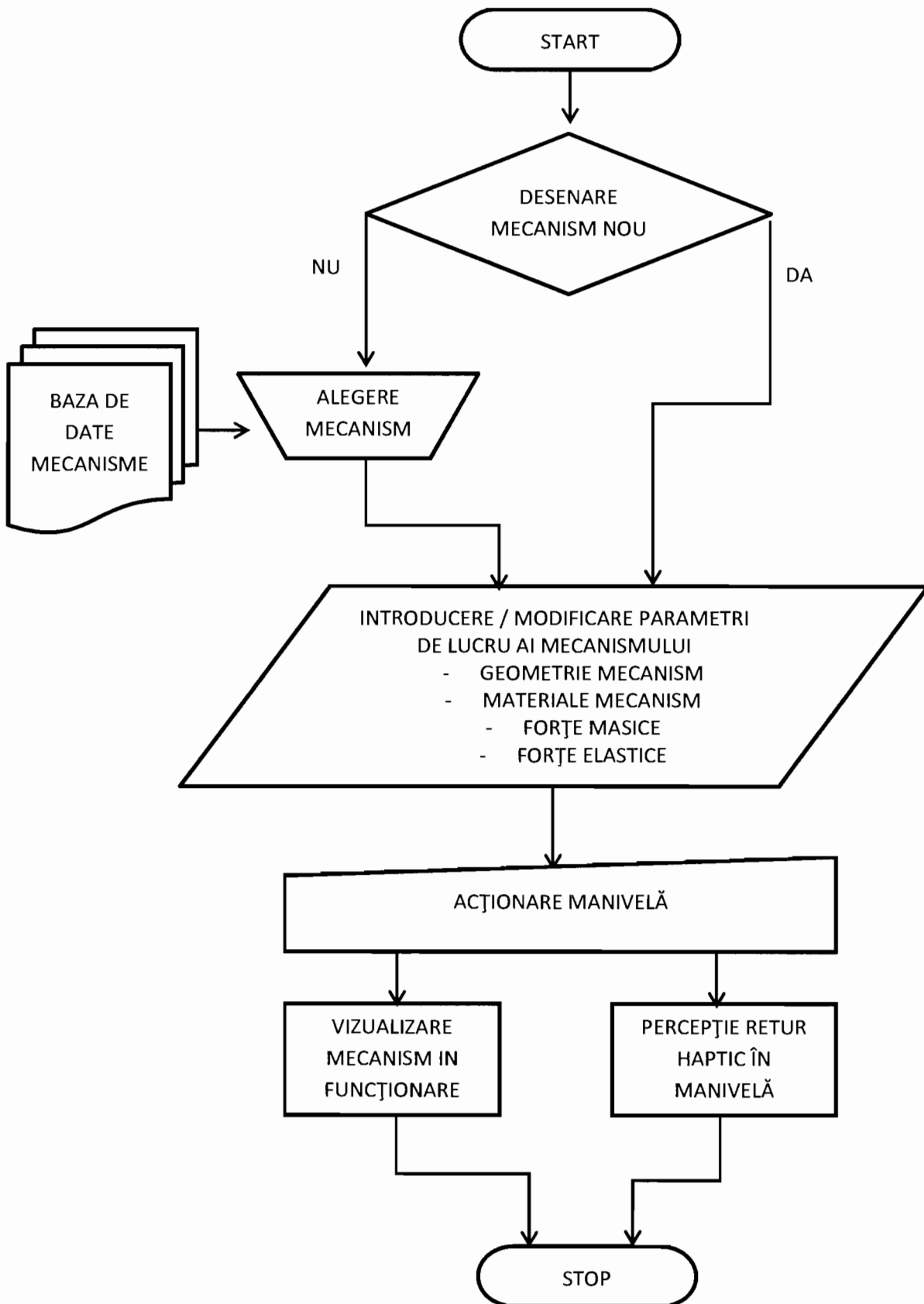


Fig. 3

Șubrin⁹

Boș

12