

Invenția se referă la metrologia sportivă, și anume la procedeele de determinare a activității motrice a corpului uman și a unor părți separate ale lui.

Este cunoscut un procedeu de înregistrare a traiectoriilor mișcării corpului uman (sportivului) și a unor părți separate ale lui (extremităților) care constă în efectuarea fotografierii rapide, introducerea imaginilor în calculator și prelucrarea lor ulterioară în scopul calculării traiectoriilor mișcării, atât a corpului uman în general, cât și a părților separate ale corpului lui [1].

Dezavantajele acestui procedeu sunt precizia joasă de înregistrare a traiectoriei mișcării cauzată de diapazonul limitat de racursuri în care poate fi formată poziția obiectului fotografierii și dificultatea stabilirii unei legături precise dintre coordonatele unor părți separate ale corpului, procesul îndelungat de efectuare a calculelor și analizarea condiționat de necesitatea introducerii unui număr foarte mare de cadre ale imaginilor în calculator, necesitatea iluminării corpului uman în procesul fotografierii, presupune prezența corpului uman în limitele vizibilității directe a aparatelor (aparaturii) de filmat, prețul majorat.

Este cunoscut de asemenea un procedeu de înregistrare a mișcărilor corpului uman care constă în aceea că în punctele de reper ale corpului uman (extremitățile, capul, trunchiul) se amplasează elemente sensibile la schimbarea poziției lor în spațiu. După care, cu ajutorul mijloacelor sensibile la semnalele acestor elemente, se înregistrează informația recepționată, după care ea se prelucrează cu ajutorul calculatorului cu obținerea datelor despre caracterul mișcărilor. În cadrul acestui procedeu cunoscut se utilizează o serie de elemente reflectoare pasive – repere luminescente. Se efectuează fotografierea rapidă cu ajutorul a trei sau mai multe aparate de filmat, unite prin intermediul unor canale de intrare analogice de mare viteză cu un calculator electronic specializat [2].

Dezavantajele acestui procedeu constau în prezența obligatorie a corpului uman în limitele vizibilității, prezența echipamentului pentru iluminarea reperelor, necesitatea prezenței unui dispozitiv special pentru realizarea acestui procedeu, prețul majorat.

Mai sunt cunoscute un șir de procedee similare bazate pe măsurarea distanțelor dintre reperele amplasate pe anumite părți ale corpului uman cu ajutorul unor mărimi fizice bazate pe efectul Hall: traductoare electrostatice, electromagnetice și piezorezistive etc. [3].

Dezavantajele acestui procedeu constau în necesitatea acțiunii asupra corpului uman cu câmpuri electrostatice și electromagnetice, care dispun de o zonă de acțiune limitată, condiționată de sensibilitatea limitată a traductoarelor, o precizie mai redusă decât la procedeele optice, prețul exagerat al dispozitivelor utilizate.

Cea mai apropiată soluție este procedeul de înregistrare a mișcărilor corpului uman și dispozitivul pentru realizarea acestuia, care constă în aceea că în anumite puncte de reper ale corpului uman se amplasează elemente sensibile la schimbarea poziției lor în spațiu, cu ajutorul mijloacelor sensibile la semnalele acestor elemente se înregistrează informația recepționată de la ele și se prelucrează informația înregistrată cu ajutorul calculatorului electronic cu obținerea datelor referitoare la caracteristicile mișcărilor corpului uman. Pe corp se amplasează un dispozitiv de microcontrolere cu trei coordonate pentru măsurarea accelerațiilor deviațiilor (unghiulare), care include trei traductoare de accelerații unghiulare, fiecare dintre care se orientează în direcția uneia din trei axe reciproc perpendiculare X, Y, Z și se înregistrează semnalele de ieșire ale acestor traductoare în memoria remanentă, informația de pe care se utilizează apoi pentru prelucrarea ulterioară [4].

Dezavantajele acestui procedeu și dispozitiv sunt precizia relativ joasă de reconstrucție (calculare ulterioară) a traiectoriei mișcării părților corpului uman, pe care este fixat un dispozitiv de microcontrolere cu trei coordonate pentru măsurarea accelerațiilor unghiulare, ceea ce este legat de faptul că traductoarele de deviații unghiulare măsoară deviațiile unghiulare relative de scurtă durată, adică indicațiile lor depind de poziția inițială a obiectului și oferă rezultate referitoare doar la un interval de timp scurt, iar la o mișcare uniformă, aceste traductoare, după expirarea timpului reacției măsurate de obicei în zeci de microsecunde, indică un rezultat nul. Timpul de reacționare a acestor traductoare este condiționat de timpul constant al circuitului de integrare RC interior sau exterior, conectat la traductor.

Asupra preciziei de înregistrare a traiectoriei mișcării influențează de asemenea faptul că traductoarele de accelerații unghiulare dau o eroare de măsurare acumulată permanent la o mișcare îndelungată constantă orientată într-o singură direcție.

Există un domeniu special de cunoștințe – navigația inerțială, conform căruia, pentru stabilirea mai mult sau mai puțin precisă a traiectoriilor mișcării punctului conform indicațiilor traductoarelor este necesar de a avea în punctul examinat nu doar indicațiile traductoarelor de accelerații unghiulare cu trei coordonate, ci și a traductoarelor de accelerații liniare cu trei coordonate, precum și de a ști unghiul direcției mișcării în comparație cu direcția spre nord. Aceasta înseamnă că fiecare dispozitiv de măsurare pe bază de microcontrolere, fixat pe un punct de reper al corpului trebuie să dispună și de un asemenea set de traductoare.

Mai mult decât atât, pentru înregistrarea retrospectivă a traiectoriei unei mișcări îndelungate a corpului, un singur dispozitiv cu microcontrolere dotat cu setul de traductoare sus-menționat, fixat pe una din extremități, evident este puțin. Este necesar de a avea minimum câte un dispozitiv de acest fel, cu un set de traductoare pe fiecare din extremități și cel puțin un set pe trunchiul (centura) corpului uman (sportivului). Dispozitivele de măsurare cu traductoare urmează a fi fixate pe ultimele fragmente libere ale extremităților, de exemplu, pe carpuri și glezne. Evident că în această împrejurare nu poate fi reflectată traiectoria mișcării palmelor. Dispozitivul de măsură de pe centură permite de a restabili condiționat traiectoria mișcării trunchiului fără înregistrarea rotațiilor posibile, de exemplu, ale părții inferioare a trunchiului față de cea superioară, sau ale răsucirilor trunchiului. Astfel, pentru restabilirea mai mult sau mai puțin precisă a traiectoriei mișcării corpului uman sunt necesare minimum cinci seturi

de dispozitive de măsurare cu microcontrolere cu un set complet de traductoare. Pentru o înregistrare mai precisă a traiectoriei mișcării corpului uman este necesar de a mări numărul sistemelor de măsurare și de a le fixa pe fiecare fragment mobil al corpului uman.

Problema pe care o rezolvă invenția este crearea unui procedeu mai simplu și mai ieftin de înregistrare a activității motrice a corpului uman (sportivului) mai precis, a unei părți separate a corpului lui (a mâinii), care să nu necesite iradierea (iluminarea) exterioară a persoanei supuse încercărilor, lărgirea teritoriului supus încercărilor, crearea unui dispozitiv pentru realizarea acestui procedeu, asigurarea preciziei suficiente de înregistrare a activității motrice și micșorarea cheltuielilor pentru confecționarea acestuia.

Invenția înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că în anumite puncte de reper, pe corpul uman se amplasează câte un dispozitiv de determinare a activității motrice a lui, care include câte două traductoare pentru măsurarea deplasărilor, iar semnalele recepționate de la traductoare se înregistrează. Prin intermediul traductoarelor se măsoară deplasările liniare în direcția axelor reciproc perpendiculare X și Y și înclinațiile în planul XY, iar semnalele recepționate de la ieșirile traductoarelor se transmit printr-un multiplexor analogic la un convertizor analogic numeric, se cifrează, pe baza lor se calculează valorile echivalente cu activitatea motrică și se înregistrează în memoria flash, datele căreia sunt citite prin intermediul unei interfețe rapide USB a unui calculator electronic exterior.

Dispozitivul de determinare a activității motrice a corpului uman conține două traductoare pentru măsurarea deplasărilor, un multiplexor analogic, intrările căruia sunt conectate la ieșirile traductoarelor, un convertizor analogic-numeric, intrarea căruia este conectată la ieșirea multiplexorului analogic, un microcontroler, intrarea căruia este conectată la ieșirea convertizorului analogic-numeric, o memorie flash și o interfață rapidă USB, intrările/ieșirile cărora sunt conectate la microcontroler. Fiecare traductor este executat cu posibilitatea măsurării deplasărilor liniare în direcția axelor reciproc perpendiculare X și Y și a înclinațiilor în planul XY.

Invenția se explică prin desenul din figura 1, care reprezintă schema funcțională a dispozitivului pentru determinarea activității motrice a corpului uman.

Dispozitivul de determinare a activității motrice a corpului uman conține două traductoare 1, 2 pentru măsurarea deplasărilor, un multiplexor analogic 3, intrările căruia sunt conectate la ieșirile traductoarelor 1, 2, un convertizor analogic-numeric 4, intrarea căruia este conectată la ieșirea multiplexorului analogic 3, un microcontroler 5, intrarea căruia este conectată la ieșirea convertizorului analogic-numeric 4, o memorie flash 6 și o interfață rapidă USB 7, intrările/ieșirile cărora sunt conectate la microcontroler 5. Fiecare traductor 1, 2 este executat cu posibilitatea măsurării deplasărilor liniare în direcția axelor reciproc perpendiculare X și Y și înclinațiilor în planul XY.

Este cunoscut că traductorul cu două coordonate (de exemplu, ADXL202E) care oferă posibilitatea de a măsura atât înclinația planului XY, cât și deplasările liniare în lungul acestor axe. Acesta nu permite măsurarea deplasărilor planului XY strict vertical, adică perpendicular axei Z. Să presupunem că dispozitivul cu acest traductor este fixat pe mână. Tensiunea la ieșirile analoage ale traductoarelor se schimbă față de punctul mediu de alimentare. Mai mult decât atât, la ieșirile analoage ale traductoarelor semnalul este static (adică este menținut atâta timp cât există înclinația sau deplasarea liniară). Pentru a nu măsura tensiunea punctului mediu, vom calcula valoarea absolută a diferenței dintre tensiunile de ieșire în două momente de timp consecutive t și $t+1$, vom mai însuma indicațiile de la ieșirile X și Y, suma aceasta o vom înmulți cu un anumit coeficient de scară K:

$$A=K * (X_{t_i} - X_{t_{i+1}} / Y_{t_i} + Y_{t_{i+1}}),$$

unde:

$X_{t_i}, X_{t_{i+1}}, Y_{t_i}, Y_{t_{i+1}}$ – semnalele cifrate de la ieșirile analoage X și Y ale traductoarelor pentru momentele de timp t și $t+1$;

A – valoarea activității motrice;

K – un anumit coeficient de scară.

Este evident că valoarea rezultantă A va fi echivalentă atât cu orice deplasare a traductorului în lungul axelor X și Y, cât și cu orice schimbare dinamică a înclinației planului XY. Excepție va fi numai mișcarea planului strict în lungul axei Z. Acum vom examina deplasările posibile ale traductorului fixat pe mână. Să admitem că corpul uman se află în stare de repaus și se mișcă numai mâna lui. Este evident că la mișcare traductoarele vor înregistra atât înclinațiile planului XY, cât și deplasările liniare în lungul acestor axe. Totodată, valoarea calculată A va fi echivalentă cu intensitatea mișcărilor în toate cazurile, cu excepția mișcării strict perpendiculare cu planul XY, adică în lungul axei Z. Această mișcare este posibilă doar la încercarea de a ridica vertical în sus mâna îndoită la articulația cotului. În cazul mâinii întinse din contul faptului că mâna este fixată în articulația umărului, mișcarea verticală în sus (de-a lungul axei Z) fără deplasarea după axe (X și Y) este absolut imposibilă. În realitate corpul sportivului de asemenea se mișcă, de aceea traductorul va fixa și deplasările liniare care sunt rezultatul mișcărilor corpului uman. Totodată, cu cât mai intensivă va fi mișcarea corpului uman (a mâinii lui), cu atât mai mare va fi valoarea A. Dacă această valoare va fi acumulată în cursul unei perioade de timp definită $T=n * t$, atunci ea poate servi ca măsură determinată a activității motrice (intensității mișcării).

Utilizarea traductoarelor cu două coordonate în locul traductorului de deplasări unghiulare cu trei coordonate simplifică considerabil atât realizarea echipamentului dispozitivului (presupune un număr mai mic de subsansambluri), cât și algoritmul de calculare a activității motrice. Bineînțeles că traductorul cu două coordonate (traductorul ADXL202E costă 8,5\$ [<http://www.analog.com>]) are un preț considerabil mai redus decât trei traductoare de accelerații unghiulare (3 giroscopae ADXRS150 costă 90\$ [<http://www.analog.com>]).

Procedeu de determinare a activității motrice a corpului uman va fi înțeles din funcționarea dispozitivului.

Dispozitivul de determinare a activității motrice a corpului uman funcționează în modul următor.

Traductoarele de deplasări liniare 1 și 2 – (de exemplu, ADXL202E) ce măsoară deplasările liniare în direcția axelor reciproc perpendiculare (X și Y) sunt plasate pe corpul uman, de exemplu pe carpul mâinii. La mișcarea corpului, inclusiv a mâinii, la ieșirile de semnalizare ale traductoarelor 1, 2 se regenerează o tensiune echivalentă cu deplasările liniare sau înclinațiile planului XY, aceste valori se înregistrează la intrarea convertizorului analogic-numeric 4 prin intermediul multiplexorului analogic 3, care este dirijat de către microcontroler 5. Semnalele se cifrează în convertizorul analogic-numeric 4 și de la ieșirea lui se lansează la intrările microcontrolerului 5, în care se produce calculul conform formulei indicate mai sus și memorarea valorii obținute în blocul de memorie rapidă 6. Celelalte intrări/ieșiri ale microcontrolerului 5 sunt conectate la intrările/ieșirile interfeței rapide USB 7, ieșirea căreia poate fi conectată la calculatorul electronic exterior pentru citirea rapidă a datelor înregistrate. Multiplexorul analogic 3, convertizorul analogic-numeric 4, microcontrolerul 5, blocul de memorie flash 6, interfața rapidă USB 7 sunt subsansamblurile interioare (ale microcircuitului C8051F342).

Avantajele procedurii și dispozitivului propuse constau în:

- reducerea consumului de aparate în comparație cu soluția cea mai apropiată;
- reducerea costului dispozitivului în comparație cu soluția cea mai apropiată;
- lipsa necesității de a acționa asupra corpului uman cu câmpuri electrostatice, electromagnetice și alte câmpuri dăunătoare pentru sănătate;
- omul supus încercărilor este absolut liber de delimitări teritoriale (nici cu fixări, nici cu echipamentul utilizat, nici cu zona de vizibilitate sau radiorecepția sigură);
- omul supus încercărilor este complet liber de orientarea concretă în spațiu, de exemplu, ca traductoarele să fie iluminate sau întoarse spre antena de recepție sau fotoreceptor;
- viteza de înregistrare în procedeu și dispozitivul dat este esențial mai mare decât în dispozitivele comparabile, deoarece nu se limitează la necesitatea măsurărilor manuale, nici la capacitățile de trecere a canalelor de telecomunicație etc.;
- dispozitivele utilizate în procedeu revendicat sunt autonome, adică nu au legătură în timpul măsurărilor și înregistrării nici cu calculatorul, nici cu alimentarea exterioară, prin urmare, nu au conductoare sau alte elemente care împiedică mișcarea firească a corpului uman supus încercărilor.

Exemplu de realizare a invenției

Procedeu de determinare a activității motrice a corpului uman constă în aceea că în punctul determinat selectat (de exemplu, pe mână se amplasează un dispozitiv cu două coordonate de determinare a deplasărilor liniare (accelerometru). La dispozitivul dat axele rezultante sunt amplasate de-a lungul axelor reciproc perpendiculare X și Y. Datorită capacității traductorului cu două coordonate de a reacționa atât la deplasările liniare de-a lungul axelor rezultante X și Y, cât și la înclinațiile planului amplasat pe aceste axe, practic orice mișcare a punctului determinat, cu excepția mișcării de-a lungul axei Z, strict vertical axelor X și Y fără deplasările liniare ale planului XY, va provoca apariția unui semnal de ieșire la ieșirile echivalente ale traductorului (Xout și Yout). Semnalele de la aceste ieșiri se cifrează cu ajutorul unui convertizor analogic-numeric și se prelucrează nemijlocit în dispozitivul de măsură, tot aceste date pot fi citite într-un calculator electronic exterior pentru memorarea rezultatelor (de exemplu, în baza de date a sportivilor). Cifrarea semnalelor de ieșire ale traductoarelor se efectuează în intervale egale de timp t. Prelucrarea semnalelor cifrate obținute în cel mai simplu caz se reduce la calcularea sumei valorilor absolute ale diferențelor dintre semnalele de ieșire pentru fiecare două măsurări succesive pe fiecare din canalele ($X_{t_i} - X_{t_{i+1}} / Y_{t_i} - Y_{t_{i+1}}$). Traductorul ca și oricare alt traductor posedă o anumită sensibilitate exprimată, de exemplu, în milivolții semnalului de ieșire la o unitate de deplasare (de exemplu, înclinația în grade, accelerarea în g sau deplasarea liniară în metri. Pentru conversia valorii calculate în unitățile de măsură necesare se utilizează un coeficient de scară K (de exemplu, dacă semnalul de ieșire în documentația pentru traductor (accelerometru) se citează în volți, iar nouă ne este mai comod să lucrăm cu semnalul de ieșire în milivolți, valoarea $K=1000$). De obicei sumele valorilor absolute ale diferențelor dintre semnalele de ieșire se sumează într-un interval de timp de măsură predeterminat $T=n*t$, unde t – intervalul de măsurări, n – numărul de măsurări. Rezultatul obținut, înmulțit cu coeficientul de scară K constituie valoarea activității motrice A.

$$A=K * (|X_{t_i} - X_{t_{i+1}}| / |Y_{t_i} - Y_{t_{i+1}}|),$$

unde

$X_{t_i}, X_{t_{i+1}}, Y_{t_i}, Y_{t_{i+1}}$ – semnalele cifrate de la ieșirile analogice X și Y ale traductoarelor pentru momentele de timp t și t+1;

K – coeficientul de scară;

A – valoarea activității motrice.