



Universitatea Tehnică
de Construcții București

Bd. Lacul Tei 122-124, Sect. 2, cod postal 020396, Bucuresti, Romania

Tel.: +40-21-242.12.08, Tel./Fax: +40-21-242.07.81

secretariat@utcb.ro, www.utcb.ro

MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI

FACULTATEA DE INGINERIE MECANICĂ ȘI ROBOTICĂ ÎN CONSTRUCȚII

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII PRIVIND VALIDAREA MODELELOR

BIOMECHANICE ALE ORGANISMULUI UMAN SUPUS

ACȚIUNII VIBRAȚIILOR MECANICE

Conducător științific,

Prof. univ. dr. ing. Pavel Cristian

Doctorand,

Ing. Toader Daniel-Alexandru

București

2022

CUPRINS

INTRODUCERE.....	2
CAPITOLUL 1. CONCEPTUL DE MODEL.....	3
CAPITOLUL 2. MODELE UTILIZATE ÎN ANALIZA DINAMICĂ	4
CAPITOLUL 3. STADIUL ACTUAL PRIVIND TRANSMITEREA SEMNALELOR CAPTATE DE SENZORII MONTAȚI ÎN ZONELE DE INTERES ALE ORGANISMULUI UMAN	5
CONCLUZII	6
CAPITOLUL 4. METODE UTILIZATE ÎN APRECIEREA EFECTULUI VIBRAȚIILOR ASUPRA ORGANISMULUI UMAN.....	7
CONCLUZII	7
CAPITOLUL 5. DETERMINĂRI EXPERIMENTALE ALE FRECVENTELOR PROPRII ALE PARTILOR ANATOMICE COMPONENTE ALE ORGANISMULUI UMAN SUPUS LA VIBRATII	8
CONCLUZII	13
CONCLUZII FINALE	14
CONTRIBUȚII PERSONALE	16
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	18

INTRODUCERE

Teza de doctorat are ca obiectiv general începerea unor cercetări care fac posibile noi perspective în domeniul măsurării vibrațiilor în punctele de interes ale organismului uman pentru persoanele care prin natura meseriei sunt supuse vibrațiilor mecanice precum și validarea modelelor biomecanice ale organismului uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice. În acest scop teza a fost structurată în 5 capitole și un capitol de concluzii finale.

Primul capitol analizează evoluția conceputului de model biomecanic de-a lungul timpului.

Pornind de la schema de modelare biomecanică a interacțiunii dintre organismul uman și utilajul cu care lucrează în cadrul **capitolului al doilea** se prezintă principalele modele dinamice utilizate precum și legătura care există între aceste modele prin intermediul unui aparat matematic riguros gen transformata Fourier rapidă directă și indirectă.

În cadrul **capitolului 3** se face o trecere în revistă a stadiului actual privind transmiterea semnalelor captate de senzorii montați în zonele de interes ale organismului uman. La sfârșitul acestui capitol sunt prezentate contribuții personale privind conceperea, proiectarea și execuția unui dispozitiv care a utilizat platforma de procesare integrată (Arduino) pe care au fost poziționați senzori de măsurare a vibrațiilor (accelerometre), rezultatele putând fi culese, transmise și afișate în timp real prin intermediul GPRS.

În cadrul **capitolului 4** este prezentată o sinteză a modelelor biomecanice asociate organismului uman de la modele cu 1 grad de libertate la modele cu 16 grade de libertate. După o discuție în detaliu a fiecărui model biomecanic, capitolul se încheie cu un tabel în care sunt prezentate frecvențele medii găsite la diferite componente ale organismului uman.

Odată dimensionat sistemul de captare și transmitere a datelor, în cadrul **capitolului 5**, s-a trecut la montarea acestuia pe un subiect făcându-se determinări experimentale în două situații concrete și anume determinări fără utilizarea unui echipament care să lucreze cu vibrații și determinări cu utilizarea a două echipamente: placă compactoare, respectiv bormașină cu percuție.

Determinările fără utilizarea unui echipament care să lucreze cu vibrații au fost făcute prin montarea sistemului pe subiect și înregistrarea datelor în situația în care subiectul coboară o scară și respectiv în situația în care subiectul se deplasează pe o suprafață plană și deplasare pe un teren accidentat prin intermediul unui autoturism ce rula cu viteză constantă. Rezultatele obținute au fost prelucrate și reprezentate grafic.

Reprezentările grafice astfel obținute au fost comparate cu rezultatele unor studii anterioare din literatura de specialitate obținându-se o bună concordanță în sensul că frecvențele găsite experimental au corespuns cu cele din modelele biomecanice ale organismului uman prezentate în literatura de specialitate obținând astfel validarea modelelor biomecanice ale organismului uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice.

CAPITOLUL 1. CONCEPTUL DE MODEL

Conceptul de model a apărut din cele mai vechi timpuri, fiind la început o încercare de reprezentare, de imitare și de explicare a mediului înconjurător prin desenele rupestre, .

De-a lungul dezvoltării civilizației umane, s-au pus la punct concepte fundamentale de mecanică elementară. Aceste concepte au fost ulterior dezvoltate și folosite în descrierea cu succes a mișcărilor corpului omenesc.

Fragilitatea ființei umane care se manifestă și în cazul expunerii la fenomene vibratorii au condus la cercetări aprofundate în zona determinării și combaterii efectelor negative (cauzatoare de boli profesionale) pe care vibrațiile le au asupra organismului uman. Nici zona efectelor benefice nu a fost neglijată, deși cercetările au fost de mai mică amploare.

Toate aceste constatări, reliefează importanța modelării biomecanice a organismului uman supus acțiunii vibrațiilor. Deși rareori se pot verifica rezultatele obținute pe baza unui model cu cele pe care le obținem din determinări pe modelul real, totuși se pot face simulări pe diferite modele pentru identificarea modelului optim.

Modelele biomecanice asociate organismului uman [30],[92], au suferit transformări succesive ce le-au sporit complexitatea și acuratețea explicării fenomenelor și a proceselor care se produc în corpul omenesc.

Referindu-ne la biomecanică, aceasta trebuie să aducă lămuriri inginerului, să-i furnizeze date pe care acesta le poate înțelege. Parametrii ce caracterizează un sistem biomecanic vor depinde de tipul de model utilizat. Pentru un sistem biomecanic real există două metode generale de abordare, care să conducă la determinarea parametrilor ce caracterizează comportarea dinamică a sistemului și anume: metoda analitică și metoda experimentală.

CAPITOLUL 2. MODELE UTILIZATE ÎN ANALIZA DINAMICĂ

2.1. Metode generale de abordare

Modelele utilizate în aprecierea comportării dinamice a organismului uman se vor numi modele dinamice.

Legătura dintre metodele de abordare precum și dintre modelele dinamice este prezentată schematizat în figura 2.2.

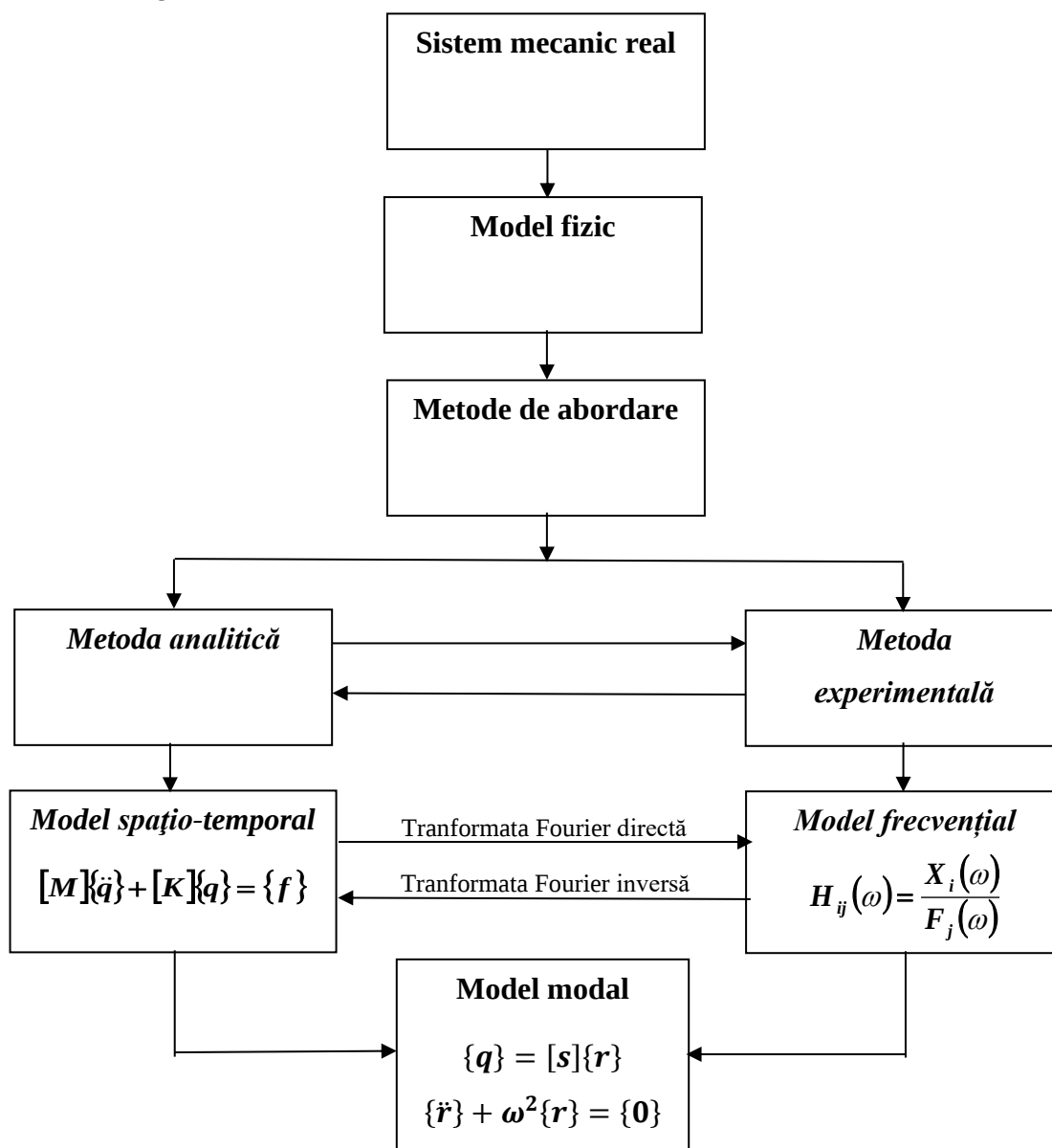


Fig. 2.1. Legătura dintre modelele dinamice [12],[17],[18]

CAPITOLUL. 3. STADIUL ACTUAL PRIVIND TRANSMITEREA SEMNALELOR CAPTATE DE SENZORII MONTAȚI ÎN ZONELE DE INTERES ALE ORGANISMULUI UMAN

3.1. Introducere

Analiza și prelucrarea biosemnalelor a fost utilizată prima dată în medicină pentru:

1. Studiul mersului uman;
2. E.C.G. – studiul activității inimii;
3. E.E.G. - studiul activității creierului, etc.

Posibilitatea de achiziție a semnalelor biomedicale, permite extragerea informațiilor necesare care să conducă la interpretarea fenomenului biologic și respectiv la stabilirea unui diagnostic corect.

În acest sens instrumentația electronică și calculatoarele au fost utilizate în investigarea sistemelor biologice și fiziologice cum ar fi:

- activitatea electrică a sistemului cardiovascular;
- activitatea electrică a creierului;
- activitatea electrică a sistemului neuromuscular;
- variația presiunii în sistemul cardiovascular;
- mersul uman.

Primul pas în investigarea sistemului fiziologic presupune utilizarea unor senzori și a instrumentației corespunzătoare pentru a transforma variația unei mărimi de interes într-un semnal electric măsurabil.

Semnalul astfel obținut poate conține, pe lângă informația cu relevanță clinică, și foarte mult zgomot fiind dificil, chiar imposibil uneori de analizat vizual de către observatorul uman.

De asemenea, variabilitatea unui anumit semnal de la un pacient la altul și analiza subiectivă efectuată de medici sau analiști poate face greu de înțeles sau de evaluat fenomenul.

Acești factori au creat necesitatea nu doar a unei instrumentații corespunzătoare ci și a unor metode de analiză obiectivă folosind algoritmi de procesare implementați hardware și / sau software.

Activitatea electrică este culeasă cu electrozi, amplificată, convertită analog/numeric și achiziționată de un calculator (EKG, EMG, EEG).

Activitatea neelectrică este transformată în activitate electrică (cu ajutorul traductoarelor), convertită analog/numeric și achiziționată de un calculator (activitatea respiratorie, temperatura, pulsul).

3.2. Achiziția semnalelor biomedicale

Sunt trei metode cunoscute de achiziție a semnalelor biomedicale utilizate în medicină [13],[123]: unele pentru studiul mersului umanoid iar altele pentru măsurarea activității inimii, a activității cerebrale.

- procesarea imaginilor culese de camere de luat vederi – pentru studiul mersului;
- captarea informațiilor cu ajutorul unor senzori montați pe o suprafață plană de dimensiuni cunoscute - pentru studiul mersului;
- captarea informațiilor cu ajutorul unor senzori portabili montați într-un dispozitiv în diferite zone de interes ale pacientului - studiul mersului și măsurarea activității inimii.

3.3. Contribuții personale

Analizând rezultatele existente pe plan național / internațional și prezentate parțial în capitolele anterioare se propune utilizarea unui dispozitiv de achiziție și prelucrarea semnalelor vibratorii [123],[124],[125],[14],[13],[16] care să poată transmite aceste date.

Datele culese pot fi accesate / vizualizate prin intermediul unei platforme web, proiectată de mine.

CONCLUZII

1. Analizând rezultatele existente pe plan național / internațional și prezentate parțial în capitolele anterioare se propune utilizarea unui dispozitiv de achiziție și prelucrare a semnalelor vibratorii, **dispozitiv proiectat și executat de mine**, care să poată transmite aceste date prin:

➤ GSM / GPRS – 2G / 3G / 4G; Bluetooth; Wi-Fi; 802.15.4 și ZigBee.

Datele culese pot fi accesate / vizualizate prin intermediul unei platforme web.

2. Am ținut cont de experiența câpătată în cadrul coordonării activității de mentenanță și mentenabilitate a mașinilor și utilajelor prezentată în figurile următoare și am pus la punct o platformă web pentru achiziția și transmiterea datelor preluate în timp real prin intermediul accelerometrelor de la subiecți în timp real.

Acest portal de informare este util în situații de urgență deoarece permite mai multor utilizatori să acceseze informații despre statutul și locațiile pacienților.

Portalul are trei grupuri de utilizatori:

1. Personalul departamentului de urgență se conectează la portal pentru a obține informații despre pacienții care sunt transportați la spitalul lor;
2. Responsabilii de operațiuni se conectează la portal pentru a vedea fișa pacienților afectați de dezastre;
3. Medicii specialiști, adesea localizați în instituții îndepărtate, pot fi chemați să dea instrucțiuni de tratament medicilor de la fața locului.

3. Pornind de la noile ceasuri Smart, m-am gândit să proiectez o carcasă din material plastic care să aibă aceeași formă cu carcasa ceasului Smart dar alte dimensiuni și anume să fie potrivită pentru a îngloba în ea senzorii de accelerație și pentru a monta întreg dispozitivul cu o curea în zonele de interes ca în figurile anterioare.

Planul de execuție al carcasei ceasului Smart a fost prezentat în fig. 3.8.

4. Astfel a fost **conceput și proiectat un dispozitiv** care a utilizat platforma de procesare integrată (Arduino) pe care au fost poziționați senzori de măsurare a vibrațiilor (accelerometre), rezultatele putând fi culese, transmise și afișate în timp real prin intermediul GPRS. Dispozitivul de urmărire a activelor cu ajutorul GPS / GLONASS, conectivitate GSM și baterie autonomă, este capabil să colecteze coordonatele GPS și să le transmită prin intermediul GSM/GPRS la VPS în scopul efectuării stocării permanente a datelor într-o bază de date MySQL sau vizualizarea acestora în timp real într-o pagina web direct pe laptop.

Datele obținute pot fi vizualizate pe orice telefon mobil care rulează Android +4.2 și pe orice laptop ce rulează Windows, OS X prin intermediul unui script în limbaj Python.

Având în vedere necesarul de date care trebuie să fie analizate a fost conceput întregul dispozitiv și au fost dimensionate componentele care asigură captarea și transmiterea acestor date.

5. Odată dimensionat sistemul de captare și transmitere a datelor s-a trecut la montarea acestuia pe un subiect și au fost făcute determinări experimentale în două situații concrete și anume determinări fără utilizarea unui echipament care să lucreze cu vibrații și determinări cu utilizarea a două echipamente: placă compactoare, respectiv bormașină cu percuție.

CAPITOLUL 4. METODE UTILIZATE ÎN APRECIEREA EFECTULUI VIBRAȚIILOR ASUPRA ORGANISMULUI UMAN

CONCLUZII

Corpul uman este un sistem dinamic foarte sofisticat ale cărui proprietăți mecanice variază de la un moment la altul și de la un individ la altul. În ultimele decenii, o mulțime de modele matematice au fost dezvoltate pe baza diverselor măsurători de câmp pentru a descrie răspunsurile biodinamice ale ființelor umane. Conform diferitelor tehnici de modelare, aceste modele pot fi grupate ca modele cu parametri concentrați, modele cu elemente finite (FE) și modele multicorp.

Modelele cu parametri concentrați consideră corpul uman ca mai multe mase concentrate interconectate prin arcuri și amortizoare. Acest tip de model este simplu de analizat și ușor de validat prin experimente.

S-a efectuat un studiu asupra modelelor biodinamice ale subiecților umani expuși la vibrații verticale.

Modelele cu parametri concentrați din literatură au fost, de asemenea, analizate și validate în ceea ce privește sinteza diferitelor date experimentale. Din analiză și validare se pot trage următoarele concluzii:

1. Modelele cu parametri concentrați sunt limitate la analiza unidimensională. Prin urmare, corpul uman este considerat a fi stând drept, fără sprijin, indiferent de poziția mâinilor, în timp ce picioarele sunt sprijinite și vibrează. Aceste modele matematice includ sisteme liniare și neliniare cu grade diferite de complexitate în funcție de obiectivul analizei

2. Din analiza modelelor biomecanice: cu un grad de libertate Dieckmann (1957) (Coermann, 1962), două grade de libertate (Wei și Griffin, 1998), (Allen, 1978), (Muksian și Nash, 1976), cu trei grade de libertate (Suggs et al., 1969), (Allen, 1978), (Cho-Chung Liang, Chi-Feng Chiang, 2006 și Suggs C.W., Abrams C.F., Stikeleather L.F., 1969), (A. Picu 2009), cu patru grade de libertate (Wan și Schimmels, 1995), (1998, Liu, Shi), (Boileau și Rakheja, 1998), Wagner și Liu (2000), cu șase grade de libertate (Muksian și Nash, 1974), cu șapte grade de libertate (Patil și colab., 1977), (Cho-Chung Liang, Chi-Feng Chiang, 2005 și Patil, M.K., Palanichamy, M.S., Ghista, D.N., 1977), (Abbas et al., 2010), (Sengkang și colab., 2013), cu nouă grade de libertate bidimensional (Harsha et al., 2014), cu unsprezece grade de libertate (Qassem și colab., 1994; Qassem și Othman, 1996), rezulta frecvențele importante ale segmentelor de corp uman prezentate în tabelul 18., pag. 110, [82] și anume:

Cap - 2,06 Hz; piept - 1,2 Hz; trunchi - 1,21 Hz, antebraț - 1,17 Hz, braț - 3,39 Hz, coapsă - 4,7 Hz, laba picior - 0,93 Hz.

3. Din analiza rezultatelor modelelor biodinamice expuse în [100] se trage concluzia care va fi folosită în validarea modelelor biodinamice cu rezultatele măsurătorilor experimentale, frecvențele importante ale segmentelor de corp uman sunt cele din tabelul de mai jos, tabelul 4.1., [82].

Tabel 4.1. Frecvențele importante ale organismului uman [82]

Denumire segment al organismului uman	Frecvență [Hz]
Cap	2,06
Piept	1,20
Trunchi	1,21
Antebraț	1,17
Braț	3,39
Coapsă	4,7
Picior	0,93

CAPITOLUL 5. DETERMINĂRI EXPERIMENTALE ALE FRECVENTELOR PROPRII ALE PARTILOR ANATOMICE COMPONENTE ALE ORGANISMULUI UMAN SUPUS LA VIBRATII

5.1. Introducere

Teza de doctorat are ca obiectiv general începerea unor cercetări care fac posibile noi perspective în domeniul măsurării vibrațiilor în punctele de interes ale organismului uman pentru persoanele care prin natura meseriei sunt supuse vibrațiilor mecanice, transmiterea și monitorizarea acestor date în timp real prin intermediul GPRS.

Astfel a fost conceput și proiectat un model de dispozitiv care a utilizat platforma de procesare integrată (Arduino) pe care au fost poziționați senzori de măsurare a vibrațiilor (accelerometre), rezultatele putând fi culese, transmise și afișate în timp real prin intermediul GPRS,[121],[122],[123],[124].

Odată dimensionat sistemul de captare și transmitere a datelor s-a trecut la montarea acestuia pe un subiect și au fost făcute determinări experimentale în două situații concrete și anume determinări fără utilizarea unui echipament care să lucreze cu vibrații și determinări cu utilizarea a două echipamente: placă compactoare, respectiv bormașină cu percuție.

Determinările pentru situația în care este utilizat un echipament care să lucreze cu vibrații s-au realizat cu utilizarea a două echipamente: placă compactoare, respectiv bormașină cu percuție. În mod similar determinările au fost făcute prin montarea sistemului pe subiect și înregistrarea datelor în momentul în care subiectul utilizează o placă compactoare, respectiv o bormașină cu percuție cu caracteristici tehnice definite. Rezultatele obținute au fost prelucrate și reprezentate grafic.

Reprezentările grafice astfel obținute au fost comparate cu rezultatele unor studii anterioare din literatura de specialitate și s-a obținut o bună concordanță în sensul că frecvențele găsite experimental au corespuns cu cele din modelele biomecanice ale organismului uman în literatura de specialitate obținând astfel validarea modelelor biomecanice ale organismului uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice.

5.3. Sistemul de achiziție montat pe subiect

În imaginea următoare (fig. 5.4.) este prezentat modul de amplasare a componentelor sistemului de achiziție date pe subiect precum și schema acestuia.

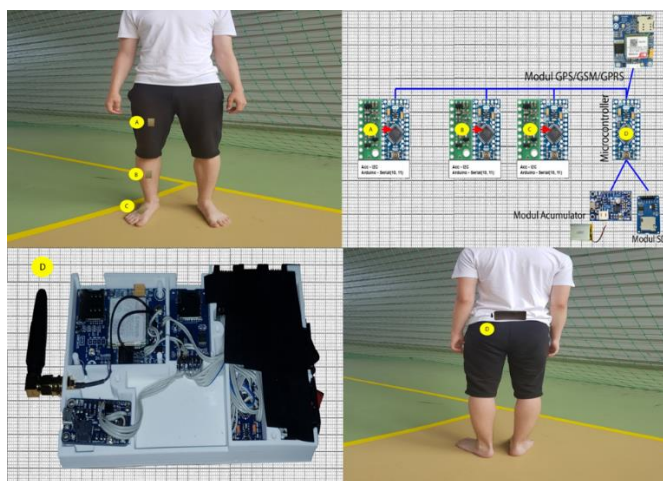


Fig. 5.1. Sistem achiziție date [124]

5.4. Determinări experimentale

S-au efectuat două seturi de determinări și anume:

1. determinări fără utilizarea unui echipament care să lucreze cu vibrații;
2. determinări cu utilizarea a două echipamente:
 - a) placă compactoare;
 - b) bormașină cu percuție.

În ambele cazuri s-au efectuat măsurători de accelerații pe cele trei axe: O_x , O_y și O_z , obținându-se următoarele tipuri de diagrame:

1. Accelerație – timp:
 - a. Pe axa O_x ; Pe axa O_y ; Pe axa O_z ;
 - b. O diagramă în care cele trei măsurători sunt suprapuse.
2. Transformata Fourier rapidă FFT – frecvență, prezentându-se în teza numai o diagramă în care cele trei măsurători sunt suprapuse.
3. Densitatea spectrală de putere – frecvență:
 - a. Pe axa O_x ; Pe axa O_y ; Pe axa O_z ;
 - b. O diagrama în care cele trei măsurători sunt suprapuse

În cazul setului A achizițiile de date s-au efectuat în următoarele situații:

- a) coborâre cu viteză constantă pe o scară de piatră;
- b) deplasare cu viteză constantă pe teren drept;
- c) deplasare cu viteză constantă pe teren accidentat;
- d) deplasare pe teren drept într-un autovehicul;
- e) deplasare pe teren accidentat într-un autovehicul.

În cazul setului A s-au cules date de la:

- a) coapsă;
- b) gambă;
- c) laba piciorului.

În cazul deplasării cu un autovehicul s-au cules date de la:

- a) antebraț drept;
- b) braț drept;
- c) antebraț stâng;
- d) braț stâng;
- e) coapsă;
- f) gambă;
- g) laba piciorului.

Determinându-se densitatea spectrală de putere – în funcție de frecvență:

- a) Pe axa O_x ; Pe axa O_y ; Pe axa O_z ;
- b) O diagramă în care cele trei măsurători sunt suprapuse.

În cazul setului B achizițiile de date s-au efectuat pentru:

- a) antebraț drept;
- b) braț drept;
- c) antebraț stâng;
- d) braț stâng;
- e) mâner bormașină cu percuție

Determinându-se densitatea spectrală de putere – în funcție de frecvență.

- a) Pe axa O_x ; Pe axa O_y ; Pe axa O_z ;
- b) O diagramă în care cele trei măsurători sunt suprapuse.

Diagramele sus-menționate sunt prezentate în cele ce urmează.

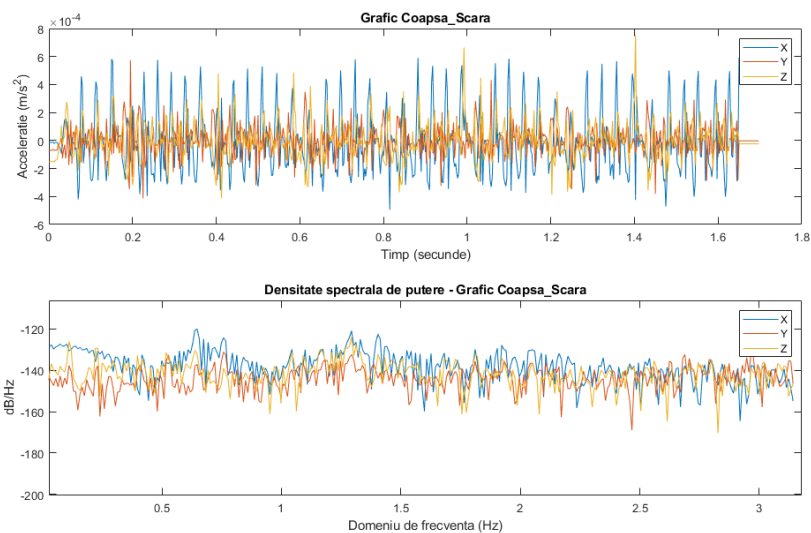


Fig. 5.2. Densitate spectrală de putere coapsă coborâre scară cele trei axe

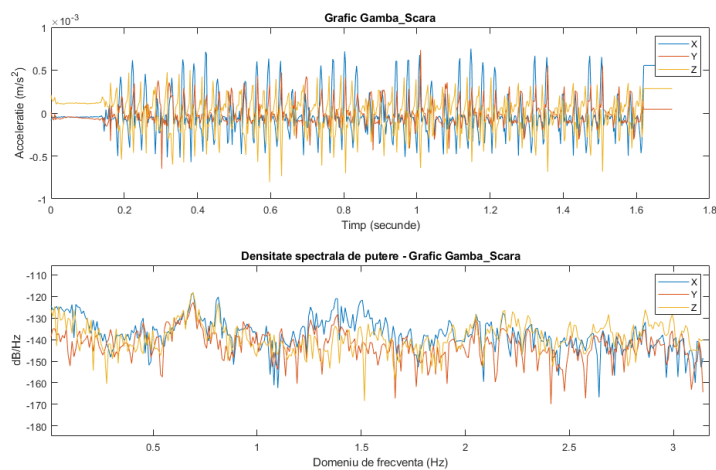


Fig. 5.3. Densitate spectrală de putere gambă coborâre scară cele trei axe

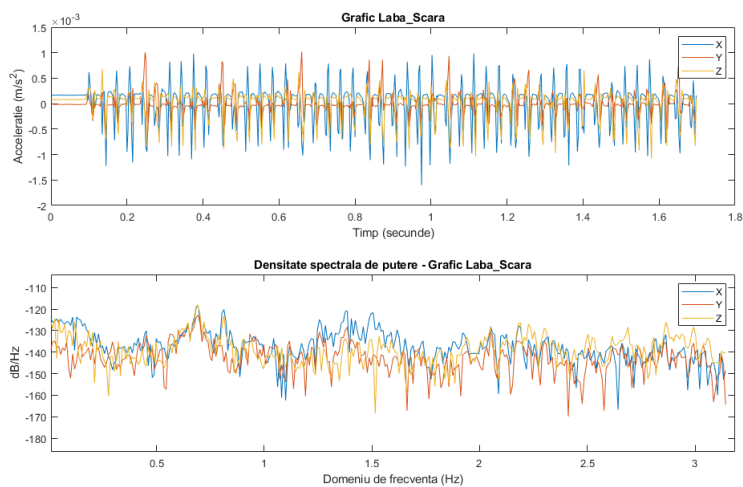


Fig. 5.4. Densitate spectrală de putere laba piciorului coborâre scară cele trei axe

Din analiza graficelor fără utilizarea vibrațiilor s-au obținut frecvențele de 0,97 Hz, 1,23 Hz, 1,78 Hz, 2,08 Hz și 2,43 Hz, pentru coborârea de pe scara.

5.5. Achiziție date bormașină cu percuție

S-a procedat la montarea sistemului pe subiect (fig. 5.8., 5.9., 5.10., 5.11.) și colectarea datelor înregistrate (fig. 5.12., 5.13.) atunci când acesta mănuieste o bormașină cu percuție în următoarele situații:

- Accelerometru montat pe mânerul echipamentului cu/fără FFT;
- Braț mână stângă și dreaptă cu/fără FFT;
- Antebraț mână stângă și dreaptă cu/fără FFT.

Caracteristici tehnice bormașină cu percuție:

- Model: Bosch GBH 2-26 DFR; Putere motor: 800W; Diametru burghiu: 6mm;
- Turație: 1300 RPM; Lungime burghiu: 10cm.



Fig. 5.5. Sistem achiziție montat pentru colectare date bormașină cu percuție – vedere laterală



Fig. 5.6. Sistem achiziție montat pentru colectare date bormașină cu percuție - vedere laterală



Fig. 5.7. Sistem achiziție montat pentru colectare date bormașină cu percuție - vedere frontală

Fig. 5.8. Sistem achiziție montat pentru colectare date bormașină cu percuție - vedere din spate

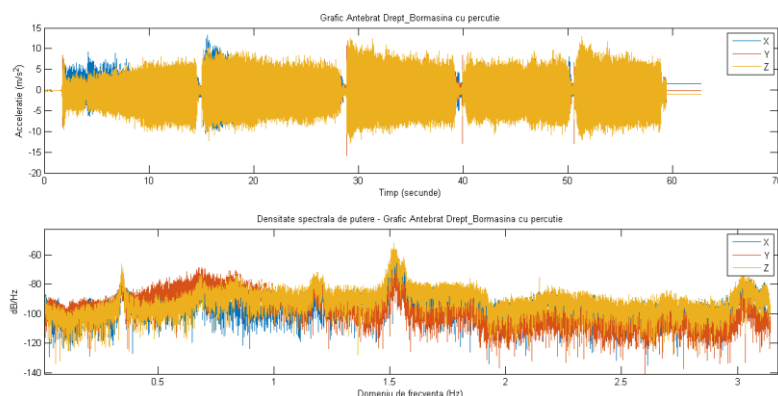


Fig. 5.9. Accelația măsurată de senzor pe cele trei axe, densitate spectrală de putere antebraț drept bormașină cu percuție pe cele trei axe

Din analiza graficelor bormașinii cu percuție s-au obținut frecvențele de 0.34 Hz, 0.73 Hz, 0.98 Hz, 1.16 Hz, 1.24 Hz, 1.47 Hz, 1.53 Hz, 2.07 Hz, 2.23 Hz, 2.83 Hz și 3.12 Hz pentru un subiect masculin cu vârsta de 15 ani, cu înălțime de 175cm și greutatea de 65kg. Unele frecvențe corespund cu studiile făcute pe subiecții tineri în [1] precum și în cele din [19].

5.6. Achiziție date placă vibratoare

S-a procedat la montarea sistemului pe subiect (fig. 5.14., 5.15.) și colectarea datelor înregistrate (fig. 5.16., 5.17., 5.18.) atunci când acesta mănuiește o placă vibratoare în următoarele situații:

- Accelerometru montat pe mânerul echipamentului cu/fără FFT;
- Braț mâna stângă și dreaptă cu/fără FFT;
- Antebraț mâna stângă și dreaptă cu/fără FFT.

Caracteristici tehnice placă vibratoare:

- Model: Wacker Neuson VP1340AW; Putere motor: 3900 RPM; Turație: 3600 RPM.



Fig. 5.10. Sistem achiziție montat pentru colectare date placă vibratoare - vedere frontală

Fig. 5.11. Sistem achiziție montat pentru colectare date placă vibratoare - vedere laterală

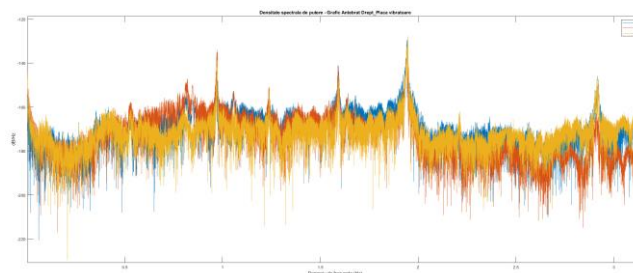


Fig. 5.12. Densitate spectrală de putere placă vibratoare antebraț drept cele trei axe

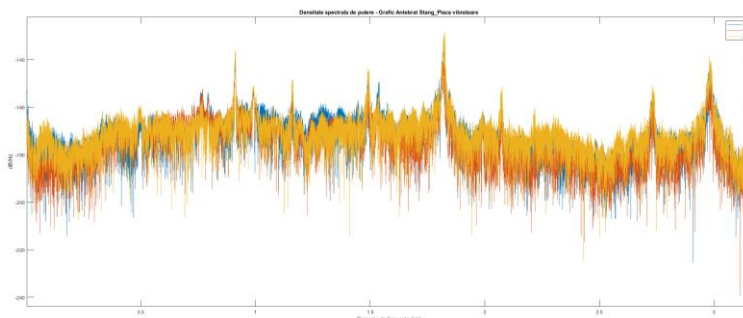


Fig. 5.13. Densitate spectrală de putere placă vibratoare antebraț drept cele trei axe

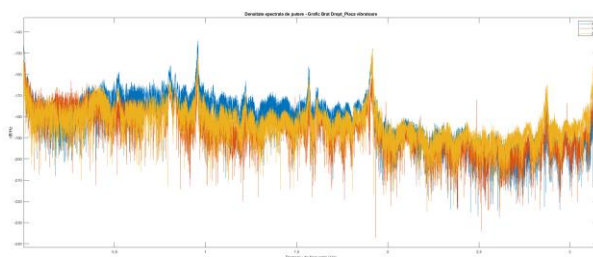


Fig. 5.14. Densitate spectrală de putere placă vibratoare braț drept cele trei axe

CONCLUZII

Din analiza diagramelor prezentate în cadrul capitolului 5 rezultă

1. Coborâre cu viteză constantă pe o scară de piatră

Din analiza graficelor fără utilizarea vibrațiilor s-au obținut frecvențele de 0.97 Hz, 1.23 Hz, 1.78 Hz, 2.08 Hz și 2.43 Hz, pentru coborârea de pe scara.

2. Deplasare cu viteză constantă pe teren drept

Din analiza graficelor fără utilizarea vibrațiilor s-au obținut frecvențele de 1.53 Hz, 2.74 Hz, 4.23 Hz și 4.37 Hz pentru coborârea de pe scară și frecvențele de 1.51 Hz, 3.24 Hz și 5.23 Hz la mersul pe un drum drept pentru un subiect masculin cu vârsta de 15 ani, cu înălțime de 175cm și greutatea de 65kg. Unele frecvențe corespund cu studiile făcute pe subiecții tineri în [1] și arătate în graficele prezentate în continuare precum și în cele din [19]

3. Deplasare pe teren accidentat într-un autovehicul

Din analiza graficelor fără utilizarea vibrațiilor s-au obținut frecvențele de 0.64Hz, 9.3Hz, 1.21 Hz, 1.82 Hz, 2.3 Hz, 2.31 Hz și 2.47 Hz, pentru deplasarea cu un automobil pe un drum accidentat pentru un subiect masculin cu vârsta de 15 ani, cu înălțime de 175cm și greutatea de 65kg. Unele frecvențe corespund cu studiile făcute pe subiecții tineri în [1] și arătate precum și în cele din [19].

4. Utilizarea unei bormașini cu percuție

Din analiza graficelor bormașinii cu percute s-au obținut frecvențele de 0.34 Hz, 0.73 Hz, 0.98 Hz, 1.16 Hz, 1.24 Hz, 1.47 Hz, 1.53 Hz, 2.07 Hz, 2.23 Hz, 2.83 Hz și 3.12 Hz pentru un subiect masculin cu vârsta de 15 ani, cu înălțime de 175cm și greutatea de 65kg. Unele frecvențe corespund cu studiile făcute pe subiecții tineri în [1] precum și în cele din [19].

5. *Utilizarea unei plăci vibratoare*

Din analiza graficelor plăcii vibratoare s-au obținut frecvențele de 0.27 Hz, 0.48 Hz, 0.98 Hz, 1.16 Hz, 1.22 Hz, 1.27 Hz, 1.33 Hz, 1.65 Hz, 2.03 Hz, 2.2 Hz, 2.43 Hz, 2.89 Hz și 3.32 Hz pentru un subiect masculin cu vârsta de 15 ani, cu înălțime de 175cm și greutatea de 65kg. Unele frecvențe corespund cu studiile făcute pe subiecții tineri în [1] precum și în cele din [19].

Frecvențele astfel obținute au fost comparate cu rezultatele unor studii anterioare din literatura de specialitate și s-a obținut o bună concordanță în sensul că frecvențele găsite experimental au corespuns cu cele din modelele biomecanice ale organismului uman în literatura de specialitate în special cele prezentate în tabelul 4.7 [2] obținând astfel validarea modelelor biomecanice ale organismului uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice.

CONCLUZII FINALE

1. Analizând rezultatele existente pe plan național / internațional și prezentate parțial în capitolele anterioare se propune utilizarea unui dispozitiv de achiziție și prelucrare a semnalelor vibratorii, **dispozitiv proiectat și executat de mine**, [14] care să poată transmite aceste date prin:

- GSM / GPRS – 2G / 3G / 4G; Bluetooth; Wi-Fi; 802.15.4 și ZigBee.

Datele culese pot fi accesate / vizualizate prin intermediul unei platforme web.

3. Pornind de la noile ceasuri Smart, m-am gândit să proiectez o carcasă din material plastic care să aibă aceeași formă cu carcasa ceasului Smart dar alte dimensiuni și anume să fie potrivită pentru a îngloba în ea senzorii de accelerație și pentru a monta întreg dispozitivul cu o curea în zonele de interes ca în figurile anterioare.

Planul de execuție al carcasei ceasului Smart a fost prezentat în fig. 3.8.

4. Astfel a fost **conceput și proiectat un dispozitiv** care a utilizat platforma de procesare integrată (Arduino) pe care au fost poziționați senzori de măsurare a vibrațiilor (accelerometre), rezultatele putând fi culese, transmise și afișate în timp real prin intermediul GPRS.

Dispozitivul de urmărire a activelor cu ajutorul GPS / GLONASS, conectivitate GSM și baterie autonomă, este capabil să colecteze coordonatele GPS și să le transmită prin intermediul GSM/GPRS la VPS în scopul efectuării stocării permanente a datelor într-o bază de date MySQL sau vizualizarea acestora în timp real într-o pagina web direct pe laptop.

Datele obținute pot fi vizualizate pe orice telefon mobil care rulează Android +4.2 și pe orice laptop ce rulează Windows, OS X prin intermediul unui script în limbaj Python.

5. Având în vedere necesarul de date care trebuie să fie analizate a fost conceput întregul dispozitiv și au fost dimensionate componentele care asigură captarea și transmiterea acestor date. De asemenea s-a utilizat și achiziționarea și prelucrarea datelor experimentale cu ajutorul LabView.

6. Odată dimensionat sistemul de captare și transmitere a datelor s-a trecut la montarea acestuia pe un subiect și au fost făcute determinări experimentale în două situații concrete și anume determinări fără utilizarea unui echipament care să lucreze cu vibrații și determinări cu utilizarea a două echipamente: placă compactoare, respectiv bormașină cu percute.

S-a efectuat un studiu asupra modelelor biodinamice ale subiecților umani expuși la vibrații verticale.

7. Modelele cu parametri concentrați din literatură au fost, de asemenea, analizate și validate în ceea prin sinteza diferitelor date experimentale. Din analiză și validare se pot trage următoarele concluzii:

Modelele cu parametri concentrați sunt limitate la analiza unidimensională. Prin urmare, corpul uman este considerat a fi stând drept, fără sprijin, indiferent de poziția mâinilor, în timp ce picioarele sunt sprijinite și vibrează. Aceste modele matematice includ sisteme liniare și neliniare cu grade diferite de complexitate în funcție de obiectivul analizei.

Din analiza modelelor biomecanice: cu un grad de libertate Dieckmann (1957) (Coermann, 1962), două grade de libertate (Wei și Griffin, 1998), (Allen, 1978), (Muksian și Nash, 1976), cu trei grade de libertate (Suggs et al., 1969), (Allen, 1978), (Cho-Chung Liang, Chi-Feng Chiang, 2006 și Suggs C.W., Abrams C.F., Stikeleather L.F., 1969), (A. Picu 2009), cu patru grade de libertate (Wan și Schimmels, 1995), (1998, Liu, Shi), (Boileau și Rakheja, 1998), Wagner și Liu (2000), cu șase grade de libertate (Muksian și Nash, 1974), cu șapte grade de libertate (Patil și colab., 1977), (Cho-Chung Liang, Chi-Feng Chiang, 2005 și Patil, M.K., Palanichamy, M.S., Ghista, D.N., 1977), (Abbas et al., 2010), (Sengkang și colab., 2013), cu nouă grade de libertate bidimensional (Harsha et al., 2014), cu unsprezece grade de libertate (Qassem și colab., 1994; Qassem și Othman, 1996), rezulta frecvențele importante ale segmentelor de corp uman prezentate în tabelul 4.7., pag. 110, [100] și anume:

Cap - 2,06 Hz; piept - 1,2 Hz; trunchi - 1,21 Hz, antebrat - 1,17 Hz, brat - 3,39 Hz, coapsa - 4,7 Hz, laba picior - 0,93 Hz.

8. Odată dimensionat sistemul de captare și transmitere a datelor, din dispozitivul conceput, proiectat și executat de mine și prezentat în **cadru capitoului 3**, s-a trecut la montarea acestuia pe un subiect și au fost făcute determinări experimentale în două situații concrete și anume:

- determinări fără utilizarea unui echipament care să lucreze cu vibrații;
- determinări cu utilizarea a două echipamente: placă compactoare, respectiv bormașină cu percuție.

Determinările fără utilizarea unui echipament care să lucreze cu vibrații au fost făcute prin montarea sistemului pe subiect și înregistrarea datelor în situația în care subiectul coboară o scară și respectiv în situația în care subiectul se deplasează pe o suprafață plană. Rezultatele obținute au fost prelucrate și reprezentate grafic [16],[124],[125].

În ambele cazuri s-au efectuat măsurători de accelerații pe cele trei axe: Ox, Oy și Oz, obținându-se următoarele tipuri de diagrame:

1. Accelerație – timp:
 - a. Pe axa Ox; Pe axa Oy; Pe axa Oz;
 - b. O diagramă în care cele trei măsurători sunt suprapuse.
2. Transformata Fourier rapidă FFT – frecvență, prezentându-se în teza numai o diagramă în care cele trei măsurători sunt suprapuse.
3. Densitatea spectrală de putere – frecvență:
 - a. Pe axa Ox; Pe axa Oy; Pe axa Oz;
 - b. O diagrama în care cele trei măsurători sunt suprapuse

În cazul setului A achizițiile de date s-au efectuat în următoarele situații:

- a) coborâre cu viteză constantă pe o scară de piatră; deplasare cu viteză constantă pe teren drept; deplasare cu viteză constantă pe teren accidentat; deplasare pe teren drept într-un autovehicul; deplasare pe teren accidentat într-un autovehicul.

În cazul setului A s-au cules date de la:

- a) coapsă; gambă; laba piciorului.

În cazul deplasării cu un autovehicul s-au cules date de la:

- a) antebrăț drept; braț drept; antebrăț stâng; braț stâng; coapsă; gambă; laba piciorului.

Determinându-se densitatea spectrală de putere – în funcție de frecvență:

- a) Pe axa Ox;Pe axa Oy;Pe axa Oz;
- b) O diagramă în care cele trei măsurători sunt suprapuse.

În cazul setului B achizițiile de date s-au efectuat pentru:

- a) antebrăț drept;braț drept;antebrăț stâng;braț stâng;
- b) mâner bormașină cu percuție

Determinându-se densitatea spectrală de putere – în funcție de frecvență.

- a) Pe axa Ox;Pe axa Oy;Pe axa Oz;
- b) O diagramă în care cele trei măsurători sunt suprapuse.

Din analiza diagramelor prezentate în cadrul capitolului 5 rezultă:

a. *Coborâre cu viteză constantă pe o scară de piatră*

Din analiza graficelor fără utilizarea vibrațiilor s-au obținut frecvențele de 0.97 Hz, 1.23 Hz, 1.78 Hz, 2.08 Hz și 2.43 Hz, pentru coborârea de pe scara.

b. *Deplasare cu viteză constantă pe teren drept*

Din analiza graficelor fără utilizarea vibrațiilor s-au obținut frecvențele de 1.53 Hz, 2.74 Hz, 4.23 Hz și 4.37 Hz pentru coborârea de pe scară și frecvențele de 1.51 Hz, 3.24 Hz și 5.23 Hz la mersul pe un drum drept pentru un subiect masculin cu vârsta de 15 ani, cu înălțime de 175cm și greutatea de 65kg. Unele frecvențe corespund cu studiile făcute pe subiecții tineri în [1] și arătate în graficele prezentate în continuare precum și în cele din [19]

c. *Deplasare pe teren accidentat într-un autovehicul*

Din analiza graficelor fără utilizarea vibrațiilor s-au obținut frecvențele de 0.64Hz, 9.3Hz, 1.21 Hz, 1.82 Hz, 2.3 Hz, 2.31 Hz și 2.47 Hz, pentru deplasarea cu un automobil pe un drum accidentat pentru un subiect masculin cu vârsta de 15 ani, cu înălțime de 175cm și greutatea de 65kg. Unele frecvențe corespund cu studiile făcute pe subiecții tineri în [1] și arătate precum și în cele din [19].

d. *Utilizarea unei bormașini cu percuție*

Din analiza graficelor bormașinii cu percuție s-au obținut frecvențele de 0.34 Hz, 0.73 Hz, 0.98 Hz, 1.16 Hz, 1.24 Hz, 1.47 Hz, 1.53 Hz, 2.07 Hz, 2.23 Hz, 2.83 Hz și 3.12 Hz pentru un subiect masculin cu vârsta de 15 ani, cu înălțime de 175cm și greutatea de 65kg. Unele frecvențe corespund cu studiile făcute pe subiecții tineri în [1] precum și în cele din [19].

e. *Utilizarea unei plăci vibratoare*

Din analiza graficelor plăcii vibratoare s-au obținut frecvențele de 0.27 Hz, 0.48 Hz, 0.98 Hz, 1.16 Hz, 1.22 Hz, 1.27 Hz, 1.33 Hz, 1.65 Hz, 2.03 Hz, 2.2 Hz, 2.43 Hz, 2.89 Hz și 3.32 Hz pentru un subiect masculin cu vârsta de 15 ani, cu înălțime de 175cm și greutatea de 65kg. Unele frecvențe corespund cu studiile făcute pe subiecții tineri în [1] precum și în cele din [19].

9. Frecvențele astfel obținute au fost comparate cu rezultatele unor studii anterioare din literatura de specialitate și s-a obținut o bună concordanță în sensul că frecvențele găsite experimental au corespuns cu cele din modelele biomecanice ale organismului uman în literatura de specialitate în special cele prezentate în tabelul 4.7 [2] obținând astfel validarea modelelor biomecanice ale organismului uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice.

CONTRIBUȚII PERSONALE

Analizând rezultatele existente pe plan național / internațional și prezentate parțial în capitolele anterioare se propune utilizarea unui dispozitiv de achiziție și prelucrarea semnalelor vibratorii care să poată transmite aceste date prin:

- GSM / GPRS – 2G / 3G / 4G;Bluetooth;Wi-Fi;802.15.4 și ZigBee.

Datele culese pot fi accesate / vizualizate prin intermediul unei platforme web.

Înregistrările permit vizualizarea în timp real a datelor medicale ale pacienților care sunt tratați și revizuirea încadrării pacienților pentru a se asigura că aceștia au fost direcționați corect.

2. O variantă beta a platformei web de monitorizare human prezentată în (fig. 3.4.), (fig. 3.5.), (fig. 3.6.)

3. Pornind de la noile ceasuri Smart, s-a proiectat o carcasă din material plastic care să aibă aceeași formă cu carcasa ceasului Smart dar alte dimensiuni și anume să fie potrivită pentru a îngloba în ea senzorii de accelerație și pentru a monta întreg dispozitivul cu o curea în zonele de interes ca în figurile anterioare.

Planul de execuție al carcasei ceasului Smart este a fost prezentat în (fig. 3.8.).

4. A fost **conceput și proiectat un dispozitiv** care a utilizat platforma de procesare integrată (Arduino) pe care au fost poziționați senzori de măsurare a vibrațiilor (accelerometre), rezultatele putând fi culese, transmise și afișate în timp real prin intermediul GPRS.

Dispozitivul de urmărire a activelor cu ajutorul GPS / GLONASS, conectivitate GSM și baterie autonomă, este capabil să colecteze coordonatele GPS și să le transmită prin intermediul GSM/GPRS la VPS în scopul efectuării stocării permanente a datelor într-o bază de date MySQL sau vizualizarea acestora în timp real într-o pagină web direct pe laptop.

Aplicația a fost dezvoltată folosind dispozitivul de achiziție Arduino MEGA 2560 și/sau Raspberry Pi și/sau IOIO Board care sunt prezentate în (fig. 3.12.).

5. S-a conceput instrucțiunile pentru funcționarea acestui dispozitiv scrise în limbaj Python.

Datele obținute pot fi vizualizate pe orice telefon mobil care rulează Android +4.2 și pe orice laptop ce rulează Windows, OS X prin intermediul unui script în limbaj Python.

Având în vedere necesarul de date care trebuie să fie analizate a fost conceput întregul dispozitiv și au fost dimensionate componentele care asigură captarea și transmiterea acestor date. De asemenea s-a utilizat și achiziționarea și prelucrarea datelor experimentale cu ajutorul LabView.

6. Odată dimensionat sistemul de captare și transmitere a datelor s-a trecut la montarea acestuia pe un subiect și au fost făcute determinări experimentale în două situații concrete și anume determinări fără utilizarea unui echipament care să lucreze cu vibrații și determinări cu utilizarea a două echipamente: placă compactoare, respectiv bormașină cu percuție.

DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Teza de doctorat conturează câteva direcții viitoare de cercetare în domeniul influenței fenomenelor vibratorii asupra organismului uman și anume:

1. Conceperea și elaborarea unor modele biomecanice parametrizate, astfel încât să poată reda cât mai real comportamentul organismului uman sub acțiunea vibrațiilor, modele din care să rezulte drept cazuri particulare modelele biomecanice deja aparute și studiate în literatură prezentată în teza.
2. Utilizarea în continuare a dispozitivului conceput, proiectat și realizat în cadrul tezei, în vederea realizării unei baze de date digitale privind valorile măsurate experimental și la alții subiecți în aceleași condiții realizate în cadrul tezei precum și în alte condiții mai defavorabile.
3. Validarea altor modele biomecanice noi care vor apărea între timp în literatură după sustinerea tezei.
4. Extinderea analizei modelelor biomecanice prin introducerea unor elemente neliniare și validarea sau nevalidarea lor prin intermediul culegerii și prelucrării semnalelor culese experimental.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] Abbas W, Abouelatta OB, El-Azab M, Elsaidy M, Megahed AA, "Optimization of Biodynamic Seated Human Models Using Genetic Algorithms", **Scientific Research 2: 710-719, 2010.**
- [10] Balcu I., "*Vibrații ale sistemelor mecanice*", **Ed. Lux Libris, Brașov, 1996**
- [12] Baușic Florin, „*Dinamica mașinilor de construcții. Vol.1. Bazele modelării*”, **Ed. Matrix Rom, ISBN 973-685-229-6, București, 2001**
- [13] Baușic Florin, Toader Daniel, Baușic Alexandra, „*Cercetari privind transmiterea semnalelor captate de senzori montați în zone de interes ale organismului uman*”, **Sinuc 2017 – sectia I – I.14**
- [14] Baușic Florin, Toader Daniel, Baușic Alexandra, „*Metodă și dispozitiv pentru monitorizarea în timp real a corpului uman supus acțiunii vibrațiilor*”, **Sinteze de Mecanica Teoretica si Aplicata, Volumul 9 (2018), Nr. 3, pag. 197-200, ISSN 2068-6331, Matrix Rom**
- [15] Baușic Florin, Toader Daniel, Baușic Alexandra, Toader Eliza, „*Contribuții privind analiza modelelor biomecanice ale organismului uman supus acțiunii vibrațiilor*”, **Sinteze de Mecanica Teoretica si Aplicata, Volumul 8 (anul 2017), Nr. 3, pag. 179 - 184, ISSN 2068-6331, Matrix Rom**
- [16] Baușic Florin, Toader Daniel, Baușic Alexandra, Băcanu Sorana, „*Contribuții privind analiza vibrațiilor induse organismului uman în timpul procesului de lucru*”, **Sinteze de Mecanica Teoretica si Aplicata, Volumul 10 (anul 2020), Nr. 1, pag , 57-60, ISSN 2068-6331, Matrix Rom**
- [17] Baușic Fl., Diaconu Cr., "*Dinamica Masinilor*", **Ed Conspress, Bucuresti, 2000**
- [18] Baușic Fl., Pavel Cr., Diaconu Cr., "*Mecanica teoretica. Vibratiile sistemelor mecanice cu un grad de libertate*", **Ed Matrix Rom, Bucuresti, 2007**
- [19] Bedford A., Fowler W., "*Engineering mechanics. Dynamics.*", **Addison-Wesley 1999**
- [21] Biriș Anamaria, Claudiu Alin GLIGOR, Mariana ARGHIR, „*Studiul experimental al acțiunii vibrațiilor mașinilor-unelte portabile asupra sistemului uman mână-braț*”, **a VII-a conferinta nationala multidisciplinara, Sebes, 2013**
- [26] Bratu P., "*Vibrațiile sistemelor elastice*", **Ed. Tehnică, București, 2000**
- [27] Bratu P., Dragan N., "*Vibrații mecanice. Aplicații*", **Ed. IMPLUS, București, 1988**
- [28] Bratu, P., "*Vibrații mecnice. Teorie și aplicații tehnice*", **ISBN 973-98409-5-7, Editura Impuls, București, 1998**
- [30] Budescu E., "*Biomecanică generală*", **Iași, 2013**
- [31] Buzdugan Gh., Fetcu L., Rades M., "*Vibrații mecanice*", **Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1982**
- [32] Buzdugan Gh., Fetcu L., Rades M., "*Vibrațiile sistemelor mecanice*", **Ed. Academiei, București, 1979**
- [39] Constantinescu, A., Pavel, C., "*Vibrații mecanice*", **Editura Matrix Rom, București, 2009, ISBN 978-973-755-468-0**
- [40] Cosmescu Alexandru, "*Analiza efectului vibrațiilor asupra sistemului braț-antebraț –mână*", **Disertatie, Bucuresti, 2013.**
- [42] Daniela Tarnita, "*Wearable sensors used for human gait analysis*", **Rom. J. Morphol Embryol 2016 m 57(2):373-382**

- [48] Gao Tia, Dan Greenspan, Matt Welsh, Radford R. Juang, Alex Alm, "Vital Sign Monitoring and Patient Tracking Over a wireless network", **In proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS Shanghai, September 2005.**
- [55] Iliescu, A., "*Biomecanica exercițiilor fizice*", Editura C.N.E.F.S, București, 1968, pag. 9-14
- [66] Legendi, A., Baușic, F., Pavel, C., "*Analiza transmisibilității vibrațiilor utilizate în scop terapeutic-metoda de investigație a structurii osoase*", SIMEC 2007, 31 martie 2007, Editura Conspress Bucuresti, ISBN 973-7797-83-3, pag. 133-136
- [82] Mondal Purnendu, "*Investigation of the dynamic interaction between the human body and car seat using a unique simulation technique*", **Ph.D. Thesis-University of East London, School of Architecture, Computing and Engineering, May 2020**
- [90] Panaitescu-Liess, R., "*Analiza răspunsului dinamic al organismului uman în interacțiune cu fenomenele vibratorii*", **Referat 2 în cadrul doctoratului, Buc, 2012**
- [91] Panaitescu-Liess, R., "*Modelarea biomecanică a organismului uman sub acțiunea vibrațiilor*", **Teza de doctorat, 2013**
- [92] Panaitescu-Liess, R., "*Modele biomecanice asociate organismului uman. Stadiul actual al cercetărilor*", **Raport de cercetare, februarie 2012**
- [97] Picu A., "*Modelarea biomecanică neliniară a dinamicii corpului uman sub acțiunea vibrațiilor transmise*", **Teza de doctorat, 2010**
- [98] Picu, A.A., "*Modelarea biomecanică neliniară a dinamicii corpului uman sub acțiunea vibrațiilor transmise*", **Teza de doctorat, 2010**
- [100] Plosceanu B., Craifaleanu A., Untaroiu C., "*Vibrațiile sistemelor cu un grad de libertate*", **Ed. Bren, București, 2001**
- [103] Predoi M., "*Vibrații mecanice. Modele si aplicatii în Matlab*", **Ed Matrix Rom, Bucuresti 2011**
- [104] Predoi Mihai, "*Vibrații mecanice. Modele si aplicatii în Matlab*", **Ed Matrix Rom, Bucuresti 2011**
- [121] Toader Daniel-Alexandru, „*Cercetări teoretice și experimentale parțiale privind validarea modelelor biomecanice ale organismului uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice*”, **Raport de cercetare științifică nr. 3, Bucuresti, 2019**
- [122] Toader Daniel-Alexandru, „*Metode utilizate în aprecierea efectului vibrațiilor asupra organismului uman*”, **Raport de cercetare științifică nr. 2, Bucuresti, 2019**
- [123] Toader Daniel-Alexandru, „*Stadiul actual privind transmiterea semnalelor captate de senzorii montați în zonele de interes ale organismului uman*”, **Raport de cercetare științifică nr. 1, Bucuresti, 2017**
- [124] Toader Daniel-Alexandru, Alexandra BAUȘIC, Florin BAUȘIC, „*Analiza experimentală a vibrațiilor induse organismului uman*”, **Sinteze de Mecanica Teoretică și Aplicată, Volumul 11 (anul 2020), Nr. 2, pag. 109-112, ISSN 2068-6331, Matrix Rom**
- [125] Toader Daniel-Alexandru, Dogaru Marina, Ursache Robert, Baușic Florin, „*Partial experimental contributions of the validation of biomechanical models of the human body subjected to the action of mechanical vibrations*”, **Mathematical Modelling in Civil Engineering, Vol.16 - No. 4: 25-33-2021, Doi: 10.2478/mcee-2021-0018**
- [140] http://iso.org/iso/standards_development/technical_committees