

INTEGRAREA ELEMENTELOR DE ROBOTICĂ ÎN REALIZAREA UNUI SISTEM PENTRU RECOLTAREA MĂSLINELOR

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat INGINERIE INDUSTRIALĂ

autor ing. Theoharis BABANATSAS

conducător științific Prof.univ.dr. ing. ec. Dumitru ȚUCU

luna 07 anul 2019

Capitolul 1

IMPORTANȚA ȘI NECESITATEA TEMEI

1.1 Importanța și necesitatea temei

Actualmente măslinul, atât în Grecia, cât și în celelalte țări din zona mediteraneeană care sunt producătoare de măslini (Spania, Italia, Turcia etc), se cultivă în plantație individuale specifice. O asemenea plantație trebuie realizată ținând cont de toate calitățile fizice ale solului, de oamenii care vor executa cultivarea și recoltarea măslinelor dar și de tehnologia de care se dispune.

Pornind de la importanța economică și socială a măslinului și de la nevoile actuale de competitivitate este necesară concepția, realizarea și integrarea elementelor de robotică la recoltare, astfel încât să realizeze recoltarea măslinelor eliminând, pe cât posibil, operatorul uman angajat în număr mare pe un durată limitată. Măsura ar duce la scăderea costurilor de recoltare, element care se reflectă în costul produsului final simultan crescând și productivitatea prin îmbunătățirea procesului de recoltare.

Deocamdată, în Grecia predomină recoltarea manuală cu dispozitive de mână și ceea mecanizată.

Datorită faptului că predomină recoltarea manuală există o problemă socială cu locurile de muncă.

Tot mai puține persoane devin „specialiste” în cules de măslini, devenind astfel problematică găsirea persoanelor calificate care sunt din ce în ce mai puține în fiecare an. Spre exemplu, persoanele calificate lucrează în așa fel încât să nu rănească pomul sau fructul, evitând astfel scăderea productivității.

Recoltarea începe la sfârșitul lunii septembrie, dacă se dorește obținerea unor măslini de culoare verde sau pe la mijlocul lui octombrie pentru a obține măslini de culoare neagră și durează 15 până la 20 de zile. Este necesar pentru recoltare un grup de 3 – 4 oameni la un măslin, care pot recolta cu mâna 6-7 pomi pe zi, în cazul unor arbori care dau o producție de aproximativ 70-80 kg de măslini per pom. Recoltarea începe dimineața (orele 06.00-07.00) și durează până după-amiaza (orele 17.00-18.00). Astfel, o plantație cu mii de măslini necesită un număr mare de persoane care să lucreze, ceea ce duce la costuri ridicate pentru procesul de culegere, corelat cu destinația finală pentru produsul finit (măslini sau ulei de măslini).

În ultimi ani tendința către produsele BIO (la care, în cultivare, nu s-au folosit pesticide, îngrășăminte și aditivi) și cât mai naturale este tot mai pregnantă, astfel încât cercetătorii propun sisteme de recoltare optimizate, cât mai eficiente, pentru ca produsele să fie de o calitate cât mai bună.

Plecând de la aceste necesități, teză investighează metodele de recoltare și implementarea sistemelor de robotică în aceste metode, cu o posibilă utilizare și la alte fructe care se pot recolta prin vibrarea pomului cum ar fi cireșe, prune, corcodușe, nuci, migdale etc.

Prin dezvoltarea unor tehnologii de acest gen, se poate eficientiza procesul și recolta de măslină, cu posibilitatea de extensie pentru cazul altor fructe, crescând eficiența din acest domeniu, în consecință lărgind piața de desfacere.

Capitolul 2

ASPECTE PRIVIND ISTORIA, IMPORTANȚA ȘI PRINCIPALELE CARACTERISTICI ALE MĂSLINULUI

2.1 Scurt istoric

Măslinul este un pom al bogăției, longevității, prosperității și al vieții. Măslinul este unul dintre cei mai vechi pomi care au dat hrană omului și unul dintre cei mai importanți pomi fructiferi pentru dieta mediteraneeană. Măslinului este un arbore longeviv, putând să ajungă la mii de ani de supraviețuire (figura 2.1). Măslinul iubește căldura mediteraneeană, crește chiar și pe soluri aride și pietroase, totodată fiind foarte rezistent la secetă și la vânt puternic. Măslinul, dar și ramurile măslinului au fost un element important pentru dezvoltarea economică și culturală a regiunilor mediteraneene.



Fig. 2.1. Arbore de măslină din Salamina, Creta, având în jur de 3000 de ani]

Măslinul este cunoscut încă din antichitate. Conform mitologiei, patria măslinului este Atena, iar primul măslin a fost dăruit de zeița Athena atenienilor (figura 2.2), care a apărut în locul unde a căzut sulița în timpul luptei dintre zei pentru a alege protectorul orașului. Micenienii au oferit uleiuri de măline zeilor, în timp ce Homer a numit măslinul "aurul lichid din dietă". Aristotel a privit cultivarea măslinelor ca știință, în timp ce Hippocrates a folosit ulei de măline ca medicament.



Fig. 0.1. Zeița Athena și măslinul

2.2 Importanța economică și socială a măslinului

Măslinul a fost dintotdeauna foarte important pentru popoarele zonei mediteraneeană, deoarece a oferit hrană oamenilor prin fructele sale (măslin), dar și prin uleiul de măslin. În afară de hrană, măslinul a contribuit la traiul de zi cu zi, oferind și lemnul ca material de construcție și pentru diverse întrebuințări. Măslinul a jucat un rol important în economie, deoarece uleiul de măslin a fost comercializat între diferite popoare. Măslinii au fost, de asemenea, o sursă de inspirație pentru artiștii din toate timpurile, fie că este vorba de pictură sau de poezie. Încă din antichitate se știe că măslinul are proprietăți medicinale, atât prin ulei, cât și prin frunzele sale. Cultivarea măslinului continuă să fie legată de viața omului și în timpurile moderne, deoarece uleiul de măslin continuă să fie o hrană de bază. Interesant este faptul că unele procedee din cultivarea măslinilor nu s-au schimbat semnificativ de-a lungul timpului, deoarece cerințele sunt aceleași. Modul în care se produce uleiul de măslin a rămas de asemenea același. Culturile de măslini acoperă în toată lumea o suprafață de 400.000 de milioane de m², iar numărul de măslini se ridică la 3 miliarde. Din această suprafață de cultivare 98% se află în zona mediteraneeană.

2.3 Principalele caracteristici ale măslinului

Din descrierile anterioare se poate concluziona că toate aceste caracteristici influențează direct sau indirect calitatea măslinelor și sunt legate de metoda și perioada de recoltare, astfel încât cunoașterea lor este necesară pentru realizarea dispozitivului optim de recoltare.

Măslinul aparține familiei *Oleaceae*, reprezentată de peste 25 de tipuri. Dintre acestea, cele mai importante sunt: *Olea*, *Syringa*, *Forsythia*, *Ligustrum*, *Fraxinus* și *Phillyrea*.

Măslinii, cunoscuți sub numele de *Olea europaea*, care înseamnă "*măslini europeni*", reprezintă o specie de copac mic din familia *Oleaceae*, care se găsește în bazinul mediteranean. Măslinul, *Olea europaea*, este un copac permanent verde al Mediteranei, al Asiei și al Africii, având o înălțime cuprinsă între 8-15 m.

Florile sunt mici, albe, iar fructele sunt mici, de 1-2.5 cm. *Olea europaea euromediterranea* var. *oleaster* sau *Olea europaea* var. *oleaster Hoffm* și *Olea europaea* var. *sylvestris* Mill, se regăsește în Africa de sud, Spania, Portugalia, Sicilia, Caucaz, Armenia și Siria. Este o tufă cu spini, care, de obicei, dă roade de mici dimensiuni.

Capitolul 3

CERCETĂRI PRIVIND MODELAREA STRUCTURALĂ A SISTEMELOR TEHNOLOGICE PENTRU RECOLTAREA MĂSLINELOR (SRM)

3.1 Obiectivele cercetării

Obiectivele acestei cercetări sunt axate pe studiul asupra recoltării măslinelor în diferite tipuri de livezi din Grecia.

Planul experimental propus, studiază diferitele modalități actuale de recoltare, îmbunătățirea lor și implementarea elementelor de robotică în recoltarea măslinelor acolo unde este posibil.

Din acest studiu vor fi identificate principalele avantaje și dezavantaje care definesc fiecare proces de recoltare.

Totodată, va fi analizat întreg procesul care ar putea duce la îmbunătățirea calitativă și cantitativă a producerii măslinelor.

3.2 Principiul funcțional al sistemelor de recoltare a măslinelor (SRM)

Recoltarea fructelor este o etapă importantă în agricultură care contribuie la economisirea costurilor prin eficientizarea ei. Principiul de recoltare a fructelor include etapa de recunoaștere, de recoltare și de depozitare a fructelor. La recoltarea măslinelor pe baza acestor etape am analizat principiul funcțional de recoltare.

Sistemele de recoltare a măslinelor (SRM), se bazează pe analiza etapelor de identificare, de detașare și de depozitare temporară a măslinelor, în timpul recoltării (figura 0.1).

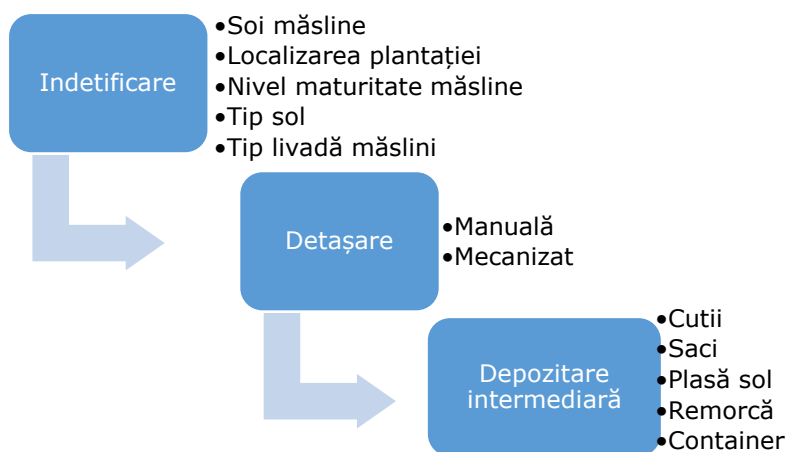


Fig. 0.1. Principiu SRM

Etapa de indentificare cuprinde toate acele elemente care sunt necesare la identificarea măslina care va urma a fi recoltată.

Fiecare element din această etapă are cerințe particulare și anume:

- *Soiul* de măslina definește, în mare parte, modalitatea de recoltare. Măslina de consum nu trebuie să fie deteriorată;
- Dacă *plantația este pe o zonă* muntoasă accesul utilajelor este limitat;
- La un anumit nivel a maturității măslina își pierd din proprietățile nutritive și din caracteristicile specifice;
- Dacă *solul este foarte sărac* în nutrienți atunci și productivitatea va fi scăzută dar și calitatea măslina va fi mai slabă;
- O *livadă hiperintensivă* necesită un sistem de irigație dar și un sistem mecanizat de recoltare.

Etapa de detașare cuprinde o analiză a posibilelor metodelor de detașare.

La modul foarte general metodele manuale de detașare se utilizează la măslina de masă, iar metodele mecanizate la măslina destinate pentru ulei.

Deoarece metodele mecanizate pot deteriora măslina în timpul procesului de recoltare.

La recoltarea mecanizată, livada de măslina trebuie să fie realizată în așa fel încât să fie permis accesul către utilaje, iar plantația trebuie să dispună de acces stradal.

Terenul trebuie să fie plan, iar măslina trebuie să fie plantați pe rânduri la o distanță bine stabilită.

Etapa de depozitare intermediară cuprinde un studiu asupra posibilităților de depozitare.

După recoltare, măslina sunt depozitate intermediar, indiferent de modalitatea de detașare.

Depozitarea acestor măslina se efectuează prin simpla încărcare în grămezi iar în aceste condiții se pot dezvolta infecții patogene în măslina într-o perioadă scurtă de timp.

Microorganismele anaerobe acționează în zona internă a grămezilor și cele aerobe în zonele ultra periferice.

Pentru a evita deteriorarea fizică și biologică a măslina, care modifică calitatea măslina de masă și a uleiului de măslina, se caută modalitatea optimă de depozitare intermediară și să se obțină o reducere a intervalului dintre recoltare și prelucrare, cât mai mult posibil.

3.3 Concluzii asupra oportunităților din SRM

Ceea mai bună metodă de recoltare, din punct de vedere calitativ, este metoda clasică (manuală, cu pieptene, băte sau dispozitive manuale de vibrare). Metoda clasică este destinată atât măslinelor de consum, cât și celor procesate pentru obținerea uleiului.

Cu ajutorul mașinilor de recoltat mecanic, este posibilă recoltarea mai multor copaci în mai puțin timp și folosirea unui număr mai mic de oameni. În cazul recoltării mecanice trebuie însă acordată atenție deosebită pentru a nu se deteriora măslinile, degradând calitatea lor și, prin urmare, calitatea uleiului obținut din ele (tabelul 3.1). De asemenea, anumite tipuri de mașini au dezavantajul că împreună cu recoltarea măslinelor recoltează și vegetație, dar și deteriorează copacul, formându-se răni care reprezintă porți de intrare pentru agenți patogeni. De asemenea, măslinile trebuie să fie în stadiul corespunzător de maturitate și modelarea arborilor trebuie să fie corespunzătoare.

Tabel 0.1 Comparație a tipurilor de plantație

Tipul plantației	Producție kg/hectar	Soi de măslin	Măslin pentru ulei	Măslin pentru consum	Durata de viață a plantației
Metoda clasică	200-4000	Toate soiurile	DA - calitate superioară	DA - calitate superioară	>100 ani
Metoda mecanizată plantație densă	3000-12000	Aproape toate soiurile	DA - calitate foarte bună	DA - anumite condiții - calitate foarte bună	25-30 ani
Metoda mecanizată plantație foarte densă	10000-22000	Koroneiki Arbequina Arbosana	DA - calitate bună	NU	10-15 ani

Capitolul 4

CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND OPTIMIZAREA SISTEMELOR TEHNOLOGICE PENTRU INTEGRAREA ELEMENTELOR DE ROBOTICA IN REALIZAREA UNUI SISTEM PENTRU RECOLTAREA MĂSLINELOR

Aceste cercetări au fost structurate pe cinci etape distincte.

Etapa I – modelarea 3D a unui măslin de dimensiuni mici cu scopul de a culege informații asupra forțelor de scuturare, putând astfel realiza un dispozitiv, prototip, de scuturare de dimensiuni mici.

Etapa II – realizarea a unui prototip, de dimensiuni mici, de scuturare a măslinelor cu scopul de a studia transmiterea vibrațiilor la măslin (la trunchi și la crengi), dar și influența diametrului trunchiului măslinului asupra vibrațiilor.

Etapa III – modelarea 3D a unui măslin dintr-o livadă tradițional-modernă (care predomină în Grecia), pentru a determina valorile optime de scuturare.

Etapa IV – încercări, la care s-a realizat scuturarea măslinelor pentru diferite valori ale

frecvenței și amplitudinii, în scopul obținerii detașării măslinelor după gradul de maturitate. *Erapa V* – realizarea integrării elementelor de robotică în sistemele pentru recoltarea măslinelor prin crearea unui program, care, pe baza diametrului trunchiului măslinului, determină valorile optime de scuturare.

4.1 Cercetări experimentale privind modelarea 3D

Obiectivele cercetărilor de la etapele I și III sunt determinarea forțelor optime de recoltare a măslinelor, iar pe baza acestor rezultate, ulterior, se va dezvolta un braț robotizat, prototip, de scuturare prin vibrarea trunchiului, atât pentru partea experimentală de dimensiuni mici cât și pentru partea de dezvoltare de dimensiuni mari.

Pentru a realiza modelul 3D de măslin în Autodesk Inventor a trebuit să realizez măsurătorile măslinului și s-au definit caracteristicile lemnului de măslin, în program, și anume modulul de elasticitate de 2200 N/cm², rigiditatea mecanică de 0.00731 N/cm și forța de scuturare de 2.56 daN, valorile frecvenței au fost luate între 15 și 35 Hz, valori cunoscute ca fiind necesare detașării măslinelor.

4.2 Cercetări privind integrarea elementelor de robotică în sistemele de recoltare a măslinelor

Scopul acestei cercetări este studiul integrării elementelor de robotică la recoltarea măslinelor. Am studiat o corelare între diametrul măslinului și recoltarea măslinelor, provocând cât mai puține leziuni măslinului. Acest lucru depinde și de modulul de elasticitate a lemnului, astfel încât să putem folosi acest principiu și la recoltarea altor fructe, care au SRM cu același principiu ca măslinul.

În acest scop am dezvoltat un braț robotizat de dimensiuni mici de la firma ARDUINO (lungime totală 400mm și înălțime maximă de 500mm), la care am adăugat un motor electric cu excentric, senzori de proximitate și senzori de vibrație (senzorul citind frecvențe de la 8Hz până la 1000 Hz, rotații de la 480 r/min până la 60000 r/min) figura 4.1.



Fig. 4.1. Momentul testării a brațului robotizat

4.3 Cercetări privind influența amplitudinii și a frecvenței la recoltarea prin scuturare a măslinelor

Scopul acestei cercetări este de a determina dacă există o influență a amplitudinii și frecvenței asupra recoltării măslinelor și dacă se pot recolta măslin de diverse grade de maturitate.

Am variat frecvența vibrațiilor în timpul recoltării între 23 Hz și 32 Hz, precum și valoarea

amplitudinii de la 0.01 m la 0.10 m, iar accelerația a fost cuprinsă între 160.1 ms⁻² și 212.1 ms⁻², valorile acestea fiind din teorie și din alte experimente.

Rezultatele au indicat valoarea optimă a frecvenței și a amplitudinii de detașare a măslinelor pentru fiecare stadiu de maturitate (tabelul 4.1).

Tabel 0.1 Valoarea optimă a frecvenței de detașare a măslinelor.

Măsline	Verzi (necoapte)	Maro (semi coapte)	Negre (coapte)
Frecvență (Hz)	24	26	29
Amplitudine (mm)	0.1	0.75	0.05

4.4 Cercetări privind integrarea elementelor de robotică în sistemele pentru recoltarea măslinelor

Scopul acestei cercetări este de a stabili forțele necesare scuturării măslinului pentru recoltarea optimă a măslinelor (recoltare prin scuturare), funcție de diametrul trunchiului măslinului, cu randamentul de recoltare cel mai mare și cu o deteriorare cât mai mică a trunchiului în zona de contact

Acest studiu s-a desfășurat în Grecia, la o livadă de măslini din regiunea Halkidiki, satul Poligiros, în toamna anului 2018, în perioada 20-28 Octombrie. Livada a avut un total de 202 de măslini cu diametre cuprinse între 17 și 26 cm, livada fiind una tradițional-modernă, măslinii având între 15 și 25 de ani, din soiul Halkidiki (figura 4.2).

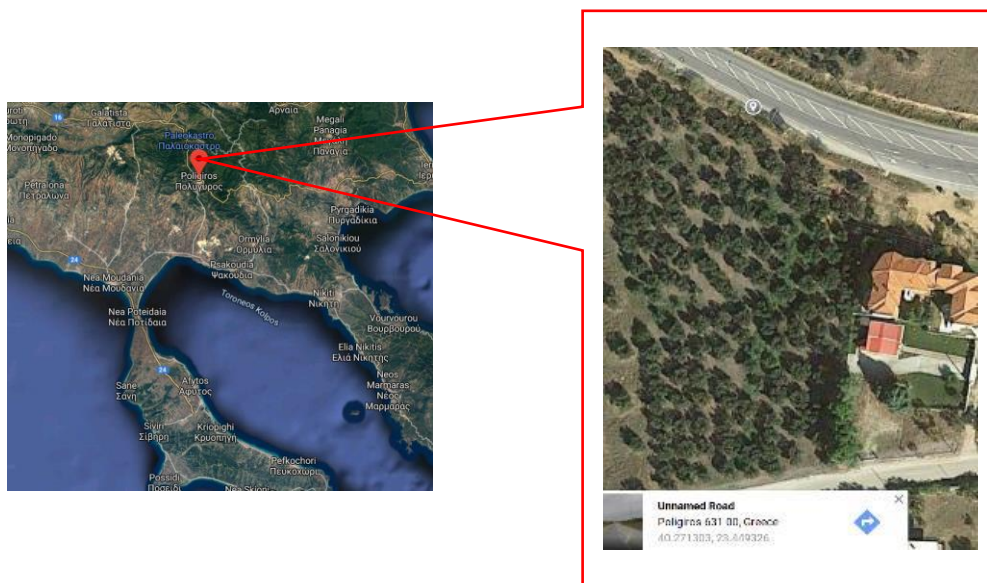


Fig. 0.2. Livadă de măslini în Halkidiki, Poligiros, Grecia

Am realizat un program care, în funcție de diametru, va stabili puterea și amplitudinea necesară virbării. Acest program l-am realizat cu ajutorul limbajului de programare JavaScript (JS), cu o extensie PHP (figura 4.3), fiind mai ușor de folosit la introducerea datelor într-o interfață web, iar codul JavaScript poate rula direct din browser.


```

1 <html>
2 <body>
3 <head>
4 <script type="text/javascript" src="https://www.gstatic.com/charts/loader.js"></script>
5 <script type="text/javascript">
6   google.charts.load('current', {'packages':['corechart']});
7   google.charts.setOnLoadCallback(drawAmplitudine);
8   function drawAmplitudine() {
9
10    var data = new google.visualization.DataTable();
11    data.addColumn('number', 'Diametru');
12    data.addColumn('number', 'Amplitudine');
13    for(var i=0; i<=200; i++)
14      if(i<=100){var amp=5;}
15      else if(i<=200){var amp=(100/(i*1.1));}
16      else{var amp=(1000/(i*1.1));}
17    // amp=amp-10/(i*0.2);
18    data.push({i:

```

Fig. 0.3. Realizarea codului sursa în JS

Am realizat un experiment, care a constat în recoltarea mecanizată, varianta A și recoltarea mecanizată prin ajustarea parametrilor funcție de diametrul măslinului varianta B.

La *varianta A* am observat o deteriorare a trunchiului măslinului la nivelul scoarței. Această deteriorare este determinată, în principal, de puterea și de amplitudinea prea mare în raport cu diametrul. Nu am observat o legătură cauzală directă între mărimea diametrului și nivelul deteriorării scoarței măslinului.

La *varianta B* am observat o deteriorare mult mai mică a trunchiului măslinului la nivelul scoarței față de varianta A. Scăderea deteriorării este bazată, în principal, pe ajustarea puterii și a amplitudinii față de diametrul trunchiului. Totodată și la această variantă nu am observat o legătură directă între mărimea diametrului trunchiului și nivelul deteriorării scoarței măslinului.

La varianta A, din totalul de 105 de măslini, nici unul nu fost încadrat în prima grupa de deteriorare (fără leziuni vizibile sau cu leziuni foarte mici), 40 de măslini s-au încadrat în categoria a II-a (cu leziuni vizibile de dimensiuni mici), 33 în categoria a III-a și 32 în categoria a IV (cu leziuni mari pe scoarța trunchiului). În schimb, la varianta B (cu utilizarea elementului de robotică), valorile au fost semnificativ îmbunătățite, nici un măslin nu s-a încadrat în grupele III și IV de deteriorare, 42 din totalul de 97 au fost încadrați în prima grupă de deteriorare, iar restul în grupa a II-a de deteriorare (tabelul 4.4).

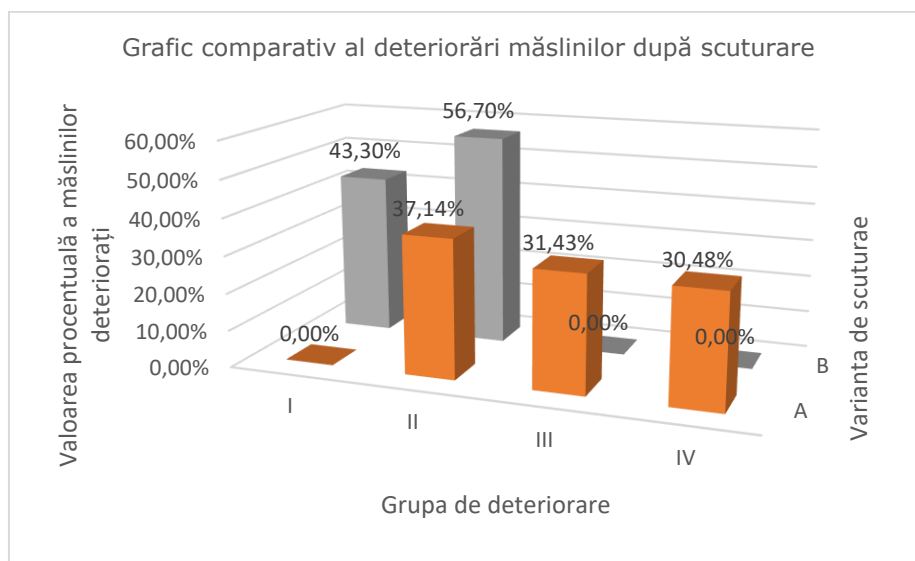


Fig. 0.4. Graficul comparativ de deteriorare a măslinilor

Capitolul 4

CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE. PERSPECTIVE ALE CERCETĂRII

5.1 Concluzii

Odată cu evoluția și dezvoltarea tehnologiei, a crescut și interesul în robotizarea agriculturii. Astfel, în ultimii ani se investește tot mai mult în cercetarea și dezvoltarea de noi soluții de recoltare cât mai eficiente, dar se cercetează și implementarea unor soluții viabile pentru a acoperi nevoile pieței de consum. Prezenta cercetare s-a axat pe studiul comportamentului măslinului în momentul recoltării prin vibrarea trunchiului, la diferite diametre și la diferite stadii de maturitate a măslinelor.

Detașarea măslinelor în funcție de grosimea trunchiului măslinului a fost analizată prin modificarea puterii aplicate pentru obținerea amplitudinii și a frecvenței deja stabilite de restricțiile tehnologice, realizând astfel daune cât mai mici asupra măslinului.

Această analiză a fost realizată prin modelare 3D și prin măsurări cu senzori, iar rezultatele obținute la finele fiecărui experiment au fost centralizate și analizate.

Tot pe baza analizei detașării măslinelor s-a efectuat și un studiu asupra influenței frecvenței și a amplitudinii la momentul de detașare, raportate la gradul de maturitate al măslinelor.

În final, cercetarea realizată a confirmat prezumțiile inițiale cu privire la faptul că specificitatea activităților din procesele de recoltare impun o abordare aparte a managementului unor astfel de procese.

5.2 Contribuții personale

Lucrarea aduce un număr mare de contribuții experimentale, dintre care se prezintă cele cu o importanță și un impact semnificativ:

- studiul vibrațiilor la un model virtual de măslin;
- studiul vibrațiilor la un măslin real;
- studiul comparativ al parametrilor de scuturare la un măslin virtual (modelare 3D) și unul real (validarea modelului teoretic realizat);
- studiul privind influența amplitudinii și a frecvenței pentru procesul de detașare a măslinelor în funcție de gradul de maturitate a măslinelor;
- identificarea elementelor principale necesare la un sistem pentru recoltarea măslinelor (SRM);
- determinarea pe cale experimentală a unei formule de calcul pentru puterea optimă de scuturare;
- realizarea unui program pentru calculul parametrilor de scuturare (amplitudinea și puterea de scuturare), în funcție de diametrul arborelui în zona de contact cu dispozitivul de scuturare, în vederea determinării puterii optime de scuturare;
- analiza corelației între gradului de deteriorare a măslinului în zona de contact cu dispozitivul de scuturare și parametri tehnico-funcționali ai dispozitivului;
- analiza comparativă a sistemului de scuturare clasic cu sistemul propus care integrează elemente de robotică.

5.3 Perspective de dezvoltare

Cele mai importante direcții de studiu identificate în urma experienței acumulate prin prezenta cercetare sunt:

- posibilitatea de extindere a cercetărilor experimentale pentru sisteme de recoltare utilizate la alți pomi, la care fructele se pot recolta/detașa prin scuturare;
- extinderea cercetărilor experimentale privind influența vibrațiilor și cazurile altor livezi și pomi;
- aprofundarea și extinderea cercetărilor privind creșterea productivității prin utilizarea elementelor de robotizare în recoltarea fructelor, dar și pentru alte operațiuni care trebuie realizate cum ar fi: tunderea pomilor, stropirea sau curățarea terenului;
- analiza în timp real a diverselor mostre, frunze, fructe, sol etc.;
- realizarea unui prototip pentru recoltare, prevăzut cu sistem de corecție dinamică bazat pe diametrul trunchiului și pe modulul de elasticitate.

Bibliografie selectivă:

- [1] Amirante, P., Catalano, P., Giametta F., Leone A. and Montel, G.L. *Vibration Analysis of an Olives Mechanical Harvesting System*. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal, 2007
- [2] Babanatis Merce, R. M., **Babanatsas, T.** and Glavan, D. O. *Experimental study of decreasing the damage to the olive tree during mechanized harvesting*. Acta Technica Napocensis, Series: Applied Mathematics, Mechanics and Engineering, 62, Issue I, 2019
- [3] **Babanatsas, T.**, Babanatis Merce, R. M., Glavan, D. O. and Komjaty, A. *Value analysis of harvesting systems for olives*. Acta Technica Napocensis, Series: Applied Mathematics, Mechanics and Engineering, 62, Issue I, 2019
- [4] **Babanatsas, T.**, Glăvan, D. O. and Babanatis Merce, R. M. *Concept of an automating olive harvesting system*. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Tome XV – Fascicule 3, 2017
- [5] **Babanatsas, T.**, Glăvan, D. O., Babanatis Merce, R. M. and Maris, S. A. *Modelling in 3D the olive trees cultures in order to establish the forces (interval) needed for automatic harvesting*. International Conference on Applied Sciences, 294, 2018
- [6] **Babanatsas, T.**, Glăvan, D. O., Babanatis Merce, R. M., Radu, I. and Maris, S. A. *Harvesting olive tree using accurate vibrations generated by a robotic system*. The 10th International Symposium Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering (KOD 2018) Novi Sad, Serbia, 2018
- [7] Bazakos, C. *Means to detect adulteration in olive oil*. Ms thesis, Mediterranean Agronomic Institute of Chania, Crete, 2007
- [8] Berenguer, M.J., Vossen, P.M., Grattan, S.R., Connell, J.H. and Polito, V.S. *Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil*. 2006
- [9] Birbili, D. *Wood properties*. Larisa, Ed. TEI, 2012
- [10] Castillo-Ruiz F.J., Agüera-Vega J., Blanco-Roldán G.L., Sola-Guirado R.R., Jiménez-Jiménez F., CastroGarcia S., Gil-Ribes, J.A. *Criteria for olive orchard design aimed at its mechanical harvesting*. VII congreso ibérico de agroingeniería y ciencias hortícolas, 1781-1786, 26-29 August, Madrid, Spain, 2013
- [11] Castro-García, S., Blanco-Roldán, G. L. and Gil-Ribes, J. *Table olive orchards for trunk shaker harvesting*. Biosyst. Eng. Vol. 129, pp. 388–395, 2015
- [12] Chatzissavvidis C., Therios I., Evagelinou D., Tsaprali E., Chouliaras V., Malissovas N. and Mantzoutsos I. *The effect of fertilization treatments on productivity, maturation, carotenoid content and nutritional status of the table olive cultivar*. Balkan Agriculture Congress, Edirne, Turkey, 2014
- [13] Costelenus, G. D. *Elemente de cultivare a măslinelor*. Athens, Ed. Ianuarios, 2016 [26]

- [14] Di Giovacchino, L. Technological Aspects. Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties. New York: Springer, 2013
- [15] Fabbri, A. *Olive Propagation Manual*. Landlinks Press, 2004 [25]
- [16] Farinelli, D., Boco, M. and Tombesi, A. Intensity and growth period of the fruit components of olive varieties. *Acta Horticulturae* 568, pp. 607–610, 2002
- [17] Farinelli, D., Tombesi, S., Famiani, F. and Tombesi, A. *The fruit detachment force/fruit weight ratio can be used to predict the harvesting yield and the efficiency of trunk shakers on mechanical olive harvesting*. *Acta Horticulturae*, 965, pp. 61-64, 2012
- [18] Glavan, D. O., **Babanatsas, T.**, Babanatis Merce, R. M. *Comparative research bedframe behavior on a lathe normal variations caused molded or welded to the requests of forced vibrations*. *Annals of the University of Petroșani, Mechanical Engineering*, vol. 17, 2015
- [19] Glavan, D. O., **Babanatsas, T.** and Babanatis Merce, R. M. *3D modeling of olive tree and simulating the harvesting forces*. *MSE 2017 -Trends in New Industrial Revolution*, 121, 2017
- [20] Glavan, D. O., **Babanatsas, T.** and Babanatis Merce, R. M. *Study of harvesting methods and necessity of olive harvesting robot*. *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, Tome XIV, ISSN 1584-2673, 2016 [45]
- [21] Glavan, D. O., **Babanatsas, T.**, Babanatis Merce, R. M. and Maris, S. A. *Comparative study of tool machinery sliding systems; comparison between plane and cylindrical basic shapes*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering- International Conference on Applied Science, Hunedoara. Romania, 2017*
- [22] Glavan, D. O., Radu, I., **Babanatsas, T.**, Babanatis Merce, R. M., Kiss, I. and Gaspar, M. C. *3D modeling of olive tree and simulating the harvesting forces*, 8th International Conference on Manufacturing Science and Education – MSE 2017 “Trends in New Industrial Revolution”, vol 121, Sibiu, Romania, 2017
- [23] Likudis, Z.; Costarelli, V.; Vitoratos, A.; Apostolopoulos, C. *Determination of pesticide residues in olive oils with protected geographical indication or designation of origin*. *Int. J. Food Sci. Technol*, 49, pp. 484–492, 2014
- [24] Lychnou, N. *The tree of the olive tree*. Athens, Pirsos Publications, 2008.
- [25] Markou, N. *Olive oil the miraculous*. Athens, Ed. Kodmos, 2017
- [26] Manuel, P. R. et al. *Evaluation of Over-The-Row Harvester Damage in a Super-High-Density Olive Orchard Using On-Board Sensing Techniques*. *Sensors*. 18. 1242. 10.3390/s18041242, 2018
- [27] Peri, C. *Olive handling, storage and transportation*. Wiley-Blackwell, Italy, 2014
- [28] Stefanidis, G. P. and Tsimpliaris, D. *Study about olive shake system*. Doctoral thesis, 2015
- [29] Therios, I. *Olives*. Athens, Ed. CABI, 2008
- [30] Therios, I. *Olives*. Athens, Ed. Cols Design, 2014
- [31] Tucu, D., Golimba, A., Mnerie, D. *Grippers design integrated in handling systems destined to agriculture mechanization*. *Actual tasks on agricultural engineering, proceedings*. Book Series: Actual Tasks on Agricultural Engineering-Zagreb Volume: 38, pp. 447-454, 2010
- [32] Tucu, D., Golimba, A., Slavici, T. *Fuzzy methods in renewable energy optimization investments*. *Actual tasks on agricultural engineering, proceedings*. Book Series: Actual Tasks on Agricultural Engineering-Zagreb Volume: 38, pp. 455-462, 2010
- [33] www.olivenews.gr/el/article/8664/τα-πάντα-για-το-κλάδεμα-της-ελιάς-σχ, accesat 10.06.2017
- [34] www.2gym-chanion.chan.sch.gr/autosch/joomla15/index.php/activities/19-2011-12-21-08-07-52/140-2011-12-q-q, accesat 15.07.2018
- [35] www.agem.gr/προϊόντα/μηχανήματα-συγκομιδής-ελιάς/βενζινοκίνητο-ελαιοραβδιστικό-δόνησ/, accesat 29.10.2018
- [36] www.agronews.gr/ekmetaleuseis/elaiones-kai-abelones/arthro/137234/ana-kilo-to-kostos-paragogis-elaioladou, accesat 21.11.2018

- [37] www.refan.gr/catalog/product/krema-hmeras-elias.547, accesat 10.06.2017
- [38] www.skai.gr/news/health/article/357948/ta-proioda-elias-prostateuoun-to-soma-apo-to-oxeidotiko-stres/, accesat 27.08.2018
- [39] www.stihl.gr/Προϊόντα-STIHL/Συγκομιδή-ελιάς/Επαναφορτιζόμενο-ελαιοραβδιστικό/22644-1658/SPA-65.aspx, accesat 21.10.2018
- [40] www.thebest.gr/news/index/viewStory/417126, accesat 04.10.2018
- [41] www.worldatlas.com/articles/olive-oil-production-by-country.html, accesat 24.08.2018
- [42] www.wolivenews.gr/el/article/8664/ta-panta-gia-to-kladema-tis-elias-sch, accesat 24.09.2018