

THE IMAGE PROCESSING METHOD IN ORTHOTROPIC MATERIAL EVALUATION

Katalin HARANGUS¹

ABSTRACT:

KNOWING THE ELASTIC CONSTANTS IS THE BASIC REQUIREMENT TO OBTAIN USABLE RESULTS IN ENGINEERING PRACTICE WITH THE CONDITION OF SOLVING BASIC EQUATIONS OF ELASTICITY OF THE WOOD MATERIAL, TAKING INTO ACCOUNT ALSO ITS BOUNDARY CONDITIONS. IN THIS PAPER A NON-DESTRUCTIVE INVESTIGATION METHOD IS PROPOSED TO DETERMINE THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE WOOD: THE LONGITUDINAL MODULUS OF ELASTICITY ON THE APPLIED LOAD DIRECTION AND POISSON COEFFICIENTS FOR THE TWO TRANSVERSE DIRECTIONS. THE MAIN OBJECTIVE WAS TO ACHIEVE A TEST BED FOR OBTAINING SPECIMENS SUBJECTED TO COMPRESSIVE DEFORMATION AND CREATING AN IMAGE PROCESSING PROGRAM TO MEASURE THESE DEFORMATIONS. BASED ON DIGITAL IMAGE ANALYSIS THE SOFTWARE OFFERS NOT ONLY THE DEVELOPED DISPLACEMENT FIELDS, BUT ALSO THE FIELDS OF THE CORRESPONDING STRAINS.

KEYWORDS: ORTHOTROPIC MATERIAL, MECHANICAL CHARACTERISTICS, IMAGE PROCESSING, EVALUATION OF THE DEFORMATION.

EINLEITUNG

Das Holz ist ein Material dessen Zellwände eine sehr komplexe Konstruktion aufweisen und dessen Eigenschaften durch die Struktur dieser Zellen und durch die zusammensetzenden Substanzen bestimmt werden. Meist bestehen diese aus länglichen

¹ Doktorand, Universität „Transilvania“ aus Braşov (Kronstadt), Fakultäten für Maschinenbau, email: katalin@ms.sapientia.ro (PhD student, "Transilvania" University of Brasov, Faculty of Mechanical Engineering)

Zellen, parallel zur y-Achse des Baumes. Seine physischen und mechanischen Eigenschaften unterscheiden sich Längsrichtung von Querrichtung.

Wegen seiner Struktur, das Holz ist ein anisotropes Material mit einer elastischen Symmetrie auf drei Ebene, etwa orthogonal zueinander, d.h. er ist ein orthotropes Material². Angesichts seiner Struktur, die drei Achsen mit deren elastischen Symmetrie sind wie folgend: Längsachse **L**, Radialachse **R** und Tangentialachse **T**. Die entsprechende drei Ebenen elastischen Anisotropie sind wie folgend: **LR** (läuft durch die Achse des Stammes), **RT** (senkrecht zur Längsachse) und **TL** (senkrecht zum Radius und tangential zur Jahrring).

Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass die elastischen und plastischen Verformungen von folgende Faktoren abhängig sind: der Holzart, Dichte, Feuchtigkeit und Temperatur des Holzes, von der Position der Jahresringe sowohl die Faserrichtung im Gegensatz zu die Kraftrichtung, sowie von die Zeit.

Ein gutes Verständnis der Phänomene die im Holz auftreten während diese Belastet werden, erfordern Kenntnisse der Beziehung zwischen Spannung und Dehnung, sowohl auch der Bedingungen unter dem die maximalen Anstrengungen entstehen.

In fälle von Belastungen nach dem elastische Hauptrichtungen, die Korrelation zwischen normaler σ und tangentialer τ Spannung, bzw. zwischen die linearen ε und winkligen γ Verformungen, diese werden durch die Verallgemeinertes hookesches Gesetz³ ausgedrückt:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_L = \frac{\sigma_L}{E_L} - \nu_{RL} \frac{\sigma_R}{E_R} - \nu_{TL} \frac{\sigma_T}{E_T}; \\ \varepsilon_R = -\nu_{LR} \frac{\sigma_L}{E_L} + \frac{\sigma_R}{E_R} - \nu_{TR} \frac{\sigma_T}{E_T}; \\ \varepsilon_T = -\nu_{LT} \frac{\sigma_L}{E_L} - \nu_{RT} \frac{\sigma_R}{E_R} + \frac{\sigma_T}{E_T}; \\ \gamma_{LR} = \tau_{LR} / G_{LR} ; \gamma_{RT} = \tau_{RT} / G_{RT} ; \gamma_{TL} = \tau_{TL} / G_{TL} . \end{array} \right. \quad (1)$$

² Sima Petre, Probleme de mecanică aplicată în industria lemnului (Editura CERES, București, 1985), 27.

³ Ioan Curtu și Nicolae Ghelmeziu, Mecanica lemnului și materialelor pe bază de lemn (București: Editura Tehnică, 1984), 19.

wo

- $\nu_{RL}, \nu_{LR}, \dots$ die Koeffizienten der Querkontraktion sind (der Erste steht für die Kraftrichtung, der Zweite für die Richtung der entstandene Verzerrung);
- E_L, E_R und E_T Modulen der Längselastizität sind im Richtung der L, R und T ;
- G_{LR}, G_{RT} und G_{TL} Modulen der Querelastizität sind in der LR, RT und TL Ebenen.

Die Beziehung Nr. (1) zeigt uns, das dieses Holz, über 9 Konstante bzw. Elastizitätsindexen verfügt.

In der Praxis treten nur selten Situationen auf, wo die Belastungsrichtungen mit den elastischen Hauptrichtungen übereinstimmen. In diesem Fall, mit die neuen Achsen L', R' und T' gedreht im Gegensatz zu die elastischen Hauptrichtungen L, R und T , die Verallgemeinertes hookesches Gesetz wird folgende Form erhalten:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{L'} = \frac{\sigma_{L'}}{E_{L'}} - \nu_{R'L'} \cdot \frac{\sigma_{R'}}{E_{R'}} - \nu_{T'L'} \cdot \frac{\sigma_{T'}}{E_{T'}} + \xi_{LR',L'} \cdot \frac{\tau_{LR'}}{G_{LR'}} + \xi_{RT',L'} \cdot \frac{\tau_{RT'}}{G_{RT'}} + \xi_{TL',L'} \cdot \frac{\tau_{TL'}}{G_{TL'}} ; \\ \varepsilon_{R'} = -\nu_{LR'} \cdot \frac{\sigma_{L'}}{E_{L'}} + \frac{\sigma_{R'}}{E_{R'}} - \nu_{T'R'} \cdot \frac{\sigma_{T'}}{E_{T'}} + \xi_{LR',R'} \cdot \frac{\tau_{LR'}}{G_{LR'}} + \xi_{RT',R'} \cdot \frac{\tau_{RT'}}{G_{RT'}} + \xi_{TL',R'} \cdot \frac{\tau_{TL'}}{G_{TL'}} ; \\ \varepsilon_{T'} = -\nu_{LT'} \cdot \frac{\sigma_{L'}}{E_{L'}} - \nu_{RT'} \cdot \frac{\sigma_{R'}}{E_{R'}} + \frac{\sigma_{T'}}{E_{T'}} + \xi_{LR',T'} \cdot \frac{\tau_{LR'}}{G_{LR'}} + \xi_{RT',T'} \cdot \frac{\tau_{RT'}}{G_{RT'}} + \xi_{TL',T'} \cdot \frac{\tau_{TL'}}{G_{TL'}} ; \\ \gamma_{LR'} = \xi_{L',LR'} \cdot \frac{\sigma_{L'}}{E_{L'}} + \xi_{R',LR'} \cdot \frac{\sigma_{R'}}{E_{R'}} + \xi_{T',LR'} \cdot \frac{\sigma_{T'}}{E_{T'}} + \frac{\tau_{LR'}}{G_{LR'}} + \eta_{RT',LR'} \cdot \frac{\tau_{RT'}}{G_{RT'}} + \eta_{TL',LR'} \cdot \frac{\tau_{TL'}}{G_{TL'}} ; \\ \gamma_{RT'} = \xi_{L',RT'} \cdot \frac{\sigma_{L'}}{E_{L'}} + \xi_{R',RT'} \cdot \frac{\sigma_{R'}}{E_{R'}} + \xi_{T',RT'} \cdot \frac{\sigma_{T'}}{E_{T'}} + \eta_{LR',RT'} \cdot \frac{\tau_{LR'}}{G_{LR'}} + \frac{\tau_{RT'}}{G_{RT'}} + \eta_{TL',RT'} \cdot \frac{\tau_{TL'}}{G_{TL'}} ; \\ \gamma_{TL'} = \xi_{L',TL'} \cdot \frac{\sigma_{L'}}{E_{L'}} + \xi_{R',TL'} \cdot \frac{\sigma_{R'}}{E_{R'}} + \xi_{T',TL'} \cdot \frac{\sigma_{T'}}{E_{T'}} + \eta_{LR',TL'} \cdot \frac{\tau_{LR'}}{G_{LR'}} + \eta_{RT',TL'} \cdot \frac{\tau_{RT'}}{G_{RT'}} + \frac{\tau_{TL'}}{G_{TL'}} , \end{array} \right. \quad (2)$$

ZIEL DER STUDIE

Vorausgesetzt dass die Grundgleichungen der Elastizität des Holzes gelöst sind unter Berücksichtigung der Randbedingungen, die Kenntnis der elastischen Konstanten ist die Grundvoraussetzung um brauchbare Ergebnisse in der Ingenieurpraxis zu erhalten.

Dieses Arbeit stellt eine „nicht-destruktive“ Untersuchungsmethode vor um die mechanischen Eigenschaften des Holzes zu bestimmen, d.h. für die Bestimmung der

Längs-Elastizitätsmodul im Richtung der Belastung und der Poisson-Koeffizienten für die beiden Querrichtungen.

Das Hauptziel war es einen Prüfstand zu bauen, mit dem die Holzmuster durch druck verformt werden und um ein Bildverarbeitungsprogramm zu erstellen zur Messung dieser Verformungen.

Auf Grund der Digitale Bildanalyse, dieses Software bietet uns nicht nur die Verschiebungsfeld im eine flache ebene, sondern auch die entsprechenden spezifische Verformungsfelder.

MATERIALIEN UND METHODEN

Für Mustermaterialien wurden identische Proben aus verschiedenen Holzarten hergestellt. Diese Muster wurden parallel zu den Holzfasern geschnitten, in Form von Scheiben mit einem Durchmesser von 80 mm und eine Dicke von 10 mm.

Aus demselben Holzmaterial wurde eine ausreichende Anzahl von Abtastwerten ergriffen (gleiches Form und Größe), um nachfolgende statistische Aufbereitung der Messdaten durchzuführen. An dieser Forschung wurde Ahornholz verwendet.

Vorher wurden die Musteroberflächen zuerst mit weißer Farbe vollflächig lackiert, dann nochmal mit schwarzer Farbe bespritzt. Durch dieses Bespritzen werden Schwarze Farbflächen von unterschiedlichen Größen und Form erhalten mit einer Zufallsverteilung. Dank des weissen Hintergrunds es ergibt sich eine Oberfläche mit einem sehr guten Kontrast und eine spätere, einfache Identifizierung der Schwarzen Punkte.

3.1. Prüfstand

Der Prüfstand aus der Abbildung Nr.1 wurde entworfen und gebaut um eine möglichst genaue Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von orthotrope Materialien aus Holz zu erreichen. Dieser Prüfstand dient ausschließlich für die Überwachung der Verformungen der Musterobjekte unter Druckbelastung.

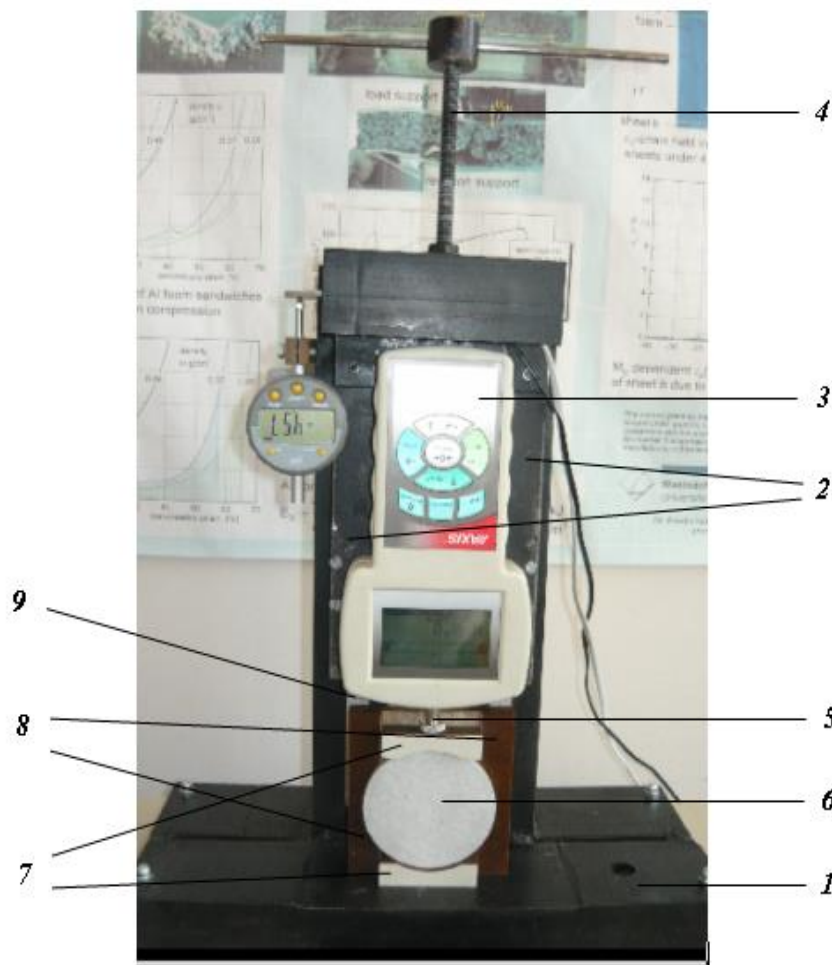


Abb. 1: Prüfstand

Diese Pilotanlage besteht aus einem Mainboard (1), auf dem die Säulen der Anlage gebaut sind. Auf die Stahlsäulen (2) sind es zwei Kugelführungsschienen im vertikale ebene gebaut. Auf diese Schienen laufen dann zwei Führungswagen (9), auf diese Wagen wurde dann eine Platte gebaut der sich parallel zu der Säulen der Anlage bewegt. Auf diese Platte wurde dann ein Dynamometer (3) mit einer Messkapazität bis 500 Newton eingebaut durch den eine genaue Bestimmung der Druckkräfte möglich wird. Auf dem Musterobjekt werden dann Druckkräfte F ausgeübt mit Hilfe der Gewindespindel (4).

Das Holzmuster (6) wird zwischen zwei Befestigungsschellen (7) mit einer sphärische Form gelegt. Diese Befestigungsschellen werden wiederum zwischen zwei Schienen befestigt (8), durch den Ihre horizontale Bewegung verhindert wird.

Der Dynamometer steht in Kontakt mit der oberste Befestigungsschelle durch einen Sensor mit hoher Genauigkeit (5). Durch diesen Sensor werden die Druckkräfte bemessen und auf dem Bildschirm der Dynamometer sichtbar.

3.2. Der Bildverarbeitung

Der Verformung des Holzes unter verschiedene Druckkräfte wird mit Hilfe der Bildverarbeitungsverfahren untersucht. Für diesen Zweck wurde ein originelles Programm entwickelt, geschrieben in der Programmiersprache C++.

Das erforschte Objekt wird mit verschiedenen Druckkräfte zwischen 0 und 500 Newton belastet. Mit Hilfe eines Fotoapparats wird im jede Phase jeweils ein Bilde erfasst beginnen mit dem Anfangszustand (ohne Belastung) und weiterhin während der verschiedenen Belastungsgrößen. Nach die Ende der Belastungszyklus folgt die Verarbeitung der Bilder in folgender reihe:

1. In die erste Phase wird die durchschnittliche Pixelintensität des analysierten Objekts stabilisiert, damit werden die Bilder verschärft.

2. In die zweite Phase wird ein einheitliches Netz der Anfangsbildes definiert f_0 , mit 85x85 Netzwerkpunkte, in solche weise, dass die Mitte der Netzwerks mit die Mitte der erforschter Objekts übereinstimmt. Der Abstand zwischen zwei Punkten der Netzwerks soll 20 Pixel sein, dass entspricht 0,635 mm.

3. In die nächsten Bilder f_i werden die besten Positionen entsprechend jedem Punkt aus dem Netzwerk approximiert. Dieses Approximationsalgorithmus kann nicht ganzzahligen Koordinaten produzieren. Um die Pixelintensität in die nicht ganzzahligen Koordinaten zu erzeugen wird das bilineare Interpolationsverfahren verwendet. Aufgrund dieses Algorithmus wird eine Annäherung auf zwei hierarchischen Ebenen durchgeführt. Erstens wird die Verformung mit einer Genauigkeit von 0,5 Pixeln bestimmt. Zweitens, durch die verfeinerte Auflösung, wird eine Genauigkeit von 0,02 Pixeln erreicht. Als folge, die Verformung im jeder Punkt des Netzwerks werden im Einheiten von 0,635 μm bestimmt.

Das geschätzte Verformung im Falle einer Pixel (x, y) aus dem verformten Bild, wird durch die folgende Formel gegeben:

$$\arg \min_{(dx, dy)} \sum_{p=-s}^s \sum_{q=-s}^s (F_0(x+p, y+q) - F_i(x+p+dx, y+q+dy))^2, \quad (3)$$

mit $|dx| < w$ und $|dy| < w$,

wo,

F_0 und F_i sind die vergrößerte Versionen der primären Bilder f_0 bzw. f_i ;

w ist die maximale Verformung, groß genug, um alle aktuellen Verformungen abzudecken;

s ist das untersuchte Bereich rundum einer Pixel (x, y) , während der Suche nach der besten Übereinstimmung.

Für jedes verformtes Bild aus jedem Netzwerkpunkt wird die geschätzte Verformung gespeichert.

4. In die letzte Phase, um die Verformungen aufgrund der erhöhten Druckkräfte zu studieren, wird die Rekonstruktion der Bahn der Gitterpunkte vorgenommen. Die Verformungen werden angesichts des Mittelpunkts des Netzwerks (Bezugspunkts) berechnet, der während der Analyse als dasselbe betrachtet wird.

DIE ERGEBNISSE

Das Bild von den Oberflächen des Mustermaterials aus Ahornholz verwendet an der Erläuterung der Methode, wurde durch die eigene Software mit 81 Punkten markiert. Beginnend mit der Ausgangszustand ohne Belastung, das Druckkraft wurde schrittweise erhöht, mit jeweils 50 Newton, biss an die Grenzwert von 500 Newton. Nach jeder Erhöhung der Druckkraft, auf Grund der entnommenen Bilder, werden die jeweils 81 Punkte analysiert hinsichtlich der Verformungen der Holzmusters. Als Folge dieser Prozedur, mit Hilfe der Bildverarbeitungsverfahren wurden Daten der Messungen erhalten und die Kraft-Verformungsverläufe gezogen. In der Abbildung Nr. 2 werden uns diese Daten dargestellt.

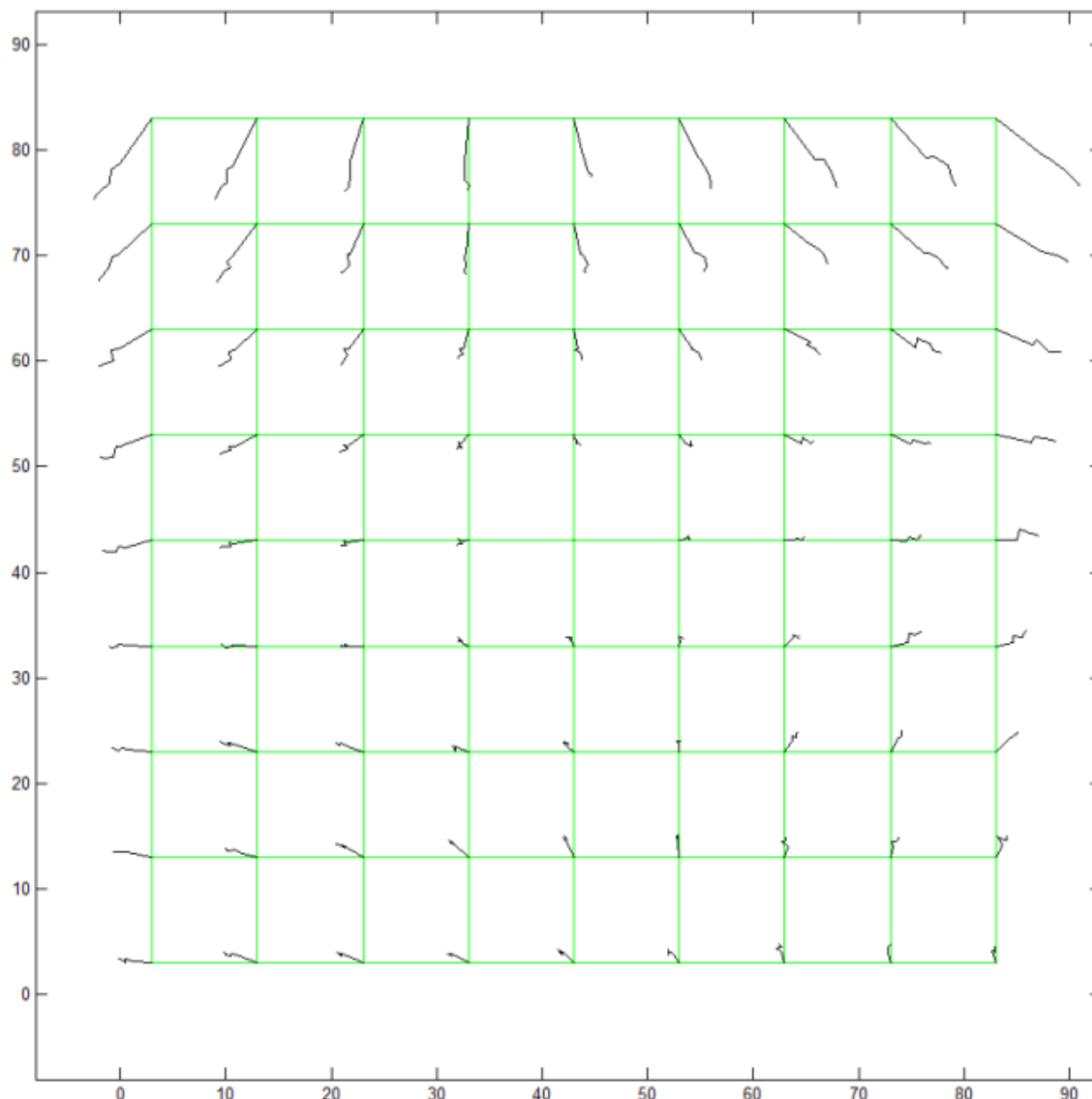


Abb. 2: Kraft-Verformungsverläufe in die 81 Punkte

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es wurde ein originelles System entworfen und entwickelt durch den die Auswertung der Verformung von Holzproben in Längsrichtung ermöglicht wurde. Durch die Verbindung dieses Systems mit einem Rechner, wurde die Datenerfassung der Messungen gespeichert und abgesichert. Die Verarbeitung dieser Daten bzw. ihre grafische Darstellung wird mit Hilfe einer Software gemacht, geschrieben in der Programmiersprache C++.

Der Bildverarbeitungsverfahren ist eine zerstörungsfreie Methode, der für die Analyse der orthotrope Materialien geeignet ist, in unserem Fall für die Analyse des Holzmusters. Ein Vorteil des Verfahrens liegt in der Möglichkeit verschiedene Punkte zu markieren und deren Daten hinsichtlich der Verformung zu erhalten.

Aufgrund der digitalen Bildanalyse dieser Systems, dieses Software kann nicht nur das Verschiebungsfeld Studieren, sondern auch die entsprechende, spezifische Verformungsfelder. Diese Daten können der Forscher entweder als Bilder oder Diagramme zur Verfügung gestellt, oder durch die Übertragung dieser Daten im eine Excel-Datei.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Brad, Remus;** *Procesarea imaginilor și elemente de computer vision*. Sibiu: Editura Universității „Lucian Blaga“, 2003;
2. **Curtu, Ioan, and Nicolae Ghelmeziu;** *Mecanica lemnului și materialelor pe bază de lemn*. București: Editura Tehnică, 1984;
3. **Gálfi, Botond;** „*Determinarea caracteristicilor mecanice ale materialelor și elementelor structurale utilizate în inginerie prin metode numerice și experimentale*“, Teză de doctorat, Brașov, 2010;
4. **Gálfi, Botond, and András Kakucs, and Katalin Harangus, and Ioan Száva;** „*Testing device for wood-based materials' mechanical behaviours evaluation*.“ *Analele Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati*, Fascicola XIV (2008): 131-134;
5. **Gálfi, Botond, and Ioan Száva, and András Kakucs, and Katalin Harangus;** „*Experimental investigation combined with analytical calculus for orthotropic materials mechanical behaviors evaluation*.“ *Ovidius University Annals of Mechanical, Industrial and Maritime Engineering*, 10 (2010): 187;
6. **Nedevschi, Sergiu;** *Prelucrarea imaginilor si recunoașterea formelor*. Cluj: Editura Microinformatica, 1997;
7. **Sima, Petre;** *Probleme de mecanică aplicată în industria lemnului*. București: Editura CERES, 1985;
8. **Szalai, József;** *A faanyag és faalapú anyagok anizotróp rugalmasság- és szilárdságtana. I. rész. A mechanikai tulajdonságok anizotrópiája*. Sopron: Editura Hillebrand, 1994.