

UN MODEL BIOMECANIC AL MÂINII UMANE CU 14 GRADE DE LIBERTATEⁱ

A 14 DEGREES OF FREEDOM HUMAN HAND MODEL

Marina DOGARU¹
Radu PANAITESCU-LIESS²

¹ inginer - Facultatea de Utilaj Tehnologic, U.T.C.B., Romania

² ș. I. dr. ing. - Facultatea de Utilaj Tehnologic, U.T.C.B., Romania

Rezumat: În lucrarea [1] sunt prezentate câteva modele ale mâinii umane și diferite simulări realizate prin intermediul programului MATLAB. Autorii acestui articol consideră că este nevoie de dezvoltarea unor modele biomecanice ale mâinii umane cât mai apropiate de modelul real. În acest sens a fost creat un model al mâinii umane cu 14 grade de libertate.

Cuvinte cheie: degete, articulații, Matlab

Abstract: In [1] have been presented several models of the human hand, realizing at the same time and different simulations using MATLAB software. The authors of this article have considered the need for the development of biomechanical models to approach - from a functional perspective - of the real model. Thus it was created a model of the human hand with 14 degrees of freedom.

Keywords: fingers, joints, Matlab.

1. INTRODUCERE

Mâna umană este compusă dintr-un număr de 27 de oase (14 falange, 5 oase metacarpiene și 8 oase carpiene). Prezentul articol se focusează asupra falangelor și articulațiilor interfalangiene, descriind un model cu 14 grade de libertate.

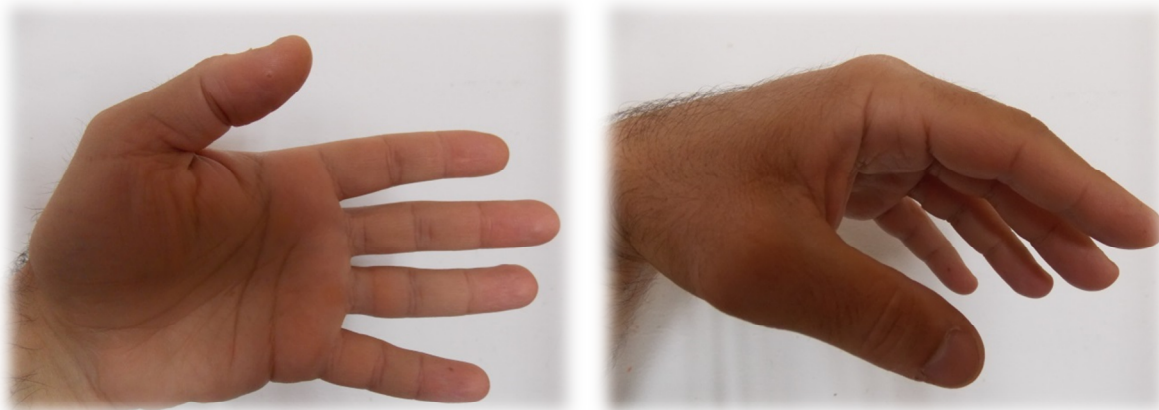


Figura 1 – Mâna umană¹

ⁱ Comunicare prezentată la cel de-al XXI –lea Simpozion National de Utilaje pentru Constructii (SINUC), București, 10-11 decembrie 2015

¹ Fotografii din arhiva autorilor

Falangele sunt oase scurte, în număr de trei pentru fiecare deget, excepție făcând policele care are care are două. Ele sunt dispuse astfel:

- falanga *proximalis* se articulează cu osul metacarpian;
- falanga *media* este cuplată, prin intermediul articulațiilor interfalangiene, de prima falangă și de ultima;
- ultima falangă – *phalanx distalis* - este prinsă la un capăt, cealaltă extremitate fiind liberă și ascuțită. [2]

În consecință, cele 14 falange ale mâinii au fost asimilate cu bare de mase m_i și lungimi l_i , conectate prin articulații cilindrice, ce la rândul lor sunt prevăzute cu resorturi având constantele elastice k_{ri} și amortizoare ce au coeficienții de amortizare c_{ri} (figura 2).

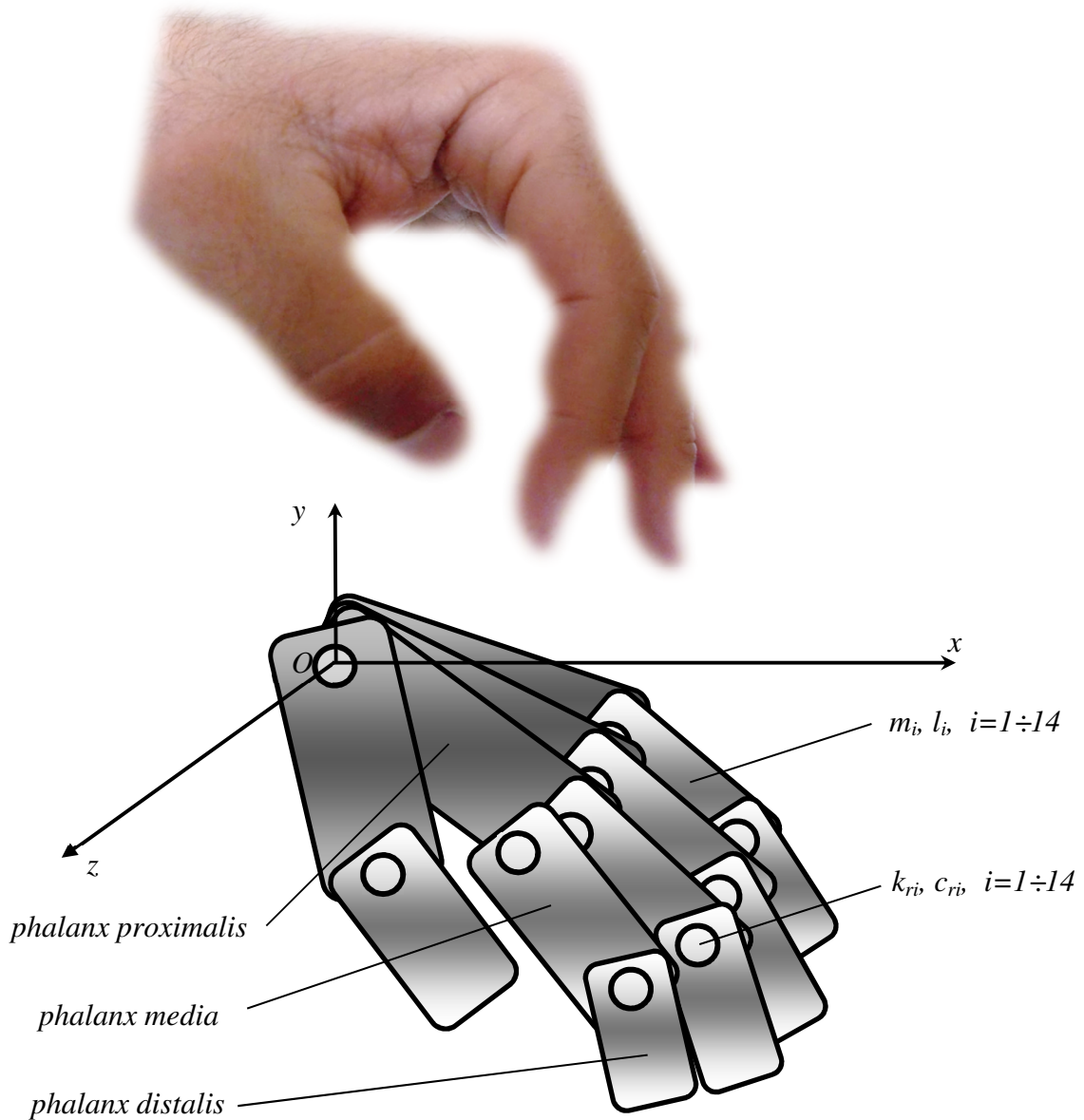


Figura 2– Model cu 14 grade de libertate al mâinii umane

2. SCHEMA BLOC A MODELULUI

Așa cum am arătat în [1], prin utilizarea ecuațiilor lui Lagrange de speța a II-a, se va obține pentru fiecare dintre degete câte un sistem de trei, respective două ecuații. [1]

Spre exemplificare, pentru degetul arătător, sistemul de ecuații va arăta astfel:

$$\left. \begin{aligned}
 & \left(\frac{m_1 l_1^2}{3} + m_2 l_1^2 + m_3 l_1^2 \right) \ddot{\varphi}_1 + \left(\frac{m_2 l_1 l_2}{2} + m_3 l_1 l_2 \right) \ddot{\varphi}_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \\
 & + \frac{m_3 l_1 l_3}{2} \ddot{\varphi}_3 \cos(\varphi_1 - \varphi_3) - \left(\frac{m_2 l_1 l_2}{2} + m_3 l_1 l_2 \right) \dot{\varphi}_2 (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - \\
 & - \frac{m_3 l_1 l_3}{2} \dot{\varphi}_3 (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_3) \sin(\varphi_1 - \varphi_3) + \left(\frac{1}{2} m_2 l_1 l_2 \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 + \frac{1}{2} m_3 l_1 l_2 \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 \right) \sin(\varphi_1 - \varphi_2) + \\
 & + \frac{1}{2} m_3 l_1 l_3 \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_3 \sin(\varphi_1 - \varphi_3) = - \left(m_1 \frac{l_1}{2} + m_2 l_1 + m_3 l_1 \right) g \sin \varphi_1 + (k_{r_1} + k_{r_2}) \varphi_1 - k_{r_2} \varphi_2 - \\
 & - (c_{r_1} + c_{r_2}) \dot{\varphi}_1 + c_{r_2} \dot{\varphi}_2 \\
 \\
 & \left(\frac{m_2 l_2^2}{3} + \frac{m_2 l_2^2}{4} + m_3 l_2^2 \right) \ddot{\varphi}_2 + \left(\frac{m_2 l_1 l_2}{2} + m_3 l_1 l_2 \right) \ddot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \\
 & + \frac{m_3 l_2 l_3}{2} \ddot{\varphi}_3 \cos(\varphi_2 - \varphi_3) - \left(\frac{m_2 l_1 l_2}{2} + m_3 l_1 l_2 \right) \dot{\varphi}_1 (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - \\
 & - \frac{m_3 l_2 l_3}{2} \dot{\varphi}_3 (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) \sin(\varphi_2 - \varphi_3) - \frac{m_2 l_2^2}{3} \dot{\varphi}_2 - m_2 \frac{l_2^2}{4} \dot{\varphi}_2 - \frac{1}{2} m_2 l_1 l_2 \dot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) \\
 & - m_3 l_2^2 \dot{\varphi}_2 - m_3 l_1 l_2 \dot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) - \frac{1}{2} m_3 l_2 l_3 \dot{\varphi}_3 \cos(\varphi_2 - \varphi_3) = - \left(m_2 \frac{l_2}{2} + m_3 l_2 \right) g \sin \varphi_2 - \\
 & - k_{r_2} \varphi_1 + (k_{r_2} + k_{r_3}) \varphi_2 - k_{r_3} \varphi_3 + c_{r_2} \dot{\varphi}_1 - (c_{r_2} + c_{r_3}) \dot{\varphi}_2 + c_{r_3} \dot{\varphi}_3 \\
 \\
 & \left(\frac{m_3 l_3^2}{3} + \frac{m_3 l_3^2}{4} \right) \ddot{\varphi}_3 + \frac{m_3 l_1 l_3}{2} \ddot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_3) + \\
 & + \frac{m_3 l_2 l_3}{2} \ddot{\varphi}_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_3) - \frac{m_3 l_1 l_3}{2} \dot{\varphi}_1 (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_3) \sin(\varphi_1 - \varphi_3) - \\
 & - \frac{m_3 l_2 l_3}{2} \dot{\varphi}_2 (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) \sin(\varphi_2 - \varphi_3) - \frac{m_3 l_3^2}{3} \dot{\varphi}_3 - m_3 \frac{l_3^2}{4} \dot{\varphi}_3 - \frac{1}{2} m_3 l_1 l_3 \dot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_3) - \\
 & - \frac{1}{2} m_3 l_2 l_3 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_3) = - m_3 g \frac{l_3}{2} \sin \varphi_3 - k_{r_3} \varphi_2 + k_{r_3} \varphi_3 + c_{r_3} \dot{\varphi}_2 - c_{r_3} \dot{\varphi}_3
 \end{aligned} \right\}$$

Acest sistem de ecuații se poate scrie și sub formă matriceală, iar rezolvarea se poate face utilizând una dintre metodele de calcul numeric. De asemenea, prin utilizarea programului Matlab se pot realiza simulări pentru determinarea comportării dinamice a degetelor umane, sub acțiunea vibrațiilor. [1]

Modelul din figura 1 a fost transpus în spațiul virtual, prin intermediul mediului interactiv Matlab, schemele bloc ale celor cinci degete fiind prezentate în figurile 3÷7:

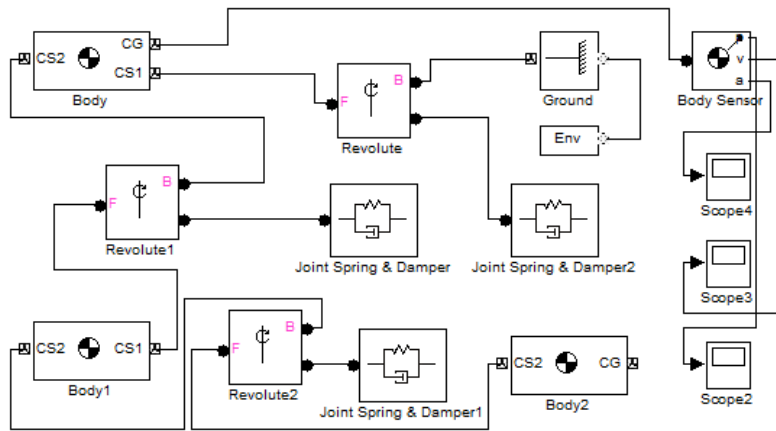


Figura 3 – Schema bloc a degetului mic

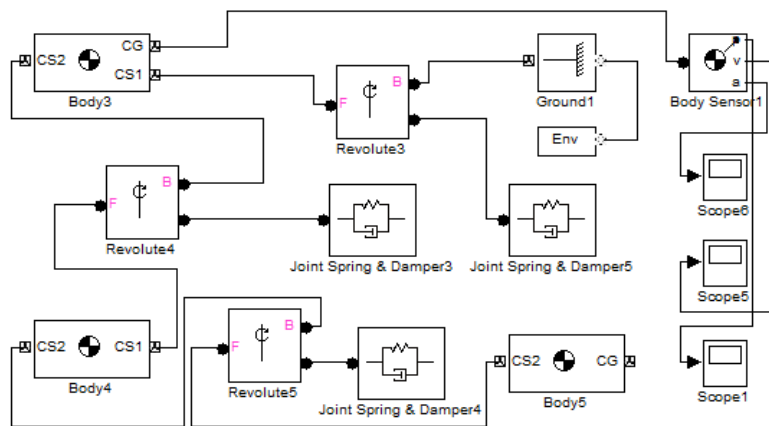


Figura 4 – Schema bloc a degetului inelar

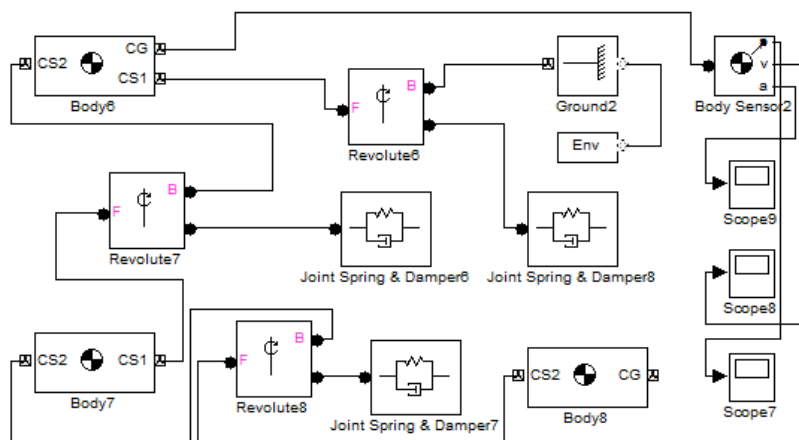


Figura 5 – Schema bloc a degetului mediu

Un model biomecanic al mâinii umane cu 14 grade de libertate

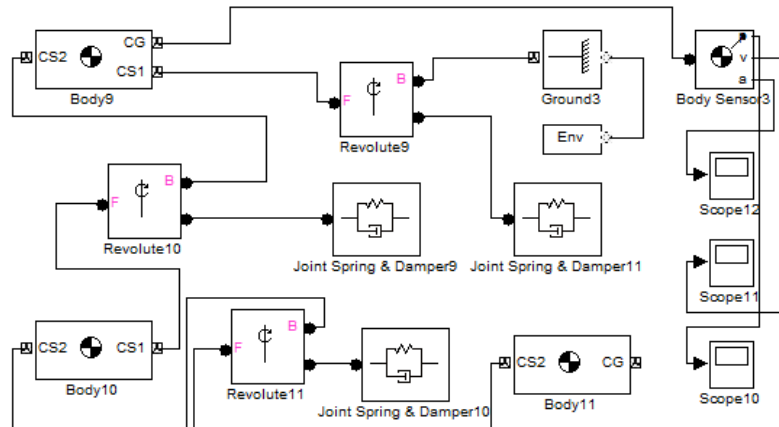


Figura 6 – Schema bloc a degetului arătător

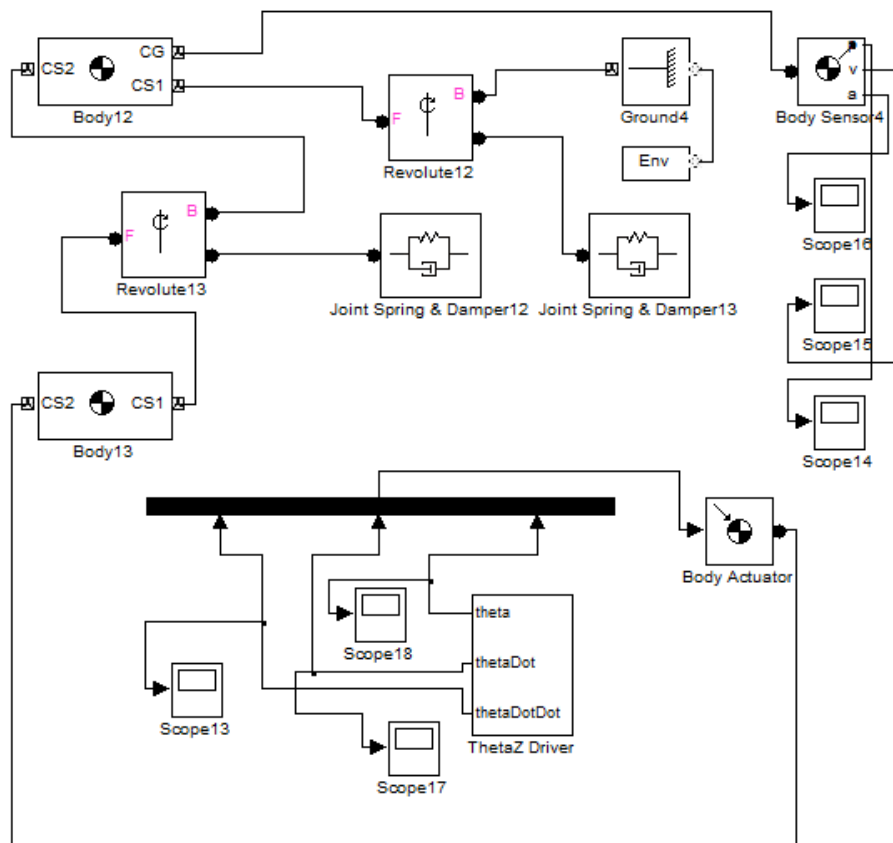


Figura 7 – Schema bloc a degetului mare

Au fost efectuate diferite simulări ale mișcării degetelor (separat sau împreună), urmând ca în etapele următoare să se conceapă noi modele dinamice sistematice menite să acopere funcționarea instantanee, sincronismul sau defazajul unor mișcări ce pot fi integrate ulterior într-un model robotic de comportament global. [1]

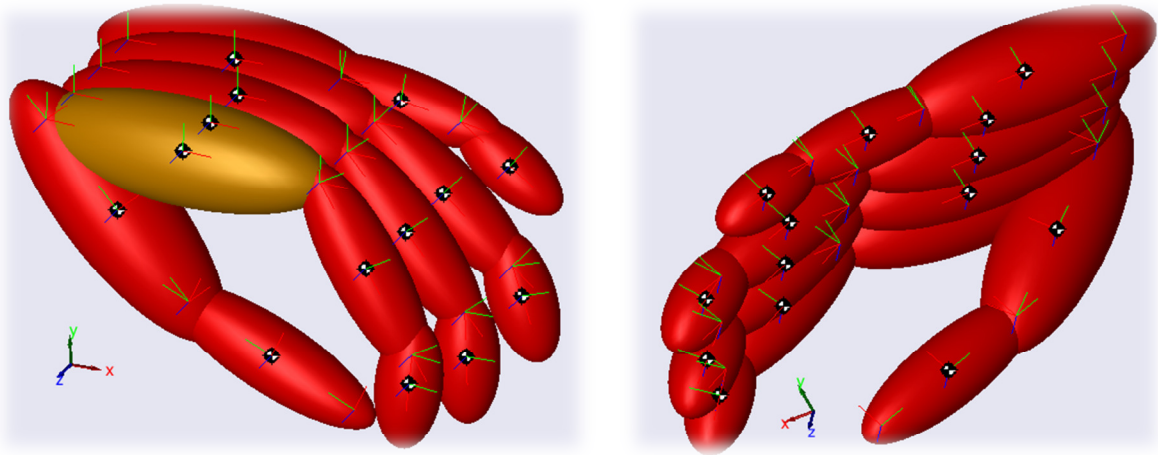


Figura 7 – Modelul în timpul simulărilor

3. CONCLUZII

Modelul prezentat în această lucrare se încadrează în planul de perspectivă prezentat în [1] și anume că, modelarea organismului uman și a părților sale componente trebuie să țină seama de distribuția parametrică pe lungime, suprafață și volum, de neliniaritățile din legături și de comportamentul neliniar al organelor moi.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Panaitescu-Liess, R. - *Modelarea biomecanică a organismului uman sub acțiunea vibrațiilor*, Teză de doctorat, decembrie 2013.
- [2] Baușic, F., Panaitescu-Liess, R. – *Modelarea dinamică a mâinii umane*, al XVIII-lea Simpozion Național de Utilaje pentru Construcții, SINUC 2012, Secția I-Cercetări fundamentale și aplicative în domeniul ingineriei mecanice, 20-21 decembrie 2012, București, România. CD-ROM Edition.