

SOFTWARE

***SOFTWARE PRO ŠKÁLOVÁNÍ SEGMENTOVANÝCH
MODELŮ ČLOVĚKA***

Autor: *Ing. Hana Čechová, Ph.D., 61300
Ing. Luděk Hynčík, Ph.D., 61300*

Číslo projektu: *TA01031628*

Číslo výsledku: *NTC-ASW-12-008*

Odpovědný pracovník: *Ing. Hana Čechová, Ph.D.*

Vedoucí odboru: *Ing. Luděk Hynčík, Ph.D.*

Ředitel centra: *Doc. Dr. RNDr. Miroslav Holeček*

Jazyk výsledku: CZ
Hlavní obor: JB
Uplatněn: ANO
Poznámka: <http://www.ntc.zcu.cz/vysledky/sw/NTC-ASW-12-008.html>

Název výsledku česky:

Software pro škálování segmentovaných modelů člověka

Název výsledku anglicky:

Software for scaling segmented human models

Abstrakt k výsledku česky:

Software škáluje na základě antropometrické databáze referenční model lidského těla založený na otevřeném stromu tuhých těles. Tuhá tělesa jsou seskupena do antropometrických segmentů. Na základě daného věku a výšky je určen percentil, který dále určuje rozložení výšky mezi jednotlivé segmenty a jejich šířku (resp. obvod). Percentil také určuje hmotnost jednotlivých segmentů. Momenty setrvačnosti se počítají automaticky na základě změny objemu jednotlivých segmentů. Věk také ovlivňuje ohebnost výsledného modelu. Software je vytvořen ve skriptovacím jazyku Python. Součástí software není referenční model.

Abstrakt k výsledku anglicky:

Based on anthropometrical database, the software scales the reference human body model based on open tree rigid body system. The rigid bodies are collected into anthropometrical segments. Based on input age and height, the percentile is determined. The percentile determines the total height distribution among particular segments and their width (or circumference). Moments of inertia are computed based on volume change of particular segments. The age also influences the flexibility of the scaled model. The software is developed using Python scripting language. The reference model is not a part of the software.

Klíčová slova česky:

Segmentovaný model lidského těla, škálování, věk, výška, hmotnost, tuhost

Klíčová slova anglicky:

Segmented human body model, age, height, mass, stiffness

Vlastník výsledku: *Západočeská univerzita v Plzni*

IČ vlastníka výsledku: *49777513*

Stát: *Česká republika*

Lokalizace:

Licence: *A*

Licenční poplatek: *N*

Ekonomické parametry: *Snížení nákladů na virtuální prototyping automatickým škálováním segmentovaných modelů lidského těla.*

Technické parametry: *Software škáluje na základě antropometrické databáze referenční model lidského těla založený na otevřeném stromu tuhých těles.
Adolf Bláha, Západočeská univerzita v Plzni (IČO 49777513), Nové technologie - výzkumné centrum, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, 377634714, blahaado@ntc.zcu.cz.
Viz odkaz <http://www.ntc.zcu.cz/vysledky/sw/NTC-ASW-12-008.html>*

Kategorie nákladů: *A - (výše nákladů ≤ 5 mil.)*

Popis software

Metodika škálování vychází jednak ze škálování proporcí těla, tj. výšky a hmoty jednotlivých segmentů (na základě antropometrické databáze [1]), a jednak ze škálování tělesné ohebnosti v závislosti na věku. Databáze [1] obsahuje antropometrické rozměry jednotlivých definovaných segmentů a hmotnosti lidského těla v závislosti na věku rozdělené do percentilových skupin. Tabulka 1 shrnuje tyto antropometrické segmenty a jejich rozměry, které jsou obsaženy v [1]. Měření využitá pro databázi [1] jsou standardní antropometrická měření popsána např. v [2].

Segment	Dostupná data
Hlavokrk	Výška, obvod
Hrudník	Výška, transversální a sagitální průměr
Břicho	Výška, bispinální šířka pánve, obvod
Stehno	Výška, obvod
Noha	Výška, obvod
Chodidlo	Výška, délka, šířka kotníku
Paže	Výška, obvod
Předloktí	Výška, obvod
Dlaň	Výška, šířka

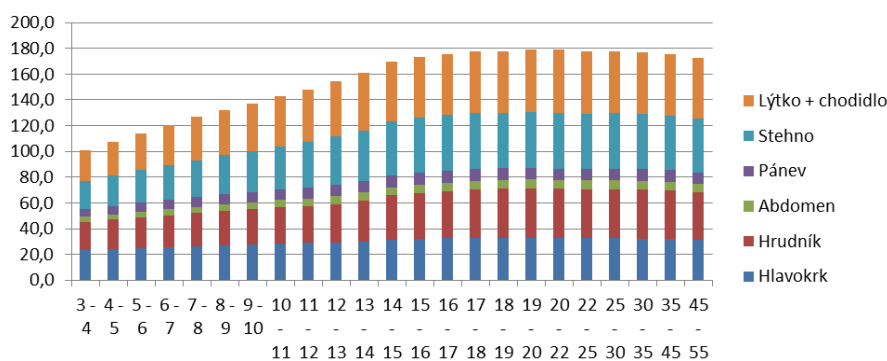
Tabulka 1: Segmenty definované s ohledem na [1]

Postup škálování

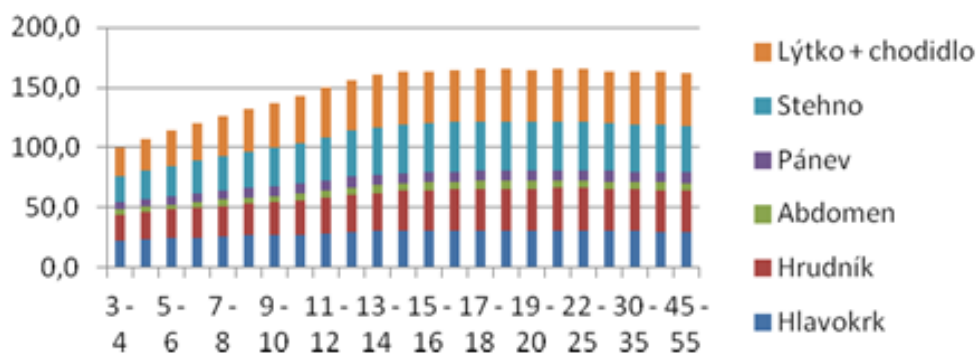
Postup škálování lze rozdělit do 4 nezávislých kroků: 1. geometrické škálování, 2. škálování hmotnosti, 3. škálování setrvačnosti, 4. škálování tuhosti (ohebnosti).

Geometrické škálování

Základními parametry pro škálování jsou věk a výška. Rozložení výšky pro jednotlivé segmenty 50% jedince ukazují Obrázek 1 a Obrázek 2.



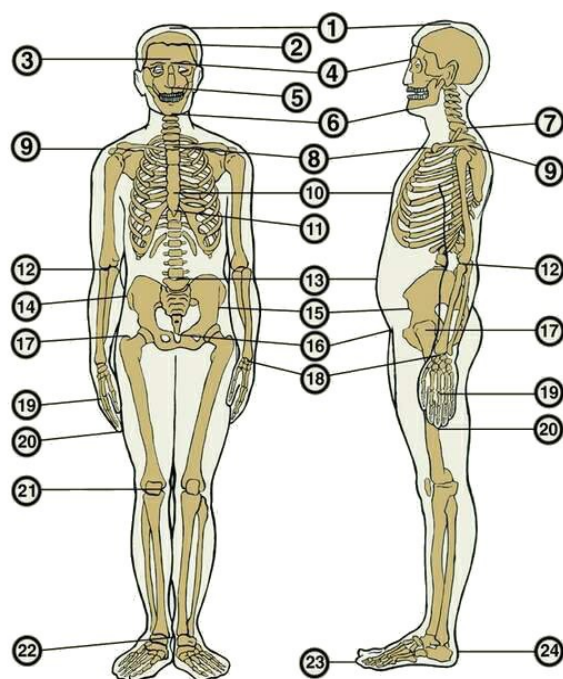
Obrázek 1: Věkově závislá výška jednotlivých segmentů 50% mužů



Obrázek 2: Věkově závislá výška jednotlivých segmentů 50% ženy

Pro požadovaný věk a celkovou výšku je z databáze [1] určen percentil, který ovlivňuje rozložení výšky (viz Obrázek 1 a Obrázek 2). Takto je model v prvním kroku výškově vyškálován. Percentil také určuje obvod nebo šířku jednotlivých segmentů, což se projeví v geometricky vyškálovaném modelu.

Geometrické škálování je jednoduchý matematický postup aktualizace souřadnic všech geometrických uzlů založených na poměru rozměrů ve třech nezávislých osách mezi referenčním a cílovým modelem. Tyto rozměry jsou definovány jako antropometrické kontrolní body znázorněné na Obrázek 3.



Obrázek 3: Antropometrické kontrolní body (1 – vertex, 2 – trichion, 3 – metopion, 4 – nasion, 5 – subnasale, 6 – gnation, 7 – cervicale, 8 – suprasternale, 9 – acromion, 10 – mesosternale, 11 – xiphion, 12 – radiale, 13 – omphalion, 14 – iliocristale, 15 – iliospinale anteius, 16 – symphision, 17 – trochanterion, 18 – styliion, 19 – phalangion, 20 – dactylion, 21 – tibiale, 22 – sphyrion, 23 – acropodion, 24 – pterion)

Postup lze matematicky popsat takto:

$$k_{segment,height} = \frac{height_{segment,model}}{height_{segment,database}},$$

$$k_{segment,width} = \frac{width_{segment,model}}{width_{segment,database}},$$

$$k_{segment,depth} = \frac{depth_{segment,model}}{depth_{segment,database}}.$$

Pro některé segmenty (hlava, končetiny) se standardně měří pouze obvod. Za předpokladu kruhového obvodu daného segmentu se potom hloubkový i šířkový rozměr škáluje stejně:

$$k_{segment,depth} = k_{segment,width} = k_{segment,circumference}$$

$$= \frac{circumference_{segment,model}}{circumference_{segment,database}}.$$

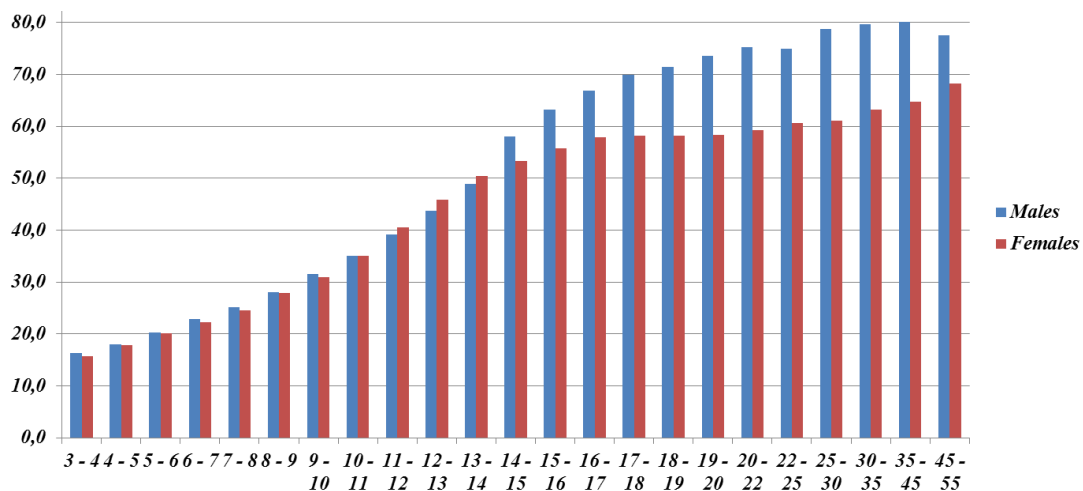
V případě břicha je známa kromě obvodu i bispinální šířka, obvod tedy můžeme nahradit elipsou se dvěma poloosami, kde šířkovou poloosu vypočteme z poměru rozměrů a hloubkovou za předpokladu obvodu elipsy

$$C = \pi\sqrt{2(a^2 + b^2)}.$$

Poznámka: výška reprezentuje vertikální rozměr segmentu stojícího člověka, šířka reprezentuje transversální (boční) rozměr a hloubka reprezentuje sagitální (předozadní) rozměr.

Škálování hmotnosti

Percentil získaný požadovanou výškou a věkem také definuje cílovou hmotnost modelu.



Obrázek 4: Hmotnost těla v závislosti na věku

Celková hmotnost (viz Obrázek 4) je potom rozdělena mezi jednotlivé segmenty na základě změny jejich objemu jako

$$mass_{segment} = mass_{total} \frac{volume_{segment}}{volume_{total}}.$$

S ohledem na nutnost detekce objemu byly jednotlivé segmenty uzavřeny v souladu s [3,4]. Každý uzavřený objem může ovšem zahrnovat několik tuhých těles systému MBS a zároveň externí povrch, jehož hmotnost je zanedbatelná a z důvodu stability modelu se neškáluje. Proto

$$mass_{segments} = \sum mass_{bodies} + \sum mass_{surface}.$$

Koeficient hmotnostního škálování pro jednotlivá tuhá tělesa obsažená v daném segmentu lze potom odvodit jako

$$k_{segment,mass} = \frac{mass_{segment} - \sum mass_{surface}}{\sum mass_{bodies}}.$$

Škálování setrvačnosti

Hlavní momenty setrvačnosti definované pro jednotlivá tuhá tělesa obsažená v daném segmentu lze škálovat opět na základě změny objemu za předpokladu rovnoměrně rozložené hustoty v daném segmentu. Nadefinováním tří pomocných výrazů

$$N_x = \frac{1}{2}(-I_x + I_y + I_z),$$

$$N_y = \frac{1}{2}(I_x - I_y + I_z),$$

$$N_z = \frac{1}{2}(I_x + I_y - I_z)$$

lze jednoduchými matematickými úpravami odvodit vztahy pro momenty setrvačnosti vyškálovaného modelu jako

$$I_{RB,x} = k_{segment,mass} (k_{segment,width}^2 N_{RB,y} + k_{segment,height}^2 N_{RB,z}),$$

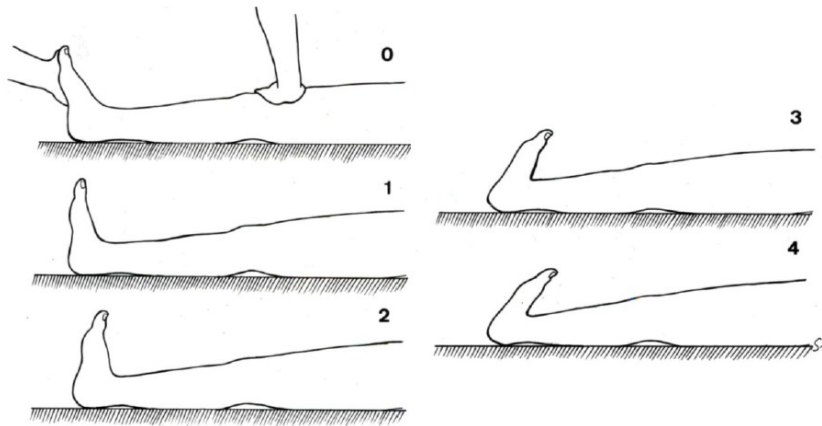
$$I_{RB,y} = k_{segment,mass} (k_{segment,depth}^2 N_{RB,x} + k_{segment,height}^2 N_{RB,z}),$$

$$I_{RB,z} = k_{segment,mass} (k_{segment,depth}^2 N_{RB,x} + k_{segment,width}^2 N_{RB,y}).$$

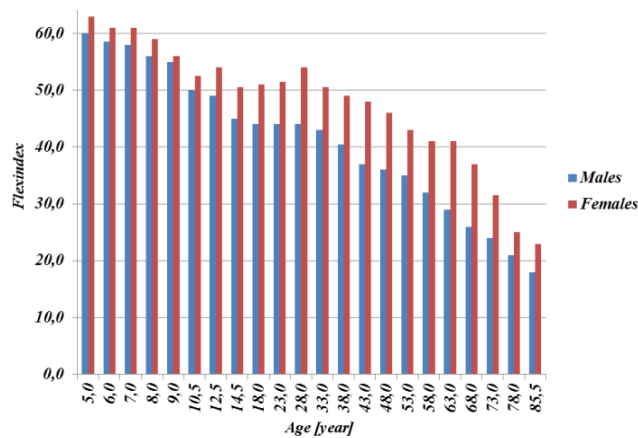
Škálování tuhosti (ohebnosti)

Posledním krokem škálování je škálování tuhosti, která je zde popsána ohebností modelu v kloubech. Z literatury byl dohledán významný vliv na flexibilitu kloubů pomocí tzv. *flexindexu*. *Flexindex* definuje flexibilitu jedince jedinou hodnotou, která sčítá flexibilitu 20 významných kloubů na základě tzv. *flexitestu* [5]. U každého z dvaceti významných kloubů [5] definuje *flexindex* jeho ohebnost hodnotou od 0 do 4 (0 = ztuhlý kloub, 4 = hypermobilní kloub). Jedná se o planární a dorzní flexi kotníku, flexi a extenzi kolene, flexi, extenzi,

addukci a abdukci v pánvi, laterální flexi, flexi a extenzi trupu, posteriorní extenzi, addukci, posteriorní addukci a laterální a mediální rotace ramene, flexi a extenzi zápěstí, flexi a extenzi lokte. Příklad *flexitestu* kotníku je uveden na Obrázek 5. Obrázek 6 zobrazuje závislost *flexindexu* na věku.



Obrázek 5: *Flexitest*



Obrázek 6: *Flexindex*

Škálování tuhosti (ohybnosti)

Výše popsaný algoritmus je naprogramován s využitím skriptovacího jazyka *Python*. Pro požadovaný věk a výšku algoritmus generuje jedince na základě referenčního modelu.

Reference

- [8] Bláha, P., “Antropometrie československé populace od 6 do 55 let,” 1985.
- [9] Martin, R., Saller, K., “Lehrbuch der Anthropologia,” Vol. I, Stuttgart (1957).
- [10] Clauser, C.E., McConville, J.T., Young, J.W., “Weight, volume, and center of mass of segments of the human body,” AMRL technical report, Wright patterson Air Force Base, Ohio, 1969.
- [11] Valenta, J., Konvičková, S., Valerián, D., “Biomechanika kloubů lidského těla,” ČVUT, 1999.
- [12] Araújo, C.G., “Flexibility assessment: normative values for flexitest from 5 to 91 years of age,” *Arq. Bras. Cardiol.* 90(4): 257-263, 2008, doi: 10.1590/S0066-782X2008000400008.