

Ústav matematiky a statistiky  
Přírodovědecká fakulta  
Masarykova univerzita

---

## Praktikum z analýzy tvaru

*Zadania príkladov a niektoré riešenia*

Stanislav Katina

katina@math.muni.cz

24. februára 2016

**Inštrukcie k cvičeniam:** Vytvorte si na obrazovke adresár praktikum a tri podadresáre data, dokumenty a Rkod. Do prvého z nich vložte dátové súbory z IS MUNI, do druhého popisy dátových súborov a obrázky stka-praktikum-analyza-tvaru-mar2015.pdf a do tretieho zdrojový súbor  $\mathbb{R}$ -kódu naprogramovaných funkcií priezvisko-meno-source-praktikum-at-2015.r a súbor  $\mathbb{R}$ -kódu konkrétnych príkladov priezvisko-meno-priklady-praktikum-at-2015.r, ktorý používa tento zdrojový kód.

## 1 Zadania príkladov a niektoré riešenia

**Príklad 1 (Euklidovské vzdialenosti a uhly)** Majme dáta `data-3d-base-xyz.txt`.

(1) Vypočítajte Euklidovské vzdialenosti vybraných landmarkov `POdx`, `POsin` a `BA` (t.j. dĺžky strán trojuholníka definovaného landmarkami `POdx`, `POsin`); použite funkcie `apply()` a `euclid.vzdialenost()`. Šírku lebečnej bázy (spojnica bodov pravý a ľavý porion v mm) označte **base.B**.

(2) Vypočítajte priemerné dĺžky strán a smerodajné odchýlky zvlášť pre mužov a ženy; použite funkcie `tapply()`, `mean()` a `sd()`,

(3) Vypočítajte vnútorné uhly trojuholníka definovaného landmarkami `POdx`, `POsin` a `BA` pomocou kosínusovej vety v radiánoch a stupňoch; použite funkciu `uhol.cos.veta()`. Uhol  $\gamma$  v stupňoch premennú **base.A** (ide o uhol, ktorý zvierajú línie prechádzajúce bodom basion a pravostranným a ľavostranným bodom porion)

(4) Nakreslite histogram hodnôt uhlov z (3) na kružnici; použite funkcie `circular()` a `rose.diag()` z knižnice `circular`. Grafy usporiadajte do trojice vedľa seba do okna  $12 \times 4$  s nulovými okrajmi použitím funkcií `windows(12,4)`; `par(mar=c(0,0,0,0),mfc=c(1,3))`. Pod každý obrázok doplňte text „uhol v bode `POdx`“ (podobne pre ostatné dva uhly) pomocou funkcie `mtext("...",side=1,line=-3)`.

(5.1) Vypočítajte výšku lebečnej bázy **base.H** pomocou sínusovej vety; použite funkciu `uhol.sin.veta()`

(5.2) Vypočítajte výšku lebky **skull.H**, t.j. vzdialenosť bodov basion a bregma.

(6) Vypočítajte **lineárno-uhlový korelačný koeficient** premenných `skull.H` a `base.A` a Waldov 95% empirický interval spoľahlivosti (IS) pre očakávanú hodnotu tohoto uhla; použite funkciu `IScor.uhl()`. Zopakujte tento výpočet pre mužov a ženy zvlášť. Nakreslite rozptylový (bodový) graf pre (A) `skull.H` a sínus uhla `base.A` a pre (B) `skull.H` a kosínus uhla `base.A` pre obe pohlavia do jedného obrázka; použite funkciu `plot()` a `points()`.

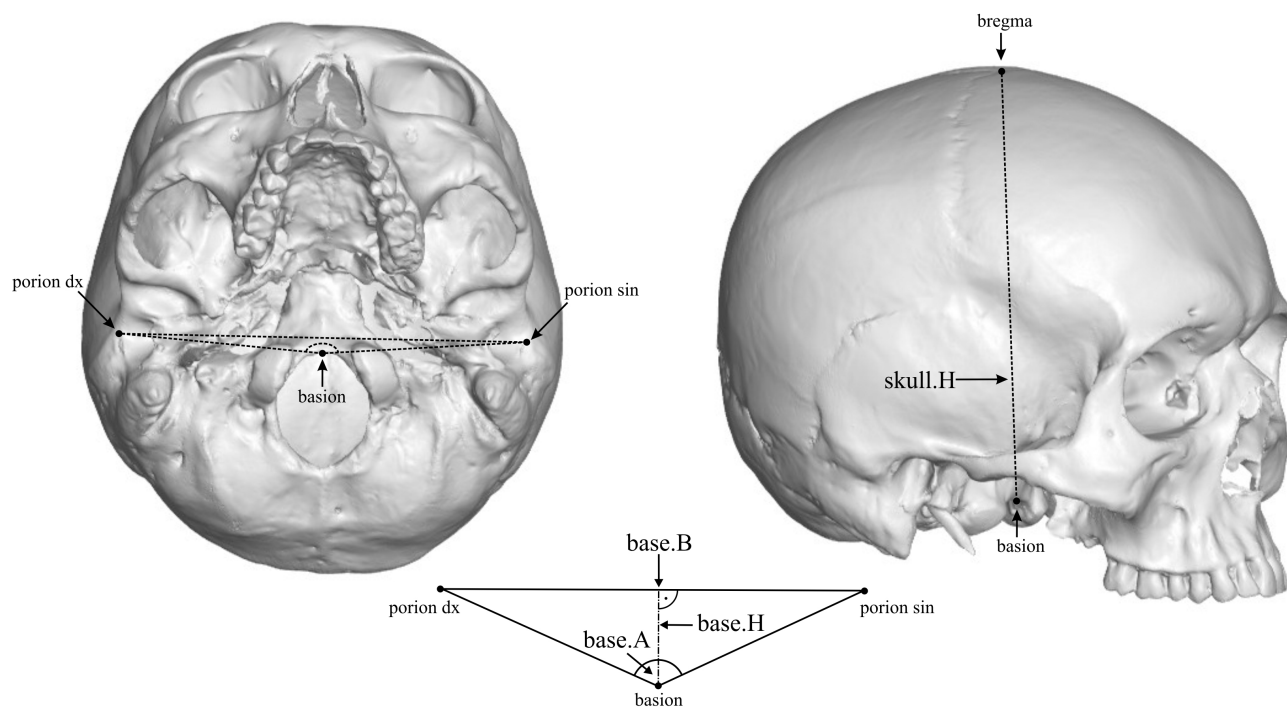
(6.1)\* Otestujte nulovosť korelačného koeficientu v združenom výbere z (6) pomocou (A) Waldovho testu nulovosti korelačného koeficientu a (B) testu pomerom vierohodnosti nulovosti korelačného koeficientu

(6.2)\* Otestujte nulovosť rozdielu korelačných koeficientov u mužov a žien z (6) pomocou (A) Waldovho testu nulovosti rozdielu korelačných koeficientov a (B) testu pomerom vierohodnosti nulovosti rozdielu korelačných koeficientov.

(7)\* Vypočítajte **lineárno-uhlový korelačný koeficient** premenných `base.H` a `base.A` a Waldov 95% empirický interval spoľahlivosti (IS) pre očakávanú hodnotu tohoto uhla; použite funkciu `IScor.uhl()`. Zopakujte tento výpočet pre mužov a ženy zvlášť. Nakreslite rozptylový (bodový) graf pre (A) `base.H` a sínus uhla `base.A` a pre (B) `base.H` a kosínus uhla `base.A` pre obe pohlavia do jedného obrázka; použite funkciu `plot()` a `points()`.

**Príklad 2 (Euklidovské vzdialenosti a uhly)** Majme dáta `data-3d-triangles-xyz.txt`.

(1) Vypočítajte uhol v bode nasion (`front.A`; uhol, ktorý zvierajú línie prechádzajúce bodmi bregma a nasion s líniou prechádzajúcou bodmi nasion a basion).

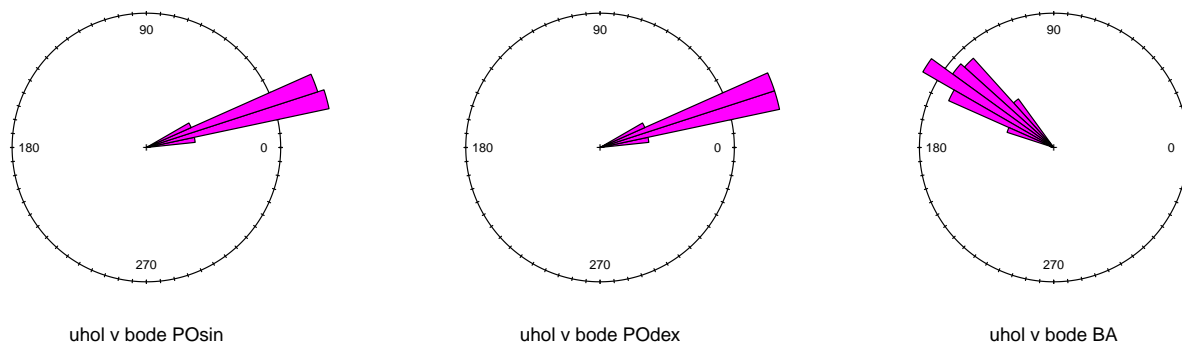


Obr. 1: Znázornenie premenných výška lebky (*skull.H*), výška lebečnej bázy (*base.H*), šírka lebečnej bázy (*base.B*) a uhol, ktorý zvierajú línie prechádzajúce oboma bodmi *porion* s vrcholom v bode *basion* (*base.A*)

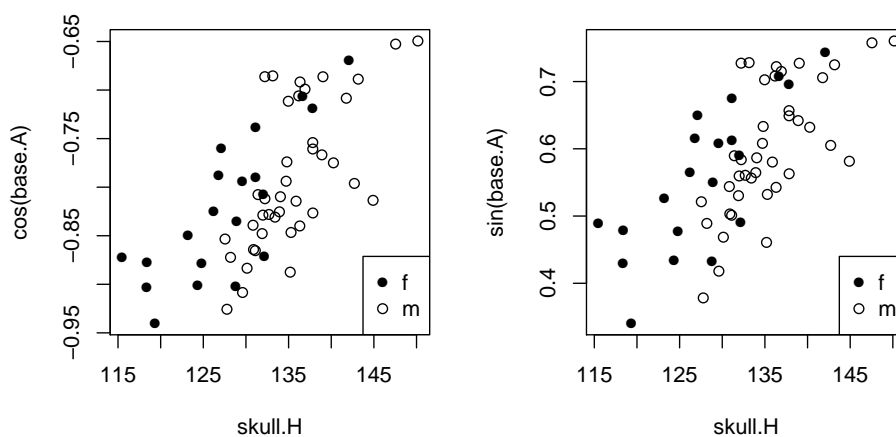
(2) Vypočítajte uhol tvárového trojuholníka v bode *prosthion* (*prog.A*; uhol, ktorý zvierajú línie prechádzajúce bodmi *basion* a *prosthion* s líniou prechádzajúcou bodmi *prosthion* a *nasion*).

(3) Nakreslite histogram hodnôt uhlov z (1) a (2) na kružnici; použite funkcie *circular()* a *rose.diag()* z knižnice *circular*. Grafy usporiadajte do dvojice vedľa seba do okna  $8 \times 4$  s nulovými okrajmi použitím funkcií *windows(8,4)*; *par(mar=c(0,0,0,0),mfc=c(1,2))*. Pod každý obrázok doplňte text „uhol v bode *nasion*“ (podobne pre druhý uhol) pomocou funkcie *mtext("...",side=1,line=-3)*.

(4) Vypočítajte **uholovo-uhlový korelačný koeficient** premenných *front.A* a *prog.A* a Waldov 95% empirický interval spoľahlivosti (*IS*) pre očakávanú hodnotu tohoto uhla; použite funkciu *IScor.uhl()*. Zopakujte tento výpočet pre mužov a ženy zvlášť.

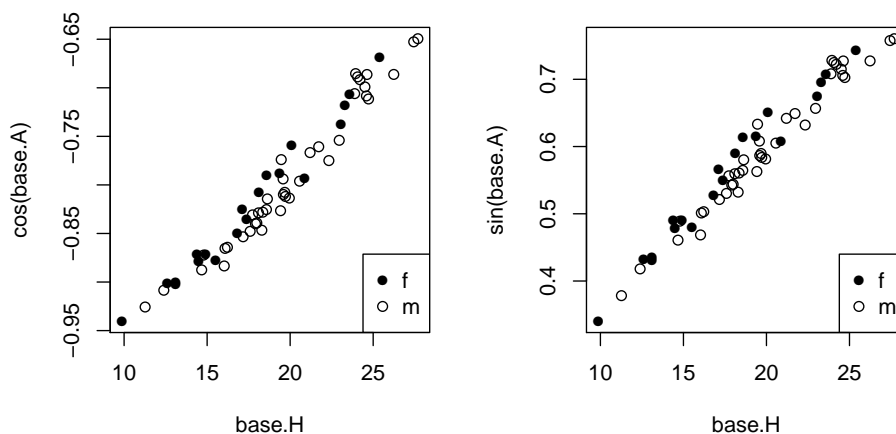
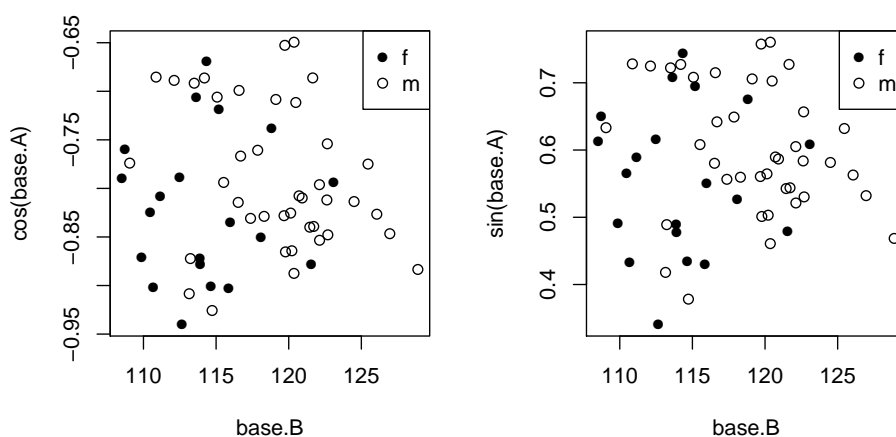


Obr. 2: Histogramy na kružnici pre tri uhly v stupňoch

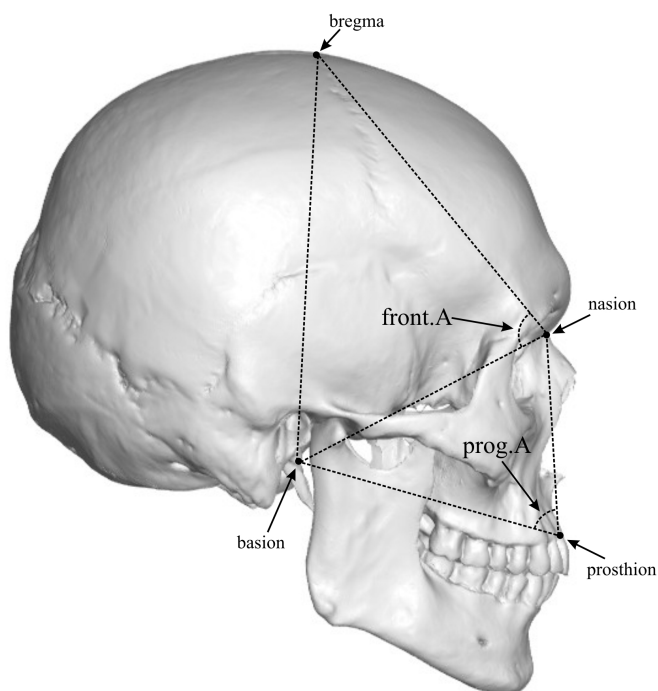
Obr. 3: Rozptylové grafy – vľavo skull.H a  $\cos(\text{base.A})$  a vpravo skull.H a  $\sin(\text{base.A})$ 

**Príklad 3 (PSC a PMS)** *Majme dáta data-3d-base-xyz.txt.*

- (1) Transformujte súradnice z dátovej tabuľky do objektu *matica* a potom *pole*. Vypočítajte počet landmarkov a počet jedincov.
- (2) Vypočítajte Procrustovské tvarové súradnice (PSC), Procrustov priemerný tvar (PMS), PMS pre mužov a ženy; použite funkciu `procrustes.face3d()`.
- (3) Nakreslite PSC do 3D okna; použite knižnicu *Face3D* a *rgl* a funkcie `open3d()`, `rgl.viewpoint(theta = 0, phi = 0, fov=30, zoom=0.7)`, `bg3d("white")`, `par3d(windowRect=c(100,100,600, 600))` a `spheres3d()`. Obrázok uložte pomocou funkcie `rgl.snapshot("...", "png")`.
- (4) Nakreslite PMS do 3D okna spolu s PMS pre mužov a ženy.
- (5) Nakreslite PMS do 3D okna s popisom skratky landmarku pomocou funkcie `text3d()`.

Obr. 4: Rozptylové grafy – vľavo base.H a  $\cos(\text{base.A})$  a vpravo base.H a  $\sin(\text{base.A})$ Obr. 5: Rozptylové grafy – vľavo base.B a  $\cos(\text{base.A})$  a vpravo base.B a  $\sin(\text{base.A})$ **Príklad 4 (PSC a PMS)** *Majme dáta data-3d-triangles-xyz.txt.*

- (1) Transformujte súradnice z dátovej tabuľky do objektu *matica* a potom *pole*. Vypočítajte počet landmarkov a počet jedincov.
- (2) Vypočítajte Procrustovské tvarové súradnice (PSC), Procrustov priemerný tvar (PMS), PMS pre mužov a ženy.
- (3) Nakreslite PSC do 3D okna; použite knižnicu *Face3D* a *rgl* a funkcie *open3d()*, *rgl.viewpoint(theta = 0, phi = 0, fov=30, zoom=0.7)*, *bg3d("white")*, *par3d(windowRect=c(100,100,600, 600))* a *spheres3d()*.
- (4) Nakreslite PMS do 3D okna spolu s PMS pre mužov a ženy.
- (5) Nakreslite PMS do 3D okna s popisom skratky landmarku pomocou funkcie *text3d()*.



Obr. 6: Znázornenie premenných uhol v bode *nasion* (front.A) a uhol tvárového trojuholníka v bode *prosthion* (prog.A)

**Príklad 5 (PSC, PMS a wireframe)** Majme dáta *data-3d-skull-xyz.txt*.

(1) Transformujte súradnice z dátovej tabuľky do objektu *matica* a potom *pole*. Pomenujte riadky podľa skratkami názvov landmarkov. Vypočítajte počet landmarkov a počet jedincov.

(2) Vypočítajte Procrustovské tvarové súradnice (PSC), Procrustov priemerný tvar (PMS), PMS pre mužov a ženy.

(3) Nakreslite PSC do 3D okna; použite knižnicu *Face3D* a *rgl* a funkcie *open3d()*, *rgl.viewpoint(theta = 0, phi = 0, fov = 30, zoom = 0.7)*, *bg3d("white")*, *par3d(windowRect = c(100, 100, 600, 600))* a *spheres3d()*.

(4) Nakreslite PMS do 3D okna spolu s PMS pre mužov a ženy. Dokreslite do obrázka wireframe definovanú nasledovne:

- mid-sagitálna krivka – *g*, *b*, *l*, *op* (zelená farba)
- krivka vľavo a vpravo – *fmoL*, *juL*, *poL* a *fmoR*, *juR*, *poR* (červená farba)
- landmarky bázy lebky dokreslite čiernou farbou

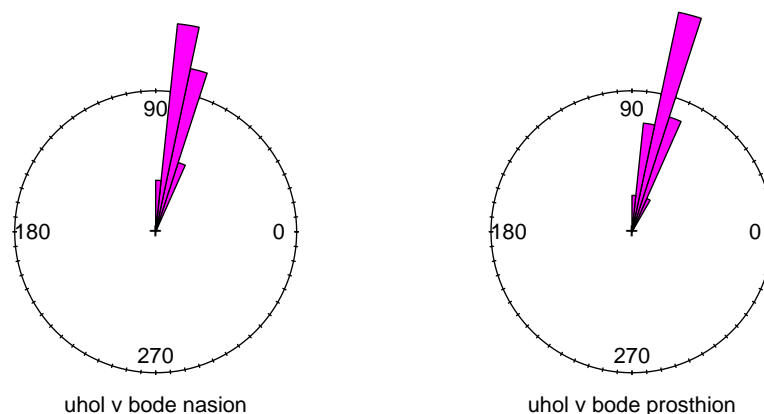
(5) Nakreslite PMS do 3D okna s popisom skratky landmarku pomocou funkcie *text3d()*.

(6) Zväčšite rozdiel medzi mužmi a ženami  $10\times$  tak, že PMS pre ženy ponecháte a PMS mužov transformujete tak, že k nemu pripočítate  $10\times$  rozdiel medzi PMS mužov a žien.

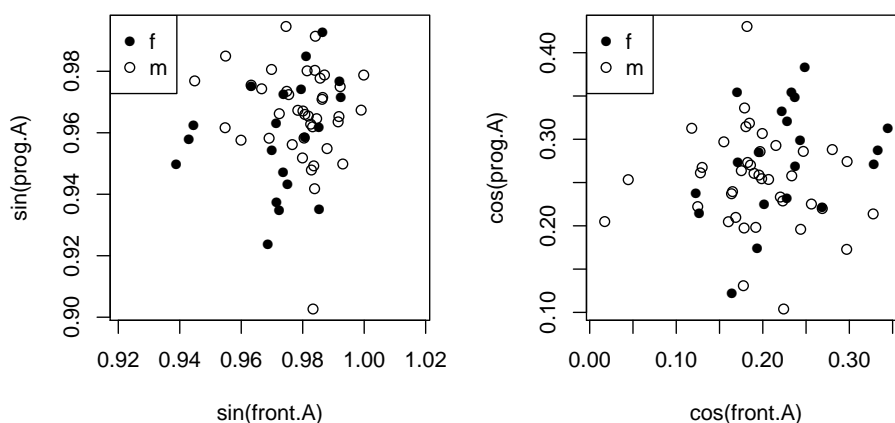
**Príklad 6 (PSC, PMS skeny rúk)** Majme dáta *data-2d-hands-scan.txt*.

(1) Transformujte súradnice z dátovej tabuľky do objektu *matica* a potom *pole*. Pomenujte riadky podľa skratkami čísel landmarkov (*L1*, *L2*, atď.). Vypočítajte počet landmarkov, počet jedincov, počet opakovaní a počet meraní na stranu. Vytvorte vektory pre prediktory pohlavie, opakovanie, strana, vek (v rokoch), výška (v mm) a hmotnosť (v kg).

(2) Preškálujte súradnice landmarkov z **pixelov na palec (ppi)** na **milimetre** (150 pixelov na 1 palec, 1 palec = 25.4 mm)



Obr. 7: Histogramy na kružnici pre dva uhly v stupňoch

Obr. 8: Rozptylové grafy – vľavo  $\sin(\text{front.A})$  a  $\sin(\text{prog.A})$  a vpravo  $\cos(\text{front.A})$  a  $\cos(\text{prog.A})$ 

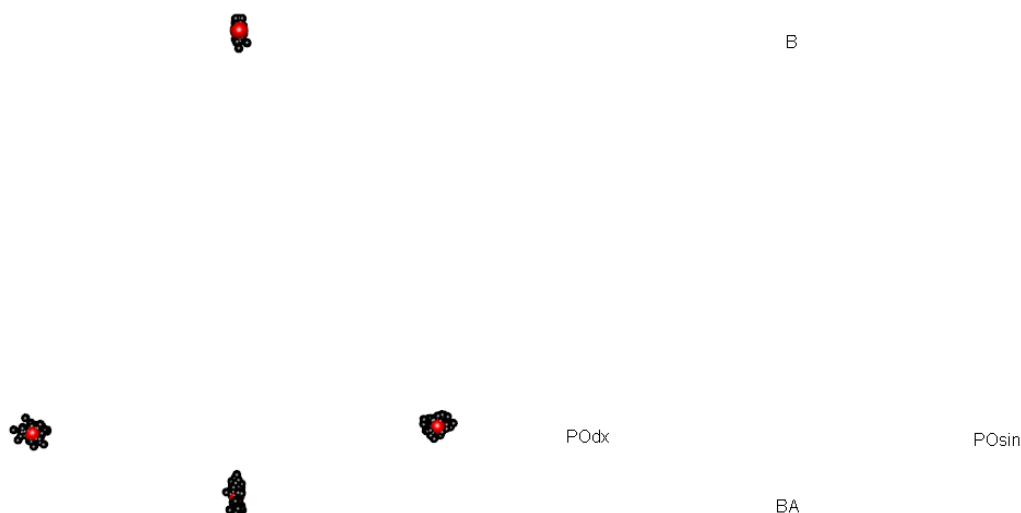
(3) Zobrazte krabicové diagramy centroidovej veľkosti voči pohlaviu, strane a interkácii strany a pohlavia. Do obrázkov dokreslite aritmetické priemery.

(4) Nakreslite PSC a PMS do jedného obrázka (PSC čiernou  $\text{cex}=0.5$  a PMS červenou  $\text{cex}=1$ ).

(5) Pre prvého jedinca a pre všetky tri opakovania zobrazte PSC ( $\text{pch}=1, \text{col}=\text{"black"}$ ) a ich PMS (zvlášť pre stranu L a R;  $\text{pch}=16, \text{col}=\text{"red"}$ ). Do obrázka dokreslite PMS celého súboru ( $\text{pch}=3, \text{col}=\text{"blue"}$ ).

(6) Zobrazte PSC a ich PMS prvého jedinca pre všetky tri opakovania (strana L a R, landmark 1; strana L  $\text{pch}=1, \text{col}=\text{"black"}$ , strana R  $\text{pch}=4, \text{col}=\text{"black"}$ ). Do obrázka dokreslite PMS ľavej a PMS pravej strany ( $\text{pch}=16, \text{col}=\text{"red"}$ ), PMS všetkých opakovaní ľavej strany ( $\text{pch}=3, \text{col}=\text{"black"}$ ), PMS všetkých opakovaní pravej strany ( $\text{pch}=4, \text{col}=\text{"black"}$ ) a PMS všetkých opakovaní (ľavej a pravej strany;  $\text{pch}=16, \text{col}=\text{"blue"}$ ).

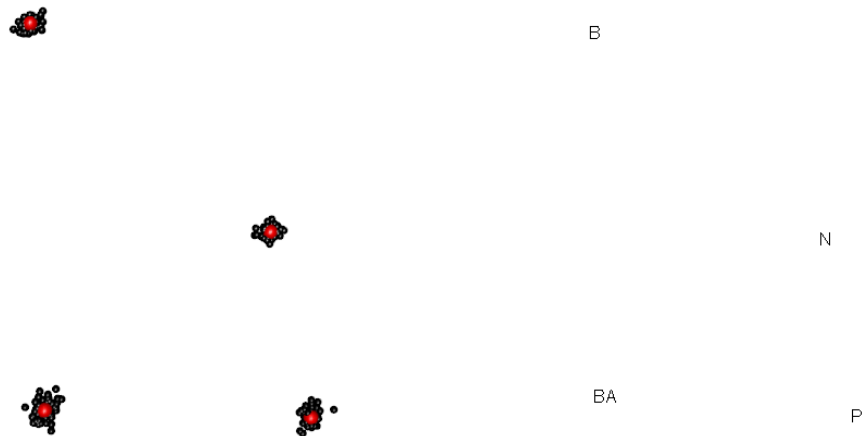
(7) Zobrazte deformáciu PMS prvého jedinca na PMS tohoto jedinca (strana L). Zobrazte deformáciu PSC prvého jedinca ku ich PMS pre všetky tri opakovania (strana L). Zobrazte deformáciu PMS prvého jedinca na PMS tohoto jedinca (strana R). Zobrazte deformáciu PSC prvého jedinca ku ich PMS pre všetky tri opakovania (strana R). Všetky **deformáčn**é siete usporiadajte po riadkoch do matice  $2 \times 4$ . Použite funkciu  $\text{TPSSiet}()$ .



Obr. 9: PSC a PMS pre dáta data-3d-base-xyz.txt (frontálny pohľad)

- (8) Zobrazte deformáciu PMS L na PMS R pre prvého jedinca. Túto defromáciu zväčšíte  $0.6\times$ ,  $1\times$  a  $1.4\times$ . Všetky **deformáčné siete** usporiadajte po riadkoch do matice  $1\times 4$ . Použite funkciu *TPSsiet()*.
- (9) Zobrazte deformáciu PMS L na PMS R všetkých jedincov. Túto defromáciu zväčšíte  $1\times$ ,  $8\times$  a  $16\times$ . Všetky **deformáčné siete** usporiadajte po riadkoch do matice  $1\times 4$ . Použite funkciu *TPSsiet()*.
- (10) Vypočítajte uhol, ktorý zvierajú spojnice landmarkov 2 a 11 s osou  $y$ . Zobrazte deformáciu PMS L na PMS R všetkých jedincov tak, aby spojnice landmarkov 2 a 11 bola rovnobežná s osou  $y$ .
- (11) Zobrazte PSC a PMS tak, aby spojnice landmarkov 2 a 11 na PMS bola rovnobežná s osou  $y$ .
- (12) **Zrkadlenie**. Zrkadlite PMS L na **PMS pseudo-L**. Zobrazte PMS L a PMS pseudo-L s očíslovanými landmarkami a tiež ako deformačnú sieť PMS L na PMS pseudo-L.
- (13) Zobrazte PSC pseudo L a PMS pseudo-L do jedného obrázka.

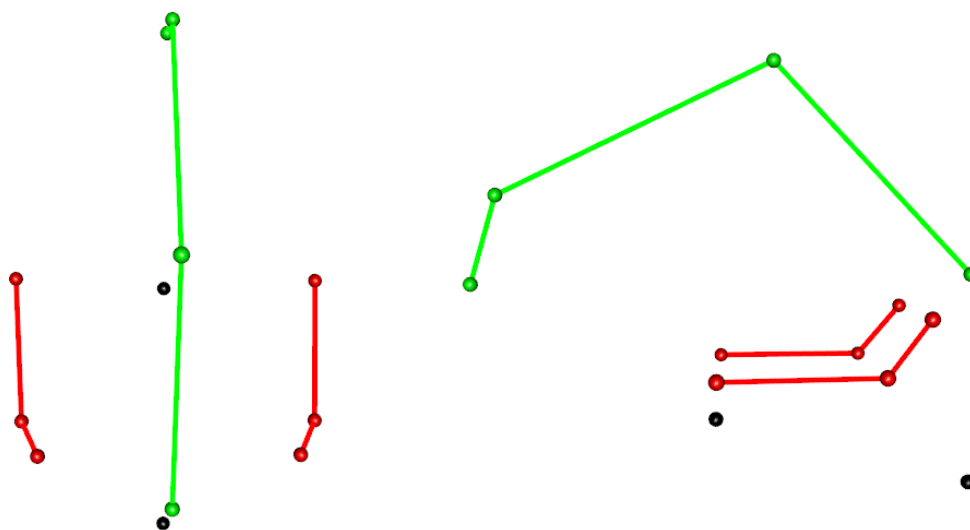




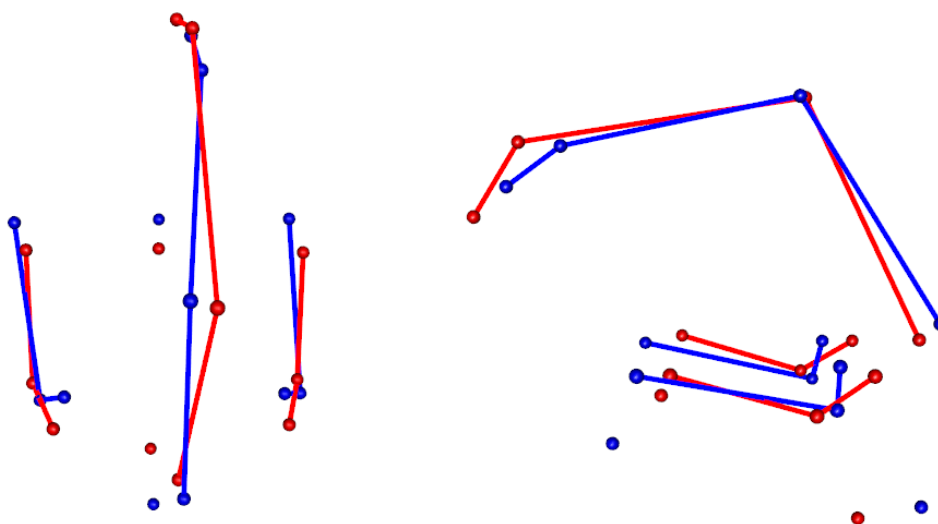
Obr. 10: PSC a PMS pre dáta data-3d-base-xyz.txt (laterálny pohľad; dexter)



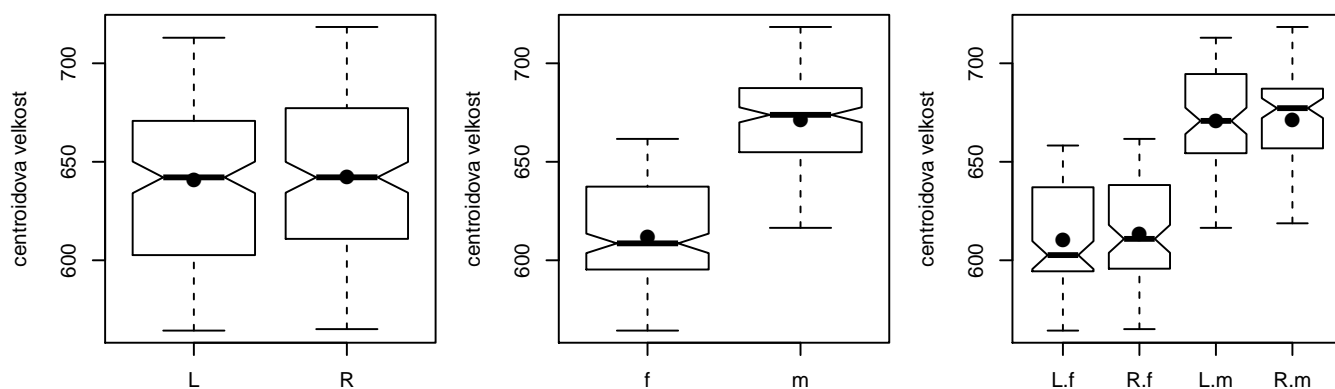
Obr. 11: PSC a PMS pre dáta data-3d-skull-xyz.txt (vertikálny pohľad)



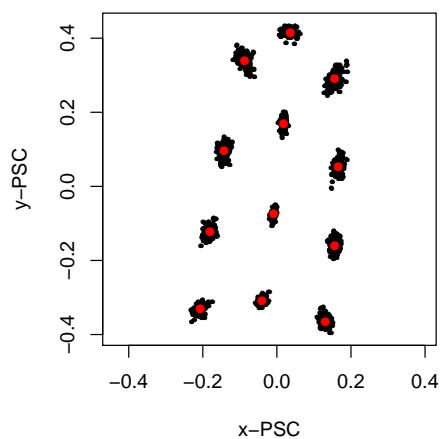
Obr. 12: PMS a *wireframe* pre dáta data-3d-skull-xyz.txt (vertikálny pohľad vľavo a laterálny pohľad dexter vpravo)



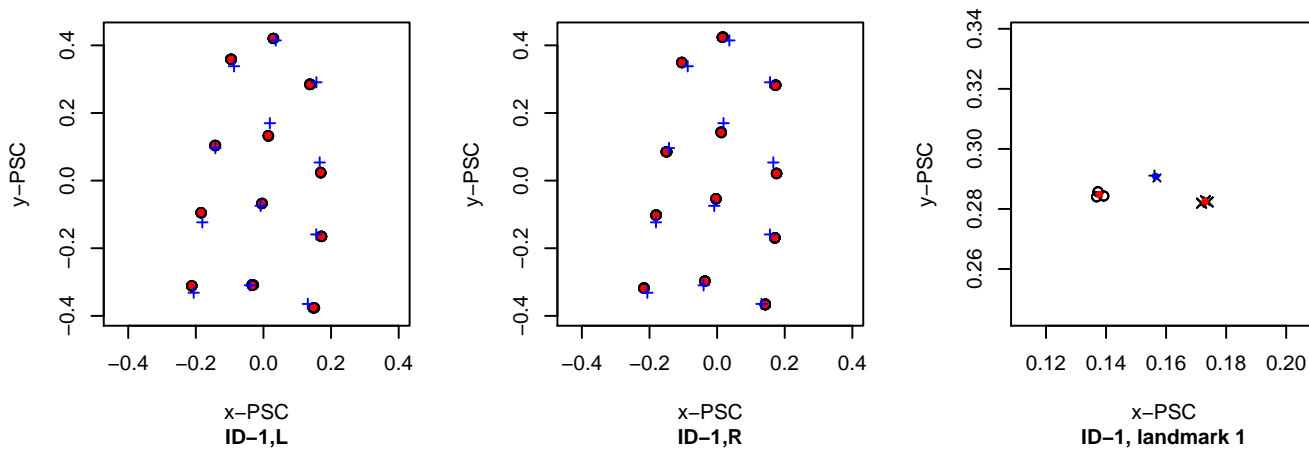
Obr. 13: PMS žien (červenou) a mužov (modrou) a *wireframe* pre dáta data-3d-skull-xyz.txt (vertikálny pohľad vľavo a laterálny pohľad dexter vpravo )



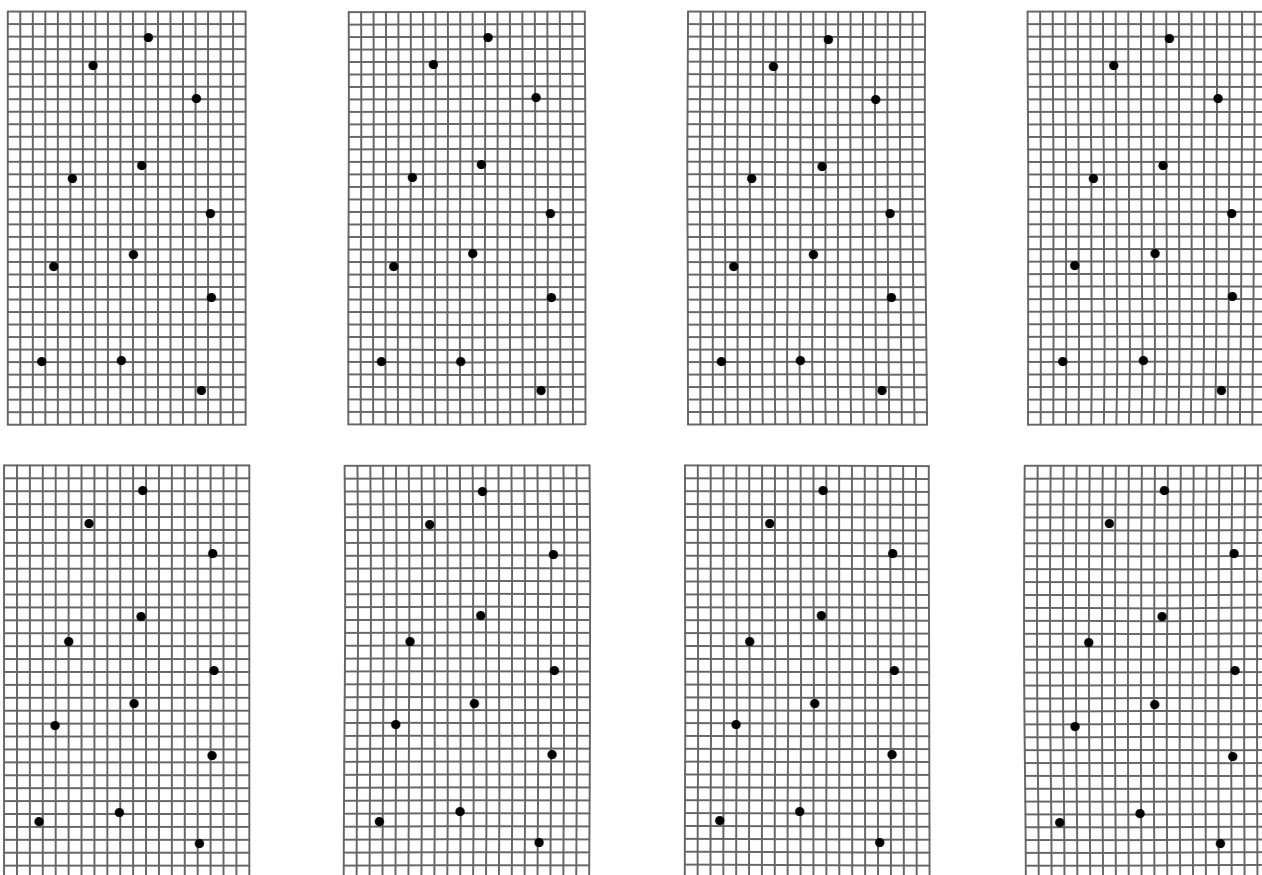
Obr. 14: Krabicové diagramy centroidovej veľkosti



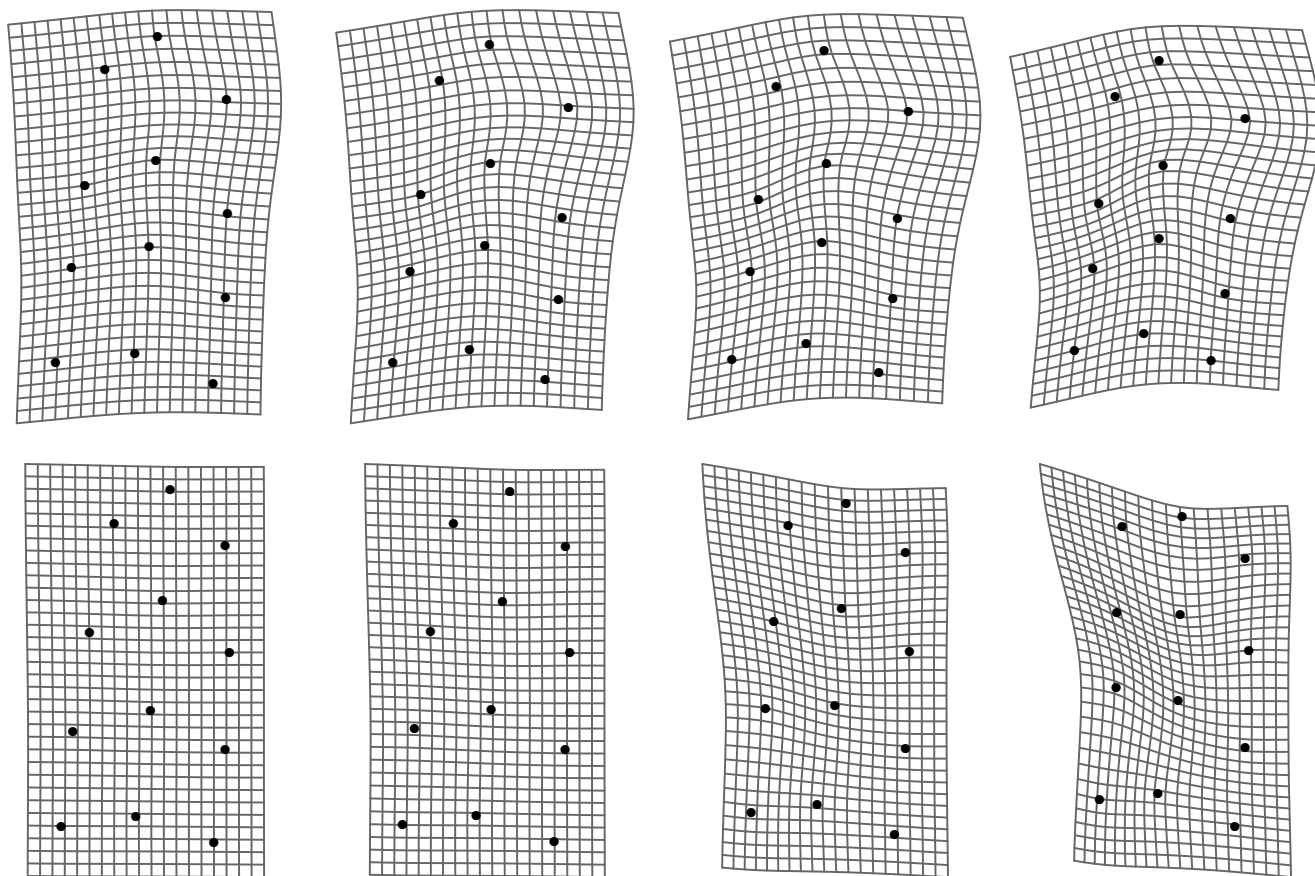
Obr. 15: PSC a PMS pre dáta data-2d-hands-scan.txt



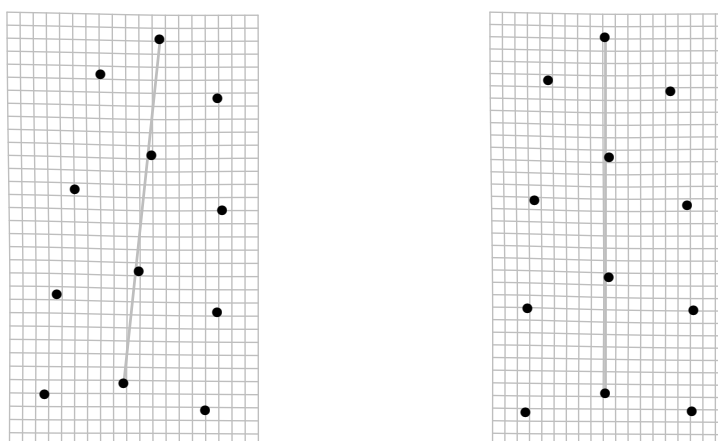
Obr. 16: PSC a PMS jedinca ID-1, ľavá a pravá strana (vľavo a uprostred); PSC a PMS jedinca ID-1, landmark 1, ľavá a pravá strana (vpravo)



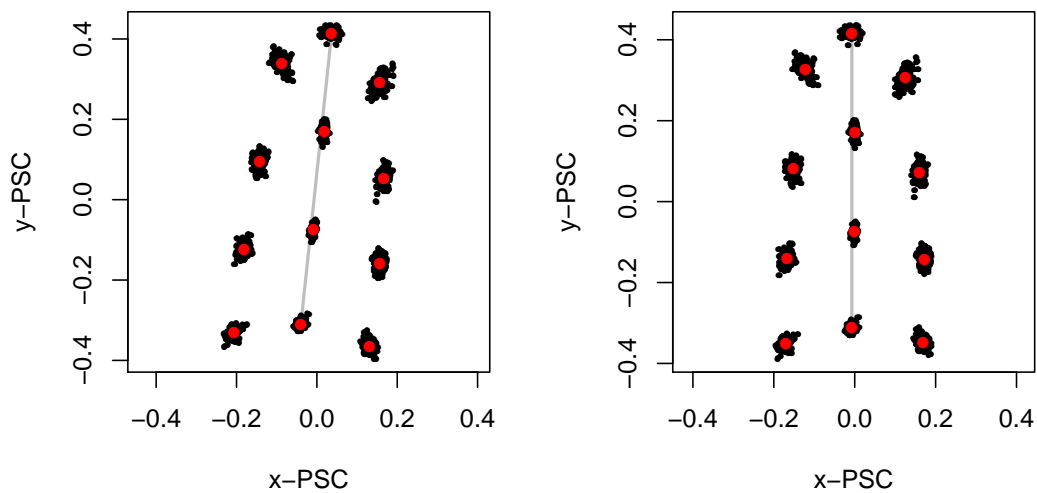
Obr. 17: Deformačné siete prvého jedinca – PSC prvého jedinca ku ich PMS pre všetky tri opakovania – strana L (prvý riadok) a strana R (druhý riadok)



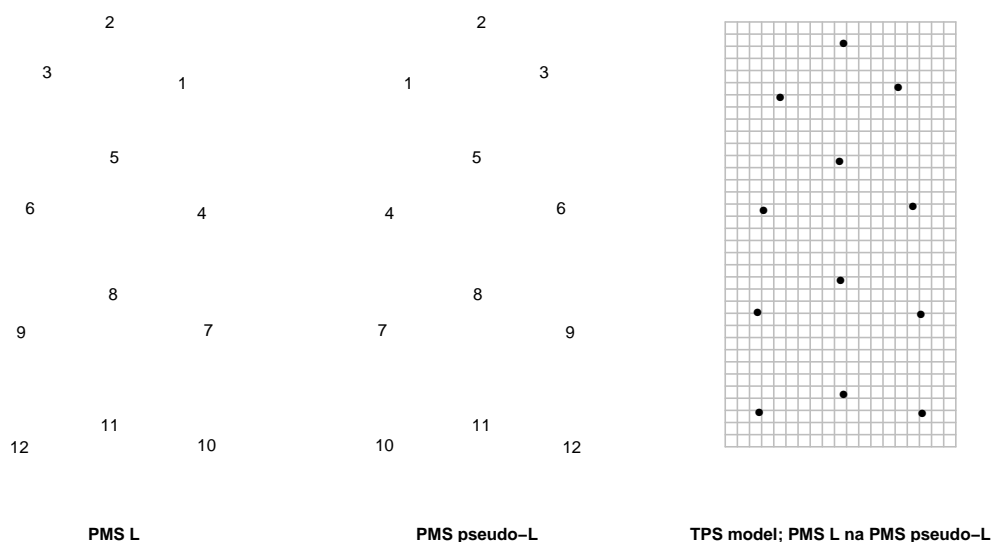
Obr. 18: Deformačné siete PMS L na PMS R pre prvého jedinca (prvý riadok) a deformačné siete PMS L na PMS R (druhý riadok)



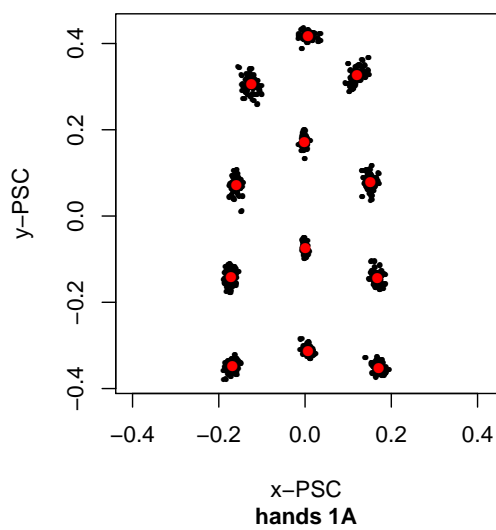
Obr. 19: Deformačná sieť PMS L na PMS R pre prvého jedinca – oriálny orientácia (vľavo) a optimálna rotácia (vpravo)



Obr. 20: PSC a PMS všetkých jedincov – origiálna orientácia (vľavo) a optimálna rotácia (vpravo)



Obr. 21: PMS L, PMS pseudo-L a deformačná sieť PMS L na PMS pseudo-L



Obr. 22: PSC pseudo-L a PMS pseudo-L