Univerzita Hradec Králové
Filozofická fakulta

E-learningový kurz

Modern quantitative methods and shape analysis in archaeology

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Tento materiál vznikl v rámci realizace projektu Strategický rozvoj Univerzity Hradec Králové, reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002427.

FF UHK

Outline analyses

Practice

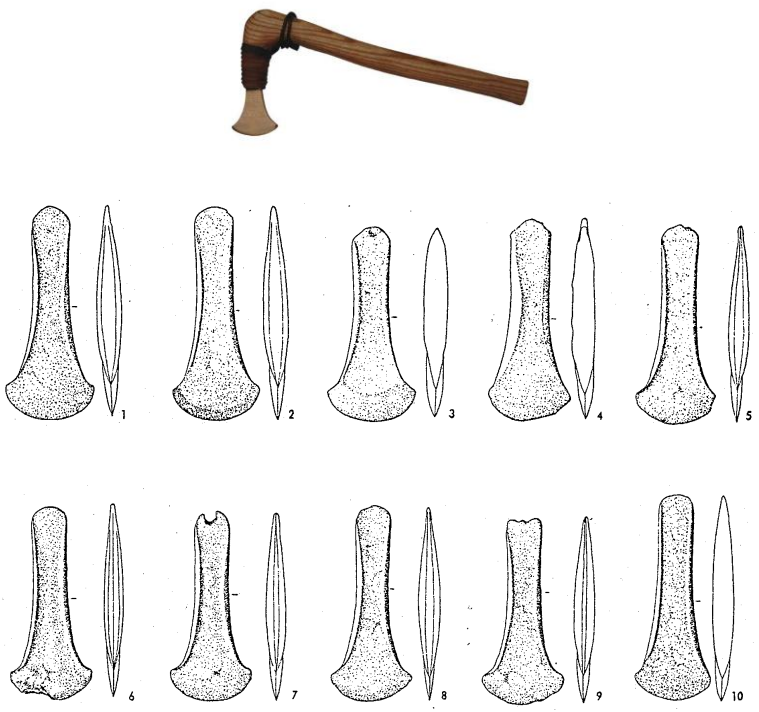
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

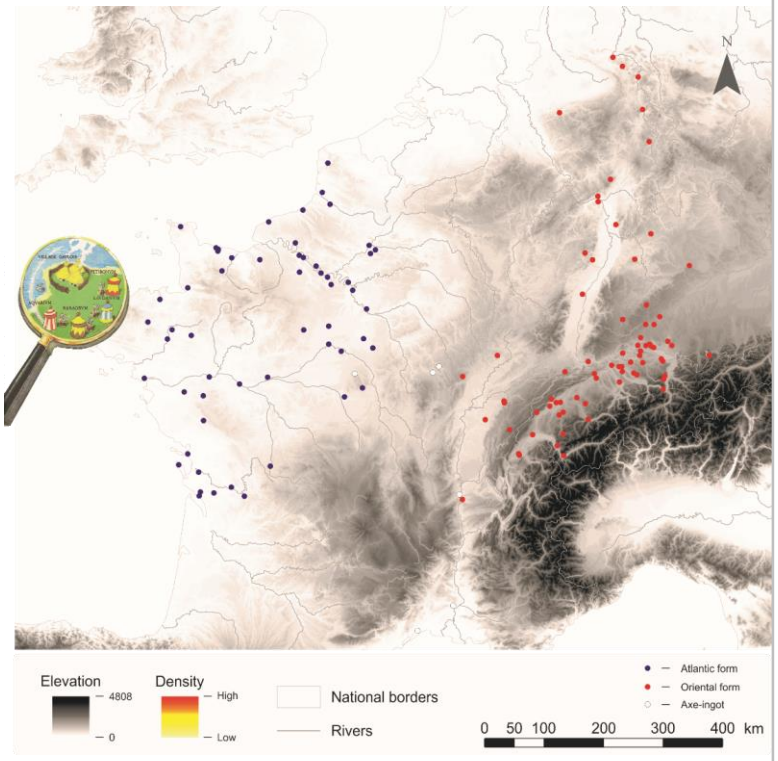
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

FF UHK

Flanged axes

Middle Bronze Age axes (1650-1350 BC)





Wilczek et al., 2015

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

FF UHK

Flanged axes

Quantitative comparison of Flanged Axes

Questions:

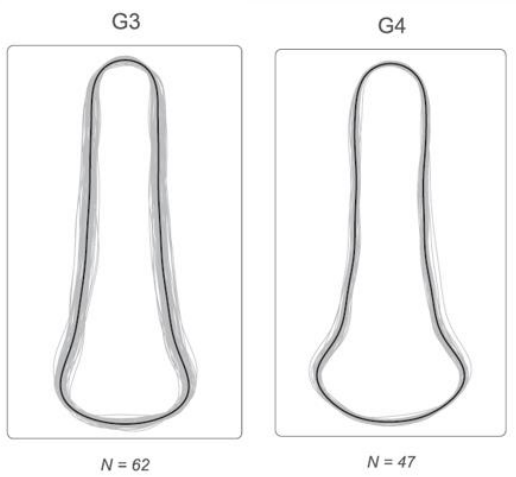
- Are two groups of axes obtained by using GM and GMM different?

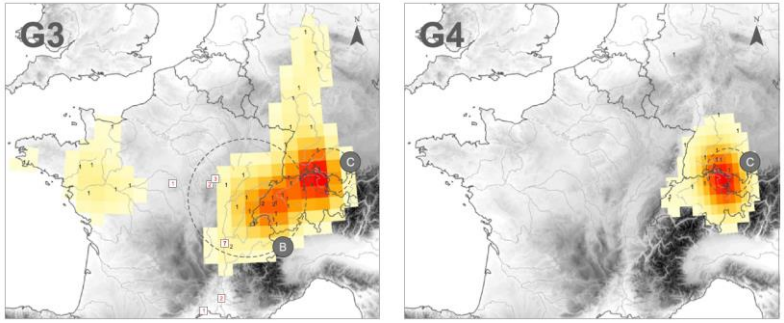
Dataset

- 30 axes (out of 62) of group G3
- 30 axes (out of 47) of group G4

Procedure

- Digitize outlines
- Perform Elliptic Fourier Analysis (EFA)
- Perform Principal Component Analysis (PCA)
- Perform Linear Discriminant Analysis (LDA)
- Perform MANOVA





Wilczek et al., 2015

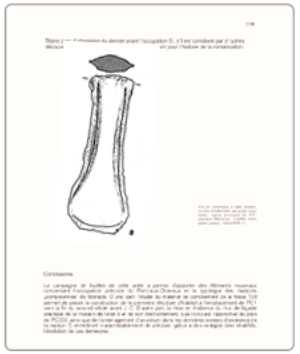
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

FF UHK

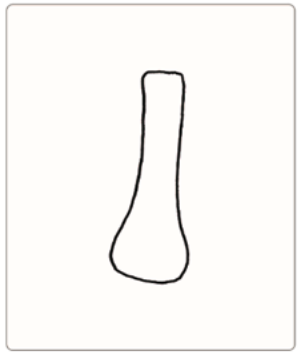
Flanged axes

Original procedure

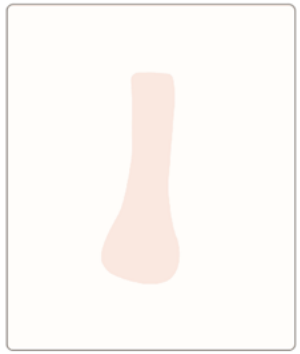
Original publication



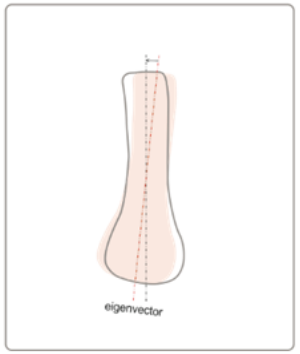
Retracing and scanning at 300 dpi



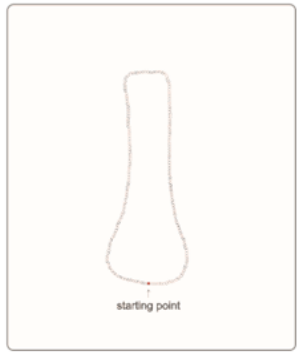
Extracting of silhoulett



Vertical orientation



Sampling 200 points



EFA

$$x(t) = a_0 + \sum_{j=1}^{k} a_j \cos\left(\frac{2j\pi t}{T}\right) + \sum_{j=1}^{k} b_j \sin\left(\frac{2j\pi t}{T}\right)$$

$$y(t) = c_0 + \sum_{j=1}^{k} a_j \cos\left(\frac{2j\pi t}{T}\right) + \sum_{j=1}^{k} d_j \sin\left(\frac{2j\pi t}{T}\right)$$

Wilczek et al., 2015

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

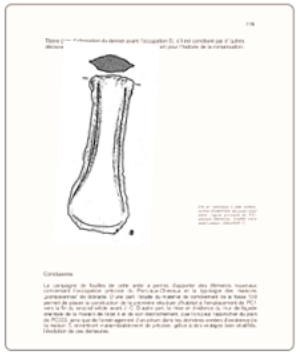
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

FF UHK

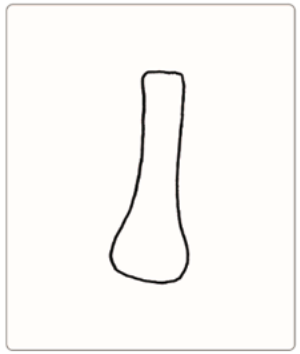
Flanged axes

Original procedure

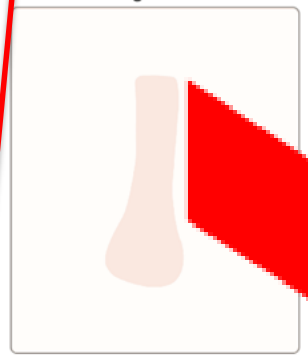
Original publication



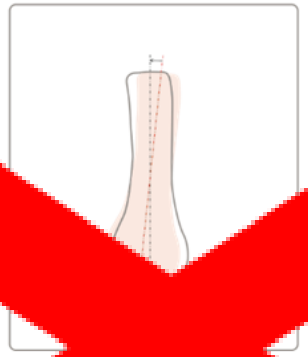
Retracing and scanning at 300 dpi



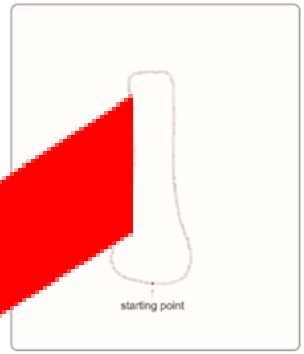
Extracting of silhoulett



Vertical orientation



Sampling 200 points



EFA

$$x(t) = a_0 + \sum_{j=1}^{k} a_j \cos\left(\frac{2j\pi t}{T}\right) + \sum_{j=1}^{k} b_j \sin\left(\frac{2j\pi t}{T}\right)$$

$$y(t) = c_0 + \sum_{j=1}^{k} a_j \cos\left(\frac{2j\pi t}{T}\right) + \sum_{j=1}^{k} d_j \sin\left(\frac{2j\pi t}{T}\right)$$

Wilczek et al., 2015

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

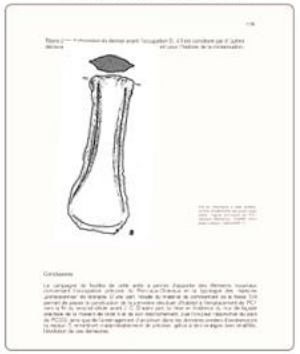
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

FF UHK

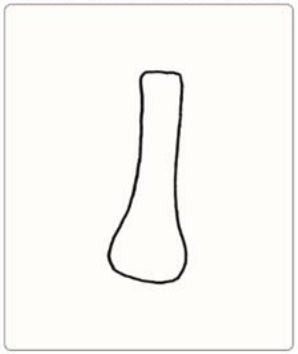
Flanged axes

Original procedure

Original publication



Retracing and scanning at 300 dpi



Wilczek et al., 2015

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

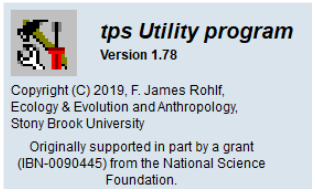
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

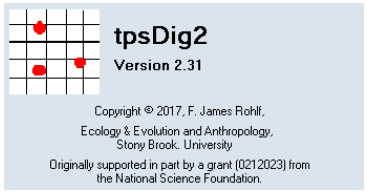
FF UHK

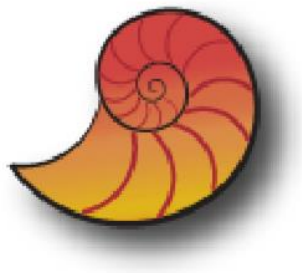
Flanged axes

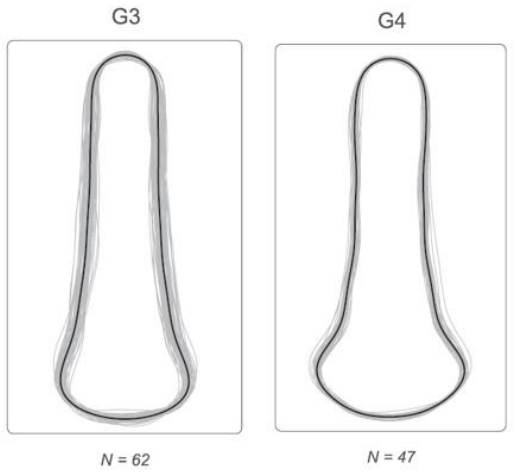
Software

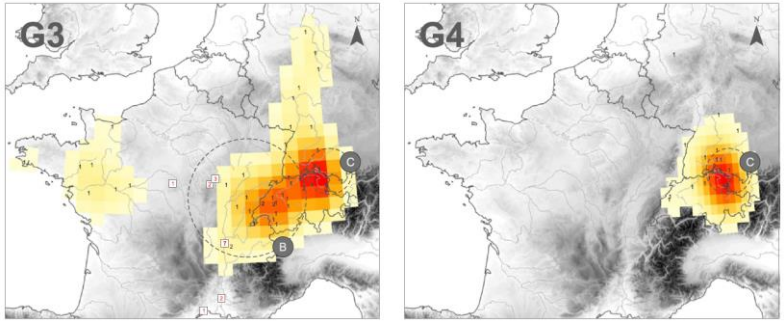
- tps: https://life.bio.sunysb.edu/morph/
- PAST: https://folk.uio.no/ohammer/past/











Wilczek et al., 2015

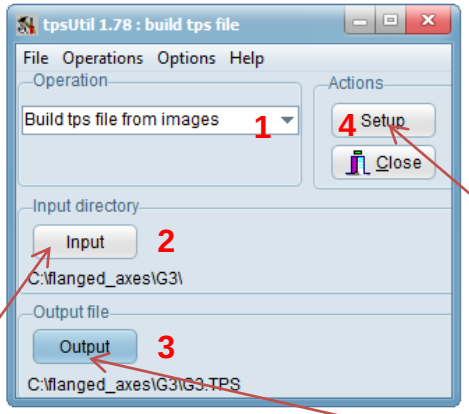
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

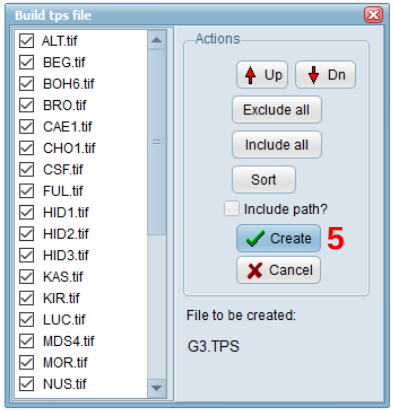
FF UHK

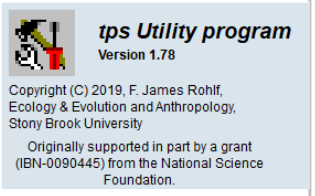
Flanged axes

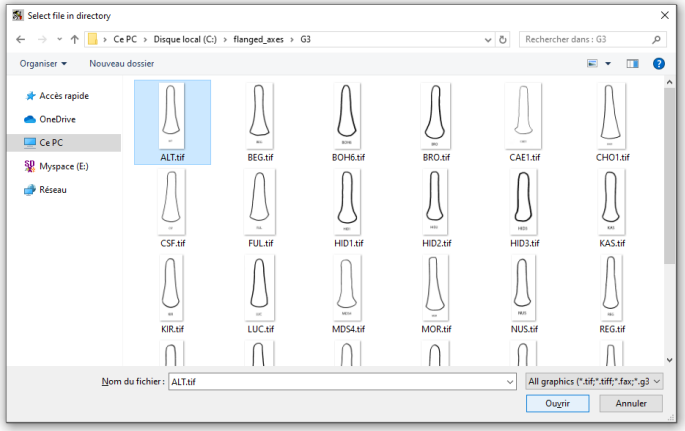
Digitize outlines

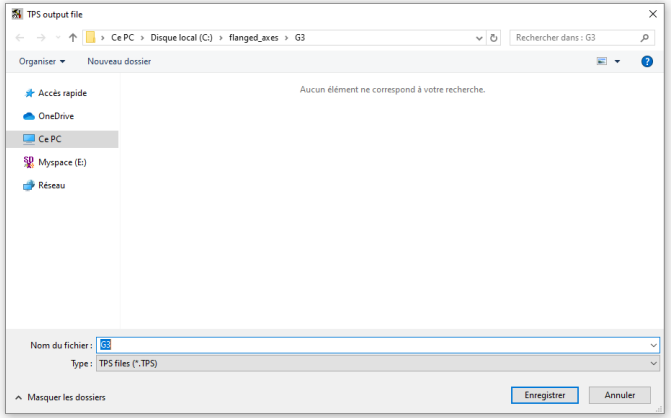
- TPS files
- for both groups of axes











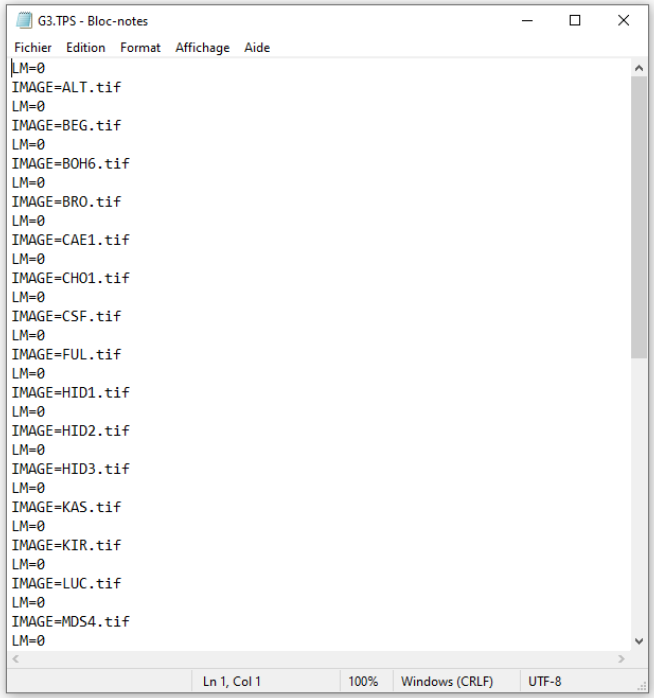
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

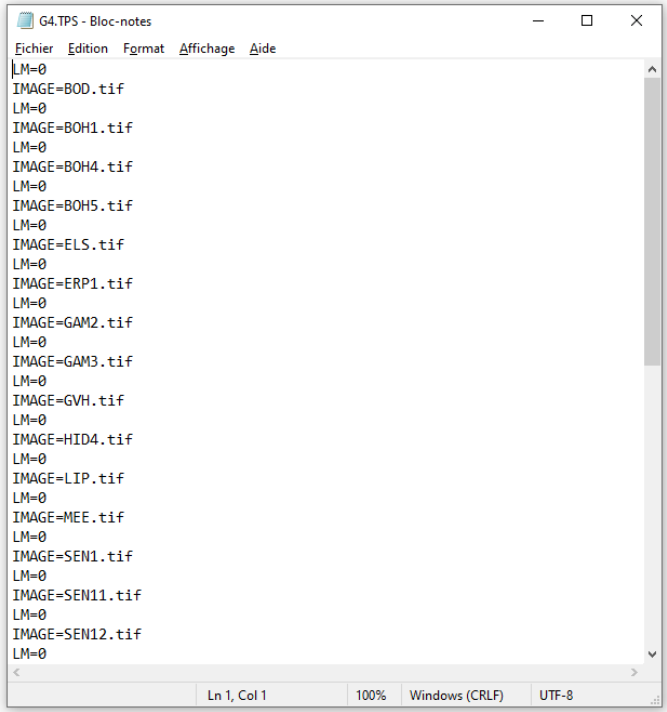
FF UHK

Flanged axes

Digitize outlines

- TPS files





EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

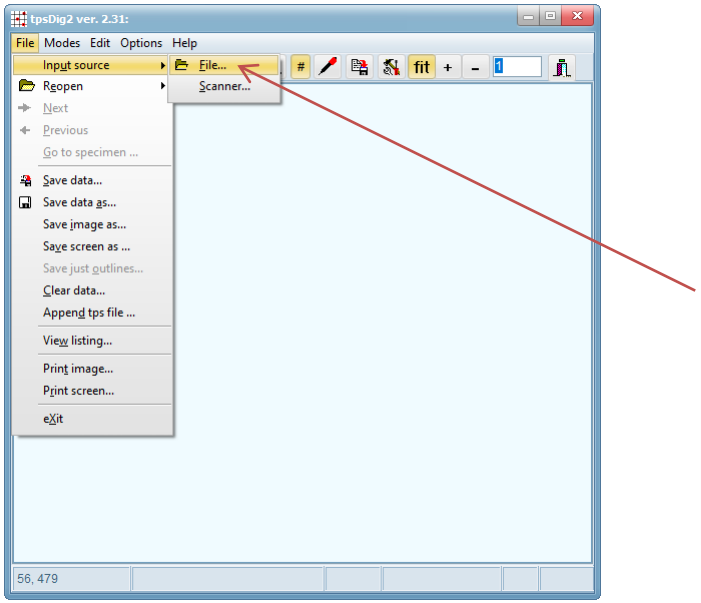
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

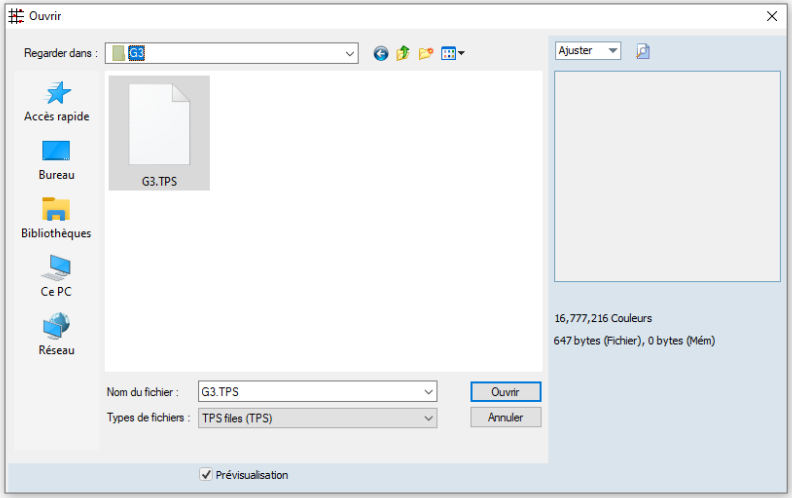
FF UHK

Flanged axes

Digitize outlines

- TPS files





EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

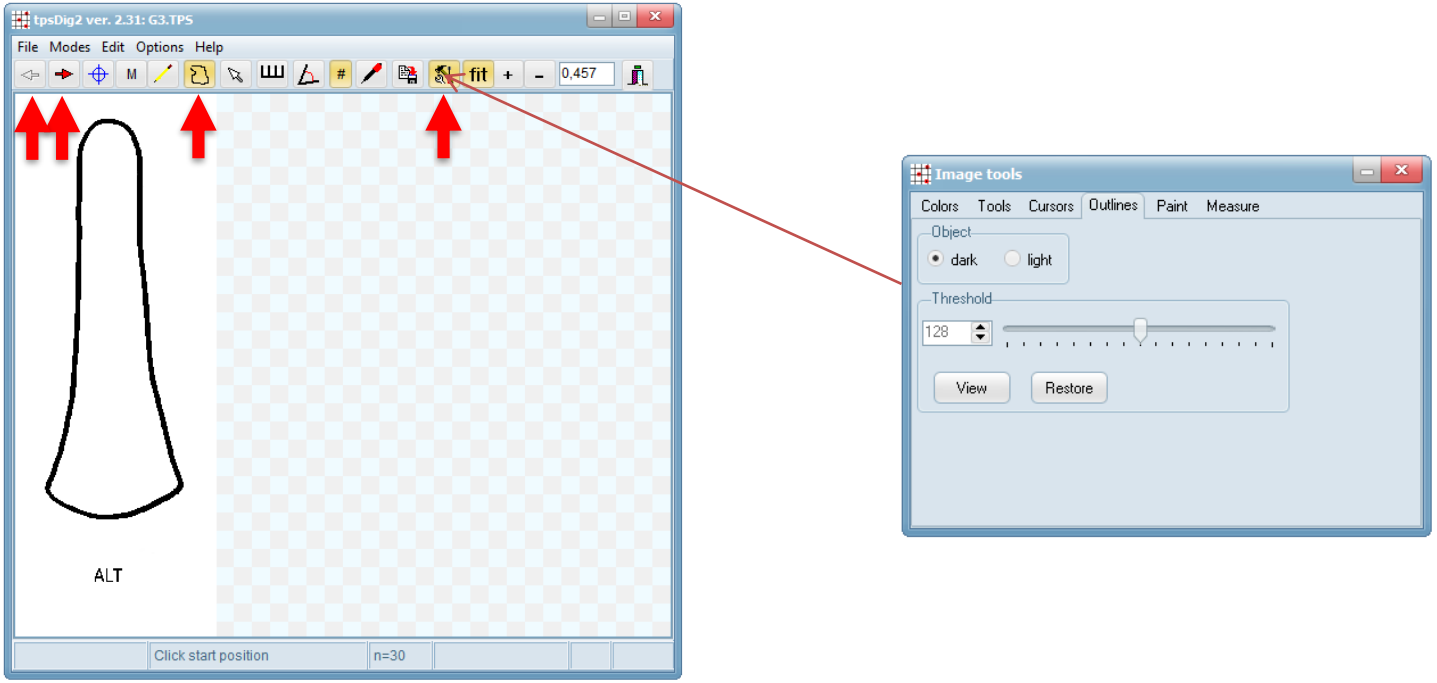
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

FF UHK

Flanged axes

Digitize outlines

- TPS files
- little bit more complicated (when working with photos), fortunately not our case



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

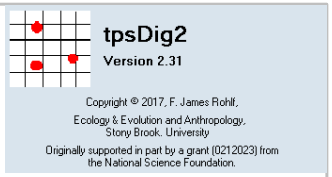
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

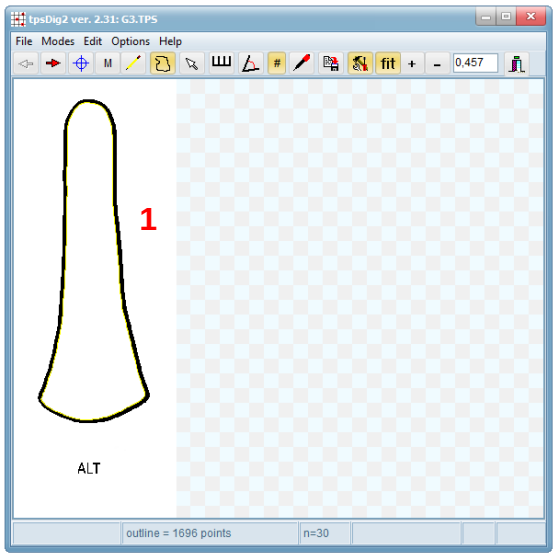
FF UHK

Flanged axes

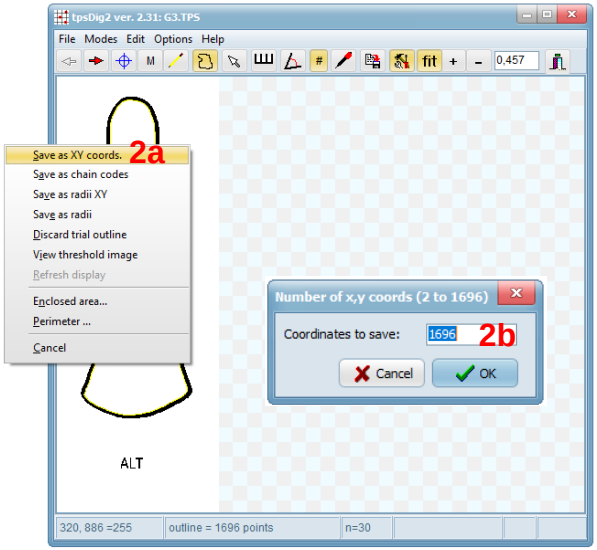
Digitize outlines

- TPS files
- little bit more complicated then landmarks

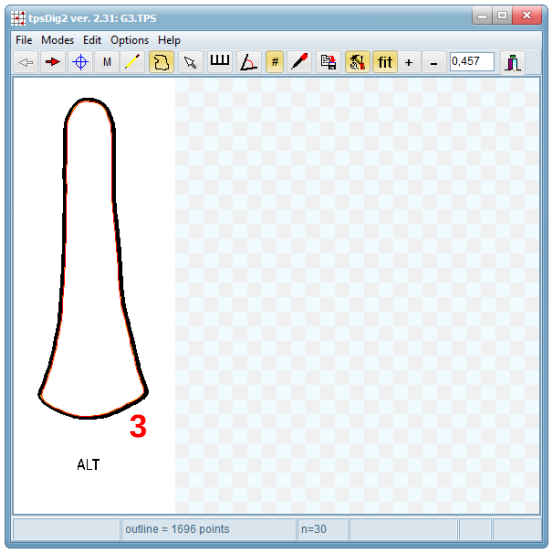




1. Left click on image (outline gets yellow)
KIR SAL



2a. Right click on image and select "Save as XY coords".
2b. Specify number of coordinates: 200



3. (if ok, outline gets red)

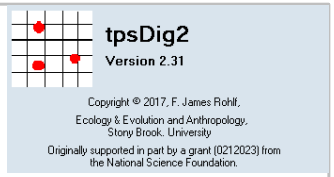
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

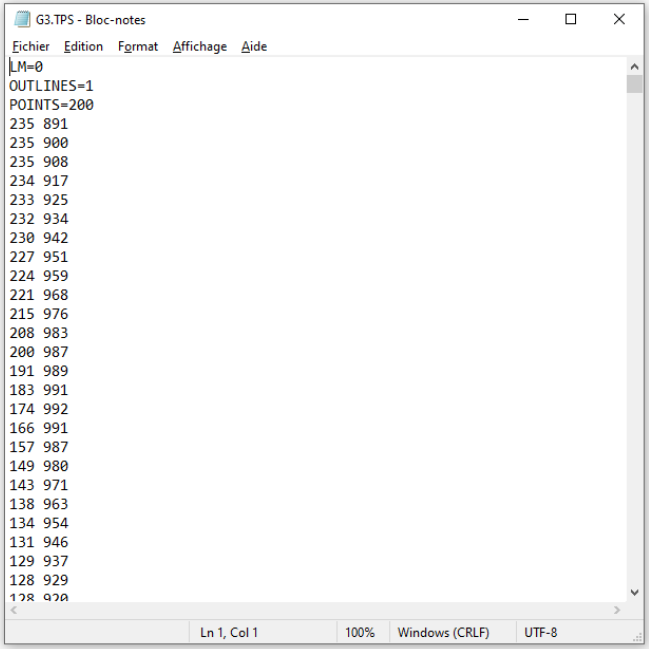
FF UHK

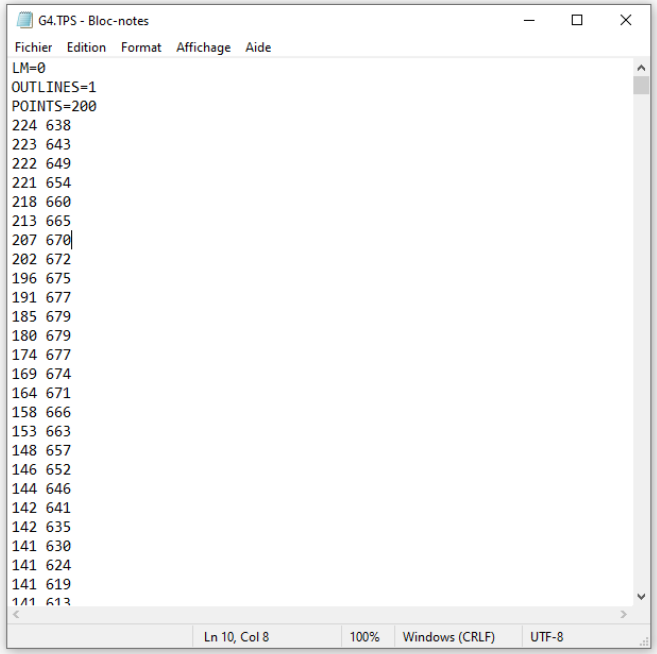
Flanged axes

Digitize outlines

- TPS files







EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

FF UHK

Flanged axes

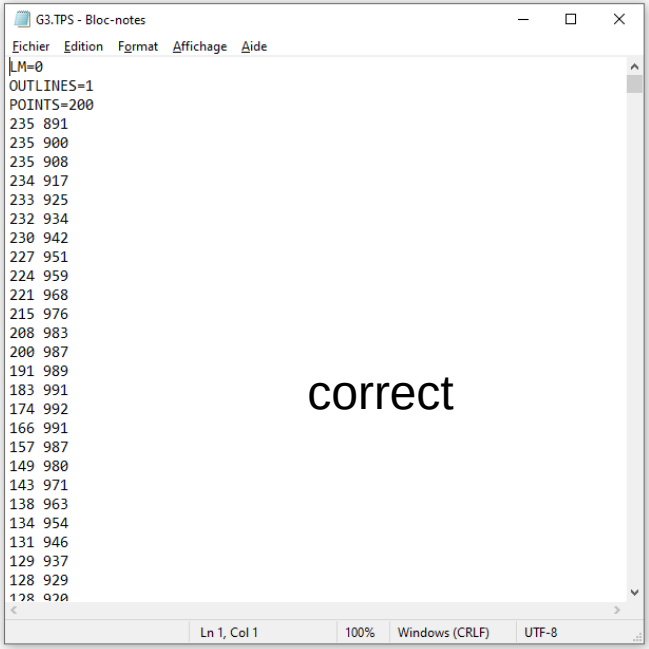
Digitize outlines

- TPS files

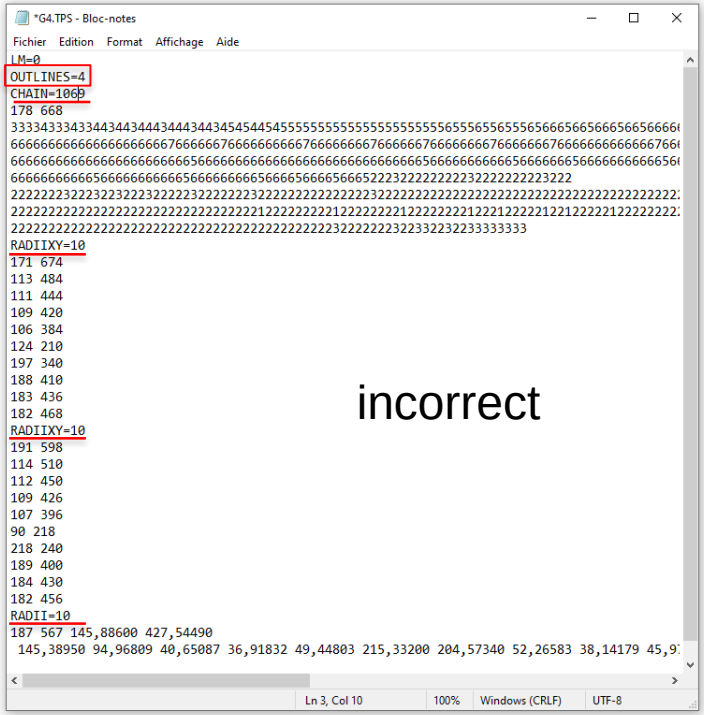
Attention, be sure that each individual has OUTLINES=1 and this outline is defined by POINTS=200 and not by RADII, RADIIXY, or by CHAIN.

tpsDig2
Version 2.31

Originally supported in part by a grant (0212023) from the National Science Foundation.



correct



incorrect

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

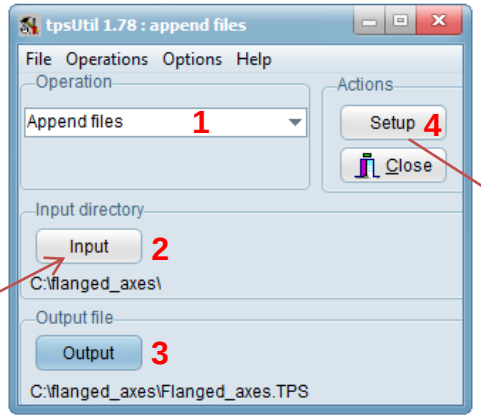
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

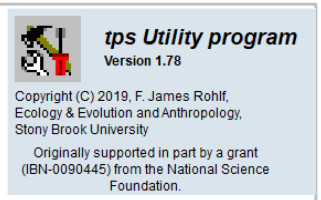
FF UHK

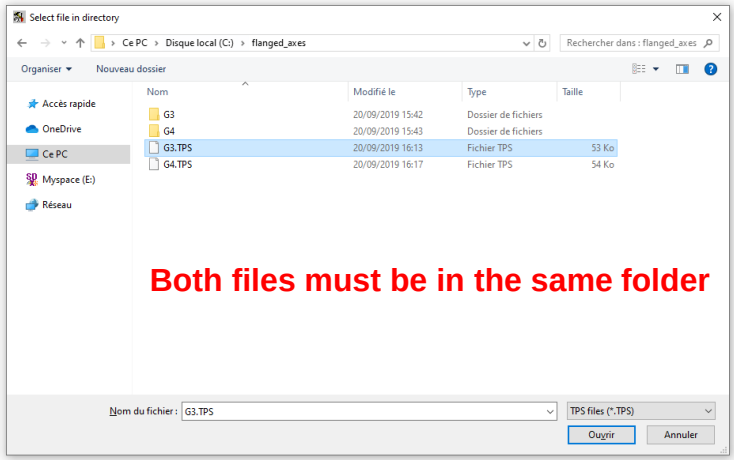
Flanged axes

Append both TPS files

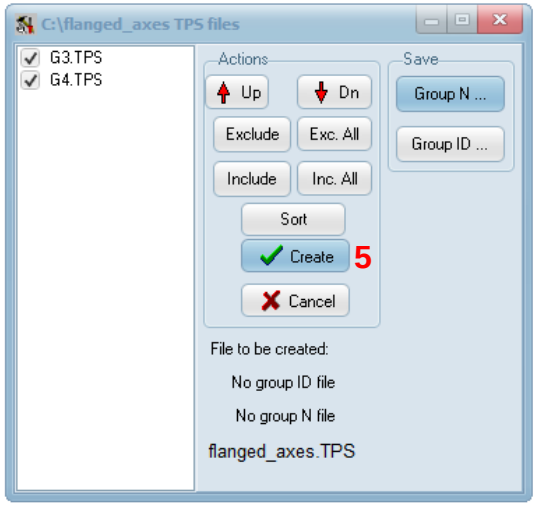
- Necessary for further analyses







Both files must be in the same folder



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

FF UHK

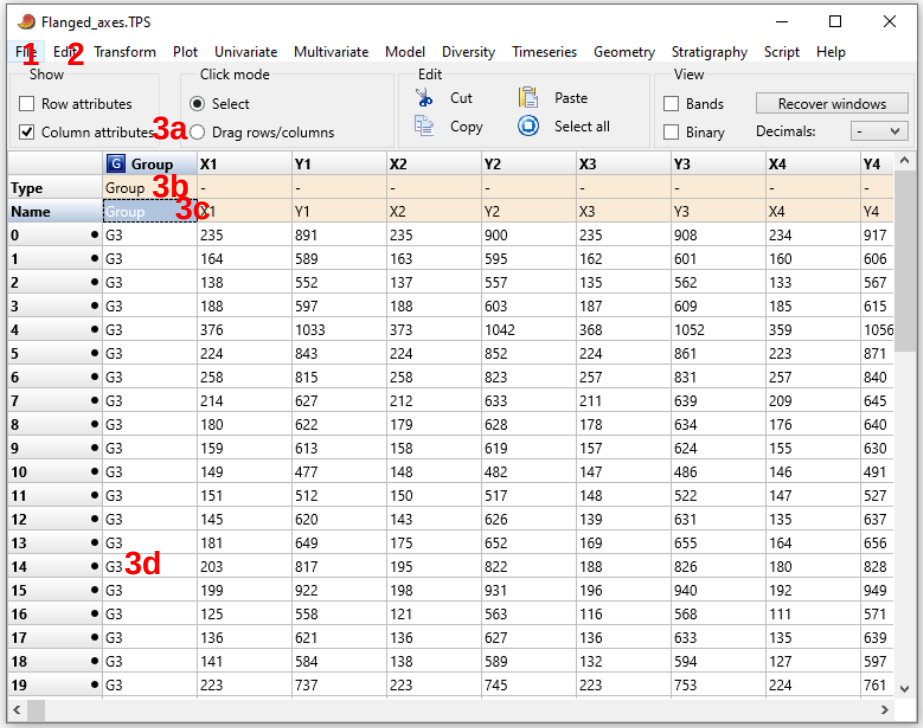
Flanged axes

Data preparation

1) Open file:
   File >> Open >> Flanged_axes.TPS

2) Add grouping column for coin type:
   Edit >> Insert more columns

3) Specify variable type of grouping column and fill it:
   a) Check Column attributes in Show panel
   b) Specify Type to Group
   c) Specify Name of Variable (Optionally)
   d) Fill group for each coin: 30 x G3, 30 x G4



	Group	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4
Type	Group	-	-	-	-	-	-	-	-
Name	Group	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4
0	G3	235	891	235	900	235	908	234	917
1	G3	164	589	163	595	162	601	160	606
2	G3	138	552	137	557	135	562	133	567
3	G3	188	597	188	603	187	609	185	615
4	G3	376	1033	373	1042	368	1052	359	1056
5	G3	224	843	224	852	224	861	223	871
6	G3	258	815	258	823	257	831	257	840
7	G3	214	627	212	633	211	639	209	645
8	G3	180	622	179	628	178	634	176	640
9	G3	159	613	158	619	157	624	155	630
10	G3	149	477	148	482	147	486	146	491
11	G3	151	512	150	517	148	522	147	527
12	G3	145	620	143	626	139	631	135	637
13	G3	181	649	175	652	169	655	164	656
14	G3	203	817	195	822	188	826	180	828
15	G3	199	922	198	931	196	940	192	949
16	G3	125	558	121	563	116	568	111	571
17	G3	136	621	136	627	136	633	135	639
18	G3	141	584	138	589	132	594	127	597
19	G3	223	737	223	745	223	753	224	761

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Flanged axes

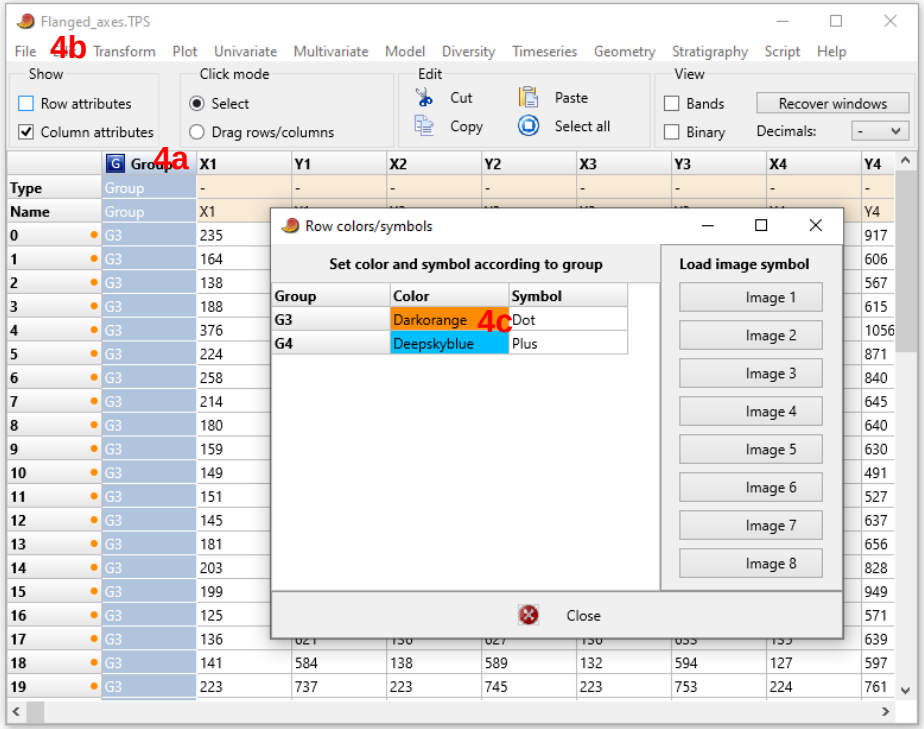
Data preparation

1) Open file:
   File >> Open >> Flanged_axes.TPS

2) Add grouping column for coin type:
   Edit >> Insert more columns

3) Specify variable type of grouping column and fill it:
   a) Check Column attributes in Show panel
   b) Specify Type to Group
   c) Specify Name of Variable (Optionally)
   d) Fill group for each coin: 30 x G3, 30 x G4

4) Specify colours for coins based on grouping column
   a) Select grouping column
   b) Edit >> Row colors/symbols
   c) Adjust as you wish

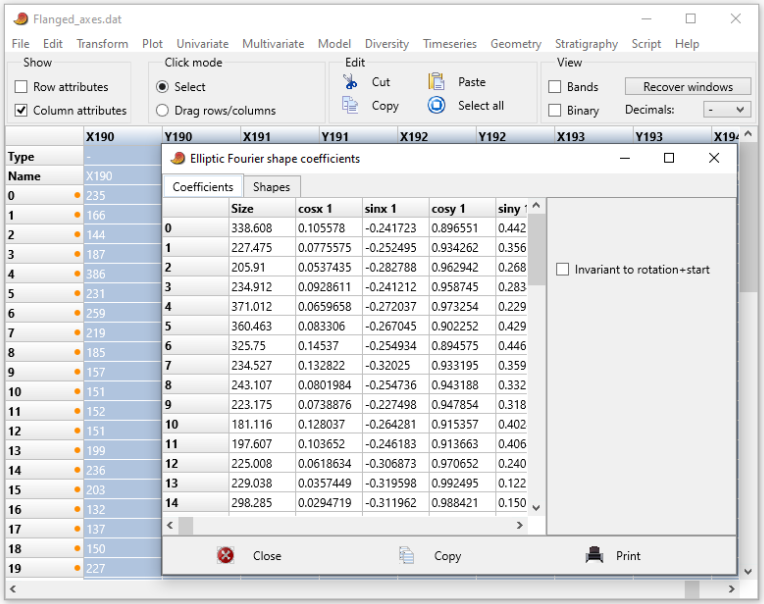


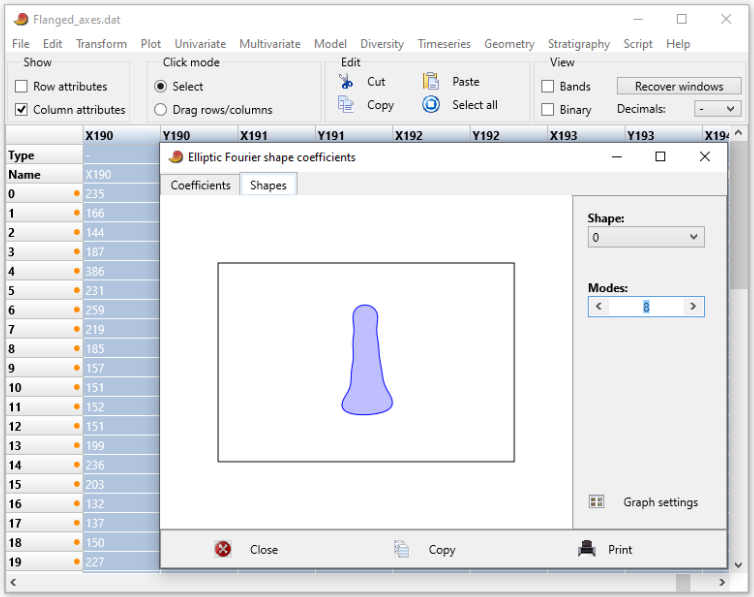
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Flanged axes

Elliptic Fourier Analysis (EFA)

Geometry >> Elliptic Fourier (2D outlines) >> EFA coefficients



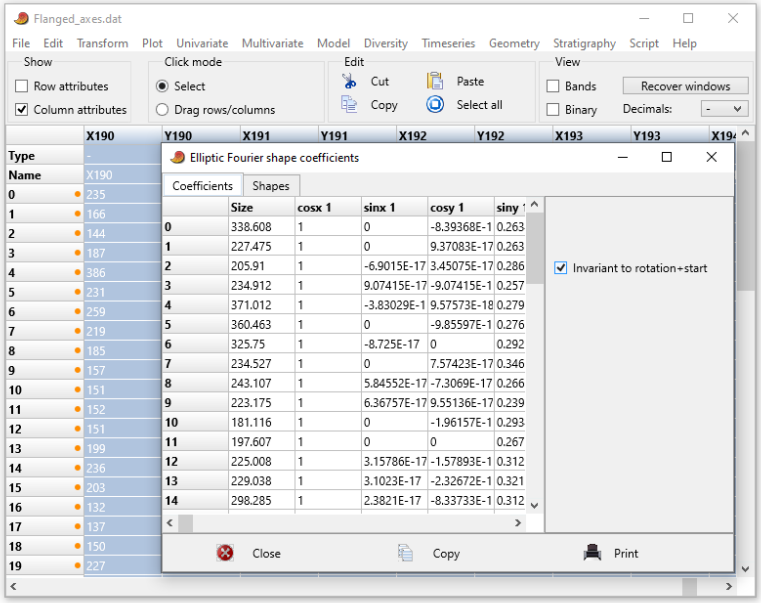


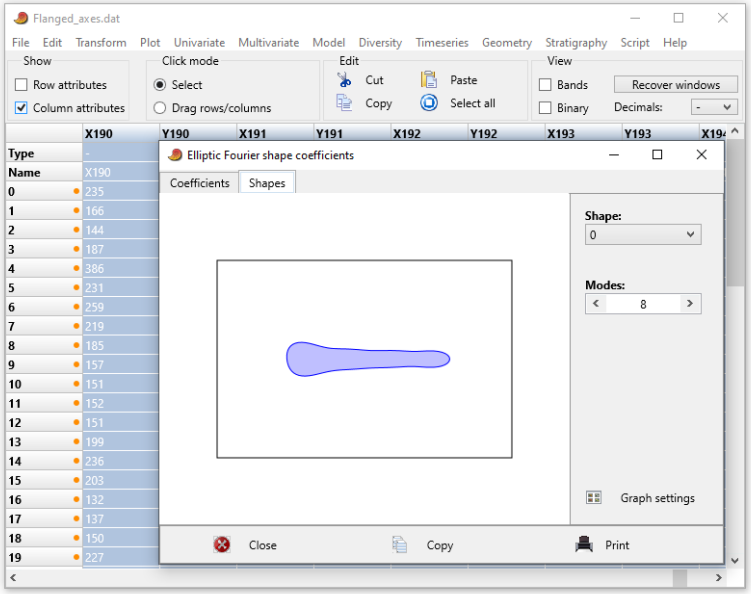
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Flanged axes

Normalised Elliptic Fourier Analysis (NEFA)

Geometry >> Elliptic Fourier (2D outlines) >> EFA coefficients





EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

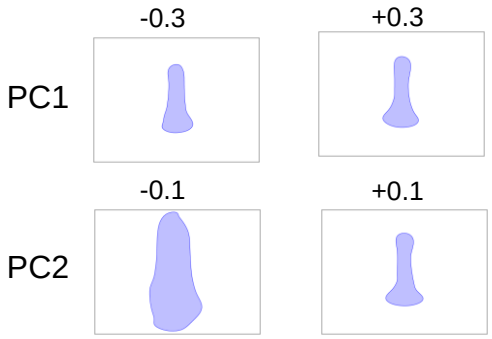
Flanged axes

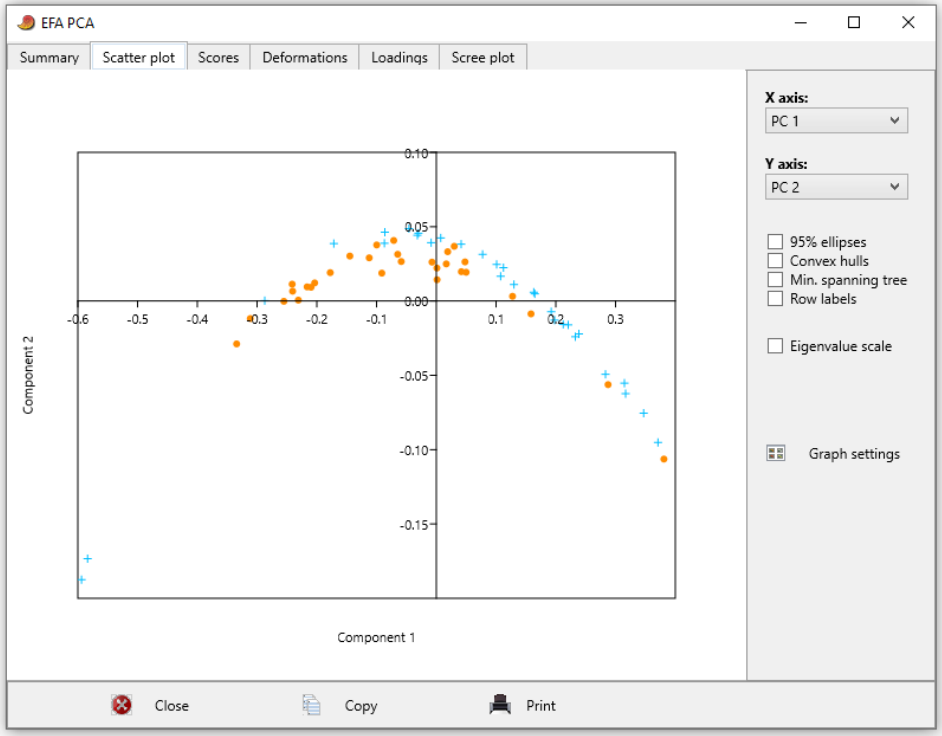
Principal Component Analysis (PCA)

Geometry >> Elliptic Fourier (2D outlines) >> EFA PCA
specify number of harmonics used (Modes)
specify **EFA** / NEFA

Description and discussion

- how much information we see in graphics?
- how many components are meaningful?
- **what is represented by the first PC?**
- **horse-shoe**
- are there differences between groups?
- are there outliers? If so, comment.
- …





EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

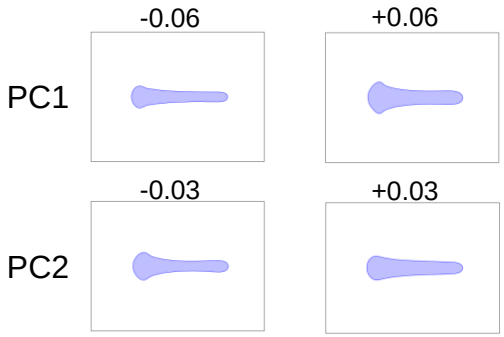
Flanged axes

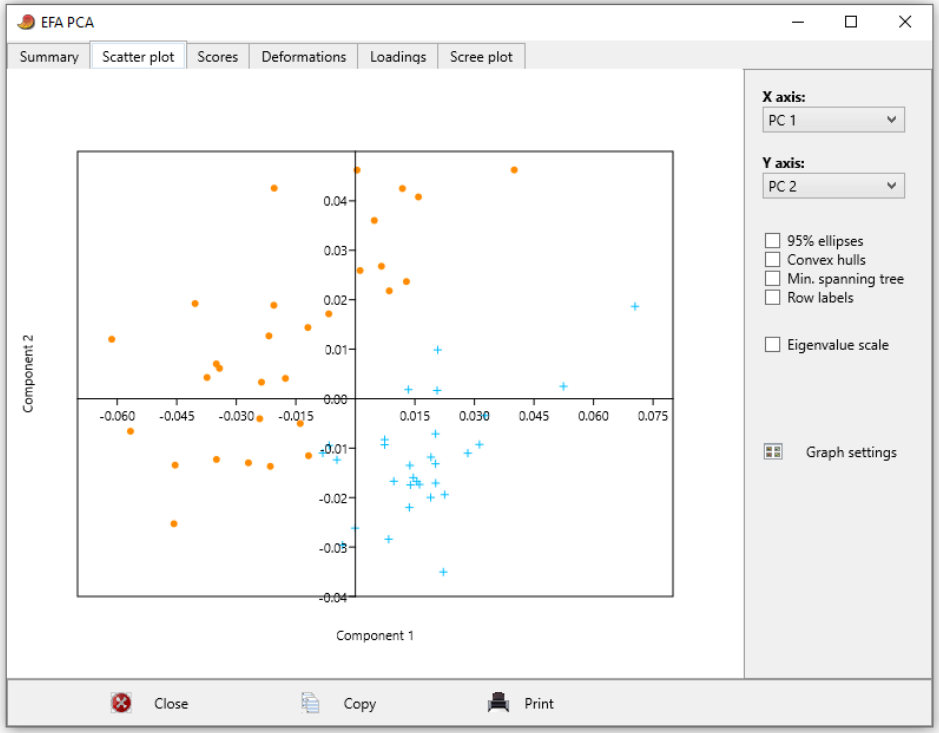
Principal Component Analysis (PCA)

Geometry >> Elliptic Fourier (2D outlines) >> EFA PCA
specify number of harmonics used (Modes)
specify EFA / **NEFA**

Description and discussion

- how much information we see in graphics?
- how many components are meaningful?
- what is represented by first components?
- are there differences between groups?
- what shapes characterise groups?
- are there outliers? If so, comment.
- …





EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

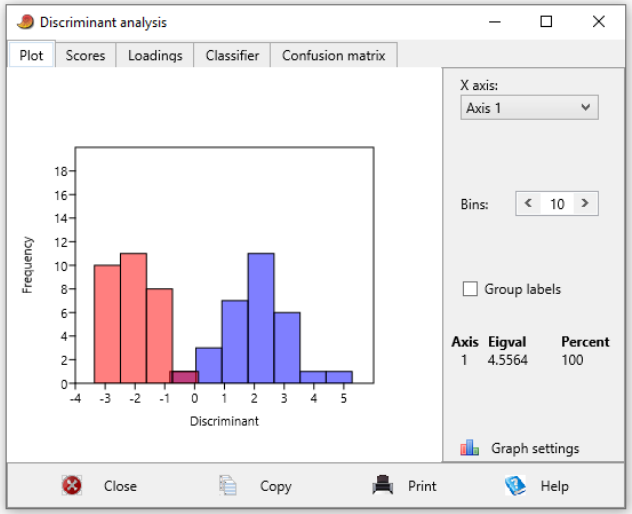
Flanged axes

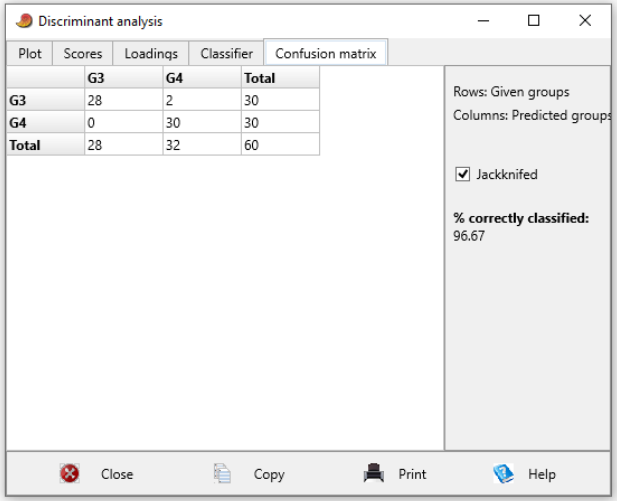
Linear discriminant analysis (LDA)

1) Open file: Flanged_axes_efa_pca.dat (contains Scores of PCA calculated before)

2) Select 10 PC accounting for 97.2 % of variance

3) Perform LDA
   Multivariate >> Ordination >> Discriminant analysis (LDA)





EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

FF UHK

Flanged axes

MANOVA and PERMANOVA

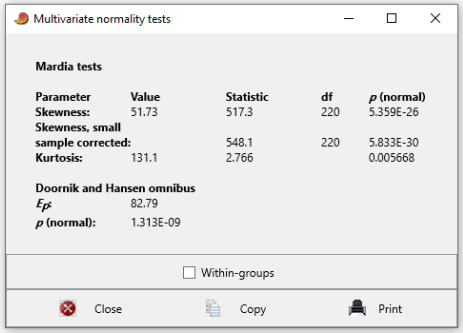
1) Open file: Flanged_axes_efa_pca.dat (contains Scores of PCA calculated before)

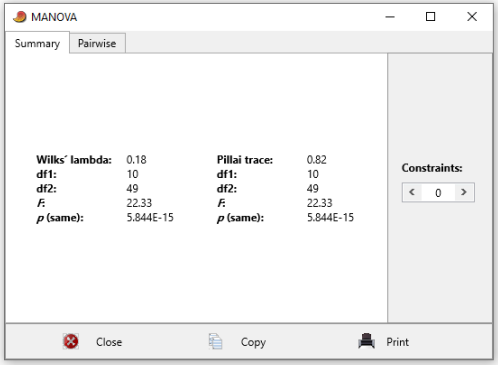
2) Select 10 PC accounting for 97.2 % of variance

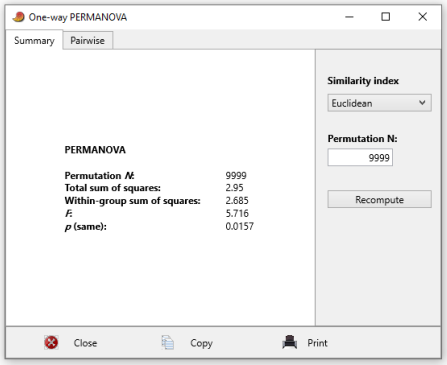
3) Perform Normality test
   Multivariate >> Tests >> Multivariate Normality

4) Perform MANOVA
   Multivariate >> Tests >> MANOVA

5) Perform PERMANOVA
   Multivariate >> Tests >> PERMANOVA







EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

References

- Wilczek, J., Monna, F., Gabillot, M., Navarro, N., Rusch, L., Chateau, C., 2015. Unsupervised model-based clustering for typological classification of Middle Bronze Age flanged axes. J. Archaeol. Sci. - Rep. 3, 381–391.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY