

IMAGE TEXTURE ANALYSIS IN BIOMEDICAL APPLICATIONS

Michał Strzelecki

Institute of Electronics,
Technical University of Lodz, Poland
Division of Electronics and Information Engineering,
Chonbuk National University, Jeonju, Korea



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna
współfinansowana przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –
zarządzanie Uczelnią,
nowoczesna oferta edukacyjna
i wzmacniania zdolności do zatrudniania
osób niepełnosprawnych”*



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,
tel. 042 631 28 83
www.kapitalludzki.p.lodz.pl

Presentation outline



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



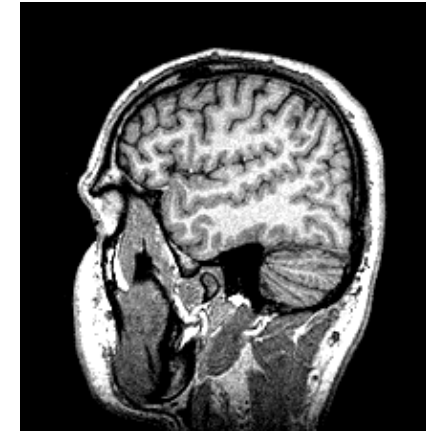
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

- Introduction
- Image texture
- Image analysis flowchart
- Medical applications
- MaZda - software for image analysis
- Conclusion



Last decades of 20. century:

- development of microelectronics and computer science
- advances in medical imaging
- medical diagnosis:



qualitative description -> quantitative analysis



It is based on image analysis
(projections or cross-sections)

Texture definition

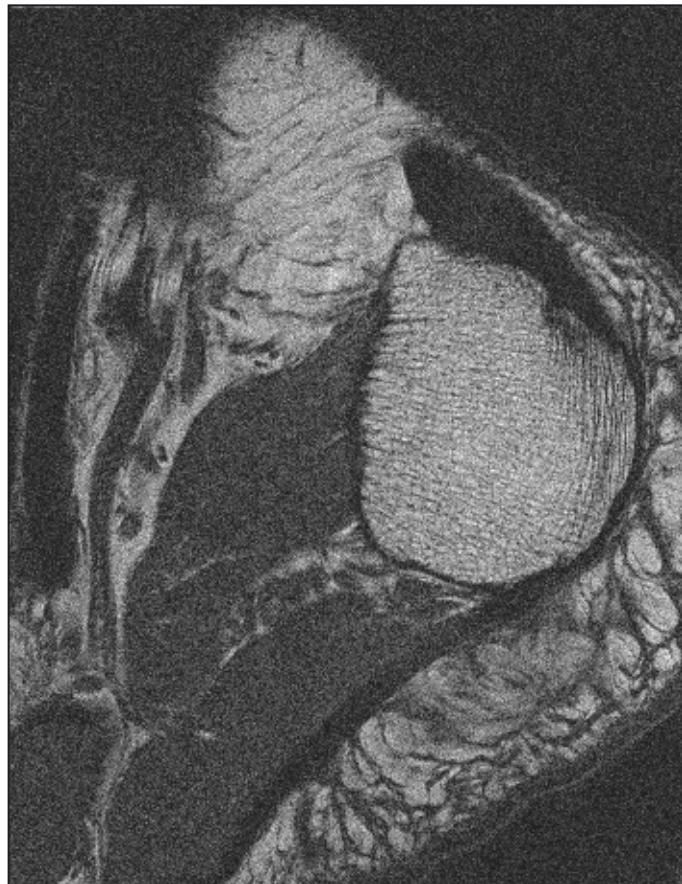


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Texture – complex visual patterns, composed of spatially organized entities that have characteristic brightness, color, shape, size.

This local sub-patterns are characterized by given coarseness, roughness, regularity, contrast etc.

Texture is homogeneous for human visual system.



Texture properties



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

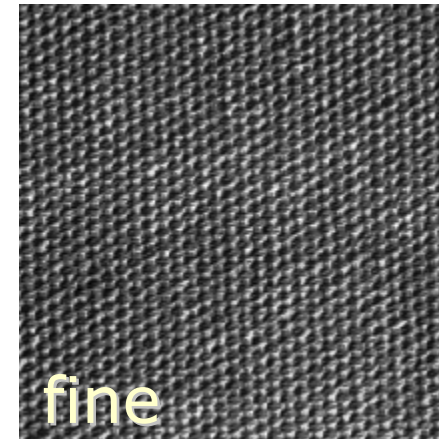
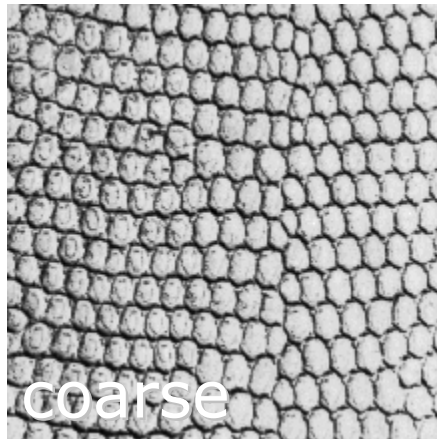


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

One of the first qualitative/quantitative texture description: **Tamura et al. 1978**

Texture features that correspond to human visual perception:

coarseness, contrast, directionality, line-likeness, regularity, roughness



correlation (human perception, mathematical definition): 0.83



Texture properties

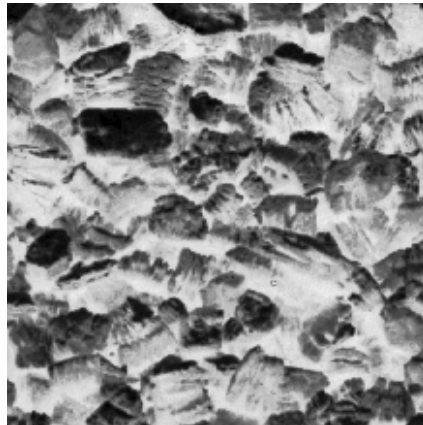


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

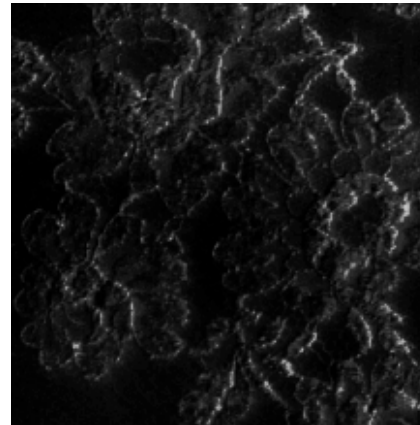
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

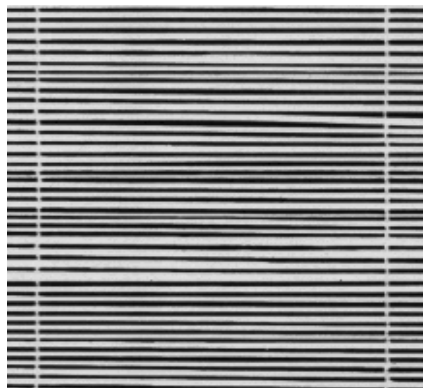


high-contrast

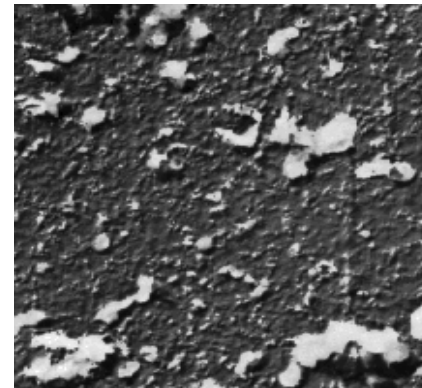


low-contrast

corr = 0.94



directional



non-directional

corr = 0.82



Texture examples



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

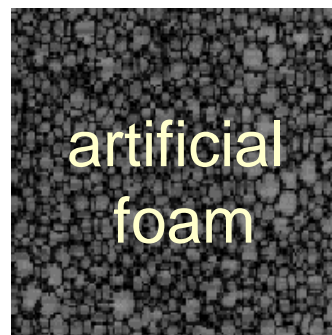
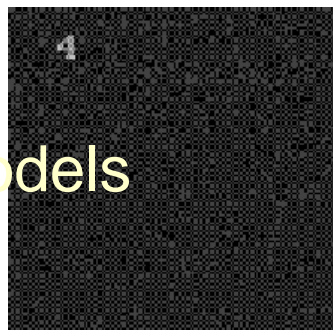
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



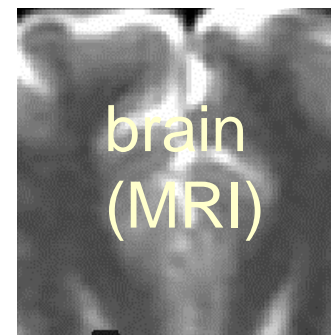
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



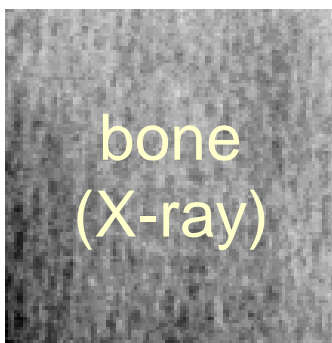
MRF models



artificial
foam



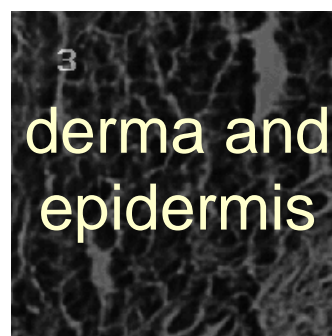
brain
(MRI)



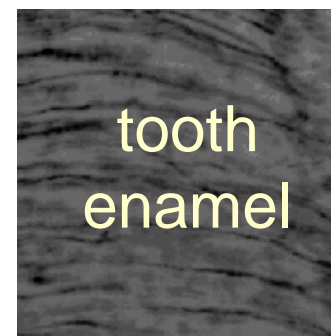
bone
(X-ray)



skin
mast cells



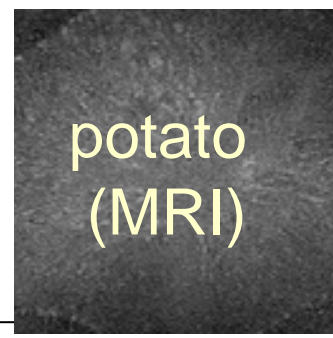
derma and
epidermis



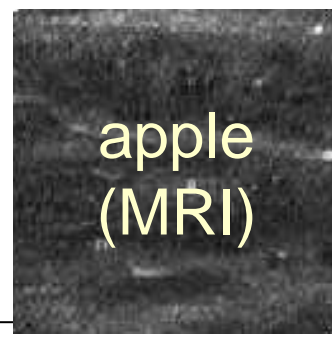
tooth
enamel



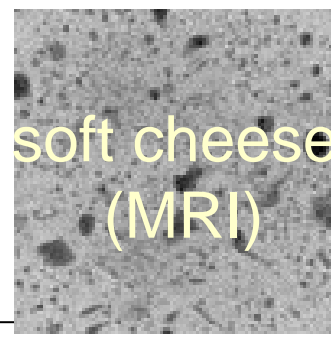
plastic



potato
(MRI)



apple
(MRI)



soft cheese
(MRI)



Example of biomedical image analysis



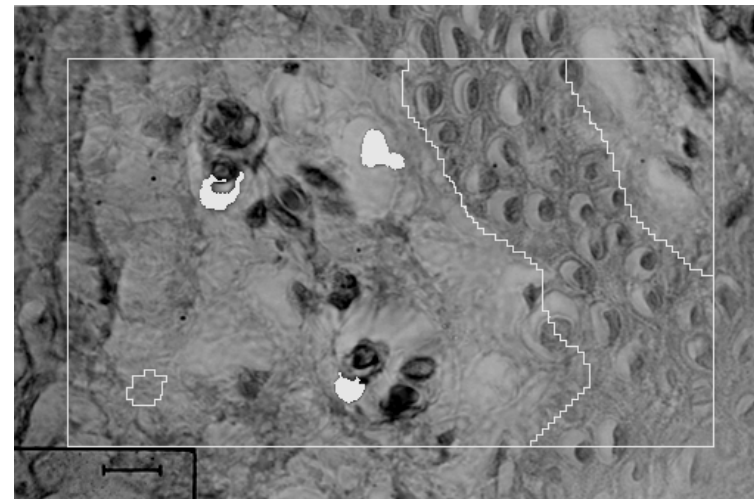
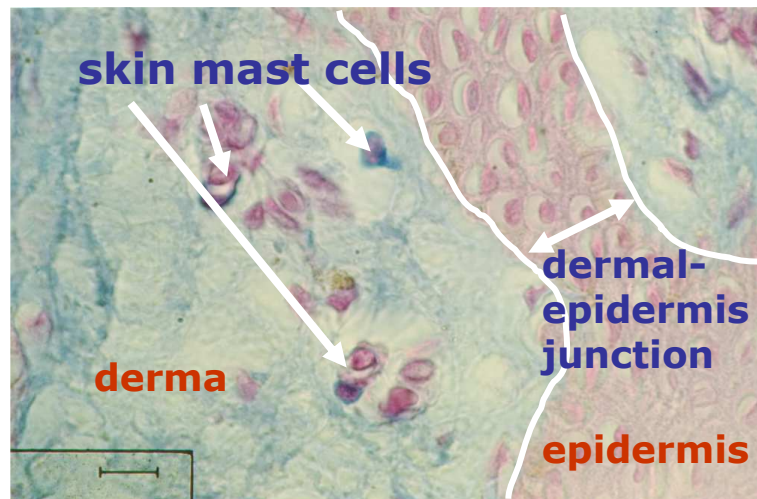
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

- detection of skin mast cells
- calculation of their parameters
(eg. area, distance from D-E junction)



Computer system for image processing and analysis

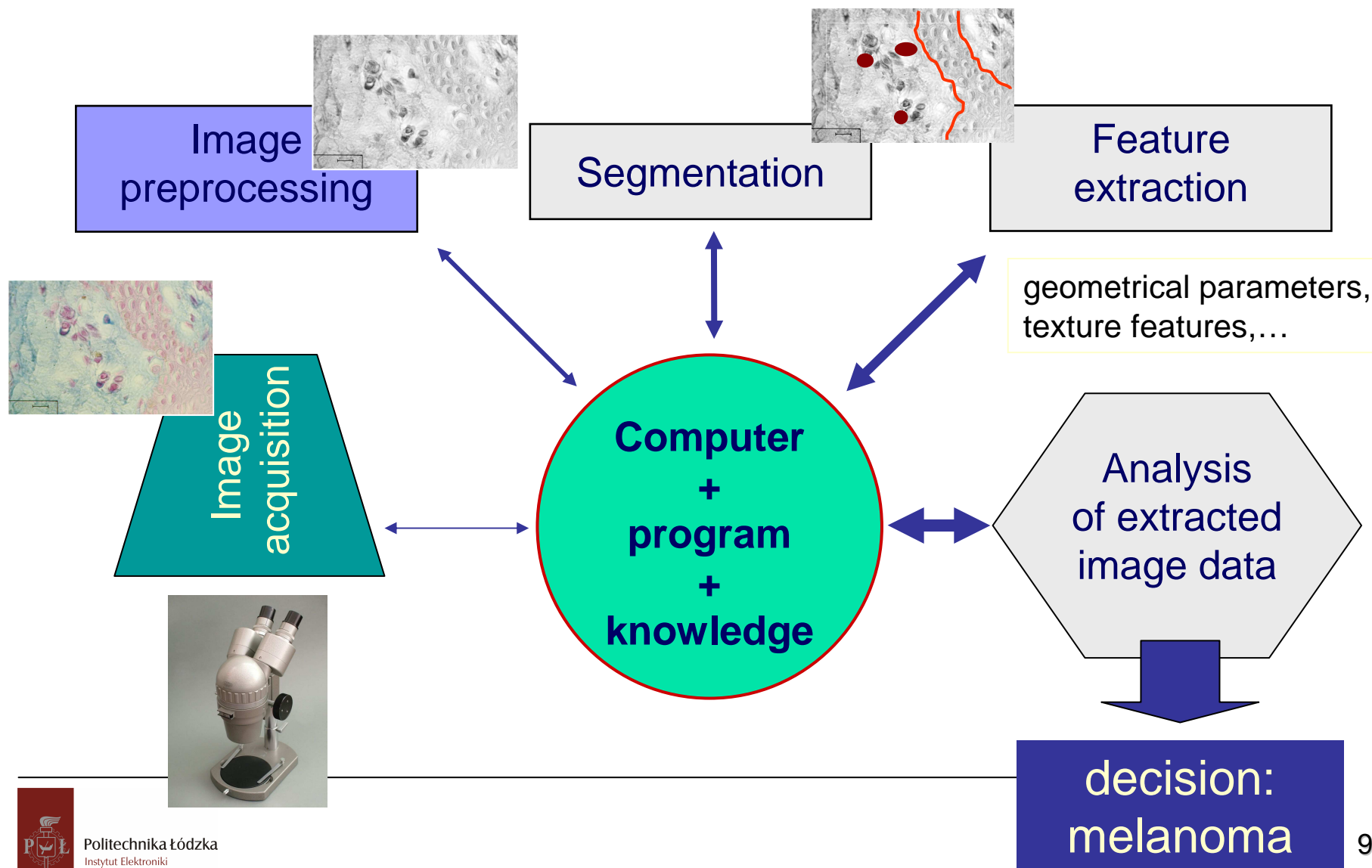


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



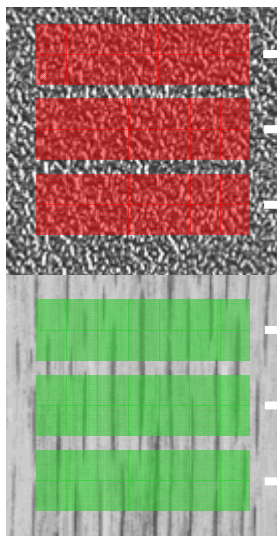
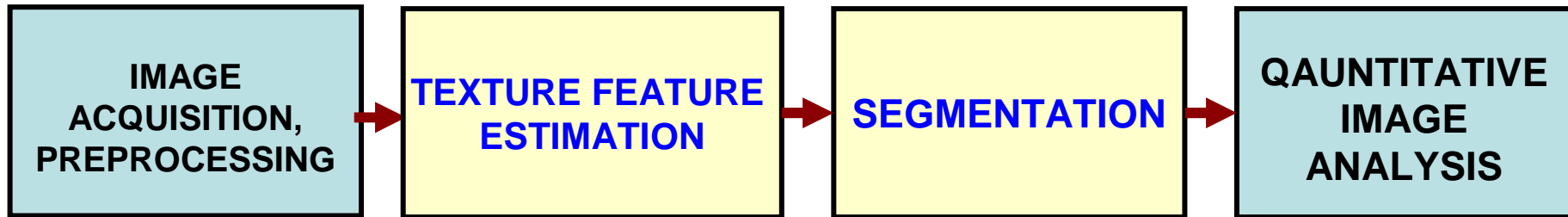
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Image analysis flowchart

- splitting of the image into disjoint, homogeneous regions



$$f_1^1 = (f_{1'}, f_{2'}, \dots)$$

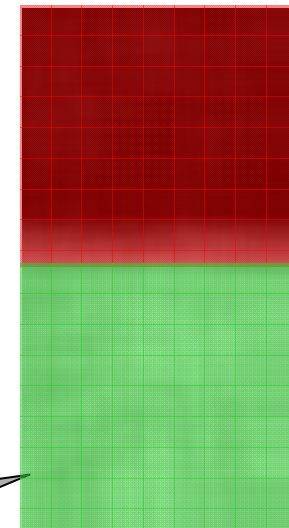
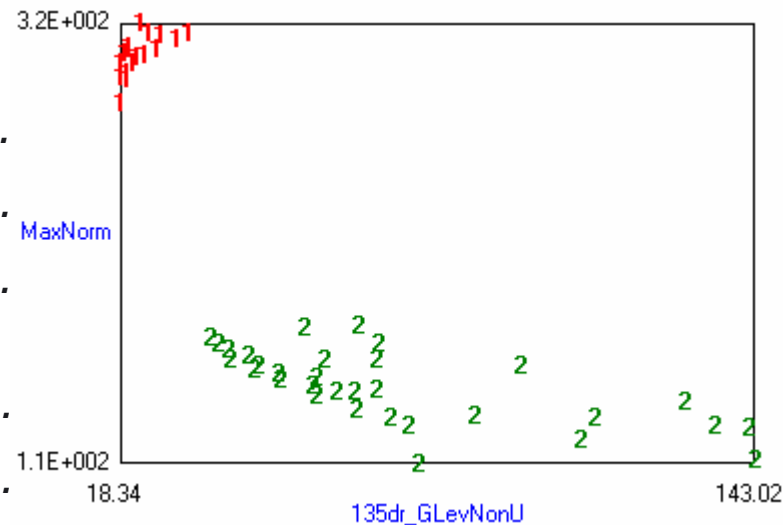
$$f_2^1 = (f_{1'}, f_{2'}, \dots)$$

$$f_3^1 = (f_{1'}, f_{2'}, \dots)$$

$$f_1^2 = (f_{1'}, f_{2'}, \dots)$$

$$f_2^2 = (f_{1'}, f_{2'}, \dots)$$

$$f_3^2 = (f_{1'}, f_{2'}, \dots, \Gamma_D)$$



texture feature map
(texture feature estimated for each image point)

Texture feature extraction



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



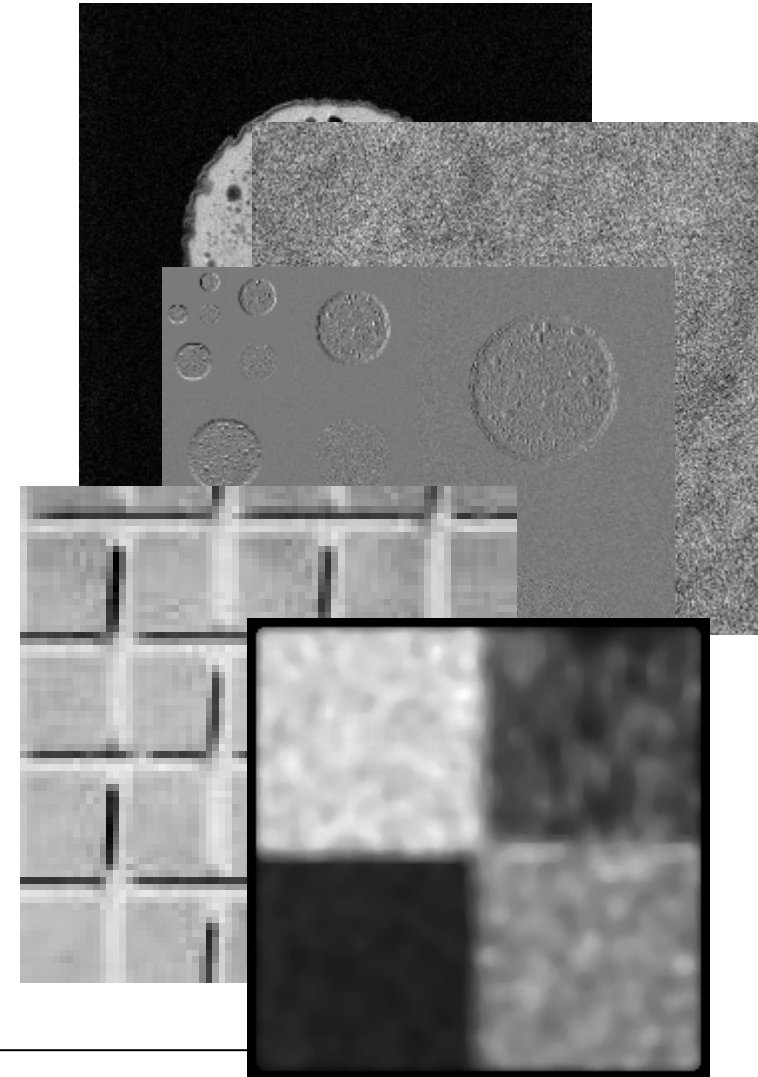
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

o statistical

- image intensity domain
- mathematical models
- transform based

o structural

o signal processing



Statistical approach



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

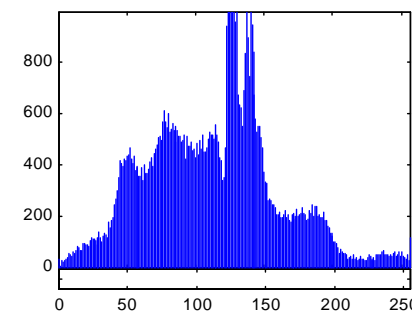
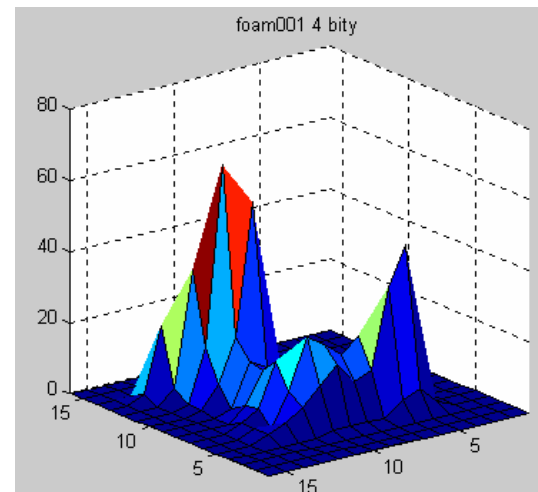
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

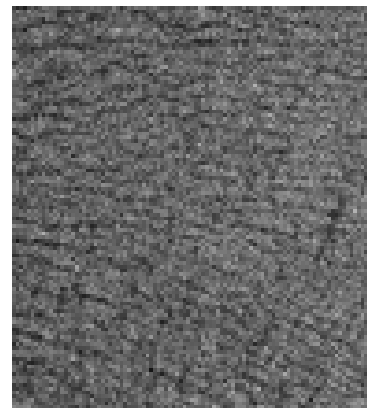
feature extraction in image intensity domain

- histogram
- co-occurrence matrix
 - 2nd order histogram [Haralick et al.1973]
- higher order statistics [Kovalev & Petrou 1996]
- run-length matrix [Haralick 1979]
- gradient matrix
- ...

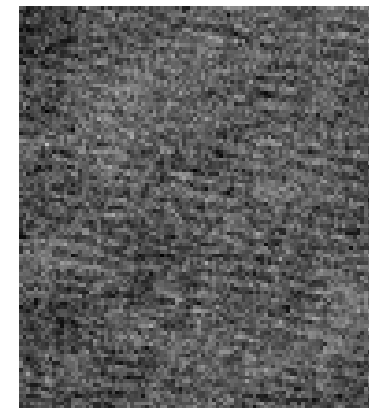


mathematical model parameter estimation

- Markov random fields [Geman & Geman 1984]
- autoregressive models [Chelappa et al. 1985]
- fractals [Chen et al. 1990]



bone tissue



GMRF model

Statistical approach



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

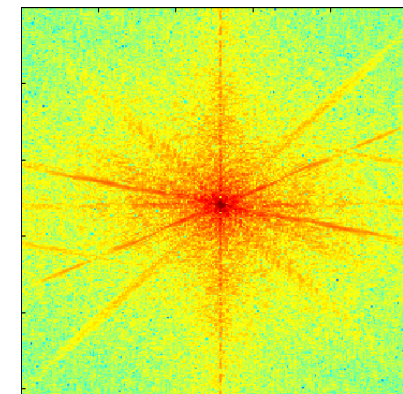
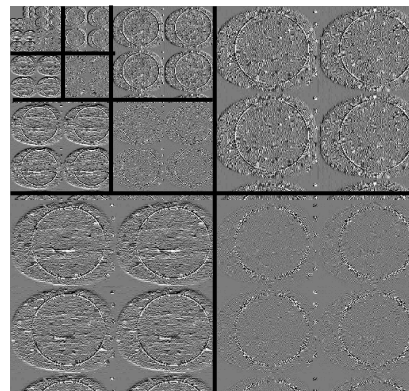
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



- Fourier transform
- Gabor filters [Dunn et al. 1994]
- Wavelet transform [Choi & Baraniuk 2001]



Structural approach



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

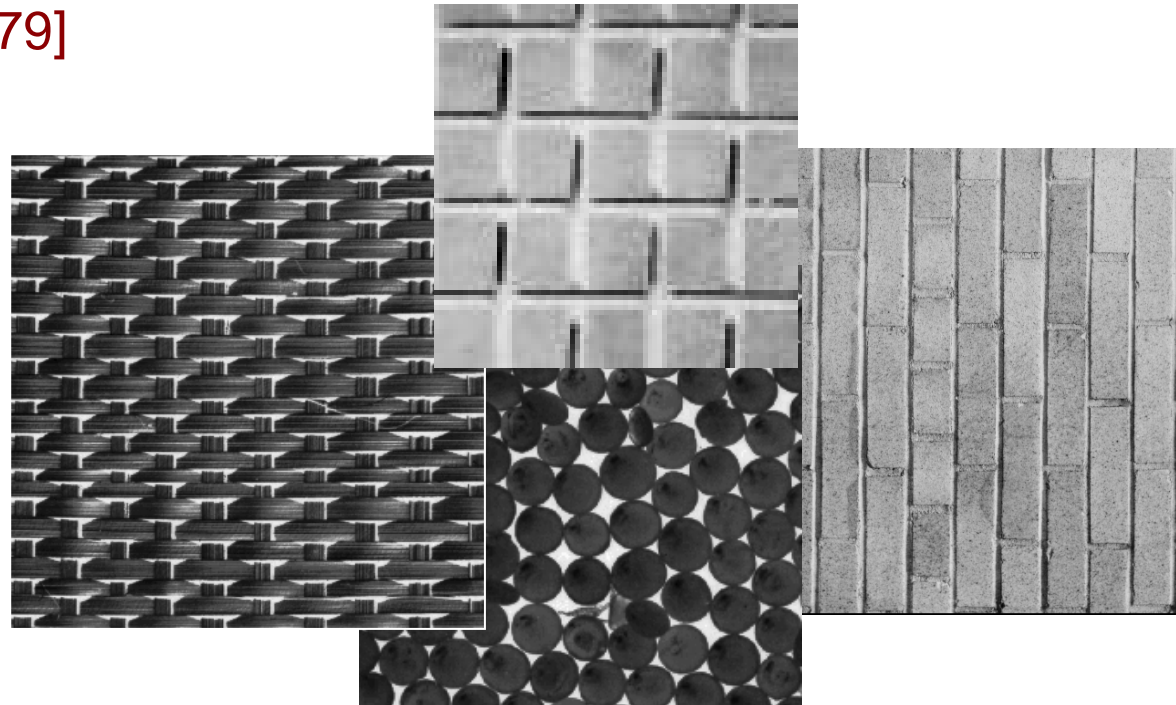
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

- texel – a basic, repetitive texture element
- placement rules

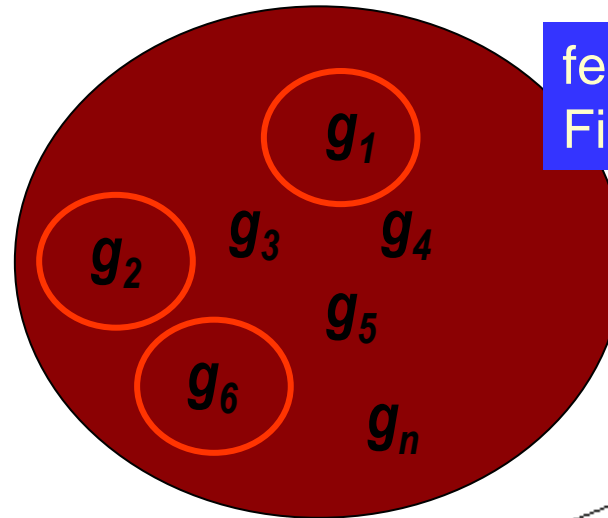
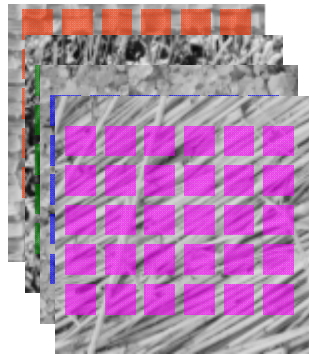
[Haralick 1979]



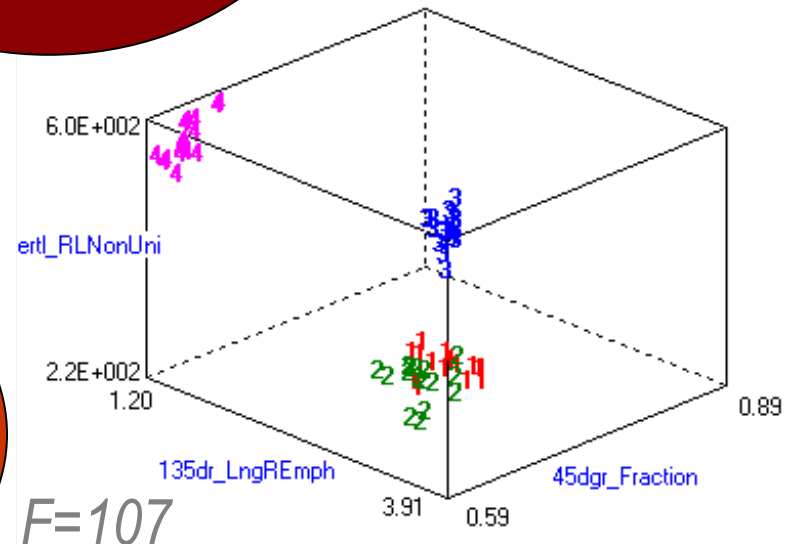
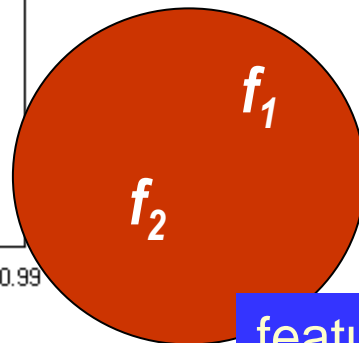
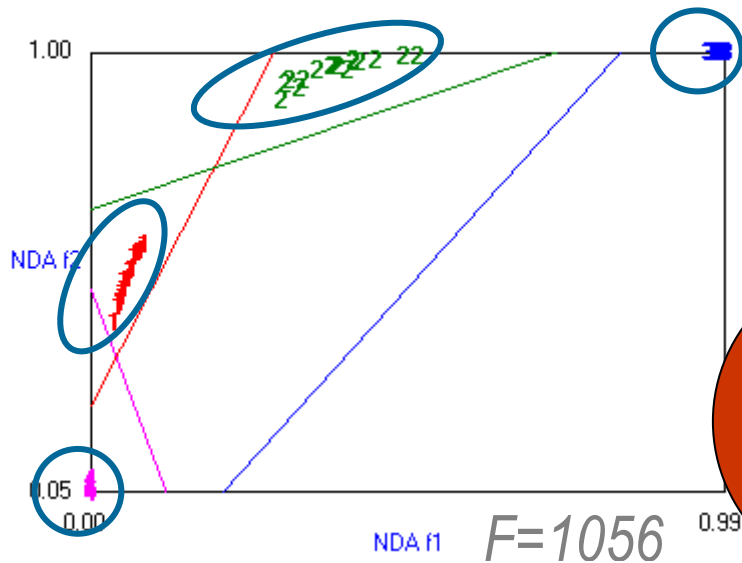


Feature selection for further analysis

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



feature selection:
Fisher, POE, MI



feature projection:
LDA, PCA, NDA



Texture classification

wrist bone X-ray images

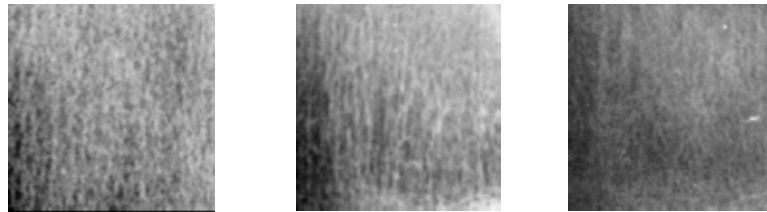


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

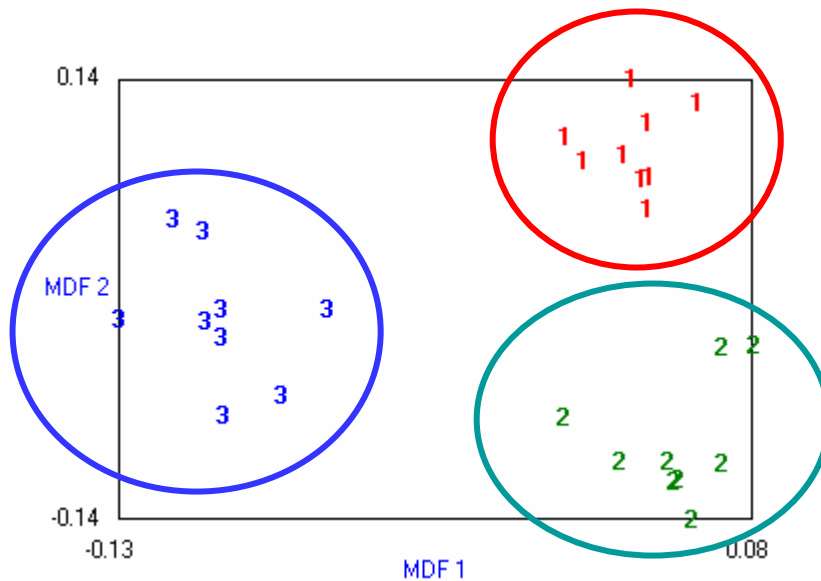
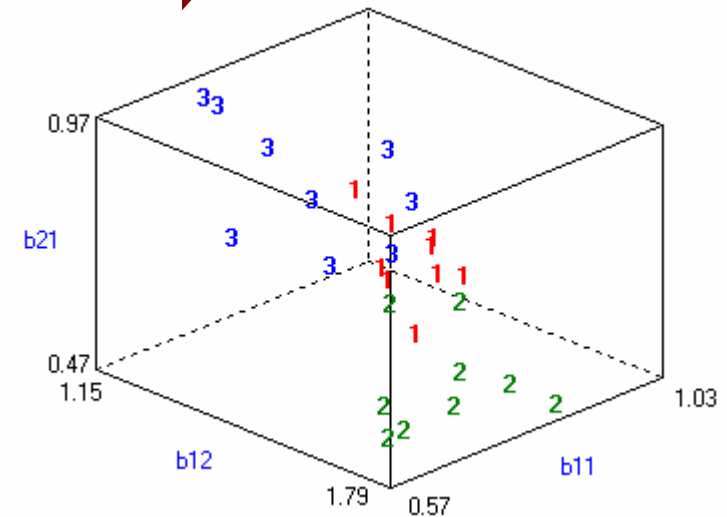


healthy (1)

osteopenia (2)

osteoporosis (3)

2nd order MRF features



LDA

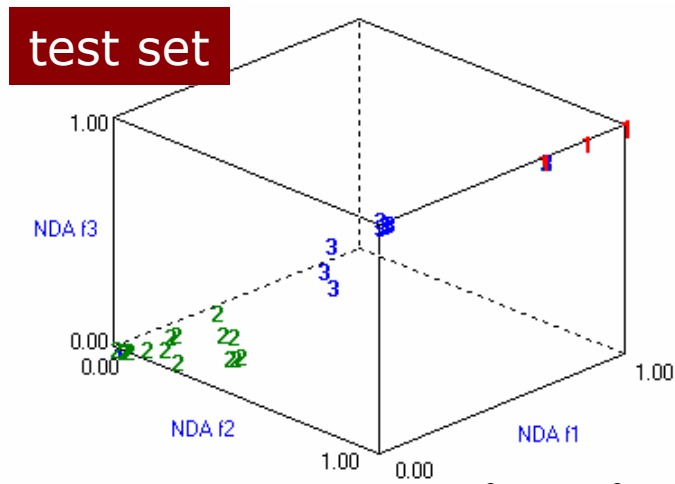
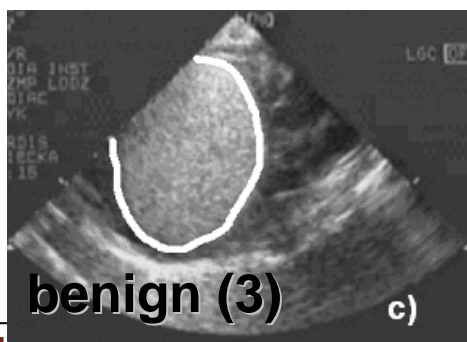
class. err.: 2/27 [7.4%]

class. err.: 0/27 [0%]



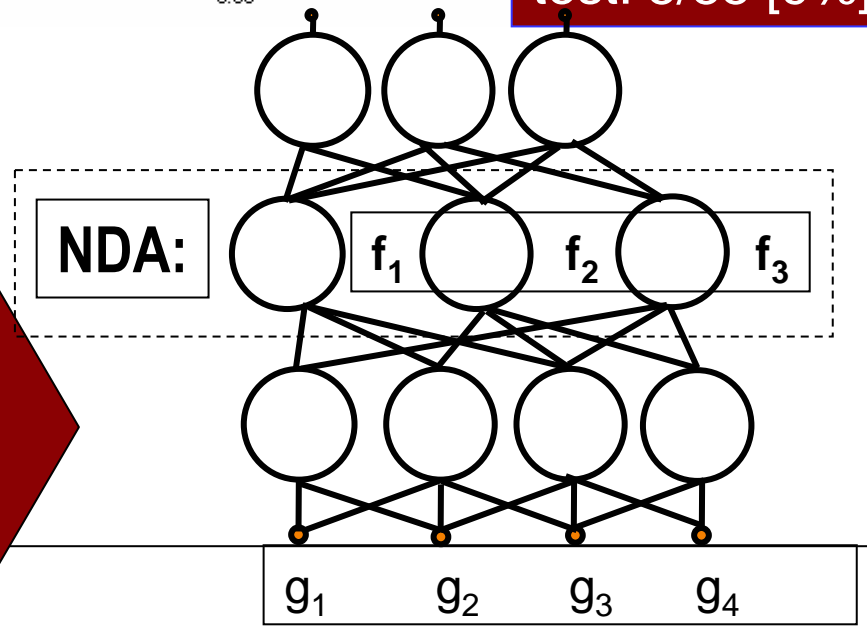
Texture classification

Heart masses (ultrasound images)



class. errors:
train.: 10/108 [9%]
test: 5/55 [9%]

statistical features



Texture classification

Breast tumors (thermograms)

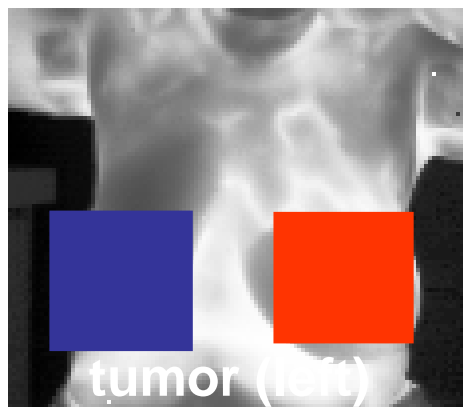
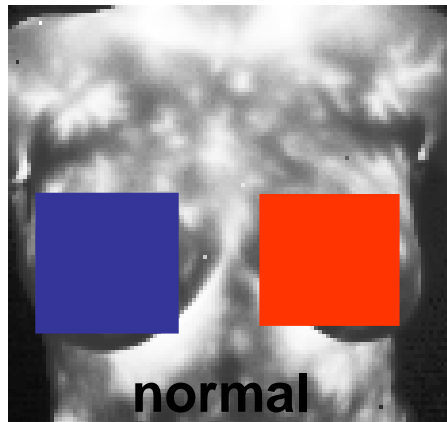


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



histogram,
co-occurrence
matrix

1-NN classifier	Control (false positive)	Diseased (false negative)
Raw data	2/10	3/30
LDA	1/10	1/30

reference method:
mammography and/or biopsy



Texture classification

Liver diseases (3D MR images)

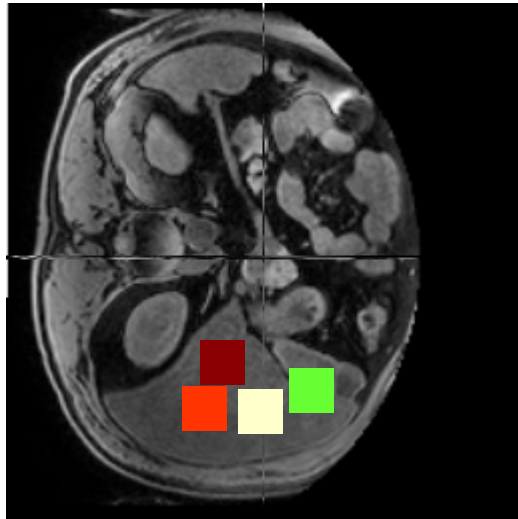


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

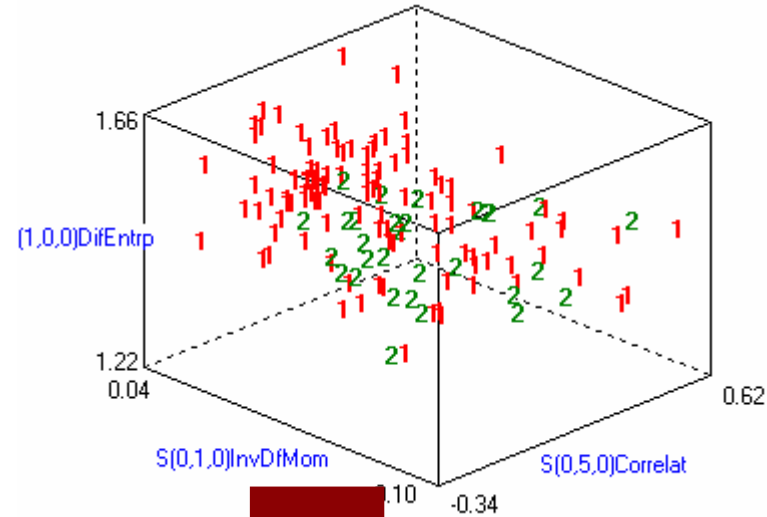
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



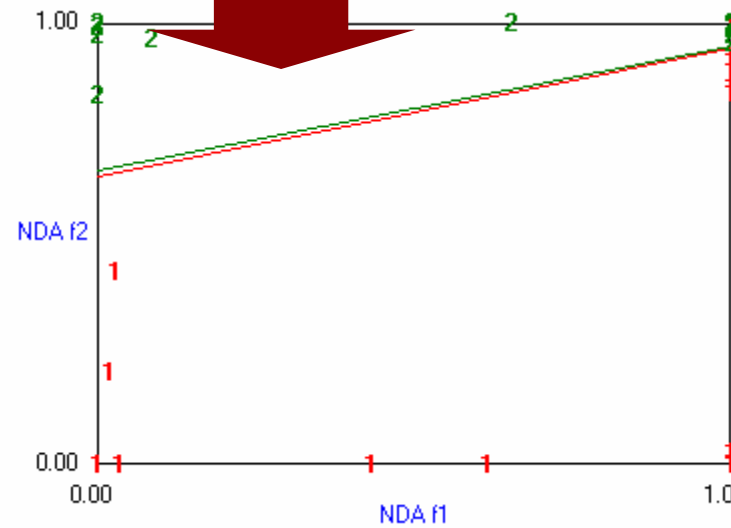
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



3D co-occurrence
matrix features



NDA



class. errors:
train.: 6/80 [7%]
test: 5/60 [8%]



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Approaches to image segmentation



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

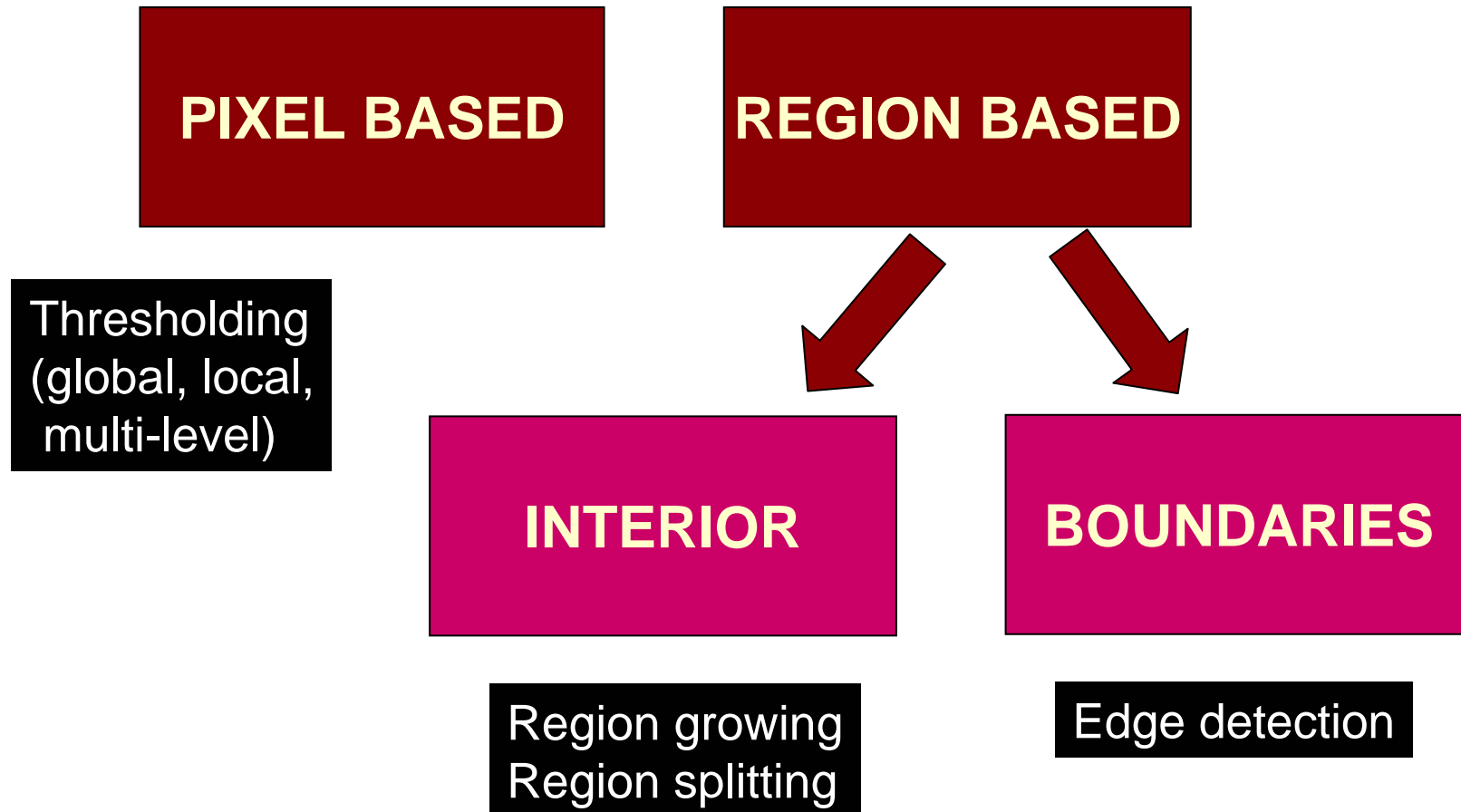


Image thresholding

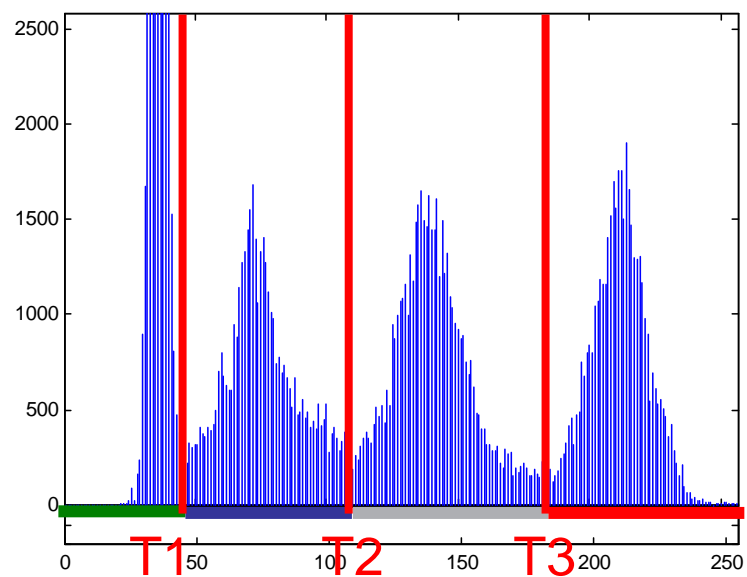
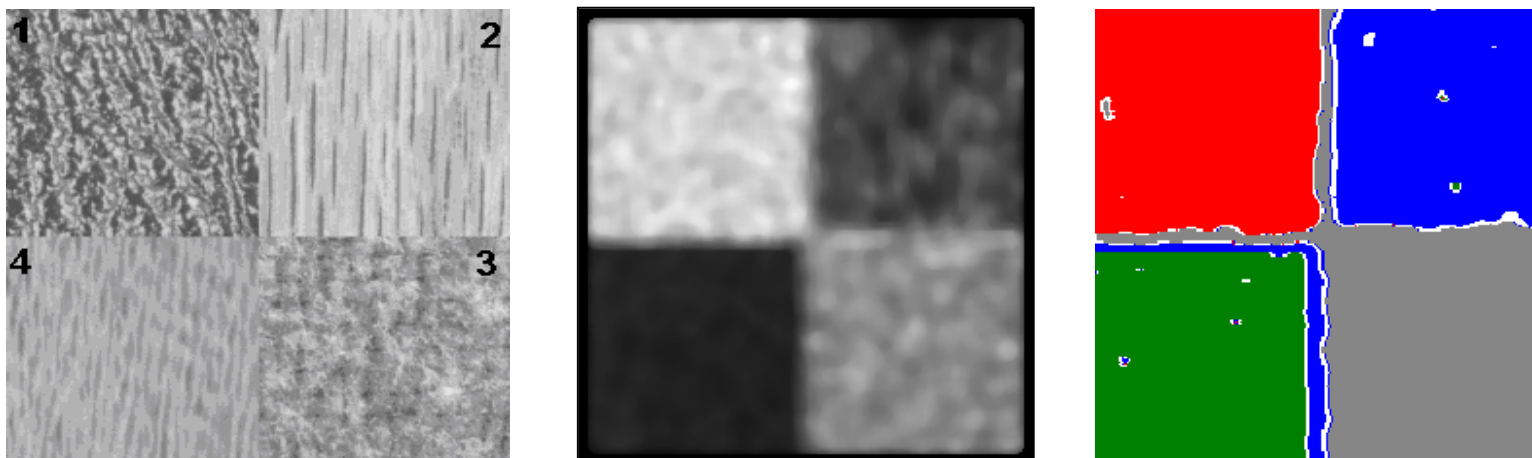


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Region growing based on neighbor similarity



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

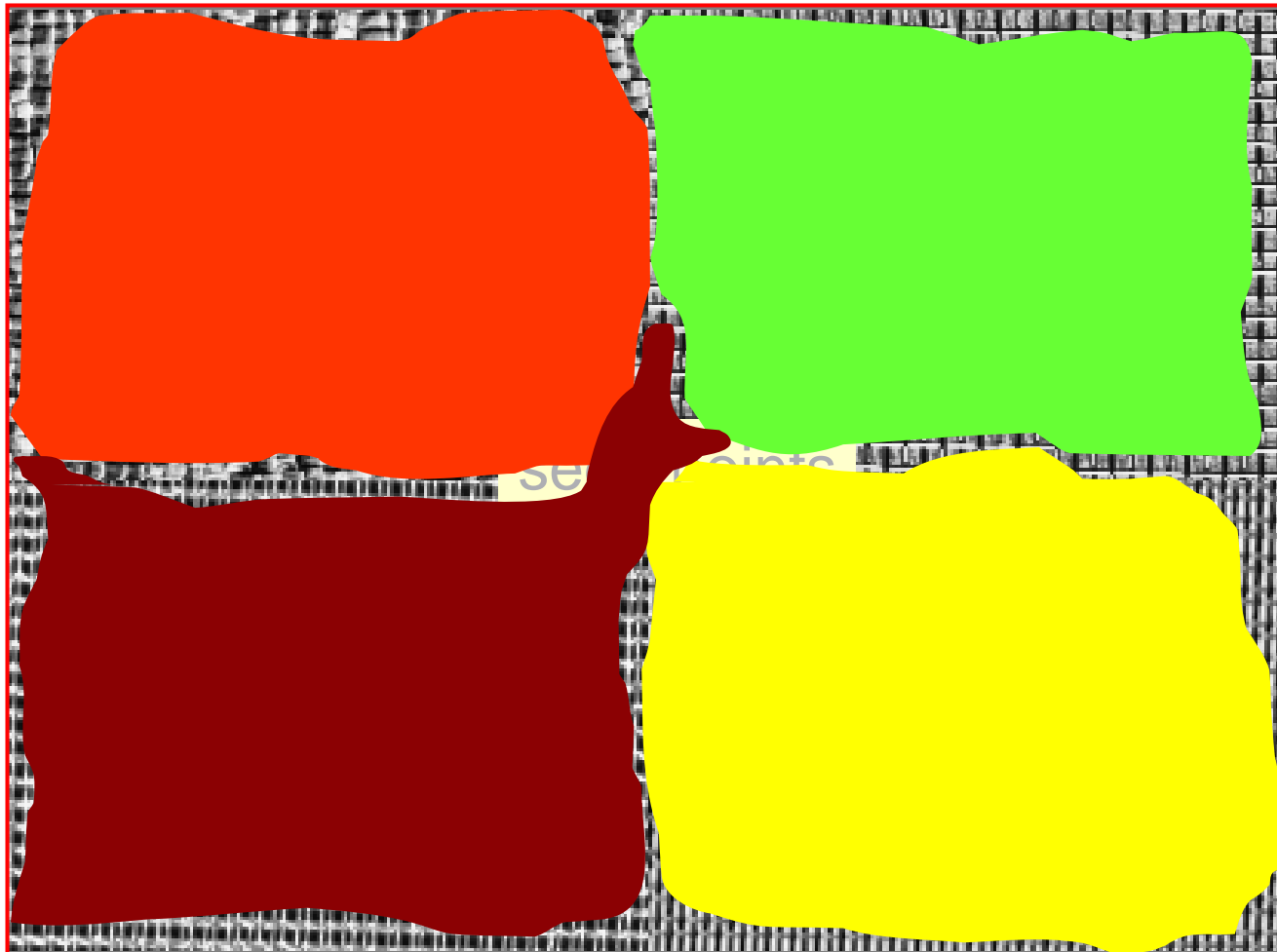


Image segmentation methods



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

- artificial neural networks (Hopfield, multilayer perceptrons, **network of synchronized oscillators**)
- Bayes estimation (MRF models)
- deformable models (active contours, snakes, deformable greeds)
- Level set approach
- unsupervised segmentation (k-means, Kohonen neural networks, AHC)



Texture segmentation

MR image of foot cross-section

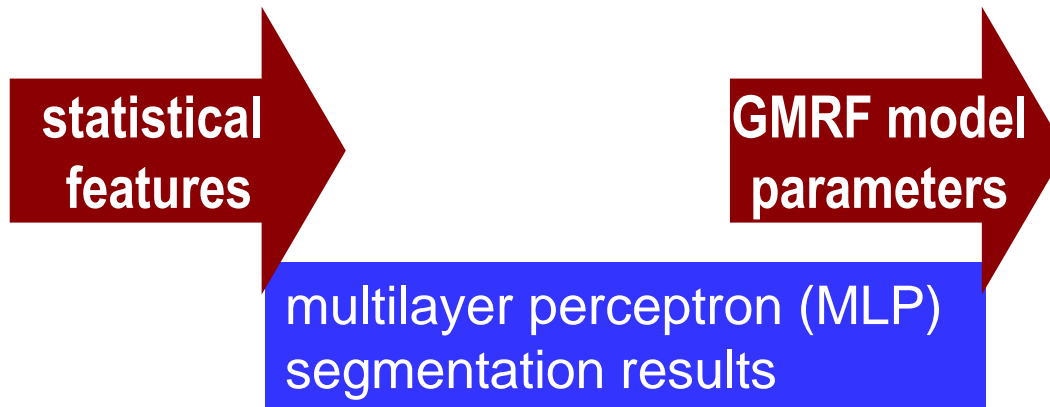
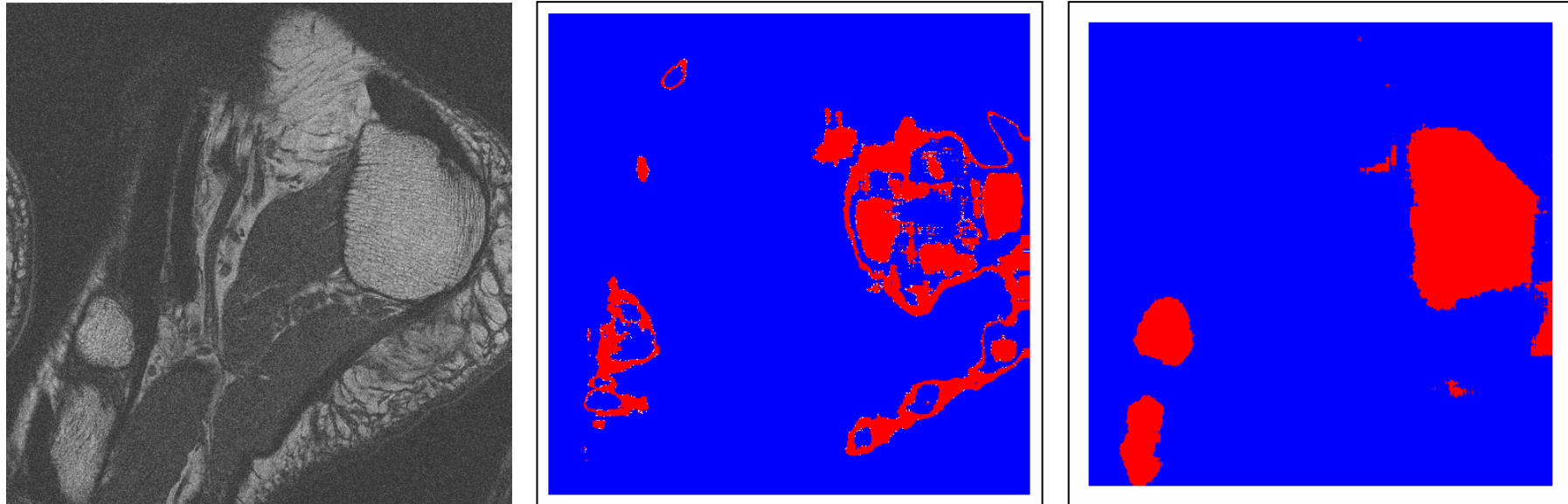


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Texture segmentation

Heart mass echocardiogram (benign tumor)

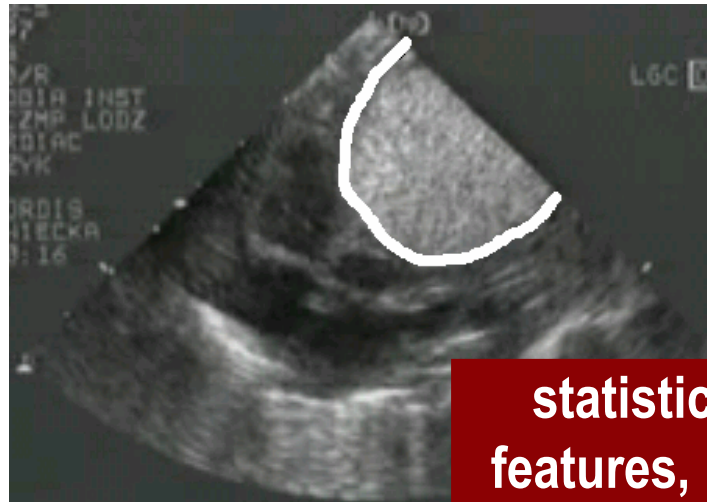


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

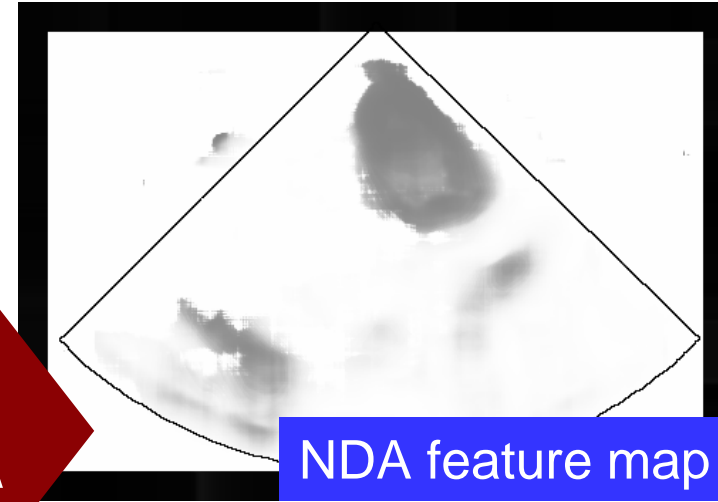
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



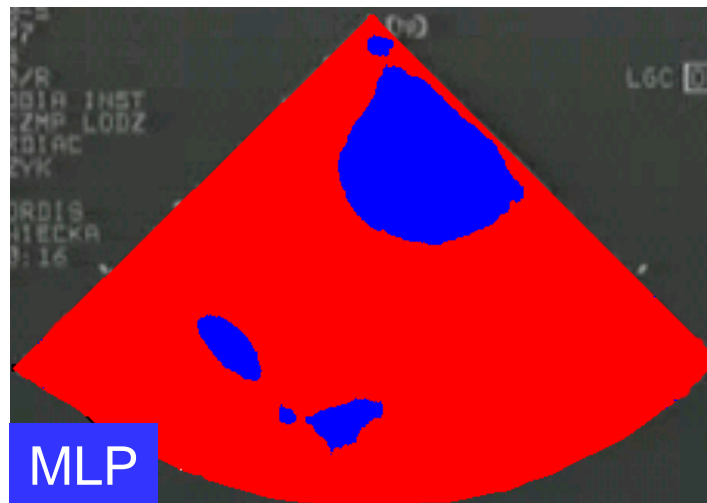
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



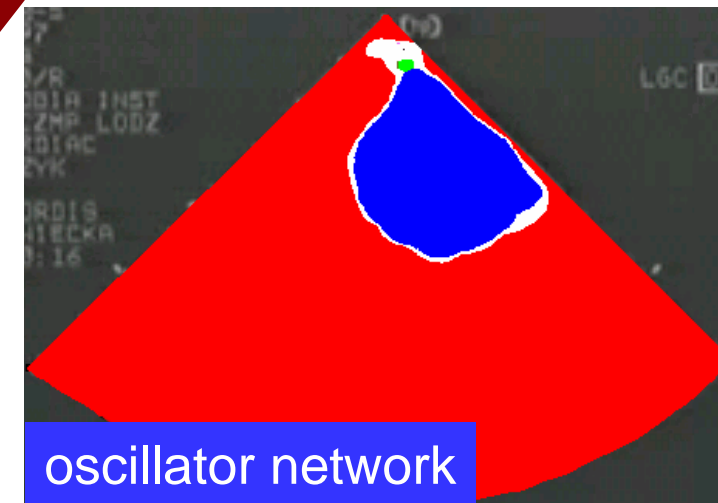
statistical
features, NDA



NDA feature map



MLP



oscillator network



Texture segmentation

Detection of texture edges

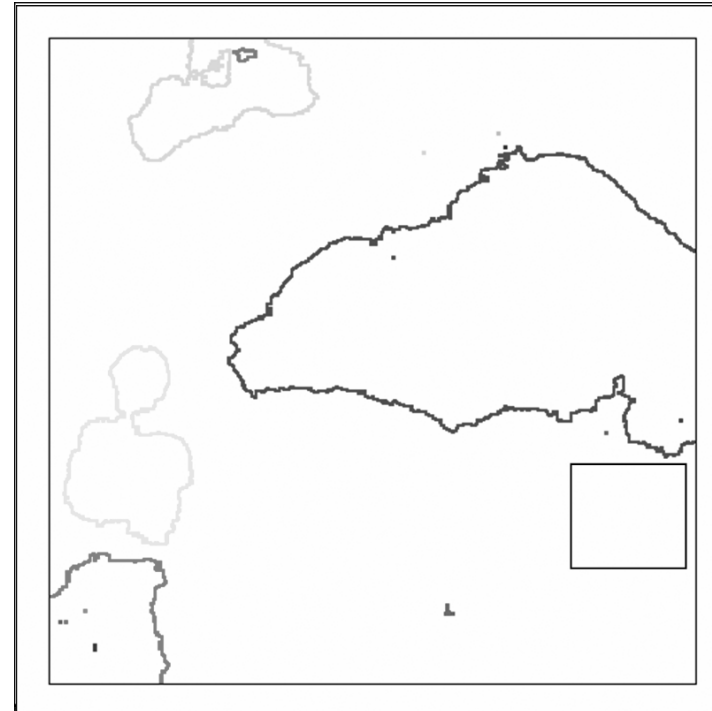
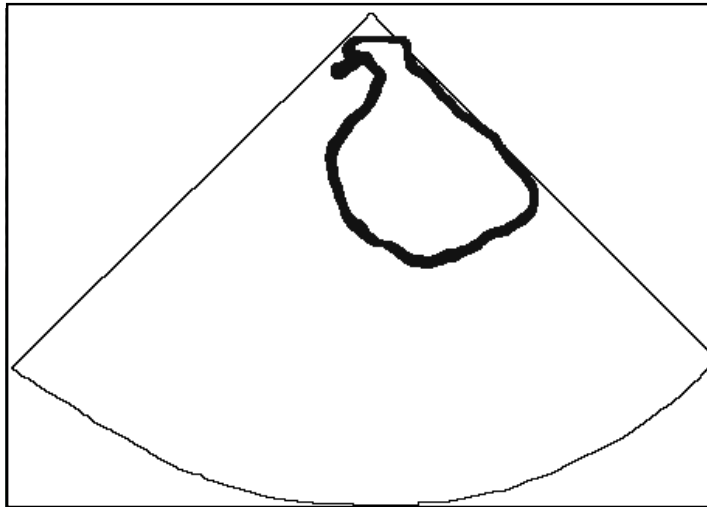


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



oscillator network
– weights set to detect texture boundaries



Brain vessel modeling

MRI BOLD images

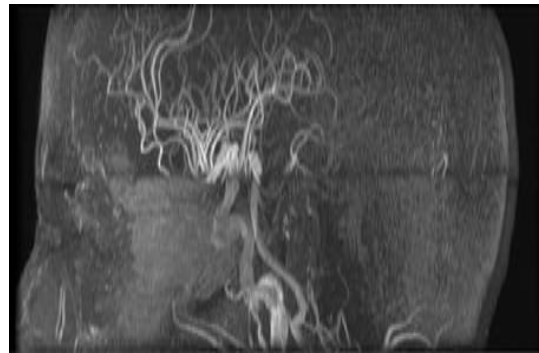


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

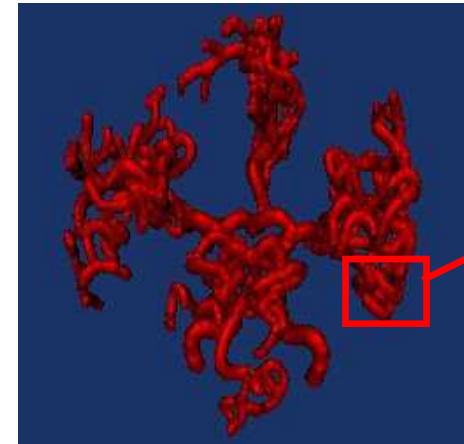


Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

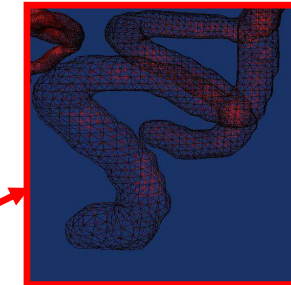


3D MRI data
(MIP, raster)

Segmentation,
tracking,
modelling



Surface of vessels
model
(triangulation)



OBJECTIVES:

Simulation of flow of blood, drug,
contrast medium, pressure drop...

M. Kocinski, IE, TUL



Texture segmentation

3D MR liver images

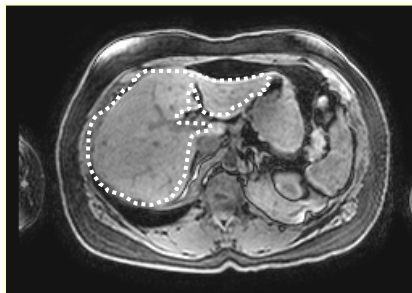
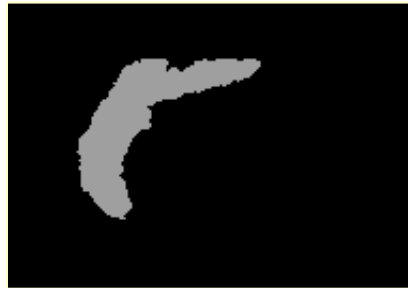


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



3D oscillator
network

Perceptron
neural network



Texture segmentation

3D MR liver images



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

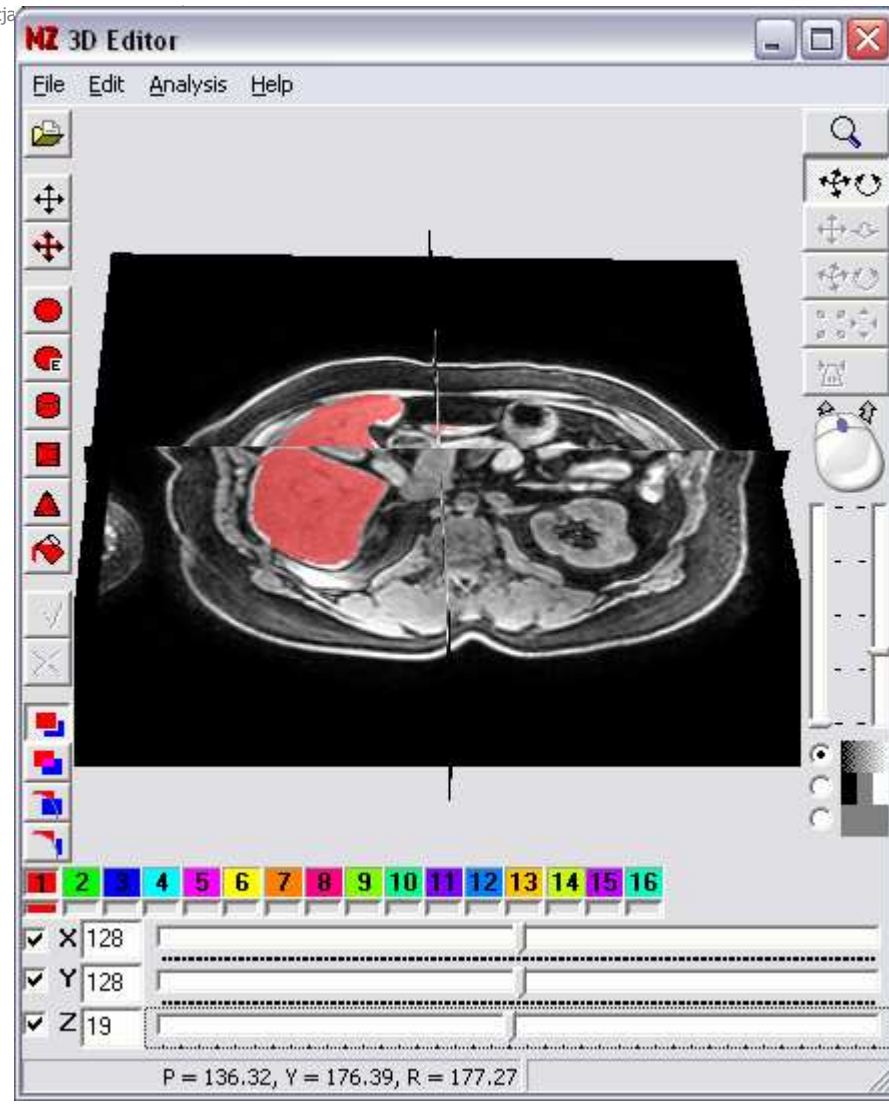
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja

statistical features

3D oscillator network



Conclusion



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

- Analysis of medical images significantly improved medical diagnosis (quantitative analysis, objective results, repeatability)
- Texture analysis is crucial in case of biomedical images
- Importance of medical imaging will be still increasing in the future (fMRI, 3D modeling and analysis, telemedicine)
- There is a need to develop biomedical image analysis techniques (plenty of algorithms and methods, but the universal solution does not exist)



References



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

http://www.materka.p.lodz.pl/referat/img_isitc07.pdf

Brodatz P., "Textures - A Photographic Album for Artists and Designers", Dover, 1966.

Hajek M., Dezertova M., Materka A., Lerski R. (Ed.), "Texture analysis for Magnetic Resonance Imaging", Med4 publishing, 2006.

Tamura H., Mori S., Yamawaki T., "Textural Features Corresponding to Visual Perception, IEEE Trans". on Systems, Man, and Cybernetics, **SMC-8**, pp. 460-473, 1978.

Haralick R., "Statistical and Structural Approaches to Texture", Proc. IEEE, **67**, 5, 1979, 786-804.

Haralick R., Shanmugan K., Dinstein I., "Textural Features for Image Classification", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, **3**, 6, 1973, 610-622.

Kovalev V., Petrou M., "Multidimensional Co-Occurrence Matrices for Object Recognition and Matching", GMIP, **58**, 3, 1996, 187-197.

Geman S., Geman D., "Stochastic Relaxation, Gibbs Distribution and the Bayesian Restoration of Images", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, **6**, 11, 1984, 721-741.

Chellappa R., Chatterjee S., Bagdazian R., "Texture Synthesis and Compression Using Gaussian-Markov Random Field Models, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cyber., **15**, 2, 1985, 298-303.

Dunn D., Higgins W. E., Wakeley J., Texture Segmentation Using 2-D Gabor Elementary Functions, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, **16**, 1994, pp. 130-149.

Chen C-C., Daponte J., Fox M., "Fractal Feature Analysis and Classification in Medical Imaging", IEEE Trans. Medical Imaging, **8**, 2, 1990, 133-142.

Choi H., Baraniuk R., "Multiscale Image Segmentation Using Wavelet-Domain Hidden Markov Models", IEEE Trans. on Image Processing, **10**, 9, 2001, 1309-1321.

Randen T., Husoy J., "Filtering for Texture Classification: A Comparative Study", IEEE on Pattern Analysis and Machine Intelligence, **21**, 4, 1999, 291-310.



References



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

- Yhann S., Young T., “Boundary Localisation in Texture Segmentation”, IEEE Trans. Image Processing, 4, 6, 1995, 849-856.
- Augusteijn M., “Texture Segmentation and Classification Using Neural Network Technology”, Applied Mathematics and Computer Science, 4, 1995, 353-370
- Cohen F., Cooper D., “Simple Parallel Hierarchical and Relaxation Algorithms for Segmenting Noncausal Markovian Random Field”, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 9, 2, 1987, 195-219.
- Wang D., “Emergent Synchrony in Locally Coupled Neural Oscillators”, IEEE Trans. on Neural Networks, 6, 4, 1995, 941 – 948.
- Hu Y., Hwang J. (Ed.) Handbook of Neural Network Signal Processing, , CRC Press, 2002.
- Reed T., Wechsler H., Werman M., “Texture Segmentation Using a Diffusion Region Growing Technique”, Pattern Recognition, 23, 9, 1990, 953-990.
- Raghu P., Yegnanarayana B., “Supervised Texture Classification Using a Probabilistic Neural Network and Constraint Satisfaction Model”, IEEE Trans. on Neural networks, 9 3, 1998, 516-522.
- Yin H., Allinson H., “Unsupervised Segmentation of textured Images Using a Hierarchical Neural Structure”, Electronics Letters, 30, 22, 1994, 1842-1843.
- Strzelecki M. , Materka A., Drozd J., Krzeminska-Pakula M., Kasprzak J. D., Classification and segmentation of intracardiac masses in cardiac tumor echocardiograms, Computerized Medical Imaging and Graphics, 30, 2, March 2006, pp. 95-107.
- Klepaczko A., Application of clustering algorithms for feature selection for data classification tasks, Ph. D. Thesis, Technical University of Lodz, 2006 (in Polish).

