Identifikace jevů akustické emise pomocí Konvoluční Neuronové Sítě

Petr Kolář, Geofyzikální Ústav AV ČR

Matěj Petružálek, Geologický Ústav AV ČR

Geofyzikální ústav AV ČR

Praha - Spořilov

http://www.ig.cas.cz

Geofyzikální ústav AV ČR

***Struktura** (odpovídá sledovaným geof. polím):*

- **Termika** *(tepelný tok, termální energie …)*
- **Geoelektrika + Geomagnetika** *(variace, vodivost, paleomagnetismus …)*
- **Gravimetrie** *(prospekce, kaverny, pyramidy, vojenství, družice…)*
- **Seismika** *(Západní Čechy) (rychlé mechanické změny)*
- **Tektonika a geodynamika** *(pomalé mechanické změny)*

http://www.ig.cas.cz

moto:

„Co mám v kapse?“
J.J.R. Tolkien: Hobit aneb cesta tam a zase zpátky.

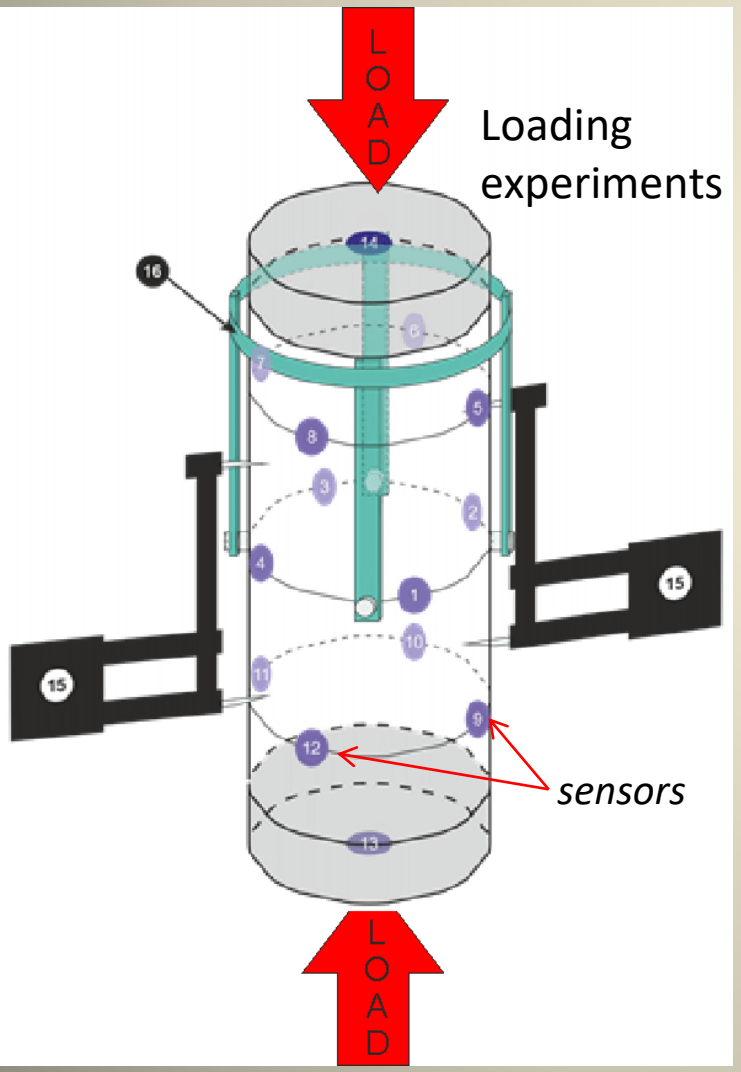
“What have I got in my pocket?”
J.J.R. Tolkien: The Hobbit or there and back again

Zpracovávaná data

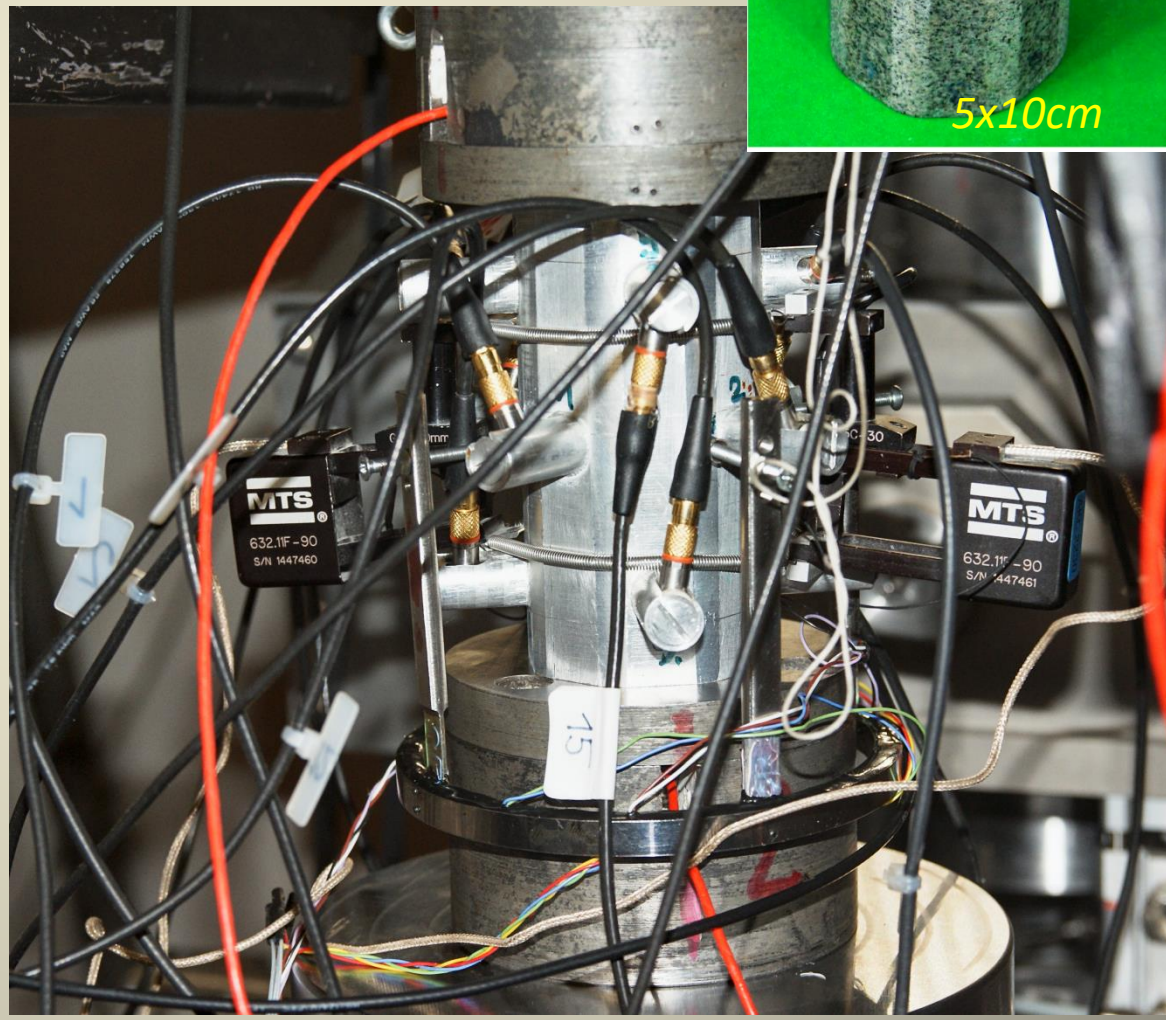
- **Akustická emise** (širší x užší vymezení)
- zatěžování horninových vzorků *(GU)* za účelem studia jejich mech. vlastností [0.1 – 1.0 MHz]
- ~ *Laboratorní zemětřesení*
- (oximoron ??)
- => lze aplikovat metodiku vyvinutou na zemětřesení (měřítková podobnost přes několik řádů !!!) *(GFU)*

experiment

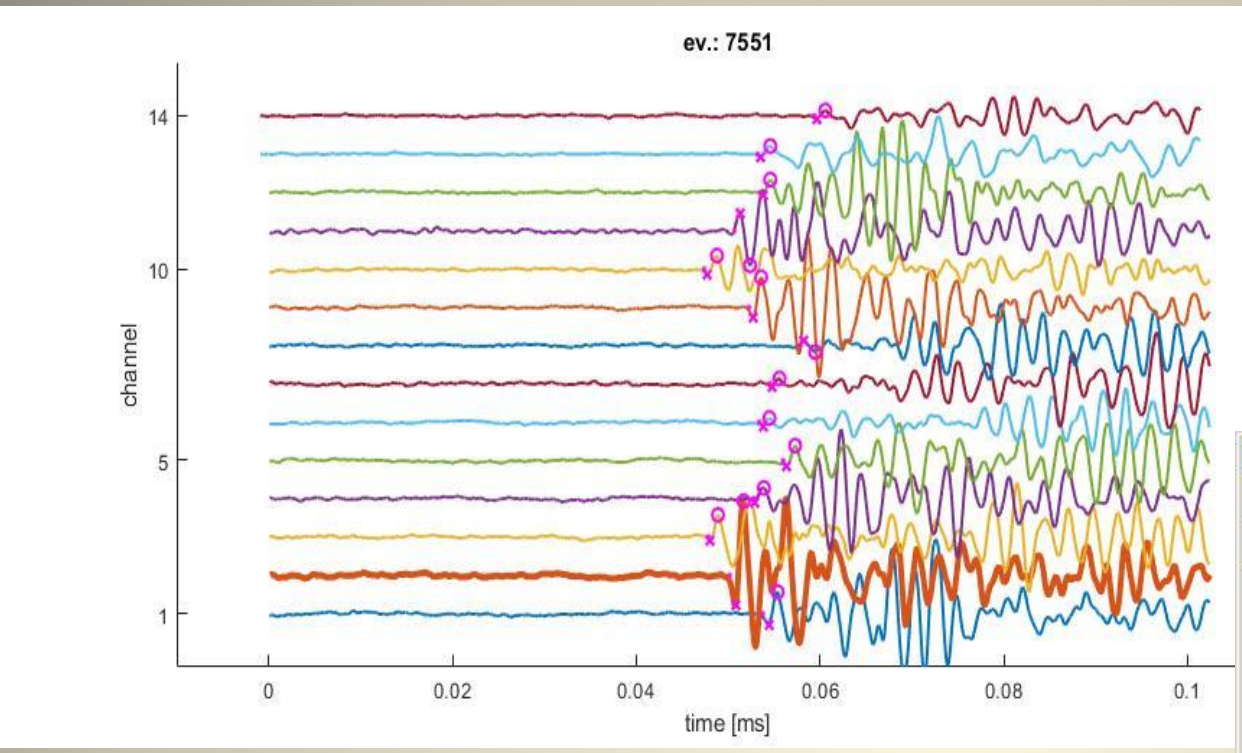
- schema



- provedení



data

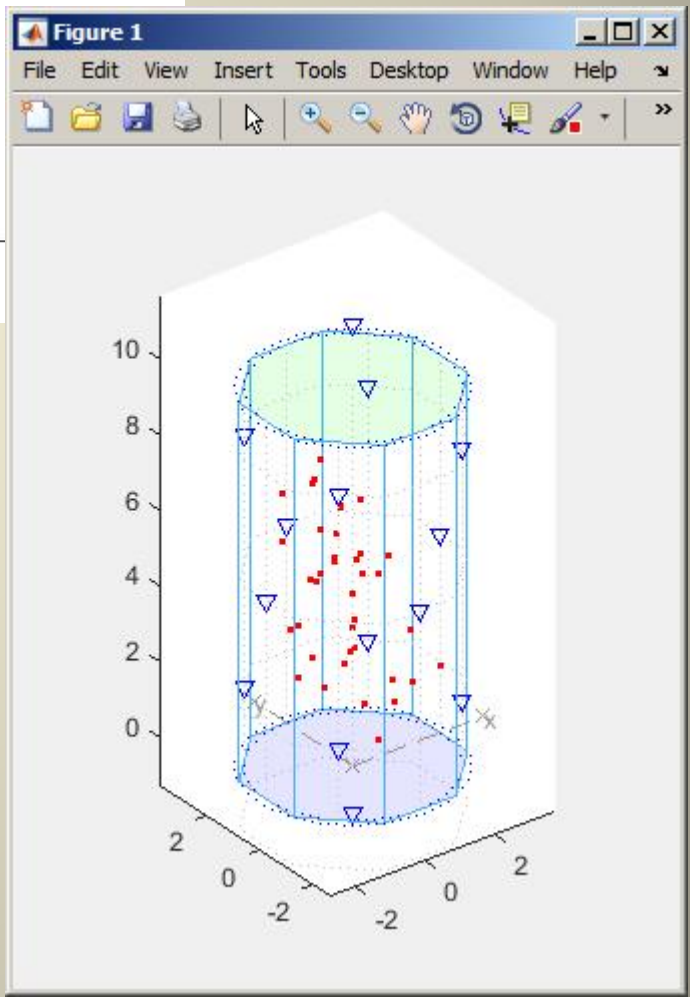


14-ti kanálový trigrovaný záznam
Vzorkování 10 MHz
délka 1024 vzorků (cca 0.1 ms)

Relativně jednoduchá a homogenní data vhodná pro testy

- Dobré pokrytí snímači
- Znalost řady parametrů
- Jeden typ jevů …

Primární zpracování (lokace)
v= cca 5 km/s



MathWorks
TCC 16
© Humusoft

cnn AlexNet

Indian elephant
© Jan Ševčík
www.naturfoto.cz

African elephant

Zpracování seismogramu s CNN

3 (triviální) otázky

1. Co vložit ?

2. Architektura CNN ?

3. Jaký výstup (co hledat) ?

1. Co vložit ?

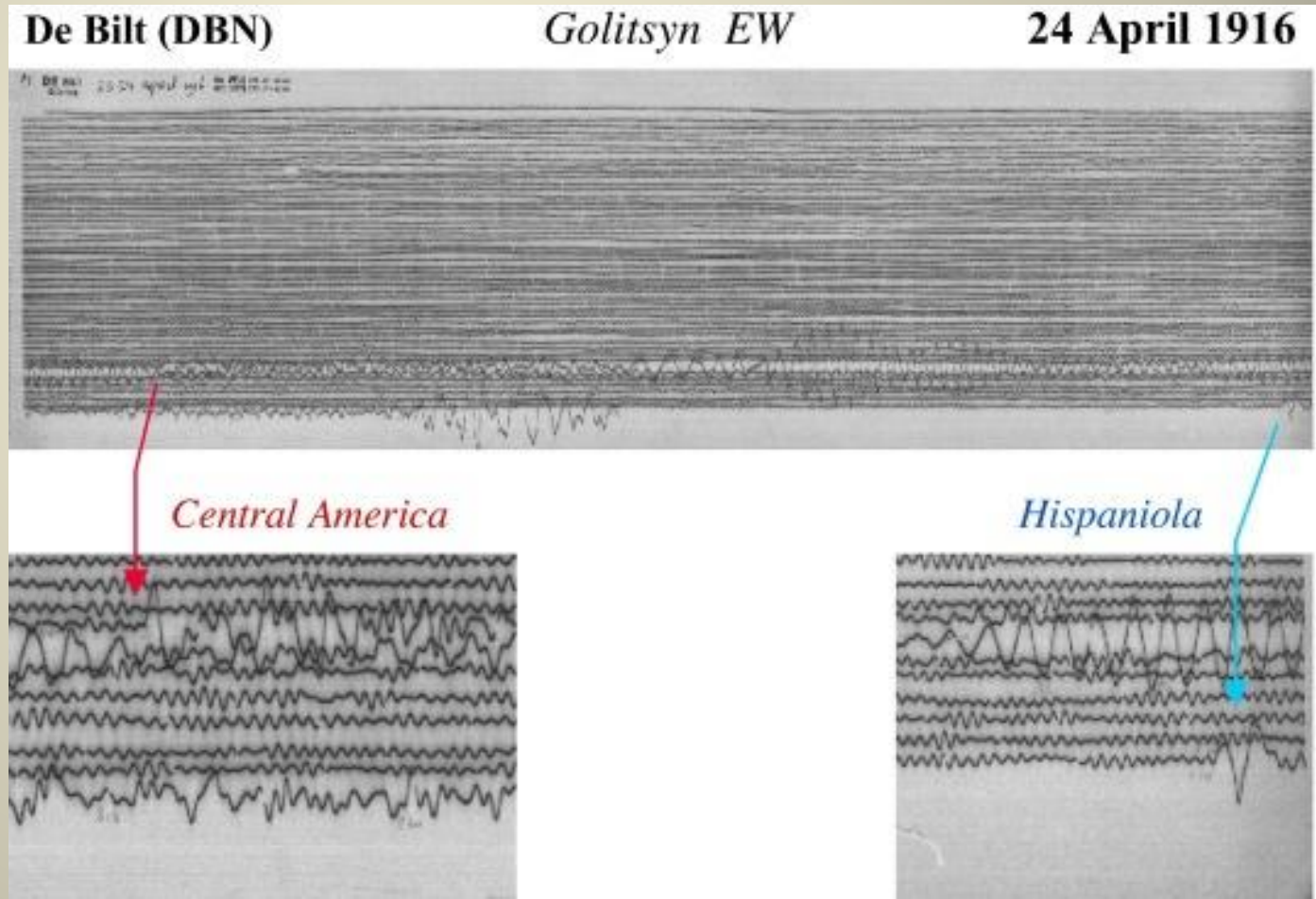
1. VSTUP (neúspěšné) pokusy

Seismogram: časová řada, nestacionární jev *(jako např. tlumený oscilátor)*

=> PROBLEMATICKÉ

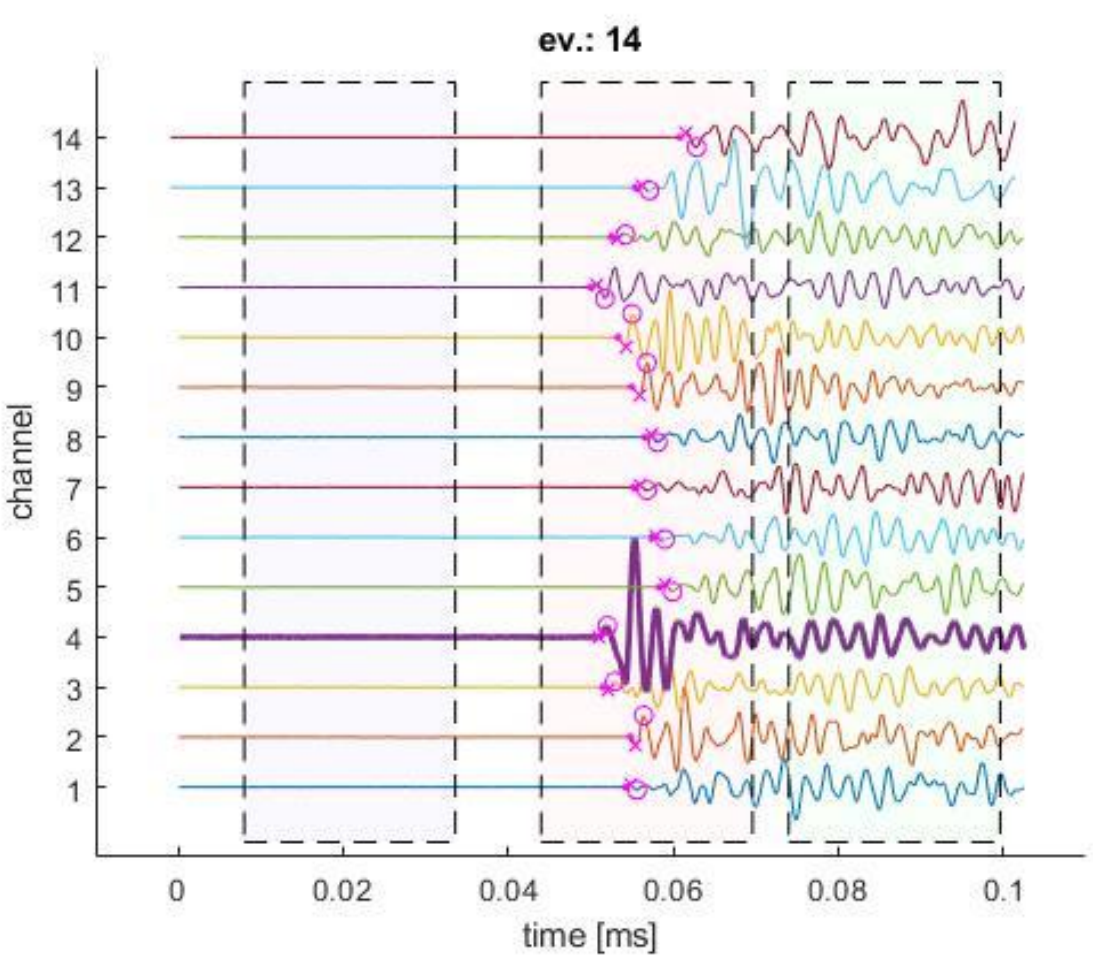
staro(nová) inspirace:
seismogram jako

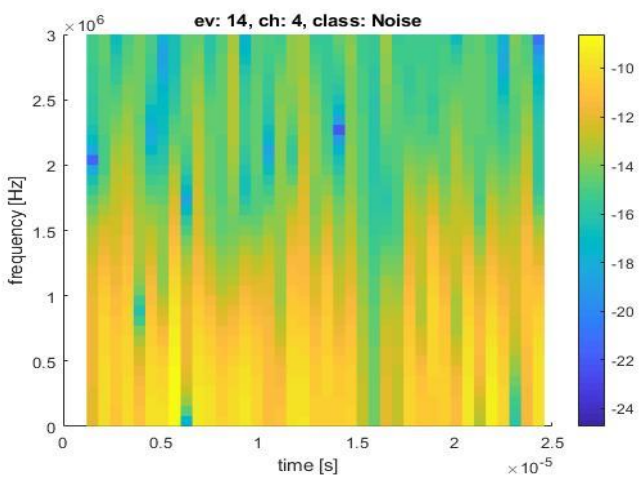
OBRAZ !!!

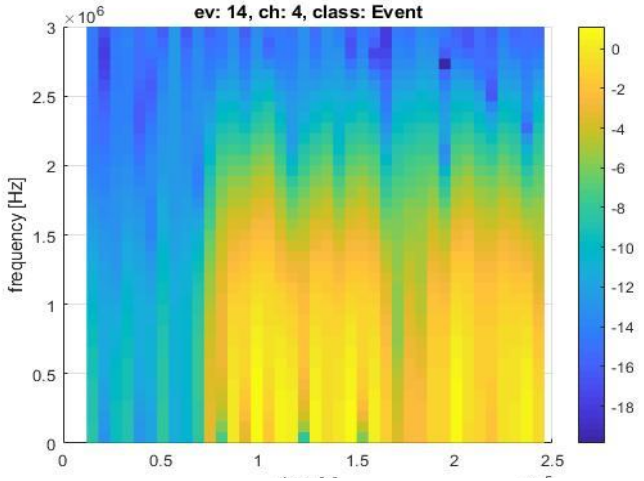


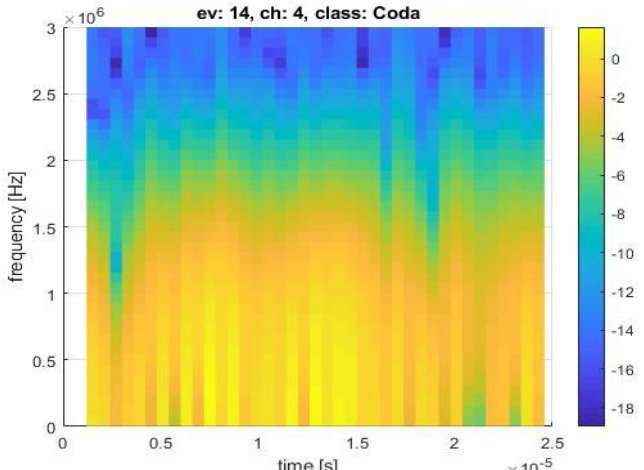
1. Co vložit ?

3 zákl. typy signálu
[p,f,t]=pspectrum(imagA(j,:),fs,'spectrogram');

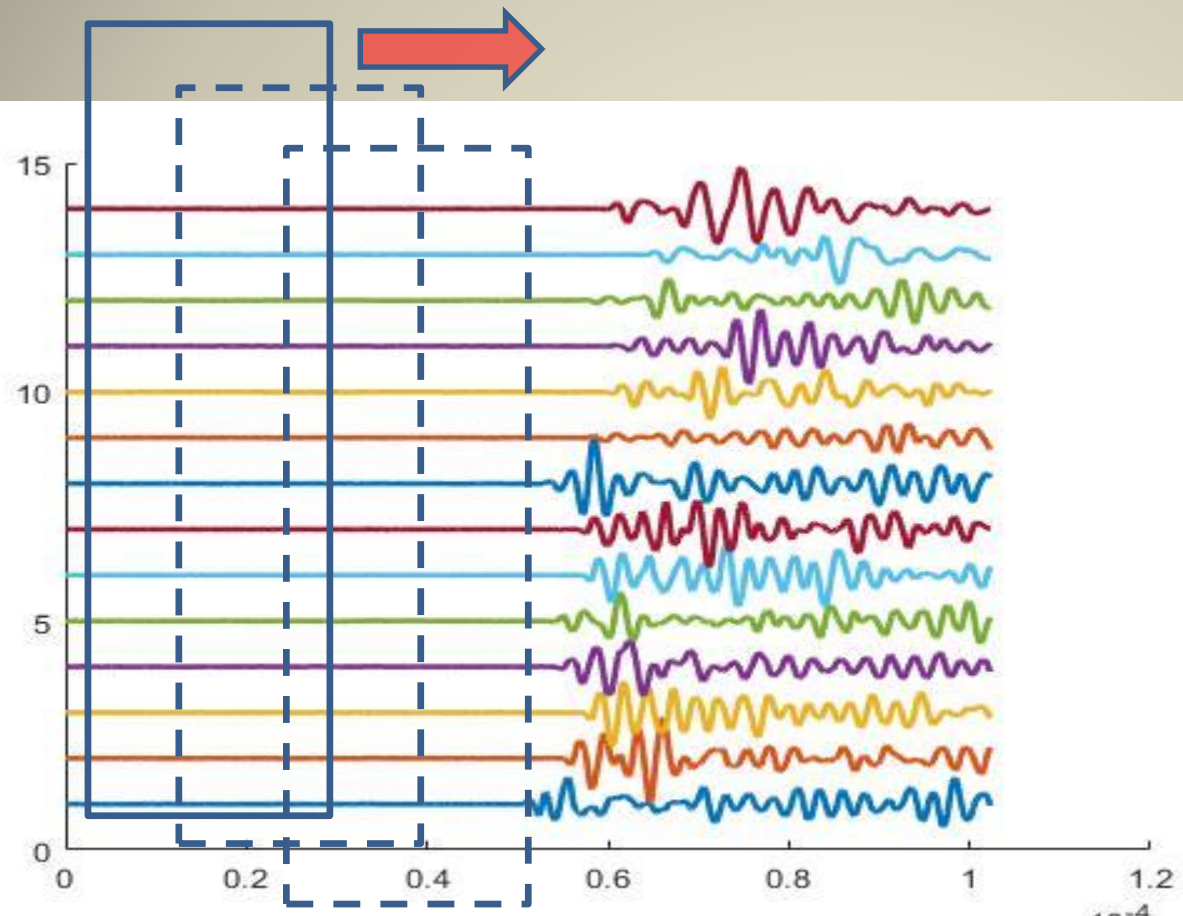








AE seismogramy – roztřídění a kategorizace



Kategorie:

- Noise
- partEvent
- Event
- partCoda
- Coda

shift = 32

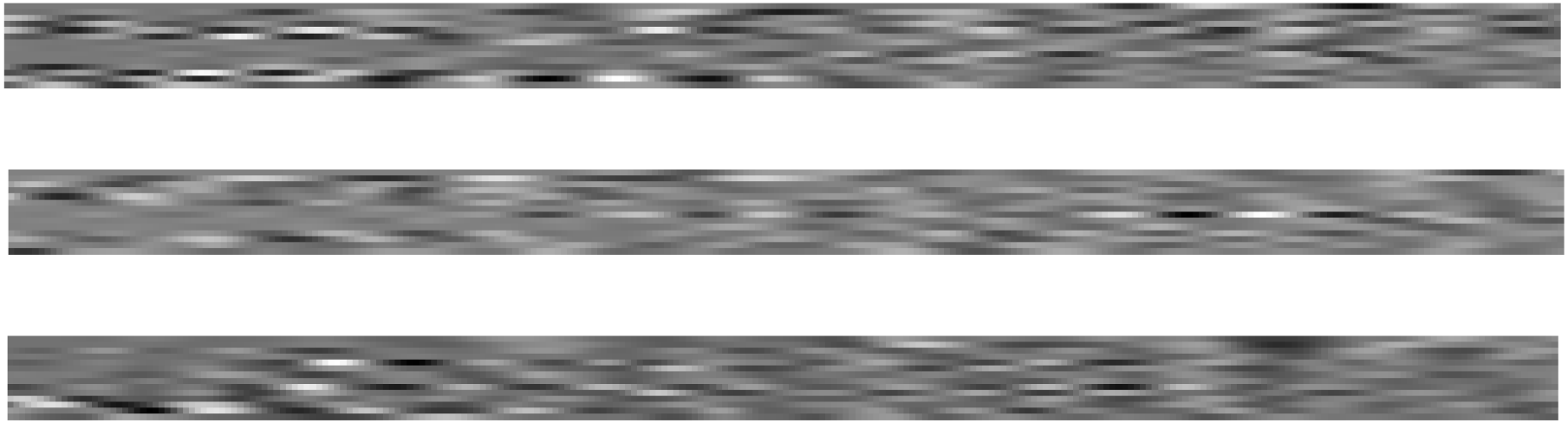
dWin = 256

tj. 26 sub-jevů

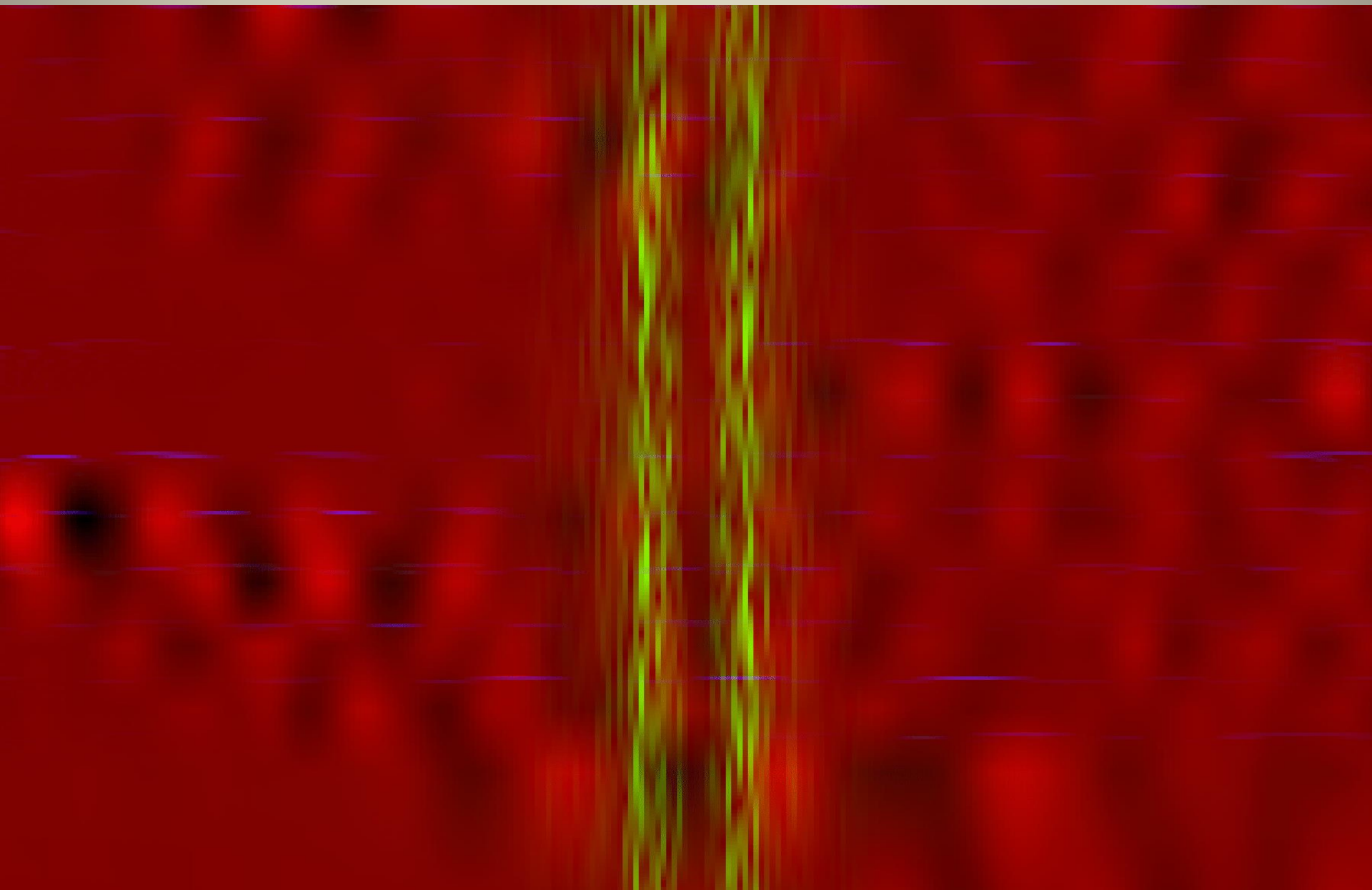
dSeism = 1024

1. Co vložit ?

(neúspěšné) pokusy 1D



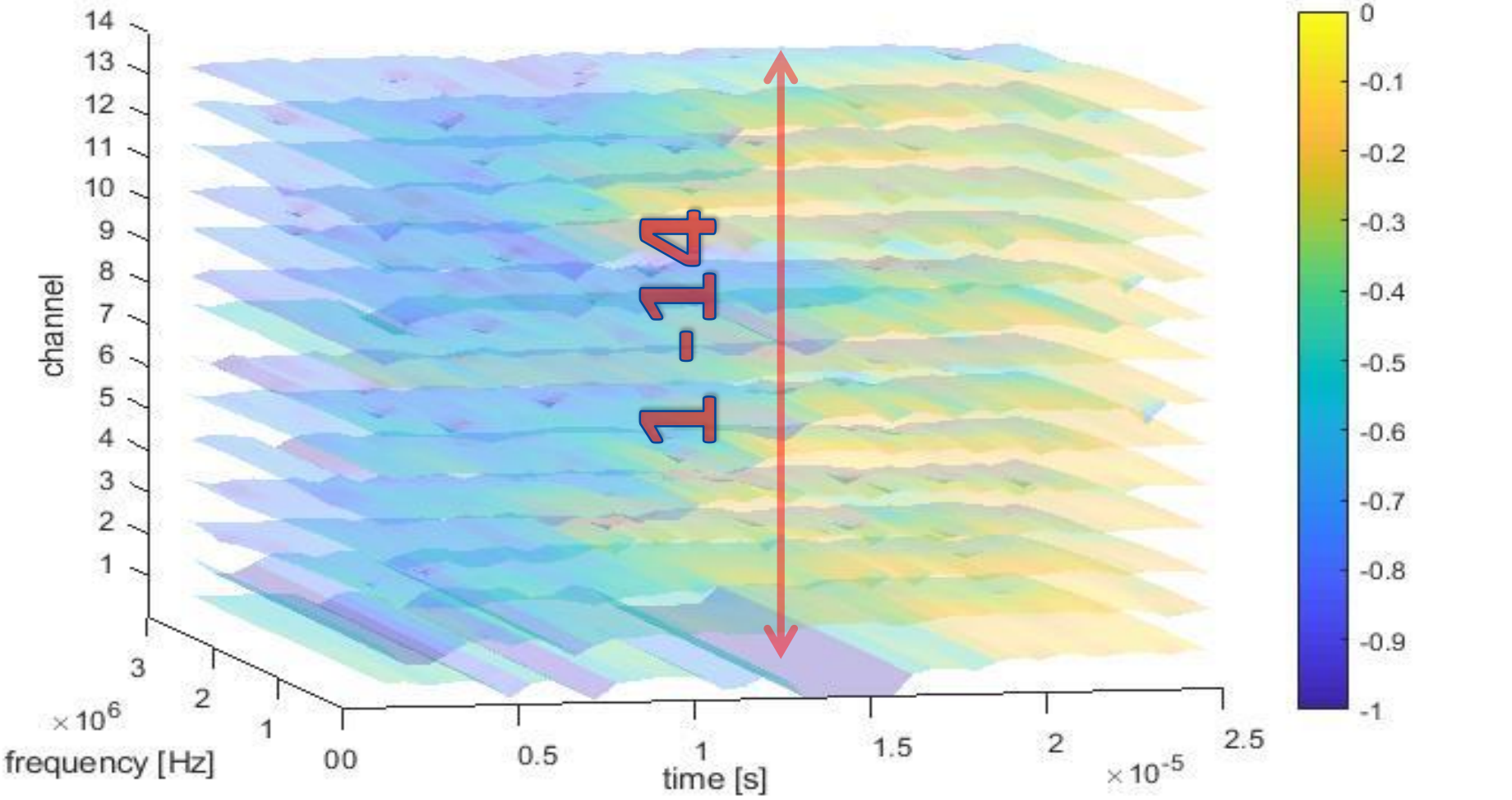
(neúspěšné) pokusy 3D



1. Co vložit ?

až v MTL ver. 2018b

imageInputLayer([n m **{1;3}=> k**])



2. Architektura CNN ?

Prakticky převzato z manuálového příkladu
MATLAB - trainingOptions,

Convolution package	Layer No.	Name, function	Description, parameters
(input)	1	'Image Input'	(40 x 40 x 14) images with 'zerocenter' normalization
1st	a	'Convolution 1'	14 (7 x 7) convolutions with stride [1 1] and padding 'same'
	3	'Batch Normalization 1'	Batch normalization
	4	'ReLU 1'	ReLU
	5	'Max Pooling 1'	(2 x 2) max pooling with stride [2 2] and padding [0 0 0 0]
2nd	6	'Convolution 2'	28 (5 x 5) convolutions with stride [1 1] and padding 'same'
	7	'Batch Normalization 2	Batch normalization
	8	'ReLU 2'	ReLU
	9	'Max Pooling 2'	(2 x 2) max pooling with stride [2 2] and padding [0 0 0 0]
3rd	10	'Convolution 3'	56 (3 x 3) convolutions with stride [1 1] and padding 'same'
	11	'Batch Normalization 3'	Batch normalization
	12	'ReLU 3'	ReLU
(output and classification)	13	'Dropout'	50% dropout
	14	'Fully Connected'	5 fully connected layer
	15	'Softmax'	Softmax
	16	'Classificaation output'	Crossentropyex

3. Jaký výstup (co hledat) ?

3 kategorie *(noise, event, coda)*

+ 2 přechodové kategorie

==========

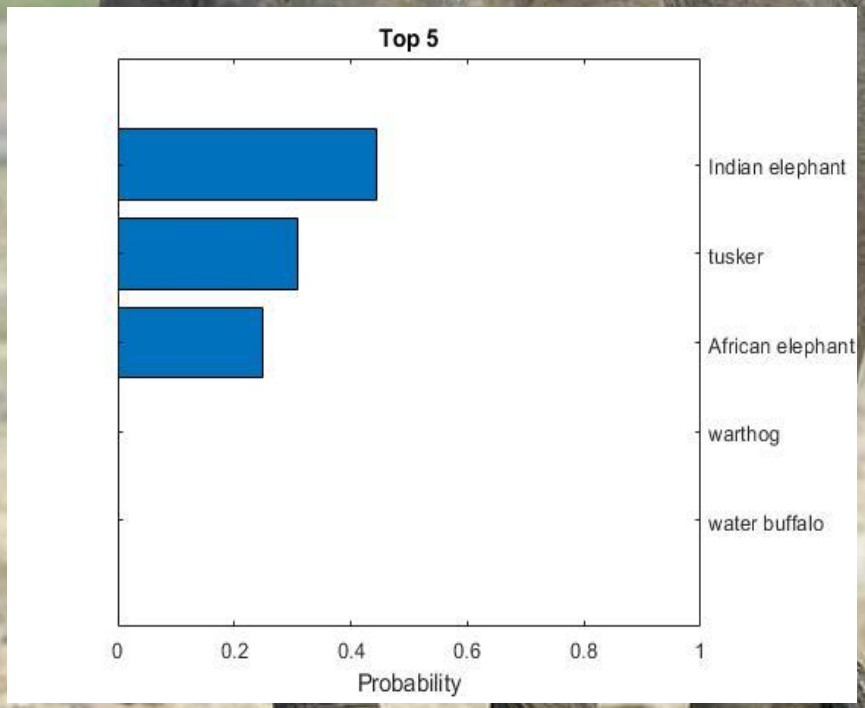
5 kategorií

3. Jaký výstup (co hledat) ?

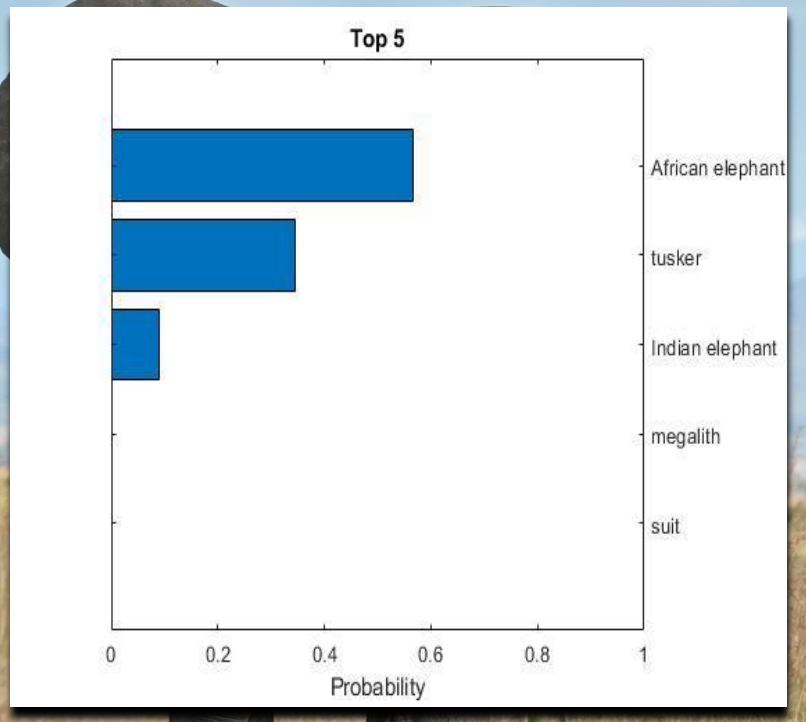
38 záznamů ~ 3.400 sub-obrazů

train	valid	test
60 %	10 %	30%
23	4	11

cnn AlexNet



Indian elephant



African elephant

© Jan Ševčík
www.naturfoto.cz

Vylepšení - kombinace pravděpodobností z jednolivých kategorií

identification probability (*IP*)

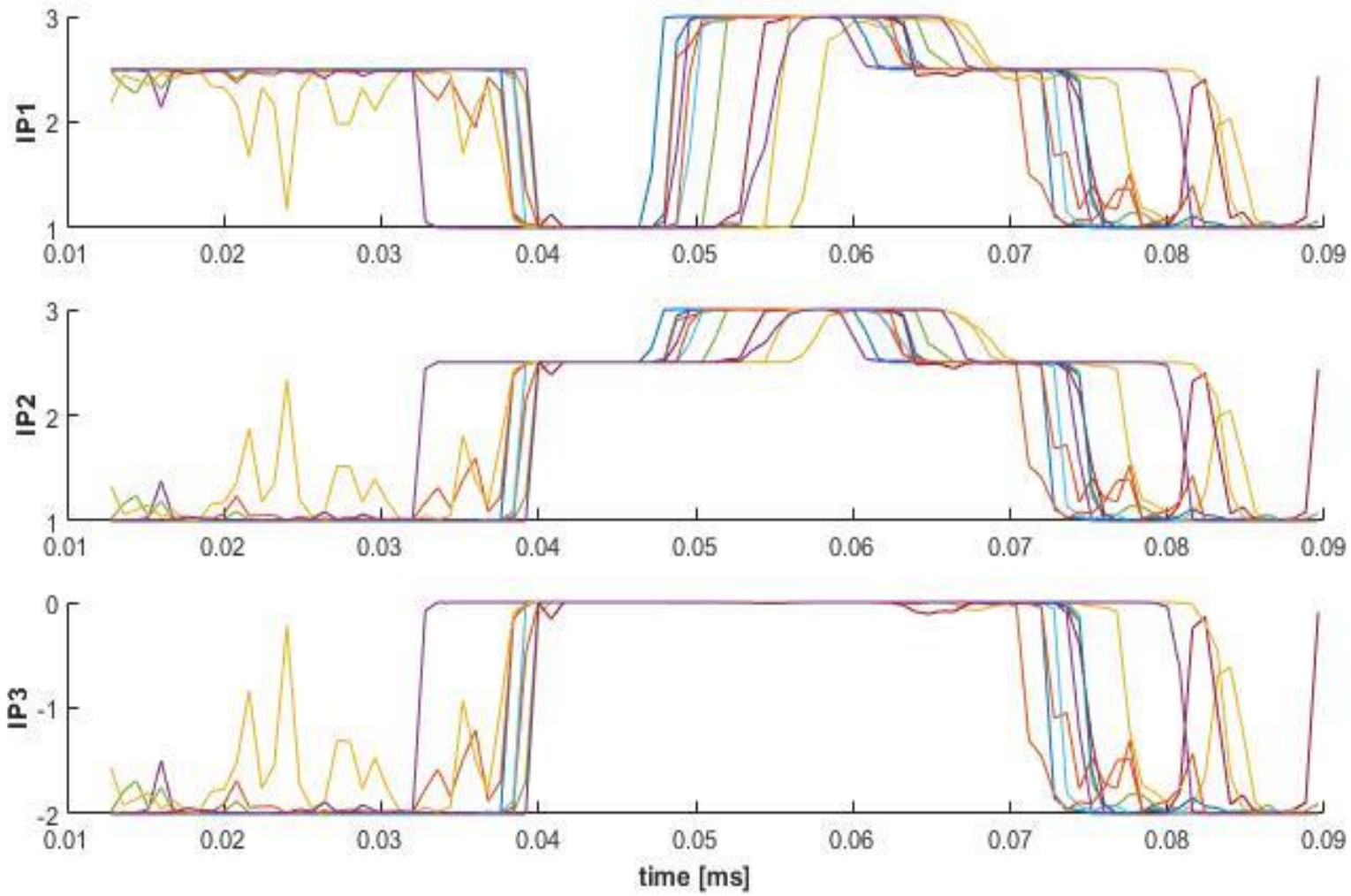
$$IP1 = 0.5*pN + (1-pPe) + pE + 0.5*pPc + (1-pC), \quad (1)$$

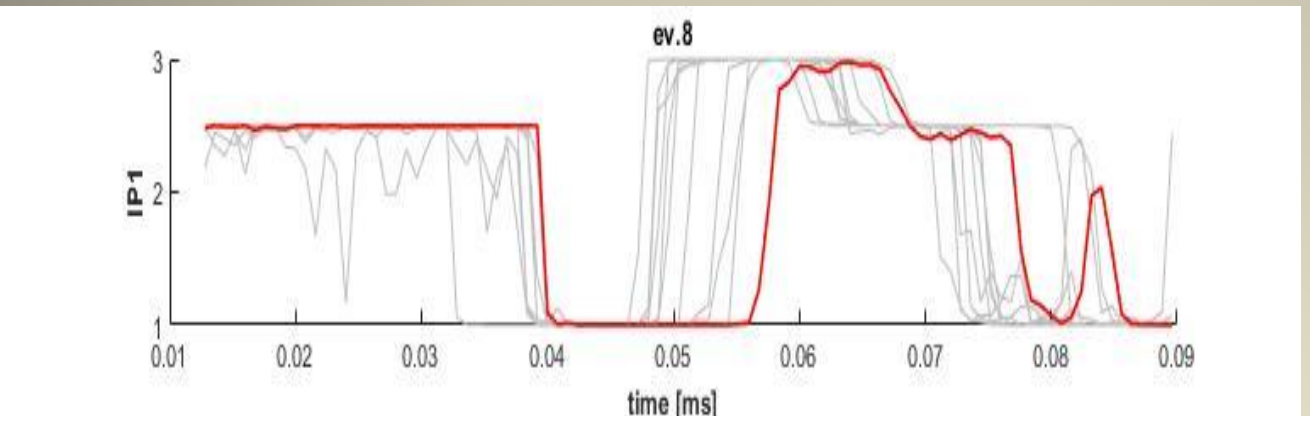
$$IP2 = (1-pN) + 0.5*pPe + pE + 0.5*pPc + (1-pC), \quad (2)$$

$$IP3 = (-pN) + (pPe-0.5) + pE + (pPc-0.5) + (-pC), \quad (3)$$

where pN, pPe, pE, pPc, and pC indicate the probability of classes: *noise, part-event, event, part-coda,* and *coda*

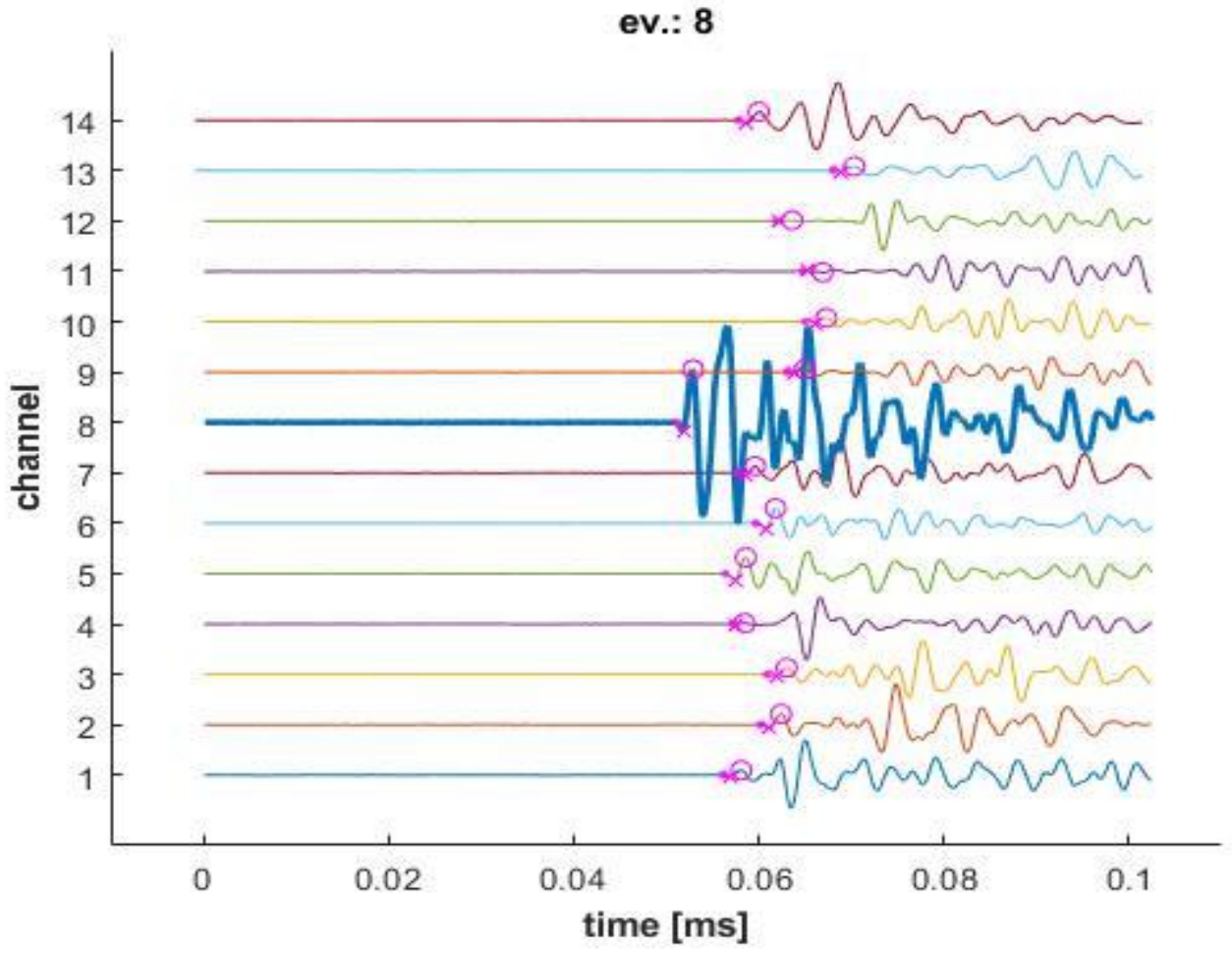
výsledky

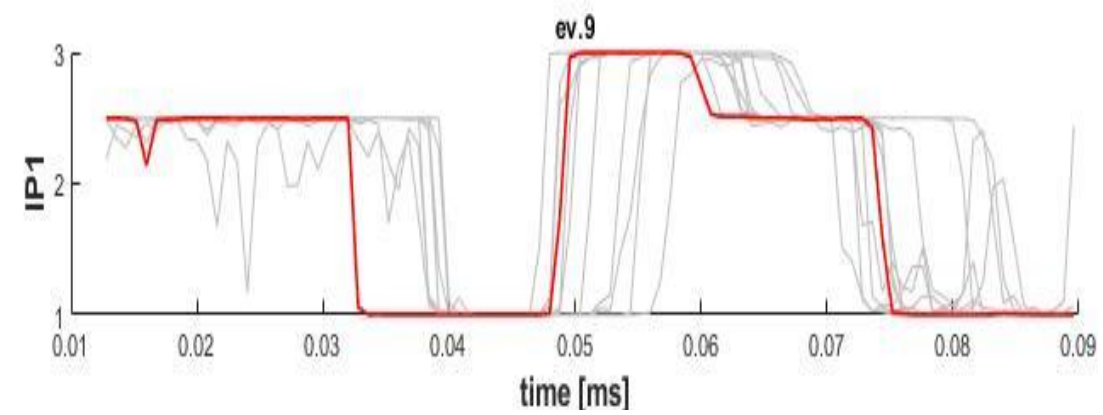




zvláštní případ I.

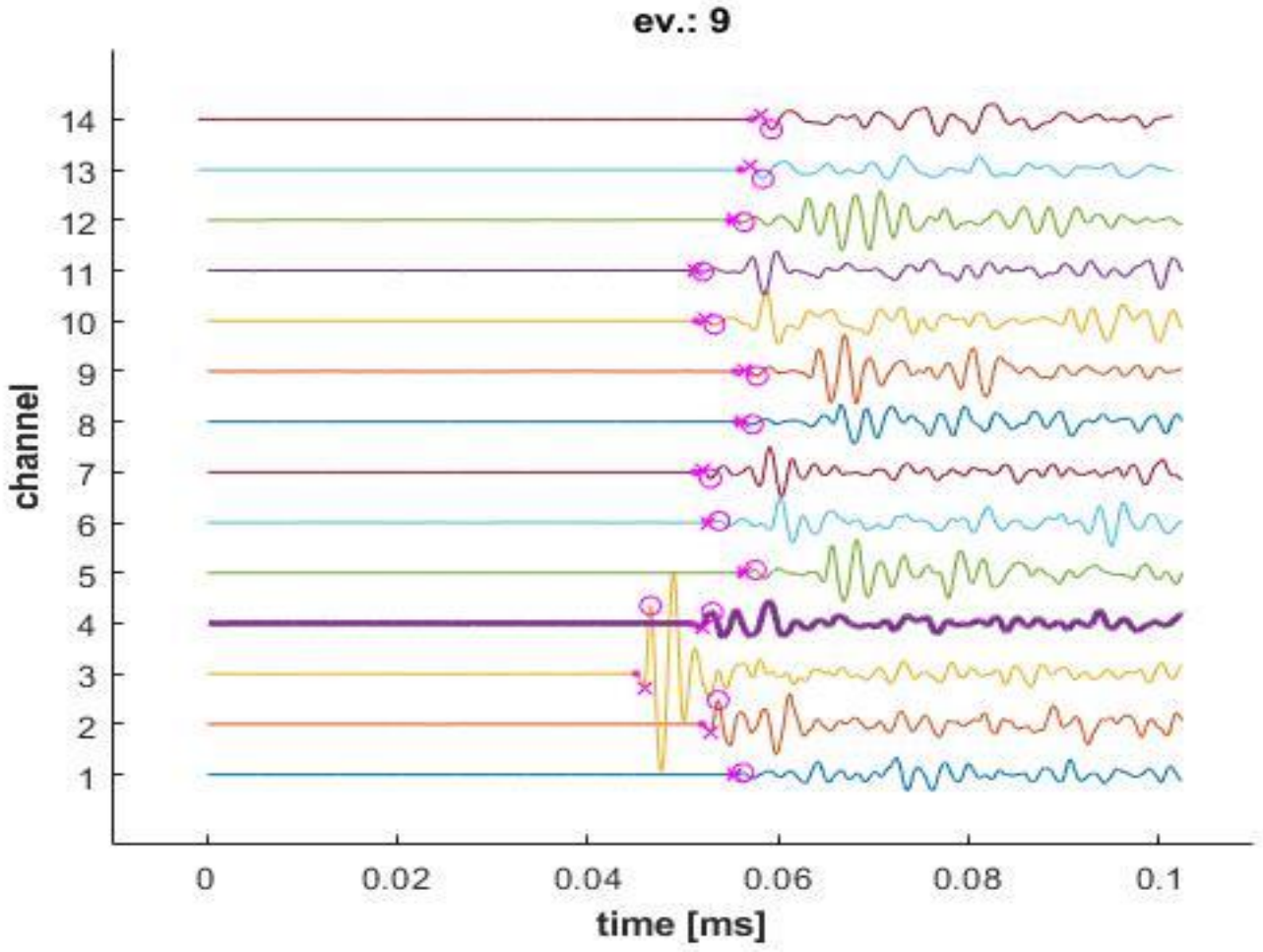
dvojitý jev

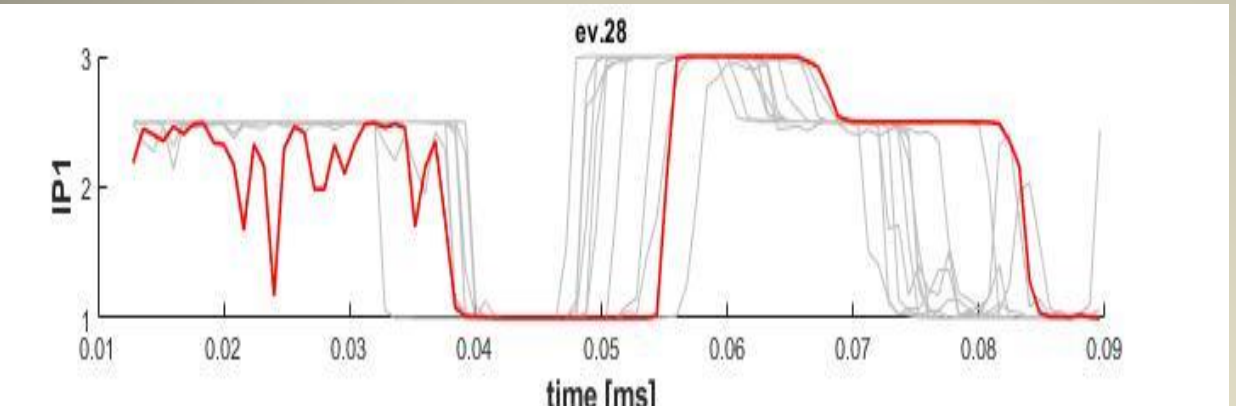




zvláštní případ II.

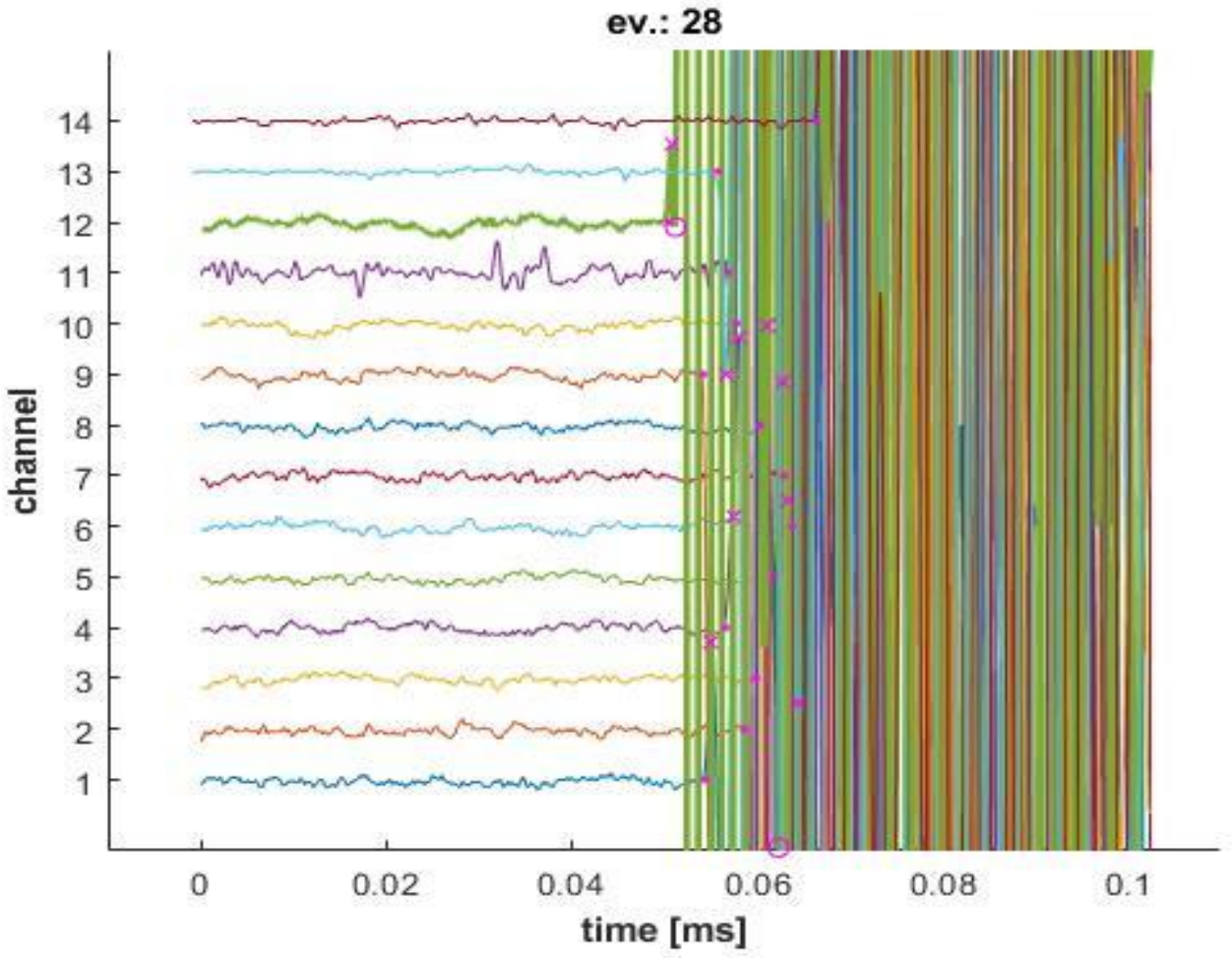
dřívější začátek



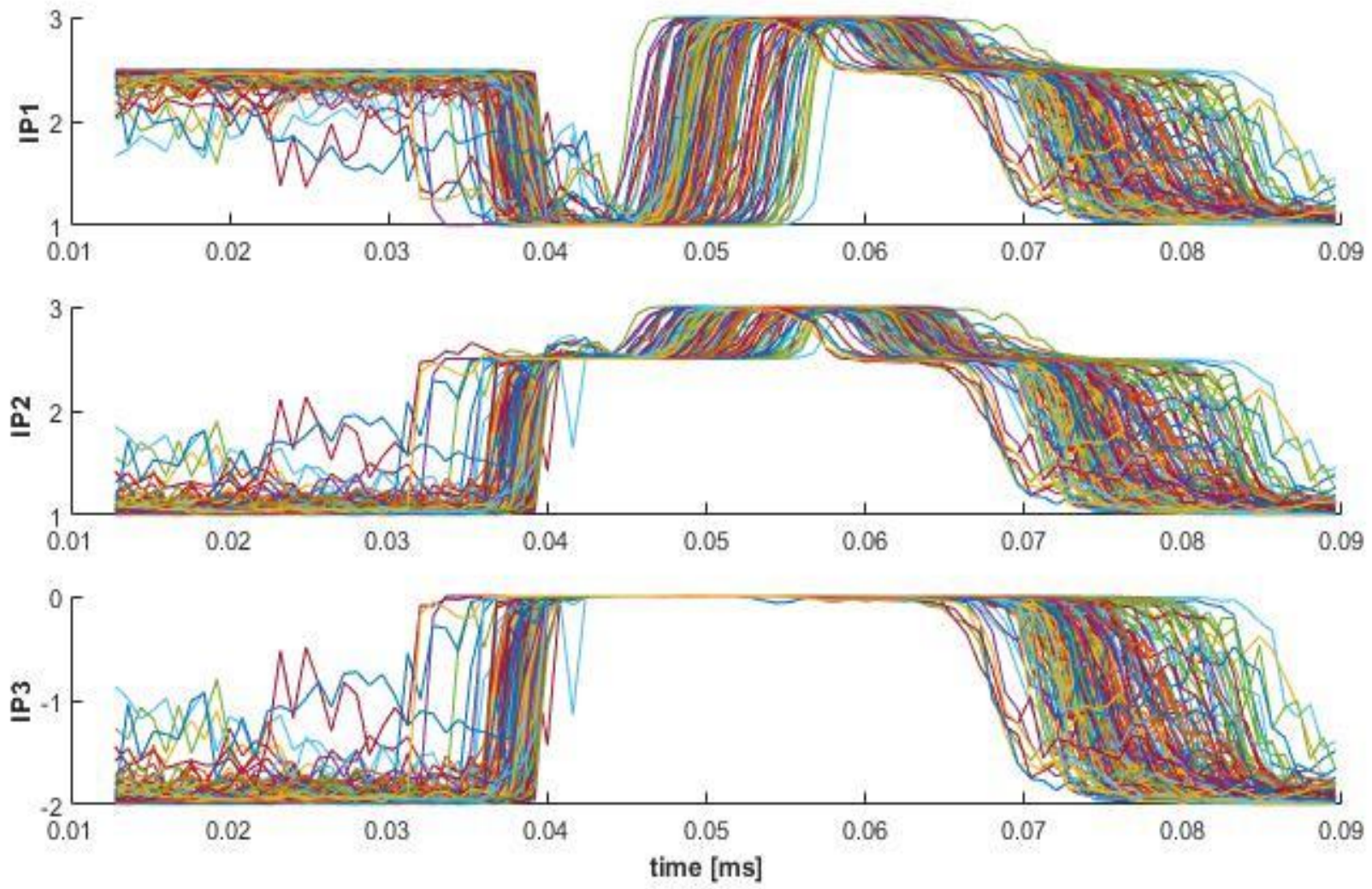


zvláštní případ III.

slabý jev/ rušení



Větší datový soubor
identifikace 200 z 660 jevů



Shrnutí:

úspěšná identifikace testovacích jevů

3 části:

- vstup — *L* x *K* x *Ndim* *(počet kanálů)*
- zpracování — standardní
- výstup — kombinace pravděpodobnosti

Plány:

- slabé AE jevy s nekompletním seismogramem
- reálná data

Poděkování:
za TCC ??,
které je nejen ‘**příjemné**’ && ‘**inspirativní**’ *(alespoň jeden případ ☺)*