

***KLASIFIKACE VZORŮ V EEG SIGNÁLU
PRO PROJEKT
ROZHRANÍ MOZEK-POČÍTAČ***

Alexander Frolov¹

Dušan Húsek^{1,2}

Pavel Bobrov¹

Michael Isaev³

Marina Stecenková⁴

¹IT4I VŠB TU Ostrava

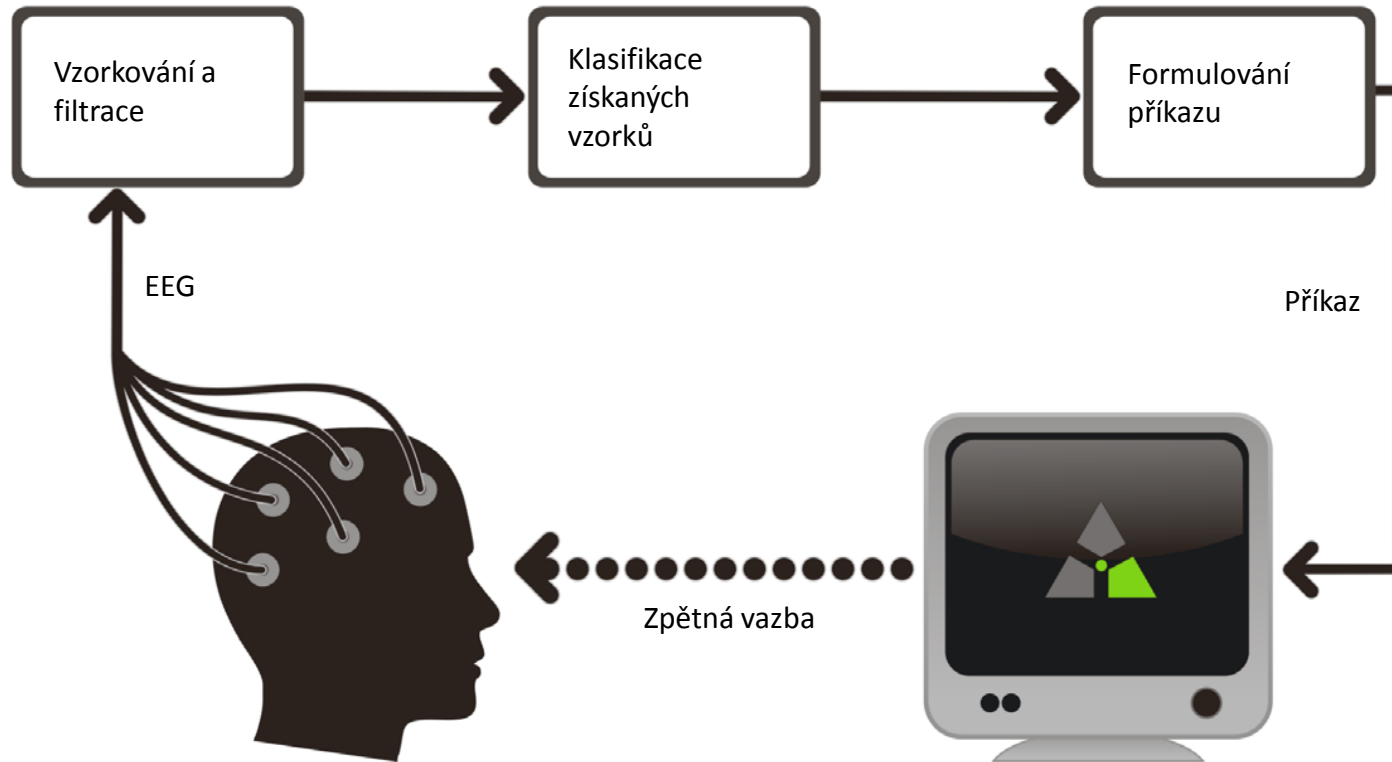
²Ústav informatiky AV ČR

³Fakulta biologické a medicínské fyziky Fyzikálně-technický institut v Moskvě

⁴FIS KSTP VŠE v Praze

Rozhraní mozek-počítač (Brain Computer Interface)

Podstata BCI projektů spočívá ve vytvoření komplexního systému pro bezprostřední interakci mozku s vnějším technickým zařízením.





Experimenty

- Data pochází z experimentů uskutečněných v ÚI AV ČR.
- Experimentů se zúčastnilo celkem 11 probandů bez zjevných neurologických abnormalit.
- Každá experimentální série se skládala ze třech po sobě jdoucích částí:
 - Přípravná - mrkání, hýbání s očima v přikázaných směrech,
 - Učící - představování obrázků; počáteční nastavení klasifikátoru BCI,
 - Testovací - představování obrázků, poskytnutí zpětné vazby probandovi, testování a doučování klasifikátorů.



Bayesovský klasifikátor

- Máme L prováděných mentálních úkolů.
- EEG signál \mathbf{X} má přibližně vícerozměrné normální rozdělení s nulovou střední hodnotou.
- Každý mentální úkol i , $i = 1, \dots, L$ má jinou regulární kovarianční matici \mathbf{C}_i .

- Pravděpodobnost $P(\mathbf{X}(t)|i)$ bude proporcionální veličině

$$\exp\left(-\frac{V_i(t)}{2}\right),$$

- kde

$$V_i(t) = \mathbf{X}(t)^T \mathbf{C}_i^{-1} \mathbf{X}(t) + \ln(\det(\mathbf{C}_i)).$$

- Signál $\mathbf{X}(t)$ bude náležet mentálnímu úkolu s největší $P(\mathbf{X}(t)|i)$, resp. nejmenší veličinou V_i .

Metoda nezávislých komponent

- Metoda nezávislých komponent (Independent Component Analysis, ICA) je metoda, která umožňuje vícerozměrný signál \mathbf{X} rozložit na M nezávislých signálů, které jsou představovány nezávislými komponentami ξ_j ($j = 1, \dots, M$). Signál v čase t pak lze rozložit následovně:

$$\mathbf{X}(t) = \mathbf{W} \xi(t) = \mathbf{W}_1 \xi_1(t) + \mathbf{W}_2 \xi_2(t) + \dots + \mathbf{W}_M \xi_M(t).$$

- kde \mathbf{W}_j jsou sloupce transformační matice \mathbf{W} specifikují jaký přínos má každá elektroda u odpovídající nezávislé komponenty. Komponenty $\xi_j(t)$ určují intenzitu dané komponenty pro každý časový okamžik.

Hodnocení úspěšnosti off-line klasifikace (BCI)

- Metoda křížové validace: trénovací množina - 70% / testovací - 30%; 100 iterací.
- Klasifikační matice $\mathbf{P} = (p_{ij})$ je průměr ze 100 výsledků.
- Ukazatelé úspěšnosti klasifikace

- Celková úspěšnost p :
$$p = \frac{\sum_i p_{ii}}{L}$$

- Cohenův koeficient kappa k :
$$k = \frac{\sum_i p_{ii} p_{0j} - \sum_i p_{0i} p_{i0}}{1 - \sum_i p_{0i} p_{i0}}$$

p_{0j} je pravděpodobnost, že bude vyplňována instrukce j ($1/L$)

p_{i0} je pravděpodobnost, že bude klasifikátorem rozpoznán mentální úkol i .

ANALÝZA EXPERIMENTŮ

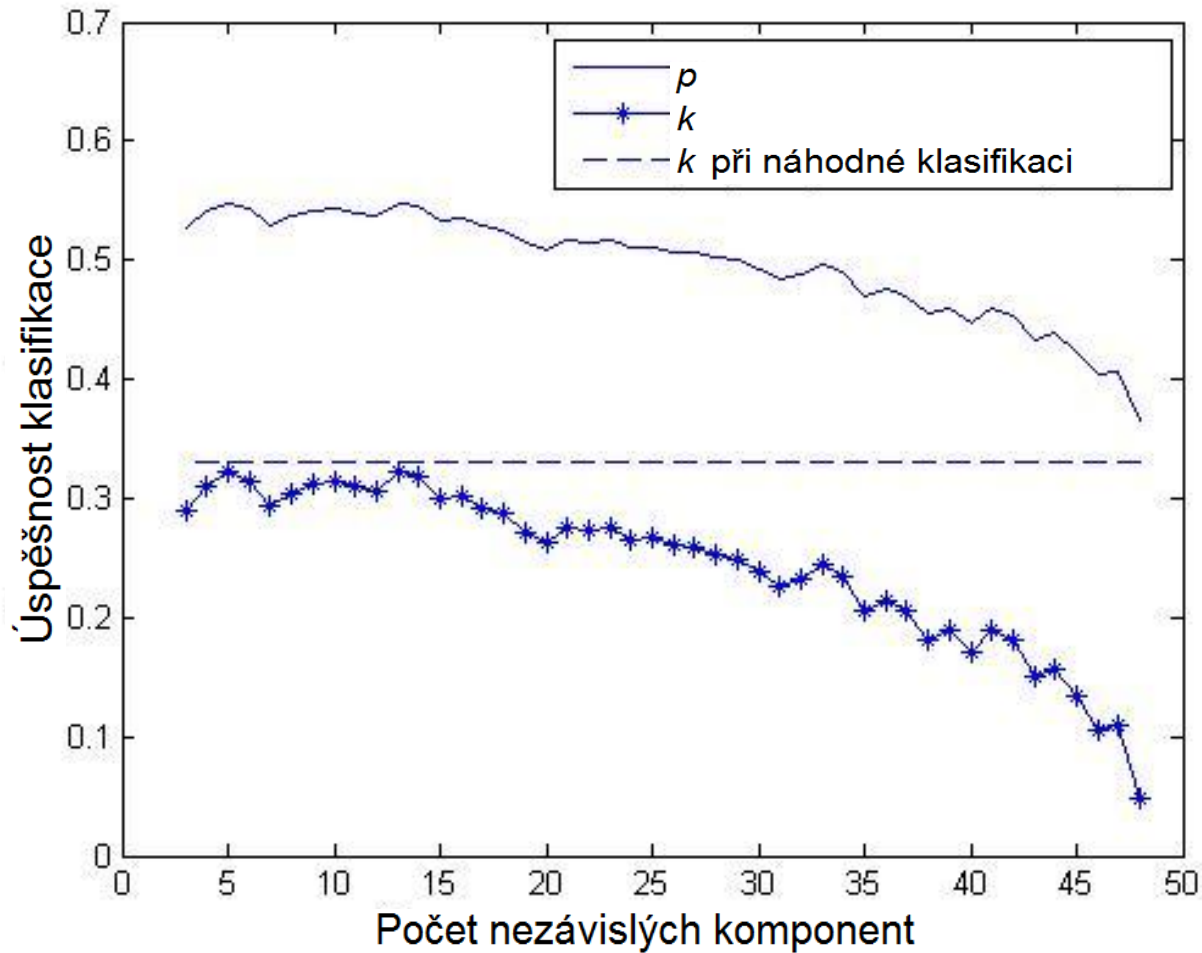
Matice P pro jednoho probanda při osmém experimentu.

		Zobrazované instrukce		
		Dům	Lavička	Obličej
Rozpoznané stavy	Dům	0.12	0.09	0.15
	Lavička	0.78	0.79	0.67
	Obličej	0.10	0.12	0.18

$$k = 0,05$$

$$p = 0,36$$

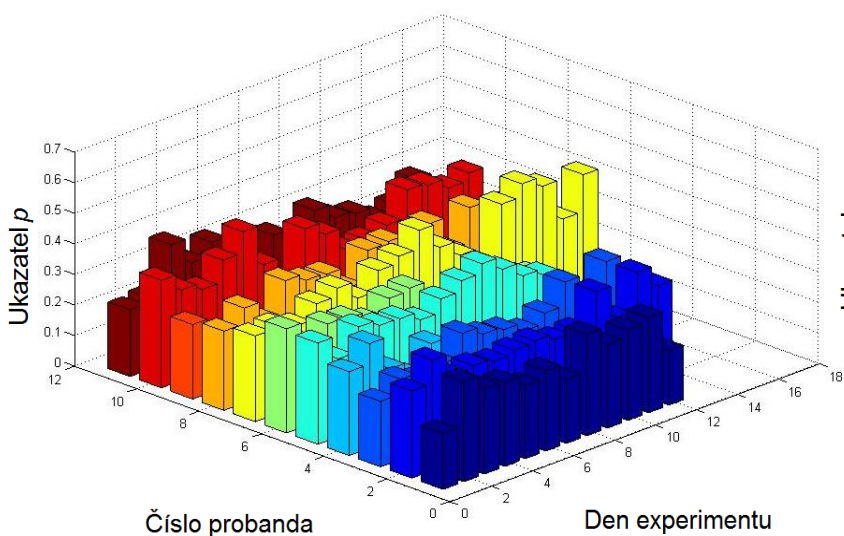
Závislost úspěšnosti klasifikace na počtu použitých nezávislých komponent.



Úspěšnost klasifikace p 11 probandů ve všech experimentálních dnech.

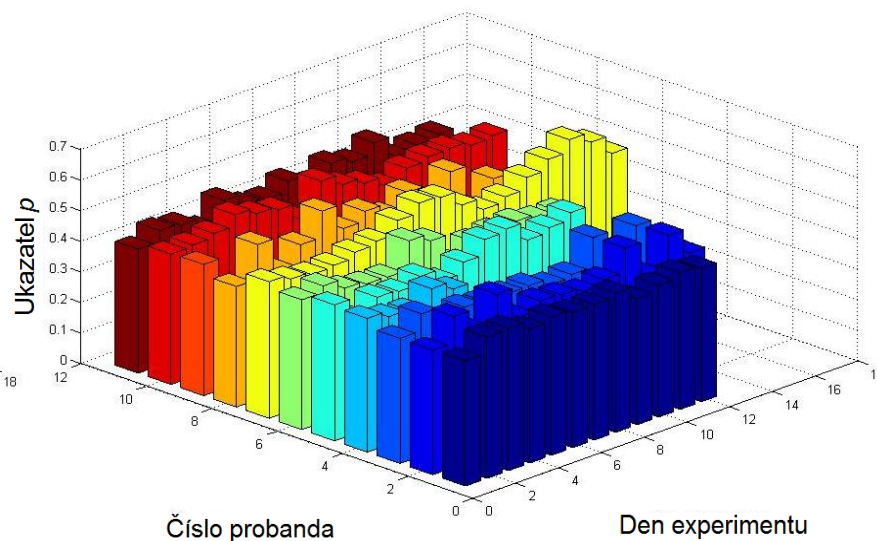
Při použití

A – všech komponent



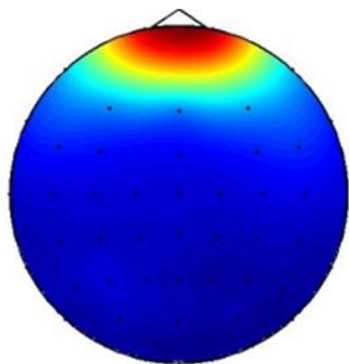
Při použití

B – tří nejlepších komponent

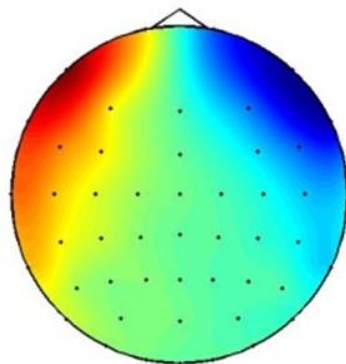


Často se opakující komponenty mezi všemi probandy ve všech experimentálních dnech.

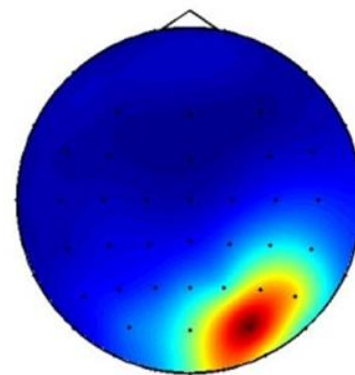
1



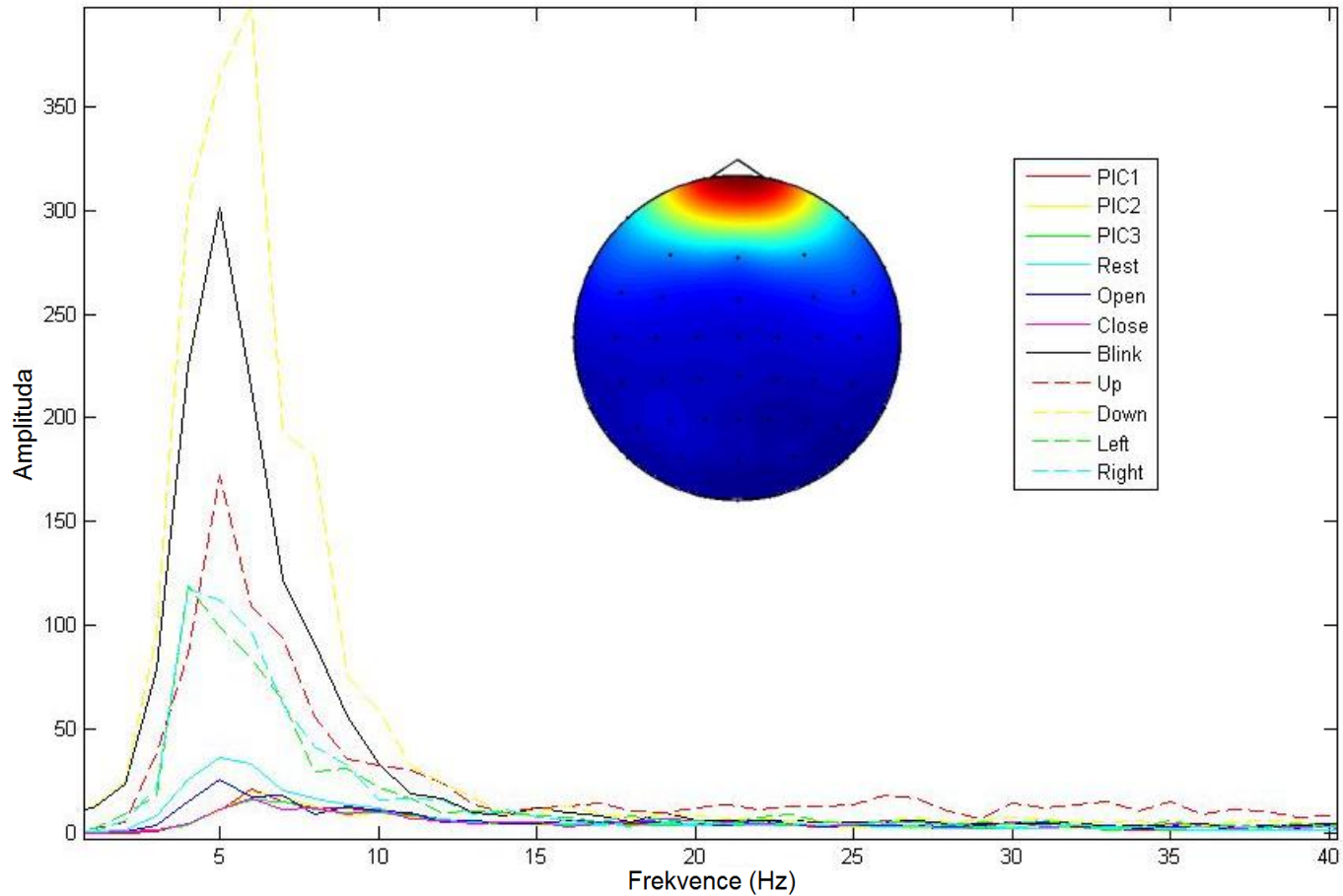
2



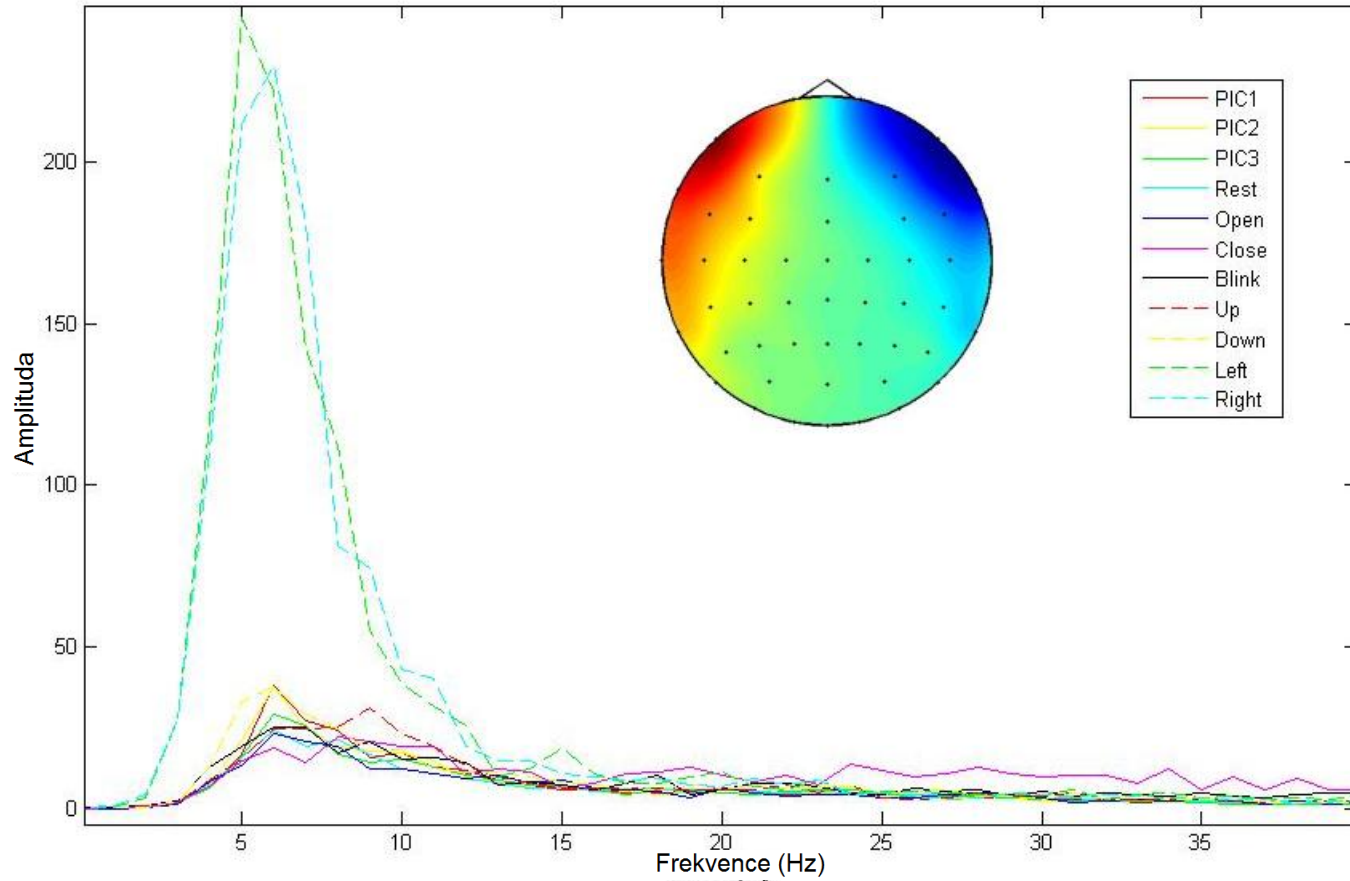
3



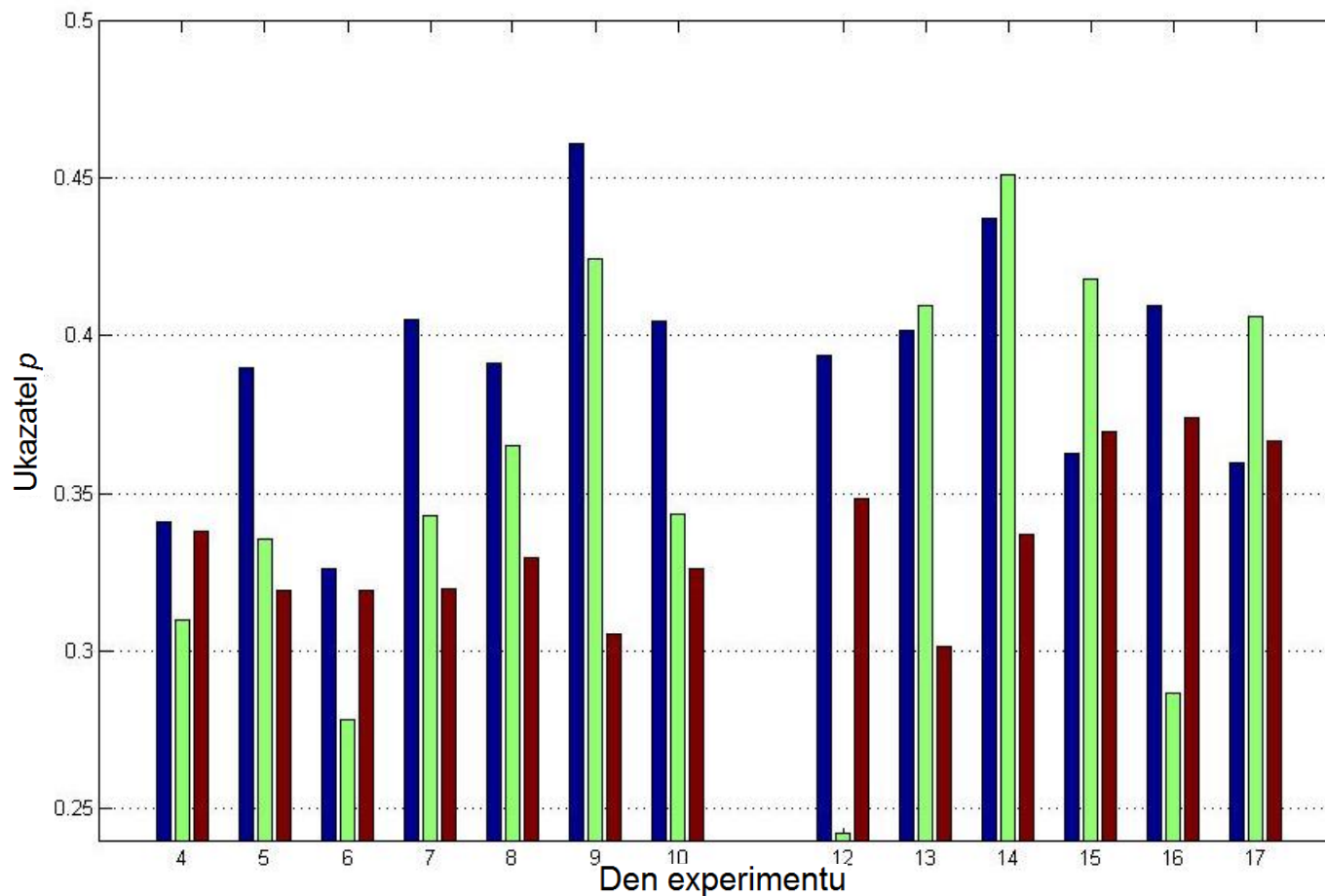
Výkonnostní spektrum pro komponentu č. 1.



Výkonnostní spektrum pro komponentu č. 2.



Úspěšnost klasifikace p při použití pro klasifikaci komponenty č. 3 (levé sloupce), komponenty č. 1 (pravé sloupce), všech komponent (prostřední sloupce).



Závěr

- **Při použití všech nezávislých komponent je BCI poměrně neefektivní.**
- **Úspěšnost klasifikace se výrazně zlepšuje při použití pouze určitých komponent.**
- **Nalezené komponenty, spojené např. mimovolným mrkáním a pohybem očí, se nejeví jako nezbytné pro fungování rozhraní mozek-počítač, ale mohou mít vliv na úspěšnost klasifikace.**