

# HMI s biologickou zpětnou vazbou

*Ondřej Baumrt*

*Ústav přístrojové a řídicí techniky, FS ČVUT, Ondrej.Baumrt@fs.cvut.cz*

*Abstrakt: Tento článek se zabývá základním výzkumem k sestavení HMI s biologickou zpětnou vazbou. Jsou zde popsány základní fyziologické parametry člověka, které lze použít ke zjištění aktuálního stavu operátora.*

*Klíčová slova: HMI, fyziologické parametry, sympatikus, parasympatikus, mydriáza, mióza, EEG, Elektrodermální aktivita*

*Abstract: This article deals with basic research to create HMI with biological feedback. Basic physiological parameters of a man are described here. They can be used to determine the current operator's status.*

*Keywords: HMI, physiological parameters, sympathetic, parasympathetic, mydriasis, miosis, EEG, Electrodermal activity*

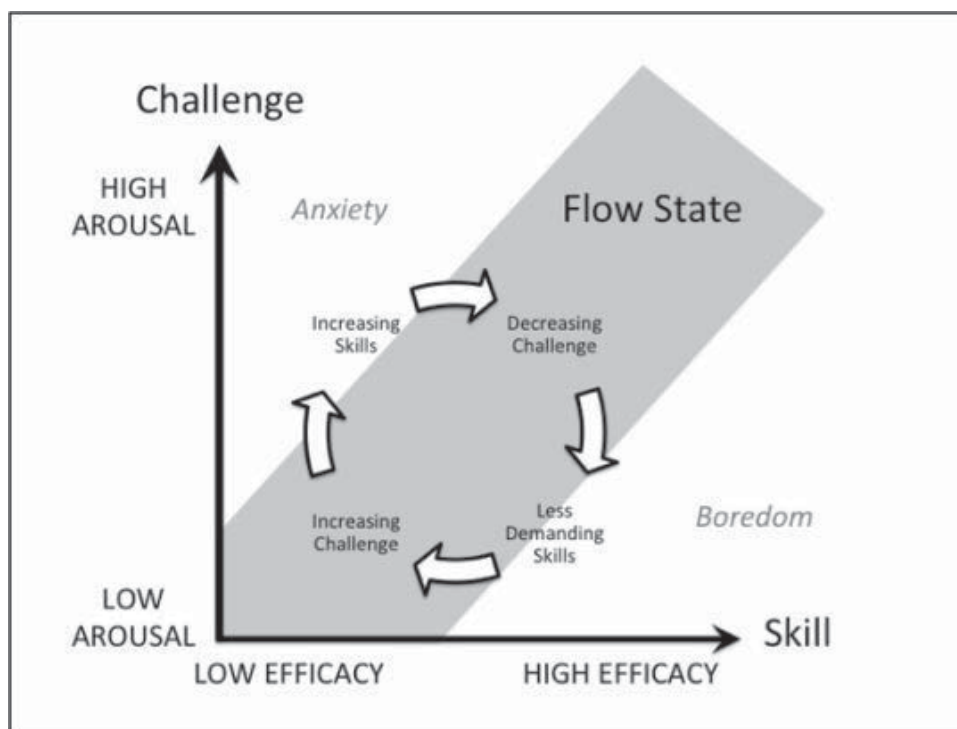
## 1 Úvod

*Fyziologické parametry* se v kybernetice dají využít v několika způsobech s tím, že tyto způsoby mohou být i provázány a využívány simultánně. První z těchto oblastí je využití fyziologických parametrů pro zjištění aktuálního stavu operátora.

Druhou možností, jak využít fyziologické parametry, je při návrhu daného zařízení či způsobu jeho využití.

Třetím způsobem využití je vlastní zpětná reakce pro operátora bez jakéhokoli využití pro vlastní proces. Jedná se například o zobrazení stavu jedince jemu samotnému. Kupříkladu u člověka s vyšším krevním tlakem je mu ukázána aktuální hodnota pomocí škály.

Všechny tyto možnosti mají společné to, že se snaží operátora (či jakéhokoli jedince) udržet v co nejideálnějším stavu pro pokračování činnosti, což je popsáno v obrázku 1 níže. [1]



Obr. 1: Graf toku - schopnosti a požadavky [1]

Na obrázku je na horizontální ose vyznačena úroveň schopností (angl. *Skill*) jedince a na vertikální úroveň požadavků (angl. *Demands*) či "výzvy" (angl. *Challenge*). Šedá oblast označuje stav, kdy jsou schopnosti operátora využívány optimálně. Tato oblast se označuje jako oblast toku (angl. *Flow State*). Pokud se jedinec dostane vpravo od této oblasti (čili jeho schopnosti jsou vyšší než požaduje daný úkol), dochází k znužení. To může mít za důsledek sníženou koncentraci. Pokud naopak se dostane vlevo mimo oblast "flow", může mít tato situace za následek úzkost. [1]

Existují způsoby, jimiž lze docílit návratu do oblasti "flow", a sice pohybem na grafu:

- vlevo - snížením schopností,
- vpravo - zvýšením schopností (např. tréninkem)
- dolů - snížením požadavků (např. omezení regulovaných parametrů), či
- nahoru - zvýšením požadavků (např. přidání regulovaných parametrů).

Je možné tyto "pohyby" vzájemně kombinovat. [1]

## 2 Fyziologické parametry

Fyziologické parametry, které jsou důležité pro určení duševního stavu souvisí s dvojicí nervových systémů - *Sympatickým* a *Parasympatickým*.

### 2.1 Sympatikus a parasympatikus

*Sympatický* a *parasympatický* nervový systém, neboli *sympatikus* a *parasympatikus*, jsou součástí autonomního nervového systému, které se podílejí na řízení cévního oběhu nebo například činnosti určitých orgánů. [2][3]

Obvykle vzájemně působí opačně, přičemž sympatikus je aktivován ve stresových situacích a parasympatikus v útlumových případech (např. jedinec je v klidu, po jídle apod.). Sympatický nervový systém kupříkladu zvyšuje činnost srdce nebo rozšiřuje oční zornice (tzv. *mydriáze*). Jeho efekt na cévy je rozličný dle orgánu, nicméně převažuje zúžení cév (tzv. *vazokonstrikce*) a zvýšení krevního tlaku. Na druhou stranu parasympatikus zvyšuje činnost trávicího ústrojí, oční zornice zužuje (tzv. proces *míózy*) nebo zužuje průdušky. [2][3]

Pokud je lidský organizmus v pořádku, pracují oba systémy přibližně stejnou dobu. [2][3]

## 2.2 Kontrakce zornic

### 2.2.1 Mydriáza

*Mydriáza* je proces rozšiřování oční zornice a jak bylo řečeno v kapitole 2.1, je způsobena aktivací sympatického nervového systému. Zornice se kromě nízkého osvětlení okolí mohou rozšířit kvůli působení stresové situace na jedince. Pochopitelně mydriáza probíhá i z jiných důvodů (nemoc či konzumace léků a drog). [4]

### 2.2.2 Mióza

V návaznosti na kapitolu 2.2.1, jevem opačným k mydriáze je tzv. *mióza*, proces zúžení zornic. K němu dochází působením parasympatiku, obvykle v klidných situacích či při vysokém osvětlení okolí. Stejně jako v případě mydriázy může být i zúžení zornic způsobeno užíváním určitých léků a drog nebo nemocí. [5]

## 2.3 Oční pohyby

Pohyby očí lze rozdělit do několika kategorií:

- *sakády*, což jsou rychlé pohyby, které zajišťují, aby byl obsah zájmu zobrazen na střed sítnice co nejrychleji a jsou kontrolovány vědomě;
- *sledovací pohyby*, tedy pomalé pohyby, pomocí kterých je sledování pohybujících se předmětů tak, aby byly zobrazeny na sítnici ostře;
- *vergenční pohyby*, zajišťující zobrazení různě vzdálených objektů na korespondující místa na sítnici; a
- *reflexní pohyby*. [6]

## 2.4 Mozková aktivita

### 2.4.1 Základní neurohormonální reakce na stres

Základní reakce organismu na stres má tři fáze:

- poplachovou reakci,
- adaptaci (rezistence) a
- vyčerpání. [7]

Poplachová reakce, označovaná také jako *Cannonův stres* spočívá v aktivaci sympatiku, přičemž se více vyplavují hormony dřeně nadledvinek, konkrétně adrenalin a noradrenalin (zároveň se zvyšuje krevní tlak, jak je popsáno v kapitole 2.1. [7][8])

V této, první, fázi také roste produkce CRH<sup>1</sup>-ACTH<sup>2</sup>-kortizolu, který zvyšuje energetický potenciál jedince. Reakce systému CRH-ACTH-kortizolu je hlavním rysem druhé fáze - adaptace, jinak jmenovanou jako *Selyeho stres*. V této etapě žije člověk stále a je v podstatě základem normálního života. Pokud by totiž z lidského života vymizely veškeré stresující okolnosti, samovolně by stres naopak vznikl. [7][8]

Poslední fází je vyčerpání. Je zapříčiněna zhroucením homeostatických mechanismů, totiž když CRH-ACTH-kortizol má nedostatečnou produkci. Obvykle nastává pouze za extrémních situací (např. nemoc). [7][8]

### 2.4.2 Elektroencefalografie

*Elektroencefalografie* sleduje mozkové vlny, které jsou součástí elektromagnetického pole, které vytvářejí svou prací neurony. Obvykle je zmiňováno čtyři až pět druhů, a sice:

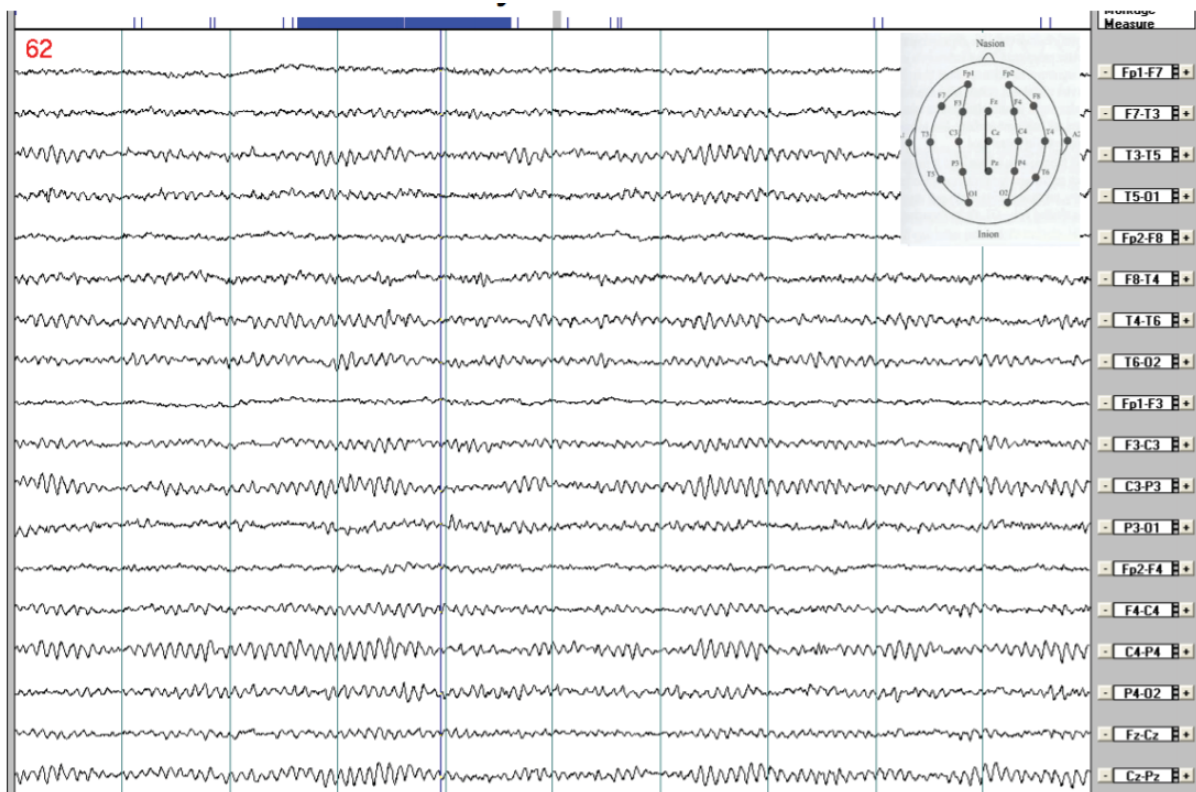
- *alfa vlny*, které mají frekvenci  $8 \div 13 \text{ Hz}$  a převládají za stavu uvolnění a odpočinku;
- *beta vlny* s frekvencí  $13,5 \div 40 \text{ Hz}$ , které jsou aktivní v bdělém stavu, přičemž čím vyšší frekvenci tyto vlny mají, tím je člověk "podrážděnější";
- *gamma vlny* o frekvenci  $40 \div 100 \text{ Hz}$  používané v situacích, kdy je mozek vystaven náročným úkolům;

<sup>1</sup>Kortikoliberin - peptidový hormon hypotalamu [9]

<sup>2</sup>Adrenokortikotropní hormon, je produkován adenohypofýzou [9]

- *delta* vlny dosahující frekvencí pouze  $1 \div 3,5$  Hz jsou aktivní při hlubokém spánku nebo bezvědomí; a
- *theta* vlny, jejichž frekvence osciluje mezi 4 a 7,5 Hz, převládají během hluboké relaxace či některých fázích spánku. [10][11]

Příklad výsledné křivky je přiložen na obrázku 2. Na obrázku je použito zapojení systémem "10-20". Pro udržení elektrod na správném místě se obvykle používá lepkavá pasta. Obvykle se dané elektrody označují písmenem, které označuje oblast mozku (např. "T" označuje oblast *temporální*) a nejčastěji číslem (lichá pro levou hemisféru, sudá pro pravou) případně malým písmenem "z" či nulou pro elektrody nepárové (tzv. "vertexové"). Umístění elektrod lze vidět na obrázku 2 v pravém horním rohu. [10][12]



Obr. 2: Křivka normálního EEG [10]

## 2.5 Elektrodermální aktivita

*Elektrodermální aktivita (EDA)*, dříve nazývaná jako *galvanická reakce*, je kožní reakce na elektrický podnět a je velmi často využívána v psychofyziologii. [13][14]

Oproti například EEG má velkou výhodu v tom, že jeho použití je technická nenáročnost a snadná aplikace téměř kdekoli, přičemž stále vykazuje velmi dobrou citlivost na zjištění psychického stavu. [13][14]

Elektrickou aktivitu popsali nezávisle na sobě francouzský neurolog *Charles Féré* (v roce 1888) a ruský fyziolog *Tachograff* (v roce 1890). Oba ovšem ke svým závěrům došli odlišnou metodou. Zatímco *Féré* využil stejnosměrný obvod (v podstatě externí stejnosměrný zdroj zapojený na dvě různá místa na kůži), *Tachograff* snímal pouze potenciál mezi dvěma místy na kůži - bez vnějšího zdroje. Veličiny měřené při EDA se dělí na:

- endosomatické a
- exosomatické. [13][14]

Jako *endosomatické* označují biofyzikové takové veličiny, které se měří bez zdroje vnějšího napětí. Zde je vyjmenován *kožní potenciál (skin potential - SP)*, což je napětí (rozdíl potenciálů) mezi dvěma místy na pokožce. [13][14]

Za *exosomatické* veličiny lze označit takové, které dle filozofie *Férého* využívají externí zdroj. Teoreticky lze využít i střídavé napětí, avšak prakticky se využívají pouze stejnosměrné zdroje. Mezi exosomatické veličiny patří například *kožní vodivost (skin conductance - SC)* nebo *kožní odpor (skin resistance - SR)*. [13][14]

### 3 Závěr

Výsledkem tohoto článku je lepší pochopení fyziologických parametrů člověka za účelem jejich využití ve strojírenské praxi pro vytvoření kvalitnějšího HMI, např. z pohledu využití schopností operátora.

Je zřejmé, že velké množství informací o aktuálním stavu lze zjistit ze snímání očí či z mozkové aktivity. Ve velkém množství parametrů se projevuje aktivace sympatického, popř. parasympatického nervového systému.

Článek byl podpořen grantem: SGS20/159/OHK2/3T/12

### Literatura

- [1] M. Csikszentmihalyi, "Flow: The Psychology of Optimal Experience", Goodreads, 19-úno-2019. [Online]. Dostupné z: <https://www.goodreads.com/review/show/2714935491>.
- [2] "Sympatický nervový systém (sympatikus)", Velký lékařský slovník. [Online]. Dostupné z: <http://lekarske.slovníky.cz/lexikon-pojem/sympaticky-nervovy-system-sympatikus-5>. [Viděno: 12-čer-2019].
- [3] "Parasympatický nervový systém", Velký lékařský slovník. [Online]. Dostupné z: <http://lekarske.slovníky.cz/lexikon-pojem/parasympaticky-nervovy-system-hovor-parasympatikus-6>. [Viděno: 12-čer-2019].
- [4] J. Štefánek, "Rozšířené zornice", Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK. [Online]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/roz sirene-zornice>. [Viděno: 13-čvc-2019].
- [5] J. Štefánek, "Zúžení zornic", Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK. [Online]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/zuzeni-zornic>. [Viděno: 13-čvc-2019].
- [6] K. Skorkovská, "Supranukleární okohybné poruchy", prezentováno v Neurooftalmologie, LF MUNI, 08-lis-2015.
- [7] V. Schreiber, "Současný pohled na stres a endokrinní odpověď", Interní medicína pro praxi, roč. 3/2004, s. 111–112.
- [8] A. Večeřová-Procházková a R. Honzák, "Stres, eustres a distres", Interní medicína pro praxi, roč. 2008, s. 188–192.
- [9] "Adrenokortikotropní hormon", WikiSkripta.eu, 31-říj-2016. [Online]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Adrenokortikotropní\\_hormon](https://www.wikiskripta.eu/w/Adrenokortikotropní_hormon). [Viděno: 10-říj-2019].
- [10] H. Krijtová, "Standardní EEG - základy, indikace a základní nálezy", prezentováno v Kurz specializačního vzdělávání, Základy neurologie, Neurologická klinika, 2. LF a FN Motol, 2016.
- [11] T. Procházková, "Mozkové vlny: neviditelné tajemství v naší hlavě", Mentem, 11-dub-2016. [Online]. Dostupné z: <https://www.mentem.cz/blog/mozkove-vlny/>. [Viděno: 16-zář-2019].
- [12] M. Matoušek, "EEG v psychiatrii", in Psychiatrie, 1., Praha: Tigis, 2002, s. 276–282.
- [13] R. Freeman a M. W. Chapleau, "Testing the autonomic nervous system", in Handbook of Clinical Neurology, 1. vyd., roč. 2013, Elsevier, s. 115–136.
- [14] W. Boucsein, Electrodermal Activity, 2. vyd. Springer Science Business Media, 2012.



**Selected article from**

**Tento dokument byl publikován ve sborníku**

**Nové metody a postupy v oblasti přístrojové  
techniky, automatického řízení a informatiky 2020  
New Methods and Practices in the Instrumentation,  
Automatic Control and Informatics 2020  
14. 9. – 16. 9. 2020, Zámek Lobeč**

**ISBN 978-80-01-06776-5**

Web page of the original document:

<http://iat.fs.cvut.cz/nmp/2020.pdf>

Obsah čísla/individual articles:

<http://iat.fs.cvut.cz/nmp/2020/>

Ústav přístrojové a řídicí techniky, FS ČVUT v Praze, Technická 4, Praha 6