

## GRAFICKÝ MODEL ZMĚN PSYCHOSOMATICKÝCH VELIČIN ČLOVĚKA PŘI JEHO PSYCHICKÉM ZATĚŽOVÁNÍ

Tomáš Slavíček, Vladimír Eck, Karel Hána, Lenka Lhotská,  
Pavel Stejskal

### Anotace

Příspěvek se zabývá návrhem a netradiční grafickou interpretací modelu, který by názornou formou zobrazil průběhy změn psychosomatických veličin u člověka vystaveného v čase proměnné psychické zátěži. Ta byla testované osobě programově simulována postupným automatickým předkládáním řady matematicko-logických úloh s různou řešitelskou obtížností. Celkový počet 30 úkolů byl strukturován po 10 do 3 zátěžových úrovní. Každý z úkolů obsahoval 10 testovacích polí. Řešení každého úkolu spočívalo v uspořádání testovacích polí v požadovaném pořadí za daný časový limit. Zátěžový test byl programován v prostředí **ADOBE FLASH (ACTION SCRIPT 2)**. Na 5 testovaných osobách byly během testování snímány některé jejich psychosomatické veličiny jako signály EEG, EKG, krevní tlak v arterii prstu, kožní odpor, dechová frekvence a saturace hemoglobinu kyslíkem, a to před psychickou zátěží, při ní a následné relaxaci testované osoby. Naměřené hodnoty těchto psychosomatických veličin jsou graficky znázorněny v jedno-, dvou- a trojrozměrných tzv. **Subsystémových grafech** v **Podprostorech „plice“, „srdce“ a „mozek“**, které jsou integrovány do trojrozměrného **Systémového grafu** v **Systémovém prostoru**. V něm koncové body vektorů psychosomatických veličin vytvářejí v závislosti na čase a psychické zátěži osoby prostorové křivky a s jejich průměty vyplňují útvary aproximovatelné elipsami v rovině a rotačním elipsoidem v prostoru. Parametrizací **Systémového a subsystémových grafů** tak byly získány nové vektorové a skalární veličiny. Tato transformace umožňuje integrálně sledovat změny všech měřených psychosomatických veličin při přechodech testované osoby ze stavu klidu do psychické zátěže a zpět ve formě vázaných **Elipsogramů** a **StresMetru** jako indikátorů změn forem klidu a stresu u člověka. Z provedené analýzy výsledků měření je provedena klasifikace testovaných osob podle **stupně stresovatelnosti**. Simulace byly prováděny v prostředí **MATLAB - SIMULINKu**.

### Klíčová slova

*Grafický model, psychosomatické veličiny člověka, psychická zátěž, subsystémový graf, subsystémový podprostor, systémový graf, systémový prostor, Elipsogram, StresMetr, stupeň stresovatelnosti člověka, audiovizuální stimulace.*

### 1. Úvod

V mnoha zaměstnáních a životních situacích je člověk vystaven různým stresovým situacím. Opětovným působením stresoru na jedince se dotyčný může na takovou zátěž výcvikem adaptovat a být schopen její vliv na své chování minimalizovat (např. výcvik operátorů pro veliny technologických komplexů).

Pro analýzu takovýchto dějů je nutné umět monitorovat subjekt s možností přehledného a jednoduchého srovnání nejen jeho výsledků samotných, ale provádět totéž i v rámci celé skupiny.

Formulované cíle, jejichž splnění chceme dosáhnout jsou:

1. Navrhnout a realizovat zátěžový test
2. Měřit a vyjádřit projevy zátěže působící na člověka prostřednictvím na něm měřených psychosomatických veličin formou **Grafického modelu**.
3. Zavést nové proměnné (**Elipsogram** a **StresMetr**) pro charakterizování stupně stresovatelnosti testovaných osob.

Za tím účelem byl pro opakovatelnou a definovatelnou psychickou zátěž naprogramován matematicko-logický test, skládající se z třiceti úkolů, uspořádaných po deseti do tří zátěžových úrovní. Každý z úkolů obsahuje deset testovacích polí. Řešení každého úkolu spočívá v uspořádání testovacích polí ve správném pořadí a je časově limitováno.

Grafické znázornění naměřených dat a jejich vyhodnocování sehrává tak v porozumění experimentu důležitou roli a má nezastupitelné místo. V tomto pojednání je navržena a realizována představa aproximovat prostor, jež je vyplněn trajektorií koncového bodu výsledného vektoru jednoduchým geometrickým útvarem a jeho průměty. Z vybraných a neinvasivně měřených psychosomatických veličin srdce, plic, a mozku je vždy v trojrozměrném **Subprostoru** sestrojen příslušný subvektor s jeho průměty. Jednotlivé **Subprostory** pospojováním vytvoří výsledný **Systémový prostor**. Koncový bod výsledného lomeného vektoru vyplní v tomto prostoru jistou jeho část, kterou můžeme aproximativně popsat jednoduchými geometrickými útvary.

## 2. Blokové schéma grafického modelu

### 2.1 Blokové schéma

obsahuje bloky:

1. Psychická stimulace subjektu – je realizována zátěžovým testem,
2. Měření a záznam psychosomatických veličin – odrážejí klidový, zátěžový a relaxační stav subjektu,
3. Úprava a zpracování dat – spočívá v konversi, synchronizaci a sjednocení naměřených dat,
4. Jednorozměrné grafy – průběh psychosomatických veličin v čase s výrazněním jednotlivých fází testování,
5. Dvojrzměrné grafy – vztahy vždy dvou psychosomatických veličin se zvýrazněním fází testování,
6. Trojrozměrné grafy (**Subsystémové**) – zobrazení závislosti trojice psychosomatických veličin v **subsystémovém subprostoru**,
7. Trojrozměrný graf (**Systémový**) – sjednocení všech trojrozměrných grafů (**subprostorů**) do jednoho trojdimenzionálního **systémového prostoru**.

### 2.2 Aproximace grafů pomocí jednoduchých geometrických útvarů

**Subsystémové i Systémový graf** tvoří v závislosti na čase a zátěži prostorové

a rovinné křivky, které je možné přibližně aproximovat základními geometrickými útvary, jakými jsou například úsečky nebo elipsy, kružnice, rotační elipsoidy, atd.

### 2.3 Popis parametrů geometrických útvarů

Aproximací křivek z ploch základními geometrickými útvary vznikají nové veličiny odvozené z parametrů těchto útvarů (polohy vůči počátku, plochy útvarů a jejich vzájemných poloh, **Elipsogram**, **StresMetr** apod.). Takovýto popis dějů je často mnohem jednodušší a názornější než popis psychosomatickými veličinami tvořícími Systémový graf v Systémovém prostoru.

### 2.4 Vyhodnocení zobrazení

Po vyhodnocení těchto zobrazení se ukázala možnost nahradit množství měřených psychosomatických veličin zjednodušenou a přehlednější reprezentací pomocí uceleného grafického zobrazení a určovat tak míru psychické zátěže působící na testovaný subjekt komplexně.

## 3. Zátěžový test (Z – test)

Pro vyvolání změn psychosomatických veličin z klidového do zátěžového stavu a zpět bylo nutné zatížit měřenou osobu definovanou **psychickou zátěží**. Pro tento účel byl vytvořen jednoduchý **zátěžový test**, který zvyšuje pozornost osoby pro svou náročnost na postřeh a logicko-matematické myšlení.

### 3.1 Koncepce testu

Test je členěn do tří úrovní. Každá úroveň obsahuje 10 subtestů. Každý subtest obsahuje 10 polí se symboly určující pravidla správného pořadí „kliknutí“ na pole. Měřená osoba je testem také **audiovizuálně stimulována**. Audio stimulace je způsobena zvukem bijícího srdce, jehož frekvence se skokově mění s úrovní testu. Vizuální stimulaci testu tvoří červené pozadí obrazovky, které synchronně pulsuje podle zvuku bijícího srdce. Červená barva pozadí byla zvolena úmyslně, neboť může působit na subjekt tak, že zrychlí jeho srdeční a dechovou činnost a je vnímána jako barva aktivity, soutěživosti a agresivity.

### 3.2 Pravidla pro úspěšné splnění testu a jeho ovládání

Test se ovládá myší a spočívá v co nejrychlejším „kliknutí“ na správné pole. Každý subtest je limitován časovým intervalem, který byl empiricky změřen. Na konec časového limitu je upozorňováno zvukovým signálem. Ten zazní tři sekundy před koncem časového limitu. V testu se objevují tři typy pokut, na které je upozorněno intenzivním zvukovým signálem. Pokuty jsou udělovány za:

- vypršení časového limitu subtestu,
- „kliknutí“ na nesprávné pole,
- „kliknutí“ mimo pole.

Každá z pokut způsobuje restartování konkrétního subtestu a zkrácení časového limitu o jednu sekundu. Zkracování probíhá jen do určité kritické hodnoty, která je zapotřebí pro úspěšné splnění subtestu, avšak se zvýšenou pozorností a snahou měřené osoby. Úkolem jednotlivých subtestů je postupné „kliknutí“ na jedno z deseti polí ve správném pořadí. Pořadí je dáno symbolem na každém poli.

Pro pole s čísly je třeba volit pořadí od nejnižší hodnoty po nejvyšší. Na pole s písmeny je nutné kliknout v pořadí v jakém jsou řazena písmena v abecedě. Jestliže symboly chybí, pořadí je dáno velikostí čtverců (polí), a to od nejmenšího po největší. Dále se na polích mohou vyskytovat jednoduché matematické výrazy, jejichž výsledky určují pořadí opět od nejmenší po největší hodnotu. U tlačítek, které se periodicky rozpínají a smršťují je pořadí dáno velikostí maximálního rozepnutí od nejmenšího po největší. Některá tlačítka mají symboly, které jsou skryté. Ty se zobrazí až po přiložení kurzoru na pole.

V první úrovni testu (prvních deset subtestů) se vyskytují pouze statická pole se symboly čísel a písmen. Čísla nabývají hodnot od 1 do 10 a písmena od A do J. Pole tvoří pravidelné obrazce. Test v této fázi vyžaduje minimální pozornost měřené osoby. Zvuk bijícího srdce a rytmus pulsujícího pozadí je 80 tepů /min.

V druhé úrovni testu (jedenáctý až dvacátý subtest) jsou opět statická pole, ale symboly mohou být zrcadlově otočené, či vodorovně převrácené. Od čtrnáctého subtestu jsou čísla až tříciferná a písmena jsou vybrána z celé abecedy. Objevují se také pole bez symbolů, které lze rozlišit pouze svou velikostí. Tato fáze testu vyžaduje u měřené osoby větší pozornost a logické myšlení. Zvuk bijícího srdce a rytmus pulsujícího pozadí je 120 tepů /min.

Ve třetí úrovni testu (dvacátý první až třicátý subtest) se objevují pole animovaná, náhodně se přeskupující a pole se skrytými symboly. Vyskytují se také pole s matematickými výrazy. V této fázi testu je po měřeném subjektu vyžadována nejvyšší pozornost, logické myšlení a také zapojení paměti. Zvuk bijícího srdce a rytmus pulsujícího pozadí je 160 tepů /min. Bylo by vhodné dále pro navození osobitějšího akustického stresu zvuk pulsujícího pozadí řídit zpětnovazebně přímo tepovou frekvencí testované osoby.

### 3.3 Zobrazení a vyhodnocení průběhu testu.

Průběh testu je nejzřetelnější v grafické podobě. Je vynesena odpovídající schodovitá funkce vyjadřující závislost doby trvání řešení jednotlivých subtestů na čase. Jsou vynášeny takové časové úseky, které testovaná osoba potřebovala na splnění každého úkolu, tedy i s chybami. Protože časy jednotlivých subtestů jsou závislé na schopnostech měřené osoby, můžeme tyto hodnoty považovat za ukazatel míry **psychické zátěže** jednotlivých subtestů. Na testované osoby byl použit vždy stejný test a to za stejných podmínek. Výstup testu je tedy možno považovat za úspěšnost jedince v řešení daného testu vyvolanou definovatelnou **psychickou zátěží**.

## 4. Psychosomatické veličiny

### 4.1 Výběr psychosomatických veličin

Pro zobrazení klidového a zátěžového stavu člověka pomocí psychosomatických veličin byly vybrány signály, jejichž hodnoty se s psychickou zátěží nějakým způsobem mění. Vybrané veličiny byly přímo neinvazivně měřeny, nebo získány zpracováním zaznamenaných signálů. Za signály nesoucí informaci o psychickém stavu testované osoby byly vybrány:

- Výkon EEG v oblasti levé hemisféry v pásmu  $\alpha$
- výkon EEG v oblasti pravé hemisféry v pásmu  $\alpha$
- výkon EEG v oblasti mezi hemisférami v pásmu  $\alpha$
- výkon EEG v oblasti levé hemisféry v pásmu  $\beta$
- výkon EEG v oblasti pravé hemisféry v pásmu  $\beta$
- výkon EEG v oblasti mezi hemisférami v pásmu  $\beta$
- výkon EEG v oblasti levé hemisféry v pásmu  $\gamma$
- výkon EEG v oblasti pravé hemisféry v pásmu  $\gamma$
- výkon EEG v oblasti mezi hemisférami v pásmu  $\gamma$
- tepová frekvence
- dechová frekvence
- doba nádechu
- doba výdechu
- dechová hloubka
- zvednutí hrudníku při nádechu
- pokles hrudníku při výdechu
- hodnota systolického tlaku
- hodnota diastolického tlaku
- okysličení krve

### 4.2 Měřicí pracoviště a použité přístroje

Experiment probíhal na Společném pracovišti biomedicínského inženýrství FBMI a 1.LF, FBMI – ČVUT v Praze. Testování se odehrávalo v uzavřené místnosti, relativně dobře izolované od vnějšího městského ruchu.

#### Polygraf BrainScope

Zařízení obsahuje vícekanálový EEG zesilovač EADS220 s digitálním výstupem dat, dále analogové předzesilovače, zesilovače a filtry ve spojení s analogově-digitálním převodníkem. Součástí přístroje je programové vybavení EASYS2. Software je nainstalován v PC1 a slouží pro záznam a vyhodnocení EEG. Přes polygraf jsou zaznamenávány tyto psychosomatické veličiny:

#### Elektroencefalogram (EEG)

K snímání signálů elektroencefalogramu je použita EEG čepice s 19 elektrodami.

## Elektrokardiogram (EKG)

Signály srdce jsou snímány dvěma nalepenými elektrodami na hrudníku.

### Obvod hrudníku

**Dechová křivka** je snímána pomocí gumového pásu, jehož objem se měnil s pohybem hrudníku. Tlak z pásu je převáděn pomocí mechanicko-elektrického převodníku.

**Ohmeda Finapress 2300** Zařízení poskytuje spojitě měření arteriálního tlaku v prstu. Měření je prováděno pomocí tlakové manžety nasazené na střední článek prostředníku na pravé ruce. Analogový výstup z Finapressu je digitalizován A/D převodníkem AD7716.

### 4.3 Průběh měření

Testování se zúčastnilo celkem 5 osob. Jedná se o muže ve věku 22–26 let. Měření probíhalo v 5 fázích

**Příprava na měření.** Testovaná osoba byla ústně seznámena s testem. Byly ji přiblíženy všechny varianty úloh v testu a vysvětlena pravidla pro jeho úspěšné řešení. Na testovaného byly připojeny veškeré měřicí přístroje a byl umístěn na lehátko do polohy v polosedě. Dále mu na kolena byl položen notebook s připraveným zátěžovým testem. Zároveň byl zaznamenán čas počátku měření a tím spuštěny i záznamy z přístrojů.

**Relaxace před testem.** Měřený měl za úkol co nejvíce se uvolnit a snažit se relaxovat. Osoba měla otevřené oči a nebyla rušena okolím.

**Test.** Subjekt měl co nejrychleji splnit všechny úlohy v testu. Přitom se snažit o co největší soustředění, maximální výkonnost a o co nejmenší chybovost při plnění testu.

**Relaxace po testu.** Měřená osoba měla opět co nejvíce relaxovat při otevřených očích a nebyt při tom rušena.

**Konec měření.** Zastavení záznamů z přístrojů a uložení dat v počítači.

### 4.4 Zpracování naměřených dat

Vzhledem k tomu, že pro každou testovanou osobu byla data snímána do tří souborů, vznikla mezi záznamy desynchronizace. Každý soubor byl jiného typu a navíc data uložená v pocket PC byla vzorkována frekvencí 27,5 Hz, oproti 250 Hz vzorkovací frekvence záznamu v PC. Jako první byly všechny soubory převedeny na datový soubor MATLABU za pomoci získaných, upravených i naprogramovaných kódů. Soubor se záznamem zátěžového testu má formát čitelný pro MATLAB, stačilo ho tedy jen načíst. Cílem těchto úprav je získání jednoho souboru s relevantními synchronizovanými daty, které byly změřeny na subjektu. Proces úprav ukazuje popis jednotlivých bloků.

#### Vstupní data (blok 1 – 4)

Tvoří 4 soubory naměřených signálů uložených ve formátu, který je čitelný pro MATLAB.

### Zpracování EEG (blok 5)

Cílem zpracování EEG bylo získat výkon ve frekvenčních pásmech  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\nu$ . Tyto rytmy jsou vybrány záměrně, protože jejich aktivita souvisí s psychologickým stavem.

**$\alpha$  rytmus** (8-13 Hz) – v bdělém stavu je maximum tohoto rytmu nad zadními oblastmi mozkových hemisfér a to v klidu (bez duševní činnosti) a při fyzické relaxaci. Nejvíce se alfa aktivita vyskytuje při zavřených očích a tlumí se otevřením očí s duševní činností. Dále je alfa aktivita charakteristická těsně před usnutím.

**$\beta$  rytmus** (13-30 Hz) – maximum tohoto rytmu se nejčastěji vyskytuje nad předními oddíly lebky, hlavně ve frontální oblasti. Beta vlny jsou typické pro soustředění na vnější podněty, pro logicko-analytické myšlení, ale i pro pocity neklidu, hněvu a strachu. Vysoký podíl beta vln v celkovém EEG signálu je doprovázen zvýšeným vylučováním stresových hormonů u testované osoby.

**$\nu$  rytmus** (4-8 Hz) – nejčastěji se objevuje v centrální, temporální (spánkové) a parietální (temenní) oblasti. Theta aktivita stoupá během psychotestů při otevřených očích.

**$\delta$  rytmus** (0-4 Hz) – vlny delta se vyskytují hlavně v hlubokém spánku, ale i v transu a hypnóze.

Na základě předchozích znalostí bylo zpracováno všech devatenáct kanálů EEG. Pro každou sekundu záznamu se vypočítala rychlá Fourierova transformace (FFT). Tím se získal časový vývoj amplitudového spektra každého kanálu. Každé amplitudové spektrum se umocnilo na druhou, aby byl získán průběh spektrální výkonové hustoty. Dále se vypočítaly průměrné hodnoty spektrální výkonové hustoty z kanálů značených stejnou barvou a zároveň ležících ve stejné frekvenční oblasti podle  $\alpha$ ,  $\beta$ , respektive u theta rytmu. Rytmus  $\delta$  se nezpracovával, protože díky jeho výskytu při hlubokém spánku je pro tuto práci irelevantní. V dalších krocích zpracování jsou sečteny výkony spektrálních čar v každém frekvenčním pásmu odpovídající jednotlivým rytům.

### Zpracování DECHU (blok 6)

Od pomalé dechové křivky byla odečtena její střední hodnota. Dále byl signál filtrován dolní propustí typu Butterworth s mezní frekvencí 0.5 Hz, dále aplikován klouzávý průměr, a tím dosaženo uspokojivého vyhlazení této pomalé křivky. Upravený signál byl derivován a tak získána křivka, která prochází nulou právě tehdy, když amplituda dechu dosáhla maxima, respektive minima. Na derivaci byla aplikována funkce signum, ze které už bylo možné určit délky nádechu a výdechu, periodu dechu i maxim a minim dechové křivky. Nalezené hodnoty byly spojeny skokovou funkcí a následně tak perioda dechu přepočítána na dechovou frekvenci. Hloubku dechu je vyjádřena jako rozdíl maxim a minim dechové křivky.

### Zpracování EKG (blok 7)

Signál EKG je zašuměn sítovou frekvencí 50Hz a pomalými frekvencemi v důsledku dýchání. Signál je tedy filtrován horní propustí typu Chebyshev

s mezní frekvencí 0.6 Hz a dolní propustí typu Butterworth s mezním kmitočtem 30 Hz. Na filtrovaném signálu byla provedena první derivace, která v oblasti QRS komplexu, díky velkým a rychlým změnám amplitudy, vytvořila špičky. Tyto špičky jsou detekovány hranicí, kterou může amplituda derivace přesáhnout. Programově je procházena každá nalezená špička a je hledáno v jejím okolí maximum signálu, a tím i maximum vlny R u EKG. Zjištěné body určují periodu opakování tepu, respektive tepovou frekvenci.

### **Zpracování krevního TLAKU (blok 8)**

Z tlakové křivky je třeba získat dva signály. Průběh systolického a diastolického tlaku v čase. Jelikož křivka je poměrně čistá a není ničím rušená, stačí odfiltrout pouze spodní pásmo spektra z důvodu odstranění stejnosměrné složky signálu a potlačení velkých změn v amplitudě signálu (kvůli detekci maxim a minim v signálu). Filtrace je realizována filtrem horní propust typu Chebyshev. Odstraněné frekvenční pásmo je 0-4.5 Hz. Nadefinováním hranice, kterou amplituda může překročit je provedena detekce maxim. Protože maxima nejsou jednoznačná (z důvodu měnící se šířky špiček signálu), je programově procházeno okolí každé detekované špičky a hledáno skutečné jednoznačné maximum a zároveň minimum amplitudy signálu. Detekce minima a maxima je prováděna současně, protože jejich vzdálenost vůči sobě v čase byla v toleranci prohledávaného okolí. Na konec jsou nalezené body maxim a minim spojeny skokovou funkcí.

### **Úprava signálů z pocket PC (blok 9)**

Ta byla nutná z důvodu, že data uložená v pocket PC byla vzorkována menší vzorkovací frekvencí, než data uložená v PC. Aby signály mohly být synchronizovány, bylo zapotřebí data převzorkovat na vyšší vzorkovací frekvenci (250 Hz).

### **Zpracování Z-TESTu (blok 10)**

Úprava záznamu zátěžového testu spočívala ve výpočtu časových délek jednotlivých subtestů a zjištění procentuální chybovosti testované osoby. Procentuální chyba je počítána jako počet pokut při testu z celkového počtu nutných kliknutí pro úspěšné řešení testu.

### **Synchronizace signálů podle srdečních frekvencí 1,2 a 3 (blok 11)**

Každý zaznamenaný soubor obsahuje signál nesoucí informaci o srdeční frekvenci testované osoby. Tyto signály byly proto zvoleny jako synchronizační pro sjednocení všech dat. Data se synchronizují manuálně pomocí utility naprogramované v MATLABU. Jako referenční signál je považován signál z PC1, protože pomocí tohoto počítače jsou sledovány doby relaxace a spuštěn zátěžový test.

### **Soubor relevantních synchronizovaných signálů (blok 12)**

Z řetězce všech úprav nakonec vystupuje jediný soubor ve formátu, který je čitelný pro MATLAB. Soubor obsahuje podstatná, synchronizovaná data sloužící pro další zpracování. Signály uložené v tomto souboru jsou všechny



ty, které vstupují do bloku 11. Délka všech záznamů je však zkrácena o minutu od počátku i od konce. Zkrácení je kvůli odstranění artefaktů na signálech, které vznikly díky zpracování dat (filtrace) a synchronizaci dat z různých zdrojů, protože délky záznamů se mírně lišily. Záznam o relaxaci (klidu) před testem je tedy dlouhý 4 minuty a o relaxaci po testu 14 minut.

## 5. Zobrazení dat

Cílem je zobrazit zpracovaná data způsobem, který umožní přehledně studovat změny v signálech při **psychické zátěži** a **relaxaci** měřeného. Úkolem je navrhnout zjednodušenou grafickou interpretaci množství měřených signálů a pomocí tohoto způsobu pohlížet na subjekt jako na komplex plný psychosomatických změn. Změny psychické zátěže tedy způsobují charakteristické chování měřených veličin testované osoby. Toto chování je využito pro konstrukci netradičního 3-D zobrazení **Systémovým grafem** v **Systémovém prostoru**.

Zobrazení psychosomatických veličin v klidovém a zátěžovém stavu testované osoby

Nejprve se zabýváme skutečností, jak reagují jednotlivé měřené veličiny na změnu **psychického stavu** člověka, vyvolanou **zátěžovým testem**. Rozlišení tří fází testování je provedeno barevností naměřených křivek. Zelená část křivky označuje fázi relaxace před zátěžovým testem, červená barva fázi, kdy subjekt řeší zátěžový test a modrá barva relaxační dobu po testu.

### 5.1 Jednorozměrné grafy

Za jednorozměrné grafy (dále 1-D grafy) je považováno zobrazení jednotlivých změřených psychosomatických veličin v závislosti na čase.

Tepová frekvence u testované osoby se zvyšuje během řešení zátěžového testu. Maxima dosahuje v čase těsně po skončení subtestu, který byl pro danou osobu nejtěžší a řešil ho nejdéle. Graf průběhu systolického tlaku dosahuje maxima téměř ve stejném období jako tepová frekvence.

Dochází i k podstatnému zrychlení dechové frekvence při řešení **zátěžového testu**. Oblast maxima dechové frekvence je zde spíše v době první poloviny zátěžového testu.

Dochází také ke zmenšení hloubky dechu při zátěžovém testu. Hloubka dechu je nejmenší ke konci **zátěžového testu**, kdy subjekt řeší nejnáročnější sadu subtestů. Křivky poklesu a zvednutí hrudníku jsou pouze informativní a slouží k výpočtu hloubky dechu.

Doby nádechu a výdechu podstatně klesly v průběhu **zátěžového testu**. Obě křivky nádechu a výdechu jsou téměř totožné. Převrácená hodnota součtu hodnot obou křivek je průběh dechové frekvence. Doby nádechu a výdechu jsou tedy jen doplňující informace k průběhu dechové frekvence.

Tvar křivky zobrazující okysličení krve koresponduje s průběhem dechové frekvence. Zpočátku testu nastává prudký náběh křivky, která v polovině zátěžového testu mírně klesá. Po testu subjekt relaxuje více než před testem a jeho spotřeba kyslíku klesá.

Při řešení **zátěžového testu** dochází k poklesu mozkového výkonu v pásmu  $\alpha$ . Nízký mozkový výkon před testem je pravděpodobně způsoben nedostatečnou relaxací měřeného. Po testu subjekt značně relaxuje, jak signalizuje velká amplituda modré části křivky (pravděpodobně subjekt byl i těsně před usnutím).

Spektrální výkony mozku v pásmu  $\beta$  a  $\nu$  se vlivem zátěžového testu zvyšují, protože subjekt řeší stresující úlohu, která ho nutí přemýšlet. Větších výkonu je spíše dosaženo v oblasti levé hemisféry, pravděpodobně je to dominantní hemisféra testované osoby.

## 5.2 Dvojměrné grafy

Dvojměrné grafy (dále 2-D grafy) jsou grafy závislosti dvou psychosomatických veličin. Do 2-D grafů jsou umístěny závislosti dvou veličin, které spolu fyziologicky a anatomicky souvisejí, např. závislost systolického nebo diastolického tlaku na srdeční frekvenci a další možné dvojkombinace. Vztažením těchto změn ke standardním fyziologickým hodnotám je možné tyto výkyvy procentuálně zhodnotit a určit relativní vyčítenost patřičného orgánu.

Kombinací signálů na osách 2-D grafů bylo cílem dosáhnout situace, aby se v klidovém stavu křivka pohybovala blíže počátku souřadnic a při zátěži se od něj vzdalovala. Hodnoty některých signálů s psychickou zátěží klesají, jako například průběh hloubky dechu. Takový průběh je z grafické interpretace nežádoucí, protože by nebylo dosaženo oddálení křivky s psychickou zátěží od počátku souřadnicového systému. Tyto signály proto vynášíme do grafu v upravených hodnotách definovaných vhodnou substitucí.

### 5.2.1 Normování psychosomatických signálů

Do 2-D grafů jsou vynášeny závislosti vždy dvou psychosomatických veličin, které jsou uváděny v různých jednotkách. Pro možné srovnání reakcí těchto psychosomatických veličin jednotlivých subjektů je nutné veškeré signály znormovat. Signály jsou tedy relativně vztaženy k jejich jistým limitním hodnotám. Do grafů jsou vynášeny závislosti procentuální změny signálů vztažené k těmto limitním hodnotám. Za limitní hodnoty byly použity maximální respektive minimální hodnoty signálu konkrétní psychosomatické veličiny z množiny hodnot všech měřených subjektů.

## 5.3 Trojměrné grafy (Subsystémové)

Podobně jako v 2-D grafech jsou i ve 3-D grafech vyneseny závislosti tří normovaných veličin do kartézského souřadného systému tak, aby se s psychickou zátěží vzniklá prostorová křivka vzdalovala od počátku souřadnic. Tyto grafy jsou nazvány **Subsystémové**, protože tvoří základy pro **graf Systémový**. Vždy tři signály vynesené do jednoho **Subsystémového grafu** jsou zvoleny tak, aby charakterizovaly konkrétní orgán. Z dostupných naměřených veličin je tedy sestaveno 5 Subsystémů, které charakterizují srdce, plíce a mozek ve třech frekvenčních pásmech (alfa, beta, theta).

### 5.3.1 Subsystem SRDCE

Subsystem zachycuje dynamiku srdce v klidu a psychické zátěži testované osoby. Změna dynamiky srdce je charakterizována normovanými údaji o tepové frekvenci, systolickém a diastolickém tlaku prostorovou křivkou **Subsystemu SRDCE**. V grafu jsou také znázorněny projekce 3-D křivky do jednotlivých souřadnicových rovin. Prostorová křivka se vzdaluje od počátku souřadnicového systému s rostoucí zátěží, což splňuje náš požadavek na Subsystemy tvořící **Grafický model**.

### 5.3.2 Subsystem PLÍCE

Původně byly plíce charakterizovány dvěma Subsystemy:

1. Subsystem o souřadnicích doba výdechu, doba nádechu a okysličení krve;
2. Subsystem měl na osách vynášeny hodnoty zvednutí hrudníku při nádechu, pokles hrudníku při výdechu a dechovou frekvenci. Bylo však zjištěno, že hodnoty zvednutí a poklesu hrudníku nejsou srovnatelné mezi všemi subjekty, protože výsledek z měření pomocí gumového pásu byl závislý na tom, jak hodně byl pás utažen na hrudníku měřeného. Rozdíl zvednutí a poklesu hrudníku však poskytl informaci o hloubce dechu, což už mezi jedinci srovnatelné je. Dále bylo zjištěno, že doba nádechu a výdechu se v průběhu měření výrazně neliší, čímž je tato informace jistým způsobem obsažena v hodnotě dechové frekvence a je tedy nadbytečná.

Tato zjištění vedla k redukci dvou Subsystemů v jediný. Plíce jsou tedy charakterizovány signálem dechové frekvence, okysličením krve a inverzně vzatou hloubkou dechu. Hloubka dechu je vynesena inverzně, protože se s psychickou zátěží zmenšuje, což je pro správnou funkci ve smyslu našeho požadovaného zobrazení nežádoucí.

### 5.3.3 Subsystem MOZEK

Mozek je popsán třemi Subsystemy. Každý Subsystem nese informaci o spektrálním výkonu v jednom ze tří frekvenčních pásem  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $u$ . Každý mozkový Subsystem je pak popsán signálem spektrálního výkonu v oblasti nad levou, pravou hemisférou a mezi hemisférami. Vzhledem k tomu, že  $\alpha$  aktivita se objevuje při relaxaci, jsou její hodnoty vynášeny inverzně z důvodů požadovaného zobrazení v **Grafickém modelu**.

Grafy zachycují dynamiku změn výkonu mozku v jednotlivých frekvenčních pásmech v závislosti na psychické zátěži. Je vidět, že pohyb křivky v prostoru je u **Subsystemů MOZEK  $\beta$  a MOZEK  $u$**  mnohem menší než u MOZEK  $\alpha$ , což je dáno mnohem menšími výkony mozku v pásmech  $\alpha$  a  $\beta$  a také nízkým výkonem konkrétně u subjektu 3.

Všechny **Subsystemové grafy** splňují podmínku, že se křivka v době psychické zátěže vyskytuje v co největší vzdálenosti od počátku souřadnicového systému.

Všechny tři **Subsystemy MOZEK** spolu se **Subsystemem PLÍCE a SRDCE** jsou tedy použity při konstrukci Systémového zobrazení **Grafického modelu**.

#### 5.4 Systémový graf

**Systémový graf** je 3-D graf, který je sestaven z jednotlivých **Subsystémových grafů (Subsystémy SRDCE, PLÍCE a MOZEK)**. Struktura Systému je tedy tvořena pěti Subsystémy. Subsystémy jsou mezi sebou hierarchicky svázány takovým způsobem, že Subsystémová křivka na nižší úrovni tvoří časově proměnný souřadnicový počátek pro Subsystém na úrovni vyšší. Pořadí uspořádání Subsystémů je voleno subjektivním úsudkem takto:

**Subsystém 1 (PLÍCE), Subsystém 2 (SRDCE), Subsystém 3 (MOZEK u), Subsystém 4 (MOZEK α) a Subsystém 5 (MOZEK β).**

Subsystém 1 je řazen do počátku **Systémového prostoru**. V **Systémovém grafu** je v každém časovém okamžiku vykreslováno pouze pět bodů v prostoru, jejichž pozice je dána hodnotami veličin v jednotlivých Subsystémech. Tyto body jsou spojeny úsečkami, jejichž délky interpretují relativní vytiženost orgánů během měření jako odezva orgánů na psychickou zátěž. Za klíčovou hodnotu celého **Systému** jsou považovány souřadnice pohybu koncového bodu lomené křivky, která je tvořena zmíněnými úsečkami. Díky hierarchickému propojení jednotlivých **Subsystémů** v sobě tento koncový bod odráží chování všech nižších elementů celého Systému. Vzdálenost tohoto bodu od počátku souřadnicového systému je považována za ukazatel míry vytižení všech orgánů jako celku (v sekvenci klid – zátěž - relaxace), tedy za zjednodušený komplexní pohled na změny psychosomatických veličin popisující chování jednotlivých orgánů. Trajektorie v prostoru, kterou tvoří tento koncový bod v čase, bude dále nazývána **Systémová trajektorie** nebo také **Systémová křivka**.

Na osách **Systémového grafu** jsou procentuální změny všech veličin, které tvoří **Subsystémy**.

Na **ose X** jsou změny těchto psychosomatických veličin: dechová frekvence, tepová frekvence, výkon mozku v pásmu  $\alpha$  mezi hemisférami, invertovaný výkon mozku v pásmu  $\alpha$  mezi hemisférami a výkon mozku v pásmu  $\beta$  mezi hemisférami.

Na **ose Y** jsou veličiny: okysličení krve, diastolický tlak, výkon mozku v pásmu  $\alpha$  nad pravou hemisférou, invertovaný výkon mozku v pásmu  $\alpha$  nad pravou hemisférou a výkon mozku v pásmu  $\beta$  nad pravou hemisférou.

**Osa Z** obsahuje: invertovanou hloubku dechu, systolický tlak, výkon mozku v pásmu  $\alpha$  nad levou hemisférou, invertovaný výkon mozku v pásmu  $\alpha$  nad levou hemisférou a výkon mozku v pásmu  $\beta$  nad levou hemisférou.

Z animace Systémového grafu v grafickém uživatelském prostředí je možné vypořádat nejen chování jednotlivých Subsystémů v čase, ale i změny psychosomatických veličin, tvořících Subsystémy.

#### 5.5 Aproximace grafických struktur vhodnými geometrickými útvary

Systémový graf ukazuje vytiženost všech orgánů při **psychické zátěži** i **relaxaci** jako celku. Důležitým ukazatelem reakce orgánů na zátěž je rychlost změn polohy koncového bodu lomené křivky. Dynamika změny polohy tohoto bodu je graficky zachycujeme pomocí **elips** promítnutých do jednotlivých rovin **Systémového prostoru**. Parametry elips (velikost poloos a úhel natočení v rovině) jsou dány zpracováním části křivky, která vznikla v prostoru pohybem

koncového bodu **Systémového grafu**. Těžištěm bodů, které tvoří danou část křivky, je proložena přímka s nejmenší kvadratickou chybou. Dále je zjištěna maximální vzdálenost těchto bodů od proložené přímky a také od její normály. Tyto dvě vzdálenosti jsou považovány za velikost hlavní a vedlejší poloosy elipsy. Natočení hlavní poloosy elipsy je dáno orientací přímky prokládající body (v rovině XY a XZ vůči ose X a v rovině YZ vůči ose Y). **Elipsa** tedy graficky ohraničuje maximální vzdálenost bodů, které tvoří část křivky v určitém časovém období, od proložené přímky a její normály. Toto časové období bude dále nazýváno **aproximačním oknem**. Velikost **aproximačního okna** je možné měnit, a tím i počet bodů, kterými je přímka prokládána.

Nastavením okna na hodnotu délky relaxace před testem, zátěže při testu nebo relaxace po testu, získáme tři trojice elips, které graficky zachycují velikost změn během jednotlivých testovacích období.

Zvláště zajímavé jsou parametry elipsy při řešení testu subjektem. Srovnání těchto parametrů mezi jednotlivými osobami vypovídá o míře přizpůsobivosti (**stupeň stresovatelnosti**) subjektu na **psychickou zátěž**. Čím méně bude **zátěžový test** osobu psychicky stimulovat, tím se bude trajektorie při zátěži méně odlišovat od částí trajektorií při relaxaci. V rámci zátěžové části křivky budou také probíhat její menší změny tzn. vzdálenost bodů trajektorie od prokládané přímky a normály bude menší, tím se zmenší i elipsa a bude se více překrývat s elipsami, které vznikly aproximací části křivek při relaxaci.

## 6. Zavedení nových veličin

Novými parametry popisujícími dynamiku jednotlivých Subsystémů jsou délky úsečkových elementů  $d_{sub1}(t) \dots d_{subn}(t)$  lomené prostorové křivky **Systémového grafu**, charakterizující vytiženost jednotlivých orgánů.  $x(t)$ ,  $y(t)$  a  $z(t)$  jsou hodnoty v čase  $t$  jednotlivých **normovaných psychosomatických signálů** v Subsystému. Velikosti  $x(t)$ ,  $y(t)$  a  $z(t)$  mohou nabývat maximálně 100% těchto **normovaných signálů**. Další významnou novou veličinou je vzdálenost  $d_{sys}(t)$  koncového bodu lomené křivky od počátku souřadnicového systému. Tato vzdálenost charakterizuje **vytiženost organismu** při testování, jež je dána Subsystémy, respektive orgány popsanými vždy třemi psychosomatickými veličinami. Spojnice prostorového bodu konce lomené křivky s počátkem souřadnicového systému tvoří **úhlopříčku Systémového grafu**. Tato úhlopříčka odpovídá maximálnímu vybuzení všech orgánů tak, že všechny signály definující jednotlivé Subsystémy dosahují relativní vytiženosti 100%. Poloha prostorového bodu konce lomené křivky se v čase mění a s ním i poloha a délka spojnice s počátkem souřadnic. Tuto spojnici popíšeme dvěma úhly  $\alpha$  a  $\beta$ , a parametrem  $d_{sys}$ .

**Elipsy** vyjadřující dynamiku změny trajektorie konce lomené křivky jsou vždy tři (tři projekce do rovin) pro jedno **aproximační okno**. Pro každou elipsu je možné spočítat její plochu  $eS(t, d_{ao})$  v závislosti na čase  $t$  a délce aproximačního okna  $d_{ao}$ .

Za novou veličinou je nyní považována suma obsahu projekcí všech tří elips jako funkce času  $t$  a délky aproximačního okna  $d_{ao}$ .

## 6.1 Grafické zobrazení nových veličin

Popis Systému novými veličinami umožňuje studovat pohyb a změny parametrů lomené křivky, která udává působení **psychické zátěže** na subjekt. **Elipsogram** je zobrazení využívající **aproximaci Systémové trajektorie elipsami**. Byly porovnávány výsledky obsahu elips pro aproximované celky trajektorie Systémového grafu při psychické zátěži a při plnění jednotlivých subtestů měřenou osobou. Potvrdila se také jejich vypovídací hodnota o vlivu stresu na chování subjektů.

Zobrazení, které informuje o procentuálních změnách Subsystémů i Systému v čase je nazváno **StresMetr**. **StresMetr** poskytuje informaci o procentuálním zatížení všech orgánů ( $d_{sub_1}(t)...d_{sub_n}(t)$ ) a o celkovém zatížení testovaného subjektu ( $d_{sys}(t)$ ) v čase. Součástí tohoto znázornění je sloupcový graf ukazující okamžité hodnoty veličin v tomto zobrazení v rámci animace v **grafickém uživatelském rozhraní** popsaném.

## 6.2 Vyhodnocení zobrazení nových veličin

**Systémový graf** spolu se zobrazením pomocí **Elipsogramu** a **StresMetru** poskytují dostatečné informace o komplexních dějích v jednotlivých orgánech měřených subjektů a i osobě jako celku. V rámci těchto zobrazení je možné mezi sebou názorně srovnávat reakce – chování jednotlivých subjektů.

### 6.2.1 Vyhodnocení vlivu psychické zátěže subjektů Elipsogramem

Pomocí **Elipsogramu** je hodnocena dynamika částí trajektorie **Systémového grafu** (pohyb koncového bodu lomené čáry) polohou a **obsahy elips**. Vzájemně jsou porovnatelné hodnoty obsahů elips pro jednotlivé subjekty. **Aproximační okno** je vždy nastaveno na délku doby relaxace před i po testu na dobu, kdy subjekt plnil požadavky testu. Hodnoty obsahu elips pro jednotlivé fáze měření jsou použitelné pro **odhady stresovatelnosti** osob.

Nejzajímavější jsou hodnoty **obsahů elips** při fázi řešení Z-testu. Ty charakterizují, jak moc velké změny při testování organismus prodělává.

Dynamika Systémové trajektorie zobrazená pomocí **obsahů elips** v jednotlivých fázích testování promítnutých do jednotlivých rovin prostoru umožňuje podle jejich velikosti a vzájemné polohy usuzovat na míru reakcí subjektu během testu a na jeho schopnost relaxace před a po testu.

### 6.2.2 Vyhodnocení vlivu psychické zátěže subjektů StresMetrem

**StresMetr** procentuálně hodnotí komplexně změny parametrů popisující chování **Systémového grafu**, který byl zkonstruován z psychosomatických veličin měřených na osobách při testování (fázích klid, psychická zátěž, relaxace).

V grafech, které budou presentovány na semináři, jsou vyneseny průměrné hodnoty psychického zatížení po dobu jednotlivých subtestů a dále pro srovnání je uveden i graf časů řešení jednotlivých subtestů testovanými osobami. Grafy názorně ukazují, jaké bylo chování organismu jednotlivých subjektů při přechodu z klidu do zatížení a zpět relaxací do klidu. Průběhy

psychického zatížení jednotlivých orgánů v čase jsou **StresMetrem** dobře znázorněny.

Graf časů řešení subtestů testovanými osobami ukazuje časovou náročnost řešení, která je úměrná složitosti subtestu. Dále je vidět trend stoupajících obtížností (podle doby řešení) subtestů zvyšující se hlavně v třetí úrovni testu. Při srovnání s grafem procentuálního psychického zatížení je znát zvýšená zátěž osob přibližně v okolí nejnáročnějších subtestů. Je patrné i mírné zpoždění reakce těla na zvýšenou psychickou zátěž.

Tabulkově byly zpracovány délky trvání celého zátěžového testu (**Z-testu**) u jednotlivých subjektů a také procentuální chybovost v testu, kterou osoby udělaly. Dále bylo vyjádřeno průměrné procentuální zatížení osob při jednotlivých fázích měření a přírůstky psychického zatížení při testu, vztažené k hodnotě při relaxaci před i po testu. K posouzení účinků testu na subjekty jsou důležitější přírůstky hodnot, protože každý jedinec, díky své psychosomatické organismu, začíná test s jinou klidovou hodnotou psychického zatížení.

### 6.3 Integrace zobrazení do uživatelského grafického rozhraní

Všechna zobrazení 1-D, 2-D, 3-D Subsystemových i Systemového grafu, včetně **StresMetru** a **Elipsogramu** jsou integrovány do **uživatelského grafického rozhraní** naprogramovaného v **MATLABU**.

Program umožňuje načítat soubory **Matlabu** s upravenými hodnotami naměřených psychosomatických veličin vybraným způsobem. Veličiny každého subjektu jsou zaznamenány zvlášť v souboru **subjekt.mat**.

Veškeré grafy a zobrazení zde popisovaná jsou přístupná z přehledného menu programu. Rozhraní umožňuje načíst více subjektů najednou a generovat tak grafy, které je možné vzájemně mezi sebou srovnávat.

Rovněž tak všechna vygenerovaná zobrazení je možno synchronně animovat po jedné sekundě záznamu psychosomatických veličin a porovnávat tak jejich numerické hodnoty mezi sebou. Při stisku jakékoliv klávesy u vybraného grafu se v místě animačního kurzoru vytvoří časová značka.

## 7. Shrnutí dosažených výsledků, diskuse a výhled do budoucna

Pro zhodnocení působení zátěžového testu na psychický stav jedince je vhodné brát v úvahu výsledky z obou typů zobrazení grafického modelu pomocí nových veličin (**StresMetru** a **Elipsogramu**).

Dosažené výsledky potvrdily možnost ve smyslu grafického modelu testovat vliv psychické zátěže na **stupeň stresovatelnosti** testovaných osob. Zajímavými parametry testu je chybovost subjektu a doba řešení testu. Dynamika v měřených datech a zlomy z klidu do zátěže a zpět.

Pro snadnější porovnání účinků testu na 5-ti měřených subjektech byla sestrojena tabulka s ohodnocením pořadí hodnot jednotlivých ukazatelů, které charakterizují **psychické zatížení** (délka testu, chybovost v testu, přírůstky psychického zatížení při přechodu relaxace-zátěž-relaxace a dynamika psychického zatížení během testu v pořadí největší - nejmenší). Jedničkou je



ohodnocena nejvyšší výsledná hodnota ze všech subjektů a pětkou nejnižší pro každý ukazatel. Součtem všech ohodnocení pro subjekt je získáno pořadí, které určuje nejvyšší psychické zatížení subjektu testem (nejnižší hodnota součtu) a nejnižší zatížení (nejvyšší hodnota).

Vyvozené závěry o psychickém zatížení subjektů pomocí **StresMetru** a **Elipsogramu** se shodují s tím, jak na experimentátora působily emoční projevy měřených osob. Taktéž všechny osoby shledaly těžší druhou část testu, obzvláště pak animované subtesty, což se projevilo ve výsledcích měření zvýšením hodnot psychické zátěže. Z výsledků experimentů lze usoudit, že netradiční pojetí grafického modelu (zobrazení psychosomatických veličin v systémovém prostoru) je funkční.

Jsmo si vědomi toho, že pro vyvození obecnějších závěrů je nutné statisticky vyhodnotit větší množinu osob a použít ostré testování v případě operátorů přímo na cvičných trenažérech..

V zaměstnáních, která vyžadují zodpovědná jednání ve stresových situacích, by se již vyhovujícím zaměstnancům mohly změřit jejich reakce na stresové situace (**Elipsogram**, **StresMetr**). Pro nově přijímané osoby by tak byla stanovena pomocná kritéria, na základě kterých by se vybíraly vhodné osoby pro tato zaměstnání (například operátor ve velinu technologického komplexu).

Zajímavá by byla studie o chování subjektů při opakovaném působení stejné **psychické zátěže**. Sledováním změn **StresMetru** a **Elipsogramu** by bylo možné obdržet závěry po kolikátém opakování tohoto testu se psychická zátěž jím vyvolaná na subjekt zmenší či zvětší. Další variantou experimentu by bylo opakováním testu několikrát po sobě, čímž by se projevily procesy adaptace a únavy na testovaný subjekt. Seřazením subtestů na základě úspěšnosti subjektu může toto přeskupení charakterizovat individuální stupně zátěže od nejmenší po největší simulované testem.

Zátěžový test by mohl být kombinován se zjištěním IQ u jednotlivých osob. Skupině osob by byl změřen inteligenční kvocient a posléze by se tyto měřené subjekty podrobily zátěžovému testu, který by nám mohl podat informace o tom, jak moc působí stres na osoby s vyšším IQ oproti osobám s IQ nižším.

Měření a zpracování psychosomatických veličin v reálném čase by se **Elipsogram** a **StresMetr** mohl využít jako grafický biofeedback v **monitoru operátora**.

Další využití **Systémového zobrazení**, **StresMetru** a **Elipsogramu** by mohlo při modifikaci programu na **on-line měření a zobrazení** sloužit jako **diagnostický monitoring psychické zátěže** osoby při lékařských vyšetřeních zvláště pak při rehabilitaci.

## 8. Závěr

Všechna nově navržená zobrazení byla integrována do **grafického uživatelského rozhraní MATLABU**, kde je možné grafy animovat a sledovat jejich průběhy v čase.

Výzkum byl prováděn ve spolupráci naší katedry s Výcvikovým střediskem energetiky (VSE a.s. Chomutov), jejímž cílem je **návrh a realizace monitoru**



**operátora**, kde by bylo možné průběžně sledovat psychické zatížení operátorů jak při výcviku, tak opakovaných atestacích a lékařských vyšetření.

Potřebná data byla získána experimentálním měřením v prostorách Společného pracoviště biomedicínského inženýrství FBMI a 1.LF, FBMI ČVUT v Praze. Cílem výzkumu je objektivizovat závěry psychologických dotazníků a praktického výcviku operátorů jak při výběru, tak i pravidelných atestacích s cílem zjišťování odolnosti operátorů vůči stresu pro práci ve velinech technologických komplexů.

Tato práce je podporována výzkumným záměrem č. MSM 6840770012 "Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství II". Funkčnost grafického modelu bude prezentována na semináři a obrazový materiál je na CD ROM elektronického sborníku semináře.

## Literatura

- [1.] Svatoš, J. (1998) Biologické signály 1 – Geneze, zpracování a analýza. *Učební texty*, Vydavatelství: ČVUT, Praha
- [2.] Trojan, S. a kol. (1994). *Lékařská fyziologie*, Grada Avicenum, Praha
- [3.] Pokorný, J. (2002). *Přehled fyziologie člověka 2.díl*. Praha: UK,
- [4.] Hána, K. (2001). Měření vlivu audiovizuální a biologické zpětné vazby na základní fyziologické parametry člověka. *Disertační práce*: Západočeská univerzita, elektro-technická fakulta, Plzeň
- [5.] Hlaváč V., Sedláček M. (2000). Zpracování signálů a obrazů. Vydavatelství ČVUT, Praha
- [6.] Schreiber, M. a kol.(1998), Funkční somatologie. Vydavatelství H&H, Praha
- [7.] Dolphin medical [online]. [cit. 2004-05-13]. <<http://www.dolphinmedical.com>>.
- [8.] *Podprahové vnímání barev [online]*. [cit. 2004-04-20]. <<http://interval.cz/clanek.asp?article=1001>>.
- [9.] *Databáze zvuků AudioSparx.com [online]*. [cit. 2004-04-20]. <<http://www.audiosparx.com>>.

### **Kontakt:**

**Doc. Ing. Vladimír Eck, CSc.,**

Katedra kybernetiky, FEL – ČVUT v Praze,  
Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2,  
tel. 224357255,

e-mail: [eck@fel.cvut.cz](mailto:eck@fel.cvut.cz),

<http://nit.felk.cvut.cz>

**Ing Tomáš Slaviček,**

Katedra kybernetiky, FEL – ČVUT v Praze

**Doc. Ing. Lenka Lhotská. CSc.**

Katedra kybernetiky, FEL – ČVUT v Praze

**Ing. Karel Hána, Ph.D.,**

Společné pracoviště biomedicínského  
inženýrství FBMI a 1.LF, FBMI – ČVUT v Praze

**Mgr. Pavel Stejskal,**

Výcvikové středisko energetiky, VSE a.s.,  
Chomutov