

Problematika sledování míry vyčerpání člověka v kancelářských prostorech

J. Kohout, J. Mareš

Ústav počítačové a řídicí techniky, VŠCHT Praha

Abstrakt

Míra vyčerpání člověka je klíčová v mnoha oblastech lidské činnosti (dispečeri, obsluha dopravních prostředků), ale i u lidí v kancelářských prostorech. V kancelářských prostorech totiž ovlivňuje do značné míry produktivitu práce. Řídicí systémy budov jsou navrhovány tak, aby udržovaly rozsahy veličin vnitřního prostředí (např. vlhkost, teplota, osvětlení) v patřičných mezích daných normami, ale typicky se v reálném čase už nesleduje jejich aktuální vliv na uživatele - takto automatizovaný systém v běžné praxi není. Přitom se dá předpokládat, že efektivní monitoring únavy by společně s vhodnou zpětnou vazbou mohl přinést vyšší produktivitu a snížit zdravotní rizika plynoucí ze sedavé práce u počítače. Únavu tam přitom ovlivňuje řada vlivů – od kvality vnitřního prostředí (kvalita vzduchu, koncentrace CO_2 , osvětlení, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu), až po ty fyziologické (držení těla, hlad, žízeň, stres, psychický stav, nedostatek spánku, čas - denní doba a s tím související biorytmy). Přehledem možných přístupů monitoringu únavy člověka pracujícího v kanceláři s počítačem se zabývá tento článek.

Klíčová slova: únava, vyčerpání, stres, monitoring, kancelář, počítač

1 Úvod

Jako vyčerpání budeme v tomto článku označovat stav, kdy jsou kognitivní schopnosti člověka zpomalené, jednoduché úlohy mu trvají dlouho a je náchylný k děláním chyb. Za únavu budeme považovat stav, kdy se již kognitivní schopnosti začínají zpomalovat. Pozornost (subjektivně hodnocenou) definuje například tzv. Karolinska sleepiness scale (KSS) na desetistupňové škále. [1]

Míra vyčerpání se sleduje zejména u profesí, které obsluhují dopravní prostředky (metro, vlaky i moderní automobily dnes obsahují systémy, které kontrolují bdělost obsluhy), či například na dispečerských pracovištích (pravidelné povinné přestávky u řízení letového provozu), což má vést ke zvýšení bezpečnosti daných odvětví.

I když vyčerpání při kancelářské práci typicky nevede k přímému bezpečnostnímu riziku jako v případě unavené obsluhy dopravního prostředku, přináší zejména rizika pro uživatele samotného. Od těch zdravotních – bolesti zad, krční páteře, poruchy spánku, až po ty, které přímo ovlivňují kvalitu vykonávané práce – zhoršování paměti, nesoustředěnost, prokrastinace. To jsou jen některé z aspektů vyčerpání z dlouhodobé práce u počítače, které častěji a častěji postihují mnoho lidí. Podle některých studií se 92% lidí sedavých profesí setkává pravidelně s bolestmi zad. [2] Vztahem bolestí zad a práce v kanceláři se věnuje třeba studie [3].

V kancelářských prostorách přitom ovlivňuje únavu člověka (a následně tedy i produktivitu práce) řada vlivů – od kvality vnitřního prostředí (kvalita vzduchu, koncentrace CO_2 , osvětlení, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu), až po ty fyziologické (držení těla, hlad, žízeň, stres, psychický stav, nedostatek spánku). Ve vnitřním prostředí budov ale prakticky není jednoduchá automatizovaná technika na měření únavy uživatelů. Řídicí systémy budov jsou sice navrhovány tak, aby udržovaly rozsahy veličin vnitřního prostředí (např. vlhkost, teplota, osvětlení) v patřičných mezích daných normami, ale typicky se v reálném čase už nesleduje jejich aktuální vliv na uživatele. Únava je totiž velmi individuální a to je důvod, proč se často analyzuje pouze zpětně subjektivním dotazníkovým šetřením, zatímco analýza biologických signálů (EEG, měření hladiny melatoninu) se v praxi z praktických důvodů příliš nepoužívá.

Přitom je třeba si ale uvědomit, že i nepatrné zvýšení efektivity práce zaměstnanců může firmě, která se zaměřuje například na programování, přinést nemalé úspory. Je otázkou, zda by obecně zkrácení pracovní doby a navýšení množství přestávek nevedlo v konečném efektu k větší produktivitě a spokojenosti lidí (nesmíme zapomínat, že zatímco se za posledních 100 let radikálně změnila náplň práce, 8 hodinová doba se už více jak 50 let nemění). Obecně se dá předpokládat, že člověk odcházející z práce méně vyčerpan povede i spokojenější osobní život.

1.1 Současný stav

V posledních desetiletích se začíná více řešit vliv vnitřního prostředí na celkovou pohodu člověka nejen tepelnou, ale i co se týče výkonnosti - vliv světla (např. [4], [5], [6]), teploty ([7]) a CO_2 (vliv vysoké koncentrace CO_2 na soustředěnost a únavu nabývá vlivem rozšiřujícího se počtu zateplených budov s plastovými okny na významu). Vlivem vnitřního prostředí obecně se zabývá například [8].

Tématem monitoringu únavy v kancelářských prostorech se ale mnoho vědeckých publikací nezabývá, spíše stresem obecně, ponejvíce pak na základě analýzy EEG. [9] Zvláštní pozornost se monitoringu únavy, respektive pozornosti u řidičů. Přehled technik sloužících pro monitoring v této oblasti podává dobře [10], [11] či [12].

Mezi monitorováním únavy řidiče a únavy člověka, pracujícího v kanceláři při nějaké tvůrčí činnosti (např. programátor) je ale rozdíl. V autě řeší řidič většinu úloh podvědomě, automaticky (zapojuje se jiná část mozku), v kanceláři naopak často musí postup práce vymyslet, být kreativní. Liší se tedy i rychlost reakcí – zatímco na klasické tlačítko "mrtvý muž" reaguje unavený člověk s časovou prodlevou, ještě to nic nevyprovokuje o tom, jak efektivní bude u tvůrčí činnosti. Zde je třeba sledovat více kognitivních schopností, včetně paměti. Je tedy otázka, zda jsou techniky používané při monitoringu pozornosti člověka v automobilu dostačující i pro kancelářské prostředí. Nicméně, jak lze vidět z tabulky 1, oproti automobilu je v kanceláři snazší některé přístupy využít.

Tabulka 1: Srovnání vybraných přístupů monitoringu únavy v automobilu (dle [13]) a kanceláři.

strategie	automobil	kancelář
sledování očí	– drahé – šum (pohyb hlavy, brýle)	+ levnější (kamera v monitoru) – šum
akcelerometr	– rušení od pohybu automobilu	+ monitoruje pouze člověka
tep	– ovlivněno věkem, zdravím	– ovlivněno věkem, zdravím
dech	– nepohodlné	+ náhlavní souprava s mikrofonom
vodivost kůže	– okolní prostředí (počasí)	+ stabilnější prostředí
senzor přiblížení	+ pro sledování mrkání	+ držení těla

2 Metodika

Oblasti, které je třeba při monitoringu únavy člověka v kancelářských prostorech vyřešit, jsou tyto:

- nalezení vhodné sady biologických signálů pro odhad míry vyčerpaní člověka u počítače
- vytvoření systému, který na základě měřených dat bude schopen odhadovat, případně predikovat stupeň únavy člověka v reálném čase
- nalezení vhodné a uživatelsky přívětivé zpětné vazby

Nyní se na ně podíváme podrobněji.

2.1 Nalezení vhodné sady biologických signálů

Pro monitoring je klíčové nalezení vhodných signálů, na základě který by se dala odhadovat míra vyčerpání člověka. Přehled uvádí tabulka 2, dále v textu jsou popsány podrobněji. Důraz musí být na minimální obtěžování uživatele a jednoduchost, protože jinak je zde riziko, že systém uživatel nebude pro jeho složitost chtít využívat vůbec. Pro validaci navrhovaných postupů je pak ale třeba zohlednit i další faktory (jako hlad, žízeň, psychický stav, náročnost prováděné úlohy) a subjektivní pocit únavy člověka.

Tabulka 2: Přehled přístupů pro monitoring únavy v kanceláři u počítače

objekt zájmu	strategie	výhody	nevýhody
aktivita v PC	software	+ neinvazivní + levné	– "Velký Bratr"
biorytmny	chytrý náramek	+ 5 v 1 (komerčně)	– nutné mít i v noci
aktivita mozku	EEG	+ mnoho studií	– nepohodlné – drahé
držení těla	akcelerometr	+ levné	– senzor na zádech
držení těla	senzor přiblížení	+ neobtěžující	– spolehlivost – levné
pohyb těla	kamera	+ neobtěžující	– nutný model – "Velký Bratr" – dražší
pohyb těla	chytrý náramek	+ 5 v 1 (komerčně)	– zdraví
pohyb očí	kamera	+ integrovaná kamera + neobtěžující	– šum (brýle, pohyb)
tep	chytrý náramek	+ 5 v 1 (komerčně)	– věk, zdraví
tlak	chytrý náramek	+ 5 v 1 (komerčně)	– věk, zdraví
kyslík v krvi	oxymetr/náramek	+ 5 v 1 (komerčně)	– spolehlivost
dýchání	mikrofon	+ kvantitativní	– spolehlivost
dýchání	akcelerometr	+ kvalitativní	– pohodlnost
prostředí	měření CO_2	+ velký vliv na soustředění	– drahé
prostředí	měření teploty	+ levné	– otázka vlivu
prostředí	měření vlhkosti	+ levné	– otázka zásahů
prostředí	měření osvětlení	+ značný vliv na únavu	– drahé

aktivita v PC - na základě interakce s počítačem (jak často například uživatel přepíná kontext oken, jak využívá myš, jak často dělá překlapy při psaní). Případně analýza na základě webových stránek (které by si uživatel zvolil na základě vlastní zkušenosti, co dělá, když je unaven - prohlížení zpráv, Facebooku, atd.). Záleží na konkrétní činnosti, pokud si uživatel čte, mohl by systém vyhodnocovat jeho chování jako podezřele pomalé. Nevýhodou je, že uživatel by se mohl cítit příliš pod drobnohledem ("Velký Bratr"). Výhodou je, že stačí program v počítači, není třeba žádný hardware.

biorytmny - sledování uživatele po celý den (i v noci) a tím zahrnutí kvality spánku a denních rytmů, které mají velký vliv na únavu a během dne se mění. Existují náramky, které má

uživatel v noci během spánku na ruce, které monitorují délku a kvalitu spánku. Samozřejmě nevýhodou může být cena a určitý nekomfort.

aktivita mozku - pro využití v kancelářském prostředí se jeví použití standardního snímání EEG signálů jako nevýhodné (kvůli počtu elektrod a kabeláži), snímání signálu je třeba provádět ideálně bezkontaktně (i když takové pokusy již v EEG jsou [14]). Z hlediska obtěžování uživatele se nám ale tento přístup nejeví jako vhodný.

držení těla - pokud člověk dlouho sedí a dá se předpokládat, že jeho míra vyčerpání postupně bude narůstat, je pravděpodobné, že se mu začne zhoršovat držení těla (ohnutá záda, předsunuté držení hlavy). Měření by bylo možné například pomocí akcelerometru nalepeného na zádech nebo pomocí senzoru přiblížení, otázka je, jak moc bude takové měření spolehlivé. Pro uživatele může být ale nepříjemné mít na zádech nalepený akcelerometr.

pohyb těla - sledování pohybu uživatele po místnosti, odhadování míry vyčerpání na základě analýzy pohybu z videa, případně z držení těla. Nevýhodou je, že člověk bude mít pocit, že ho něco sleduje, nemusí to být příjemné ("Velký Bratr") a bylo by nutné vytvořit model, podle kterého se bude únava z polohy těla vyhodnocovat. Otázka tedy je, jak moc by takový model byl spolehlivý. Další možností je sledování dostatku pohybu pomocí akcelerometru v náramku.

pohyb očí - sledování očí pomocí kamery. Nevýhodou je možný šum (brýle, pohyb hlavy). Výhodou je, že mnoho dnešních počítačů má kamery integrované v monitoru, ale opět si uživatel může připadat být příliš sledován.

tep, tlak, kyslík v krvi - monitoring tepu, tlaku, míry nasycení krve kyslíkem. Existují chytré náramky, které dokáží monitorovat tep, tlak i nasycení krve kyslíkem, cenově relativně dostupné, nevýhodou může být menší přesnost. Případně lze pro monitorování nasycení krve kyslíkem využít oxymetr, nevýhoda je ale opět cena a nekomfort pro uživatele. Nevýhodou sledování tepu a tlaku je velký šum vlivem věku, aktuálního zdravotního a psychického stavu.

dýchání - člověk se často při únavě a stresu dopouští tzv. podklíčkového dýchání, které zvyšuje svalovou ztuhlost, bolesti zad, hlavy. Vlivem toho dochází k omezení prokrvování některých částí těla včetně mozku, což přináší sekundárně snižování pozornosti, zhoršuje se paměť a rozptyluje soustředění. Lze měřit například odhadem pomocí oxymetru, pomocí mikrofону ([15]) nebo akcelerometrem sledovat pohyby břicha (břišní typ dýchání). Systém by tak mohl uživatele při nesprávném typu (podklíčkové) varovat.

prostředí - oxid uhličitý - vysoká koncentrace oxidu uhličitého vede k zhoršování pozornosti, únavě, bolestem hlavy, atd. Nevýhodou je, že senzor na měření CO_2 je drahý.

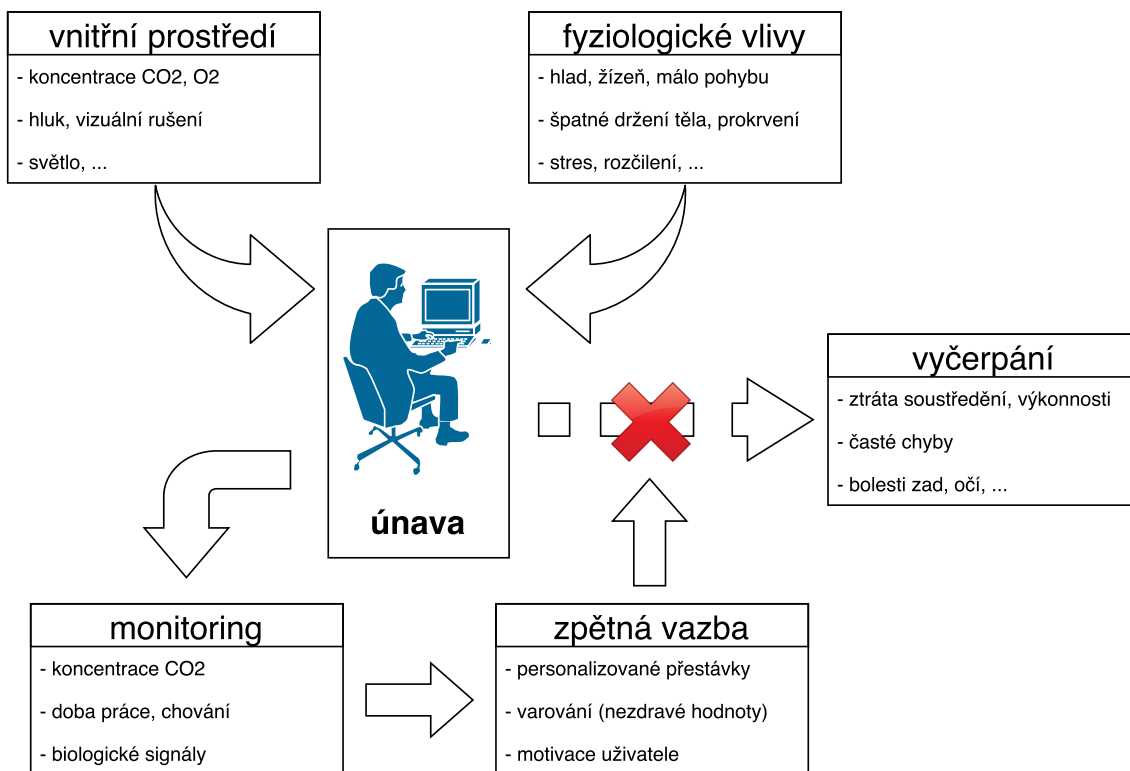
prostředí - teplota - udržování teplotního komfortu nejen pro tepelnou pohodu. Výhoda nízká cena, otázka ale je, zda je vliv na únavu dostatečně silný.

prostředí - vlhkost - nízká vlhkost má též vliv na únavu, navíc může docházet k praskání pokožky, vysychání a pálení očí. Nízká cena, otázka ale je, jak by ji uživatel v případě potřeby mohl efektivně a rychle ovlivnit (zvlhčovače vzduchu jsou dost drahé).

prostředí - osvětlení - velký vliv na únavu, ale drahé měření. Je také otázka, zda například v openspace lze v případě potřeby individuálně ovlivnit.

2.2 Systém pro monitoring

Schema funkce systému je na obrázku 1. Cílem by mělo být tedy zamezit přechodu únavy člověk až do jeho vyšší míry vyčerpání. Systém by zároveň měl být schopný vytvořit skóre, které by ukazovalo, jak velké je riziko nárůstu únavy člověka třeba vlivem špatně nastavených podmínek okolního prostředí a doporučit příslušná protipatření.



Obrázek 1: schema funkce monitoringu a zpětné vazby

Protože bude třeba otestovat několik různých přístupů, jeví jako jako velmi výhodně využít pro zpracování dat a vývoj prostředí MATLAB. Výsledná aplikace by však měla být platformě nezávislá a bez nutnosti pořizování dodatečného software.

2.3 Uživatelsky přívětivá zpětná vazba

Existuje mnoho metod efektivní práce. Například Pomodoro techniku, která spočívá v pravidelných cyklech práce-pauza a má za cíl přinést uživateli větší soustředění a bdělost, implementuje řada počítačových programů. Unavený člověk se ale dokáže velmi rychle na takové programy adaptovat a začít je ignorovat. Oproti tomu ve chvíli, kdy se uživatel necítí unaven a je zabraný do nějaké činnosti, může jej program vnucující mu přestávku jen popudit a uživatel tak může mít tendenci jej úplně vypnout. Systém proto nesmí uživatele příliš obtěžovat.

Systém by se měl také umět adaptovat na různé stupně únavy a podle toho volit odezvu (a například i délku přestávky). Zároveň by měl uživatele motivovat (například bodovým systémem) k provedení dalších nápravných opatření snižujících únavu (pohyb, vyvětrání, změnu činnost atd.) a také jej informovat v předstihu o trendu veličin vnitřního prostředí, které únavu zvyšují (například stoupající koncentrace CO₂).

Tabulka 3 ukazuje srovnání modelového příkladu (multiplatformní program Workrave¹, který slouží k stanovení pravidelných přestávek při práci u počítače, měří koncentraci CO₂

¹<http://www.workrave.org/>

CEM DT-802 s možností nastavení alarmu na vysoké hodnotu CO_2 , náramek MiBand 2 pro sledování pohybu, teploty a spánku) s navrhovaným systémem.

Tabulka 3: Srovnání možností modelového příkladu (Workrave + CEM DT-802 + MiBand 2) a navrhovaného systému.

funkce	modelový příklad	navrhovaný systém
měřené veličiny	+ CO_2 , vlhkost, teplota kroky, tep, spánek	+ libovolné, viz tab. 2
alarmy	– pouze CO_2	+ všechny měřené veličiny
sledování pohybu	+ počet kroků, nečinnost	+ dle sestavení
délka přestávky	– pevná	+ adaptivní dle míry únavy
info o vnitřní, prostředí	– pasivně	+ aktivní zobrazení, alarmy
motivační systém	– není	+ například bodový
vizualizace přestávek	– pouze statistika	+ grafy (větší motivace)
grafický přehled	– jen kroky, spánek, tep	+ všechny měřené veličiny
doporučení uživateli	– pouze cvičení	+ volitelně
přesnost	– nízká	+ vyšší
uživatelská přívětivost	– nízká	+ vyšší
přibližná cena	+ 3300,-	– ?

3 Závěr

Tento článek měl za cíl poukázat na problematiku monitoringu míry vyčerpání u lidí pracujících v kancelářích s počítačem a shrnout současný stav. Oproti oblasti automobilizmu, kde míru únavy, resp. bdělosti řeší hodně vědeckých publikací, automatizovaným systémem v oblasti kancelářských prostor se mnoho prací nezabývá.

Monitoring míry vyčerpání v kancelářských prostorách s vhodnou zpětnou vazbou přitom může pomoci snižování rizikových únavových faktorů vést k zlepšení pracovní výkonnosti a snížení zdravotních rizik sedavé práce. Jako nejvhodnější se nám jeví sledování kvality vnitřního prostředí ve spojení s monitoringem dechu, chování uživatele uvnitř počítače a dostatečného pohybu, případně doplněné sledováním pomocí kamery s využitím metod z oblasti monitoringu bdělosti v automobilizmu pro odhad míry vyčerpání. Výsledný systém, který by měl sbírat potřebné informace by měl být zejména maximálně uživatelsky přívětivý.

Možná pole uplatnění systému pro monitoring míry vyčerpání v kancelářských prostorách jsou zejména výzkumné instituce a firmy, zabývající se měřením kvality vnitřního prostředí. Dále lze předpokládat, že by takový systém mohli ocenit lidé v kancelářských prostorách velkých firem, zabývající se například vývojem software, ocenit by jej mohli i freelanceři pracující s počítačem například z domova a profese s vyšším rizikem chyby při únavě (dispečeri, řízení letového provozu, velíny průmyslových podniků).

V další práci tak bude zapotřebí navrhované přístupy otestovat v praxi.

Reference

- [1] Azmeh Shahid, Kate Wilkinson, Shai Marcu, and Colin M. Shapiro. *Karolinska Sleepiness Scale (KSS)*, pages 209–210. Springer New York, New York, NY, 2012.
- [2] Catarina Silva, Carla Barros, Liliana Cunha, Filomena Carnide, and Marta Santos. Prevalence of back pain problems in relation to occupational group. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 52:52–58, 2014.

- [3] Prawit Janwantanakul, Praneet Pensri, Patriya Moolkay, and Wiroj Jiamjarasrangi. Development of a risk score for low back pain in office workers—a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 12(1):23, 2011.
- [4] L. Maierova, A. Borisuit, J.-L. Scartezzini, S. M. Jaeggi, C. Schmidt, and M. Münch. Diurnal variations of hormonal secretion, alertness and cognition in extreme chronotypes under different lighting conditions. *Scientific Reports*, 6(1):33591, 2016.
- [5] M.T.B. Shamsul, S. Nur Sajidah, and S. Ashok. Alertness, visual comfort, subjective preference and task performance assessment under three different light’s colour temperature among office workers. *Advanced Engineering Forum*, 10:77–82, 2013.
- [6] Antoine U. Viola, Lynette M. James, Luc J M Schlangen, and Derk Jan Dijk. Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 34(4):297–306, 2008.
- [7] Weilin Cui, Guoguang Cao, Jung Ho Park, Qin Ouyang, and Yingxin Zhu. Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. *Building and Environment*, 68:114–122, 2013.
- [8] Komalanathan Vimalanathan and Thangavelu Ramesh Babu. The effect of indoor office environment on the work performance, health and well-being of office workers. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1):113, 2014.
- [9] Bi Luzheng, Zhang Ran, and Chen Zhilong. Study on real-time detection of alertness based on EEG. In *2007 IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering, CME 2007*, pages 1490–1493, 2007.
- [10] Arun Sahayadhas, Kenneth Sundaraj, and Murugappan Murugappan. Detecting driver drowsiness based on sensors: A review. *Sensors (Switzerland)*, 12(12):16937–16953, 2012.
- [11] Jasmeen Gill and Chisty. A Review : Driver Drowsiness Detection System. 3(4):243–252, 2015.
- [12] Vandna Saini. Driver Drowsiness Detection System and Techniques : A Review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(3):4245–4249, 2014.
- [13] Jibo He, William Choi, Yan Yang, Junshi Lu, Xiaohui Wu, and Kaiping Peng. Detection of driver drowsiness using wearable devices: A feasibility study of the proximity sensor. *Applied Ergonomics*, 65:2–9, 2016.
- [14] Yu Mike Chi, Yu Te Wang, Yijun Wang, Christoph Maier, Tzyy Ping Jung, and Gert Cauwenberghs. Dry and noncontact EEG sensors for mobile brain-computer interfaces. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 20(2):228–235, 2012.
- [15] Yunyoung Nam, Bersain A. Reyes, and Ki H. Chon. Estimation of Respiratory Rates Using the Built-in Microphone of a Smartphone or Headset. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 20(6):1493–1501, 2016.

Ing. Jan Kohout
jan.kohout@vscht.cz

doc. Ing. Jan Mareš, Ph.D.
jan.mares@vscht.cz