

Marcin Kuliński*

Politechnika Wrocławska

ZARZĄDZANIE ZMĘCZENIEM PRACOWNIKÓW: METODY I NARZĘDZIA POMIARU ZMĘCZENIA

STRESZCZENIE

Wysiłki mające na celu tworzenie systemów zarządzania zmęczeniem podejmowane są od ponad dekady. Prowadzone w ich ramach prace badawcze dotyczą przede wszystkim kierowców zawodowych, pilotów i naziemnego personelu kontroli lotów, górników, osób zatrudnionych w budownictwie czy rybołówstwie morskim, czyli zawodów, w których skutki potencjalnych błędów wynikających ze zmęczenia są najpoważniejsze. W artykule przedstawiono przegląd wybranych metod i narzędzi wykrywających i oceniających zmęczenie, mogących znaleźć zastosowanie w systemach tego typu.

Słowa kluczowe: systemy zarządzania, zarządzanie ryzykiem, ergonomia, psychometria, sen

Wprowadzenie

Zmęczenie, rozumiane jako jeden z możliwych stanów, w jakim może znajdować się w danej chwili organizm człowieka, jest zjawiskiem całkowicie normalnym, będącym konsekwencją aktywności umysłowej i/lub fizycznej, która stopniowo zużywa jego zasoby biologiczne. Aby złagodzić objawy zmęczenia, a następnie przywrócić człowiekowi pełną zdolność do kontynuowania pracy, wymagana jest odpowiednia ilość odpoczynku oraz snu, dzięki którym organizm przejdzie ze

* Adres e-mail: marcin.kulinski@pwr.edu.pl.

stanu zmęczenia do takiego, w którym będzie czuł się odprężony i wypoczęty. W określonych sytuacjach minimalny wymagany czas odpoczynku lub snu może być zbyt długi, by zmieścić się w 24-godzinnym cyklu aktywności, co grozi kumulowaniem się zmęczenia. Efekt ten można zaobserwować przy pracy w skrajnie niekorzystnym mikroklimacie, wysokim poziomie natężenia hałasu, warunkach nadprzeciętnego stresu psychologicznego czy przeciążenia pracą fizyczną, umysłową bądź sensoryczną, gdy zużyte zasoby nie mogą zostać w pełni odtworzone w czasie pozostałym do dyspozycji pomiędzy następującymi bezpośrednio po sobie zmianami roboczymi.

Prócz czynników mających swój bezpośredni udział w budowaniu zmęczenia ważna jest też zdolność organizmu do powracania w stan gotowości do pracy. Zaburzyć ją może np. skomplikowana sytuacja rodzinna, problemy ze zdrowiem, niedostateczny poziom motywacji czy brak poczucia celowości działań podejmowanych podczas pracy. Kluczową rolę odgrywa tu przede wszystkim dostępność czasu, który może być przeznaczony na wypoczynek. Problemy ze snem, praca w nocy oraz w systemach zmianowych zakłócających naturalne rytmy okołodobowe aktywności człowieka są głównymi przyczynami kumulacji zmęczenia.

Objawami nadmiernego zmęczenia, odczuwanymi przez pracownika w zależności od jego rodzaju i wywołujących je czynników, mogą być: osłabienie koncentracji, spowolnienie myślenia, trudność w podejmowaniu decyzji, rozdrażnienie, złość, dyskomfort fizyczny, ból, uczucie wyczerpania lub senności, czego oczywistą konsekwencją będzie spadek wydajności i jakości pracy. W sytuacjach wymagających intensywnej aktywności sensorycznej (np. kontrola lotów, nadzór nad skomplikowanymi procesami technologicznymi) obserwuje się wydłużenie czasu przenoszenia uwagi oraz skrócenie czasu poświęcanego na obserwację i kontrolę kluczowych elementów systemu pozostającego pod opieką człowieka. Co ważne, zmienia się też nastawienie do podejmowania ryzyka, przy czym osoba zmęczona ma tendencję do jego niedoceniań, a w konsekwencji do podejmowania działań, których w stanie pełnej gotowości do pracy nie podjęłaby. Wpływa to na zwiększenie prawdopodobieństwa powstania sytuacji wypadkowej, której skutki mogą być dotkliwe zarówno dla pracownika, jak i pracodawcy.

Podczas 25. posiedzenia Rady Ochrony Pracy IX kadencji, które odbyło się 28 sierpnia 2012 roku, zajmowano się tematyką bezpieczeństwa pracy w polskich kopalniach węgla kamiennego oraz wpływem zmęczenia na wypad-

kowość¹. Bezpośrednią konsekwencją prowadzonej wtedy wymiany informacji oraz dyskusji było ogłoszenie przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju konkursu na opracowanie systemu zarządzania zmęczeniem u pracowników zatrudnionych w wyrobiskach podziemnych zakładów górniczych wydobywających węgiel kamienny, realizowanego w ramach strategicznego projektu badawczego pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”. Po raz pierwszy w Polsce zauważono potrzebę podjęcia działań o charakterze kompleksowym, ukierunkowanych na włączenie problemu zmęczenia pracowników w ramy istniejących i stosowanych systemów zarządzania procesami wytwórczymi oraz zasobami ludzkimi przedsiębiorstwa.

Ze względu na złożony charakter zjawiska zmęczenia, różnorodność przyczyn jego pojawiania się i kumulacji oraz, przynajmniej częściowo, subiektywny charakter odczuwania jego skutków, system mający na celu ograniczanie jego niekorzystnego wpływu na pracownika oraz efekty jego pracy powinien łączyć w sobie wiedzę ergonomiczną na temat możliwości i wymagań organizmu ludzkiego, narzędzia psychologiczne pomocne w subiektywnych pomiarach zmęczenia i w budowaniu odpowiedniego poziomu motywacji oraz ogólnego dobrostanu psychicznego pracownika, środki o charakterze technicznym, mogące automatycznie wykrywać obiektywne symptomy zmęczenia czy monitorować sytuacje potencjalnego narażenia na nie, jak również metody organizacyjne, pozwalające sprawdzić bieżącą przydatność pracownika do pracy, ograniczające do minimum ekspozycję na czynniki wywołujące zmęczenie oraz stwarzające najkorzystniejsze warunki do regeneracji zasobów biologicznych. Celem artykułu jest przedstawienie istniejących metod i narzędzi pomiarowo-monitorujących, wybranych z uwzględnieniem wielowymiarowości zjawiska oraz pod kątem ich przydatności do budowy sprawnego systemu zarządzania zmęczeniem pracowników.

1. Monitorowanie aktywności i okresów snu

Zagadnienie snu zajmuje ważne miejsce w wytycznych dotyczących zarządzania zmęczeniem pracą. Z jednej strony, odpowiednia jego długość i jakość pozwala powrócić organizmowi ze stanu zmęczenia do pełnej gotowości do pracy, z drugiej – deficyt snu jest czynnikiem bezpośrednio wywołującym zmęczenie. Należy zwrócić

¹ Biuletyn z 25. posiedzenia Rady Ochrony Pracy IX kadencji, opublikowany przez Kancelarię Sejmu RP, http://rop.sejm.gov.pl/1_0ld/posiedzenia/pdf/0084607.pdf (dostęp 15.10.2013).

uwagę na to, iż – wbrew powszechnemu mniemaniu – niwelowanie negatywnych efektów niedoboru snu jest procesem długotrwałym, praktycznie niemożliwym do zrealizowania z dnia na dzień. Innymi słowy, pracownik, u którego w wyniku sposobu organizacji czasu pracy (godzina rozpoczęcia zmiany, czas jej trwania, praca nocna itp.), dojazdów do/z pracy, czynników socjalnych (np. warunki mieszkaniowe, choroba osób bliskich) czy innych, doszło w ciągu tygodnia pracy do powstania deficytu snu, prawdopodobnie nie będzie w stanie wyrównać go w czasie wolnym (np. w weekend). Według A. Baker i S. Ferguson, w przypadku pojedynczej, całkowicie nieprzespanej nocy pracownik może potrzebować przynajmniej dwóch pełnych okresów snu zaspokajających zapotrzebowanie jego organizmu (średnio 7–8 godzin na dobę), aby stać się w pełni zdolnym do ponownego podjęcia pracy². Przyjmuje się również, że każda godzina, o którą skrócony został czas snu adekwatny do potrzeb, wymaga przespania w sposób niezakłócony jednego pełnego okresu odpowiadającego wymaganiom biologicznym³. Zakładając więc, że niedobór wynosi 1 godzinę każdego dnia w standardowym, pięciodniowym tygodniu roboczym (łącznie 5 godzin), w ciągu dwudniowego odpoczynku pracownik jest w stanie „spłacić” jedynie 2 godziny, czyli niecałą połowę tego fizjologicznego zadłużenia, co skutkuje rozpoczęciem kolejnego tygodnia pracy w stanie niepełnej do niej gotowości oraz kumulacją zmęczenia.

Ponieważ tak długość, jak i jakość snu zależą od pory doby⁴, wpływ na odczuwane zmęczenie i na gotowość do podjęcia pracy będzie miała organizacja czasu pracy w miejscu zatrudnienia oraz organizacja czasu wolnego, pozostająca w gestii samego pracownika. Zarówno praca w nocy, praca wykonywana w systemach zmianowych, jak i praca w godzinach nadliczbowych będą powodować wzrost poziomu zmęczenia, w porównaniu z pracą o regularnych i dopasowanych do naturalnych rytmów okołodobowych człowieka porach i w wymiarze nieprzekraczającym 40–45 godzin tygodniowo. Praca nocna niesie ze sobą konieczność przesunięcia okresów snu na godziny dzienne, które z racji dopasowania naturalnych rytmów biologicznych do cyklu dzień–noc są gorszą porą na taki wypoczynek, niezapewniającą

² A. Baker, S. Ferguson, *Work Design, Fatigue and Sleep. A resource document for the minerals industry*, The Centre for Sleep Research, University of South Australia 2004, s. 19.

³ *Fatigue Management for the Western Australian Mining Industry. Guideline*, Government of Western Australia, Department of Industry and Resources 2000, s. 3.

⁴ A. Baker, S. Ferguson, dz. cyt., s. 40.

wystarczającej długości snu nieprzerwanego oraz jego odpowiedniej głębokości w fazie NREM (tzw. snu wolnofalowego). Jak wskazuje P. Lavie, występują w ciągu doby okresy, w trakcie których obserwuje się fizjologiczne hamowanie potrzeby snu, nazywane zakazanymi strefami (ang. *forbidden zones*), przypadające w przybliżeniu na godziny od 8 do 12 oraz od 17 do 21⁵. Analogicznie do powyższych negatywny wpływ na poziom odczuwanego zmęczenia może mieć nieodpowiednie gospodarowanie czasem wolnym przez samego pracownika, wynikające np. z zaspokajania potrzeb socjalnych w godzinach, które powinien przeznaczyć na sen.

Monitorowanie okresów aktywności i snu, zarówno w miejscu pracy, jak i poza nią, możliwe jest dzięki urządzeniom typu WAM (ang. *wrist activity monitor*), mających formę opaski nadgarstkowej lub zegarka naręcznego i rejestrujących parametry, takie jak tętno czy przyspieszenia związane z ruchami kończyny górnej. Przykładami monitorów osobistych, opracowanych z myślą o zastosowaniu ich w systemach zarządzania zmęczeniem pracowników, są *Readiband (Fatigue Science)* i *STARwatch (Pulsar Informatics)*. Dzięki temu, że dane dotyczące stanu użytkownika zbierane są nieprzerwanie, również poza godzinami pracy, narzędzia tego typu są w stanie na bieżąco określać przydatność pracownika do pracy oraz ryzyko związane z nadmiernym zmęczeniem, którego predykcja opiera się na informacjach o długościach okresów aktywności i odpowiadających im okresów wypoczynku. Przykład zastosowania urządzenia WAM w badaniach nad wpływem organizacji czasu pracy na jakość życia i stan zdrowia pracowników służb mundurowych w USA znaleźć można w pracy J.M. Violantiego⁶.

2. Narzędzia psychometryczne

Kwestionariusze służące do oceny odczuwanego zmęczenia opracowywano początkowo z myślą o zastosowaniu w służbie zdrowia i medycynie, gdzie służyły (i służą nadal) do monitorowania jakości życia pacjentów dotkniętych chorobami o charakterze chronicznym, często nieuleczalnymi (np. nowotwory, cukrzyca, cho-

⁵ P. Lavie, *Ultrashort Sleep Waking Schedule. III. 'Gates' and 'Forbidden Zones' for Sleep*, „Electroencephalographical and Clinical Neurophysiology” 1986, No. 63, s. 414–425.

⁶ J.M. Violanti, *Shifts, Extended Work Hours, and Fatigue: an Assessment of Health and Personal Risks for Police Officers*, New York: US Department of Justice 2012.

roba Parkinsona), poddawanych długotrwałej rehabilitacji czy z innych przyczyn wyłączonych czasowo z normalnego funkcjonowania. Część z nich znajduje obecnie zastosowanie w badaniach prowadzonych na populacjach osób zdrowych i aktywnych zawodowo.

Dwa niezależnie rozwijane i wspierane podejścia do psychometrycznego pomiaru zmęczenia wynikają wprost ze sposobu, w jaki je samo można postrzegać. Pierwsze (również w kontekście chronologicznym) traktuje zmęczenie jak konstrukt wewnętrznie jednorodny i niepodzielny, jednowymiarowy, przynajmniej z punktu widzenia wywoływanych efektów, a narzędzia pomiarowe służą jedynie do określenia jego wielkości (nasilenia). Wśród nich można wymienić: *Rating of Perceived Exertion*, *Fatigue Severity Scale*, *Fatigue Assessment Scale*, czy choćby różne odmiany *Visual Analogue Scale for Fatigue*. W podejściu wielowymiarowym zwraca się uwagę na składowe zmęczenia, takie jak jego rodzaj (np. ogólne, fizyczne, mentalne) czy obszary aktywności, na które może wpłynąć (aktywność fizyczna, koncentracja, motywacja itp.)⁷, a pomiar dostarcza informacji nie tylko o jego natężeniu, ale i jakości (profilu). Narzędzia z tej grupy to przykładowo: *Chalder Fatigue Questionnaire*, *Checklist Individual Strength*, *Multidimensional Fatigue Inventory*, *Swedish Occupational Fatigue Inventory*, *Revised Piper Fatigue Scale*. Abstrahując od przyjętego modelu zjawiska, kwestionariusze używane do oceny zmęczenia powinny spełniać wymagania związane z trafnością i rzetelnością pomiarów, procedury ich użycia powinny być ustandaryzowane, a uzyskiwane z ich pomocą wyniki – znormalizowane.

Pośród narzędzi traktujących zmęczenie jednowymiarowo jednym z najlepiej przebadanych i najczęściej wykorzystywanych jest *Fatigue Severity Scale*, kwestionariusz opracowany pod koniec lat 80. XX wieku przez L.B. Krupp i kolegów⁸. Zawiera 9 stwierdzeń odnoszących się do wpływu, jaki w ciągu ostatniego tygodnia wywierało na badanego zmęczenie w różnych aspektach jego życia zawodowego i prywatnego. Dla każdego ze stwierdzeń badany, używając 7-stopniowej skali Likerta, określa stopień, w jakim się z nim zgadza. Średnia arytmetyczna uzyskanych w ten sposób punktów stanowi znor-

⁷ J. De Vries i in., *Assessment of Fatigue Among Working People: a Comparison of Six Questionnaires*, „Occupational and Environmental Medicine” 2003, No. 60 (suppl. 1), s. i10–i15.

⁸ L.B. Krupp i in., *The Fatigue Severity Scale. Application to Patients with Multiple Sclerosis and Systemic Lupus Erythematosus*, „Archives of Neurology” 1989, No. 46, s. 1121–1123.

malizowaną ocenę natężenia zmęczenia, przy czym najczęściej przyjmowaną w badaniach wartością odcięcia, pozwalającą na rozróżnienie osób odczuwających dotkliwie zmęczenie od tych zmęczonych w stopniu niewielkim, jest ocena równa 4. Choć stworzony z myślą o pacjentach cierpiących na stwardnienie rozsiane oraz toczeń rumieniowaty układowy, FSS z powodzeniem był używany w studiach nad zjawiskiem zmęczenia w relatywnie dużych populacjach osób zdrowych, np. w Norwegii⁹ czy Szwajcarii¹⁰. Z jego pomocą przeprowadzono również badanie dotyczące zmęczenia odczuwanego w rezultacie pracy realizowanej w systemie zmianowym wśród ponad 400 pracowników jednego z przedsiębiorstw kanadyjskich¹¹.

Fatigue Assessment Scale jest kwestionariuszem opracowanym na bazie istniejących narzędzi pomiaru zmęczenia i przeznaczonym do badań w populacjach generalnych, w tym wśród osób aktywnych zawodowo¹². Zawiera 10 pytań w formie stwierdzeń odnoszących się do tego, co i jak często odczuwa osoba badana. W każdym przypadku możliwych jest 5 wariantów odpowiedzi (punktowanych w skali 1–5): „nigdy” (w oryg. *never*), „czasami” (*sometimes*), „regularnie” (*regularly*), „często” (*often*), „zawsze” (*always*). Podczas jego tworzenia nie zakładano z góry, że będzie narzędziem traktującym zmęczenie w sposób jednowymiarowy, jednak przeprowadzona przez jego autorów analiza czynnikowa wskazuje na to, że wszystkie pytania odnoszą się do tego samego zjawiska, w związku z czym jako wynik obliczany jest jedynie ogólny wskaźnik odczuwanego zmęczenia, będący sumą wszystkich punktów. FAS został gruntownie przetestowany i zwalidowany na reprezentatywnej, liczącej blisko 2000 osób, próbie populacji generalnej mieszkańców Holandii¹³.

⁹ A. Lerdal i in., *Fatigue in the General Population: a Translation and Test of the Psychometric Properties of the Norwegian Version of the Fatigue Severity Scale*, „Scandinavian Journal of Public Health” 2005, No. 33(2), s. 123–130.

¹⁰ P.O. Valko i in., *Validation of the Fatigue Severity Scale in a Swiss Cohort*, „Sleep” 2008, No. 31(11), s. 1601–1607.

¹¹ J. Shen i in., *Fatigue and Shift Work*, „Journal of sleep research” 2006, No. 15(1), s. 1–5.

¹² H.J. Michielsen i in., *Psychometric Qualities of a Brief Self-Rated Fatigue Measure: The Fatigue Assessment Scale*, „Journal of Psychosomatic Research” 2003, No. 54(4), s. 345–352.

¹³ H.J. Michielsen i in., *Examination of the Dimensionality of Fatigue: The Construction of the Fatigue Assessment Scale (FAS)*, „European Journal of Psychological Assessment” 2004, No. 20(1), s. 39–48.

Wielowymiarowym, badającym różne składowe zmęczenia narzędziem jest kwestionariusz *Checklist Individual Strength*¹⁴. Przy 20 stwierdzeniach, pogrupowanych (w sposób niewidoczny podczas jego aplikacji) w 4 wymiary (tj.: subiektywne odczucie zmęczenia, zmniejszona koncentracja, zmniejszona motywacja, zmniejszony poziom aktywności fizycznej), badany ocenia każdorazowo stopień, w jakim się z nimi zgadza bądź nie, używając do tego 7-stopniowej skali Likerta. Wszystkie stwierdzenia tyczą się tego, jak osoba badana czuje się i czuła na przestrzeni ostatnich dwóch tygodni. Największe przeprowadzone dotychczas z użyciem CIS badania związane były ze studiami populacyjnymi *Maastricht Cohort Study*, w ramach których przeanalizowano dane zebrane od około 10 tys. osób czynnych zawodowo¹⁵, również w kontekście wpływu pracy zmianowej i pracy nocnej na odczuwane zmęczenie¹⁶.

3. Pomiary o charakterze behawioralnym

Odpowiedź fizjologiczna związana ze stanem zmęczenia, widoczna np. w obrazie elektrycznej aktywności mózgowej i mięśniowej, tętnie i ciśnieniu krwi czy w stężeniu hormonów stresu i tych regulujących biologiczny cykl okołodobowy, przenosi się na poziom wyższy, behawioralny, gdzie również można ją rejestrować. Mogą to być specyficzne zmiany w motoryce oka, mięśni twarzy, parametrach mowy, dynamice chodu itp. To właśnie dzięki istnieniu tego typu sygnałów dysponujemy intuicyjną zdolnością do rozróżniania osób wypoczętych i zmęczonych na tzw. pierwszy rzut oka. Proces rejestrowania i kwantyfikacji tych sygnałów można dziś przerzucić na barki systemów informatycznych.

PERCLOS¹⁷ (ang. *percentage of eye closure*) to metoda detekcji zmęczenia oparta na ciągłym monitorowaniu aktywności powiek. Trzyletnie badania nad zmę-

¹⁴ J. Vercoulen i in., *Dimensional Assessment of Chronic Fatigue Syndrome*, „Journal of Psychosomatic Research” 1994, No. 38, s. 383–392.

¹⁵ I.J. Kant i in., *An Epidemiological Approach to Study Fatigue in the Working Population: the Maastricht Cohort Study*, „Occupational and Environmental Medicine” 2003, No. 60 (suppl. 1), s. i32–i39.

¹⁶ N.W.H. Jansen i in., *Work Schedules and Fatigue: a Prospective Cohort Study*, „Occupational and Environmental Medicine” 2003, No. 60 (suppl. 1), s. i47–i53.

¹⁷ W.W. Wierwille i in., *Research on Vehicle-Based Driver Status Performance Monitoring: Development, Validation, and Refinement of Algorithms For Detection of Driver Drowsiness. Final Report*, Office of Crash Avoidance Research, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC 1994.

czeniu kierowców zawodowych pozwoliły jej autorom powiązać narastające zmęczenie z manifestacjami w postaci powolnego zamykania powiek oraz niepełnego ich unoszenia. Co ciekawe, pierwotnie narzędzie nie działało w czasie rzeczywistym, lecz opierało się na żmudnej analizie zarejestrowanego uprzednio materiału wideo, prowadzonej przez specjalnie przeszkolony w tym zakresie personel. Ostatnia dekada przyniosła liczne implementacje PERCLOS w postaci systemów działających automatycznie i analizujących dane okulograficzne na bieżąco, także z wykorzystaniem urządzenia tak powszechnego, jak smartfon¹⁸.

Rozwój technologii i algorytmów związanych z rozpoznawaniem obrazu (ang. *computer vision*) umożliwił stworzenie narzędzi wykrywających zmęczenie na podstawie mimiki oraz ruchów samej głowy. Automatyczna detekcja sytuacji, w których operator (np. kierowca) często ziewa, unosi lub marszczy brwi bądź pochyla głowę do przodu pozwala odpowiednio wcześniej zareagować, zmniejszając prawdopodobieństwo zajścia sytuacji potencjalnie niebezpiecznej. Implementacje tego podejścia, wykorzystujące metody sztucznej inteligencji (m.in. do klasyfikacji wzorców), prezentuje np. praca E. Vurala i współpracowników¹⁹ oraz M. Saradadevi i P. Bajaj²⁰.

Kierowcy nie pozostają jedyną grupą zawodową, w obrębie której prowadzi się obecnie intensywne badania ukierunkowane na stworzenie zautomatyzowanych systemów nadzoru nad poziomem gotowości do pracy oraz detekcji zmęczenia. Dla przykładu, w przypadku naziemnego personelu kontroli lotów oraz pilotów, ze względu na rutynowo stosowane protokoły radiowej komunikacji werbalnej, możliwe jest wykorzystanie do tego celu oprogramowania analizującego mowę²¹.

Podsumowanie

Zaprezentowane w artykule podejścia nie zostały jak dotąd wykorzystane wspólnie w jednym systemie zarządzania zmęczeniem, jednak – zdaniem autora

¹⁸ J. He i in., *Fatigue Detection Using Smartphones*, „Journal of Ergonomics” 2013, No. 3(3), s. 120.

¹⁹ E. Vural i in., *Drowsy Driver Detection Through Facial Movement Analysis*, „Lecture Notes in Computer Science” 2007, No. 4796, s. 6–18.

²⁰ M. Saradadevi, P. Bajaj, *Driver Fatigue Detection Using Mouth and Yawning Analysis*, „International Journal of Computer Science and Network Security” 2008, No. 8(6), s. 183–188.

²¹ H.P. Greeley i in., *Detecting Fatigue from Voice Using Speech Recognition*, Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology 2006, s. 567–571.

– tylko tak wielowymiarowe potraktowanie problemu daje szansę na stworzenie narzędzia działającego i dającego się skalować z uwzględnieniem specyfiki pracy w różnych zawodach. Niewątpliwym wyzwaniem jest integracja przedstawionych sposobów pomiaru zmęczenia, wiedzy z zakresu ergonomii, psychologii i socjologii oraz metod organizacyjnych w system czuły i swoisty, wykrywający zmęczenie w sposób trafny i z niewielkim marginesem błędu, pozwalający na nie adekwatnie reagować, a jednocześnie akceptowany przez pracowników. Kwestia akceptacji wynika wprost z konieczności wykorzystania technik automatycznego dozoru, które za sprawą rozwoju informatycznego stały się dostępne w ostatniej dekadzie. Przykładowo, systemy śledzenia ruchów ciała (ang. *body motion tracking*) pracujące w czasie rzeczywistym, z pomocą darmowego oprogramowania typu *computer vision* (np. OpenCV, dostępnego na licencji BSD) mogą zostać użyte do wykrywania zmęczenia poprzez analizę postawy ciała czy dynamiki chodu. Dobrowolne poddanie się takiemu nadzorowi, czy choćby noszenie na co dzień nadgarstkowego monitora aktywności, musi iść w parze z przekonaniem o tym, że beneficjentem takich działań będzie nie tylko przedsiębiorca, ale i sam pracownik.

Literatura

- Baker A., Ferguson S., *Work Design, Fatigue and Sleep. A Resource Document for the Minerals Industry*, The Centre for Sleep Research, University of South Australia 2004.
- De Vries J., Michielsen H.J., Van Heck G.L., *Assessment of Fatigue Among Working People: a Comparison of Six Questionnaires*, „Occupational and Environmental Medicine” 2003, No. 60 (suppl. 1).
- Fatigue Management for the Western Australian Mining Industry. Guideline*, Government of Western Australia, Department of Industry and Resources 2000.
- Greeley H.P., Friets E., Wilson J.P., Raghavan S., Picone J., Berg J., *Detecting Fatigue from Voice Using Speech Recognition*, Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology 2006.
- He J., Roberson S., Fields B., Peng J., Cielocha S., Coltea J., *Fatigue Detection Using Smartphones*, „Journal of Ergonomics” 2013, No. 3(3).
- Jansen N.W.H., Van Amelsvoort L.G.P.M., Kristensen T.S., Van den Brandt P.A., Kant, I.J., *Work Schedules and Fatigue: a Prospective Cohort Study*, „Occupational and Environmental Medicine” 2003, No. 60 (suppl. 1).

- Kant I.J., Bültmann U., Schröer K.A.P., Beurskens A.J.H.M., Van Amelsvoort L.G.P.M., Swaen G.M.H., *An Epidemiological Approach to Study Fatigue in the Working Population: the Maastricht Cohort Study*, „Occupational and Environmental Medicine” 2003, No. 60 (suppl. 1).
- Krupp L.B., LaRocca N.G., Muir-Nash J., Steinberg A.D., *The Fatigue Severity Scale. Application to Patients with Multiple Sclerosis and Systemic Lupus Erythematosus*, „Archives of Neurology” 1989, No. 46.
- Lavie P., *Ultrashort Sleep Waking Schedule. III. ‘Gates’ and ‘Forbidden Zones’ for Sleep*, „Electroencephalographical and Clinical Neurophysiology” 1986, No. 63.
- Lerdal A., Wahl A.K., Rustoen T., Hanestad B.R., Moum T., *Fatigue in the General Population: a Translation and Test of the Psychometric Properties of the Norwegian Version of the Fatigue Severity Scale*, „Scandinavian Journal of Public Health” 2005, No. 33(2).
- Michielsen H.J., De Vries J., Van Heck G.L., *Psychometric Qualities of a Brief Self-Rated Fatigue Measure: The Fatigue Assessment Scale*, „Journal of Psychosomatic Research” 2003, No. 54(4).
- Michielsen H.J., De Vries J., Van Heck G.L., Van de Vijver F.J., Sijtsma K., *Examination of the Dimensionality of Fatigue: The Construction of the Fatigue Assessment Scale (FAS)*, „European Journal of Psychological Assessment” 2004, No. 20(1).
- Saradadevi M., Bajaj P., *Driver Fatigue Detection Using Mouth and Yawning Analysis*, „International Journal of Computer Science and Network Security” 2008, No. 8(6).
- Shen J., Botly L.C., Chung S.A., Gibbs A.L., Sabanadzovic S., Shapiro C.M., *Fatigue and Shift Work*, „Journal of sleep research” 2006, No. 15(1).
- Valko P.O., Bassetti C.L., Bloch K.E., Held U., Baumann C.R., *Validation of the Fatigue Severity Scale in a Swiss Cohort*, „Sleep” 2008, No. 31(11).
- Vercoulen J., Swanink C., Fennis J., Galama J., van der Meer J., Bleijenberg G., *Dimensional Assessment of Chronic Fatigue Syndrome*, „Journal of Psychosomatic Research” 1994, No. 38.
- Violanti J.M., *Shifts, Extended Work Hours, and Fatigue: an Assessment of Health and Personal Risks for Police Officers*, New York: US Department of Justice 2012.
- Vural E., Cetin M., Ercil A., Littlewort G., Bartlett M., Movellan J., *Drowsy Driver Detection Through Facial Movement Analysis*, „Lecture Notes in Computer Science” 2007, No. 4796.
- Wierwille W.W., Wreggit S.S., Kim C.L., Ellsworth L.A., Fairbanks R.J., *Research on Vehicle-Based Driver Status Performance Monitoring; Development, Validation, and Refinement of Algorithms For Detection of Driver Drowsiness. Final Report*, Office of Crash Avoidance Research, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC 1994.

WORKER FATIGUE MANAGEMENT: METHODS AND TOOLS FOR MEASURING FATIGUE

Abstract

For over a decade there have been numerous efforts undertaken aimed at conceiving fatigue management systems (FMS). Scientific researches conducted within are primarily focused on professional drivers, aircraft pilots and ground control personnel, mineworkers, construction workers, and sea fishermen, that is, on occupations associated with the most serious consequences of a possible human error resulting from fatigue. The paper presents an overview of selected methods and tools for fatigue detection and evaluation that have certain potential to be used in such systems.

Translated by Marcin Kuliński

Keywords: management systems, risk management, ergonomics, psychometrics, sleep

JEL Codes: J28, J81, O15