

System pomiaru koncentracji operatora maszyn i urządzeń górniczych

mgr inż. Jerzy Jagoda
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie:

W artykule przedstawiono system zwiększający bezpieczeństwo pracy operatora maszyny i urządzeń w oparciu o pomiar poziomu koncentracji uwagi. Powstał on w odpowiedzi na wyniki analiz stanu bezpieczeństwa pracy WUG wskazujące, że najczęstszą przyczyną wypadków jest „niedostateczna koncentracja przy wykonywaniu pracy”. W artykule przedstawiono analizę rozwiązań rynkowych związanych z podjętą tematyką oraz opis proponowanego rozwiązania w postaci koncepcji systemu.

Słowa kluczowe: górnictwo, koncentracja, bezpieczeństwo eksploatacji, elektroencefalografia

Keywords: mining, attention, exploitation safety, electroencephalography

Abstract:

The system increasing safety of machine and equipment operators by measuring the level of operator's attention is presented. The system has been developed in response to the analyses of occupational safety conditions conducted by WUG, which indicate that insufficient concentration at the workplace is the most common cause of accidents. Description of the suggested solution in a form of the system measuring concentration of attention as well as analysis of the market solutions related to the subject matter is presented.

1. Wprowadzenie

Analiza stanu bezpieczeństwa przeprowadzona przez Wyższy Urząd Górniczy przedstawiona w raporcie „Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w 2015 roku” wskazuje, że jedną z najczęstszych przyczyn wypadków jest „niedostateczna koncentracja przy wykonywaniu pracy” [18].

Również w analizie przeprowadzonej przez specjalistów z Politechniki Krakowskiej oraz Akademii Górniczo-Hutniczej dotyczącej układu operator-maszyna stwierdzono: „na podstawie przeprowadzonych badań sondażowych można stwierdzić, że największy wpływ na wydajność układu operator-maszyna do robót ziemnych mają parametry związane z kondycją psychofizyczną operatora (doświadczenie, zmęczenie, stan zdrowia i motywacja operatora)” [1]. Potrzeba identyfikacji poziomu koncentracji operatora istnieje również w innych branżach przemysłu.

Uwzględniając powyższe, w celu poprawy stanu bezpieczeństwa podczas eksploatacji maszyn i urządzeń opracowano w ITG KOMAG metodę minimalizacji wpływu błędów operatora maszyn i urządzeń wynikających z niedostatecznego skupienia na wykonywanej pracy. Wynikiem może być zwiększenie bezpieczeństwa pracy operatorów. Większość systemów realizujących poprawę stanu bezpieczeństwa diagnozuje stan maszyn górniczych [10], proponowane rozwiązanie skoncentrowane jest na eliminacji „czynnika ludzkiego”, który jest głównym czynnikiem wypadków przy pracy [18].

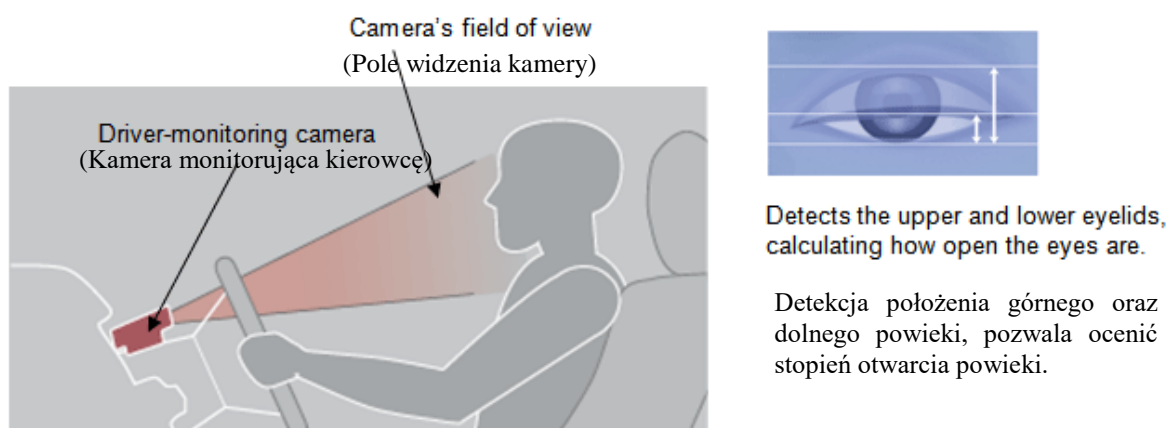
Proponowane rozwiązanie może zostać zintegrowane z systemami sterowania dla maszyn górniczych [7, 8, 9].

2. Analiza stanu techniki

Prace nad systemem poprzedzono analizą istniejących rozwiązań rynkowych, umożliwiających wyeliminowanie (lub zminimalizowanie) czynnika ludzkiego z przyczyn wypadków spowodowanych przez operatorów maszyn i urządzeń. Rozwiązania te najczęściej mają zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym oraz kolejnictwie.

2.1. System DMS (Driver Monitoring System) firmy Toyota

System składa się z kamery umieszczonej na wierzchu pokrywy kolumny kierownicy. Dodatkowo wspomaga ją sześć podczerwonych diod LED (co zapewnia działanie w dzień i w nocy) (rys. 1).

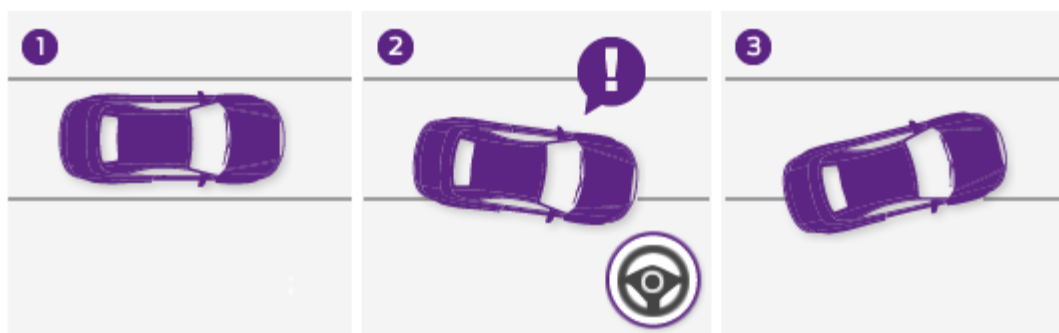


Rys. 1. System DMS firmy Toyota [11]

System (rys. 1) wykorzystuje metodę analizy obrazu, identyfikując stan twarzy kierowcy. Pozwala to na weryfikację stanu skupienia uwagi kierowcy na drodze. System śledzi położenie dolnej i górnej powieki, dzięki czemu może zareagować w chwili, gdy kierowca zasypia za kierownicą. Współdziała z innymi podsystemami zapobiegającymi powstaniu kolizji.

2.2. System Driver Alert firmy Ford

System monitoruje, za pomocą kamer, linie pasa ruchu (rys. 2).



Rys. 2. System Driver Alert firmy Ford [12]

W chwili, gdy określone zakresy zostają przekroczone (sytuacja 2 na rys. 2.), system informuje kierowcę o konieczności zatrzymania się poprzez sygnał dźwiękowy, a niezbędne informacje wyświetlane są na kokpicie (rys. 3).



Rys. 3. System Driver Alert firmy Ford - widok kokpitu [12]

2.3. System Active Driving Assistant firmy BMW

System firmy BMW (rys. 4), podobnie jak system firmy Ford obserwuje linie pasa ruchu.

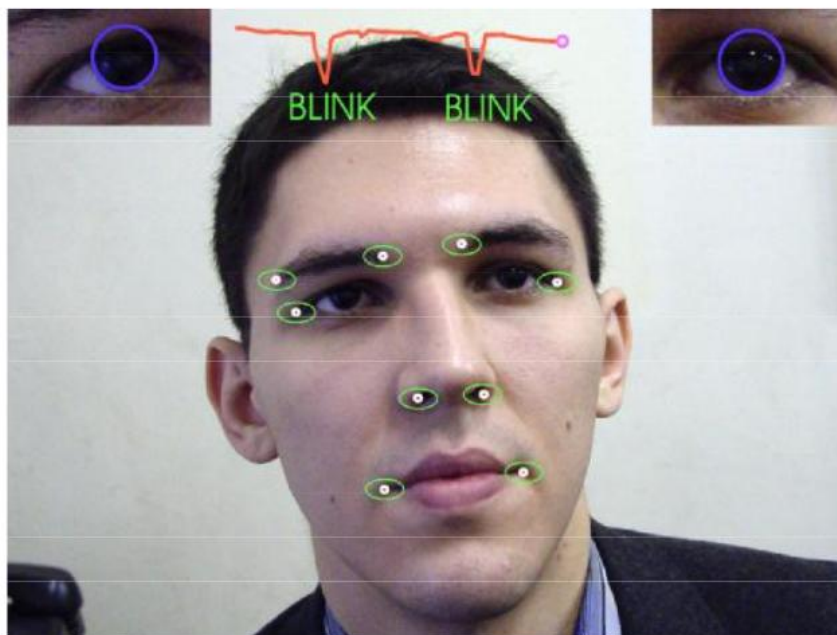


Rys. 4. System obserwacji pasa ruchu - Active Driving Assistant firmy BMW [13]

Pozwala on również kontrolować odległość pomiędzy pojazdem znajdującym się z przodu i sterować pojazdem (utrzymywać trajektorię ruchu w odniesieniu do linii oraz automatycznie hamować w przypadku stwierdzenia przekroczenia bezpiecznej odległości od innych pojazdów).

Podobne systemy stosuje się również w kolejnictwie.

2.4. System firmy Neurocom



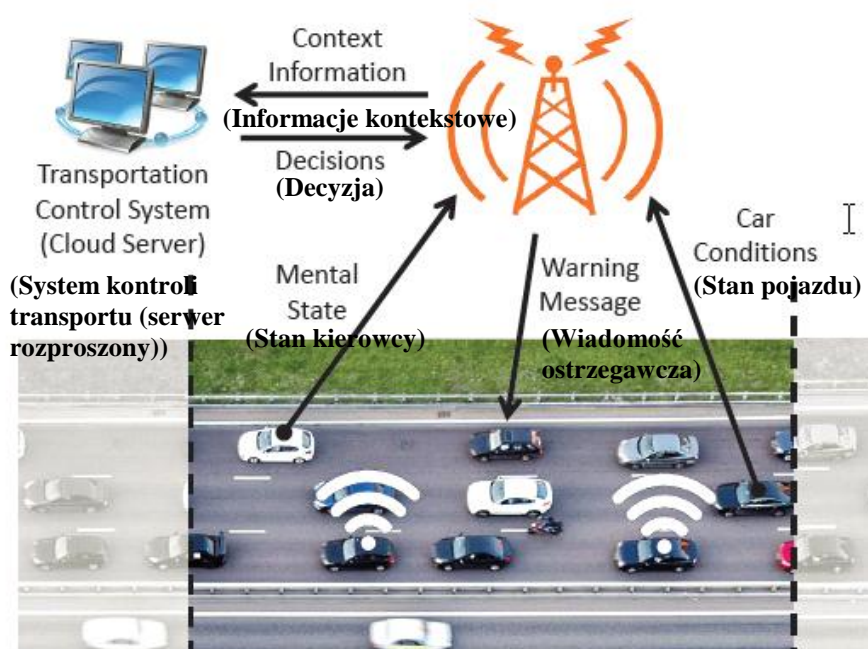
Rys. 5. System detection engine driver falling asleep firmy Neurocom [14]

System firmy Neurocom za pomocą analizy obrazu dokonuje detekcji twarzy maszynisty w wybranych punktach (rys. 5). Analizowany jest stan oczu maszynisty oraz kierunek wzroku. W przypadku wykrycia nadmiernego przymykania oczu lub padania wzroku w inne punkty niż przyjęte za bezpieczne, maszynista jest informowany o niebezpieczeństwie według określonej mnemoniki.

3. Opis koncepcji systemu

Systemy motoryzacyjne oraz występujące w kolejnictwie wykorzystują kamery do analizy obrazu twarzy kierowcy/maszynisty. W warunkach środowiskowych towarzyszących eksploatacji maszyn i urządzeń w górnictwie metoda ta może się okazać nieskuteczna, ze względu na szereg czynników mogących zniekształcić analizowany obraz. W trakcie analizy rozwiązań, które mogą zostać zaadaptowane do ciężkich warunków pracy w podziemiach kopalni koncentrowano się na analizie metody opartej na pomiarze sygnału EEG (ang. Electroencephalography – elektroencefalografia jest metodą rejestracji czynności bioelektrycznej mózgu) emitowanego przez ludzki mózg.

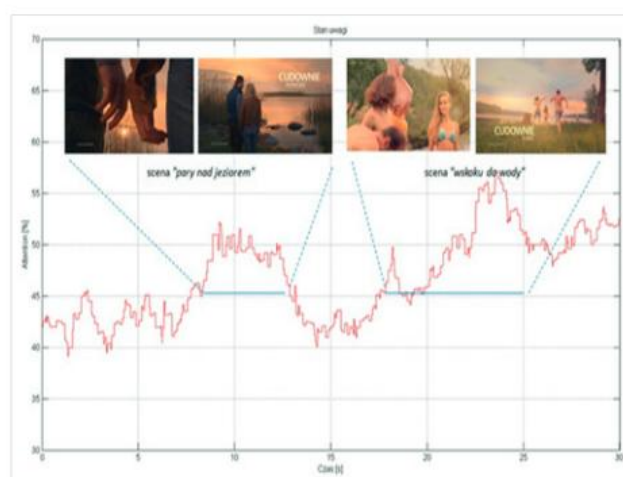
Wykorzystanie sygnału EEG do kontroli bezpieczeństwa kierowców zaproponowali specjaliści z Uniwersytetu w Arizonie. Dane pozyskane z poszczególnych pojazdów przesyłane są drogą bezprzewodową do centrali, w której oprogramowanie eksperckie analizuje je oraz reaguje na zaistniałe sytuacje konkretną decyzją, przesyłaną powrotnie drogą bezprzewodową do pojazdu (rys. 6.). Cały system komunikuje się poprzez sieć HumanNet. Podzielony jest on na serwer centralny (Central Cloud Server) oraz poszczególne aplikacje zainstalowane na aplikacjach mobilnych, u poszczególnych kierowców (Wearable Smart Devices). Stan kierowcy weryfikowany jest za pomocą dwóch urządzeń: Emotiv lub Neurosky [2].



Rys. 6. System „Safe power” [2]

W Polsce prowadzone są również prace nad wykorzystaniem sygnału EEG. Do pozyskania danych pomiarowych wykorzystywane jest urządzenie NeuroSky MindWave Mobile. Podczas analizy pozyskanego sygnału stwierdzono, że mimo ograniczonej liczby elektrod urządzenie może zostać wykorzystane w pewnym ograniczonym zakresie do pozyskania sygnału EEG na potrzeby procesów sterowania [3].

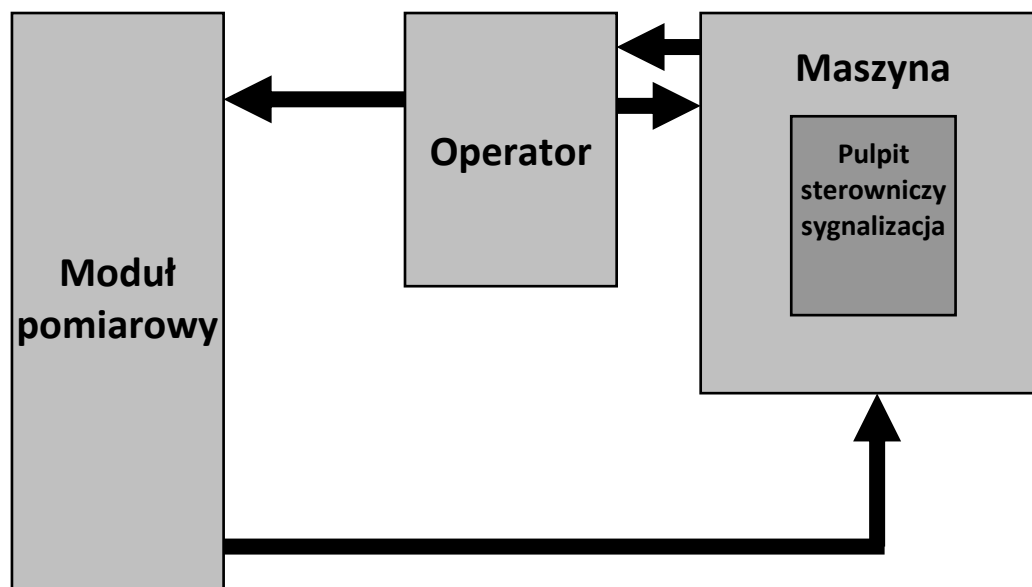
Sygnał EEG z powodzeniem wykorzystywany jest do tzw. Neuromarketingu [4, 15]. Realizowany jest pomiar sygnału EEG respondenta, który ogląda określone treści reklamowe. Wynikiem analizy jest wskazanie, „klatka po klatce”, uwag i zaangażowania respondenta treściami reklamy (rys. 7).



Rys. 7. Wyniki analizy sygnału EEG respondenta podczas oglądania treści reklamowych [4, 15]

W ramach prac badawczych prowadzonych przez specjalistów z Politechniki Poznańskiej, przeprowadzono badania dwóch kierowców z wykorzystaniem pomiaru sygnału EEG za pomocą urządzenia Neurosky MindWave Mobile. Badania prowadzono w celu porównania stanów skupienia i relaksacji obu kierowców podczas jazdy w warunkach rzeczywistych oraz

na symulatorze AS1200-6 firmy AutoSim. Różnica pomiędzy średnimi poziomami skupienia podczas jazdy symulatorem oraz w warunkach rzeczywistych wynosiła około 25%. Ustalono, że istnieje korelacja. Stwierdzono również, że kierowca nie ćwiczący wcześniej na symulatorze oraz autem używanym do testów w warunkach rzeczywistych (badany pierwszy), miał poziomy skupienia nieco niższe od drugiego kierowcy [5].



Rys. 8. Schemat blokowy modelu systemu pomiaru koncentracji operatora [opracowanie własne]

Koncepcja systemu, opracowana w ITG KOMAG zakłada odczyt sygnału elektromagnetycznego mózgu operatora (EEG) w celu weryfikacji poziomu koncentracji. Sygnał EEG po odczytaniu przez moduł pomiarowy będzie poddany analizie, a następnie, po przetworzeniu danych wysłany będzie sygnał do pulpitu sterowniczego maszyny. W momencie przekroczenia ustalonych progów poziomu skupienia operatora włączony zostanie sygnał ostrzegawczy (graficzny bądź dźwiękowy).

Zdecydowano się na zastosowanie w module pomiarowym analizę sygnału EEG, gdyż pozwala ona na określenie aktywności bioelektrycznej kory mózgowej [6], która w zależności od częstotliwości pozwala na pozyskanie następujących informacji:

- Alfa – zakres częstotliwości 8-13 Hz, amplituda 20-100 μV . Fale występują u dorosłego człowieka przy całkowitym odprężeniu, przy zamkniętych oczach. Przebieg ich ma charakter sinusoidalny, a największe amplitudy są odbierane z kory wzrokowej. Rytm alfa jest blokowany w trakcie skupienia uwagi (szczególnie wzrokowej) i wysiłku umysłowego.
- Beta – zakres częstotliwości 14-35 Hz, amplituda do 20 μV . Fale beta występują w stanie aktywności, przetwarzania informacji, skupienia uwagi, lub pobudzenia. Odbierane są z okolic czołowo-środkowych.
- Theta – zakres częstotliwości 4-7 Hz, do 30 μV . Fale występują głównie u dzieci. U dorosłych pojawiają się w stanie głębokiej medytacji, podczas snu, transu, hipnozy, marzenia, intensywnych emocji.
- Delta – zakres częstotliwości 0,5-4 Hz, amplituda 75-200 μV . Fale charakterystyczne w przypadku fazy głębokiego snu. Zbierane są z całej powierzchni czaszki.
- Gamma – zakres częstotliwości 35-100 Hz – Fale pojawiają się w sytuacji stresowej podczas tremy, lęku oraz w tzw. sytuacjach wyjątkowych.

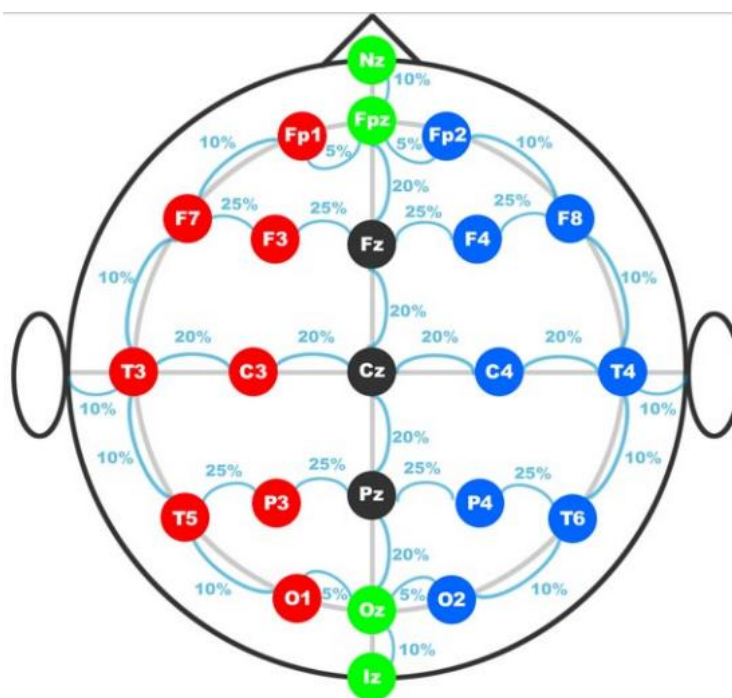
W pracy skoncentrowano się na pomiarze sygnału EEG, korzystając z doświadczeń metody „biofeedback”, w której mierzony sygnał zwracany jest do pacjenta w postaci np. wizualizacji czy gry komputerowej (sprzężenie zwrotne). Sprzężenie zwrotne zawiera w sobie informacje o falach mózgowych przeważających w danej chwili. Fale wykorzystywane są np. do sterowania elementem wirtualnym, kiedy wzrasta aktywność mózgu, w pożądanym paśmie częstotliwości [6]. Odpowiednia korelacja aktywności fal alpha, beta oraz theta, pozwala zatem na identyfikację poziomu skupienia badanego.

Do budowy modułu pomiaru oraz analizy sygnału EEG zaproponowano zastosowanie urządzenia MindWave Mobile oraz aplikacji zainstalowanej na urządzeniu MyPhone z systemem operacyjnym Android.



Rys. 9. Urządzenie MindWave Mobile [17]

Urządzenie MindWave Mobile (rys. 9) wyposażone jest w jedną, suchą elektrodę czołową (określana symbolem Fp1 według międzynarodowego standardu 10-20 określającego punkty umiejscowienia elektrod podczas analizy sygnału EEG – rysunek 10) oraz klip referencyjny montowany na uchu.



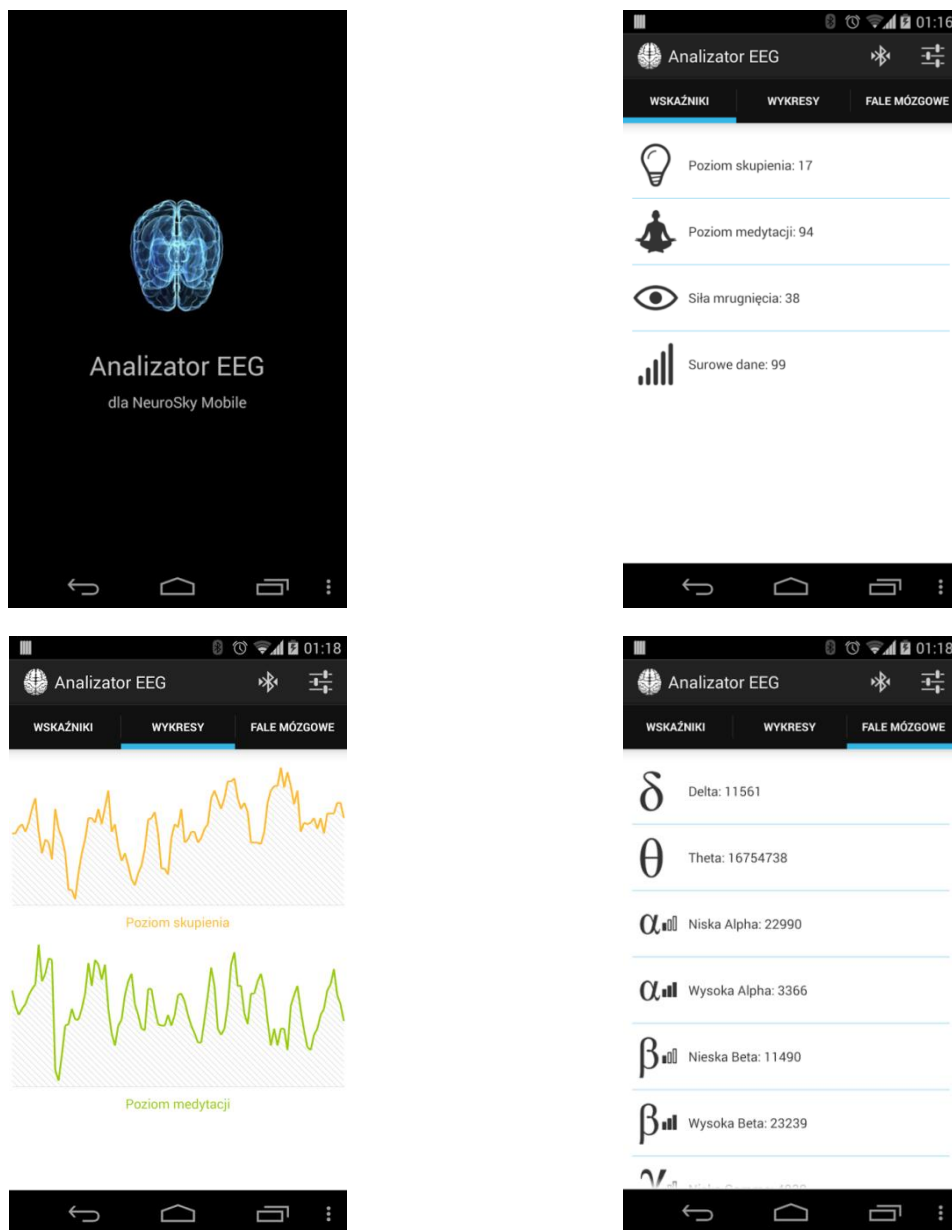
Rys. 10. Standard 10-20 rozmieszczenie elektrod EEG [16]

Produkt firmy NeuroSky zasilany jest pojedynczą baterią AAA, co zapewnia możliwość od 6 do 8 godzin nieprzerwanej pracy. Urządzenie pracuje w zakresie częstotliwości: (2,420 – 2,471) GHz, maksymalna moc sygnału to 6 dBm. Częstotliwość próbkowania realizowanych przy użyciu NeuroSky MindWave Mobile pomiarów wynosi 512 Hz [1].

Urządzenie, poza surowym sygnałem EEG, przekazuje poziom skupienia („Attention”) oraz relaksu („Meditation”). Oba współczynniki są bezwymiarowe. Producenci sprzętu nie podają szczegółowo sposobu ich wyznaczenia. Podana jest jedynie informacja o ich korelacji z falami alfa, beta oraz theta [2].

Zaprojektowano oprogramowanie rejestrujące dane (czas, poziom skupienia oraz poziom medytacji) w pliku typu „csv”. Oprogramowanie powinno pracować z urządzeniem wyposażonym w system operacyjny Android. Zarejestrowane dane zostaną poddane analizie w celu potwierdzenia słuszności założeń koncepcyjnych.

Oprócz oprogramowania autorskiego zostały sprawdzone również programy dostępne na rynku np. „Analizator EEG” (rys. 11).



Rys. 11. Widok programu „Analizator EEG” [17]

Dane przetworzone za pomocą oprogramowania będą wysyłane do elementów wykonawczych pulpitu operatora maszyny. Informacja o przekroczeniu wartości granicznych będzie wygenerowana w sposób wizualny lub dźwiękowy. Podczas badań weryfikujących zostanie sprawdzone, który ze sposobów wpływa korzystniej na poprawę pracy operatora maszyny.

4. Podsumowanie

Podjęte prace mają na celu poprawę stanu bezpieczeństwa operatora i osób postronnych podczas eksploatacji maszyn, urządzeń i pojazdów w różnych gałęziach przemysłu oraz w użytkowaniu prywatnym.

Przeprowadzone analizy wykazały, że do weryfikacji skupienia operatora maszyn i urządzeń można wykorzystać pomiar sygnału elektroencefalograficznego (EEG) emitowanego przez ludzki mózg.

W dalszych pracach przewiduje się budowę modelu sprzętowego systemu oraz przeprowadzenie testów, które zweryfikują jego działanie.

Literatura

- [1] E. Radziszewska-Zielina, A. Sobotka, E. Plebankiewicz, K. Zima: „Wstępna identyfikacja i ocena parametrów wpływających na wydajność układu operator-maszyna do robót ziemnych”, *Budownictwo i Architektura*, 2013, nr. 12(1), s. 53-60
- [2] K.Sadeghi, A. Banerjee, J. Sohankar: „SafeDrive: An Autonomous Driver Safety Application in Aware Cities”, S.K.S. Gupta; iMPACT Lab, CIDSE, Arizona State University
- [3] S. Paszkiel: „Akwizycja sygnału EEG przy użyciu Neurosky Mindwave Mobile na potrzeby procesów sterowania realizowanych z poziomu systemu android”, *Academic Journals Poznan University of Technology*, 2015, nr. 84, s. 237–244
- [4] M.Kołodziej, P. Tarnowski, A. Majkowski, R. J. Rak, D. Dec: „Rejestracja i analiza sygnału EEG na użytek neuromarketingu”, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2015, nr. 91, str. 9-12
- [5] M. Jukiewicz, J. Merkisz, B. Orszulak: „Analiza stanu psychofizycznego kierowcy w warunkach rzeczywistych i symulacyjnych”, *Logistyka*, 2014, nr. 5, str. 655-660
- [6] A. Broniec, J. Chodak: „Sterowanie prostym urządzeniem elektrycznym za pomocą sygnału EEG”, *Automatyka*, 2009, nr. 13, str. 1059-1067
- [7] D. Jasiulek, J. Świder: „Mechatronic systems in mining roadheaders - examples of solutions” *Miesięcznik Pomiary Automatyka Robotyka (ISSN1427-9126, Indeks 339512)*, nr 1/2013
- [8] D. Jasiulek, K. Stankiewicz, M. Woszczyński: Intelligent self-powered sensors in the state-of-the-art control systems of mining machines. *Archives of Mining Science Vol 61, No 4 (2016)*
- [9] S. Jendrysik, D. Jasiulek, K. Stankiewicz: System sterowania ścianowym przenośnikiem zgrzeblowym. *Maszyny Górnicze nr 1(141)/2015. s. 29-32*

- [10] M. Kostka, Ł. Krzak, A. Gawliński, D. Jasiulek, M. Latos, J. Rogala-Rojek, K. Stankiewicz, S. Bartoszek, S. Jendrysik, J. Jura: Systemy monitoringu, diagnostyki i sterowania maszyn górniczych. Masz. Gór. 2015 nr 3 s. 88-96, ISSN 0209-3693
- [11] <http://www.toyota.co.jp/> (15.05.2017)
- [12] <http://www.corporate.ford.com> (15.05.2017)
- [13] <http://www.bmw.com> (15.05.2017)
- [14] <http://www.neurocom.ru> (22.05.2017)
- [15] <http://www.neuro-innovation.pl> (22.05.2017)
- [16] <http://www.trans-cranial.com> (05.06.2017)
- [17] <http://www.neurosky.com> (30.05.2017)
- [18] Wyższy Urząd Górniczy: Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górniczo-geologiczną w 2015 roku, <http://www.wug.gov.pl/download/6178.pdf> (05.06.2017)