

SYSTEM MONITOROWANIA POSTAWY PRZYJMOWANEJ PRZEZ CZŁOWIEKA PODCZAS SIEDZENIA

Michał SIENIAWSKI¹, Teodora DIMITROVA-GREKOW², Przemysław TABAKA³, Irena FRYC⁴

1. Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki
tel.: +85 7469062 e-mail: sieniawski@pb.student.edu.pl
2. Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki
tel.: +85 7469062 e-mail: t.grekow@pb.edu.pl
3. Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki, Zakład Systemów Elektroenergetycznych
tel.: +42 6312610 e-mail: przemyslaw.tabaka@wp.pl
4. Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny, Katedra Elektroenergetyki Fotoniki i Techniki Świetlnej
tel: +85 7469407 e-mail: i.fryc@pb.edu.pl

Streszczenie: W artykule opisano system monitorujący prawidłowość postawy człowieka podczas siedzenia. System ten zbudowany został z użyciem platformy *RaspberryPi 3b*, gumowej maty oraz autorskiego oprogramowania na komputer PC. Pozwala on na informowanie w czasie rzeczywistym osoby monitorowanej o pojawieniu się niesymetrii jej siedzenia na krześle. Zaproponowany przez autorów system pozwala na identyfikację stopnia niepoprawności siedzenia podczas pracy i daje możliwość korekcy postawy, co pozwala na pozytywne oddziaływanie na zdrowie i efektywność pracy osób obsługujących monitory ekranowe. Obsługa systemu odbywa się poprzez interfejs graficzny. Dane pochodzące z monitorowania postawy osoby siedzącej są gromadzone i mogą być podstawą do przeprowadzania badań statystycznych poświęconym np. prawidłowości postawy podczas pracy pracowników biurowych.

Słowa kluczowe: monitorowanie pozycji siedzącej, Raspberry Pi, GUI, DB.

1. INFORMACJE OGÓLNE

W przeciągu ostatniego stulecia średnia ilość czasu spędzanego przez ludzi na siedzeniu uległa znacznemu wydłużeniu. Powszechnie znanym jest fakt, iż długotrwałe siedzenie (prowadzenie siedzącego trybu życia) niesie za sobą szereg negatywnych konsekwencji zdrowotnych [1,2,3,4] dotyczących zarówno zdrowia fizycznego jak i psychicznego. Do szczególnie częstych problemów zdrowotnych można zaliczyć otyłość, problemy układów krążeniowego, kostnego lub mięśniowego. Dostępnych jest wiele raportów i prac badawczych dotyczących powiązania czasu siedzenia przy komputerze z otyłością. W pracach tych ilość spalanych kalorii jest określana współczynnikiem *NEAT* (ang. *NonExercise Activity Thermogenesis*). Współczynnik ten uwzględnia wszystkie aktywności fizyczne wykonywane przez człowieka podczas dnia, które nie są klasyfikowane jako trening fizyczny [5]. Równie często poruszonym w publikacjach tematem jest wpływ postawy osoby siedzącej na układ mięśniowo-szkieletowy. Jednoznaczne wnioski o wpływie czasu spędzanego przed komputerem na zwiększone ryzyko nabycia zaburzeń układu mięśniowo-kostnego wskazują prace [6,7]. Ciekawie są

również psychologiczne aspekty związane z postawą osoby siedzącej [8]. Prace te wskazują, że jeżeli łączny czas, który człowiek spędzi siedząco w ciągu dnia przed telewizorem lub komputerem, przekroczy określoną liczbę godzin, to żadne ćwiczenia nie są w stanie całkowicie wyeliminować negatywnych skutków zdrowotnych [2,9]. Innym wskazywanym w badaniach sposobem na minimalizację negatywnych efektów siedzenia jest stosowanie przerw podczas pracy siedzącej [5,10] oraz zachowywanie prawidłowej postawy podczas siedzenia [11]. Prawidłowa postawa w trakcie siedzenia ma także wpływ na wydajność pracy [11]. Na podstawie badań przedstawionych w literaturze przedmiotu można stwierdzić, iż w przypadkach, w których eliminacja siedzenia podczas pracy jest niemożliwa najlepszą strategią umożliwiającą minimalizację negatywnych efektów zdrowotnych jest stosowanie krótkich i częstych przerw w siedzeniu oraz utrzymywanie poprawnej postawy. Obecnie najbardziej popularnymi rozwiązaniami, służącymi do monitorowania prawidłowości siedzenia, są programy komputerowe umożliwiające pomiar czasu pracy oraz przerw [5,6,9,10]. Programy te jednak nie są w stanie zweryfikować, czy przerwy w pracy rzeczywiście miały miejsce.

W niniejszym artykule przedstawiono autorski system komputerowy, służący do monitorowania postawy przyjmowanej przez człowieka podczas siedzenia. Został on zbudowany z użyciem: *RaspberryPi_3b*, przycisków *Tact_Switch*, płytki prototypowej, przewodów oraz gumowej maty. Oprogramowanie zostało napisane w języku *Python* i *Kotlin* z użyciem framework *Spring* oraz bazy danych *MongoDB*. System ten umożliwia informowanie użytkownika o pojawieniu się nieprawidłowości w symetrii siedzenia oraz pozwala na zarządzanie czasem siedzenia.

2. ZNANE SYSTEMY MONITOROWANIA POSTAWY SIEDZĄCEGO CZŁOWIEKA

W pracy zaprezentowano dwa wybrane systemy - komercyjny i niekomercyjny. Oba umożliwiają

monitorowanie postawy przyjmowanej przez użytkownika podczas siedzenia oraz mierzenie czasu siedzenia.

2.1. Systemy niekomercyjny - CAPRIO

System *CAPRIO* (ang. *Context Aware Posture Recognition In Office*) zbiera dane, informujące o pozycji osoby siedzącej, z czujników nacisku [12]. Krzesło wraz z czujnikami "łączy się" z komputerem za pomocą komunikacji bezprzewodowej np. sieci WLAN lub Bluetooth. System ten w czasie rzeczywistym monitoruje postawę osoby podczas siedzenia i informuje o odstępstwach od neutralnej postawy ciała. W przypadku wykrycia niepoprawności, system wyświetla na ekranie monitora komunikat z prośbą o skorygowanie postawy. Umieszczone na krześle czujniki nacisku (rys. 1) informują, czy osoba siedzi na krześle oraz czy jeśli siedzi, siedzi poprawnie. System jest w stanie informować także o tym, czy zachodzi odchylenie użytkownika do tyłu.

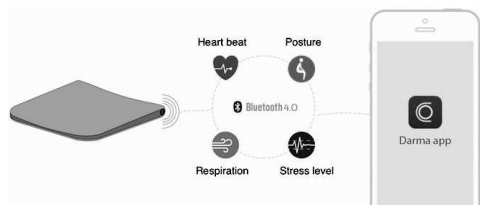


Rys. 1. Rozmieszczenie czujników w systemie *CAPRIO* [12]

Autorzy systemu *CAPRIO* wskazują także, że częste zmiany postawy podczas siedzenia są niezbędne [13]. A zatem informacje dostarczane z sensorów umiejscowionych na krześle nie są wystarczające do monitorowania poprawności postawy. Tak więc zachodzi potrzeba uzyskania dodatkowych informacji o postawie osoby siedzącej zbieranych przy użyciu myszy i klawiatury. Ograniczeniem tego systemu jest fakt, że jest dedykowany do konkretnego krzesła bez możliwości przeniesienia na inne.

2.2. DARMA –system komercyjny

Darma jest systemem zlokalizowanym w poduszce przytwierdzonej do krzesła (rys. 2), co czyni go znacznie dogodniejszym niż rozwiązanie *CAPRIO*.



Rys. 2. „Poduszka” – część systemu *Darma* [14]

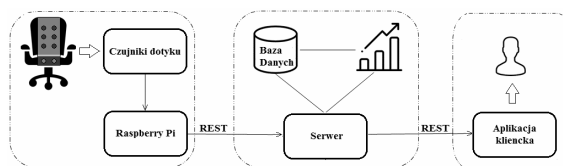
Wewnątrz poduszki znajdują się czujniki oraz aplikacja na mobilne systemy operacyjne (*iOS/Android*). Dane z poduszki przesyłane są do telefonu z użyciem *Bluetooth* [14]. Wbudowane w poduszkę czujniki w czasie rzeczywistym monitorują postawę człowieka podczas siedzenia. W momencie wykrycia nieprawidłowej postawy zostają włączone w poduszce lekkie wibracje. Dodatkowo zostaje przesłane na telefon stosowne powiadomienie. Intensywność wibracji jest konfigurowalna co umożliwia odróżnienie wibracji o nieprawidłowej postawie od wibracji

o rozpoczęciu przerwy. Aplikacja jest w stanie generować raporty ze statystykami siedzenia, zarówno dniowe, jak i tygodniowe. Co więcej poduszka monitoruje tętno oraz częstotliwość oddechów, co odgrywa kluczową rolę w analizie poziomu stresu. Wszystkie te informacje są dostępne do wglądu z poziomu aplikacji na telefon.

3. PREZENTACJA OPRACOWANEGO AUTORSKIEGO SYSTEMU MONITORUJĄCEGO POSTAWĘ CZŁOWIEKA PODCZAS SIEDZENIA

Żeby zapewnić poprawną pracę, przejrzystą strukturę i łatwe rozwinięcie systemu, został on zaprojektowany w konwencji „trzy warstwy”. Architekturę systemu przedstawiono na rysunku 3. Poszczególne warstwy są zaprezentowane jako bloki (patrzac od lewej):

- sprzętowy,
- serwerowy,
- kliencki.



Rys. 3. Architektura opracowanego systemu monitorowania

3.1. Część sprzętowa

Część sprzętowa odpowiedzialna jest za odczyt stanu czujników dotyku, a następnie wysyłanie tych informacji na serwer używając bezprzewodowego połączenia. Składa się ona z gumowej maty, przycisków (odgrywających rolę czujników dotyku), kabli, płytki prototypowej oraz *Raspberry Pi*. Jako czujniki dotyku analizowano czujniki tensometryczne (tabela 1) oraz przełączniki dotykowe (tabela 2). W tabeli 1 zamieszczono podstawowe parametry trzech typowych czujników, które można bez zastrzeżeń zastosować do monitorowania postawy osoby siedzącej. Wobec faktu, że wymagają one do swojego działania wzmacniania sygnału (SES-09074) lub grubej maty (BTENS), wpłynie to na znaczny wzrost kosztów konstruowanego systemu.

Tabela 1. Wybrane parametry tensometrów

Typ	Czułość [mV/V]	Balans zera [mV/V]	Nieliniowość [%]	U_{DC} [V]
BTENS-NA1	1,5±0,1	±0,02	0,02	5~12
BTENS-NA27	1,0±0,15	±0,03	0,03	5~12
SES-09074	1,5±0,1	±0,01	0,06	10

Tabela 2. Parametry charakteryzujące przełączniki dotykowe

Typ	Siła uruchamiania [N]	Minimalny kontakt [μ A @ 1 VDC]	Czas życia [cykle]
FSM2JH/AH	1,6±0,5 N	10	500 000
FSM1L	1,3±0,5 N	10	20 000
FSM2JART	2,6±0,5 N	10	500 000

Ze względu na ich niski pobór energii, wysoką czułość oraz brak nieliniowości, do zastosowania w budowanym systemie wybrany zostały monostabilny przełącznik dotykowy *FSM2JH* typu THT o rozmiarze: 6x6 mm

i wysokości 4,3 mm. Rozmieszczenie tych przełączników zostało zainspirowane systemem *CAPRIO*. Służące jako detektory pozycji przyciski *Tact_Switch* podczas monitorowania uwzględniają zmiany w symetrii siedzenia monitorowanej osoby. Stanowi to istotną zaletę tegoż systemu w stosunku do *CAPRIO*. Systemu jest sterowany za pomocą *Raspberry Pi* (wersja trzecia), a oprogramowanie napisane zostało w języku *Python*. Sposób wyznaczania pozycji osoby siedzącej odbywa się na podstawie porównania danych zbieranych z par czujników symetrycznych względem osi pionowej. Równoważność wartości sygnałów pochodzących z danej pary czujników świadczy o zachowaniu symetrii w pozycji osoby siedzącej (w odpowiednim obszarze ciała).

3.2. Część serwerowa

Część serwerowa składa się z *serwera nasłuchującego* na przychodzące zapytania *REST* oraz z *systemu zarządzania bazą danych*. Zadaniem jej jest wystawienie serwisu *REST*-owego z dwiema metodami: jednej do zapisu danych pochodzących z nowych pomiarów oraz drugiej pozwalającej odczytywać pomiary z bazy danych.

Jako *system zarządzania bazą danych* wybrane zostało *MongoDB*. Planowane użycie obecnej bazy danych również w przyszłych badaniach oznacza, że algorytm obróbki i analizy danych powinien zostać niezależny od ułożenia czujników na krzesło oraz ich liczby. Mając na uwadze powyższe wymaganie struktura danych została zrealizowana w następujący sposób:

- data i czas pomiaru - wykorzystywane podczas wyszukiwania pomiarów, spełnia rolę klucza głównego rekordu,
- ocena pozycji jako liczba zmiennoprzecinkowa – pozwala na ocenienie pozycji nie tylko binarnie, ale również z wartościami pomiędzy.

Użyta biblioteka *Spring MVC* ma główne zadanie tworzyć *REST* serwisów za pomocą adnotacji. Dodatkowo, aby zmniejszyć ilość kodu wymaganego do napisania przez programistę, zastosowano bibliotekę *Spring Data*, której zadaniem jest automatyzacja komunikacji z bazą danych.

3.3. Część kliencka

Część kliencka składa się z aplikacji i graficznego interfejsu użytkownika. Głównymi zadaniami są:

- okresowe odpytywanie serwera o ostatni pomiar pozycji siedzenia,
- mierzenie czasu siedzenia,
- wyświetlanie statystyk.

Wybrany został język *Kotlin*, biblioteka *TornadoFX* do interfejsu graficznego oraz biblioteka *Feign* do łatwej komunikacji ze strony klienckiej. Za pomocą adnotacji dodawanych do metod interfejsu (*HTTP*) oraz ścieżkę do zasobu biblioteki tworzy obiekt, który może komunikować się z zasobem. Komunikacja odbywa się w formacie *JSON*. Wymagane jest podanie biblioteki obsługującej serializację przy wysyłaniu oraz deserializację przy odbieraniu obiektów. Ową biblioteką na potrzeby projektowanego systemu jest *GSON*.

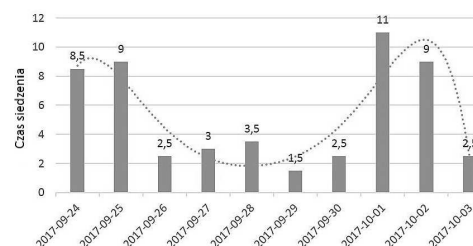
Aplikacja cyklicznie pobiera dane o ostatnich odczytach z bazy danych o aktualnej pozycji podczas siedzenia. Domyślna cykliczność ustawiona została na 0,9 sekundy. Po stronie klienckiej jest również *Okno podsumowania*. Jest to główne okno programu, które prezentuje najważniejsze informacje z punktu widzenia użytkownika:

- ocena aktualnej pozycji i wizualizacja końcowa,

- czas pozostały do końca przerwy T_{pmp} lub pracy T_{Smp} ,
- nawigacja do okna *Statystyki*,
- przejście do podstawowych *Ustawień*.

Okno konfiguracji przerw pozwala na dostosowywanie programu do swoich potrzeb. Między innymi jego zadaniami są: zliczanie czasu, kalkulacje pozostałego czasu do końca aktualnie trwającej przerwy T_{pmp} , lub pracy T_{Smp} , czy też obliczanie wartości na pasku postępu. Ustawienia mogą być przydzielone przez lekarza lub fizjoterapeutę.

System zawiera również statystyki i wykresy, pozwalając na wyselekcjonowanie danych. Opcja „*Czas siedzenia*” wskazuje na początek i koniec zakresu (rys. 4); pozwala na wgląd do trybu pracy oraz stanowi bazę umożliwiającą formułowanie zaleceń prewencyjnych dotyczących użytkownika. Na rysunku 4 linią przerywaną zaznaczono linię trendu wyznaczoną wielomianem szóstego stopnia. Krzywa ta dostarcza dodatkową informację o zwyczajach dotyczących czasu spędzanego na siedzeniu przez określoną osobę. Wiedza ta może być wykorzystana do sterowania sposobem reakcji systemu monitorowania. Przekładowo im mniej regularna jest wspomniana krzywa, tym system powinien zareagować w krótszym czasie, wskazując na nieprawidłowości w siedzeniu. Uwzględniając powtarzalność lub przypadkowość dotyczącą czasu siedzenia człowieka, system monitorowania mógłby stosować personalizowane monitorowanie osoby siedzącej.

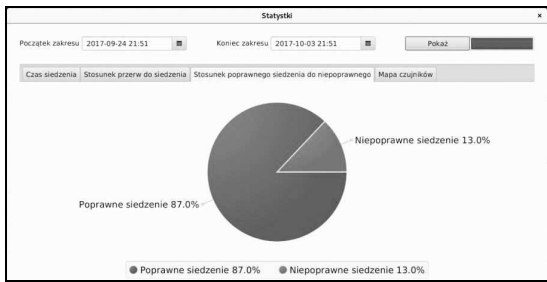


Rys. 4. Graficzne przedstawienie liczby godzin spędzonych w pozycji siedzącej w poszczególnych dniach

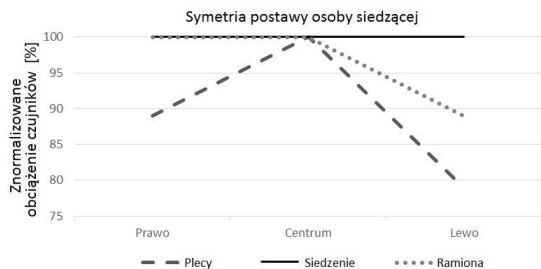
Stosunek poprawnego (T_R) do niepoprawnego czasu siedzenia (T_N), opcje: początek i koniec zakresu przedstawiono na rysunku 5. Diagram ten stanowi informację zwrotną nie tylko o aktualnej poprawności postawy osoby siedzącej, a przede wszystkim o zmianach w nawykach związanych z siedzeniem.

Stosunek czasu przerw (T_p) do czasu siedzenia (T_s); opcje: początek i koniec zakresu, wydaje się być skutecznym uzupełnieniem informacji o czasie siedzenia. Jest on wizualizowany diagramem kołowym, a zgromadzone dane dodatkowo wzbogacają bazę niezbędną do dalszych poszukiwań o optymalne warunki bezpiecznej pracy w trybie siedzącym.

Na rysunku 6 przedstawiono przykładowe dane o asymetrii osoby siedzącej, obliczone na podstawie skumulowanych danych z czujników, znormalizowane do najdłuższego czasu siedzenia. Cyfry obrazują procentowe dane znormalizowanego czasu dla każdego przycisku. Na podstawie wykresu można jednoznacznie określić tendencje dotyczące skrzywienia sylwetki osoby siedzącej w prawą stronę.



Rys. 5. Okno dialogowe informujące użytkownika o ilorazie poprawnego do niepoprawnego czasu siedzenia



Rys. 6. Wizualizacja symetrii postawy siedzącej na bazie zarejestrowanego obciążenia czujników

4. WNIOSKI

Przedstawiony system monitorowania postawy człowieka w pozycji siedzącej umożliwia pozyskanie szczegółowych informacji na temat symetrii sylwetki (chwilowo i globalnie). Na podstawie tych danych można sformułować wnioski o zachodzących tendencjach dotyczących postawy danego człowieka. Wiedza ta może być wykorzystana do zapobiegania występowaniu w przyszłości zagrożeń zdrowotnych wynikających z częstego przebywania w pozycji siedzącej. Dane pomiarowe zarejestrowane przez czujniki, po poddaniu odpowiedniej obróbce, mogą być wykorzystane w czasie rzeczywistym. Specjalista rehabilitant na ich podstawie może dopasować zalecenia dotyczące spersonalizowanych ćwiczeń korekcyjnych. System można dalej rozwijać poprzez np. zamianę przycisków na czujniki nacisku oraz inteligentne dopasowanie się systemu do określonego użytkownika.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Wilmot E.G., Edwardson C.L., Achana F.A.: Sedentary time in adults and the association with diabetes,

cardiovascular disease and death, *Diabetologia*, Nr 56/4, 2013, s. 942-3.

2. Ekelund U., Steene-Johannessen J., Brown W.: Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality, *The Lancet*, Vol.388, Nr 10051, 2016, s. 1302–1310.
3. Christian von Loeffelholz: The Role of Non-exercise Activity Thermogenesis in Human Obesity, *Med Sci Sports Exerc*, MDText.com, Inc., South Dartmouth (MA), 45/7, 2013, s. 1386-1393.
4. Villablanca P.A., Alegria J.R., Mookadam F.: Nonexercise activity thermogenesis in obesity management, *Mayo Clinic* Nr 90/4, 2015, s. 509-519.
5. Stephens B., Granados K., Zderic T.: Effects of 1 day of inactivity on insulin action in healthy men and women, *Metabolism*. 60(7), 2011, s. 941-949.
6. Biswas A., Faulkner E.: Sedentary Time and Its Association With Risk for Disease Incidence, Mortality, and Hospitalization in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis, *Ann Intern Med*. 162(2), 2015, s.123-132.
7. Ortiz-Hernández L., Tamez-González S., Martínez-Alcántara S.: Computer use increases the risk of musculoskeletal disorders among newspaper office workers, *Archives of Medical Research*. Vol 34/4, 2003, s. 331-342.
8. Grabmeier J.: Study: Body Posture Affects Confidence In Your Own Thoughts, *The Ohio State University News*, October 05, 2009, <https://news.osu.edu/news/2009/10/05/posture/>, stan z 22.03.2018.
9. Duvivier B.M., Schaper N.C., Bremers M.A.: Minimal intensity physical activity of longer duration improves insulin, *PLoS One.*, 9(8), 2014, s. 105-135.
10. Dunstan D., Kingwell B., Larsen R.: Breaking Up Prolonged Sitting Reduces Postprandial Glucose and Insulin Responses, *Diabetes Care*. Vol. 35, 2012, s. 976–998.
11. Robertson M.M.: Health and Performance Consequences of Office Ergonomic Interventions Among Computer Workers. LNCS, Vol 4566. Springer, Berlin, Heidelberg. 2007.
12. CAPRIO. <https://www.osha.gov/SLTC/etools/computer-workstations/>, stan z 22.03.2018.
13. Haveman S., Kant G.. „Smart monitoring of worker posture in an office environment”, 2008.
14. Darma. http://darma.co/Darma_Cushion.html, stan z 22.03.2018.

THE MONITORING SYSTEM OF HUMAN POSTURE DURING SEATING

The main goal of this paper is to present a computer system that would monitor a sitting position and inform the user if it is incorrect. As additional functionality we ensure reminding the user about breaks from sitting and check whether this break is actually executed. This topic was chosen because in last century average amount of sitting increased dramatically. Prolonged sitting has negative effects on human health both physically and mentally. That is why it is important to create systems like this one which are trying to eliminate those effects. If no eliminate then at least minimize them.

The presented system includes *Raspberry Pi 3B*, *Tact Switch* buttons, prototype board, cables and rubber mat. The software was written in *Kotlin* and *Python*, involving frameworks *Spring* and *TornadoFX*.

The issue contains a short literature review of negative effects of prolonged sitting and presents selected solutions dealing with the same problem. In section four we present the architecture of our proposition, explaining the most important details also about the functionality of the system. The last section summarizes the project and draws number of further development.

Keywords: sitting posture monitoring, Raspberry Pi, GUI, DB.