

39. KONFERENCJA ELEKTRONIKI, TELEKOMUNIKACJI I ENERGETYKI
STUDENTÓW I MŁODYCH NAUKOWCÓW

Łódź, 10-11 czerwca 2025 r.

SECON 2025

TWOJA PIERWSZA KONFERENCJA
TWÓJ POCZĄTEK W ŚWIECIE NAUKI

10 - 11 CZERWCA 2025 R.

STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW

ORGANIZATORZY



Wojskowa
Akademia
Techniczna



Wydział
Elektroniki



SPIS TREŚCI

SESJA A - SZTUCZNA INTELIGENCJA

1.	Natalia Jaśtak	Wizyjna identyfikacja zwierzęcia domowego z wykorzystaniem sieci konwolucyjnej	6
2.	Piotr Mazur	Istotność procesu normalizacji danych w kontekście przetwarzania danych rozpoznania radioelektronicznego z zastosowaniem algorytmów klasyfikacji	7
3.	Julia Stachiewicz	System identyfikacji wybranych dźwięków środowiskowych, właściwych otoczeniu wojskowemu	8
4.	Kacper Krajewski	Zastosowanie sieci neuronowych do rozpoznawania obiektów w obrazach SAR	9
5.	Mateusz Kuta	Porównanie skuteczności rozpoznawania obiektów morskich w obrazach FLIR za pomocą wieloklasowej sieci SVMCOOC i fuzji binarnych sieci SVM	10
6.	Jakub Bednarski	Klasyfikacja sekwencji odporna na zakłócenia z wykorzystaniem przetwarzania hiperwymiarowego	11

SESJA B - ELEKTRONIKA BIOMEDYCZNA

1.	Marek Ostrysz	Opracowanie algorytmu detekcji arytmii w systemie mikroprocesorowym czasu rzeczywistego	13
2.	Lena Cieślak, Emilia Stodulska	Niskokosztowy system rozpoznawania gestów z sygnałów EOG i EMG	14
3.	Adrian Nigot	Bezmankietowe metody pomiaru ciśnienia krwi	15
4.	Sylwia Zawadzka	Sposoby określania zgodności dwóch metod pomiarowych przy analizie sygnałów biomedycznych	17
5.	Stanisław Wawryszuk	Synergia podejścia czasowego i widmowego w klasyfikacji słuchowych potencjałów wywołanych	18

SESJA C - BADANIA W OBSZARZE RADIOELEKTRONIKI

1. Mateusz Zieliński	Modelowanie związków encji w projektowaniu nowoczesnej bazy danych systemu walki radioelektronicznej	20
2. Klaudia Januszczak	Analiza emisji ujawniającej występującej podczas pracy drukarki laserowej	21
3. Jakub Olszewski	Właściwości algorytmu hipergeometrycznego podziału cząstki danych w aspekcie przetwarzania danych wywiadu elektronicznego	22
4. Mariusz Mścichowski	Trójstopniowa metoda generacji krótkich odcinków czasu	
5. Dawid Kusik	Opracowanie i badania anteny typu Własowa do kontroli ruchu samochodowego	23
6. Michał Gawęda	Elektronika i telekomunikacja w siłach zbrojnych RP	24
7. Kacper Luchowski	Ferrofluidowa Sfera Zamachowa	25
8. Adrian Kapski	Optymalizacja algorytmu wizualnej nawigacji ORB SLAM	26

SESJA D - URZĄDZENIA I SYSTEMY ELEKTRONICZNE

1. Paweł Rasiński, Jan Lewandowski, Piotr Pawłowski, Bartosz Skwarczewski	Badanie światłowodu pod kątem przydatności w zabezpieczeniach antykradzieżowych poprzez urządzenie "Light Lock"	28
2. Rafał Gromko, Kamil Hocaś	Projekt ruchomego ramienia robotycznego	29
3. Szymon Płatek	Mapowanie przestrzeni bliskiej z wykorzystaniem czujników podczerwieni	30
4. Kinga Sławińska	Badanie skuteczności działania regulatora PID	31
5. Rafał Bartoszak	Implementacja soft-procesora MSI na układzie FPGA	32
6. Jakub Pendowski	Badanie rdzenia RISC-V w mikrokontrolerze Raspberry Pi Pico 2	33
7. Grzegorz Faszczka	Czujnik termowizyjny do geolokalizacji obiektów	34
8. Klaudia Majchrowicz	Wieloczujnikowa metoda detekcji obecności człowieka	35

SESJA E - TECHNOLOGIE ENERGETYCZNE

1.	Marieta Murawska	Modelowanie wybranych stanów pracy transformatora	37
2.	Lidia Kalinowska	Projekt układu zasilania hybrydowego	38
3.	Bartosz Błyskun	Projekt sterowania systemem grzewczym z wykorzystaniem pompy ciepła	39
4.	Przemysław Kupiński	Projekt sterowania trójfazowym systemem fotowoltaicznym połączonym z siecią elektroenergetyczną	40
5.	Aleksandra Szczybelska	Wyznaczenie podstawowych charakterystyk i parametrów obwodowych prądnicy synchronicznej	41
6.	Kaja Ozóg	Współczesne metody pomiaru momentów obrotowych występujących na wałach w turbinach energetycznych	42
7.	Robert Rogala	Wpływ parametrów sygnału PWM na sterowanie serwomechanizmami i silnikami DC	43

SESJA F - BADANIA W OBSZARZE TECHNOLOGII RADIOWYCH

	Jakub Augustyniak,		
1.	Łukasz Bakuła, Rafał Polak	Mechanizmy tunelowania ruchu sieciowego w sieci 5G	45
2.	Mateusz Grabski	Integracja sieci 5G z mobilnym węzłem łączności HMS Jaśmin jako sposób zwiększenia jego funkcjonalności	46
3.	Eryk Długosz	Optymalizacja pokrycia węzłów naziemnych w bezprzewodowych kratowych sieciach łączności opartych na BSP	47
4.	Miłosz Marciniak	Fuzja danych na potrzeby budowania świadomości sytuacji elektromagnetycznej	48

SESJA A

SZTUCZNA INTELIGENCJA

SECON2025
TWOJA PIERWSZA KONFERENCJA
TWÓJ POCZĄTEK W ŚWIECIE NAUKI

STRATEGIE PRZYGOTOWANIA DANYCH DO DOUCZANIA MODELI OPARTYCH O SIEĆ YOLO

Streszczenie. W artykule zaprezentowano proces badawczy douczania sieci YOLO v8 różnorodnymi zbiorami własnych zdjęć. Przeprowadzono testy oraz zaprezentowano wyniki działania każdego z otrzymanych modeli. Przygotowano demonstrator biometrycznej identyfikacji zwierzęcia, działającego z wykorzystaniem najlepszego z otrzymanych modeli.

W artykule zaprezentowano projekt badawczy, którego celem było optymalnej metody doboru danych do transfer-learningu ogólnodostępnych modeli sieci konwolucyjnych. Badania przeprowadzono na modelu open-source YOLO wersji 8.

Przyjęto trzy główne strategie przygotowywania danych: pierwszy zbiór zawierał jedynie zdjęcia poszukiwanego na obrazach obiekty, drugi zawierał dodatkowo zdjęcia innych podobnych przedmiotów, a trzeci był rozszerzony o zdjęcia innych zwierząt oraz tła. Dodatkowo przedstawione grupy podzielono również pod względem ilości zdjęć poddawanych analizie modelu (100, 250, 500). Najlepsze wyniki reprezentował model uczony najszerszym zbiorem zdjęć. W każdej z grup zdecydowanie dokładniejsze były modele o dużej ilości danych wejściowych.

Obrazy poddawane badaniom przedstawiały konkretne zwierzę, a model uczony był do rozpoznawania tego konkretnego zwierzęcia. Model o największej dokładności, zaimplementowano do demonstratora systemu wizyjnej identyfikacji zwierzęcia, który umożliwia realizację kontroli dostępu wśród zwierząt domowych.

Słowa kluczowe: biometria, kontrola dostępu, sieci konwolucyjne, YOLO.

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: piotr.mazur03@student.wat.edu.pl

*** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: lukasz.rybak@wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: jakub.olszewski01@student.wat.edu.pl

**** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: janusz.dudczyk@wat.edu.pl

ISTOTNOŚĆ PROCESU NORMALIZACJI DANYCH W KONTEKŚCIE PRZETWARZANIA DANYCH ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO Z ZASTOSOWANIEM ALGORYTMÓW KLASYFIKACJI

W ramach artykułu, autorzy skupili się na istotności procesu normalizacji w odniesieniu do klasyfikacji sygnałów impulsowych przy wykorzystaniu algorytmów klasyfikacji. W ramach pracy wykorzystana została metoda normalizacji minmaxscaler.

W rozdziale pierwszym, autorzy przystąpili do ogólnikowego opisu zagadnienia. W ramach rozdziału drugiego dokonano przeglądu literatury w kwestii poruszanej problematyki, zawierającej istotność normalizacji oraz opis wykorzystanych algorytmów klasyfikacji, którymi stały się: maszyna wektorów nośnych, algorytm najbliższych sąsiadów oraz technika klasyfikacji i ekstrakcji cech LDA. W rozdziale trzecim dokonano opisu wykonanych badań, włącznie z opisem uwzględnionej parametryzacji wykorzystanych algorytmów SI, ostatecznym wynikiem niniejszego rozdziału stała się dogłębna analiza uzyskanych w wyniku klasyfikacji wyników. Rozdział czwarty stanowi podsumowanie pracy oraz uwzględnienie potencjalnych możliwości rozwoju.

Zastosowanie mechanizmu normalizacji wykazało, iż jego zastosowanie znacząco wpływa na klasyfikację danych przy wykorzystaniu algorytmów uczenia nadzorowanego. Dzięki normalizacji, cechy opisujące impuls elektromagnetyczny, traktowane są równorzędnie.

SYSTEM IDENTYFIKACJI WYBRANYCH DŹWIĘKÓW ŚRODOWISKOWYCH, WŁAŚCIWYCH OTOCZENIU WOJSKOWEMU

Przewidywanie działań przeciwnika na polu bitwy, zwłaszcza w kontekście nalotów, stanowi kluczowy element skutecznych operacji bojowych. Choć przeciwnik może pozostawać ukryty, generowane przez niego dźwięki dostarczają cennych informacji. Analiza sygnałów akustycznych pozwala na ocenę lokalizacji źródła, jego odległości i kierunku. Rozwój modelu o wysokiej czułości, zdolnego do rozróżniania dźwięków charakterystycznych dla działań wojskowych, może znacząco zwiększyć świadomość sytuacyjną i skuteczność działań obronnych.

Celem pracy było opracowanie i ocena skuteczności systemu identyfikacji dźwięków typowych dla środowiska wojskowego, takich jak odgłosy pojazdów, wystrzałów oraz statków powietrznych. Zrealizowano analizę dźwięków środowiskowych właściwych działaniom militarnym. W kolejnych rozdziałach omówiono: kontekst problemu, charakterystykę danych i metodę rejestracji, parametryzację sygnałów z użyciem współczynników MFCC, implementację klasyfikatorów oraz analizę skuteczności rozwiązań. Oceniono także przydatność cech akustycznych z wykorzystaniem metod rankingowych. Wyniki przeprowadzonych analiz stanowią podstawę do opracowania systemu identyfikacji dźwięków środowiskowych, który może znaleźć zastosowanie w nowoczesnych systemach wspierających działania wojskowe, takich jak inteligentne systemy monitorowania pola walki czy autonomiczne platformy bojowe.

Kacper KRAJEWSKI, dr inż. Tadeusz PIETKIEWICZ

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki
ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: kcprkrjwski@gmail.com
Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki
ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: tadeusz.pietkiewicz@wat.edu.pl

ZASTOSOWANIE SIECI NEURONOWYCH DO ROZPOZNAWANIA OBIEKTÓ(a) W OBRAZACH SAR.

Artykuł przedstawia zastosowanie konwolucyjnych sieci neuronowych do rozpoznawania obiektów naziemnych w obrazach radarowych SAR. Celem opracowania było stworzenie kompletnego rozwiązania umożliwiającego klasyfikację obiektów z wykorzystaniem środowiska MATLAB.

We wprowadzeniu omówiono właściwości obrazów SAR oraz znaczenie ich analizy w kontekście wykrywania i klasyfikacji obiektów. Przedstawiono także podstawowe informacje dotyczące techniki SAR, parametry systemu oraz jego zasadę działania.

W kolejnych częściach referatu przedstawiono architekturę konwolucyjnych sieci neuronowych oraz sposób ich uczenia. Szczegółowo zaprezentowano opracowany system realizujący proces od wczytania i przygotowania danych, przez trening modelu, aż po klasyfikację. Do eksperymentów wykorzystano obrazy pochodzące z bazy MSTAR, obejmujące trzy klasy obiektów naziemnych.

Zaprojektowane rozwiązanie wzbogacono o graficzny interfejs użytkownika umożliwiający sterowanie analizą oraz wizualizację wyników klasyfikacji.

W podsumowaniu przedstawiono wyniki trzech niezależnych eksperymentów przeprowadzonych na różnych zbiorach danych. Uzyskane rezultaty potwierdzają skuteczność proponowanego podejścia oraz wysoką trafność klasyfikacji obiektów na obrazach SAR.

PORÓWNANIE SKUTECZNOŚCI ROZPOZNAWANIA OBIEKTÓW MORSKICH W OBRAZACH FLIR ZA POMOCĄ WIELOKLASOWEJ SIECI SVMECOC I FUZZI BINARNYCH SIECI SVM

Rozpoznawanie obiektów morskich na obrazach termowizyjnych FLIR stanowi istotny element świadomości sytuacyjnej w środowisku morskim. W artykule porównano skuteczność dwóch podejść klasyfikacyjnych opartych na SVM. Założeniem opracowania było stworzenie funkcjonalnego systemu klasyfikacyjnego w środowisku MATLAB.

We wprowadzeniu omówiono znaczenie analizy obrazów FLIR w kontekście monitorowania środowiska morskiego oraz przedstawiono główne wyzwania związane z ich przetwarzaniem.

W dalszej części artykułu opisano dwa zastosowane podejścia klasyfikacyjne: wieloklasową sieć SVMECOC opartą na strategii korekcyjnych kodów wyjściowych oraz metodę fuzji informacji z dwóch binarnych klasyfikatorów SVM, z których jeden analizował wartości jasności pikseli, a drugi wykorzystywał histogramy zorientowanych gradientów (HOG).

W artykule zaprezentowano opracowany system obejmujący proces przetwarzania danych, trenowania modeli oraz wizualizacji wyników klasyfikacji za pośrednictwem stworzonego interfejsu graficznego aplikacji.

W podsumowaniu przedstawiono wyniki eksperymentów przeprowadzonych na zbiorze obrazów obejmującym dziewięć klas obiektów. Uzyskane rezultaty potwierdzają wysoką skuteczność obu metod, przy czym najlepsze wyniki osiągnięto przy zastosowaniu wieloklasowej sieci SVMECOC.

KLASYFIKACJA SEKWENCJI ODPORNA NA ZAKŁÓCENIA Z WYKORZYSTANIEM PRZETWARZANIA HIPERWYMIAROWEGO

Przetwarzanie Hiperwymiarowe (HDC) stanowi obiecujące podejście w dziedzinie sztucznej inteligencji, znajdujące zastosowanie m.in. w systemach przetwarzania brzegowego (edge-computing). Pomimo, że obecnie nie osiąga ono jakości analizy porównywalnej z najnowocześniejszymi metodami uczenia maszynowego (ML), oferuje szereg istotnych zalet, które czynią je szczególnie użytecznym w specyficznych zastosowaniach.

Celem prac przedstawionych w artykule jest próba oceny możliwości poprawnej realizacji zadania klasyfikacji sekwencji symboli, wyznaczonych dla kolejnych obserwacji pewnego procesu (np. kolejnych kadrów wideo lub kolejnych ramek sygnałów akustycznych) za pomocą metodyki HDC, przy założeniu obecności silnych zakłóceń (np. elektromagnetycznych), zaburzających pracę sprzętu wykonującego algorytm. Modelowanie wpływu zakłóceń na przebieg algorytmu jest realizowane poprzez wprowadzenie niezerowych prawdopodobieństw przypadkowych zmian bitów przetwarzanych zmiennych.

Ponieważ przyjęta metoda klasyfikacji jest dobrze dostosowana do implementacji sprzętowej (np. w układach FPGA), a uzyskane wyniki wskazują na możliwość zapewnienia wysokiej odporności analizy na obecność zakłóceń, nieporównywalnej z podejściem klasycznym, ma ona duży potencjał dla potencjalnego wykorzystania jej w systemach obliczeniowych urządzeń brzegowych pracujących w sprzęcie wojskowym.

SESJA B

ELEKTRONIKA BIOMEDYCZNA

SECON²⁰²⁵

TWOJA PIERWSZA KONFERENCJA
TWÓJ POCZĄTEK W ŚWIECIE NAUKI

Marek OSTRYSZ*, Tadeusz SONDEJ**

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: marek.ostrysz@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: tadeusz.sondej@wat.edu.pl

OPRACOWANIE ALGORYTMU DETEKCJI ARYTMII W SYSTEMIE MIKROPROCESOROWYM CZASU RZECZYWISTEGO

Zaburzenia rytmu serca należą do głównych przyczyn zgonów w przebiegu chorób układu krążenia, które od lat dominują w statystykach śmiertelności (GUS, WHO, IHME). Wczesna detekcja arytmii – tachykardii, bradykardii, migotania komór – umożliwia szybszą reakcję kliniczną. Celem pracy było opracowanie algorytmu detekcji arytmii dla systemów mikroprocesorowych czasu rzeczywistego, z przeznaczeniem do urządzeń ubieralnych.

System oparto na mikrokontrolerze STM32L5 i układzie MAX86150, zapewniającym synchroniczną rejestrację sygnałów EKG i PPG. Detekcja punktów charakterystycznych wykorzystuje lokalne ekstrema oraz próg adaptacyjny do wyznaczania odstępów RR. Parametry zmienności rytmu zatokowego (HRV) – SDNN, RMSSD, pNN50 – obliczane są na bieżąco oraz w 5-minutowych oknach.

Do klasyfikacji zastosowano testy istotności statystycznej: rozkład normalny (duże próby) i t-Studenta (małe próby). System porównuje wyniki z wartościami krytycznymi i zapisuje je w pamięci zewnętrznej. Całość działa w pełni autonomicznie, bez komunikacji z jednostką nadrzędną.

Skuteczność algorytmu potwierdzono na danych z dwóch zamkniętych baz sygnałów PPG/EKG: ADb (z arytmia) i AfDb (referencyjnej), oraz pomiarach własnych. Rozwiązanie zaimplementowano w języku C z wykorzystaniem testów hipotez i przetwarzania strumieniowego, co czyni je przydatnym komponentem nowoczesnych systemów *wearable*.

Emilia STODULSKA, Lena CIEŚLAK, Aleksandra KRÓLAK, Bartłomiej SZTYLER

Politechnika Łódzka,
Wydział Elektroniki, Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź
e-mail: aleksandra.krolak@p.lodz.pl

NISKOKOSZTOWY SYSTEM ROZPOZNAWANIA GESTÓW Z SYGNAŁÓW EOG I EMG

Systemy interakcji człowiek-komputer coraz częściej wykorzystują biosygnale do tworzenia intuicyjnych, bezdotykowych systemów sterowania. Te metody są szczególnie przydatne dla użytkowników z ograniczoną mobilnością. W niniejszej pracy zaprezentowano 4-kanalowy bezprzewodowy system HCI oparty na analizie sygnałów EOG i EMG, umożliwiający rozpoznawanie gestów w czasie rzeczywistym.

System składa się z 3-stopniowego układu wzmacniacza analogowego, w połączeniu z mikrokontrolerem ESP32, co umożliwia akwizycję i wstępną filtrację sygnałów. Kompaktową konstrukcję urządzenia zapewnia lekki moduł w postaci opaski na głowę, drukowany w technologii 3D, który obejmuje wypustki do pozycjonowania 7 elektrod oraz obudowę układu elektronicznego.

Zastosowane metody przetwarzania sygnałów obejmują usuwanie zakłóceń z sieci energetycznej, filtrację pasmowo-przepustową i ekstrakcję cech opartych na wykrywaniu lokalnych maksimów (EOG) oraz analizie wartości skutecznej sygnału RMS (EMG). Kalibracja pozwala dostosować progi detekcji do poziomu aktywności mięśni konkretnego użytkownika.

Interfejs obsługuje 5 gestów: zaciskanie szczęki, nadymanie/zasysanie policzków, unoszenie brwi oraz mruganie. Testy przeprowadzono na grupie 10 ochotników uzyskując następujące średnie wyniki: dokładność (91%), precyzja (98%), czułość (93%) oraz F1-score (95%). Użytkownicy wskazali gesty nadymania policzków i unoszenia brwi jako najłatwiejsze i najwygodniejsze.

Opracowany system umożliwia precyzyjne rozpoznawanie gestów w czasie rzeczywistym przy użyciu taniego sprzętu i wydajnych algorytmów przetwarzania sygnałów. Jego kompaktowa konstrukcja, wygoda użytkowania i możliwość dostosowania czynią go obiecującym narzędziem dla technologii wspomagających.

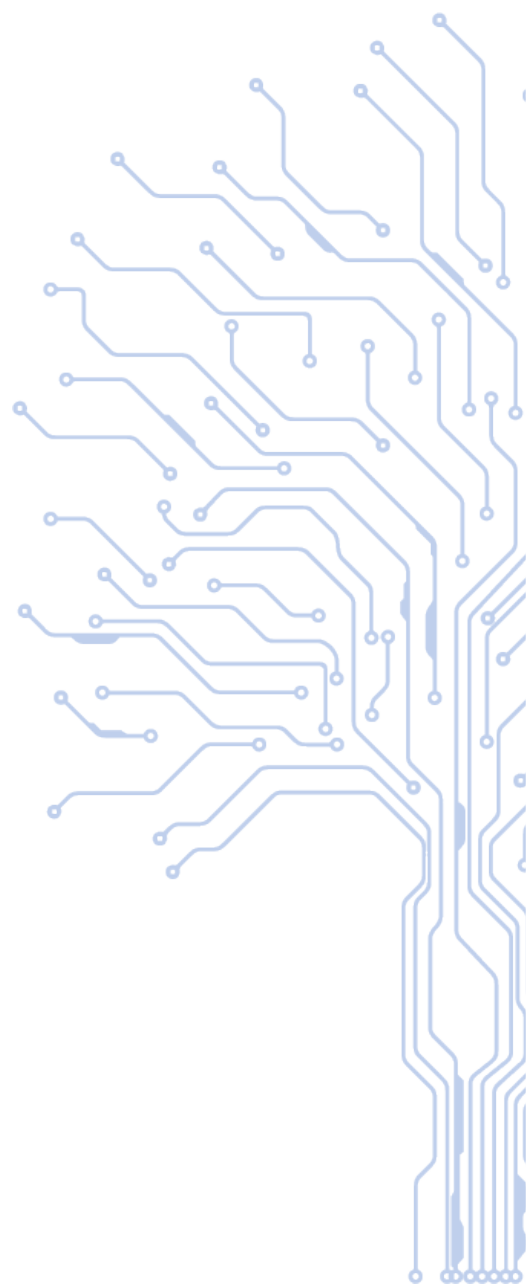
Adrian NIGOT *

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: adrian.nigot@wat.edu.pl

BEZMANKIETOWE METODY POMIARU CIŚNIENIA KRWI

Nadciśnienie tętnicze jest obciążeniem zdrowotnym, na które cierpi ponad miliard ludzi na całym świecie. Aktualnie jest ono jedną z najczęstszych i najpoważniejszych chorób cywilizacyjnych. Znacząco zwiększa ryzyko potencjalnie zagrażających życiu chorób sercowo-naczyniowych, takich jak niewydolność serca, choroba wieńcowa czy udar. Nieprawidłowe ciśnienie krwi jest globalnym i wiodącym czynnikiem ryzyka obciążenia innymi chorobami, które prowadzą do kilku milionów zgonów rocznie. Raport WHO (ang. *World Health Organization*) z 2023 r. pokazuje, że liczba osób z nadciśnieniem tętniczym na świecie wzrosła z 650 milionów do 1,28 miliarda w ciągu ostatnich 30 lat. Oznacza to, że obecnie nadciśnienie dotyka co 3 osobę dorosłą na świecie. Wczesne i prawidłowo zdiagnozowane nadciśnienie tętnicze może być łatwo kontrolowane poprzez leki czy zmianę stylu życia (dieta, aktywność fizyczna). W znacznej większości przypadków nadciśnienie przebiega bezobjawowo, przez co większość nie jest jego świadoma. Tradycyjne urządzenia wykorzystujące mankiety do pomiaru BP (ang. *Blood Pressure*) mają ograniczenia ze względu na m.in. częstość pomiarów, tolerancję pacjenta na ściskanie, dopasowanie mankieta czy aspekty techniczne, które uniemożliwiają pomiar podczas typowych codziennych czynności, takich jak ćwiczenia fizyczne lub sytuacje stresowe. W ostatnich latach gwałtownie rośnie zainteresowanie bezinwazyjnymi i bezmankietowymi metodami, które mogłyby łatwo, dokładnie i komfortowo monitorować ciśnienie krwi. Metody bezmankietowe zasadniczo można podzielić na kilka grup, z których najliczniejsze i najczęściej opisywane w artykułach opierają się na analizie czasu propagacji fali tętna (PTT/PAT) i analizie kształtu sygnału (PWA). Wykorzystują do tego różnorodne sygnały fizjologiczne – od fotopletyzmografii (PPG) i elektrokardiografii (ECG), przez sygnały mikrofalowe (MW), ultradźwiękowe (US), wyekstrahowane z wideo (IPPG), aż po rejestrację drgań powierzchniowych na ciele z czujników MEMS. Wśród nich wyróżnić można również bardziej innowacyjne techniki tj. metoda wielospektralna PPG (MWPPG) czy metoda bioimpedancyjna (IPG). W porównaniu do konwencjonalnych metod – powszechnie stosowanych w warunkach klinicznych i domowych -uważanych za „złoty standard”, metody bezmankietowe oferują szereg korzyści. Umożliwiają ciągły, komfortowy i nieinwazyjny monitoring ciśnienia krwi, co może być kluczowe w diagnostyce i leczeniu chorób sercowo-naczyniowych. Obecne trendy wskazują, że najpowszechniejsze metody stosowane do bezmankietowej estymacji ciśnienia krwi bazują na sygnale PPG oraz metodzie czasu

propagacji fali tętna wykorzystującej czujniki MEMS. Rosnącą popularność zdobywają również metody wykorzystujące wideo do bezkontaktowego pomiaru, pomiar bioimpedancyjny i czujniki ultrasonograficzne. Rozwój technologii pomiaru ciśnienia krwi koncentruje się wokół miniaturyzacji urządzeń, integracji czujników z codziennymi przedmiotami (np. smartwatch, smartband), a także wykorzystania sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego do analizy danych biologicznych i poprawy dokładności predykcji ciśnienia. Coraz częściej podejmowane są próby fuzji sygnałów (np. PPG i ECG) z różnych źródeł w celu zwiększenia wiarygodności pomiarów. Opracowywane są również nowe modele regresji pozwalające na estymację ciśnienia krwi. Ich niewątpliwą zaletą jest możliwość ich implementacji w urządzeniach o ograniczonej mocy obliczeniowej czy energii, w przeciwieństwie do rozwiązań bazujących na rozbudowanych sieciach neuronowych.



SPOSOBY OKREŚLANIA ZGODNOŚCI DWÓCH METOD POMIAROWYCH PRZY ANALIZIE SYGNAŁÓW BIOMEDYCZNYCH

Obecnie można zaobserwować dynamiczny wzrost użytkowania elektroniki noszonej, a w szczególności smartwatcha lub urządzeń wspomagających trening fizyczny. Urządzenia te oferują wykonywanie pomiarów i analizowanie sygnałów biomedycznych. Istotną kwestią jest sposób analizy sygnałów. Ponieważ elektronika noszona wymaga zasilania bateryjnego oraz ma ograniczone zasoby sprzętowe, ważne jest, aby algorytmy przetwarzania sygnałów wykorzystywały jak najmniej pamięci i mocy obliczeniowej. Pojawia się zatem pytanie, w jaki sposób można porównać autorski algorytm przetwarzania sygnałów z algorytmem referencyjnym w zakresie poprawności otrzymanych wyników.

W niniejszej pracy opisano sposoby określania zgodności metod pomiarowych przy analizie sygnałów biomedycznych. Przedstawiono trzy sposoby analizy dwóch zbiorów danych: (1) wykresy Blanda-Altmana, powszechnie stosowane w porównywaniu dwóch metodologii w medycynie, (2) analizę korelacji Pearsona oraz (3) testy statystyczne. Przedstawiono informacje jakie mogą być uzyskane przy wykorzystaniu wymienionych wyżej sposobów analizy oraz ograniczenia użycia tych sposobów. Odpowiedni sposób użycia narzędzi do analizy porównywanych metod pozwala poprawnie ocenić różnice i poziom zgodności pomiędzy tymi metodami.

Porównanie metod pomiarowych powinno być obszerne i zawierać analizę przynajmniej kilku kryteriów aby możliwe było uzyskanie odpowiedzi na pytania czy uzyskane wyniki przy zastosowaniu różnych metod są zgodne oraz czy możliwe jest zastąpienie jednej metody przez drugą.

Stanisław B. Wawryszuk, Andrzej Dobrowolski

Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908, Warszawa
e-mail: stanislaw.wawryszuk@student.wat.edu.pl

SYNERGIA PODEJŚCIA CZASOWEGO I WIDMOWEGO W KLASYFIKACJI SŁUCHOWYCH POTENCJAŁÓW WYWOŁANYCH

Słuchowe potencjały wywołane pnia mózgu (ABR) stanowią istotne narzędzie w diagnostyce audiologicznej, umożliwiające obiektywną ocenę traktu słuchowego na poziomie pnia mózgu. Tradycyjne metody analizy ABR opierają się głównie na ocenie parametrów czasowych, takich jak latencje i amplitudy poszczególnych fal. Jednakże, informacje zawarte w domenie częstotliwościowej sygnału ABR mogą dostarczyć dodatkowych, cennych danych diagnostycznych. Dokonując fuzji tych dwóch dziedzin zwiększamy precyzję diagnostyczną, a co za tym idzie jej skuteczność.

W ramach pracy inżynierskiej tworzącej fundament aktualnych badań, koncentrowano się na szczegółowej analizie zależności czasowych oraz widmowych dla sygnałów ABR, co pozwoliło na uzyskanie dwóch niezależnych klasyfikatorów, przeprowadzających analizę w tych dziedzinach.

Kontynuacją badań realizowanych w ramach pracy magisterskiej jest rozwinięcie metod klasyfikacji opartych na cechach wydobytych zarówno z domeny czasowej, jak i częstotliwościowej oraz zespolenie ich za pomocą metod takich jak SVM czy LDA. Planowane wdrożenie nowych metod optymalizacji analiz oraz zaproponowanie strategii fuzji daje realne szanse na uzyskanie większej dokładności klasyfikacji.

Zaproponowanie nowej metody analizy poprzez zespolenie dziedzin może znacząco poprawić wyniki analizy oraz umożliwić.

SESJA C

BADANIA W OBSZARZE RADIOELEKTRONIKI

SECON2025
TWOJA PIERWSZA KONFERENCJA
TWÓJ POCZĄTEK W ŚWIECIE NAUKI

Mateusz ZIELIŃSKI*, Janusz DUDCZYK**

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki

ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2

e-mail: mateusz.zielinski04@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,

Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Łączności ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2

e-mail: janusz.dudczyk@wat.edu.pl

MODELOWANIE ZWIĄZKÓW ENCJI W PROJEKTOWANIU NOWOCZESNEJ BAZY DANYCH SYSTEMU WALKI RADIOELEKTRONICZNEJ

Projektowanie nowoczesnych systemów informatycznych, zwłaszcza w obszarze walki radioelektronicznej, wymaga precyzyjnego modelowania danych, które pozwala na wierne odwzorowanie rzeczywistości operacyjnej oraz skuteczne zarządzanie informacjami w bazie danych.

Artykuł skupia się na modelowaniu związków encji w notacji Barkera, które pozwala przekształcić rzeczywiste obiekty i procesy w logiczne struktury danych, niezbędne dla zapewnienia integralności i efektywności systemu bazodanowego.

Związki między encjami umożliwiają precyzyjne określenie charakteru powiązań. Poprawne zdefiniowanie tych zależności jest kluczowe dla odzwierciedlenia relacji między sygnałami, urządzeniami i procesami analitycznymi.

Normalizacja modelu danych do trzeciej postaci normalnej pozwala na eliminację redundancji i anomalii oraz utworzenie dodatkowych encji słabych dla obsługi związków wiele-do-wielu. Następnie przeprowadza się transformację diagramu ERD do schematu relacyjnego, stanowiącego podstawę implementacji bazy danych.

Zastosowanie modelowania związków encji w notacji Barkera umożliwiło stworzenie przejrzystej, modularnej i skalowalnej bazy danych. Tak zaprojektowana struktura gwarantuje efektywne zarządzanie danymi i ich analizę, ale także umożliwia łatwą rozbudowę systemu.

Klaudia JANUSZCZAK*, Rafał PRZESMYCKI**

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: klaudia.januszczak@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: rafal.przesmycki@wat.edu.pl

ANALIZA EMISJI UJAWNIAJĄCEJ WYSTĘPUJĄCEJ PODCZAS PRACY DRUKARKI LASEROWEJ

Emisja ujawniająca jest zjawiskiem niepożądanym, wynikającym z niezamierzonej emisji elektromagnetycznej urządzeń elektronicznych. Może prowadzić do ujawnienia przetwarzanych informacji, co stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa danych. Drukarki laserowe, jako urządzenia generujące sygnały elektromagnetyczne podczas pracy, są szczególnie narażone na to ryzyko, ponieważ przetwarzają informacje w formie sygnałów elektrycznych o wysokiej częstotliwości.

Podstawowym mechanizmem emisji ujawniającej jest promieniowanie elektromagnetyczne, które może występować w formie promieniowanej lub przewodzonej. W przypadku drukarek laserowych kluczowe są sygnały generowane podczas formowania obrazu na bębnie światłoczułym. W tym procesie powstają impulsy o wysokiej częstotliwości, które mogą być przechwycone i wykorzystane do odtworzenia drukowanych treści. Sygnały te mogą zawierać informacje o strukturze dokumentu, co zwiększa ryzyko nieautoryzowanego dostępu do danych.

W artykule omówiono techniki pomiarowe służące do identyfikacji takich emisji, w tym zastosowanie oscyloskopów i odbiorników szerokopasmowych. Przedstawiono również metody rejestracji przebiegów czasowych oraz analizy sygnałów pozwalających na identyfikację sygnałów ujawniających. Uwzględniono różne podejścia do analizy danych, które mogą pomóc w lepszym rozpoznaniu charakterystyki sygnałów związanych z drukowanymi dokumentami.

Analiza wyników wykazała, że sygnały emisji ujawniającej mogą być skorelowane z treścią drukowanego dokumentu, co potwierdza konieczność stosowania odpowiednich środków ochrony elektromagnetycznej.

Podsumowując, emisja ujawniająca stanowi realne zagrożenie dla poufności informacji przetwarzanych przez urządzenia elektroniczne. Skuteczna identyfikacja i minimalizacja tego ryzyka wymaga zastosowania zaawansowanych technik pomiarowych oraz odpowiednich metod analizy sygnałów.

Jakub OLSZEWSKI*, Piotr MAZUR, Łukasz RYBAK***, Janusz DUDCZYK******

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: jakub.olszewski01@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: piotr.mazur03@student.wat.edu.pl

*** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: lukasz.rybak@wat.edu.pl

**** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: janusz.dudczyk@wat.edu.pl

WŁAŚCIWOŚCI ALGORYTMU HIPERGEOMETRYCZNEGO PODZIAŁU CZĄSTKI DANYCH W ASPEKCIE PRZETWARZANIA DANYCH WYWIADU ELEKTRONICZNEGO

Celem artykułu było określenie właściwości algorytmu hipergeometrycznego podziału części danych pod kątem skuteczności oraz czasu realizacji procesu klasyfikacji.

W eksperymentach wykorzystano znormalizowany, trójwymiarowy zbiór danych opisujący trzy atrybuty impulsów sygnałów radarowych pochodzących z trzech emiterów różnego typu.

Dla opisywanej, trójwymiarowej przestrzeni cech, dokonana została metoda walidacji krzyżowej w wariancie sprawdzenia prostego, pozwalająca na utworzenie dwóch podzbiorów wykorzystywanych przy klasyfikacji: zbioru treningowego oraz zbioru testowego.

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ poziomu głębokości podziału d na skuteczność klasyfikacji oraz czas jej realizacji, co zostało przedstawione w postaci danych tabelarycznych oraz zobrazowań ukazujących rezultaty eksperymentów.

Otrzymane wyniki wykazały, że algorytm hipergeometrycznego podziału części danych jest w stanie ze skutecznością na poziomie 97% klasyfikować impulsy pochodzące z trzech źródeł emisji radarowej, co potwierdza zasadność jego wykorzystania w aspekcie przetwarzania danych wywiadu elektronicznego.

Dawid KUSIK*, Roman KUBACKI**

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2 00-908
e-mail: dawid.kusik@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2 00-908
e-mail: roman.kubacki@wat.edu.pl

OPRACOWANIE I BADANIA ANTENY TYPU WŁASOWA DO KONTROLI RUCHU SAMOCHODOWEGO

Celem pracy było zaprojektowanie i zbadanie anteny typu Własowa przeznaczonej do zastosowania w systemach inteligentnego sterowania ruchem drogowym ITS (ang. Intelligent Transport Systems) w szczególności w infrastrukturze DSRC (ang. Dedicated Short-Range Communications). Antena została zoptymalizowana do montażu nad pasem ruchu i dostosowana geometrycznie w taki sposób, aby promieniowanie koncentrowało się na jednym torze jezdni, zapewniając skuteczną łączność tylko z pojazdami poruszającymi się pod anteną.

W ramach pracy przeanalizowano właściwości falowodów cylindrycznych i trybu TE_{11} , a następnie zaprojektowano warianty anteny w środowisku CST Studio. Uwzględniono trzy konstrukcje: bez modyfikacji, ze ścięciem ukośnym oraz ze ścięciem i reflektorem. Dla każdej konfiguracji wykonano symulacje charakterystyk promieniowania, obliczono zyski kierunkowe i szerokość wiązki.

Wyniki badań wykazały, że odpowiednio dobrana geometria anteny znacząco wpływa na kierunkowość i tłumienie listków bocznych. Najlepsze parametry uzyskano dla wariantu ze ścięciem i reflektorem – uzyskano wąską, silnie ukierunkowaną wiązkę, zgodną z wymaganiami norm DSRC i EN 12253.

Opracowana antena może znaleźć praktyczne zastosowanie w punktach poboru opłat i systemach komunikacji pojazd–infrastruktura, gdzie precyzyjne pokrycie jednego pasa ruchu jest kluczowe dla poprawnej wymiany danych z pojazdami w ruchu.

Michał GAWĘDA*,

* ZSP Nr 1 im. Tadeusza Kościuszki,
Uczeń Technikum informatycznego (Oddział przygotowania wojskowego)
ul. Świętego Antoniego 29
E-mail: gawedamichal088@gmail.com

ELEKTRONIKA I TELEKOMUNIKACJA W SIŁACH ZBROJNYCH

Elektronika i telekomunikacja w siłach zbrojnych to kluczowe obszary technologiczne, które umożliwiają efektywne dowodzenie, kontrolowanie i realizowanie operacji bojowych. Stanowią one nierozłączną część współczesnych armii, wpływając na wszystkie etapy operacji — od planowania, przez wykonanie, aż po analizę efektów działań. Artykuł ten omawia systemy komunikacyjne, technologie radarowe, środki walki elektronicznej oraz protokoły cyberbezpieczeństwa wykorzystywane przez Siły Zbrojne Rzeczypospolitej Polskiej.

Temat "elektroniki i telekomunikacji w Siłach Zbrojnych RP" obejmuje szereg zagadnień związanych z nowoczesnymi systemami komunikacyjnymi, zarządzaniem informacjami oraz ochroną przed zagrożeniami związanymi z cyberbezpieczeństwem i zakłóceniami elektromagnetycznymi. W kontekście Sił Zbrojnych RP istnieje kilka kluczowych obszarów, które dotyczą elektroniki i telekomunikacji w wojsku.

Komunikacja w Siłach Zbrojnych RP ma na celu zapewnienie ciągłej wymiany informacji pomiędzy dowództwem a jednostkami operacyjnymi. Ważne jest, aby systemy komunikacyjne były niezawodne, odporne na zakłócenia oraz łatwe w użyciu w sytuacjach kryzysowych, takich jak operacje bojowe, klęski żywiołowe czy zakłócenia w cywilnej infrastrukturze.

Elektronika wojskowa jest niezbędnym elementem współczesnych operacji wojskowych, ponieważ zapewnia komunikację, łączność, nawigację, rozpoznanie oraz ochronę przed zagrożeniami, takimi jak zakłócenia elektromagnetyczne i cyberataki.

Elektronika i telekomunikacja w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej stanowią fundament zapewniający efektywność, bezpieczeństwo i skuteczność działań wojskowych. Nowoczesne technologie, w tym systemy komunikacyjne, nawigacyjne, rozpoznawcze i zdolności walki elektronicznej, stanowią niezastąpione wsparcie dla operacji wojskowych zarówno na terenie kraju, jak i podczas misji międzynarodowych.

Kacper LUCHOWSKI*,

* ZSP Nr 1 im. Tadeusza Kościuszki,
Absolwent Technikum mechatronicznego 2025
ul. Świętego Antoniego 29
e-mail: kluchowski29@gmail.com

FERROFLUIDOWA SFERA ZAMACHOWA

Projekt “Ferrofluidowej Sfery Zamachowej do kontroli orientacji przestrzennej oraz korekcji prędkości kątowej niezależnie od lokalnych warunków grawitacyjnych i elektromagnetycznych satelity” zakładał merytoryczne opracowanie konceptu budowy urządzenia oraz wykonanie prostego prototypu demonstrującego sposób działania takiego mechanizmu.

Urządzenie miało funkcjonować na podstawie koordynowanego przez algorytm załączenia elektromagnesów, które miały stopniowo wprowadzać w ruch znajdujący się w izolacji ferrofluid w dowolnie wybranej osi. Modyfikując prędkość lub trajektorię po której wewnątrz sfery krążyłby ferrofluid poprzez zasadę zachowania momentu pędu zyskujemy możliwość kontroli nad urządzeniem wyposażonym w ten system w przestrzeni.

W ramach projektu szczegółowo przeanalizowano właściwości ferrofluidów oraz ich potencjał na wdrożenie w zastosowaniach w warunkach mikrogravitacji, pomocne okazały się konsultacje z polskimi zespołami tworzącymi satelity. Następnie na podstawie pozyskanych danych przygotowano koncepcyjny model takiego urządzenia oraz wykonano demonstrator.

Demonstrator z racji na funkcjonowanie w warunkach Ziemskiej Grawitacji aby móc wizualnie zaprezentować działanie systemu należało znacznie przeskalować. Finalnie udało się jednak doprowadzić do jego powstania, co pozwoliło zweryfikować kluczowe założenia na obecnym etapie. Resztę założeń oraz ostateczne działanie można sprawdzić jedynie na orbicie.

Podsumowując projekt został wykonany zgodnie z początkowymi założeniami, dowiódł możliwości wykonania takiego systemu, a analiza pokazała możliwość wdrożenia również w warunkach mikrogravitacji. Kluczowymi aspektami pozwalającymi na stałe usprawnienia pozostaje oprogramowanie niezbędne do prawidłowej pracy.

Adrian Mikołaj KAPSKI*

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego, Warszawa
e-mail: adrian.kapski@wat.edu.pl

OPTYMALIZACJA ALGORYTMU WIZUALNEJ NAWIGACJI ORB SLAM

W ramach prac badawczych uruchomiono i zweryfikowano algorytm ORB-SLAM3 w konfiguracji monokularnej jako podstawę jednoplatformowego systemu nawigacji wizyjnej. Środowisko testowe oparto na zbiorze EuRoC MAV, wybierając pięć sekwencji MH01–MH05 o rosnącej złożoności scen, aby odwzorować typowe wyzwania operacyjne: zmienne oświetlenie, zróżnicowaną strukturę przestrzenną i różną dynamikę ruchu.

Dla każdej sekwencji przeprowadzono wielokrotne uruchomienia algorytmu, rejestrując trajektorie kamery i czasy przetwarzania klatek, a uzyskane wyniki porównano z rejestrem odniesienia. W prostych scenach algorytm osiągał niewielkie błędy ATE/RPE i stabilne śledzenie; w warunkach skrajnych odnotowano wzrost odchylenia związany głównie z ubogą teksturą i nagłymi rotacjami kamery. Profilowanie obciążenia wykazało, że detekcja i opis cech ORB generują największy koszt obliczeniowy, co motywuje platformowo-zależne usprawnienia: dla ekstrakcji cech, adaptacyjne kryteria dodawania klatek kluczowych oraz selektywne wywoływanie optymalizacji.

Przeprowadzone testy potwierdzają, że ORB-SLAM3 zapewnia wiarygodną lokalizację i mapowanie w większości scenariuszy, jednak jego wydajność i dokładność zależą od warunków obserwacji i mocy obliczeniowej platformy. Zaproponowane strategie optymalizacji pozwalają ograniczyć czas przetwarzania bez istotnej utraty precyzji, czyniąc system bardziej użytecznym w zadaniach czasu rzeczywistego. Wyniki stanowią solidną bazę do dalszych badań nad fuzją z czujnikami inercyjnymi i czujnikami optycznymi.

SESJA D

URZĄDZENIA I SYSTEMY ELEKTRONICZNE

SECON²⁰²⁵
TWOJA PIERWSZA KONFERENCJA
TWÓJ POCZĄTEK W ŚWIECIE NAUKI

Jan Lewandowski*, Paweł Rasiński*, Piotr Pawłowski*, Bartosz Skawrczewski*

* Technikum Elektroniczne nr 1,
Oddział 4 elektroniczny.
ul. Kasprzaka 19/21
e-mail: zs@kasprzak.edu.pl

BADANIE ŚWIATŁOWODU POD KĄTEM PRZYDATNOŚCI W ZABEZPIECZENIACH ANTYKRADZIEŻOWYCH POPRZECZ URZĄDZENIE "LIGHT LOCK"

W artykule przedstawiono wyniki projektu badawczo-rozwojowego „Light Lock” – innowacyjnego urządzenia antykradzieżowego dla sklepów detalicznych, wykorzystującego technologię światłowodową. Zespół uczniów pod kierownictwem mgr Pawła Dąbrowskiego opracował prototyp, który zastępuje tradycyjne przewody miedziane światłowodami o średnicy 1 mm, zwiększając bezpieczeństwo i eliminując możliwość obejścia zabezpieczeń poprzez mostkowanie.

System działa dzięki transmisji sygnału optycznego z diody LED do fotorezystora zintegrowanego z układem LM393, który w przypadku przerwania przewodu aktywuje alarm dźwiękowy i wizualny za pośrednictwem bramki OR (układ 74LS32). Zasilanie zapewnia akumulator litowo-jonowy 3,7 V z przetwornicą do 5 V.

„Light Lock” wyróżnia się na tle konkurencji, np. urządzeń typu „pajaczków”, dzięki odporności na zakłócenia elektromagnetyczne, redukcji masy o 30% i niższym kosztom produkcji (przy 10 szt. ok. 15 PLN wobec średnio 20 PLN). Projekt oferuje także korzyści ekologiczne: światłowody generują mniejszy ślad węglowy niż miedź, a obudowa z PLA jest przyjazna recyklingowi. Testy potwierdziły wysoką skuteczność prototypu – nie znaleziono jeszcze sposobu na ominięcie „Light Lock’a” bez wszczynania alarmu w przeciwieństwie do „pajaczków” w przypadku którego czas obejścia zabezpieczenia wynosi ok 10 sekund.

Skierowany głównie do sektora RTV/AGD, „Light Lock” odpowiada na potrzeby rynku, gdzie kradzieże sklepowe są dużym problemem. Przyszły rozwój prototypu obejmuje integrację NFC, certyfikację IP65 i obudowę biodegradowalną, co zwiększy funkcjonalność i ekologiczność. Projekt, łącząc innowacyjność, ekonomię i dbałość o środowisko, ma potencjał zrewolucjonizować zabezpieczenia sklepowe, oferując alternatywę dla obecnie stosowanych systemów.

Rafał GROMKO*, Kamil HOCAS*, Stanisław KONATOWSKI**

Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki,
Instytut Radioelektroniki

ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2

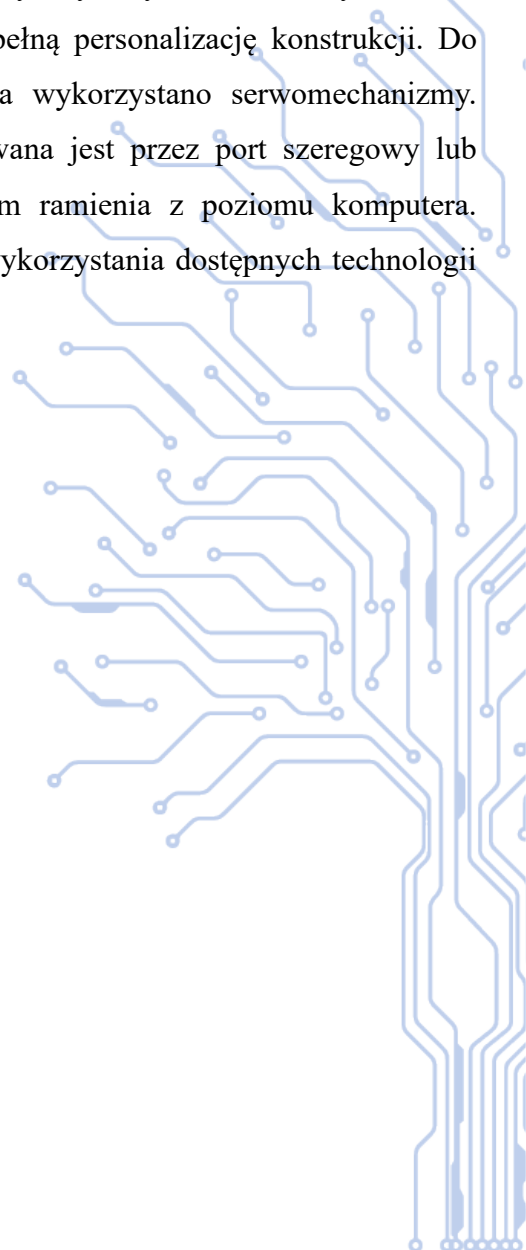
*¹ e-mail: rafal.gromko@student.wat.edu.pl

*² e-mail: kamil.hocas@student.wat.edu.pl

** e-mail: stanislaw.konatowski@wat.edu.pl

PROJEKT RUCHOMEGO RAMIENIA ROBOTYCZNEGO

Celem referatu jest opis zaprojektowanego i wykonanego ruchomego ramienia robotycznego, sterowanego mikrokontrolerem Arduino za pomocą aplikacji w środowisku programistycznym Python. Elementy ramienia robotycznego wydrukowano przy użyciu drukarki 3D, co zapewnia pełną personalizację konstrukcji. Do realizacji precyzyjnych ruchów poszczególnych segmentów ramienia wykorzystano serwomechanizmy. Komunikacja między aplikacją a mikrokontrolerem Arduino realizowana jest przez port szeregowy lub Bluetooth umożliwiając użytkownikowi intuicyjne sterowanie ruchem ramienia z poziomu komputera. Zaprojektowanie ruchomego ramienia robotycznego jest przykładem wykorzystania dostępnych technologii niskobudżetowych.



Szymon PŁATEK*, Tadeusz PIETKIEWICZ**

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział: Elektroniki i telekomunikacji
e-mail: szymon.platek@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział: Elektroniki i telekomunikacji
e-mail: tadeusz.pietkiewicz@wat.edu.pl

MAPOWANIE PRZESTRZENI BLISKIEJ W OPARCIU O PLATFORMĘ MOBILNĄ

Autonomiczne mapowanie przestrzeni bliskiej stanowi istotny obszar badań w robotyce mobilnej. Niniejsza praca prezentuje budowę oraz badania platformy mobilnej wykorzystującej mikrokontrolery ESP32 oraz czujniki odległości IR Sharp GP2Y0A21YK0F.

Platforma została wyposażona w cztery symetrycznie rozmieszczone czujniki IR. Czujniki są zamontowane na serwomechanizmach, umożliwiającym dynamiczny obrót i skuteczniejsze skanowanie otoczenia. Każdy czujnik został indywidualnie skalibrowany, a wyniki pomiarów poddano filtracji medianowej, co znacząco zmniejszyło zakłócenia wynikające z szumów.

Do lokalizacji platformy zastosowano metodę odometryczną, bazującą na liczbie kroków wykonanych przez silniki krokowe. Wykryte przeszkody są zapisywane w lokalnych siatkach zajętości, które następnie są przekształcane geometrycznie i integrowane w spójną, globalną mapę obszaru.

System został zbudowany w oparciu o dwa moduły ESP32: ESP32-S3 odpowiedzialny za sterowanie ruchem oraz przetwarzanie danych, oraz ESP32, sterujący serwomechanizmami czujników. Komunikacja pomiędzy modułami odbywa się bezprzewodowo, zapewniając skuteczną wymianę informacji.

Opracowana platforma mobilna umożliwia efektywne i precyzyjne mapowanie otoczenia, mimo zastosowania prostych czujników odległości, stanowiąc podstawę do dalszych badań i aplikacji w autonomicznej nawigacji.

***Kinga SŁAWIŃSKA, **Stanisław KONATOWSKI**

*Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: kinga.slawinska@student.wat.edu.pl

**Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: stanislaw.konatowski@wat.edu.pl

BADANIE SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA REGULATORA PID

Celem pracy było określanie skuteczności doboru nastaw regulatorów P, PI i PID poprzez ocenę jakości działania układu ze względu na rozpatrywane kryteria dla zamkniętego i otwartego układu regulacji.

W pracy rozpatrywano dobór nastaw regulatora PID pięcioma metodami: dwoma metodami Zieglera-Nicholsa, metodą Pessena, metodą Chiena-Horens Reswicka i metodą Coohena-Coona. Do porównywania skuteczności analizowanych metod doboru nastaw regulatora wykorzystano parametry czasowe charakterystyki skokowej układu regulacji, a także kryteria całkowite.

Badania symulacyjne przeprowadzono dla dwóch postaci transmitancji badanych układów regulacji. Pierwszą metodę Zieglera-Nicholsa i metodę Pessena doboru nastaw zastosowano do transmitancji o postaci wielomianu czwartego stopnia, a dla drugiej transmitancji o postaci wielomianu trzeciego stopnia zastosowano drugą metodę Zieglera-Nicholsa, metodę Chiena Horens-Reswicka i metodę Coohena-Coona doboru nastaw regulatora.

Przeprowadzone badania wykazały, że dla otwartego układu regulacji nie można wskazać żadnej dominującej metody doboru nastaw regulatora – lepszej od pozostałych.

Ocena skuteczności analizowanych metod doboru nastaw regulatora kryteriami czasowymi i całkowitymi dla zamkniętych układów regulacji jest bardziej wyrazista. Skutecznymi metodami doboru nastaw regulatora P są pierwsza metoda Zieglera-Nicholsa i metoda Coohena-Coona, a w przypadku układów z regulatorami typu PI i PID pierwsza metoda Zieglera-Nicholsa i metoda Chiena-Horens-Restwicka.

Rafał BARTOSZAK

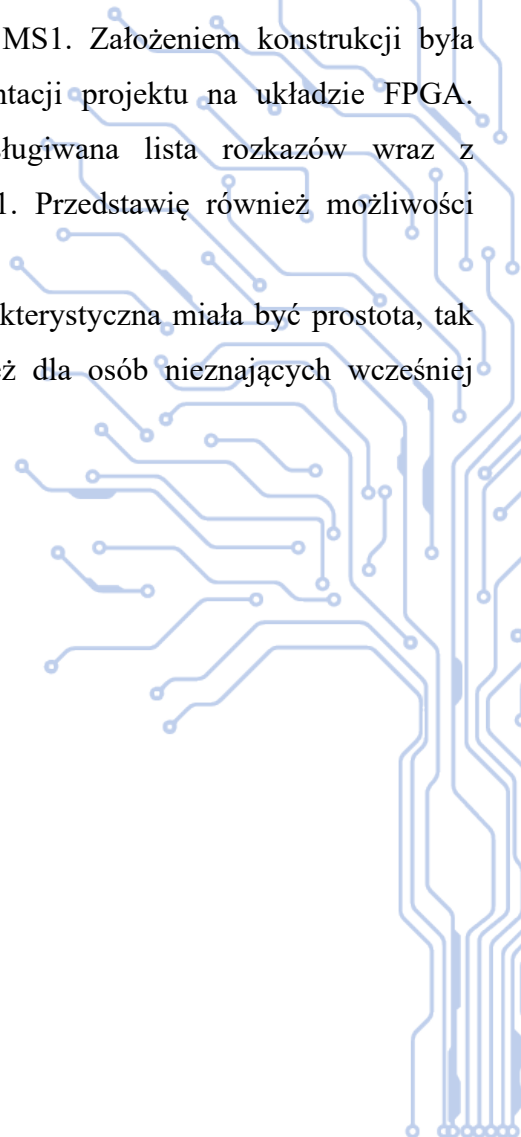
Zespół Szkół Mechanicznych, Elektrycznych i Elektronicznych (absolwent),
ul. św. Józefa 26 87-100 Toruń
e-mail: rafal.barto2808@gmail.com

IMPLEMENTACJA SOFT-PROCESORA MS1 NA UKŁADZIE FPGA

Mózgiem większości dzisiejszych urządzeń elektronicznych są różnego rodzaju procesory i mikrokontrolery. Dzięki swojej wszechstronności i niskiej cenie są one chętnie wykorzystywane przez projektantów elektroniki, zastępując tym samym stosowane wcześniej układy logiczne i specjalizowane. Wraz z rozwojem technologii możliwości jednostek centralnych stają się coraz większe wraz ze wzrostem poziomu ich skomplikowania.

W ramach prezentacji omówiony zostanie projekt soft-procesora MS1. Założeniem konstrukcji była przede wszystkim prostota wraz z możliwością fizycznej implementacji projektu na układzie FPGA. Dokładnie przedstawiona zostanie budowa, architektura oraz obsługiwana lista rozkazów wraz z omówieniem kodu VHDL, w którym opisane zostało działanie MS1. Przedstawię również możliwości procesora na bazie przykładowego programu.

Celem projektu było stworzenie soft-procesora, którego cechą charakterystyczną miała być prostota, tak aby jego zasada działania i funkcjonowanie zrozumiałe było również dla osób nieznających wcześniej technologii układów programowalnych.



Jakub PENDOWSKI*, Krzysztof SIECZKOWSKI**

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: jakub.pendowski@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: krzysztof.sieczkowski@wat.edu.pl

BADANIE RDZENIA RISC-V W MIKROKONTROLERZE RASPBERRY PI PICO 2

W artykule przedstawiono wyniki badań wydajności mikrokontrolera Raspberry Pi Pico 2. Uwagę badań skupiono na rdzeniu RISC-V, gdyż jest on jedną z większych nowości w porównaniu do poprzedniego modelu mikrokontrolera. Dodatkowo, przeprowadzone badania rynku sugerują, że w najbliższych latach ten typ rdzenia będzie coraz częściej implementowany w rozwiązaniach komercyjnych.

Płytką ewaluacyjną Raspberry Pi Pico 2 została wyposażona w nowoczesny układ RP2350, który na tle konkurencji wyróżnia się hybrydową architekturą – zastosowano w nim zarówno rdzenie ARM, jak i RISC-V. Takie rozwiązanie zapewnia wsteczną kompatybilność z poprzednią wersją układu, a jednocześnie otwiera możliwości lepszego dostosowania oprogramowania do specyficznych wymagań systemu.

W ramach przeprowadzonych badań zaprojektowano system, który realizuje filtrację wybranego sygnału. Dane testowe oraz współczynniki filtru opracowano w oprogramowaniu MATLAB. Przygotowany system testujący realizuje filtrację cyfrową sygnału, mierzy czas wykonania tej operacji, a następnie przesyła wyniki do komputera PC za pomocą interfejsu UART, celem ewentualnego dalszego ich przetwarzania.

W artykule zaprezentowano uzyskane wyniki badań testowych. Dokonano również porównania otrzymanych wyników z oprogramowaniem MATLAB w celu weryfikacji poprawności działania systemu bazującego na układzie RP2350.

Grzegorz FASZCZA*

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Instytut Optoelektroniki
ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: u58998@student.wat.edu.pl

CZUJNIK TERMOWIZYJNY DO GEOLOKALIZACJI OBIEKTÓW

Korzystając z czujnika termowizyjnego oraz danych geolokalizacyjnych, takich jak pozycja geograficzna, kierunek kamery oraz kąty nachylenia czujnika, możemy przeprowadzić geolokalizację obiektu, a następnie przesłać te informacje bezprzewodowo. Czujnik może być wykorzystany jako niskokosztowy system detekcji nieuprawnionego dostępu lub zabezpieczenia przejść takich jak tunele, małe drogi, ścieżki czy budynki bez stałych zabezpieczeń.

Aby przeprowadzić geolokalizację obiektu, najpierw dokonujemy detekcji używając do tego kamery termowizyjnej. Na pobranym obrazie dokonujemy analizy kontrastu, wyliczając średnią wartość temperatury, a następnie znajdujemy, które piksele mają temperaturę znacznie wyższą od średniej. Na tej podstawie możemy określić gdzie w polu widzenia kamery znajduje się obiekt.

Po pomyślnej detekcji obiektu pobieramy wszystkie dane z czujników; lokalizację geograficzną przy użyciu systemu GNSS/GPS, kierunek przy użyciu magnetometru oraz kąty nachylenia przy użyciu akcelerometru. Następnie używając np. Wi-Fi, dane przesyłamy do programu na komputerze.

Program oblicza linię prostą, na której znajduje się obiekt, a następnie może ją przedstawić w postaci graficznej, jako mapę z naniesioną obliczoną linią.

W przypadku pojedynczego czujnika otrzymujemy linię potencjalnych pozycji, jednak istnieje możliwość stworzenia sieci takich czujników w celu znalezienia dokładnej pozycji geograficznej obiektu. Taki system umożliwia pozycjonowanie obiektu i nadzoru stref bez stałych zabezpieczeń niskim kosztem.

Klaudia MAJCHROWICZ*

*Wojskowa Akademia Techniczna,
Instytut Optoelektroniki
ul. Warszawska 250/103/31, 05-300 Mińsk Mazowiecki
e-mail: klaudia.majchrowicz@student.wat.edu.pl

WIELOCZUJNIKOWA METODA DETEKCJI OBECNOŚCI CZŁOWIEKA

Wieloczujnikowa metoda detekcji obecności człowieka dotyczy zaprojektowania i stworzenia systemu opartego na różnorodnych czujnikach. Detekcja obecności to istotne zagadnienie, które znajduje szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach, takich jak systemy bezpieczeństwa, automatyka domowa czy medycyna. Opracowany system stanowi innowacyjne podejście do problemu detekcji. Integracja wielu czujników pozwala na wzajemne uzupełnianie się ich funkcji oraz ograniczanie wpływu potencjalnych wad pojedynczych elementów.

Projekt obejmował zaprojektowanie i wykonanie płytki drukowanej z mikroprocesorem ESP32-S3-PICO, integrację czujników oraz opracowanie aplikacji do wizualizacji danych. Zostało stworzone oprogramowanie umożliwiające współpracę czujników z mikroprocesorem oraz algorytmy detekcji analizujące dane w czasie rzeczywistym. Opracowana aplikacja centralna z graficznym interfejsem użytkownika umożliwia monitorowanie danych z czujników, a zastosowanie protokołu MQTT zapewnia płynną wymianę informacji i możliwość integracji z innymi systemami.

W systemie zastosowano cztery rodzaje czujników: PIR, mikrofalowy 24 GHz, ultradźwiękowy i kamerę termowizyjną. Dane z czujników analizowane są przez algorytm obliczający średnią ważoną na podstawie wykrycia. System przetestowano w trzech scenariuszach różniących się rozmieszczeniem urządzeń. W dwóch scenariuszach użyto dwóch urządzeń, a w jednym – jednego.

Zastosowanie wielu uzupełniających się czujników oraz algorytmu pozwoliło uzyskać stabilne i powtarzalne wyniki. Opracowane rozwiązanie cechuje się wysoką niezawodnością oraz możliwością dopasowania do panujących warunków.

SESJA E

TECHNOLOGIE ENERGETYCZNE

SECON²⁰²⁵
TWOJA PIERWSZA KONFERENCJA
TWÓJ POCZĄTEK W ŚWIECIE NAUKI

Marietta MURAWSKA*, Marek SUPRONIUK**

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektrotechniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: marietta.murawska@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektrotechniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: marek.suproniuk@wat.edu.pl

MODELOWANIE WYBRANYCH STANÓW PRACY TRANSFORMATORA

Streszczenie powstało w oparciu o pracę dyplomową zrealizowaną przez studentkę Wojskowej Akademii Technicznej. Praca zawiera zagadnienie modelowania wybranych stanów pracy transformatora z wykorzystaniem graficznego interfejsu użytkownika.

W ramach pracy wykonano skrypty w programie MATLAB/Simulink do symulacji transformatora jednofazowego w stanie jałowym, w stanie zwarcia i w stanie obciążenia.

Praca skupia się na tym, jak modelowanie stanów pracy transformatora może zapewnić wgląd w wydajność, umożliwiając optymalizacje i ulepszenie urządzenia. Dodatkowo podkreśla znaczenie doboru odpowiednich parametrów do symulacji, aby uzyskać dokładne i wiarygodne wyniki.

Do ustawienia parametrów i generowania charakterystyk transformatora stworzono graficzny interfejs użytkownika (GUI), ułatwiający użytkownikowi interakcję z modelem. Dodatkowo poruszono kilka kluczowych kwestii, w tym znaczenie parametrów rdzenia i indukcyjności magnetycznej w stanie jałowym oraz parametry rezystancji i indukcyjności w stanie zwarcia transformatora. Praca podkreśla, jak ważny jest dobór tych parametrów, zwracając uwagę na to że nieprawidłowe ich dobranie prowadzi do niedokładnych wyników.

Otrzymane wyniki pokazują, że modelowanie w programie MATLAB/Simulink dokładnie odzwierciedla funkcjonowanie transformatora jednofazowego w różnych warunkach jego pracy. Wykonane w ramach pracy modele symulacyjne mogą posłużyć jako wstępne przygotowanie do zajęć laboratoryjnych.

Lidia KALINOWSKA, Zbigniew WATRAL

Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2; 00-908 Warszawa
e-mail: lidia.kalinowska@student.wat.edu.pl

Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2; 00-908 Warszawa
e-mail: zbigniew.watral@wat.edu.pl

PROJEKT UKŁADU ZASILANIA HYBRYDOWEGO

W obliczu rosnącego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz wizję kończących się zasobów energetycznych coraz większą uwagę poświęcamy rozwojowi zielonej energii i ekologicznym rozwiązaniom. Na przestrzeni ostatnich lat prężnie rozwija się technologia związana z odnawialnymi źródłami, a ich stosowanie zyskuje coraz to większą aprobatę społeczeństwa. Jednym z ekologicznych podjęć rozwoju energetyki są hybrydowe układy zasilania. Ich rozwój zyskuje na wadzę, ponieważ widoczne jest, że praca samodzielnych źródeł energii odnawialnej charakteryzuje się zróżnicowaniem w zależności od warunków atmosferycznych czy położenia geograficznego. Układy hybrydowe łączą różne źródła energii, odnawialne i konwencjonalne, zwiększając swoją efektywność i niezawodność.

Ukierunkowanie na rozwój układów hybrydowych przy uwzględnieniu niewielkich mocy jednostek wytwórczych i prostoty użytkowania to myśl jaką kierowano się podczas projektu. Skoncentrowano się na projekcie układu zasilania hybrydowego, który znalazłby swoje zastosowanie przy braku dostępu do sieci elektroenergetycznej przez większość czasu. Zaproponowany układ integruje panele fotowoltaiczne z ogniwnem paliwowym i magazynem energii w taki sposób, że poszczególne elementy współpracują ze sobą. Uwzględniono w sposób teoretyczny zużycie mocy oraz sposób zadziałania w różnych scenariuszach pracy układu.

Praca podkreśla, że dokładna analiza warunków już na etapie projektowania przekłada się na efektywność i trwałość. Projekt ma na celu zapewnienie energii elektrycznej w każdym miejscu jednak mając na uwadze kryzys ekologiczny i możliwy brak surowców energetycznych w przyszłości. Potwierdza, że takie rozwiązanie może być skuteczne i jest podstawą do tego by sądzić, że należy inwestować w rozwój takich układów. Prezentowane rozwiązanie to spojrzenie w przyszłość z nadzieją, że łączenie źródeł energii odnawialnej stanie się powszechne.

Bartosz BŁYSKUN*, Stanisław KONATOWSKI**

Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki, Instytut Radioelektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2

* e-mail: bartosz.blyskun@student.wat.edu.pl

**e-mail: stanislaw.konatowski@wat.edu.pl

PROJEKT STEROWANIA SYSTEMEM GRZEW CZYM Z WYKORZYSTANIEM POMPY CIEPŁA

Rosnące zapotrzebowanie na zrównoważone i energooszczędne technologie grzewcze, a także globalne dążenia do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, sprawiają, że coraz większe znaczenie zyskują rozwiązania oparte na odnawialnych źródłach energii. Jednym z najbardziej obiecujących urządzeń w tym obszarze są pompy ciepła, umożliwiające efektywne pozyskiwanie energii z otoczenia – gruntu, powietrza lub wód gruntowych – i wykorzystywanie jej do ogrzewania budynków.

W odpowiedzi na te potrzeby zaprojektowano system sterowania ogrzewaniem oparty na pompie ciepła. Opracowany model, stworzony w środowisku MATLAB Simulink, obejmuje elementy takie jak: model pomieszczenia, termostat z regulacją PID oraz blok symulujący pompę ciepła, uwzględniający parametry efektywności energetycznej (COP). System umożliwia dynamiczne dostosowanie ilości dostarczanego ciepła do aktualnych warunków wewnętrznych i zewnętrznych.

W artykule przeanalizowano również różne typy pomp ciepła oraz ich współpracę z odbiornikami ciepła, takimi jak ogrzewanie podłogowe i grzejniki. Omówiono strukturę oraz zasadę działania systemów zasilania, magazynowania i dystrybucji ciepła, a także rolę automatyki i czujników w poprawie ogólnej efektywności układu.

Przeprowadzone badania symulacyjne wykazały, że zastosowanie inteligentnego sterowania pozwala znacząco ograniczyć zużycie energii, poprawić stabilność temperaturową i obniżyć koszty eksploatacyjne. Projekt stanowi przykład praktycznego połączenia technologii odnawialnych z nowoczesnymi narzędziami inżynierii systemów, wpisując się w aktualne trendy rozwoju energooszczędnych instalacji budynkowych.

PROJEKT STEROWANIA TRÓJFAZOWYM SYSTEMEM FOTOWOLTAICZNYM POŁĄCZONYM Z SIECIĄ

Dynamiczny rozwój fotowoltaiki oraz rosnące znaczenie odnawialnych źródeł energii wymusiły potrzebę optymalizacji pracy systemów PV poprzez zaawansowane algorytmy sterowania. W artykule przedstawiono projekt układu sterowania trójfazowym systemem fotowoltaicznym podłączonym do sieci elektroenergetycznej, uwzględniając zarówno algorytm MPPT, jak i sterowanie falownikiem.

W części dotyczącej MPPT opisano działanie algorytmu perturbacji i obserwacji (P&O), który umożliwia dynamiczne śledzenie punktu maksymalnej mocy. Przekształtnik Boost sterowany sygnałem PWM odpowiada za podwyższenie napięcia generowanego przez panele PV. Praca przekształtnika i dobór jego parametrów zostały szczegółowo przeanalizowane, zwracając uwagę na ograniczenie tętnień i stabilizację napięcia wejściowego falownika.

Kolejny element to układ sterowania falownikiem, który przekształca energię na prąd przemienny zsynchronizowany z siecią. System wykorzystuje transformacje Clarke'a i Parka oraz pętlę PLL do synchronizacji i minimalizacji mocy biernej. Falownik współpracuje z filtrem LCL, który skutecznie eliminuje harmoniczne i poprawia jakość energii przesyłanej do sieci.

W badaniach symulacyjnych przeprowadzonych w środowisku MATLAB/Simulink oceniono wpływ zmiennych parametrów wejściowych – promieniowania i temperatury – na efektywność układu. Potwierdzono skuteczność algorytmu MPPT oraz stabilną pracę przekształtnika Boost i falownika. Uzyskano szybkie śledzenie MPP i wysoką sprawność energetyczną systemu (88–93%).

Wnioski z analizy potwierdzają, że zaprojektowany układ sterowania umożliwia efektywną konwersję energii i stabilną współpracę z siecią trójfazową. Rozwiązanie to może być z powodzeniem stosowane w nowoczesnych systemach PV on-grid.

Aleksandra SZCZYBELSKA* Włodzimierz PRZYBOROWSKI**

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: aleksandra.szczybelska@student.wat.edu.pl

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: wlodzimierz.przyborowski@wat.edu.pl

WYZNACZENIE PODSTAWOWYCH CHARAKTERYSTYK I PARAMETRÓW OBWODOWYCH PRĄDNICY SYNCHRONICZNEJ

Celem pracy inżynierskiej było wyznaczenie parametrów obwodowych oraz podstawowych charakterystyk prądnicy synchronicznej na drodze eksperymentalnej. Prądnice tego typu pełnią kluczową rolę w systemach elektroenergetycznych, dlatego szczegółowa znajomość ich właściwości elektrycznych ma istotne znaczenie dla ich eksploatacji i modelowania.

W pierwszej części pracy przedstawiono budowę i zasadę działania prądnicy synchronicznej oraz jej matematyczny model pracy z wykorzystaniem układu współrzędnych d-q. Omówiono podstawowe parametry, takie jak rezystancje i reaktancje (podłużna X_d , poprzeczna X_q , dla składowych przeciwnych X_2 i zerowych X_0), które wpływają na zachowanie maszyny w różnych stanach pracy.

W dalszej części opisano metody eksperymentalne wyznaczania tych parametrów. Przeprowadzono pomiary rezystancji uzwojeń twornika i wzbudzenia, impedancji metodą techniczną oraz zastosowano metodę małego poślizgu do określenia reaktancji synchronicznych. Wyniki pomiarów posłużyły do obliczeń indukcyjności i analizy stanów pracy maszyny.

Odrębny rozdział poświęcono wyznaczaniu charakterystyk: stanu jałowego, zwarcia (symetrycznego i niesymetrycznego), zewnętrznej i regulacyjnej. Otrzymane wyniki przedstawiono w postaci wykresów i tabel, a ich analiza potwierdziła zgodność z teorią maszyn elektrycznych.

Uzyskane dane pozwalają na dokładne scharakteryzowanie badanej prądnicy oraz jej wykorzystanie w modelach matematycznych i symulacjach. Zaproponowana metodyka pomiarowa może być użyteczna w diagnostyce i projektowaniu układów elektroenergetycznych z wykorzystaniem maszyn synchronicznych.

Kaja OŻÓG, Andrzej MICHALSKI

Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: kaja.ozog@student.wat.edu.pl
Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: andrzej.michalski@wat.edu.pl

WSPÓŁCZESNE METODY POMIARU MOMENTÓW OBROTOWYCH WYSTĘPUJĄCYCH NA WAŁACH W TURBINACH ENERGETYCZNYCH

Turbiny wiatrowe wykorzystywane do wytwarzania energii elektrycznej stały się maszynami powszechnie dostępnymi w ciągu ostatnich lat. Podczas pracy wału połączonego z piastą wirnika w gondoli turbiny wiatrowej występują siły powodujące kumulacje uszkodzeń zmęczeniowych, czyli naprężeń, przy których element może ulec zniszczeniu.

W pracy skupiono się na obciążeniach użytkowych podczas pracy turbiny wiatrowej: momencie skręcającym, prędkości kątowej i mocy obrotowej występujących na wale napędowym. Przeanalizowano problematykę pomiaru momentów obrotowych w wirujących wałach, krytycznie przejrano stosowane metody pomiarowe a następnie, stworzono układ pomiarowy.

Do pomiaru danych wielkości wykorzystano tensometry rezystancyjne, podłączone do wału wolnoobrotowego turbiny wiatrowej. Dla danego wału dobrano odpowiedni rodzaj tensometrów, które następnie zostaną podłączone w mostek Wheatstone'a tak, by odczytywać zmianę rezystancji pod wpływem odkształceń mechanicznych oraz by wyeliminować podstawowy błąd typowy dla sensorów rezystancyjnych czyli błąd temperaturowy.

Wybrano wał wolnoobrotowy w turbinie o mocy 2 MW. Dodatkowo wybrano kable i układ zasilania dla danych tensometrów, a następnie zaprezentowano sposób ich naklejenia na wał – pod kątem 180° od wiodącej wału.

Dzięki danym uzyskanym z tensometru, wyliczono moment skręcający, prędkość kątową i moc obrotową danego wału, udowadniając, Przy wykorzystaniu tensometrów jest możliwość sporządzenia danych potrzebnych do badania sił działających na wał turbiny wiatrowej, w czym możliwość szybkiego zareagowania w przypadku awarii komponentów.

Robert ROGALA*, Grzegorz CZOPIK**

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: robert.rogala@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: grzegorz.czopik@wat.edu.pl

WPLYW PARAMETRÓW SYGNAŁU PWM NA STEROWANIE SERWOMECHANIZMAMI I SILNIKAMI DC

Modulacja szerokości impulsu (PWM) jest najczęściej stosowaną metodą sterowania serwomechanizmami i silnikami prądu stałego, a jej skuteczność zależy od właściwego doboru szerokości impulsu i częstotliwości nośnej.

Do badań wykorzystano stanowisko z mikrokontrolerem ATmega32 generującym PWM 1 Hz–40 kHz; potencjometry regulowały współczynnik wypełnienia i częstotliwość, a proste czujniki mierzyły kąt serwomechanizmu i prędkość silnika.

Zbadano trzy modele serwomechanizmów oraz dziesięć dodatkowych egzemplarzy jednego z nich, podając impulsy o szerokości 0 – 4,9 ms, przy częstotliwościach 20 – 200 Hz. Oceniano dokładność ustawień, powtarzalność ruchu w kolejnych cyklach, stabilność pozycjonowania przy zmianie częstotliwości oraz subiektywną jakość pracy wyrażoną przez poziom drgań i hałas.

Przeprowadzono pomiar trzech modeli silników prądu stałego w zakresie częstotliwości 1 Hz–40 kHz przy wypełnieniu od 0 % do 100 %, wyznaczając minimalne wypełnienie potrzebne do rozruchu, zależność prędkości od wypełnienia oraz ocenianie stabilności pracy przy różnych częstotliwościach.

Uzyskane wyniki pokazują, że serwomechanizmy wymagają impulsów 1–2 ms przy częstotliwości około 50 Hz, natomiast silniki DC pracują najstabilniej przy PWM 5–20 kHz, co zapewnia płynną regulację i ogranicza zjawiska akustyczne.

SESJA F

BADANIA W OBSZARZE
TECHNOLOGII RADIOWYCH

SECON²⁰²⁵

TWOJA PIERWSZA KONFERENCJA
TWÓJ POCZĄTEK W ŚWIECIE NAUKI

MECHANIZMY TUNELOWANIA RUCHU SIECIOWEGO W SIECI 5G

Wraz z rozwojem technologii bezprzewodowych oraz rosnącą powszechnością zastosowań sieci 5G, wzrasta potrzeba wykorzystania nowoczesnych metod komunikacji do integracji rozproszonych systemów w sposób elastyczny, bezpieczny i niezależny od fizycznej struktury sieci. Szczególnym wyzwaniem pozostaje połączenie zamkniętych segmentów, które z uwagi na wymogi bezpieczeństwa nie mogą być rekonfigurowane, a mimo to muszą współpracować w ramach jednej, logicznej architektury. Konieczne staje się zatem zastosowanie rozwiązań umożliwiających transparentne połączenie takich systemów bez ingerencji w ich wewnętrzną strukturę i adresację.

W artykule przedstawiono innowacyjne podejście umożliwiające zestawianie połączeń sieciowych bez konieczności wykorzystywania klasycznej adresacji IP. Połączenia te realizowane są automatycznie, wyłącznie na podstawie identyfikatorów, co pozwala na bezpośrednie przenoszenie pełnych ramek warstwy drugiej pomiędzy oddalonymi lokalizacjami. Dzięki temu możliwe jest logiczne połączenie fizycznie rozdzielonych segmentów sieci w jedną, spójną strukturę komunikacyjną.

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem prywatnej sieci 5G, do której podłączono zamknięte segmenty sieci lokalnych. Analizie poddano parametry transmisji, takie jak opóźnienia, odporność na zmienne warunki sieciowe oraz zgodność z protokołami. Eksperymenty przeprowadzone na rzeczywistym sprzęcie wykazały, że rozwiązanie to umożliwia skuteczną integrację zamkniętych sieci bez potrzeby ich modyfikacji, zachowując pełną funkcjonalność oraz bezpieczeństwo komunikacji.

INTEGRACJA SIECI 5G Z HMS JAŚMIN JAKO SPOSÓB ZWIĘKSZENIA JEGO FUNKCJONALNOŚCI

Integracja mobilnego węzła łączności HMS Jaśmin z komponentami sieci 5G stanowi odpowiedź na rosnące potrzeby operacyjne Sił Zbrojnych RP w zakresie niezawodnej i elastycznej komunikacji. Celem artykułu jest przedstawienie koncepcji integracji sieci 5G z mobilnym węzłem łączności HMS Jaśmin jako metody zwiększenia jego funkcjonalności, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowania stacji bazowej 5G oraz modemów wspierających standard Wi-Fi 6.

W ramach badań przeanalizowano aktualną architekturę HMS Jaśmin i zaprojektowano środowisko testowe z wykorzystaniem infrastruktury 5G w trybie standalone. Przeprowadzono pomiary wydajności sieci w różnych wariantach transmisji z uwzględnieniem scenariuszy: pełnego łącza 5G, konfiguracji hybrydowej (5G + Wi-Fi 6), a także klasycznych połączeń przewodowych.

Przeprowadzone badania pozwoliły na praktyczną ocenę potencjału integracji komponentów sieci 5G z systemem HMS Jaśmin, wskazując zarówno na korzyści w zakresie zwiększenia przepustowości i elastyczności systemu, jak i na konieczność dostosowania wybranych elementów architektury w celu zapewnienia pełnej efektywności operacyjnej w środowiskach hybrydowych.

Wnioski potwierdzają, że zastosowanie komponentów sieci 5G w systemie HMS Jaśmin może zwiększyć jego elastyczność, skalowalność i interoperacyjność. Technologia 5G umożliwia rozwój nowoczesnych, hybrydowych architektur komunikacyjnych zgodnych z koncepcją wielodomenowego pola walki.

OPTIMALIZACJA POKRYCIA WĘZŁÓW NAZIEMNYCH W BEZPRZEWODOWYCH KRATOWYCH SIECIACH ŁĄCZNOŚCI

Celem artykułu jest zaproponowanie i ocena hybrydowego podejścia do optymalizacji i adaptacji rozmieszczenia bezzałogowych statków powietrznych (BSP) pełniących rolę ruchomych węzłów przekaźnikowych w bezprzewodowych, kratowych sieciach łączności z uwzględnieniem maksymalizacji pokrycia węzłów naziemnych (GN) przy jednoczesnej minimalizacji liczby aktywnych dronów. Problem jest istotny zwłaszcza w warunkach, gdzie brak stałej infrastruktury wymaga szybkiego i elastycznego rozmieszczenia zasobów komunikacyjnych, np. w akcjach ratunkowych lub na polu walki.

Proponowana metoda łączy trzy etapy: **Globalne wyszukiwanie (GA)**, **Doprecyzowanie (BO)** i **Adaptacja w czasie rzeczywistym (DRL)**.

Testy przeprowadzono dla 20 GN na obszarze 100×100 oraz maksymalnie 10 UAV. W scenariuszu priorytetu pokrycia uzyskano średnio 85 % pokrycia przy 4–5 dronach, przy czym DRL utrzymywał je powyżej 80 % mimo ruchu GN. Scenariusz minimalizacji liczby UAV (wysoka kara za drony) osiągnął ok. 60 % pokrycia przy 2–3 dronach, przy CBR $\sim 1,2$. Strategia zrównoważona dawała 75–80 % pokrycia przy 3–4 UAV, łącząc zalety obu podejść. Wyniki potwierdzają elastyczność metody i możliwość dostosowania do różnych potrzeb operacyjnych.

Hybrydowy algorytm GA–BO–DRL łączy mocne strony algorytmu genetycznego, bayesowskiej optymalizacji i adaptacyjnego uczenia, oferując wysoką skuteczność

początkową (GA + BO), realną adaptację do zmian środowiska (DRL) oraz konfigurowalność priorytetów (pokrycie vs. zasoby). Proponowane rozwiązanie jest obiecujące przede wszystkim dla scenariuszy kryzysowych, a przyszłe prace mogą rozszerzyć funkcję celu o przepustowość, opóźnienia czy zużycie energii oraz zweryfikować metodę w eksperymentach polowych.

Miłosz MARCINIAK*, Krzysztof MALON**

* Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: miłosz.marciniak@student.wat.edu.pl

** Wojskowa Akademia Techniczna,
Wydział Elektroniki
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
e-mail: krzysztof.malon@wat.edu.pl

FUZJA DANYCH NA POTRZEBY BUDOWANIA ŚWIADOMOŚCI SYTUACJI ELEKTROMAGNETYCZNEJ

Wysoka dynamika działań w obrębie spektrum elektromagnetycznego wymusza tworzenie nowoczesnych systemów, które zapewnią pewność informacji oraz jej precyzję. Fuzja danych stanowi rozwiązanie, które nie tylko zapewnia szybką i dokładną analizę, ale, co istotniejsze integruje informację z różnych źródeł w celu uzyskania pełniejszego obrazu sytuacji.

Podczas analizy posłużono się podstawowymi miarami reprezentującymi prawdopodobieństwo detekcji oraz prawdopodobieństwo fałszywego alarmu na poziomie pojedynczego sensora oraz rezultaty uzyskiwane po fuzji danych w centrum decyzyjnym.

Część badawczą obejmującą implementację algorytmów fuzji decyzji oraz ich ocenę w warunkach symulacyjnych, zrealizowano w oparciu o środowisko MATLAB. Testy przeprowadzono zgodnie z zaproponowanym scenariuszem badawczym uwzględniając cztery warianty, zróżnicowane pod względem liczby sensorów oraz poziomu odbieranego sygnału.

Na podstawie rezultatów badań dokonano porównania skuteczności metod pod kątem ich zdolności do wykrywania sygnału przy różnych poziomach fałszywych alarmów.

Prezentowana analiza uzasadnia potrzebę stosowania algorytmów, które pozwalają na zapewnienie pewniejszej informacji o zajętości zasobów radiowych. Praca dostarcza narzędzi analitycznych umożliwiających dostosowanie reguł fuzji do określonych wymagań operacyjnych a w szczególności tam, gdzie istotne jest minimalizowanie fałszywych alarmów przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej czułości detekcji.