

## OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

### I. Przedmiot zamówienia: Dostawa do siedziby Zamawiającego licencji oprogramowania:

#### 1. Część I -

- a) Matlab/Simulink + toolboxy licencja komercyjna – 1 kpl;
- b) Matlab/Simulink + toolboxy licencja akademicka sieciowa – 1 kpl;
- c) Matlab Parallel Server – 16 szt;
- d) ThingSpeak – 1 szt.

#### 2. Część II –

- a) Instrument Control Toolbox – 1 szt;
- b) Simulink Real-Time – 1 szt.

### II. Specyfikacja przedmiotu zamówienia - charakterystyka i cechy funkcjonalne oraz ilości przedmiotu zamówienia wymaganego przez Zamawiającego (wymagania minimalne):

#### CZĘŚĆ NR I:

Dostawa do siedziby Zamawiającego licencji oprogramowania:

- a) Matlab/Simulink + toolboxy licencja komercyjna – 1 kpl (pkt. 8, 14, 23, 24, 43, 44, 46, 48, 49);
- b) Matlab/Simulink + toolboxy licencja akademicka sieciowa – 1 kpl (wszystkie wymienione pkt.);
- c) Matlab Parallel Server – 16 szt;
- d) ThingSpeak – 1 szt.

#### 1. 5G Toolbox lub równoważne

- 1) Modele zgodne z normą 3GPP 5G NR (Release 15).
- 2) Symulacja na poziomie łącza z przykładami referencyjnymi, w tym symulacja przepustowości 5G NR PDSCH.
- 3) Generacja sygnałów uplink i downlink zgodnych z 5G.
- 4) Graficzna aplikacja do interaktywnej generacji modeli testowych 5G (NR-TM) oraz sygnałów FRC uplink i downlink wraz z uwzględnieniem zakłóceń w sygnale, takich jak AWGN, offset fazy, częstotliwości, składowej stałej, *IQ imbalance*, nieliniowości. Wizualizacja wyników na diagramach konstelacji, analizatorach widma, siatce OFDM i wykresach czasowych.

- 5) Symulacje na poziomie łącza, symulacje BLER z modelami kanału propagacji TR 38.901.
- 6) Charakteryzacja i symulacja linia modeli kanałów *tapped delay line* (TDL) i *cluster delay line* (CDL).
- 7) Pomiar przepustowości kanałów PDSCH i PUSCH.
- 8) Estymacja i equalizacja odebranych sygnałów 5G NR.
- 9) Ocena wydajności nadajników 5G NR oraz testowanie odbiorników w obecności interferencji.
- 10) Pomiary parametrów łącza – ACLR i EVM.
- 11) Funkcje przetwarzania sygnałów, w tym kodowanie kanałów (LDPC i kody biegunowe), dekodowanie MIB, estymacja kanału, synchronizacja i wyrównanie.
- 12) Symulacje na poziomie systemu strategii planowania w warstwie MAC w trybach FDD i TDD.
- 13) Pełny dostęp do jawnego kodu modułu z możliwością jego edycji.
- 14) Wsparcie generacji kodu C i C++.

## **2. Aerospace Blockset lub równoważne**

- 1) Modelowanie, symulacja i analiza działania statków powietrznych, w tym ich układów napędowych, systemów sterowania, siłowników, przy uwzględnieniu właściwości masowych.
- 2) Uwzględnienie dynamiki lotu, w tym modeli równań ruchu z trzema oraz sześcioma stopniami swobody o stałej lub zmiennej masie.
- 3) Wizualizacja parametrów lotu z użyciem standardowych przyrządów pokładowych.
- 4) Możliwość wizualizacji maszyny w trakcie lotu z uwzględnieniem zjawisk dynamicznych dzięki interfejsowi z symulatorem lotu FlightGear.
- 5) Dostęp do standardowych modeli zachowania pilotów, a także modeli środowiska, uwzględniających warunki atmosfery, grawitacji, wiatru i pola magnetycznego.
- 6) Import współczynników aerodynamicznych z kompendium danych cyfrowych US Air Force (DATCOM).
- 7) Predefiniowane narzędzia do konwersji jednostek, przekształcenia układów współrzędnych i reprezentacji przestrzennych oraz do wyznaczania parametrów lotu.

## **3. Aerospace Toolbox lub równoważne**

- 1) Analiza ruchu statków powietrznych za pomocą dedykowanych funkcji i narzędzi.

- 2) Wizualizacja parametrów lotu z użyciem standardowych przyrządów pokładowych.
- 3) Dostęp do standardowych modeli środowiska, uwzględniających warunki atmosfery, grawitacji, wiatru i pola magnetycznego.
- 4) Predefiniowane narzędzia do konwersji jednostek, przekształcenia układów współrzędnych i reprezentacji przestrzennych oraz do wyznaczania parametrów lotu.
- 5) Możliwość wizualizacji maszyny w trakcie lotu z uwzględnieniem znajwisk dynamicznych dzięki interfejsowi z symulatorem lotu FlightGear.
- 6) Import współczynników aerodynamicznych z kompendium danych cyfrowych US Air Force (DATCOM).

#### **4. Antenna Toolbox lub równoważne**

- 1) Projektowanie, analiza i wizualizacja anten z użyciem predefiniowanych lub niestandardowych elementów.
- 2) Projektowanie liniowych, prostokątnych, konforemnych i niestandardowych szyków antenowych.
- 3) Analiza dużych szyków z wykorzystaniem modelu szyków nieskończonych lub podejścia wykorzystującego wbudowane wzorce elementów.
- 4) Specyfikacja nieskończonej płaszczyzny uziemienia do analizy anten montowanych na bardzo dużych strukturach.
- 5) Wykorzystanie metody momentów do analizy właściwości portów anten i szyków antenowych, takich jak impedancja, straty odbiciowe czy parametry rozpraszania.
- 6) Analiza pola promieniowania wzorca, pola elektromagnetycznego oraz szerokości wiązki anten i szyków antenowych dla niestandardowych danych.
- 7) Analiza powierzchniowa anten i szyków antenowych: rozptyłu prądu, rozkładu ładunku oraz siatki powierzchni.
- 8) Możliwość generacji plików Gerbera z zaprojektowanych rozwiązań, do celów projektowania anten PCB.
- 9) Wizualizacja pokrycia anteny na powierzchniowych mapach terenu 3D w oparciu o różne modele propagacji.

#### **5. Audio Toolbox lub równoważne**

- 1) Projektowanie i testowanie systemów przetwarzania audio.
- 2) Algorytmy przetwarzania audio (filtrowanie, procesory dynamiczne, efekty audio), źródła sygnału (oscylatory audio, synteza tablicowa), pomiary akustyczne

(estymacja odpowiedzi impulsowej, filtry oktafowe, filtry korekcyjne ważone krzywymi A i C).

- 3) Algorytmy do ekstrakcji cech z sygnałów mowy (m.in. melowe współczynniki cepstralne MFCC).
- 4) Interfejsy dla sterowników audio o niskich latencjach do obsługi kart dźwiękowych.
- 5) Interaktywne aplikacje graficzne do testowania i strojenia wtyczek audio, pomiarów odpowiedzi impulsowej oraz do etykietowania sygnałów audio.
- 6) Interfejsy do kontrolerów MIDI.
- 7) Funkcje do przetwarzania dźwięku przestrzennego.
- 8) Generacja wtyczek VST i AU dla środowisk DAW (*Digital Audio Workstations*).
- 9) Wsparcie dla generacji kodu C i C++.

## **6. Communications Toolbox lub równoważne**

- 1) Algorytmy służące do projektowania warstwy fizycznej systemów komunikacyjnych (w tym kodowanie źródłowe i kanałowe, przeplot, modulacja, modele kanałów, MIMO, wyrównanie, synchronizacja).
- 2) Narzędzia do analizy i wizualizacji parametrów kanału i sygnału, takie jak parametr BER, EVM, diagramy oka i diagramy konstelacji.
- 3) Narzędzia do generacji różnego typu sygnałów –dostosowanych przez użytkownika lub zgodnych z określonymi standardami (włącznie z modulacjami OFDM, QAM i PSK).
- 4) Modele kanałów, w tym AWGN, Multipath Rayleigh Fading, Rician Fading, WINNER II, MIMO Multipath Fading oraz LTE MIMO Multipath Fading.
- 5) Podstawowe modele zniekształcenia sygnału RF, w tym nieliniowości, zakłócenia fazy, szum termiczny, a także algorytmy kompensacji zniekształceń.
- 6) Możliwość wykorzystania GPU do algorytmów wymagających dużych nakładów obliczeniowych, takich jak Turbo, LDPC czy dekodery Viterbiego.
- 7) Wsparcie dla stałoprzecinkowego modelowania oraz generacji kodu C/C++ i HDL.
- 8) Wraz z instrumentami RF lub pakietami wsparcia sprzętowego dla danych platform – możliwość podłączenia modeli systemów do urządzeń radiowych i weryfikacja projektów poprzez generację i rejestrację rzeczywistych sygnałów.
- 9) Możliwość projektowania i testowania systemów komunikacji Bluetooth.
- 10) Możliwość kosymulacji warstw PHY i MAC.

## 7. Computer Vision Toolbox lub równoważne

- 1) Funkcje i aplikacje do projektowania oraz testowania algorytmów analizy i rozpoznawania obrazów, obrazów przestrzennych 3D oraz systemów przetwarzania wideo.
- 2) Algorytmy wykrywania obiektów, w tym algorytmy Viola-Jones, ACF i inne.
- 3) Śledzenie obiektów przy wykorzystaniu m.in. algorytmu Kanade-Lucas-Tomasi (KLT) i filtru Kalmana.
- 4) Funkcje wykrywania, ekstrakcji cech oraz dopasowania obrazów, w tym detektory: FAST, BRISK, MSER i HOG.
- 5) Kalibracja pojedynczej lub kilku kamer, w tym automatyczne wykrywanie wzorca szachownicy i aplikacje do automatyzacji pracy.
- 6) Stereowizja, w tym obliczenia dysparycji, rekonstrukcja 3D i rektyfikacja.
- 7) Wsparcie generacji kodu C, wraz z arytmetyką stałoprzecinkową, a także generacji kodu CUDA.
- 8) Rozpoznawanie tekstu.
- 9) Przetwarzanie wideo, adnotacje obiektów, wyświetlanie wideo, nakładki graficzne i tworzenie kompozycji.
- 10) Rozpoznawanie obrazów oraz wykrywanie obiektów na obrazach z wykorzystaniem głębokich sieci neuronowych (*deep learning*), m.in. konwolucyjne sieci neuronowe, sieci R-CNN (wymagany moduł Deep Learning Toolbox).
- 11) Interfejs do biblioteki OpenCV.
- 12) Przetwarzanie i analiza danych w postaci chmury punktów oraz danych z lidar 3D.

## 8. Control System Toolbox lub równoważne

- 1) Reprezentacja systemów liniowych za pomocą transmitancji, równań stanu, postaci biegunowej (*zero-pole-gain*) oraz odpowiedzi częstotliwościowej.
- 2) Odpowiedź skokowa, charakterystyka Nyquista, a także inne narzędzia do badania stabilności i wydajności w dziedzinie czasu i częstotliwości.
- 3) Metoda Root Locus, charakterystyka Bodego, LQR, LQG, a także inne techniki projektowania systemów: klasyczne oraz wykorzystujące równania stanu.
- 4) Automatyczne strojenie regulatorów PID oraz harmonogramowanie wzmocnienia.
- 5) Konwersja reprezentacji modeli, dyskretyzacja modeli czasu ciągłego, aproksymacja niskiego rzędu dla systemów wysokiego rzędu.
- 6) Algorytmy estymacji stanu (filtracja Kalmana) oraz narzędzia do projektowania regulatorów LQR/LQG.

## **9. Curve Fitting Toolbox lub równoważne**

- 1) Interaktywny interfejs graficzny użytkownika, unifikujący podstawowe zadania dopasowywania krzywych.
- 2) Liniowe i nieliniowe równania regresji z możliwością użycia równań niestandardowych.
- 3) Biblioteka modeli regresji ze zoptymalizowanymi punktami startowymi i parametrami solvera.
- 4) Dopasowywanie nieparametryczne, za pomocą interpolacji i funkcji sklejanych, średnich ruchomych.
- 5) Procedury wstępnego przetwarzania danych: skalowanie danych, podział na podgrupy, wygładzanie, usuwanie błędnych punktów.
- 6) Procedury po przetworzeniu: interpolacja, ekstrapolacja, przedziały ufności, całki i pochodne.

## **10. Data Acquisition Toolbox lub równoważne**

- 1) Obsługa przemysłowego sprzętu pomiarowego.
- 2) Obsługa analogowych wejść i wyjść, liczników, timerów oraz cyfrowych wejść i wyjść.
- 3) Bezpośredni dostęp do parametrów sprzętowych urządzeń pomiarowych, takich jak pomiar jedno- i wielokanałowy, pojedynczy pomiar punktowy i pomiary buforowane.
- 4) Dostęp do bieżących danych pomiarowych bezpośrednio w MATLABie.
- 5) Automatyczne uruchamianie procedur poprzez zdarzenia sprzętowe i programowe.
- 6) Możliwość tworzenia własnych interfejsów dla nieobsługiwanej aparatury.
- 7) Aplikacje graficzne do konfiguracji ustawień akwizycji i generacji danych.

## **11. Database Toolbox lub równoważne**

- 1) Możliwość interaktywnej pracy na bazach danych bez znajomości języka SQL z wykorzystaniem aplikacji Database Explorer.
- 2) Połączenia z bazami danych poprzez interfejs JDBC.
- 3) Połączenia z bazami danych poprzez interfejs ODBC wraz z opcją szybkiego dostępu przez natywny sterownik ODBC.
- 4) Funkcje pozwalające na wykonywanie skomplikowanych zapytań do baz danych z wykorzystaniem plików i poleceń SQL.
- 5) Import z oraz eksport do wielu baz danych w czasie jednej sesji.
- 6) Pobieranie dużych bloków danych w jednej transakcji lub w wielu transakcjach z automatycznym podziałem danych na mniejsze części.

- 7) Wsparcie dla nierelacyjnych baz danych, takich jak Cassandra, MongoDB i Neo4j.

## 12. Deep Learning Toolbox lub równoważne

- 1) Płytkie sieci neuronowe (ang. *shallow networks*):
  - a) sieci nadzorowane (uczenie z nauczycielem), w tym wielowarstwowe, z funkcjami o symetrii kołowej (radialne), LVQ, z opóźnieniem czasowym, NARX, LRN.
  - b) Sieci bez nadzoru, w tym mapy samoorganizujące i warstwy neuronów współzawodniczących.
- 2) Uczenie głębokie, w tym konwolucyjne sieci neuronowe (CNN), sieci DAG oraz LSTM, autoenkodery i sieci o architekturze typu GAN.
- 3) Graficzny interfejs użytkownika do tworzenia, uczenia i symulowania sieci neuronowych.
- 4) Wsparcie dla obliczeń równoległych oraz z wykorzystaniem GPU w celu przyspieszenia uczenia się (z wykorzystaniem modułu Parallel Computing Toolbox).
- 5) Zwiększanie efektywności uczenia się dzięki funkcjom przetwarzającym dane przed i po uczeniu sieci.
- 6) Modułarna reprezentacja sieci, pozwalająca na zadawanie dowolnej liczby warstw wejściowych i dowolnej liczby połączeń między warstwami.
- 7) Zbiór bloków Simulinka do budowania i oceny płytkich sieci neuronowych wraz z dokumentacją i demonstracyjnymi aplikacjami systemów sterowania.
- 8) Importowanie gotowych, wytrenowanych modeli sieci głębokich (AlexNet, VGG-16, VGG-19, Caffe Model Zoo).

## 13. DSP System Toolbox lub równoważne

- 1) Algorytmy przetwarzania sygnałów dostępne jako funkcje w MATLABie i bloki w Simulinku, zoptymalizowane do pracy na strumieniowanych danych.
- 2) Symulacja systemów DSP strumieniowanych, bazujących na ramkach i wielodomenowych.
- 3) Wbudowane metody do projektowania filtrów, w tym zaawansowanych filtrów wielostopniowych, filtrów typu *multirate* i filtrów adaptacyjnych.
- 4) Szybka transformata Fouriera, estymacja widmowa, wykorzystanie okien, statystyki sygnałów i algebra liniowa.
- 5) Graficzne analizatory widma sygnałów oraz dynamiczne wykresy sygnałów w domenie czasu.

- 6) Algorytmy wspierające zmiennoprzecinkowe, stałoprzecinkowe i całkowite typy danych.
- 7) Wsparcie dla modelowania stałoprzecinkowego oraz generacji kodu C/C++ i HDL.

#### **14. Embedded Coder lub równoważne**

- 1) Generacja czytelnego i kompaktowego kodu ANSI/ISO C/C++ optymalnego do zastosowań w urządzeniach wbudowanych na podstawie schematu blokowego algorytmu.
- 2) Możliwość optymalizacji generowanego kodu pod względem wydajności wykonywania lub ustawień dotyczących wybranej platformy docelowej.
- 3) Wsparcie dla standardów AUTOSAR, MISRA C i ASAP.
- 4) Tworzenie dokumentacji generowanego kodu wraz z *traceability* oraz integracja z narzędziami do weryfikacji zgodności z normami DO-178, IEC 61508 i ISO26262.
- 5) Wsparcie dla typów danych zmiennoprzecinkowych oraz stałoprzecinkowych.
- 6) Umożliwienie przeprowadzania testów typu software-in-the-loop (SIL) oraz processor-in-the-loop (PIL).
- 7) Możliwość generacji kodu działającego w trybie jedno- i wielowątkowym lub asynchronicznym.
- 8) Możliwość ręcznego edytowania wygenerowanego kodu i integracji w zewnętrznych środowiskach programistycznych.

#### **15. Fixed-Point Designer lub równoważne**

- 1) Tworzenie algorytmów stałoprzecinkowych i konwersja istniejących algorytmów zmiennoprzecinkowych na stałoprzecinkowe.
- 2) Optymalizacja algorytmów w zależności od wymaganej dokładności numerycznej i ograniczeń docelowej platformy sprzętowej.
- 3) Przyspieszone symulacje 'Bit-true' algorytmów stałoprzecinkowych.
- 4) Testowanie i debuggowanie efektów kwantyzacji, takich jak przepełnienie bądź utrata precyzji.
- 5) Automatyczna konwersja z typu zmiennoprzecinkowego na stałoprzecinkowy bądź zmiennoprzecinkowy o zredukowanej precyzji, w oparciu o analizę zakresu danych.
- 6) Możliwość porównania wyników stało- i zmiennoprzecinkowych.
- 7) Biblioteka w Simulinku bloków do efektywnych operacji matematycznych i macierzowych stałoprzecinkowych.
- 8) Narzędzia do optymalizacji tabel wyszukiwań (*Lookup tables*).
- 9) Wsparcie dla generacji kodu C i HDL.



## **16. Fuzzy Logic Toolbox lub równoważne**

- 1) Interfejs graficzny do projektowania systemów decyzyjnych opartych na logice rozmytej, możliwość graficznej edycji zmiennych wejściowych i wyjściowych, funkcji przynależności i reguł rozmytych.
- 2) Możliwość projektowania systemów rozmytych typu Mamdani i Sugeno oraz systemów złożonych.
- 3) Wsparcie dla systemów rozmytych typu 2 z funkcjami przynależności uwzględniającymi niepewność.
- 4) Wsparcie dla narzędzi pozwalających na dostrajanie algorytmów rozmytych metodami optymalizacyjnymi jak np. algorytmy genetyczne.
- 5) Możliwość tworzenia algorytmów adaptacyjnych w postaci neuro-rozmytych.
- 6) Wsparcie dla narzędzi do generacji kodu C/C++ oraz kodu Structured Text.

## **17. GPU Coder lub równoważne**

- 1) Generacja zoptymalizowanego kodu CUDA z wykorzystaniem wywołania bibliotek NVIDIA® CUDA, takich jak cuDNN, cuSolver i cuBLAS.
- 2) Prototypowanie kodu CUDA do zastosowań w uczeniu głębokim i przetwarzaniu obrazów na procesorach graficznych NVIDIA Tesla® oraz NVIDIA Tegra®.
- 3) Przyspieszanie intensywnej obliczeniowo części kodu MATLABa poprzez podmianę ich na kod CUDA.
- 4) Integracja istniejącego starszego kodu CUDA (*legacy code*) w MATLABie z opracowywanymi nowymi algorytmami.

## **18. Image Acquisition Toolbox lub równoważne**

- 1) Bloki i funkcje służące do podłączenia kamer oraz czujników lidarów do MATLABa i Simulinka.
- 2) Wsparcie dla standardów przemysłowych, w tym DCAM, GenICam GenTL, Camera Link i GigE Vision.
- 3) Wsparcie dla popularnych interfejsów operacyjnych dla kamer, w tym Direct Show QuickTime oraz video4linux2.
- 4) Wsparcie dla kamer 3D, w tym kamery Kinect for Windows.
- 5) Wsparcie dla lidarów Velodyne LiDAR, kamer Hamamatsu oraz FLIR Spinnaker.
- 6) Wiele trybów akwizycji danych i opcji zarządzania buforem.
- 7) Synchronizacja z urządzeniami do zbierania danych multimodalnych wyzwalanych sprzętowo.
- 8) Aplikacja Image Acquisition Tool do szybkiej konfiguracji sprzętu, rejestracji obrazu i podglądu wideo na żywo.
- 9) Wsparcie dla generacji kodu C w Simulinku.

## 19. Image Processing Toolbox lub równoważne

- 1) Kompleksowy zestaw wzorcowych algorytmów i aplikacji do przetwarzania, analizy, wizualizacji i rozpoznawania obrazów.
- 2) Algorytmy przetwarzania obrazów: filtry liniowe i nieliniowe, wyostżanie, detekcja krawędzi, poprawa jakości. Operacje blokowe (ROI) i kontekstowe.
- 3) Algorytmy analizy obrazu, w tym segmentacji, operacji morfologicznych, wyznaczania histogramów, statystyk i innych pomiarów.
- 4) Przetwarzanie obrazów medycznych, dostęp do danych w formacie DICOM.
- 5) Przetwarzanie danych wolumetrycznych 3D.
- 6) Transformacje geometryczne, metody dopasowania obrazów oparte o cechy charakterystyczne.
- 7) Transformacje obrazu, w tym FFT, DCT, Radon i typu fan-beam.
- 8) Metody do blokowego przetwarzania dużych obrazów.
- 9) Przetwarzanie wsadowe dużych zbiorów danych obrazowych.
- 10) Narzędzia do wizualizacji, w tym Image Viewer i Video Viewer.
- 11) Wykorzystanie głębokich sieci neuronowych (*deep learning*) do przetwarzania obrazów (wymagany moduł Deep Learning Toolbox)
- 12) Wsparcie dla generacji kodu C/C++ z wielu dostępnych funkcji. Możliwość wykorzystania GPU do przyspieszania obliczeń.

## 20. Instrument Control Toolbox lub równoważne

- 1) Zapewnienie komunikacji pomiędzy MATLABem a instrumentami takimi jak oscyloskopy, generatory funkcyjne, analizatory sygnałów, zasilacze i instrumenty analityczne.
- 2) Wsparcie dla sterowników IVI i VXI *plug&play*.
- 3) Obsługa protokołów GPIB i VISA (GPIB, GPIB-VXI, VXI, USB, TCP/IP, serial).
- 4) Wsparcie dla protokołów szeregowych TCP/IP, UDP, I2C oraz Bluetooth do zdalnej komunikacji z innymi komputerami i płytkami drukowanymi PCB.
- 5) Wsparcie dla protokołu MODBUS, umożliwiające komunikację z przemysłowym sprzętem automatyzującym, takim jak sterowniki PLC i PAC.
- 6) Funkcje pozwalające na zapis i odczyt danych binarnych oraz ASCII z i do instrumentów pomiarowych.
- 7) Graficzny interfejs użytkownika dla identyfikacji urządzeń, konfiguracji i komunikacji.
- 8) Wraz z modułami App Designer oraz MATLAB Compiler możliwość stworzenia interaktywnych aplikacji graficznych do testowania podłączonych urządzeń.

## **21. LTE Toolbox lub równoważne**

- 1) Funkcje i aplikacje do projektowania, symulacji i weryfikacji systemów komunikacyjnych LTE, LTE-Advanced oraz LTE-Advanced Pro.
- 2) Generacja sygnałów zgodnych ze standardami LTE, konfiguracja sygnałów uplink, downlink, informacji sterującej oraz kanałów.
- 3) Symulacja na poziomie łącza i funkcje przetwarzania odbieranych danych.
- 4) Modele testowe (E-TM) i referencyjny kanał pomiarowy (RMC) dla generatorów fali LTE, LTE-A, UMTS.
- 5) Interaktywne narzędzia dla testów zgodności i analizy bitowej stopy błędów (BER).
- 6) Możliwość pomiarów uplink i downlink, w tym EVM i ACLR.
- 7) Odzyskiwanie parametrów z przechwyconych sygnałów, w tym Cell Identifier, MIB oraz SIB1.
- 8) Estymacja kanału, synchronizacja oraz modelowanie odbiorników z wielodostępem (MIMO).
- 9) Modelowanie technologii radiowych NB-IoT oraz LTE-M (wersja 13 i 14).
- 10) Wraz z zainstalowaniem odpowiednich pakietów wsparcia sprzętowego, możliwość nadawania sygnałów LTE z MATLABa i rejestrowania ich poprzez instrumenty RF.

## **22. Mapping Toolbox lub równoważne**

- 1) Import i eksport danych wektorowych i rastrowych.
- 2) Szerokie spektrum obsługiwanych formatów plików GIS i geoprzestrzennych oraz serwerów map webowych.
- 3) Pobieranie niestandardowych map rastrowych z serwerów Web Map Service (WMS).
- 4) Wyświetlanie map z OpenStreetMap i innych źródeł.
- 5) Wyświetlanie interaktywnych map 2D i 3D z możliwością ich dostosowywania.
- 6) Narzędzia do transformacji układów współrzędnych.
- 7) Wbudowane funkcje wspomagające analizę cyfrowych modeli terenu.
- 8) Funkcje geodezji geometrycznej, w tym wspomagające transformację 2D i 3D.
- 9) Ponad 65 rodzajów odwzorowań kartograficznych.

## **23. MATLAB lub równoważne**

- 1) Zintegrowany język wysokiego poziomu do obliczeń numerycznych, wizualizacji i tworzenia aplikacji.
- 2) Interaktywne środowisko dla iteracyjnej analizy i rozwiązywania problemów.

- 3) Wbudowane funkcje matematyczne wspomagające obliczenia z zakresu algebry liniowej, statystyki, analizy Fouriera, filtrowania, optymalizacji oraz rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych.
- 4) Interaktywne narzędzia do eksploracji i wizualizacji danych (2D i 3D).
- 5) Narzędzia służące utrzymaniu przejrzystości oraz poprawności kodu a także maksymalizacji jego wydajności.
- 6) Narzędzia do tworzenia interfejsu graficznego dla aplikacji (GUI).
- 7) Funkcje integrujące algorytmy opracowane w środowisku MATLAB z zewnętrznymi aplikacjami oraz językami programowania tj. C, Java, Python, .NET, and Microsoft® Excel®.

#### **24. MATLAB Coder lub równoważne**

- 1) Generowanie przenośnego i czytelnego kodu C i C++ (zgodnego z ANSI/ISO) z kodu MATLABa.
- 2) Generowanie funkcji MEX (*MATLAB executable*).
- 3) Wbudowane narzędzia do zarządzania projektami pozwalające na określenie punktów wejścia, właściwości danych wejściowych oraz innych opcji związanych z generowanym kodem.
- 4) Statyczny lub dynamiczny przydział pamięci dla danych o zmiennej wielkości.
- 5) Wsparcie generacji kodu dla wielu większości funkcji w języku MATLAB oraz funkcji w modułach rozszerzających, m.in. Communications Toolbox, Computer Vision Toolbox, DSP System Toolbox, Deep Learning Toolbox oraz Phased Array System Toolbox.
- 6) Obsługa funkcji języka MATLAB, w tym działania na macierzach, indeksowania, instrukcji sterujących (*if, switch, for, while*), klas i struktur.
- 7) Współpraca z modułami Simulink Coder oraz Embedded Coder w zakresie generowania kodu C na podstawie modeli Simulinka, które zawierają kod MATLABa.
- 8) Współpraca z modułem Embedded Coder w zakresie dostosowania kodu, optymalizacji kodu pod docelową platformę, śledzenia zależności na linii kod MATLABa – kod C/C++ oraz weryfikacji software-in-the-loop (SIL) i processor-in-the-loop (PIL).
- 9) Generowanie kodu na systemy wieloprocesorowe w standardzie OpenMP.

#### **25. MATLAB Compiler lub równoważne**

- 1) Automatyczna konwersja własnej aplikacji stworzonej w środowisku MATLAB do samodzielnego pliku wykonywalnego lub aplikacji webowej.

- 2) Możliwość bezpłatnej dystrybucji aplikacji wśród użytkowników, którzy nie posiadają licencji na oprogramowanie MATLAB.
- 3) Integracja aplikacji z aplikacjami do *Big Data* – MapReduce i Spark™.
- 4) Możliwość hostowania aplikacji webowych, dostępnych dla użytkowników z poziomu przeglądark, dzięki wersji deweloperskiej modułu MATLAB Web App Server, zawartej w module MATLAB Compiler.
- 5) Szyfrowanie kodu MATLAB w celu ochrony własności intelektualnej.
- 6) Możliwość bezpłatnej dystrybucji nakładek na Excela (*Excel add-ins*) na komputerach bez zainstalowanego MATLABa.
- 7) Automatyczna konwersja typów danych między Excelem i MATLABem.
- 8) Proste tworzenie makr VBA komunikujących się z MATLABem z poziomu Excela.
- 9) Możliwość prototypowania w środowisku Excel i debugowania kodu źródłowego w środowisku MATLAB.

## **26. MATLAB Compiler SDK lub równoważne**

- 1) Rozszerzenie funkcjonalności modułu MATLAB Compiler o możliwość zbudowania komponentów takich jak współdzielone biblioteki C/C++, komponenty Microsoft® .NET, klasy języka Java i moduły języka Python z programów napisanych w MATLABie. Komponenty te mogą zostać zintegrowane z większymi aplikacjami, przeznaczonymi do wdrożenia w środowiskach desktopowych, webowych i *enterprise*.
- 2) Możliwość bezpłatnej dystrybucji klas Javy w środowiskach desktopowych i webowych.
- 3) Interfejs WebFigures umożliwiający zoomowanie, obracanie i przesuwanie wykresów tak jak w środowisku MATLAB.
- 4) Możliwość testowania i debugowania kodu aplikacji oraz wtyczek Excela przed wdrożeniem ich w środowisku webowym i *enterprise*.
- 5) API dla automatycznej konwersji pomiędzy typami danych w Javie/Pythonie/.NET/COM i MATLABie.
- 6) Możliwość bezpłatnej dystrybucji, w środowiskach desktopowych oraz webowych, obiektów .NET i COM na komputerach bez zainstalowanego MATLABa.
- 7) Możliwość wywoływania komponentów z poziomu języków zgodnych z CLS (Common Language Specification), włączając w to: C#, F#, VB.NET oraz ASP.NET, a także zgodnych z technologią COM (Visual Basic®, ASP, Excel®).

- 8) Wsparcie Windows Communication Foundation (WCF) dla architektury zorientowanej na usługi (SOA) oraz architektury webowej.
- 9) .NET remoting do komunikacji między procesami.

## **27. MATLAB Parallel Server lub równoważne**

- 1) Dostęp do wszystkich licencjonowanych zasobów MATLABa i Simulinka w sieci (klastrze obliczeniowy) z wykorzystaniem jednego serwera licencji.
- 2) Wykonywanie funkcji wspierających obliczenia z wykorzystaniem GPU na klastrze obliczeniowym.
- 3) Wykonywanie obliczeń równoległych przez aplikacje i komponenty stworzone przy użyciu MATLAB Compiler na klastrze obliczeniowym.
- 4) Wsparcie dla wszystkich platform sprzętowych i systemów operacyjnych obsługiwanych przez MATLABa i Simulinka.
- 5) Szeregowanie i uruchamianie zadań za pomocą wbudowanego schedulera lub rozwiązań firm trzecich.

## **28. MATLAB Report Generator lub równoważne**

- 1) Możliwość łatwego tworzenia dokumentacji z poziomu MATLABa.
- 2) Dokumentowanie funkcji i skryptów MATLABa oraz wyników ich działań w trakcie ich wykonywania.
- 3) Możliwość tworzenia nowych i wykorzystania istniejących szablonów dokumentacji oraz ich dalszego dystrybuowania.
- 4) Rozszerzalne komponenty oraz arkusze stylów.
- 5) Możliwość tworzenia raportów w wielu formatach, w tym HTML, PDF, Microsoft® Word i PowerPoint.
- 6) Automatyczne dostosowywanie treści dokumentacji z wykorzystaniem instrukcji warunkowych IF, THEN, ELSE oraz WHILE.

## **29. Mixed-Signal Blockset lub równoważne**

- 1) Modelowanie, symulacja i weryfikacja systemów przetwarzających sygnały analogowe i mieszane, takich jak pętle PLL bądź przetworniki ADC.
- 2) Możliwość skorzystania z gotowych części systemów oraz modyfikacji modeli poprzez uwzględnienie dodatkowych zakłóceń, takich jak szумы, nieliniowości i efekty kwantyzacji.
- 3) Możliwość wspólnej symulacji komponentów systemów mieszanych wraz z komponentami algorytmów DSP i logiki sterującej.
- 4) Gotowe test benches do weryfikacji działania opracowywanych systemów.

### **30. Optimization Toolbox lub równoważne**

- 1) Aplikacja z graficznym interfejsem użytkownika do definiowania (typ zadania, zmienne decyzyjne, funkcja celu, ograniczenia, parametry metody) i rozwiązywania problemów optymalizacji oraz monitorowania procesów z tym związanych.
- 2) Optymalizacja nieliniowa i wielokryterialna.
- 3) Solvery dla regresji nieliniowej metodą najmniejszych kwadratów, dopasowywania danych i równań nieliniowych.
- 4) Rozwiązywanie zadań programowania liniowego, także mieszanych (z ciągłymi i całkowitoliczbowymi zmiennymi decyzyjnymi) oraz zadań programowania kwadratowego.
- 5) Przyspieszenie działania solverów nieliniowych z ograniczeniami z wykorzystaniem modułu Parallel Computing Toolbox.
- 6) Generacja kodu C/C++ dla problemów programowania kwadratowego (quadprog) oraz nieliniowych problemów optymalizacji (fmincon) z wykorzystaniem modułu MATLAB Coder.

### **31. Parallel Computing Toolbox lub równoważne**

- 1) Możliwość rozwiązywania intensywnych obliczeniowo zadań z wykorzystaniem procesorów wielordzeniowych, kart GPU oraz klastrów komputerowych.
- 2) Zrównoleglone pętle for (parfor) do uruchamiania równoległych zadań na wielu procesorach.
- 3) Wsparcie dla procesorów graficznych NVIDIA z obsługą architektury CUDA.
- 4) Pełne wykorzystanie procesorów wielordzeniowych.
- 5) Wsparcie dla klastrów komputerowych i systemów przetwarzania sieciowego GRID (z wykorzystaniem modułu MATLAB Parallel Server).
- 6) Interaktywne i wsadowe wykonywanie aplikacji.
- 7) Tablice rozproszone oraz równoległe wykonywanie identycznych podzadań dla różnych danych (przetwarzanie współbieżne) do obsługi dużych zestawów danych.

### **32. Phased Array System Toolbox lub równoważne**

- 1) Modelowanie wielofunkcyjnych systemów radarowych, w tym aktywnych (AESA) i pasywnych (PESA).
- 2) Modele otoczenia radarów z uwzględnieniem targetów, ich parametrów i trajektorii, kanałów propagacji, jammerów i zakłóceń.
- 3) URA, ULA, UCA i konforemne szyki czujników z efektami perturbacyjnymi i polaryzacyjnymi.

- 4) Ciągłe i impulsowe przebiegi modulowane częstotliwościowo i kodowane fazowo.
- 5) Modelowanie i analiza polaryzacji fal elektromagnetycznych.
- 6) Cyfrowe algorytmy kształtowania wiązki dla szerokopasmowych i wąskopasmowych przebiegów.
- 7) Algorytmy estymacji kierunku propagacji (DOA) takie jak algorytmy *monopulse*, *beamscan*, MVDR, MUSIC, 2D MUSIC oraz root-MUSIC.
- 8) Generacja danych z radaru, sonaru i EW do celów analizy działania systemów oraz do trenowania algorytmów uczenia maszynowego.
- 9) Wizualizacja detekcji na wykresach zależności: zasięg-Doppler, zasięg-kąt, zasięg-czas-intensywność (RTI) i Doppler-czas-intensywność (DTI).
- 10) Algorytmy adaptacyjnego przetwarzania przestrzenno-czasowego (STAP).
- 11) Modelowanie kanałów MIMO z uwzględnieniem rozpraszaczy i warunków środowiskowych, takich jak deszcz, mgła i gazy.
- 12) Możliwość przyspieszania obliczeń poprzez wykorzystanie GPU oraz wsparcie generacji kodu C/C++, w tym MEX (z modułem MATLAB Coder).

### **33. Predictive Maintenance Toolbox lub równoważne**

- 1) Modele przeżycia, podobieństwa i szeregi czasowe dla oceny pozostałego okresu użytkowania (RUL).
- 2) Metody ekstrakcji cech czasowych, częstotliwościowych i czasowo-częstotliwościowych do projektowania wskaźników stanu.
- 3) Organizacja danych z czujników importowanych z lokalnych plików, usług Amazon S3™, Windows Azure® Blob Storage i Hadoop® Distributed File System.
- 4) Organizacja symulowanych danych maszynowych z modeli Simulinka.
- 5) Przykłady opracowania algorytmów konserwacji predykcyjnej dla silników, skrzyń biegów, akumulatorów i innych maszyn.
- 6) Generacja kodu MATLABa z aplikacji do zautomatyzowania przetwarzania sygnałów, czy wyodrębniania cech (Diagnostic Feature Designer App)

### **34. Reinforcement Learning Toolbox lub równoważne**

- 1) Trenowanie za pomocą algorytmów DQN, DDPG, A2C i innych.
- 2) Parametryzacja strategii za pomocą głębokich sieci neuronowych, liniowych funkcji bazowych.
- 3) Import zasad ze środowiska Keras i formatu modelu ONNX.
- 4) Zrównoleglanie symulacji środowiska i obliczenia gradientu na procesorach graficznych i wielordzeniowych procesorach w celu trenowania.



- 5) Wdrażanie wytrenowanych modeli na urządzenia wbudowane poprzez automatyczną generację kodu dla procesorów CPU i GPU.

### **35. RF Blockset lub równoważne**

- 1) Biblioteka bloków Simulinka do projektowania systemów komunikacji RF i systemów radarowych.
- 2) Możliwość symulacji nieliniowych wzmacniaczy sygnałów w torze RF oraz modelowania efektów pamięci do celów estymacji wzmocnienia, szumów oraz zniekształceń intermodulacyjnych parzystych i nieparzystych rzędów.
- 3) Modelowanie niedopasowania impedancyjnego.
- 4) Parametryzacja modeli z użyciem danych z dokumentacji bądź danych uzyskanych w pomiarach.
- 5) Możliwość importu plików Touchstone® i wykorzystania parametrów rozpraszania do modelowania parametrów systemów.
- 6) Algorytmy adaptacyjne, takie jak automatyczna kontrola wzmocnienia (AGC) i cyfrowej predystorcji (DPD).
- 7) Modelowanie systemów RF na różnych poziomach abstrakcji, dzięki technikom *circuit envelope* i *equivalent baseband*.
- 8) Symulacja obwiedni układu dla wielu modeli częstotliwości nośnej.
- 9) Generacja jarzm testowych z aplikacji RF Budget Analyzer.
- 10) Komponenty pasywne, w tym elementy RLC, linie transmisyjne, filtry, przełączniki, złącza i ogólne bloki impedancji.
- 11) Ulepszone wysoce nieliniowe modele mikserów 3-portowych i wzmacniaczy 2-portowych określane przez współczynnik szumów, IP2, IP3 oraz pliki danych.
- 12) Tworzenie modeli z użyciem języka Simscape.

### **36. RF Toolbox lub równoważne**

- 1) Funkcje i aplikacje do projektowania, analizy i wizualizacji sieci komponentów RF.
- 2) Filtry RF, linie transmisyjne, wzmacniacze i mieszacze częstotliwości określone przez dane pomiarowe, parametry sieci lub właściwości fizyczne.
- 3) Obliczanie parametrów rozpraszania dla komponentów sieci RF oraz możliwość konwersji między parametrami sieci S, Y, Z, ABCD, h, g i T.
- 4) Aplikacja RF Budget Analyzer umożliwiająca wyznaczenie wartości współczynnika szumów, wzmocnienia i IP3 dla transceiverów RF oraz wygenerowanie jarzm testowych wykorzystywanych w module RF Blockset w symulacjach *circuit envelope*.

- 5) Metoda dopasowywania funkcji wymiernych do budowania modeli złącz *backplane* i eksportu ich jako bloki Simulinka lub moduły Verilog-A.
- 6) Wizualizacja z wykorzystaniem wykresów kartezjańskich, biegunowych, a także wykresów Smitha.

### **37. Robotics System Toolbox lub równoważne**

- 1) Narzędzia i algorytmy do projektowania, symulacji i testowania manipulatorów, robotów mobilnych i robotów humanoidalnych.
- 2) Algorytmy sprawdzania kolizji, generowania trajektorii, kinematyki prostej i odwrotnej oraz dynamiki bryły sztywnej.
- 3) Algorytm mapowania, lokalizacji, planowania ścieżki, śledzenia ścieżki i sterowania ruchem.
- 4) Biblioteka modeli komercyjnych robotów przemysłowych.
- 5) Możliwość kosymulacji z symulatorem Gazebo.
- 6) Sprawdzanie kolizji, definiowanie kształtów kolizji i wykrywanie kolizji pomiędzy siatkowymi geometriami.
- 7) Możliwość importu plików URDF oraz modeli modułu Simscape Multibody do celów tworzenia własnych modeli robotów.
- 8) Wsparcie generacji kodu C/C++ do celów szybkiego prototypowania oraz testów hardware-in-the-loop (z modułem MATLAB Coder).

### **38. SerDes Toolbox lub równoważne**

- 1) Narzędzia i aplikacje do projektowania i weryfikacji systemów serializera/deserializera (SerDes).
- 2) Analiza statystyczna z użyciem aplikacji SerDes Designer do celów szybkiego projektowania nadajników i odbiorników w systemach komunikacji przewodowej.
- 3) Modele typu *white-box*, takie jak DFE, CTLE, AGC i CDR do opracowywania adaptacyjnych equalizatorów.
- 4) Automatyczna generacja modeli dualnych IBIS-AMI do wykorzystania w symulatorach kanałów dostarczanych przez firmy trzecie, takich jak SiSoft QCD i QSI, Keysight™ ADS, Synopsys® HSPICE, Mentor Graphics® HyperLynx® czy Cadence® Sigrity SystemSI.
- 5) Gotowe przykłady typu *white-box* modelowania standardowych protokołów komunikacyjnych, takich jak PCI Express, DDR i Ethernet.

### **39. Sensor Fusion and Tracking Toolbox lub równoważne**

- 1) Algorytmy fuzji czujników oraz śledzenia obiektów, w tym filtry fuzji czujników i *multi-object trackers*.

- 2) Generacja danych syntetycznych z modeli czujników, w tym czujników RF, akustycznych, EO/IR i GPS/IMU do celów testowania systemów fuzji sensorów i śledzenia obiektów.
- 3) Metryki i narzędzia wizualizacyjne do oceny dokładności i wydajności systemów fuzji sensorów i śledzenia obiektów.
- 4) Przykłady referencyjne fuzji sensorów i śledzenia w systemach nadzoru lotniczego, naziemnego, podwodnego, nawigacji i w systemach autonomicznych.
- 5) Import i generowanie scenariuszy i trajektorii ruchu.
- 6) Wsparcie generacji kodu C do celu przyspieszenia symulacji i prototypowania (z modułem MATLAB Coder).

#### **40. Signal Processing Toolbox lub równoważne**

- 1) Funkcje i aplikacje do analizy, preprocessingu i ekstrakcji cech z jednostajnie i niejednostajnie próbkowanych sygnałów.
- 2) Transformaty sygnałów, m.in. szybka transformata Fouriera (FFT), krótkookresowa transformata Fouriera (STFT), transformata Hilberta.
- 3) Metody projektowania filtrów FIR i IIR, ich analiza i implementacja.
- 4) Możliwość projektowania filtrów analogowych: Butterwortha, Czebyszewa, Bessla i eliptycznych oraz ich konwersji na postać cyfrową za pomocą metod transformacji biliniowej i niezmienności odpowiedzi impulsowej.
- 5) Aplikacja Filter Designer do interaktywnego projektowania i analizy filtrów o określonych charakterystykach.
- 6) Funkcje do generacji sygnałów takich jak sinus, prostokąt, piła, delta Kroneckera.
- 7) Pomiary i analizy statystyczne sygnałów.
- 8) Algorytmy estymacji widmowej gęstości mocy, m.in. periodogram, funkcje Welch, Burga, Yule-Walkera.
- 9) Pomiary widma mocy sygnału i parametrów takich jak SNR, THD i SINAD.
- 10) Narzędzia do analizy okien czasowych.
- 11) Modelowanie parametryczne i predykcyjne systemów liniowych.
- 12) Narzędzia do etykietowania fragmentów sygnałów do celów trenowania i walidacji modeli uczenia maszynowego.
- 13) Możliwość przeprowadzenia analizy modalnej oraz analizy rzędu sygnałów wibracyjnych.
- 14) Wsparcie generacji kodu C/C++ oraz zoptymalizowanego kodu CUDA.

#### **41. Simscape lub równoważne**

- 1) Jedno środowisko do modelowania i symulacji systemów mechanicznych, elektrycznych, hydraulicznych, termicznych, a także innych wielodomenowych systemów fizycznych.
- 2) Biblioteki bloków do modelowania fizycznego oraz elementy matematyczne dla opracowania własnych komponentów.
- 3) Jednostki fizyczne dla parametrów i zmiennych, z automatyczną obsługą konwersji wszystkich jednostek.
- 4) Automatyczna redukcja zmiennych w równaniach symbolicznych oraz metody numeryczne do rozwiązywania równań różniczkowo-algebraicznych (DAE), w tym obsługa zdarzeń.
- 5) Specjalne solwery pozwalające na symulację w czasie rzeczywistym oraz testy hardware-in-the-loop (HIL).
- 6) Możliwość symulacji modeli, które zawierają bloki pochodzące z innych produktów związanych z modelowaniem fizycznym, bez konieczności zakupu tych produktów.
- 7) Wsparcie dla generacji kodu C.

#### **42. Simscape Electrical lub równoważne**

- 1) Biblioteki komponentów elektrycznych, w tym czujników, siłowników, silników, maszyn, urządzeń pasywnych i urządzeń półprzewodnikowych.
- 2) Możliwość zmiany dokładności modelu, w tym efektów nieliniowych, ograniczeń parametrów pracy, modelowania błędów i zachowań zależnych od temperatury.
- 3) Konwersja elementów SPICE do modeli Simscape z wykorzystaniem importera listy połączeń.
- 4) Modele dedykowane określonym zastosowaniom, w tym popularne napędy elektryczne AC i DC, inteligentne sieci energetyczne i systemy energii odnawialnej.
- 5) Idealne przełączanie, dyskretyzacja i symulacja fazowa dla szybszego wykonywania modeli.
- 6) Bloki silników PMSM i BLDC uwzględniające zależności temperaturowe i straty magnetyczne.
- 7) Generacja, wizualizacja i eksport danych dotyczących napięcia i mocy w stanie ustalonym dla trójfazowych systemów przesyłowych prądu przemiennego.
- 8) Język Simscape oparty na MATLABie do tworzenia niestandardowych modeli komponentów.
- 9) Wsparcie do generowania kodu C.

#### **43. Simulink lub równoważne**

- 1) Edytor graficzny do tworzenia i zarządzania hierarchicznymi schematami blokowymi.
- 2) Biblioteki predefiniowanych bloków do modelowania systemów dyskretnych oraz ciągłych.
- 3) Silnik symulacji ze stało- i zmiennokrokowymi solverami ODE.
- 4) Bloki do wizualizacji wyników symulacji.
- 5) Narzędzia zarządzania projektem i danymi.
- 6) Blok umożliwiający import algorytmów MATLABa do modelu.
- 7) Narzędzia importu kodu C i C++ do modeli.
- 8) Implementacja algorytmów na tanich platformach sprzętowych (*low-cost hardware platforms*), takich jak Arduino, Raspberry Pi, LEGO Mindstorms EV3.

#### **44. Simulink Coder lub równoważne**

- 1) Automatyczna generacja kodu ANSI/ISO C oraz C++, a także plików wykonywalnych z dyskretnych, ciągłych lub hybrydowych modeli Simulinka, diagramów Stateflow i bloków MATLAB Function.
- 2) Przyrostowe generowanie kodu dla dużych modeli.
- 3) Wsparcie dla całkowitych, zmienna- i stałoprzecinkowych typów danych.
- 4) Strojenie parametrów oraz monitoring sygnałów w trybie symulacji zewnętrznej.

#### **45. Simulink Control Design lub równoważne**

- 1) Automatyczne strojenie systemów o architekturze regulacji SISO i MIMO, w tym regulatorów PID.
- 2) Strojenie regulatorów PID zaimplementowanych na docelowej platformie.
- 3) Znajdowanie punktów pracy i linearyzacja modeli.
- 4) Oparte na symulacji obliczenia częstotliwościowej odpowiedzi modelu.
- 5) Funkcje do tworzenia skryptów automatycznej linearyzacji.

#### **46. Stateflow lub równoważne**

- 1) Środowisko do graficznego modelowania i symulacji algorytmów opartych o diagramy przepływu sygnału, maszyny stanowe, tablice przejść stanowych oraz tablice prawdy.
- 2) Wsparcie dla rozbudowanych funkcjonalności wprowadzających do modelowanego systemu hierarchii, wykonywania równoległego, operatorów logiczny oraz zdarzeń.
- 3) Możliwość projektowania standardowych maszyn stanowych w konwencji Mealy'ego oraz Moore'a wraz z regułami, które wprowadzają.

- 4) Narzędzia ułatwiające debugowanie algorytmów logicznych jak np. breakpointy, wykonywanie sekwencyjne, analiza przejść i warunków oraz wskazywanie konfliktów przejść, martwej logiki, niespójności stanów czy też przedefiniowania/niedodefiniowania tablic prawdy.
- 5) Wsparcie dla wybranych narzędzi do automatycznej generacji kodu, testowania i analizy pokrycia testami, zarządzania wymaganiami, weryfikacji algorytmów pod względem zgodności z wybranymi normami IEC/ISO/EN, analizy formalnej algorytmów oraz statycznej analizy kodu źródłowego.
- 6) Możliwość integracji projektowanych algorytmów z zewnętrznym ręcznie pisanym kodem C.

#### **47. Statistics and Machine Learning Toolbox lub równoważne**

- 1) Techniki regresyjne, w tym regresja liniowa, regresja liniowa uogólniona, regresja nieliniowa, regresja odporna, ANOVA i modele mieszane.
- 2) Jedno- i wielowymiarowe rozkłady prawdopodobieństwa.
- 3) Generatory liczb losowych i pseudolosowych oraz łańcuchy Markova.
- 4) Testowanie hipotez statystycznych.
- 5) Testy hipotez dla różnych rozkładów, miary rozproszenia i położenia a także techniki planowania doświadczeń (DOE) dla planów zoptymalizowanych, planów czynnikowych oraz planów powierzchni odpowiedzi.
- 6) Algorytmy nadzorowanego uczenia maszynowego, w tym algorytm Maszyn Wektorów Nośnych (SVMs), drzewa klasyfikacyjne i regresyjne boosted/bagged, algorytm k-najbliższych sąsiadów, naiwny klasyfikator bayesowski, analizy dyskryminacyjne.
- 7) Algorytmy nienadzorowanego uczenia maszynowego, w tym algorytm k-średnich (centroidów), grupowania hierarchicznego, mieszanina rozkładów Gaussa i ukryte modele Markova.
- 8) Algorytmy przetwarzania dużych zbiorów danych (Big Data) m.in. redukcja wymiarowa, statystyki opisowe, regresje liniowe, logistyczne i analiza dyskryminacyjna.

#### **48. Symbolic Math Toolbox lub równoważne**

- 1) Algebra liniowa, transformaty, rachunek całkowy i różniczkowy.
- 2) Upraszczenie wyrażeń symbolicznych.
- 3) Metody numeryczne do rozwiązywania równań różniczkowo-algebraicznych (DAE) oraz zwyczajnych równań różniczkowych (ODE).
- 4) Konwersja wyrażeń symbolicznych do kodu MATLABa, Simulinka, Simscape'a, C, Fortrana, MathML oraz TeX.

- 5) Arytmetyka o zmiennej precyzji.
- 6) Wykorzystanie Live Edytora do przeprowadzania i dokumentowania obliczeń symbolicznych.

#### **49. System Identification Toolbox lub równoważne**

- 1) Identyfikacja transmitancji, modelu procesu oraz modelu w postaci równań stanu z wykorzystaniem odpowiedzi w dziedzinie czasu i częstotliwości.
- 2) Estymacja online parametrów modelu.
- 3) Modelowanie szeregów czasowych (AR, ARMA) i prognozowanie.
- 4) Identyfikacja nieliniowych modeli ARX i modeli Hammerstein-Wienera z nieliniowościami wejścia-wyjścia, takimi jak nasycenie i martwa strefa.
- 5) Identyfikacja liniowych i nieliniowych systemów w postaci „szarej skrzynki”.
- 6) Estymacja opóźnienia, usuwanie trendu, filtrowanie, resampling oraz rekonstrukcja brakujących danych.
- 7) Aplikacja do interaktywnej estymacji modeli liniowych i nieliniowych systemu na bazie zmierzonych danych wejściowych i wyjściowych.

#### **50. Text Analytics Toolbox lub równoważne**

- 1) Analiza, wstępne przetwarzanie i wizualizacja informacji zawartych w tekście.
- 2) Narzędzia do przetwarzania surowych danych tekstowych pochodzących ze źródeł takich jak sprzętowe logi, kanały informacyjne, ankiety, raporty i *social media*.
- 3) Import danych tekstowych z pojedynczych plików bądź dużych kolekcji plików, w tym plików PDF, HTML, Microsoft® Word® i Excel®.
- 4) Funkcje filtracji tekstu, usuwające określoną zawartość, m.in. adresy URL, znaczniki HTML, znaki interpunkcyjne.
- 5) Trenowanie typu word embedding, metody uczenia maszynowego LSA, LDA i wsparcie dla modeli word2vec, skip-gram, FastText, GloVe.
- 6) Tworzenie wykresów typu Word Cloud i Text Scatter.
- 7) Statystyki częstotliwości występowania słów oraz generacja macierzy TF-IDF.
- 8) Ekstrakcja podsumowania z tekstu.
- 9) Metody uczenia głębokiego do analizy sentymentalnej, klasyfikacji tekstu oraz do generacji nowego tekstu na bazie tekstu analizowanego.

#### **51. ThingSpeak lub równoważne**

- 1) Usługa platformy analitycznej do projektów IoT.
- 2) Agregacja, wizualizacja i analiza danych strumieniowanych do chmury obliczeniowej.

- 3) Konfiguracja urządzeń do wysyłania danych na platformę ThingSpeak z wykorzystaniem REST API lub MQTT.
- 4) Zbieranie danych z urządzeń lub innych źródeł danych.
- 5) Natychmiastowa wizualizacja danych przychodzących na serwer oraz danych historycznych.
- 6) Wstępna obróbka i analiza zebranych danych, z wykorzystaniem zintegrowanego języka MATLAB.
- 7) Uruchamianie programów analizujących dane, bazujących na zaplanowanych chwilach czasu lub wyzwanych zdarzeniowo.
- 8) Reakcje na pojawiające się dane i wyniki analiz z wykorzystaniem platform Twilio lub Twitter.

## **52. UAV Toolbox lub równoważne**

- 1) Narzędzia do projektowania, symulacji, analizy i wdrażania aplikacji dla dronów i bezzałogowych statków powietrznych
- 2) Aplikacje referencyjne dla popularnych zastosowań dronów i bezzałogowych statków powietrznych, takie jak autonomiczne dostarczanie paczek z wykorzystaniem wielowirnikowego bezzałogowego statku powietrznego
- 3) Aplikacja Flight Log Analyzer pozwalająca interaktywnie analizować ścieżki lotów 3D, informacje telemetryczne i odczyty z czujników w formatach takich jak TLOG, ULOG i innych.
- 4) Komunikacja ze sprzętem za pomocą protokołu MAVLink
- 5) Możliwość dodania opisu terenu i siatki w formacie DTED (Digital Terrain Elevation Data)
- 6) Możliwość tworzenia scenariuszy, wykorzystywania modeli czujników i generowania syntetycznych danych do testowania algorytmów lotu w symulowanym środowisku
- 7) Tworzenie, testowanie i wizualizowanie algorytmów autonomicznego lotu bezzałogowych statków powietrznych i dronów w symulowanym środowisku 3D renderowanym przy użyciu silnika Unreal Engine® firmy Epic Games®, z jednoczesnym generowaniem odczytów wysokiej jakości z kamery i czujnika LIDAR.
- 8) Możliwość dostosowania stanu pogody i położenia słońca w symulowanych scenach.
- 9) Wsparcie dla generacji kodu C/C++ do szybkiego prototypowania, testów Hardware-in-the-Loop, wsparcie generacji kodu C++ dla systemu autopilota PX4 (generacja z wykorzystaniem Embedded Coder®).



### **53. Vehicle Network Toolbox lub równoważne**

- 1) Funkcje MATLABa do transmitowania, odbierania, kodowania i dekodowania komunikatów magistrali CAN, CAN FD i J1939.
- 2) Bloki Simulinka do połączenia modelu z magistralą CAN, CAN FD lub J1939.
- 3) Wsparcie dla protokołu XCP do komunikacji z ECU z wykorzystaniem plików opisu A2L.
- 4) Obsługa baz danych Vector CAN (.dbc).
- 5) Monitorowanie, filtracja i analiza bieżących danych w magistrali CAN oraz opcja logowania i rejestracji komunikatów do celów późniejszej analizy.
- 6) Symulacja ruchu w wirtualnej sieci CAN.
- 7) Aplikacja CAN Bus Monitor do konfigurowania urządzeń i bezpośredniej wizualizacji ruchu na magistrali CAN.
- 8) Wsparcie dla urządzeń firm Vector, Kvaser, PEAK-System i National Instruments® pracujących na magistrali CAN.
- 9) Import plików MDF (w standardzie 3.0 i wyższych).
- 10) Obsługa plików ASAM CDFX.

### **54. Wavelet Toolbox lub równoważne**

- 1) Ciągła transformacja falkowa (CWT), skalogram i falki koherentne do celów analizy cech spektralnych w czasie, identyfikacji powtarzalnych zmiennych w czasie wzorów w dwóch sygnałach oraz filtracji zlokalizowanej w czasie.
- 2) Dyskretna analiza falkowa, w tym decymowana, podwójnego drzewa i transformat falkowych pakietowych – do celów analizy sygnałów i obrazów o różnych rozdzielczościach i znajdowania punktów zmiany, nieciągłości i innych artefaktów.
- 3) Kompresja i rekonstrukcja sygnałów i obrazów, w tym dopasowujące algorytmy poszukiwań.
- 4) Banki rekonstrukcyjnych filtrów ortogonalnych i nieortogonalnych w tym Daubechies, Coiflet, Haar, Fejer-Korovkin.
- 5) Metoda udoskonalania ułatwiająca konstruowanie niestandardowych falek.
- 6) Wsparcie generacji kodu C/C++ oraz kodu CUDA z większości funkcji modułu.

### **55. WLAN Toolbox lub równoważne**

- 1) Modele systemów WLAN zgodne ze standardami IEEE 802.11ax/ac/ad/ah oraz IEEE 802.11b/a/g/n/j/p.
- 2) Modelowanie nadajników, kodowanie kanałów (BCC i LDPC), modulacje (OFDM, DSSS, CCK), mapowanie strumieni przestrzennych i odbiorniki MIMO.

- 3) Generacja przebiegów zgodnych ze standardami IEEE 802.11ax/ac/ad/ah/j/p/n/g/a/b.
- 4) Graficzna aplikacja do interaktywnej generacji przebiegów WLAN wraz z uwzględnieniem zakłóceń w sygnale, takich jak AWGN, offset fazy, częstotliwości, składowej stałej, *IQ imbalance*, nieliniowości. Wizualizacja wyników na diagramach konstelacji, analizatorach widma, siatce OFDM i wykresach czasowych.
- 5) Modele kanałów, w tym TGay, TGax, TGac, TGah i CCK.
- 6) Operacje na sygnałach po stronie odbiorczej – synchronizacja ramek, korekcja offsetu częstotliwości, estymacja i equalizacja kanału.
- 7) Generacja, analiza i dekodowanie ramek MAC zgodnych z IEEE 802.11 (MPDU, AMSDU, AMPDU).
- 8) Modelowanie warstw PHY i MAC oraz dzielonego kanału komunikacji.
- 9) Algorytmy kształtowania wiązki.
- 10)Możliwość pomiaru mocy kanału, maski spektralnej, EVM, PER, BER, przepustowości oraz zajętości pasma.
- 11)Pomiary dokładności modulacji nadajnika oraz minimalnej czułości wejściowej odbiornika.
- 12)Generacja test benchy do testowania połączeń w komunikacji WLAN.
- 13)Wsparcie generacji kodu C i C++.

#### **56. Robust Control Toolbox lub równoważne**

- 1) Funkcje i bloki do analizy i strojenia systemów sterownia pod kątem ich wydajności i niezawodności.
- 2) Tworzenie modeli z niepewnościami (niepewność parametrów, niezamodelowana dynamika).
- 3) Analizy najgorszych przypadków zapasu stabilności i wrażliwości na zakłócenia.
- 4) Generowanie kontrolerów ze zredukowaną czułością na wariację parametrów i błędy modelowania.
- 5) Automatyczne strojenie regulatorów SISO i MIMO, zdecentralizowane, o stałej strukturze oraz z wieloma pętlami sprzężenia zwrotnego.

## **CZĘŚĆ NR II**

Dostawa do siedziby Zamawiającego licencji oprogramowania:

- a) Instrument Control Toolbox – 1 szt;
- b) Simulink Real-Time – 1 szt.

## **1. Instrument Control Toolbox – 1 szt.**

- 1) Pozwala na komunikację środowiska MATLAB z takim sprzętem, jak oscyloskopy, generatory funkcyjne, analizatory sygnałów, zasilacze oraz instrumenty analityczne.
- 2) Wsparcie dla sterowników IVI, VXI plug&play i sterowników MATLABa.
- 3) Obsługa protokołów GPIB i VISA (GPIB, GPIB-VXI, VXI, USB, TCP/IP, serial).
- 4) Wsparcie dla TCP/IP, UDP, I2C oraz szeregowego protokołu Bluetooth.
- 5) Wymiana danych między instrumentami a modelami Simulink.
- 6) Graficzny interfejs użytkownika dla identyfikacji urządzeń, konfiguracji i komunikacji.
- 7) Umożliwienie rozwijania sterowników i narzędzi testujących.
- 8) Funkcje odczytujące i zapisujące dane binarnie lub tekstowo (ASCII).
- 9) Dostęp do danych synchroniczny lub asynchroniczny (blokujący lub nieblokujący).

## **2. Simulink Real-Time™ - 1 szt.**

- 1) Pozwala na tworzenie aplikacji czasu rzeczywistego z modeli Simulinka oraz uruchamianie ich na docelowym, dedykowanym sprzęcie komputerowym podłączonym do fizycznego obiektu.
- 2) Wspiera on symulację oraz testowanie w czasie rzeczywistym, w tym szybkie prototypowanie algorytmów sterowania, DSP i wizyjnych, a także symulacje hardware-in-the-loop (HIL).
- 3) Z Simulink Real-Time można:
  - a) rozszerzyć modele Simulinka o bloki sterowników,
  - b) automatycznie generować aplikacje czasu rzeczywistego,
  - c) definiować oprzyrządowanie oraz wykonywać modele interaktywnie
  - d) lub automatycznie uruchamiać na dedykowanym komputerze wyposażonym w jądro systemu czasu rzeczywistego, wielordzeniowy procesor,
  - e) interfejsy I/O, protokoły komunikacyjne, a także układy FPGA.

**III. Termin realizacji** - Termin realizacji zamówienia: do 14 dni od daty dostarczenia Wykonawcy podpisanej przez Zamawiającego Umowy.

**IV. Warunki realizacji zamówienia** – W zakresie zamówienia, Zamawiający wymaga, aby Wykonawca:

1. Dostarczył przedmiot zamówienia do siedziby Zamawiającego przy ul. Księcia Bolesława 6, 01-494 Warszawa. Za datę dostawy Oprogramowania rozumie się datę przekazania danych umożliwiających pobranie Oprogramowania z utworzonego w bazie producenta konta administratora licencji, które zostaną dostarczone

Zamawiającemu, w terminie do 14 dni roboczych od daty dostarczenia Zamawiającemu podpisanej przez Wykonawcę Umowy.

2. Dostarczył, wraz z przedmiotem zamówienia, min roczną subskrypcję uaktualnień Oprogramowania. W okresie ważnej subskrypcji uaktualnień, Zamawiający będzie upoważniony do korzystania ze wsparcia technicznego oferowanego przez producenta Oprogramowania.
3. Wykonawca będzie odpowiedzialny względem Zamawiającego za wady fizyczne oprogramowania np. nośnik fizyczny oprogramowania.
4. Wykonawca zagwarantuje, że umowa licencyjna producenta oprogramowania zwalnia Zamawiającego od ewentualnych roszczeń osób trzecich wynikających z naruszenia praw własności intelektualnej lub przemysłowej, w tym praw autorskich, patentów, praw ochronnych na znaki towarowe oraz praw z rejestracji na wzory użytkowe i przemysłowe, pozostające w związku z wprowadzeniem oprogramowania do obrotu na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej.
5. Wykonawca zagwarantuje Zamawiającemu, że oprogramowanie dostarczone w ramach umowy będzie wolne od wad fizycznych i prawnych w zakresie zgodnym z treścią umowy licencyjnej producenta oprogramowania.
6. Wykonawca zapewni Zamawiającemu prawo do korzystania z oprogramowania Producenta i dokumentacji go dotyczącej, na warunkach określonych w umowie licencyjnej Wykonawcy lub innym dokumencie określającym uprawnienia wynikające z nabycia licencji od Wykonawcy. Wraz z licencjami Wykonawca dostarczy dokumenty pozwalające na stwierdzenie legalności zakupionego oprogramowania oraz klucze licencyjne.
7. Zamawiający podczas odbioru przedmiotu zamówienia będzie miał możliwość zastosowania procedury sprawdzającej legalność dostarczonego przedmiotu zamówienia. Zamawiający będzie miał również możliwość przeprowadzenia weryfikacji oryginalności dostarczonego przedmiotu zamówienia u producenta oprogramowania w przypadku wystąpienia wątpliwości co do jego legalności.