

Bogumiła Mrozek, Zbigniew Mrozek

MATLAB®
and Simulink®
examples

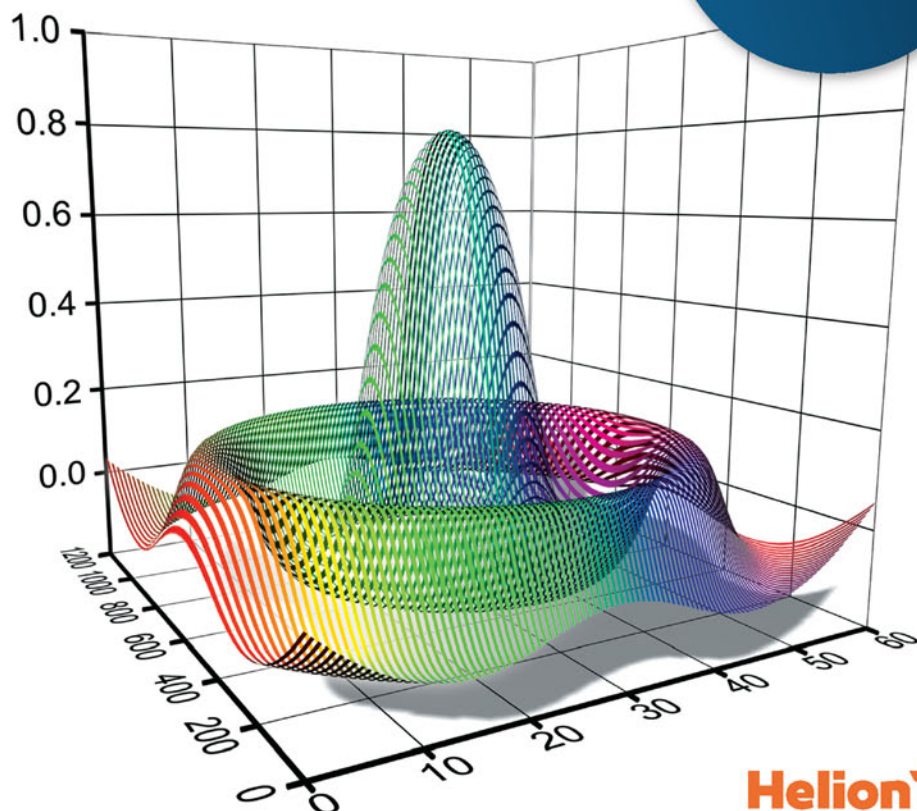
MATLAB i Simulink

PORADNIK UŻYTKOWNIKA

**Modeluj, rozwiążuj problemy
i wizualizuj wyniki!**

Wykonuj złożone obliczenia i wykresy bez programowania
Poznaj elegancję programowania zorientowanego obiektowo
Wykorzystaj biblioteki Toolbox
Przeprowadź symulację procesów w Simulink

Wydanie IV



Helion 

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink są zastrzeżonymi znakami towarowymi The MathWorks, Inc.

Redaktor prowadzący: Małgorzata Kulik

Projekt okładki: Studio Gravite / Olsztyn
Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki

Grafika na okładce jest własnością autorów.

Wydawnictwo HELION
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
<http://helion.pl/user/opinie/matsi4>
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-246-5621-9

Copyright © Helion 2018

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

Przedmowa	13
Rozdział 1. Wstęp	15
1.1. Dlaczego MATLAB odnosi sukcesy?	15
1.1.1. MATLAB dla projektantów i naukowców	16
1.1.2. MATLAB rozumie matematykę	16
1.1.3. MATLAB udostępnia narzędzia rozwiązujące problemy matematyczne typowe dla wielu dziedzin nauki i techniki	16
1.1.4. MATLAB oferuje interaktywne aplikacje App	17
1.1.5. MATLAB integruje proces projektowania	17
1.1.6. MATLAB jest szybki, łatwy i wydajny	17
1.1.7. MATLAB jest wiarygodny	18
1.2. Środowisko MATLAB i Simulink	18
1.2.1. Interaktywna mapa środowiska MATLAB i Simulink	19
1.2.2. Rozszerzenia dostępne poprzez Add-On Explorer	20
1.2.3. Wybór licencji MATLAB-a	20
1.2.4. MATLAB w chmurze	22
1.2.5. MATLAB Distributed Computing Server	23
1.3. MATLAB i Simulink w internecie	24
1.3.1. Witryna producenta www.mathworks.com	24
1.3.2. MathWorks Account i logowanie do strony www.mathworks.com	25
1.3.3. Listy dyskusyjne i wyszukiwarki	25
1.4. MATLAB i Simulink w książkach	26
Rozdział 2. Pierwsze kroki w programie MATLAB	27
2.1. Pierwsza sesja w programie MATLAB	27
2.1.1. Rozpoczęcie i zakończenie pracy z MATLAB-em	27
2.1.2. Pulpit MATLAB-a i jego okna	28
2.1.3. Przykład grafiki 3-D — funkcja peaks	29
2.1.4. Przykłady poleceń MATLAB-a	29
2.1.5. System pomocy doc i help — informacje wstępne	30
2.1.6. Zapisanie przebiegu sesji MATLAB-a	30
2.2. Matematyka i proste wykresy	30
2.2.1. Wyrażenia matematyczne, zmienne, zmienna ans	31
2.2.2. Funkcje arytmetyczne i trygonometryczne	31
2.2.3. Obliczanie wartości wyrażeń matematycznych	33
2.2.4. Błędy w zapisie poleceń i wyrażeń matematycznych	33
2.2.5. Powtórne użycie wcześniejszych poleceń	34
2.2.6. Formaty wypisywania liczb	34
2.2.7. Wizualizacja danych i wyników obliczeń bez programowania	35
2.2.8. Wykresy funkcji dwu- i trójwymiarowej z użyciem fplot i fplot3	36

2.2.9.	Wektory, tablice i wykresy plot	38
2.2.10.	Przykład rozwiązania układu równań algebraicznych	39
2.2.11.	Konwersja układu współrzędnych	40
2.3.	Zmienne w programie MATLAB	40
2.3.1.	Tworzenie wektorów, tablic i macierzy	41
2.3.2.	Zapisywanie zmiennych w plikach — MAT-plik i plik ASCII	42
2.3.3.	Wczytywanie zmiennych z pliku	42
2.3.4.	Usuwanie zmiennych z przestrzeni roboczej, czyszczenie ekranu	43
2.4.	Dwukropek — operator generowania wektorów	44
2.4.1.	Generowanie wektorów — dwukropek, linspace, logspace	44
2.4.2.	Wybór żądanych wierszy, kolumn i elementów tablicy	44
2.4.3.	Macierze — przykłady użycia notacji dwukropkowej	45
2.5.	Operatory arytmetyczne i logiczne	47
2.5.1.	Operatory arytmetyczne dla tablic i macierzy	47
2.5.2.	Mnożenie i dzielenie wektorów i macierzy w MATLAB-ie	47
2.5.3.	Przykłady operacji macierzowych i tablicowych	48
2.5.4.	Dzielenie macierzowe i tablicowe	49
2.5.5.	Operatory potęgowania macierzy i tablic	50
2.5.6.	Sprzężenie i transponowanie macierzy i wektorów	50
2.5.7.	Operatory relacji i operatory logiczne	51
2.5.8.	Relacje i wyrażenia logiczne — przykłady	51
2.5.9.	Funkcje logiczne	53
2.5.10.	Priorytety operatorów arytmetycznych	54
2.6.	Znaki i nazwy specjalne	54
2.7.	System pomocy	56

Rozdział 3. Programowanie 59

3.1.	Editor, Live Editor, pliki skryptowe	60
3.1.1.	Editor — środowisko programistyczne MATLAB-a	60
3.1.2.	Live Editor — nowe środowisko programistyczne	61
3.1.3.	Uruchomienie skryptu z okna edytora lub Live Editor	63
3.1.4.	Polecenia z okna History	63
3.1.5.	Kotwiczenie edytora w panelu programu MATLAB	63
3.2.	Pliki funkcyjne	64
3.2.1.	Przygotowanie nowej funkcji w edytorze	64
3.2.2.	Wywołanie pliku funkcyjnego	65
3.2.3.	Zmienne lokalne, globalne i zmienna persistent	66
3.2.4.	Funkcje lokalne	66
3.2.5.	Funkcje zagnieżdżone	67
3.2.6.	Funkcje prywatne	68
3.2.7.	Funkcja anonimowa	69
3.2.8.	Podpowiedzi w oknach Command i Editor	70
3.2.9.	Priorytet wywołania funkcji	71
3.2.10.	Polecenia i funkcje biblioteczne	72
3.3.	Instrukcje sterujące przebiegiem programu	72
3.3.1.	Instrukcje warunkowe if	73
3.3.2.	Instrukcja wyboru switch	74
3.3.3.	Instrukcje iteracyjne: while, for i dwukropek (:)	75
3.4.	Wykrywanie błędów w MATLAB-ie	77
3.4.1.	Lokalizacja błędów w pliku z programem	77
3.4.2.	Błędy syntaktyczne i błędy wykonania	77
3.4.3.	Programowa obsługa błędów — try-catch-end	78
3.5.	Uruchamianie programu — debugger	79
3.5.1.	Rozpoczęcie pracy z debuggerem, wstawianie pułapki	79
3.5.2.	Debugger — stan wstrzymania obliczeń	80

3.5.3.	Debugger — zmienne lokalne funkcji ze stosu	81
3.5.4.	Debugger — śledzenie kolejnych linii programu	81
3.6.	Obsługa plików i folderów	82
3.6.1.	Wykonywanie poleceń systemu operacyjnego	82
3.6.2.	Folder aktualny i ścieżki dostępu — path	82
3.6.3.	Pliki w MATLAB-ie	84
3.6.4.	Zewnętrzne pliki z danymi — pliki ASCII i MAT-pliki	84
3.6.5.	Binarne MEX-pliki wykonywalne	85
3.7.	Poprawa wydajności MATLAB-a	86
3.7.1.	Sposoby poprawiania wydajności programu	86
3.7.2.	Wektoryzacja, operacje macierzowe i tablicowe	87
3.7.3.	Rezerwowanie pamięci na macierze i wektory	87
3.7.4.	Programowanie zorientowane obiektowo	88
3.8.	Uwagi dla zaawansowanego użytkownika	88
3.8.1.	Podział programu na sekcje (%% cell)	88
3.8.2.	Wielokrotne wykorzystanie tworzonych funkcji	91
3.8.3.	Raporty TODO/FIXME i inne	92
3.8.4.	Shortcuts, czyli skróty	93
3.8.5.	Preferencje — przygotowanie środowiska do pracy	93
3.8.6.	Mysz czy klawiatura?	93
3.8.7.	Funkcje eval, feval i podobne	94
3.8.8.	Funkcje o zmiennej liczbie parametrów	96
3.9.	Optymalizacja programu z użyciem profilera	97
3.10.	Jaja wielkanocne	98
Rozdział 4.	Wykresy w MATLAB-ie	99
4.1.	Wykresy plot, fplot i inne	100
4.1.1.	Funkcja plot	100
4.1.2.	Fplot, ezplot i inne funkcje graficzne	101
4.1.3.	Kolory, rodzaje linii i opisywanie wykresów	102
4.1.4.	Dwie osie pionowe y, jedna oś pozioma x	103
4.1.5.	Podział okna i modyfikowanie rysunków	104
4.1.6.	Funkcje do opisywania i modyfikowania wykresów	105
4.2.	Wykresy trójwymiarowe	106
4.2.1.	Mapy dla funkcji trójwymiarowych	107
4.3.	Interaktywne tworzenie i edycja rysunków	108
4.3.1.	Przykład — przygotowanie danych do wykresu	109
4.3.2.	Wykonanie wykresu z użyciem myszy	109
4.3.3.	Interaktywna edycja wykresów	109
4.3.4.	Narzędzia interaktywne — Plot Tools	110
4.3.5.	Przygotowanie programu tworzącego grafikę	113
4.3.6.	Przenoszenie rysunków i zapisywanie do pliku	114
Rozdział 5.	Typy danych i programy obiektowo zorientowane	115
5.1.	Fundamentalne typy danych	115
5.1.1.	Numeryczne typy danych	116
5.1.2.	Nienumeryczne typy danych	117
5.1.3.	Funkcje konwersji typów i klas	117
5.2.	Macierze pełne	117
5.2.1.	Sposoby tworzenia macierzy	118
5.2.2.	Wybrane funkcje i operacje macierzowe	120
5.3.	Macierze rzadkie	122
5.3.1.	Tworzenie macierzy rzadkich	122
5.3.2.	Operacje na macierzach rzadkich	123
5.3.3.	Uwagi dotyczące stosowania macierzy rzadkich	124

5.4.	Łańcuchy i tablice znakowe	124
5.5.	Tablice wielowymiarowe	126
5.5.1.	Wizualizacja tablicy trójwymiarowej	127
5.5.2.	Tworzenie tablicy trójwymiarowej przez indeksowanie i doklejanie warstw	128
5.6.	Tablice komórkowe cell	128
5.6.1.	Funkcje do obsługi tablic komórkowych	129
5.7.	Struktury	130
5.7.1.	Tworzenie struktury przez przypisanie	130
5.7.2.	Tworzenie struktury z użyciem funkcji struct	130
5.8.	Tabele i typ wyliczeniowy categorical	131
5.8.1.	Tworzenie i obsługa tabel	131
5.8.2.	Tablica wyliczeniowa, categorical array	132
5.9.	Datetime, duration, calendarDuration	133
5.9.1.	Typ datetime	133
5.9.2.	Typ duration	133
5.9.3.	Typ calendarDuration	134
5.9.4.	Timetable	134
5.10.	Tall Array i Tall Table — na duże zbiory danych	135

Rozdział 6. Klasy i programowanie obiektowo zorientowane 137

6.1.	Definiowanie klasy — classdef	137
6.1.1.	Przykład definiowania klasy — classdef	138
6.1.2.	Tworzenie obiektu należącego do klasy	139
6.1.3.	Tworzenie dodatkowych obiektów	140
6.1.4.	Bloki properties, methods i events w definicji klasy	140
6.1.5.	Pobieranie i zmiana wartości atrybutów obiektu	141
6.1.6.	Atrybuty private i hidden, metody get i set	142
6.2.	Dziedziczenie klas	143
6.2.1.	Definiowanie podklasy	143
6.2.2.	Obiekty należące do podklasy	145
6.2.3.	Funkcje do obsługi klas i obiektów	145
6.3.	Wizualizacja zmiany świateł drogowych	146
6.3.1.	Synchronizacja pracy czterech sygnalizatorów	146
6.3.2.	Skrypt uruchamiający wizualizację	148
6.4.	Przeciążanie funkcji i operatorów	149
6.4.1.	Przeciążanie w Control System Toolbox	150
6.4.2.	Jednoznaczność wyboru operatora lub funkcji	150
6.5.	Klasy języka Java	151
6.6.	Zadania dla Czytelnika	151

Rozdział 7. App Designer i GUI 153

7.1.	Obiekty graficzne MATLAB-a	153
7.1.1.	Hierarchia obiektów graficznych	153
7.1.2.	Atrybuty obiektu graficznego	155
7.1.3.	Zmiana atrybutów modyfikuje obiekty graficzne	156
7.2.	App Designer, tworzenie aplikacji z GUI	157
7.2.1.	Panel App Designer	157
7.2.2.	Automatyczne generowanie kodu aplikacji	159
7.2.3.	Wywołania zwrotne, dodatkowe funkcje i zmienne	159
7.3.	Przykład — interaktywny wykres cos(x)	160
7.3.1.	Odczytanie wartości po zmianie położenia suwaka	160
7.3.2.	Wyświetlenie wartości w okienku edycyjnym	161
7.3.3.	Wykonanie wykresu w oknie graficznym	161
7.3.4.	Nowy wykres po zmianie w oknie edycyjnym	162

7.3.5.	Zamknięcie okna aplikacji — przycisk STOP	162
7.3.6.	Wersja końcowa aplikacji	162
7.4.	App Designer — interaktywna wizualizacja rozwiązań równań różniczkowych	163
7.4.1.	Przykład — wizualizacja drgań z uwzględnieniem zmiany tłumienia	163
7.4.2.	Scenariusz i aranżacja obiektów graficznych	164
7.4.3.	Kodowanie wywołań zwrotnych i wykresów	165
7.4.4.	Zalety użycia uchwytu zamiast nazwy funkcji	167
7.5.	Instalowanie aplikacji	167
7.5.1.	Instalowanie własnych aplikacji	168
7.5.2.	Instalowanie rozszerzeń dostępnych poprzez Add-On Explorer	168
Rozdział 8.	Metody numeryczne	169
8.1.	Układy równań liniowych	169
8.1.1.	Dzielenie prawostronne dla $x \cdot A = b$	170
8.1.2.	Automatyczny wybór algorytmu	170
8.1.3.	Kilka rozwiązań dla różnych wektorów b	170
8.1.4.	Przykład rozwiązania równania liniowego z liczbami zespolonymi	171
8.1.5.	Równania liniowe źle uwarunkowane	171
8.1.6.	Sprawdzenie poprawności rozwiązań	172
8.1.7.	Pseudoodwrotność i rozwiązywanie równań nadokreślonych i niedookreślonych	173
8.2.	Równania różniczkowe zwyczajne, zagadnienie początkowe	173
8.2.1.	Zagadnienie początkowe, solver <code>odeXX</code>	173
8.2.2.	Wybór parametrów dla solvera <code>odeXX</code>	174
8.2.3.	Modyfikowanie parametrów solvera <code>odeXX</code>	175
8.2.4.	Wpływ parametrów solvera na obliczenia	176
8.2.5.	Algorytmy dla układów źle uwarunkowanych	178
8.3.	Równanie różniczkowe III rzędu, przykład	180
8.3.1.	Przekształcenie równania różniczkowego III rzędu na układ trzech równań I rzędu	180
8.3.2.	Przygotowanie pliku funkcyjnego obliczającego pochodne	181
8.3.3.	Wywołanie solvera <code>odeXX</code> i wizualizacja rozwiązania	182
8.3.4.	Symbolic Math Toolbox	183
8.3.5.	Model równania różniczkowego w Simulinku	183
8.4.	Inne równania różniczkowe i cząstkowe	184
8.4.1.	Równania różniczkowe z macierzą $M(t)$	184
8.4.2.	Zagadnienie brzegowe	185
8.4.3.	Równania różniczkowe zwyczajne z opóźnieniem	186
8.4.4.	Równania różniczkowe cząstkowe	186
8.4.5.	Zadania do samodzielnego rozwiązania	186
8.5.	Całkowanie i różniczkowanie	187
8.5.1.	Całkowanie numeryczne	187
8.5.2.	Całkowanie analityczne — Symbolic Math Toolbox	188
8.5.3.	Różniczkowanie numeryczne i analityczne	188
8.6.	Dekompozycja macierzy	189
8.6.1.	Dekompozycja LU	189
8.6.2.	Rozkład Cholesky’ego	190
8.6.3.	Dekompozycja QR	190
8.6.4.	Obliczenia równoległe w algebrze liniowej	190
8.7.	Wartości własne i wektory własne	191
8.8.	Analiza funkcji	191
8.8.1.	Minimum, maksimum i miejsca zerowe funkcji	191
8.8.2.	Obliczanie zer wielomianu	191

8.8.3.	Równanie nieliniowe i źle uwarunkowane	192
8.8.4.	Wielomian i funkcje wielomianowe	193
8.9.	Interpolacja i aproksymacja	194
8.9.1.	Interpolacja wielomianowa	194
8.9.2.	Aproksymacja wielomianowa	194
8.9.3.	Funkcja sklejana — spline function	194
8.9.4.	Przykład interpolacji i aproksymacji	195
8.9.5.	Interpolacja i aproksymacja w oknie Basic Fitting	196
8.10.	Analiza statystyczna	196
8.11.	Analiza sygnałów	198
8.11.1.	Przykład analizy przebiegu odkształconego	199
Rozdział 9.	Przetwarzanie obrazów	201
9.1.	Zapis i odczyt obrazów, liczby 8- i 16-bitowe bez znaku	201
9.2.	Grafika 24-bitowa (true color)	202
9.3.	Palety barw i obrazy indeksowane	203
9.3.1.	Palety barw	203
9.3.2.	Obrazy indeksowane	205
9.3.3.	Obrazy w skali szarości, pseudokolor	205
9.3.4.	Przekodowywanie obrazów stało- i zmiennoprzecinkowych	205
9.3.5.	Przekodowanie obrazu kolorowego na szary	206
9.4.	Przetwarzanie obrazów rastrowych	206
9.4.1.	Przygotowanie obrazu do testów	206
9.4.2.	Przetwarzanie punktowe — negatyw	207
9.4.3.	Przetwarzanie punktowe — rozjaśnianie i ściemnianie	207
9.4.4.	Operacje logiczne — binaryzacja	208
9.4.5.	Operacje morfologiczne	209
9.4.6.	Operacje arytmetyczne. Filtry	210
9.5.	Światło, odbicia i tekstury	212
9.5.1.	Źródła światła i odbicia	212
9.5.2.	Tekstura — nakładanie obrazu na powierzchnię	213
Rozdział 10.	Simulink — pakiet do modelowania i symulacji	215
10.1.	Pierwsza sesja z Simulinkiem	215
10.1.1.	Otwarcie okna Simulink Editor	216
10.1.2.	Pobieranie bloków z bibliotek do okna modelu	216
10.1.3.	Łączenie bloków liniami przesyłania sygnałów	217
10.1.4.	Uruchomienie symulacji	218
10.1.5.	Wizualizacja wyników symulacji	219
10.1.6.	Tryby przyspieszone symulacji — accelerated i rapid	220
10.1.7.	Stepper	221
10.2.	Druga sesja z Simulinkiem	221
10.3.	Podsystemy — blok Subsystem	223
10.3.1.	Przykład modelu definiowanego graficznie	223
10.3.2.	Tworzenie podsystemów	224
10.3.3.	Maskowanie podsystemów	225
10.4.	Biblioteki bloków	227
10.4.1.	Tworzenie własnych bibliotek bloków	227
10.4.2.	Dodatkowe bloki i biblioteki z toolboksów	227
10.5.	Modelowanie fizyczne	228
10.6.	Stateflow — modelowanie i symulacja systemów sterowanych zdarzeniami	229
10.6.1.	Simulink i blok Stateflow Chart	229
10.6.2.	Diagram stanu	230
10.6.3.	Symulacja sterowania poślizgowego	231
10.6.4.	Generowanie kodu dla modeli	232
10.7.	Dodatkowe moduły rozszerzające środowisko Simulinka	232

Rozdział 11. Dodatek	235
11.1. MATLAB Online i MATLAB Drive	235
11.2. Big data, obsługa dużych zbiorów danych	236
11.2.1. Zbiory danych używane do badań i testowania	237
11.2.2. Dostęp do danych przez obiekt datastore	238
11.2.3. Tall array i tall table	242
11.2.4. MapReduce	246
11.3. Obliczenia równoległe	246
11.3.1. Automatyczny tryb pracy równoległej	246
11.3.2. Obliczenia równoległe na komputerze wieloprocessorowym	246
11.3.3. Biblioteki toolbox z bezpośrednim wsparciem dla obliczeń równoległych	248
11.3.4. Obliczenia równoległe z użyciem GPU	248
11.3.5. Klastry, chmury, sieci lokalne i rozproszone	250
11.4. Modele obiektów używanych w Control System Toolbox™, System Identification Toolbox™ i w Robust Control Toolbox™	250
11.4.1. Abstrakcyjne superklasy definiujące atrybuty i metody wykorzystane w modelach	251
11.4.2. Klasa numliti oraz modele typu tf, zpk, ss i inne	252
11.4.3. Liniowe i nieliniowe modele identyfikowalne	253
11.4.4. Modele uogólnione oraz z niepewnymi parametrami	254
11.4.5. Bloki Simulinka	257
11.5. Biblioteka Control System Toolbox™	258
11.5.1. Ciągłe i dyskretne modele numliti w ControlSystem Toolbox	258
11.5.2. Model dyskretny i równanie w dziedzinie czasu	259
11.5.3. Pobieranie danych z modelu numliti	262
11.5.4. Zmiana nazwy zmiennej w polu Variable	262
11.5.5. Badanie właściwości modelu	263
11.6. ThingSpeak™ — obsługa urządzeń IoE w chmurze	264
11.6.1. Tworzenie nowego kanału dla danych IoE	265
11.6.2. Przykład przetwarzania danych w chmurze	266
11.6.3. Przetwarzanie danych pomiarowych w chmurze	267
11.6.4. Wsparcie dla różnych technologii	268
Bibliografia	269
Skorowidz	271

Rozdział 1.

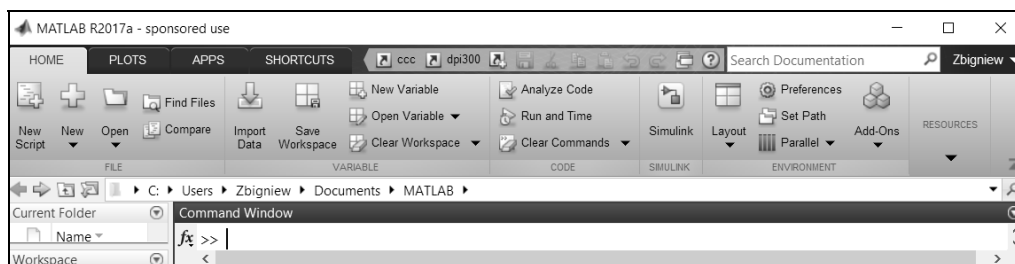
Wstęp

MATLAB® jest produktem firmy **The MathWorks, Inc.** z USA. Używanie MATLAB-a i jego rozszerzeń wymaga posiadania licencji (podrozdział 1.2.3). Niniejsza książka opisuje 64-bitową wersję MATLAB-a 2017a, ale uwzględnia też ostatnią 32-bitową wersję 2015b. ThingsSpeak™ ma bezpłatny ograniczony dostęp do MATLAB-a

- ♦ Wybrane przykłady programów z niniejszej książki są dostępne w internecie. Aby je pobrać, należy otworzyć stronę www.mathworks.com/ i w okienku wyszukiwania wpisać nazwisko autorów książki: Mrozek lub otworzyć <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/?term=mrozek>.
- ♦ Niektóre przykłady są dostępne bezpośrednio z panelu MATLAB-a, po wybraniu zakładki *APPS/Get More Apps* (podrozdział 1.2.2) lub *HOME/Community* — i po wpisaniu nazwiska Mrozek w okienku *Search*.
- ♦ Przykłady dla starszych wydań MATLAB-a zamieszczono wraz z opisem wcześniejszych wydań tej książki na <https://www.mathworks.com/>.

1.1. Dlaczego MATLAB odnosi sukcesy?

MATLAB jest przyjazny dla użytkownika. Efektywne korzystanie z MATLAB-a i jego wybranych rozszerzeń jest możliwe bezpośrednio z panelu (rysunek 1.1-1), bez potrzeby programowania, już po przeczytaniu nawet tylko drugiego rozdziału tej książki. Jednakże przygotowanie prostego programu lub aplikacji App umożliwia wielokrotne wykorzystanie przygotowanej sekwencji obliczeń.



Rysunek 1.1-1. Panel MATLAB-a — wstążka z ikonami narzędzi dostępnych z zakładki HOME

MATLAB zawiera szeroki zestaw funkcji graficznych dostępnych z panelu po wybraniu zakładki *PLOTS*: generowanie wykresów funkcji jednej i dwóch zmiennych, wykresów kołowych, paskowych, konturowych, cieniowanych, wizualizację odwzorowań dwu- i trójwymiarowych. Posiada także bogate środki opisu tekstowego: różne czcionki, symbole specjalne, strzałki itp.

1.1.1. MATLAB dla projektantów i naukowców

Inżynierowie i naukowcy nie powinni tracić czasu na czytanie obszernych tomów dokumentacji oprogramowania ani na tworzenie własnego oprogramowania *ab ovo*. Potrzebują gotowego, niezawodnego i łatwego w użytkowaniu systemu, który wspomaga obliczenia matematyczne typowe dla ich pracy. MATLAB i jego rozszerzenia spełniają te wymagania.

MATLAB umożliwia rozwiązywanie różnorodnych problemów poprzez ułatwienie dostępu do efektywnych algorytmów obliczeniowych i możliwość wizualizacji wyników. W znacznym stopniu wyparł z obliczeń naukowo-technicznych języki uniwersalne (Fortran, C, C++), ograniczając ich zasadniczą rolę do funkcji oprogramowania narzędziowego. Środowisko MATLAB jest otwarte. Daje to możliwość zarówno wykorzystywania oprogramowania istniejącego, jak i budowania oprogramowania własnego, w tym aplikacji App, toolboksów i bibliotek modeli symulacyjnych.

1.1.2. MATLAB rozumie matematykę

MATLAB jest językiem wysokiego poziomu. Ma wbudowane operacje matematyczne na *wektorach*, *liczbach zespolonych* i *macierzach*. Nawet zaawansowane obliczenia można wykonać bez programowania, wpisując wyrażenia matematyczne w głównym oknie programu. Uzyskane wyniki można przedstawić na wykresach dwu- i trójwymiarowych lub dalej przetwarzać, korzystając z dostępnych aplikacji. Prócz operacji macierzowych zaimplementowano w MATLAB-ie operacje na macierzach rzadkich i *tablicach*.

Profesjonalna **biblioteka matematyczna i graficzna** jest oparta na bibliotekach optymalizowanych pod kątem operacji blokowo-macierzowych. LAPACK *Linear Algebra Package* i BLAS *Basic Linear Algebra Subroutines* stanowią bazę dla wszystkich elementów składowych środowiska MATLAB. Wbudowano ją częściowo do jądra MATLAB-a, a częściowo ma ona postać plików zewnętrznych, umieszczonych w folderach mających początek w *matlab\toolbox\matlab*. MATLAB wykorzystuje też bardzo szybką bibliotekę transformat Fouriera — FFTW (*Fastest Fourier Transform in the West*).

1.1.3. MATLAB udostępnia narzędzia rozwiązujące problemy matematyczne typowe dla wielu dziedzin nauki i techniki

Na bazie MATLAB-a, który ma wbudowane algorytmy matematyczne i obsługę grafiki, utworzono kilkadziesiąt rozszerzeń, w tym toolboksy, Simulink i jego biblioteki oraz narzędzia pozwalające rozwiązywać rzeczywiste problemy z wielu dziedzin. Powstają

też kolejne narzędzia uwzględniające nowe obszary zastosowań MATLAB-a. Wiele z nich można uzyskać nieodpłatnie. Dzięki temu użytkownik może w prosty sposób dobrać zestaw rozszerzeń adekwatnych do swoich potrzeb.

1.1.4. MATLAB oferuje interaktywne aplikacje App

Aplikacje App to interaktywne programy obsługujące pełny cykl obliczeń poprzez interfejs użytkownika, od pobrania danych po wykonanie obliczeń i prezentację wyników w postaci tekstowej lub graficznej. Aplikacje umożliwiają zmianę algorytmów obliczeniowych, ich parametrów oraz sposobów wizualizacji i zapisywania wyników. Pozwala to na powtarzanie obliczeń (iterację) aż do uzyskania zadowalających rezultatów.

Pewna liczba aplikacji App jest dostarczana wraz z MATLAB-em i jego rozszerzeniami. Dodatkowe aplikacje App można przygotować samodzielnie, korzystając z narzędzia *App Designer* (podrozdział 7.2). Można też przeszukać zasoby udostępniane poprzez opcję *Add-On Explorer* (podrozdziały 1.2.2 i 7.5.2).

1.1.5. MATLAB integruje proces projektowania

MATLAB ułatwia współpracę specjalistów z różnych dziedzin. Podczas realizacji projektów mogą oni wykorzystywać potrzebne im rozszerzenia MATLAB-a do budowy modeli i do badań symulacyjnych. Korzystając z Simscape można integrować modele z różnych dziedzin i badać je metodami symulacyjnymi (ang. *model based design*). Można też tworzyć modele czasu rzeczywistego i badać je w trybie HiL (ang. *hardware in the loop*). Algorytmy użyte w modelach można przetworzyć na kod, który pozwoli zaprogramować odpowiednio karty prototypowe, karty z układem FPGA (ang. *field-programmable gate array*), sterowniki PLC (ang. *programmable logic controller*) lub systemy z wbudowanym procesorem.

1.1.6. MATLAB jest szybki, łatwy i wydajny

MATLAB jest znacznie szybszy niż dawniej, gdyż ulepszono jego silnik LXE (ang. *language execution engine*). Co więcej, obliczenia mogą być jeszcze szybsze przy wykorzystaniu algorytmów równoległych (podrozdział 11.3). Ponadto wszystkie operacje są wykonywane z dużą dokładnością na liczbach o podwójnej precyzji — chyba że będą inne wymagania (np. przetwarzanie grafiki jest często efektywniejsze z użyciem liczb typu `uint8`).

Przy projektowaniu czas przygotowania i testowania programu jest często znacznie dłuższy niż czas faktycznych obliczeń. MATLAB jest przyjazny dla użytkownika, a wiele zadań można zrealizować w nim z poziomu pulpitu (rysunek 1.1-1), bez potrzeby programowania.

Jeśli przygotowanie programu jest konieczne, to programista jest wspierany przez wbudowane inteligentne edytory, bardzo bogate biblioteki oprogramowania, debugger, profiler i inne narzędzia.

1.1.7. MATLAB jest wiarygodny

Poprawność i dokładność używanych algorytmów są kontrolowane od wielu lat przez producenta (firma powstała w 1984 roku) oraz przez ponad milion użytkowników. Jak już wspomniano, operacje matematyczne w MATLAB-ie są wykonywane z dużą dokładnością na liczbach o podwójnej precyzji. Przy przetwarzaniu grafiki zazwyczaj wystarczające jest użycie liczb `uint8` (ang. *unsigned integer 8-bit*).

Jeśli MATLAB jest używany w projektowaniu systemów krytycznych z uwagi na bezpieczeństwo — przewidziano konieczność uzyskania certyfikatów wymaganych przez prawo. Służą do tego narzędzia do badania poprawności kodu (grupa *Polyspace*) oraz:

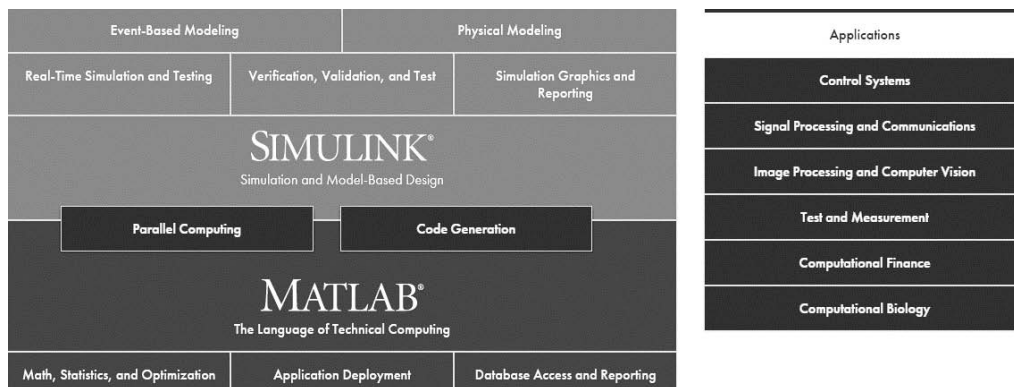
- ◆ IEC Certification Kit (dla IEC 61508 i ISO 26262), używany np. przy projektowaniu systemów bezpieczeństwa w samochodach: ABS, napinania i zwalniania pasów oraz obsługi poduszek powietrznych;
- ◆ DO Qualification Kit (certyfikacja awioniki lotniczej DO-178C, DO-278A).

O poziomie zaufania do MATLAB-a i Simulinka może świadczyć ich użycie do kontroli lotu i nawigacji sondy podczas misji kosmicznej New Horizons (rozpoczętej w 2006 roku; sonda dotarła do Plutona w roku 2015) — <http://blogs.mathworks.com/steve/2015/07/19/new-horizons-pluto-program-used-matlab-and-image-processing-for-navigation/>.

1.2. Środowisko MATLAB i Simulink

MATLAB, Simulink i ich rozszerzenia tworzą środowisko programistyczne pokazane na rysunku 1.2-1. Bazą tego środowiska są:

- ◆ MATLAB, który udostępnia narzędzia i oprogramowanie dostępne z panelu (rysunek 1.1-1), w tym algorytmy matematyczne i grafikę.
- ◆ Simulink, który wykorzystując MATLAB-a, tworzy środowisko do *graficznego projektowania systemów* w oparciu o modele (ang. *model based design*) oraz do symulacji i analizy tych systemów.



Rysunek 1.2-1. Środowisko pakietu MATLAB/Simulink — kopia interaktywnej strony <http://www.mathworks.com/products/pfo> (reprinted with permission of The MathWorks, Inc.)

Żaden z elementów tego środowiska (program, funkcja, biblioteka) nie będzie działać bez MATLAB-a lub bez MATLAB-a i Simulinka. Wyjątkiem są programy skompilowane przez *MATLAB Compiler*, do których dołączono niezbędne biblioteki oraz komputery i ich klastry pracujące równolegle w sieci zarządzanej przez *MATLAB Distributed Computing Server*.

Pozostałe zależności (np. *Econometrics Toolbox* wymaga MATLAB-a oraz toolboków: *Optimization Toolbox* i *Statistics and Machine Learning Toolbox*) są podane w tabeli *Add-On Product Requirements & Platform Availability for R2017a*. Jest ona dostępna na www.mathworks.com po wpisaniu Product Requirements w okienku Search.

1.2.1. Interaktywna mapa środowiska MATLAB i Simulink

Na stronie <http://www.mathworks.com/products/pfo> (rysunek 1.2-1) jest dostępna interaktywna mapa odpłatnych rozszerzeń MATLAB-a (ok. 60), rozszerzeń Simulinka (ok. 40) oraz innych usług i produktów. Kliknięcie wybranego obszaru tej strony powoduje wyświetlenie linków i nazw rozszerzeń przeznaczonych do obsługi odpowiednich zastosowań. Kliknięcie kolejnych linków wyświetla szczegółowy opis wybranego rozszerzenia.

Rozszerzenia MATLAB-a to ok. 40 bibliotek *toolbox* (zwanych też przybornikami) oraz ok. 20 aplikacji i narzędzi, w tym do tworzenia oprogramowania, pracy równoległej, raportowania i innych usług. Toolboksy to wyspecjalizowane pakiety oprogramowania, które poszerzają MATLAB-a o zastosowania z zakresu automatyki, przetwarzania sygnałów i obrazów, optymalizacji, inżynierii finansowej, obliczeń symbolicznych, sieci neuronowych, logiki rozmytej i wielu innych.

Rozszerzeniami Simulinka (rozdział 10.) są:

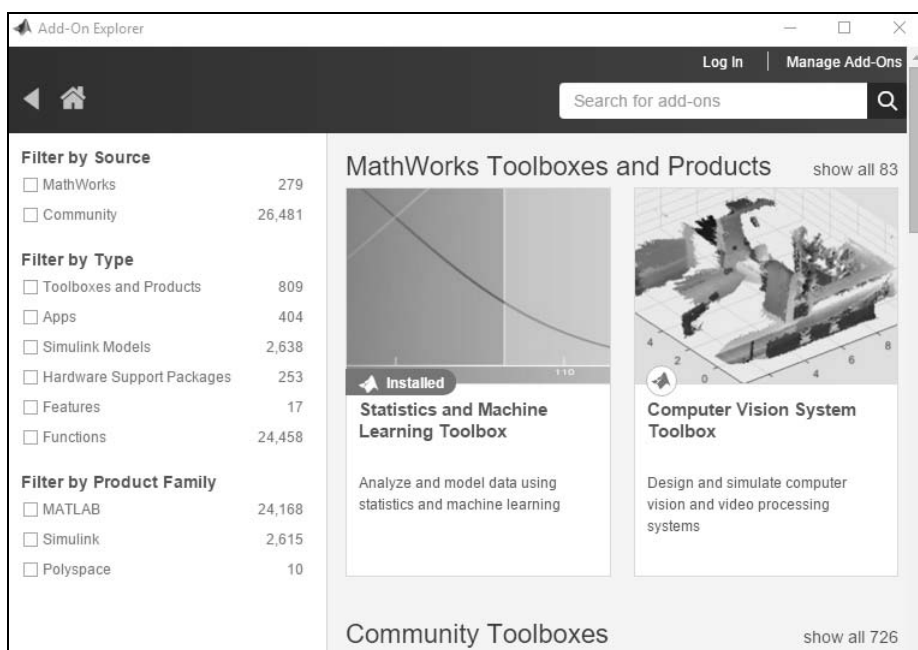
- ♦ *Blocksets*, czyli dodatkowe biblioteki bloków zawierające wyspecjalizowane modele i poszerzające zastosowania Simulinka;
- ♦ dodatkowe bloki Simulinka dostarczane wraz z *Control System Toolbox™*, *System Identification Toolbox™*, *Fuzzy Logic Toolbox™* i innymi toolboksami; niektóre z nich omówiono w podrozdziale 11.4.5;
- ♦ pakiety do wielodomenowego, wirtualnego modelowania fizycznego: *Simscape*, *Simscape Multibody*, *Simscape Driveline*, *Simscape Fluids*, *SimRF*, *Simscape Electronics* i *Simscape Power Systems*;
- ♦ *SimEvents* i *Stateflow®*, czyli zintegrowane z Simulinkiem środowisko do symulacji procesów ze zdarzeniami i maszyna stanów do symulacji systemów reaktywnych;
- ♦ narzędzia do symulacji i testowania w czasie rzeczywistym;
- ♦ narzędzia do weryfikacji, walidacji i testowania;
- ♦ aplikacje do zastosowania w obszarach wymienionych w prawej kolumnie na rysunku 1.2-1.

Wybrane rozszerzenia MATLAB-a i Simulinka oraz ich zastosowania omówiono w Dodatku, w rozdziale 11.

1.2.2. Rozszerzenia dostępne poprzez Add-On Explorer

MATLAB ma narzędzie do poszukiwania i instalowania rozszerzeń oferowanych zarówno przez producenta, The MathWorks Inc., jak i przez niezależne firmy, uniwersytety i użytkowników MATLAB-a.

Po wybraniu na panelu MATLAB-a zakładki *APPS* i ikony *Get More Apps*  pojawia się okno *Add-On Explorer* (rysunek 1.2.2-1). Narzędzie to umożliwia przeglądanie wielu tysięcy opisów dodatkowych funkcji, ponad 2600 modeli Simulinka, ponad 800 toolboksów i innych produktów oraz ponad 250 pakietów oprogramowania do współpracy MATLAB-a i Simulinka z systemami *Android*, *Arduino*, *Lego Mindstorms*, *National Instruments*, *Raspberry Pi* i wieloma innymi.



Rysunek 1.2.2-1. Okno *Add-On Explorer* umożliwiające przeglądanie wielu tysięcy opisów dodatkowego oprogramowania do MATLAB-a i Simulinka

Niektóre przykłady programów udostępniane na <http://www.mathworks.com/matlabcentral/> są dostępne również w *Add-On Explorer*. Po wpisaniu nazwiska Mrozek w okienku *Search* pojawiają się niektóre przykłady z tej książki (żadna z opcji *Filter by Type* nie powinna być zaznaczona).

1.2.3. Wybór licencji MATLAB-a

Koszt zakupu licencji MATLAB-a zależy od okresu jej ważności (3 miesiące, 12 miesięcy lub bezterminowo), od zakupionych rozszerzeń (toolboksy, toolkity i inne rozszerzenia) oraz od możliwości uzyskania ceny akademickiej, studenckiej, edukacyjnej czy

też domowej. Licencje bezterminowe mają 12-miesięczny okres wsparcia technicznego i aktualizacji oprogramowania. Po tym okresie producent zaleca zakupienie subskrypcji aktualizacji i wsparcia.

1.2.3.1. Licencja standardowa

Licencje standardowe są przeznaczone do wszelkich zastosowań komercyjnych. Licencje te mogą być 3-miesięczne, 12-miesięczne lub bezterminowe.

Dostępna jest też licencja *MATLAB Distributed Computing Server* (MDCS) na klaster komputerów. Umożliwia ona wykonywanie obliczeń przygotowanych na licencjach programu MATLAB i przesłanych do MDCS za pomocą modułu Parallel Computing Toolbox.

1.2.3.2. Licencja akademicka i dla szkół

Uczelnie i inne instytucje akademickie mogą zakupić indywidualne i sieciowe licencje edukacyjne (do celów dydaktycznych) oraz licencje do niekomercyjnych badań naukowych i publikacji ich wyników.

Najwyższe licencje zwane *Total Academic Headcount* i *Total Student Headcount* zezwalają na instalowanie kopii oprogramowania również na prywatnych komputerach odpowiednio studentom i naukowcom bądź tylko studentom. Umożliwiają też korzystanie z MATLAB Online (w chmurze).

Studenci i pracownicy kilku polskich uczelni mogą już instalować MATLAB-a na prywatnych komputerach w ramach licencji akademickiej *TAH*. Licencja *TSH* daje prawo instalowania MATLAB-a tylko studentom. Studentom udostępniane są jeszcze lepsze i tańsze oferty. Jest też licencja *STEM* dla szkół średnich i podstawowych.

1.2.3.3. Licencja studencka

Wersja studencka MATLAB-a jest wieloplatformowa, może być zainstalowana na 64-bitowych systemach Windows, Linux i Mac OS. Jest prawie identyczna z wersją standardową i jest oferowana w jednym z dwu wariantów:

- ♦ wersja poszerzona **MATLAB and Simulink Student Suite** zawiera MATLAB-a, Simulinka i 10 innych najczęściej używanych produktów oraz dodatkowo narzędzia do prototypowania, testowania i uruchamiania modeli na Arduino®, LEGO® MINDSTORMS® NXT™ i EV3™ oraz Raspberry Pi® i innych popularnych urządzeniach; cena rekomendowana to 69 euro + VAT (w 2017 roku);
- ♦ tylko MATLAB (cena rekomendowana 35 euro + VAT) — pozostałe elementy mogą być dokupione zależnie od kierunku studiów.

Najbardziej widoczne różnice pomiędzy wersjami studencką i standardową to znak zachęty `EDU>>` zamiast `>>` oraz dopisek *Student Version of MATLAB* umieszczany na wydrukach. W Simulinku liczba bloków nie może być większa niż 1000 i nie mogą być używane akceleratory. Do wersji studenckiej można dokupić prawie wszystkie toolboksy i toolkity oraz rozszerzenia *SimScape* i podobne.

1.2.3.4. MATLAB Home

Pełna wersja MATLAB-a dla użytkowników domowych jest oferowana w cenie 105 euro + VAT (w 2017 roku). Rozszerzenia (w tym Simulink) są oferowane w cenie 29 euro każde. Nie ma ograniczeń w funkcjonalności MATLAB-a. Jako zabezpieczenie na ekranie jest wyświetlana informacja o użytkowaniu wersji Home — nie wszystkie rozszerzenia MATLAB-a mogą wtedy być instalowane.

W Simulink Home ograniczono maksymalną liczbę bloków w modelu do 1000 i nie ma możliwości używania akceleratorów Simulinka.

1.2.4. MATLAB w chmurze

Obliczenia w chmurze wymagają dostępu do internetu. Korzyścią jest uniezależnienie użytkownika od:

- ♦ dostępu do komputera o dużej wydajności (procesor, RAM, dysk);
- ♦ konieczności instalowania i aktualizowania MATLAB-a i jego rozszerzeń oraz aktualizowania i konfigurowania systemu operacyjnego.

Pliki mogą być przechowywane w chmurze (usługa MATLAB Drive) i synchronizowane z plikami na lokalnym komputerze.

1.2.4.1. MATLAB Online

MATLAB Online udostępnia pulpit MATLAB-a w dowolnej przeglądarce internetowej pod adresem *matlab.mathworks.com*. Opis jest dostępny na stronie <http://www.mathworks.com/products/matlab-online.html>. Przykład użycia MATLAB-a Online zamieszczono w rozdziale 11. Usługa jest dostępna dla użytkowników z indywidualną licencją, mających wykupioną usługę subskrypcji uaktualnień. Również licencje uczelniane zwane TAH i TSH dają dostęp do MATLAB-a Online. Zalecaną przeglądarką jest Google Chrome. Użytkownicy iPhone'ów, iPadów oraz systemu Android mogą korzystać tylko z MATLAB-a Mobile. Przykłady użycia MATLAB Online i MATLAB Drive zamieszczono w podrozdziałach 11.1 i 11.2.

1.2.4.2. MATLAB Mobile na smartfony i tablety

MATLAB Mobile to lekki pulpit na iPhone, iPad lub urządzenie z systemem Android, który łączy się z oprogramowaniem MATLAB działającym w chmurze lub na lokalnym komputerze (rysunki 1.2.4.2-1 i 1.2.4.2-2). Pozwala to uruchamiać skrypty, tworzyć dane i wyświetlać wyniki. Usługi w chmurze są bezpłatne dla użytkowników mających wykupioną usługę subskrypcji uaktualnień. Połączenie z komputerem lokalnym wymaga wcześniejszego wykonania polecenia `connector on`. W aktualnej wersji MATLAB-a Mobile zapewniono:

- ♦ tworzenie i edycję plików w edytorze;
- ♦ wsparcie dla grafiki prezentacyjnej na iPad i Android;
- ♦ zgodność większości interfejsów GUI z iPhone'em, iPadem i Androidem;
- ♦ możliwość wykorzystania danych z czujników komórki lub tabletu:
 - ♦ przyspieszenie, prędkość kątowna i pole magnetyczne w trzech osiach;
 - ♦ orientacja (ang. *azimuth*, *pitch*, *roll*);
 - ♦ pozycja (ang. *latitude*, *longitude*, *altitude*, *horizontal accuracy*, *speed*, *course*).



Rysunek 1.2.4.2-1. Pobieranie i instalowanie MATLAB-a Mobile na smartfonie z systemem Android



Rysunek 1.2.4.2-2. Okno MATLAB-a i jego klawiatura na ekranie smartfona

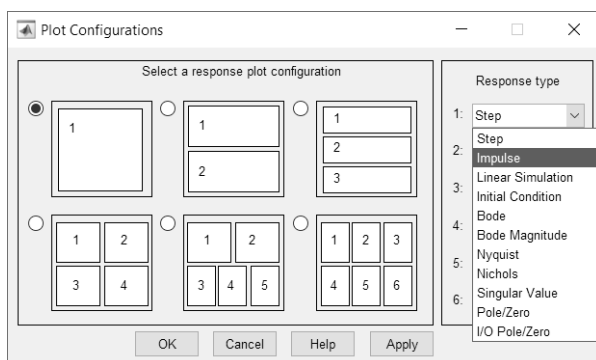
Jako przykład (rysunek 1.2.4.2-2) na ekranie smartfona pokazano wyliczone w chmurze elementy kwadratu magicznego. Pokazano też, że suma elementów w każdej kolumnie tego kwadratu wynosi 65. Na smartfonie i na tabletach nie można korzystać z okna graficznego Simulinka. Można jednak użyć polecenia `sim`, aby w MATLAB-ie uruchomić model Simulinka.

1.2.5. MATLAB Distributed Computing Server

Klaster realizujący obliczenia równoległe pod nadzorem *MATLAB Distributed Computing Server* nie musi mieć zainstalowanego MATLAB-a. Oprogramowanie do pracy równoległej jest ładowane z komputera, na którym zainstalowano *Parallel Computing Toolbox*, MATLAB-a i inne potrzebne oprogramowanie, a koszt licencji MATLAB-a na klaster jest wliczony do ceny serwera. Powyższe reguły obowiązują także dla sieci komputerów i dla chmury realizującej obliczenia równoległe.

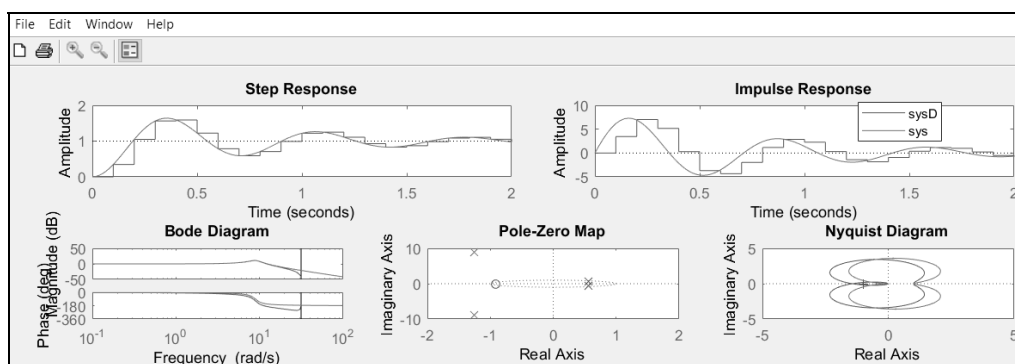
Rysunek 11.5.5.1-1.

Okno LTI Viewer
— wybór wykresów
i ich rozmieszczenia



Linear System Analyzer pokazuje przebiegi czasowe i dokonuje analizy częstotliwościowej systemów. Wykonuje wykresy Bodego, Nyquista i Nicholsa. Dobiera automatycznie odpowiednie częstotliwości i skale na osiach wykresów. Podaje odpowiedź czasową systemu na wymuszenie impulsowe i skokowe.

Na rysunku 11.5.5.1-2 pokazano odpowiedzi systemu $\text{sys} = \text{tf}(160, [2, 5, 160])$ i odpowiadającego mu systemu dyskretnego $\text{sysD} = \text{c2d}(\text{sys}, 0.1)$. Zgodnie z przewidywaniem zgodność odpowiedzi obu systemów jest bardzo dobra przy wymuszeniu jednostkowym, lecz pogarsza się dla wymuszenia impulsowego — z uwagi na duży udział wysokich częstotliwości. Zachęcamy również Czytelnika do samodzielnego zbadania systemu $\text{sysD} = \text{c2d}(\text{sys}, 0.1, \text{'prewarp'}, 2)$.



Rysunek 11.5.5.1-2. LTI Viewer — wykresy dla $\text{sys} = \text{tf}(160, [2, 5, 160])$ i $\text{sysD} = \text{c2d}(\text{sys}, 0.1)$, $\text{step}(\text{sysD})$

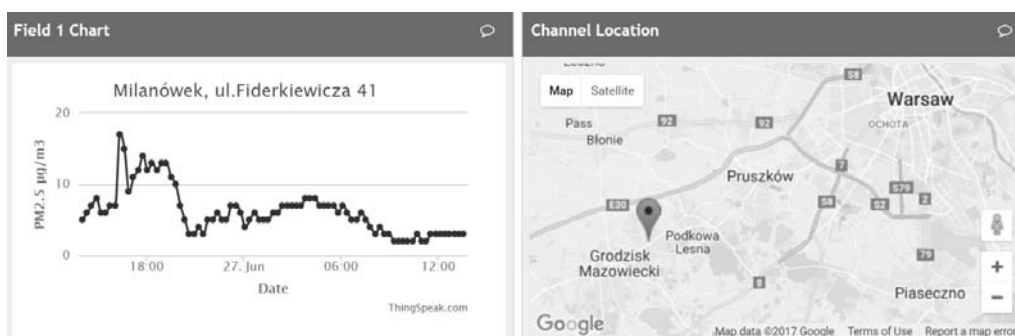
11.6. ThingSpeak™ — obsługa urządzeń IoE w chmurze

ThingSpeak™ to otwarta platforma do archiwizacji, przetwarzania, analizy oraz wizualizacji „na żywo” strumienia danych dostarczonych automatycznie przez czujniki połączone z internetem poprzez systemy mikroprocesorowe lub smartfony. Systemy te są znane jako IoT (ang. *Internet of Things*), ale coraz powszechniej używane jest określenie IoE (ang. *Internet of Everything*). Nazwa IoT nie obejmowała takich zastosowań

wań, jak zdalne monitorowanie pracy serca i innych narządów oraz lokalizacja ludzi i zwierząt.

ThingSpeak udostępnia kanał komunikacyjny i chmurę, w której można archiwizować oraz przetwarzać i wizualizować napływające dane oraz stronę internetową do publikowania wykresów i mapki, pokazującej lokalizację monitorowanego obiektu. *ThingSpeak* umożliwia też wysyłanie i odbieranie alertów poprzez usługi internetowe *Twitter*® lub *Twilio*®. Alert może informować o dowolnym zdarzeniu, np. zaniku lub przekroczenia wartości sygnału pomiarowego.

Wysyłane dane mogą być zadeklarowane jako prywatne. Wówczas dostęp do danych, wykresów i innych informacji mają tylko użytkownicy znający hasło. Jednak wiele kanałów z danymi jest dostępnych publicznie po wybraniu menu *Channels/PublicChannels* na stronie <https://thingspeak.com>. Takich kanałów jest obecnie ponad 15 000, w tym pewna liczba z Polski (rysunek 11.6-1).



Rysunek 11.6-1. Prezentacja pomiarów zanieczyszczenia powietrza przygotowana przez Społeczne Liceum Ogólnokształcące nr 5 w Milanówku, <https://thingspeak.com/channels/224426>, tag *Milanówek*

Podstawowe usługi *ThingSpeak* są bezpłatne i umożliwiają obsługę niewielkich, niekomercyjnych projektów z monitorowaniem maksymalnie 8 sygnałów, odświeżanych co 15 sekund. Do przetwarzania danych w chmurze można używać dostępnych tam aplikacji i języka MATLAB. Czas przetwarzania kolejnych porcji danych jest ograniczony do 20 sekund.

Jeśli bezpłatny dostęp nie jest wystarczający, to można zakupić licencję studencką, domową, akademicką lub standardową. Ceny zaczynają się od 55 lub 75 euro rocznie.

11.6.1. Tworzenie nowego kanału dla danych IoT

Posiadanie kanału *ThingSpeak* umożliwia przetestowanie procesu przetwarzania i wizualizacji danych w chmurze oraz poznanie języka MATLAB. Procedurę tworzenia kanału rozpoczyna się na stronie <https://thingspeak.com/>. Po kliknięciu przycisku *Get Started For Free* można utworzyć nowe konto lub zalogować się swoim hasłem z konta MathWorks lub *ThingSpeak*. Po zalogowaniu się należy wstępnie wypełnić formularz utworzenia kanału, pokazany na rysunku 11.6.1-1. Puste lub źle wypełnione rubryki będzie można później skorygować. Jeśli oprócz pól z nazwami kilku sygnałów (maksymalnie 8) zostaną wpisane współrzędne geograficzne miejsca pomiarów, to prócz wykresów będzie utworzona mapka Google z zaznaczoną lokalizacją miejsca pomiaru, jak na rysunku 11.6-1.

Formularz zatwierdza się przyciskiem *Save Chanell*. Po zatwierdzeniu pojawi się informacja z numerem kanału i hasłami do jego obsługi. Pojawia się też podpowiedzi, jak korzystając z *MQTT* API (ang. *message queueing telemetry transport, application programming interface*) wysyłać i pobierać kolejne dane z kanału oraz jak użyć *REST* API (ang. *representational state transfer*) do zdalnego zarządzania tym kanałem.

Kanał utworzono jako prywatny, ale aktualnie jest on dostępny publicznie pod adresem <https://thingspeak.com/channels/295141>.

Rysunek 11.6.1-1.

Fragment formularza do tworzenia nowego kanału w ThingSpeak

11.6.2. Przykład przetwarzania danych w chmurze

Poniżej pokazano przykład pobrania danych z kanału dostępnego publicznie w celu ich przetworzenia i wizualizacji we własnym kanale.

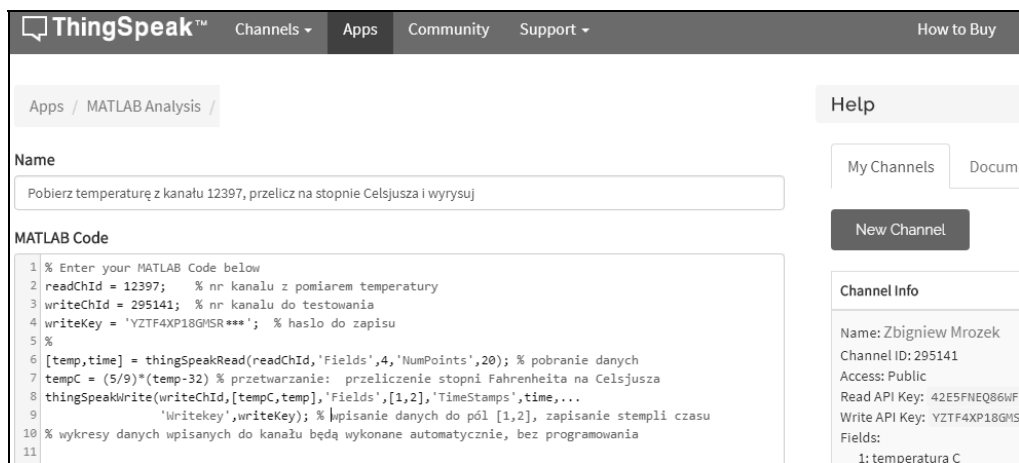
Przykład 11.6.2-1

Pobranie danych (temperatura i stempel czasu) z dostępnego publicznie kanału nr 12397 oraz, po przeliczeniu, wpisanie ich do własnego kanału nr 295141 w celu ich umieszczenia na stronie WWW.

Aby wpisać do chmury pokazany poniżej program w MATLAB-ie, należy wybrać zakładkę **Apps widoczną** na rysunku 11.6.1-2 i następnie, przechodząc przez kolejne strony: *MATLAB Analysis*, a potem *New/Templates/Custom(no starter code)*, kliknąć zielony przycisk *Create*.

Na nowej stronie należy wpisać nazwę (lub krótki opis) tworzonego programu oraz jego kod, czyli kolejne linie programu w języku MATLAB, zgodnie z rysunkiem 11.6.2-1. W liniach 3. i 4. należy wpisać numer *własnego kanału* i *własny kod zapisu*, zgodnie z podpowiedziami w *Channel Info*, po prawej stronie ekranu.

Program wykonano dwukrotnie, w odstępie 30 minut, pobierając każdorazowo 20 najnowszych wartości danych. Oba wykresy (temperatura w skali *Celsjusza* i *Fahrenheita*) oraz *mapa Google*, pokazująca miejsce zamieszkania autorów książki, zostały automatycznie umieszczone na stronie <https://thingspeak.com/channels/295141> i są publicznie dostępne. Widoczna na wykresie ciągła, pochylona linia łączy punkty pierwszej i drugiej grupy danych.



Rysunek 11.6.2-1. Okno do edycji i realizacji programów w języku MATLAB-a

11.6.3. Przetwarzanie danych pomiarowych w chmurze

Po kliknięciu zakładki *Apps* pojawia się strona z ikonami aplikacji do przetwarzania i wizualizacji danych oraz ikona okna do programowania w języku MATLAB. Są to:

- ♦ użycie MATLAB-a oraz aplikacje i wtyczki do wizualizacji danych;
- ♦ działania związane ze zdarzeniami, jak upływ czasu, komunikaty, przekroczenie zadanych wartości sygnału, w tym:
 - ♦ *ThingTweet* i *TweetControl* — działania związane z wysłaniem lub przyjęciem komunikatu z Twittera;
 - ♦ *TimeControl* — działania związane z upływem czasu;
 - ♦ *React* — działania związane z przekroczeniem zadanych wartości sygnału, w tym nadmierne oddalenie się od wskazanej lokalizacji GPS;
 - ♦ *TalkBack* — warunkowe dokończenie rozpoczętej sekwencji działań;
 - ♦ *ThingHTTP* — komunikacja pomiędzy urządzeniami z użyciem Prowl, Twilio i ThingHTTP.

W aplikacjach wykorzystywane są różne języki i protokoły, jak: MATLAB, JavaScript, HTML, CSS, MQTT API, REST API, JSON (ang. *JavaScript Object Notation*), Prowl (dla iOS, iPhone, iPad), Twilio i ThingHTTP.

Dodatkowe funkcje *thingSpeakArea*, *thingSpeakAuthenticate*, *thingSpeakAuthenticatedList*, *thingSpeakPlot*, *thingSpeakPlotYY*, *thingSpeakRead*, *thingSpeakScatter*, *thingSpeakStem*, *thingSpeakWrite*, *urlfilter* *thingSpeakClearAuthentication*, można pobrać z serwera <https://www.mathworks.com/matlabcentral/> po wpisaniu nazwy *ThingSpeak Support Toolbox* w okienku *Search*.

Na stronie <https://www.mathworks.com/help/thingspeak/examples.html> podano kilkadziesiąt linków do przykładów wykorzystania różnych technologii (Arduino, Raspberry Pi, ESP8266 Wi-Fi Module, Electric Imp) i wielu języków do współpracy z *ThingSpeak*.

Przetwarzanie danych z użyciem MATLAB-a przedstawiono wstępnie w przykładzie 11.6.2-1. Do przetwarzania danych można wykorzystać dostępne w *ThingSpeak* toolboksy, ale warunkiem jest zalogowanie się do *ThingSpeak* hasłem z MathWorks, które jest sprzężone z licencją na potrzebne toolboksy.

11.6.4. Wsparcie dla różnych technologii

Urządzenia oparte na technologiach Arduino®, Raspberry Pi™, BeagleBone Black i innych mogą się łatwo komunikować z *ThingSpeak*™. Warunkiem jest wsparcie dla protokołów TCP/IP, HTTP MQTT lub REST. Wartością dodaną dla użytkowników *ThingSpeak* jest bezpłatny dostęp do okrojonej wersji MATLAB-a poprzez okno pokazane na rysunku 11.6.2-1.

Na stronie <https://www.mathworks.com/hardware-support.html> można wyszukać oprogramowanie wspierające odczyt danych z czujników przyspieszenia (3 osie), pola magnetycznego (3 osie), prędkości kątowej (3 osie), orientacji (ang. *azimuth*, *roll*, *pitch*) oraz różnych danych *GPS* w systemach *Android* oraz *iPhone* i *iPad*.

Artykuły opisujące stacje pogodowe zbudowane i zainstalowane w siedzibie firmy The Mathworks, Inc. można odszukać, wpisując słowa *Arduino*, *Weather*, *Station* w okienku *Search* na stronie www.mathworks.com. Wynikiem jest kilkanaście linków. Inne przykłady są na: <https://www.mathworks.com/help/thingspeak/examples.html>.

Skorowidz

A

abs, 32, 125, 198
AbsTol, 97
abstrakcyjne superklasy, 251
accumarray, 118
acos, 31
acosh, 31
acot, 31
acotd, 31
acoth, 31
acsc, 31
acsch, 31
Add-On Explorer, 20
 rozszerzenia, 20
addpath, 87
airy, 119
aktualny folder, 82
algorytm, wybór, 170
all, 53
allchild, 156
alternatywa, 51
 wykluczająca, 51
analiza
 funkcji, 191
 maksimum, 191
 miejsca zerowe, 191
 minimum, 191
 obliczanie zer wielomianu, 191
 przebiegu odkształconego, 199
 równania nieliniowego, 192
 statystyczna, 196
 sygnałów, 198
angle, 198
Annotation Object, 154
ans, 55
any, 53
aplikacja
 App, 17, 60, 84
 instalowanie, 167
 wersja końcowa, 162
apostrof, 51
App, 17, 60
App Designer, 17, 153, 157
 interaktywny wykres, 160
 panel, 157
 wizualizacja interaktywna, 163

Apps, 15
aproksymacja, 59, 194
 funkcji schodkowej, 195
 funkcji, 195
 w Basic Fitting, 196
 wielomianowa, 194
 wielomianu, 193
apropos, 82
arcus cosecans, 31
arcus cosecans hiperboliczny, 31
arcus cosinus, 31
arcus cosinus hiperboliczny, 31
arcus cotangens, 31
Arduino®, 268
argumenty wejściowe funkcji, 54
arith, 47
array operation, 47
array2table, 131
arytmetyczne operacje
 macierzowe, 47
arytmetyczne operacje
 tablicowe, 47
asec, 31
asecd, 31
asech, 31
asin, 31
asind, 31
asinh, 31
atan, 31
atan2, 31
atan2d, 31
atand, 31
atanh, 31
atrybut, 137, 142, 143, 153, 155
 hidden, 142
 obiektu graficznego, 155
 private, 142
autumn, 204
axes, 105, 106, 138, 139
axis equal, 139
axis, 105, 106
axisHandle, 100, 101, 138, 139

B

backslash, 122
badanie macierzy, 121
balance, 122
Base Workspace, 81

base2dec, 118
Basic Fitting
 aproksymacja, 196
 interpolacja, 196
Basic Linear Algebra
 Subroutines, 16
bazy ortonormalne, 121
BeagleBone Black, 268
besselh, 119
besseli, 119
besselj, 119
besselk, 119
bessely, 119
beta, 119
betaine, 119
betaincinv, 119
betaln, 119
biblioteka
 bloków, 19, 227
 Control System Toolbox, 258
 FFTW, 16
 graficzna, 16
 matematyczna, 16
 sflib, 229
 toolbox, 19, 248
Big data, 236
bin2dec, 118
binaryzacja obrazu, 208
blacK, 102, 156
blanks, 126
BLAS, 16
blkdiag, 120
blocksets, 19
blok
 całkujący, 216
 do wizualizacji, 216
 events, 141
 genfrd, 255
 genss, 255
 Integrator, 216, 217, 222
 konstrukcyjny, 255
 maskowanie, 225
 methods, 140
 mnożenia, 222
 Mux, 222
 Product, 222
 properties, 140, 141
 Pulse Generator, 216, 219
 realp, 255
 Scope, 216, 217, 219, 222
 State, 230
 Stateflow Chart, 229

Stateflow, 232
Subsystem, 223, 225
Sum, 222
sumatora, 222
ufrd, 256
ureal, 255
uss, 256
bloki
 biblioteki bloków, 227
 całkujące, 217
 dynamiczne, 255
 Fcn, 222
 łączenie, 217
 Simulinka, 257
 statyczne, 255
błędy, 77
 debuger, 79
 składniowe, 77
 syntaktyczne, 77
 w zapisie, 33
 wykonania, 77, 78
bode, 263
bone, 204
box, 106
break, 72
brighten, 204
bsxfun, 47, 120
bvpget, 185
bvpinit, 185
bvpset, 185

C

calendarDuration, 133, 134
callback, 149, 156, 157, 165
całkowanie, 187
 analityczne, 188
 numeryczne, 187
camlight, 212
cart2pol, 40
Camera Toolbar, 110
CANVAS, zakładka, 164
cart2sph, 40
case, 74, 75, 149
cat, 82, 120, 126, 127
categorical array, 132
cd, 82, 87
cdf2rdf, 122
ceil, 32
cell array, 117, 129
cell, 88, 116, 128, 129, 137
cell2mat, 118, 129

cell2struct, 118, 129
 cell2table, 131
 celldisp, 129
 certyfikacja awioniki DO-178C, 18
 cellplot, 129
 char, 21, 22, 25, 77, 78, 92, 116, 118, 125, 137, 146
 chmura, 239, 250, 264
 dane pomiarowe, 267
 przetwarzanie danych, 266
 chol, 122
 cholupdate, 122
 circshift, 120, 127
 class, 117, 137, 139, 141, 142, 145, 146, 150
 classdef, 117, 137, 141, 144, 145
 clc, 95, 132
 clear all, 43
 clear, 43, 87
 clock, 55
 close all, 139
 cls, 43
 Code Analyzer Report, 92
 color, 138, 141, 155, 156
 colorbar, 110, 127, 154
 ColorLampClass, 144
 Command Window, 28, 41
 Component Library, 157, 159
 concatenate, 120
 constructor method, 139
 cont, 149
 contour, 108
 Control System Toolbox, 19, 150
 coder HDL Coder, 232
 colorbar, 204
 colorcube, 204
 colordef, 204
 colormap, 204
 compan, 118, 120
 computer, 55
 cond, 122, 172
 condeig, 121
 condest, 122
 Contents Report, 92
 continue, 72, 73
 Control Design Block
 bloki dynamiczne, 255
 bloki statyczne, 255
 Control System Toolbox™, 250, 258
 modele LTI, 258
 conv, 193, 198
 conv2, 198
 cool, 203
 copper, 204
 copyobj, 156
 corrcocf, 197
 cos, 31
 cosd, 31
 cosh, 31
 cot, 31
 cotd, 31
 coth, 31
 cov, 197, 198
 Coverage Report, 92
 cputime, 55
 cross, 47, 119, 193

esc, 31
 escd, 31
 esch, 31
 ctranspose, 47
 CUDA, 248
 cumprod, 197
 cumsum, 197
 czas obliczeń, 178
 czyszczenie
 ekranu, 43
 przestrzeni roboczej, 76

D

damp, 263
 dane
 lokalne, 238
 pomiarowe, 267
 typy fundamentalne, 115
 DatabaseDatastore, 241
 data
 aktualna, 55
 mixed-type tabular, 116
 datastore, 135, 236, 238
 datatypes, 130
 date, 55
 datestr, 55
 datetime, 115, 133
 dblquad, 188
 dbstack, 87
 deal, 129
 deblank, 126
 debugger, 17, 79, 221
 stan wstrzymania obliczeń, 80
 śledzenie linii programu, 81
 wstawianie pułapki, 80
 zmiana przestrzeni
 roboczej, 81
 zmiennne lokalne, 81
 znak zachęty K>>, 80
 dec2base, 118
 dec2bin, 118
 dec2hex, 118
 decimate, 198
 deconv, 193, 198
 definiowanie podklasy, 143
 dekompozycja
 LU, 189
 macierzy, 189
 QR, 190
 del, 82
 delete, 82, 156
 Dependency Report, 92
 det, 121
 deval, 185
 diag, 120
 diagram
 stanu, 229, 230
 UML, 138
 diffuse, 212
 dir, 82
 disp, 73, 75, 77, 79, 125
 dll, 64, 84
 DO Qualification Kit, 18
 doc, 82
 dokumentacja, 61, 89
 DoPlots, 165

dos, 82
 dot, 47, 119, 193
 double, 115, 125, 137
 drawnow, 156
 drss, 252
 dsort, 263
 dss, 252
 duration, 133
 dwukropek, 44, 75, 77, 120
 dziedziczenie klas, 140, 143
 dzielenie
 lewostronne, 49, 169
 macierzowe, 49
 macierzy, 47
 prawostronne, 49, 170
 tablic, 49
 tablicowe, 49
 wektorów, 47, 198

E

easter eggs, 98
 echo on, 72
 echo, 78
 Editor, 60, 70, 93, 159
 edytor
 Live Editor, 60
 Notepad++, 60
 efekt
 blur, 210
 Rungego, 196
 eig, 121, 263
 eigs, 121
 element
 maksymalny, 197
 minimalny, 197
 elfun, 31
 ellipj, 119
 ellipke, 119
 elmat, 47, 55, 87, 118
 elseif, 74
 end, 46, 72, 120
 eps, 33, 55, 107, 108, 114, 120
 erf, 119
 erfc, 119
 erfex, 119
 erfinv, 119
 error, 73, 77
 esort, 263
 etime, 55
 eval, 72, 87, 94, 95, 126
 evalc, 87, 94
 evalfr, 263
 evalin, 72, 87, 94
 event, 159
 exifread, 201
 exist, 53, 87
 exp, 31, 33, 36, 37, 39
 expint, 119
 expm, 31, 121
 expm1, 31
 eye, 79, 88, 115, 118, 119
 ezcontour, 101
 ezcontourf, 101
 ezmesh, 101
 ezmeshc, 101
 ezplot, 37, 101
 ezplot3, 101
 ezpolar, 101
 ezsurf, 101
 ezsurf, 101
 factor, 33
 factorial, 33
 fcontour, 101
 feval, 72, 87, 94, 96
 fft, 198, 199
 fft2, 198
 fftn, 198
 fftshift, 198
 FFTW, Fastest Fourier
 Transform in the West, 16
 fgoalattain, 248
 fieldnames, 130
 Figure, 153
 filt, 252
 filtry, 210, 211
 dolnoprzepustowe, 210
 górnoprzepustowe, 211
 find, 53, 82, 120, 124
 findobj, 156, 213
 findstr, 126
 fix, 32
 flag, 204
 flintmax, 33, 120
 flintmin, 120
 flipdim, 120
 fliplr, 120
 flipud, 120
 floor, 32
 fmesh, 101
 fminbnd, 191
 fmincon, 248
 fminimax, 248
 fminsearch, 191
 fminunc, 248
 foh, 260
 for, 72, 75, 87
 for-end, 72
 format
 ASCII, 42
 DOC, 90
 HTML, 90
 long e, 34
 long g, 34
 long, 34
 PDF, 90
 PPT, 90
 rat, 35, 50
 short, 34
 wektorowy, 114
 XML, 90
 graficzny, 114
 FPGA, 17
 fplot, 36, 69, 101, 191
 fplot3, 101
 frd, 252
 freqresp, 263
 freqspace, 44, 118
 fsolve, 248
 fsurf, 101
 fullfile, 240
 function, 60, 64, 72
 function handle, 64, 103, 117, 175

F

- funkcja, 71, 91, 131
- abs, 125, 198
- accumarray, 118
- acos, 31
- acosd, 31
- acosh, 31
- acot, 31
- acotd, 31
- acoth, 31
- acsc, 31
- acscd, 31
- acsch, 31
- airy, 119
- all, 53
- allchild, 156
- angle, 198
- any, 53
- arctg, 33, 34
- arcus cosecans
 - hiperboliczny, 31
- arcus cosecans, 31
- arcus cosinus
 - hiperboliczny, 31
- arcus cosinus, 31
- arcus cotangens, 31
- array2table, 131
- asec, 31
- asecd, 31
- asech, 31
- asin, 31
- asind, 31
- asinh, 31
- asv, 63, 84
- atan, 31, 33, 34
- atan2, 31
- atan2d, 31
- atand, 31
- atanh, 31
- autumn, 204
- axes, 105, 106
- axis, 105, 106
- backslash, 122
- balance, 122
- base2dec, 118
- besselh, 119
- besselj, 119
- besselk, 119
- bessely, 119
- beta, 119
- betainc, 119
- betaincinv, 119
- betaln, 119
- bin2dec, 118
- blanks, 126
- blkdiag, 120
- bode, 263
- bone, 204
- box, 106
- brighten, 204
- bsxfun, 47, 120
- bvpget, 185
- bvpinit, 185
- bvpset, 185
- c2d, 260
- camlight, 212
- cart2pol, 40
- cart2sph, 40
- cat, 120, 126, 127
- cd2rdf, 122
- ceil, 32
- cell, 128, 129
- cell2mat, 118, 129
- cell2struct, 118, 129
- cell2table, 131
- celldisp, 129
- cellplot, 129
- char, 118
- chgFreqUnit, 252
- chol, 122
- cholupdate, 122
- circshift, 120, 127
- class, 117, 145, 146
- classdef, 117, 137, 141, 145
- clock, 55
- colorbar, 204
- colorcube, 204
- colordef, 204
- colormap, 204
- compan, 118, 120
- cond, 122
- condeig, 121
- condest, 122
- conv, 193, 198
- conv2, 198
- cool, 203
- copper, 204
- copyobj, 156
- corrcoef, 197
- cos, 31
- cosd, 31
- cosh, 31
- cot, 31
- cotd, 31
- coth, 31
- cov, 197, 198
- cputime, 55
- cross, 47, 119, 193
- csc, 31
- cscd, 31
- csch, 31
- cumprod, 197
- cumsum, 197
- damp, 263
- datatypes, 130
- date, 55
- datestr, 55
- datetime, 115
- dblquad, 188
- deal, 129
- deblank, 126
- dec2base, 118
- dec2bin, 118
- dec2hex, 118
- decimate, 198
- deconv, 193, 198
- delete, 156
- det, 121
- deval, 185
- diag, 120
- diffuse, 212
- DoPlots, 165
- dot, 47, 119, 193
- double, 125
- drawnow, 156
- drss, 252
- dsort, 263
- dss, 252
- eig, 121, 263
- eigs, 121
- ellipj, 119
- ellipke, 119
- elmat, 87, 118
- end, 120
- eps, 120
- erf, 119
- erfc, 119
- erfcx, 119
- erfinv, 119
- esort, 263
- etime, 55
- eval, 94, 95, 126
- evalc, 94
- evalfr, 263
- evalin, 94
- exifread, 201
- exist, 53
- exp, 31
- expint, 119
- expm, 121
- expm1, 31
- eye, 115, 118, 119
- ezcontour, 101
- ezcontourf, 101
- ezmesc, 101
- ezmeshc, 101
- ezplot, 37, 101
- ezplot3, 101
- ezpolarecontour, 101
- ezsurf, 101
- ezsurf, 101
- factor, 33
- factorial, 33
- fcontour, 101
- feval, 94, 96
- fft, 198, 199
- fft2, 198
- fftn, 198
- fftshift, 198
- fieldnames, 130
- filt, 252
- find, 53, 120, 124
- findobj, 156, 213
- findstr, 126
- fix, 32
- flag, 204
- flintmax, 120
- flintmin, 120
- flipdim, 120
- fliplr, 120
- flipud, 120
- floor, 32
- fmesc, 101
- fminbnd, 191
- fminsearch, 191
- foh, 260
- fplot, 36, 101, 191
- fplot3, 101
- freqresp, 263
- freqspace, 44, 118
- fsurf, 101
- fullfile, 240
- funm, 121
- fzero, 191
- gallery, 118, 120
- gamma, 119
- gammainc, 119
- gammaincinv, 119
- gammaln, 119
- gcbf, 156
- gcbo, 156
- gcd, 33
- gcf, 114
- gensig, 263
- get, 106, 156, 261
- getfield, 130
- graph2d, 99
- graph3d, 99
- gray, 204
- grid, 105
- gsvd, 121
- gtext, 105
- hadamard, 118, 120
- hankel, 118, 120
- hess, 121
- hex2dec, 118
- hex2num, 118
- hilb, 118, 120
- hist, 197
- histc, 197
- hold, 106
- hot, 203
- hsv, 203
- hsv2rgb, 204
- hypot, 31
- i, 120
- ifft, 198
- ifftn, 198
- ift2, 198
- image, 201, 204
- imagesc, 201, 204
- imfinfo, 201
- impulse, 263
- imread, 201, 202
- inwrite, 201, 202
- ind2sub, 120
- inf, 120
- inferiort, 146
- initial, 263
- int, 188
- int2scr, 125
- int2str, 118, 125
- integral, 187
- interp, 198
- intmax, 120
- intmin, 120
- inv, 122
- invhilb, 118, 120
- ipermute, 120, 127
- isa, 146
- iscell, 53, 129
- ischar, 53
- iscolumn, 120
- isempty, 53, 121
- isequal, 121
- isequaln, 121
- isfinite, 33, 53, 120
- isglobal, 53
- ishold, 53, 106
- isinf, 33, 53
- isletter, 53
- ismatrix, 120
- ismissing, 131
- isnan, 33, 53, 120
- isobject, 53, 146
- isprime, 33
- isreal, 53

- funkcja
 - isrow, 120
 - isscalar, 120
 - issparse, 53
 - isstruct, 53
 - isvector, 120
 - j, 120
 - jet, 203
 - kron, 47
 - lcm, 33
 - ldl, 122
 - legend, 105
 - legendre, 119
 - length, 121, 125
 - lighting, 212
 - lines, 204
 - linsolve, 122
 - linspace, 44, 118
 - log, 31
 - log10, 31
 - log1p, 31
 - log2, 31
 - loglog, 101
 - logm, 121
 - logspace, 44, 118
 - lower, 126
 - lscov, 122
 - lsim, 263
 - ltiview, 263
 - lu, 122
 - magic, 118, 120
 - mat2cell, 118
 - mat2str, 118, 126
 - matched, 260
 - material, 212
 - matfun, 120
 - max, 197
 - max, 197
 - mean, 197
 - median, 197
 - meshgrid, 118, 127
 - methods, 145
 - min, 197
 - mldivide, 122, 169, 170
 - mod, 32
 - mrdivide, 170
 - nan, 120
 - native2unicode, 118
 - nchoosek, 33
 - ndgrid, 120, 127
 - ndims, 121, 126
 - nested_ode, 165
 - nextpow2, 31
 - nichols, 263
 - norm, 121
 - normest, 121
 - normest1, 122
 - now, 55
 - nthroot, 31
 - null, 121
 - num2cell, 118, 129
 - num2hex, 118
 - num2str, 118, 125
 - numel, 121
 - nyquist, 263
 - ode113, 174
 - ode15i, 174
 - ode23, 174
 - ode45, 174
 - odefun, 180
 - ones, 118, 119
 - ordeig, 121
 - ordqz, 121
 - ordschur, 121
 - orth, 121
 - parula, 203
 - pascal, 118, 120
 - peaks, 29, 107, 118, 120
 - perms, 33
 - permute, 120, 127
 - pi, 120
 - pink, 204
 - pinv, 122
 - planerot, 122
 - plot, 38, 99, 100
 - plotyy, 103, 104
 - pol2cart, 40
 - pole, 263
 - poly, 121, 193
 - polyder, 193
 - polyeig, 121, 193
 - polyfit, 193
 - polyval, 193, 194
 - polyvalm, 193
 - pow2, 31
 - prewarp, 260
 - primary function, 65
 - primes, 33
 - prism, 204
 - prod, 197
 - psi, 119
 - pzmap, 263
 - qr, 122
 - qrdelete, 122
 - qrinsert, 122
 - qrupdate, 122
 - quad, 188
 - quad2d, 188
 - quadgk, 188
 - quadi, 188
 - quadv, 188
 - qz, 121
 - rand, 118, 197
 - randn, 118, 197
 - rank, 121
 - rat, 33
 - rats, 33
 - rcond, 122
 - readtable, 131
 - reallog, 31
 - realmax, 33, 120
 - realmin, 33, 120
 - realpow, 31
 - realsqrt, 31
 - rectangle, 139
 - regexp, 52
 - rem, 32
 - repmat, 118
 - reset, 156
 - reshape, 120
 - residue, 193
 - return, 72, 149
 - rgb, 102
 - rgb2all, 147
 - rgb2hsv, 204
 - rgbplot, 204
 - ribbon, 107
 - roots, 191, 193
 - rosser, 118, 120
 - rot90, 120
 - round, 32
 - rowfun, 131
 - rref, 121
 - rsf2csf, 122
 - rss, 252
 - sawtooth, 263
 - schur, 121
 - sec, 31
 - secd, 31
 - sech, 31
 - semilogx, 101
 - semilogy, 101
 - set, 156, 262, 261
 - shading, 204
 - shiftdim, 120, 127
 - sign, 32
 - sin, 31
 - sind, 31
 - sinh, 31
 - size, 121, 125
 - slash, 122
 - sort, 197
 - sortrows, 131
 - sparfun, 122
 - sparfun, 87
 - sparse, 115, 116, 122, 124
 - spconvert, 122
 - specgraph, 99
 - specular, 212
 - sph2cart, 40
 - spinmap, 204
 - spline, 195
 - sprand, 122
 - spring, 204
 - sprintf, 125
 - spy, 123
 - sqrt, 31
 - sqrtm, 120, 121
 - square, 263
 - squeeze, 120, 127
 - scanf, 126
 - stack, 131
 - standardizeMissing, 131
 - std, 197
 - step, 263
 - str2double, 118
 - str2mat, 126
 - str2num, 118, 126
 - strcat, 126
 - strcmp, 53, 126
 - strcmpi, 52
 - string, 41, 73, 124
 - strncmpi, 52
 - strrep, 126
 - struct, 130, 131
 - struct2cell, 118, 129
 - sub2ind, 120
 - subplot, 106
 - subspace, 121
 - sum, 197
 - summary, 131
 - summer, 204
 - superiorto, 146
 - surf, 212
 - surf1, 212
 - svd, 121
 - svds, 121
 - table, 131
 - table2array, 131
 - table2cell, 131
 - table2struct, 131
 - tan, 31
 - tand, 31
 - tanh, 31
 - text, 105
 - tic, 55, 178
 - title, 105
 - toc, 55, 178
 - toeplitz, 118, 120
 - trace, 121
 - tril, 120
 - triu, 120
 - tustin, 260
 - uint8, 125
 - unicode2native, 118
 - unstack, 131
 - upper, 126
 - vander, 118, 120
 - var, 197
 - varfun, 131
 - wilkinson, 118, 120
 - winter, 204
 - write, 131
 - writetable, 131
 - xlabel, 105
 - ylabel, 105
 - yyaxis, 103
 - zero, 263
 - zeros, 118, 119
 - zoh, 260
 - zoom, 106
 - funkcje, 159
 - analiza, 191
 - analizy macierzowej, 121
 - anonimowe, 36, 37, 69
 - biblioteczne, 72
 - czasu, 55
 - dla liczb zespolonych, 32
 - do badania macierzy, 121
 - do konstruowania
 - macierzy, 118
 - do opisywania wykresów, 105
 - działające na łańcuchach, 126
 - generujące macierze, 88
 - główne, 65, 66, 68
 - graficzne, 36, 101
 - jednoznaczność wyboru, 150
 - konwersji łańcuchów, 125
 - konwersji, 117
 - lokalne, 53, 61, 65, 66, 71
 - macierzowe, 121
 - niepotrzebne parametry, 65, 96
 - obsługi klas, 145
 - obsługi obiektów, 145
 - odeXX, 175
 - priorytety, 71
 - prywatne, 68, 71, 150
 - przeciążanie, 149
 - przetwarzania sygnałów, 198
 - rozkład macierzy, 122
 - równania liniowe, 122
 - sklejane, 194

specjalne, 33
 statystyczne, 197
 trygonometryczne, 31
 uchwyt, 65, 103
 wartości osobliwe, 121
 wartości własne, 121
 wbudowane, 71, 150
 wektorowe, 193
 wielokrotne
 wykorzystanie, 91
 wielomianowe, 193
 wykładnicze, 31, 32
 zagnieżdżone, 66, 67, 68, 71, 164
 zespolone, 32
 zmienna liczba parametrów, 96
 Fuzzy Logic Toolbox, 84

G

gallery, 118, 120
 gamma, 119
 gammainc, 119
 gammaincinv, 119
 gammaln, 119
 gca, 101, 155, 156
 gcbf, 156
 gcbo, 156
 gcd, 33
 gcf, 114, 149, 155
 gco, 155, 156
 generowanie wektorów, 44, 55, 88
 genfrd, 255
 gensig, 263
 genss, 255
 get, 106, 142, 156
 GetAccess, 140
 GETedge, 142, 143
 getfield, 130
 global, 66, 72
 GPU, graphics processing unit, 249
 graficzne formaty, 114
 graficzny interfejs użytkownika, GUI, 100
 grafika 24-bitowa, 202
 grafika 3-D, 29
 grafika uchwytów, 153
 App Designer, 157
 PlotTools, 108
 graph2d, 99
 graph3d, 99
 gray, 144, 148, 204
 grid, 105
 groot, 153
 gsvd, 121
 gtext, 105
 GUI, 100, 153

H

hadamard, 118, 120
 handle, 141, 153
 Handle Graphics, 153
 hankel, 118, 120
 height, 131, 132

help, 24, 30, 56, 57, 82, 91
 Help Report, 92
 helpbrowser, 82
 hermetyzacja, 142
 hess, 121
 hex2dec, 118
 hex2num, 118
 hidden, 142
 hierarchia
 inferiorto, 150
 klas abstrakcyjnych, 251
 obiektów graficznych, 153, 154
 superiorto, 150
 HiL, 17, 232
 hilb, 118, 120
 hist, 197
 histe, 197
 histogram, 197
 hold, 106
 horzcat, 131
 hot, 203
 hsv, 203
 hsv2rgb, 204
 hypot, 31

I

i, 33, 55, 120
 identyfikowalne modele liniowe, 253
 identyfikowalne modele nieliniowe, 254
 idfrd, 254
 idgrey, 254
 idnlrx, 254
 idnlgrey, 254
 idnlhw, 254
 idpoly, 254
 idproc, 254
 idss, 254
 IEC Certification Kit, 18
 if-elseif-else-end, 72
 ifft, 198
 ifftn, 198
 ifft2, 198
 ikona Get More Apps, 168
 iloczyn
 elementów, 197
 kumulatywny, 197
 skalarny, 193
 skalarny wektorów, 47
 tensorowy Kroneckera, 47
 wektorowy, 47, 193
 wielomianów, 193
 iloraz wielomianów, 193
 Image Processing Toolbox, 201, 206, 209
 image, 201, 204
 ImageDatastore, 239
 imagesc, 201, 204
 imfinfo, 201
 impulse, 263
 imread, 201, 202
 imwrite, 201, 202
 ind2sub, 120
 indeksowanie
 jawne, 77
 macierzy, 55
 niejawne, 75
 struktur, 54
 tablic, 54
 tablic komórkowych, 54
 inf, 33, 120
 Inf, 55
 inferiorto, 146, 150
 initial, 263
 innerjoin, 131
 input, 72, 75
 inputname, 72, 87
 instalowanie
 aplikacji, 167
 rozszerzeń, 168
 instrukcja
 break, 72
 continue, 72, 73
 error, 73, 77
 for, 75, 76
 input, 75
 instrukcja keyboard, 73, 77
 iteracyjna, 75, 76
 iteracyjne, 75
 parfor, 75
 pause, 72
 przerywające, 72
 return, 72
 sterująca while-end, 76
 sterujące, 72
 try-catch-end, 78
 warunkowa if, 73
 warunkowe, 72, 73
 while, 75
 while-end, 75
 wyboru switch, 74
 wyboru, 72
 int, 188
 int2scr, 125
 int2str, 118, 125
 integer, 115
 integral, 187
 interaktywna mapa środowiska, 19
 interfejs Basic Fitting, 196
 interp, 198
 interpolacja, 194
 funkcji, 195
 w Basic Fitting, 196
 wielomianowa, 194
 intersect, 131
 intmax, 33, 120
 intmin, 33, 120
 inv, 122
 invhilb, 118, 120
 IoE (ang. Internet of Everything), 264
 IoT (ang. Internet of Things), 264
 ipermute, 120, 127
 isa, 146
 iscell, 53, 129
 ischar, 53
 iscolumn, 120
 isempty, 53, 121
 isequal, 121
 isequaln, 121
 isfinite, 33, 53, 120
 isglobal, 53
 ishold, 53, 106

isinf, 33, 53
 isletter, 53
 ismatrix, 120
 ismember, 131
 ismissing, 131
 isnan, 33, 53, 120
 isobject, 53, 146
 isprime, 33
 isreal, 53
 isrow, 120
 isscalar, 120
 issparse, 53
 istruct, 53
 istable, 131
 isvector, 120

J

j, 33, 55, 120
 jaja wielkanocne, 98
 Java, 151
 javaArray, 151
 javaMethod, 151
 javaMethodEDT, 151
 javaObject, 151
 javaObjectEDT, 151
 jawne indeksowanie, 77
 jednokrokowa metoda Rungego-Kutty, 174
 jet, 203
 język Java, 151
 JIT, just-in-time, 86
 join, 131

K

karta z układem FPGA, 17
 keyboard, 73, 77
 klasa, 137
 Figure, 153
 frd, 252
 handle, 141
 idfrd, 254
 idgrey, 254
 idpoly, 254
 idproc, 254
 idss, 254
 idtf, 254
 Iti, 150
 numliti, 252, 255
 ss, 252
 tf, 252
 zpk, 252
 klastry, 250
 klasy
 definiowanie, 137
 definiowanie podklasy, 143
 dziedziczenie, 140, 143
 języka Java, 151
 nadrzędna, 143
 podklasa, 143
 subclass, 143
 superklasa, 143
 tworzenie, 137
 klawiatura, 93
 kodowanie wywołań zwrotnych, 165
 kolor linii, 102

komentarze, 91
komórka, cell, 128
koniec wiersza macierzy, 55
koniunkcja, 51
konkatenacja, 94
konstruktor, 138, 144
klasy, 71
kontynuacja polecenia, 55
konwersja
liczby, 125
łańcuchów, 125
układu współrzędnych, 40
kopia bezpieczeństwa, 84
kotwiczenie edytora, 63
kowariancja, 197, 198
kron, 47
kropka dziesiętna, 54

L

lang, 73
LAPACK, 16
LATEX, 90
lcm, 33
ldl, 122
legend, 105
legenda, 154
legendre, 119
length, 121, 125
licencja
akademicka, 21
dla szkół, 21
MATLAB Home, 22
standardowa, 21
studencka, 21
TAH, 21
TSH, 21
liczba
Inf, 55
NaN, 55
nargin, nargout, 55, 96
pi, 55
plików, 96
realmax, 55
realmin, 55
liczby
całkowite, 115
całkowite bez znaku, 115
specjalne, 33
zespólone, 171
zmiennoprzecinkowe, 115
lighting, 212
Linear Algebra Package, 16
Linear System Analyzer, 263
lines, 204
linia
ciągła, 102
kreskowa, 102
kreskowo-kropkowa, 102
kropkowa, 102
linie przesyłania sygnałów, 217
linsolve, 122
linspace, 44, 118
Live Editor, 60, 61, 89
live script, 61, 66, 84
load, 28, 95, 118
log, 31
log10, 31
log1p, 31

log2, 31
logarytm
funkcji Beta, 119
naturalny, 31, 34
logical, 116, 117
loglog, 101
logm, 121
logspace, 44, 118
lokalizacja błędów, 77
lokalne pliki graficzne, 239
lookfor, 82, 91
lower, 126
ls, 82
lsconv, 122
lsim, 263
lsqcurvefit, 248
lsqnonlin, 248
lti, 150
lu, 122
LXE, language execution engine, 17

Ł

łańcuch, 41, 55, 116, 124

M

macierz, 41, 45, 115
bsxfun, 47
cross, 47
dekompozycja, 189
diagonalna, 120, 189
dodawanie, 47
dzielenie lewostronne, 47
dzielenie macierzowe, 49
dzielenie prawostronne, 47
dzielenie tablicowe, 47, 49
elementarna, 118
faktoryzacja, 122
full, 123
Hamiltona, 170
Hessenberga, 170
iloczyn skalarny, 47
iloczyn tensorowy
Kroneckera, 47
iloczyn wektorowy, 47
jednostkowa, 118
kwadratowa, 170
komórkowa, 118
losowa, 118
łączenie, 54, 118
masowa, 184
mnożenie, 47
odejmowanie, 47
odwrotna, 122
ortogonalna, 189
pełna, 116, 117
potęgowanie, 47, 50
potęgowanie tablicowe, 47
pseudoodwrotna, 173
pseudoodwrotność, 47
pusta, 91, 115
rzadka, 116, 122, 124
sklejanie, 120
sparse, 123
specjalizowana, 120
specjalna, 88, 91, 119
sprand, 123
sprzężenie, 47, 50
stochastyczna, 91
stowarzyszona
wielomianu, 118
transponowanie, 47, 50, 51
trójkątna, 120, 170
trójkątna dolna, 189
trójkątna górna, 189
trójkątna sparmowana, 170
tworzenie, 118
unitarna, 189
wartości własne, 47
wybór wiersza, kolumny, 45
zespólona, 50, 91
magic, 118, 120
manipulowanie elementami
macierzy, 120
mapa środowiska, 19
MapReduce, 237, 246
mapy, 107
Mask Editor, 225
maska, 210
maskowanie podsystemów, 225
mat2cell, 118
mat2str, 118, 126
material, 212
materiały szkoleniowe, 25, 29
matfun, 47, 120
MathWorks, 15
MathWorks Account, 25
MATLAB, 15
MATLAB Compiler, 19
MATLAB Distributed Computing Server, 19, 23
MATLAB Drive, 235, 239
MATLAB executable, 64, 84, 85
MATLAB Home, 22
MATLAB Mobile, 22, 239
MATLAB Online, 22, 235, 239
MATLAB Report Generator, 89
MATLAB w chmurze, 22
matlabpath, 82
MAT-plik, 42, 84, 240, 241
matrix operation, 47
max, 197
md, 82
mean, 197
median, 197
meshgrid, 118, 127
method, Abstract, Access, 141
methods, 145, 151
methods lti, 150
metoda
Adamsa-Bashforth-Moultona (PECE), 174
foh, 260
get, 142
jednokrokowa
Rosenbrocka, 174
prewarp, 260
set, 142
trapezowa, 174
wielokrokowa NDFs, 174
metody numeryczne, 169

MEX-pliki, 84, 150
mfilename, 72
MIMO, Multi Input Multi Output, 259
min, 197
mkdir, 82
mlappinstall, 84
mldivide, 47, 122, 169, 170
mlock, 72
mlpkinsinstall, 84
mniejszy lub równy, 51
mniejszy od, 51
mnożenie
macierzy, 47
tablicowe, 47
wektorów, 47, 198
mod, 32
model
based design, 17, 18
ciągły, przekształcanie, 260
definiowany graficznie, 223
dyskretny, 258, 259, 260
identyfikowalny liniowy, 253
identyfikowalny nieliniowy, 253
LTI, 254
numlti, 262
obiektów, 250
parametryczny, 253
protecd, 84
przeźrzeni stanu, 150
Simulinka, 84
ss, 252
tf, 252
właściwości, 263
z losowymi współczynnikami, 257
z niepewnymi parametrami, 254
zpk, 252
modelowanie, 215
modelowanie fizyczne, 228
moduły rozszerzające, 232
modyfikowanie
parametrów solvera
odeXX, 175
rysunków, 104
wykresów, 105
more, 82
MQTT API, 266
mrdivide, 170
munlock, 72
mysz, 93

N

NaN, 33, 48, 55, 120
nargin, 55, 72, 96
nargout, 55, 72, 96
narzędzia
App Designer, 157
do symulacji, 19
do testowania, 19
do weryfikacji, 19
GUIDE, 153
interaktywne
Plot Tools, 110
nativeunicode, 118

- nawias kwadratowy, 41
nazwy
 pliku, 96
 formalne, 66
 specjalne, 54
nchoosek, 33
ndgrid, 120, 127
ndims, 121, 126, 131
negacja, 51
negatyw, 207
nested_ode, 165
nextpow2, 31
nichols, 263
niejawna indeksacja, 75, 87
nierówny (różny od), 51
norm, 121
norma macierzy, 121
norma wektora, 121
normest, 121
normest1, 122
notacja dwukropkowa, 41, 45
notacja kropkowa, 48, 87, 130
now, 55
nthroot, 31
null, 121
num2cell, 118, 129
num2hex, 118
num2str, 118, 125
numel, 121, 131
numlti, 255
nyquist, 263
nzmax, 123, 124
- O**
- obiekt, 71, 88, 139
 aktualny, 155
 DatabaseDatastore, 241
 datastore, 236, 238
 należący do podklasy, 145
 numlti, 261
 tworzenie, 139, 140
 usuwanie, 156
 zmiana wartości
 atrybutów, 141
obiekty graficzne, 153
 atrybuty, 155
 hierarchia, 153
 scenariusz i aranżacja, 164
 zmiana atrybutów, 156
obliczanie
 pochodnych, 181
 wartości wyrażeń, 33
 zer wielomianu, 191
obliczenia równoległe, 190,
 246, 248
obraz
 binaryzacja, 208
 dylatacja obrazu, 209
 erozja obrazu, 209
 filtr dolnoprzepustowy, 210
 filtr górnoprzepustowy, 211
 filtracja, 210
 funkcje, 201
 imfinfo, 206
 indeksowany, 203, 205, 206
 nakładanie
 na powierzchnię, 213
 negatyw, 207
 nieindeksowany, 206
 odczyt, 201
 palety barw, 203
 przekodowanie, 205, 206
 przyciemnianie, 208
 pseudokolor, 205
 rastrowy, 206
 rozjaśnianie, 207, 208
 ściemnianie, 207
 testy, 206
 w skali szarości, 205
 zapis, 201
obsługa
 błędów, 78
 folderów, 82
 plików, 82
 tabel, 131
 zdarzeń, 141
odbicia, 212
odchylenie standardowe, 197
ode113, 174
ode15i, 174
ode23, 174
ode45, 174
odefun, 180
odeXX, 175
okienko edycyjne, obsługa, 165
okno
 Basic Fitting, 196
 Command History, 28
 Command Window, 28,
 34, 59, 70
 Command, 43
 Current Folder, 28, 83
 Edit Configurations, 90
 Editor, 28, 60
 Figure Palette, 112
 Figure, 109, 111
 Help, 30
 History, 63
 Live Editor, 28
 Plot Browser, 112
 Property Editor, 113
 Set Path, 83
 Workspace, 28
ones, 88, 118, 119
OOP, object oriented
 programming, 137
opcja autosave, 63
operacje
 arytmetyczne, 210
 logiczne, 208
 macierzowe, 47, 48, 120
 matematyczne, 16
 morfologiczne, 209
 na macierzach, 30
 na obiektach, 156
 na tablicach, 30
 na wektorach, 30
 tablicowe, 47, 48, 77
 wbudowane, 39
operatory, 75
 alternatywa, 51
 alternatywa wykluczająca,
 51
 apostrof, 51
 arith, 47
 arytmetyczne, 47
 ctranspose, 47
 dzielenia, 47
 odczyt, 47
 generowania wektorów, 44
 jednoznaczność wyboru,
 150
 koniunkcja, 51
 kron, 47
 kropka, 51
 logiczne, 47, 51
 lub równy, 51
 mldivide, 47
 mniejszy od, 51
 mnożenia, 47
 negacja, 51
 nierówny (różny od), 51
 notacja dwukropkowa, 118
 operator opóźnienia z, 260
 potęgowania, 50
 priorytety, 54
 przeciążenie, 149
 relacji, 51
 równy, 51
 slash, 47
 sprzężenia macierzy, 55
 transpozycji, 55
 większy lub równy, 51
 większy od, 51
 xor, 51
Optimization Toolbox, 19
optymalizacja programu, 97
ordeig, 121
ordqz, 121
ordschur, 121
orth, 121
oscyloskop, 216
osie logarytmiczne, 101
osie pionowe, 103
oświetlenie, 213
outerjoin, 131
overloading, 149
- P**
- pakiety, 19
paleta
 barw, 203
 parula, 203
 white, 204
parametr beta, 165
parfor, 75
parpool, 248
parula, 203
pascal, 118, 120
path, 57, 82
pause, 72
pcode, 84
peaks, 107, 110, 118, 120
perms, 33
permute, 120, 127
persistent, 66, 72
pętla for, 72
pętla while, 72
pętla, 72
pi, 33, 55
pierwiastki wielomianu, 193
pink, 204
pinv, 122
planerot, 122
PLC, programmable logic
 controller, 17
pliki, 84
 ASCII, 42, 84
 demo, 98
 funkcyjne, 64, 84
 funkcyjny, 71
 graficzne, 201
 instalacyjne, 84
 MAT-plik, 42, 85
 MEX-plik, 85
 polecenia, 82
 Simulinka, 84
 skryptowe, 60, 71, 84, 89
 tekstowe, 59
plot, 38, 99, 100
Plot Tools, 110
PLOTS, 16
plottols, 110
ploty, 103
pochodna, 181
 obliczanie, 181
 wielomianu, 193
początek komentarza, 55
podklasa, 143
podpowiedzi, 70
podsystem, 223, 224
 maskowanie, 225
 tworzenie, 224
podział okna, 104
 subplot, 104, 107
polcart, 40
pola, 117
pole, 263
polecenia
 obsługi pliku, 82
 systemu operacyjnego, 82
polecenie
 addpath, 87
 apropos, 82
 axis equal, 139
 cat, 82
 cd, 82, 87
 clc, 29
 clear all, 43
 clear, 43, 87
 close all, 139
 cls, 43
 dbstack, 87
 del, 30, 82
 delete, 82
 demo, 29
 diary off, 30
 diary on, 30
 dir, 30, 82
 doc, 30, 56, 82
 dos, 82
 echo on, 72
 end, 72
 eval, 72, 87
 evalc, 87
 evalin, 72, 87
 exist, 87
 exit, 27
 eye, 88
 feval, 72, 87
 find, 82
 function, 72
 global, 66, 72
 height, 131
 help, 30, 57, 82, 91
 helpbrowser, 82

polecenie
 horzcat, 131
 innerjoin, 131
 input, 72
 inputname, 72, 87
 intersect, 131
 ismember, 131
 istable, 131
 javaArray, 151
 javaMethod, 151
 javaMethodEDT, 151
 javaObject, 151
 javaObjectEDT, 151
 join, 131
 lookfor, 57, 82, 91
 ls, 30, 82
 matlabpath, 82
 md, 82
 methods lti, 150
 methods, 151
 mfilename, 72
 mkdir, 82
 mlock, 72
 more, 82
 munlock, 72
 nargin, 72
 nargout, 72
 ndims, 131
 numel, 131
 ones, 88
 outerjoin, 131
 parpool, 248
 path, 57, 82
 peaks, 29, 110
 persistent, 72
 plottols, 110
 print, 114
 publish, 90
 pwd, 83
 quit, 27
 rm, 82
 rmpath, 87
 save, 42
 saveas, 114
 set, 82
 setdiff, 131
 setenv, 82
 setxor, 131
 simulink, 215
 size, 131
 subplot, 104
 tail, 245
 type, 82
 union, 131
 unique, 131
 unix, 82
 varargin, 72
 varargout, 72
 ver, 29
 vertcat, 131
 what, 91
 where, 91
 which, 82, 87
 who, 40, 146
 whos, 40, 78, 87, 131, 145, 146, 244
 width, 131
 winopen, 82
 zeros, 88

poly, 121, 193
 polyder, 193
 polyeig, 121, 193
 polyfit, 193
 polyval, 193, 194
 polyvalm, 193
 poprawianie wydajności, 86
 pow2, 31
 P-pliki, 150
 prealokacja, 86
 prewarp, 260
 primes, 33
 print, 114
 priorytety operatorów, 54
 prism, 204
 private, 142
 prod, 197
 profiler, 97
 program tworzący grafikę, 113
 programowa obsługa błędów, 78
 programowanie, 59
 programowanie zorientowane obiektowo, OOP, 88, 115, 137
 properties, 141
 próbki
 rozrzędzanie, 198
 zagęszczanie, 198
 przeciążanie, 143, 149, 150
 funkcji, 149
 operatorów, 149
 przeddefiniowanie, 149
 przekodowanie obrazu, 205, 206
 przenoszenie rysunków, 114
 przetwarzanie obrazów, 201
 przetwarzanie punktowe, 207
 przyciemnianie obrazu rastrowego, 208
 przypisanie wartości, 54
 pseudokolor, 205
 pseudoodwrótność, 173
 psi, 119
 pulpit, desktop, 28
 Pulse Generator, 216
 punkty
 diament, 102
 gwiazdka sześciokątna, 102
 gwiazdka, 102
 gwiazdka pięciokątna, 102
 kwadrat, 102
 okrąg, 102
 plus, 102
 punkt, 102
 trójkąt, 102
 trójkąt lewy, 102
 trójkąt prawy, 102
 pwd, 83
 pzmap, 263

Q

qr, 122
 qdelete, 122
 qrinsert, 122
 qrupdate, 122
 quad, 188
 quad2d, 188

quadgk, 188
 quadl, 188
 quadv, 188
 qz, 121

R

rand, 118, 197
 randn, 118, 197
 rank, 121
 raport
 Code Analyzer Report, 92
 Contents Report, 92
 Coverage Report, 92
 Dependency Report, 92
 Help Report, 92
 PUBLISH, 90
 TODO/FIXME Report, 92
 Raspberry Pi™, 268
 rat, 33
 rats, 33
 rcond, 122
 readtable, 131
 reallog, 31
 realmax, 33, 55, 120
 realmin, 33, 55, 120
 realp, 255
 realpow, 31
 realsqrt, 31
 regexp, 52
 relacje, 51
 relop, 51
 rem, 32
 repmat, 118
 reset, 156
 reshape, 120
 residue, 193
 residuum, 172, 193
 return, 72
 reusability, 91
 rezerwowanie pamięci, 87, 119
 rgb2hsv, 204
 rgbplot, 204
 ribbon, 107
 rm, 82
 rmpath, 87
 robot, 85
 Robust Control Toolbox™, 250
 Root, 153
 roots, 191, 193
 rosser, 118, 120
 rot90, 120
 round, 32
 rowfun, 131
 rozjaśnienie obrazu rastrowego, 207
 rozkład Cholesky'ego, 189, 190
 rozkład LU, 189
 rozpoczęcie pracy, 27
 rozszerzenia, instalowanie, 168
 rozszerzenia Simulinka, 19
 rozszerzenie
 .ai, 114
 .asv, 63, 84
 .bmp, 114, 202
 .csv, 238
 .cur, 202
 .dat, 84, 85
 .dll, 64, 84
 .emf, 114
 .eps, 108, 114
 .fig, 108, 114
 .gif, 202
 .hdf4, 202
 .ico, 202
 .jar, 151
 .jarext, 151
 .jpeg, 202
 .jpeg2000, 202
 .jpg, 108, 114
 .m, 30, 59, 65, 84, 114
 .mat, 84, 242
 .mdl, 84, 218
 .mdlp, 84, 218
 .mex, 64
 .mexa64, 84
 .mlapp, 84
 .mlappinstall, 168
 .mlx, 30, 59, 61, 62, 84
 .p, 84
 .pbm, 202
 .pcx, 114, 202
 .pgm, 202
 .png, 108, 114, 202
 .ppm, 202
 .ras, 202
 .req, 84
 .slrqex, 84
 .slx, 84, 218
 .slxp, 84, 218
 .tif, 114
 .tiff, 108, 202
 .xwd, 202
 rozwiązanie
 analityczne, 183
 sprawdzenie poprawności, 172
 układu równań, 39
 równania
 algebry liniowej, 169
 cząstkowe, 184
 liniowe, 169
 rozwiązanie, 171
 układy, 169
 złe uwarunkowane, 171, 192
 nadokreślone, 173
 niedookreślone, 173
 nieliniowe, 192
 różniczkowe, 163, 221
 AbsTol, 178
 cząstkowe, 186
 III rzędu, 180
 MaxStep, 178
 model, 183
 ode23, 164
 ode45, 179
 odeset, 177, 178
 przekształcenie, 180
 RelTol, 178
 solver odeXX, 174
 stats, 179
 weryfikowanie wyników, 177
 z macierzą, 184

zwyczajne
 z opóźnieniem, 186
 zwyczajne, 173
 w dziedzinie czasu, 259
 równy, 51
 różniczkowanie, 187
 analityczne, 188
 numeryczne, 188
 ref, 121
 rsf2csf, 122
 rss, 252

S

save, 42
 saveas, 114
 sawtooth, 263
 schur, 121
 search path, 63
 sec, 31
 secd, 31
 sech, 31
 sekcje, 88
 sekcje programu, 88
 sekwencje poleceń, 61
 semilogx, 101
 semilogy, 101
 separator
 argumentów funkcji, 55
 indeksów, 55
 pola, 54
 poleceń, 55
 set, 82, 142, 156, 262
 setdiff, 131
 setenv, 82
 setxor, 131
 shading, 204
 shiftdim, 120, 127
 sieci lokalne, 250
 sieci rozproszone, 250
 sign, 32
 Signal Processing Toolbox., 198
 silnik LXE, 17
 SimRF, 19
 Simscape, 17, 19, 228
 Simscape Driveline, 19, 228
 Simscape Electronics, 19, 228
 Simscape Fluids, 19, 228
 Simscape Multibody, 19, 229
 Simscape Power Systems, 19, 229
 Simulink, 16, 18, 215
 pakiety, 19
 rozszerzenia, 19
 Simulink 3D Animation, 84
 Simulink Editor, 216
 Simulink Report Generator, 89
 Simulink Start Page, 215
 sin, 31
 sind, 31
 single, 115
 sinh, 31
 size, 121, 125, 131
 skala barw, 154
 skróty, shortcuts, 82, 93
 skrypty, 61, 91
 uruchamianie, 63
 slash, 47, 122
 słowo kluczowe
 end, 46
 function, 60, 64
 inferiorto, 150
 superiorto, 150
 solver
 dyskretny, 219
 fgoalattain, 248
 fmincon, 248
 fminimax, 248
 fminunc, 248
 fsolve, 248
 lsqcurvefit, 248
 lsqnonlin, 248
 ode23, 179
 odeXX, 174, 175, 182
 stałokrokowy, 219
 użycie, 177
 wywołanie, 182
 zmiennokrokowy, 219
 sort, 197
 sortrows, 131
 sparfun, 87, 122
 sparse, 115, 116, 122, 124, 137
 sponconvert, 122
 specfun, 47
 specgraph, 99
 specular, 212
 sph2cart, 40
 spinmap, 204
 spirala trójwymiarowa, 106
 spline, 195
 spline function, 194
 splot, 198
 sprand, 122
 spring, 204
 sprintf, 125
 sprzężenie, 50
 macierzy, 47
 spy, 123
 sqrt, 31
 sqrtm, 121
 square, 263
 squeeze, 120, 127
 ss, 252
 sscanf, 126
 stack, 131
 stałe specjalne, 55
 standardizeMissing, 131
 state charts, 229
 Stateflow, 229
 Statistics and Machine Learning Toolbox, 19
 std, 197
 step, 263
 Stepper, 221
 sterowanie poślizgowe, 231
 sterownik PLC, 17
 str2double, 118
 str2mat, 126
 str2num, 118, 126
 strcat, 126
 strcmp, 52, 53, 126
 strcmpi, 52
 string, 41
 strncmpi, 52
 strrep, 126
 struct, 117, 130, 131, 137
 struct2cell, 118, 129

struct2table, 131
 struktura struct, 130
 struktury, 116, 130
 sub2ind, 120
 subclass, 143
 subfunkcja, 150
 subplot, 104, 106
 subspace, 121
 sum, 197
 suma elementów, 197
 suma kumulatywna, 197
 summary, 131
 summer, 204
 superiorto, 146, 150
 superklasa, 143
 surf, 212
 surfl, 212
 suwak, 160
 obsługa, 165
 położenie, 160
 svd, 121
 svds, 121
 switch-case-otherwise, 74
 switch-case-otherwise-end, 72
 Symbolic Math Toolbox, 183, 187, 188
 symulacja, 215, 218
 tryby przyspieszone, 220
 uruchomienie, 218
 wizualizacja wyników, 219
 System Identification Toolbox™, 250
 system pomocy, 30, 56
 system sterowany zdarzeniami, 229
 systemy MIMO, 259
 szybka transformata Fouriera, 16

Ś

ścieżka dojścia, 96
 ścieżki dostępu, 82
 średnik, 29
 środowisko programistyczne, 61
 światło, 212
 źródła, 212

T

tabela timetable, 134
 tabele, 131
 tworzenie, 131
 table, 116, 131
 table2array, 131
 table2cell, 131
 table2struct, 131
 tablic komórkowych, 129
 tablica, 38, 41, 115
 dwuwymiarowa, 115
 komórkowa, 116, 128
 potęgowanie, 50
 wielowymiarowa, 116, 126
 wyliczeniowa, 132
 znakowa, 124
 tail, 245

tall array, 135
 tall table, 135, 236, 242, 243
 tan, 31
 tand, 31
 tanh, 31
 tekstury, 212, 213
 testowanie
 bench, 30
 funkcji, 120
 grafiki, 35
 sekcji programu, 88
 text, 105
 tf, 252
 ThingSpeak™, 264
 tic, 55, 178
 timefun, 55
 timetable, 134
 title, 105
 toc, 55, 178
 TODO/FIXME Report, 92
 toepplitz, 118, 120
 toolboksy, 19, 84
 toolbox
 Control System Toolbox, 258
 Image Processing Toolbox, 209
 Signal Processing, 198
 Symbolic Math Toolbox, 188
 trace, 121
 transformata Fouriera FFT, 198
 transponowanie, 50
 macierzy, 47, 51
 tril, 120
 triu, 120
 true color, 202
 try-catch-end, 72, 78
 tunableGain, 256
 tunablePID, 256
 tunablePID2, 256
 tunableSS, 256
 tunableTF, 256
 tworzenie
 aplikacji z GUI, 157
 dokumentacji, 89
 funkcji anonimowej, 37
 funkcji, 64
 macierzy rzadkich, 122
 macierzy, 41, 88, 118
 tablic, 41, 54
 tall table, 243
 wektorów, 41
 typ
 calendarDuration, 133, 134
 cell array, 117
 cell, 116, 137
 char, 116, 117, 137
 datetime, 133
 double, 115, 137
 duration, 133
 function handle, 117
 integer, 115
 logical, 116, 117
 numeryczny, 115
 single, 115
 sparse, 137

typ
 struct, 116, 117, 137
 table, 116
 tall table, 242
 uint8, 137
 wyliczeniowy categorical, 131
 type, 82
 typy danych, 115, 117
 fundamentalne, 115
 nienumeryczne, 117
 numeryczne, 116
 struktura, 117
 uchwyty funkcji, 117

U

uchwyt, 69, 82, 153, 167, 175
 funkcji, 36, 65, 103, 116
 Handle Graphics, 154
 użycie, 167
 ucomplex, 255
 ufrd, 256
 uint8, 18, 125, 137
 układ równań, 180
 algebraicznych, 39
 liniowych, 169
 uwarunkowanych, 178
 układ współrzędnych, 40
 UML, Unified Modeling Language, 137, 138
 unicode2native, 118
 union, 131
 unique, 131
 unix, 82
 unsigned integer 8-bit, 18
 unstack, 131
 uogólnione modele LTI, 254
 uporządkowanie rosnące, 197
 upper, 126
 ureal, 255
 uruchamianie programu, 79
 uruchomienie skryptu, 63
 uss, 256
 usuwanie zmiennych, 43
 użycie GPU, 248

V

vander, 118, 120
 var, 197
 varargin, 72, 96
 varargout, 72, 96
 varfun, 131
 vertcat, 131

W

wariancja, 197
 wartości
 osobliwe, 121
 własne, 121, 191

własne wielomianu, 193
 wyświetlanie, 161
 wartość
 średnia, 197
 średkowa, 197
 wielomianu, 193
 wyrażenia, 74
 zmiennej, 77
 wczytywanie zmiennych, 42
 wektory, 38, 41, 44
 amplituda, 198
 dzielenie, 198
 faza, 198
 skręcanie, 198
 sprzężenie, 50
 transponowanie, 50
 własne, 191
 wydłużanie, 198
 wektoryzacja, 86
 obliczeń, 87
 weryfikowanie programu
 M-Lint, 92
 what, 91
 where, 91
 which, 82, 87
 while, 72, 75, 87
 while-end, 72
 who, 40, 146
 whos, 40, 78, 87, 131, 145, 146, 244
 why, 98
 width, 131
 wielomian, 193
 aproxymacja, 193
 charakterystyczny, 193
 iloczyn, 193
 iloraz, 193
 interpolacyjny Lagrange'a, 194
 pierwiastki, 193
 pochodna, 193
 wartości własne, 193
 wartość, 193
 większy lub równy, 51
 większy od, 51
 wilkinson, 118, 120
 winopen, 82
 winter, 204
 witryna producenta, 24
 wizualizacja
 danych, 35
 meshgrid, 127
 rozwiązań, 182
 wyników symulacji, 219
 write, 131
 writetable, 131
 wskaźniki, 128
 współczynnik korelacji, 197
 współrzędne
 biegunowe, 40
 kartezjańskie, 40
 sferyczne, 40
 wydajność, 86

wykres, 99
 edycja osi, 112
 edycja linii, 112
 edycja tekstu, 112
 fazowy, 163
 fplot, 36, 69, 101
 fplot3, 36, 37
 function handle, 103
 grid, 106
 gtext, 106
 Inspector, 112
 edycja interaktywna, 109
 kolor, 102
 legend, opis, 106
 loglog, 101
 M-plik, 113
 Plot Browser, 112
 plot, 38, 100, 105
 PlotTools, 108
 ploty, 103
 Property Editor, 112
 semilogx, 101
 semilogy, 101
 text, 106
 title, 106
 TypLinii wykresu, 100
 użycie myszki, 109
 wykonanie, 165
 xlabel, ylabel, 106
 znakowanie linii, 102
 wykres trójwymiarowy, 3D, 37, 106
 lighting, 213
 material, 213
 mesh, 107
 meshgrid, 107
 plot3, 106
 ribbon, 107
 tekstura, 213
 wykres interaktywny, 160
 okno graficzne, 161
 przycisk STOP, 162
 suwak, 160
 wyświetlenie wartości, 161
 wykrywanie błędów, 77
 wyrażenia, 33
 logiczne, 51
 matematyczne, 31
 wywołania zwrótne, 159
 kodowanie, 165
 wywołanie pliku funkcyjnego, 65
 wyznacznik macierzy, 121

X

xlabel, 105
 xor, 51

Y

ylabel, 105
 yyaxis, 103

Z

zadania wielodomenowe, 186
 zagadnienie brzegowe, 185
 zagadnienie początkowe, 173
 zakładka
 APPS, 168
 PLOTS, 35, 99
 PUBLISH, 90
 zakończenie pracy, 27
 zaokrąglenie, 32
 ceil, 32
 fix, 32
 floor, 32
 round, 32
 zapisywanie
 do MAT-pliku, 42
 do pliku, 114
 przebiegu sesji, 30
 rysunków do pliku, 114
 zmiennych, 42
 zdarzenie, 159
 zero, 263
 zeros, 88, 118, 119
 zmienna, 31, 40, 71, 159
 ans, 31, 55
 globalne, 66
 liczba parametrów, 96
 logiczne, 116
 lokalne, 66, 77, 81
 nargin, 96
 operator, 75
 persistent, 66
 specjalne, 55, 66
 sterującą wyborem, 74
 zmiana nazwy, 262
 zrozumiała nazwa, 92
 znaki, 54, 116
 @, 103
 specjalne, 54, 66
 tyldy, 65
 zachęty, 29
 zoom, 106
 zpk, 252

Ż

źródła światła, 212

PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW
w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

MATLAB i Simulink

MATLAB® to interaktywne środowisko przeznaczone do rozwiązywania złożonych problemów matematycznych, ekonomicznych i inżynierskich, znajdujące zastosowanie w różnych dziedzinach nauki i techniki. Ten program to jedno z podstawowych narzędzi codziennej pracy naukowców, inżynierów oraz analityków finansowych. W połączeniu z pakietem Simulink® oferuje im ogromne możliwości modelowania i symulacji układów dynamicznych. Dzięki wydajnym algorytmom obliczeniowym oraz mechanizmom analizy wyników MATLAB i Simulink pozwalają szybko i efektywnie wykonywać złożone obliczenia, a także prezentować ich wyniki w postaci grafiki dwu- i trójwymiarowej.

Sprawne korzystanie z programu MATLAB wymaga pewnej wiedzy i opanowania narzędzi oferowanych przez program. Zarówno teorię, jak i najważniejsze kwestie dotyczące zastosowania tego środowiska w praktyce znajdziesz w czwartym wydaniu książki „MATLAB i Simulink. Poradnik użytkownika. Wydanie IV”. Nawet jeśli wcześniej nie miałeś do czynienia z tym pakietem, szybko staniesz się jego zaawansowanym użytkownikiem. Ten poradnik wprowadzi Cię w podstawowe zagadnienia związane z obliczaniem złożonych wyrażeń matematycznych, rozwiązywaniem równań i tworzeniem aplikacji. Poznasz metody numerycznego wyznaczania wyników i przybliżania przebiegów funkcji. Nauczysz się też korzystać z rozszerzeń MATLAB-a i używać pakietu Simulink.

- Podstawy pracy w środowisku MATLAB
- Licencje dla domu, studenta i uczelni
- Natychmiastowe wyniki obliczeń i ich wizualizacja bez programowania
- MATLAB w chmurze, na ekranie smartfona, tabletu lub przeglądarki WWW
- Programowanie i prezentacja wyników obliczeń w Live Editorze
- Używanie prostych i złożonych typów danych
- Programowanie zorientowane obiektowo
- Modelowanie, symulacja i analiza w pakiecie Simulink
- Korzystanie z rozszerzeń oraz bibliotek programów MATLAB i Simulink

**Poznaj najskuteczniejsze narzędzie pracy
inżynierów, matematyków i ekonomistów!**

Helion

księgarnia internetowa



<http://helion.pl>

zamówienia telefoniczne



0 801 339900



0 601 339900

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
<http://helion.pl>

Sprawdź najnowsze promocje:
• <http://helion.pl/promocje>
Książki najchętniej czytane:
• <http://helion.pl/bestsellery>
Zamów informacje o nowościach:
• <http://helion.pl/novosci>

ISBN 978-83-246-5621-9



cena: 49,00 zł

sięgnij po **WIĘCEJ**



KOD KORZYŚCI

Informatyka w najlepszym wydaniu