

## 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](http://www.mathworks.com) (24)
  - 1.3.2. MathWorks Account i logowanie do strony [www.mathworks.com](http://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 debugerem, 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 ikonę Get More Apps (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 rozwiązywania 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 `odeXX` (173)
  - 8.2.2. Wybór parametrów dla solvera `odeXX` (174)
  - 8.2.3. Modyfikowanie parametrów solvera `odeXX` (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 `odeXX` 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 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(tm) (258)
  - 11.5.1. Ciągłe i dyskretne modele LTI 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 IoT w chmurze (264)
  - 11.6.1. Tworzenie nowego kanału dla danych IoT (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)