

IDŹ DO

PRZYKŁADOWY ROZDZIAŁ



SPIS TREŚCI

KATALOG KSIĄŻEK

KATALOG ONLINE

ZAMÓW DRUKOWANY KATALOG

TWÓJ KOSZYK

DODAJ DO KOSZYKA

CENNIK I INFORMACJE

ZAMÓW INFORMACJE
O NOWOŚCIACH

ZAMÓW CENNIK

CZYTELNIA

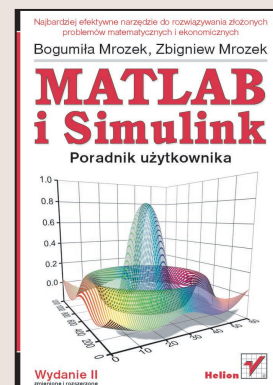
FRAGMENTY KSIĄŻEK ONLINE

MATLAB i Simulink. Poradnik użytkownika. Wydanie II

Autorzy: Bogumiła Mrozek, Zbigniew Mrozek

ISBN: 83-7361-486-9

Format: B5, stron: 384



Matlab to najbardziej efektywne środowisko do rozwiązywania złożonych zagadnień matematycznych i ekonomicznych.

Obecnie jest niemal standardem i podstawowym narzędziem pracy naukowca, inżyniera i analityka finansowego. Znajduje zastosowanie w różnych dziedzinach nauki – od matematyki, poprzez ekonomię, aż do nauk biologicznych. Dzięki dostępowi do wydajnych algorytmów obliczeniowych i mechanizmów analizy wyników Matlab umożliwia szybkie i efektywne przeprowadzanie złożonych kalkulacji.

Sprawne korzystanie z Matlaba wymaga opanowania wielu aspektów pracy z tym środowiskiem. Dzięki tej książce poznasz wszystkie najważniejsze zagadnienia związane ze stosowaniem Matlaba do prac obliczeniowych i programowania. Jeśli nawet nie miałeś wcześniej kontaktu z tym pakietem, po lekturze staniesz się jego zaawansowanym użytkownikiem.

W książce znajdziesz:

- Szczegółowy opis środowiska Matlab
- Zasady tworzenia M-plików
- Opis funkcji służących do tworzenia wykresów
- Zestawienie typów danych wykorzystywanych w Matlabie
- Zaawansowane funkcje graficzne – tworzenie interfejsów użytkownika oraz metody analizy obrazu
- Metody numeryczne rozwiązywania równań różniczkowych i liniowych, całkowania, różniczkowania, interpolacji i aproksymacji funkcji i wiele innych
- Opisy bibliotek Control System Toolbox i System Identification Toolbox
- Szczegółowy opis pakietu Simulink

Autorzy są wieloletnimi pracownikami naukowymi Politechniki Krakowskiej. Ich książki, opisujące kolejne wersje programu Matlab, od dawna służą pomocą wszystkim użytkownikom tego programu – tym bardziej zaawansowanym i tym dopiero rozpoczynającym z nim pracę.

Wydawnictwo Helion
ul. Chopina 6
44-100 Gliwice
tel. (32)230-98-63
e-mail: helion@helion.pl



Spis treści

1	WSTĘP	17
1.1	Środowisko pakietu MATLAB	19
1.2	Produkty pakietu MATLAB – według zastosowań	21
1.3	Student Version – MATLAB i Simulink dla studentów	23
1.4	MATLAB w internecie	24
1.5	MATLAB i Simulink w książkach	25
2	PIERWSZE KROKI w MATLAB-ie	27
2.1	Początek i zakończenie pracy z MATLAB-em	27
2.2	Pierwsza sesja z MATLAB-em	27
2.2.1	Pulpit MATLAB i jego modyfikowanie	28
2.2.2	Przykłady poleceń MATLAB-a	29
2.2.3	Zmienne i wyrażenia	29
2.2.3.1	Błędy w zapisie wyrażeń i ich poprawianie	31
2.2.3.2	Formaty wyprowadzania liczb	32
2.2.4	Zmienne w przestrzeni roboczej	32
2.2.4.1	Liczby zespolone	33
2.2.4.2	Przeglądarka przestrzeni roboczej: Workspace Browser	34
2.2.4.3	Zapisywanie zmiennych w plikach	35

2.2.4.4	Porządkowanie przestrzeni roboczej	36
2.2.5	Dwukropek – operator generowania wektorów i tablic . . .	36
2.2.5.1	Generowanie wektorów	37
2.2.5.2	Wybór żądanych wierszy, kolumn i elementów tablicy	37
2.2.5.3	Przykłady użycia notacji dwukropkowej	38
2.2.6	System pomocy	40
2.3	Druga sesja z MATLAB-em: nazwy i funkcje	41
2.3.1	Znaki i nazwy specjalne	42
2.3.2	Funkcje arytmetyczne i trygonometryczne	44
2.3.3	Funkcje specjalne	46
2.4	Trzecia sesja z MATLAB-em: operatory	47
2.4.1	Operatory arytmetyczne	48
2.4.1.1	Operacje na macierzach i notacja kropkowa	48
2.4.1.2	Przykłady operacji macierzowych i tablicowych . .	49
2.4.1.3	Priorytety operatorów arytmetycznych	50
2.4.1.4	Operatory dzielenia macierzy i tablic	50
2.4.1.5	Operatory potęgowania macierzy i tablic	51
2.4.2	Operatory relacji i operatory logiczne	52
2.4.2.1	Relacje i wyrażenia logiczne	52
2.4.2.2	Funkcje logiczne	54
3	PROGRAMOWANIE w MATLAB-ie	57
3.1	M-pliki skryptowe	57
3.2	M-pliki funkcyjne	58
3.2.1	Subfunkcje	60
3.2.2	Funkcje prywatne	61
3.2.3	Priorytet wywołania funkcji	62

3.3	Instrukcje	62
3.3.1	Instrukcje warunkowe	63
3.3.2	Instrukcje iteracyjne: while i for	64
3.3.3	Instrukcja wyboru switch	66
3.4	Wykrywanie błędów w M-plikach	67
3.4.1	Błędy syntaktyczne i błędy wykonania	67
3.4.2	Lokalizacja błędów w M-pliku	68
3.4.3	Praca z debuggerem	68
3.5	Polecenia obsługi plików i folderów	71
3.5.1	Wykonywanie poleceń systemu operacyjnego	72
3.5.2	Modyfikowanie ścieżek dostępu: Set Path	72
3.6	Rodzaje plików w MATLAB-ie	73
3.7	Uwagi dla zaawansowanego użytkownika	75
3.7.1	Optymalizacja programu z użyciem profilera	75
3.7.2	Funkcje: eval i feval	76
3.7.3	Funkcje o zmiennej liczbie parametrów	77
3.7.4	Zmienne: nargin, nargout, varargin, varargout	77
3.7.5	Zasady poprawnego stylu programowania	79
3.7.6	Przygotowanie środowiska do pracy w MATLAB-ie	81
4	GRAFIKA w MATLAB-ie	83
4.1	Wykresy dwuwymiarowe	84
4.1.1	Funkcja plot	84
4.1.2	Ezplot i inne podobne funkcje	85
4.1.3	Kolory, rodzaje linii i komentarze na wykresach	86
4.1.4	Wybór osi wykresu	89
4.1.5	Podziałokna i modyfikowanie rysunków	90

4.2	Rysunki trójwymiarowe	93
4.2.1	Wykresy funkcji	94
4.2.2	Wizualizacja wolumentryczna wektorów i skalarów	96
4.3	Interaktywne edytowanie rysunków	97
4.3.1	Edytowanie osi rysunku	99
4.3.2	Edytowanie linii wykresu	99
4.4	Uwagi dla zaawansowanego Czytelnika	101
4.4.1	Generowanie M-pliku tworzącego rysunek	101
4.4.2	Zapisywanie rysunku do pliku	101
4.4.3	Drukowanie rysunków	101
4.4.4	Zmiana proporcji i wymiarów wydruku	103
4.4.5	Przenoszenie rysunków do innych aplikacji	103
5	SYSTEMATYKA TYPÓW w MATLAB-ie	105
5.1	Typy danych	105
5.2	Macierze pełne	110
5.2.1	Generowanie macierzy	110
5.2.2	Wybrane funkcje macierzowe	112
5.3	Macierze rzadkie	115
5.3.1	Definiowanie macierzy rzadkich	115
5.3.2	Operacje na macierzach rzadkich	117
5.3.3	Graficzna wizualizacja macierzy rzadkiej	117
5.4	Łańcuchy i tablice znakowe	120
5.5	Tablice wielowymiarowe	122
5.5.1	Tworzenie tablic przez indeksowanie	123
5.5.2	Tworzenie tablic przez doklejanie warstw	124
5.6	Tablice komórkowe	125

5.7	Struktury	126
5.7.1	Tworzenie struktury przez przypisanie	127
5.7.2	Tworzenie struktury z użyciem funkcji struct	127
5.7.3	Funkcje obsługujące struktury	128
5.8	Programowanie obiektowo zorientowane	129
5.8.1	Definiowanie klas – konstruktor obiektu	129
5.8.2	Funkcja isa	130
5.8.3	Tworzenie obiektu i jego właściwości	131
5.8.4	Metody do obsługi obiektu	131
5.8.5	Funkcje konwersji typów i klas	133
5.9	Przeciążanie funkcji i operatorów	133
5.9.1	Reguły wyboru operatora lub funkcji	134
5.9.2	Przeciążanie w Control System Toolbox	135
5.10	Dziedziczenie klas obiektów	135

6 OBIEKTY GRAFIKI UCHWYTÓW 137

6.1	Hierarchia obiektów grafiki MATLAB-a	137
6.1.1	Struktura obiektów Handle Graphics	140
6.2	Interfejs graficzny użytkownika (GUI)	142
6.2.1	Obiekt Uicontrol	143
6.2.2	Zastosowanie interfejsu GUI: krzywe Lissajous	144
6.2.3	Pole wywołania zwrotnego: Callback	146
6.2.4	Zastosowanie interfejsu GUI do prezentacji wykresów	146
6.3	GUIDE – interaktywne tworzenie interfejsu GUI	150
6.3.1	Dodawanie i aranżacja obiektów graficznych	150
6.3.2	Programowanie interfejsu GUI – atrybuty obiektów	152
6.3.3	Programowanie interfejsu GUI – wywołania zwrotne	153

6.4	Światło, odbicia i tekstury	156
6.4.1	Źródła światła i odbicia	156
6.4.2	Tekstura – nakładanie obrazu na powierzchnię	157
6.5	Obrazy i ich barwa	159
6.5.1	Palety barw i obrazy indeksowane	159
6.5.2	Obrazy szare i zabarwione	161
6.5.3	Grafika 24-bitowa (true color)	161
6.5.4	Zapis i odczyt obrazów, liczby 8-bitowe: uint8	162
7	METODY NUMERYCZNE	165
7.1	Równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe	165
7.1.1	Zagadnienie początkowe	165
7.1.2	Postać syntaktyczna algorytmów	166
7.1.3	Modyfikowanie pól struktury options	167
7.1.4	Wpływ parametrów na poprawność obliczeń	169
7.1.5	Algorytmy dla układów źle uwarunkowanych	171
7.1.6	Rozwiązanie analityczne – Symbolic Math Toolbox	173
7.1.7	Zagadnienie brzegowe	173
7.1.8	Równania różniczkowe cząstkowe	174
7.2	Całkowanie i różniczkowanie	174
7.2.1	Całkowanie numeryczne	175
7.2.2	Całkowanie analityczne – Symbolic Math Toolbox	176
7.2.3	Różniczkowanie numeryczne i analityczne	177
7.3	Równania algebry liniowej	178
7.3.1	Równania liniowe źle uwarunkowane	179
7.3.2	Sprawdzenie poprawności rozwiązań	180
7.3.3	Dekompozycja macierzy	181

7.3.3.1	Dekompozycja LU	181
7.3.3.2	Rozkład Cholesky'ego	182
7.3.3.3	Dekompozycja QR	182
7.3.3.4	Dekompozycja SVD	183
7.3.4	Równania o nadmiernej lub zbyt małej liczbie danych . . .	183
7.3.5	Wartości i wektory własne	185
7.4	Analiza funkcji	186
7.4.1	Rozwiązywanie równań nieliniowych	187
7.4.2	Równanie nieliniowe źle uwarunkowane	189
7.4.3	Wielomian i funkcje wielomianowe	190
7.5	Interpolacja i aproksymacja	191
7.5.1	Interpolacja i aproksymacja wielomianowa	191
7.5.2	Funkcja sklejana – spline function	192
7.5.3	Przykład interpolacji i aproksymacji	193
7.5.4	Okno interfejsu: Basic Fitting	194
7.6	Analiza statystyczna	195
7.7	Analiza sygnałów	197
7.7.1	Przykład analizy przebiegu odkształconego	198
7.7.2	Interfejs użytkownika w analizie sygnałów	199
7.8	Filtry analogowe i cyfrowe	200
7.8.1	Filtry analogowe	200
7.8.2	Filtry cyfrowe	201
8	ROZSZERZENIA MATLAB-a – BIBLIOTEKI TOOLBOX	205
8.1	Biblioteka Control System Toolbox	206
8.1.1	Ciągłe i dyskretny modele LTI	207
8.1.2	Model dyskretny i równanie w dziedzinie czasu	209

8.1.3	Przekształcanie modelu ciągłego na dyskretny i odwrotnie	210
8.1.4	Pobieranie danych z modelu LTI	211
8.1.5	Pola obiektu LTI i ich modyfikowanie	211
8.1.6	Zmiana nazwy zmiennej w polu Variable	212
8.1.7	Badanie właściwości modelu z użyciem LTI Viewer	213
8.1.8	Synteza regulatora z użyciem SISO Design Tool	215
8.2	Biblioteka System Identification Toolbox	216
8.2.1	Wczytanie danych	218
8.2.2	Wstępne przetwarzanie danych	219
8.2.3	Modele dyskretno i estymacja odpowiedzi obiektu	220
8.2.4	Operator opóźnienia	220
8.2.5	Identyfikacja parametrów modelu dyskretnego	220
8.2.5.1	Model korelacyjny i częstotliwościowy	221
8.2.5.2	Modele parametryczne dyskretno	221
8.2.6	Weryfikacja modeli	222
8.2.7	Zapis i wykorzystanie zidentyfikowanego modelu	222
8.3	Biblioteka Optimization Toolbox	223
8.4	Biblioteka Symbolic Math Toolbox	224
8.5	Biblioteka Data Acquisition Toolbox	224
8.6	Biblioteka Dials and Gauges	225

9 INNE ROZSZERZENIA MATLAB-a 227

9.1	Interfejs programów użytkowych	227
9.1.1	Zewnętrzne pliki z danymi	227
9.1.2	MEX-pliki, czyli funkcje w C i Fortranie	228
9.1.2.1	MEX-pliki w systemie Microsoft Windows	229
9.1.2.2	MEX-plik – przykład zapisu danych do MAT-pliku	229

9.1.2.3	Przykład tworzenia MEX-pliku	231
9.1.2.4	MCC – automatyczne kompilowanie M-plików . . .	233
9.1.2.5	Lokalizacja błędów w MEX-pliku	235
9.1.3	Użycie MATLAB-a w innych programach	235
9.1.3.1	MATLAB Engine	235
9.1.3.2	ActiveX Automation	236
9.1.3.3	DDE: Wymiana danych pomiędzy aplikacjami Windows	237
9.1.3.4	MATLAB Web Server	237
9.1.4	MATLAB Runtime Server	238

10 Simulink – PAKIET DO SYMULACJI 239

10.1	Jak pracować z Simulinkiem?	239
10.2	Co zawiera Simulink?	240
10.2.1	Biblioteki bloków	241
10.2.2	Algorytmy numeryczne	245
10.3	Jak pracuje Simulink?	247
10.4	Budowa modeli i uruchamianie symulacji	248
10.4.1	Edytor graficzny Simulinka	249
10.4.2	Pierwsza sesja z Simulinkiem	251
10.4.3	Druga sesja z Simulinkiem	254
10.4.4	Debugger i inne narzędzia opcji Tools	259
10.5	Co to jest S-funkcja?	262
10.6	Podsystemy – blok Subsystem	262
10.6.1	Przykład modelu definiowanego graficznie	263
10.6.2	Zasady tworzenia podsystemów	264
10.6.3	Maskowanie podsystemów	266
10.7	Tworzenie własnych bibliotek bloków	269

10.8	Blocksets – dodatkowe biblioteki bloków	271
10.8.1	SimPowerSystems	271
10.8.2	SimMechanics	274
10.8.3	Nonlinear Control Design Blockset	276
10.8.4	Digital Signal Processing (DSP) Blockset	278
10.8.5	Fixed-Point Blockset	279
10.9	Stateflow – systemy reaktywne	281
11	SZYBKIE PROTOTYPOWANIE STEROWNIKÓW	285
11.1	Wstęp	285
11.2	Fazy cyklu projektowego	286
11.3	Prototypowanie w środowisku MATLAB-Simulink	287
11.3.1	Przygotowanie modelu	289
11.3.1.1	Model matematyczny – równania	289
11.3.1.2	Model matematyczny – parametry	289
11.3.1.3	Symulacja off-line	290
11.4	Układ sterujący i jego wstępne dostrajanie	290
11.5	Weryfikacja eksperymentalna modelu	291
11.5.1	Model do pracy on-line w czasie rzeczywistym	291
11.5.2	Identyfikacja parametrów modelu	293
11.6	Metoda HiL (hardware in the loop)	293
11.6.1	Model do pracy w trybie HiL, w czasie rzeczywistym	297
11.6.2	RTW: generowanie kodu czasu rzeczywistego	297
11.7	Sprzęt wspomagający prototypowanie	300
11.7.1	Produkty dSPACE do prototypowania	302
11.7.2	ControlDesk – wirtualny panel do sterowania i do akwizycji danych	304
11.7.3	Karty pomiarowe z przetwornikami ACCA	306

11.7.4	Prototypowanie systemów na sprzęcie docelowym	307
11.7.5	xPC Target – użycie dodatkowego komputera klasy PC . . .	308
11.7.5.1	xPC Target – Embedded Option	309
11.8	RT Windows Target – prototypowanie w Windows	310
11.8.1	Generowanie kodu czasu rzeczywistego i testowanie RTWT	312
11.8.2	Tryb zewnętrzny Simulinka w RTWT	312
12	DODATEK – ELEMENTY ROZSZERZAJĄCE	313
	SPIS LITERATURY	327
	SKOROWIDZ	331

Rozdział 1

WSTĘP

MATLAB jest produktem firmy **The Mathworks Inc.** z USA. Książka jest przeznaczona dla użytkowników MATLAB-a w wersji 6.1, 6.5 i wyższych, oferowanych w ramach wydania (ang. *release*) 12, 13 i późniejszych tego pakietu. Pakiet MATLAB jest ciągle **udoskonalany**. Może się zdarzyć, że wersja, którą posiada Czytelnik, różni się od opisywanej w niniejszej książce wyglądem okien, elementami interfejsu, opcjami menu itp. Użytkownicy starszych wersji oprogramowania mogą pobrać z internetu [10] przykłady programów dla właściwej wersji MATLAB-a.

MATLAB jest językiem wysokiego poziomu. Jego polecenia, operatory i funkcje stosuje się do obliczeń numerycznych (w tym na macierzach i na liczbach zespolonych) oraz wizualizacji wyników w grafice dwu- i trójwymiarowej. Ponad 500 funkcji MATLAB-a realizuje podstawowe algorytmy numeryczne, operacje na macierzach, wielomianach, metody interpolacji i aproksymacji, transformacje Fouriera, algorytmy całkowania równań różniczkowych, implementacje specjalizowanych algorytmów dla macierzy rzadkich i wiele innych. W sumie w środowisku pakietu MATLAB jest około 2500 funkcji.

MATLAB zawiera szeroki zestaw funkcji graficznych obejmujący: generowanie wykresów funkcji jednej i dwóch zmiennych, wykresów kołowych, paskowych, konturowych, cieniowanych, wizualizację odwzorowań dwu- i trójwymiarowych oraz generowanie kodu *OpenGL* dla akceleratorów sprzętowych. Posiada także bogate środki opisu tekstowego: różne czcionki, symbole specjalne, strzałki. Środowisko GUIDE umożliwia projektowanie i implementację własnych interfejsów graficznych do aplikacji MATLAB-a na podstawie suwaków, przycisków i innych elementów obiektowo zorientowanej grafiki uchwytów (ang. *Handle Graphics*) oraz technik wywołań zwrotnych (ang. *callbacks*). Użytkowanie MATLAB-a oraz dodatkowych bibliotek (na przykład *Neural network Toolbox*) wymaga posiadania odpowiednich licencji.

Najbardziej istotne cechy pakietu MATLAB to:

- Przyjazne **środowisko użytkownika**, czyli zestaw narzędzi ułatwiających korzystanie z MATLAB-a. Pulpit **MATLAB** (ang. *desktop*), czyli okno z nagłówkiem **MATLAB**, pokazano na rysunku 2.1. Pulpit zawiera kilka mniejszych okien: **Command Window**, **Command History**, **Launch Pad** i inne, otwierane zakładką lub przez menu. Narzędzia należące do MATLAB-a, Simulinka lub do bibliotek, mają często własne okna z interfejsem, dostosowane do specyfiki swego działania. Wykorzystanie menu, przycisków i ikon pozwala (nawet początkującym użytkownikom) poznać szerokie możliwości pakietu MATLAB – bez potrzeby stosowania nazw i parametrów używanych funkcji. Przykłady takich okien pokazano na rysunkach 4.12, 8.2, 8.3, 8.4.
- **Otwarta architektura**, a więc rozszerzalność i możliwość wyboru platformy sprzętowej, pozwoliła na niezwykle szybki rozwój tego środowiska. Istotny wkład ma około 300 firm współpracujących z producentem MATLAB-a w ramach programu *MATLAB Connections*, w tym dSPACE GmbH, Agilent, Motorola, Texas Instruments, Xilinx, ABB Industrial Systems i InTeCo z Krakowa. Firmy te dostarczają produkty oparte na MATLAB-ie lub interfejsy łączące MATLAB z ich własnymi produktami.

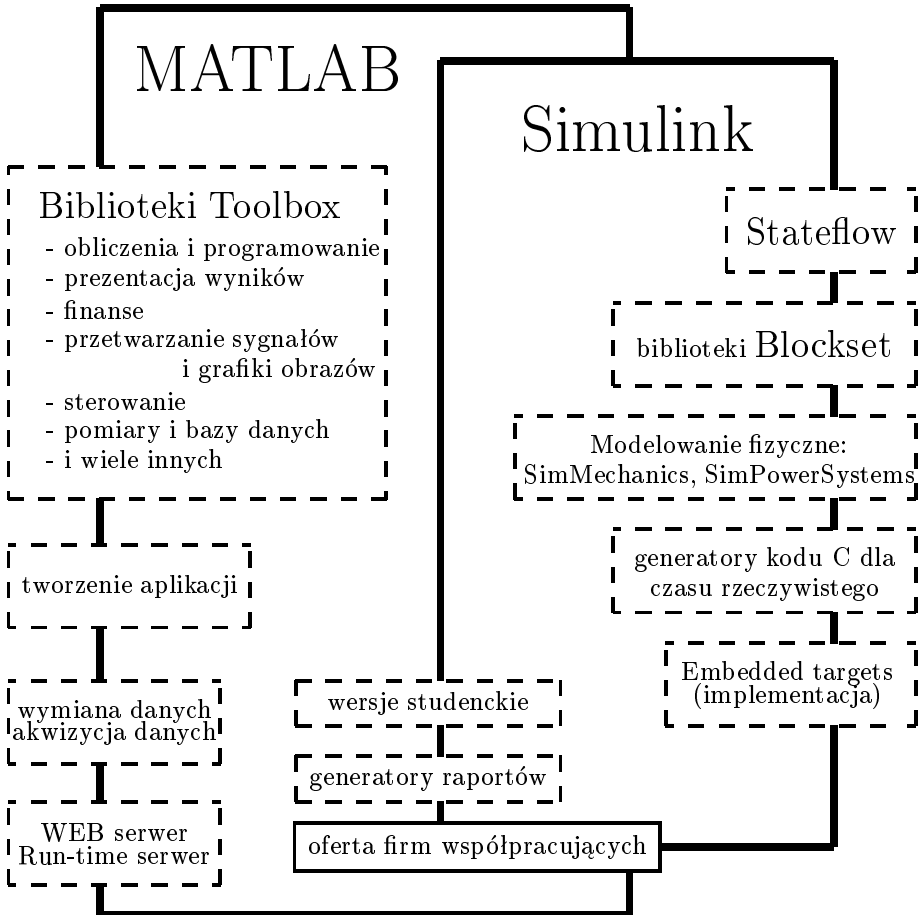
Ważną cechą jest możliwość wyboru platformy sprzętowej w ramach: Windows (wersje 98 do XP), Macintosh OS X i Unix, w tym Linux i Solaris. Następne wersje MATLAB-a dla komputerów PC będą wymagać Windows 2000 lub XP. Dla systemów Mac 68000, Mac PowerPC i VMS oferowany jest nadal MATLAB 5.2 lub 5.2.1. Programy i dane można przenosić na inne komputery z tą samą lub wyższą wersją MATLAB-a, niezależnie od zgodności ich systemów operacyjnych. Pozwala to na zachowanie własnego dorobku przy zmianie platformy sprzętowej i systemu operacyjnego.

MATLAB może wymieniać dane z innymi programami oraz współpracować w trybie klient-serwer z innym oprogramowaniem. Wymiana danych i oprogramowania z innymi aplikacjami jest możliwa poprzez pliki i poprzez sieć, wykorzystując różne protokoły i standardy. Przykładowo są to: DDE (Windows), ActiveX automation, ActiveX control, ODBC/JDBC (bazy danych i Database Toolbox), łącze szeregowe, TCP/IP (sieć lokalna, internet, MATLAB Web Server i xPC Target).

- Profesjonalna **biblioteka matematyczna i graficzna**, oparta w wersji 6 na optymalizowanych pod kątem operacji blokowo-macierzowych bibliotekach FFTW i LAPACK, **stanowi bazę** dla wszystkich elementów składowych środowiska MATLAB. Wbudowano ją częściowo do jądra MATLAB-a, a w części ma ona postać plików zewnętrznych umieszczonych w folderach mających początek w `matlab\toolbox\matlab`.

1.1 Środowisko pakietu MATLAB

MATLAB jest niezbędny do wykorzystania każdego z opisanych poniżej produktów, do przygotowania aplikacji, do pracy MATLAB Web Serwera oraz do wykorzystania Simulinka i jego rozszerzeń. Wyjątkowo można bez MATLAB-a wykorzystać gotowe aplikacje MATLAB-a – wymaga to jednak posiadania *MATLAB Runtime Serwera* lub użycia specjalnego generatora kodu *MATLAB Compiler* podczas przygotowywania tych aplikacji. Simulink oraz MATLAB są niezbędne do modelowania i symulacji z wykorzystaniem schematów blokowych i do modelowania fizycznego.



Rysunek 1.1. Środowisko pakietu MATLAB

W środowisku MATLAB/Simulink można wykorzystać dodatkowe biblioteki bloków Blockset, pakiety do modelowania fizycznego: *SimPowerSystems* i *SimMechanics*, opisany poniżej *Stateflow* oraz narzędzia do prototypowania w czasie rzeczywistym.

Poniżej podano biblioteki i rozszerzenia środowiska pakietu MATLAB, które są oferowane za dopłatą (porównaj też rozdział 12):

- **Simulink** jest zbudowanym na bazie MATLAB-a interaktywnym pakietem do modelowania i symulacji ciągłych oraz dyskretnych modeli dynamicznych. Umożliwia tworzenie wielopoziomowych systemów w postaci schematów blokowych. MATLAB i Simulink są niezbędne do wykorzystania takich produktów, jak:
 - **Stateflow** to zintegrowane z Simulinkiem środowisko symulacji procesów ze zdarzeniami i do symulacji systemów reaktywnych, opisanych graficznie w postaci diagramów stanu (ang. *state charts*).
 - **Blocksets** to dodatkowe biblioteki bloków zawierające wyspecjalizowane modele i poszerzające zastosowania Simulinka. Część bibliotek Toolbox (np. *Control Systems*, *System Identification*, *Fuzzy Logic*) zawiera również dodatkowe bloki Simulinka.
 - **SimMechanics** i **SimPowerSystems** są rozszerzeniem Simulinka do modelowania fizycznego dynamiki układów brył sztywnych oraz układów energetycznych. Mogą być one użyte wspólnie w celu modelowania złożonych systemów elektrycznych i mechanicznych wraz z systemami ich sterowania.
 - Narzędzia do **generowania kodu czasu rzeczywistego** (*Real-time Workshop*, *Stateflow Coder*) są wykorzystywane do budowania niezależnych aplikacji na bazie modeli Simulinka i zawartego w nich kodu MATLAB-owskiego. Generują one kod w języku ANSI C, który może być wykorzystany do prototypowania.
 - **Embedded targets** są używane do implementacji (tworzenia) specjalizowanych systemów wbudowanych z procesorami Texas Instruments, Motorola, Infineon i innymi.
- Biblioteki **Toolbox** (zwane w pracy [48] przybornikami) to około 30 wyspecjalizowanych pakietów oprogramowania, które poszerzają MATLAB o zastosowania z zakresu automatyki, przetwarzania sygnałów i obrazów, optymalizacji, inżynierii finansowej, obliczeń symbolicznych, sieci neuronowych, logiki rozmytej i wielu innych (rozdział 8).
- Narzędzia do **tworzenia aplikacji** MATLAB-a to kompilator *MATLAB Compiler* do M-plików wraz z bibliotekami C, C++ i biblioteką procedur

graficznych: *MATLAB ComBuilder*, *Excel Builder* oraz wymienione powyżej narzędzia do generowania kodu czasu rzeczywistego.

- Narzędzia do **akwizycji i wymiany danych** (*Data Access Products*) to: *Data Acquisition Toolbox* i *Instrument Control Toolbox*, *Database Toolbox*. Umożliwiają one dostęp do danych i narzędzi pomiarowych w czasie rzeczywistym. W grupie tej można także umieścić *Excel Link*.
- **Serwery:** *MATLAB Runtime Server* może być użyty zamiast MATLAB-a do uruchomienia oprogramowania przygotowanego w postaci wykonywalnych P-plików (rozdział 6) lub MEX-plików. Pozwala na dystrybucję oprogramowania, które może być użytkowane bez potrzeby zakupu MATLAB-a. *MATLAB Web Server* umożliwia udostępnienie możliwości obliczeniowych niektórych elementów środowiska MATLAB poprzez internet. Pozwala to na uruchamianie oprogramowania poprzez przeglądarkę internetową (bez MATLAB-a).
- **MATLAB Report Generator** może pobrać dowolną informację z przestrzeni roboczej MATLAB-a i wyeksportować ją do raportu. Jeśli wykorzystywany jest Simulink lub *Stateflow*, można dodatkowo używać *Simulink Report Generator*.
- **Wersje studenckie i akademickie** MATLAB-a i Simulinka są opisane w rozdziale 1.3.
- Produkty **firm współpracujących** (ang. *MathWorks Partner Products*) to około 300 produktów programowych bądź sprzętowych współpracujących z MATLAB-em lub będących jego rozszerzeniem.
- Bezpłatne oprogramowanie jest udostępniane przez internet. Spore archiwa plików udostępnione są poprzez *MATLAB Central file exchange* oraz z wielu innych serwerów, które można znaleźć podając wyszukiwarkom hasła zawierające słowo MATLAB. Na przykład, pakiet oprogramowania do tworzenia złożonych rysunków postscriptowych jest oferowany na serwerze www.epstk.de.

1.2 Produkty pakietu MATLAB – według zastosowań

Bardzo szeroka gama rozszerzeń MATLAB-a utrudnia dokonanie właściwego ich wyboru dla konkretnych zastosowań. Podane poniżej przykłady zostały uaktualnione do wydania (ang. *release*) 13SP1. Pomogą one wybrać właściwy zestaw produktów dla typowych zastosowań:

- **produkty finansowe** to między innymi: *Financial Toolbox, Financial Derivatives Toolbox, Financial Time Series Toolbox, GARCH Toolbox, Statistics Toolbox, Database Toolbox, Fixed-Income Toolbox, Datafeed Toolbox, Excel Link*.

Spośród innych produktów, zalecane są: *MATLAB Compiler, MATLAB Report Generator, Optimization Toolbox, Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, MATLAB Runtime Server, MATLAB Web Server*.

- **do obliczeń inżynierskich** używa się między innymi: *MATLAB-a, Simulink, Signal Processing Toolbox, Control Systems Toolbox, Statistics Toolbox, Curve Fitting Toolbox, Spline Toolbox, Mapping Toolbox, Optimization Toolbox, Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, Bioinformatics Toolbox, MATLAB Compiler* oraz opisanych wcześniej narzędzi do tworzenia aplikacji i do generowania kodu czasu rzeczywistego.

Spośród innych produktów należy rozważyć możliwość użycia: *MATLAB Report Generator, Simulink Report Generator, MATLAB Web Server, Image Processing Toolbox, Wavelet Toolbox, Symbolic Math Toolbox*. Dokładniej omówiono je w rozdziale 11.6.2.

- **do testowania i pomiarów** używa się między innymi: *Data Acquisition Toolbox, Signal Processing Toolbox, Image Acquisition, Instrument Control Toolbox, Excel Link Toolbox, Database Toolbox* oraz opisanych wcześniej narzędzi do akwizycji i wymiany danych oraz narzędzi do tworzenia aplikacji i do generowania kodu czasu rzeczywistego.

Spośród innych produktów należy zwrócić uwagę na: *Statistics Toolbox, Wavelet Toolbox, System Identification Toolbox, Filter Design Toolbox* i *Simulink Report Generator, Database Toolbox*.

- **systemy automatycznego sterowania** można projektować wykorzystując *MATLAB-a* i odpowiednie biblioteki *Toolbox* oraz *Simulink* i jego rozszerzenia. W szczególności można użyć *Control System Toolbox, Signal Processing Toolbox, System Identification Toolbox, Robust Control Toolbox, Micro (μ)-Analysis and Synthesis Toolbox, LMI Control Toolbox, Model Predictive Control Toolbox, Model-Based Calibration Toolbox, Nonlinear Control Design Blockset, Fuzzy Logic Toolbox, Neural Network Toolbox, Stateflow, Fixed-Point Blockset, Model Predictive Control Toolbox, SimPowerSystems Blockset, Optimization Toolbox, Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox*.

Spośród innych produktów należy zwrócić uwagę na opisane wcześniej narzędzia do tworzenia aplikacji i do generowania kodu czasu rzeczywistego, narzędzia do akwizycji i wymiany danych oraz *Dials and Gauges Blockset, DSP Blockset, Developer's Kit for Texas Instruments DSP, LMI Control Toolbox, MATLAB and Simulink Report Generator, Real-Time Windows Target, Requirements Management Interface, Simulink Performance Tools, Statistics*

Toolbox, Virtual Reality Toolbox, xPC Target, xPC Target Embedded Option oraz prawie wszystkie pozostałe produkty środowiska MATLAB.

- do projektowania **systemów dla telekomunikacji** i innych, wykorzystujących **procesory sygnałowe** używa się MATLAB, Simulink, *Signal Processing Toolbox, Image Processing Toolbox, Image Acquisition Toolbox, Wavelet Toolbox, System Identification Toolbox, MATLAB Link for Code Composer, Real-time Workshop, DSP Blockset, Communications Toolbox, Communications Blockset, Stateflow, Stateflow Coder*.

Spośród innych produktów należy zwrócić uwagę na opisane wcześniej narzędzia do akwizycji i wymiany danych oraz narzędzia do tworzenia aplikacji i do generowania kodu czasu rzeczywistego: *MATLAB Compiler, Simulink Performance Tools, Motorola DSP Developer's Kit, Developer's Kit for Texas Instruments DSP, Power System Blockset, CDMA Reference Blockset, Filter Design Toolbox, xPC Target, xPC Target Embedded Option, MATLAB and Simulink Report Generator, Wavelet Toolbox*.

Wykaz i krótkie opisy produktów oferowanych jako rozszerzenia do MATLAB-a podano w Dodatku na stronie 313. Dokładniejsze opisy wybranych produktów przedstawiono w rozdziałach 10 (*Simulink*), 8 (*Biblioteki Toolbox*). Narzędzia do pomiarów, sterowania i szybkiego prototypowania przedstawiono na stronie 297.

1.3 Student Version – MATLAB i Simulink dla studentów

Wydanie studenckie *The Student Version of MATLAB* zawiera oprogramowanie na CD ROM-ie i podręcznik. Jest ono prawie identyczne z wersją profesjonalną pakietu MATLAB. Można nawet korzystać z zewnętrznych programów w C i Fortranie, poprzez użycie MEX-plików.

- zawiera pełną wersję MATLAB-a i Simulinka (z ewentualnym ograniczeniem dla konstruowania modeli **maksymalnie do 300 bloków**) oraz podstawowe funkcje *Symbolic Math Toolbox*.
- może być rozbudowywany za dodatkową opłatą o prawie wszystkie biblioteki *Toolbox* i *Blocksets*, poza modułami związanymi z generowaniem kodu, budową niezależnych aplikacji i niektórymi zaawansowanymi zastosowaniami.
- może być zainstalowany wyłącznie na komputerze stanowiącym prywatną własność studenta.

- poza USA i Kanadą dostępna jest tylko wersja zubożona, dla systemu operacyjnego Windows.

Uczelnie i inne instytucje akademickie mogą zakupywać do celów dydaktycznych licencje edukacyjne indywidualne i wielodostępne (w tym tak zwane *ClassRoom Kits*). Są one znacznie tańsze od wersji studenckiej i nie mają ograniczeń wersji studenckiej.

1.4 MATLAB w internecie

Serwery WWW firmy **The MathWorks, Inc.** zawierają multimedialne bazy danych z informacjami na temat MATLAB-a. Dają też dostęp do innych usług.

- adresem pierwszego kontaktu w Polsce jest lokalny dystrybutor www.ont.com.pl [17] w Krakowie. Dodatkowo, dla użytkowników licencjonowanych z wykupioną subskrypcją uaktualnień udostępniono e-mail support@ont.com.pl. Można tam uzyskać nieodpłatne materiały informacyjne, darmowe czasowe licencje próbne (dla instytucji) oraz informacje o szkoleniach i konferencjach.
- materiały w języku angielskim są dostępne na serwerze <http://www.mathworks.com>
- serwer **MATLAB Central file exchange** ułatwia wymianę oprogramowania i wzajemny kontakt pomiędzy użytkownikami MATLAB-a. Umieszczono tam bogate archiwum przykładów i pakietów przygotowanych przez autorów książek o MATLAB-ie, przez uczelnie, organizacje i osoby prywatne oraz linki do list dyskusyjnych. Adres:
<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/index.jsp>
- bardziej szczegółowe informacje, nowe wersje oprogramowania i materiały szkoleniowe są dostępne dla zarejestrowanych użytkowników MATLAB-a poprzez usługę *MATLAB access*. Potrzebne do zalogowania hasło otrzymuje się e-mailem po wypełnieniu krótkiej ankiety.
- lista dyskusyjna w internecie comp.soft-sys.matlab [11] – umieszczone są tam pytania i odpowiedzi użytkowników.
- portal tematyczny www.mathtools.net udostępnia szeroką gamę informacji o MATLAB-ie, jego zastosowaniach i rozwiązaniach pokrewnych. Można tam pobrać bezpłatne wersje oprogramowania.
- adresy poczty elektronicznej firm MathWorks, Inc.
info@mathwors.com, support@mathworks.com, bugs@mathworks.com

Mając na uwadze stałą poprawę jakości obsługi swoich klientów, The MathWorks, Inc. stale ulepsza i zmienia witryny internetowe. Może to spowodować, że niektóre podane tu informacje staną się nieaktualne.

1.5 MATLAB i Simulink w książkach

Każdego roku ukazuje się co najmniej kilkanaście dobrych książek na temat MATLAB-a i jego zastosowań. Wykaz oficjalnie uznawanych książek (większość w języku angielskim) jest dostępny na serwerze www.mathworks.com. W roku 2003 oficjalny wykaz obejmował następujące ilości książek (w nawiasach podano dane z roku 1998 według [35]):

- Automatyka - 49 książek (150),
- Biologia - 14 książek (0),
- Chemia - 12 książek (1),
- Ekonomia i finanse - 6 książek (1),
- Elektronika - 45 książek (6),
- Fizyka - 6 książek (3),
- Grafika komputerowa - 13 książek (0),
- Identyfikacja - 9 książek (4),
- Matematyka - 105 książek (45),
- MATLAB i jego środowisko - 102 książki (20), w tym [33], [35] i [36],
- Mechanika - 30 książek (5),
- Nauki przyrodnicze - 9 książek (2),
- Statystyka i funkcje losowe - 23 książki (8),
- Sieci neuronowe i zbiory rozmyte - 21 książek (6),
- Telekomunikacja - 31 książek (3),
- Teoria sygnałów - 109 książek (31),

W Polsce pakiet MATLAB znalazł zastosowanie w edukacji, w wielu dziedzinach nauki i techniki, w medycynie, a nawet w muzyce. Informację o zastosowaniach pakietu MATLAB, opracowaną na podstawie materiałów konferencyjnych [53], [47] i [7], podano w [35]. Dalsze przykłady zastosowań można znaleźć w [25] oraz na serwerach *www.mathworks.com* oraz na serwerze krajowego dystrybutora MATLAB-a *www.ont.com.pl*, w tym na stronach dotyczących organizowanych konferencji [50], [51], [52].