

Helion 



# Piękny kod

Tajemnice mistrzów programowania

O'REILLY®

Pod redakcją Andy'ego Orama i Grega Wilsona

Tytuł oryginału: Beautiful Code: Leading Programmers Explain How They Think

Tłumaczenie: Łukasz Piwko (wstęp, rozdz. 1 – 16),  
Marcin Rogóż (rozdz. 17 – 33),  
Projekt okładki: Radosław Pazdrijowski i Mateusz Obarek

ISBN: 978-83-283-3477-9

© Helion SA 2008, 2017

Authorized translation of the English edition of Beautiful Code © 2007 O'Reilly Media, Inc.  
This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

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.

Fotografia na okładce została wykorzystana za zgodą iStockPhoto Inc.

Wydawnictwo HELION  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE  
tel. 032 231 22 19, 032 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto: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/szpppv>  
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:  
<ftp://ftp.helion.pl/przyklady/szpppv.zip>

Printed in Poland.

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

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

<b>Słowo wstępne</b>	<b>13</b>
<b>Wstęp</b>	<b>15</b>
<b>1. Wyrażenia regularne</b>	<b>19</b>
Programowanie w praktyce	20
Implementacja	21
Omówienie	22
Alternatywy	24
Rozszerzanie	25
Podsumowanie	27
<b>2. Edytor delty w Subversion — interfejs jako ontologia</b>	<b>29</b>
Kontrola wersji i transformacja drzewa	30
Prezentacja różnic pomiędzy drzewami	34
Interfejs edytora delty	35
Ale czy to jest sztuka?	40
Abstrakcja jako sport widowiskowy	43
Wnioski	45
<b>3. Najpiękniejszy kod, którego nigdy nie napisałem</b>	<b>47</b>
Najpiękniejszy kod, jaki kiedykolwiek napisałem	47
Coraz więcej za pomocą coraz mniejszych środków	49
Perspektywa	54
Co to jest pisanie	57
Zakończenie	57
Podziękowania	59
<b>4. Wyszukiwanie</b>	<b>61</b>
Na czas	61
Problem — dane z pamiętnika sieciowego	62
Problem — kto zażądał, czego i kiedy	70
Wyszukiwanie na dużą skalę	75
Podsumowanie	77

<b>5. Poprawny, piękny, szybki (w takiej kolejności)</b>	<b>79</b>
— <b>lekcje z projektowania weryfikatorów XML</b>	
Znaczenie walidacji XML	79
Problem	80
Wersja 1. Naiwna implementacja	82
Wersja 2. Imitacja gramatyki BNF $O(N)$	83
Wersja 3. Pierwsza optymalizacja $O(\log N)$	84
Wersja 4. Druga optymalizacja — nie sprawdzaj dwa razy	85
Wersja 5. Trzecia optymalizacja $O(1)$	87
Wersja 6. Czwarta optymalizacja — buforowanie	91
Morał	93
<b>6. Framework for Integrated Test — piękno poprzez delikatność</b>	<b>95</b>
Acceptance Testing Framework w trzech klasach	96
Wyzwanie zaprojektowania środowiska	98
Otwarte środowisko	99
Jak prosty może być parser HTML	100
Podsumowanie	103
<b>7. Piękne testy</b>	<b>105</b>
To niesforne wyszukiwanie binarne	106
Wstęp do JUnit	109
Rozprawić się z wyszukiwaniem binarnym	111
Podsumowanie	122
<b>8. Generowanie w locie kodu do przetwarzania obrazów</b>	<b>125</b>
<b>9. Kolejność wykonywania operatorów</b>	<b>147</b>
JavaScript	148
Tablica symboli	149
Tokeny	150
Kolejność	151
Wyrażenia	152
Operatory wrostkowe	152
Operatory przedrostkowe	154
Operatory przypisania	155
Stałe	155
Zakres	156
Instrukcje	157
Funkcje	160
Literały tablicowe i obiektowe	161
Rzeczy do zrobienia i przemyślenia	162
<b>10. Poszukiwanie szybszych metod zliczania bitów w stanie wysokim</b>	<b>163</b>
Podstawowe metody	164
Dziel i zwyciężaj	165
Inne metody	167

Suma i różnica liczb ustawionych bitów w dwóch słowach	169
Porównywanie liczby ustawionych bitów w dwóch słowach	169
Zliczanie jedynek w tablicy	170
Zastosowania	175
<b>11. Bezpieczna komunikacja — technologia wolności</b>	<b>177</b>
Początki	178
Rozwikłać tajemnicę bezpiecznego przesyłania wiadomości	180
Klucz to użyteczność	181
Podstawa	184
Zestaw testów	188
Działający prototyp	189
Oczyść, podłącz i używaj	190
Hakowanie w Himalajach	194
Niewidoczne ruchy ręką	199
Prędkość ma znaczenie	201
Prywatność komunikacji dla praw jednostki	202
Hakowanie cywilizacji	203
<b>12. Hodowanie pięknego kodu w języku BioPerl</b>	<b>205</b>
BioPerl i moduł Bio::Graphics	206
Proces projektowania modułu Bio::Design	210
Rozszerzanie modułu Bio::Graphics	228
Wnioski i lekcje	232
<b>13. Projekt programu Gene Sorter</b>	<b>235</b>
Interfejs użytkownika programu Gene Sorter	236
Podtrzymywanie dialogu z użytkownikiem przez internet	237
Nieco polimorfizmu	239
Filtrowanie w celu znalezienia odpowiedniego genu	242
Ogólna teoria pięknego kodu	243
Podsumowanie	246
<b>14. Jak elegancki kod ewoluuje wraz ze sprzętem — przypadek eliminacji Gaussa</b>	<b>247</b>
Wpływ architektury komputerów na algorytmy macierzowe	248
Metoda dekompozycyjna	250
Prosta wersja	251
Podprocedura DGEFA biblioteki LINPACK	252
Procedura LAPACK DGETRF	255
Rekursywna dekompozycja LU	257
Procedura ScaLAPACK PDGETRF	260
Wielowątkowość w systemach wielordzeniowych	265
Słowo na temat analizy błędów i liczby operacji	267
Przyszłe kierunki badań	268
Literatura zalecana	269

<b>15. Długoterminowe korzyści z pięknego projektu</b>	<b>271</b>
Moje wyobrażenie o pięknym kodzie	271
Wprowadzenie do biblioteki CERN	272
Zewnętrzne piękno	273
Piękno wewnętrzne	278
Podsumowanie	284
<b>16. Model sterowników jądra systemu Linux — korzyści płynące ze współpracy</b>	<b>285</b>
Skromne początki	286
Redukcja do jeszcze mniejszych rozmiarów	290
Skalowanie do tysięcy urządzeń	293
Małe, luźno połączone obiekty	294
<b>17. Inny poziom pośredniości</b>	<b>297</b>
Od kodu do wskaźników	297
Od argumentów funkcji do wskaźników argumentów	300
Od systemów plików do warstw systemów plików	303
Od kodu do języka konkretnej domeny	305
Multipleksacja i demultipleksacja	307
Na zawsze warstwy?	308
<b>18. Implementacja słownika w Pythonie — być wszystkim dla wszystkich</b>	<b>311</b>
Wewnątrz słownika	313
Warunki specjalne	314
Kolizje	316
Zmiana rozmiaru	317
Iteracje i zmiany dynamiczne	318
Podsumowanie	319
Podziękowania	319
<b>19. Wielowymiarowe iteratory w NumPy</b>	<b>321</b>
Kluczowe wyzwania w operacjach na N-wymiarowych tablicach	322
Modele pamięci dla tablicy N-wymiarowej	323
Początki iteratora NumPy	324
Interfejs iteratora	331
Wykorzystanie iteratora	332
Podsumowanie	336
<b>20. System korporacyjny o wysokim stopniu niezawodności dla misji Mars Rover NASA</b>	<b>337</b>
Misja i Collaborative Information Portal	338
Wymagania misji	339
Architektura systemu	340
Studium przypadku — usługa strumieniowa	343
Niezawodność	346
Solidność	353
Podsumowanie	355

<b>21. ERP5 — projektowanie maksymalnej giętkości</b>	<b>357</b>
Ogólne cele ERP	358
ERP5	358
Podstawowa platforma Zope	360
Założenia ERP5 Project	364
Pisanie kodu dla ERP5 Project	365
Podsumowanie	368
<b>22. Łyżka dziegciu</b>	<b>371</b>
<b>23. Programowanie rozproszone z zastosowaniem MapReduce</b>	<b>389</b>
Motywujący przykład	389
Model programistyczny MapReduce	392
Inne przykłady MapReduce	393
Implementacja rozproszonego MapReduce	394
Rozszerzenia modelu	398
Wnioski	399
Literatura zalecana	400
Podziękowania	400
Dodatek: przykład algorytmu zliczającego słowa	400
<b>24. Piękna współbieżność</b>	<b>403</b>
Prosty przykład: konta bankowe	404
Pamięć transakcyjna STM	406
Problem Świętego Mikołaja	414
Refleksje na temat Haskell'a	422
Wnioski	423
Podziękowania	424
<b>25. Abstrakcja składniowa — rozszerzenie syntax-case</b>	<b>425</b>
Krótkie wprowadzenie do syntax-case	429
Algorytm rozwijania	431
Przykład	443
Wnioski	445
<b>26. Architektura oszczędzająca nakłady — obiektowy framework dla oprogramowania sieciowego</b>	<b>447</b>
Przykładowa aplikacja — usługa rejestrowania	449
Zorientowany obiektowo projekt frameworku serwera rejestrowania	451
Implementacja sekwencyjnych serwerów rejestrowania	457
Implementacja współbieżnych serwerów rejestrowania	461
Wnioski	467
<b>27. Integracja partnerów biznesowych z wykorzystaniem architektury REST</b>	<b>469</b>
To projektu	470
Udostępnianie usług klientom zewnętrznym	470

Przekazywanie usługi za pomocą wzorca fabryki	473
Wymiana danych z użyciem protokołów e-biznesowych	475
Wnioski	480
<b>28. Piękne debugowanie</b>	<b>481</b>
Debugowanie debugera	482
Systematyczny proces	483
Szukany problem	485
Automatyczne wyszukiwanie przyczyny awarii	486
Debugowanie delta	488
Minimalizacja wejścia	490
Polowanie na usterkę	490
Problem prototypu	493
Wnioski	493
Podziękowania	494
Literatura zalecana	494
<b>29. Traktując kod jako esej</b>	<b>495</b>
<b>30. Gdy ze światem łączy cię tylko przycisk</b>	<b>501</b>
Podstawowy model projektu	502
Interfejs wejściowy	505
Wydajność interfejsu użytkownika	518
Pobieranie	518
Przyszłe kierunki rozwoju	519
<b>31. Emacspeak — kompletne dźwiękowe środowisko pracy</b>	<b>521</b>
Tworzenie wyjścia mówionego	522
Włączanie mowy w Emacsie	523
Bezbolesny dostęp do informacji online	534
Podsumowanie	541
Podziękowania	544
<b>32. Kod w ruchu</b>	<b>545</b>
O byciu „podręcznikowym”	546
Podobne wygląda podobnie	547
Niebezpieczeństwa wcięć	548
Poruszanie się po kodzie	549
Wykorzystywane przez nas narzędzia	550
Burzliwa przeszłość DiffMerge	552
Wnioski	554
Podziękowania	554
Literatura zalecana	554



<b>33. Pisanie programów dla Księgi</b>	<b>557</b>
Niekrólewska droga	558
Ostrzeżenie dla nawiasofobów	558
Trzy w rządzie	559
Śliskie nachylenie	561
Nierówność trójkąta	563
Meandrowanie	565
„No przecież!”, znaczy się „Aha!”	566
Wnioski	567
Zalecana literatura	568
<b>Posłowie</b>	<b>571</b>
<b>Autorzy</b>	<b>573</b>
<b>Skorowidz</b>	<b>583</b>



# Najpiękniejszy kod, którego nigdy nie napisałem

*Jon Bentley*

**K**IEDYŚ SŁYSZAŁEM, ŻE PEWIEN MISTRZ PROGRAMOWANIA dawał taką oto pochwałę: „On dodaje funkcje poprzez usuwanie kodu”. Antoine Saint-Exupéry, francuski pisarz i lotnik, wyraził tę myśl bardziej ogólnie: „Projektant może uznać, że osiągnął perfekcję, nie wtedy, kiedy nie pozostało już nic do dodania, ale wtedy, gdy nie można już nic odjąć”. W oprogramowaniu najpiękniejszego kodu, najpiękniejszych funkcji i najpiękniejszych programów czasami w ogóle nie ma.

Oczywiście trudno dyskutować o rzeczach, których nie ma. Ten rozdział jest próbą wykonania tego przytłaczającego zadania poprzez zaprezentowanie nowatorskiej analizy czasu pracy klasycznego programu Quicksort. Pierwszy podrozdział zawiera ogólny opis programu z osobistego punktu widzenia. Następny — to już treść właściwa tego rozdziału. Zaczniemy od dodania jednego licznika do programu, a następnie będziemy manipulować kodem, żeby stawał się coraz mniejszy i potężniejszy, aż tylko kilka wierszy kodu w pełni będzie pokrywać jego średni czas działania. Trzeci podrozdział podsumowuje techniki i zawiera niezwykle zwięzłą analizę kosztów binarnych drzew poszukiwań. Wskazówki znajdujące się w dwóch ostatnich podrozdziałach, oparte na spostrzeżeniach zawartych w tym tekście, pomogą nam pisać bardziej eleganckie programy.

## Najpiękniejszy kod, jaki kiedykolwiek napisałem

Kiedy Greg Wilson przedstawił mi pomysł na tę książkę, zadałem sobie pytanie, jaki był najpiękniejszy kod, który napisałem. Po prawie całym dniu kołatania się tego pytania w mojej głowie zdałem sobie sprawę, że ogólna odpowiedź jest niezwykle prosta: Quicksort. Jednak w zależności od tego, jak precyzyjnie sformuluje się to pytanie, można odpowiedzieć na nie na trzy sposoby.

Tematem mojej rozprawy naukowej były algorytmy typu „dziel i zwyciężaj”. Dzięki niej odkryłem, że algorytm Quicksort napisany przez programistę o nazwisku C. A. R. Hoare (*Quicksort*, „Computer Journal” nr 5) jest niezaprzeczalnie dziadkiem ich wszystkich. Jest to piękny algorytm rozwiązujący podstawowy problem, który można zaimplementować w eleganckim kodzie. Zawsze go uwielbiałem, ale trzymałem się z dala od jego najgłębiej zagnieżdżonej pętli. Kiedyś spędziłem dwa dni na debugowaniu programu opartego na niej i całymi latami kopiowałem skrupulatnie kod za każdym razem, kiedy musiałem wykonać podobne zadanie. Rozwiązywał moje problemy, ale nigdy tak *naprawdę* go nie rozumiałem.

W końcu nauczyłem się od Nico Lomuto eleganckiej metody dzielenia i nareszcie mogłem napisać program Quicksort, który byłby dla mnie zrozumiały, a nawet umiałbym udowodnić, że jest poprawny. Spostrzeżenie Williama Strunka Jr., że „piszący szybko piszą zwięźle”, ma zastosowanie zarówno do kodu, jak i języka angielskiego. W związku z tym, idąc za jego radą, „pomijałem zbędne słowa” (*The Elements of Style*). Udało mi się zredukować 40 wierszy kodu do równo 12. A więc jeśli pytanie brzmi: „Jaki jest najpiękniejszy mały fragment kodu, jaki w życiu napisałem?”, moja odpowiedź to: Quicksort z mojej książki pod tytułem *Perelki oprogramowania*<sup>1</sup>. Ta funkcja Quicksort, napisana w języku C, została przedstawiona na listingu 3.1. W następnym podrozdziale zajmiemy się dalszym dostrajaniem i badaniem tego kodu.

#### LISTING 3.1. Funkcja Quicksort

```
void quicksort(int l, int u)
{
    int i, m;
    if (l >= u) return;
    swap(l, randint(l, u));
    m = l;
    for (i = l+1; i <= u; i++)
        if (x[i] < x[l])
            swap(++m, i);
    swap(l, m);
    quicksort(l, m-1);
    quicksort(m+1, u);
}
```

Kod ten sortuje globalną tablicę  $x[n]$ , kiedy jest wywoływany z argumentami `quicksort(0, n-1)`. Oba argumenty tej funkcji są indeksami podtablicy, która ma być posortowana. `l` oznacza dolną granicę (ang. *lower*), a `u` — górną (ang. *upper*). Wywołanie funkcji `swap(i, j)` powoduje zamianę zawartości elementów  $x[i]$  i  $x[j]$ . Pierwsza funkcja `swap` losowo wybiera element podziału, który w taki sam sposób jest wybierany pomiędzy `l` i `u`.

Książka *Perelki oprogramowania* zawiera szczegółowy opis i dowód poprawności funkcji `quicksort`. Zakładam, że Czytelnik zna algorytm Quicksort na poziomie tamtego opisu i najbardziej podstawowych książek o algorytmach.

Jeśli zmienimy pytanie na: „Jaki jest najpiękniejszy powszechnie używany fragment kodu, który napisałeś?”, moja odpowiedź ponownie będzie brzmieć Quicksort. W artykule napisanym razem

---

<sup>1</sup> Jon Bentley, *Perelki oprogramowania*, wyd. 2, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001 — *przyp. red.*

z M. D. McIlroyem<sup>2</sup> omawiamy poważny błąd związany z wydajnością w nieco sędziwej już funkcji systemu Unix — `qsort`. Wzięliśmy się za pisanie nowej funkcji `sort` dla biblioteki języka C, biorąc pod uwagę wiele różnych algorytmów do wykorzystania, w tym *Merge Sort* i *Heap Sort*. Po porównaniu kilku możliwości implementacji zdecydowaliśmy się na wersję z algorytmem Quicksort. We wspomnianym artykule wyjaśniamy, w jaki sposób napisaliśmy nową funkcję, która była bardziej przejrzysta, szybsza i solidniejsza niż jej konkurentki — po części z racji swoich niewielkich rozmiarów. Mądra rada Gordona Bella okazała się słuszna: „Najtańsze, najszybsze i najbardziej niezawodne komponenty systemu komputerowego to te, których nie ma”. Funkcja ta jest już powszechnie używana od ponad dziesięciu lat i nie zgłoszono jeszcze żadnych błędów.

Biorąc pod uwagę korzyści płynące ze zmniejszania objętości kodu, zadałem sobie w końcu trzeci wariant pytania zamieszczonego na początku tego rozdziału: „Jaki jest najpiękniejszy fragment kodu, którego *nigdy* nie napisałem?”. Jak udało mi się osiągnąć bardzo dużo za pomocą tak małych środków? Odpowiedź i tym razem jest związana z Quicksort, a konkretnie z analizą jego wydajności. O tym opowiadałem w kolejnym podrozdziale.

## Coraz więcej za pomocą coraz mniejszych środków

Quicksort to bardzo elegancki algorytm, który nadaje się do wykonywania wnikliwych analiz. Około roku 1980 odbyłem wspaniałą rozmowę z Tonym Hoarem na temat historii jego algorytmu. Powiedział mi, że kiedy go opracował, wydawało mu się, iż jest on zbyt prosty do opublikowania. Napisał więc tylko swój klasyczny artykuł *Quicksort*, kiedy udało mu się przeanalizować jego oczekiwany czas wykonywania.

Łatwo się zorientować, że posortowanie tablicy zawierającej  $n$  elementów algorytmowi Quicksort może w najgorszym przypadku zająć około  $n^2$  czasu. W najlepszym natomiast przypadku wybiera on wartość średnią jako element dzielący, dzięki czemu sortuje tablicę za pomocą około  $n \times \lg(n)$  porównań. A więc ilu średnio porównań potrzebuje w przypadku losowej tablicy  $n$  różnych wartości?

Analiza tego problemu dokonana przez Hoare’a jest piękna, ale niestety wykraczająca poza wiedzę matematyczną wielu programistów. Kiedy uczyłem zasady działania algorytmu Quicksort studentów, martwiło mnie, że wielu z nich nie mogło zrozumieć dowodu, nawet mimo mojego szczerego wysiłku. Spróbujemy teraz podejść do tego zagadnienia w eksperymentalny sposób. Zaczniemy od programu Hoare’a i stopniowo dojdziemy do analizy zbliżonej do jego własnej.

Naszym zadaniem jest zmodyfikować kod z listingu 3.1 przedstawiającego randomizujący kod Quicksort, aby drogą analizy sprawdzał średnią liczbę porównań potrzebnych do posortowania tablicy zawierającej unikatowe elementy. Spróbujemy też uzyskać jak najwięcej przy użyciu jak najmniejszej ilości kodu, czasu i miejsca.

Aby określić średnią liczbę porównań, najpierw rozszerzymy funkcjonalność programu o możliwość ich zliczania. W tym celu inkrementujemy zmienną `comps` przed porównaniem w wewnętrznej pętli (listing 3.2).

---

<sup>2</sup> J. Bentley, M. D. McIlroy, *Engineering a sort function*, „Software-Practice and Experience”, Vol. 23, No. 11 — *przyp. red.*

**LISTING 3.2. Wewnętrzna pętla algorytmu Quicksort przystosowana do zliczania porównań**

```
for (i = l+1; i <= u; i++) {
    comps++;
    if (x[i] < x[l])
        swap(++m, i);
}
```

Jeśli uruchomimy program tylko dla jednego  $n$ , dowiemy się, ile porównań to jedno uruchomienie potrzebuje. Jeśli powtórzymy tę operację wielokrotnie dla wielu wartości  $n$  i przeprowadzimy statystyczną analizę wyników, uzyskamy wartość średnią. Algorytm Quicksort potrzebuje około  $1,4 n \times \lg(n)$  porównań do posortowania  $n$  elementów.

Nie jest to wcale zły sposób na uzyskanie wglądu w działanie programu. Dzięki 13 wierszom kodu i kilku eksperymentom można sporo odkryć. Znane powiedzenie przypisywane pisarzom takim jak Blaise Pascal i T. S. Eliot brzmi: „Gdybym miał więcej czasu, napisałbym Ci krótszy list”. My mamy czas, więc poeksperymentujemy trochę z kodem, aby napisać krótszy (i lepszy) program.

Zagramy w przyspieszanie eksperymentu, próbując zwiększyć statystyczną dokładność i wgląd w działanie programu. Jako że wewnętrzna pętla wykonuje dokładnie  $u-1$  porównań, możemy nieco przyspieszyć działanie programu, zliczając te porównania za pomocą pojedynczej operacji poza pętlą. Po tej zmianie algorytm Quicksort wygląda jak na listingu 3.3.

**LISTING 3.3. Algorytm Quicksort po przeniesieniu inkrementacji na zewnątrz pętli**

```
comps += u-1;
for (i = l+1; i <= u; i++)
    if (x[i] < x[l])
        swap(++m, i);
```

Program ten sortuje tablicę i jednocześnie sprawdza liczbę potrzebnych porównań. Jeśli jednak naszym celem jest tylko zliczenie porównań, nie musimy sortować tablicy. Na listingu 3.4 zostało usunięte prawdziwe sortowanie i pozostał tylko szkielet różnych wywołań wykonywanych przez program.

**LISTING 3.4. Szkielet algorytmu Quicksort zredukowany do zliczania**

```
void quickcount(int l, int u)
{
    int m;
    if (l >= u) return;
    m = randint(l, u);
    comps += u-l;
    quickcount(l, m-1);
    quickcount(m+1, u);
}
```

Program ten działa dzięki losowemu wybieraniu przez Quicksort elementu dzielącego i dzięki założeniu, że wszystkie elementy są unikatowe. Jest on wykonywany w czasie proporcjonalnym do  $n$ . Podczas gdy program z listingu 3.3 wymagał proporcjonalnej do  $n$  ilości miejsca, teraz została ona zredukowana do stosu rekurencji, który średnio jest proporcjonalny do  $\lg(n)$ .

Mimo że indeksy ( $l$  i  $u$ ) tablicy są niezbędne w prawdziwym programie, w tej wersji szkieletu nie mają znaczenia. Można je zastąpić jedną liczbą całkowitą ( $n$ ), która będzie określała rozmiar podtablicy do posortowania (listing 3.5).

LISTING 3.5. Szkielet algorytmu Quicksort z jednym argumentem określającym rozmiar

```
void qc(int n)
{
    int m;
    if (n <= 1) return;
    m = randint(1, n);
    comps += n-1;
    qc(m-1);
    qc(n-m);
}
```

Bardziej naturalne teraz będzie przetworzenie tej procedury do postaci funkcji zliczającej porównania (ang. *comparison count* — *cc*), która zwraca liczbę porównań użytych przez jedno wykonanie algorytmu Quicksort. Funkcję tę przedstawia listing 3.6.

LISTING 3.6. Szkielet algorytmu Quicksort zaimplementowany jako funkcja

```
int cc(int n)
{
    int m;
    if (n <= 1) return 0;
    m = randint(1, n);
    return n-1 + cc(m-1) + cc(n-m);
}
```

Przykłady zamieszczone na listingach 3.4, 3.5 i 3.6 rozwiązują ten sam podstawowy problem i potrzebują na to tyle samo czasu i pamięci. Każda kolejna wersja ma poprawioną formę, dzięki czemu jest nieco bardziej przejrzysta i zwięzła od poprzedniej.

Definiując **paradoks wynalazcy** (ang. *inventor's paradox*), George Pólya oznajmia, że: „Bardziej ambitny plan może mieć więcej szans na powodzenie”<sup>3</sup>. Spróbujemy teraz wykorzystać ten paradoks w analizie Quicksort. Do tej pory zadawaliśmy sobie pytanie, ile porównań potrzebuje algorytm Quicksort do posortowania tablicy zawierającej  $n$  elementów. Teraz zadamy bardziej ambitne pytanie: ile średnio porównań potrzebuje algorytm Quicksort do posortowania losowej tablicy o rozmiarze  $n$ ? Możemy rozszerzyć kod z listingu 3.6, aby uzyskać pseudokod widoczny na listingu 3.7.

LISTING 3.7. Średnia liczba porównań algorytmu Quicksort jako pseudokod

```
float c(int n)
{
    if (n <= 1) return 0;
    sum = 0;
    for (m = 1; m <= n; m++)
        sum += n-1 + c(m-1) + c(n-m);
    return sum/n;
}
```

Jeśli dane wejściowe zawierają maksymalnie jeden element, Quicksort nie wykonuje żadnych porównań, jak w przykładzie z listingu 3.6. W przypadku  $n$  o większej wartości kod ten bierze pod uwagę każdą wartość dzielącą (od pierwszego do ostatniego elementu — każdy jest równie prawdopodobny)

<sup>3</sup> George Pólya, *How to solve it*, Princeton University Press, 1945 — *przyp. red.*

i określa koszt podziału w każdym z tych miejsc. Następnie kod oblicza sumę tych wartości (w ten sposób rekursywnie rozwiązując jeden problem rozmiaru  $m-1$  i jeden problem rozmiaru  $n-m$ ) i dzieli ją przez  $n$ , uzyskując średnią.

Gdybyśmy mogli obliczyć tę liczbę, nasze eksperymenty byłyby znacznie bardziej potężne. Zamiast przeprowadzać wiele eksperymentów z jedną wartością  $n$  w celu oszacowania średniej, jeden eksperyment wystarczyłby do uzyskania prawdziwej średniej. Niestety, ta potęga ma swoją cenę: program działa w czasie proporcjonalnym do  $3^n$  (interesującym ćwiczeniem jest analiza tego czasu przy użyciu technik opisanych w tym rozdziale).

Kod z listingu 3.7 potrzebuje właśnie tyle czasu, ponieważ oblicza pododpowiedzi wielokrotnie. W takim przypadku można zastosować **programowanie dynamiczne** w celu zapisywania tych pododpowiedzi, co pozwoli na uniknięcie ich ponownego obliczania. W tym przypadku wprowadzimy tablicę  $t[N+1]$ , w której element  $t[n]$  przechowuje  $c(n)$ , i obliczymy jej wartości w kolejności rosnącej.  $N$  będzie oznaczać maksymalną wartość  $n$ , czyli rozmiar tablicy do posortowania. Rezultat jest widoczny na listingu 3.8.

*LISTING 3.8. Obliczenia algorytmu Quicksort przy użyciu programowania dynamicznego*

```
t[0] = 0
for (n = 1; n <= N; n++)
    sum = 0
    for (i = 1; i <= n; i++)
        sum += n-1 + t[i-1] + t[n-i]
    t[n] = sum/n
```

Program ten jest z grubsza transkrypcją kodu z listingu 3.7, w której zastąpiono  $c(n)$  zapisem  $t[n]$ . Jego czas wykonywania jest proporcjonalny do  $N^2$ , a ilość zajmowanego miejsca do  $N$ . Jedną z jego zalet jest to, że po zakończeniu wykonywania tablica  $t$  zawiera rzeczywiste wartości średnie (a nie przybliżoną wartość przykładowych średnich) dla elementów tablicy od 0 do  $N$ . Dzięki analizie tych liczb można uzyskać informacje na temat funkcjonalnej formy spodziewanej liczby porównań wykonanych przez algorytm Quicksort.

Teraz uprościmy nasz program jeszcze bardziej. Najpierw przeniesiemy człon  $n-1$  poza pętlę, jak widać na listingu 3.9.

*LISTING 3.9. Obliczenia Quicksort z kodem przeniesionym na zewnątrz pętli*

```
t[0] = 0
for (n = 1; n <= N; n++)
    sum = 0
    for (i = 1; i <= n; i++)
        sum += t[i-1] + t[n-i]
    t[n] = n-1 + sum/n
```

Dalsze dostrajanie kodu będzie polegało na użyciu symetrii. Jeśli na przykład  $n$  wynosi 4, wewnętrzna pętla oblicza następującą sumę:

$$t[0]+t[3] + t[1]+t[2] + t[2]+t[1] + t[3]+t[0]$$

W tym szeregu par pierwsze elementy zwiększają się, podczas gdy mniejsze zmniejszają. Możemy zatem sumę tę zapisać tak:



```
2 * (t[0] + t[1] + t[2] + t[3])
```

Za pomocą tej symetrii otrzymamy algorytm widoczny na listingu 3.10.

*LISTING 3.10. Obliczenia Quicksort przy użyciu symetrii*

```
t[0] = 0
for (n = 1; n <= N; n++)
    sum = 0
    for (i = 0; i < n; i++)
        sum += 2 * t[i]
    t[n] = n-1 + sum/n
```

Kod ten jednak również nie jest w pełni efektywny, ponieważ wielokrotnie oblicza tę samą sumę. Zamiast dodawać wszystkie poprzednie człony, możemy zmienną `sum` zainicjalizować poza pętlą i dodać następny człon. Rezultat jest widoczny na listingu 3.11.

*LISTING 3.11. Obliczenia Quicksort z usuniętą wewnętrzną pętlą*

```
sum = 0; t[0] = 0
for (n = 1; n <= N; n++)
    sum += 2*t[n-1]
    t[n] = n-1 + sum/n
```

Ten niewielki program jest naprawdę użyteczny. W czasie proporcjonalnym do  $N$  tworzy tabelę rzeczywistych spodziewanych czasów wykonania algorytmu Quicksort dla każdej liczby całkowitej od 1 do  $N$ .

Kod z listingu 3.11 jest łatwy do użycia w arkuszu kalkulacyjnym, w którym wartości są natychmiast dostępne do dalszej analizy. Tabela 3.1 przedstawia początkowe wiersze.

*TABELA 3.1. Wynik implementacji kodu z listingu 3.11 w arkuszu kalkulacyjnym*

N	Suma	t[n]
0	0	0
1	0	0
2	0	1
3	2	2.667
4	7.333	4.833
5	17	7.4
6	31.8	10.3
7	52.4	13.486
8	79.371	16.921

Pierwszy wiersz liczb w tej tabeli jest inicjalizowany za pomocą trzech stałych z kodu. W notacji arkuszy kalkulacyjnych kolejny wiersz liczb (trzeci wiersz arkusza) jest obliczany przy użyciu następujących zależności:

$$A3 = A2+1$$

$$B3 = B2 + 2*C2$$

$$C3 = A3-1 + B3/A3$$

Kopiując poprzez przeciągnięcie te (względne) odwołania w dół, można uzupełnić arkusz. Ten arkusz jest moim poważnym kandydatem na „najpiękniejszy kod, jaki kiedykolwiek napisałem” w kategorii osiągnięcia jak najwięcej za pomocą tylko kilku wierszy kodu.

Co jednak, jeśli nie potrzebujemy tych wszystkich wartości? Gdybyśmy na przykład woleli przeanalizować tylko kilka z wartości (na przykład wszystkie potęgi cyfry 2 od  $2^0$  do  $2^{32}$ )? Mimo że kod z listingu 3.11 tworzy pełną tablicę `t`, używa on tylko jej najnowszej wartości.

Możemy zatem zastąpić liniową przestrzeń tablicy `t[]` stałą przestrzenią zmiennej `t`, jak na listingu 3.12.

Listing 3.12. Obliczenia Quicksort — ostateczna wersja

```
sum = 0; t = 0
for (n = 1; n <= N; n++)
    sum += 2*t
t = n-1 + sum/n
```

Można następnie wstawić dodatkowy wiersz kodu w celu sprawdzenia trafności `n` i w razie potrzeby wydrukować wyniki.

Ten niewielki program jest ostatnim etapem naszej podróży. Dobrą konkluzją w odniesieniu do niej mogą być słowa Alana Perlisa: „Prostota nie występuje przed złożonością, ale jest jej następstwem”<sup>4</sup>.

## Perspektywa

Tabela 3.2 zawiera zestawienie programów analizujących Quicksort, prezentowanych w tym rozdziale.

TABELA 3.2. Ewolucja programu analizującego pracę algorytmu Quicksort

Numer przykładu	Liczba wierszy	Typ odpowiedzi	Liczba odpowiedzi	Czas trwania	Przestrzeń
2	13	Przykładowa	1	$n \times \lg(n)$	$N$
3	13	"	"	"	"
4	8	"	"	$n$	$\lg(n)$
5	8	"	"	"	"
6	6	"	"	"	"
7	6	Dokładna	"	$3^N$	$N$
8	6	"	$N$	$N^2$	$N$
9	6	"	"	"	"
10	6	"	"	"	"
11	4	"	"	$N$	"
12	4	Dokładna	$N$	$N$	1

<sup>4</sup> Alan Perlis, *Epigrams on Programming*, „Sijplan Notices”, Vol. 17, Issue 9 — *przyp. red.*

Każdy etap ewolucji naszego kodu był bardzo prosty. Przejście od przykładu zamieszczonego na listingu 3.6 do dokładnej odpowiedzi na listingu 3.7 jest prawdopodobnie najbardziej subtelne. Kod w miarę kurczenia się stawał się coraz szybszy. W połowie XIX wieku Robert Browning zauważył, że „mniej oznacza więcej”. Ta tabela umożliwi ilościowe określenie jednego z przykładów tamtej minimalistycznej filozofii.

Widzieliśmy trzy zasadniczo różniące się typy programów. Przykłady z listingów 3.2 i 3.3 są działającymi algorytmami Quicksort przystosowanymi do zliczania porównań w trakcie sortowania prawdziwej tablicy. Listingi 3.4 do 3.6 implementują prosty model Quicksort — imitują jedno uruchomienie algorytmu, w rzeczywistości nie wykonując żadnego sortowania. Listingi 3.7 do 3.12 implementują bardziej wyrafinowany model — obliczają rzeczywistą średnią liczbę porównań, nie badania jakiegoś konkretnego uruchomienia algorytmu.

Oto podsumowanie technik zastosowanych do uzyskania każdego z programów:

- Listingi 3.2, 3.4, 3.7 — fundamentalna zmiana definicji problemu.
- Listingi 3.5, 3.6, 3.12 — nieduża zmiana definicji funkcji.
- Listing 3.8 — nowa struktura danych implementująca programowanie dynamiczne.

Techniki te są typowe. Program często można uprościć poprzez odpowiedzenie sobie na pytanie, jaki problem tak naprawdę trzeba rozwiązać oraz czy jest funkcja lepiej nadająca się do rozwiązania tego problemu.

Kiedy po raz pierwszy przedstawiłem tę analizę studentom, program w końcu skurczył się do 0 wierszy kodu i zniknął w tumanie matematycznego kurzu. Kod z listingu 3.7 można przedstawić za pomocą następującej zależności rekurencyjnej:

$$C_0 = 0 \quad C_n = (n-1) + (1/n) \sum_{1 \leq i \leq n} C_{i-1} + C_{n-i}$$

Jest to dokładnie metoda zastosowana przez Hoare’a i później przedstawiona przez D. E. Knutha w jego klasycznej monografii *Sztuka programowania. Tom 3: Sortowanie i wyszukiwanie*<sup>5</sup>. Sztuczki programistyczne polegające na wprowadzaniu odpowiedników i zastosowaniu symetrii, dzięki którym powstał kod zaprezentowany na listingu 3.10, umożliwiły uproszczenie części rekurencyjnej do następującej postaci:

$$C_n = n - 1 + (2/n) \sum_{0 \leq i \leq n-1} C_i$$

Technika Knutha polegająca na usunięciu symbolu sumy daje w wyniku (mniej więcej) kod widoczny na listingu 3.11, który można zastąpić układem dwóch zależności rekurencyjnych z dwiema niewiadomymi.

$$C_0 = 0 \quad S_0 = 0 \quad S_n = S_{n-1} + 2C_{n-1} \quad C_n = n - 1 + S_n / n$$

<sup>5</sup> Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002 — *przyp. red.*

Knuth uzyskuje wynik dzięki zastosowaniu matematycznej techniki czynnika sumującego (ang. *summing factor*):

$$C_n = (n+1)(2H_{n+1} - 2) - 2n \sim 1,386n \ln n$$

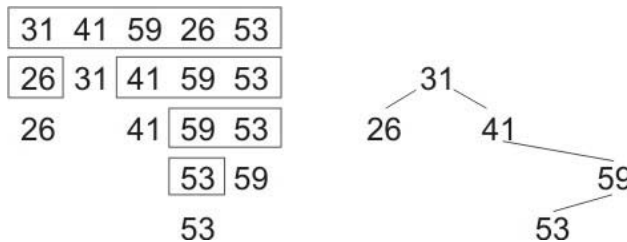
gdzie  $H_n$  oznacza  $n$ -tą liczbę harmoniczną  $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n}$ . W ten sposób gładko przeszliśmy od eksperymentowania na programie poprzez wzbogacanie go dogłębną analizą do kompletnie matematycznej analizy jego działania.

Na tej formule kończymy naszą przygodę. Poszliśmy za słynną radą Einsteina, która brzmi: „Upraszczaj wszystko jak to tylko możliwe i ani trochę bardziej”.

## Dodatkowa analiza

Słynne stwierdzenie Goethego mówi, że architektura to zamrożona muzyka. W dokładnie tym samym sensie twierdzę, że struktury danych to zamrożone algorytmy. Jeśli zamrozimy algorytm Quicksort, otrzymamy strukturę danych binarnego drzewa poszukiwań. Struktura ta jest zaprezentowana w publikacji Knutha. Czas jej wykonania został przeanalizowany za pomocą relacji rekurencyjnej podobnej do tej występującej w Quicksort.

Gdybyśmy chcieli przeanalizować średni koszt wstawienia elementu do binarnego drzewa wyszukiwania, moglibyśmy zacząć od kodu, który następnie wzbogacilibyśmy o zliczanie porównań. Potem moglibyśmy przeprowadzić eksperymenty na zgromadzonych danych. Następnie moglibyśmy uprościć kod (i zwiększyć jego funkcjonalność) w sposób bardzo podobny do tego z poprzedniego podrozdziału. Prostsza metoda polega na zdefiniowaniu nowego algorytmu Quicksort z użyciem metody **idealnego podziału** pozostawiającej elementy w tej samej względnej kolejności po obu stronach. Taki algorytm Quicksort jest izomorficzny z binarnymi drzewami poszukiwań, co widać na rysunku 3.1.



Rysunek 3.1. Algorytm Quicksort z idealnym podziałem i odpowiadające mu drzewo binarne poszukiwań

Ramki po lewej stronie prezentują algorytm Quicksort z idealnym podziałem w trakcie działania. Graf po prawej stronie przedstawia odpowiadające mu drzewo binarne, które zostało zbudowane z tych samych danych wejściowych. Oba te procesy wykonują nie tylko tę samą liczbę porównań, ale dokładnie takie same ich zestawy. A zatem nasza poprzednia analiza w celu sprawdzenia średniej efektywności randomizującego algorytmu Quicksort, działającego na zestawie unikatowych elementów, daje nam średnią liczbę porównań do wstawienia do binarnego drzewa wyszukiwań losowo ustawionych unikatowych elementów.

## Co to jest pisanie

Tworząc kody z listingów od 3.2 do 3.12, najpierw zapisałem je w swoich notatkach, następnie na tablicy dla studentów i w końcu na kartkach tego rozdziału. Programy te powstawały stopniowo. Spędziłem dużą ilość czasu nad ich analizą i jestem przekonany o tym, że nie zawierają błędów. Jednak poza implementacją w arkuszu kalkulacyjnym przykładu z listingu 3.11 nigdy nie uruchomiłem żadnego z tych programów jako programu komputerowego.

W ciągu dwudziestu lat pracy w Bell Labs miałem okazję uczyć się od wielu nauczycieli (zwłaszcza od Briana Kernighana, którego rozdział o nauczaniu programowania pojawia się jako pierwszy w tej książce). Nauczono mnie, że pisanie programu do użytku publicznego to coś więcej niż tylko wpisywanie symboli. Po napisaniu kodu programu uruchamia się go w kilku przypadkach testowych, następnie buduje szczegółowe rusztowanie, sterowniki i bibliotekę przypadków systematycznie na nim uruchamianych. W idealnej sytuacji skompilowany kod źródłowy jest „włączany w tekst” bez interwencji człowieka. Przykład z listingu 3.1 (i wszystkie kody w książce *Perelki programowania*) napisałem właśnie w tym duchu.

Punktem honoru dla mnie było trzymanie się tytułu i nieimplementowanie przykładów z listingów 3.2 do 3.12. Prawie czterdzieści lat programowania komputerów nauczyło mnie głębokiego szacunku dla trudności tego rzemiosła (mówiąc dokładniej, panicznego strachu przed błędami). Skapitulowałem, implementując kod z listingu 3.11 w arkuszu kalkulacyjnym, i dorzuciłem dodatkową kolumnę, która dała zamkniętą formę rozwiązania. Wyobraź sobie moją radość, kiedy zobaczyłem, że dokładnie do siebie pasują! Tak więc prezentuję światu te piękne nienapisane programy z pewną dozą pewności, że są poprawne, ale w głębi będąc boleśnie świadom, że mogą zawierać jakieś nieodkryte błędy. Mam nadzieję, że głębokie piękno, które w nich widzę, nie zostanie przekreślone przez jakieś powierzchowne skazy.

Prezentując niepewnie te nienapisane programy, pocieszam się spostrzeżeniem Alana Perlisa, który powiedział: „Czy jest możliwe, że oprogramowanie nie jest podobne do niczego innego, że jest skazane na wyrzucenie, że cała filozofia polega na tym, aby postrzegać je jako mydlaną bańkę?”.

## Zakończenie

Piękno ma wiele źródeł. Ten rozdział koncentruje się na pięknie zdobywanym dzięki prostocie, elegancji i zwięzłości. Poniższe stwierdzenia wyrażają tę najistotniejszą myśl:

- Staraj się dodawać funkcje poprzez usuwanie kodu.
- Projektant może uznać, że osiągnął perfekcję, nie wtedy, kiedy nie pozostało już nic do dodania, ale wtedy, gdy nie można już nic odjąć (Saint-Exupéry).
- W oprogramowaniu najpiękniejszego kodu, najpiękniejszych funkcji i najpiękniejszych programów czasami w ogóle nie ma.
- Piszący szybko piszą zwięźle. Pomijają niepotrzebne słowa (Strunk i White).

- Najtańsze, najszybsze i najbardziej niezawodne komponenty systemu komputerowego to te, których nie ma (Bell).
- Dąż do robienia coraz więcej za pomocą coraz mniejszej ilości kodu.
- Gdybym miał więcej czasu, napisałbym Ci krótszy list (Pascal).
- Paradoks wynalazcy: bardziej ambitny plan może mieć więcej szans na powodzenie (Pólya).
- Prostota nie występuje przed złożonością, ale jest jej następstwem (Perlis).
- Mniej oznacza więcej (Browning).
- Upraszczaj wszystko jak to tylko możliwe i ani trochę bardziej (Einstein).
- Oprogramowanie powinno być czasami postrzegane jako mydlana bańka (Perlis).
- Szukaj piękna w prostocie.

Na tym kończy się ta lekcja. Idź zatem i postępuj, jak tu napisano.

Dla tych, którzy potrzebują bardziej konkretnych wskazówek, poniżej przedstawiam listę koncepcji podzielonych na trzy kategorie.

### *Analiza programów*

Jednym ze sposobów na zyskanie wglądu w działanie programu jest odpowiednie wyposażenie go i uruchomienie na reprezentatywnej próbie danych, jak w przykładzie z listingu 3.2. Często jednak bardziej niż całym programem zajmujemy się jednym jego fragmentem. W tym przypadku zajmowaliśmy się tylko średnią liczbą porównań wykonywanych przez Quicksort, a pomijaliśmy wiele innych aspektów. Sedgewick<sup>6</sup> bada takie zagadnienia, jak wymagana przez niego przestrzeń i wiele innych komponentów wykonywania różnych wariantów Quicksort. Koncentrując się na najważniejszych problemach, możemy (przez chwilę) zapomnieć o innych aspektach programu. W jednym z moich artykułów, *A Case Study In Applied Algorithm Design*<sup>7</sup>, opisuję, jak zetknąłem się z problemem oszacowania wydajności **heurystyki paskowej** (ang. *strip heuristic*) do znalezienia przybliżonej drogi akwizytora przez  $N$  punktów w określonym kwadracie. Ocenilem, że kompletny program do rozwiązania tego zadania zajmie około 100 wierszy kodu. Po kilku etapach podobnych do tych opisanych powyżej uzyskałem dwunastowierszową symulację o znacznie większej dokładności (a po zakończeniu mojej małej symulacji odkryłem, że Beardwood i inni autorzy<sup>8</sup> wyrazili moją symulację w postaci podwójnej liczby całkowitej, a więc rozwiązali matematycznie ten problem około dwudziestu lat wcześniej).

<sup>6</sup> Robert Sedgewick, *The Analysis of Quicksort programs*, „Acta Informatica”, Vol. 7 — *przyp. red.*

<sup>7</sup> „IEEE Computer”, Vol. 17, No. 2 — *przyp. red.*

<sup>8</sup> J. Beardwood, J. H. Halton, J. M. Hammersley, *The Shortest Path Through Many Points*, „Proc. Cambridge Philosophical Soc.”, Vol. 55 — *przyp. red.*

### *Małe fragmenty kodu*

Uważam, że programowanie komputerów to umiejętność praktyczna, i zgadzam się z Pólyą, iż „zdolności praktyczne nabywamy poprzez naśladownictwo i praktykę”. Programiści, którzy pragną pisać piękny kod, powinni zatem czytać piękne programy i naśladować zastosowane w nich techniki we własnych. Według mnie do takich ćwiczeń najlepiej nadają się niewielkie fragmenty kodu, składające się z 10 do 25 wierszy kodu. Przygotowywanie drugiego wydania książki *Perelki programowania* wymagało mnóstwa pacy, ale było też bardzo zabawne. Implementowałem każdy fragment kodu i pracowałem nad nim, aby zredukować jego rozmiar do niezbędnego minimum. Mam nadzieję, że inni będą mieli tyle samo radości z czytania tego kodu co ja z jego pisania.

### *Systemy oprogramowania*

Opisałem niezwykle szczegółowo jedno małe zadanie. Wydaje mi się, że świetność tych zasad nie bierze się z małych fragmentów kodu, a z dużych programów i wielkich systemów komputerowych. Parnas opisuje techniki redukcji systemu do niezbędnego minimum<sup>9</sup>. Stosując je, nie zapomnij rady Toma Duffa: „Podkradaj kod, kiedy tylko jest taka możliwość”.

## **Podziękowania**

Dziękuję za wnikliwe komentarze Danowi Bentleyowi, Brianowi Kernighanowi, Andy’emu Oramowi i Davidowi Weissowi.

---

<sup>9</sup> David L. Parnas, *Designing software for ease of extension and contraction*, „IEEE T. Software Engineering”, Vol. 5, No. 2 — *przyp. red.*





.NET Common Language Runtime, 132  
 \_\_dict\_\_, 315

## A

abstrakcja, 43  
   iterator, 324  
 abstrakcja składniowa, 425  
   makra Lisp, 426  
   makra preprocesora C, 425  
   syntax-rules, 428  
   warunek higieniczności dla rozszerzania makr, 427  
 Acceptance Testing Framework, 96  
 ACE, 448, 454  
 ACE\_Handle\_Set, 459  
 Adapter, 448  
 adnotacje, 206  
 adresowanie otwarte, 316  
 advice, 524  
 AFL, 529  
 Agile methodologies, 110  
 algorytmy  
   algebra liniowa, 248  
   binarySearch, 116  
   dziel i zwyciężaj, 48  
   Euklidesa, 558  
   filtr cyfrowy, 136  
   gęsta algebra liniowa, 253  
   higieniczne rozszerzanie makr, 428  
   macierzowe, 248  
   ogólne, 146  
   podzielone na bloki, 248  
   Quicksort, 48  
   rozwijanie, 431  
   rsync, 29  
   współliniowość, 566  
   wyszukujące, 67  
   zliczające słowa, 400  
 analiza błędów, 267  
 analiza programów, 58  
 analizator składniowy, 306  
 AND, 126  
 annotation, 206  
 Ant, 89  
 Apache Log4J, 347  
 API, 45  
 API JavaMail, 98  
 API JDOM, 79, 80  
 API JDOM 3, 86  
 API Perl XS, 184  
 aplikacje sieciowe, 228, 447  
 Application Programming Interface, 447  
 apply\_textdelta(), 41  
 architektura  
   komputer, 248  
   oszczędzająca nakłady, 447  
   REST, 469  
   RISC, 79, 249  
   sieciowe usługi rejestrowania, 449  
   wielokrotnego użytku, 448  
   zorientowana na usługi, 340  
 argumenty funkcji, 300  
 arkusze właściwości, 361  
 ArrayIndexOutOfBoundsException, 108  
 Arrays, 116  
 AS/400, 469, 470  
 asembler, 126  
 asercje  
   blokady, 306  
   JUnit, 120  
 ASSERT\_VOP\_ELOCKED(), 306  
 ASSERT\_VOP\_UNLOCKED(), 306  
 assignment, 155  
 AsTeR, 529  
 AsTeR, Audio System For Technical Readings, 521  
 asymetria w przepływie danych, 503  
 Atom, 540  
 atomically act, 410  
 Audio Formatting Language, 529  
 audyt modułu, 197  
 Aural CSS, 529, 530, 535  
 automatyczne wyszukiwanie przyczyny awarii, 486  
 awk, 20, 70

## B

- backtick operator, 198
- badania użyteczności, 182
- base pair, 206
- Basic Linear Algebra Communication Subprograms, 261
- Basic Multilingual Plane, 89
- baton, 36
- baza danych, 277
- Benchmark, 201
- bezpieczna komunikacja, 177
- bezpieczne przesyłanie wiadomości, 180
- białe znaki, 550
- biblioteki
  - CERN, 272
  - LAPACK, 272
- binarySearch, 113, 116, 121
- binarySearchComparisonCount, 121
- Bio::Graphics, 206
  - dodawanie nowych glików, 231
  - fabryki glików, 219
  - gęstość własności, 209
  - historijka, 210
  - interaktywne aplikacje sieciowe, 209
  - klasy obiektowe, 216
  - niezależność od formatu graficznego, 209
  - niezależność od schematów baz danych, 210
  - obsługa obrazów nadających się do publikacji, 230
  - opcje dynamiczne, 224
  - otwarta natura problemu, 208
  - powiększanie semantyczne, 225
  - proces projektowania, 210
  - projektowanie sposobu interakcji dewelopera z modulem, 210
  - przetwarzanie opcji, 218
  - rozszerzanie modułu, 228
  - skala, 209
  - ścieżki, 212
  - ustawianie opcji, 214
  - wspieranie programistów sieciowych, 228
  - wymagania, 208
  - wywołanie zwrotne, 227
  - zwracane dane, 207
- Bio::Graphics::Glyph, 232
- Bio::Graphics::Glyph::Factory, 219
- Bio::Graphics::Panel, 210, 216
- Bio::Graphics::Track, 216
- Bio::SeqFeature::Generic, 224
- Bio::SeqFeatureI, 224
- bioinformatyka, 205
- BioMoby, 471
- BioPerl, 205, 206, 213
- BitBlt, 126, 128, 132
- BLACS, 261
- BLAS, 253

- block, 158
- block-partitioned algorithms, 248
- blokady, 404, 405, 423
  - rogatkowa, 376
  - wątki, 375
- blokowanie, 413
  - wątki, 372
  - zasoby, 372
- błędy wyczerpania pamięci, 277
- BMP, 89
- BNF, 81
- boundary testing, 106
- bramki, 416
- branch, 140
- branch if less than, 142
- branching, 140
- brush, 128
- BT Trade, 364
- bufor wpisywania, 515
- buforowanie, 91
- Business Template, 364
- bycie podręcznikowym, 547

## C

- C#, 131
- CA, 180
- Carry Save Adder, 171
- CAS, 412
- cd9660\_read(), 299
- cele ERP, 358
- cele projektowe, 185
- CERN, 272
  - algorytmy, 273
- Certification Authority, 180
- CGI, 237
- chaining, 249
- Character, 82
  - isDigit(), 82, 83
  - isLetterOrDigit(), 82, 83
- checkXMLName(), 82, 83, 86
- CIP, 337
- CIP Middleware Monitor Utility, 352
- cmaild, 188
- CMF, 357, 358, 360
- CMF Types, 360
- Collaborative Information Portal, 337, 338
- Commercial off-the-shell, 340
- Common Lisp, 425
- commoning, 172
- Compare-And-Swap, 412
- constant, 155
- container\_of(), 289
- Content Management Framework, 358
- cookie, 238

- core dump, 378
- corner cases, 112
- COTS, 340
- CPAN, 184
- CreateProcess(), 464
- Crypt::PGP5, 189
- Cryptonite, 178, 182
  - audyt modułu Crypt::GPG, 197
  - bezpieczne przysyłanie wiadomości, 180
  - cele projektowe, 185
  - cmaild, 188
  - Crypt::GPG, 191
  - Crypt::PGP, 190
  - Cryptonite::Mail::Config, 196
  - Cryptonite::Mail::Service, 196
  - DBD::Replication, 192
  - decyzje, 185
  - deszyfracja, 192
  - działający prototyp, 189
  - Edit Key, 194
  - folder cieni, 192
  - IMAP, 192
  - IPC::Run, 198
  - Mail::Cclient, 201
  - Mail::Folder, 192
  - Mail::Folder::Shadow, 192, 200
  - Mail::Folder::SQL, 192
  - mbox, 189
  - OpenPGP, 198
  - Params::Validate, 196
  - Persistence::Database::SQL, 190
  - Persistence::Object::Postgres, 190, 191
  - Persistence::Object::Simple, 190, 191
  - początkowy projekt systemu, 186
  - poczta odbierana, 189
  - projekt systemu, 186
  - prywatność komunikacji, 202
  - przechowywanie wiadomości e-mail, 191
  - przejście od prototypu do skalowalnego produktu, 190
  - reorganizacja kontenera wiadomości, 191
  - Replication::Recall, 192, 201
  - replikacja wiadomości e-mail, 192
  - serializacja, 187
  - szybkość działania, 201
  - trwałość deszyfracji, 192
  - uwierzytelnienie z kluczem, 180
  - użyteczność, 181
  - zabezpieczanie kodu, 195
  - zarządzanie kluczami, 194
  - zestaw testów, 188
- Cryptonite Mail Daemon, 188
- Cryptonite::Mail::Service, 186
- CSA, 171
- cyberpunk, 202
- cyfrowe filtry obrazu, 132

- cykl życia grup procesów, 465
- czas trwania testów, 118
- czynniki sumujący, 56
- czytanie programów, 495
- czytelność kodu, 114, 309
- czynniki kanałów, 540

## D

- dane, 125
- dane z pamiętnika sieciowego, 62
- data display debugger, 482
- DAXPY, 254
- DBD::SQLite, 189
- DBI, 189
- DCOM, 391
- dd(), 488
- ddchange, 493
- ddd, 482
- debuger, 482
  - ddd, 482
- debugowanie, 378, 481
  - automatyczne wyszukiwanie przyczyny awarii, 486
  - dd(), 488
  - ddd, 482
  - debuger, 482, 485
  - efektywność, 481
  - gdb, 482
  - hipoteza przyczyny awarii, 484
  - in situ, 378
  - metoda naukowa, 483
  - odtworzenie awarii, 490
  - poawaryjne, 378
  - post mortem, 378
  - przewidywania, 484
  - systematyczny proces, 483
  - wyszukiwanie przyczyn, 483
  - zasady, 484
- debugowanie delta, 488
  - ddchange, 493
  - minimalizacja wejścia, 490
  - porównanie stanów programu, 491
  - problem prototypu, 493
  - różnice między dwoma stanami, 491
  - stan programu, 491
  - wyszukiwanie przyczyn w danych wejściowych, 490
- DECTalk, 522
- DECTalk Express, 522
- definiowanie interfejsu usługi, 471
- dekompozycja LU, 248, 280
- delta debugging, 488
- delta editor, 29
- demarshalling, 391
- demultipleksacja, 307
- dentry, 294

- depot, 374
- deskryptor tablicy, 263
- deszyfracja, 192
- devfs, 286
- device, 286, 291
- DGEFA, 252, 254
- DGEMM, 257
- DGETF2, 257, 258
- DGETRF, 255
- dialog z użytkownikiem przez internet, 237
- dictionary, 67
- DiffMerge, 546, 547, 550, 552
- digital filters, 132
- długie kliknięcie, 507
- długość wierszy tekstu, 547
- DNA, 206
- dobry projekt, 29
- Document, 86
- document-centric, 357
- dodawanie funkcji poprzez usuwanie kodu, 47
- dokumenty
  - XHTML, 91
  - XML, 79, 479
- DOM, 479
- Domain Specific Language, 498
- doPost(), 472
- dostarczanie informacji, 61
- dostęp do informacji online, 534
- do-while, 23
- DRY, 497
- DSCAL, 254
- DTRSM, 257
- Duff's Device, 29
- DynamicMethod, 139, 146
- dynamiczna rekonfiguracja, 354
- dynamiczne obiekty, 149
- dynamiczne wybieranie funkcji przechowującej, 315
- dynamiczne zasiedlanie drzewa, 510
- działający prototyp, 189
- dziedziczenie priorytetów, 373
- dziedziczenie prototypowe, 149
- dziel i zwyciężaj, 48, 164, 283
  - zliczanie bitów w stanie wysokim, 165
- dziennik transakcji, 412
- dźwiękowe środowisko pracy, 521
  - Emacspeak, 521
  - wyjście mówione, 522

## E

- ed, 20
- EDEADLK, 382
- edytor delty, 29, 41
  - interfejs, 35
- efekty uboczne, 407, 409

- efektywność debugowania, 481
- egrep, 20
- EJB, 341, 344
- eksponowanie obiektów OpenPGP, 182
- ekspresywna notacja obiektowa, 148
- ekstremalne przypadki testowe, 112
- elastyczność kodu, 499
- elegancki kod, 48
- element, 359
- eliminacja Gaussa, 247
  - analiza błędów, 267
  - DGETRF, 255
  - faktoryzacja dla wykonywania wielowątkowego, 265
  - język MATLAB, 251
  - LAPACK, 256
  - liczba operacji, 267
  - LINPACK, 253
  - metoda dekompozycyjna, 250
  - PBLAS, 263
  - rekursywna dekompozycja LU, 257
  - ScaLAPACK, 260, 261
- eliminacja niepotrzebnych transferów danych przez sieć, 29
- elocutor, 501
  - asymetria w przepływie danych, 503
  - bufor wpisywania, 515
  - Common Words, 514
  - częste słowa, 514
  - długie kliknięcie, 507
  - drzewo, 506
  - dynamiczne zasiedlanie drzewa, 510
  - edycja, 515
  - Favorites, 514
  - grupowanie słów, 504
  - implementacja pamięci podręcznej, 513
  - interfejs wejściowy, 505
  - makra, 517
  - model projektu, 502
  - następne słowo, 511
  - Next Word, 511
  - pamięć podręczna, 513
  - pobieranie, 518
  - proste wpisywanie, 511
  - przewidywanie, 511
  - przewijanie, 515
  - Replace, 512
  - schowek, 517
  - szablony, 512
  - śledzenie ścieżek, 515
  - Templates, 512
  - TreeView, 506
  - układ ekranu, 503
  - ulubione, 514
  - uzupełnianie słów, 511
  - wejście binarne, 506
  - Word Completion, 511

- wydajność interfejsu użytkownika, 518
- wyszukiwanie, 517
- zastępowanie, 512
- Emacs Calendar, 532
- Emacs W3, 535
- Emacspeak, 521
  - advice, 524
  - Aural CSS, 529
  - czytnik kanałów, 540
  - dostęp do informacji online, 534
  - emacspeak-auditory-icon, 532
  - emacspeak-calendar, 533
  - emacspeak-calendar-speak-date, 533, 534
  - emacspeak-minibuffer-setup-hook, 531
  - emacspeak-speak-line, 524
  - emacspeak-url-template, 539
  - emacspeak-w3-extract-table-by-match, 537
  - emacspeak-websearch, 535, 536, 539
  - formatowane dźwięku, 526
  - formatowanie wyjścia dźwiękowego na podstawie słuchowych list wyświetlania, 528
  - generowanie bogatego wyjścia mówionego, 525
  - gramatyka zawartości bufora, 525
  - ikony dźwiękowe, 530
  - implementacja, 523
  - internetowy wiersz poleceń, 539
  - kalendarz, 532
  - minibuffer-setup-hook, 531
  - odtwarzanie ikon dźwiękowych podczas wypowiedzania zawartości, 532
  - personality, 527
  - put-text-property, 526
  - RSS, 540
  - semantyka zależna od kontekstu, 532
  - serwer mowy, 522
  - stylizowanie wyjścia mówionego, 529
  - szablony URL, 539
  - tts-format-text-and-speak, 528, 529
  - tts-speak, 528
  - tworzenie dźwiękowych list wyświetlania, 526
  - voice-lock, 526
  - włączanie mowy w Emacsie, 523
  - wyszukiwanie zorientowane na zadania, 535
- emacspeak-auditory-icon, 532
- emacspeak-calendar, 533
- emacspeak-calendar-speak-date, 533, 534
- emacspeak-minibuffer-setup-hook, 531
- emacspeak-url-template, 539
- emacspeak-w3-extract-table-by-match, 537
- emacspeak-websearch, 535, 536, 539
- emacspeak-websearch-yahoo-map-directions-get-locations, 537
- embedded systems, 293
- Enterprise, 293
- Enterprise JavaBeans, 341

- Enterprise Resource Planning, 357
- EPR5 RAD, 366
- ERP5, 357, 358
  - arkusze właściwości, 361
  - BT Trade, 364
  - CMF, 357, 358, 360
  - CMF Types, 360
  - DCWorkflow, 358
  - egzemplarz zasobu, 359
  - element, 359
  - GUI, 366
  - implementacja zachowania zadań, 367
  - Item, 359
  - kategorie podstawowe, 363
  - Movement, 359
  - Node, 359
  - obieg Task, 367
  - obieg Task Report, 369
  - Path, 359
  - pisanie kodu, 365
  - Portal, 362
  - przemieszczenie, 359
  - Resource, 359
  - szablon biznesowy, 364
  - ścieżka, 359
  - Task, 367
  - UBM, 359
  - węzeł, 359
  - XML, 358
  - założenia projektu, 364
  - zasób, 359
  - ZODB, 358, 359
  - Zope, 360
  - ZPT, 358
  - zunifikowany model biznesowy, 359
- ERP5 Project, 364
- eseje, 495
- evaluation stack, 139
- ewoluowanie kodu wraz ze sprzętem, 247
- Exclusive-OR, 129
- exec\*(), 464
- executeQuery(), 477
- expression, 152
- eXtreme Programming, 110

## F

- fabryka, 473
- faktoryzacja
  - LU, 279
  - panelowa, 265
- falszywe zakleszczenie, 382
- fasada, 448, 454
  - ACE, 455
- features, 208
- ffs, 300

- fgrep, 20
- file baton, 41
- FilterMethodCS(), 134, 135, 137, 146
- FilterMethodTL(), 134, 138, 145, 146
- filtry, 242
  - grafika cyfrowa, 132
  - wyostrzające, 133
- FIT, 95
- fixture, 96
- Fixture, 99
- folder cieni, 192
- fork(), 464
- forkIO(), 408
- format XML, 358
- formatowane dźwięku, 526
- formaty wpisów dziennika, 450
- Fortran, 252
- fragmentowanie, 321
- Framework for Integrated Test, 95
  - ActionFixture, 97
    - architektura, 98
    - dokumenty, 96
    - fixture, 96
    - Fixture, 97, 99
    - otwarte środowisko, 99
    - Parse, 97
    - parser HTML, 100
    - projektowanie środowiska, 98
    - przetwarzanie kodu HTML, 100
    - rdzeń, 97
    - testy, 96
    - TypeAdapter, 97
- frameworki, 448, 452
- free(), 318
- FreeBSD, 307
- funkcja partycjonująca, 398
- funkcje, 160, 245
- funkcjonalność interfejsu użytkownika, 182

## G

- gałęzie wydań DiffMerge, 552
- Gate, 416
- GBrowse, 229
- GD, 230
- gdb, 482
- Gene Sorter, 235
  - advFilter, 242
  - filterControls, 242
  - filtry, 242
  - interfejs użytkownika, 236
  - podtrzymywanie dialogu z użytkownikiem przez internet, 237
  - polimorfizm, 239
  - teoria pięknego kodu, 243

- generator XML, 479
- generowanie
  - bogate wyjście mówione, 525
  - kod do przetwarzania obrazów, 125
  - kod w locie, 126
- Genes, 209
- genom, 206
- getResponseXML(), 479
- gęstość własności, 209
- GHC, 421
- Glasgow Haskell Compiler, 421
- głęboko wcięty kod, 548
- gniazda, 447
- GNU debugger, 482
- Google, 75, 76
- Google Maps, 537, 538
- goto, 140
- graficzny interfejs użytkownika, 503
- grafika, 209
  - SVG, 230
- gramatyka BNF, 81, 83
- Grand Unified Debugger Emacs, 532
- grep, 20, 393
- grupowanie słów, 504
- GUI, 366
- gwarancje kolejności, 399

## H

- haker, 202
- Hash, 67
- hash table, 67
- hash(), 399
- HashMap, 67
- Haskell, 404, 406, 422
  - akcje, 407, 409, 422
  - atomically act, 410
  - efekty uboczne, 407, 409
  - forkIO(), 408
  - kompilacja programu, 421
  - operacje STM, 414
  - pamięć transakcyjna, 423
  - STM, 410
  - struktury sterujące, definiowane przez użytkownika, 409
  - transakcje, 410
  - uruchamianie programu, 421
  - wątki, 408
  - wejście-wyjście, 407
- Heap Sort, 49
- Hello World, 496
- heurystyka paskowa, 58
- higieniczne rozszerzanie makr, 427
- hook methods, 453
- hot swapping, 355

HotkeyAdaptor, 474  
HotkeyAdaptorFactory, 474  
HTML, 100  
HttpClient, 475

## I

IDAMAX, 254  
IDE, 185, 497  
idealny podział, 56  
identyfikator URI, 92  
IETF, 180  
if-else, 140  
if-then-else, 548  
ikony dźwiękowe, 530  
IL Disassembler, 135, 137  
ILGenerator, 139, 146  
ILP, 174  
image filters, 132  
ImageClip, 134  
ImageFilter, 135, 138  
IMAP, 192, 199  
imitacja gramatyki BNF O(N), 83  
implementacja, 386

- kod, 272
- pamięć podręczna, 513
- pamięć transakcyjna, 412
- rozproszony MapReduce, 394
- sekwencyjny serwer rejestrowania, 457
- słownik, 311
- Święty Mikołaj, 420
- wyszukiwanie binarne, 109

infix, 153, 156  
infixr, 155  
informacje pośrednie, 323  
informacyjny RNA, 236  
information retrieval, 76  
informowanie o postępie, 29  
infrastruktura klucza publicznego, 180, 203  
infrastruktura warstwy pośredniczącej, 448  
inode, 294  
Instruction-Level Parallelism, 174  
instrukcje, 157

- rozgałęziające, 140

integracja partnerów biznesowych, 469  
interakcja dewelopera z modulem, 210  
interaktywne aplikacje sieciowe, 209  
interfejs, 29  
interfejs edytora delty, 35  
interfejs usługi systemu zaplecza, 472  
interfejs wejściowy, 505  
internetowy wiersz poleceń, 539  
inventor's paradox, 51  
inwersja priorytetów, 373  
IPC, 449, 450, 454

IPC::Run, 198  
ISO X.509, 180  
isXMLCombiningChar(), 83  
isXMLExtender(), 83  
isXMLLetter(), 83  
isXMLNameCharacter(), 83  
isXMLNameStartCharacter(), 83  
Item, 359  
iteracyjny serwer rejestrowania, 457  
Iterative\_Logging\_Server, 457, 461  
iterator NumPy, 324, 335  
iteratory, 323

## J

J2EE, 340  
Java, 26  
Java(), 26  
JavaMail, 98  
JavaScript, 148  
jądro

- Linux, 285
- Solaris, 372

JDOM, 79, 80, 84  
JDOM 1.0, 85  
język

- BioPerl, 205
- funkcyjny, 409, 422
- Haskell, 404, 422
- imperatywny, 422
- Java, 26
- JavaScript, 148
- konkretnej domeny, 305
- LISP, 148
- MATLAB, 251
- Python, 311
- Rexx, 498
- Ruby, 64, 497
- TCL, 522
- XML, 80

JIT, 79, 132  
JPL, 338  
JSON, 149  
jump, 140  
JUnit, 109, 120

- asercje, 120
- dokumentacja, 110

Just-In-Time compiler, 132  
Jython, 315

## K

kanały RSS, 540  
Key Ring, 183  
KFFD, 428, 445

Kleene, Stephen, 19  
klient mowy Emacspeak, 523  
klient poczty e-mail, 184  
klient-serwer, 522  
klucz, 66  
kobject, 291  
kod, 125, 305, 496  
    generowanie w locie, 126  
    XML, 79  
    zarządzany, 131  
kolejność wykonywania operatorów, 147  
    funkcje, 160  
    instrukcje, 157  
    JavaScript, 148  
    literały obiektowe, 161  
    literały tablicowe, 161  
    operator trójargumentowy, 153  
    operatory przedrostkowe, 154  
    operatory przypisania, 155  
    operatory wrostkowe, 152  
    podejmowanie decyzji, 151  
    stałe, 155  
    tablica symboli, 149  
    technika parsowania, 147  
    technika Pratta, 148  
    tokeny, 150  
    zakres, 156  
kolizje, 316  
komentarze, 549  
kompilacja, 26  
kompilatory, 492  
    język C#, 131  
    JIT, 79, 132, 139  
komponenty EJB, 344  
komunikacja, 177  
    między procesami, 449  
konstruktor danych MkGate, 417  
konstrukty pętli, 425  
konstrukty warunkowe, 425  
konta bankowe, 404  
    blokady, 404  
    zmiennie warunkowe, 404  
kontrola wersji, 30  
konwencje pisania kodu, 546  
konwersja niedeterministycznego automatu skończonego  
    na automat deterministyczny, 25  
kopia robocza, 34  
kopiowanie binarnej tablicy wyszukiwania, 89  
kref, 292  
kref\_put(), 292  
krótki kod, 279  
kryptografia, 202  
kryptografia z kluczem publicznym, 180  
Księga, 557

## L

LAPACK, 248, 256, 272  
left denotation, 151  
Level-1 BLAS, 253  
lex, 306  
liczba operacji, 267  
licznik referencji, 293  
LINPACK, 248, 252, 253, 255  
Linux, 285  
Lisp, 541  
LISP, 148  
list comprehension, 419  
lista, 318  
listy składane, 419  
literały  
    obiektywne, 149, 161  
    tablicowe, 149, 161  
Logging\_Server, 450  
lokalność, 398  
lookdict(), 319  
lookdict\_string(), 319  
losowanie, 115  
ludzki genom, 235  
luźne powiązania, 342

## Ł

ładowanie  
    binarne tablice wyszukiwania, 90  
    wielkie tablice asocjacyjne, 71  
łańcuch blokowań, 374  
łatwość użycia, 179  
łączenie operacji w łańcuchach, 249

## M

m4, 425  
macierz  
    gęsta, 247  
    rzadka, 247  
magazines, 374  
magazyn, 374  
Mail::Cclient, 201  
Mail::Folder::Shadow, 192, 200  
Mail::Folder::SQL, 192  
Mail::IMAPClient, 201  
MailVault beta 2, 178  
make, 498  
makra, 425, 517  
makroprocesor m4, 425  
malloc(), 318  
małe fragmenty kodu, 59



- małe systemy wbudowane, 293
- małe, luźno połączone obiekty, 294
- Map(), 392, 395
- MAPICS, 470, 477
- Maple, 67
- mapowanie, 313
- MapReduce, 389, 392
  - funkcja partycjonująca, 398
  - gwarancje kolejności, 399
  - implementacja, 394
  - kopia robocza, 396
  - lokalność, 398
  - Map(), 392, 395
  - model programistyczny, 392
  - odporność na błędy, 397
  - odwrócony graf odnośników internetowych, 393
  - odwrócony indeks, 394
  - pomijanie złych rekordów, 399
  - program główny, 396
  - przepustowość sieci, 398
  - Reduce(), 392
  - relacje między procesami, 396
  - rozproszone grep, 393
  - rozproszone sortowanie, 394
  - rozszerzenia modelu, 398
  - wektor terminów dla hosta, 394
  - wyważenie obciążenia, 397
  - zadania rezerwowe, 398
- Mars Exploration Rover, 337, 338
  - architektura CIP, 341
  - architektura systemu, 340
  - architektura usługi strumieniowej, 344
  - CIP Middleware Monitor Utility, 352
  - Collaborative Information Portal, 338
  - doFileDownload(), 348
  - dynamiczna rekonfiguracja, 354
  - funkcjonalność, 343
  - getDataFile(), 350
  - Jet Propulsion Laboratory, 338
  - monitorowanie, 352
  - niezawodność, 343, 346
  - przesyłanie plików, 346
  - readDataBlock(), 348, 351
  - registerNewReader(), 349
  - rejestrwanie, 347, 352
  - removeReader(), 349
  - SOA, 341
  - solidność, 353
  - StreamerServiceBean, 347
  - usługa strumieniowa, 343
  - usługi, 341
  - warstwa kliencka, 340
  - wymagania misji, 339
  - wymiana podczas pracy, 355
  - zarządzanie czasem, 339
    - zarządzanie danymi, 340, 343
    - zarządzanie personelem, 340
- marshalling, 391
- match(), 22
- Matcher, 26
- matchhere(), 23, 24
- matchstar(), 23, 24
- MATLAB, 251
- mbox, 189
- meandry, 565
- MER, 338
- Merge Sort, 49
- messenger RNA, 236
- metaznaki, 19
- metoda dekompozycyjna, 250
- metoda szablonu, 448, 453
- metody abstrakcyjne, 453
- metody zsynchronizowane, 404
- metodyki Agile, 110
- Microsoft .NET Framework, 131
- miejsca DNA, 224
- MIMD, 260
- MIME, 191
- minibuffer-setup-hook, 531
- minimalizacja wejścia, 490
- MkGate, 417
- MLB, 539
- model sterowników jądra systemu Linux, 285
- model współbieżności, 450
- modularność, 342, 423
- modyfikowalne zmienne, 408
- monitorowanie, 352
- mostkowanie, 172
- Movement, 359
- mRNA, 236
- Multiple Instruction Multiple Data, 260
- multipleksacja, 307
- mutable, 408
- mutex, 372
- mutex\_vector\_exit(), 383

## N

- następne słowo, 511
- National Public Radio, 539
- nawiasofobia, 558
- nawracanie, 25
- Neomailbox, 199
- Next Word, 511
- NFS, 303
- nierówność trójkąta, 563
- nieustanne testowanie, 485
- niezależność od formatu graficznego, 209
- niezależność od języka, 342
- niezależność od schematów baz danych, 210

niezawodność, 343, 346  
Node, 359  
notacja  
  #{}, 68  
  Backusa-Naura, 81  
nowy SMP, 268  
NPR, 539  
ntz(), 175  
null denotation, 151  
null\_bypass, 302, 303  
nullfs, 302  
NullPointerException, 112  
NUMA, 395  
numer wersji, 30  
NumPy, 321  
  fragmentowanie, 321  
  generator liczb losowych, 335  
  implementacja rozgłaszania, 327  
  interfejs iteratora, 331  
  iteracja przez wszystkie wymiary oprócz jednego, 332  
  iteracja, 323  
  iteratory, 324  
  modele pamięci, 323  
  obiekt multi-iteratora, 334  
  operacje, 322  
  projekt iteratora, 325  
  przerwanie iteratora, 326  
  PyArray\_IterAllButAxis(), 333  
  PyArrayIterObject, 330  
  rozgłaszanie, 334  
  rozwój iteratora, 325  
  struktura iteratora, 329  
  śledzenie licznika iteratora, 328  
  tablice nieciągłe, 323  
  ustawianie iteratora, 327  
  wiele iteracji, 333  
  wykorzystanie iteratora, 332  
N-wymiarowe tablice, 321  
  iteratory, 323  
  modele pamięci, 323  
  operacje, 322

## O

obciążenie, 386  
obiekt fixture, 96  
obiektowy framework dla oprogramowania sieciowego, 447  
obiekty generyczne, 148  
Object Oriented, 449  
obliczanie powierzchni, 567  
obsługa obrazów nadających się do publikacji, 230  
odporność na błędy, 397  
odstęp Hamminga, 175  
odtworzenie ikon dźwiękowych podczas wypowiedzania zawartości, 532  
odtworzenie awarii, 490

odwrócony graf odnośników internetowych, 393  
odwrócony indeks, 394  
ogólna teoria pięknego kodu, 243  
OO, 449  
opakowanie, 431  
opcje dynamiczne, 224  
OpCodes, 139  
OpenPGP, 178, 180, 198  
OpenPGP/MIME, 192  
operacje  
  rastrowe, 127  
  wektor-wektor, 249  
operator, 147  
  przedrostkowe, 154  
  przypisanie, 155  
  wrostkowe, 152  
  wsteczny cudzysłów, 198  
oprogramowanie, 371  
  obiektywne, 449  
  wielokrotnego użytku dla aplikacji sieciowych, 447  
oprogramowanie sieciowe, 447  
  ACE, 448  
  API, 447  
  architektura wielokrotnego użytku, 448  
  biblioteki Javy dla programowania sieciowego, 448  
  frameworki, 448  
  gniazda, 447  
  projekt obiektowy, 448  
  trudności przypadkowe, 447  
  usługa rejestrowania, 449  
  wątki, 447  
  Windows, 447  
  wzorce, 448  
optymalizacja, 69, 277  
optymistyczne wykonanie, 412  
organ certyfikacji, 180  
orzeczenia, 76  
oszczędności, 280  
otwarta natura problemu, 208  
otwarte środowisko, 99

## P

PageRank, 77  
pakiet wyrażeń regularnych, 21  
pamięć  
  asocjacyjna, 66  
  dynamiczna, 277  
  podręczna, 504, 513  
  skojarzeniowa, 66  
  współdzielona, 403, 449  
pamięć transakcyjna, 406, 423  
  implementacja, 412  
pamiętnik sieciowy, 62  
panel factorization, 265

panika jądra, 382  
 paradoks wynalazcy, 51  
 Params::Validate, 196  
 parasitic DNA, 206  
 Parse, 101, 102  
 parser, 80
 

- HTML, 100
- XML, 80, 86

 parsowanie, 147, 440
 

- XML, 476

 partycjonowany magazyn, 390  
 partycjonowany procesy, 391  
 Path, 359  
 pattern, 128  
 Pattern, 26  
 PBLAS, 263  
 PDGETRF, 260  
 PDSxa, 129  
 Perl, 20, 184  
 Persistence::Object::Module, 189  
 pęk kluczy, 183  
 pętle, 23, 425  
 PGP, 181, 189  
 PGPSDK, 189  
 piękna współbieżność, 403  
 piękne debugowanie, 481  
 piękne testy, 105  
 piękno oszczędności, 280  
 piękno prostoty, 279  
 piękno przepływu sterowania, 283  
 piękno wewnętrzne, 278  
 piękno zwięzłości, 279  
 piękny kod, 271, 279, 495, 497  
 piękny projekt, 271  
 PKI, 180, 203  
 platforma uruchomieniowa .NET, 132  
 platforma Zope, 360  
 pliki
 

- cookie, 238
- źródłowe, 550

 poczta e-mail, 98  
 podejście zorientowane na dokumenty, 357  
 pod-podwłasności, 208  
 podtrzymywanie dialogu z użytkownikiem
 

- przez internet, 237

 podwłasności, 208  
 podział systemu plików na warstwy, 300, 303  
 polimorfizm, 239  
 pool, 35  
 poprawność oprogramowania, 371  
 population count, 163, 175  
 porównywanie liczby ustawionych bitów
 

- w dwóch słowach, 169

 portal, 357  
 Portal, 362  
 poruszanie się po kodzie, 549  
 POSIX, 464  
 post mortem, 378  
 posting, 76  
 pośredniość, 297
 

- czytelność kodu, 309

 powielacz binarny, 171  
 powierzchnia, 567  
 powiększanie semantyczne, 225  
 powtórne wykonanie, 412  
 PPC\_Logging\_Server, 466  
 prefix, 156, 161  
 prezentacja różnic pomiędzy drzewami, 34  
 problemy
 

- inwersja priorytetów, 373
- macierze gęste, 247
- prototyp, 493
- Święty Mikołaj, 414
- wspólniowość, 559

 procedury sterujące, 279  
 proces-dla-połączenia, 464  
 procesor wektorowy, 249  
 Process, 465  
 Process\_Manager, 465  
 Process\_Options, 465  
 procesy, 464  
 program sekwencyjny, 408  
 programowanie, 20, 243
 

- dynamiczne, 52
- ekstremalne, 110
- modularne, 406
- rozproszone, 389
- sieciowe, 448
- wspomagane przez testy, 111

 projekt, 271
 

- RAD, 519
- system, 186

 projektowanie, 185
 

- maksymalna giętkość, 357
- sposób interakcji dewelopera z modulem, 210
- środowisko, 98
- weryfikatory XML, 79
- wydajne algorytmy algebry liniowej, 248

 proste rozwiązania, 29  
 prostota, 279, 498  
 protokoły
 

- e-biznesowe, 475
- IETF, 180
- NFS, 303

 prototyp, 179, 189  
 Prywatność komunikacji, 202  
 przechowywanie informacji, 61
 

- informacje pośrednie, 323

 przechwycenie odwołania do zmiennej, 426  
 przejście od prototypu do skalowalnego produktu, 190

przemieszczenie, 359  
 przenośne fasady, 465  
 przenośny język asemblacji, 306  
 przepływ sterowania, 283  
 przesyłanie
 

- dokumenty XML, 471
- wiadomości, 180

 przeszukiwanie
 

- sieć, 76
- tablica, 87

 przetwarzanie
 

- kod HTML, 100
- opcje, 218

 przewyciężanie wcięć, 549  
 przykładowe programy, 278  
 przypadki specjalne, 315  
 przypadki testowe, 112  
 przyspieszania obliczeń, 390  
 przyswajanie zmienności, 453  
 pthread\_mutex\_lock(), 382  
 ptys, 197  
 Public Key Infrastructure, 180  
 put\_device(), 291  
 PyArray\_ITER\_DATA(), 331  
 PyArray\_ITER\_NEXT(), 331  
 PyArray\_ITER\_NOTDONE(), 331  
 PyArray\_IterAllButAxis(), 333  
 PyArray\_IterNew(), 331  
 PyArrayIterObject, 330  
 PyDict\_SetItem(), 319  
 PyDictionary, 315  
 PyDictObject, 313, 315  
 PyStringMap, 315  
 Python, 67, 311

## Q

QED, 19  
 Quicksort, 47
 

- ewolucja programu, 54
- idealny podział, 56
- paradoks wynalazcy, 51
- programowanie dynamiczne, 52
- przeniesienie inkrementacji na zewnątrz pętli, 50
- symetria, 53
- technika Knutha, 55
- zliczanie porównań, 50

 quicksort(), 48

## R

RAD, 519  
 rake, 498  
 Rake, 498

Rakefile, 498  
 raster operation, 127  
 RE, 26  
 RE\_match(), 26  
 RE\_new(), 26  
 Reactive\_Logging\_Server, 459, 461  
 read(), 298  
 reaktywny serwer rejestrowania, 458  
 Reduce(), 392  
 regexps, 63  
 rejestrowanie, 347, 352  
 rekurencja, 23, 25, 323  
 rekursywna dekompozycja LU, 257  
 rekursywna faktoryzacja LU, 258, 259  
 relacyjna baza danych, 504  
 reorganizacja kontenera wiadomości, 191  
 replikacja wiadomości e-mail, 192  
 repozytorium, 30  
 REST, 469, 470
 

- definiowanie interfejsu usługi, 471
- przekazywanie usługi za pomocą wzorca fabryki, 473

 revision number, 30  
 REXX, 498  
 RISC, 79, 164, 249  
 RNA, 206  
 rogatka, 372  
 Rosettanet, 475  
 Rosettanet E-Business, 469  
 rozgałęzienia, 140
 

- bezwarunkowe, 140

 rozkład
 

- LAPACK, 256
- LU, 256

 rozmiar tablicy mieszającej słownika, 317  
 rozproszenie danych, 391  
 rozproszone sortowanie, 394  
 rozszerzanie, 25
 

- Emacs o tworzenie dźwiękowych list wyświetlania, 526

 rozwój funkcjonalności interfejsu użytkownika, 182  
 równania matematyczne, 271  
 równoległy program zliczający występowanie słowa, 390  
 równoległy system, 377  
 równowaga kodu, 499  
 różnica liczb ustawionych bitów w dwóch słowach, 169  
 RPG, 477  
 RSS, 540  
 RTF, 102  
 Ruby, 64, 497

## S

S/MIME, 180  
 samolubny DNA, 206  
 SAX, 86  
 SAXBuilder, 86

ScaLAPACK, 248, 260, 261, 264  
 Scheme, 426  
 schowek, 517  
 Secure Shell, 202  
 Secure Sockets Layer, 202  
 sekwencje DNA, 206  
 sekwencyjny serwer rejestracji, 457  
 semantic zooming, 225  
 semantyka zależna od kontekstu, 532  
 serializacja, 187  
 Service, 187  
 Service Oriented Architecture, 340  
 Servlet, 472  
 serwer IMAP, 192  
 Session, 99  
 SGBSV, 273, 276, 279  
 SGBTRF, 279, 280  
 SGBTRS, 279  
 Shadow Folder, 192  
 shards, 77  
 sideways sum, 163  
 sieciowa usługa rejestracji, 449
 

- Acceptor, 455
- ACE, 454
- architektura, 449
- cechy wspólne, 452
- fasada, 454
- formaty wpisów dziennika, 450
- framework, 452
- główna pętla serwera, 453
- implementacja sekwencyjnych serwerów rejestracji, 457
- implementacja współbieżnych serwerów rejestracji, 461
- IPC, 450, 454
- iteracyjny serwer rejestracji, 457
- Iterative\_Logging\_Server, 457, 461
- komunikacja między procesami, 449
- Logging\_Server, 450, 455
- metoda szablonu, 453
- model współbieżności, 450
- Mutex, 455
- PPC\_Logging\_Server, 466
- Process, 465
- projekt obiektowego frameworku serwera, 450
- przyswajanie zmienności, 453
- Reactive\_Logging\_Server, 459, 461
- reaktywny serwer rejestracji, 458
- serwer, 450
- serwer rejestracji w technologii
  - proces-dla-połączenia, 464
- serwer rejestracji w technologii
  - wątek-dla-połączenia, 462
- strategie blokowania, 450
- synchroniczny demultiplekser zdarzeń, 460
- Thread\_Args, 463
- TPC\_Logging\_Server, 462, 464
- współbieżny serwer rejestracji, 461, 467
- wzorce, 450
- zorientowany obiektowo projekt frameworku serwera, 451

sieć VPN, 180  
 sieć zaufania, 180  
 SIMD, 166, 260, 266  
 Simple Object Access Protocol, 470  
 Single Instruction Multiple Data, 260  
 skalowalność, 343
 

- kod, 277

 skalowanie do tysięcy urządzeń, 293  
 skanowanie wierszy danych tekstowych, 70  
 składanie odpowiedzi XML, 479  
 składnia, 425  
 składy, 374  
 skrypt CGI, 237  
 słownik, 67, 311
 

- \_\_builtin\_\_, 312
- adresowanie otwarte, 316
- dynamiczne wybieranie funkcji przechowującej, 315
- implementacja w C, 315
- implementacja w Javie, 315
- implementacja w Pythonie, 312
- items(), 318
- iteracje, 318
- keys(), 318
- klucze, 312
- kolizje, 316
- lista, 318
- lookdict(), 319
- lookdict\_string(), 319
- ma\_fill, 313
- ma\_mask, 314
- ma\_table, 314
- ma\_used, 313
- mapowanie, 313
- określanie nowego rozmiaru tablic, 317
- operacje, 311
- optymalizacja dla małych haszy, 315
- pobieranie kluczy, 312
- PyDictionary, 315
- PyDictObject, 313, 315
- PyStringMap, 315
- Python, 312
- rozmiar tablicy mieszającej, 317
- tworzenie przypadków specjalnych, 315
- usuwanie klucza, 318
- values(), 318
- wartości, 312
- zmiana rozmiaru tablicy, 317
- zmiany dynamiczne, 318

- smoke testing, 106
- SMP, 249
- SOA, 340, 341
- SOAP, 187, 470, 471
- SOBJ\_TYPE(), 380
- sockets, 447
- Software Transactional Memory, 403
- Solaris, 372
- solidność, 353
- sort, 68
- sort\_by\_value, 68
- sortowanie, 70, 394
- sprawdzanie
  - nazwy XML, 81
  - poprawność kodu, 305
- sprzętowy syntezytor mowy, 522
- SQL, 192
- SSH, 202
- SSL, 202, 449
- stałe, 155
- stan programu, 491, 492
- standard Rosettanet, 475, 476
- standardy, 342
- statement, 158
- statements, 158
- std, 157
- sterowniki jądra systemu Linux, 285
  - container\_of(), 289
  - dentry, 294
  - devfs, 286
  - device, 286, 291
  - inode, 294
  - kobject, 291
  - kref, 292
  - kref\_put(), 292
  - licznik referencji, 293
  - programy wielowątkowe, 290
  - put\_device(), 291
  - rdzeń sterownika, 288
  - skalowanie do tysięcy urządzeń, 293
  - sysfs, 287
  - urządzenia, 285
  - usb\_interface, 288, 289
  - zliczanie referencji, 290, 292
- STM, 403, 410
  - blokowanie, 413
  - operacje, 414
  - pamięć transakcyjna, 406
  - problem Świętego Mikołaja, 414
  - wybór, 413
- stmt, 158
- Store, 99
- stos ewaluacyjny, 139
- strategie
  - blokowanie, 450
  - dziel i zwyciężaj, 164
- StreamerServiceBean, 347
- StretchBlt, 126, 128
- String.charAt(), 26
- String.substring(), 26
- StringBuffer, 479
- strip heuristic, 58
- stronicowanie pamięci RAM, 277
- struktury sterujące, definiowane przez użytkownika, 409
- stylizowanie wyjścia mówionego, 529
- subfeatures, 208
- sub-subfeatures, 208
- Subversion, 29
  - apply\_textdelta(), 41
  - baton, 36
  - drzewo katalogów, 32
  - edycja delty drzewa, 43
  - edytor delty, 29, 41
  - file baton, 41
  - interfejs edytora delty, 35
  - interfejsy, 34
  - klient-serwer, 34
  - kontrola wersji, 30
  - kopia robocza, 34
  - łącze do nowego drzewa, 33
  - numer wersji, 30
  - pool, 35
  - prezentacja różnic pomiędzy drzewami, 34
  - przechodzenie w górę, 32
  - repozytorium, 30
  - serwer-klient, 34
  - svn\_error\_t, 35
  - text delta, 35
  - transformacja drzewa, 30
  - transmisja zmian pomiędzy dwiema stronami, 34
  - tworzenie katalogu nadrzędnego, 31
  - węzły, 31
  - window handler, 35
- suma liczb ustawionych bitów w dwóch słowach, 169
- sumator pełny, 171
- sumator z przechowywaniem przeniesień, 171
- summing factor, 56
- SVG, 230
- svn\_delta\_editor\_t, 29
- svn\_error\_t, 35
- svnsync, 45
- symbole wieloznaczne, 19
- synchroniczny demultiplexer zdarzeń, 460
- synchronizacja, 372
- synchronized, 404
- SyncML, 358
- syntax-case, 425
  - abstrakcyjna reprezentacja kodu źródłowego, 432
  - algorytm rozwijania, 431
  - błędy składniowe, 434
  - define-record, 432

- define-syntax, 429
- ekspander, 437
- exp, 437
- exp-lambda, 439
- exp-let, 439
- exp-letrec-syntax, 440
- exp-macro, 438
- exp-quote, 439
- forma wejścia, 430
- forma wyjścia, 430
- free-identifier=?, 441
- identyfikator szablonu, 430
- identyfikatory, 441
- if, 439, 444
- KFFD, 431
- konwersje, 442
- lambda, 439
- let, 439, 444
- letrec-syntax, 439
- make-syntax-object, 432
- manipulowanie środowiskami, 435
- obiekty składni, 432
- opakowania, 435
- or, 444
- parsowanie, 440
- porównywanie identyfikatorów, 441
- predykaty strukturalne, 434
- quote, 433, 439
- rekurencja, 430
- reprezentacje, 432
- rozpoczynanie rozwijania, 442
- s-wyrażenie, 439
- syntax-car, 441
- syntax-cdr, 441
- syntax-object?, 432
- syntax-object-expr, 432
- syntax-object-wrap, 432
- środowisko początkowe, 443
- transformator, 429
- transformatory bazowe, 439
- translacja identyfikatora, 436
- tworzenie obiektów składni, 440
- tworzenie opakowań, 435
- tworzenie wyjścia ekspandera, 433
- with-syntax, 430
- wydobywanie obiektów składniowych, 433
- wyjście ekspandera, 433
- wyrażenia lambda, 439
- syntax-rules, 428
- sysfs, 287
- system klasy Enterprise, 293
- system kontroli wersji, 29
- system korporacyjny o wysokim stopniu niezawodności, 337
- system kryptograficzny z kluczem publicznym, 180
- system operacyjny, 447

- system oprogramowania, 59
- system planowania zasobów przedsiębiorstwa, 357
- system plików, 297
  - devfs, 286
  - umapfs, 300
- system syntax-case, 428
- system syntax-rules, 428
- system wielordzeniowy, 265
- System.Reflection.Emit, 138
- szablon biznesowy, 364
- szablony URL, 539
- szukanie liniowe, 316
- szybkie tworzenie aplikacji, 519
- szybkość działania aplikacji, 201
- szybkość wykonywania kodu, 79
- szzyfrowanie, 190, 192
  - z kluczem publicznym, 203

## Ś

- ścieżka, 359
  - krytyczna, 265
  - spełniająca oczekiwania, 118
- śledzenie ścieżek, 515
- środowisko dźwiękowe, 521
- środowisko wielokomputerowe, 391
- Święty Mikołaj, 414
  - implementacja, 420

## T

- t\_wchan, 380
- tabele, 67
- tablica rogatek, 384
- tablica symboli, 149
- tablice asocjacyjne, 67, 70
- tablice nieciągłe, 323
- tablice N-wymiarowe, 321
- tablice syntaktyczne, 525
- TCL, 522
- TDD, 111
- techniki
  - generowanie kodu w locie, 126
  - Knutha, 55
  - Pratta, 148, 152
  - rekurencja, 25
  - testowanie, 106
- technologia
  - proces-dla-połączenia, 464
  - wątek-dla-połączenia, 462
- teorie testowe, 106
- ternary raster operation, 128
- test poprawności formy, 80
- test-driven development, 111

- testowanie, 106, 111
  - JUnit, 109
  - mutacyjne, 118
  - testy, 118
  - współliniowość, 566
  - wyszukiwanie binarne, 111
    - z losowaniem, 115
    - zakresy, 106, 112
- testowe programy, 278
- testy, 96, 105
  - integracji, 106, 111
  - JUnit, 109
  - obciążeniowe, 386
  - piękne ze względu na prostotę, 106
  - piękne ze względu na swoją wszechstronność, 106
  - wydajność, 201
  - wyszukiwanie binarne, 106
- text delta, 35
- Text::Template, 190
- Thread\_Args, 463
- threads, 447
- TLI, 449
- tokeny, 150
- TPC\_Logging\_Server, 462, 464
- transakcje, 410, 423
- transformacja drzewa, 30
- transformata Fouriera, 271
- transformator, 429
- transpozony, 236
- TreeView, 506, 510
- trójskładnikowa operacja rastrowa, 128
- trudności przypadkowe, 447
- trwałość deszyfracji, 192
- tts-format-text-and-speak, 528, 529
- tts-speak, 528
- turnstile\_block(), 372, 383, 384, 385
- turnstile\_interlock(), 384, 385
- turnstile\_lookup(), 384
- turnstile\_pi\_waive(), 384
- tworzenie przypadków specjalnych, 315

## U

- UBM, 359
- udostępnianie usług klientom zewnętrznym, 470
- układ równań liniowych, 273
- umap\_bypass, 303
- umapfs, 300, 301, 303
- Unicode, 81
- Unix, 447
- upibp, 380
- URI, 92
- urządzenia, 285
- usb\_interface, 288, 289
- usługa rejestrowania, 449

- usługa strumieniowa, 343
- ustawianie opcji, 214
- uwierzytelnianie z kluczem, 180
- uzupełnianie słów, 511
- użyteczność, 181

## V

- VCALL(ap), 302
- Verifier, 90
- ViaVoice, 522
- Visual Basic 6, 503
- vnode, 306
- vnodeop\_desc, 304
- voice-lock, 526
- vop\_generic\_args, 303
- VOP\_READ, 298, 301, 307
- vop\_read\_args, 301
- vop\_vector, 298, 301, 302
- VPN, 180

## W

- WABA alignments, 209
- wait\_for\_multiple\_events(), 458, 459
- walidacja kluczy, 181
- walidacja XML, 79
- warstwy, 308
- warstwy pośredniczące, 299
- warstwy systemów plików, 303
- wartość, 66
- warunek higieniczności dla rozszerzania makr, 427
- warunki
  - brzegowe, 387
  - końcowe, 24
- wątek-dla-połączenia, 462
- wątki, 408, 447
  - Haskell, 409
- wcięcia, 548
- wdrażanie, 185
  - rozproszone, 203
- Web of Trust, 180
- wejście binarne, 506
- wektor terminów, 394
- weryfikatory XML, 79, 86
- wewnętrzna blokada jądra, 381
- węzeł, 359
- while, 23
- wiązanie argumentów, 527
- wieloprzetwarzanie symetryczne, 249
- wielowątkowa wersja algorytmu, 265
- wielowątkowość w systemach wielordzeniowych, 265
- wielowymiarowe iteratory, 321
- wielowymiarowe tablice, 321



- window handler, 35
- Windows, 447
- Windows 1.0, 126, 131
- wizualizacja genomu, 206
- własności, 208
- Word Completion, 511
- wpływ architektury komputerów na algorytmy
  - macierzowe, 248
- wrap, 431
- wskazniki, 297
- wskazniki argumentów, 300
- współbieżność, 403
  - blokady, 404
  - metody zsynchronizowane, 404
  - pamięć transakcyjna, 406
  - zmienne warunkowe, 404
- współbieżny serwer rejestrowania, 461
- współliniowość, 559
- współpraca, 285
- współzależność kodu i danych, 125
- wsteczny cudzysłów, 198
- wychodzenie z pętli, 75
- wyczerpanie pamięci, 277
- wydajność, 25, 120, 277
  - interfejs użytkownika, 518
- wydania, 552
- wygląd kodu, 545
  - białe znaki, 550
  - bycie podręcznikowym, 547
  - DiffMerge, 547
  - długość wierszy tekstu, 547
  - komentarze, 549
  - narzędzia, 550
  - podobnie funkcjonujący kod, 547
  - poruszanie się po kodzie, 549
  - porządek, 549
  - wcięcia, 548
  - wydania, 552
  - wytyczne, 546
  - zagnieżdżony kod, 549
- wyjście mówione, 522
- wykonywanie, 26
- wymiana danych z użyciem protokołów e-biznesowych, 475
- wymiana podczas pracy, 355
- wyrażenia, 152
- wyrażenia regularne, 19
  - algorytmy dopasowujące, 20
  - grep, 20
  - implementacja, 21
  - klasy znaków, 26
  - kolejność sprawdzeń, 24
  - kompilacja, 26
  - koniec łańcucha, 23
  - match(), 22
  - Matcher, 26
  - matchhere(), 23, 24
  - matchstar(), 23, 24
  - metaznaki, 19
  - nawracanie, 25
  - Pattern, 26
  - początek łańcucha, 22
  - RE, 26
  - rekurencja, 25
  - rozszerzanie, 25
  - symbole wieloznaczne, 19, 26
  - warunki końcowe, 24
  - wydajność, 25
  - wyszukiwanie, 63
  - wzorzec, 19
  - zatrzymanie rekurencji, 23
- wyszukiwanie, 61, 517
  - binarne, 72, 74, 106
  - czas, 61
  - Google, 75, 76
  - informacji, 76
  - na dużą skalę, 75
  - optymalizacja, 69
  - PageRank, 77
  - pamięć asocjacyjna, 66
  - pełnotekstowe, 76
  - sieciowe, 75
  - tablica asocjacyjna, 67
  - wychodzenie z pętli, 75
  - wyrażenia regularne, 63
  - Yahoo!, 75
  - z orzeczeniami, 76
  - zorientowane na zadania, 535
- wyszukiwanie przyczyn, 483
- wytyczne pisania kodu, 546
- wyważenie obciążenia, 397
- wywołanie, 145
  - metody, 213
  - zwrotne, 227
- wznawianie wątków, 372
- wzorce, 19, 425, 450
  - Adapter, 448
  - fasada, 448, 454
  - metoda szablonu, 448, 453
- wzór Euklidesa, 567

## X

- XML, 79, 102, 358, 469, 476
  - buforowanie, 91
  - gramatyka BNF, 81
  - optymalizacja O(1), 87
  - optymalizacja O(log N), 84
  - parser, 86
  - weryfikacja znaków cyfrowych, 84
  - weryfikator znaków, 82

XML 1.0, 81  
XOM, 79, 85, 87  
XPath, 476  
XSLT, 537

## Y

yacc, 306  
Yahoo!, 75  
Yahoo! Maps, 535

## Z

zabezpieczanie kodu, 195  
zabezpieczenia handlu internetowego, 202  
zagnieżdżony kod, 549  
zakres, 156  
zaokrąglanie, 271  
zapis zmian, 552  
zapisywanie binarnej tablicy wyszukiwania, 89  
zarządzanie

- cykl życiowy grupy procesów, 465
- czas, 339
- dane, 340
- personel, 340
- złożoność kodu wraz z upływem czasu, 542

zasada DRY, 497  
zasady pisania kodu, 245, 546  
zasięg lokalny, 245  
zasób, 359  
zestaw testów, 188

- testy binarności, 121

ZFS, 375  
zliczanie

- jedynki w tablicy, 170
- referencje, 291, 292
- żądania artykułu, 67

zliczanie bitów w stanie wysokim, 163

- CSA, 171
- dziel i zwyciężaj, 165
- ILP, 174
- metody, 164, 167
- odstęp Hamminga, 175
- population count, 175
- porównywanie liczby ustawionych bitów
  - w dwóch słowach, 169
- RISC, 164
- zliczanie jedynek w tablicy, 170

zmiany, 552  
zmiennne, 213

- CGI, 238
- warunkowe, 404, 405

znaczniki bitowe, 89  
ZODB, 359, 360  
Zope, 360  
Zope Content Management Framework, 357  
Zope Object Database, 360  
Zope Page Templates, 358  
zorientowany obiektowo projekt frameworku serwera

- rejestrowania, 451

ZPT, 358  
zrozumiały kod, 245  
zrównoleganie algorytmów, 390  
zrzut jądra, 378  
zunifikowany model biznesowy, 359  
związłość, 279, 496

## Ż

żądania

- HTTP, 471
- XML, 476

# 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>

GRUPA WYDAWNICZA

 **Helion SA**

# Dołącz do grona mistrzów programowania!

Wbrew pozorom programowanie to nie tylko nauka ścisła, to także sztuka! Trudna sztuka! Napisanie kodu poprawnie działającego czy kodu spełniającego oczekiwania użytkowników programu to niewątpliwie wyzwanie! Wymaga bowiem doskonałego zaplanowania architektury, skutecznej optymalizacji kodu źródłowego oraz umiejętności przewidywania potencjalnych problemów i ich odpowiednio wczesnej eliminacji.

Właśnie w tej książce prawdziwi mistrzowie programowania podzielą się z Tobą swoimi doświadczeniami, przemyśleniami i spostrzeżeniami dotyczącymi tworzenia profesjonalnych rozwiązań. Znajdziesz tu wiele praktycznych porad dotyczących pisania kodu, rozwiązywania problemów programistycznych, projektowania architektury, tworzenia interfejsów użytkownika i pracy w zespole projektowym. Dowiesz się, kiedy należy postępować dokładnie według wskazań metodologii, a kiedy pójście na skróty może okazać się najlepszym rozwiązaniem. Poznasz sposób myślenia i zasady pracy najlepszych programistów świata, dzięki czemu użytkownikom Twoich aplikacji zapewnisz maksymalny komfort.

- Korzystanie z wyrażań regularnych
- Dobór odpowiedniego poziomu abstrakcji
- Ocena jakości kodu źródłowego
- Testowanie
- Techniki analizy składni
- Zabezpieczanie komunikacji sieciowej
- Dostosowywanie architektury systemu do architektury komputerów
- Praca zespołowa
- Projektowanie systemów na bazie komponentów *open source*
- Usuwanie błędów
- Ułatwianie pracy osobom niepełnosprawnym

## Lista współautorów:

Brian Kernighan	Travis E. Oliphant
Karl Fogel	Ronald Mak
Jon Bentley	Rogério Atem de Carvalho
Tim Bray	oraz Rafael Monnerat
Elliotte Rusty Harold	Bryan Cantrill
Michael Feathers	Jeff Dean
Alberto Savoia	oraz Sanjay Ghemawat
Charles Petzold	Simon Peyton Jones
Douglas Crockford	R. Kent Dybvig
Henry S. Warren Jr.	William R. Otte
Ashish Gulhati	oraz Douglas C. Schmidt
Lincoln Stein	Andrew Patzer
Jim Kent	Andreas Zeller
Jack Dongarra	Yukihiro Matsumoto
oraz Piotr Luszczek	Arun Mehta
Adam Kolawa	T.V. Raman
Greg Kroah-Hartman	Laura Wingerd
Diomidis Spinellis	oraz Christopher Seiwald
Andrew Kuchling	Brian Hayes

Całkowity dochód z oryginalnego wydania tej książki zostanie przekazany na rzecz organizacji Amnesty International.

<b>Helion</b>	
księgarnia internetowa	Helion SA ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 e-mail: helion@helion.pl http://helion.pl
<a href="http://helion.pl">http://helion.pl</a>	
zamówienia telefoniczne	
 <b>0 801 339900</b>	Sprawdź najnowsze promocje: ● <a href="http://helion.pl/promocje">http://helion.pl/promocje</a> Książki najchętniej czytane: ● <a href="http://helion.pl/bestsellery">http://helion.pl/bestsellery</a> Zamów informacje o nowościach: ● <a href="http://helion.pl/nowosci">http://helion.pl/nowosci</a>
 <b>0 601 339900</b>	
Informatyka w najlepszym wydaniu	

<b>O'REILLY</b>	
ISBN 978-83-283-3477-9	
	
9 788328 334779	
cena: 89,00 zł	

sięgnij po **WIĘCEJ**



KOD KORZYŚCI