

## 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

# Bezpieczne oprogramowanie. Metodologia, techniki i narzędzia projektowania

Autor: Bijay K. Jayaswal, Peter C. Patton  
ISBN: 978-83-246-1463-9

Tytuł oryginału: [Design for Trustworthy  
Software: Tools, Techniques, and Methodology  
of Developing Robust Software](#)

Format: 172x245, stron: 816



### Poznaj narzędzia, techniki oraz metodologię tworzenia niezawodnego oprogramowania

- Jak przeprowadzić weryfikację, ocenić i konserwować oprogramowanie?
- Jakie są finansowe aspekty tworzenia oprogramowania godnego zaufania?
- Jak zarządzać portfelem technologii informatycznych?

Jakość oprogramowania to wielowarstwowe zagadnienie. Spojrzenie na nią z kilku perspektyw jest kluczowe dla procesu tworzenia nowego produktu. Należy przy tym wziąć pod uwagę nie tylko opłacalność jego wytwarzania i konkurencyjność, ale także jawne i ukryte potrzeby naszych klientów oraz partnerów biznesowych. Stąd wynika potrzeba używania zintegrowanej technologii, pomagającej spełniać wszystkie te wymagania. Odpowiada na nią technologia projektowania oprogramowania godnego zaufania (ang. Designing for Trustworthy Software). Służy ona wczesnemu rozwiązywaniu problemów związanych z jakością tworzonego produktu, dzięki czemu zapobiega powstawaniu błędów implementacji. Siłą tej technologii jest także fakt, że wszelkie działania związane z jakością są podejmowane przed napisaniem każdego wiersza kodu.

Ta książka pomoże w poprawie jakości wszystkim tym, którzy wdrażają rozwiązania wewnętrzne i zewnętrzne, prowadzą konsultacje i świadczą pomoc techniczną. Zawiera ona przełomowe rozwiązania dla specjalistów z dziedziny oprogramowania oraz jakości – od programistów po liderów projektu, od głównych architektów oprogramowania po klientów. Z tego podręcznika dowiesz się m.in., jak stosować najlepsze praktyki w dziedzinie kontrolowania jakości, organizacji szkoleń i zarządzania w wyjątkowym środowisku rozwoju oprogramowania.

- Metodologia rozwoju oprogramowania
- Miary jakości oprogramowania
- Koszty jakości oprogramowania
- Narzędzia i techniki projektowania oprogramowania godnego zaufania
- Analityczny proces hierarchiczny
- Złożoność, błędy i poka-yoke w procesach rozwoju oprogramowania
- Ocena ryzyka oraz analiza przyczyn i skutków błędów (FEMA)
- Technologie obiektowe i komponentowe
- Techniki AHP, TRIZ, CoSQ i metoda Taguchiego
- Integracja, wzbogacanie i konserwacja oprogramowania godnego zaufania
- Wdrażania technologii DFTS
- QFD dla projektów

**Twórz niezawodne oprogramowanie wysokiej jakości!**

Wydawnictwo Helion  
ul. Kościuszki 1c  
44-100 Gliwice  
tel. 032 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)



# Spis treści

<b>Wprowadzenie</b>	<b>23</b>
<b>Przedmowa</b>	<b>25</b>
<b>Podziękowania</b>	<b>31</b>
<b>O autorach</b>	<b>33</b>
<b>CZĘŚĆ I WSPÓŁCZESNY PROCES ROZWOJU APLIKACJI, JEGO BRAKI I WYZWANIA NA DRODZE DO OPROGRAMOWANIA GODNEGO ZAUFANIA</b>	<b>35</b>
<b>ROZDZIAŁ 1. Współczesne metodologie rozwoju oprogramowania</b>	<b>37</b>
Rozwój oprogramowania — potrzeba nowego paradygmatu	39
Ramka 1.1. Złożoność komputerów	41
Strategie rozwoju oprogramowania i modele cyklu życia	42
Model utwórz i popraw	44
Model wodospadu	45
Model błyskawicznych prototypów	45
Model przyrostowy	46
Programowanie ekstremalne	48
Model spiralny	49
Programowanie obiektowe	50
Rozwój iteracyjny, czyli model ewolucyjny	52
Porównanie różnych modeli cyklu życia	53
Usprawnienia procesu rozwoju oprogramowania	53
Model RUP	54
Model CMM	55
Wytyczne rozwoju oprogramowania ISO 9000-3	56
Porównanie modeli RUP, CMM i ISO 9000	58
Metoda ADR	60
Siedem elementów procesu rozwoju stabilnego oprogramowania	60
Model rozwoju solidnego oprogramowania	61
Ramka 1.2. Krytyczne oprogramowanie sterujące w lotnictwie	62
Kluczowe zagadnienia	63

Dodatkowe materiały	64
Ćwiczenia internetowe	64
Pytania przeglądowe	64
Zagadnienia do dyskusji i projekty	65
Przypisy	65
<b>ROZDZIAŁ 2. Wyzwania na drodze do oprogramowania godnego zaufania — solidny projekt w kontekście oprogramowania</b>	<b>67</b>
Niezawodność oprogramowania — fakty i mity	69
Podobieństwa i różnice między oprogramowaniem i wyrobami produkowanymi	69
Porównywanie niezawodności oprogramowania i sprzętu	71
Przyczyny zawodności oprogramowania	71
Ograniczenia tradycyjnych systemów kontroli jakości	74
Japońskie systemy zarządzania jakością i podejście Taguchiego	75
Ramka 2.1. Życie i czasy doktora Genichiego Taguchiego	75
Ramka 2.2. Metodologia inżynierii jakości w zarysie	77
Ramka 2.3. Taguchi o metodach Taguchiego	78
Ramka 2.4. Istota 14 punktów Deminga	80
Istota metod solidnego projektowania Taguchiego	83
Zagadnienie stosunku sygnału do szumu	83
Zagadnienie funkcji utraty jakości	85
Zagadnienie solidnego projektowania	87
Wyzwania na drodze do niezawodności oprogramowania — projektowanie oprogramowania godnego zaufania	88
Model rozwoju solidnego oprogramowania — proces DFTS w praktyce	94
Kluczowe zagadnienia	95
Dodatkowe materiały	97
Ćwiczenia internetowe	97
Pytania przeglądowe	97
Pytania do dyskusji i projekty	98
Przypisy	99
<b>ROZDZIAŁ 3. Miary jakości oprogramowania</b>	<b>101</b>
Pomiar jakości oprogramowania	103
Klasyczne miary jakości oprogramowania	103
Zarządzanie przez jakość	104
Ogólne miary jakości oprogramowania	106

Metodologia pomiarów	106
Wewnątrzprocesowe miary jakości do testowania oprogramowania	107
Miary złożoności oprogramowania	109
Nauka o oprogramowaniu	110
Złożoność cyklopatyczna	112
Miary punktów funkcyjnych	113
Miary zadowolenia klienta i dostępności	114
Ramka 3.1. Miejska legenda o oprogramowaniu	115
Aktualne miary i modele	116
Nowe miary projektowania i oceny architektury	118
Powszechne problemy z projektowaniem architektury	119
Miary wzorców w OOAD	121
Kluczowe zagadnienia	122
Dodatkowe materiały	123
Ćwiczenia internetowe	123
Pytania przeglądowe	123
Zagadnienia do dyskusji i projekty	124
Przypisy	124
<b>ROZDZIAŁ 4. Finansowe perspektywy tworzenia oprogramowania godnego zaufania</b>	<b>127</b>
Dlaczego DFTS wymaga różnych analiz finansowych?	129
Koszty i jakość — kiedyś i dziś	130
Koszty jakości oprogramowania	134
Korzyści płynące z analiz kosztów jakości	134
Koszty zadań nakierowanych na poprawę jakości	135
Klasyfikacja kosztów jakości oprogramowania	137
Ustanawianie systemu tworzenia raportów CoSQ	146
Korzyści inwestycji w jakość	148
Wartość analiz CoSQ	149
Pułapki związane z programem CoSQ	149
Koszty jakości oprogramowania w cyklu życia	150
Studium przypadku 4.1. Zastosowanie CoSQ w Intents Software	152
CoSQ i kosztorysowanie bazujące na aktywnościach	157
ABC w firmach zajmujących się rozwojem oprogramowania	157
Uruchamianie ABC przy rozwoju oprogramowania	158
Korzyści stosowania ABC	159
Ramka 4.1. ABC w przemyśle usługowym	160

Funkcja utraty jakości w przypadku oprogramowania	160
Finansowa ocena inwestycji w DFTS	161
Miary oceny DFTS	161
Tworzenie platformy oceny finansowej programów DFTS	162
Kluczowe zagadnienia	164
Dodatkowe materiały	166
Ćwiczenia internetowe	166
Pytania przeglądowe	166
Zagadnienia do dyskusji	167
Problemy	168
Przypisy	168
<b>ROZDZIAŁ 5. Infrastruktura organizacyjna i przywództwo przy stosowaniu DFTS</b>	<b>171</b>
Wyzwania organizacyjne przy wdrażaniu DFTS	173
Schemat wdrażania DFTS	173
Etap 1. Budowanie świadomości zarządu i przekonywanie go	174
Etap 2. Komunikowanie o zgodności i zaangażowaniu wyższej kadry zarządzającej	178
Etap 3. Wykrywanie potencjalnych pułapek związanych z inicjatywą DFTS	179
Ramka 5.1. Nienaganny cykl nauki i TPOV	188
Etap 4. Kładzenie podwalin pod organizację skoncentrowaną na jakości	189
Etap 5. Budowanie infrastruktury organizacyjnej	192
Etap 6. Zrozumienie ról kluczowych osób	192
Etap 7. Projektowanie wspomagającej struktury organizacyjnej	203
Etap 8. Ustanawianie efektywnej komunikacji	205
Etap 9. Tworzenie odpowiedniego systemu nagród	206
Etap 10. Ustanawianie systemu CoSQ	208
Etap 11. Planowanie i uruchamianie szkoleń w całej organizacji	208
Etap 12. Wdrażanie modelu DFTS	209
Etap 13. Kontrolowanie nauki i postępów oraz przekazywanie informacji zwrotnych	210
Etap 14. Utrwalanie usprawnień i zysków	212
Etap 15. Integracja i rozszerzanie programu	212
Łączenie wszystkich elementów	213
Kluczowe zagadnienia	214
Dodatkowe materiały	218
Ćwiczenia internetowe	218

Spis treści	9
Pytania przeglądowe	219
Zagadnienia do dyskusji i projekty	220
Przypisy	220
<b>CZĘŚĆ II NARZĘDZIA I TECHNIKI PROJEKTOWANIA OPROGRAMOWANIA GODNEGO ZAUFANIA</b>	<b>223</b>
<b>ROZDZIAŁ 6. Siedem podstawowych narzędzi zarządzania jakością (P7)</b>	<b>225</b>
Siedem podstawowych narzędzi (P7)	228
Ramka 6.1. Kaoru Ishikawa — rozwój specyficzniej japońskiej strategii zarządzania jakością	230
P7 w kontekście DFSS	232
Inne narzędzia, techniki i metodologie DFSS	233
Diagramy przebiegu	234
Diagramy przebiegu wysokiego poziomu	235
Szczegółowe diagramy przebiegu	235
Torowe diagramy przebiegu	236
Diagramy Pareto	236
Diagramy przyczynowo-skutkowe	237
Tworzenie diagramów przyczynowo-skutkowych w celu określenia przyczyn	240
Używanie diagramów przyczynowo-skutkowych do klasyfikowania procesów	241
Diagramy rozproszenia	243
Arkusze kontrolne	246
Histogramy	246
Określanie rozkładu	247
Określanie, czy wymogi specyfikacji zostały spełnione	248
Porównywanie danych za pomocą warstw	248
Wykresy	248
Karty kontrolne	250
Kluczowe zagadnienia	252
Dodatkowe materiały	254
Pytania przeglądowe	254
Zagadnienia do dyskusji	254
Przypisy	255

<b>ROZDZIAŁ 7. Narzędzia 7 ZP — analiza i interpretacja danych jakościowych oraz werbalnych</b>	<b>257</b>
Narzędzia N7 i 7 ZP	260
Typowe zastosowania narzędzi 7 ZP	261
Diagram pokrewieństwa	263
Diagramy współzależności	266
Diagram drzewa	270
Macierze priorytetów	272
Diagram macierzowy	274
Wykres programowy procesu decyzyjnego (PDPC)	274
Diagram sieci aktywności	275
Umiejętności behawioralne przydatne do stosowania narzędzi 7 ZP	276
Kluczowe zagadnienia	277
Dodatkowe materiały	278
Pytania przeglądowe	278
Zagadnienia do dyskusji i projekty	279
Przypisy	279
<b>ROZDZIAŁ 8. Analityczny proces hierarchiczny</b>	<b>281</b>
Określanie priorytetów, złożoność i analityczny proces hierarchiczny	283
AHP i podejmowanie decyzji w obliczu wielu celów	284
Słownictwo	286
Określanie struktury hierarchii celów	286
Hierarchia decyzji	288
Studium przypadku 8.1. Informatyczny dylemat dyrektora do spraw systemów informacyjnych wspomagających zarządzanie (MIS)	289
Studium przypadku 8.1. Rozwiązanie przygotowane za pomocą Expert Choice	290
Etap 1. Burza mózgów i tworzenie hierarchicznego modelu problemu	290
Etap 2. Określanie priorytetów celów na skali ilorazowej	292
Etap 3. Określanie priorytetów alternatyw z uwagi na każdy cel	295
Etap 4. Synteza	297
Przybliżanie wyników AHP na podstawie samodzielnych obliczeń	298
Pierwsza metoda tworzenia przybliżonych rozwiązań	302
Druga metoda przybliżania. Kompleksowa analityczna metoda kryteriów do określania priorytetów Brassarda	309
Wnioski	312
Kluczowe zagadnienia	313

Spis treści	11
Dodatkowe materiały	314
Ćwiczenia internetowe	314
Pytania przeglądowe	314
Zagadnienia do dyskusji i projekty	315
Problemy	315
Problem 1. Zarządzanie złożonością przy przekształcaniu systemów	315
Problem 2. Zarządzanie złożonością oprogramowania w nowej firmie z branży zaawansowanych technologii	318
Problem 3. Złożoność w systemach zarządzania kartami pacjentów	320
Problem 4. System wspomagający podejmowanie decyzji dotyczących odwiertów ropy naftowej	321
Problem 5. Problem ROI	323
Problem 6. Abstrakcyjne analizy złożoności	323
Problem 7. Wrażliwość na złożoność	324
Przypisy	324
<b>ROZDZIAŁ 9. Złożoność, błędy i poka-yoke w procesach rozwoju oprogramowania</b>	<b>327</b>
Poka-yoke jako system kontroli jakości	329
Zasady poka-yoke	330
Przyczyny defektów — zmienność, błędy i złożoność	331
Warunki stosowania poka-yoke	333
Pomyłki jako przyczyny defektów	334
Kontrola złożoności w rozwoju oprogramowania	336
Pomyłki, metody kontroli i poka-yoke	340
Wdrażanie systemu poka-yoke	341
Określanie rozwiązania bazującego na poka-yoke	345
Kluczowe zagadnienia	346
Dodatkowe materiały	348
Ćwiczenia internetowe	348
Pytania przeglądowe	349
Zagadnienia do dyskusji i projekty	349
Przypisy	350



<b>ROZDZIAŁ 10. 5S w obszarze inteligentnego zarządzania rozwojem oprogramowania</b>	<b>353</b>
5S — wielki krok w kierunku produktywnego środowiska pracy	355
Etap wdrażania systemu 5S	356
Etap 1. Selekcja i sortowanie	356
Etap 2. Organizowanie i porządkowanie	356
Etap 3. Sprzątanie i czyszczenie	357
Etap 4. Standaryzacja	357
Etap 5. Podtrzymywanie i samodyscyplina	357
System 5S i proces DFTS	358
Ramka 10.1. Od 5S do szczupłego procesu DFTS	359
Przełamywanie oporu	362
Wdrażanie 5S	363
Etap 1. Przekonywanie zarządu	363
Etap 2. Szkolenia i wdrażanie	364
Etap 3. Powiązanie z systemem nagród	364
Etap 4. Kontynuacja i ciągłe usprawnianie	365
Kluczowe zagadnienia	365
Dodatkowe materiały	366
Ćwiczenia internetowe	366
Pytania przeglądowe	366
Zagadnienia do dyskusji i projekty	367
Przypisy	367
<b>ROZDZIAŁ 11. Zrozumienie potrzeb klienta — QFD w dziedzinie oprogramowania i głos klienta</b>	<b>369</b>
QFD — początki i wprowadzenie	371
Czym wyróżnia się QFD wśród innych systemów jakości?	372
Historia QFD	373
Historia QFD dla oprogramowania	374
Czym jest QFD i do czego służy?	376
Koncentracja na priorytetach	378
Definicja QFD	379
Rozwinięcia QFD	380
Czteroetapowy model QFD	380
Macierz „domu jakości”	382
Problemy ze stosowaniem tradycyjnej wersji QFD do oprogramowania	386
Niepowodzenia związane z tradycyjną wersją QFD	386

„Ta macierz jest za duża”	387
„To zajmuje zbyt dużo czasu”	388
„Już to wiemy”	389
Nowoczesna wersja QFD dla oprogramowania	391
Błyskawiczna metoda QFD	391
Siedem narzędzi do zarządzania i planowania (7 ZP)	391
Zadowolenie klienta i wartość	391
Błyskawiczny proces QFD	393
Etap 1. Kluczowy cel projektu	393
Etap 2. Kluczowy segment klientów	395
Etap 3. Kluczowe etapy procesu	396
Etap 4. Wizyta w gemba	396
Etap 5. Jakie są potrzeby klienta?	397
Etap 6. Struktura potrzeb klienta	401
Etap 7. Analiza struktury potrzeb klienta	401
Etap 8. Określanie priorytetów potrzeb klienta	402
Etap 9. Realizacja priorytetowych potrzeb klientów	403
Późne rozwinięcia. Szczegółowa analiza (wyłącznie) istotnych relacji	405
„Dom jakości” i nie tylko	406
Projekty Six Sigma	408
Działania następcze — stosowanie, ewolucja i usprawnianie procesu	408
Błyskawiczne programowanie	408
Rozwinięcie harmonogramu za pomocą zarządzania projektem	
poprzez łańcuch krytyczny	409
Wprowadzanie QFD dla oprogramowania	409
Czynnik ludzki w QFD	410
Wyzwania i pułapki w obszarze QFD	410
Jak wdrażać QFD dla oprogramowania?	413
Wnioski	414
Nowoczesna wersja QFD w procesie DFTS	414
Kluczowe zagadnienia	415
Dodatkowe materiały	417
Ćwiczenia internetowe	418
Pytania przeglądowe	419
Zagadnienia do dyskusji	420
Przypisy	421

<b>ROZDZIAŁ 12. Kreatywność i innowacyjność w procesie projektowania oprogramowania — TRIZ i metodologia wyboru koncepcji Pugh</b>	<b>427</b>
Potrzeba kreatywności w DFTS	429
Kreatywność i TRIZ	429
Ramka 12.1. Czym jest szczęśliwy traf?	430
Ramka 12.2. Pionierzy	433
TRIZ w rozwoju oprogramowania	433
Ramka 12.3. Lingua latina non mortua est	434
TRIZ, QFD i metody Taguchiego	442
Burza mózgów	442
Metodologia wyboru koncepcji Pugh	444
Oprogramowanie jako własność intelektualna	447
Ramka 12.4. Obraz jest wart...	449
Kluczowe zagadnienia	450
Dodatkowe materiały	450
Ćwiczenia internetowe	450
Pytania przeglądowe	451
Zagadnienia do dyskusji i projekty	451
Przypisy	451
<b>ROZDZIAŁ 13. Ocena ryzyka oraz analiza przyczyn i skutków błędów (FMEA) w dziedzinie oprogramowania</b>	<b>453</b>
FMEA — analizy przyczyn i efektów błędów	455
Zastosowania FMEA na wczesnych etapach	459
Analizy drzewa błędów oprogramowania	462
Przyczyny błędów w oprogramowaniu i ich źródła	465
Określanie i ocena ryzyka na poszczególnych etapach DFTS	467
Kluczowe zagadnienia	468
Dodatkowe materiały	469
Ćwiczenia internetowe	469
Pytania przeglądowe	469
Zagadnienia do dyskusji i projekty	469
Przypisy	470

<b>ROZDZIAŁ 14. Technologie obiektowe i komponentowe oraz inne narzędzia programistyczne</b>	<b>471</b>
Główne wyzwania w rozwoju biznesowych aplikacji dla przedsiębiorstw	473
Analizy, projektowanie i programowanie obiektowe	473
Ramka 14.1. Narodziny programowania obiektowego	474
Ramka 14.2. Zalety warstwy pośredniej języka Java	479
Technologia rozwoju oprogramowania na podstawie komponentów	481
Poprawa produktywności za pomocą programowania ekstremalnego	484
Zwiększanie niezawodności przy użyciu programowania wielowersyjnego	486
Zalety NVP	487
Wady NVP	487
Współczesne środowiska programistyczne	488
Trendy w automatyzacji programowania	492
Kluczowe zagadnienia	495
Dodatkowe materiały	495
Ćwiczenia internetowe	496
Pytania przeglądowe	496
Zagadnienia do dyskusji i projekty	496
Przypisy	496
<b>CZĘŚĆ III PROJEKTOWANIE OPROGRAMOWANIA GODNEGO ZAUFANIA</b>	<b>499</b>
<b>ROZDZIAŁ 15. Miary jakości i metody statystyczne w rozwoju oprogramowania godnego zaufania</b>	<b>501</b>
Oprogramowanie godne zaufania	503
Inicjatywa Microsoftu na rzecz przetwarzania godnego zaufania	504
Statystyczne sterowanie procesem w rozwoju oprogramowania	507
Metody statystyczne dla architektów oprogramowania	513
Kluczowe zagadnienia	517
Dodatkowe materiały	517
Ćwiczenia internetowe	518
Pytania przeglądowe	518
Zagadnienia do dyskusji i projekty	518
Problemy	518
Przypisy	518

<b>ROZDZIAŁ 16. Solidne oprogramowanie w kontekście</b>	<b>521</b>
Proces tworzenia specyfikacji oprogramowania	523
Ramka 16.1. Precyzyjne specyfikacje funkcjonalne	525
Czym jest solidne oprogramowanie?	526
Wymagania, jakie musi spełniać solidne oprogramowanie	527
Ramka 16.2. Uzyskiwanie informacji od użytkownika końcowego	528
Ocena solidności oprogramowania	528
Ramka 16.3. Przykład projektowania parametrów	530
Kluczowe zagadnienia	531
Dodatkowe materiały	531
Ćwiczenia internetowe	531
Pytania przeglądowe	532
Zagadnienia do dyskusji i projekty	532
Problemy	532
Przypisy	533
<b>ROZDZIAŁ 17. Metody Taguchiego i optymalizacja pod kątem solidnego oprogramowania</b>	<b>535</b>
Metody Taguchiego w projektowaniu solidnego oprogramowania	537
Przykład z dziedziny inżynierii projektu	541
Przykład z obszaru projektowania i rozwoju oprogramowania	544
Macierze ortogonalne w eksperymentach Taguchiego nad projektowaniem parametrów	549
Zastosowania w DFTS	552
Kluczowe zagadnienia	552
Dodatkowe materiały	553
Ćwiczenia internetowe	553
Pytania przeglądowe	553
Zagadnienia do dyskusji	553
Problemy	553
Przypisy	554
<b>ROZDZIAŁ 18. Weryfikacja, walidacja, testy i ocena w rozwoju oprogramowania godnego zaufania</b>	<b>555</b>
Ciąg dalszy cyklu rozwoju	557
Ramka 18.1. Miejska legenda o oprogramowaniu biznesowym	558

Spis treści	17
Weryfikacja	559
Studium przypadku 18.1. Metody Taguchiego w weryfikacji projektu systemu RTOS	559
Walidacja	563
Studium przypadku 18.2. Metody Taguchiego w walidacji oprogramowania	563
Testy i ocena	566
Ramka 18.2. Anomalie z obszaru testów i debugowania	567
Kluczowe zagadnienia	571
Dodatkowe materiały	572
Ćwiczenia internetowe	572
Pytania przeglądowe	573
Zagadnienia do dyskusji i projekty	573
Problemy	573
Przypisy	573
<b>ROZDZIAŁ 19. Integracja, wzbogacanie i konserwacja oprogramowania godnego zaufania</b>	<b>575</b>
Kończenie cyklu rozwoju	577
Integracja	577
Ramka 19.1. Spitfire Supermarine	578
Wzbogacanie	578
Studium przypadku 19.1. Zwiększanie możliwości elektronicznego systemu do prowadzenia działań wojennych	579
Konserwacja	581
Studium przypadku 19.2. Konserwacja systemów oprogramowania u klienta	582
Ramka 19.2. Usunięcie zaawansowanej funkcjonalności oprogramowania w wyniku konserwacji	583
Kluczowe zagadnienia	584
Dodatkowe materiały	584
Ćwiczenia internetowe	584
Pytania przeglądowe	585
Zagadnienia do dyskusji i projekty	585
Problemy	585
Przypisy	585

<b>CZĘŚĆ IV ŁĄCZENIE WSZYSTKICH ELEMENTÓW — WDRAŻANIE PROGRAMU DFTS</b>	<b>587</b>
<b>ROZDZIAŁ 20. Przygotowanie organizacji do wdrażania DFTS</b>	<b>589</b>
Czas na rozważania	591
Studium przypadku 20.1. Dążenie do doskonałego procesu produkcji	591
Studium przypadku 20.2. Instytucjonalizacja Six Sigma w GE	594
Wyzwania stojące przed liderami w trakcie inicjatyw transformacyjnych	598
Ocena kluczowych elementów organizacji	599
Wzbudzanie zaangażowania liderów	600
Zrozumienie roli liderów	601
Ocena strategicznych powiązań	602
Zapewnianie zaangażowania całej organizacji	602
Zrozumienie konieczności koncentracji na kliencie	603
Ocena obecnego poziomu zarządzania jakością	604
Kluczowe zagadnienia	605
Dodatkowe materiały	606
Ćwiczenia internetowe	607
Pytania przeglądowe	607
Zagadnienia do dyskusji i projekty	607
Przypisy	608
<b>ROZDZIAŁ 21. Uruchamianie inicjatywy DFTS</b>	<b>609</b>
DFTS i platforma PICS	611
Planowanie	611
Wdrażanie	612
Etap 11. Uruchamianie szkoleń w całej organizacji	613
Projektowanie programu szkoleń — dostosowanie i różnicowanie	614
Szkolenia dla personelu pomocniczego	615
Etap 12. Wdrażanie technologii DFTS — proces nauki i stosowania	616
Kontrola	621
Etap 13. Systemy kontroli informacji zwrotnych	624
Studium przypadku 21.1. Ciągłe uczenie się i wzbogacanie	
— proces Operating System korporacji GE	627
Zarządzanie projektem	631
Zabezpieczanie	632
Etap 14. Utrwalanie usprawnień i zysków	632
Etap 15. Integracja i rozwój inicjatywy	632
Studium przypadku 21.2. Inicjatywy na rzecz jakości i ich integracja w TCS	637

Spis treści	19
Zastosowania w małych firmach programistycznych i wioskach elektronicznych	640
Co dalej?	641
Kluczowe zagadnienia	641
Dodatkowe materiały	643
Ćwiczenia internetowe	644
Pytania przeglądowe	644
Zagadnienia do dyskusji	645
Przypisy	645
<b>CZĘŚĆ V SZEŚĆ STUDIÓW PRZYPADKU</b>	<b>647</b>
<b>ROZDZIAŁ 22. Koszty jakości oprogramowania (CoSQ) w Raytheon's Electronic Systems (RES) Group</b>	<b>653</b>
Wprowadzenie	654
Program usprawnień w RES	654
Koszty jakości oprogramowania	655
Model CoSQ w RES	655
Zbieranie danych CoSQ	656
Zdobyte doświadczenia i wiedza	656
Wiedza zdobyta w czasie korzystania z modelu CoSQ	656
Używanie danych CoSQ do zrozumienia wpływu usprawnień	657
Koszty i zyski z programu CoSQ	660
Instytucjonalizacja kontroli kosztów CoSQ	660
Wnioski ze studium przypadku	660
Przypisy	661
<b>ROZDZIAŁ 23. Zarządzanie portfelem technologii informatycznych</b>	<b>663</b>
Część pierwsza. Wyzwanie	665
Pięć etapów iteracyjnego procesu	665
Obiektywność, subiektywność i jakość	668
Część druga. Nowe, racjonalne podejście	669
Etap 1. Projekt	669
Etap 2. Strukturyzacja złożoności — koncentracja na celach	670
Etap 3. Pomiar	670
Etap 4. Synteza	674
Etap 5. Optymalizacja	676
Ryzyko	679



Rozszerzenia	681
Podsumowanie	682
Przypisy	683
<b>ROZDZIAŁ 24. Definiowanie potrzeb klienta przy rozwoju zupełnie nowego produktu — QFD dla nowatorskiego oprogramowania</b>	<b>685</b>
Wprowadzenie	687
Definicja wartości	687
Dlaczego nie zapytać?	688
Nowatorskie produkty	689
Definiowanie zupełnie nowych potrzeb	689
Metody określania potrzeb klientów	689
Narzędzia	695
Siedem narzędzi do zarządzania i planowania (7 ZP) w QFD	695
Ramka 24.1. Czym jest teoria ograniczeń?	696
Procesy wnioskowania w TOC	697
Ostatnie kroki	699
Wprowadzanie nowatorskich produktów na rynek	699
Warstwy oporu	700
Wnioski	700
Podziękowania	700
Literatura cytowana	702
O autorze	704
<b>ROZDZIAŁ 25. Jurajskie QFD — integrowanie QFD dla usług i produktów</b>	<b>705</b>
Profil firmy MD Robotics	707
Dlaczego QFD?	707
Historia QFD	708
Wymagania Kany	709
Spotkanie z triceratopsem na wyspie przygód Universal Studio na Florydzie	711
Schemat QFD	711
Analizy głosu klienta	712
Rozwinięcie emocji	715
Rozwinięcie ciała	718
Rozwinięcie wymagań inżynierskich	719
Podsumowanie	720
O autorach	723
Przypisy	723

<b>ROZDZIAŁ 26. QFD dla projektów. Lepsze zarządzanie projektami rozwoju oprogramowania dzięki błyskawicznemu QFD</b>	<b>727</b>
Wprowadzenie	729
Niepowodzenia	729
Częściowy sukces	730
Zdefiniowane QFD	730
Dobry początek	730
Problemy w trakcie rozwoju nowych produktów	730
Niespójny rozwój jest niewydajny	731
Spójny rozwój jest wydajny	733
Koncentracja na wartości w QFD dla projektu	735
Siedem kroków do lepszych projektów	735
Podsumowanie	746
Podziękowania	746
Literatura cytowana	747
O autorze	749
<b>ROZDZIAŁ 27. QFD 2000. Integrowanie QFD i innych metod zarządzania jakością w celu usprawnienia procesu rozwoju nowych produktów</b>	<b>751</b>
Popyt na nowe produkty	753
Jakość i rozwój nowych produktów	753
Współczesne narzędzia do zarządzania jakością	754
Proces rozwoju nowych produktów	757
Materiały dotyczące QFD i innych metod zarządzania jakością	760
Analityczny proces hierarchiczny (AHP) i analityczny proces sieciowy (ANP)	760
Strategiczne karty wyników	761
Błyskawiczna QFD	761
Analizy łączne (conjoint)	761
Spotkania z klientami	761
Podejmowanie decyzji z udziałem klientów (CIDM)	761
de Bono	761
Deming	761
Wizyty w gemba i analizy głosu klienta	762
Planowanie hoshin	762
Model Kano	762
Inżynieria kansei	762
Badania głównych użytkowników	763
Szczupła produkcja	763

Nowa strategia Lanchestera	763
Programowanie neurolingwistyczne (NLP)	763
Zarządzanie projektem	763
Wybór koncepcji metodą Pugh'a	763
QFD (wersja kompleksowa)	764
Niezawodność	764
QFD „źródła do potrzeb”	764
Siedem narzędzi do zarządzania i planowania (7ZP)	764
Siedem narzędzi do planowania produktu (7PP)	764
Siedem narzędzi do sterowania jakością (7SJ)	764
Six Sigma, SPC	765
Inżynieria oprogramowania	765
Bramki etapowe	765
Strategiczne systemy informacyjne (SIS)	765
Zarządzanie łańcuchem dostaw	765
Metody Taguchiego	765
Teoria ograniczeń (TOC)	765
Zarządzanie przez jakość (TQM)	766
TRIZ	766
Inżynieria wartości	766
O autorze	766
Literatura cytowana	767
<b>Słowniczek pojęć technicznych</b>	<b>769</b>
<b>Skorowidz nazwisk</b>	<b>779</b>
<b>Skorowidz</b>	<b>781</b>

## ROZDZIAŁ 2

# Wyzwania na drodze do oprogramowania godnego zaufania — solidny projekt w kontekście oprogramowania

*Projektuj produkty tak, aby nie zawodziły w praktyce.  
Tym samym zmniejszysz liczbę defektów w fabryce.*

*Genichi Taguchi*

*Poprawa wymaga zmian. Doskonałość wynika z częstego ich wprowadzania.*

*Winston Churchill*

---

### Omówienie

Wieloaspektowe spojrzenie na jakość jest kluczowe w identyfikowaniu licznych wymagań klientów i innych partnerów. Występują niezwykle podobieństwa między zagadnieniami związanymi z jakością oprogramowania i wyrobów produkowanych, jednak należy uwzględnić także istotne różnice. Koszty powodowane przez oprogramowanie niskiej jakości są coraz bardziej kluczowe, ponieważ koszt cyklu życia typowego systemu przekracza cenę sprzętu. Oprogramowanie wyższej jakości pozwala istotnie zredukować te koszty, ponieważ 80 – 90% ich sumy pochłania konserwacja związana z poprawianiem, adaptowaniem i rozwijaniem udostępnionego oprogramowania. Obecnie około 40% wydatków na rozwój oprogramowania pochłaniają testy potrzebne w celu usunięcia błędów. Kluczowa jest także niezawodność oprogramowania, ponieważ stosunek błędów występujących w programach do usterek sprzętowych może wynosić 100:1, a nawet jeszcze więcej. W tym rozdziale opisujemy niepowodzenia tradycyjnych systemów zarządzania jakością w kontekście udostępniania oprogramowania godnego zaufania. Proponujemy zintegrowaną technologię rozwoju oprogramowania — projektowanie oprogramowania godnego zaufania (ang. *Design for Trustworthy Software* — DFTS) — bazującą na trzech kluczowych elementach: iteracyjnym modelu rozwoju solidnego oprogramowania, inżynierii optymalizacji projektu oprogramowania i technologii projektowania obiektowego. W DFTS wysiłki nad zapewnieniem jakości koncentrują się na wczesnych etapach procesu rozwoju. Technologia ta

pozwała na ciągłą interakcję z użytkownikami i między osobami pracującymi nad produktem na różnych etapach, pomaga uwzględnić opinie klientów oraz umożliwia wczesną i ciągłą analizę ryzyka, optymalizację projektu i zastosowanie odpowiedniej technologii rozwoju oprogramowania. W tym rozdziale podkreślamy kluczową rolę prawdziwego zaangażowania ze strony menedżerów na drodze do tworzenia oprogramowania godnego zaufania.

---

## Struktura rozdziału

- Niezawodność oprogramowania — fakty i mity
  - Ograniczenia tradycyjnych systemów kontroli jakości
  - Japońskie systemy zarządzania jakością i podejście Taguchiego
  - Istota metod Taguchiego do tworzenia solidnych projektów
  - Wyzwania na drodze do niezawodności oprogramowania — projektowanie oprogramowania godnego zaufania
  - Model rozwoju solidnego oprogramowania — proces DFTS w praktyce
  - Kluczowe zagadnienia
  - Dodatkowe materiały
  - Ćwiczenia internetowe
  - Pytania przeglądowe
  - Zagadnienia do dyskusji i projekty
  - Przypisy
-

## Niezwodność oprogramowania — fakty i mity

Jakość oprogramowania, podobnie jak jakość sprzętu, to wieloaspektowe zagadnienie. W rzeczywistości spojrzenie na jakość z kilku perspektyw jest kluczowe do zrozumienia i utworzenia wartościowego produktu oraz zaspokojenia zestawu jawnych i ukrytych potrzeb klienta. Producent musi także spełnić wymagania wielu innych partnerów, takich jak audytorzy, dostawcy, związki branżowe, media i inne zainteresowane grupy. W końcu, co nie najmniej istotne, każdy wytwórca musi się upewnić, że jego produkty są opłacalne i konkurencyjne, aby mogły spełniać potrzeby właścicieli przedsiębiorstw. Jakość obejmuje wszystkie takie potrzeby i wymagania.

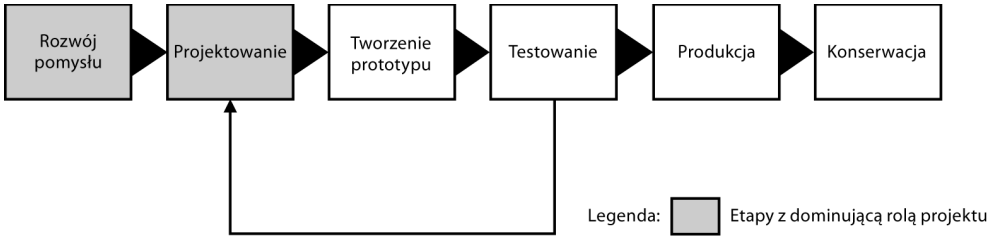
Często można usłyszeć, że zagadnienia związane z jakością w świecie oprogramowania są inne niż w przypadku innych produktów, jednak nie do końca jest to prawdą. Ogólnie mówiąc, zasady, systemy i metodologie jakościowe stosowane do produkcji wyrobów są równie prawidłowe w przypadku oprogramowania, sprzętu i innych dóbr czy usług. Jednak oprogramowanie ma specyficzne środowisko projektowania i rozwoju, które trzeba zrozumieć. Ponadto należy poznać specyficzne wyzwania wynikające z abstrakcyjnej natury systemów cyfrowych oraz poziomu złożoności wielu aplikacji, a także wziąć pod uwagę innowacyjność i trudność zadań, do których rozwiązywania zostały zaprojektowane.

Wierzmy, że w organizacjach zajmujących się rozwojem oprogramowania oraz takich, dla których tworzenie aplikacji jest istotną działalnością, zagadnienia związane z architekturą i projektowaniem są kluczowe dla długoterminowej opłacalności i powodzenia firmy. We wszystkich takich organizacjach te zadania są zbyt ważne, aby pozostawić je wyłącznie inżynierom oprogramowania. Problem produkcji oprogramowania godnego zaufania jest prawdziwym wyzwaniem i wymaga całkowitego zaangażowania kadry zarządzającej. W tej książce przedstawiamy podstawy filozoficzne, system zarządzania oraz technologię do zarządzania jakością oprogramowania zarówno w dużych, jak i małych firmach, ze szczególnym uwzględnieniem oprogramowania dla przedsiębiorstw.

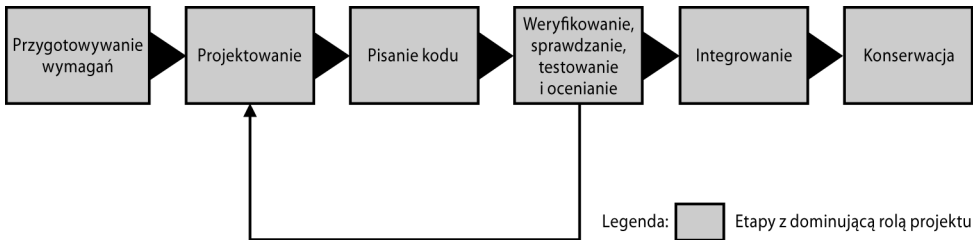
## Podobieństwa i różnice między oprogramowaniem i wyrobami produkowanymi

Zrozumienie różnic między oprogramowaniem i produkowanymi wyrobami jest niezbędne do zaprojektowania solidnego systemu zarządzania jakością oprogramowania. Jedynie wtedy można zaadaptować systemy i metodologie, które przez ostatnie 50 lat miały tak znaczący wpływ na poprawę jakości wszelkich dóbr produkowanych, a także innych wyrobów i usług. Trzeba jednak uwzględnić także ważne różnice, aby prawidłowo rozwinąć system zarządzania jakością oprogramowania. Poniżej opisane są pewne związane z tym tematem zagadnienia:

- Oprogramowanie i wyroby produkowane różnią się w zakresie znaczenia różnych etapów w procesie ich tworzenia (zobacz rysunki 2.1 i 2.2). Rozwój oprogramowania charakteryzuje się centralizacją projektu. Oprogramowanie to przykład czystego



RYSUNEK 2.1.  
Podstawowe etapy rozwoju wyrobów produkowanych



RYSUNEK 2.2.  
Podstawowe etapy rozwoju oprogramowania

projektu, w którym wszystkie operacje są powiązane właśnie z projektem. Dlatego problemy z jakością i niezawodnością są zawsze wynikiem błędów projektowych, które są z kolei wynikają z pewnych braków poznawczych.

- W oprogramowaniu nie ma niczego, co można porównać do produkcji czy montażu, kiedy to można zrekompensować, a nawet naprawić błędy popełnione na etapie projektowania. W przypadku oprogramowania produkcja w zasadzie nie ma miejsca. Sam kod programu jest po prostu dalszym etapem projektu. Ponadto nie można tu powiedzieć, że produkt jest „wykonany i dostarczony”. Zawsze można zaprojektować aplikację od nowa, zmodyfikować ją lub zaktualizować, a przez to zmienić. Ta charakterystyczna dla oprogramowania elastyczność często prowadzi do podejścia „dostarczymy to teraz — błędy zawsze będziemy mogli poprawić później”.
- W odróżnieniu od wyrobów produkowanych, w przypadku oprogramowania nie ma odpowiednika etapu analizy projektu. Większość analiz (testów) trzeba przeprowadzać na kodzie programu. Dlatego problemy lub pomyłki projektowe mogą pozostać ukryte aż do późnych etapów procesu rozwoju lub nawet do czasu rozpoczęcia korzystania z aplikacji.

Można także zauważyć, że obecnie działalność wielu producentów sprzętu w coraz większym stopniu zależy od oprogramowania. Takie złożone systemy windują na następny poziom wyzwania w zakresie projektowania programów.

## Porównywanie niezawodności oprogramowania i sprzętu

Zawodność sprzętu wynika głównie z fizycznych błędów pojedynczych komponentów, co jest często konsekwencją przewrotności natury. Z kolei w oprogramowaniu usterki charakteryzują się nieciągłym działaniem systemów cyfrowych. Wiedza o projektowaniu i inżynierii urządzeń jest łatwiejsza do udokumentowania w celu zapobieżenia błędom niż wiedza o oprogramowaniu. Ponadto teorie awarii sprzętu są rozwijane od lat i umożliwiają zapewnienie wysokiej niezawodności w wyrobach produkowanych<sup>1</sup>. Dla porównania, baza wiedzy o niezawodności oprogramowania jest bardzo mała — stąd nieodłączne problemy w zapewnianiu stabilności działania aplikacji.

Oprogramowaniu zawsze towarzyszą urządzenia. Jeśli jednak znana jest niezawodność komponentu sprzętowego, zawsze można zoptymalizować pewność działania systemu, dołączając jedynie komponenty programowe<sup>2</sup>. Każdy system składający się z oprogramowania i sprzętu może zawieść z powodu usterek aplikacji wywołanej za pomocą zewnętrznych poleceń. Awaria oprogramowania jest definiowana jako odchylenie od oczekiwanych wyników zewnętrznych lub niezgodność danych wyjściowych programu z określonymi wymaganiami. Oprogramowanie może zawieść, kiedy jest używane w nieoczekiwanej sytuacji. Zwykle awaria może wystąpić z winy oprogramowania lub nieprzewidywanych warunków jego wykorzystania. Inaczej mówiąc, aby wystąpił błąd, program trzeba uruchomić.

Bieżący trend kosztów systemów sprzętowo-programowych zmierza w kierunku nieproporcjonalnej dominacji oprogramowania. Koszt cyklu życia (LCC) typowego oprogramowania przekracza cenę sprzętu, a 80 – 90% tych wydatków wiąże się z konserwacją aplikacji w zakresie naprawiania, adaptowania i rozwijania udostępnionego programu w celu zaspokojenia zmieniających się i rosnących potrzeb użytkowników. Około 40% ceny rozwoju oprogramowania pochłaniają testy mające na celu usunięcie błędów i zapewnienie wysokiej jakości programu<sup>3</sup>.

Stosunek zawodności oprogramowania do sprzętu może wynosić aż 100:1 w typowych komputerach bazujących na obwodach scalonych<sup>4</sup>. Dla bardziej skomplikowanych chipów ten stosunek może być jeszcze wyższy, co daje bardzo wyraźne wskazówki dotyczące kosztów i jakości. W tabeli 2.1 zamieszczono przegląd podstawowych różnic między niezawodnością sprzętu i oprogramowania.

## Przyczyny zawodności oprogramowania

Zawodność oprogramowania to istotny problem społeczny. W rzeczywistości ma on globalne znaczenie i na jego rozwiązanie poświęca się znaczne zasoby. W poniższych punktach opisujemy podstawowe przyczyny zawodności oprogramowania.

- **Brak zaangażowania kadry zarządzającej.** Najczęstszą przyczyną problemów z jakością jest brak zaangażowania, poświęcenia i wsparcia kadry zarządzającej. Deming<sup>5</sup> oszacował kiedyś, że powody związane z zarządzaniem mogą odpowiadać



TABELA 2.1.

Różnice i podobieństwa w niezawodności sprzętu i oprogramowania<sup>6</sup>

Kategoria	Niezawodność sprzętu	Niezawodność oprogramowania
<b>Podstawowa przyczyna</b>	Z powodu efektów fizycznych	Z powodu błędów programisty (lub defektów albo awarii programu)
<b>Przyczyny w cyklu życia</b>		
Analizy	Nieprawidłowe zrozumienie klienta	Nieprawidłowe zrozumienie klienta
Wykonalność	Błędne wymagania użytkownika	Błędne wymagania użytkownika
Projekt	Błędy w fizycznym projekcie	Błędy w projekcie programu
Rozwój	Problemy z kontrolą jakości	Błędy w kodzie programu
Działanie	Usterka i awaria	Błędy programu (lub inne defekty albo awarie)
<b>Efekty stosowania</b>		
Funkcja projektu		
Dziedziny	Sprzęt zużywa się i zaczyna zawodzić	Oprogramowanie nie zużywa się, ale zawodzi w wyniku nieznanych defektów lub błędów
Relacje czasowe		
Modele matematyczne	Fizyka błędu	Umiejętności programisty
Obszar czasu	Czas (t) „Krzywa wannowa”	Czas i dane
	Dobrze rozwinięta teoretycznie i akceptowana	Funkcja malejąca
Funkcje	$R = f(\lambda, t)$ , $\lambda =$ intensywność błędów Wykładnicza (stała $\lambda$ ) Weibulla (rosnąca $\lambda$ )	Dobrze rozwinięta teoretycznie, ale o niskiej akceptacji $R = f(\text{błędy [lub defekty albo awarie]}, t)$
Obszar danych	Bez znaczenia	Brak zgodności między różnymi proponowanymi modelami funkcji czasu Błędy = $f(\text{testy na danych})$
Modele wzrostu	Istnieje kilka modeli	Istnieje kilka modeli
Miary	$\lambda$ , MTBF (ang. <i>mean time between failures</i> , czyli średni czas pomiędzy awariami) MTTF (ang. <i>mean time to failure</i> , czyli średni czas do wystąpienia awarii)	Intensywność błędów, liczba wykrytych lub pozostałych defektów (lub awarii)

<sup>6</sup> Przedruk za pozwoleniem z W. Kuo, V. Rajendra Prasad, F. A. Tillman i Ching-Lai Wang. *Optimal Reliability Design*. Cambridge University Press, Cambridge, 2001, punkt 13.5.1, s. 4.

TABELA 2.1.

Różnice i podobieństwa w niezawodności sprzętu i oprogramowania — *ciąg dalszy*

Kategoria	Niezawodność sprzętu	Niezawodność oprogramowania
Techniki wzrostu Techniki przewidywania	Projektowanie, przewidywanie Diagramy blokowe, drzewa błędów	Przewidywanie Analiza ścieżek (analiza wszystkich ścieżek to nierozwiązywalny problem, ponieważ liczba możliwości w nawet prostych programach może zmierzać do nieskończoności), złożoność, symulacje
Testy i ewaluacja Projekt Operacje	Akceptacja projektu i produkcji MIL-STD-781C (wykładnicze) Inne metody (niewykładnicze) MIL-STD-781C	Akceptacja projektu Testowanie ścieżek, symulacje, błędy, posiew Bayesa Brak
Zastosowanie nadmiaru Równoległość Rezerwa Logika większościowa	Może poprawiać niezawodność  Automatyczne wykrywanie i poprawianie błędów, automatyczne wykrywanie usterek i przełączanie  m elementów z n	Trzeba rozważyć najczęstsze przyczyny  Automatyczne wykrywanie i poprawianie błędów, automatyczne kontrolowanie i ponowne inicjowanie oprogramowania  Niepraktyczna

za około 85% ogólnych problemów z jakością w organizacji. Później Deming zrewidował te szacunki i podniósł je do 94%. Dotyczy to zarówno oprogramowania, jak i wyrobów produkowanych.

- **Niewystarczająca interakcja z użytkownikami.** Środowisko i wymagania użytkowników nie zostały prawidłowo zrozumiane. Powszechnie uważa się, że należy dążyć do poznania opinii klientów i dobrze zrozumieć oraz zinterpretować ich jawne i niejawne wymagania. Niestety, udział użytkowników w rozwoju oprogramowania po napisaniu i uzgodnieniu specyfikacji jest często znikomy. Ten brak ciągłej interakcji z użytkownikami oraz ich zmieniającymi się i ewoluującymi wymaganiami nie zawsze jest dostrzegany w procesie rozwoju oprogramowania. Jest to istotna przyczyna problemów z jakością oprogramowania i trzeba temu poświęcić należyłą uwagę.
- **Rosnąca złożoność.** Systemy oprogramowania są tworzone do obsługi problemów o rosnącej złożoności. Często nie ma ręcznych rozwiązań, które mogłyby pomóc w zrozumieniu natury istniejących trudności. Oprogramowanie umożliwia

projektantowi zmierzenie się z ogromnymi trudnościami i udostępnienie dodatkowych funkcji oraz udogodnień, które nie zawsze zwiększają prawdziwą wartość programu. Złożone systemy oprogramowania używane do automatycznej kontroli lotu, w silnikach do masowego wyszukiwania, w handlu elektronicznym czy do zarządzania globalnymi przelewami gotówki w różnych walutach nie mają ręcznych odpowiedników, z którymi można je porównać. Trudność i innowacyjność prowadzą do złożoności oraz związanych z nią komplikacji projektowych i poznawczych, z czego wynikają wyzwania w rozwoju oprogramowania w obszarze niezawodności, bezpieczeństwa i zabezpieczeń.

- **Brak uzgodnionych kryteriów.** W nowych i złożonych systemach programista często tworzy kryteria niezawodności, które nie zawsze spełniają wymagania użytkowników.
- **Presja czasu związana z konkurencyjnością.** Konkurencyjna potrzeba skracania czasu cyklu rozwoju („możemy to później naprawić, ale dostarczyć musimy na czas”) w niemal nieunikniony sposób prowadzi do błędów w projekcie i na innych etapach. Bardzo często po prostu brakuje czasu na wyczerpujące testy i usuwanie błędów.
- **Ograniczony zakres automatyzacji.** Rozwój i stosowanie oprogramowania to operacje w dużym stopniu bazujące na czynniku ludzkim. Narzędzia do automatyzacji, takie jak CASE i projektowanie obiektowe, są na pewno pomocne, ale zakres automatyzacji w oprogramowaniu jest ograniczony w porównaniu do wyrobów produkowanych.
- **Powiązanie z Internetem.** Coraz szersze zastosowania i integracja systemów oprogramowania z Internetem naraża je na zagrożenia wynikające z przypadku lub celowo szkodliwej działalności. Niebezpieczeństwo może być bardzo poważne: od kradzieży tożsamości, przez masowe oszustwa finansowe, po zagrożenie narodowego systemu bezpieczeństwa.
- **Abstrakcyjne działanie systemów cyfrowych.** Naturalnie abstrakcyjne działanie systemów cyfrowych sprawia, że trudno zapewnić jakość oprogramowania.
- **Brak odpowiednich zachęt.** Często bodźce rynkowe i regulacyjne w zakresie niezawodności oprogramowania są niewystarczające, podczas gdy istnieje wiele czynników promujących innowacyjne funkcje, wygodę stosowania i błyskawiczny cykl rozwoju.

## Ograniczenia tradycyjnych systemów kontroli jakości

Praktyki zapewniania jakości zwykle koncentrują się na późnych operacjach, takich jak produkcja lub testy (zobacz rysunki 2.1 i 2.2). Takie podejście nie zawsze prowadzi do optymalnego projektu nawet w przypadku dużej liczby powtarzanych cykli projekt-prototyp-testy, które zasadniczo przebiegają przy użyciu metody prób i błędów. Ma to wpływ

na koszty, czas trwania cyklu i jakość produktu dostarczanego klientowi, jeśli udostępniane oprogramowanie nie ma odpowiednich właściwości w zakresie wydajności. Bardzo często dzieje się tak, ponieważ menedżer produktu nie ma czasu i środków, a musi udostępnić projekt w fazie produkcyjnej. Na dalszych etapach produkty są sprawdzane i przesiewane w celu wykrycia jednostek, które są niezgodne ze specyfikacją. Te jednostki są naprawiane, przetwarzane lub odrzucane. Takie systemy kontroli jakości bazują na dwóch podstawowych założeniach:

- Wymagania klientów są spełnione, jeśli produkt znajduje się w ramach uzgodnionych ograniczeń wyznaczanych przez specyfikację.
- Biznesowe skutki wydajności lub jakości produktów „ledwo spełniających wymagania specyfikacji” i „na poziomie docelowym” są takie same.

Jak się wkrótce okaże, żadne z tych założeń nie jest uzasadnione. W. Edwards Deming<sup>7</sup> był jednym z pierwszych analityków zarządzania, którzy zdali sobie sprawę z braków systemów jakości zależnych od kontroli. Jednak to japoński inżynier przemysłowy Genichi Taguchi jako pierwszy zaproponował alternatywny system zarządzania jakością, nazywany metodami Taguchiego. To podejście zwraca uwagę na wartość „poziomu docelowego” i potrzebę zarządzania jakością już na początku procesu — w dziale badań i rozwoju, na etapach projektu i inżynierii cyklu rozwoju oprogramowania — a nie polegania na kontroli mającej na celu wykrywanie i naprawianie błędów.

## Japońskie systemy zarządzania jakością i podejście Taguchiego

Metody Taguchiego to zestaw zasad i metodologii projektowych mających na celu usprawnienie produktów i procesów. Te techniki składają się na dziedzinę wiedzy nazywaną inżynierią jakości, solidną inżynierią czy, zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych, metodami Taguchiego od nazwiska autora tego podejścia, dr. Genichiego Taguchiego (zobacz ramki 2.1, 2.2 i 2.3).

---

### Ramka 2.1. Życie i czasy doktora Genichiego Taguchiego<sup>8, 9</sup>

Doktor Genichi Taguchi miał znaczący wpływ na powstanie metodologii zarządzania jakością skoncentrowanej na projekcie. Taguchi urodził się w 1924 roku w Japonii. Po służbie w Wydziale Astronomicznym Instytutu Nawigacji Japońskiej Marynarki Wojennej w latach 1942 – 1945 pracował w Ministerstwie Zdrowia i Opieki oraz Instytucie Statystycznym Ministerstwa Edukacji. Zyskał bogatą wiedzę na temat technik projektowania eksperymentalnego i stosowania tablic ortogonalnych, ucząc się od nagradzanego japońskiego statystyka Matosaburo Masuyamy, z którym zetknął się w czasie pracy w Ministerstwie Zdrowia i Opieki. Doprowadziło to do jego zaangażowania jako konsultanta w firmie Morinaga Pharmaceuticals i jej organizacji nadrzędnej, Morinaga Seika.

W 1950 roku Taguchi dołączył do nowo powstałego Laboratorium Komunikacji Elektrycznej w Nippon Telephone and Telegraph Company z zadaniem zwiększenia wydajności działu badań i rozwoju poprzez szkolenie inżynierów w wydajnych technikach. Taguchi pracował tam przez ponad 12 lat i w tym czasie rozpoczął tworzenie swojej metodologii, którą dziś nazywa się metodami Taguchiego lub solidną inżynierią (zobacz ramka 2.2). Wtedy był także konsultantem japońskiego przemysłu. W wyniku tego japońskie firmy, między innymi Toyota i jej dostawcy, zaczęły, począwszy od wczesnych lat 50., szeroko stosować metody Taguchiego. Pierwsza książka Taguchiego, która przedstawiała tablice ortogonalne, została opublikowana w 1951 roku.

W latach 1954 – 55 Taguchi pracował jako profesor zaproszony w Indyjskim Instytucie Statystycznym w Kalkucie w Indiach. W czasie tej wizyty zetknął się ze sławnymi statystykami: Ronaldem A. Fisherem i Walterem A. Shewhartem. W latach 1957 – 58 Taguchi opublikował pierwszą wersję swej dwutomowej pracy *Design of Experiments*. Do Stanów Zjednoczonych przybył po raz pierwszy w 1962 roku jako zaproszony członek grupy badawczej na Uniwersytecie Princeton. W tym czasie odwiedził AT&T Bell Laboratories. W Princeton Taguchi był gościem poważanego statystyka Johna Tukeya, który ułatwił mu współpracę ze statystykami przemysłowymi z Bell Laboratories. W 1962 roku Taguchi otrzymał stopień doktora Uniwersytetu Kyushu.

W 1964 roku Taguchi został profesorem na tokijskim Uniwersytecie Aoyama Gakuin, którą to funkcję piastował do roku 1982. W 1966 Taguchi wraz z kilkoma innymi autorami napisał książkę *Management by Total Results*, która została przetłumaczona na język chiński przez Yuin Wu, współpracownika Taguchiego przy wielu późniejszych pracach. Na tym etapie metody Taguchiego były praktycznie nieznanne na Zachodzie, choć stosowano je w Tajwanie i Indiach. W tym czasie i w latach 70. większość zastosowań metod Taguchiego dotyczyła procesów produkcji. Przejsie do projektowania produktów miało miejsce później. We wczesnych latach 70. Taguchi rozwinął zagadnienie funkcji utraty jakości. Wtedy też opublikował dwie dalsze książki oraz trzecie wydanie pracy *Design for Experiments*. Taguchi został laureatem nagrody Deming Application Prize w 1960 roku oraz nagród Deminga za pozycje książkowe w latach 1951, 1953 i 1984, a do późnych lat 70. zyskał szerokie uznanie w Japonii.

W 1980 roku został zaproszony do Stanów Zjednoczonych, gdzie ponownie odwiedził AT&T Bell Laboratories. Udało mu się, mimo problemów z komunikacją, przeprowadzić udane eksperymenty, które pozwoliły zastosować metody Taguchiego w korporacji Bell Laboratories. Po wizycie Taguchiego w Stanach Zjednoczonych w 1980 roku coraz więcej amerykańskich fabryk zaczęło stosować jego metodologię. Mimo niechętnego przyjęcia tych metod przez grono amerykańskich statystyków, co prawdopodobnie wynikało ze sposobu ich rozpowszechniania, największe korporacje Stanów Zjednoczonych zaczęły stosować metodologię Taguchiego.

W 1982 roku Taguchi został doradcą japońskiej Organizacji do spraw Standardów. Za wkład w rozwój przemysłu na całym świecie Taguchi otrzymał wiele wyróżnień:

- trzykrotnie nagrodę Deming Prize za wkład w dziedzinę inżynierii jakości;
- medal Willarda F. Rockwella za połączenie inżynierii i metod statystycznych do osiągnięcia błyskawicznych korzyści w zakresie kosztów i jakości poprzez optymalizację procesu projektowania i produkcji wyrobów;

- medal imienia Shewharta Amerykańskiego Stowarzyszenia na rzecz Kontroli Jakości;
- Niebieską Wstęgę cesarza Japonii, przyznaną w 1990 roku za wkład w rozwój przemysłu;
- honorowe członkostwo w Amerykańskim Stowarzyszeniu na rzecz Kontroli Jakości.

Znalazł się też w motoryzacyjnej galerii sław oraz na światowym poziomie galerii sław z dziedziny inżynierii, nauki i technologii.

---

### Ramka 2.2. Metodologia inżynierii jakości w zarysie<sup>8,9</sup>

Metodologia Taguchiego dotyczy optymalizacji produktu i procesu na etapach projektowania oraz prac działu badań i rozwoju przed rozpoczęciem produkcji. Jest to metodologia zarządzania jakością stosowana we wczesnych fazach rozwoju produktu lub procesu, która w mniejszym stopniu koncentruje się na osiąganiu jakości poprzez kontrolę. Jest to wydajna technika, obejmująca testy projektu przed rozpoczęciem etapu produkcji, fabrykacji lub składania. Dzięki temu jakość staje się funkcją prawidłowego projektu, a nie nawet ścisłych testów i kontroli. Podejścia Taguchiego można używać także jako metodologii rozwiązywania problemów związanych z produkcją i procesami w obszarze fabrykowania. Jest też coraz częściej stosowane w innych dziedzinach przemysłu, na przykład przy rozwoju oprogramowania.

W odróżnieniu od zachodniego podejścia do jakości, w metodologii Taguchiego jakość jest postrzegana raczej w kategoriach **utruty jakości** niż samej jakości. **Utrata jakości** jest definiowana jako „straty powodowane przez produkt w społeczności od momentu jego udostępnienia”. Ta utrata obejmuje straty ponoszone przez firmę w postaci kosztów przetwarzania i utylizacji, wydatki na konserwację oraz przestoje wynikające z awarii sprzętu i napraw gwarancyjnych. Należy uwzględnić także koszty klientów powodowane przez zawodność oraz niską wydajność produktu, prowadzące do dalszych strat po stronie producenta włącznie ze spadkiem jego udziałów w rynku. Określając docelowy poziom jakości jako najwyższy możliwy, Taguchi wiąże prostą kwadratową funkcję straty z odchyleniem od poziomu docelowego. Funkcja utraty jakości pokazuje, że zmniejszanie zmienności w zakresie jakości prowadzi do zmniejszania strat i związanej z tym poprawy jakości.

Gdy uwzględnimy takie podejście do utraty jakości, to strata wystąpi nawet w przypadku, kiedy produkt spełnia wymagania stawiane przez specyfikację, a jest minimalna, jeśli producent dąży do poziomu docelowego. W praktyce dla użytkowników nie jest ważna specyfikacja, prawda? Klienci chcą, aby produkt działał nawet wtedy, kiedy napięcie prądu jest niskie, droga wyboista, a operator terminala nieprzeszkolony. Produkt musi działać na docelowym poziomie w różnych warunkach. Mówiąc inaczej, należy **projektować z uwzględnieniem różnych warunków stosowania produktu przez użytkowników**. To w interesie producenta leży utrzymywanie wydajności produktu lub procesu tak blisko poziomowi docelowemu, jak to ekonomicznie możliwe. Funkcja straty może posłużyć do podjęcia decyzji projektowych w kategoriach finansowych. Pomaga zdecydować, czy dodatkowe koszty zwiększenia odporności i usprawnienia produkcji są usprawiedliwione oraz czy okażą się zasadne w warunkach rynkowych.

Metod Taguchiego można używać w trybie „offline” w czasie projektowania lub na bieżąco w produkcji.

Taguchi dzieli kontrolę jakości w trybie „offline” na trzy etapy.

1. **Projektowanie systemu** obejmuje tworzenie pomysłu na projekt przy użyciu burzy mózgów, badań lub innych technik. Projektowanie systemu jako całości obejmuje także inne narzędzia, techniki i metodologie, zwłaszcza AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*), QFD (ang. *Quality Function Deployment*), TRIZ (ang. *Theory of Inventive Problem Solving*) i FMEA (ang. *Failure Modes and Effects Analysis*), opisane odpowiednio w rozdziałach 8., 11., 12. i 13.
2. **Projektowanie parametrów** to istota metod Taguchiego. To pod tym względem Japończycy tradycyjnie się wyróżniali i osiągnęli wysokie poziomy jakości bez wzrostu kosztów, co jest główną przyczyną ich przewagi konkurencyjnej. Testowane są nominalne właściwości projektu lub wybrane poziomy czynników procesu. Ustalane są kombinacje poziomów parametrów produktu lub poziomów operacji wchodzących w skład procesu, które okazały się najmniej wrażliwe na zmiany w czynnikach środowiskowych i inne niekontrolowalne elementy (szum). To zagadnienie opisujemy w rozdziałach 16. i 17.
3. **Projektowanie odporności** należy zastosować do projektu produktu lub procesu, jeśli zmniejszenie wariacji uzyskane na etapie projektowania parametrów jest niewystarczające. Ta faza dodatkowo zwiększa odporność na czynniki mające duży wpływ na wariację. Należy zastosować funkcję straty i poświęcić więcej środków tylko wtedy, **jeśli jest to konieczne**. Można zwiększyć odporność albo kupić lepsze materiały lub wyposażenie, jeśli jest to niezbędne, co podkreśla japońską filozofię inwestycji na końcu, a nie na początku, jak jest to praktykowane w firmach zachodnich.

---

---

### Ramka 2.3. Taguchi o metodach Taguchiego<sup>10</sup>

- Utrata jakości wynika głównie z awarii produktu po jego sprzedaży. „Solidność” wyrobu jest bardziej funkcją jego projektu niż bieżącej kontroli, choćby najściślejszej, procesu produkcji.
- Projektuj produkty tak, aby nie zawodziły w praktyce. Tym samym zmniejszysz liczbę defektów w fabryce.
- Udostępniając produkt, który ledwie spełnia standardy korporacji, producent nie zyskuje prawie nic w porównaniu z rozpowszechnianiem wadliwego wyrobu. Należy dążyć do poziomu docelowego, a nie jedynie mieścić się w ramach specyfikacji.
- Inżynieria jakości (metody Taguchiego) to technologia przewidywania błędów jakościowych i zapobiegania im na wczesnych etapach rozwoju i projektowania produktu, włącznie z problemami związanymi z funkcjami produktu, zanieczyszczeniem środowiska i innymi kosztami, które pojawiają się w późnych fazach produkcji oraz po wypuszczeniu wyrobu na rynek.
- Nie używaj miar jakości związanych z klientem (takich jak procent defektów czy niezawodność) jako wczesnych miar jakości w dziale badań i rozwoju. W zamian

używaj dynamicznego stosunku SN jako wskaźnika wydajności do oceny solidności funkcji produktu.

- Solidne produkty zapewniają silny „sygnał” niezależnie od zewnętrznego „szumu” i z minimalną ilością „szumów” wewnętrznych. Usprawnienie projektu, czyli znaczący wzrost w stosunku sygnału do szumu komponentu, zwiększy solidność produktu jako całości.
  - Należy wytrwale pracować w celu uzyskania projektów, które można produkować na nieustannie wysokim poziomie. Należy stale stawiać wysokie wymagania fabryce.
  - Jest większe prawdopodobieństwo problemów z powodu dużej zmienności w obrębie specyfikacji niż stałego odchylenia poza nią. Jeśli odstępstwo od poziomu docelowego jest stałe, możliwe jest dostosowanie procesu do tego poziomu.
  - Warunki panujące w fabryce rzadko są tak szkodliwe, jak zmienność w użytkowaniu produktów przez użytkowników.
- 

Metody Taguchiego zostały uznane za jedno z najważniejszych inżynierskich osiągnięć XX wieku. Choć techniki statystyczne używane przez Taguchiego mają początki w eksperymentalnych praktykach projektowych rozwiniętych przez angielskiego statystyka sir Ronalda Fishera, ich filozoficzne podstawy są niezaprzeczalnie japońskie. Metody Taguchiego i inne japońskie systemy zarządzania jakością, takie jak *kaizen* (ciągłe usprawnianie), *kanban* (dokładnie na czas), **zarządzanie przez jakość** czy **szczupła produkcja**, zostały zainspirowane rozważaniami amerykańskiego guru z obszaru jakości, W. Edwardsa Deminga, przedstawionymi w jego książkach: *14 Points of Management*, *Seven Deadly Diseases* i *Obstacles to Quality Products*. Proponowana przez Richarda Zultnera adaptacja zasad Deminga do rozwoju oprogramowania jest opisana w rozdziale 5. Metody Taguchiego i inne systemy zarządzania jakością położyły podwaliny pod niezwykle rozwój Japonii jako potęgi przemysłowej po II wojnie światowej.

Trudno przecenić wpływ Deminga na prace Taguchiego. Podobnie jak inni japońscy specjaliści do spraw jakości, Taguchi był pod dużym wpływem Deminga. Aby zrozumieć specyficzne podejście Taguchiego, należy przeanalizować jego kontekst i korzenie. Metody Taguchiego i współczesne japońskie systemy zarządzania jakością miały swe początki po II wojnie światowej. Deming, którego często określa się mianem ojca współczesnego ruchu na rzecz jakości, po raz pierwszy odwiedził Japonię w 1946 roku. W następnych dziesięcioleciach kontynuował współpracę z rządem oraz przemysłem japońskim i wyszkolił tysiące japońskich menedżerów oraz inżynierów. Ci menedżerowie byli zainteresowani współczesnymi amerykańskimi zasadami zarządzania. Jednak Deming zaproponował im coś zupełnie nowego, co, jego zdaniem, miało pomóc w przekształceniu Japonii w dobrze prosperujące społeczeństwo i odbudować jej pozycję jako znaczącej potęgi przemysłowej.

Istota zasad zarządzania Deminga jest dobrze znana (zobacz ramkę 2.4), choć nie są one zbyt szeroko stosowane poza Japonią. Te zasady obejmują **głos klienta**, **zmniejszanie wariacji**, **stosowanie wskaźników statystycznych**, **zyskiwanie zaufania** i **szacunku**



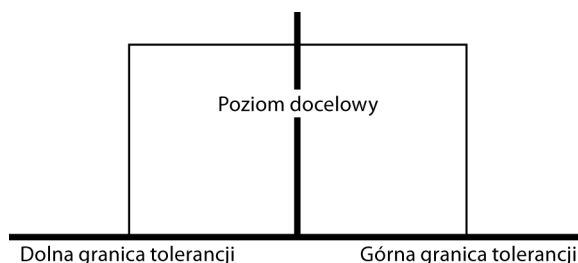
---

**Ramka 2.4. Istota 14 punktów Deminga<sup>11</sup>**

1. Bądź wierny zamiarom usprawniania produktów i usług. Cel to osiągnięcie konkurencyjności, pozostanie w grze i zapewnienie miejsc pracy.
  2. Zarząd musi zdać sobie sprawę z wyzwań związanych z jakością, poznać zakres odpowiedzialności i przejąć przywództwo na drodze zmian.
  3. Należy przestać uważać kontrolę za najważniejszy element osiągania jakości. Trzeba wyeliminować potrzebę masowych inspekcji poprzez wbudowanie jakości w produkt.
  4. Trzeba skończyć z nagradzaniem działań na podstawie ceny. W zamian należy minimalizować koszty łączne. Każdy produkt powinien być dostarczany przez tylko jednego dostawcę, co tworzy długotrwały związek bazujący na lojalności i zaufaniu.
  5. Należy trwale i nieustannie usprawniać system produkcji i usług, aby poprawić jakość oraz wydajność, a tym samym ciągle zmniejszać koszty.
  6. Trzeba prowadzić szkolenia zawodowe. Jeśli ludzie są nieodpowiednio wyszkoleni, nie będą pracować w taki sam sposób, a to wprowadza zmienność.
  7. Należy wdrożyć system przywództwa. Deming wprowadza rozróżnienie między przywództwem i nadzorem. Ten drugi bazuje na normach i poziomach. Celem nadzoru powinno być pomaganie ludziom, maszynom i urządzeniom w lepszym wykonywaniu zadań. Nadzór zarządu wymaga starannego przemyślenia, podobnie jak nadzór pracowników odpowiedzialnych za produkcję.
  8. Trzeba pozbyć się lęku, aby każdy mógł wydajnie pracować dla firmy.
  9. Należy znieść podziały między wydziałami. Osoby odpowiedzialne za badania, projektowanie, sprzedaż i produkcję muszą pracować jako zespół, aby przewidywać problemy z wytwarzaniem i stosowaniem produktów lub usług.
  10. Trzeba pozbyć się sloganów, napomnień i norm dla siły roboczej, które dotyczą braku defektów i nowych poziomów produktywności. Takie napomnienia prowadzą wyłącznie do powstawania antagonizmów. Większość przyczyn niskiej jakości i wydajności leży po stronie systemu i tym samym znajduje się poza kontrolą siły roboczej.
  - 11a. Należy wyeliminować standardy pracy (normy) dla fabryki. Trzeba zastąpić je przywództwem.
  - 11b. Trzeba wyeliminować zarządzanie przez zadania oraz liczby (z celami numerycznymi) i zastąpić je przywództwem.
  - 12a. Należy usunąć przeszkody, które pozbawiają pracowników zatrudnianych na godziny prawa do dumy z pracy. Pracownicy nadzoru powinni odpowiadać nie za same liczby, ale za jakość.
  - 12b. Trzeba usunąć bariery, które pozbawiają zarząd i inżynierów prawa do dumy z pracy. Oznacza to między innymi rezygnację z dorocznych rankingów wydajności i zarządzania przez cele.
  13. Należy wprowadzić dynamiczny program edukacji i samodoskonalenia.
  14. Trzeba zachęcić wszystkie osoby w firmie do pracy nad przekształceniami. Transformacja to zadanie dla wszystkich.
-

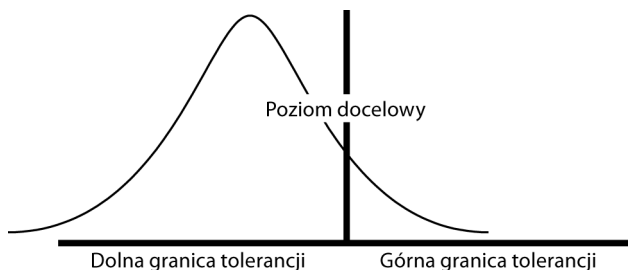
**współpracowników** oraz **ciągłe usprawnianie** w obszarze procesów, a także produktów i usług. W Japonii podejście Deminga było z entuzjazmem studiowane i stosowane oraz miało znaczący wpływ na przemysł tego kraju. W 1951 roku Japońskie Stowarzyszenie Naukowców i Inżynierów (ang. *Japanese Union of Scientists and Engineers* — JUSE) uhonorowało Deminga, nazywając jego imieniem prestiżową nagrodę z dziedziny jakości. Jednak w Stanach Zjednoczonych teorie Deminga były ignorowane przez prawie 30 lat. Uważa się, że mogło to doprowadzić do utraty konkurencyjności wielu gałęzi amerykańskiego przemysłu, takich jak motoryzacja i AGD, w których japońskie korporacje poczyniły ogromne postępy.

Wiele prac Taguchiego było inspirowanych 14 punktami zarządzania Deminga. W szczególnym stopniu dotyczy to zasady **braku zależności od inspekcji przy osiągnięciu jakości**. W procesie rozwoju produktu Taguchi cofnął się jeszcze o krok, kładąc nacisk na inspekcję w dziale badań i rozwoju oraz na etapie projektowania i inżynierii. Zwracał uwagę na znaczenie tego, aby produkt działał na stałym, docelowym poziomie, a nie był tylko ledwie zgodny ze specyfikacją. Na rysunkach 2.3, 2.4 i 2.5 zademonstrowaliśmy, że można to osiągnąć w dwóch krokach. Najpierw należy zmniejszyć wariancję, a następnie dostosować odpowiedni czynnik, aby osiągnąć wyniki możliwie jak najbliższe docelowym wymaganiom klienta, trzeba też wziąć pod uwagę koszty, projekt i inne ograniczenia.



RYSUNEK 2.3.

Rozkład wydajności w granicach specyfikacji, ale niestajej i poniżej poziomu docelowego



RYSUNEK 2.4.

Rozkład wydajności stałej, ale poniżej poziomu docelowego



RYSUNEK 2.5.

Rozkład wydajności stałej i w pobliżu poziomemu docelowemu

Ponadto Taguchi podkreślał wartość tolerancji projektu zarówno w środowisku produkcyjnym, jak i środowisku użytkownika. W tym momencie warto przedstawić główne nakazy filozofii jakości Taguchiego. Oto one.

1. **Ciągła poprawa jakości i redukcja kosztów** są niezbędne dla przetrwania biznesu.
2. Ważną miarą jakości produktu jest strata ogólna spowodowana przez produkt w społeczeństwie obliczana za pomocą **funkcji straty jakości**.
3. Zmiana przedprodukcyjnych procedur eksperymentalnych z różnicowania jednego czynnika na raz na **modyfikowanie wielu czynników jednocześnie**. Jest to tak zwane statystyczne projektowanie eksperymentów (ang. *Statistical Design of Experiments* — SDE) lub po prostu projektowanie eksperymentów (ang. *Design of Experiments* — DOE). Dlatego jakość można **wbudować** w produkt i proces.
4. Straty klienta wynikające z niskiej jakości są mniej więcej proporcjonalne do kwadratu odchylenia cech wydajności od poziomu docelowego (wartości nominalnej). Taguchi zmienił cele eksperymentów i definicję jakości z **osiągania zgodności ze specyfikacją na dążenie do poziomu docelowego i minimalizację zmienności**.
5. Zmienność wydajności produktu (lub usługi) można zmniejszyć, sprawdzając nieliniowy wpływ **czynników** (parametrów) **kontrolnych** na cechy wydajności. Wszelkie odchylenia od poziomu docelowego prowadzą do niskiej jakości.

Jednym z głównych celów Taguchiego jest usprawnienie projektu produktu i procesu poprzez wykrycie kontrolowalnych czynników i ich wartości, co minimalizuje zmienność w stosunku do wyniku docelowego. Ustawiając kontrolowalne parametry na ich optymalny poziom, można sprawić, że produkt będzie bardziej odporny na zmiany w działaniu, stosowaniu i warunkach środowiskowych. Podstawowa zasada metod Taguchiego dotyczy raczej usuwania negatywnych efektów przyczyn niż powodów tych niekorzystnych skutków. Dzięki temu można uzyskać produkt wyższej jakości najmniejszym możliwym kosztem. Ta strategia neutralizacji samych skutków, a nie przyczyn, jest mądrym rozwiązaniem, ponieważ może być łatwiejsza, a także bardziej wydajna ze względu na koszty i szybsza. Metody Taguchiego mają dwa kluczowe cele projektowe:

- zmniejszenie i minimalizację zmienności produktu i ekonomiczne osiągnięcie poziomu docelowego,
- zapewnienie tolerancji mierzonej na etapach tworzenia projektu i prototypu, które jest przenoszone na dalsze fazy w produkcji i środowisku użytkownika.

## Istota metod solidnego projektowania Taguchiego

Solidność to kluczowy koncept metod Taguchiego. „Solidność” oznacza zdrowie, moc, energię i siłę. Taguchi definiuje ją jako „stan, w którym działanie technologii, produktu lub procesu jest w minimalnym stopniu narażone na czynniki powodujące zmienność (zarówno w produkcji, jak i środowisku użytkownika) przy najniższym koszcie wyprodukowania jednostki”. Jest to zdolność produktu lub procesu do funkcjonowania i spełniania wymagań klientów (ze względu na niezawodność, bezpieczeństwo, zabezpieczenia i tak dalej), mimo obecności różnych czynników zakłócających, które mogą powodować zmienność. Solidny proces lub produkt działa w oczekiwany sposób niezależnie od wszelkich szkodliwych wpływów, zwanych szumem. Szum wynika z wszelkiego rodzaju zmienności: środowiskowej wariacji w trakcie stosowania produktu przez klienta, zmienności w czasie produkcji poszczególnych jednostek i komponentów oraz zróżnicowania komponentów w wyniku starzenia się i pogarszania cech.

### Zagadnienie stosunku sygnału do szumu

Według Taguchiego na solidność trzeba zwrócić uwagę na etapie projektowania lub w dziale badań i rozwoju. Wiąże się to ze specyficznym filozoficznym założeniem, że prawdziwą solidność można jedynie zaprojektować i wbudować w produkt lub projekt, a nie skontrolować i naprawić. Mówiąc inaczej, podstawowym hasłem jest „zapobiegać, a nie leczyć”. Wymaga to także rozwiązywania problemów na początku pracy, w dziale badań i rozwoju, w trakcie zaawansowanej inżynierii i projektowania, a nie w trakcie produkcji i kontroli lub, co gorsza, po dostarczeniu produktu do klienta. Metody Taguchiego zapewniają wydajną ze względu na koszty i czas metodologię projektowania oraz testowania produktów pod kątem solidności przed rozpoczęciem ich produkcji. Metody te służą także do rozwiązywania problemów różnego rodzaju czy modyfikowania projektów wadliwych procesów.

Poniżej znajdują się definicje niektórych podstawowych pojęć używanych w metodach Taguchiego.

**Sygnał** to coś, co produkt (lub część albo podzespół) ma dostarczać, zgodnie z jego charakterystyką działania lub funkcjonalną. W odbiorniku telewizyjnym lub telefonie sygnały to coś, co produkt (odbiornik lub aparat) przekazuje jako obraz lub dźwięk. Dobry sygnał to taki, który zachowuje jakość mimo szumu (wewnętrznych i zewnętrznych interferencji elektromagnetycznych w odbiorniku telewizyjnym lub telefonie).

**Szum** to wszystkie czynniki, które powodują wariancję. Taguchi stwierdził, że wielu czynników powodujących szum, takich jak sposób stosowania przez użytkownika (najczęstsza przyczyna zmienności), warunki na drodze czy pogoda, nie można kontrolować lub wyeliminować. To szum powoduje odchylenia charakterystyk działania i funkcjonalnych od docelowej jakości. Można wyróżnić trzy typy czynników związanych z szumem:

- **Szum zewnętrzny**, nazywany także **szumem środowiskowym**, obejmuje czynniki zewnętrzne (środowiskowe), takie jak interferencje cieplne lub elektromechaniczne, szoki mechaniczne i elektryczne, kurz czy nieprawidłowe korzystanie ze sprzętu przez użytkownika. W przypadku samochodu te czynniki obejmują temperaturę, śnieg, drogę, warunki jazdy, kurz i tak dalej.
- **Szum wewnętrzny**, zwany także wariancją komponentów lub wewnętrznym pogarszaniem sprawności części, wynika ze zużywania się i starzenia.
- **Szum między produktami**, nazywany także **wariancją produkcyjną** lub **wariancją elementów**, dotyczy zmienności obecnej między poszczególnymi produktami, mimo że są tworzone według tych samych specyfikacji. Może to wynikać ze zmienności w zakresie materiałów i procesów.

Szумы powodują, że produkty działają niezgodnie ze specyfikacją lub całkowicie zawodzą. Działanie produktu jest zdominowane przez szum jednostkowy (wewnętrzny) na wczesnych etapach cyklu życia produktu, zewnętrzny w trakcie stosowania i pogarszanie sprawności (między produktami) pod koniec życia. Solidność i solidne projektowanie prowadzą do braku wrażliwości na czynniki powodujące szum na różnych etapach cyklu życia produktu, choć wpływów tych nie można wyeliminować i usuwane są jedynie ich efekty. Dla odbiorników telewizyjnych powszechnym szumem jest „śnieżenie” ekranu, pioruny, sztormy, wahania napięcia i inne niekorzystne warunki działania.

W przypadku oprogramowania kluczowe czynniki związane z szumem, które powodują zmienność, to nieprawidłowe korzystanie z aplikacji przez klientów, napastnicy i hakerzy, robaki i wirusy, przypadkowe lub celowo złośliwe naruszenie zabezpieczeń, brak dokumentacji, nieodpowiednie szkolenia, awarie procedur, niedozwolony dostęp i używanie oraz korzystanie z systemu do wykonywania zadań, do których nie jest przeznaczony.

Taguchi sugeruje, że jako miary jakości należy używać stosunku **sygnału do szumu**, **SN** (ang. *signal-to-noise*)<sup>12</sup>. Taguchi twierdzi, że stosunek SN:

- może służyć do oceny solidności funkcji produktu, ponieważ reprezentuje funkcjonalność;
- reprezentuje stosunek tolerancji (lub „średnią” w terminologii statycznej) do zmienności;
- kiedy stosuje się go do oceny solidności produktu lub procesu, należy go określać mianem przetwarzalności (w energię, moc, informację, obraz, datę i tak dalej).

Przykładowo dla urządzenia elektromechanicznego, takiego jak silnik elektryczny, stosunek SN można wyrazić w następujący sposób:

$$S/N = \frac{\text{Przekształcenie energii elektrycznej w celu obsługi wymaganych funkcji mechanicznych}}{\text{Przekształcenie energii w wyniku niepożądanych nieekonomicznych funkcji}}$$

$$= \frac{\text{Przekształcenie energii na użyteczny moment obrotowy}}{\text{Przekształcenie energii w wyniku marnotrawstwa ciepła, iskrzenia, wibracji, zgrzytów itd.}}$$

Ogólnie stosunek SN w systemach bazujących na inżynierii, takich jak silniki czy generatory, można opisać w poniższy sposób:

$$S/N = \frac{\text{Przekształcenie energii w pożądaną funkcję wyjściową}}{\text{Przekształcenie energii w niepożądanych funkcjach wyjściowych}}$$

W przypadku oprogramowania jest to przekształcanie informacji, danych, obrazów i innych elementów, a nie energii czy mocy. Solidne projektowanie zarówno w dziedzinie oprogramowania, jak i sprzętu, ma maksymalizować stosunek SN pod kątem optymalizacji projektu.

## Zagadnienie funkcji utraty jakości

Jak już wspomnieliśmy, to zagadnienie jest podstawowym odstępstwem od zachodniego podejścia do jakości. Taguchi zajmuje się bardziej utratą jakości niż nią samą, a także skutkami takich strat dla klienta, producenta i społeczności jako ogółu. Jasno wynika z tego, że jakość produktu to coś więcej niż tylko niezawodność, a koszty produktu obejmują nie tylko cenę produkcji i rachunki za materiały. Klienci oczekują niezawodności w czasie trwania cyklu życia produktu, a w ostatecznym rozrachunku istotna jest optymalizacja kosztów tego cyklu. Klienci coraz bardziej domagają się bezbłędnych dostaw i działania. Oczekują różnych dodatkowych funkcji i udogodnień. Coraz częściej też poszukują stabilnego, wysokiej jakości działania na poziomie docelowym i nie zadowolają się niestabilnym funkcjonowaniem w ramach specyfikacji. Zapewnienie działania na poziomie docelowym może wymagać poniesienia znaczących kosztów, ale też zapewnia korzyści zarówno producentowi, jak i klientom. Jest to jedna z podstawowych zasad metodologii Taguchiego.

Fowlkes i Creveling klasyfikują koszty cyklu życia według następujących kategorii<sup>13</sup>:

- koszty dóbr, które obejmują faktury za materiały oraz wydatki na produkcję;
- koszty powiązane z obsługą konserwacji, gwarancjami, naprawami, wymianami, utylizacją i odzyskiwaniem;
- koszty klienta, które obejmują przestoje, koszty operacyjne i wynikające z rozwiązywania błędów;
- koszty marketingu, które obejmują czas wypuszczenia produktu na rynek, promocje oraz zatrzymywanie klientów i zdobywanie nowych.

Utrata jakości jest definiowana jako „strata, którą produkt powoduje w społeczności od czasu jego wprowadzenia”. Obejmuje to straty firmy związane z kosztami przeróbek, utylizacji, konserwacji i przestojów wynikających z awarii sprzętu, a także z roszczeniami gwarancyjnymi. Są to również koszty ponoszone przez klienta w wyniku zawodności i słabej wydajności produktu, co prowadzi do dalszych strat producenta wraz z utratą udziałów w rynku. Mogą pojawić się też straty w społeczności, jeśli dane produkty lub usługi wiążą się ze składowaniem odpadów, zanieczyszczeniem środowiska, przestępczością czy zagrożeniem bezpieczeństwa i zdrowia.

Określając wartość docelową cech jakościowych na najwyższym możliwym poziomie, Taguchi wiąże prostą kwadratową funkcję straty z odstępstwami od wartości docelowej. Funkcja utraty jakości pokazuje, że redukcja zmienności w okolicach poziomu docelowego prowadzi do zmniejszania się strat, z czego wynika wzrost jakości. Ta funkcja służy do podejmowania decyzji projektowych na podstawie czynników finansowych i pozwala określić, czy dodatkowe koszty, jakich wymaga wyższa jakość, okażą się warte poniesienia z perspektywy rynku. Z punktu widzenia producenta łączne koszty można wyrazić w następujący sposób:

Łączne koszty wynikające z rezygnacji z jakości = straty produkcyjne + utrata jakości

Straty produkcyjne obejmują utylizację, przeróbki, opóźnienia i tak dalej. Utrata jakości to koszt awarii produktów, który powstaje po ich udostępnieniu. Obejmuje to straty w wyniku zwrotów, gwarancji i napraw, a także utraty dobrej opinii, co prowadzi do zmniejszenia udziałów w rynku. Utrata Jakości może być bardzo duża nawet wtedy, kiedy produkt jest zgodny ze specyfikacją. Ta wartość jest równa zeru tylko wtedy, kiedy produkt działa dokładnie na poziomie docelowym.

Taguchi proponuje przybliżony i łatwy wzór na funkcję utraty jakości (ang. *quality loss function* — QLF):

Utrata =  $O^2K$ , gdzie

O = odstępstwo od poziomu docelowego;

K = koszty środków niezbędnych do zapewnienia działania produktu na poziomie docelowym.

To wyrażenie jest przybliżeniem, a nie „prawem natury”<sup>10</sup>. Jest to narzędzie dla inżynierów, a nie prawo naukowe. Wskazuje jedynie na fakt, że występuje „prawo rosnących kosztów” wraz z odchyleniem się działania produktu od poziomu docelowego. Trudno utworzyć ogólny i dokładny model kosztów. Jedną z przyczyn tej trudności jest to, że produkt może mieć różnych użytkowników i być używany w zmienny sposób w odmiennych warunkach środowiskowych. Taguchi sugeruje, że firmy mające lepsze sposoby szacowania kosztów powinny używać właśnie ich. Jednak przedstawiona wcześniej wersja przybliżenia funkcji QLF jest wartościowa z następujących względów.

- Zapewnia inżynierom i menedżerom prosty sposób szacowania kosztów odchyień od poziomu docelowego.
- Pozwala określić na podstawie takich szacunków poziom docelowy tolerancji i jakości.
- Stanowi wydajny pod względem czasu i kosztów proces szacowania optymalnego projektu. Inaczej mówiąc, proces projektowania lepszego produktu jest tańszy i szybszy niż w przypadku tradycyjnego projektowania eksperymentów czy innych metod.

QLF i stosunek SN to dwie miary jakości w metodach Taguchiego. Oba te wskaźniki kładą nacisk na działania początkowe (projektowe), a przy ocenie jakości bazują na miarach związanych z klientem, takich jak koszty w dolarach i cechy działania (funkcjonalne). Jak piszemy w rozdziałach 16. i 17., wskaźniki te są powiązane ze sobą i stanowią wartościowe miary w metodologiach Taguchiego.

## Zagadnienie solidnego projektowania

Taguchi zaleca następującą strategię solidnego projektowania:

- Stosowanie **tablic ortogonalnych** do przeprowadzania eksperymentów **na sucho**. Tablica ortogonalna to macierz, która jest integralną częścią metod Taguchiego. Analiza produktu lub procesu pod kątem solidności obejmuje identyfikację czynników zakłócających, które powodują odchylenia. Może to być żmudne i kosztowne zadanie. Taguchi zaprojektował tablice ortogonalne w celu wyizolowania czynników zakłócających spośród innych w sposób wydajny ze względu na czas i koszty. Zastosowanie tej techniki do rozwoju oprogramowania jest opisane w rozdziale 17.
- **Maksymalizacja miar wydajności i stosunku SN** w celu optymalizacji projektu z uwzględnieniem czynników kontrolnych.

Solidne projektowanie za pomocą metod Taguchiego przebiega w trzech następujących etapach:

- **Projektowanie systemu**, związane z rozwojem zarysu lub prototypu projektu. Jest to niezbędne w celu zdefiniowania wyjściowych cech produktu lub procesu. Ta faza w swej istocie przypomina projektowanie systemów stosowane na zachodzie.
- **Projektowanie parametrów**. Jest to kluczowy etap solidnego projektowania, w którym Japończycy wyróżniają się, tworząc solidne produkty niższym kosztem. Jest to metodologia redukująca zmienność poprzez zmniejszenie wrażliwości produktu lub procesu w zakresie wydajności na źródła wariancji, a nie poprzez próbę kontroli lub eliminacji tych czynników. Na tym etapie odbywają się testy nominalnych funkcji projektu lub wybranych poziomów czynników procesu oraz połączenia poziomów parametrów produktu lub poziomów operacyjnych procesu,



które są najmniej wrażliwe na zmiany w warunkach środowiskowych i inne niekontrolowalne czynniki (szum). Jest to istota metod Taguchiego w zakresie solidnego projektowania.

- **Projektowanie tolerancji**, które, jeśli to konieczne, służy dalszemu zmniejszaniu zmienności poprzez zwiększenie odporności na czynniki mające duży wpływ na wariancję. Na tym etapie stosowana jest funkcja utraty jakości w celu sprawdzenia, czy koszt poprawy jakości jest uzasadniony ekonomicznie. Inwestycje w zwiększenie tolerancji poprzez zastosowanie lepszych materiałów i sprzętu należy wprowadzać wtedy, kiedy wymaga tego rynek, a nie jako wyjściowe podejście.

W rozdziałach 16. i 17. opisujemy metody Taguchiego oraz sposób ich przystosowania do rozwoju oprogramowania. Ich zastosowanie na początkowych etapach rozwoju oprogramowania jest przedstawione w rozdziałach 18. i 19.

## Wyzwania na drodze do niezawodności oprogramowania — projektowanie oprogramowania godnego zaufania

Oprogramowanie to najbardziej zdradliwy komponent każdego systemu informatycznego. Dwa pozostałe elementy, sprzęt i sieci komunikacyjne, uzyskały przez ostatnie 50 lat dużo wyższy poziom wydajności i niezawodności. Na przykład wydajność mikroprocesorów wzrosła w stopniu o około 200 milionów razy wyższym niż wydajność oprogramowania. Współczesne sieci komunikacyjne umożliwiają przenoszenie olbrzymich ilości danych, obrazów i dźwięku oraz dostęp do nich zarówno w obrębie organizacji, jak i globalnie. Współczesne sieci komunikacyjne, a zwłaszcza Internet, wiążą się z groźbą przypadkowego lub celowego nieupoważnionego dostępu oraz są podatne na inne zagrożenia, jednak to braki projektowe w oprogramowaniu odpowiadają za największą część wrażliwości i zawodności systemów informacyjnych. Nawet mimo niezwykłego poziomu wydajności sprzętu, ostateczne wyniki działania każdego systemu informatycznego zależą od niezawodności oprogramowania — i to jest tematem niniejszej książki.

W tabeli 2.2 opisujemy pewne często stosowane definicje i atrybuty jakości oprogramowania. Miary oprogramowania są omówione dość szczegółowo w rozdziale 3., jednak w tym miejscu warto omówić kilka podstawowych zagadnień. Najbardziej fundamentalne z nich to pojęcie samej jakości. Jakość oprogramowania można zdefiniować jako stopień spełniania wymagań lub oczekiwań klientów albo użytkowników przez system, komponent lub proces. Może to obejmować kilka elementów, z których najczęściej wymieniana jest wiarygodność oprogramowania. Związana jest ona z różnymi wymaganiami użytkownika, włączając w to niezawodność, bezpieczeństwo, zabezpieczenia i dostępność<sup>14</sup>. Jest to bliskie używanemu w tej książce pojęciu oprogramowania godnego zaufania, które jednak obejmuje dodatkowo możliwość zdobywania **zaufania klientów** i **spełnianie ich jawnych**,

TABELA 2.2.

## Wybrane atrybuty związane z jakością oprogramowania

Jakość oraz atrybuty i systemy jakości	Opis
Jakość	Stopień, w jakim systemy, komponenty lub procesy spełniają, po pierwsze, jawne, niejawne i nieoczekiwane potrzeby lub oczekiwania klientów i użytkowników oraz, po drugie, określone i ukryte wymagania innych partnerów.
Projektowanie pod kątem Six Sigma	System projektowania i rozwoju nowych produktów, procesów i usług, które spełniają wymagania klientów i są pozbawione defektów.
Projektowanie oprogramowania godnego zaufania (DFTS)	System projektowania i rozwoju oprogramowania, na którym można polegać (obejmuje to niezawodność, bezpieczeństwo, zabezpieczenia, dostępność i możliwość konserwacji, choć nie ogranicza się do tych cech) i które pozwala reagować na klienta na różnych etapach cyklu życia oprogramowania.
Solidna architektura (nazywana także modelem rozwoju solidnego oprogramowania — RSDM)	Model rozwoju oprogramowania służący do tworzenia oprogramowania godnego zaufania (zobacz rysunek 2.6).
Solidne projektowanie	Metodologia utworzona przez Genichiego Taguchiego w celu rozwoju najniższym możliwym kosztem produktów i procesów działających na poziomie docelowym zgodnie z wymaganiami klienta, mimo obecności czynników, które powodują zmienność w środowisku użytkownika i produkcyjnym.
Six Sigma	Filozofia, system zarządzania i metodologia stosowane w celu usprawniania istniejących produktów, procesów i usług tak, aby były pozbawione błędów i spełniały wymagania klientów w ekonomiczny sposób.
Oprogramowanie	Programy komputerowe, procedury i (zwykle) związane z nimi dokumentacja oraz dane dotyczące działania systemu komputerowego.
Dostępność oprogramowania	Możliwość udostępniania przez oprogramowanie określonych funkcji, kiedy użytkownik ich potrzebuje.
Wiarygodność oprogramowania	Stopień, w jakim systemy, komponenty lub procesy producenta oprogramowania potrafią spełniać określone wymagania oraz potrzeby i oczekiwania użytkowników.

TABELA 2.2.

Wybrane atrybuty związane z jakością oprogramowania — *ciąg dalszy*

Jakość oraz atrybuty i systemy jakości	Opis
Solidność oprogramowania	Obejmuje, wśród innych atrybutów, niezawodność, bezpieczeństwo, zabezpieczenia i dostępność.
Projekt oprogramowania	Architektura i kod programu wykonującego określoną funkcję.
Możliwość konserwacji oprogramowania	Łatwość modyfikowania systemów lub komponentów oprogramowania po ich udostępnieniu w celu naprawy błędów, poprawy działania i innych cech lub zaadaptowania do zmienionego środowiska. Często określa się ją jako $MTBF/(MTBF + MTTR)$ .
Jakość oprogramowania	Zdatność oprogramowania do użytku. Stopień, w jakim oprogramowanie ma określony zestaw atrybutów potrzebnych do spełniania jawnych lub ukrytych potrzeb klienta i zapewnia jego zadowolenie. Prawidłowe działanie programu jest niezbędne, ale niewystarczające, jeśli oprogramowanie nie zapewnia satysfakcji klienta.
Atrybuty jakości oprogramowania	Różne wymagania dotyczące oprogramowania, takie jak niezawodność, bezpieczeństwo, zabezpieczenia i dostępność, potrzebne do spełnienia określonych lub ukrytych potrzeb.
Niezawodność oprogramowania	To pojęcie jest związane z jakością projektu oprogramowania. Wiąże się raczej z wykrywaniem błędów niż ich naprawianiem. Jest to możliwość wykonywania określonej funkcji przez system lub komponent oprogramowania w określonych warunkach i czasie.
Bezpieczeństwo oprogramowania	Brak czynników, które mogą spowodować śmierć, obrażenia, chorobę, uszkodzenia, brak kontroli lub dostępu do danych, naruszenie prywatności lub szkody w sprzęcie, mieniu i środowisku.
Skalowalność oprogramowania	Możliwość uruchomienia aplikacji komputerowej na większej maszynie lub procesorach równoległych w celu obsługi większej liczby transakcji lub zapewnienie wyższej przepustowości tak, aby wydajność skalowała się liniowo lub prawie liniowo pod względem ilości operacji. Oznacza to, że jeśli aplikacja potrafi obsługiwać określoną liczbą transakcji na danym serwerze, powinna skalować się tak, aby obsługiwała cztery razy większą ich liczbę na czterokrotnie większym serwerze.

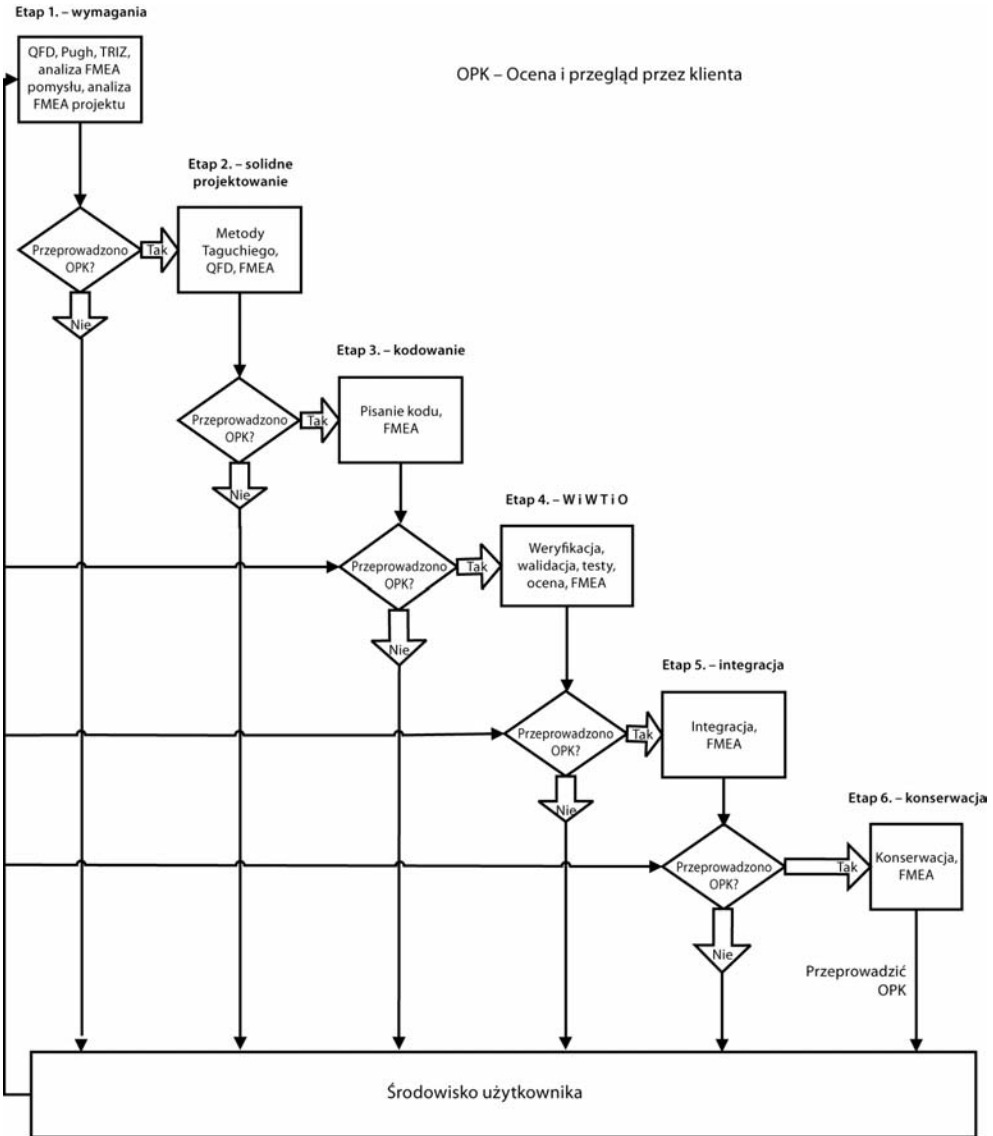
TABELA 2.2.

Wybrane atrybuty związane z jakością oprogramowania — *ciąg dalszy*

Jakość oraz atrybuty i systemy jakości	Opis
Zabezpieczenia oprogramowania	Cechy oprogramowania dotyczące jego odporności na atak i zapewniające ochronę poufności, integralności danych oraz dostępności systemu.
Szybkość realizacji transakcji przez oprogramowanie	Tempo obsługi transakcji przez aplikację na danym komputerze, zwykle mierzone w tysiącach transakcji na minutę.
Możliwość aktualizowania oprogramowania	Możliwość łatwej zmiany konfiguracji oprogramowania w celu obsługi większej liczby, większych lub bardziej skomplikowanych transakcji.
Przetwarzanie godne zaufania	System składający się ze sprzętu, oprogramowania i sieci, na którym można polegać (obejmuje to niezawodność, bezpieczeństwo, zabezpieczenia, dostępność i możliwość konserwacji, choć nie ogranicza się do tych cech) i który umożliwia reagowanie na klienta na różnych etapach cyklu życia.
Oprogramowanie godne zaufania	Oprogramowanie, na którym można polegać (obejmuje to niezawodność, bezpieczeństwo, zabezpieczenia, dostępność i możliwość konserwacji, choć nie ogranicza się do tych cech) i które umożliwia reagowanie na klienta na różnych etapach cyklu życia.

**niejawnych, a nawet nieoczekiwanych potrzeb**, a cechy te są tu bardzo istotne. Pięć głównych wyzwań związanych z tworzeniem oprogramowania godnego zaufania to zapewnienie następujących cech:

- **Niezawodności**, czyli możliwości wykonywania przez oprogramowanie oczekiwanych funkcji w określonych warunkach i czasie. Jest to jakość związana z projektem oprogramowania i dotyczy raczej wykrywania błędów niż ich naprawiania.
- **Bezpieczeństwa**, które dotyczy nieobecności czynników mogących spowodować śmierć, obrażenia, chorobę, uszkodzenia, brak dostępu lub kontroli danych, naruszenie prywatności czy szkody w sprzęcie, mieniu lub środowisku.
- **Zabezpieczeń**, związanych z odpornością oprogramowania na atak, co zapewnia ochronę poufności i integralności danych oraz dostępu do systemu.



RYSUNEK 2.6.

Model rozwoju solidnego oprogramowania

- **Możliwości konserwacji**, która dotyczy łatwości modyfikowania systemów lub komponentów oprogramowania po ich udostępnieniu w celu naprawy błędów, poprawy działania lub innych cech albo adaptacji produktu do zmieniającego się środowiska.
- **Reagowania na klienta**, czyli możliwości producenta związanych z uzyskiwaniem i interpretowaniem wymagań klienta oraz reagowaniem na nie. Wymaga to także

obecności odpowiednich cech solidnego projektu oprogramowania, możliwości prowadzenia szkoleń i przekazywania wiedzy, umiejętności pomocy w integracji istniejących systemów, udostępniania pomocy technicznej po wdrożeniu, możliwości udostępniania zaktualizowanego oprogramowania i systemów oraz spełniania wymagań klientów w zakresie kosztów i harmonogramu dostarczania produktów. Szczególnie istotna jest możliwość zdobywania **zaufania klientów i spełnianie ich jawnych, niejawnych, a nawet nieoczekiwanych potrzeb**.

Są to główne aspekty oprogramowania godnego zaufania, które jednak są potrzebne w różnym stopniu w zależności od kategorii oprogramowania i jego zastosowań. Przykładowo **reagowanie na klienta** to szczególnie ważny element w przypadku oprogramowania dla przedsiębiorstw. Ważne jest tu, aby twórca oprogramowania znał i uwzględnił **głos klienta** (ang. *voice of customer* — VOC), interpretował go prawidłowo i mógł na tej podstawie stworzyć oprogramowanie godne zaufania.

Warto poczynić pewne uwagi na temat zwrotu „godne zaufania”. W dziedzinie zarządzania jakością tego wyrażenia po raz pierwszy użył Deming, który stosował je w znaczeniu czynnika decydującego o wyborze dostawców w kontekście „usuwania lęków” wśród pracowników. Uważamy zastosowanie tego słowa przez Deminga i kontekst, w jakim go używał, za bardzo znaczące dla komunikatu, który sami chcemy przekazać: godne zaufania i niezawodne oprogramowanie, a w zasadzie dowolny produkt i każda usługa, mogą być udostępniane tylko przez osoby godne zaufania. Tego zwrotu użyto także w programie przetwarzania godnego zaufania (ang. *Trustworthy Computing* — TWC) Microsoftu uruchomionym w 2002 roku. Prezes Microsoftu, Bill Gates, w przełomowych powiadomieniach przesłanych w styczniu i lipcu 2002<sup>15</sup> do 50000 pracowników korporacji na całym świecie napisał: „W przeszłości staraliśmy się, aby nasze oprogramowanie i usługi były atrakcyjne dla klientów ze względu na nowe funkcje i przez możliwość bogatego rozszerzania naszej platformy [...] wykonaliśmy pod tym względem doskonałą robotę, jednak wszystkie te wspaniałe możliwości okażą się nieistotne, jeśli klienci nie będą ufać naszym produktom. Dlatego teraz w sytuacji wyboru między nowymi funkcjami i rozwiązywaniem problemu z zabezpieczeniami musimy stawiać na zabezpieczenia”. Gates ponadto napisał, że wierzy, iż TWC „będzie najwyższym priorytetem dla firmy i przemysłu przez następną dekadę — celem jest utworzenie dla klientów środowiska przetwarzania godnego zaufania, które jest równie niezawodne, co elektryczność zasilająca obecnie nasze domy i firmy”. Zapewnienie oprogramowaniu równej niezawodności, co w przypadku elektryczności, to olbrzymie wyzwanie dla przemysłu związanego z produkcją oprogramowania. Wyraźnie widać potrzebę współpracy między przemysłem rozwoju oprogramowania, profesjonalistami z branży oprogramowania, użytkownikami oprogramowania, agencjami odpowiedzialnymi za regulacje i instytucjami badawczymi na całym świecie. Proponowana w tej książce metodologia DFTS zapewnia spójną strukturę i technologię do rozwiązywania tego typu problemów z jakością.

## Model rozwoju solidnego oprogramowania — proces DFTS w praktyce

Oprogramowanie w porównaniu z innymi produktami tworzonymi za pomocą inżynierii to przykład czystego projektu. Jak już wspomnieliśmy, zawodność oprogramowania to zawsze wynik błędów w projekcie i intelektualnych braków człowieka<sup>16</sup>. Dlatego jeszcze bardziej istotny jest w tym przypadku moment, w którym rozwiązywane są problemy z jakością. Filozofia i systemy proponowane w tej książce zapewniają twórcom oprogramowania działającą na wczesnych etapach metodologię, która pozwala zidentyfikować optymalne funkcje i ustawienia solidnego (godnego zaufania) oprogramowania. Omówione wcześniej elementy systemu są przedstawione w proponowanym przez nas modelu rozwoju solidnego oprogramowania (ang. *Robust Software Development Model* — RSDM) utworzonym jako ułatwienie do rozwoju oprogramowania godnego zaufania (zobacz rysunek 2.6). Ten model spełnia **siedem kluczowych wymagań** procesu rozwoju solidnego oprogramowania omówionego w rozdziale 1. Bazuje na logicznych zasadach zarządzania i sprawdzonych narzędziach, technikach i metodologiach charakteryzujących się następującymi kluczowymi elementami:

- Infrastrukturą zapewniającą organizacji konieczne przywództwo i system komunikacji, szkoleń oraz nagród, który wyraźnie wspiera proces DFTS (zobacz rozdział 5.).
- Niezawodnym systemem zbierania danych, który pozwala prawidłowo wykrywać wymagania użytkowników (VOC) w iteracyjny sposób na różnych etapach cyklu rozwoju oprogramowania (zobacz rozdział 11.).
- Wdrażaniem metod Taguchiego w celu optymalizacji projektowania oprogramowania i jednocześnie uwzględniania różnych wymagań klienta, takich jak niezawodność, koszty i czas trwania cyklu (zobacz rozdziały 16. i 17.).
- Ustanowieniem praktyki jednoczesnego pisania kodu i przeprowadzania testów oraz zapewniania wystarczającego czasu na usuwanie błędów. Ta strategia prowadzi do procesu debugowania wydajnego ze względu na koszty i czas, ponieważ informacje o natężeniu lub częstotliwości błędów oprogramowania są wtedy szybciej dostępne (zobacz rozdział 18.).
- Tworzeniem wielu wersji programu<sup>17</sup> w sytuacji, kiedy potrzebne jest nadmiarowe oprogramowanie. Sprawia to, że statystycznie awarie nadmiarowych kopii są tak niezależne, jak to możliwe. W tym celu w różnych programach należy stosować odmienne języki programowania, narzędzia programistyczne, technologie rozwoju i strategię testowania (zobacz rozdział 14.).
- Wdrażaniem odpowiednich narzędzi do zarządzania jakością i planowania, takich jak QFD, TRIZ, Pugh i FMEA, które są szeroko stosowane w produkcji, co jest zgodne z najlepszymi praktykami (zobacz odpowiednio rozdziały 11., 12. i 13.).

- Stosowaniem innowacyjnych narzędzi do rozwoju oprogramowania, takich jak projektowanie obiektowe (ang. *Object-Oriented Design* — OOD), programowanie ekstremalne czy odpowiednie narzędzia CASE.

Będziemy na zmianę odnosić się do modelu RSDM i procesu DFTS — model opisuje proces, a proces jest ilustrowany przez model. W kilku ostatnich dziesięcioleciach wyewoluowały liczne modele rozwoju oprogramowania. Wiele z nich, na przykład model wodospadu, etapowe modele cyklu życia, model spiralny czy model V, mają swe początki w lotnictwie i innych gałęziach przemysłu produkcyjnego, dlatego nie zawsze odpowiadają rzeczywistości procesu rozwoju oprogramowania. RSDM to model iteracyjny, który umożliwia interakcję zarówno z wewnętrznymi, jak i z zewnętrznymi klientami oraz uchwycenie VOC w procesie rozwoju. Ponadto jest solidny i elastyczny, a także można go dostosować do dowolnego procesu rozwoju oprogramowania. W następnych rozdziałach opisujemy zastosowania tego modelu i jego elementy ze szczególnym uwzględnieniem kontekstu rozwoju oprogramowania dla przedsiębiorstw.

Chcemy przypomnieć, że w organizacjach zajmujących się rozwojem oprogramowania i w innych firmach, w których prace nad technologiami informatycznymi stanowią istotną działalność, rozwój oprogramowania jest zbyt ważny, aby pozostawić go samym inżynierom oprogramowania. Zarządzanie tą aktywnością należy do obowiązków prezesa i wyższej kadry zarządzającej. Muszą oni zapewnić niezbędne przywództwo, utworzyć prawidłową infrastrukturę zarządzania i rozwijać środowisko pod kątem tworzenia oprogramowania godnego zaufania.

## Kluczowe zagadnienia

- Wieloaspektowe spojrzenie na jakość jest niezbędne do zrozumienia i spełnienia zestawu jawnych oraz niejawnych wymagań klientów i innych partnerów.
- Zazwyczaj zasady, systemy i metodologie zarządzania jakością odpowiednie dla wyrobów produkowanych można stosować także dla oprogramowania. Jednak oprogramowanie wiąże się ze specyficznym środowiskiem projektowania i rozwoju. Trzeba zrozumieć złożoność często związaną z oprogramowaniem i uwzględnić innowacyjność oraz trudność zadań, do których obsługi jest projektowane.
- Zadanie utworzenia oprogramowania godnego zaufania to prawdziwe wyzwanie i wymaga istotnego zaangażowania kadry zarządzającej.
- Tradycyjne systemy kontroli jakości bazują na dwóch błędnych założeniach: po pierwsze, wymagania klienta są spełnione, jeśli produkt jest zgodny ze specyfikacją, a po drugie, biznesowe skutki sytuacji, w których jakość jest „ledwie zgodna ze specyfikacją” i „na poziomie docelowym”, są takie same.
- 14 punktów zarządzania Deminga służących do poprawy jakości obejmuje wsłuchiwanie się w głos klientów, zmniejszanie wariacji, stosowanie miar



statystycznych, zdobywanie zaufania i szacunku współpracowników oraz ciągłe usprawnianie. Deming wskazuje na braki systemów zarządzania jakością zależnych od kontroli.

- Japoński inżynier przemysłowy Genichi Taguchi rozwinął alternatywny system zarządzania jakością — metody Taguchiego. Taguchi podkreśla wartość „poziomu docelowego” i zaleca dbałość o jakość na wczesnych etapach, zamiast zależności od kontroli mających wykryć i naprawić błędy w dalszych fazach rozwoju.
- Filozofię zarządzania jakością Taguchiego można podsumować w następujący sposób:
  - Ciągła poprawa jakości i redukcja kosztów są konieczne dla przetrwania biznesu.
  - Ważną miarą jakości jest ogólna strata wygenerowana przez dany produkt w społeczności, mierzona funkcją utraty jakości.
  - Należy wbudować jakość w produkt lub proces poprzez projekt, używając techniki statystycznego projektowania eksperymentów.
  - Straty klientów z powodu niskiej jakości są nieliniowe i można je oszacować jako kwadrat odchylenia cech działania od ich poziomu docelowego.
  - Zmienność działania produktu można zmniejszyć, analizując nieliniowy wpływ „czynników kontroli” na cechy funkcjonowania.
- Solidne projektowanie przy użyciu metod Taguchiego przebiega w trzech fazach: projektowania systemu, projektowania parametrów i projektowania tolerancji.
- Oprogramowanie godne zaufania spełnia liczne jawne i niejawnie potrzeby klientów, a także musi umożliwiać dostosowanie produktu do nich. W kontekście oprogramowania dla przedsiębiorstw oprogramowanie godne zaufania musi spełniać przynajmniej następujące wymagania: niezawodność, bezpieczeństwo, zabezpieczenia, możliwość konserwacji i reagowanie na klienta.
- Proces DFTS charakteryzuje się określonymi cechami. Oto one:
  - prawdziwe zaangażowanie kadry zarządzającej i wspierająca to infrastruktura;
  - możliwość identyfikacji jawnych i niejawnych wymagań za pomocą QFD;
  - optymalizacja wymagań klienta poprzez wdrożenie metod Taguchiego;
  - ustanowienie praktyki jednoczesnego pisania kodu i przeprowadzania testów;
  - stosowanie w razie konieczności nadmiarowego oprogramowania;
  - wdrażanie odpowiednich narzędzi do zarządzania jakością i planowania, takich jak TRIZ, Pugh i FMEA;
  - stosowanie innowacyjnych narzędzi do rozwoju oprogramowania, takich jak projektowanie obiektowe.

## Dodatkowe materiały

<http://www.prenhallprofessional.com/title/0131872508>

<http://www.agilenty.com/publications>

## Ćwiczenia internetowe

<http://www.asiusa.com/publications/images/HBR.pdf>

Po przeczytaniu artykułu Taguchiego i Clausinga dostępnego pod powyższym adresem przygotuj się do dyskusji wniosków na jego temat.

1. Przeanalizuj problemy związane ze stylem myślenia „w ramach specyfikacji — poza specyfikacją” powiązanych z podejściem „zero defektów” w kontekście oprogramowania. Jakie rozwiązanie oferuje metodologia Taguchiego?
2. Podaj trzy przykłady „sygnału” i „szumu” w kontekście rozwoju oprogramowania.
3. Zaproponuj zestaw zaleceń umożliwiających usprawnienie procesu rozwoju oprogramowania.

Ten artykuł jest dostępny także w następujących miejscach:

- Genichi Taguchi i Don Clausing, *Robust Quality*, „Harvard Business Review”, Styczeń – Luty 1990.
- [http://harvardbusinessonline.hbsp.harvard.edu/b01/en/common/item\\_detail.jhtml?id=90114&referral=8636&requestid=9765](http://harvardbusinessonline.hbsp.harvard.edu/b01/en/common/item_detail.jhtml?id=90114&referral=8636&requestid=9765).

## Pytania przeglądowe

1. Opisz, jak wieloaspektowe spojrzenie na jakość pomaga zaspokoić potrzeby różnorodnych partnerów. Zilustruj odpowiedź przykładami związanymi ze znanym Ci oprogramowaniem.
2. Czy problemy z jakością oprogramowania są zasadniczo odmienne od występujących w wyrobach produkowanych? Jakie są podobieństwa i różnice między oprogramowaniem i wyrobami produkowanymi w zakresie procesu ich rozwoju?
3. Porównaj niezawodność oprogramowania i sprzętu. Wyjaśnij skutki takiego stanu rzeczy na przykładzie trzech złożonych systemów składających się z oprogramowania i sprzętu.
4. Wymień główne powody zawodności oprogramowania. Które z nich uważasz za najważniejsze?
5. Opisz dwa najważniejsze problemy z tradycyjnymi systemami kontroli jakości i wpływ, jaki mają na oprogramowanie.

6. Opisz istotę 14 punktów zarządzania Deminga i wyjaśnij ich znaczenie w dzisiejszym świecie.
7. Wyjaśnij, jak metody Taguchiego wiążą się z zaleceniami Deminga wymienionymi w 14 punktach i jak je wspierają.
8. Jak brzmi pięć filozoficznych nakazów podejścia Taguchiego? Wyjaśnij ich związek z rozwojem oprogramowania. Czy w przypadku sprzętu są one inne? Jeśli tak, to w jaki sposób?
9. Podsumuj kluczowe zasady metod Taguchiego i trzy etapy solidnego oprogramowania. Opisz, jak wspomagają one proces rozwoju oprogramowania.
10. Wymień i opisz pięć głównych wyzwań na drodze do tworzenia oprogramowania godnego zaufania. Zilustruj odpowiedź dwoma znanymi Ci produktami z dziedziny oprogramowania.
11. Opisz cechy modelu rozwoju solidnego oprogramowania. Wyjaśnij, jak te właściwości oraz sam model jako całość można porównać z dwoma podobnymi modelami opisanymi w rozdziale 1.

## Pytania do dyskusji i projekty

1. Jak 14 punktów zarządzania Deminga rozwiązuje ograniczenia tradycyjnych systemów kontroli jakości? Możesz posłużyć się tabelami 5.2, 5.3 i 5.4 z rozdziału 5. Jak zastosować wskazówki Deminga do branży rozwoju oprogramowania? Przedstaw odpowiedź na zajęciach.
2. Omów i porównaj zastosowanie metodologii Taguchiego w przypadku oprogramowania dla przedsiębiorstw i produktów fabrykowanych. Możesz posłużyć się materiałem z rozdziałów od 16. do 19. Przedstaw odpowiedź na zajęciach.
3. Opisz zalety i wyzwania związane z wdrażaniem w organizacji metodologii projektowania oprogramowania godnego zaufania (DFTS). Jakie są możliwe źródła oporu przy jej wprowadzaniu? Jak można sobie z nimi poradzić? Przedstaw odpowiedź na zajęciach.
4. Wyobraź sobie, że jesteś członkiem zespołu zarządzającego wysokim stopniem kierowanego przez prezesa. Zespół otrzymał od zarządu firmy zajmującej się rozwojem oprogramowania zadanie identyfikacji głównych przyczyn problemów z jakością oprogramowania i zaproponowania platformy umożliwiającej ich rozwiązanie. Napisz informację dla zarządu po wstępnej ocenie. Zaprezentuj ją na zajęciach.

## Przypisy

- <sup>1</sup> Bev Littlewood i Lorenzo Strigini, *Software Reliability and Dependability: A Roadmap*, Proc. ICSE 2000, 22nd International Conference on Software Engineering, s. 2.
- <sup>2</sup> W. Kuo, V. Rajendra Prasad, F. A. Tillman, Ching-Lai Wang, *Optimal Reliability Design* (Cambridge, Cambridge University Press, 2001), punkt 13.5.1, s. 325.
- <sup>3</sup> Ibid., punkt 1.3.3., s. 5.
- <sup>4</sup> D. Simmons, N. Ellis, H. W. Kuo, *Software Measurement: A Visualization Toolkit for Project Control and Process Improvement* (Prentice-Hall, 1998).
- <sup>5</sup> N. Logothetis, *Managing for Total Quality* (London, Prentice-Hall International, 1992), s. 27.
- <sup>6</sup> Zaadaptowane za przyzwoleniem, op. cit., Kuo i inni, s. 4.
- <sup>7</sup> W. Edwards Deming, *Out of the Crisis* (Cambridge, MA, MIT Press, 2000). Należy zwrócić szczególną uwagę na punkt 3. z 14 punktów o zarządzaniu.
- <sup>8</sup> [http://www.asiusa.com/about/asi\\_thought\\_genichi.aspx](http://www.asiusa.com/about/asi_thought_genichi.aspx).
- <sup>9</sup> <http://www.berr.gov.uk>.
- <sup>10</sup> Genichi Taguchi i Don Clausing, *Robust Quality*, „Harvard Business Review”, styczeń – luty 1990, s. 68.
- <sup>11</sup> Zaadaptowane z książki *Out of Crisis* Deminga.
- <sup>12</sup> Yuin Wu i Alan Wu, *Taguchi Methods for Robust Design* (Nowy Jork, ASME, 2000), s. 13 – 28.
- <sup>13</sup> William Y. Fowlkes i Clyde M. Creveling, *Engineering Methods for Robust Product Design: Using Taguchi Methods in Technology and Product Development* (Reading, MA, Addison-Wesley, 1997).
- <sup>14</sup> Op. cit. Littlewood i Strigini, s. 1.
- <sup>15</sup> <http://www.microsoft.com/mscorp/execmail/2002/07-18twc.mspc>.
- <sup>16</sup> Op. cit. Littlewood i Strigini, s. 2.
- <sup>17</sup> N. Ashrafi, O. Berman, M. Cutler, *Optimal design of large software-systems using N-version programming*, „IEEE Transactions on Reliability”, R-43 (2): 344 – 350, 1994.