

---

# Spis treści

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Przedmowa</b>                                                                         | <b>25</b> |
| <b>O autorach</b>                                                                        | <b>33</b> |
| <b>I. Wprowadzenie do baz danych</b>                                                     | <b>35</b> |
| <b>1. Bazy danych i ich użytkownicy</b>                                                  | <b>37</b> |
| 1.1. Wprowadzenie                                                                        | 38        |
| 1.2. Przykład                                                                            | 41        |
| 1.3. Właściwości rozwiązań opartych na bazach danych                                     | 44        |
| 1.3.1. Samoopisująca natura systemów baz danych                                          | 45        |
| 1.3.2. Oddzielenie programów od danych oraz abstrakcja danych                            | 46        |
| 1.3.3. Obsługa wielu perspektyw dla tych samych danych                                   | 48        |
| 1.3.4. Współdzielenie danych oraz wielodostępne przetwarzanie transakcji                 | 49        |
| 1.4. Aktorzy na scenie                                                                   | 50        |
| 1.4.1. Administratorzy bazy danych                                                       | 50        |
| 1.4.2. Projektanci bazy danych                                                           | 50        |
| 1.4.3. Użytkownicy końcowi                                                               | 51        |
| 1.4.4. Analitycy systemowi i programiści aplikacji (inżynierowie oprogramowania)         | 52        |
| 1.5. Pracownicy poza sceną                                                               | 52        |
| 1.6. Zalety stosowania rozwiązań opartych na systemach zarządzania bazami danych         | 53        |
| 1.6.1. Kontrola nadmiarowości                                                            | 53        |
| 1.6.2. Ograniczanie możliwości uzyskania nieautoryzowanego dostępu                       | 55        |
| 1.6.3. Zapewnianie miejsca trwałego przechowywania dla obiektów stosowanych w programach | 56        |
| 1.6.4. Zapewnianie struktur przechowywania dla efektywnego przetwarzania zapytań         | 56        |
| 1.6.5. Zapewnianie możliwości tworzenia kopii bezpieczeństwa i odzyskiwania danych       | 57        |
| 1.6.6. Zapewnianie interfejsów dla wielu użytkowników                                    | 57        |
| 1.6.7. Reprezentowanie skomplikowanych relacji pomiędzy danymi                           | 57        |
| 1.6.8. Wymuszanie więzów integralności                                                   | 58        |
| 1.6.9. Zezwalanie na wnioskowanie i podejmowanie działań w oparciu o zdefiniowane reguły | 59        |

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.6.10. Dodatkowe własności wynikające ze stosowania rozwiązań opartych na bazach danych                | 59        |
| 1.7. Krótka historia praktycznych zastosowań baz danych                                                 | 60        |
| 1.7.1. Wczesne zastosowania baz danych oparte na systemach hierarchicznych i sieciowych                 | 60        |
| 1.7.2. Zapewnianie elastyczności w rozwiązaniach opartych na relacyjnych bazach danych                  | 61        |
| 1.7.3. Aplikacje obiektowe i konieczność wprowadzenia bardziej skomplikowanych baz danych               | 62        |
| 1.7.4. Wykorzystywana w handlu elektronicznym wymiana danych za pośrednictwem internetu z użyciem XML-a | 62        |
| 1.7.5. Rozszerzanie możliwości współczesnych systemów baz danych z myślą o nowych zastosowaniach        | 63        |
| 1.7.6. Powstanie systemów przechowywania big data i baz NOSQL                                           | 64        |
| 1.8. Kiedy nie należy używać systemów zarządzania bazami danych                                         | 64        |
| 1.9. Podsumowanie                                                                                       | 65        |
| Pytania powtórkowe                                                                                      | 66        |
| Ćwiczenia                                                                                               | 66        |
| Wybrane publikacje                                                                                      | 67        |
| <b>2. Architektura systemów baz danych i związane z nimi pojęcia</b>                                    | <b>69</b> |
| 2.1. Modele danych, schematy i egzemplarze                                                              | 70        |
| 2.1.1. Kategorie modeli danych                                                                          | 71        |
| 2.1.2. Schematy, egzemplarze i stany baz danych                                                         | 72        |
| 2.2. Trójwarstwowa architektura i niezależność danych                                                   | 74        |
| 2.2.1. Architektura trójwarstwowa                                                                       | 74        |
| 2.2.2. Niezależność danych                                                                              | 76        |
| 2.3. Języki i interfejsy baz danych                                                                     | 77        |
| 2.3.1. Języki systemów zarządzania bazami danych                                                        | 77        |
| 2.3.2. Interfejsy systemów zarządzania bazami danych                                                    | 80        |
| 2.4. Środowisko systemu bazy danych                                                                     | 82        |
| 2.4.1. Moduły składające się na system zarządzania bazą danych                                          | 82        |
| 2.4.2. Narzędzia systemu bazy danych                                                                    | 85        |
| 2.4.3. Narzędzia, środowiska aplikacji oraz mechanizmy komunikacji                                      | 86        |
| 2.5. Architektury systemów zarządzania bazami danych                                                    |           |
| — scentralizowane i typu klient-serwer                                                                  | 87        |
| 2.5.1. Scentralizowane architektury systemów zarządzania bazami danych                                  | 87        |
| 2.5.2. Podstawowe architektury typu klient-serwer                                                       | 87        |
| 2.5.3. Dwuwarstwowe architektury typu klient-serwer dla systemów zarządzania bazami danych              | 90        |
| 2.5.4. Trójwarstwowe i n-warstwowe architektury typu klient-serwer dla aplikacji internetowych          | 90        |
| 2.6. Klasyfikacja systemów zarządzania bazami danych                                                    | 92        |
| 2.7. Podsumowanie                                                                                       | 95        |
| Pytania powtórkowe                                                                                      | 96        |
| Ćwiczenia                                                                                               | 97        |
| Wybrane publikacje                                                                                      | 97        |

## II. Konceptyjne modelowanie danych i projektowanie baz danych

99

|                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3. Modelowanie danych zgodnie z modelem związków encji</b>                                             | <b>101</b> |
| 3.1. Stosowanie wysokopoziomowych, konceptyjnych modeli<br>danych podczas projektowania bazy danych       | 103        |
| 3.2. Przykładowa aplikacja bazy danych                                                                    | 105        |
| 3.3. Typy encji, zbiory encji, atrybuty i klucze                                                          | 106        |
| 3.3.1. Encje i atrybuty                                                                                   | 107        |
| 3.3.2. Typy encji, zbiory encji, klucze i zbiory wartości                                                 | 109        |
| 3.3.3. Początkowy projekt konceptyjny bazy danych FIRMA                                                   | 113        |
| 3.4. Typy związków, zbiory związków, role i ograniczenia strukturalne                                     | 114        |
| 3.4.1. Typy, zbiory i egzemplarze związków                                                                | 115        |
| 3.4.2. Stopień związku, nazwy ról oraz związki rekurencyjne                                               | 115        |
| 3.4.3. Ograniczenia dla typów związków                                                                    | 118        |
| 3.4.4. Atrybuty typów związków                                                                            | 121        |
| 3.5. Słabe typy encji                                                                                     | 122        |
| 3.6. Udoskonalanie projektu ER dla bazy danych FIRMA                                                      | 123        |
| 3.7. Diagramy ER, konwencje nazewnictwa oraz zagadnienia związane z projektowaniem                        | 124        |
| 3.7.1. Podsumowanie notacji diagramów związków encji (ER)                                                 | 124        |
| 3.7.2. Prawidłowe nazewnictwo konstrukcji schematu                                                        | 125        |
| 3.7.3. Decyzje projektowe związane z tworzeniem schematu konceptyjnego ER                                 | 127        |
| 3.7.4. Notacje alternatywne względem tradycyjnych diagramów związków encji (ER)                           | 128        |
| 3.8. Przykładowa inna notacja: diagramy klas UML                                                          | 129        |
| 3.9. Typy związków stopnia wyższego niż drugi                                                             | 132        |
| 3.9.1. Wybór pomiędzy związkami binarnymi<br>a trójskładnikowymi (lub wyższych stopni)                    | 132        |
| 3.9.2. Ograniczenia związków trójskładnikowych (i wyższych stopni)                                        | 136        |
| 3.10. Inny przykład — baza danych UNIWERSYTET                                                             | 137        |
| 3.11. Podsumowanie                                                                                        | 139        |
| Pytania powtórkowe                                                                                        | 140        |
| Ćwiczenia                                                                                                 | 141        |
| Ćwiczenia laboratoryjne                                                                                   | 147        |
| Wybrane publikacje                                                                                        | 149        |
| <b>4. Rozszerzony model związków encji</b>                                                                | <b>151</b> |
| 4.1. Podklasy, nadklasy i dziedziczenie                                                                   | 152        |
| 4.2. Specjalizacja i generalizacja                                                                        | 154        |
| 4.2.1. Specjalizacja                                                                                      | 154        |
| 4.2.2. Generalizacja                                                                                      | 155        |
| 4.3. Ograniczenia i właściwości hierarchii specjalizacji i generalizacji                                  | 157        |
| 4.3.1. Ograniczenia dotyczące specjalizacji i generalizacji                                               | 157        |
| 4.3.2. Hierarchie i kraty specjalizacji i generalizacji                                                   | 160        |
| 4.3.3. Stosowanie procesów specjalizacji i generalizacji<br>podczas udoskonalania schematów konceptyjnych | 163        |
| 4.4. Modelowanie typów UNII w oparciu o kategorie                                                         | 164        |
| 4.5. Przykład schematu EER dla bazy danych UNIWERSYTET<br>oraz formalne definicje dla modelu EER          | 166        |
| 4.5.1. Inny przykład bazy danych UNIWERSYTET                                                              | 166        |
| 4.5.2. Wybory projektowe związane ze specjalizacją i generalizacją                                        | 169        |
| 4.5.3. Formalne definicje pojęć stosowanych w modelu EER                                                  | 170        |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.6. Przykładowa inna notacja: reprezentowanie specjalizacji-generalizacji na diagramach klas języka UML | 171 |
| 4.7. Abstrakcja danych, reprezentacja wiedzy oraz zagadnienia związane z ontologią                       | 173 |
| 4.7.1. Klasyfikacja i tworzenie egzemplarzy                                                              | 174 |
| 4.7.2. Identyfikacja                                                                                     | 175 |
| 4.7.3. Specjalizacja i generalizacja                                                                     | 176 |
| 4.7.4. Agregacja i asocjacja                                                                             | 176 |
| 4.7.5. Ontologia i sieć semantyczna                                                                      | 178 |
| 4.8. Podsumowanie                                                                                        | 179 |
| Pytania powtórkowe                                                                                       | 180 |
| Ćwiczenia                                                                                                | 181 |
| Ćwiczenia laboratoryjne                                                                                  | 188 |
| Wybrane publikacje                                                                                       | 190 |

### III. Relacyjny model danych i SQL 193

|                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5. Relacyjny model danych i ograniczenia relacyjnych baz danych</b>                           | <b>195</b> |
| 5.1. Pojęcia z modelu relacyjnego                                                                | 196        |
| 5.1.1. Dziedziny, atrybuty, krotki i relacje                                                     | 197        |
| 5.1.2. Właściwości relacji                                                                       | 199        |
| 5.1.3. Notacja modelu relacyjnego                                                                | 203        |
| 5.2. Ograniczenia modelu relacyjnego i schematy relacyjnych baz danych                           | 203        |
| 5.2.1. Ograniczenia dziedziny                                                                    | 204        |
| 5.2.2. Ograniczenia klucza i ograniczenia wartości pustych                                       | 205        |
| 5.2.3. Relacyjne bazy danych i schematy relacyjnych baz danych                                   | 206        |
| 5.2.4. Integralność encji, integralność odwołań i klucze obce                                    | 209        |
| 5.2.5. Pozostałe typy ograniczeń                                                                 | 210        |
| 5.3. Operacje aktualizacji, transakcje i obsługa naruszeń więzów integralności                   | 212        |
| 5.3.1. Operacja wstawiania                                                                       | 212        |
| 5.3.2. Operacja usuwania                                                                         | 214        |
| 5.3.3. Operacja aktualizacji                                                                     | 215        |
| 5.3.4. Transakcje                                                                                | 216        |
| 5.4. Podsumowanie                                                                                | 216        |
| Pytania powtórkowe                                                                               | 217        |
| Ćwiczenia                                                                                        | 218        |
| Wybrane publikacje                                                                               | 222        |
| <b>6. Podstawy języka SQL</b>                                                                    | <b>223</b> |
| 6.1. Definicje danych i typy danych języka SQL                                                   | 225        |
| 6.1.1. Stosowane w języku SQL pojęcia schematu i katalogu                                        | 226        |
| 6.1.2. Polecenie CREATE TABLE języka SQL                                                         | 226        |
| 6.1.3. Typy danych atrybutów oraz dziedziny wartości w standardzie SQL                           | 229        |
| 6.2. Określanie ograniczeń w języku SQL                                                          | 231        |
| 6.2.1. Definiowanie ograniczeń i wartości domyślnych dla atrybutów                               | 232        |
| 6.2.2. Definiowanie ograniczeń klucza i więzów integralności odwołań                             | 233        |
| 6.2.3. Nadawanie nazw definiowanym ograniczeniom                                                 | 235        |
| 6.2.4. Stosowanie klauzuli CHECK do określania ograniczeń dla krotek                             | 235        |
| 6.3. Podstawowe zapytania języka SQL                                                             | 236        |
| 6.3.1. Struktura podstawowych zapytań języka SQL: SELECT-FROM-WHERE                              | 236        |
| 6.3.2. Niejednoznaczne nazwy atrybutów, mechanizm nazw zastępczych (aliasów) oraz zmienne krotek | 239        |
| 6.3.3. Nieokreślona klauzula WHERE i zastosowania symbolu gwiazdki                               | 241        |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3.4. Tabele i zbiory w języku SQL                                        | 242 |
| 6.3.5. Dopasowywanie podciągów znaków do wzorca oraz operacje arytmetyczne | 244 |
| 6.3.6. Sortowanie wyników zapytań                                          | 246 |
| 6.3.7. Omówienie i podsumowanie prostych zapytań języka SQL                | 246 |
| 6.4. Dostępne w języku SQL polecenia INSERT, DELETE i UPDATE               | 247 |
| 6.4.1. Polecenie INSERT                                                    | 247 |
| 6.4.2. Polecenie DELETE                                                    | 249 |
| 6.4.3. Polecenie UPDATE                                                    | 250 |
| 6.5. Dodatkowe własności języka SQL                                        | 250 |
| 6.6. Podsumowanie                                                          | 252 |
| Pytania powtórkowe                                                         | 252 |
| Ćwiczenia                                                                  | 253 |
| Wybrane publikacje                                                         | 255 |

## **7. Jeszcze o języku SQL — złożone zapytania, wyzwalacze, perspektywy i modyfikowanie schematów** **257**

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Bardziej skomplikowane zapytania języka SQL pobierające dane               | 257 |
| 7.1.1. Operacje porównania z wartością pustą (NULL) oraz logika trójwartościowa | 258 |
| 7.1.2. Zapytania zagnieżdżone, krotki oraz porównywanie zbiorów i wielozbiorów  | 260 |
| 7.1.3. Zagnieżdżone zapytania skorelowane                                       | 262 |
| 7.1.4. Dostępne w języku SQL funkcje EXISTS i UNIQUE                            | 263 |
| 7.1.5. Jawne deklarowanie zbiorów i zmienianie nazw atrybutów w języku SQL      | 265 |
| 7.1.6. Tabele połączone w języku SQL                                            | 266 |
| 7.1.7. Funkcje agregujące w języku SQL                                          | 268 |
| 7.1.8. Grupowanie: klauzule GROUP BY i HAVING                                   | 270 |
| 7.1.9. Inne konstrukcje języka SQL: WITH i CASE                                 | 273 |
| 7.1.10. Zapytania rekurencyjne w języku SQL                                     | 274 |
| 7.1.11. Omówienie i podsumowanie zapytań języka SQL                             | 275 |
| 7.2. Definiowanie ograniczeń w postaci asercji i działań w postaci wyzwalaczy   | 277 |
| 7.2.1. Definiowanie ogólnych ograniczeń w postaci asercji w języku SQL          | 277 |
| 7.2.2. Wprowadzenie do wyzwalaczy w języku SQL                                  | 278 |
| 7.3. Perspektywy (tabele wirtualne) w języku SQL                                | 280 |
| 7.3.1. Pojęcie perspektywy w języku SQL                                         | 280 |
| 7.3.2. Definiowanie perspektyw w języku SQL                                     | 280 |
| 7.3.3. Implementacja perspektyw i mechanizm ich aktualizowania                  | 282 |
| 7.3.4. Perspektywy jako mechanizm uwierzytelniania                              | 284 |
| 7.4. Dostępne w języku SQL polecenia zmiany schematu                            | 285 |
| 7.4.1. Polecenie DROP                                                           | 285 |
| 7.4.2. Polecenie ALTER                                                          | 286 |
| 7.5. Podsumowanie                                                               | 287 |
| Pytania powtórkowe                                                              | 289 |
| Ćwiczenia                                                                       | 289 |
| Wybrane publikacje                                                              | 291 |

## **8. Algebra relacyjna i rachunek relacji** **293**

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1. Relacyjne operacje unarne: selekcja i projekcja         | 295 |
| 8.1.1. Operacja selekcji                                     | 295 |
| 8.1.2. Operacja projekcji                                    | 297 |
| 8.1.3. Sekwencje operacji i operacja ZMIANA NAZWY            | 299 |
| 8.2. Operacje algebry relacyjnej pochodzące z teorii zbiorów | 301 |
| 8.2.1. Operacje sumy, części wspólnej i różnicy              | 301 |
| 8.2.2. Operacja iloczynu (produktu) kartezjańskiego          | 303 |

|                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.3. Binarne operacje na relacjach: złączenie i dzielenie                                                       | 305        |
| 8.3.1. Operacja złączenia                                                                                       | 305        |
| 8.3.2. Odmiany operacji złączenia: operacje równo-złączenia i złączenia naturalnego                             | 307        |
| 8.3.3. Kompletny zbiór operacji algebry relacyjnej                                                              | 309        |
| 8.3.4. Operacja dzielenia                                                                                       | 310        |
| 8.3.5. Notacja drzew zapytań                                                                                    | 313        |
| 8.4. Dodatkowe operacje relacyjne                                                                               | 314        |
| 8.4.1. Uogólniona projekcja                                                                                     | 314        |
| 8.4.2. Funkcje agregujące i mechanizm grupowania                                                                | 314        |
| 8.4.3. Rekurencyjne operacje domknięcia                                                                         | 316        |
| 8.4.4. Operacje złączenia zewnętrznego                                                                          | 317        |
| 8.4.5. Operacja sumy zewnętrznej                                                                                | 319        |
| 8.5. Przykłady zapytań w algebrze relacyjnej                                                                    | 320        |
| 8.6. Relacyjny rachunek krotek                                                                                  | 323        |
| 8.6.1. Zmienne krotek i relacje zakresowe                                                                       | 324        |
| 8.6.2. Wyrażenia i wzory w relacyjnym rachunku krotek                                                           | 325        |
| 8.6.3. Kwantyfikatory uniwersalne i egzystencjalne                                                              | 327        |
| 8.6.4. Przykładowe zapytania w relacyjnym rachunku krotek                                                       | 328        |
| 8.6.5. Notacja używana dla grafów zapytań                                                                       | 329        |
| 8.6.5. Wzajemne przekształcanie kwantyfikatorów uniwersalnych i egzystencjalnych                                | 330        |
| 8.6.7. Stosowanie kwantyfikatorów uniwersalnych w zapytaniach                                                   | 331        |
| 8.6.8. Bezpieczne wyrażenia                                                                                     | 333        |
| 8.7. Relacyjny rachunek dziedzin                                                                                | 334        |
| 8.8. Podsumowanie                                                                                               | 336        |
| Pytania powtórkowe                                                                                              | 338        |
| Ćwiczenia                                                                                                       | 338        |
| Ćwiczenia laboratoryjne                                                                                         | 343        |
| Wybrane publikacje                                                                                              | 346        |
| <b>9. Projektowanie relacyjnych baz danych przez odwzorowywanie modelu ER i EER w model relacyjny</b>           | <b>347</b> |
| 9.1. Projektowanie relacyjnych baz danych w oparciu o odwzorowywanie modelu ER w model relacyjny                | 348        |
| 9.1.1. Algorytm odwzorowujący model ER w model relacyjny                                                        | 348        |
| 9.1.2. Omówienie i podsumowanie odwzorowania konstrukcji modelu ER w odpowiednie konstrukcje modelu relacyjnego | 355        |
| 9.2. Odwzorowania konstrukcji modelu EER w relacje                                                              | 357        |
| 9.2.1. Odwzorowywanie specjalizacji i generalizacji                                                             | 357        |
| 9.2.2. Odwzorowywanie współdzielonych podklas (konstrukcji dziedziczenia wielokrotnego)                         | 360        |
| 9.2.3. Odwzorowywanie kategorii (typów unii)                                                                    | 361        |
| 9.3. Podsumowanie                                                                                               | 361        |
| Pytania powtórkowe                                                                                              | 362        |
| Ćwiczenia                                                                                                       | 362        |
| Ćwiczenia laboratoryjne                                                                                         | 364        |
| Wybrane publikacje                                                                                              | 365        |

**IV. Techniki programowania baz danych****367****10. Wprowadzenie do technik programowania w języku SQL 369**

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.1. Przegląd technik i zagadnień z obszaru programowania baz danych                                                      | 370 |
| 10.1.1. Strategie programowania baz danych                                                                                 | 371 |
| 10.1.2. Niezgodność impedancji                                                                                             | 372 |
| 10.1.3. Typowa sekwencja operacji składających się na interakcję w programowaniu baz danych                                | 373 |
| 10.2. Osadzony język SQL, dynamiczny język SQL oraz język SQLJ                                                             | 374 |
| 10.2.1. Wyszukiwanie pojedynczych krotek za pomocą poleceń osadzonego języka SQL                                           | 375 |
| 10.2.2. Przetwarzanie wyników zapytań za pomocą kursorów                                                                   | 379 |
| 10.2.3. Określanie zapytań w czasie wykonywania programu — stosowanie dynamicznego języka SQL                              | 381 |
| 10.2.4. SQLJ: Osadzanie poleceń języka SQL w języku Java                                                                   | 383 |
| 10.2.5. Używanie iteratorów do przetwarzania wyników zapytań w standardzie SQLJ                                            | 385 |
| 10.3. Programowanie baz danych z wywołaniami funkcji i bibliotekami klas: SQL/CLI oraz JDBC                                | 388 |
| 10.3.1. Programowanie baz danych z wykorzystaniem interfejsu SQL/CLI oraz języka C w roli nadrzędnego języka programowania | 389 |
| 10.3.2. JDBC: biblioteka klas języka SQL służąca do programowania w języku Java                                            | 393 |
| 10.4. Procedury składowane w bazie danych i technika SQL/PSM                                                               | 398 |
| 10.4.1. Procedury i funkcje składowane w bazie danych                                                                      | 399 |
| 10.4.2. SQL/PSM: Rozszerzenie standardu SQL o możliwość określania trwale składowanych modułów                             | 400 |
| 10.5. Porównanie trzech opisanych podejść                                                                                  | 402 |
| 10.6. Podsumowanie                                                                                                         | 403 |
| Pytania powtórkowe                                                                                                         | 403 |
| Ćwiczenia                                                                                                                  | 404 |
| Wybrane publikacje                                                                                                         | 404 |

**11. Programowanie internetowych baz danych z użyciem języka PHP 405**

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.1. Prosty przykład zastosowania PHP                                           | 406 |
| 11.2. Przegląd podstawowych mechanizmów języka PHP                               | 408 |
| 11.2.1. Zmienne, typy danych i konstrukcje programistyczne języka PHP            | 409 |
| 11.2.2. Tablice w PHP                                                            | 410 |
| 11.2.3. Funkcje w języku PHP                                                     | 412 |
| 11.2.4. Zmienne i formularze serwera PHP                                         | 414 |
| 11.3. Przegląd programowania baz danych za pomocą PHP                            | 415 |
| 11.3.1. Nawiązywanie połączenia z bazą danych                                    | 415 |
| 11.3.2. Pobieranie danych z formularzy i wstawianie rekordów                     | 417 |
| 11.3.3. Zapytania pobierające dane z tabel bazy                                  | 418 |
| 11.4. Krótki przegląd technologii programowania internetowych baz danych w Javie | 419 |
| 11.5. Podsumowanie                                                               | 420 |
| Pytania powtórkowe                                                               | 420 |
| Ćwiczenia                                                                        | 421 |
| Wybrane publikacje                                                               | 421 |

## V. Podejścia obiektowe, obiektowo-relacyjne i XML: zagadnienia, modele, języki i standardy

423

|                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>12. Bazy obiektowe i obiektowo-relacyjne</b>                                              | <b>425</b> |
| 12.1. Przegląd pojęć obiektowych                                                             | 427        |
| 12.1.1. Wprowadzenie do pojęć i cech obiektowych                                             | 427        |
| 12.1.2. Tożsamość obiektów i porównanie obiektów z literałami                                | 429        |
| 12.1.3. Złożone struktury typów obiektów i literałów                                         | 430        |
| 12.1.4. Enkapsulacja operacji i trwałość obiektów                                            | 432        |
| 12.1.5. Hierarchia typów i dziedziczenie                                                     | 436        |
| 12.1.6. Inne pojęcia obiektowe                                                               | 438        |
| 12.1.7. Podsumowanie zagadnień dotyczących obiektowych baz danych                            | 440        |
| 12.2. Rozszerzenia obiektowe w standardzie SQL                                               | 440        |
| 12.2.1. Typy definiowane przez użytkownika za pomocą polecenia CREATE TYPE i obiekty złożone | 443        |
| 12.2.2. Identyfikatory obiektów oparte na odwołaniach                                        | 444        |
| 12.2.3. Tworzenie tabel z wykorzystaniem UDT                                                 | 444        |
| 12.2.4. Enkapsulacja operacji                                                                | 445        |
| 12.2.5. Dziedziczenie i przeciążanie funkcji                                                 | 446        |
| 12.2.6. Określanie związków za pomocą odwołań                                                | 446        |
| 12.3. Model obiektowy ODMG i język definiowania obiektów ODL                                 | 447        |
| 12.3.1. Przegląd modelu obiektowego ODMG                                                     | 448        |
| 12.3.2. Dziedziczenie w modelu obiektowym ODMG                                               | 453        |
| 12.3.3. Wbudowane interfejsy i klasy w modelu obiektowym                                     | 454        |
| 12.3.4. Obiekty atomowe (definiowane przez użytkownika)                                      | 456        |
| 12.3.5. Ekstensje, klucze i obiekty-fabryki                                                  | 458        |
| 12.3.6. Język definicji obiektów ODL                                                         | 460        |
| 12.4. Projektowanie koncepcyjne obiektowej bazy danych                                       | 465        |
| 12.4.1. Różnice pomiędzy koncepcyjnym projektowaniem obiektowych i relacyjnych baz danych    | 465        |
| 12.4.2. Odzworowywanie schematu EER na schemat obiektowy                                     | 466        |
| 12.5. Obiektowy język zapytań OQL                                                            | 468        |
| 12.5.1. Proste zapytania OQL, punkty wejścia bazy danych i zmienne iterujące                 | 469        |
| 12.5.2. Wyniki zapytań i wyrażenia ścieżkowe                                                 | 470        |
| 12.5.3. Inne cechy OQL                                                                       | 472        |
| 12.6. Przegląd wiązania z językiem C++ w standardzie ODMG                                    | 476        |
| 12.7. Podsumowanie                                                                           | 478        |
| Pytania powtórkowe                                                                           | 479        |
| Ćwiczenia                                                                                    | 480        |
| Wybrane publikacje                                                                           | 481        |
| <b>13. XML — rozszerzalny język znaczników</b>                                               | <b>483</b> |
| 13.1. Dane strukturalne, półstrukturalne i niestukturalne                                    | 484        |
| 13.2. Hierarchiczny (drzewiasty) model danych w dokumentach XML                              | 488        |
| 13.3. Dokumenty XML, DTD i schematy                                                          | 491        |
| 13.3.1. Dobrze uformowane i prawidłowe dokumenty XML oraz XML DTD                            | 491        |
| 13.3.2. Schematy XML                                                                         | 494        |
| 13.4. Zapisywanie dokumentów XML w bazach i ich pobieranie                                   | 499        |
| 13.5. Języki związane ze standardem XML                                                      | 500        |
| 13.5.1. XPath, czyli określanie ścieżek w dokumentach XML                                    | 500        |
| 13.5.2. XQuery: definiowanie zapytań w XML                                                   | 502        |

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.5.3. Inne języki i protokoły związane ze standardem XML                                              | 504 |
| 13.6. Pobieranie dokumentów XML z relacyjnych baz danych                                                | 505 |
| 13.6.1. Tworzenie hierarchicznych perspektyw w formacie XML dla danych płaskich lub zapisanych w grafie | 505 |
| 13.6.2. Przerywanie cykli w celu zamiany grafów w drzewa                                                | 509 |
| 13.6.3. Dodatkowe kroki związane z tworzeniem dokumentu XML na podstawie bazy danych                    | 510 |
| 13.7. XML/SQL: funkcje języka SQL generujące dane w formacie XML                                        | 511 |
| 13.8. Podsumowanie                                                                                      | 512 |
| Pytania powtórkowe                                                                                      | 513 |
| Ćwiczenia                                                                                               | 513 |
| Wybrane publikacje                                                                                      | 514 |

## **VI. Teoria projektowania baz danych i normalizacja** **515**

|                                                                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>14. Podstawy zależności funkcyjnych i normalizacji w relacyjnych bazach danych</b>                            | <b>517</b> |
| 14.1. Nieformalne wskazówki dotyczące projektowania schematów relacji                                            | 519        |
| 14.1.1. Wymuszanie jednoznacznej semantyki atrybutów relacji                                                     | 519        |
| 14.1.2. Nadmiarowe informacje w krotkach oraz anomalie aktualizacji                                              | 521        |
| 14.1.3. Wartości null w krotkach                                                                                 | 525        |
| 14.1.4. Generowanie fałszywych krotek                                                                            | 526        |
| 14.1.5. Podsumowanie i omówienie wskazówek projektowych                                                          | 528        |
| 14.2. Zależności funkcyjne                                                                                       | 528        |
| 14.2.1. Definicja zależności funkcyjnej                                                                          | 529        |
| 14.3. Postaci normalne oparte na kluczach głównych                                                               | 532        |
| 14.3.1. Normalizacja relacji                                                                                     | 532        |
| 14.3.2. Praktyczne zastosowania postaci normalnych                                                               | 533        |
| 14.3.3. Definicje kluczy i atrybutów należących do kluczy                                                        | 534        |
| 14.3.4. Pierwsza postać normalna                                                                                 | 535        |
| 14.3.5. Druga postać normalna                                                                                    | 539        |
| 14.3.6. Trzecia postać normalna                                                                                  | 540        |
| 14.4. Definicje ogólne drugiej i trzeciej postaci normalnej                                                      | 542        |
| 14.4.1. Definicja ogólna drugiej postaci normalnej                                                               | 542        |
| 14.4.2. Definicja ogólna trzeciej postaci normalnej                                                              | 544        |
| 14.4.3. Interpretacja definicji ogólnej trzeciej postaci normalnej                                               | 544        |
| 14.5. Postać normalna Boyce'a-Codda                                                                              | 545        |
| 14.5.1. Dekompozycja relacji niebędących w BCNF                                                                  | 547        |
| 14.6. Zależności wielowartościowe i czwarta postać normalna                                                      | 549        |
| 14.6.1. Formalna definicja zależności wielowartościowej                                                          | 549        |
| 14.7. Zależności złączeniowe i piąta postać normalna                                                             | 552        |
| 14.8. Podsumowanie                                                                                               | 553        |
| Pytania powtórkowe                                                                                               | 555        |
| Ćwiczenia                                                                                                        | 556        |
| Ćwiczenia laboratoryjne                                                                                          | 560        |
| Wybrane publikacje                                                                                               | 560        |
| <b>15. Algorytmy projektowania relacyjnych baz danych i dodatkowe zależności</b>                                 | <b>563</b> |
| 15.1. Inne zagadnienia z obszaru zależności funkcyjnych: reguły wnioskowania, równoważności i pokrycie minimalne | 564        |
| 15.1.1. Reguły wnioskowania dla zależności funkcyjnych                                                           | 565        |
| 15.1.2. Równoważność zbiorów zależności funkcyjnych                                                              | 569        |
| 15.1.3. Zbiory minimalne zależności funkcyjnych                                                                  | 570        |

|                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.2. Właściwości dekompozycji relacyjnych                                                                                                    | 573 |
| 15.2.1. Dekompozycja relacji i niewystarczalność postaci normalnych                                                                           | 573 |
| 15.2.2. Właściwość zachowania zależności dekompozycji                                                                                         | 574 |
| 15.2.3. Właściwość złączenia bezstratnego (nieaddytywnego) dekompozycji                                                                       | 575 |
| 15.2.4. Testowanie dekompozycji binarnych pod względem występowania właściwości złączenia nieaddytywnego                                      | 577 |
| 15.2.5. Kolejne dekompozycje o złączeniach nieaddytywnych                                                                                     | 578 |
| 15.3. Algorytmy projektowania schematów relacyjnych baz danych                                                                                | 579 |
| 15.3.1. Dekompozycja na schematy w trzeciej postaci normalnej z zachowaniem zależności i właściwością złączenia nieaddytywnego (bezstratnego) | 579 |
| 15.3.2. Dekompozycja ze złączeniem nieaddytywnym na schematy w postaci normalnej Boyce'a-Codda                                                | 582 |
| 15.4. Problemy związane z wartościami pustymi i krotkami zawieszonymi oraz inne projekty relacyjne                                            | 584 |
| 15.4.1. Problemy związane z wartościami pustymi i krotkami zawieszonymi                                                                       | 584 |
| 15.4.2. Omówienie algorytmów normalizacyjnych i innych projektów relacyjnych                                                                  | 586 |
| 15.5. Dalsze omówienie zależności wielowartościowych i 4NF                                                                                    | 588 |
| 15.5.1. Reguły wnioskowania dla zależności funkcyjnych i wielowartościowych                                                                   | 588 |
| 15.5.2. Jeszcze o czwartej postaci normalnej                                                                                                  | 589 |
| 15.5.3. Dekompozycja ze złączeniem nieaddytywnym na relacje w czwartej postaci normalnej                                                      | 591 |
| 15.6. Inne zależności i postaci normalne                                                                                                      | 592 |
| 15.6.1. Zależności złączeniowe i piąta postać normalna                                                                                        | 592 |
| 15.6.2. Zależności zawierania                                                                                                                 | 592 |
| 15.6.3. Zależności funkcyjne oparte na funkcjach i procedurach arytmetycznych                                                                 | 593 |
| 15.6.4. Postać normalna klucza dziedziny                                                                                                      | 594 |
| 15.7. Podsumowanie                                                                                                                            | 595 |
| Pytania powtórkowe                                                                                                                            | 595 |
| Ćwiczenia                                                                                                                                     | 596 |
| Ćwiczenia laboratoryjne                                                                                                                       | 598 |
| Wybrane publikacje                                                                                                                            | 598 |

## **VII. Struktury plikowe, funkcje mieszające, indeksowanie i projekty fizyczne baz danych** **601**

|                                                                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>16. Składowanie danych na dysku, podstawowe struktury plikowe, funkcje mieszające i nowoczesne struktury składowania</b> | <b>603</b> |
| 16.1. Wprowadzenie                                                                                                          | 604        |
| 16.1.1. Hierarchie pamięciowe i urządzenia składowania danych                                                               | 605        |
| 16.1.2. Przechowywanie baz danych                                                                                           | 607        |
| 16.2. Drugorzędne urządzenia pamięciowe                                                                                     | 609        |
| 16.2.1. Opis sprzętowy napędów dyskowych                                                                                    | 609        |
| 16.2.2. Zwiększanie wydajności dostępu do danych na dysku                                                                   | 615        |
| 16.2.3. Pamięć masowa SSD                                                                                                   | 616        |
| 16.2.4. Taśmowe urządzenia pamięciowe                                                                                       | 617        |
| 16.3. Buforowanie bloków                                                                                                    | 619        |
| 16.3.1. Zarządzanie buforem                                                                                                 | 620        |
| 16.3.2. Strategie zastępowania danych w buforze                                                                             | 622        |
| 16.4. Rozmieszczanie rekordów plików na dysku                                                                               | 623        |
| 16.4.1. Rekordy i typy rekordów                                                                                             | 623        |
| 16.4.2. Pliki oraz rekordy o stałej i zmiennej długości                                                                     | 624        |

|                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 16.4.3. Rozmieszczenie rekordów w blokach<br>i rekordy segmentowane oraz niesegmentowane | 626        |
| 16.4.4. Alokowanie bloków pliku na dysku                                                 | 627        |
| 16.4.5. Nagłówki plików                                                                  | 627        |
| 16.5. Operacje wykonywane na plikach                                                     | 627        |
| 16.6. Pliki nieuporządkowanych rekordów (pliki stertowe)                                 | 631        |
| 16.7. Pliki uporządkowanych rekordów (pliki posortowane)                                 | 632        |
| 16.8. Techniki mieszania                                                                 | 636        |
| 16.8.1. Mieszanie wewnętrzne                                                             | 636        |
| 16.8.2. Mieszanie zewnętrzne dla plików na dysku                                         | 639        |
| 16.8.3. Techniki mieszania umożliwiające dynamiczne rozszerzanie plików                  | 642        |
| 16.9. Inne podstawowe metody organizacji plików                                          | 647        |
| 16.9.1. Pliki rekordów mieszanych                                                        | 647        |
| 16.9.2. B-drzewa i inne struktury danych służące jako podstawowe metody organizacji      | 648        |
| 16.10. Zapewnianie równoległego dostępu do dysku przy użyciu architektury RAID           | 648        |
| 16.10.1. Zwiększanie niezawodności przy użyciu architektury RAID                         | 650        |
| 16.10.2. Poprawianie wydajności przy użyciu architektury RAID                            | 651        |
| 16.10.3. Metody organizacji i poziomy architektury RAID                                  | 651        |
| 16.11. Nowoczesne architektury składowania danych                                        | 653        |
| 16.11.1. Sieci obszarów składowania danych                                               | 653        |
| 16.11.2. Technologia NAS                                                                 | 654        |
| 16.11.3. iSCSI i inne sieciowe protokoły składowania danych                              | 655        |
| 16.11.4. Technologia Automated Storage Tiering                                           | 656        |
| 16.11.5. Obiektowa pamięć masowa                                                         | 656        |
| 16.12. Podsumowanie                                                                      | 657        |
| Pytania powtórkowe                                                                       | 658        |
| Ćwiczenia                                                                                | 660        |
| Wybrane publikacje                                                                       | 663        |
| <b>17. Struktury indeksowe dla plików i fizyczne projekty baz danych</b>                 | <b>665</b> |
| 17.1. Rodzaje jednopoziomowych indeksów uporządkowanych                                  | 666        |
| 17.1.1. Indeksy główne                                                                   | 667        |
| 17.1.2. Indeksy klastrowania                                                             | 670        |
| 17.1.3. Indeksy drugorzędne                                                              | 673        |
| 17.1.4. Podsumowanie                                                                     | 677        |
| 17.2. Indeksy wielopoziomowe                                                             | 677        |
| 17.3. Dynamiczne indeksy wielopoziomowe z użyciem B-drzew i B <sup>+</sup> -drzew        | 681        |
| 17.3.1. Drzewa wyszukiwania i B-drzewa                                                   | 682        |
| 17.3.2. B <sup>+</sup> -drzewa                                                           | 687        |
| 17.4. Indeksy na wielu kluczach                                                          | 696        |
| 17.4.1. Indeks uporządkowany na wielu atrybutach                                         | 697        |
| 17.4.2. Mieszanie partycjonowane                                                         | 697        |
| 17.4.3. Pliki matrycowe                                                                  | 697        |
| 17.5. Inne rodzaje indeksów                                                              | 699        |
| 17.5.1. Indeksy oparte na mieszanii                                                      | 699        |
| 17.5.2. Indeksy bitmapowe                                                                | 699        |
| 17.5.3. Indeksowanie oparte na funkcji                                                   | 702        |
| 17.6. Ogólne zagadnienia związane z indeksami                                            | 703        |
| 17.6.1. Indeksy logiczne a fizyczne                                                      | 703        |
| 17.6.2. Tworzenie indeksu                                                                | 704        |
| 17.6.3. Dostrajanie indeksów                                                             | 705        |
| 17.6.4. Dodatkowe kwestie związane ze składowaniem relacji i indeksów                    | 706        |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.7. Fizyczne projektowanie baz danych w przypadku baz relacyjnych | 708 |
| 17.7.1. Czynniki wpływające na fizyczny projekt bazy danych         | 708 |
| 17.7.2. Decyzje dotyczące fizycznego projektu bazy danych           | 710 |
| 17.8. Podsumowanie                                                  | 711 |
| Pytania powtórkowe                                                  | 713 |
| Ćwiczenia                                                           | 714 |
| Wybrane publikacje                                                  | 716 |

## VIII. Przetwarzanie i optymalizacja zapytań

**719**

|                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>18. Strategie przetwarzania zapytań</b>                                                                                             | <b>721</b> |
| 18.1. Translacja zapytań języka SQL do postaci wyrażeń algebry relacji i innych operacji                                               | 724        |
| 18.1.1. Dodatkowe operatory złączeń częściowych i antyzłączeń                                                                          | 725        |
| 18.2. Algorytmy sortowania zewnętrznego                                                                                                | 727        |
| 18.3. Algorytmy operacji selekcji                                                                                                      | 729        |
| 18.3.1. Możliwości implementacji operacji SELECT                                                                                       | 729        |
| 18.3.2. Metody wyszukiwania dla selekcji na podstawie warunku koniunktywnego                                                           | 731        |
| 18.3.3. Metody wyszukiwania dla selekcji na podstawie alternatywy logicznej                                                            | 733        |
| 18.3.4. Szacowanie selektywności warunku                                                                                               | 733        |
| 18.4. Implementacja operacji JOIN                                                                                                      | 734        |
| 18.4.1. Metody implementacji złączeń                                                                                                   | 735        |
| 18.4.2. Wpływ dostępnej przestrzeni bufora i pliku używanego w pętli zewnętrznej na wydajność operacji złączenia w pętli zagnieżdżonej | 738        |
| 18.4.3. Wpływ współczynnika selekcji złączenia na wydajność tej operacji                                                               | 739        |
| 18.4.4. Ogólna postać partycjonowanego złączenia mieszającego                                                                          | 741        |
| 18.4.5. Hybrydowe złączanie mieszające                                                                                                 | 742        |
| 18.5. Algorytmy operacji projekcji i teoriomnogościowych                                                                               | 743        |
| 18.5.1. Stosowanie antyzłączeń w operacji SET DIFFERENCE (EXCEPT lub MINUS w języku SQL)                                               | 744        |
| 18.6. Implementacja operacji agregujących oraz złączeń różnego rodzaju                                                                 | 745        |
| 18.6.1. Implementacja operacji agregujących                                                                                            | 745        |
| 18.6.2. Implementacja różnego rodzaju złączeń                                                                                          | 746        |
| 18.7. Łączenie operacji poprzez mechanizm potokowy                                                                                     | 748        |
| 18.7.1. Iteratory używane do implementowania operacji fizycznych                                                                       | 749        |
| 18.8. Algorytmy równoległego przetwarzania zapytań                                                                                     | 750        |
| 18.8.1. Równoległość na poziomie operatorów                                                                                            | 751        |
| 18.8.2. Równoległość w jednym zapytaniu                                                                                                | 754        |
| 18.8.3. Równoległość w wielu zapytaniach                                                                                               | 754        |
| 18.9. Podsumowanie                                                                                                                     | 755        |
| Pytania powtórkowe                                                                                                                     | 755        |
| Ćwiczenia                                                                                                                              | 756        |
| Wybrane publikacje                                                                                                                     | 756        |
| <b>19. Optymalizacja zapytań</b>                                                                                                       | <b>757</b> |
| 19.1. Drzewa zapytań i heurystyki optymalizacji zapytań                                                                                | 758        |
| 19.1.1. Notacja drzew zapytań i grafów zapytań                                                                                         | 758        |
| 19.1.2. Heurystyczna optymalizacja drzew zapytań                                                                                       | 760        |
| 19.2. Wybór planów wykonania zapytań                                                                                                   | 767        |
| 19.2.1. Różne sposoby wykonywania zapytań                                                                                              | 767        |
| 19.2.2. Optymalizacja podzapytań zagnieżdżonych                                                                                        | 768        |
| 19.2.3. Scalanie podzapytań (perspektyw)                                                                                               | 770        |
| 19.2.4. Perspektywy zmateriałizowane                                                                                                   | 772        |

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 19.3. Wykorzystanie selektywności w optymalizacji kosztowej                    | 775 |
| 19.3.1. Składowe kosztu wykonywania zapytań                                    | 776 |
| 19.3.2. Informacje z katalogu używane w funkcjach kosztu                       | 777 |
| 19.3.3. Histogramy                                                             | 778 |
| 19.4. Funkcje kosztu dla operacji SELECT                                       | 778 |
| 19.4.1. Przykład optymalizacji selekcji na podstawie wzorów szacowania kosztów | 781 |
| 19.5. Przykłady funkcji kosztu dla operacji JOIN                               | 783 |
| 19.5.1. Selektywność i liczność złączeń częściowych i antyzłączeń              | 785 |
| 19.5.2. Przykład optymalizacji złączenia na podstawie funkcji kosztu           | 786 |
| 19.5.3. Zapytania dotyczące wielu relacji i porządkowanie złączeń              | 787 |
| 19.5.4. Optymalizacja fizyczna                                                 | 789 |
| 19.5.5. Określanie kolejności złączeń za pomocą programowania dynamicznego     | 790 |
| 19.6. Przykład ilustrujący kosztową optymalizację zapytań                      | 792 |
| 19.7. Dodatkowe zagadnienia związane z optymalizacją zapytań                   | 794 |
| 19.7.1. Wyświetlanie planu wykonania zapytania uzyskanego przez system         | 794 |
| 19.7.2. Szacowanie wielkości wyników dla innych operacji                       | 795 |
| 19.7.3. Zapis planu w pamięci podręcznej                                       | 796 |
| 19.7.4. Optymalizacja z wykorzystaniem pierwszych k wyników                    | 796 |
| 19.8. Przykład optymalizacji zapytań w hurtowniach danych                      | 796 |
| 19.9. Optymalizacja zapytań w bazach Oracle                                    | 799 |
| 19.9.1. Optymalizator fizyczny                                                 | 799 |
| 19.9.2. Globalny optymalizator zapytań                                         | 799 |
| 19.9.3. Optymalizacja adaptacyjna                                              | 800 |
| 19.9.4. Przetwarzanie tablicowe                                                | 801 |
| 19.9.5. Wskazówki                                                              | 801 |
| 19.9.6. Zarysy                                                                 | 802 |
| 19.9.7. Zarządzanie planami wykonywania instrukcji języka SQL                  | 802 |
| 19.10. Semantyczna optymalizacji zapytań                                       | 803 |
| 19.11. Podsumowanie                                                            | 804 |
| Pytania powtórkowe                                                             | 804 |
| Ćwiczenia                                                                      | 805 |
| Wybrane publikacje                                                             | 806 |

## IX. Przetwarzanie transakcji, sterowanie współbieżne i odtwarzanie baz danych

809

|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>20. Wprowadzenie do problematyki i teorii przetwarzania transakcji</b>           | <b>811</b> |
| 20.1. Wprowadzenie do problematyki przetwarzania transakcji                         | 812        |
| 20.1.1. Systemy jedno- i wieloużytkownikowe                                         | 812        |
| 20.1.2. Transakcje, elementy baz danych, operacje odczytu i zapisu oraz buforu SZBD | 813        |
| 20.1.3. Uzasadnienie potrzeby stosowania sterowania współbieżnego                   | 815        |
| 20.1.4. Uzasadnienie potrzeby odtwarzania                                           | 818        |
| 20.2. Pojęcia dotyczące transakcji i systemu                                        | 819        |
| 20.2.1. Stany transakcji i dodatkowe operacje                                       | 819        |
| 20.2.2. Dziennik systemowy                                                          | 821        |
| 20.2.3. Punkt zatwierdzenia transakcji                                              | 822        |
| 20.2.4. Strategie zastępowania bufora specyficzne dla SZBD                          | 823        |
| 20.3. Pożądane właściwości transakcji                                               | 824        |
| 20.4. Charakteryzowanie harmonogramów na podstawie możliwości odtwarzania           | 825        |
| 20.4.1. Harmonogramy (historie) transakcji                                          | 825        |
| 20.4.2. Charakterystyka harmonogramów według możliwości odtwarzania                 | 827        |

|                                                                                                      |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 20.5. Charakterystyka harmonogramów według ich szeregowalności                                       | 829        |
| 20.5.1. Harmonogramy szeregowo, nieszeregowo oraz konfliktowo-szeregowalne                           | 830        |
| 20.5.2. Sprawdzanie występowania szeregowalności konfliktowej harmonogramu                           | 834        |
| 20.5.3. Wykorzystywanie szeregowalności do sterowania współbieżnego                                  | 837        |
| 20.5.4. Równoważność perspektywiczna i szeregowalność perspektywiczna                                | 839        |
| 20.5.5. Inne rodzaje równoważności harmonogramów                                                     | 840        |
| 20.6. Obsługa transakcji w języku SQL                                                                | 841        |
| 20.7. Podsumowanie                                                                                   | 843        |
| Pytania powtórkowe                                                                                   | 844        |
| Ćwiczenia                                                                                            | 845        |
| Wybrane publikacje                                                                                   | 846        |
| <b>21. Techniki sterowania współbieżnego</b>                                                         | <b>847</b> |
| 21.1. Techniki blokowania dwufazowego dla celów sterowania współbieżnego                             | 848        |
| 21.1.1. Rodzaje blokad i systemowe tabele blokad                                                     | 848        |
| 21.1.2. Gwarantowanie szeregowalności blokowania dwufazowego                                         | 853        |
| 21.1.3. Problem zakleszczenia i zagłodzenia                                                          | 856        |
| 21.2. Sterowanie współbieżne w oparciu o uporządkowanie według znaczników czasu                      | 860        |
| 21.2.1. Znaczniki czasu                                                                              | 860        |
| 21.2.2. Algorytm uporządkowania według znaczników czasu                                              | 860        |
| 21.3. Techniki wielowersyjnego sterowania współbieżnego                                              | 862        |
| 21.3.1. Technika wielowersyjna oparta na porządkowaniu według znaczników czasu                       | 863        |
| 21.3.2. Wielowersyjne blokowanie dwufazowe z użyciem blokad certyfikujących                          | 864        |
| 21.4. Sterowanie współbieżne z użyciem technik walidacyjnych (optymistycznych) i izolacji snapshotów | 866        |
| 21.4.1. Walidacyjne (optymistyczne) sterowanie współbieżne                                           | 866        |
| 21.4.2. Sterowanie współbieżne oparte na izolacji snapshotów                                         | 868        |
| 21.5. Ziarnistość elementów danych i blokowanie z wieloma poziomami ziarnistości                     | 869        |
| 21.5.1. Kwestie dotyczące poziomu ziarnistości w przypadku blokowania                                | 869        |
| 21.5.2. Blokowanie z wieloma poziomami ziarnistości                                                  | 870        |
| 21.6. Użycie blokad dla celów sterowania współbieżnego w przypadku indeksów                          | 872        |
| 21.7. Inne kwestie związane ze sterowaniem współbieżnym                                              | 874        |
| 21.7.1. Wstawianie, usuwanie i rekordy fantomowe                                                     | 875        |
| 21.7.2. Transakcje interaktywne                                                                      | 876        |
| 21.7.3. Zatrzaski                                                                                    | 876        |
| 21.8. Podsumowanie                                                                                   | 876        |
| Pytania powtórkowe                                                                                   | 877        |
| Ćwiczenia                                                                                            | 878        |
| Wybrane publikacje                                                                                   | 879        |
| <b>22. Techniki odtwarzania baz danych</b>                                                           | <b>881</b> |
| 22.1. Pojęcia związane z odtwarzaniem                                                                | 882        |
| 22.1.1. Zarys problematyki odtwarzania i podział algorytmów odtwarzania na odrębne kategorie         | 882        |
| 22.1.2. Zapisywanie w pamięci podręcznej (buforowanie) bloków dyskowych                              | 883        |
| 22.1.3. Rejestrowanie zapisów z wyprzedzeniem, technika zabierania oraz wymuszania                   | 885        |
| 22.1.4. Punkty kontrolne w dzienniku systemowym oraz tworzenie przybliżonych punktów kontrolnych     | 887        |
| 22.1.5. Wycofywanie transakcji i wycofywanie kaskadowe                                               | 888        |
| 22.1.6. Działania transakcji niewpływające na bazy danych                                            | 890        |
| 22.2. Techniki odtwarzania NO-UNDO/REDO oparte na aktualizacjach odroczonech                         | 890        |
| 22.3. Techniki odtwarzania oparte na aktualizacjach natychmiastowych                                 | 893        |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 22.4. Stronicowanie z przesłanianiem                                                           | 895 |
| 22.5. Algorytm odtwarzania ARIES                                                               | 897 |
| 22.6. Odtwarzanie w systemach wielu baz danych                                                 | 901 |
| 22.7. Tworzenie kopii bezpieczeństwa bazy danych i odtwarzanie<br>po awariach katastroficznych | 902 |
| 22.8. Podsumowanie                                                                             | 903 |
| Pytania powtórkowe                                                                             | 904 |
| Ćwiczenia                                                                                      | 905 |
| Wybrane publikacje                                                                             | 908 |

## **X. Rozproszone bazy danych, systemy NOSQL i big data** **911**

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>23. Zagadnienia z obszaru rozproszonych baz danych</b>                                         | <b>913</b> |
| 23.1. Zagadnienia z obszaru rozproszonych baz danych                                              | 914        |
| 23.1.1. Co sprawia, że baza danych jest rozproszona?                                              | 914        |
| 23.1.2. Przezroczystość                                                                           | 915        |
| 23.1.3. Stabilność i dostępność                                                                   | 916        |
| 23.1.4. Skalowalność i odporność na podział                                                       | 917        |
| 23.1.5. Autonomia                                                                                 | 917        |
| 23.1.6. Zalety rozproszonych baz danych                                                           | 917        |
| 23.2. Techniki fragmentacji, replikacji i alokacji danych<br>w projekcie rozproszonej bazy danych | 918        |
| 23.2.1. Fragmentacja danych i sharding                                                            | 918        |
| 23.2.2. Replikacja i alokacja danych                                                              | 921        |
| 23.2.3. Przykłady fragmentacji, alokacji i replikacji danych                                      | 922        |
| 23.3. Techniki sterowania współbieżnego i odtwarzania danych<br>w rozproszonych bazach danych     | 925        |
| 23.3.1. Rozproszone sterowanie współbieżne oparte na wyróżnionej kopii danych                     | 925        |
| 23.3.2. Rozproszone sterowanie współbieżne oparte na głosowaniu                                   | 927        |
| 23.3.3. Rozproszone odtwarzanie danych                                                            | 927        |
| 23.4. Przegląd zarządzania transakcjami w rozproszonych bazach danych                             | 928        |
| 23.4.1. Protokół zatwierdzania dwufazowego                                                        | 929        |
| 23.4.2. Protokół zatwierdzania trójfazowego                                                       | 929        |
| 23.4.3. Obsługa zarządzania transakcjami w systemie operacyjnym                                   | 930        |
| 23.5. Przetwarzanie zapytań i optymalizacja w rozproszonych bazach danych                         | 930        |
| 23.5.1. Przetwarzanie zapytań rozproszonych                                                       | 931        |
| 23.5.2. Koszty przesyłu danych w przetwarzaniu zapytań rozproszonych                              | 931        |
| 23.5.3. Rozproszone przetwarzanie zapytań z użyciem złączeń częściowych                           | 933        |
| 23.5.4. Dekompozycja zapytań i aktualizacji                                                       | 934        |
| 23.6. Rodzaje rozproszonych systemów baz danych                                                   | 937        |
| 23.6.1. Zarządzanie federacyjnymi systemami baz danych                                            | 938        |
| 23.7. Architektury rozproszonych baz danych                                                       | 940        |
| 23.7.1. Architektura równoległa a rozproszona                                                     | 940        |
| 23.7.2. Ogólna architektura czystych baz rozproszonych                                            | 942        |
| 23.7.3. Architektura federacyjnych baz danych                                                     | 942        |
| 23.7.4. Przegląd trójwarstwowej architektury klient-serwer                                        | 944        |
| 23.8. Zarządzanie rozproszonym katalogiem                                                         | 946        |
| 23.9. Podsumowanie                                                                                | 947        |
| Pytania powtórkowe                                                                                | 948        |
| Ćwiczenia                                                                                         | 949        |
| Wybrane publikacje                                                                                | 951        |

|                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>24. Bazy danych NOSQL i systemy składowania big data</b>                                | <b>955</b> |
| 24.1. Wprowadzenie do systemów NOSQL                                                       | 955        |
| 24.1.1. Powstanie systemów NOSQL                                                           | 955        |
| 24.1.2. Cechy systemów NOSQL                                                               | 957        |
| 24.1.3. Kategorie systemów NOSQL                                                           | 959        |
| 24.2. Twierdzenie CAP                                                                      | 960        |
| 24.3. Dokumentowe systemy NOSQL i baza MongoDB                                             | 961        |
| 24.3.1. Model danych z systemu MongoDB                                                     | 962        |
| 24.3.2. Operacje CRUD w systemie MongoDB                                                   | 965        |
| 24.3.3. Cechy systemu rozproszonego MongoDB                                                | 965        |
| 24.4. Magazyny NOSQL z parami klucz-wartość                                                | 967        |
| 24.4.1. Przegląd systemu DynamoDB                                                          | 967        |
| 24.4.2. Rozproszony magazyn danych z parami klucz-wartość — Voldemort                      | 968        |
| 24.4.3. Przykładowe inne magazyny z parami klucz-wartość                                   | 971        |
| 24.5. Kolumnowe systemy NOSQL                                                              | 972        |
| 24.5.1. Model danych i wersjonowanie w systemie HBase                                      | 972        |
| 24.5.2. Operacje CRUD w systemie HBase                                                     | 974        |
| 24.5.3. Zagadnienia związane ze składowaniem danych<br>i systemem rozproszonym w HBase     | 974        |
| 24.6. Grafowe bazy NOSQL i system Neo4j                                                    | 975        |
| 24.6.1. Model danych w systemie Neo4j                                                      | 975        |
| 24.6.2. Język zapytań Cypher w systemie Neo4j                                              | 977        |
| 24.6.3. Cechy interfejsów i systemu rozproszonego w Neo4j                                  | 979        |
| 24.7. Podsumowanie                                                                         | 980        |
| Pytania powtórkowe                                                                         | 981        |
| Wybrane publikacje                                                                         | 982        |
| <b>25. Technologie z obszaru big data oparte<br/>na modelu MapReduce i systemie Hadoop</b> | <b>983</b> |
| 25.1. Czym jest big data?                                                                  | 986        |
| 25.2. Wprowadzenie do technologii MapReduce i Hadoop                                       | 988        |
| 25.2.1. Tło historyczne                                                                    | 988        |
| 25.2.2. Model MapReduce                                                                    | 989        |
| 25.2.3. Wersje Hadoopa                                                                     | 993        |
| 25.3. System HDFS                                                                          | 993        |
| 25.3.1. Wymagania wstępne związane z systemem HDFS                                         | 994        |
| 25.3.2. Architektura systemu HDFS                                                          | 994        |
| 25.3.3. Operacje wejścia-wyjścia na plikach i zarządzanie replikami w systemie HDFS        | 996        |
| 25.3.4. Skalowalność systemu HDFS                                                          | 997        |
| 25.3.5. Ekosystem Hadoopa                                                                  | 998        |
| 25.4. Model MapReduce: dodatkowe szczegóły                                                 | 999        |
| 25.4.1. Środowisko uruchomieniowe MapReduce                                                | 999        |
| 25.4.2. Przykład: złączenia w modelu MapReduce                                             | 1002       |
| 25.4.3. Apache Hive                                                                        | 1006       |
| 25.4.4. Zalety technologii Hadoop i MapReduce                                              | 1008       |
| 25.5. Hadoop 2 (nazywany też YARN)                                                         | 1009       |
| 25.5.1. Uzasadnienie powstania platformy YARN                                              | 1009       |
| 25.5.2. Architektura platformy YARN                                                        | 1012       |
| 25.5.3. Inne platformy w YARN                                                              | 1015       |
| 25.6. Ogólne omówienie                                                                     | 1017       |
| 25.6.1. Hadoop i MapReduce a równoległe relacyjne SZBD                                     | 1017       |
| 25.6.2. Big data w chmurach obliczeniowych                                                 | 1019       |

|                                                                                                                       |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 25.6.3. Problemy z lokalnością danych i optymalizacja zasobów w aplikacjach z obszaru big data działających w chmurze | 1021 |
| 25.6.4. YARN jako platforma usług z obszaru danych                                                                    | 1022 |
| 25.6.5. Wyzwania związane z technologiami z obszaru big data                                                          | 1023 |
| 25.6.6. Przyszłość                                                                                                    | 1024 |
| 25.7. Podsumowanie                                                                                                    | 1026 |
| Pytania powtórkowe                                                                                                    | 1027 |
| Wybrane publikacje                                                                                                    | 1028 |

## **XI. Zaawansowane modele, systemy i zastosowania baz danych**

**1031**

|                                                                                                                                       |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>26. Rozszerzone modele danych: wprowadzenie do aktywnych, czasowych, przestrzennych, multimedialnych i dedukcyjnych baz danych</b> | <b>1033</b> |
| 26.1. Wyzwalacze i inne pojęcia związane z aktywnymi bazami danych                                                                    | 1035        |
| 26.1.1. Uogólniony model aktywnych baz danych i wyzwalacze w Oracle                                                                   | 1035        |
| 26.1.2. Projektowanie i implementacja aktywnych baz danych                                                                            | 1039        |
| 26.1.3. Przykładowe aktywne reguły poziomu wyrażenia w systemie STARBURST                                                             | 1042        |
| 26.1.4. Możliwe zastosowania aktywnych baz danych                                                                                     | 1044        |
| 26.1.5. Wyzwalacze w SQL-99                                                                                                           | 1044        |
| 26.2. Koncepcja czasowych baz danych                                                                                                  | 1045        |
| 26.2.1. Reprezentacja czasu, kalendarze i wymiary czasu                                                                               | 1046        |
| 26.2.2. Wprowadzenie czasu do relacyjnych baz danych z obsługą wersji krotek                                                          | 1048        |
| 26.2.3. Czas w obiektowych bazach danych z obsługą wersji atrybutów                                                                   | 1053        |
| 26.2.4. Konstruowanie zapytań czasowych i język TSQL2                                                                                 | 1055        |
| 26.2.5. Szeregi czasowe                                                                                                               | 1057        |
| 26.3. Zagadnienia z obszaru przestrzennych baz danych                                                                                 | 1058        |
| 26.3.1. Wprowadzenie do przestrzennych baz danych                                                                                     | 1058        |
| 26.3.2. Typy i modele danych przestrzennych                                                                                           | 1059        |
| 26.3.3. Operatory i zapytania przestrzenne                                                                                            | 1060        |
| 26.3.4. Indeksowanie danych przestrzennych                                                                                            | 1062        |
| 26.3.5. Eksploracja danych przestrzennych                                                                                             | 1063        |
| 26.3.6. Zastosowania danych przestrzennych                                                                                            | 1065        |
| 26.4. Zagadnienia z obszaru multimedialnych baz danych                                                                                | 1065        |
| 26.4.1. Automatyczna analiza obrazów                                                                                                  | 1067        |
| 26.4.2. Wykrywanie obiektów na obrazach                                                                                               | 1068        |
| 26.4.3. Semantyczne opisywanie obrazów                                                                                                | 1069        |
| 26.4.4. Analizy danych audio                                                                                                          | 1069        |
| 26.5. Wprowadzenie do dedukcyjnych baz danych                                                                                         | 1070        |
| 26.5.1. Przegląd dedukcyjnych baz danych                                                                                              | 1070        |
| 26.5.2. Notacja języków Prolog i Datalog                                                                                              | 1071        |
| 26.5.3. Notacja języka Datalog                                                                                                        | 1073        |
| 26.5.4. Forma klauzulowa i klauzule Horna                                                                                             | 1074        |
| 26.5.5. Interpretacja reguł                                                                                                           | 1075        |
| 26.5.6. Programy w języku Datalog i ich bezpieczeństwo                                                                                | 1077        |
| 26.5.7. Zastosowanie operacji relacyjnych                                                                                             | 1081        |
| 26.5.8. Wykonywanie zapytań nierekurencyjnych                                                                                         | 1081        |
| 26.6. Podsumowanie                                                                                                                    | 1083        |
| Pytania powtórkowe                                                                                                                    | 1085        |
| Ćwiczenia                                                                                                                             | 1086        |
| Wybrane publikacje                                                                                                                    | 1089        |

|                                                                                           |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>27. Wprowadzenie do wyszukiwania informacji i danych w internecie</b>                  | <b>1093</b> |
| 27.1. Zagadnienia z obszaru wyszukiwania informacji (WI)                                  | 1093        |
| 27.1.1. Wprowadzenie do wyszukiwania informacji                                           | 1094        |
| 27.1.2. Porównanie baz danych i systemów WI                                               | 1097        |
| 27.1.3. Krótka historia WI                                                                | 1098        |
| 27.1.4. Tryby interakcji w systemach WI                                                   | 1099        |
| 27.1.5. Ogólny proces WI                                                                  | 1100        |
| 27.2. Modele wyszukiwania                                                                 | 1101        |
| 27.2.1. Model logiczny                                                                    | 1101        |
| 27.2.2. Model oparty na przestrzeni wektorowej                                            | 1102        |
| 27.2.3. Model probabilistyczny                                                            | 1104        |
| 27.2.4. Model semantyczny                                                                 | 1106        |
| 27.3. Typy zapytań w systemach WI                                                         | 1107        |
| 27.3.1. Zapytania oparte na słowach kluczowych                                            | 1107        |
| 27.3.2. Zapytania logiczne                                                                | 1107        |
| 27.3.3. Zapytania do wyszukiwania fraz                                                    | 1108        |
| 27.3.4. Zapytania z określaniem odległości słów                                           | 1108        |
| 27.3.5. Zapytania z symbolami wieloznacznymi                                              | 1108        |
| 27.3.6. Zapytania w języku naturalnym                                                     | 1109        |
| 27.4. Wstępne przetwarzanie tekstu                                                        | 1109        |
| 27.4.1. Usuwanie słów pomijanych                                                          | 1109        |
| 27.4.2. Stemming                                                                          | 1109        |
| 27.4.3. Korzystanie z tezaury                                                             | 1110        |
| 27.4.4. Inne etapy przetwarzania: cyfry, myślniki,<br>znaki przestankowe, wielkość znaków | 1111        |
| 27.4.5. Wydobywanie informacji                                                            | 1112        |
| 27.5. Indeksy odwrócone                                                                   | 1112        |
| 27.5.1. Wprowadzenie do systemu Lucene                                                    | 1114        |
| 27.6. Miary oceny adekwatności wyników wyszukiwania                                       | 1115        |
| 27.6.1. Czułość i precyzja                                                                | 1116        |
| 27.6.2. Średnia precyzja                                                                  | 1118        |
| 27.6.3. Krzywa czułość/precyzja                                                           | 1118        |
| 27.6.4. Miara F                                                                           | 1118        |
| 27.7. Wyszukiwanie i analizy w sieci WWW                                                  | 1119        |
| 27.7.1. Analizy danych internetowych i ich związki z WI                                   | 1119        |
| 27.7.2. Analizy struktury sieci WWW                                                       | 1121        |
| 27.7.3. Analizowanie struktury odsyłaczy na stronach internetowych                        | 1122        |
| 27.7.4. Analizy treści w sieci WWW                                                        | 1123        |
| 27.7.5. Podejścia analizowania treści w sieci WWW                                         | 1125        |
| 27.7.6. Analizy użytkowania witryn                                                        | 1126        |
| 27.7.7. Praktyczne zastosowania analiz użytkowania witryn                                 | 1128        |
| 27.8. Trendy w wyszukiwaniu informacji                                                    | 1129        |
| 27.8.1. Wyszukiwanie fasetowe                                                             | 1129        |
| 27.8.2. Wyszukiwanie społecznościowe                                                      | 1130        |
| 27.8.3. Wyszukiwanie informacji w dialogach                                               | 1131        |
| 27.8.4. Probabilistyczne modelowanie tematu                                               | 1131        |
| 27.8.5. Systemy odpowiadania na pytania                                                   | 1132        |
| 27.9. Podsumowanie                                                                        | 1135        |
| Pytania powtórkowe                                                                        | 1136        |
| Wybrane publikacje                                                                        | 1138        |
| <b>28. Elementy eksploracji danych</b>                                                    | <b>1141</b> |
| 28.1. Przegląd technologii eksploracji danych                                             | 1142        |
| 28.1.1. Eksploracja danych kontra hurtownie danych                                        | 1142        |
| 28.1.2. Eksploracja danych jako część procesu odkrywania wiedzy                           | 1142        |

|                                                                                     |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 28.1.3. Cele eksploracji danych i odkrywania wiedzy                                 | 1143        |
| 28.1.4. Rodzaje wiedzy odkrywanej w procesie eksploracji danych                     | 1145        |
| 28.2. Reguły asocjacyjne                                                            | 1146        |
| 28.2.1. Model koszyka klienta supermarketu,<br>poziom wsparcia i poziom ufności     | 1146        |
| 28.2.2. Algorytm Apriori                                                            | 1148        |
| 28.2.3. Algorytm próbkujący                                                         | 1150        |
| 28.2.4. Drzewa częstych wzorców i algorytm ich tworzenia                            | 1151        |
| 28.2.5. Algorytm partycjonujący                                                     | 1155        |
| 28.2.6. Pozostałe typy reguł asocjacyjnych                                          | 1156        |
| 28.2.7. Dodatkowe problemy związane z regułami asocjacyjnymi                        | 1159        |
| 28.3. Klasyfikacja                                                                  | 1160        |
| 28.4. Grupowanie                                                                    | 1163        |
| 28.5. Strategie rozwiązywania pozostałych problemów związanych z eksploracją danych | 1166        |
| 28.5.1. Odkrywanie wzorców sekwencyjnych                                            | 1166        |
| 28.5.2. Odkrywanie wzorców w szeregach czasowych                                    | 1167        |
| 28.5.3. Regresja                                                                    | 1167        |
| 28.5.4. Sieci neuronowe                                                             | 1168        |
| 28.5.5. Algorytmy genetyczne                                                        | 1169        |
| 28.6. Zastosowania technik eksploracji danych                                       | 1170        |
| 28.7. Komercyjne narzędzia eksploracji danych                                       | 1170        |
| 28.7.1. Interfejs użytkownika                                                       | 1171        |
| 28.7.2. Interfejs programowy aplikacji                                              | 1171        |
| 28.7.3. Kierunki przyszłego rozwoju                                                 | 1171        |
| 28.8. Podsumowanie                                                                  | 1173        |
| Pytania powtórkowe                                                                  | 1173        |
| Ćwiczenia                                                                           | 1174        |
| Wybrane publikacje                                                                  | 1176        |
| <b>29. Przegląd hurtowni danych i rozwiązań OLAP</b>                                | <b>1177</b> |
| 29.1. Wprowadzenie, definicje i terminologia                                        | 1177        |
| 29.2. Właściwości hurtowni danych                                                   | 1179        |
| 29.3. Modelowanie danych dla hurtowni danych                                        | 1181        |
| 29.4. Budowanie hurtowni danych                                                     | 1187        |
| 29.5. Typowe funkcje hurtowni danych                                                | 1191        |
| 29.6. Hurtownie danych kontra perspektywy                                           | 1192        |
| 29.7. Trudności z implementowaniem hurtowni danych                                  | 1193        |
| 29.8. Podsumowanie                                                                  | 1194        |
| Pytania powtórkowe                                                                  | 1195        |
| Wybrane publikacje                                                                  | 1195        |

## **XII. Dodatkowe zagadnienia z obszaru baz danych: bezpieczeństwo**

**1197**

|                                                                  |             |
|------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>30. Bezpieczeństwo w bazach danych</b>                        | <b>1199</b> |
| 30.1. Wprowadzenie do bezpieczeństwa baz danych                  | 1200        |
| 30.1.1. Rodzaje zabezpieczeń                                     | 1200        |
| 30.1.2. Środki kontroli                                          | 1201        |
| 30.1.3. Bezpieczeństwo a administrator bazy danych               | 1203        |
| 30.1.4. Ochrona dostępu, konta użytkowników i audyty bazy danych | 1204        |
| 30.1.5. Dane wrażliwe i typy ujawnień                            | 1205        |
| 30.1.6. Związki między bezpieczeństwem a prywatnością informacji | 1206        |

|                                                                                    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 30.2. Dyspozycyjna kontrola dostępu polegająca na nadawaniu i odbieraniu uprawnień | 1207 |
| 30.2.1. Typy uprawnień dyspozycyjnych                                              | 1207 |
| 30.2.2. Określanie uprawnień przy użyciu perspektyw                                | 1208 |
| 30.2.3. Cofanie uprawnień                                                          | 1209 |
| 30.2.4. Propagacja uprawnień poprzez opcję GRANT                                   | 1209 |
| 30.2.5. Przykład                                                                   | 1209 |
| 30.2.6. Określanie ograniczeń propagacji uprawnień                                 | 1211 |
| 30.3. Realizacja zabezpieczeń wielopoziomowych                                     |      |
| za pomocą obowiązkowej kontroli dostępu i zabezpieczeń opartych na rolach          | 1212 |
| 30.3.1. Porównanie dyspozycyjnego i obowiązkowego modelu bezpieczeństwa            | 1215 |
| 30.3.2. Kontrola dostępu oparta na rolach                                          | 1215 |
| 30.3.3. Zabezpieczenia oparte na etykietach i kontrola dostępu na poziomie wierszy | 1217 |
| 30.3.4. Kontrola dostępu dla danych w formacie XML                                 | 1218 |
| 30.3.5. Polityki kontroli dostępu dla aplikacji sieciowych i mobilnych             | 1219 |
| 30.4. Wstrzykiwanie kodu w języku SQL                                              | 1220 |
| 30.4.1. Metody wstrzykiwania kodu w języku SQL                                     | 1221 |
| 30.4.2. Zagrożenia związane ze wstrzykiwaniem kodu w języku SQL                    | 1222 |
| 30.4.3. Techniki ochrony przed wstrzykiwaniem kodu w języku SQL                    | 1223 |
| 30.5. Wprowadzenie do bezpieczeństwa statystycznych baz danych                     | 1224 |
| 30.6. Wprowadzenie do kontroli przepływu                                           | 1225 |
| 30.6.1. Ukryte kanały                                                              | 1226 |
| 30.7. Szyfrowanie i infrastruktura klucza publicznego                              | 1227 |
| 30.7.1. Szyfry DES i AES                                                           | 1228 |
| 30.7.2. Algorytmy z kluczem symetrycznym                                           | 1228 |
| 30.7.3. Szyfrowanie kluczem publicznym (asymetrycznym)                             | 1228 |
| 30.7.4. Podpis cyfrowy                                                             | 1230 |
| 30.7.5. Certyfikaty cyfrowe                                                        | 1230 |
| 30.8. Problemy z prywatnością i jej zachowywanie                                   | 1231 |
| 30.9. Wyzwania związane z utrzymaniem bezpieczeństwa baz danych                    | 1232 |
| 30.9.1. Jakość danych                                                              | 1232 |
| 30.9.2. Prawa własności intelektualnej                                             | 1232 |
| 30.9.3. Odporność baz danych                                                       | 1233 |
| 30.10. Zabezpieczenia oparte na etykietach w bazach Oracle                         | 1233 |
| 30.10.1. Technologia wirtualnych prywatnych baz danych                             | 1234 |
| 30.10.2. Architektura zabezpieczeń opartych na etykietach                          | 1234 |
| 30.10.3. Współdziałanie etykiet danych i etykiet użytkowników                      | 1235 |
| 30.11. Podsumowanie                                                                | 1236 |
| Pytania powtórkowe                                                                 | 1237 |
| Ćwiczenia                                                                          | 1239 |
| Wybrane publikacje                                                                 | 1239 |

## **Dodatki** **1241**

### **A. Alternatywne notacje modeli związków encji** **1243**

### **B. Parametry dysków** **1247**

### **C. Omówienie języka QBE** **1251**

### **Bibliografia** **1259**

### **Skorowidz** **1319**