

## IDŹ DO

### PRZYKŁADOWY ROZDZIAŁ



SPIS TREŚCI

## KATALOG KSIĄŻEK

KATALOG ONLINE

ZAMÓW DRUKOWANY KATALOG

## TWÓJ KOSZYK

DODAJ DO KOSZYKA

## CENNIK I INFORMACJE

ZAMÓW INFORMACJE  
O NOWOŚCIACH

ZAMÓW CENNIK

## CZYTELNIA

FRAGMENTY KSIĄŻEK ONLINE

## Język UML 2.0 w modelowaniu systemów informatycznych

Autorzy: Stanisław Wrycza, Bartosz Marcinkowski, Krzysztof Wyrzykowski  
ISBN: 83-7361-892-9  
Format: B5, stron: 448



### Poznaj uniwersalne narzędzie projektowania obiektowego

- Diagramy języka UML
- Modelowanie biznesowe
- Metodyki projektowe oparte na UML
- Narzędzia CASE

Rosnąca popularność programowania obiektowego zmieniła również metody modelowania systemów informatycznych. Modelowanie strukturalne zostało zastąpione przez modelowanie obiektowe. Standardem w tej dziedzinie stał się język UML (Unified Modelling Language) – graficzny system wizualizacji, specyfikowania oraz dokumentowania składników systemów informatycznych. Opis systemu wykonany za pomocą języka UML jest jednoznaczny, co bardzo ułatwia napisanie kodu źródłowego w oparciu o modele. Narzędzia do modelowania obiektowego umożliwiają wygenerowanie szkieletu klas i obiektów, a po odpowiednim zintegrowaniu ze środowiskiem programistycznym – pozwalają na dwukierunkową synchronizację modelu z kodem źródłowym. W oparciu o język UML stworzona została metodyka projektowania oprogramowania nosząca nazwę RUP (Rational Unified Process) zyskująca coraz większe uznanie. Znajomość języka UML i metodologii RUP jest dziś istotnym elementem kwalifikacji kierownika projektów informatycznych. Znajomość języka UML i metodyki RUP jest aktualnie istotnym elementem kwalifikacji analityków, projektantów i kierowników projektów informatycznych a także składnikiem nowoczesnych programów studiów informatycznych.

- Definiowanie wymagań funkcjonalnych systemu za pomocą diagramów przypadków użycia
- Strukturyzacja przypadków użycia i tworzenie diagramów klas
- Opis działania systemu w postaci diagramu czynności i diagramu stanów
- Prezentacja komunikacji pomiędzy elementami systemu za pomocą diagramu interakcji
- Tworzenie diagramów wdrożeniowych
- Modelowanie biznesowe i analityczne w metodyce RUP
- Narzędzia CASE
- Plakat syntetycznie ujmujący notację UML 2.0

**Modelowanie obiektowe to technologia przyszłości. Poznaj ją już dziś**

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



# Spis treści

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| Wstęp .....                                                         | 9         |
| <b>Część I Podstawy języka UML 2.0 .....</b>                        | <b>13</b> |
| <b>Rozdział 1. Język UML — rozwój, struktura, pojęcia .....</b>     | <b>15</b> |
| Znaczenie obiektowości w modelowaniu systemów informatycznych ..... | 15        |
| Geneza i ewolucja języka UML .....                                  | 17        |
| Diagramy UML 2.0 .....                                              | 21        |
| Perspektywy w opisie architektury systemu .....                     | 25        |
| Mechanizmy rozszerzalności .....                                    | 27        |
| Stereotyp .....                                                     | 27        |
| Ograniczenie .....                                                  | 28        |
| Metka .....                                                         | 28        |
| Podstawowe pojęcia .....                                            | 29        |
| Pytania i zadania .....                                             | 30        |
| <b>Rozdział 2. Diagramy przypadków użycia .....</b>                 | <b>33</b> |
| Znaczenie diagramów przypadków użycia .....                         | 33        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna .....         | 34        |
| Przypadek użycia .....                                              | 34        |
| Aktor .....                                                         | 35        |
| Związek .....                                                       | 36        |
| Zaawansowane składniki diagramu .....                               | 39        |
| Rozbudowa DPU poprzez różnicowanie związków .....                   | 40        |
| Zależności zawierania .....                                         | 40        |
| Zależności rozszerzania .....                                       | 41        |
| Uogólnienia .....                                                   | 43        |
| Rodzaje aktorów .....                                               | 45        |
| Liczebność .....                                                    | 46        |
| Nawigacja .....                                                     | 47        |
| Realizacja .....                                                    | 49        |
| Przypadki użycia typu CRUD .....                                    | 49        |
| Stosowanie nazw ścieżkowych .....                                   | 50        |
| Diagram kontekstowy .....                                           | 50        |
| Dokumentacja przypadków użycia .....                                | 51        |
| Proces tworzenia diagramu przypadków użycia .....                   | 54        |
| Studium diagramu przypadków użycia .....                            | 55        |
| Podstawowe pojęcia .....                                            | 56        |
| Pytania i zadania .....                                             | 57        |

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Rozdział 3. Diagramy klas .....</b>                      | <b>61</b> |
| Znaczenie diagramów klas .....                              | 61        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna ..... | 61        |
| Asocjacja .....                                             | 64        |
| Nazwy asocjacji .....                                       | 65        |
| Role .....                                                  | 66        |
| Nawigacja .....                                             | 66        |
| Liczebność .....                                            | 66        |
| Agregacja .....                                             | 67        |
| Zaawansowane składniki diagramu .....                       | 70        |
| Rodzaje diagramów klas .....                                | 71        |
| Zobowiązania .....                                          | 71        |
| Widoczność .....                                            | 72        |
| Atrybuty i operacje statyczne .....                         | 73        |
| Nazwy klas, atrybutów i operacji .....                      | 73        |
| Notacja atrybutów i składnia operacji .....                 | 74        |
| Klasy asocjacyjne .....                                     | 77        |
| Asocjacje zwrotne i wielokrotne .....                       | 79        |
| Kwalifikacja .....                                          | 79        |
| Uogólnienia, klasy abstrakcyjne oraz konkretne .....        | 80        |
| Zależność .....                                             | 83        |
| Realizacja .....                                            | 83        |
| Diagramy obiektów .....                                     | 85        |
| Proces tworzenia diagramu klas .....                        | 86        |
| Studium diagramu klas .....                                 | 87        |
| Podstawowe pojęcia .....                                    | 89        |
| Pytania i zadania .....                                     | 91        |
| <b>Rozdział 4. Diagramy czynności .....</b>                 | <b>95</b> |
| Znaczenie diagramów czynności .....                         | 95        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna ..... | 96        |
| Czynności a akcje .....                                     | 96        |
| Zaawansowane składniki diagramu .....                       | 99        |
| Przepływy sterowania .....                                  | 99        |
| Znacznik sterowania .....                                   | 99        |
| Przepływy decyzyjne .....                                   | 100       |
| Decyzja .....                                               | 100       |
| Łącznik .....                                               | 104       |
| Złączenie .....                                             | 104       |
| Przepływy współbieżne .....                                 | 106       |
| Akcje .....                                                 | 107       |
| Przepływy danych .....                                      | 111       |
| Przełączniki danych .....                                   | 112       |
| Parametr czynności .....                                    | 116       |
| Wagi .....                                                  | 117       |
| Sygnały .....                                               | 118       |
| Bufor centralny .....                                       | 118       |
| Składnica danych .....                                      | 120       |
| Partycje diagramów czynności .....                          | 121       |
| Obszar rozszerzenia .....                                   | 127       |
| Obszar przerwania .....                                     | 130       |
| Manipulator wyjątków .....                                  | 131       |

|                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| Proces tworzenia diagramu czynności .....                   | 132        |
| Studium diagramu czynności .....                            | 133        |
| Podstawowe pojęcia .....                                    | 135        |
| Pytania i zadania .....                                     | 136        |
| <b>Rozdział 5. Diagramy maszyny stanowej .....</b>          | <b>143</b> |
| Znaczenie diagramów maszyny stanowej .....                  | 143        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna ..... | 144        |
| Zaawansowane składniki diagramu .....                       | 146        |
| Sekcje symbolu graficznego stanu .....                      | 146        |
| Klasyfikacja stanów .....                                   | 148        |
| Obszary współbieżne .....                                   | 150        |
| Pseudostany .....                                           | 152        |
| Rodzaje przejść .....                                       | 157        |
| Protokołowe maszyny stanowe .....                           | 158        |
| Maszyny stanowe zachowania .....                            | 161        |
| Zdarzenia .....                                             | 163        |
| Proces tworzenia diagramu maszyny stanowej .....            | 164        |
| Studium diagramu maszyny stanowej .....                     | 165        |
| Podstawowe pojęcia .....                                    | 168        |
| Pytania i zadania .....                                     | 169        |
| <b>Rozdział 6. Diagramy interakcji .....</b>                | <b>173</b> |
| Interakcje .....                                            | 173        |
| Diagramy interakcji .....                                   | 173        |
| Składnia komunikatu .....                                   | 174        |
| Podstawowe pojęcia .....                                    | 177        |
| Pytania i zadania .....                                     | 177        |
| <b>Rozdział 7. Diagramy sekwencji .....</b>                 | <b>179</b> |
| Znaczenie diagramów sekwencji .....                         | 179        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna ..... | 180        |
| Rodzaje diagramów sekwencji .....                           | 180        |
| Klasyfikator, komunikat i linia życia .....                 | 181        |
| Rodzaje klasyfikatorów .....                                | 183        |
| Ośrodek sterowania .....                                    | 184        |
| Zaawansowane składniki diagramu .....                       | 185        |
| Rodzaje komunikatów .....                                   | 187        |
| Tworzenie i niszczenie obiektów .....                       | 190        |
| Warunki .....                                               | 191        |
| Samowywołanie .....                                         | 192        |
| Iteracja .....                                              | 192        |
| Rozgałęzienie .....                                         | 194        |
| Fragmenty wyodrębnione i operatory interakcji .....         | 196        |
| Przywoływane wystąpienia interakcji .....                   | 214        |
| Bramy .....                                                 | 216        |
| Proces tworzenia diagramu sekwencji .....                   | 219        |
| Studium diagramu sekwencji .....                            | 219        |
| Podstawowe pojęcia .....                                    | 223        |
| Pytania i zadania .....                                     | 224        |

|                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział 8. Diagramy komunikacji .....</b>               | <b>231</b> |
| Znaczenie diagramów komunikacji .....                       | 231        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna ..... | 232        |
| Numerowanie komunikatów .....                               | 233        |
| Zasady wprowadzania komunikatów do diagramu .....           | 234        |
| Zaawansowane składniki diagramu .....                       | 235        |
| Izomorfizm .....                                            | 235        |
| Zagnieżdżenie .....                                         | 235        |
| Poprzednik .....                                            | 239        |
| Współbieżność .....                                         | 239        |
| Obiekty wielokrotne .....                                   | 240        |
| Klasy aktywne .....                                         | 241        |
| Inne kategorie zaawansowane .....                           | 242        |
| Proces tworzenia diagramu komunikacji .....                 | 244        |
| Studium diagramu komunikacji .....                          | 245        |
| Podstawowe pojęcia .....                                    | 247        |
| Pytania i zadania .....                                     | 247        |
| <b>Rozdział 9. Diagramy harmonogramowania .....</b>         | <b>251</b> |
| Znaczenie diagramów harmonogramowania .....                 | 251        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna ..... | 252        |
| Zaawansowane składniki diagramu .....                       | 253        |
| Zdarzenia i ograniczenia czasowe .....                      | 253        |
| Alternatywne sposoby prezentacji stanów .....               | 254        |
| Harmonizacja linii zmiany stanów .....                      | 254        |
| Przesyłanie komunikatów .....                               | 256        |
| Diagramy sekwencji a harmonogramowanie .....                | 258        |
| Proces tworzenia diagramu harmonogramowania .....           | 259        |
| Podstawowe pojęcia .....                                    | 260        |
| Pytania i zadania .....                                     | 260        |
| <b>Rozdział 10. Diagramy sterowania interakcją .....</b>    | <b>263</b> |
| Znaczenie diagramów sterowania interakcją .....             | 263        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna ..... | 264        |
| Zaawansowane składniki diagramu .....                       | 266        |
| Proces tworzenia diagramu sterowania interakcją .....       | 268        |
| Studium diagramu sterowania interakcją .....                | 268        |
| Podstawowe pojęcia .....                                    | 270        |
| Pytania i zadania .....                                     | 271        |
| <b>Rozdział 11. Diagramy wdrożeniowe .....</b>              | <b>273</b> |
| Znaczenie diagramów wdrożeniowych .....                     | 273        |
| Diagramy komponentów .....                                  | 273        |
| Interfejsy .....                                            | 277        |
| Specyfikacja komponentów .....                              | 278        |
| Porty .....                                                 | 280        |
| Konektory .....                                             | 280        |
| Implementacyjny diagram komponentów .....                   | 281        |
| Diagramy rozlokowania .....                                 | 282        |
| Węzły .....                                                 | 284        |
| Ścieżki komunikowania .....                                 | 285        |
| Osadzone artefakty i komponenty .....                       | 286        |
| Manifestowanie .....                                        | 287        |
| Specyfikacja rozlokowania .....                             | 289        |
| Diagramy rozlokowania na poziomie fizycznym .....           | 290        |

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| Proces tworzenia diagramów wdrożeniowych .....                          | 291        |
| Podstawowe pojęcia .....                                                | 292        |
| Pytania i zadania .....                                                 | 293        |
| <b>Rozdział 12. Diagramy struktur połączonych .....</b>                 | <b>299</b> |
| Znaczenie diagramów struktur połączonych .....                          | 299        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna .....             | 300        |
| Proces tworzenia diagramu struktur połączonych .....                    | 302        |
| Podstawowe pojęcia .....                                                | 303        |
| Pytania i zadania .....                                                 | 303        |
| <b>Rozdział 13. Diagramy pakietów .....</b>                             | <b>305</b> |
| Znaczenie diagramów pakietów .....                                      | 305        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna .....             | 305        |
| Pakiet .....                                                            | 306        |
| Zależność .....                                                         | 307        |
| Zagnieżdżenie pakietów .....                                            | 308        |
| Zaawansowane składniki diagramu .....                                   | 309        |
| Stereotypowanie pakietów .....                                          | 310        |
| Stereotypowanie zależności .....                                        | 311        |
| Proces tworzenia diagramu pakietów .....                                | 312        |
| Studium diagramu pakietów .....                                         | 312        |
| Podstawowe pojęcia .....                                                | 314        |
| Pytania i zadania .....                                                 | 314        |
| <b>Część II Metodyki, modele i narzędzia wspomagające UML 2 ....</b>    | <b>317</b> |
| <b>Rozdział 14. Metodyka RUP .....</b>                                  | <b>319</b> |
| Znaczenie iteracyjno-przyrostowego procesu projektowania systemów ..... | 319        |
| Struktura RUP .....                                                     | 321        |
| Dyscypliny .....                                                        | 323        |
| Fazy .....                                                              | 325        |
| Podstawowe pojęcia .....                                                | 327        |
| Pytania i zadania .....                                                 | 328        |
| <b>Rozdział 15. Modelowanie biznesowe .....</b>                         | <b>329</b> |
| Znaczenie modelowania biznesowego .....                                 | 329        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna .....             | 330        |
| Studium modelu biznesowego .....                                        | 331        |
| Podstawowe pojęcia .....                                                | 341        |
| Pytania i zadania .....                                                 | 341        |
| <b>Rozdział 16. Modelowanie analityczne .....</b>                       | <b>343</b> |
| Znaczenie modelowania analitycznego .....                               | 343        |
| Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna .....             | 344        |
| Proces tworzenia modelu analitycznego .....                             | 346        |
| Studium modelu analitycznego .....                                      | 349        |
| Podstawowe pojęcia .....                                                | 350        |
| Pytania i zadania .....                                                 | 350        |
| <b>Rozdział 17. Komputerowe wspomaganie modelowania systemu .....</b>   | <b>353</b> |
| Pakiety CASE wspomagające UML i RUP .....                               | 353        |
| Zakres wspomagania diagramów UML .....                                  | 355        |
| Generowanie szkieletowego kodu źródłowego .....                         | 356        |
| Inżynieria zwrotna .....                                                | 357        |
| Obsługiwane platformy .....                                             | 358        |

|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| Sparx Systems Enterprise Architect .....          | 359        |
| Narzędzia CASE firmy IBM pod marką Rational ..... | 362        |
| IBM Software Development Platform .....           | 362        |
| Zastosowanie IBM Rational Software Modeler .....  | 363        |
| Poseidon for UML .....                            | 366        |
| Platforma Eclipse .....                           | 366        |
| UML i RUP w zasobach Internetu .....              | 368        |
| Podstawowe pojęcia .....                          | 369        |
| Pytania i zadania .....                           | 369        |
| <b>Dodatki .....</b>                              | <b>371</b> |
| <b>Dodatek A Definicje i pojęcia .....</b>        | <b>373</b> |
| <b>Dodatek B Notacja graficzna .....</b>          | <b>381</b> |
| <b>Dodatek C Diagramy .....</b>                   | <b>389</b> |
| <b>Dodatek D UML 2.0 w liczbach .....</b>         | <b>399</b> |
| <b>Dodatek E Słownik polsko-angielski .....</b>   | <b>401</b> |
| <b>Dodatek F Słownik angielsko-polski .....</b>   | <b>409</b> |
| <b>Dodatek G Spis rysunków .....</b>              | <b>417</b> |
| <b>Dodatek H Spis tabel .....</b>                 | <b>423</b> |
| <b>Dodatek I Literatura .....</b>                 | <b>425</b> |
| <b>Contents .....</b>                             | <b>431</b> |
| <b>Skorowidz .....</b>                            | <b>437</b> |

## Rozdział 9.

# Diagramy harmonogramowania

## Znaczenie diagramów harmonogramowania

Analizowane i projektowane interakcje w systemie realizowane są w określonym **czasie**. Spełnienie kryterium czasu przez interakcję jest ważnym czynnikiem oceny tych systemów — zwłaszcza systemów wbudowanych i systemów czasu rzeczywistego. Wychodząc naprzeciw tym oczekiwaniom, zaproponowano diagramy harmonogramowania.



Diagram harmonogramowania jest rodzajem diagramu interakcji, reprezentującym na osi czasu zmiany dopuszczalnych stanów, jakie może przyjmować instancja klasyfikatora uczestnicząca w interakcji.

Diagramy te stosuje się w celu sporządzenia **harmonogramów** interakcji, a więc specyfikacji interakcji instancji klasyfikatorów w aspekcie zmian czasu trwania ich stanów. Punktem wyjścia tych diagramów są podstawowe kategorie diagramów sekwencji oraz maszyn stanowych. Terminowa realizacja interakcji wymaga niekiedy wielkiej dokładności czasowej. W związku z tym na diagramach harmonogramowania można przedstawiać kolejność występowania stanów instancji klasyfikatorów oraz czas ich trwania. Wprowadzenie diagramów harmonogramowania w UML 2.0 jest istotną zmianą w stosunku do poprzednich wersji. Ich tworzenie i użytkowanie jest szczególnie zalecane w systemach o rozbudowanej dynamice.

## Podstawowe kategorie pojęciowe oraz notacja graficzna

Diagramy harmonogramowania dokumentują aspekt czasu interakcji. Stąd w diagramie harmonogramowania na osi poziomej zaznacza się **skalę czasu** w postaci ustalonych odcinków. Natomiast na osi pionowej przedstawia się poszczególne instancje klasyfikatorów biorące udział w interakcji, a przy każdej z nich jej stany. Z zasady diagramy harmonogramowania tworzy się po opracowaniu diagramów sekwencji lub komunikacji. Na diagramach tych bowiem precyzyjnie wskazane są instancje klasyfikatorów występujące w systemie, a wyszczególnienie linii życia, ośrodków sterowania i komunikatów ułatwia ustalenie jednostek na skali czasu. W ten sposób osiąga się harmonizację interakcji pomiędzy instancjami klasyfikatorów w układzie czasowym. Akceptowalne jest również autonomiczne podejście do tworzenia wspomnianych diagramów, bez uwzględniania powiązanych diagramów sekwencji czy komunikacji, na podstawie innych posiadanych specyfikacji systemu.

W podstawowej postaci diagramu harmonogramowania ilustrowane są jego podstawowe **kategorie pojęciowe** (por. rysunek 9.1):

- ♦ klasyfikator,
- ♦ nazwa stanu,
- ♦ linia zmiany stanów instancji klasyfikatora.

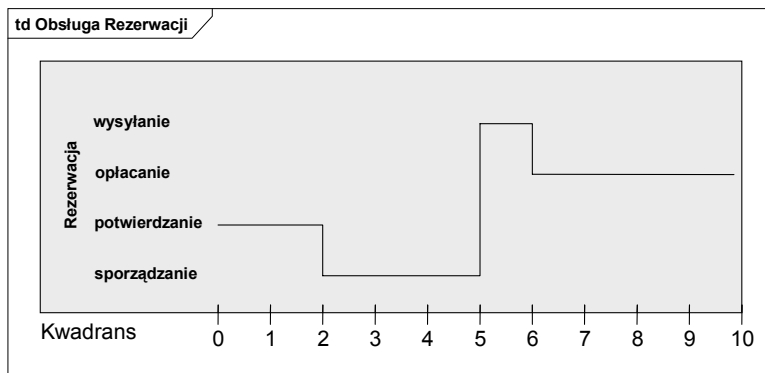
Pojęcie klasyfikatora wprowadzono i omówiono w rozdziale 1., podczas gdy powszechnie stosowane rodzaje klasyfikatorów języka UML 2 wskazano w rozdziale 7.

Lista możliwych stanów jest specyficzna dla każdej instancji klasyfikatora, jednak można wyróżnić kilka typowych **stanów** (ang. *states*), takich jak:

- ♦ bezczynność,
- ♦ czuwanie,
- ♦ oczekiwanie,
- ♦ wykonywanie,
- ♦ obliczanie.

**Linia zmiany stanów** (ang. *timeline*) może przedstawiać stany instancji klasyfikatora lub określonej, mierzalnej zmiennej — np. natężenia hałasu lub poziomów wybranego indeksu giełdowego. Diagram harmonogramowania w odniesieniu do instancji klasyfikatora *Rezerwacja* ze stanami *sporządzanie*, *potwierdzanie*, *opłacanie* oraz *wysyłanie* przedstawia rysunek 9.1.

**Rysunek 9.1.**  
*Diagram  
 harmonogramowania  
 dla obiektu klasy  
 Rezerwacja*



## Zaawansowane składniki diagramu

Przedstawiony na rysunku 9.1 diagram harmonogramowania jest użyteczny w dokumentowaniu stosunkowo prostych interakcji. Istnieje jednak możliwość jego rozszerzenia o szereg **zaawansowanych kategorii**, takich jak:

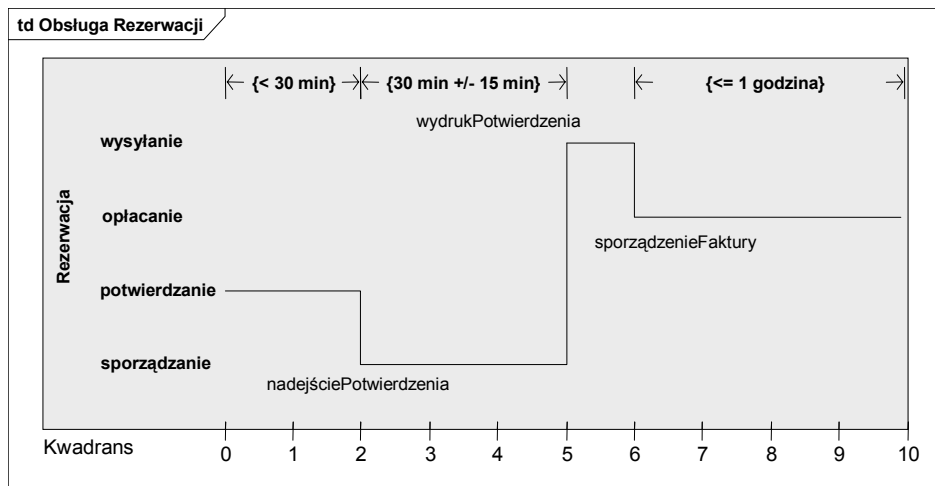
- ♦ zdarzenia,
- ♦ ograniczenia czasowe,
- ♦ alternatywne sposoby prezentacji stanów,
- ♦ harmonizacja linii zmiany stanów dla kilku instancji klasyfikatorów biorących udział w interakcji,
- ♦ przesyłanie komunikatów.

## Zdarzenia i ograniczenia czasowe

Załamanie linii zmiany stanów instancji klasyfikatora oznacza wystąpienie **zdarzenia** powodującego zainicjowanie nowego stanu tej instancji. Zdarzenia w harmonogramie rezerwacji przedstawia rysunek 9.2. Sprecyzowano na nim stany instancji klasyfikatora *Rezerwacja* i czas ich trwania poprzez określenie **ograniczeń czasowych** (ang. *constraints*) w odniesieniu do stanów:

- ♦ *potwierdzanie* — {<30 min},
- ♦ *sporządzanie* — {30 min +/- 15 min},
- ♦ *opłacanie* — {<=1 godzina}.

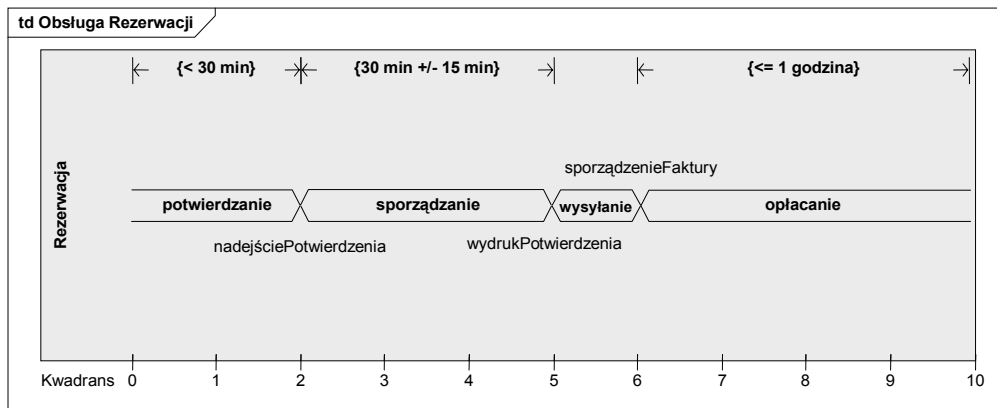
Jeśli skala czasu w sposób jednoznaczny określa długość trwania stanu, nie zaznacza się ograniczeń czasowych, co zilustrowano na rysunku 9.2 dla stanu *wysyłanie*.



Rysunek 9.2. Diagram harmonogramowania ze zdarzeniami i ograniczeniami czasowymi

## Alternatywne sposoby prezentacji stanów

Poza podstawową formą prezentacji diagramów harmonogramowania istnieje **alternatywna** konwencja ich dokumentowania. Obie notacje mogą być stosowane zamiennie i wzajemnie przekształcane. Diagram harmonogramowania utworzony z wykorzystaniem alternatywnej konwencji, będący odpowiednikiem rysunku 9.2, zaprezentowano na rysunku 9.3.

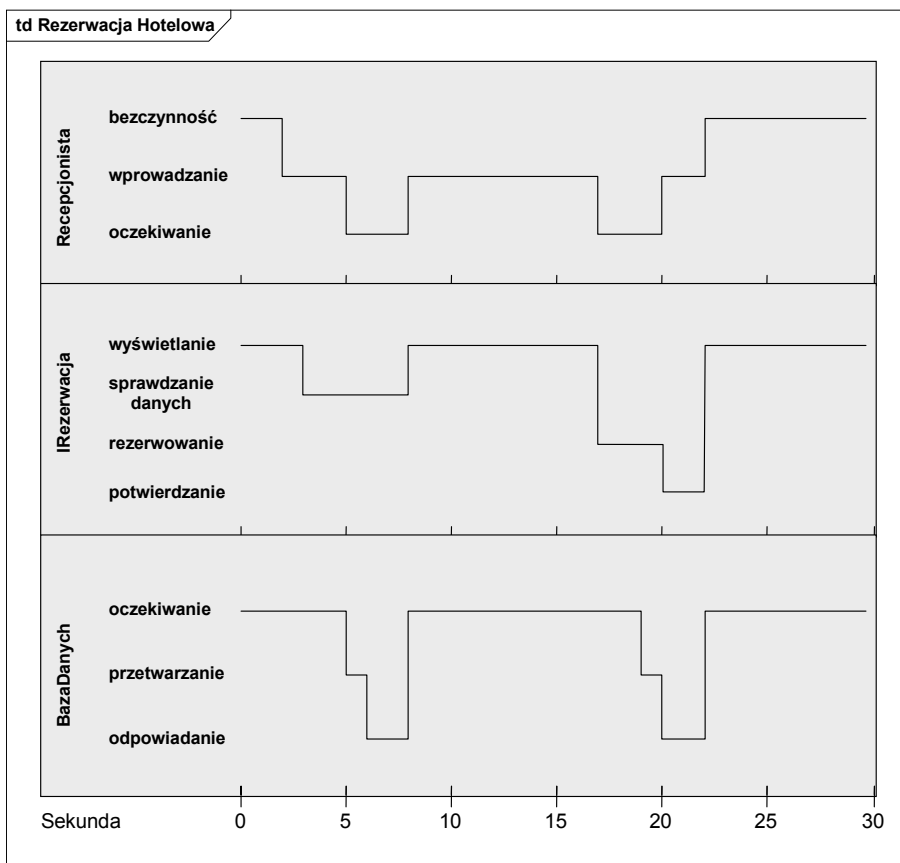


Rysunek 9.3. Alternatywna notacja diagramów harmonogramowania

## Harmonizacja linii zmiany stanów

W interakcji w praktyce uczestniczy kilka, kilkanaście, a w niektórych sytuacjach nawet więcej instancji klasyfikatorów. Każda z nich może przyjmować określone stany. Diagramy harmonogramowania umożliwiają przedstawienie interakcji w pełnym

wymiarze, tzn. ze wszystkimi współpracującymi instancjami klasyfikatorów w horyzoncie czasowym harmonogramu. W tak opracowanym diagramie harmonogramowania osiąga się nie tylko specyfikację zmian stanu instancji klasyfikatora. Umożliwia on również przedstawienie interakcji instancji klasyfikatorów, które biorą udział w tej interakcji w każdym momencie okresu, dla którego jest opracowany harmonogram. Stwarza to możliwość **harmonizacji** współdziałania instancji klasyfikatorów w czasie. Harmonizacja poszczególnych instancji klasyfikatorów i ich stanów na osi czasu może być właściwie oddana wyłącznie z wykorzystaniem podstawowej notacji. Diagram na rysunku 9.4 jest przykładem harmonizacji instancji klasyfikatorów. Przedstawia przypadek rejestrowania rezerwacji w bazie danych hotelu.



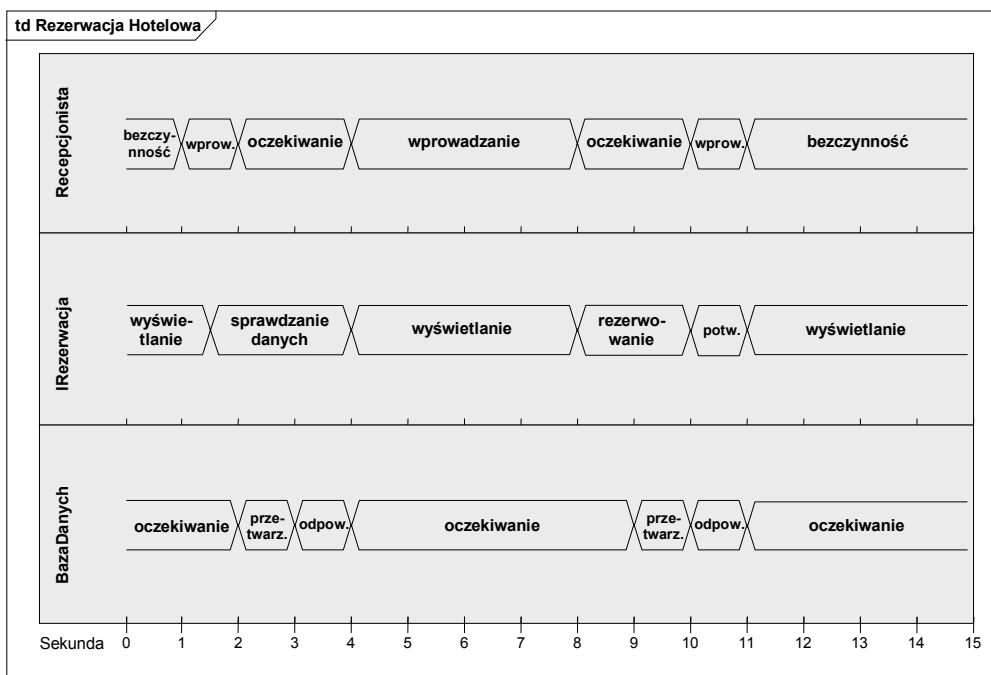
**Rysunek 9.4.** Harmonogramowanie rejestrowania rezerwacji hotelowej

Przypadek rejestrowania rezerwacji w bazie danych hotelu jest elementem scenariusza wyspecyfikowanego na diagramie sekwencji przedstawionym na rysunku 7.5. W przypadku tym występują trzy instancje klasyfikatorów:

- ♦ *Recepcjonista*,
- ♦ *IRezerwacja*,
- ♦ *BazaDanych*.

Na wstępie instancje te są odpowiednio w stanach: *bezczynności*, *wyświetlania* oraz *oczekiwania*. W wyniku wystąpienia konkretnego zdarzenia, tj. przyjęcia zgłoszenia klienta, recepcjonista otwiera rezerwację. Posługuje się w tym celu wyświetlaną na ekranie formatką *IRezerwacja*. *Recepcjonista* wprowadza dane, których kompletność oraz poprawność formalna jest sprawdzana przez *IRezerwację*. Następnie realizowana jest operacja przetwarzania danych — fakt dokonania rezerwacji pokoju albo pokoi jest odnotowywany w *BazieDanych*. W ramach *IRezerwacji* wyświetlane jest potwierdzenie dokonania rezerwacji. W efekcie zakończenia realizacji całej transakcji poszczególne instancje klasyfikatorów przechodzą do stanów wyjściowych.

Prezentowanie stanów kilku instancji klasyfikatorów w systemie jest możliwe także z wykorzystaniem opisanej notacji alternatywnej. Notacja ta pozwala na specyfikację stanów poszczególnych instancji względem czasu trwania tych stanów. Nie zawiera ona jednak elementu harmonizacji poszczególnych instancji klasyfikatorów i ich stanów na osi czasu (rysunek 9.5).



Rysunek 9.5. Rejestrowanie rezerwacji w bazie danych hotelu — notacja alternatywna

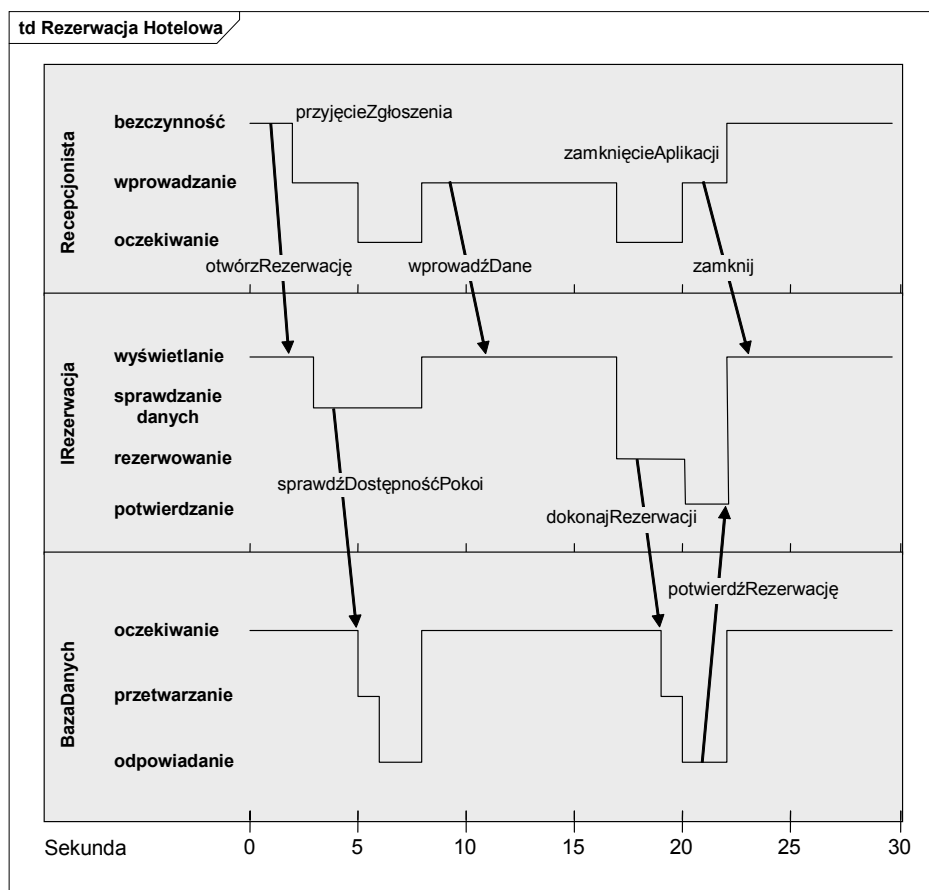
## Przesyłanie komunikatów

Diagramy harmonogramowania można wzbogacić o dokumentowanie interakcji w postaci komunikatów przesyłanych między instancjami klasyfikatorów. Źródłem tej informacji są odpowiednie diagramy sekwencji lub komunikacji. W związku z tym na diagramach harmonogramowania można przedstawić wszystkie rodzaje komunikatów

omówionych w punkcie *Zaawansowane składniki diagramu* z wyjątkiem komunikatu utraconego oraz znalezionego. Na podstawie diagramu harmonogramowania przedstawionego na rysunku 9.4 wyspecyfikowano następujące komunikaty:

- ♦ *otwórzRezerwację*,
- ♦ *sprawdźDostępnośćPokoi*,
- ♦ *wprowadźDane*,
- ♦ *dokonajRezerwacji*,
- ♦ *potwierdźRezerwację*,
- ♦ *zamknij*.

Zostały one wprowadzone do diagramu harmonogramowania zilustrowanego na rysunku 9.6.



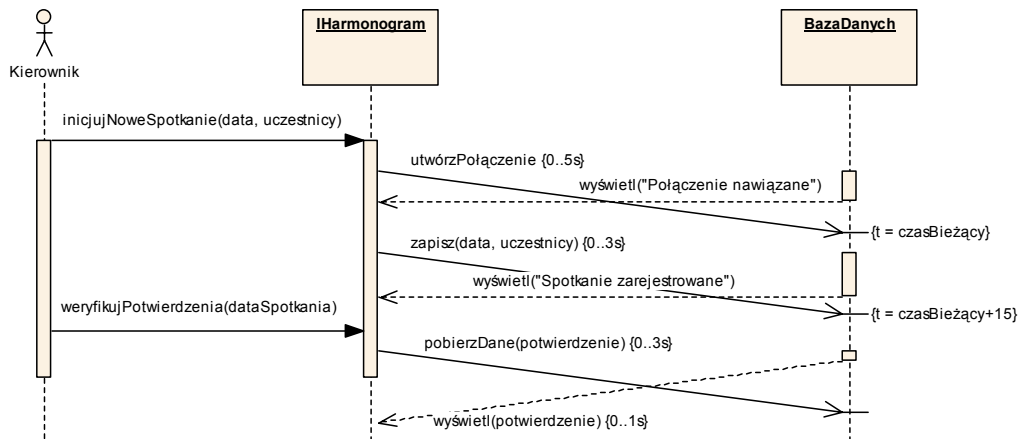
Rysunek 9.6. Komunikaty na diagramach harmonogramowania

## Diagramy sekwencji a harmonogramowanie

Pewne elementy harmonogramowania, w szczególności ograniczenia czasowe, można przedstawić na diagramach sekwencji. Wprowadza się je:

- ◆ nad symbolem komunikatu pomiędzy dwoma instancjami klasyfikatorów — w przypadku wskazywania czasu wykonania operacji inicjowanej przez komunikat;
- ◆ równolegle do linii życia instancji klasyfikatora pomiędzy dwoma komunikatami — w przypadku wskazywania przedziału czasowego pomiędzy tymi komunikatami.

Określanie ograniczeń czasowych w wersjach 1.x języka UML było możliwe przede wszystkim na diagramach sekwencji. Na diagramach harmonogramowania ograniczenia przedstawia się w sposób jawny. Jednak poważnym, technicznym utrudnieniem zapisu wspomnianych ograniczeń na diagramie sekwencji jest stosowanie przy ich tworzeniu pełnej, obszernej składni komunikatu. W połączeniu z zapisem ograniczeń czasowych nadmiernie komplikuje to diagram, czyniąc go tym samym mało przejrzystym. W związku z wprowadzeniem diagramów harmonogramowania poprzednia forma zapisu ograniczeń czasowych może mieć jedynie charakter wstępny lub uproszczony. Ograniczenia czasowe na diagramach sekwencji przedstawia rysunek 9.7.



**Rysunek 9.7.** Ograniczenia czasowe w systemie harmonogramowania spotkań

Rysunek ten ilustruje harmonogramowanie projektów. I tak Kierownik, chcąc zainicjować nowe spotkanie zespołu projektowego, określa datę oraz uczestników spotkania z wykorzystaniem interfejsu *IHarmonogram*. W momencie, gdy Kierownik potwierdzi wybór, instancja klasyfikatora *IHarmonogram* tworzy połączenie z *BaząDanych*. Zastosowane ograniczenie czasowe wskazuje, że wykonanie operacji *utwórzPołączenie* może potrwać maksymalnie 5 sekund. W momencie uzyskania połączenia na interfejsie *IHarmonogram* wyświetlane jest stosowne potwierdzenie. Następnie realizowana jest operacja *zapisz*. Jej wykonanie powoduje zapisanie w *BazieDanych* daty spotkania

i jego składu osobowego, wcześniej określonego przez *Kierownika*. Limit czasu wykonania wspomnianej operacji wynosi 3 sekundy. Z kolei pomiędzy wywołaniem operacji *utwórzPołączenie* oraz *zapisz* upływa w systemie 15 sekund.

Po zapisaniu danych wyświetlane jest potwierdzenie zarejestrowania spotkania. Asynchronicznie w stosunku do inicjowania przez siebie nowych spotkań, *Kierownik* może weryfikować potwierdzenia obecności uczestników na innych spotkaniach projektowych. W tym celu *Kierownik* określa konkretną datę spotkania. Następnie *IHarmonogram* pobiera potwierdzenia zarejestrowane tego dnia. W efekcie realizowana jest operacja *wyświetl*, udostępniająca *Kierownikowi* potwierdzenia poszczególnych uczestników spotkań projektowych. Na wyświetlenie potwierdzeń przewidziano 1 sekundę.

## Proces tworzenia diagramu harmonogramowania

Informacje przedstawiane na diagramach harmonogramowania są w znacznej mierze pochodną kategorii pojęciowych diagramów sekwencji, komunikacji oraz diagramów maszyny stanowej. Stąd w procesie tworzenia diagramów harmonogramowania wykorzystywane mogą być inne diagramy języka UML. Kluczowymi **etapami** tego procesu są:

1. identyfikacja interakcji udokumentowanej diagramem sekwencji lub diagramem komunikacji,
2. przeniesienie lub dobór klasyfikatorów,
3. identyfikacja stanów każdej instancji klasyfikatora z wykorzystaniem diagramów maszyny stanowej,
4. ustalenie horyzontu czasowego diagramu,
5. wyspecyfikowanie linii zmiany stanu instancji klasyfikatorów,
6. wprowadzenie ograniczeń czasowych dla poszczególnych stanów instancji klasyfikatora,
7. nazwanie i wprowadzenie odpowiednich zdarzeń na podstawie diagramów maszyny stanowej,
8. harmonizacja linii zmiany stanu wszystkich instancji klasyfikatorów interakcji prezentowanych na diagramie,
9. przeniesienie lub wprowadzenie komunikatów przesyłanych pomiędzy instancjami klasyfikatorów uczestniczącymi w interakcji.

Ze względu na wykorzystywanie w procesie tworzenia diagramów harmonogramowania szeregu kategorii pojęciowych innych diagramów, bardzo istotne jest zachowywanie spójności pomiędzy nimi. Proces tworzenia diagramów harmonogramowania podlega regułom iteracyjno-przyrostowego cyklu życia systemu.

## Podstawowe pojęcia

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| Diagram harmonogramowania | Harmonizacja         |
| Definicja                 | Interakcja           |
| Klasyfikator              | Iteracja             |
| Linia zmiany stanów       | Komunikat            |
| Nazwa stanu               | Przesyłanie          |
| Notacja                   | Asynchroniczny       |
| Klasyczna                 | Oczekujący           |
| Alternatywna              | Opcjonalny           |
| Proces tworzenia          | Synchroniczny        |
| Diagram komunikacji       | Zwrotny              |
| Izomorfizm                | Ograniczenie czasowe |
| Stan                      | Skala czasu          |
| Bezczynność               | Stan                 |
| Czuwanie                  | System               |
| Obliczanie                | Czasu rzeczywistego  |
| Oczekiwanie               | Wbudowany            |
| Wykonywanie               | Warunek              |
| Diagram maszyny stanowej  | Zdarzenie            |
| Diagram sekwencji         |                      |
| Ośrodek sterowania        |                      |
| Linia życia               |                      |

## Pytania i zadania

1. Wyjaśnij zależności pomiędzy poszczególnymi diagramami interakcji.
2. Uzasadnij potrzebę sporządzania harmonogramów interakcji.
3. Jakie rodzaje diagramów języka UML można uznać za źródłowe dla diagramów harmonogramowania? Wyjaśnij dlaczego.
4. Wymień przykłady instancji klasyfikatorów, których stany mogą być odzwierciedlane na diagramie harmonogramowania. Wskaż typowe stany dla każdego z nich.

5. Czym jest linia zmiany stanu instancji klasyfikatora? Co oznaczają jej załamania?
6. Opierając się na diagramach 7.24 oraz 5.13, sporządź diagram harmonogramowania opisujący funkcjonowanie:
  - ♦ *Licytacji*,
  - ♦ *Egzaminu*.
7. Jakich aspektów dotyczą zaawansowane kategorie pojęciowe diagramów harmonogramowania?
8. Na diagramie harmonogramowania instancji klasyfikatora *Licytacja* (pytanie 6.) zaznacz i nazwij zdarzenia.
9. Uzupełnij tak sporządzony diagram o ograniczenia czasowe. Przekształć stosowaną na nim notację w alternatywną.
10. W jakim celu stosuje się harmonizację? Jakie warunki muszą być spełnione, aby zaprezentowanie harmonizacji na diagramie było możliwe?
11. Opierając się na rysunku 7.17, sporządź diagram harmonogramowania. Obligatoryjnie uwzględnij komunikaty.
12. Odwołaj się do strony internetowej [www.bankier.pl](http://www.bankier.pl). Wybierz produkty finansowe o notowaniach skokowych. Na ich podstawie opracuj stosowny diagram harmonogramowania.
13. Porównaj użyteczność i przejrzystość zapisu ograniczeń czasowych na diagramach harmonogramowania i diagramach sekwencji. Zilustruj wnioski graficznie, korzystając z diagramu zamieszczonego na rysunku 9.2.
14. Jak przebiega proces tworzenia diagramów harmonogramowania? Uzasadnij jego poszczególne etapy.