# Programowanie i projektowanie obiektowe

Paweł Daniluk

Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski

Jesień 2014

# Spis treści

# Rozdział 1

# Wstęp

Tradycyjne języki programowania imperatywnego mają relatywnie ubogi repertuar typów danych. Zazwyczaj są to:

- typy proste – liczby, znaki, wartości logiczne, napisy
- tablice – numerowane ciągi wartości innych typów, np. wektor liczb całkowitych.
- struktury (rekordy) – zestaw nazwanych pól określonych typów.

Wymienione powyżej typy pozwalają na przechowywanie w zorganizowany sposób dowolnych danych. Typy proste pozwalają na przechowywanie pojedynczych wartości. Tablice znakomicie nadają się w przypadku, gdy konieczne jest składowanie wielu wartości tego samego rodzaju, które (z reguły) należą do jednego zbioru. Przykładowo, tablice można wykorzystać do przechowywania wektorów i macierzy, albo danych o studentach należących do grupy ćwiczeniowej. W ostatnim przypadku należy wpierw dysponować typem opisującym pojedynczego studenta – jest to typ pojedynczego elementu tablicy. Do tego celu służą struktury (czasem zwane rekordami). Pozwalają one na zgrupowania nazwanych elementów, które w odróżnieniu od tablic mogą mieć różne typy. W ten sposób można zdefiniować strukturę `Student`, która ma atrybuty `imie` i `nazwisko` będące napisami, `nrindeksu` będący liczbą oraz `dataur` będący datą.
Z reguły programy w językach imperatywnych składają się z funkcji, które pozwalają na wyróżnienie wielokrotnie wykorzystywanych elementów programu. Funkcje przyjmują argumenty (możliwe są również funkcje bezargumentowe) i na ich podstawie obliczają wynik. W programie (module programu) może występować co najwyżej jedna funkcja o danej nazwie[1].
Stosując opisanym powyżej sposób programowania wielokrotnie natrafia się na trudność wynikającą z faktu, że operacja o określonej nazwie może być w różny sposób realizowana dla konkretnych typów danych. Na przykład funkcja `pole` służąca do obliczania pola figury geometrycznej musi zachowywać się różnie w zależności od figury, która została przekazana jako argument.

```
def pole(figura):
```

[1] Powyższe rozważania są uogólnieniem. Istnieją języki programowania, dla których powyższe stwierdzenia nie są prawdziwe

```
if figura is Kolo:
    return pi * figura.r * figura.r
elif figura is Kwadrat:
    return figura.a * figura.a
elif figura is Prostokat:
    return figura.a * figura.b
```

Taka funkcja jest skomplikowana i wymaga aktualizacji za każdym razem, gdy w systemie pojawia się nowy rodzaj figury geometrycznej.
Alternatywnie można zaimplementować niezależne funkcje dla każdej figury o nazwach `poleKola`, `poleKwadratu` i t. d. Wadą takiego rozwiązania objawia się w sytuacji, gdy dysponujemy figurą nieznanego rodzaju i chcemy obliczyć jej pole. Wtedy wywołanie odpowiedniej funkcji należy poprzedzić szeregiem testów.
Z reguły w dużym systemie funkcji podobnych do rozważanej jest wiele (w przypadku figur geometrycznych mogą to być `obwod`, `rysuj`, `srednicaokreguopisanego`), co prowadzi do programu skomplikwanego i trudnego w utrzymaniu.
Programowanie obiektowe pozwala na łatwe rozwiązanie przedstawionych trudności. W programowaniu obiektowym dane przechowywane są w formie obiektów, które do pewnego stopnia są podobne do struktur. Jednak oprócz atrybutów do obiektów mogą być przypisane również metody, czyli fragmenty programu opisujące operacje, które na konkretnym obiekcie można wykonać. Obiekty często opowiadają rzeczywistym przedmiotom (osobom, zdarzeniom), których dotyczy działanie systemu. W przykładzie opisanym powyżej obiektami byłyby figury geometryczne. Ich atrybuty zależałyby od rodzaju figury (koło – `r`; kwadrat – `a`; prostokąt – `a`, `b`). W tym zakresie rozwiązanie obiektowe nie różni się od przedstawionego powyżej. Jednakowoż poza atrybutami obiekty mogą również posiadać metody. W tym wypadku byłaby to metoda `pole`, która obliczałaby i zwracała pole obiektu, dla którego została wywołana.
Obiekty podobnego rodzaju grupuje się w *klasy*. Obiekty należące to jednej klasy mają te same metody. W ten sposób można niewielkim wysiłkiem tworzyć obiekty posiadające pożądane własności.

## 1.1 Polimorfizm i dziedziczenie

O ile w programowaniu nieobiektowym może istnieć tylko jedna funkcja o danej nazwie, w przypadku obiektowym różne obiekty mogą mieć metody o tej samej nazwie. Pozwala to na uzyskanie efektu, w którym znaczenie instrukcji zależy od kontekstu. Przykładowo napis `f.pole()` może oznaczać zastosowanie różnego wzoru w zależności od rodzaju figury będącej wartością zmiennej `f`. Taki efekt nazywa się *polimorfizmem*. W zależności od konkretnego języka programowania identyfikuje się różne rodzaje polimorfizmu. Wyróżnia się miedzy innymi:

**polimorfizm statyczny** w którym na etapie kompilacji da się przewidzieć, która funkcja zostanie wykonana, na podstawie zadeklarowanych typów zmiennych

**polimorfizm dynamiczny** w którym dopiero podczas wykonania programu określana jest właściwa funkcja (metoda)

**polimorfizm uniwersalny** polegający na tworzeniu podprogramów (np. funkcji) działających na różnych typach danych (np. iloczyn skalarny).

**polimorfizm ad-hoc** gdzie właściwa funkcja jest dobierana na podstawie typu argumentów.

Ponadto w programowaniu obiektowym dopuszcza się definiowanie nowych klas na podstawie już istniejących. Wymagane jest wówczas określenie różnicy pomiędzy klasą podstawową i klasą potomną. Ten sposób definiowania klas nazywa się *dziedziczeniem*, klasę definiowaną (dziedziczącą) nazywa się *podklasą*, a klasę (klasy), z której następuje dziedziczenie – *nadklasą*. Tym sposobem fragmenty definicji wspólne dla wielu klas można ulokować w nadklasie, z której będą one dziedziczyć.

# Rozdział 2

# Analiza obiektowa

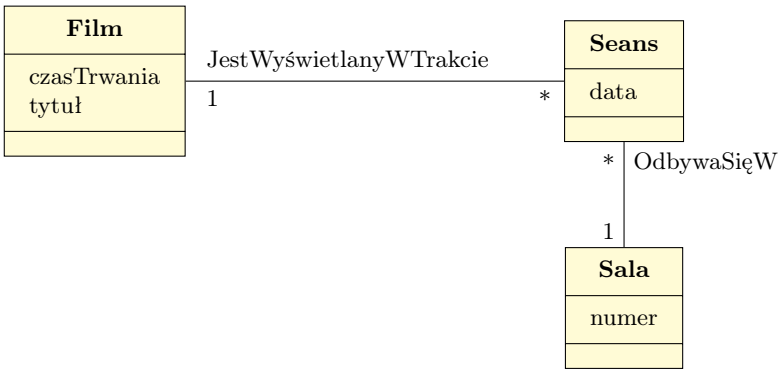
Realizacja każdego projektu informatycznego składa się z następujących etapów:

1. Analiza
2. Projekt
3. Implementacja
4. Wdrożenie
5. Konserwacja

W tym rozdziale skupimy się na pierwszym etapie – *analizie* ze szczególnym uwzględnieniem analizy obiektowej. Celem tego etapu jest precyzyjne opisanie problemu i określenie docelowych wymagań. Jego pominięcie lub zaniedbanie może mieć fatalne i nieusuwalne skutki w postaci programu, który nie spełnia założeń.
Należy podkreślić, że celem analizy jest badanie i opisanie problemu. Podczas jej przeprowadzania **nie należy** rozważać konkretnych rozwiązań programistycznych.
Analiza obiektowa polega na identyfikacji i klasyfikacja *obiektów pojęciowych*. Obiekty pojęciowe nie mają związku z obiektami, które istnieją w programie obiektowym – odpowiadają one pojęciom i koncepcjom ze świata rzeczywistego. Jest to zagadnienie zasadniczo odmienne od projektowania, gdzie celem jest znalezienie konkretnego rozwiązania (programistycznego i sprzętowego), które realizuje wymagania wynikające z przeprowadzonej analizy. Elementem projektu może być schemat bazy danych albo opis klas programowych.
Analiza i projektowanie dają się krótko streścić jako "zrób co należy (analiza) oraz zrób to jak należy (projektowanie)".

## 2.1 Obiektowe modelowanie dziedziny

*Model dziedziny* odzwierciedla pojęcia z modelowanej części świata rzeczywistego oraz zależności pomiędzy nimi. Jego elementami są *klasy pojęciowe*, które grupują obiekty o jednakowych właściwościach. Model dziedziny określa również powiązania pomiędzy klasami pojęciowymi oraz posiadane przez nie atrybuty.




Rysunek 2.1: Fragment modelu dziedziny systemu obsługi kin

W modelu dziedziny nie zajmujemy się klasami programowymi (ang. software class). Może on posłużyć jako źródło inspiracji przy ich projektowaniu, ale nie w drugą stronę.
W wypadku systemu informacyjnego dla Zakładu Transportu Miejskiego klasami pojęciowymi mogą być: Autobus, Linia i Kierowca. Fragment modelu dziedziny dla systemu obsługi kina przedstawiono na rysunku 2.1. Przykład zawiera trzy klasy pojęciowe: Film, Seans, Sala. Odpowiadają one kategoriom ze świata rzeczywistego. Film jest wytworem artystycznym, Sala fizyczną lokalizacją, a Seans zdarzeniem. Do własności filmu zalicza się m.in. tytuł i czasTrwania. Każdy seans ma datę, kiedy się odbywa. Sale są identyfikowane przy pomocy numerów. Ponadto na diagramie odzwierciedlony jest fakt, że filmy są wyświetlane podczas seansu (związek JestWyświetlanyWTrakcie). Liczby i znaki * oznaczają krotność związku. Z diagramu wynika, że seans odbywa się w dokładnie jednej sali kinowej, oraz że w sali kinowej może mieć miejsce dowolnie wiele seansów (aczkolwiek oczywiście nie w jednym terminie).

## 2.2 Odnajdywanie klas pojęciowych

Pierwszym etapem przeprowadzania analizy obiektowej jest identyfikacja istotnych dla realizowanego zadania klas pojęciowych. Jeżeli dysponujemy tekstowym opisem zadania, dobrym pierwszym przybliżeniem jest odnalezienie fraz rzeczownikowych. W tekście poniżej podkreślono wszystkie frazy rzeczownikowe. Podwójną linią wyróżniono potencjalne klasy pojęciowe.

> Towary w supermarkecie wystawione są na półkach, które pogrupowane są w regały i alejki. Na półce mogą znajdować się produkty jednego rodzaju. Półka ma ograniczoną pojemność. Ponadto istnieje magazyn, gdzie przechowywane są zapasy towarów. Sprzedaż jest rejestrowana w kasach. Należy zaprojektować system pozwalający na rejestrowanie ilości towarów wystawionych w sklepie oraz składowanych w magazynie. Na podstawie sprzedaży należy prognozować stany na półkach i generować zlecenia uzupełnienia towarów. Należy również wprowadzić możliwość rejestrowania stanów faktycznych.

Niektóre rzeczowniki nie mają związku z problemem będąc nazwami cech lub czynności (pojemność, możliwość, rejestrowanie). Inne nie mają przełożenia na rzeczywiste obiekty, które są przedmiotem działania systemu (system, sklep, supermarket). Pomijając dwa ostatnie przyjmujemy, że oprogramowanie jest tworzone dla jednego konkretnego sklepu. To założenie nie zawsze musi być poprawne.
Po odrzuceniu rzeczowników, które nie mają związku z problemem (pojedyncze podkreślenie), należy uporządkować pojęcia znajdując synonimy:

- *towar, produkt*
- rodzaj
- półka
- regał
- alejka
- magazyn
- *zapas towaru, ilość towaru, stan na półce, stan faktyczny*
- sprzedaż
- kasa
- zlecenie uzupełnenia towaru

Na koniec należy wybrać pojęcia, które są istotne dla rozwiązania poblemu oraz je dobrze zdefiniować, jeżeli ich znaczenie nie jest jasne. W przedstawionym przykładzie należy zwrócić uwagę na klasę Produkt. Pojęcie to można rozumieć na dwa sposoby: jako konkretny egzemplarz produktu, albo jako rodzaj produktu oferowanego przez sklep. Pierwsze rozwiązanie jest poprawne, jeżeli istotne jeżeli towary są rozróżnialne (np. przez nr seryjny) i to rozróżnienie jest istotne z punktu widzenia działania systemu. W przeciwnym wypadku osobne ewidencjonowanie każdej paczki ciasteczek byłoby absurdalne. Doświadczenie podpowiada, że druga definicja jest dla supermarketu korzystniejsza.
Drugim problematycznym zestawem pojęć są ilości, stany i zapasy produktów. Można każdemu produktowi przypisać obiekty opisujące jego ilość w różnych lokalizacjach sklepu, albo przechowywać informację o ilości produktu jako atrybut konkretnej lokalizacji. Wskazówka, że na półce mogą znajdować się produkty jednego rodzaju, sugeruje, że drugie prostsze rozwiązanie jest wystarczające.
Zawsze przy znajdowaniu klas pojęciowych należy:

- używać istniejących nazw,
- nie zajmować się niczym, co nie dotyczy modelowanej części rzeczywistości,
- nie dodawać rzeczy, których nie ma.

| **Kategoria** | **Przykłady** | **Klasy z dziedziny gry w Monopol** |
|---|---|---|
| transakcje | SprzedażBiletu, RezerwacjaMiejsc | |
| pozycje transakcji | PozycjaRezerwacji | |
| produkty bądź usługi związane z transakcjami i kontraktami lub ich pozycjami | Bilet | |
| gdzie transakcje są odnotowywane | Kasa, WykazDostępnychMiejsc | |
| role ludzi i organizacji związanych z transakcją | Kasjer | Gracz |
| miejsce zajścia transakcji-/obsługi transakcji | Kasa, SalaKinowa | |
| zdarzenia (często trzeba pamiętać czas ich zajścia) | Seans | GraWMonopol |
| obiekty fizyczne | Bilet, Kino, Kasa, Miejsce | Plansza, Pionek, Kostka |
| opisy | OpisSeansu | |
| katalogi | KatalogSeansów, KatalogFilmów | |
| kontenery rzeczy fizycznych lub informacji | Kino, SalaKinowa | Plansza |
| rzeczy w kontenerach | SalaKinowa, Miejsce | Pole |
| inne współpracujące systemy | SystemAutoryzującyPłatnościElektroniczne | |
| potwierdzenia, rejestry, kontrakty, zagadnienia prawne | Pokwitowanie, PotwierdzenieRezerwacji | |
| instrumenty finansowe | Czek, Gotówka | |
| harmonogramy, instrukcje, dokumenty regularnie używane podczas wykonywania prac | DziennaListaPromocji | |

Tablica 2.1: Często spotykane kategorie klas pojęciowych

Zalecenie używania istniejących nazw utrudnia dodawanie klas pojęciowych, które w rzeczywistości nie występują. Dodatkowo na tym etapie należy się powstrzymywać przed nadmiernymi próbami porządkowania rzeczywistości przez tworzenie klas ogólniejszych niż przedmioty, które faktycznie występują w problemie (np. Pojazd zamiast Samochód i Motocykl). Należy również bezwzględnie pomijać pojęcia, które co prawda istnieją, ale nie są nieodzowne dla opisywanego procesu. Tabela 2.1 zawiera przykłady często spotykanych klas pojęciowych.

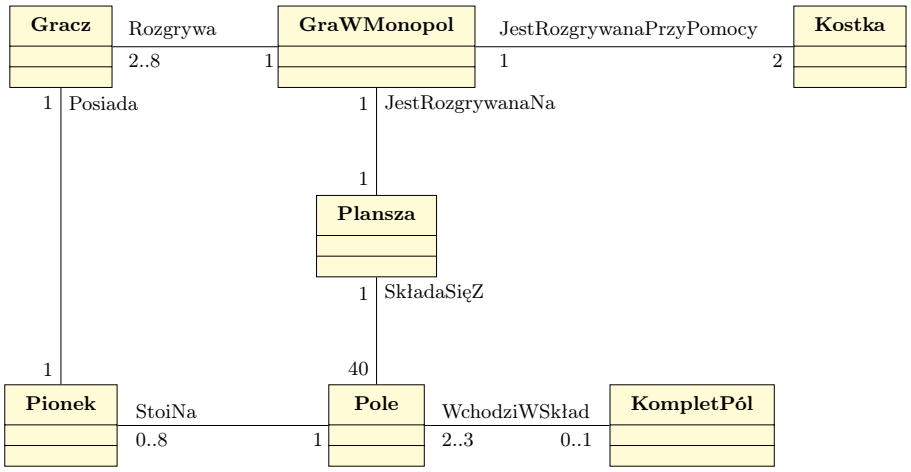
## 2.3 Odnajdywanie powiązań

*Powiązanie* (ang. *association*) między klasami wskazuje, że między obiektami do nich należącymi może występować jakaś zależność. W modelu dziedziny istotne są powiązania, które są niezbędne do wypełnienia wymagań informacyj-

| **Kategoria** | **Przykłady** | **Klasy z dziedziny gry w Monopol** |
|---|---|---|
| A jest transakcją związaną z inną transakcją B | Płatność–RezerwacjaMiejsc | |
| A jest pozycją transakcji B | PozycjaRezerwacji–RezerwacjaMiejsc | |
| A jest produktem lub usługą z transakcji lub pozycji transakcji B | Bilet–SprzedażBiletu | |
| A jest rolą związaną z transakcją B | Klient–Płatność | |
| A jest fizyczną lub logiczną częścią B | Miejsce–SalaKinowa, SalaKinowa–Kino | Pole–Plansza, Pole–KompletPól, GraWMonopol–Plansza, GraWMonopol–Kostka, GraWMonopol–Pionek |
| A fizycznie lub logicznie przechowywane w/na B | Kasa–Kino | Pionek–Pole, Pole–Plansza |
| A jest opisem B | OpisSeansu–Seans | |
| A jest rejestrowane, zgłaszane, utrwalane, pamiętane w/na B | SprzedażBiletu–Kasa | Pionek–Pole, GraWMonopol–Plansza |
| A jest uczestnikiem/pracownikiem/członkiem B | Kasjer–Kino | Gracz–GraWMonopol |
| A jest organizacyjną podjednostką B | Kino–SiećKin | |
| A używa, zarządza lub posiada B | Kasjer–Kasa | Gracz–Pionek |
| A jest obok B | PozycjaRezerwacji–PozycjaRezerwacji | |

Tablica 2.2: Często spotykane kategorie powiązań

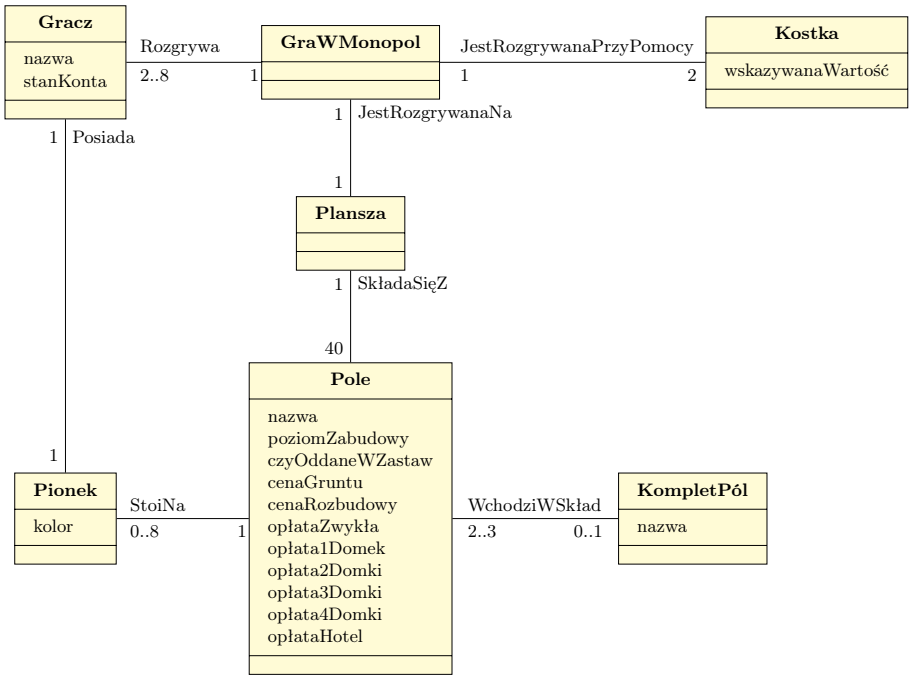
nych i pomagają zrozumieć dziedzinę. Warto w modelu umieszczać powiązania, o których trzeba przynajmniej przez jakiś czas "pamiętać". Najczęściej spotyka się powiązania odzwierciedlające różne rodzaje zawierania, bycia częścią lub elementem, hierarchie (np. służbowe) oraz uczestnictwo w procesach. Tabela 3.2 zawiera często spotykane kategorie powiązań wraz z przykładami.
Przy wybieraniu nazw dla powiązań należy mieć na uwadze, że nie każda nazwa, która pasuje, pozwoli innym zorientować się, o co nam chodziło. Dla wielu powiązań będzie na przykład pasować nazwa Dotyczy, ale nie przenosi ona wielu informacji. Poza określeniem faktu i nazwy powiązania podaje się jego *krotność* (liczebność). Jest to liczba obiektów, które mogą być powiązane z jednym obiektem z drugiej strony powiązania. Krotność można podawać w formie pojedynczej liczby, kilku liczb, lub przedziału. Podaje się ją niezależnie dla obydwu stron powiązania. Na rysunku 2.1 zaznaczono, że każdemu obiektowi klasy Seans odpowiada dokładnie jeden obiekt klasy Film, zaś obiektowi klasy Film może odpowiadać dowolnie wiele obiektów klasy Seans (w szczególności żaden).




Rysunek 2.2: Powiązania w modelu dziedziny dla gry w Monopol

## 2.4 Dodawanie atrybutów

Ostatnim etapem budowania modelu dziedziny jest dodawanie atrybutów do klas pojęciowych. Atrybuty służą do opisu obiektów należących do danej klasy. Typ ich wartości powinien należeć do typów prostych lub być tablicą o elementach typu prostego. Jeżeli wydaje się, że nie istnieje odpowiedni typ prosty, to najprawdopodobniej we wcześniejszym etapie pominięto klasę pojęciową. Ważne jest, aby atrybuty umieszczać we właściwych klasach.
Nie wszystkie klasy pojęciowe muszą mieć atrybuty.
Rysunek 2.3 przedstawia fragment obiektowego modelu dziedziny dla gry w Monopol.




Rysunek 2.3: Częściowy model dziedziny dla gry w Monopol

# Rozdział 3

# Projektowanie obiektowe

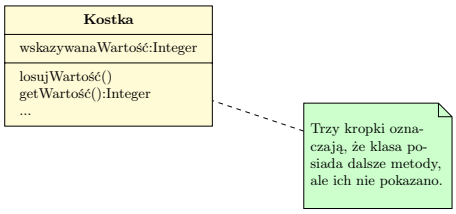
Projektowanie jest fazą rozwoju oprogramowania, której celem jest znalezienie rozwiązań technicznych prowadzących do programu/systemu spełniającego wymagania sformułowane podczas analizy. Podczas projektowania zazwyczaj pomija się niskopoziomowe lub oczywiste (dla zamierzonych odbiorców projektu) szczegóły i koncentruje się na wysokopoziomowych pomysłach oraz ideach.
Projektowanie obiektowe polega na określeniu klas programowych, ich atrybutów i metod oraz opisaniu sposobu ich działania. Projekt obiektowy stanowi podstawę do tworzenia implementacji klas w konkretnym języku programowania. Na projekt obiektowy składają się informacje o:

- klasach,
- atrybutach,
- metodach,
- dziedziczeniu,
- powiązaniach (wraz ze sposobem realizacji).

Dobrym punktem wyjściowym do określenia klas programowych jest obiektowy model dziedziny i jego klasy pojęciowe. Każda klasa pojęciowa wraz ze swoimi atrybutami musi zostać odzwierciedlona w projekcie. Może się zdarzyć (szczególnie w przypadku skomplikowanych obiektów), że z różnych powodów jednej klasie pojęciowej będzie odpowiadało kilka klas programowych, lub (zwłaszcza w przypadku występowania powiązania jeden-do-jednego) że klasy pojęciowe zostaną scalone w jedną klasę programową. Ponadto podczas projektowania może okazać się konieczne zdefiniowanie szeregu klas pomocniczych. Atrybuty klas pojęciowych powinny zostać przypisane do odpowiadających im klas programowych. Można pominąć atrybuty, których wartość zamiast przechowywać można obliczać w razie potrzeby.

## 3.1 Metody

Można powiedzieć, że programowanie obiektowe polega na wyznaczaniu obiektom odpowiedzialności. Te odpowiedzialności są dwóch typów: za pamiętanie



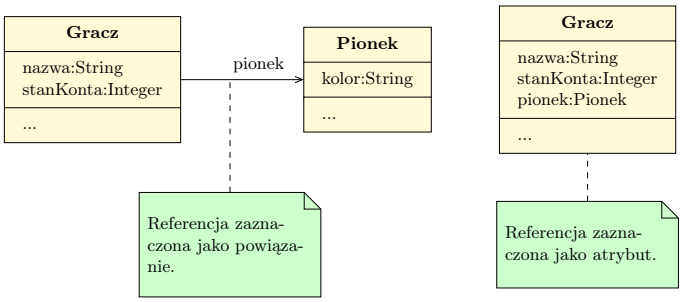

Rysunek 3.1: Klasa Kostka wraz z metodami

pewnych danych i za wykonywanie operacji na tych danych. Odpowiedzialność za pamiętanie jest realizowana poprzez atrybuty. Znacznie trudniejsze i istotniejsze jest właściwe rozdzielenie odpowiedzialności za wykonanie operacji. W projekcie obiektowym realizuje się to poprzez przypisywanie metod do klas programowych. Metoda jest w swojej koncepcji rodzajem funkcji przypisanej do konkretnego obiektu. Może przyjmować argumenty i zwracać wartości. Efekt działania metody zależy również od obiektu, dla którego została wywołana, i jego atrybutów. W większości przypadków nazwa metody wystarczająco precyzyjnie określa jej działanie. W przeciwnym wypadku może być konieczne dodanie do projektu dodatkowego opisu. Rysunek 3.1 przedstawia klasę Kostka z gry Monopol wraz z niektórymi metodami.

## 3.2 Typy danych i powiązania

Nawet jeżeli język programowania, który zostanie użyty do implementacji systemu, tego nie wymaga, warto jest w projekcie określić typ wartości atrybutów klas oraz typy argumentów i wartości zwracanych przez metody. Pozwala to między innymi na weryfikację, czy zaprojektowane atrybuty mają właściwy typ. Jeżeli nie istnieje odpowiedni typ prosty, ale istnieje w projekcie pasująca klasa, należy domniemywać, że w obiektowym modelu dziedziny atrybut należy zastąpić powiązaniem. Jeżeli nie ma pasującej klasy, najprawdopodobniej należy uzupełnić model.
Zazwyczaj powiązania pomiędzy klasami realizuje się przy pomocy atrybutów. Projektując należy zdecydować, do której z powiązanych klas będzie należał atrybut określający powiązanie. Jest technicznie możliwe utworzenie atrybutów w obydwu klasach, ale konsekwencją takiej decyzji jest konieczność utrzymywania spójności pomiędzy ich wartościami. Przy takim rozwiązaniu bowiem ta sama informacja jest przechowywana w dwóch miejscach i możliwe jest pojawienie się sprzeczności. W przypadku powiązań wiele-do-wielu atrybut określający powiązanie musi być typu tablicowego[1]. Na diagramie powiązanie realizowane przez atrybut można opatrzeć strzałką o grocie skierowanym od klasy zawierającej atrybut. Przykłady notacji oznaczającej powiązanie przedstawiono na rysunku 3.2.

[1]Lub równoważnego. W zależności od języka można zastosować listę, zbiór albo inną typ pozwalający przechowywać wiele wartości tego samego typu.

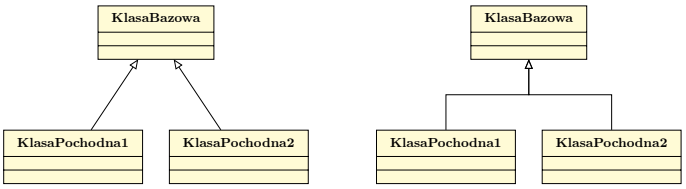



Rysunek 3.2: Sposoby zaznaczania powiązań

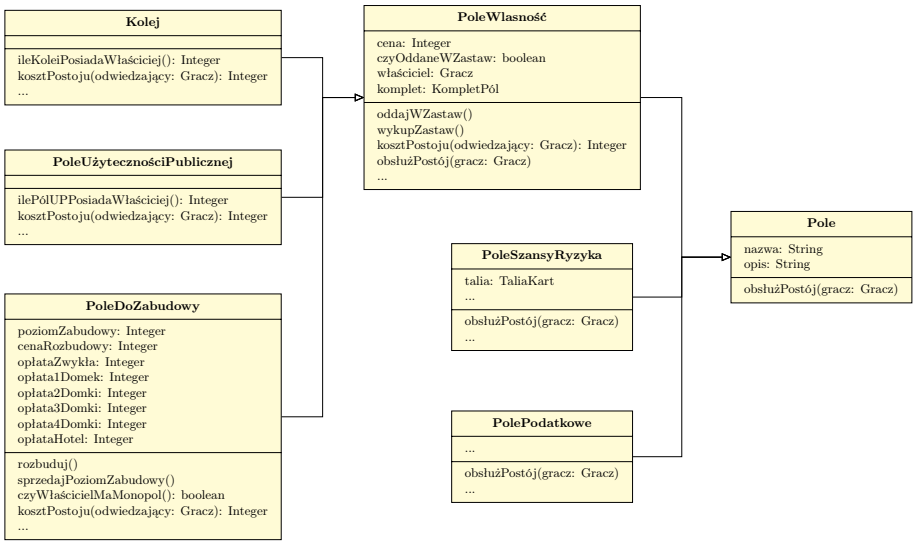
## 3.3 Dziedziczenie i hierarchia klas

Dziedziczenie jest fundamentalnym aspektem projektowania obiektowego. Służy ono odzwierciedleniu naturalnej zależności pomiędzy klasami, w której jedna z klas jest szczególnym przypadkiem lub rozszerzeniem drugiej. Klasa pochodna (podklasa) zachowuje wszystkie cechy i funkcjonalności klasy bazowej (nadklasy) oraz może posiadać dodatkowy zestaw cech i funkcjonalności charakterystycznych tylko dla obiektów do niej należących. W fazie projektowania należy zidentyfikować tego typu zależności pomiędzy klasami pojęciowymi z modelu dziedziny. Przykładowo w systemie zawierającym klasy pojęciowe Pracownik i Kierownik obiekty klasy Kierownik bez wątpienia przynależą również do klasy Pracownik, ponieważ każdy kierownik musi być równocześnie pracownikiem przedsiębiorstwa. Rzecz jasna nie zachodzi zależność odwrotna – nie każdy pracownik jest kierownikiem. Można zatem w projekcie przyjąć, że klasa Kierownik powinna dziedziczyć z klasy Pracownik. Nietrudno zauważyć, że takie działanie przyniesie korzyść, albowiem wiele funkcjonalności związanych z byciem pracownikiem (w zależności od przeznaczenia systemu: obsługa danych osobowych, obliczenie wynagrodzenia itp.) musi być również zaimplementowane dla kierowników.
Niestety z reguły ma miejsce przypadek trudniejszy: W modelu dziedziny istnieją klasy mające część wspólnych funkcjonalności, ale nie zawierające się w sobie. Przykładem tutaj mogą być klasy SamochódOsobowy i Ciężarówka. W takiej sytuacji wskazane jest umieszczenie w projekcie dodatkowej pomocniczej klasy (o nazwie PojazdSamochodowy) realizującej funkcjonalności wspólne dla samochodów osobowych i ciężarowych. Klasa ta nie mogła pojawić się na etapie analizy, albowiem nie istnieją w świecie rzeczywistym[2] obiekty, które będąc pojazdami samochodowymi nie byłyby równocześnie ciężarówką lub samochodem osobowym. Niemniej jednak dodanie takiej klasy do projektu daje natychmiastową korzyść, albowiem pozwala uniknąć dublowania definicji atrybutów i metod.
Jeżeli zachodzi taka potrzeba, w klasie pochodnej można na nowo zdefiniować metody odziedziczone z klasy bazowej.
Schemat zależności wynikających z dziedziczenia nazywamy *hierarchią klas*. Przypomina ona drzewo genealogiczne. Na schemacie dziedziczenie oznacza się strzałką o trójkątnym zamnniętym niewypełnionym grocie (rys. 3.3).

[2]Przynajmniej w zakresie rozważanym w przykładzie.




Rysunek 3.3: Sposoby zaznaczania dziedziczenia




Rysunek 3.4: Pola w grze w Monopol

Rysunek 3.4 przedstawia hierarchię klas odpowiadających polom planszy gry w Monopol.

## 3.4 Widoczność

Poza składowymi (funkcjonalnościami), które klasa udostępnia, może ona zawierać składowe pomocnicze, które są niezbędne do realizacji tych funkcjonalności. Kostka z rys. 3.1 posiada dwie istotne funkcjonalności: metody `losujWartosc` i `getWartosc`. Pierwsza z nich pozwala na wylosowanie nowej wartości wskazywanej przez kostkę, czyli symuluje rzut prawdziwą kostką do gry. Druga pozwala na pobranie wskazywanej wartości, czyli odpowiada spojrzeniu gracza na kostkę. Aby możliwe było zrealizowanie tych funkcjonalności kostka musi mieć zdolność pamiętania, jaką wartość aktualnie wskazuje. Na diagramie jest to zrealizowane przy pomocy atrybutu `wskazywanaWartosc`. Powiemy, że ten atrybut jest składową pomocniczą.
Z reguły nie wszystkie składowe pomocnicze odnotowuje się w projekcie. Co więcej, na składowych pomocniczych nie należy polegać. W trakcie rozwoju oprogramowania mogą się one zmieniać. Dlatego w projekcie (i niektórych językach programowania obiektowego) można określać stopień widoczności składowych klasy. Mogą one być:

- publiczne (ang. *public*) – mogą ich bez ograniczeń używać obiekty wszystkich klas (oznaczenie: +)
- chronione (ang. *protected*) – mogą ich bez ograniczeń używać obiekty tej samej klasy lub jej podklas (oznaczenie: #)
- prywatne (ang. *private*) – mogą ich używać jedynie obiekty tej samej klasy (oznaczenie: -)

Określając widoczność składowych klasy, projektant lub programista mogą mieć pewność, że nie są one używane w innych miejscach systemu i, co za tym idzie, są w stanie określić zasięg potencjalnych zmian, które trzeba wykonać po modyfikacji składowej.
Niekiedy praktykuje się tzw. *kapsułkowanie*, które polega na zapewnianiu dostępu do prywatnych atrybutów poprzez odpowiednie metody. Zazwyczaj stosuje się metody o nazwach rozpoczynających się od `get`, `set` i `is`. Przykładowo metoda ustawiająca wartość atrybutu `Attr` będzie się nazywała `setAttr`, pobierająca wartość – `getAttr`. W przypadku atrybutu będącego wartością logiczną (prawda/fałsz) warto zastosować nazwę `isAttr`. Posługując się kapsułkowaniem można emulować atrybuty tylko do odczytu lub tylko do zapisu. Można również zagwarantować, że przy każdej zmianie wartości atrybutu lub jego pobraniu będą wykonywane dodatkowe czynności.

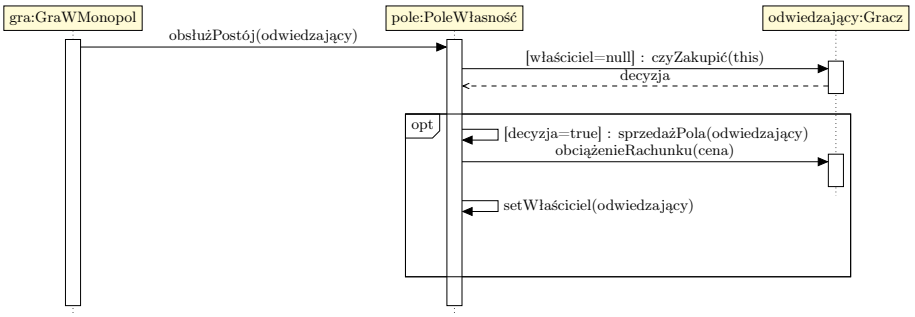
## 3.5 Diagramy przebiegu

Diagramy przebiegu służą do przedstawiania interakcji obiektów. Pozwalają one zaprezentować kolejność wywoływania metod podczas realizacji wybranego procesu. Tworząc lub interpretując diagramy przebiegu należy pamiętać, że poziom szczegółowości zależy od zamiaru autora i służy do przedstawienia istotnych aspektów procesu. Rysunek 3.5 ilustruje proces obsługi postoju pionka na polu własność w grze w Monopol. Za tę funkcję odpowiada metoda `obsluzPostoj` w klasie `PoleWlasnosc`. Jeżeli pole nie ma właściciela, gracz, który je odwiedził, może je kupić. Metoda `czyZakupic` klasy `Gracz` obsługuje podjęcie tej decyzji[3]. Jeżeli gracz podejmie decyzję pozytywną, wykonywana jest metoda `sprzedazPola`, która obsługuje procedurę zakupu.

### 3.5.1 Sprzężenie, a spójność

Sprzężenie (ang. *coupling*) jest miarą jak bardzo obiekty, podsystemy lub systemy zależą od siebie nawzajem. Przykładowo obiekt wykonujący metodę innego obiektu jest z nim sprzężony. Tak samo podklasa jest sprzężona z nadklasą. Zbyt wysoki stopień sprzężenia jest niepożądany. Każda zmiana w klasie, może pociągać za sobą konieczność dokonania zmian w klasach z nią sprzężonych.
Spójność (ang. *cohesion*) to miara jak funkcjonalnie powiązane są metody danej klasy. Warto dbać o utrzymanie wysokiej spójności. Można to osiągnąć przez tworzenie klas, które służą do obsługi tylko jednego zagadnienia lub tworzenie klas pomocniczych i korzystanie z nich w klasie, która pierwotnie miała obsługiwać wiele funkcjonalności.

[3] W przypadku gracza automatycznego mamy tutaj do czynienia z jakimś implementacją AI. W przypadku gracza ludzkiego program czeka na reakcję użytkownika




Rysunek 3.5: Fragment obsługi odwiedzin pola własność w grze w Monopol.

Paradoksalnie może się wydawać, że zachowanie wysokiej spójności przez zlecanie odpowiedzialności ma negatywny wpływ na sprzężenie. Jednak klasy mające wiele odpowiedzialności są zazwyczaj sprzężone z wieloma innymi klasami.

## 3.6 Wzorce projektowe (ang. *design patterns*)

Większość problemów można rozwiązać na wiele sposobów. Wybierając konkretne rozwiązanie można kierować się następującymi kryteriami:

- prostota
- pracochłonność
- elastyczność
- łatwość w utrzymaniu

Wszystkie te cechy są pożądane, ale niestety niektóre pozostają ze sobą w sprzeczności. Często rozwiązania proste są mało elastyczne, a czas zaoszczędzony podczas tworzenia oprogramowania skutkuje zwiększonymi kosztami utrzymania. Znalezienie równowagi pomiędzy tymi i innymi istotnymi dla projektu kryteriami jest zadaniem projektanta. Szczęśliwie w wielu przypadkach można posiłkować się rozwiązaniami znanymi.
Wzorce projektowe (ang. *design patterns*) stanowią dobrze znane pary problem-rozwiązanie wraz z zaleceniami odnośnie stosowania, analizą zalet i wad, sposobami implementacji itd. Projektant może wybrać wzorzec projektowy pasujący do fragmentu projektowanego systemu kierując się jego cechami. Zaletą stosowania wzorców projektowych jest również standardyzacja. Tak stworzony system jest lepiej zrozumiały dla innych programistów i tym samym łatwiejszy w konserwacji. Tabela 3.1 zawiera listę wybranych wzorców projektowych.

| Nazwa | Opis |
|---|---|
| Abstract factory | Sposób tworzenia rodzin powiązanych obiektów bez określania ich klas. |
| Builder | Oddzielenie tworzenia skomplikowanego obiektu od jego reprezentacji. Pozwala na użycie tego samego procesu do tworzenia różnych reprezentacji. |
| Factory method | Metoda tworząca pojedyńczy obit. Klasa tworzonego obiektu zależy od przekazanych argumentów i definicji metody w podklasie. |
| Object pool | Pozwala na uniknięcie potencjalnie kosztownego tworzenia i niszczenia obiektów poprzez ponowne użycie obiektów już niepotrzebnych. |
| Prototype | Tworzenie nowych obiektów na podstawie prototypowej instancji. |
| Adapter albo Wrapper | Dostosowuje interfejs klasy tak, aby mogła być wykorzystana w miejscu, do którego normalnie by nie pasowała. |
| Composite | Organizuje obiekty w strukturę drzewiastą odzwierciedlającą hierarchię zawierania się obiektów w sobie. |
| Facade | Ujednolicony i uproszczony interfejs do złożonego podsystemu. |
| Module | Grupuje powiązane funcjonalnie elementy (klasy, singletony, metody itp.). |
| Iterator | Umożliwa sekwencyjny dostęp do elementów składowanych w większym obiekcie bez eksponowania jego struktury wewnętrznej. |
| Null object | Użycie domyślnego obiektu zamiast pustych referencji. |
| Observer albo Publish/subscribe | Zależność jeden-do-wielu, gdzie zmiana stanu pierwszego obiektu powoduje automatyczne powiadomienie obiektów powiązanych. |
| Strategy | Zestaw klas implementujących różne algorytmy umożliwiający ich zamienne stosowanie. |

Tablica 3.1: Wybrane wzorce projektowe

# Rozdział 4

# Obiekty i klasy w Pythonie

W dalszej części wykładu będziemy posługiwać się językiem Python. Jest to język obiektowy, który w ostatnich latach zdobył olbrzymią popularność, zwłaszcza w środowisku naukowym. Należy jednak pamiętać, że realizacja paradygmatu obiektowego w Pythonie znacząco odbiega od konwencji przyjętych w takich językach programowania jak C++ lub Java.
Jak każdy język obiektowy Python pozwala na definiowanie klas. W założeniu klasy te (będziemy je nazywali klasami implementacyjnymi albo programowymi) odpowiadają klasom projektowym, aczkolwiek na etapie uszczegóławiania projektu może pojawić się konieczność utworzenia dodatkowych klas pomocniczych. Każdy obiekt w Pythonie jest instancją pewnej klasy. Jego funkcjonalność jest określona przez definicję klasy, do której należy. Ta funkcjonalność jest zdefiniowana przy pomocy należących do klasy metod. Obiekt może również posiadać atrybuty, które służą do przechowywania danych z nim związanych. Te atrybuty odpowiadają atrybutom określonym w projekcie. Zauważmy, że o ile obiekty należące do jednej klasy mają jednakowe metody, to zazwyczaj wartości ich atrybutów się różnią. Dlatego można powiedzieć, że:

**Klasa odpowiada za metody obiektów do niej należących,**
a
**obiekty odpowiadają za przechowywanie wartości swoich atrybutów.**

To rozróżnienie jest dosyć istotne, albowiem w Pythonie nie jest konieczne deklarowanie zmiennych przed ich użyciem. Ta zasada dotyczy również atrybutów. Każdy obiekt, może mieć atrybuty tworzone *ad-hoc*, a w definicji klasy atrybutów nie deklaruje się wcale.

## 4.1 Najprostszy obiekt

Poniższy fragment programu przedstawia minimalną definicję klasy:

```
class A:
    pass
```

składa się on ze słowa kluczowego `class`, po którym występuje nazwa klasy (`A`). Instrukcja pusta (`pass`) w następnym wierszu występuje ze względu na fakt, że

ze względu na fakt, że w Pythonie zakres bloku kodu jest określany przez wcięcia i w związku z tym nie jest możliwe umieszczenie w programie bloku pustego. Tak zdefiniowana klasa nie ma żadnych metod. Niemniej jednak można tworzyć obiekty do niej należące, które z kolei mogą mieć atrybuty (każdy obiekt inne). Poniższa sesja w interpreterze demonstruje tworzenie i zachowanie obiektu klasy `A`:

```
>>> a=A()
>>> a.x
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
AttributeError: A instance has no attribute 'x'
>>> a.x=1
>>> a.x
1
>>>
```

Obiekt tworzy się poprzez "wywołanie" klasy tak, jakby była funkcją[1]. Do składowych obiektu można się dostać przy pomocy operatora `.`. Pierwsza próba pobrania wartości atrybutu `x`, kończy się niepowodzeniem (wyjątek `AttributeError`). Po wykonaniu przypisania, wartość atrybutu jest dostępna.

## 4.2 Atrybuty i metody

W Pythonie atrybuty obiektów działają podobnie jak zmienne. Tworzymy je przez pierwsze przypisanie. Nie jest zatem oczywiste w jaki sposób można umieścić w definicji klasy informację o odpowiedzialności obiektów za przechowywanie danych. Jest to cecha charakterystyczna języka Python[2].
Definicje metody, z kolei, umieszcza się w definicji klasy. Poniżej przedstawiono definicję klasy, która ma jedną bezargumentową metodę:

```
class Lew:
    def talk(self):
        print "Jestem␣lew"
```

Nie można nie zauważyć, że składnia definicji metody jest identyczna ze składnią definicji funkcji. Jedyną różnicą jest to, że poprawnie zdefiniowana metoda musi przyjmować co najmniej jeden argument, który konwencja nakazuje nazywać `self`[3]. Poprzez ten argument do metody zostaje przekazany obiekt, dla którego została wywołana. Klasa `Lew` z przykładu posiada bezargumentową metodę `talk`, która akurat ignoruje również przekazywaną do niej instancję klasy `Lew`. Nie zmienia to jednak faktu, że metodę można wywołać wyłącznie dla obiektu. Poniżej przedstawiono instrukcje konieczne do utworzenia obiektu klasy `Lew` i wywołania metody `talk`.

```
>>> l=Lew()
>>> l.talk()
Jestem lew
```

[1] W rzeczy samej, klasa jest obiektem wywoływalnym (ang. *callable*) tak, jak np. funkcja.
[2] i innych języków z typowaniem dynamicznym
[3] Warto pamiętać, że nie jest to obowiązkowe, aczkolwiek zalicza się do dobrej praktyki programowania.

```
>>>
```

Rozszerzymy teraz klasę `Lew` o kolejne metody:

```
class Lew:
    def talk(self):
        print "Jestem␣lew"

    def setHungry(self, val):
        self.hungry=val

    def talkMore(self):
        self.talk()
        if self.hungry:
            print "glodny␣lew"
```

Metoda `setHungry` kapsułkuje atrybut `hungry`. Warto zwrócić uwagę, że dostęp do atrybutu odbywa się poprzez argument `self`. Próba przypisania postaci:

```
        hungry=val
```

spowoduje przypisanie na zmienną lokalną `hungry`. Metoda `talkMore` rozszerza funkcjonalność metody `talk`. Wykorzystuje atrybut `hungry` do określenia, czy lew ma ogłosić również informację o posiadanym apetycie. Poniższa sesja interpretera ilustruje działanie powyższych metod:

```
>>> l=Lew()
>>> l.talk()
Jestem lew
>>> l.setHungry(True)
>>> l.talkMore()
Jestem lew
glodny lew
>>>
```

Należy jeszcze zauważyć, że do atrybutu `hungry` można również dostawać się bezpośrednio bez korzystania z metody `setHungry`, oraz że na początku lew nie działa poprawnie:

```
>>> l=Lew()
>>> l.talkMore()
Jestem lew
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
  File "<stdin>", line 9, in talkMore
AttributeError: Lew instance has no attribute 'hungry'
```

## 4.3 Inicjalizacja obiektów

Nowo utworzony obiekt nie posiada żadnych atrybutów. W szczególności lew nie posiada atrybutu `hugry`, więc metoda `talkMore` próbując pobrać jego wartość powoduje wystąpienie wyjątku `AttributeError`. Do określenia początkowych wartości atrybutów służy metoda specjalna `__init__`. Jest ona wywoływana

automatycznie po utworzeniu nowego obiektu i są do niej przekazywane argumenty, które pojawiły się w "wywołaniu" klasy tworzącym obiekt. Metoda `__init__` w klasie `Lew`, której zadaniem byłoby utworzenie atrybutu `hungry` wygląda następująco:

```
def __init__(self):
    self.hungry=False
```

## 4.4 Dziedziczenie

Dziedziczenie jest niezwykle istotną w programowaniu obiektowym konstrukcją, która niewielkim kosztem pozwala tworzyć nowe klasy bez powielania definicji metod, które są współdzielone z innymi klasami. W języku Python klasę, z które nowodefiniowana klasa ma dziedziczyć podaje się w nawiasie następującym po nazwie klasy definiowanej. Poniżej przedstawiono (kompletną, pozostałe metody włącznie z `__init__` są dziedziczone) definicję klasy `GroznyLew`:

```
class GroznyLew(Lew):
    def talkMore(self):
        self.talk()
        print "grozny␣lew,"
        print "spotkac␣mnie␣znaczy␣pech."
        if self.hungry:
            print "Wszystkich␣zjem,␣az␣do␣dna."
            print "Rety,␣lepiej␣nie␣spotkac␣lwa."
```

Obiekty klasy `GroznyLew` od obiektów klasy `Lew` odróżnia metoda `talkMore`, w której groźny lew szczegółowo się przedstawia. Poniżej przedstawiono działanie obiektu tej klasy:

```
>>> gl=GroznyLew()
>>> gl.talk()
Jestem lew
>>> gl.setHungry(True)
>>> gl.talkMore()
Jestem lew
grozny lew,
spotkac mnie znaczy pech.
Wszystkich zjem, az do dna.
Rety, lepiej nie spotkac lwa.
```

## 4.5 Ograniczenia dostępu

W Pythonie nie ma możliwości określania poziomu dostępności metod i atrybutów. Istnieje jedynie konwencja, której przestrzeganie nie jest w żaden sposób wymuszane przez interpreter. Składowe o nazwach zaczynających się od znaku `_` są uznawane za niedostępne publicznie i/lub zależne od implementacji. W szczególności nie należy zakładać, że w kolejnych wersjach programów pozostaną niezmienione.

Składowe o nazwach zaczynających się od znaków `__` są "prywatne" w specyficzny sposób. Występujący wewnątrz definicji klasy identyfikator postaci `__ident` jest zamieniany na `_Klasa__ident`, gdzie `Klasa` jest nazwą definiowanej klasy.
Poniższy program:

```
class Lew:

    ...

    def __talkMore(self):
        self.talk()
        if self.hungry:
            print "glodny lew"

    def talkMore(self):
        self.__talkMore()

    def talkSafe(self):
        self.__talkMore()

class GroznyLew(Lew):
    def __talkMore(self):
        self.talk()
        print "grozny lew,"
        print "spotkac mnie znaczy pech."
        if self.hungry:
            print "Wszystkich zjem, az do dna."
            print "Rety, lepiej nie spotkac lwa."

    def talkMore(self):
        self.__talkMore()

    def talkMean(self):
        self.__talkMore()
```

zostanie automatycznie zinterpretowany tak, jakby wyglądał następująco:

```
class Lew:

    ...

    def _Lew__talkMore(self):
        self.talk()
        if self.hungry:
            print "glodny lew"

    def talkMore(self):
        self._Lew__talkMore()

    def talkSafe(self):
```

```
        self._Lew__talkMore()

class GroznyLew(Lew):
    def _GroznyLew__talkMore(self):
        self.talk()
        print "grozny␣lew,"
        print "spotkac␣mnie␣znaczy␣pech."
        if self.hungry:
            print "Wszystkich␣zjem,␣az␣do␣dna."
            print "Rety,␣lepiej␣nie␣spotkac␣lwa."

    def talkMore(self):
        self._GroznyLew__talkMore()

    def talkMean(self):
        self._GroznyLew__talkMore()
```

Poniżej przedstawiono przykład jego działania:

```
>>> l=Lew()
>>> l.talkMore()
Jestem lew
glodny lew
>>> l.talkSafe()
Jestem lew
glodny lew
>>> gl=GroznyLew()
>>> gl.talkMore()
Jestem lew
grozny lew,
spotkac mnie znaczy pech.
Wszystkich zjem, az do dna.
Rety, lepiej nie spotkac lwa.
>>> gl.talkSafe()
Jestem lew
glodny lew
>>> gl.talkMean()
Jestem lew
grozny lew,
spotkac mnie znaczy pech.
Wszystkich zjem, az do dna.
Rety, lepiej nie spotkac lwa.
>>>
```

Warto zauważyć, że gdyby nazwa metody `__talkMore` była poprzedzona jednym znakiem `_`, metoda `talkSafe` w klasie `GroznyLew` działałaby inaczej. W takim przypadku, wywoływana byłaby metoda `_talkMore` należąca do klasy obiektu, dla którego metoda `talkSafe` jest wywoływana (czyli `GroznyLew._talkMore`), zamiast metody z klasy, w której metoda `talkSafe` jest zdefiniowana.

## 4.6 Duck typing

W języku Python obowiązuje typowanie dynamiczne oraz mechanizm *duck typing*. Programując nie określa się typów zmiennych (oraz atrybutów obiektów i argumentów funkcji). Weryfikacja zgodności typu przekazanej wartości z oczekiwanym następuje w momencie próby jej użycia. Jeżeli się to powiedzie, czyli np. przekazany obiekt ma atrybut, albo metodę o określonej nazwie i liczbie argumentów, to niezależnie od jego typu wszytko jest w porządku. W przeciwnym wypadku następuje błąd. Takie działanie można przyrównać do skrajnie fenomenologicznego podejścia streszczonego zdaniem:

*When I see a bird that walks like a duck and swims like a duck and quacks like a duck, I call that bird a duck.*

Duck typing posiada szereg zalet. Między innymi:

- Można używać w jednym kontekście obiektów niemających wspólnej nadklasy zawierającej wymagane składowe.
- Nie trzeba stosować rzutowań, interfejsów, typów generycznych ani wzorców.
- Projektowanie jest znacznie łatwiejsze.

Niestety wiąże się z nim również fundamentalna wada, do której trzeba się przyzwyczaić: Proste błędy (np. literówki), które mogłyby zostać wykryte na etapie kompilacji, zostaną odnalezione dopiero w momencie próby wykonania instrukcji, w której występują. Ścisły system typów również skutecznie zabezpiecza przed podawaniem niewłaściwych argumentów do funkcji lub metod.

## 4.7 Bardzo szczególne cechy Pythona

Omówione powyżej zagadnienia występują w wielu językach obiektowych, albo są (jak prefiks `__` przed nazwą metody) charakterystycznymi dla Pythona rozwiązaniami typowych problemów. W tym podrozdziale zwrócimy uwagę na kilka własności tego języka, które są dla niego bardzo charakterystyczne i raczej niespotykane w innych językach obiektowych.
W większości języków programowania w klasie wyróżnia się metodę odpowiedzialną za tworzenie obiektów tej klasy. Jest ona nazywana *konstruktorem*. Opisana powyżej metoda `__init__` nie jest konstruktorem w ścisłym tego słowa znaczeniu. W momencie jej wywołania tworzony obiekt już istnieje (i jest do niej przekazywany przez argument `self`). Metoda `__init__` odpowiada wyłącznie za jego inicjalizację, dlatego najlepiej nazywać ją *inicjalizatorem*. Python nie posiada, żadnego wsparcia dla automatycznego wywoływania inicjalizatorów nadklas. Jeżeli zachodzi taka potrzeba, należy wprost wywołać inicjalizator nadklasy w inicjalizatorze podklasy:

```
class GroznyLew(Lew):
    def __init__(self):
        self.angry = True
        Lew.__init__(self)
```

W powyższym przykładzie widać, w jaki sposób można uzyskać dostęp do metod nadklasy, które są przesłonięte przez podklasy. W tym zakresie metoda przypomina funkcję. Można ją pobrać z klasy jak każdą inną składową. Trzeba jednak wówczas pamiętać o przekazaniu obiektu, dla którego ma być wykonana, jako pierwszego argumentu. Jeżeli `a` jest obiektem klasy `A`, które ma metodę `m`, to poniższe instrukcje są równoważne i skutkują wywołaniem `m` na obiekcie `a`:

```
a.m()
A.m(a)
```

Podobnie w przypadku lwów:

```
>>> l=Lew()
>>> l.talkMore()
Jestem lew
>>> Lew.talkMore(l)
Jestem lew
>>> Lew.setHungry(l, True)
>>> Lew.talkMore(l)
Jestem lew
glodny lew
>>>
```

Python pozwala również na posługiwanie się w definicji funkcji domyślnymi wartościami argumentów np.:

```
def __init__(self, hungry=True):
    ...
```

oraz podawaniem nazw argumentów w wywołaniu funkcji, co umożliwia podawanie ich w kolejności innej niż w definicji funkcji i/lub pomijanie argumentów, dla których ma zostać przyjęta ich wartość domyślna. Powyższy przykład pochodzi z dokumentacji autorów języka, gdzie to zagadnienie jest szeroko omówione:

```
def parrot(voltage, state='a␣stiff', action='voom', type='Norwegian␣Blue'):
    print "--␣This␣parrot␣wouldn't", action,
    print "if␣you␣put", voltage, "volts␣through␣it."
    print "--␣Lovely␣plumage,␣the", type
    print "--␣It's", state, "!"

parrot(1000)                # 1 positional argument
parrot(voltage=1000)        # 1 keyword argument
parrot(voltage=1000000, action='VOOOOOM') # 2 keyword args
parrot(action='VOOOOOM', voltage=1000000) # 2 keyword args
parrot('a␣million', 'bereft␣of␣life', 'jump')  # 3 positional arguments
parrot('a␣thousand', state='pushing␣up␣the␣daisies')  # 1 positional, 1 key
```

# Rozdział 5

# Powiązania i tworzenie obiektów

Można wyróżnić dwa rodzaje odpowiedzialności obiektów za pamiętanie informacji. Pierwszy, to wartości skalarne (pojedyncze) i ewentualnie wektory (tablice, listy) typów prostych. W tym przypadku nie ma żadnych wątpliwości, w jaki sposób należy zaplanować ich przechowywanie. Drugim rodzajem są wartości reprezentowane przez obiekty lub ich zbiory. Są one z reguły odnotowane w obiektowym modelu dziedziny i w projekcie jako powiązania. Można je zakwalifikować do jednej z trzech kategorii:

- jeden do jednego
- jeden do wielu
- wiele do wielu

Najłatwiejsze to zaimplementowania są powiązania typu "jeden do jednego". Można je łatwo zrealizować przy pomocy atrybutu. Trzeba jedynie zadecydować, w której z powiązanych klas ten atrybut powinien być umieszczony. Można to rozstrzygnąć kierując się zasadą, że musi być zachowana możliwość dojścia do każdego obiektu w systemie.
Jedynie część obiektów jest dostępna bezpośrednio poprzez zmienne. Do dostęp do pozostałych odbywa się poprzez przechodzenie sieci powiązań. Istnienie obiektów, do których nie ma możliwości dostępu, mija się z celem.
Podobna, sytuacja zachodzi w przypadku powiązań typu "jeden do wielu". Można je zaimplementować przy pomocy pojedynczego atrybutu po stronie "wielu", lub listy, tablicy lub zbioru po po stronie "jeden". Pierwszy wariant wydaje się znacznie łatwiejszy, ale nie zawsze jest stosowalny. Przykładowo pomiędzy klasami `Faktura` i `PozycjaFaktury` zachodzi powiązanie typu "jeden do wielu" – faktura może mieć wiele pozycji; pozycja należy tylko do jednej faktury. Gdyby to powiązanie było zrealizowane przy pomocy atrybutu `faktura` w klasie `PozycjaFaktury`, najbardziej naturalny przypadek zastosowania klasy `Faktura`, jakim jest odczytanie jej treści, byłby bardzo trudny do zrealizowania. Dodatkowo należałoby zapewnić inny sposób dostania się do instancji klasy `PozycjaFaktury` np. poprzez utrzymywanie listy wszystkich pozycji występujących w systemie.

Odwzorowanie typu "wiele do wielu" można realizować podobnie jak "jeden do wielu" przy pomocy list (lub innych podobnych typów) przypisanych do obiektu i przechowujących informację z jakimi ten jest powiązany. Można również zauważyć, że najbardziej ogólnym przypadkiem powiązania "wiele do wielu" jest graf skierowany i zastosować jedną ze znanych metod reprezentowania grafów (czyli listy sąsiadów, albo macierz sąsiedztwa).

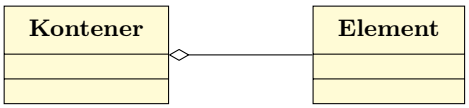
## 5.1 Implementacja powiązań

Czasem nawet w przypadku pozornie łatwego związku "jeden do jednego" trudno jest podjąć decyzję, w której klasie warto umieścić atrybut. Rozważmy klasy `Man` i `Woman`, których obiekty mogą być powiązane, jeżeli osoby im odpowiadające znajdują się w związku małżeńskim. Fakt ten można odnotowywać przy pomocy atrybutu `wife` w klasie `Man`, lub atrybutu `husband` w klasie `Wife`. Oba te rozwiązania są całkowicie równoważne i wybór któregokolwiek z nich będzie skutkować trudnym dostępem do powiązanego obiektu w kierunku przeciwnym. W takiej sytuacji naturalne wydaje się utrzymywanie atrybutów w obydwu klasach. Niestety przy takim rozwiązaniu informacja o powiązaniu obiektów, byłaby przechowywana w dwóch miejscach, co wiąże się z ryzykiem rozspójnienia i pojawienia się informacji sprzecznych. Pewną ochronę może stanowić kapsułkowanie atrybutów. Rozważmy poniższe implementacje metod `set_wife` i `set_husband`:

```
class Man:
    ...

    def set_wife(self, wife):
        self.wife = wife
        wife.set_husband(self)

class Woman:
    ...

    def set_husband(self, husband):
        self.husband = husband
        husband.set_wife(self)
```

Melody `set_husband` i `set_wife` służą do aktualizacji odpowiadających im atrybutów i równocześnie zapewniają aktualizację atrybutu w obiekcie po drugiej stronie powiązania. Niestety przedstawiona implementacja ma poważny błąd. Wywołanie którejkolwiek z metod prowadzi do wystąpienia nieskończonego łańcucha wywołań rekurencyjnych. Poniżej przedstawiono rozwiązanie poprawne:

```
class Man:
    ...

    def set_wife(self, wife):
        if(self.wife == wife):
            return
```




Rysunek 5.1: Powiązanie Kontener-Element

```
        self.wife.set_husband(None)
        self.wife = wife
        if wife is not None:
            wife.set_husband(self)
```

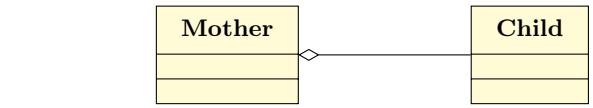
Pierwszy warunek służy sprawdzeniu, czy wartość atrybutu wymaga zmiany i w ten sposób przerywa rekursję. Dodatkowo "poprzedni" mąż jest "pozbawiany" żony. Poprawnie jest również obsługiwany przypadek ustawiania wartości atrybutu na `None`. Przedstawiony przykład demonstruje, że należy zachować staranność implementując kapsułkowanie, które pociąga za sobą kaskadę aktualizacji innych atrybutów. Trzeba dbać, żeby nie pojawił się nieskończony ciąg wywołań rekurencyjnych, oraz poprawnie obsługiwać wartości nietypowe (jak `None`).
W przypadku powiązań "jeden do wielu" kapsułkowanie pomaga ukryć techniczne szczegóły związane z rodzajem struktury danych zastosowanej do przechowywania zbioru powiązanych obiektów. Implementując klasę `Mother`, której obiekty mogą być powiązane z dowolną liczbą dzieci, zamiast dawać bezpośredni dostęp do atrybutu `_children`, lepiej zaimplementować metody `add_child` i `remove_child`:

```
class Mother:
    def __init__(self):
        self._children = []

    def add_child(self, child):
        self._children.append(child)

    def remove_child(self, child):
        self._children.remove(child)
```

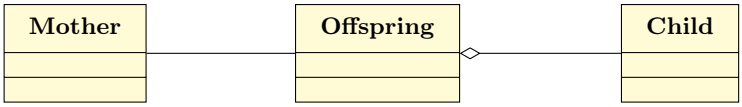
Szczególnym przypadkiem powiązania typu "jeden do wielu" jest zawieranie się. Obiekty, które mogą zawierać inne, nazywamy *kontenerami*. Powiązanie będące zawieraniem oznaczamy na diagramie przy pomocy rombu (rys. 5.1).
Jeżeli rozszerzanie klasy o funkcjonalność kontenera (rys. 5.2a) jest niekorzystne, można zastosować klasę pomocniczą powiązaną "jeden do jednego" (rys. 5.2b).
W Pythonie wszystkie obiekty typów sekwencyjnych są kontenerami.

## 5.2 Wzorzec projektowy *Composite pattern*

*Composite pattern* jest wzorcem projektowym, który znajduje zastosowanie w przypadku hierarchii obiektów jednego rodzaju, które mogą się w sobie zawierać. Kanonicznym przykładem są tutaj wszelkiego rodzaju wyrażenia arytmetyczne albo logiczne, elementy urządzenia, które mogą składać się z mniejszych części itp. W tym wzorcu występują co najmniej trzy klasy:




(a) bez klasy pomocniczej




(b) z klasą pomocniczą

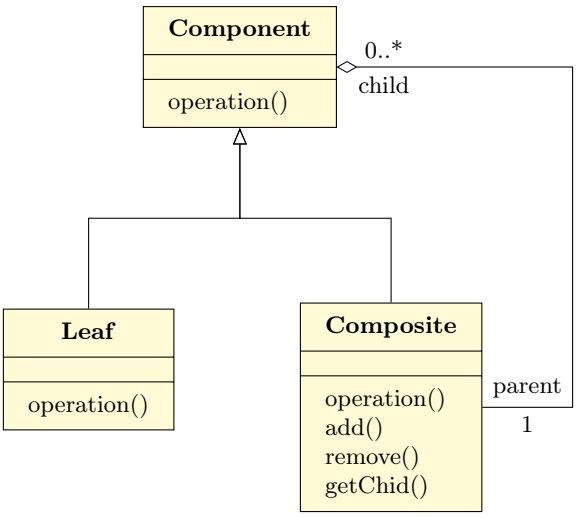
Rysunek 5.2: Kontenery

- `Component` – odpowiada dowolnemu elementowi
- `Leaf` – odpowiada elementom niepodzielnym
- `Composite` – odpowiada elementom składającym się z innych elementów klasy `Component`

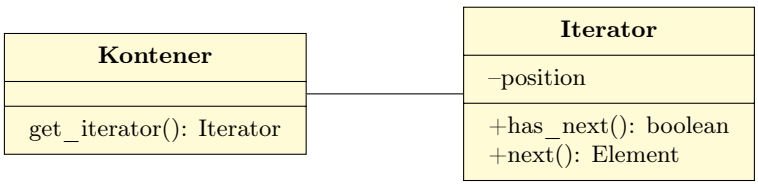
Na rysunku 5.3 przedstawiono schemat zależności pomiędzy klasami. Metoda `operation` reprezentuje funkcjonalność charakterystyczną dla wszystkich obiektów, które są implementowane. Dodatkowo klasa `Composite` posiada metody pozwalające na dostęp do komponentów, z których się składa (które zawiera).

## 5.3 Iteratory

W przypadku wszelkiego rodzaju obiektów, które mogą zawierać inne (kontenerów), konieczne jest zapewnienie dobrego dostępu do ich zawartości. Najlepiej jest, aby dostęp odbywał się w sposób niezależny od wewnętrznej organizacji kontenera. Można wówczas wymieniać implementacje konterera bez zmiany sposobu dostępu do zawartości. Obiekty, które pozwalają sekwencyjnie przeglądać zawartość konterera nazywamy *Iteratorami*.
Rysunek 5.4 przedstawia schemat wzorca projektowego *Iterator*. Klasa `Kontener` posiada metodę `get_iterator`, która tworzy i zwraca nowy iterator, dla danego kontenera. Iterator pozwala pobierać kolejne elementy z konterera przy pomocy metody `next`. Metoda `has_next` z kolei pozwala sprawdzić, czy istnieją jeszcze nieodwiedzone elementy. Dodatkowo iterator pamięta, który z kolei element został ostatnio pobrany, przy pomocy prywatnego atrybutu `position`. Przy pomocy iteratora każdy element konterera może zostać odwiedzony dokładnie raz. Równocześnie może istnieć dowolnie wiele iteratorów dla danego kontenera. Iterator, który nie ma kolejnych elementów (czyli wszystkie już odwiedził), jest "zużyty".
Python pozwala definiować specjalne metody, które pozwalają na tworzenie iterowalnych obiektów w taki sposób, żeby mogły być używane tak samo jak obiekty typów iterowalnych wbudowanych w język (np. w instrukcji `for`). Jeżeli obiekty danej klasy mają być iterowalne, należy w niej zdefiniować metodę `__iter__`, która zwraca nową instancję iteratora.
Klasa `Przedzial` reprezentuje przedział liczb naturalnych o określonych granicach (atrybuty `od` i `do`). Metoda `__iter__` tworzy i zwraca nową instancję klasy `PrzedzialIter`, która jest iteratorem dla klasy `Przedzial`:




Rysunek 5.3: Schemat wzorca *Composite*




Rysunek 5.4: Schemat wzorca *Iterator*.

```
class Przedzial:
    def __init__(self, od, do):
        self.od = od
        self.do = do

    def __iter__(self):
        return PrzedzialIter(self.od, self.do)
```

Klasa `PrzedzialIter` ma metodę `next`, która zwraca kolejną liczbę z przedziału. Aktualna liczba jest przechowywana w atrybucie `pos`. W momencie dojścia do końca przedziału zgodnie z wymaganiami Pythona podnoszony jest wyjątek `StopIteration`. Dodatkowo iteratory muszą same być iterowalne (posiadać metodę `__iter__`), która nie tworzy nowego iteratora lecz zwraca ten, dla którego została wywołana:

```
class PrzedzialIter:
  def __init__(self, od, do):
    self.pos = od
    self.do = do

  def next(self):
    if self.pos <= self.do:
      self.pos += 1
      return self.pos - 1
    else:
      raise StopIteration

  def __iter__(self):
    return self
```

Pozornie obiekt klasy `Przedzial` nie różni się od swojego iteratora:

```
>>> list(PrzedzialIter(1,3))
[1, 2, 3]
>>> list(Przedzial(1,3))
[1, 2, 3]
>>> przedzial = Przedzial(1,3)
>>> for i in przedzial:
...     print i
...
1
2
3
```

Sytuacja zmienia się, gdy próbujemy użyć tego samego iteratora w kilku kontekstach równocześnie. Poniżej przedstawiono dwie zagnieżdżone pętle po obiekcie klasy `Przedzial`, które posiadają (automatycznie tworzone) dwa niezależne iteratory i działają zgodnie z intuicyjnym oczekiwaniem:

```
>>> for i in l:
...     for j in l:
...         print i,j
...
```

```
1 1
1 2
1 3
2 1
2 2
2 3
3 1
3 2
3 3
```

Gdyby podobna operacja miała zostać przeprowadzona na obiekcie klasy `PrzedzialIter` wynik byłby diametralnie różny:

```
>>> przedzaliter = przedzial.__iter__()
>>> for i in przedzaliter:
...     print i
...
1
2
3
>>> for i in przedzaliter:      # tutaj iterator jest juz wyczerpany
...     print i
...
>>> przedzaliter = przedzial.__iter__()
>>> for i in przedzaliter:
...     for j in przedzaliter:
...         print i,j
...
1 2
1 3
>>>
```

## 5.4 Tworzenie obiektów

Standardowo obiekty tworzymy wywołując konstruktor:

```
>>> Lew('Ziutek')
<__main__.Lew instance at 0x10edfec20>
```

Nie zawsze takie podejście jest wystarczająco elastyczne. Na przykład jeżeli:

1. są różne algorytmy tworzenia/inicjalizacji obiektu,
2. nie wiadomo jakiej klasy obiekt chcemy stworzyć,
3. chcemy parametry inicjalizacji podawać na raty (np. wczytując je z pliku),
4. chcemy obiekty ewidencjonować.

Wymienionych operacji nie można wykonać w metodzie `__init__` ponieważ obiekt jest już wtedy utworzony (więc nie można podjąć decycji, do jakiej klasy ma należeć) i jest ona wywoływana raz (podawanie argumentów na raty nie wchodzi w rachubę). Z poziomu metody `__init__` trudno również byłoby dostać

się do obiektu, który miałby nowoutworzony obiekt w jakiś dodatkowy sposób przetworzyć. Istnieje kilka użytecznych wzorców projektowych, które w takich przypadkach można zastosować.

### 5.4.1 Wzorce projektowe *Factory* i *Factory method*

Jeżeli z jakiegoś powodu nie da się wskazać wprost klasy obiektu, który ma zostać utworzony, można zdefiniować metodę (lub funkcję), która na podstawie przekazanych parametrów dokonuje wyboru klasy i tworzy odpowiedni obiekt. Klasę, która zawiera taką metodę, będziemy nazywać fabryką (ang. *factory*). Przykładem może być funkcja tworząca obiekty reprezentujące figury geometryczne na podstawie listy wierzchołków:

```
def makeFigure(points):
    if len(points) == 1:
        return Point(points[0])
    elif len(points) == 2:
        return Segment(points[0], points[1])
    elif len(points) == 3:
        return Triangle(points[0], points[1], points[2])
    else:
        return Polygon(*points)
```

W pewnych przypadkach wybór klasy tworzonego obiektu może następować wskutek wywołania metody tworzącej w odpowiedniej fabryce. Jeżeli wykorzystuje się do tego dziedziczenie, mamy do czynienia ze wzorcem projektowym *Factory method*.

```
class MazeGame:
  def __init__(self):
    room1 = self.make_room()
    room2 = self.make_room()
    room1.connect(room2)
    self.add_room(room1)
    self.add_room(room2)

  def make_room(self):
    return OrdinaryRoom()

class MagicMazeGame(MazeGame):
  def make_room(self):
    return MagicRoom()
```

W powyższym przykładzie występują klasy odpowiadające labiryntowi zwykłemu (`MazeGame`) i magicznemu (`MagicMazeGame`). W obydwu przypadkach początkowy labirynt składa się z dwóch połączonych pomieszczeń. Jednakże w zwykłym labiryncie występują zwykłe pomieszczenia (`OrdinaryRoom`), a w magicznym magiczne (`MagicRoom`). Metoda `__init__`, która odpowiada za tworzenie labiryntu, jest wspólna dla obu klas[1]. Jest to możliwe ponieważ, aby utworzyć nowe pomieszczenie, wywołuje ona metodę `make_room`, która tworzy obiekt odpowiedniej klasy.

[1] Klasa `MagicMazeGame` dziedziczy ją z klasy `MazeGame`.

### 5.4.2 Wzorzec projektowy *Builder*

Nie zawsze łatwo jest zdefiniować konstruktor/inicjalizator/metodę tworzącą obiekty ze względu na złożoność i różnorodność argumentów. W takiej sytuacji opłaca się tworzyć obiekt "na raty". Taki efekt można osiągnąć tworząc obiekt pośredniczący, który gromadzi dane o obiekcie, który ma zostać utworzony, a następnie po wywołaniu odpowiedniej metody tworzy ten obiekt i go zwraca. Rozwiązanie to może mieć szereg zastosowań:

- liczba argumentów do inicjalizatora jest zbyt wielka
- konieczne jest tworzenie wielu obiektów na podstawie tych samych parametrów
- nie jest możliwe posiadanie wszystkich argumentów w tym samym momencie (bo są wczytywane lub obliczane na bieżąco)

Przykładem może być klasa `CarBuilder` tworząca obiekty klasy `Car`. Do ustawiania konkretnych cech tworzonego samochodu służą metody o nazwach zaczynających się od prefiksów `set` lub `unset`:

```
class Car:
#  Can have GPS, trip computer and a various number
#  of seats.
#  Can be a city car, a sport car or a cabriolet.

class CarBuilder:
  def getResult(self):
#       output:  a Car with the right options
#    Construct and return the car.

  def setSeats(self, number):
#       input:  the number of seats the car may have.
#    Tell the builder the number of seats.

  def setCityCar(self):
    ...

  def setCabriolet():
    ...

  def setSportCar():
    ...

  def setTripComputer():
    ...

  def unsetTripComputer():
    ...

  def setGPS():
    ...
```

```
  def unsetGPS():
    ...
```

Klasy `CarBuilder` można używać w następujący sposób:

```
carBuilder = CarBuilder()
carBuilder.setSeaters(2)
carBuilder.setSportCar()
carBuilder.setTripComputer()
carBuilder.unsetGPS()
car1 = carBuilder.getResult()
carBuilder.setGPS()
car2 = carBuilder.getResult()
```

### 5.4.3 Inne przydatne wzorce projektowe

Istnieje wiele innych wzorców projektowych związanych z tworzeniem obiektów. Zaliczają się do nich:

- *Abstract Factory* – Definiuje się wiele fabryk służących do tworzenia rodzin obiektów, które dziedziczą z tej samej klasy. W zależności od kontekstu używa się jednej z nich.
- *Leniwa inicjalizacja* – Obiekt lub jego fragmenty są tworzone dopiero w momencie pierwszego użycia.
- *Singleton* – Istnieje dokładnie jedna instancja danej klasy. Jeżeli klasy są obiektami to można je traktować jak singletony.
- *Multiton* – Istnieje ściśle określona liczba instancji danej klasy, zazwyczaj dostępnych za pośrednictwem słownika.

# Rozdział 6

# Metody i dziedziczenie

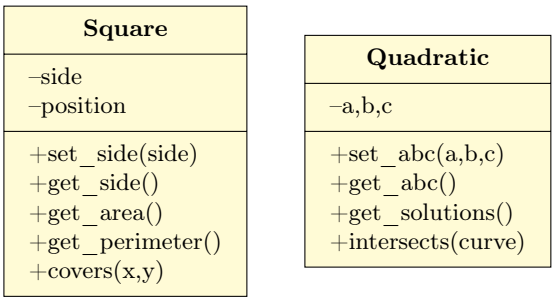
## 6.1 Metody

W rozdziale 4 powiedzieliśmy, że obiekty odpowiadają za przechowywanie informacji, a klasy za operacje na tych danych, które realizowane są przy pomocy metod. Co więcej, można z pewnym uproszczeniem przyjąć, że metoda[1] to funkcja zdefiniowana w klasie i operująca na obiekcie, dla którego została wywołana (i dodatkowych argumentach).
Zasadniczą różnicą pomiędzy metodą a funkcją jest to, że metoda jest za pośrednictwem klasy przypisana do obiektu. Zatem pod tą samą nazwą mogą kryć się różne metody, w zależności od obiektu (właściwie jego klasy), dla którego są wywoływane. Metody definiuje się, aby zaimplementować funkcjonalności, do realizacji których niezbędne są dane zawarte w obiekcie, dla którego metoda miałaby być wykonywana. Do standardowych funkcjonalności metod należą:

- pobieranie i aktualizacja właściwości obiektu (kapsułkowanie)
- pobieranie przetworzonych właściwości obiektu
- zmiana właściwości w wyniku obliczenia
- obliczenie funkcji z dodatkowymi argumentami wynikającymi ze stanu obiektu
- wykonanie operacji na innym obiekcie
- kaskada wywołań/zdarzeń

Najprostszym rodzajem operacji na właściwościach jest kapsułkowanie, czyli pobieranie i ustawianie wartości atrybutu przy pomocy metod. Na rysunku 6.1 przykładami takich metod są `set_side` i `get_side` w klasie `Square` oraz `set_abc` i `get_abc` w klasie `Quadratic`. Warto zwrócić uwagę, że metody kapsułkujące w klasie `Quadratic` opakowują równocześnie trzy atrybuty. Metody kapsułkujące oprócz aktualizacji wartości atrybutów mogą wykonywać dodatkowe czynności takie jak weryfikacja podanych wartości albo aktualizacja innych obiektów[2].

[1] W niektórych językach programowania używa się pojęcia *komunikat*.
[2] Patrz klasy `Man` i `Woman` w rozdziale 5.1.

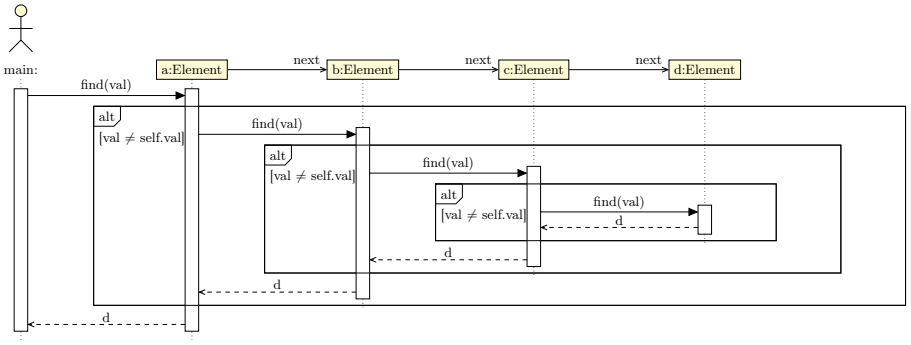



Rysunek 6.1: Przykładowe metody.

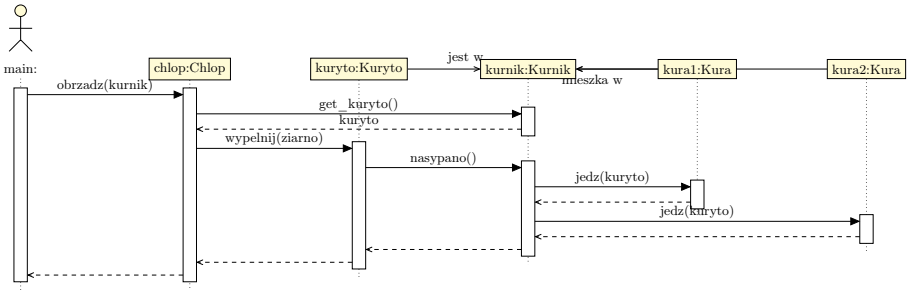
Metoda kapsułkujące mogą również służyć do ukrycia faktu, że atrybut, do którego rzekomo się odwołują, w rzeczywistości nie istnieje. Na rysunku 6.1 taką własność mają metody `get_area`, `get_perimeter` i `get_solutions`. Pole i obwód kwadratu są łatwe do obliczenia, jeżeli znana jest długość jego boku. Nie ma zatem żadnego racjonalnego powodu, aby te wartości przechowywać. Wiązałoby się to wręcz z kłopotliwą komplikacją, albowiem przy każdej aktualizacji długości boku należałoby je na nowo obliczyć. Jednakże taki szczegół implementacyjny jest zupełnie nieistotny dla programisty posługującego się klasą `Square`. Z jego punktu widzenia obwód i pole powierzchni są takimi samymi właściwościami kwadratu jak bok z zastrzeżeniem, że nie można ich zmieniać.
Dalszym naturalnym rozszerzeniem jest sytuacja, w której do obliczenia wartości poza atrybutami obiektu potrzebne są dodatkowe argumenty. Przykładem tutaj jest metoda `covers` w klasie `Square`, która rozstrzyga czy punkt o podanych współrzędnych jest pokryty przez kwadrat, albo metoda `intersects` w klasie `Quadratic`, która rozstrzyga czy parabola przecina podaną krzywą. Oczywiste jest, że takie metody poza dodatkowymi argumentami potrzebuje również obiektu (kwadratu lub paraboli). Równocześnie jasne jest, że umieszczenie ich w klasie jest wygodniejsze niż definiowanie poza klasą funkcji, która przyjmowałaby zarówno obiekt i dodatkowe argumenty.
Skutkiem działania metody mogą być nie tylko zmiany atrybutów obiektu, dla którego została wywołana. Metody mogą również wykonywać operacje na innych obiektach poprzez zmienianie wartości ich atrybutów, albo wywoływanie metod. Przykładowo w klasie `Treser` można zdefiniować metodę `nakarm`, której skutkiem będzie nakarmienie zadanego lwa:

```
class Treser:
    def nakarm(self, lew):
        pasza=self.przygotuj_pasze()
        lew.jedz(pasza)

class Lew:
    def jedz(self, pasza):
        print "Mniam, pyszna ", pasza
```

Może się wreszcie zdarzyć, że metoda wywołuje następną metodę, która wywołuje kolejną itd. Powstaje w ten sposób tzw. kaskada wywołań. W szczególności metoda może wywoływać samą siebie tak, jak ma to miejsce w przypadku funkcji rekurencyjnych. Rysunek 6.2 ilustruje działanie metody `find` zdefiniowanej




Rysunek 6.2: Rekurencyjne przeszukiwanie listy

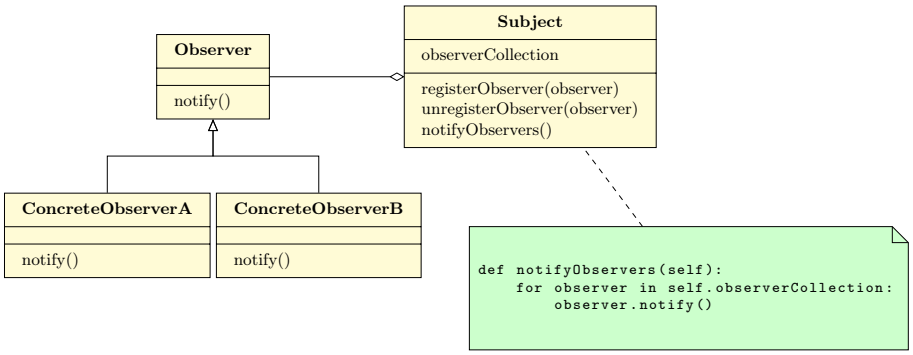



Rysunek 6.3: Rekurencyjne przeszukiwanie listy

w klasie `Element`, której obiekty tworzą łańcuch (listę jednokierunkową). Wyszukiwanie elementu o zadanej wartości atrybutu `val` w łańcuchu polega na sprawdzeniu, czy pierwszy element łańcucha jest poszukiwanym i, jeżeli nie, przeszukaniu łańcucha zaczynającego się od elementu następującego po pierwszym. Projektując taką metodę rekurencyjną postępuje się podobnie jak w przypadku funkcji rekurencyjnej. Koniecznie trzeba zadbać o zakończenie rekursji. W przedstawionym przykładzie wyszukiwanie będzie działać dopóki elementy nie utworzą cyklu, czyli dopóki pierwszy element łańcucha nie jest następnikiem ostatniego.
Znacznie częściej się zdarza, że w kaskadzie wywołań występują różne metody. Rysunek 6.2 przedstawia kaskadę wywołań mającą miejsce podczas obrządzania kurnika. W klasie `Chlop` jest zdefiniowana metoda `obrzadz`, której argumentem jest kurnik (obiekt klasy `Kurnik`). Z kurnika chłop pobiera (metoda `get_kuryto`) naczynie, z którego jedzą kury (obiekt klasy `Kuryto`). Następnie wypełnia je ziarnem (metoda `wypelnij` w klasie `Kuryto`). Wówczas kuryto informuje kurnik (metoda `nasypano` w klasie `Kurnik`), że zostało napełnione. Kurnik z kolei powiadamia mieszkające w nim kury (metoda `jedz` w klasie `Kura`).

## 6.2 Wzorzec projektory *Observer*

Przedstawiony na rysunku 6.3 schemat jest prosty ale niestety nienaturalny. W świecie rzeczywistym kurnik, ani kuryto nie będąc przedmiotami nieożywionymi



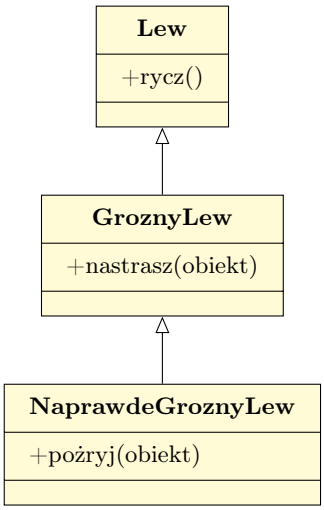

Rysunek 6.4: Schemat wzorca *Observer*

nie inicjują działań podejmowanych przez kury. To kury obserwują koryto i w odpowiednim momencie przystępują do jedzenia.
Wzorzec projektowy *Observer* (rys. 6.4) służy do odwzorowania takiego działania w systemie obiektowym. Występują w nim dwie klasy: obserwowana (`Subject`) i obserwująca (`Observer`). Klasa `Subject` pozwala na rejestrowanie obiektów (instancji klasy `Observer`), które obserwują jej stan i powinny być informowane o jego zmianie. W momencie, gdy następuje zmiana stanu obiektu klasy `Subject` wywoływana jest metoda `notifyObservers`. Żeby to było możliwe konieczne jest kapsułkowanie atrybutów, które są obserwowane. Metoda `notifyObservers` wywołuje metodę `notify` wszystkich obiektów, które należą do zbioru `observerCollection`. Ten atrybut jest kapsułkowany przez metody `registerObserver` i `unregisterObserver`.
Oczywiście jest możliwe zdefiniowanie wielu różnych klas obiektów obserwujących. W zależności od języka programowania muszą one dziedziczyć z jednej klasy nadrzędnej, albo (jak w Pythonie) po prostu mieć metodę `notify`. Dodatkowo obserwowany obiekt wywołując metodę `notify` może do niej przekazać argumenty niosące informację o naturze zmiany.

## 6.3 Dziedziczenie

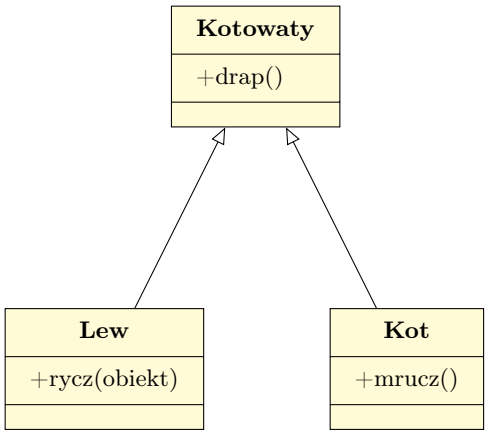
Jak już kilkukrotnie wspominaliśmy dziedziczenie jest fundamentalnym mechanizmem w projektowaniu obiektowym. Dzięki niemu można zaoszczędzić wiele wysiłku związanego z tworzeniem i utrzymaniem programu, albowiem funkcjonalności wspólne dla kilku klas można zaimplementować raz – w klasie, z której dziedziczą. Ponadto dziedziczenie pozwala na przesłanianie metod w podklasach. W systemie występuje wtedy wiele metod o tej samej nazwie (i być może przeznaczeniu), które jednakowoż różnią się swoim działaniem. Właściwa metoda zostanie dobrana na podstawie klasy obiektu, dla którego została wywołana.
Dziedziczenie stosuje się w trzech przypadkach:

- rozszerzenie istniejącej klasy o nowe funkcjonalności (uszczegółowienie)
- grupowanie klas o wspólnych funkcjonalnościach
- oznaczenie przynależności do wspólnej, nadrzędnej kategorii




Rysunek 6.5: Przykład rozszerzania klasy o nowe funkcjonalności

Przykład rozszerzania funkcjonalności zaprezentowano na rys. 6.5. Lew umie ryczeć. Groźny lew umie to samo co zwykły lew i dodatkowo potrafi nastraszyć. Naprawdę groźny lew potrafi to samo co groźny lew (ryczeć i straszyć) oraz pożerać.
Częstą praktyką jest rozszerzanie funkcjonalności klas pochodzących z różnego rodzaju bibliotek i modułów, które w ten sposób mogą zostać dostosowane do konkretnej potrzeby.
Grupowanie klas o współdzielonych funkcjonalnościach pozwala na zmniejszenie rozmiaru programu i usunięcie powtarzających się fragmentów. Na rysunku 6.6 przedstawiono klasy `Lew` i `Kot`. Mimo istotnych różnic w funkcjonalności (lew ryczy, a kot mruczy) obydwa zwierzaki potrafią podrapać. Jest to funkcjonalność wspólna dla wszystkich zwierząt należących do kotowatych. Zdefiniowanie klasy `Kotowaty` pozwoli na umieszczenie w niej metody `drap` i pozbycie się jej z klas, które z niej dziedziczą. Oczywiście jest to możliwe wyłącznie pod warunkiem, że lew i kot drapią tak samo. Doświadczenie podpowiada, że obiekty należące do klasy `Kotowaty`, które równocześnie nie należą do żadnej z jej podklas, nie powinny móc istnieć w systemie. Dlatego `Kotowaty` jest przykładem klasy, która nie znajdzie się w obiektowym modelu dziedziny, a w projekcie zostanie umieszczona ze względów technicznych. Sam fakt, że nie zamierzamy tworzyć obiektów należących bezpośrednio do danej klasy, nie powinien budzić zaniepokojenia. Jak widać, takie klasy mogą być użyteczne.
Rozważmy jeszcze sytuację, w której mamy do czynienia z klasami należącymi do jednej kategorii i mającymi różniące się metody o tej samej nazwie. Na rysunku 6.7 przedstawiono klasy `Sledz` i `Mol`, które mają metodę `zeruj`. Najprawdopodobniej te metody zasadniczo się od siebie różnią działaniem, oraz typem pobieranego argumentu. Niemniej jednak można zdefiniować klasę `Zwierze` z metodą `zeruj`. Wprawdzie metoda `zeruj` w klasie `Zwierze` nie może mieć żadnej użytecznej funkcjonalności, ale fakt jej występowania niesie informację, że w każdej podklasie należy zdefiniować metodę o tej nazwie. Innymi słowy każde zwierzę żeruje. Metodę bez implementacji, która musi być przesłonięta w każdej




Rysunek 6.6: Przykład grupowania ze względu na funkcjonalności

podklasie oraz klasę zawierającą takie metody nazywamy *abstrakcyjną*[3].
W językach programowania z typowaniem statycznym (C++, Java) stosowanie klas abstrakcyjnych jest konieczne, jeżeli ma istnieć możliwość operowania w tym samym kontekście na obiektach różnych klas, które nie mają naturalnej (obejmującej wspólną funkcjonalność) nadklasy. Dzieje się tak ponieważ dla każdej zmiennej i każdego argumentu należy z góry określić jej typ. Jeżeli jest to obiekt, trzeba podać jego klasę, która musi zawierać wszystkie potrzebne składowe, nawet jeżeli w rzeczywistości zawsze będą występowały obiekty podklas z własnymi definicjami tych składowych.
W przypadku typowania dynamicznego (duck-typing) (Python, Smalltalk) klasy abstrakcyjne nie są konieczne, ponieważ dowolne obiekty mogą występować we wszystkich kontekstach. Jeżeli nie posiadają wymaganych składowych zostanie to wykryte dopiero podczas wykonania programu. Jednakowoż stosowanie klas abstrakcyjnych ułatwia projektowanie i późniejsze utrzymanie kodu. W szczególności występowanie metody abstrakcyjnej nie pozwala zapomnieć o podaniu jej implementacji w definicji podklasy.

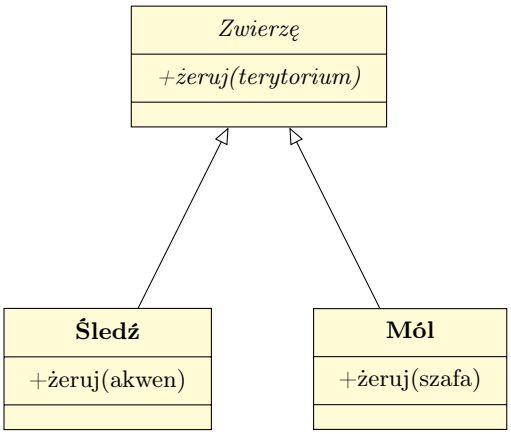
## 6.4 Przesłanianie metod

Jeżeli w podklasie występuje metoda o tej samej nazwie co w nadklasie, przesłania ona metodę zdefiniowaną wyżej. Mogłoby się wydawać, że w takiej sytuacji metoda z nadklasy jest bezpowrotnie stracona. W rzeczywistości jednak tak nie jest. Przysłanianie metody stosuje się w dwóch przypadkach:

- metoda z nadklasy robi coś zupełnie innego niż potrzeba
- metoda z nadklasy nie robi wszystkiego co potrzeba

W pierwszym przypadku metoda w podklasie przesłoni metodę z nadklasy i cel zostanie osiągnięty. W poniższym przykładzie implementacje metody `odpowiedz` w klasach `Student` i `DobryStudent` różnią się zasadniczo i nie posiadają wspólnych funkcjonalności:

[3]Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby klasa abstrakcyjna zawierała również zwykłe metody.




Rysunek 6.7: Przykład grupowania ze względu na przynależność do jednej kategorii. Kursywa oznacza metodę lub klasę abstrakcyjną.

```
class Student:
    def odpowiedz(self, pytanie):
        self.zrob_karpia()
        self.dukaj(pytanie)

class DobryStudent(Student):
    def odpowiedz(self, pytanie):
        self.odpowiedz_spiewajaco(pytanie)
```

Mimo to uzasadnione jest, aby klasa `DobryStudent` dziedziczyła z klasy `Student` (z powodu innych pominiętych w przykładzie funkcjonalności). Należałoby oczywiście rozważyć implementację dwóch klas: `KiepskiStudent` i `DobryStudent` dziedziczących z abstrakcyjnej klasy `Student`.
W drugim warto jest implementując metodę w podklasie wywołać metody z nadklasy, aby wykorzystać już zaimplementowaną funkcjonalność, a następnie wykonać pozostałe czynności. Przykładem mogą być klasy `Lew` i `GroznyLew`, które różnią się tym, że groźny lew przed jedzeniem zawsze ryczy:

```
class Lew:
    def pozryj(self, antylopa):
        print "Mniam."

class GroznyLew(Lew):
    def pozryj(self, antylopa):
        self.rycz()
        Lew.pozryj(self, antylopa)
```

Sytuacja, w której implementując metodę w podklasie wywołuje się metodę z nadklasy, czyli rozszerza się funkcjonalność odziedziczonej metody, jest bardzo pożądana. W szczególności opłacalne jest umieszczenie w nadklasie metody o niekompletnej funkcjonalności z założeniem, że zostanie ona uzupełniona w podklasach.

## 6.5 Klasy abstrakcyjne

Jak wspomniano w Pythonie nie ma potrzeby definiowania metod abstrakcyjnych. Jednak chociażby w celu dokumentacyjnym może być to celowe. Można to zrobić na dwa sposoby. Pierwszy polega na zdefiniowaniu zwykłej metody, której jedynym efektem będzie podniesienie wyjątku `NotImplementedError`. Taka metoda będzie mogła zostać wywołana wyłącznie dla obiektów należących do klas, w których nie została przesłonięta. Próba jej wywołania zakończy się wystąpieniem wyjątku informującego o braku implementacji. W poniższym przykładzie w ten sposób zaimplementowano metodę `speak` w klasie `Animal`:

```
class Animal():
  def speak(self):
    raise NotImplementedError #abstract

class Dog(Animal):
  def speak(self):
    return "bark"

class MuteAnimal(Animal):
  pass
```

W klasie `MuteAnimal` nie ma definicji metody `speak`. Jednak można tworzyć obiekty do niej należące. Kłopot wystąpi dopiero w momencie próby wywołania metody `speak`.
Alternatywnie korzystając z modułu `ABCMeta` można zdefiniować klasy prawdziwie abstrakcyjne, czyli takie, których obiektów nie można tworzyć. Definicję metody abstrakcyjnej poprzedza się dekoratorem `abstractmethod`. Nadal jednak może ona mieć nietrywialną implementację i być wywoływana (np. w celu rozszerzenia jej funkcjonalności).

```
from abc import ABCMeta, abstractmethod

class Animal():
    __metaclass__ = ABCMeta

    @abstractmethod
    def speak(self):
        pass

class MuteAnimal(Animal):
    pass

class Dog(Animal):
    def speak(self):
        print "Bark"
```

W powyższym przykładzie nie można tworzyć obiektów klas `Animal` i `MuteAnimal`:

```
>>> Animal()
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
```

```
TypeError: Can't instantiate abstract class Animal with abstract methods speak
>>> MuteAnimal()
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: Can't instantiate abstract class MuteAnimal with abstract methods speak
>>> Dog()
<__main__.Dog object at 0x10ade20d0>
```

ponieważ zawierają one metodę abstrakcyjną (`MuteAnimal` ją dziedziczy).

## 6.6 Wzorzec projektowy *Template method*

Często ogólny algorytm jest wspólny dla wielu klas. Zmieniają się jedynie niektóre jego fragmenty.

## 6.7 Kiedy warto rozszerzyć klasę?

Dziedziczeniem należy posługiwać się rozważnie. Dosyć często spotykanym błędem jest tworzenie podklas, które mają mieć w założeniu funkcjonalność mniejszą od nadklasy. Podejmując decyzję o dziedziczeniu warto wziąć pod uwagę czy:

- wszystkie składowe nadklasy zostaną wykorzystane lub przysłonięte w użyteczny sposób,
- obiekt podklasy ma udawać (być używany tak samo jak) obiekt nadklasy.

Jeżeli żaden z powyższych warunków nie jest spełniony (czyli np. zachodzi konieczność przysłonięcia wielu metod w sposób trywialny), należy stworzyć wspólną nadklasę. Rozważmy często przytaczany przykład figur geometrycznych. Klasa `Prostokat` posiada dwa atrybuty (`a` i `b`) przechowujące długości boków oraz metody `pole` i `obwod`:

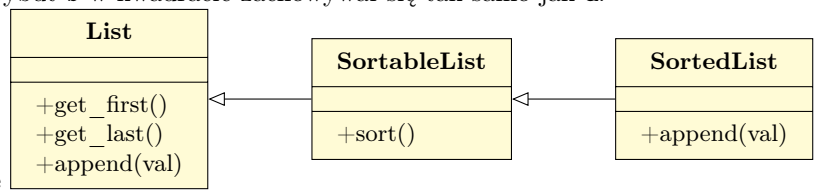
```
class Prostokat:
    __init__(self, a, b):
        self.a = a
        self.b = b

    def pole(self):
        return self.a * self.b

    def obwod(self):
        return (self.a + self.b) * 2
```

Kwadrat jest szczególnym przypadkiem prostokąta o bokach równej długości. Jeżeli jednak chcielibyśmy porównywać funkcjonalność klasy `Prostokat` i `Kwadrat` zauważymy, że prostokąt jest uogólnieniem kwadratu. Paradoksalnie mogłoby się wydawać, że w takiej sytuacji klasa `Prostokat` powinna dziedziczyć z klasy `Kwadrat`, skoro rozszerza jej funkcjonalność. Jednak nie da się wykorzystać metod obliczających pole i obwód kwadratu w obliczaniu tych wielkości dla prostokąta. Możliwe jest to w drugą stronę. Wystarczy stworzyć prostokąt o równych bokach:

```
class Kwadrat(Prostokat):
    __init__(self, a):
        self.a = a
        self.b = a
```

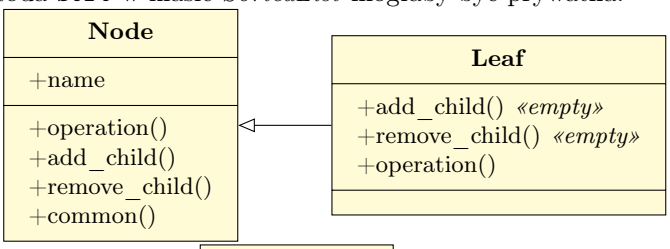
Powyższe rozwiązanie ma jednak istotną wadę. Obiekty klasy `Kwadrat` mają atrybut `b`. Co więcej, nie ma mechanizmu gwarantującego, że oba atrybuty (`a` i `b`) mają tę samą wartość. Ten efekt można jednak osiągnąć stosując kapsułkowanie. Pewną niedoskonałością będzie jedynie przesłonięcie w klasie `Kwadrat` funkcjonalnych metod `set_b` i `get_b` z klasy `Prostokat` przez metody zgłaszające próbę wykonania niedozwolonej operacji lub takie ich zaimplementowanie, aby atrybut `b` w kwadracie zachowywał się tak samo jak `a`.

Dobrze

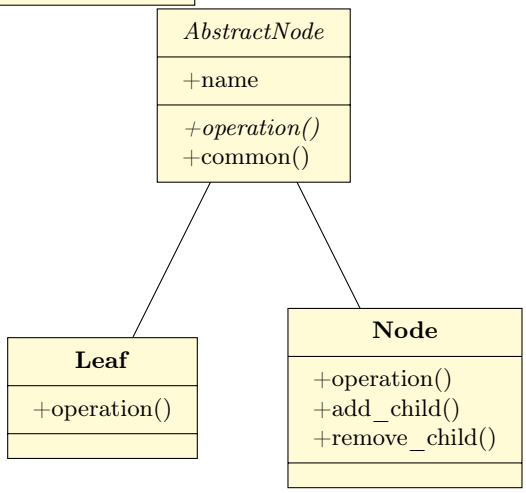



Metoda `sort` w klasie *SortedList* mogłaby być prywatna.

Źle




Dobrze




## 6.8 Jak projektować hierarchie klas

- Klasy dziedziczące po sobie powinny spełniać warunki podane wcześniej.
- Warto wstawiać klasy abstrakcyjne tam, gdzie występują wspólne funkcjonalności.
- Metoda podklasy może wywoływać więcej niż jedną metodę nadklasy.

- Jeżeli klasy mają wspólną funkcjonalność, ale nie mogą mieć wspólnej nadklasy, należy rozważyć stworzenie klasy pomocniczej.

# Rozdział 7

# Metody statyczne i klasowe

### 7.0.1 W poprzednich odcinkach...

Klasy – kategorie obiektów

Obiekty – instancje klas
Przynależność do klasy określa zakres odpowiedzialności obiektów.

Każdy obiekt należy do pewnej klasy.
Klasa określa funkcjonalności (metody) obiektów.

Każdy obiekt odpowiada za wartości swoich atrybutów.
Metody określone przez klasę odwołują się do atrybutów przechowywanych w obiekcie.
Metody mogą być dziedziczone.
Czy klasy mogą być obiektami?

### 7.0.2 Klasy są obiektami (w Pythonie)

Klasy mogą mieć atrybuty

```
>>> class A:
...     pass
...
>>>
>>> A.class_attr="classA"
>>>
>>> a.class_attr
'classA'
```

Atrybuty klas są dziedziczone

```
>>> class B(A): pass
...
>>> B.class_attr
'class A'
>>>
```

### 7.0.3 Przestrzenie nazw

Odwołanie do składowej

```
obiekt.atrybut
obiekt.metoda()
Klasa.atrybut
```

Kolejność przeszukiwania

1. Obiekt
2. Klasa obiektu
3. Nadklasa
4. Kolejne nadklasy ...

Przeszukiwanie odbywa się do skutku. Atrybuty obiektu przysłaniają atrybuty klas. Atrybuty podklasy przysłaniają atrybuty nadklasy.

### 7.0.4 Przykład

A

```
attr1="class␣A"
attr2="class␣A"

attr2="class␣B"
```

obj1

```
attr1="obj␣1"
```

obj2

```
attr2="obj␣2"
```

### 7.0.5 Uwaga

Przypisanie *zawsze* tworzy atrybut w najbliższym zasięgu przeszukiwania.
Przykład

```
>>> class A: pass
...
>>> class B(A): pass
...
>>> A.attr = "class A"
>>> A.attr
'class A'
>>> B.attr
'class A'
>>> B.attr = "class B"
>>> A.attr
'class A'
>>> B.attr
'class B'
```

### 7.0.6 Słownik `__dict__`

Atrybuty własne obiektu (klasy) znajdują się w słowniku `__dict__`.
Przykład

```
>>> B.__dict__
'__module__': '__main__', '__doc__': None, 'attr': 'class B'
>>> class C(B): pass
...
>>> C.__dict__
'__module__': '__main__', '__doc__': None
```

### 7.0.7 Zastosowania atrybutów klasowych

- Wartości charakteryzujące podklasy
- Wartości wspólne dla wszystkich instancji (stałe i parametry konfiguracyjne)
- Zmienne "globalne"

Wartości charakteryzujące podklasy Czasami stosując wzorzec *Template method* wystarczy w podklasie użyć atrybutu.

### 7.0.8 Zastosowania atrybutów klasowych c.d.

Przykład

```
class Zwierze:
    def daj_glos(self):
        print self.glos

class Pies(Zwierze):
    glos="Woof, woof"

class Swinka(Zwierze):
    glos="Oink, oink"

class LewHoward(Zwierze):
    glos="Roark"
    def daj_glos(self):
        Ziemia.trzes_sie()
        Zwierze.daj_glos(self)
```

### 7.0.9 Zastosowania atrybutów klasowych c.d.

Wartości wspólne dla wszystkich instancji (stałe i parametry konfiguracyjne) Nigdy nie umieszcza się w kodzie stałych, ani parametrów jako wartości, ponieważ ich zmiana wiązałaby się z koniecznością odnalezienia wszystkich wystąpień. Ze względów projektowych dobrze jest umieszczać stałe i parametry jak najbliżej metod, które z nich korzystają.
Zmienne "globalne" Przykłady:

- licznik utworzonych instancji
- ostatnio obliczona wartość
- kontener na instancje
- połączenie z bazą danych

### 7.0.10 Metody w klasach

Pytanie (przewrotne) Skoro funkcje w Pythonie są wartościami, a klasy mogą mieć atrybuty, to czemu nie tworzyć atrybutów klas, które są funkcjami?
Odpowiedź Bo nie trzeba. Są metody statyczne.

### 7.0.11 Metody statyczne

Metoda statyczna różni się od zwykłej brakiem argumentu `self`. W związku z tym może być wywoływana dla klasy.
Definicję metody statycznej poprzedza się dekoratorem `@staticmethod`.
Przykład

```
class A:
    attr="class␣A"

    @staticmethod
    def m():
        print A.attr
```

W metodach statycznych do atrybutów klasy można się odwoływać przez jej nazwę.

### 7.0.12 Singleton

Singleton to wzorzec projektowy, który polega na ograniczeniu liczby instancji danej klasy do jednej i zapewnieniu łatwego dostępu do jedynej instancji. Stosuje się go, jeżeli z różnych powodów wiele instancji wzajemnie by sobie przeszkadzało.
Przykłady

- fabryki obiektów
- stan aplikacji
- wszelkie sytuacje, gdy zmienne globalne są naprawdę konieczne i mają skomplikowaną strukturę

Czasami zamiast prawdziwego singletona wystarczy klasa z atrybutami i metodami statycznymi.

### 7.0.13 Singleton – przykład

```
class Singleton:
    _instance = None

    @staticmethod
    def get_instance():
        if Singleton._instance == None:
            Singleton._instance = Singleton()

        return Singleton._instance
```

W Pythonie takie rozwiązanie nie gwarantuje, że kolejne instancje nie zostaną stworzone bezpośrednio. Można wprowadzić zabezpieczenie w metodzie `__init__`.
Singletonów należy używać wyłącznie, gdy jest to naprawdę konieczne – da się udowodnić, że nie można inaczej.

### 7.0.14 Metody statyczne – ostrzeżenia

Metody statyczne w zasadzie nie różnią się niczym od funkcji zdefiniowanych poza klasą, ale pozwalają na lepszą organizację kodu.
Java W Javie używanie metod statycznych jest koniecznością, bo nie można definiować funkcji.
W Pythonie jest sens ich używać wyłącznie, gdy poprawia to czytelność kodu...
... albo chcemy wywoływać metody statyczne również dla instancji klasy.
Dziedziczenie Metody statyczne powodują kłopoty przy dziedziczeniu, jeżeli atrybuty, do których się odnoszą są przysłonięte w podklasie.

### 7.0.15 Metody statyczne – dziedziczenie

```
>>> class A:
...     attr="class A"
...
...     @staticmethod
...     def print_attr():
```

```
...         print A.attr
...
>>> A.print_attr()
class A
>>>
>>> class B(A):
...    attr="class B"
...
>>> B.print_attr()
class A
>>>
```

Gdyby była możliwość przekazania klasy jako argumentu metody, można byłoby odwoływać się do jej atrybutów.

### 7.0.16 Metody klasowe

Metoda klasowa ma argument `cls` działający analogicznie do `self`.
Definicję metody statycznej poprzedza się dekoratorem `@classmethod`.
Przykład

```
class A:
    attr="class␣A"

    @classmethod
    def m(cls):
        print cls.attr
```

### 7.0.17 Metody klasowe – dziedziczenie

```
>>> class A:
...     attr="class A"
...
...     @classmethod
...     def print_attr(cls):
...         print cls.attr
...
>>> A.print_attr()
class A
>>>
>>> class B(A):
...    attr="class B"
...
>>> B.print_attr()
class B
>>>
```

### 7.0.18 Factory methods – jeszcze raz

Metody klasowe znakomicie nadają się do tworzenia *factory methods*.
Przykład

```
class Abstract:
    @classmethod
    def create(cls):
        cls.count+=1
        return cls()

class A(Abstract):
    count=0
    def __init__(self):
```

```
        print "init␣A"

class B(A):
    count=0
```

Test

```
>>> A.create()
init A
<A instance at 0x10a5c0cf8>
>>> A.create()
init A
<A instance at 0x10a5c0d88>
>>> B.create()
init A
<B instance at 0x10a5c0cf8>
>>> A.count
2
>>> B.count
1
```