1. Klasa; notacja w UML
2. Dziedziczenie:
- jednoaspektowe
- wieloaspektowe
- wielokrotne
- dynamiczne

3. Klasa parametryzowana
4. Rozszerzenia i ograniczenia w podklasie
5. Wystąpienie klasy
6. Klasa abstrakcyjna a klasa konkretna
7. Metoda abstrakcyjna
8. Interfejs, zależność, realizacja
9. Ekstensja klasy
10. Własności klas: atrybuty, metody
11. Przesłanianie a przeciążanie
12. Typ; kontrola typów
13. Własność zamienialności

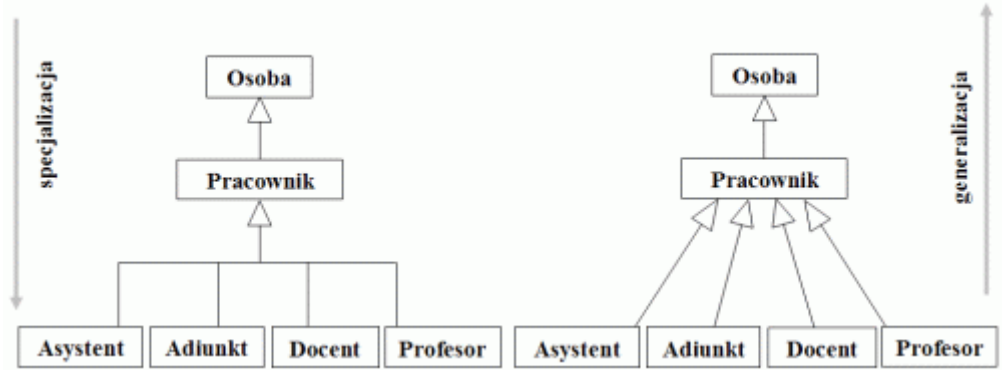
1. Klasa; notacja w UML
Cztery pola: nazwy (stereotyp **dostępność** nazwa_ klasy lista_wart_etyk),
atrybutów (stereotyp **dostępność** nazwa_atrybutu : typ = wart_początkowa lista_wart_etyk),
metod (stereotyp **dostępność** nazwa_metody (lista_arg) : typ_wart_zwracanej lista_wart_etykt),
użytkownika (np. w celu specyfikowania odpowiedzialności klasy). Możliwe są różne poziomy szczegółowości.
gdzie: **dostępność** jest określana przez trzy symbole: +publiczna -prywatna #chroniona
lista_arg: rodzaj nazwa_arg : typ = wart_początkowa
rodzaj: definiuje sposób, w jaki metoda korzysta z danego argumentu
in: metoda może czytać argument, ale nie może go zmieniać
out: może zmieniać, nie może czytać
inout: może czytać i zmieniać

Wszystkie elementy specyfikacji klasy za wyjątkiem nazwy klasy są opcjonalne.
Nazwa klasy to z reguły rzeczownik w liczbie pojedynczej. Klasa zazwyczaj nazywana jest tak, jak nazywany jest pojedynczy jej obiekt, np. klasa *Pracownik* – jeden obiekt opisuje jednego pracownika; klasa *Pracownicy* – jeden obiekt opisuje zbiór pracowników.

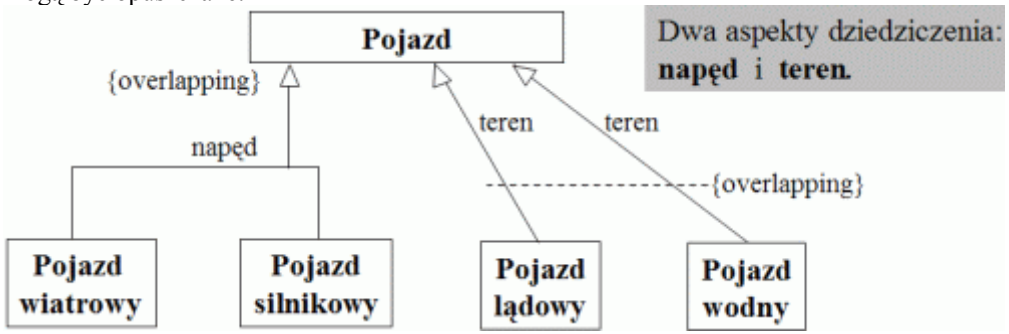
Okno {abstrakcyjna, autor= ”Kowalski” status=”przetestowane”}	«trwała» **Prostokąt**
	punkt1: Punkt punkt2: Punkt
+rozmiar: Obszar = (100,100) #czy_widoczne: Boolean = false +rozmiar_domyślny: Prostokąt #rozmiar_maksymalny: Prostokąt -xwskaźnik: XWindow*	«konstruktor» Prostokąt (p1: Punkt, p2: Punkt) «zapytania» obszar (): Real aspekt(): Real . .
+wyświetl() +schowaj() +utwórz() -dołączXWindow(xwin: XWindow*)	«aktualizacje» przesuń (delta: Punkt) przeskaluj(współczynnik: Real)

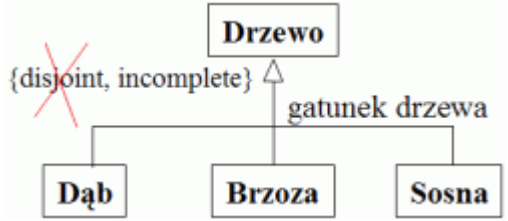
Po lewej przykłady klas. Stereotypy zostały tu wykorzystane do metaklasyfikacji metod.

2. Dziedziczenie
Dziedziczenie pozwala na tworzenie drzewa klas lub innych struktur bez pętli.



Struktura typu pętla jest zabroniona. Struktura typu krata jest dopuszczalna (j/w).
Dziedziczenie jednoaspektowe − aspekt specjalizacji (nazywany czasami dyskryminatorem) jest atrybutem opcjonalnym.
Dziedziczenie wieloaspektowe − dla dziedziczenia wieloaspektowego aspekty dziedziczenia nie mogą być opuszczane.





complete (domyślne): wszystkie planowane podklasy zostały zdefiniowane;
incomplete: nie wszystkie planowane podklasy zostały już zdefiniowane

disjoint (domyślne): podział rozłączny
overlapping: podział nierozłączny; przecięcie zbiorów obiektów klas, np. *Pojazd lądowy* i *Pojazd wodny,* nie jest zbiorem pustym;
... (ellipsis): niektóre ze zdefiniowanych klas, np. te nieistotne dla aktualnie rozważanego problemu, zostały pominięte (nie narysowane) na diagramie

Dziedziczenie wielokrotne (wielodziedziczenie) − ma miejsce, gdy klasa dziedziczy inwarianty z więcej niż jednej klasy (bezpośrednio).
Najczęściej dziedziczenie wielokrotne (wielodziedziczenie) jest konsekwencją braku koncepcji ról. Np. Jak mamy pojazd amfibia, to nie wiemy czy atrybut *max_prędkość()* ma odziedziczyć po polu **Pojazd lądowy** czy po **Pojazd wodny**.

Dziedziczenie dynamiczne − Osoba może zmieniać zawód, co może być modelowane poprzez tzw. dziedziczenie dynamiczne. Przydatne dla modelowania koncepcyjnego, trudne w implementacji. W przypadku płci osoby pole musi być **mandatory** − obowiązkowe

3. Klasa parametryzowana
Klasy parametryzowane są użyteczne z dwóch zasadniczych powodów: podnoszą poziom abstrakcji i wpływają na zmniejszenie długości kodu źródłowego programu.
Klasy parametryzowane posiadają **duży potencjał ponownego użycia**.
Podstawowe zastosowanie klas parametryzowanych polega na wykorzystaniu ich do definiowania zbiorów (szerzej − kolekcji). Każdy obiekt klasy **Zbiór <Pracownik>**, czy analogicznie **Zbiór Pracowników**, jest zbiorem.

4. Rozszerzenia i ograniczenia w podklasie
- Podklasa nie może omijać lub zmieniać atrybutów nadklasy.
- Podklasa może zmienić ciało metody z nadklasy, ale bez zmiany jej specyfikacji.
- Podklasa może dowolnie dodawać nowe atrybuty i metody (rozszerzać zbiór własności nadklasy).
- Podklasa może ograniczać wartości atrybutów. Np. *Koło* jest podklasą klasy *Elipsa*, gdzie obie średnice elipsy są sobie równe. Ograniczenia mogą spowodować, że część metod przestanie być poprawna. Np. zmiana jednej ze średnic obiektu − dozwolona dla obiektu klasy *Elipsa* − jest niedopuszczalna w obiekcie podklasy *Koło*, gdyż muszą tam być zmieniane obie średnice jednocześnie.

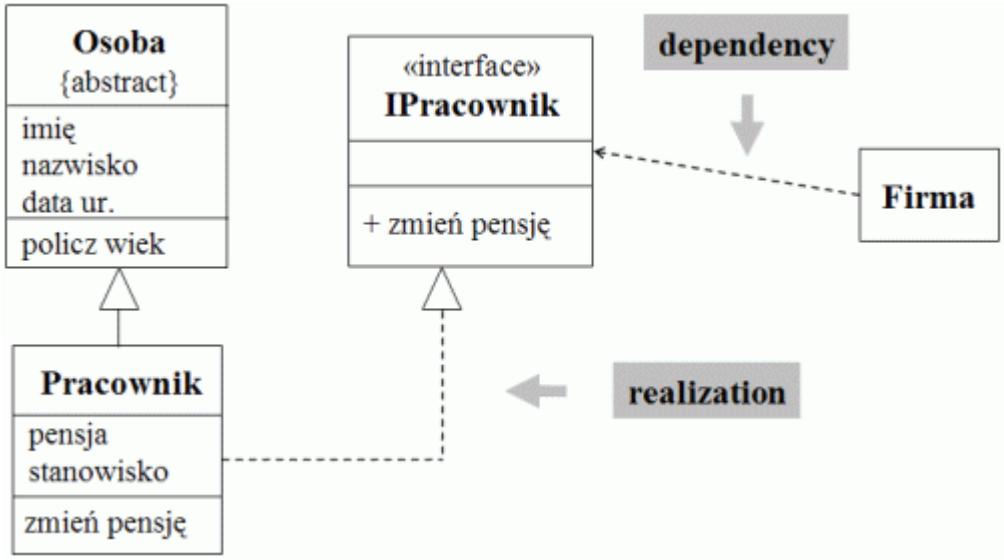
5. Wystąpienie klasy
Pojęcie **wystąpienie klasy** (**instancja klasy**) oznacza obiekt, który jest "podłączony" do danej klasy, jest jej członkiem. Wystąpienia mogą być: **bezpośrednie** i **pośrednie**.
Obiekt jest wystąpieniem bezpośrednim swojej klasy i wystąpieniem pośrednim wszystkich jej nadklas.

6. Klasa abstrakcyjna a klasa konkretna
Klasa abstrakcyjna nie ma (nie może mieć) bezpośrednich wystąpień i służy wyłącznie jako nadklasa dla innych klas. Stanowi jakby wspólną część definicji grupy klas o podobnej semantyce. UML pozwala na oznaczenie bytu abstrakcyjnego za pomocą wartości etykietowanej {**abstract = TRUE**} (TRUE można opuścić) lub napisanie nazwy bytu abstrakcyjnego ***italikami*** (nazwy klasy czy metody abstrakcyjnej).
Klasa konkretna może mieć (ma prawo mieć) wystąpienia bezpośrednie.
Klasyczna klasyfikacja w biologii: liście w drzewie klas muszą być klasami konkretnymi.
Klasa abstrakcyjna nie może znaleźć się w liściu drzewa.
Klasa konkretna może zająć każde położenie w drzewie.

7. Metoda abstrakcyjna
Metoda abstrakcyjna jest to metoda wyspecyfikowana w nadklasie, której implementacja musi znaleźć się w którejś z podklas.

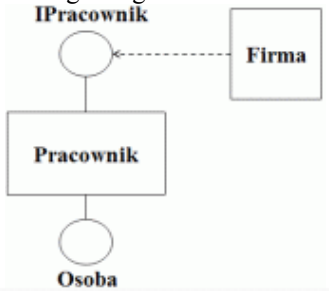
Klasa abstrakcyjna **może** zawierać abstrakcyjne metody, ale **nie musi**, co oznacza, że klasa abstrakcyjna może zawierać wyłącznie metody zaimplementowane. Klasa konkretna **musi** zawierać implementacje tych metod abstrakcyjnych, które nie zostały zaimplementowane w żadnej z nadklas danej klasy konkretnej. Klasa konkretna nie może zawierać metod abstrakcyjnych.

8. Interfejs, zależność, realizacja



Stereotyp «interface» poprzedza nazwę klasy, która zawiera jedynie specyfikacje metod, bez implementacji. W UML interfejs nie zawiera atrybutów, a wszystkie metody są publiczne.
Implementacje metod wyspecyfikowanych w interfejsie **Ipracownik** zawiera klasa **Pracownik**, na co wskazuje symbol realizacji (ang. realization) o notacji podobnej do notacji dziedziczenia.
Zależność (ang. **dependency**) wskazuje na klasę (klienta), która korzysta z danego interfejsu.

Dla poprzedniego diagramu można zastosować inną, bardziej zwięzłą notację.



Klasa abstrakcyjna i interfejs zostały tu potraktowane w podobny sposób − jako definicje interfejsów do klasy **Pracownik**. Jedyna różnica: klasa abstrakcyjna, w przeciwieństwie do interfejsu, może zawierać atrybuty i implementacje metod.

9. Ekstensja klasy

Ekstensja klasy (class extent) = aktualny (zmienny w czasie) zestaw wszystkich wystąpień tej klasy. Ekstensja klasy w implementacji oznacza specjalną strukturę danych, konkretny byt programistyczny dołączony do klasy. Ta struktura stanowi skład obiektów, przechowując wszystkie obiekty będące członkami danej klasy.

Niektóre metody zawarte w ramach klasy odnoszą się do jej **wystąpień**:

oPracownik.wiek oPracownik.zwolnij oKonto.obliczProcent

Niektóre metody zawarte w ramach klasy odnoszą się do jej **ekstensji**:

KlPracownik.nowy KlPracownik.zlicz KlKonto.obliczSume

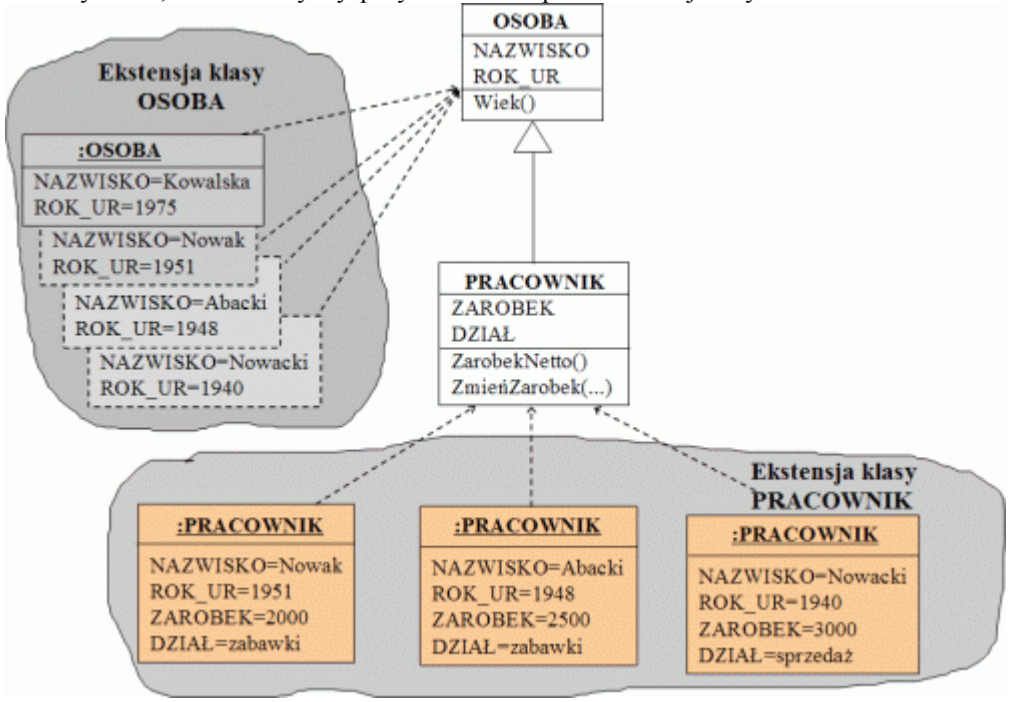
Klasa może mieć nie jedną lecz wiele ekstensji.

Istnieje kilka definicji ekstensji klasy:

I jest to zbiór jedynie bezpośrednich wystąpień danej klasy,

II jest to zbiór wszystkich wystąpień danej klasy (bezpośrednich i pośrednich), ale obcięty do atrybutów wyspecyfikowanych w tej klasie,

III jest to, jak poprzednio, zbiór wszystkich wystąpień danej klasy, ale bez obcinania atrybutów, które zostały wyspecyfikowane w podklasach tej klasy.



10. Własności klas: atrybuty, metody

Atrybut może być **nazwaną wartością** lub **obiektem** (podobiekt). Atrybut, będący **wartością**, nie posiada tożsamości. Wartości atrybutów są przechowywane przez obiekty, ponieważ nie należą do inwariantów klasy. **Uwaga**! Sformułowanie "**wartość atrybutu"** w przypadku, gdy atrybut jest podobiektem jest uproszczeniem.

Atrybut unikalnie identyfikujący obiekt (**klucz**) nie jest wymagany, ponieważ każdy obiekt posiada tożsamość, implementowaną poprzez wewnętrzny unikalny identyfikator obiektu, automatycznie generowany przez system w momencie powoływania obiektu do życia i niewidoczny dla użytkownika. Zaleca się, by identyfikator nie miał znaczenia w dziedzinie problemowej.

Atrybuty mogą być:

- **proste:** *imię, nazwisko, nazwisko panieńskie, wiek, płeć, stosunek do służby wojsk.*
- **złożone:** *data ur., adres, lista poprz. miejsc pracy, dane firmy, zdjęcie*
- **opcjonalne:** *nazwisko panieńskie, stosunek do służby wojsk, lista poprzednich miejsc pracy*
- **powtarzalne:** *lista poprz. miejsc pracy*
- **pochodne:** *wiek*
- **klasowe:** *adres firmy*
- **atrybut będący obiektem:** *zdjęcie*

Atrybuty klasowe należą do inwariantów danej klasy.

Metoda może mieć argumenty (oprócz obiektu, który jest argumentem ***implicite*** dla metod obiektu). **Sygnatura (specyfikacja) metody** włącza liczbę i typ argumentów plus typ wyniku metody.

Jeżeli argumenty nie są specyfikowane, to może ich być dowolnie dużo, również w ogóle. Brak specyfikacji argumentów na wczesnych etapach analizy może oznaczać zarówno, że metoda ich nie posiada, jak i to że w danym momencie nie interesujemy się jeszcze nimi. To samo dotyczy wartości zwracanej przez metodę.

Metody mogą być:

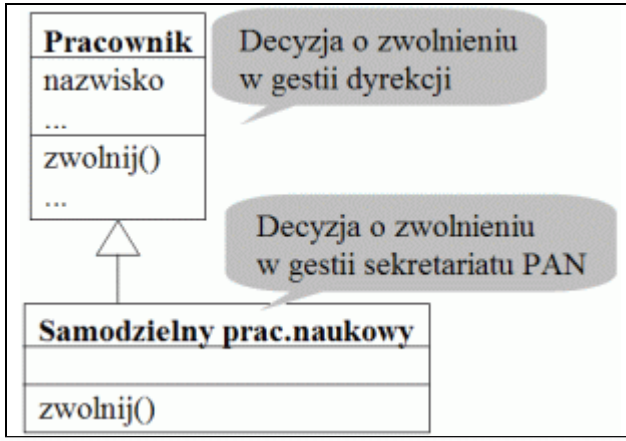
- **abstrakcyjne**
- **obiektu:** *policz wiek, czy pracował w (nazwa firmy)*
- **klasowe:** *policz wiek (imię, nazwisko), znajdź najstarszego*

Klasa ***Pracownik*** nie może posiadać metod abstrakcyjnych, gdyż jako jedyna klasa na diagramie musi być klasą konkretną.

Metoda obiektu operuje na atrybutach jednego obiektu, tego dla którego została wywołana. Obiekt stanowi argument domyślny (implicite) dla metody obiektu.

Metoda klasowa operuje na ekstensji klasy, czyli posiada dostęp do atrybutów wszystkich obiektów członków danej klasy.

11. Przesłanianie a przeciążanie



Przesłanianie (overriding): metoda z klasy bardziej wyspecjalizowanej może przesłonić metodę z klasy bardziej ogólnej. Wybierana jest metoda znajdująca się najbliżej obiektu, w sensie hierarchii dziedziczenia.

Metody mają tu identyczną sygnaturę ale różne implementacje (ciała).

- ✔ Przesłanianie jest ściśle powiązane z polimorfizmem metod.
- ✔ Przesłanianie wymaga dynamicznego wiązania.
- ✔ Przesłanianie jest ważnym elementem wspomagającym ponowne użycie.

Dwie metody implementujące operację *policz objętość*. Metoda *policz objętość* w klasie abstrakcyjnej *Bryła* nie może być metodą abstrakcyjną, ponieważ jest dziedziczona.

Dynamiczne (poźne) wiązanie

Wiązanie (binding): zamiana identyfikatora symbolicznego (nazwy) występującego w programie na: wartość, adres lub wewnętrzny identyfikator bytu programistycznego (stałej, zmiennej, obiektu, procedury, ...)

Wczesne (statyczne) wiązanie: przed uruchomieniem programu, podczas kompilacji i konsolidacji.

Zalety: większa szybkość działania programu, możliwość pełnej statycznej kontroli typów.

Wady: brak możliwości rozbudowy aplikacji podczas jej działania.

Późne (dynamiczne) wiązanie: w czasie wykonania programu.

Zalety: możliwość przesłaniania w trakcie działania aplikacji, możliwość komponowania programu w trakcie jego działania, szybkie przechodzenie od pomysłu do realizacji.

Wady: wolniejsze działanie programu, utrudniona kontrola typów

Późne wiązanie jest nieodzownym warunkiem dla:

- implementacji komunikatów (polimorfizmu)
- dynamicznie tworzonych perspektyw
- dynamicznie tworzonych procedur bazy danych
- języków zapytań
- migracji obiektów
- ewolucji schematu BD

Przeciążanie (overloading): oznacza, że jakiś symbol (np. operatora czy funkcji) ma znaczenie zależne od kontekstu jego użycia, np. od ilości/typu argumentów.

Np**. przesuń (x, y)**, **przesuń (x, y, z)** – mają różną ilość argumentów

przesuń (int, int), **przesuń (float, float)** – mają różne typy argumentów

Powszechne jest przeciążanie operatora równości = który służy do porównania liczb całkowitych, liczb rzeczywistych, stringów, identyfikatorów, struktur, itd.

Podobnie, operator + może oznaczać dodawanie lub konkatenację.

Przeciążanie nie wymaga dynamicznego wiązania: znaczenie operatora można wydedukować na podstawie **statycznej** analizy tekstu programu. W odróżnieniu od przeciążania, przesłanianie jest własnością **dynamiczną**, nie zawsze da się wydedukować z tekstu programu.

Niektórzy autorzy (np. Cardelli – propagator teorii typów polimorficznych) uważają, że przeciążanie nie jest polimorfizmem. Stwierdzenie "Wszystkie metody implementujące daną operację muszą mieć tę samą sygnaturę", leżące u podstaw idei polimorfizmu, jest sprzeczne z definicją przeciążania.

12. Typ; kontrola typów

Typ bytu programistycznego nakłada ograniczenia na jego budowę (lub argumenty i wynik) oraz ogranicza kontekst, w którym odwołanie do tego bytu może być użyte w programie.

W wielu opracowaniach i językach (C++, Eiffel) typ jest utożsamiany z klasą. Wielu autorów uważa jednak te dwa pojęcia za różne.

Klasa: przechowalnia inwariantów, implementacja metod.

Typ: specyfikacja budowy obiektu, specyfikacja metod.

Podstawowe zastosowanie klasy: modelowanie pojęciowe.

Podstawowe zastosowanie typu: wspomaganie kontroli formalnej poprawności programów.

Generalnie, na linii rozróżnień definicyjnych pomiędzy pojęciami:

- **klasa**
- **typ**
- **abstrakcyjny typ danych** ***(ADT)***
- **ekstensja**

panuje spore zamieszanie.

Mocna kontrola typów oznacza, że każdy byt programistyczny (stała, zmienna, obiekt, procedura, funkcja, metoda, klasa, moduł, ...) podlega obowiązkowej specyfikacji typu. Każde odwołanie do tego bytu w programie jest sprawdzane na zgodność ze specyfikacją jego typu.

Statyczna kontrola typu: kontrola tekstu programu (podczas kompilacji).

Dynamiczna kontrola typu: kontrola typów podczas czasu wykonania.

Zwykle **mocna kontrola typu** oznacza **kontrolę statyczną**.

Kontrola dynamiczna jest znacznie mniej skuteczna, z dwóch powodów:

- jest istotnym obciążeniem czasu wykonania,
- błąd typu podczas wykonania jest takim samym błędem jak każdy inny, a rakieta przecież jest już w locie...

Z drugiej strony, mocna statyczna kontrola typu powoduje znaczne zmniejszenie mocy języka programowania i jego elastyczności. Np. jak napisać procedurę w Pascal'u, która mnoży dwie macierze o dowolnych rozmiarach?

Własności takie jak: późne wiązanie, wartości zerowe, warianty, perspektywy, procedury bazy danych, dynamiczne klasy, etc. wymagają kontroli dynamicznej.

Podtyp − ekstensja podtypu jest podzbiorem ekstensji typu (np. zbiór **liczb naturalnych** jest podtypem zbioru **liczb całkowitych**.)

−Typ B jest podtypem typu A, jeżeli B posiada więcej własności (atrybutów, metod, ...) niż A, innymi słowy B jest bardziej wyspecjalizowane niż A.

struct Osoba {string Nazwisko; integer Rok_urodz;};

struct Pracownik {string Nazwisko; integer Rok_urodz; integer Zarobek; };

Pracownik jest **podtypem Osoba**

Innym (równoważnym) punktem widzenia na kwestię podtypowania jest założenie, że każdy obiekt może mieć wiele typów: swojej klasy podstawowej i wszystkich jej nadklas.

13. Własność zamienialności − definiowanie relacji podtypu między typami posiada konkretny cel, określany przez zasadę **zamienialności (substitutability)**:

Jeżeli w jakimś miejscu programu (zapytania, ...) może być użyty byt typu *A*, to może tam być także użyty byt, którego typ jest podtypem typu *A*.

Np., jeżeli w jakimś miejscu programu może być użyty obiekt *Osoba*, to w tym samym miejscu może być użyty obiekt *Pracownik*. Wszędzie, gdzie może być użyta *Elipsa*, można też użyć obiektu klasy *Koło*, wszędzie gdzie może być użyta liczba całkowita można użyć liczby naturalnej. Zamiana odwrotna nie jest możliwa.

Zasada zamienialności ma duże znaczenie dla przyrostowego rozwoju oprogramowania: obiekty nowych, bardziej wyspecjalizowanych klas mogą być wykorzystywane w tym samym środowisku, co mniej wyspecjalizowane, bez potrzeby zmiany środowiska przy każdej zmianie związanej z rozszerzeniami wynikłymi ze specjalizacji.

Typy masowe − to typy, dla których rozmiar bytu nie da się ani przewidzieć ani sensownie ograniczyć.
Kolekcje (termin ODMG-93 przyjęty dla określenia typów masowych):
Zbiory (sets): nie uporządkowane kolekcje elementów dowolnego ustalonego typu, bez powtórzeń.
Wielozbiory (multisets, bags): nie uporządkowane kolekcje elementów dowolnego ustalonego typu, elementy mogą się powtarzać.
Sekwencje (sequences): uporządkowane kolekcje elementów dowolnego ustalonego typu; porządek ma znaczenie informacyjne, elementy mogą się powtarzać.
Tablice dynamiczne (dynamic arrays): sekwencje, ale z dostępem poprzez indeks.

Ortogonalność konstruktorów typu:
typy masowe mogą być dowolnie kombinowane, w tym również z typami indywidualnymi, np. zbiór sekwencji czy obiekt, którego atrybutami są wielozbiory.

Popularne języki obiektowe nie mają typów masowych lub je ograniczają (Smalltalk).
Systemy przedobiektowe nie są zgodne z zasadą ortogonalności konstruktorów typu.

Rozszerzalność systemu typów:
- ✔ Projektant ma do wyboru wiele konstruktorów typu.
- ✔ Nowy typ można zdefiniować na podstawie typu już istniejącego (ortogonalna kombinacja)

Konstruktory typów:
- **typy atomowe:** character, integer, float, string, boolean, bitmap, ...
- **typy zapisów (records):** struct {nazwa:string; waga:float;}
- **kolekcje:**
  - ⊙ zbiory (sets): set of bitmap, set of struct {nazwa:string; waga:float;}
  - ⊙ wielozbiory (bags): zbiory z powtórzeniami
  - ⊙ sekwencje (sequences): wielozbiory uporządkowane
  - ⊙ tablice (arrays): array of integer, array[5..30] of set of bitmap

Definicja nowego typu na podstawie typu już zdefiniowanego:
TypCzęści = struct {string nazwa; float waga;};
TypRelacjiCzęści = set of TypCzęści;
Rozszerzalność systemu typów znacząco wspomaga ponowne użycie.