



Objektno-orijentisani pristupi u modelima podataka

*Objektno-orijentisani i objektno-
relacioni sistemi*

Sadržaj

- Motivacija
- Osnovni objektno-orijentisani koncepti
- Objektno-orijentisani model podataka
- Objektno-relacioni model podataka
- Poređenje objektnih modela podataka

Motivacija

- **Problemi relacionih baza podataka**
 - problem ograničenog broja tipova podataka
 - integer, date, string, itd.
 - pogodan za tradicionalne sisteme
 - koji obuhvataju dominantno alfanumeričke (tekstualno orijentisane) podatke
 - problem brzog rasta količine podataka
 - postaju kritične određene karakteristike SUBP-ova
 - kontrola konkurentnog izvršavanja
 - oporavak od grešaka
 - indeksiranje
 - performanse upita
 - izražajnost upitnog jezika

Motivacija

- **Zahtevi nove generacije aplikacija**
 - česta upotreba **kompleksnih podataka**
 - tradicionalno smeštenih izvan baze podataka
 - datoteke operativnog sistema
 - specijalizovane strukture podataka
 - zahtev za proširenjem SUBP-ova konceptom **kompleksnog tipa**
 - novi domeni primene
 - CAM/CAD sistemi
 - geoinformacioni sistemi
 - multimedijalni sistemi

Motivacija

- **Rešenje**
 - upotreba objektno-orijentisanih koncepata u bazama podataka
- **Baze podataka sa OO konceptima podržavaju**
 - laku integraciju sa OO programskim jezicima
 - **kompleksne tipove**
 - za smeštanje velikih podataka
 - slike, video, veliki tekstualni podaci itd.
 - **duge transakcije**
 - specifikaciju **strukture i operacija** nad podacima

Motivacija

- **Baze podataka sa OO konceptima**
 - **Objektno-orijentisane baze podataka**
 - nastale pod uticajem objektno-orijentisanih programskih jezika
 - jezici prošireni funkcionalnostima SUBP-ova
 - **alternativa** relacionim bazama
 - kompleksni tipovi igraju glavnu ulogu
 - **Objektno-relacione baze podataka**
 - **proširenje** relacionih baza
 - predstavljaju objedinjenje relacione i objektno paradigme

Sadržaj

- Motivacija
- Osnovni objektno-orijentisani koncepti
- Objektno-orijentisani model podataka
- Objektno-relacioni model podataka
- Poređenje objektnih modela podataka

Osnovni objektno-orientisani koncepti



- **Pojam objektno-orientisano (OO)**

- potiče od objektno-orientisanih programskih jezika

- kasne 1960. godine jezik SIMULA
- 1970. godine Smalltalk
 - čisti objektno-orientisani jezik
- 1979. godine C++
 - hibridni objektno-orientisani jezik
- 1991. godine Python
 - višestruke paradigme
- 1995. godine Java
- 2000. godine C#

Osnovni objektno-orijentisani koncepti



- **Osnovna OO pravila**

- svaki entitet iz realnog sveta modeluje se **objektom**
 - svaki objekat poseduje jedinstveni identifikator
- svaki objekat je instanca i okarakterisan je **atributima i metodama**
 - skup atributa je osnova **strukture objekta**
 - vrednost atributa može predstavljati objekat ili skup objekata
 - skup metoda definiše **ponašanje**
- vrednosti atributa definišu **stanje** objekta
 - promena ili pristup stanju vrši se **slanjem poruka**
 - pozivanjem metoda nad objektom

Osnovni objektno-orijentisani koncepti



- **Osnovna OO pravila**

- objekti koji zadovoljavaju istu osobinu (predikat) grupišu se u jednu klasu
 - svaki objekat je instanca klase kojoj pripada
 - svi objekti klase zadovoljavaju istu strukturu i ponašanje, definisano klasom
- klasa se može definisati **specijalizacijom** jedne ili više postojećih klasa
 - potklasa nasleđuje attribute i metode natklase

Osnovni objektno-orijentisani koncepti



- **Objekat**

- **privremeni objekat**

- objekat koji postoji samo tokom izvršenja programa, u memorijskoj zoni programa
 - ograničenog životnog veka, najduže do završetka programa

- **perzistentni objekat**

- objekat koji je uskladišten u bazi podataka
 - ima neograničen životni vek
 - sa obezbeđenim pristupom od strane više programa

Osnovni objektno-orijentisani koncepti



- **Klasa**

- skup atributa (promenljivih, varijabli)
 - koncept atributa analogan je konceptu atributa u relacionom modelu
 - atribut može biti vidljiv izvan klase i skriven
- skup operacija
 - operacija predstavlja specifikaciju ponašanja objekta
 - operacija se može izvršiti nad objektima date klase
- objekat predstavlja skup vrednosti atributa klase
 - nad kojim se mogu primenjivati operacije klase
 - vrednostima skrivenih atributa ne može se pristupiti direktno
 - već korišćenjem namenski specificiranih operacija
 - princip enkapsulacije

Osnovni objektno-orijentisani koncepti



- **Glavni koncepti OO modela**
 - identitet objekta
 - konstruktor tipa
 - enkapsulacija operacija
 - kompatibilnost između programskih jezika
 - hijerarhija tipova i nasleđivanje
 - ekstent
 - polimorfizam operacija

Osnovni objektno-orientisani koncepti



- Identitet objekta
- Strukture kompleksnih tipova
- Enkapsulacija i skladištenje objekata
- Hijerarhija tipova i nasleđivanje
- Polimorfizam operacija

Identitet objekta

- **Cilj OO modela podataka**
 - da svaki realni entitet bude predstavljen jednim objektom u BP
 - za razliku od relacionog modela podataka, kod kojeg jedan realni entitet može biti dekomponovan u više torki relacija
 - efekat: olakšano očuvanje integriteta i identiteta objekta
- **Jedinstvena identifikacija objekta**
 - tipično **identifikator objekta**
 - *eng. object identifier (OID)*
 - nije vidljiv korisnicima
 - jedinstven za svaki objekat
 - koristi se za uspostavljanje veza između objekata

Identitet objekta

- **Identifikator objekta**

- **nepromenljiv**

- vrednost identifikatora objekta uvek je stalna
 - od momenta kreiranja, do momenta uništenja objekta
 - ne zavisi od vrednosti ostalih atributa objekta

- svaka vrednost OID-a iskorišćava se samo jednom

- vrednosti OID-ova izbrisanih objekata ne koriste se nikada ponovo

Identitet objekta

- **Identifikator objekta**

- način formiranja vrednosti OID-a

- upotrebom **fizičke adrese** objekta

- problem nastaje prilikom promene adrese

- » pointer sa stare adrese na novu adresu

- karakterističan za prve OO SUBP-ove

- » poboljšane performanse dobavljanja objekata

- upotrebom **long integer** tipa

- uobičajeno u savremenim OO SUBP-ovima

- omogućeno je prevođenje vrednosti OID-a u fizičku adresu objekta

- » upotreba hash map preslikavanja

Identitet objekta

- **Literal (vrednost)**
 - nad primitivnim (prostim) tipom podatka
 - može da egzistira kao poseban koncept
 - literal sa OID-om
 - literal kojem je pridružena vrednost OID-a
 - identične vrednosti literala mogu biti označene različitim vrednostima OID-a
 - karakteristično za prve OO modele
 - literal bez OID-a
 - nad primitivnim (prostim) tipom podatka, koji može da egzistira isključivo u okviru objekta
 - ne može se referencirati direktno, kao objekat
 - karakteristično za savremene OO modele

Osnovni objektno-orientisani koncepti



- Identitet objekta
- Strukture kompleksnih tipova
- Enkapsulacija i skladištenje objekata
- Hijerarhija tipova i nasleđivanje
- Polimorfizam operacija

Strukture kompleksnih tipova

- **Tip objekta i tip literala**
 - definiše strukturu objekta, odnosno literala
 - skup atributa koji opisuje neki entitet iz realnog sveta
 - može da bude proizvoljne kompleksnosti
 - u relacionim sistemima, podaci o jednom entitetu nalaze se, često, u više torke različitih relacija
 - u objektnim sistemima dozvoljeno je definisanje kompleksnih tipova putem **konstruktora tipa**
 - **atomički konstruktor**
 - **konstruktor torke (strukture)**
 - **konstruktor kolekcije**
 - konstruktor tipa predstavlja pravilo za kreiranje novih tipova, upotrebom postojećih

Strukture kompleksnih tipova

- **Konstruktor tipa**

- **atomički konstruktor**

- uvodi osnovne tipove u OO model podataka
 - atomički (jednovrednosni) tipovi
 - » nisu razloživi na prostije tipove
 - primeri: integer, string, float, boolean, itd.
 - analogan koncept postoji u svakom modelu podataka

- **konstruktor torke (struktura)**

- omogućava kreiranje kompleksnih tipova
 - analogno kreiranju domena tipa torke u relacionom modelu
 - odgovara konceptu *struct* deklaracije u C-u

Strukture kompleksnih tipova

- **Konstruktori tipa**
 - **konstruktor kolekcije**
 - konstruktor tipova koji predstavljaju kolekcije vrednosti
 - kolekcija objekata ili literala
 - » može biti uređena ili neuređena
 - » svi elementi su uvek istog tipa
 - *set(T)*, *list(T)*, *bag(T)*, *array(T)* i *dictionary(K, T)*

Strukture kompleksnih tipova

- **Primer**

```
define type RADNIK
```

```
    tuple(  ime:           string;
           prezime:       string;
           jmbg:          string;
           dat_rodj:      DATUM;
           adresa:        string;
           pol:           char;
           plata:         float;
           sef:           RADNIK;
           departman:     DEPARTMAN;
    );
```

Strukture kompleksnih tipova

- **Primer**

```
define type DATUM
```

```
    tuple( godina:      integer;  
           mesec:      integer;  
           dan:        integer;  
    );
```

```
define type DEPARTMAN
```

```
    tuple( naziv:      string;  
           broj:      integer;  
           rukovodilac: tuple( rukovodilac:  RADNIK;  
                               dat_izbora:   DATUM; );  
           lokacije:  set(string);  
           zaposleni:  set(RADNIK);  
    );
```


Osnovni objektno-orientisani koncepti



- Identitet objekta
- Strukture kompleksnih tipova
- Enkapsulacija i skladištenje objekata
- Hijerarhija tipova i nasleđivanje
- Polimorfizam operacija

Enkapsulacija i skladištenje objekata

- **Enkapsulacija**

- omogućava definisanje apstraktnih tipova i skrivanje informacija
- tradicionalni (relacioni) sistemi ne enkapsuliraju podatke
 - moguć je pristup svim obeležjima relacije
 - sve definisane operacije nad podacima mogu se, u opštem slučaju, izvršiti nad podacima bilo koje relacije
 - select, insert, delete, update ili složene (korisnički definisane) operacije

Enkapsulacija i skladištenje objekata



- **Enkapsulacija**

- **enkapsulacija operacija**

- operacija se specificira upotrebom dva koncepta
 - **potpis ili interfejs operacije**
 - » specifikacija naziva, argumenata i tipa povratne vrednosti operacije
 - **telo operacije**
 - » specifikacija kompletnog algoritma operacije
 - omogućena nezavisnost upotrebe operacije od načina njene implementacije
 - korisnik je svestan samo **interfejsa** operacije
 - korisnik nije svestan algoritma operacije
 - omogućene su takve izmene algoritma operacije koje ne utiču na potpis i, time, na način korišćenja operacije

Enkapsulacija i skladištenje objekata

- **Enkapsulacija**

- **potpuna enkapsulacija**

- skrivanje svih atributa klase

- neki OO modeli zahtevaju da svi atributi klase budu skriveni, a da se vrednostima atributa upravlja putem operacija date klase

- mane potpune enkapsulacije

- korisnik ne upotrebljava i ne vidi eksplicitno nazive atributa

- da bi zadao operaciju nad objektima klase, korisnik upotrebljava odgovarajuću operaciju klase

- » tj. mora postojati operacija za svaki atribut klase

- ovaj pristup se može relaksirati u praksi

- atributi se dele na **vidljive** i **skrивene**

- određene operacije zadaju se direktno nad vidljivim atributima
 - za skrivene atributime koriste se namenske operacije

Enkapsulacija i skladištenje objekata

- **Klasa**

- predstavlja specifikaciju tipa sa operacijama
- klasa uključuje samo interfejse operacija
 - telo operacije implementira se izvan klase
 - u izabranom OO programskom jeziku

- **Poziv operacija**

- kao i u OO programskim jezicima
 - `<objekat>.<naziv_operacija>(<lista_parametara>)`

Enkapsulacija i skladištenje objekata



- **Primer**

```
define class RADNIK
```

```
    type tuple(           ime:           string;
                          prezime:       string;
                          jmbg:          string;
                          dat_rodj:      DATUM;
                          adresa:        string;
                          pol:           char;
                          plata:         float;
                          sef:           RADNIK;
                          departman:     DEPARTMAN;
    );
    operations           godina:        integer;
                          kreiraj_rad:   RADNIK;
                          obrisi_rad:    boolean;
```

```
end RADNIK;
```

Enkapsulacija i skladištenje objekata

- **Primer**

```
define class DEPARTMAN
    type tuple(
        naziv:          string;
        broj:           integer;
        rukovodilac:    tuple( rukovodilac:RADNIK;
                               dat_izbora:DATUM; );
        lokacije:     set(string);
        zaposleni:      set(RADNIK);
    );
    operations
        broj_zap:      integer;
        kreiraj_dep:   DEPARTMAN;
        obrisi_dep:    boolean;
        unesi_zap(z: RADNIK): boolean;
        obrisi_zap(z: RADNIK): boolean;
end DEPARTMAN;
```

Enkapsulacija i skladištenje objekata

- **Skladištenje objekata**
 - **privremeni objekti**
 - postoje samo za vreme izvršavanja programa
 - **perzistentni (trajni) objekti**
 - skladište se u bazi podataka
 - tipični mehanizmi za deklarisanje perzistentnih objekata
 - mehanizam imenovanja (eng. *naming*)
 - mehanizam proširenja dosega (eng. *reachability*)

Enkapsulacija i skladištenje objekata

- **Prezistentni objekat**
 - **mehanizam imenovanja**
 - dodeljuje se jedinstveno ime objektu
 - ime se koristi u izrazima i operacijama i predstavlja objekat kojem je dodeljeno
 - imenovani objekti su ulazne tačke (eng. *entry points*) za pristup BP
 - mehanizam može biti nepraktičan u slučaju BP s velikim brojem objekata
 - nepraktično je svim objektima dodeliti imena

Enkapsulacija i skladištenje objekata

- **Prezistentni objekat**
 - **mehanizam proširenja dosega**
 - objekat postaje trajan ugrađivanjem u drugi trajni objekat
 - mehanizam proširenja može se primenjivati tranzitivno
 - objekat B je u dosegu objekta A ukoliko se iz objekta A može, bilo posredno (preko drugih objekata) ili neposredno, referencirati objekat B
 - kada postoje tzv. sekvence referenci

Enkapsulacija i skladištenje objekata

- **Primer**

```
define class SKUP_DEPARTMANA
  type set(DEPARTMAN);
  operations      broj_zap:      integer;
                  kreiraj_skup:  SKUP_DEPARTMANA;
                  obrisi_skup:   boolean;
                  unesi_dep(d: DEPARTMAN): boolean;
                  obrisi_dep(d: DEPARTMAN): boolean;
end SKUP_DEPARTMANA;
```

Enkapsulacija i skladištenje objekata

- **Primer**

persistent name DEPARTMANI: SKUP_DEPARTMANA;

(* DEPARTMANI su ime dodeljeno trajnom objektu tipa SKUP_DEPARTMANA *)

...

d := kreiraj_dep;

(* kreiraj novi objekat tipa DEPARTMAN u varijabli d *)

...

b := DEPARTMANI.dodaj_dep(d);

(* objekat d postaje trajan dodavanjem u trajni objekat DEPARTMANI *)

Osnovni objektno-orientisani koncepti



- Identitet objekta
- Strukture kompleksnih tipova
- Enkapsulacija i skladištenje objekata
- Hijerarhija tipova i nasleđivanje
- Polimorfizam operacija

Hijerarhija tipova i nasleđivanje

- **Nasleđivanje**

- koncept koji omogućava kreiranje **hijerarhija klasa i tipova**
 - novi tipovi i klase sadrže strukturu i ponašanje prethodno definisanih tipova i klasa
- dozvoljava ponovnu iskoristivost i inkrementalno razvijanje tipova i klasa

Hijerarhija tipova i nasleđivanje

- **Primer**

GEOMETRIJSKA_FIGURA: Obim, Površina, Referentna_tačka

PRAVOUGAONIK **subtype-of**

GEOMETRIJSKA_FIGURA: Visina, Sirina

TROUGAO **subtype-of**

GEOMETRIJSKA_FIGURA: Stranica1, Stranica2, Ugao

KRUG **subtype-of**

GEOMETRIJSKA_FIGURA: Poluprecnik

Hijerarhija tipova i nasleđivanje

- **Višestruko nasleđivanje**

- nasleđivanje kod kojeg jedna potklasa nasleđuje više natklasa
- problem nasleđivanja predstavlja postojanje atributa i operacija s istim nazivom
 - moguća rešenja ovog problema:
 - sistemska provera kolizije
 - podrazumevana sistemska operacija ili atribut
 - ne dozvoliti višestruko nasleđivanje

Hijerarhija tipova i nasleđivanje

- **Selektivno nasleđivanje**

- nasleđuju se samo neke operacije i atributi iz natklase
 - EXCEPT klauzula
- ne koristi se često u OO modelima

Hijerarhija tipova i nasleđivanje

- **Ekstent**

- imenovani perzistentni objekat
 - sadrži kolekciju objekata istog tipa
 - trajno smeštenih u bazu podataka
- obuhvata, rekurzivno, i ekstentove svih podtipova
- u nekim OO modelima postoji korenski ekstent
 - ROOT ili OBJECT klasa
 - sadrži sve ostale ekstentove

Osnovni objektno-orientisani koncepti



- Identitet objekta
- Strukture kompleksnih tipova
- Enkapsulacija i skladištenje objekata
- Hijerarhija tipova i nasleđivanje
- Polimorfizam operacija

Hijerarhija tipova i nasleđivanje

- **Polimorfizam operacija**

- preklapanje operacija s istim nazivom, a u nečemu različitim potpisom
- isti naziv vezuje se za dve ili više različitih implementacija operacija
- od svih preklopljenih operacija, primenjuje se ona čiji potpis odgovara tipu objekta nad kojim se primenjuje

Hijerarhija tipova i nasleđivanje

- **Polimorfizam operacija**

- izbor odgovarajuće verzije operacije

- rano (statičko) povezivanje

- eng. *early binding*

- u strogo tipiziranim sistemima

- obavlja se za vreme kompajliranja

- » poznati su svi tipovi

- kasno (dinamičko) povezivanje

- eng. *late binding*

- u netipiziranim ili slabo tipiziranim sistemima

- prilikom izvršavanja proveravaju se tipovi objekata

- » odabira se ona implementacija koja odgovara tim tipovima

Osnovni objektno-orijentisani koncepti



- Identitet objekta
- Strukture kompleksnih tipova
- Enkapsulacija i skladištenje objekata
- Hijerarhija tipova i nasleđivanje
- Polimorfizam operacija

Sadržaj

- Motivacija
- Osnovni objektno-orijentisani koncepti
- Objektno-orijentisani model podataka
- Objektno-relacioni model podataka
- Poređenje objektnih modela podataka

Objektno-orijentisani model podataka

- **Glavne prednosti relacionih SUBP**
 - zasnovanost na relacionom modelu podataka i logičkoj nezavisnosti podataka
 - primena standardnog, deklarativnog jezika SQL
- **OO SUBP-ovi**
 - nedostatak deklarativnog i standardizovanog jezika podataka
 - sužava krug potencijalnih korisnika
- ***Object Data Managemet Group (ODMG)***
 - konzorcijum, formiran 1991. godine
 - predložio standard ODMG-93 (ODMG 1.0)
 - postoje još dve novije verzije

Objektno-orijentisani model podataka

- **Sadržaj ODMG standarda**
 - objektni model
 - **jezik za definisanje objekata**
 - *eng. object definition language* (ODL)
 - **objektni upitni jezik**
 - *eng. object query language* (OQL)
 - **način obezbeđenja veze sa OO programskim jezicima**
 - na koji način povezati OO BP sa programima



Objektno-orijentisani model podataka

- Objektni model
- Jezik za definisanje objekata
- Objektni upitni jezik
- Objektno-orijentisani SUBP-ovi

Objektni model

- **ODMG objektni model**
 - osnovni model za definisanje ODL i OQL
 - obuhvata
 - standardni model za objektno baze podataka
 - standardnu terminologiju
 - koja se, u određenim delovima, razlikuje od standardne OO terminologije

Objektni model

- **Objekat**

- poseduje identifikator i stanje (vrednost)
 - vrednost može imati kompleksnu strukturu
- aspekti objekta
 - **identifikator objekta**
 - **naziv objekta**
 - **životni vek objekta**
 - **struktura objekta**
 - **kreiranje objekta**

Objektni model

- **Objekat**

- aspekti objekta

- **identifikator objekta**

- jedinstveno identifikuje svaki objekat

- **naziv objekta**

- nije obavezan

- » ukoliko postoji onda je jedinstven u sistemu

- » naziv obično imaju objekti koji predstavljaju kolekcije drugih objekata

- omogućava postojanje ulazne tačke za pristup BP

Objektni model

- **Objekat**

- aspekti objekta

- **životni vek objekta**

- definiše da li je objekat perzistentan ili privremen
 - nezavisan od tipa objekta

- **struktura objekta**

- definiše kompleksnost objekta
 - » obuhvata i odabir konstruktora tipa koji se koristi za kreiranje objekta

- **kreiranje objekta**

- obuhvata kreiranje objekta
 - » operacija *new* interfejsa *Object_Factory*

Objektni model

- **Atomički objekat**

- korisnički definisan objekat koji ne predstavlja kolekciju drugih objekata
- tip atomičkog objekta definiše se klasom
- klasa atomičkog objekta sadrži specifikaciju
 - **atributa**
 - osobina (karakteristika) objekta kojioj se može dodeliti vrednost
 - **veza**
 - osobina koja definiše povezanost dve klase entiteta iz realnog sveta
 - u povezanoj klasi definiše se inverzna veza
 - **operacija**
 - koje definišu ponašanje objekata date klase

Objektni model

- **Objekat – fabrika**
 - kreira druge objekte putem svojih operacija
 - nasleđuje interfejs *ObjectFactory*
- **Objekat – baza podataka**
 - predstavlja instancu jedne baze podataka
 - nasleđuje interfejs *Database*
 - poseduje ime baze podataka
 - poseduje operacije za
 - dodeljivanje jedinstvenog imena perzistentnim objektima
 - pretraživanje objekata po imenu
 - uklanjanje jedinstvenog imena perzistentnog objekta

Objektni model

- **Literal**
 - ne poseduje identifikator
 - poseduje stanje (vrednost)
 - vrednost može imati kompleksnu strukturu
- **Tipovi literala**
 - **atomički literal**
 - **struktuirani literal**
 - **literal kolekcije**

Objektni model

- **Tipovi literala**

- **atomički literal**

- tip je predefinisani u okviru modela podataka

- **struktuirani literal**

- literal dobijen kreiranjem strukture
 - koristi se rezervisana reč **STRUCT**
 - analogno konstruktoru torke

- **literal kolekcije**

- predstavlja kolekciju objekata
 - sama kolekcija ne poseduje identifikator
 - objekti u kolekciji poseduju sopstvene identifikatore

Objektni model

- **Nasleđivanje**

- **nasleđivanje ponašanja**

- ponašanje se nasleđuje isključivo iz nadtipa
 - notacija obuhvata korišćenje simbola „ : “
 - nadtip mora biti interfejs
 - podtip može biti interfejs ili klasa

- **nasleđivanje ponašanja i strukture**

- nasleđuju se i ponašanje i struktura iz nadtipa
 - struktura obuhvata attribute i veze
 - notacija obuhvata korišćenje reči „**extends**“
 - nadtip i podtip moraju biti klase
 - višestruko nasleđivanje nije dozvoljeno

Objektni model

- **Ekstent**
 - poseduje ime i sadrži sve perzistentne objekte date klase
 - ponaša se kao **imenovana kolekcija svih objekata** te klase
 - može se definisati samo u okviru klase
- **Klasa sa ekstentom može imati jedan ili više ključeva**
 - koji se sastoje od jednog ili više atributa
 - obezbeđuju svojim vrednostima jedinstvenu identifikaciju svakog objekta u ekstentu

Objektni model

- **Primer**

```
class RADNIK
(  extent SVI_RADNICI
  key   Jmbg)
{
  attribute      string      Ime;
  attribute      string      Jmbg;
  attribute      date        Dat_rodj;
  attribute      enum Pol{M, Z} P;
  attribute      short       Godina;
  relationship    DEPARTMAN   Radi_za
                  inverse DEPARTMAN::Ima_radnike;
  void raspodeli_radnika(in string novi_dep)
    raises(naziv_dep_nije_validan);
};
```

Objektni model

- **Primer**

```

class DEPARTMAN
(
  extent   SVI_DEPARTMANI
  key      Naziv, Broj)
{
  attribute      string      Naziv;
  attribute      short       Broj;
  attribute struct Dep_ruk {RADNIK Rukovodilac, date dat_izbora} Ruk;
  attribute      set<string>  Lokacije;
  attribute struct Projekti {string Proj_naziv, time Broj_casova} Projekti;
  relationship   set<RADNIK> Ima_radnike
                inverse RADNIK::Radi_za;
  void dodaj_radnika(in string lme_radnika) raises (ime_nije_validno);
  void promeni_ruk(in string lme_novog_ruk; in date dat_izbora);
};

```

Osnovni objektno-orientisani koncepti



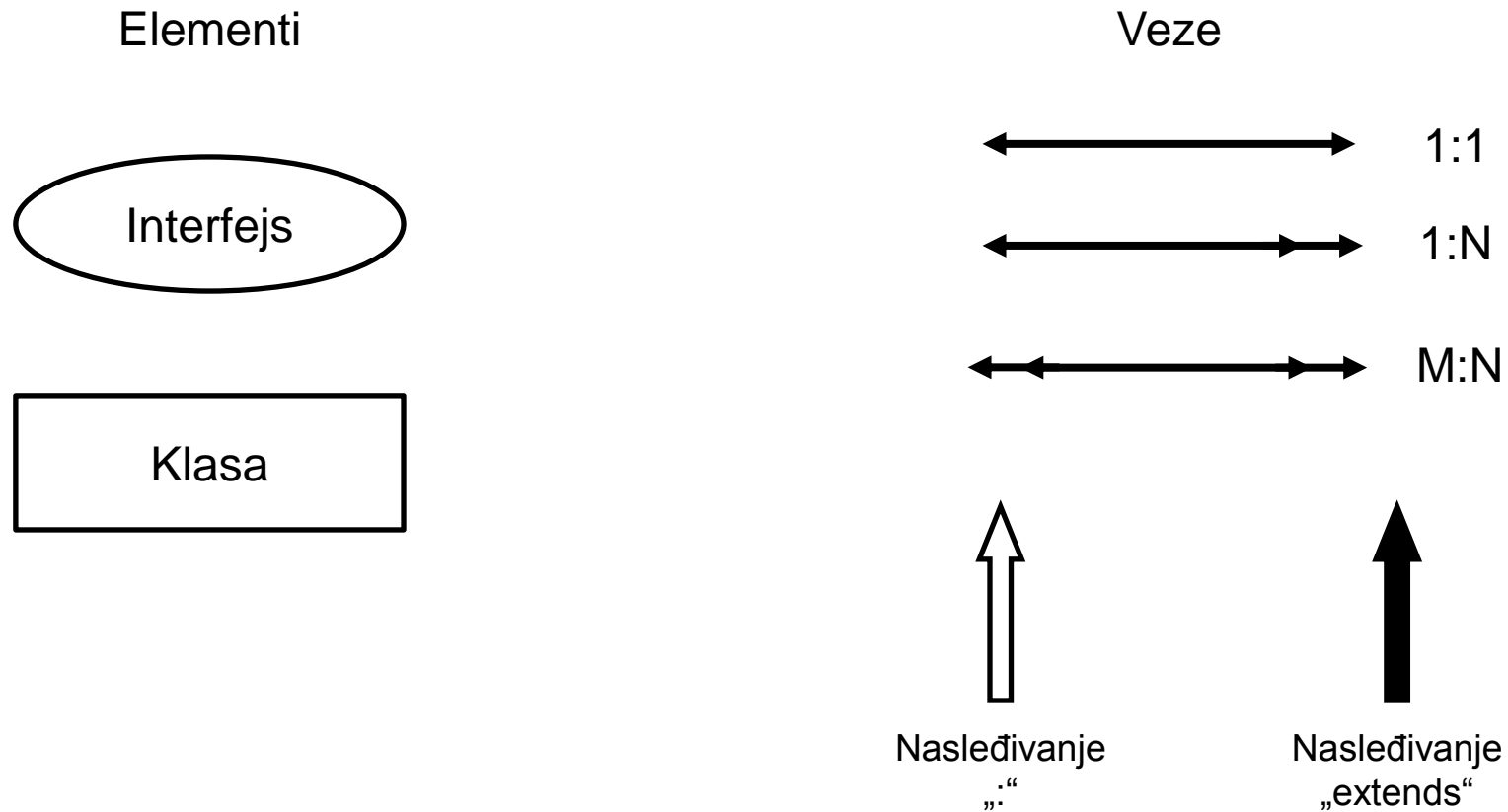
- Objektni model
- Jezik za definisanje objekata
- Objektni upitni jezik
- Objektno-orientisani SUBP-ovi

Jezik za definisanje objekata

- **Zasnovan na ODMG modelu**
 - sadrži semantičke konstrukte koncepata modela
 - nezavisan od bilo kojeg programskog jezika
- **Osnovni cilj je omogućavanje kreiranja specifikacije šeme baze podataka**

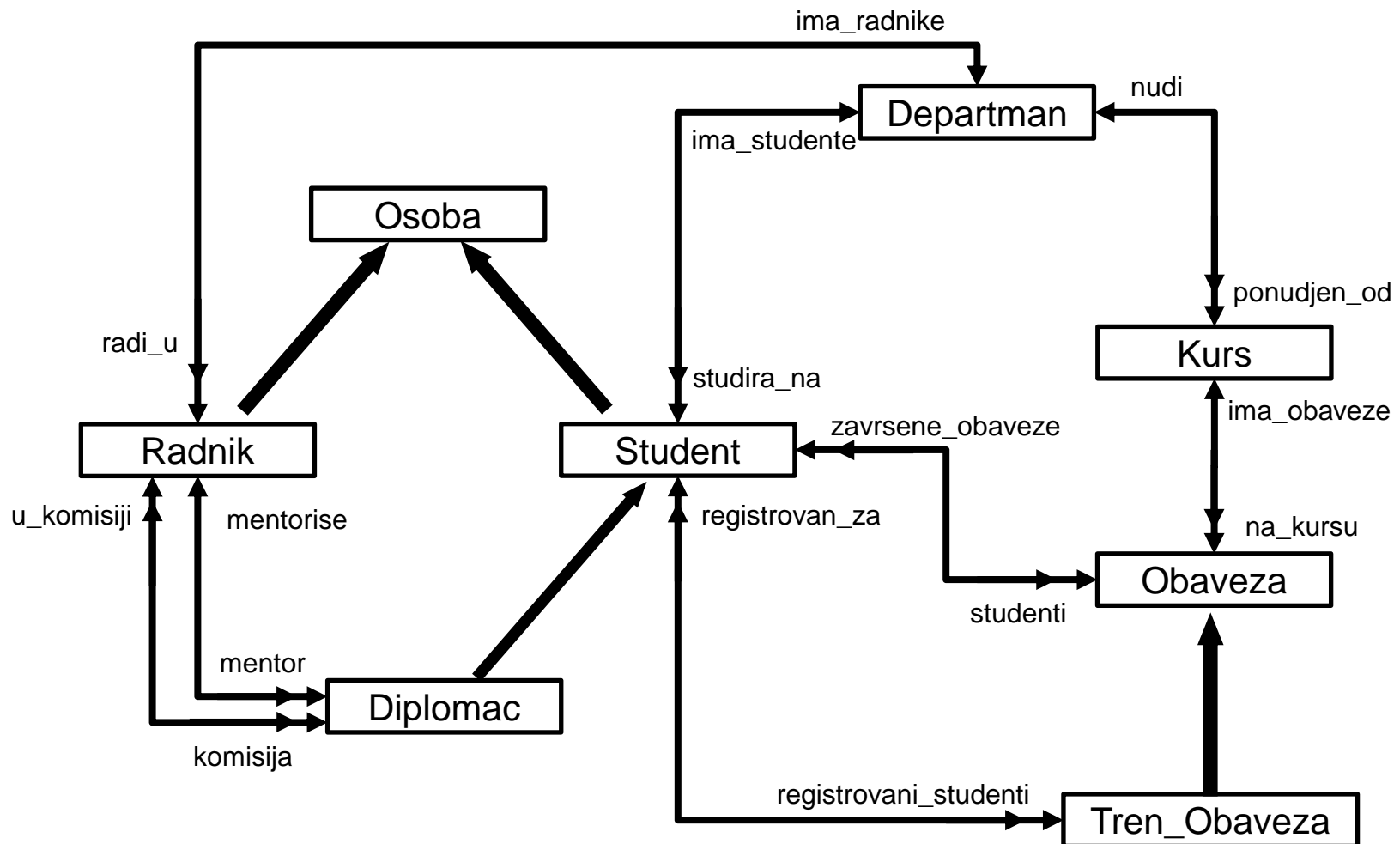
Jezik za definisanje objekata

- Primer



Jezik za definisanje objekata

• Primer



Objektni model

- **Primer**

```
class OSOBA
(   extent  OSOBE
    key     Jmbg )
{   attribute struct Slme{ string lme,
                                string  Srednje_lme,
                                string  Prezime} Puno_lme;

    attribute string  Jmbg;
    attribute date    Dat_Rodj;
    attribute enum EPol{M, Z} Pol;
    attribute struct SAdresa { short Broj,
                                string  Ulica,
                                short   Br_Stan,
                                string  Grad,
                                string  Drzava,
                                short   Zip_Kod } Adresa;

    short   Godina();
};
```

Objektni model

- **Primer**

```
class RADNIK extends OSOBA
(   extent   RADNICI )
{
    attribute string   Pozicija;
    attribute float   Plata;
    attribute string   Kancelarija;
    attribute string   Telefon;
    relationship DEPARTMAN radi_u inverse DEPARTMAN::ima_radnike;
    relationship set<DIPLOMAC> mentorise inverse
        DIPLOMAC::mentor;
    relationship set<DIPLOMAC> u_komisiji inverse
        DIPLOMAC::komisija;
    void povisi_platu(in float povisica);
    void unapredi(in string nova_pozicija);
};
```

Objektni model

- **Primer**

```
class OCENA
(   extent   OCENE )
{
    attribute short   Ocena;
    relationship OBAVEZA obaveza inverse OBAVEZA::studenti;
    relationship STUDENT student inverse STUDENT::zavrsene_obaveze;
};
```

```
class DIPLOMA
{
    attribute string   Fakultet;
    attribute string   Diploma;
    attribute string   Godina;
};
```

Objektni model

- **Primer**

```
class STUDENT extends OSOBA
(   extent   STUDENTI )
{
    attribute date      Dat_Upisa;
    relationship DEPARTMAN studira_na inverse
        DEPARTMAN::ima_Studente;
    relationship set<OCENA> zavrzene_obaveze inverse OCENA::student;
    relationship set<TREN_OBAVEZA> registrovan_za inverse
        TREN_OBAVEZA::registrovani_studenti;
    void promeni_department(in string dep_naziv)
        raises(dep_naziv_nije_validan);
    float prosek();
    void registruj(in short obaveza_br) raises(obaveza_nije_validna);
    void dodeli_ocenu(in short obaveza_br; in short ocena)
        raises(obaveza_nije_validna, ocena_nije_validna);
};
```

Objektni model

- **Primer**

```
class DIPLOMAC extends STUDENT
(   extent   DIPLOMCI )
{
    attribute set<DIPLOMA> Diplome;
    relationship RADNIK mentor inverse RADNIK::mentorise;
    relationship set<RADNIK> komisija inverse RADNIK::u_komisiji;
    void assign_advisor(in string Prezime; in string Ime)
        raises(radnik_nije_validan);
    void assign_committee_member(in string Prezime; in string Ime)
        raises(radnik_nije_validan);
};
```

Objektni model

- **Primer**

```
class DEPARTMAN
(   extent  DEPARTMANI
    key     Dep_Naziv )
{   attribute string  Dep_Naziv;
    attribute string  Dep_Telefon;
    attribute string  Dep_Kancelarija;
    attribute string  Dep_Fakultet;
    attribute RADNIK  Dep_Rukovodilac;
    relationship set<RADNIK> ima_radnike inverse RADNIK::radi_u;
    relationship set<STUDENT> ima_studente inverse STUDENT::studira_na;
    relationship set<KURS> nudi inverse KURS::ponudjen_od;
};
```


Objektni model

- **Primer**

```
class KURS
(  extent  KURSEVI
   key    Kurs_Br )
{
  attribute string  Kurs_Naziv;
  attribute string  Kurs_Br;
  attribute string  Kurs_Opis;
  relationship set<OBAVEZA> ima_obaveze inverse OBAVEZA::na_kursu;
  relationship DEPARTMAN ponudjen_od inverse DEPARTMAN::nudi;
};
```

Objektni model

- **Primer**

```
class OBAVEZA
(   extent   OBAVEZE )
{   attribute short   Obav_Br;
    attribute string   Godina;
    attribute enum ESemestar{Zimski, Letnji} Semestar;
    relationship set<OCENA> studenti inverse OCENA::obaveza;
    relationship KURS na_kursu inverse KURS::ima_obaveze;
};
```

```
class TREN_OBAVEZA extends OBAVEZA
(   extent   TREN_OBAVEZA )
{   relationship set<STUDENT> registrovani_studenti
        inverse STUDENT::registrovan_u
    void registruj_studenta(in string Jmbg)
        raises(student_nije_validan, obaveza_puna);
};
```

Osnovni objektno-orientisani koncepti



- Objektni model
- Jezik za definisanje objekata
- Objektni upitni jezik
- Objektno-orientisani SUBP-ovi

Objektni upitni jezik

- **Objektni upitni jezik (OQL)**
 - predložen za specifikaciju upita u ODMG modelu
 - predložen za upotrebu u programskim jezicima prihvaćenim u ODMG modelu
 - svaki upit vraća objekte
 - tip objekta mora biti podržan u programskom jeziku
 - metode su implementirane u tim jezicima
 - sintaksa slična SQL-u, sa dodacima
 - identiteta
 - kompleksnih objekata
 - operacija
 - nasleđivanja
 - polimorfizma
 - veza između objekata

Objektni upitni jezik

- **Mora postojati ulazna tačka pristupa BP za svaki upit**
 - u većini slučajeva ulaznu tačku predstavlja ime ekstenta neke klase
 - u opštem slučaju, ulaznu tačku predstavlja bilo koji **imenovani perzistentni objekat**
 - ne mora biti kolekcija

```
select  D.Dep_Naziv
from    D in DEPARTMANI
where   D.Dep_Fakultet = 'FTN';
```

Objektni upitni jezik

- **Specifikacija iteratora**
 - D in DEPARTMANI
 - DEPARTMANI D
 - DEPARTMANI as D
- **Rezultat prethodnog upita**
 - bag<string>
 - set<string>
 - ukoliko se koristi **distinct**
 - list<string>
 - ukoliko koristimo **order by**

Objektni upitni jezik

- **Rezultat upita**

- u opštem slučaju, može da bude bilo koji objekat ODMG modela podataka
- upit ne mora da prati *select...from...where...* strukturu
 - bilo koje ime perzistentnog objekta može se posmatrati kao upit
 - primeri
 - DEPARTMANI;
 - » vraća sve departmane iz baze podataka
 - RA_DEPARTMAN;
 - » vraća jedan departman koji ima naziv RA_DEPARTMAN

Objektni upitni jezik

- **Izraz putanje**

- opisuje putanju do povezanih atributa i objekata
 - definiše se nakon definisanja ulazne tačke
- počinje imenom perzistentnog objekta ili iteratora
- navodi se nula ili više naziva veza ili atributa razdvojenih „ . “
- primeri
 - RA_DEPARTMAN.Dep_Rukovodilac;
 - RA_DEPARTMAN.Dep_Rukovodilac.Pozicija;
 - RA_DEPARTMAN.ima_radnike;

Objektni upitni jezik

- **Izraz putanje**

- primeri

```
select F.Pozicija  
from F in RA_DEPARTMAN.ima_radnike;
```

```
select distinct F.Pozicija  
from F in RA_DEPARTMAN.ima_radnike;
```

Objektni upitni jezik

- **Izraz putanje**

- primer

- upiti koji vraćaju kompleksnu strukturu
 - *Pronaći sve studente čiji mentor je rukovodilac departmana za računarstvo i automatiku.*

RA_DEPARTMENTAN.Rukovodilac.Mentorise;

Objektni upitni jezik

- **Izraz putanje**

- primer

- upiti koji vraćaju kompleksnu strukturu
- *Pronaći ime i prezime kao i sve diplome studenata kojima je mentor rukovodilac departmana za računarstvo i automatiku.*

```
select struct ( ime: struct (prezime: S.Puno_Ime.Prezime,  
                             ime:S.Puno_Ime.Ime),  
                diplome:( select struct (diploma: D.Diploma,  
                                           godina: D.Godina, fakultet: D.Fakultet)  
                from D in S.Diplome ))  
from S in RA_DEPARTMAN.Rukovodilac.Mentorise;
```

Objektni upitni jezik

- **Izraz putanje**
 - OQL je **ortogonalan** u odnosu na izraze putanje
 - ne zavisi od koncepata korišćenih prilikom specifikacije izraza putanje
 - u izrazima putanje mogu se koristiti
 - » atributi
 - » veze
 - » operacije
 - sve dok struktura OQL upita nije narušena

Objektni upitni jezik

- **Izraz putanje**

- primer

- *Pronaći prosek svih studenata upisanih 2012. godine na departman za računarstvo i automatiku.*

```
select struct ( prezime: S.Puno_Ime.Prezime, ime: S. Puno_Ime.Ime,  
                prosek: S.prosek )  
from S in RA_DEPARTMENT.ima_studente  
where S.Dat_Upisa = '2012'  
order by prosek desc, prezime asc, ime asc;
```

Objektni upitni jezik

- **Izraz putanje**

- primer

- *Pronaći prosek svih studenata upisanih 2012. godine na departman za računarstvo i automatiku.*

```
select struct ( prezime: S.Puno_Ime.Prezime, ime: S. Puno_Ime.Ime,  
                prosek: S.prosek )  
from S in STUDENTI  
where S.studira_na.Dep_Naziv = 'Računarstvo i automatika' and  
        S.Dat_Upisa = '2012'  
order by prosek desc, prezime asc, ime asc;
```

Objektni upitni jezik

- **Pogled**

- imenovani upit

- ime pogleda mora biti jedinstveno u sistemu

- uzimajući u obzir sve prethodno imenovane koncepte, kao npr.

- » imenovani objekti, klase, metode, funkcije u šemi, itd.

- ukoliko već postoji drugi koncept sa istim imenom, njegovo ime više neće biti vidljivo

- može da sadrži argumente u definiciji

- rezervisana reč **DEFINE**

Objektni upitni jezik

- **Pogled**

- primer

```
define Studenti_Departmana(D_Naziv) as  
select S  
from S in STUDENTI  
where S.studira_na.Dep_Naziv = D_Naziv;
```

- korišćenje pogleda:

```
Studenti_Departmana('Računarstvo i automatika');
```


Objektni upitni jezik

- **Ekstrakcija elementa iz singleton kolekcije**
 - singleton kolekcija
 - kolekcija koja sadrži samo jedan element
 - ekstrakcija elementa
 - rezervisana reč **ELEMENT**
 - **garantuje** vraćanje samo jednog elementa
 - ukoliko kolekcija ima više od jednog, ili nema ni jedan element
 - izaziva se izuzetak

Objektni upitni jezik

- **Ekstrakcija elementa iz singleton kolekcije**
 - primer

```
element ( select D  
from D in DEPARTMANI  
where D.Dep_Naziv = 'Racunarstvo i  
automatika' );
```

Objektni upitni jezik

- **Operacije nad kolekcijom**
 - agregatori
 - count, min, max, sum, avg, itd.
 - primenjuju se samo nad tipovima za koje su definisani modelom podataka
 - operacije sadržavanja i kvantifikatori
 - vraćaju boolean vrednost

Objektni upitni jezik

- **Agregatori**

- primeri

```
count ( S in Studenti_Departmana('Racunarstvo i  
automatika'));
```

```
avg ( select S.prosek  
from S in STUDENTI  
where S.studira_na.Dep_Naziv = 'Racunarstvo i  
automatika' and S.Dat_Upisa = '2012' );
```

Objektni upitni jezik

- **Operacije sadržavanja i kvantifikatori**
 - mogući oblici
 - **E in C**
 - vraća *true* ukoliko kolekcija C sadrži element E
 - **for all V in C : B**
 - vraća *true* ukoliko **svi** elementi kolekcije C zadovoljavaju logički uslov B
 - **exists V in C : B**
 - vraća *true* ukoliko postoji bar jedan element u kolekciji C koji zadovoljava logički uslov B

Objektni upitni jezik

- **Operatori sadržavanja i kvantifikatori**

- primer

- *Da li Vladimir studira na departmanu za računarstvo i automatiku?*

- pretpostavka da je VLADIMIR imenovani objekat tipa STUDENT

VLADIMIR in Studenti_Departmana('Racunarstvo i automatika');

Objektni upitni jezik

- **Operatori sadržavanja i kvantifikatori**

- primer

- *Da li je svim studentima na departmanu za računarstvo i automatiku mentor radnik sa tog departmana?*

for all G in

(**select S**

from S in DIPLOMCI

where S.studira_na.Dep_Naziv = 'Racunarstvo i automatika') :
G.Mentorise **in** RA_DEPARTMAN.ima_radnike;

Objektni upitni jezik

- **Operatori sadržavanja i kvantifikatori**

- primer

- *Da li na departmanu za računarstvo i automatiku postoji diplomac koji ima prosek 10?*

exists G in

(**select S**

from S in DIPLOMCI

where S.studira_na.Dep_Naziv = 'Racunarstvo i automatika') :
G.prosek = 10;

Objektni upitni jezik

- **Izrazi nad uređenim kolekcijama**
 - operacije nad listama i nizovima
 - operacija koja vraća element sa i-te pozicije
 - operacija koja vraća potkolekciju
 - operacija koja spaja dve kolekcije

Objektni upitni jezik

- **Izrazi nad uređenim kolekcijama**

- primer

- *Pronaći radnika sa najvećom platom.*

```
first ( select struct(ime: F.Puno_Ime.Prezime, plata: F.Plata)  
from F in RADNIK  
order by plata desc );
```

Objektni upitni jezik

- **Izrazi nad uređenim kolekcijama**

- primer

- *Pronaći tri najbolja studenta na departmanu za računarstvo i automatiku.*

```
( select struct( prezime: S.Puno_Ime.Prezime,  
                 ime: S.Puno_Ime.Ime,  
                 prosek: S.prosek )
```

```
from S in RA_DEPARTMAN.ima_studente  
order by prosek desc ) [0:2];
```

Objektni upitni jezik

- **Izrazi grupisanja**

- koristi se klauzula **group by**

- slično kao u SQL-u

- definiše eksplicitnu referencu na svaku kolekciju koja sačinjava grupu (particiju)

- rezervisana reč **PARTITION**

- **group by** $F1: E1, F2: E2, \dots, Fk: Ek$

- lista grupišućih atributa

- osim group by klauzule moguće je definisati i **having** klauzulu

- rezultat primene grupisanja

- **set** `<struct($F1: T1, F2: T2, \dots, Fk: Tk, partition: bag$)>`

Objektni upitni jezik

- **Izrazi grupisanja**

- primer

- *Pronaći broj sudenata na svakom departmanu.*

```
select struct(dep_naziv, broj_studenata: count (partition) )  
from S in STUDENTI  
group by dep_naziv : S.studira_na.Dep_Naziv;
```

Objektni upitni jezik

- **Izrazi grupisanja**

- primer

- *Pronaći ukupan prosek na svakom departmanu koji ima više od 100 studenata.*

```
select dep_naziv, avg_prosek: avg (  
    select P.prosek from P in partition  
    )  
from S in STUDENTI  
group by dep_naziv : S.studira_na.Dep_Naziv  
having count (partition) > 100;
```

Osnovni objektno-orientisani koncepti



- Objektni model
- Jezik za definisanje objekata
- Objektni upitni jezik
- Objektno-orientisani SUBP-ovi

Objektno-orijentisani SUBP-ovi

- **GemStone**
 - 1982. godina
 - jedan od prvih OO SUBP-ova na tržištu
 - model podataka zasnovan na OO jeziku Smaltalk
 - zamišljen kao proširenje ovog jezika
 - **Opal**
 - upitni jezik
 - jezik za manipulaciju podacima
 - SUBP zasnovan na K/S arhitekturi
 - podržane platforme
 - DEC, Sun i IBM RS6000

Objektno-orijentisani SUBP-ovi

- **GemStone**

- aplikacije mogu biti razvijene u programskim jezicima Smaltalk, C, C++ i Pascal
- sadrži namenske alate za
 - generisanje interfejsa
 - pretragu šeme baze podataka

Objektno-orijentisani SUBP-ovi

- **O₂**
 - rane 1990.-te godine
 - model podataka napravljen „od nule“
 - nije zasnovan ni na jednom OO jeziku
 - **CO₂**
 - jezik za implementaciju metoda
 - zasnovan na C-u
 - SUBP zasnovan na K/S arhitekturi
 - podržana platforma
 - Unix

Objektno-orijentisani SUBP-ovi

- **O₂**
 - sadrži
 - korisnički interfejs za
 - vizuelno kreiranje šeme baze podataka
 - pretragu šeme baze podataka
 - okruženje za pisanje OO koda

Objektno-orijentisani SUBP-ovi

- **ObjectStore**

- 1991. godina
- model podataka zasnovan na programskom jeziku C++
- upravljanje podacima obavlja se pomoću konstrukata napisanih u C++-u
 - proširenje C++-a za upravljanje podacima
 - posebni konstrukti

Objektno-orijentisani SUBP-ovi

- **db4o**
 - 2000. godina
 - v8 izdata 2011. godine
 - kao model podataka koristi model klasa aplikacije
 - može se koristiti kao ugrađena baza podataka
 - SUBP zasnovan na K/S arhitekturi
 - namenjena za korišćenje u Javi i .Net-u

Objektno-orijentisani SUBP-ovi

- **VelocityDB**
 - 2012. godina
 - platforma
 - .Net
 - nije isključivo objektna baza podataka
 - NoSql
 - Graph Data Store
 - ugrađena baza podataka

Osnovni objektno-orientisani koncepti



- Objektni model
- Jezik za definisanje objekata
- Objektni upitni jezik
- Objektno-orientisani SUBP-ovi

Sadržaj

- Motivacija
- Osnovni objektno-orijentisani koncepti
- Objektno-orijentisani model podataka
- Objektno-relacioni model podataka
- Poređenje objektnih modela podataka

Objektno-relacioni model podataka

- **Objektno-relaciona baza podataka**
 - proširenje relacione BP objektnim konceptima
- **Standard SQL:1999 (SQL3)**
 - proširen konceptima OO modela podataka

Objektno-relacioni model podataka

- **Objektno-relaciona baza podataka**
 - objektna proširenja SQL-a
 - neki **konstruktori tipa**
 - specifikacija kompleksnih tipova
 - **konstruktor tipa reda**
 - » odgovara konstruktoru torke (strukture)
 - **konstruktor tipa niza**
 - » odgovara konstruktoru kolekcije
 - » ostali tipovi kolekcija su naknadno dodati
 - » *array, multiset, list i set*

Objektno-relacioni model podataka

- **Objektno-relaciona baza podataka**
 - objektna proširenja SQL-a
 - mehanizam za specifikaciju **identifikatora objekta**
 - **enkapsulacija operacija**
 - **korisnički definisani tipovi**
 - » sadrže operacije kao deo deklaracije
 - » slični apstraktnim tipovima
 - **nasleđivanje**
 - rezervisana reč **UNDER**

Objektno-relacioni model podataka

- **Korisnički definisani tipovi (KDT)**
 - omogućavaju kreiranje objekata sa kompleksnom strukturom
 - izvan definicije tabele
 - kreirani tip je deo šeme baze podataka
 - KDT se koristi kao **tip atributa** ili **tip tabele**
 - kreiranjem atributa sa KDT unutar definicije drugog KDT-a
 - kreira se kompleksna struktura

```
CREATE TYPE <NAZIV_TIPA> AS (  
    <LISTA ATRIBUTA I NJIHOVIH TIPOVA>  
    <DEKLARACIJE FUNKCIJA (METODA)>  
  
);
```

Objektno-relacioni model podataka

- **Primer**

```
CREATE TYPE ADRESA_ULICE_TIP AS (  
    BROJ_OBJEKTA          VARCHAR (5),  
    IME_ULICE             VARCHAR (25),  
    BROJ_STANA            VARCHAR (5)  );
```

```
CREATE TYPE ADRESA_TIP AS (  
    ADRESA_ULICE          ADRESA_ULICE_TIP,  
    GRAD                  VARCHAR (25),  
    ZIP                    VARCHAR (10) );
```

```
CREATE TYPE TELEFON_TIP AS (  
    VRSTA_TELEFONA        VARCHAR (5),  
    POZIVNI_BROJ          CHAR (3),  
    BROJ_TELEFONA         CHAR (7)   );
```

Objektno-relacioni model podataka

- **Primer**

```
CREATE TYPE OSOBA_TIP AS (  
    IME                VARCHAR (35),  
    POL                CHAR,  
    DATUM_RODZENJA    DATE,  
    TELEFONI           TELEFON_TIP ARRAY [4],  
    ADRESA             ADRESA_TIP  
  
INSTANTIABLE  
NOT FINAL  
REF IS SYSTEM GENERATED  
INSTANCE METHOD STAROST() RETURNS INTEGER;  
CREATE INSTANCE METHOD STAROST() RETURNS INTEGER  
    FOR OSOBA_TIP  
    BEGIN  
        RETURN /* IZRAČUNATU STAROST OSOBE */  
    END;  
);
```

Objektno-relacioni model podataka

- **Primer**

```
CREATE TYPE RADNIK_TIP UNDER OSOBA_TIP AS (  
    KOD_POSLA                CHAR (4),  
    PLATA                    FLOAT,  
    JMBG                    CHAR (11)  
INSTANTIABLE  
NOT FINAL );
```

```
CREATE TYPE RUKOVODILAC_TIP UNDER RADNIK_TIP AS (  
    DEPARTMAN                CHAR (20)  
INSTANTIABLE );
```

```
CREATE TYPE OCENA_TIP AS (  
    KURS                    CHAR (8),  
    SEMESTAR                VARCHAR (8),  
    GODINA                  CHAR (4),  
    OCENA                    INTEGER );
```

Objektno-relacioni model podataka

- **Primer**

```
CREATE TYPE STUDENT_TIP UNDER OSOBA_TIP AS (  
    OZNAKA_DEPARTMANA    CHAR (4),  
    BROJ_INDEKSA         CHAR (12),  
    DIPLOMA              VARCHAR (5),  
    OCENE                OCENA_TIP ARRAY [100]  
INSTANTIABLE  
NOT FINAL  
INSTANCE METHOD PROSEK() RETURNS FLOAT;  
CREATE INSTANCE METHOD PROSEK() RETURNS FLOAT  
FOR STUDENT_TIP  
BEGIN  
    RETURN /* IZRAČUNATI PROSEK*/  
END;  
);
```


Objektno-relacioni model podataka

- **Primer**

```
CREATE TABLE OSOBA OF OSOBA_TIP
  REF IS OSOBA_ID SYSTEM GENERATED;
CREATE TABLE RADNIK OF RADNIK_TIP
  UNDER OSOBA;
CREATE TABLE RUKOVODILAC OF RUKOVODILAC_TIP
  UNDER RADNIK;
CREATE TABLE STUDENT OF STUDENT_TIP
  UNDER OSOBA;
```

Objektno-relacioni model podataka

- **Primer**

```
CREATE TYPE KOMPANIJA_TIP AS (  
    NAZIV_KOMPANIJE          VARCHAR (20),  
    LOKACIJA                 VARCHAR (20) );
```

```
CREATE TYPE ZAPOSLENJE_TIP AS (  
    Radnik                   REF (RADNIK_TIP) SCOPE (RADNIK),  
    Kompanija                REF (KOMPANIJA_TIP) SCOPE (KOMPANIJA) );
```

```
CREATE TABLE KOMPANIJA OF KOMPANIJA_TIP (  
    REF IS KOMPANIJA_ID SYSTEM GENERATED,  
    PRIMARY KEY (NAZIV_KOMPANIJE) );
```

```
CREATE TABLE ZAPOSLENJE OF ZAPOSLENJE_TIP;
```

Objektno-relacioni model podataka

- **Korisnički definisani tipovi (KDT)**
 - atributi i funkcije mogu se podeliti u tri kategorije
 - public
 - private
 - protected
 - ukoliko KDT nema operacija može se iskoristiti koncept **tipa reda**
 - direktno kreiranje strukturiranog atributa
 - rezervisana reč **ROW**

Objektno-relacioni model podataka

- **Primer**
 - **koncept tipa reda**

```
CREATE TYPE ADRESA_TIP AS (  
    ADRESA_ULICE ROW ( BROJ_OBJEKTA VARCHAR (5),  
                        IME_ULICE      VARCHAR (25),  
                        BROJ_STANA   VARCHAR (5) ),  
    GRAD          VARCHAR (25),  
    ZIP           VARCHAR (10) );
```

Objektno-relacioni model podataka

- **Identifikator objekta**

- načini generisanja vrednosti identifikatora

- **sistemski generisan**

- **REF IS SYSTEM GENERATED**

- svakom kreiranom objektu pridružuje se jedinstveni sistemsko-generisani identifikator

- » moguće je i koristiti tradicionalni ključ umesto OID-a

- **korisničkom metodom**

- **REF IS <OID_ATRIBUT> <VRSTA_GENERISANJA>;**

- OID_ATRIBUT će sadržati vrednost identifikatora

- VRSTA_GENERISANJA

- » **sistemski generisan**

- » **izveden**

- » iz vrednosti atributa

- » tradicionalni ključ

Objektno-relacioni model podataka

- **Kreiranje tabela**

- za svaki KDT definiše se da li može biti tip tabele
 - rezervisana reč **INSTANTIABLE**
 - ukoliko nije navedena KDT može biti samo tip atributa

Objektno-relacioni model podataka

- **Enkapsulacija operacija**

- u SQL-u korisnički definisani tipovi mogu imati definisane metode
- metode se mogu implementirati
 - u posebnoj datoteci
 - u samoj specifikaciji tipa
- opšti oblik

```
INSTANCE METHOD <NAZIV> (<LISTA_ARGUMENATA>)  
RETURNS <POVRATNA_VREDNOST>;
```

Objektno-relacioni model podataka

- **Enkapsulacija operacija**

- svaki tip poseduje ugrađene funkcije
 - **konstruktor**
 - vraća novi objekat datog tipa
 - atributi su inicijalizovani na podrazumevane vrednosti
 - **funkcija povratka vrednosti**
 - za svaki atribut vraća njegovu vrednost
 - **funkcija postavljanja vrednosti**
 - za svaki atribut postavlja njegovu vrednost
- potrebna je privilegija **EXECUTE** nad bazom podataka da bi se pristupilo ovim funkcijama

Objektno-relacioni model podataka

- **Enkapsulacija operacija**

- podela funkcija prema mestu implementacije

- **interne SQL funkcije**

- implementirane u SQL/PSM

- **eksterne funkcije**

- implementirane u jeziku aplikacije

- opšti oblik

```
DECLARE EXTERNAL <NAZIV_FUNKCIJE> <POTPIS> LANGUAGE  
<NAZIV_PROGRAMSKOG_JEZIKA>;
```

Objektno-relacioni model podataka

- **Nasleđivanje**

- dve vrste nasleđivanja u OR SUBP-ovima
 - nasleđivanje tipova
 - nasleđivanje tabela

Objektno-relacioni model podataka

- **Nasleđivanje**

- **nasleđivanje tipova**

- rezervisana reč **UNDER**
 - nasleđuju se atributi i operacije
 - tip se može naslediti samo ukoliko je definisana opcija **NOT FINAL**
 - pravila nasleđivanja tipova
 - svi atributi se nasleđuju
 - redosled nadtipova u UNDER klauzuli definiše hijerarhiju
 - podtip može redefinisati bilo koju funkciju nadtipa
 - » potpis mora biti identičan
 - poziva se ona funkcija čiji tipovi argumenata najbolje odgovaraju prosleđenim parametrima
 - kod dinamičkog povezivanja, uzimaju se u obzir tipovi parametara

Objektno-relacioni model podataka

- **Nasleđivanje**
 - **nasleđivanje tabela**
 - rezervisana reč **UNDER**
 - svaki novi zapis u podtabeli se takođe upisuje u sve nadtabele
 - operacija se propagira do vrha hijerarhije

Objektno-relacioni model podataka

- **Reference**

- atribut neke torke može biti referenca ka torci druge relacije

- rezervisana reč **REF**
- ime tabele čije se torke mogu referencirati
 - rezervisana reč **SCOPE**

- **izrazi putanje**

- nad ROW atributima
 - pomoću karaktera „ . “
- nad REF atributima
 - pomoću karaktera „ -> “
 - dereferenciranje se obavlja kao u programskom jeziku C

Objektno-relacioni model podataka

- **Primer**

- *Pronaći sve radnike koji rade u kompaniji FTN.*

```
SELECT    Z.Radnik->IME  
FROM      ZAPOSLENJE AS Z  
WHERE     Z.Kompanija->NAZIV_KOMPANIJE = 'FTN';
```

Sadržaj

- Motivacija
- Osnovni objektno-orijentisani koncepti
- Objektno-orijentisani model podataka
- Objektno-relacioni model podataka
- Poređenje objektnih modela podataka

Poređenje objektnih modela podataka

- **Poređenje objektnih modela**
 - može se posmatrati kroz poređenje SUBP-ova
 - koji podržavaju koncepte predviđene modelima
 - RSUBP
 - podržava samo relacione koncepte
 - ORSUBP
 - podržava relacione i određen broj objektnih koncepata
 - OOSUBP
 - podržava samo objektne koncepte

Poređenje objektnih modela podataka

- **RSUBP - ORSUBP**

- RSUBP ne sadrži objektna proširenja koja sadrži ORSUBP
- RSUBP koristi manje kompleksne tipove podataka
 - lakša optimizacija upita
 - lakše korišćenje zbog manjeg broja opcija
- ORSUBP je prilagodljiviji za različite domene primene

Poređenje objektnih modela podataka

- **ORSUBP – OOSUBP: sličnosti**
 - OO koncepti
 - korisnički definisani tipovi
 - strukturirani tipovi
 - identifikator objekta
 - nasleđivanje
 - poseduju upitne jezike za rad sa tipovima kolekcija
 - prošireni SQL
 - ODL/OQL
 - proširuje se skup funkcionalnosti SUBP
 - upravljanje konkurentnim izvršavanjem
 - oporavak od grešaka

Poređenje objektnih modela podataka

- **ORSUBP – OOSUBP: razlike**
 - OOSUBP nameću proširenja OO programskih jezika naredbama za rad s bazama podataka
 - jedinica obrade podataka predstavlja objekat
 - jednom učitani objekti koriste se duži vremenski period
 - » duge transakcije
 - » ponekad se dobavljaju povezani objekti
 - objekti mogu biti veliki
 - » dobavljaju se u delovima

Poređenje objektnih modela podataka

- **ORSUBP – OOSUBP: razlike**
 - ORSUBP predstavljaju proširenja RSUBP novim tipovima podataka
 - jedinica obrade podataka predstavlja torca ili kompleksniji objekat
 - veliko iskorišćenje diska
 - » optimizacija
 - relativno kratke transakcije

Reference

- Elmasri R, Navathe S B, „Fundamentals of Database Systems“, Šesto izdanje, Addison-Wesley, SAD, 2011
 - poglavlje 11
- Ramakrishnan R, Gehrke J, „Database Management Systems“, Treće izdanje, McGraw Hill, SAD, 2003
 - poglavlje 23
- Bertino E, Catania B, Zarri G P, „Intelligent Database Systems“, Prvo izdanje, Addison-Wesley, SAD, 2001
 - poglavlje 2

Pitanja i komentari



Sadržaj

- Motivacija
- Osnovni objektno-orijentisani koncepti
- Objektno-orijentisani model podataka
- Objektno-relacioni model podataka
- Poređenje obrađenih vrsta SUBP-ova

Kraj prezentacije

Sistemi baza podataka



Objektno-orijentisani pristupi u modelima podataka

*Objektno-orijentisani i objektno-
relacioni sistemi*