

Primene prostornog rezonovanja

Ivana Tanasijević
URL: www.matf.bg.ac.rs/~ivana
Matematički fakultet, Beograd

Primeri osnovnih prostornih relacija

Uvod

- Prema podeli Pullar i Egenhofer 1988. godine, odnosi između objekata u prostoru se iskazuju prostornim relacijama koje se mogu svrstati u klase: **topološke**, **relacije pravca**, **razdaljine** i **orientacije** i **fazi relacije**
- Vrlo često nisu dostupne informacije o svim relacijama između svih objekata
- Prostorno rezonovanje se koristi za izvođenje relacija između objekata koje nisu eksplicitno date, na osnovu relacija između povezujućih objekata
- Prostorno rezonovanje se koristi i za proveru konzistentnosti baze znanja
- Ovo se postiže izračunavanjem tabele kompozicija

Topološke relacije

- Dva objekta u prostoru mogu biti u nekoj od topoloških relacija: **disjunktni**, **dodiruju se**, **delimično se preklapaju**, **sadrži** i sličnim
 - Ove relacije se nazivaju Račun veza regiona (*eng.* Region Connection Calculi – RCC8), koje su uveli Randell, Cui i Conh 1992. godine
 - Tabelom kompozicija se, na primer, može proveriti regularnost upita:
”Ako region A delimično preklapa region B i region A nema zajedničkih tačaka sa C, da li je tačno da B nema zajedničkih tačaka sa C?”
- Ili formalno: $true?[PO(A,B) \text{ and } DR(A,C) \rightarrow DR(B,C)]$.
- Egenhofer i Frandoza su uveli restriktivniji n-presečni model 1991. godine, koji se zasniva na tačkama, pre nego na regionima

Relacije pravca – osnovni pravci kao primer

- Osnovni pravci su **Sever, Jug, Istok, Zapad**
- Tipičan problem za ovu vrstu relacija je dat sledećim primerom:
“Ako su poznate činjenice da je Beograd južno od Novog Sada i da je Subotica severno od Novog Sada, može se zaključiti da je Beograd južno od Subotice.”
- Koraci su sledeći:
 1. Iz *“Beograd je južno od Novog Sada”* i *“Subotica je severno od Novog Sada”* dobija se povezanost Beograd – Novi Sad – Subotica
 2. Iz *“Novi Sad je južno od Subotice”* dobija se *“Subotica je severno od Novog Sada”*
 3. Iz *“Beograd je južno od Novog Sada”* i *“Novi Sad je južno od Subotice”* dobija se *“Beograd je južno od Subotice”*

Relacije razdaljine

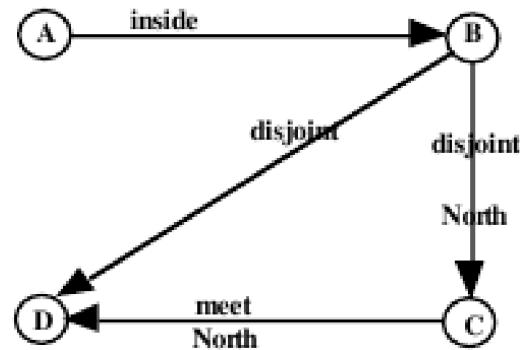
- Pojam razdaljina je mera truda
- Kvalitativne mere razdaljine su **blizu**, **vrlo blizu**, **daleko**, **vrlo daleko**
- Aksiome koje se moraju uzeti u obzir pri definiciji razdaljina su
 1. Mora postojati neutralan element
 2. Nivo razlikovanja treba da bude takav da $blizu(A, B)$ povlači $blizu(B, A)$
 3. Nejednakost trougla zahteva pažljivu definiciju sabiranja i kompozicije
- Primer: $daleko(A, C)$, $blizu(A, B)$ i $blizu(B, C)$ su tačni ako je $blizu + blizu = daleko$, ali ne i ako je $blizu + blizu = blizu$

Neke primene prostornog rezonovanja

Pronalaženje novog znanja

- Pretpostavimo da je dato 6 relacija između objekata A, B, C i D:

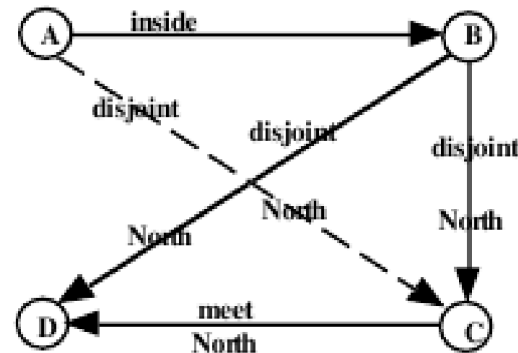
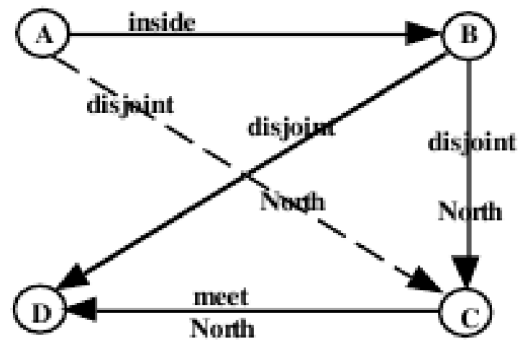
*A inside B, B disjoint C, B disjoint D,
C meet D, B North C, C North D.*



- Upit1: U kojoj su topološkoj relaciji B i A?
Pomoću *A inside B* se izračunava *B contains A*

Pronalaženje novog znanja

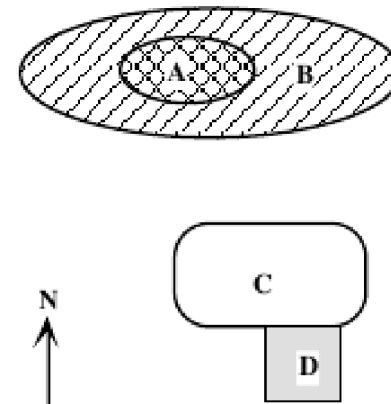
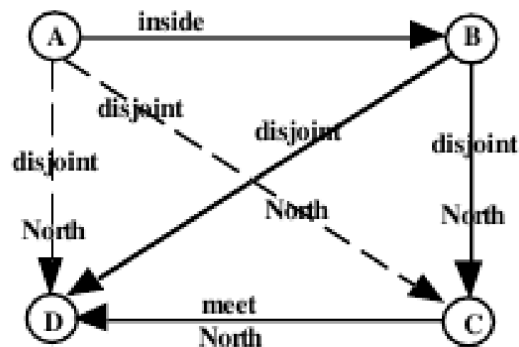
- Upit2: U kojoj su topološkoj i relaciji pravca A i C?
Kompozicijom *A inside B*; *B disjoint C* se izvodi *A disjoint C*
Kompozicijom *A inside B*; *B North C* se izvodi *A North C*



- Upit3: U kojoj su relaciji pravca B i D?
Kompozicijom *B North C*; *C North D* se izvodi *B North D*

Pronalaženje novog znanja

- Upit4: U kojoj su topološkoj i relaciji pravca A i D?
Na osnovu relacija $C \text{ meet } D$, $B \text{ North } C$ i $A \text{ disjoint } C$, $A \text{ North } C$, integracijom i kompozicijom $C \text{ meetNorth } D$; $A \text{ disjointNorth } C$ se dobija $A \text{ disjointNorth } D$, odnosno $A \text{ disjoint } D$ i $A \text{ North } D$



- Na kraju se dobija model rasporeda objekata A, B, C, i D

Problem zadovoljivosti ograničenja (eng. Constraint satisfaction problem - CSP)

```
SELECT lake, name
FROM state, country, lake
WHERE state.geometry CONTAINS country.geometry AND
state.geometry CONTAINS lake.geometry AND
(state.geometry DISJOINT lake.geometry OR
state.geometry MEET lake.geometry)
```

	state	country	lake
state	<i>equal</i>	<i>contains</i>	<i>disjoint OR meet</i>
country	<i>U</i>	<i>equal</i>	<i>contains</i>
lake	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>equal</i>

$$\begin{aligned} & (equal ; (disjoint or meet)) \cap (contains ; contains) \cap ((disjoint or meet) ; equal) \\ & = \{disjoint, meet\} \cap \{contains\} \cap \{disjoint, meet\} \\ & = \emptyset \end{aligned}$$

Razumevanje slika dokumenata – cilj i osnovni koraci

- **Cilj:** rekonstrukcija redosleda čitanja dokumenta na osnovu njegove slike
- **Koraci:**
 1. Uočiti osnovne komponente dokumenta, odnosno **objekte dokumenta**
 2. Identifikovati logičke funkcije objekata dokumenta – **logičko označavanje**
 3. Pronaći redosled u kome objekti dokumenta treba da se čitaju, odnosno primeniti **detekciju redosleda čitanja**
 4. Primeniti statističke metode vezano za lingvistiku

Razumevanje slika dokumenata – raniji i današnji pristupi

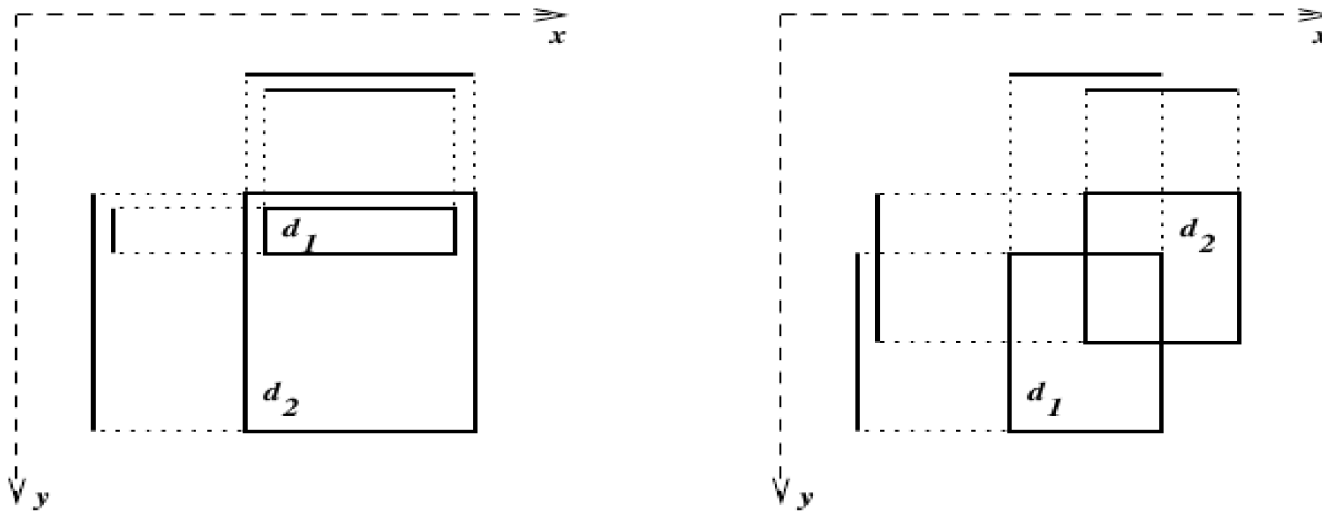
- Prve analize su radile sa određenom klasom dokumenata
- Logičko označavanje je bilo implementirano “IF-THEN” pravilima
- Mana: teško je ili nemoguće proširiti ovakav sistem da obrađuje i dokumente drugih formata

- Drugi pristup je zasnovan na kvalitativnim prostornim relacijama
- Nezavisan je od tipa dokumenta
- Analiza se zasniva na algoritmima učenja nad logikom prvog reda (Esposito et al., 2000.)
- Pristup koji je prikazan ovde je prema istraživanju Marco Aiello 2002. godine, Univerzitet u Amsterdamu

Razumevanje slika dokumenata – relacije pogodne za dokumente

- Koriste se dvodimenzionalne Allen-ove relacije, odnosno skup od 13 relacija između vremenskih intervala koje je uveo Allen 1983. godine

Svaka relacija r je iz $A \times A$ gde je $A = \{precedes, meets, overlaps, starts, during, finishes, equals, precedes_i, meets_i, overlaps_i, starts_i, during_i, finishes_i\}$



Razumevanje slika dokumenata – definicija nekih relacija

- Relativne pozicije objekata imaju ključnu ulogu u određivanju značenja dokumenta
- Relacije se mogu definisati na sledeći način:

$Part(d_1, d_2) = (during_x(d_1, d_2) \text{ or } starts_x(d_1, d_2) \text{ or } finishes_x(d_1, d_2))$
and $(during_y(d_1, d_2) \text{ or } starts_y(d_1, d_2) \text{ or } finishes_y(d_1, d_2))$

$Equal(d_1, d_2) = equals_x(d_1, d_2) \text{ and } equals_z(d_1, d_2)$

$Disconnected(d_1, d_2) = precedes_x(d_1, d_2) \text{ or } precedes_i_x(d_1, d_2)$
or $precedes_y(d_1, d_2) \text{ or } precedes_i_y(d_1, d_2)$

- Nije dovoljno posmatrati samo topološke relacije

Razumevanje slika dokumenata – pravila enkodiranja

- Pravila enkodiranja su pravila koja se zadaju za neki određeni tip dokumenta
- Na primer, pravilo da naslov treba da bude iznad figure se može zapisati kao:

*(during_y(figura, naslov) or equals_x(figura, naslov))
and precedes_y(figura, naslov)*

- Relacija između reči “Slika” i broja slike se može zapisati:

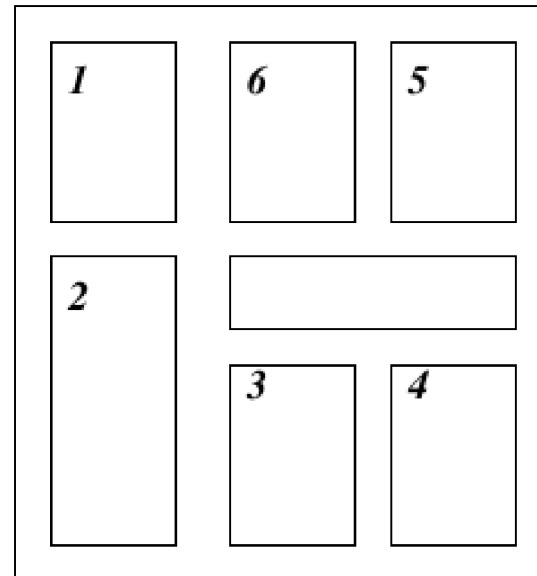
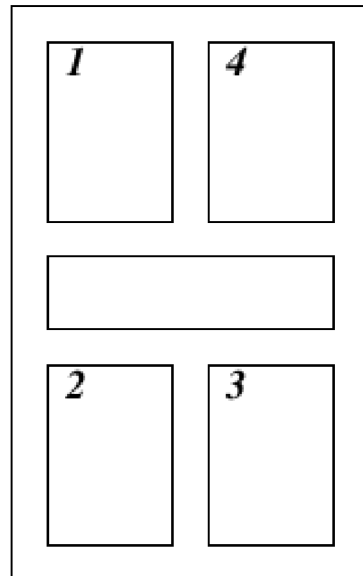
*meets_x(“Slika”, broj_slike) and
(equals_y(“Slika”, broj_slike) or during_i_y(“Slika”, broj_slike))*

Razumevanje slika dokumenata – pravila enkodiranja

- Pravilo “odozgo na dole” i “s leva na desno” se može zapisati kao:

$\text{prvi_u_citanju}(d1, d2) =$

*$\text{precedes}_x(d1, d2)$ or $\text{meets}_x(d1, d2)$ or $\text{overlaps}_x(d1, d2)$ or
 $\text{precedes}_y(d1, d2)$ or $\text{meets}_y(d1, d2)$ or $\text{overlaps}_y(d1, d2)$*



Razumevanje slika dokumenata – zaključak

- (d_1, d_2) je **prihvatljiv prelaz** u smislu skupa relacija ako i samo ako je bidimenzionalna Allen-ova relacija (d_1, d_2) konzistentna u S, gde je S skup pravila enkodiranja
- **Prostorno prihvatljiv redosled čitanja** je potpuno uređenje objekata dokumenta uz poštovanje prihvatljivih prelaza
- **Razumevanje dokumenta** je skup prostorno prihvatljivih redosleda čitanja
- Zaključak se izvodi u dva koraka:
 - primena CSP metode
 - sortiranje grafa

Razumevanje slika dokumenata – primer dokumenta

and 'T' (for tables) that encode document presentation rather than structure. This breaks with the SGML principle of separating structure from presentation.

Today, the set of HTML elements has multiplied to around 86. New elements are being added slowly through the W3C working group on HTML that publishes revisions of the HTML specification. HTML 4.0 is the latest version and contains several nonproprietary features for content providers [17]. First, HTML 4.0 deprecates the use of a large set of elements that mainly encode presentation; their function is better served by style sheets.

HTML 4.0 also adds a CLASS attribute on all elements. By using this attribute, elements can be subclassed into categories of choice—in effect creating new elements. The CLASS attribute can hold information that would otherwise be lost when converting a document to HTML, and a style sheet can use

has HTML. Like special elements for mathematics. For such applications, XML comes to the rescue.

XML. In light of the limited repertoire of HTML elements, content providers cannot easily encode semantics into their documents. An initiative to repair the shortcomings of SGML on the Web began in 1996 when a W3C working group was formed to identify a subset of SGML, suitable for the Web. Later known as XML, the initiative has gathered support from both the SGML and the Web communities.

XML includes SGML's ability to define new elements. For content providers, this means XML can encode semantics more gracefully than HTML. In addition, XML removes the burden of having to subclass documents against a DTD; XML documents may refer to a DTD but are not required to do so. Instead, a document can claim to be well-formed by following some simple syntactical rules.

Figure 2. Example A shows element containment within an SGML document fragment. Example B shows how similar containment hierarchy can be achieved by complementing HTML elements with the CLASS attribute.

Example A:

```
<author>  
  <name>James Gosling</name>  
  <email>jgosc@java.sun.com</email>  
</author>
```

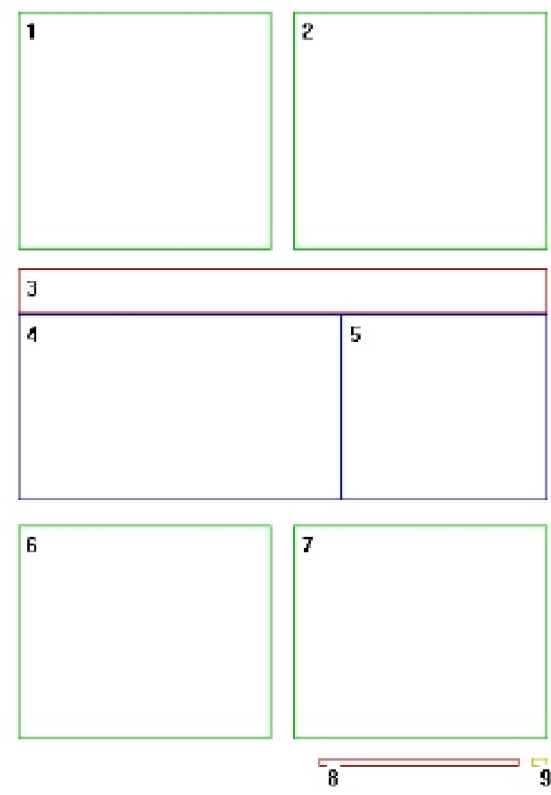
Example B:

```
<DIV CLASS=author>  
  <DIV CLASS=james@java.sun.com>  
  <DIV CLASS=email.1>jgosc@java.sun.com</DIV>  
</DIV>
```

on the value of the CLASS attribute (see Figure 2).

Having a designated W3C working group in charge of HTML development has been a stabilizing factor for the language. No vendor can single-handedly add new elements to HTML, and the document format remains nonproprietary. Moreover, the semantics of the various elements is well known. For example, all browsers and search engines know that the 'H1' element indicates a first-level headline. Thus, HTML has achieved a unique position as a device-independent, ubiquitous document format.

The downside of the committee approach is that communities in need of additional markup (beyond subclassing existing HTML elements) cannot easily build on HTML. For example, mathematicians may want to encode formulas inside HTML documents,



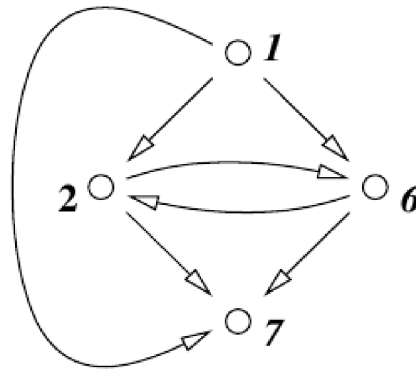
Razumevanje slika dokumenata – tok obrade

- Formalan zapis rasporeda prethodnog dokumenta:
 - [1, telo_teksta, [13, 23, 93, 101], Times, 11, 0, 16]
 - [2, telo_teksta, [100, 23, 180, 101], Times, 11, 0, 16]
 - [3, naslov, [13, 107, 180, 122], Arial, 11, 0, 16]
 - [4, grafik, [13, 122, 115, 183], Courier, 11, 0, 16]
 - [5, slika, [115, 122, 180, 183], None, 11, 0, 16]
 - [6, telo_teksta, [13, 191, 93, 261], Times, 11, 0, 16]
 - [7, telo_teksta, [100, 191, 180, 261], Times, 11, 0, 16]
 - [8, futer, [108, 267, 171, 270], Arial, 7, 0, 16]
 - [9, broj_stranice, [175, 267, 180, 270], Arial, 12, 0, 16]

Pronalaze se prostorne relacije za svaki par objekata sa oznakom “telo_teksta” i propuštaju kroz CSP zajedno sa pravilima enkodiranja

Razumevanje slika dokumenata – pronalaženje mogućih redosleda

- Dobijaju se skupovi prostorno dopustivih prelaza
[1, 2], [1, 6], [1, 7], [2, 6], [2, 7], [6, 2], [6, 7]



- Mogući bilasci grafa su:

[1, 6, 2, 7]

[1, 2, 6, 7]

Vizuelizacija i izdvajanje informacija iz slike

- Prostorno rezonovanje se koristi u računarskoj vizuelizaciji za prepoznavanje objekata na višem nivou, što uključuje interpretaciju i integraciju vizuelnih informacija
- Može se iskoristiti kod prepoznavanja strukture gena u genomu i pronalaženju sekvenci sličnih karakteristika u bazi
- Osnova ovih metoda je simbolička prezentacija originalne slike koja zahvata sve relevantne informacije za primenu zadataka prostornog rezonovanja kao što su pronalaženje puta, dobijanje podataka na osnovu sličnosti, izvođenje prostornih relacija, provera konzistentnosti

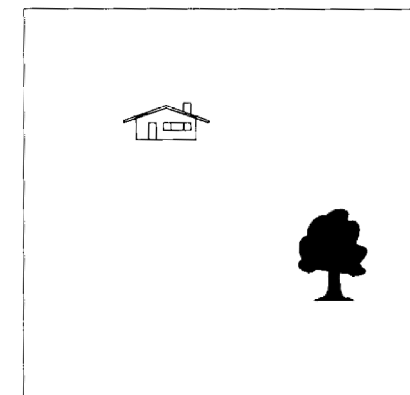
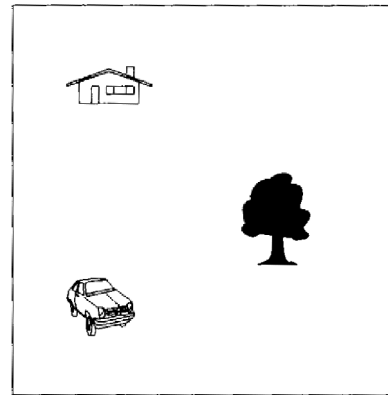
Simboličke projekcije

- Teoriju Simboličkih projekcija je uveo S.K. Chang, Univerzitet u Pittsburgh-u
- Simboličkim projekcijama se konkretne metričke informacije prevode u kvalitativnu formu
- Redosled u kome se objekti pojavljuju, projektuje se vertikalno i horizontalno u vidu dva stringa
- Prostorno rezonovanje se izvršava kao brza pretraga podstringova
- Pitanje: *Da li se drvo nalazi jugoistočno od kuće?*

kuća automobil < drvo
automobil < drvo < kuća

x-projekcija: kuća < drvo

y-projekcija: drvo < kuća



Hvala na pažnji

Pitanja i odgovori