

Universitatea POLITEHNICA din București  
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației  
Universitatea Babeș-Bolyai  
Facultatea de Matematică și Informatică

**Romagna: o abordare modernă asupra uneltelor de  
analiză conceptuală a datelor**

## **Lucrare de licență**

Prezentată ca cerință parțială pentru obținerea  
titlului de *Inginer*  
în domeniul *Calculatoare și tehnologia informației*  
programul de studii *Ingineria informației*

**Conducător științific**  
Christian Săcarea

**Absolvent**  
Mihai Chereji

**Anul 2014**

## Declarație de onestitate academică

Prin prezenta declar că lucrarea cu titlul *Romagna: o abordare modernă asupra uneltelor de analiză conceptuală a datelor*, prezentată în cadrul Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației a Universității “Politehnica” din București ca cerință parțială pentru obținerea titlului de *Inginer* în domeniul Inginerie Electronică și Telecomunicații/ Calculatoare și Tehnologia Informației, programul de studii *Ingineria informației* este scrisă de mine și nu a mai fost prezentată niciodată la o facultate sau instituție de învățământ superior din țară sau străinătate. Declar că toate sursele utilizate, inclusiv cele de pe Internet, sunt indicate în lucrare, ca referințe bibliografice. Fragmentele de text din alte surse, reproduse exact, chiar și în traducere proprie din altă limbă, sunt scrise între ghilimele și fac referință la sursă. Reformularea în cuvinte proprii a textelor scrise de către alți autori face referință la sursă. Înțeleg că plagiatul constituie infracțiune și se sancționează conform legilor în vigoare. Declar că toate rezultatele simulărilor, experimentelor și măsurărilor pe care le prezint ca fiind făcute de mine, precum și metodele prin care au fost obținute, sunt reale și provin din respectivele simulări, experimente și măsurători. Înțeleg că falsificarea datelor și rezultatelor constituie fraudă și se sancționează conform regulamentelor în vigoare.

București, Iulie 2014.

Absolvent: Mihai Chereji

.....

# Cuprins

<b>Lista figurilor</b>	5
<b>Lista tabelelor</b>	6
<b>Lista acronimelor</b>	7
<b>1. Analiza conceptuală formală</b>	10
1.1. Introducere	10
1.2. Concepte matematice de bază	10
1.2.1. Mulțimi ordonate, latice, latice complete	10
1.2.2. Context, concept, ierarhie de concepte	11
1.3. Algoritmi relevanți	13
1.4. Utilizări practice	13
<b>2. Starea actuală</b>	14
2.1. Navigatoare de concepte	14
2.1.1. Toscana	14
2.1.2. ToscanaJ	14
2.1.2.1. Funcționalități	14
2.1.3. GaloisExplorer	16
2.2. Software conex	16
<b>3. Romagna</b>	18
3.1. Raționament	18
3.1.1. Ușurință de utilizare	18
3.1.2. Folosirea web-ului, păstrarea confidențialității datelor	19
3.2. Tehnologii	19
3.2.1. CoffeeScript	19
3.2.2. Ember.js	20
3.2.3. d3.js	20
3.2.3.1. svg	21
3.2.4. sql.js	21
3.2.4.1. emscripten	21
3.3. Structură	22
3.4. Dezvoltare	22
3.4.1. Proces	22
3.4.2. Probleme întâmpinate	22
3.4.2.1. MySQL versus sql.js	22
3.4.2.2. SVG și probleme în afișarea corectă a textului	22
3.5. Viitor	22
<b>4. Concluzii</b>	23

<b>Bibliografie</b> . . . . .	24
-------------------------------	----

## Lista figurilor

1.	Exemplu de latice de concepte . . . . .	8
2.1.	ToscanaJ, afișând o latice simplă generată din date de acces ale unui site web . .	15
2.2.	ToscanaJ, afișând aceeași latice ca în 2.1, de data aceasta imbricată cu altă diagramă . . . . .	16
2.3.	GaloisExplorer, afișând o diagramă în 3d. Sursa: site-ul proiectului [tea14] . . .	17

## Lista tabelelor

1.1. Un context al animalelor vertebrate. Sursa: CDA [CR04] . . . . .	11
---	----

## **Lista acronimelor**

FCA = Formal Concept Analysis (Analiza Conceptuală Formală)

DOM = Document Object Model

SVG = Scalable Vector Graphics (Grafice Scalabile Vectoriale)

HTML = HyperText Markup Language (limbaj de marcaj hiper-textual)

XML = eXtensible Markup Language (Limbaj extensibil de marcaj)

SQL = Structured Query Language (Limbaj de Interogare Structurată)

LLVM = Low Level Virtual Machine

MVC = Model View Controller

# Introducere

Big-data și machine learning sunt domenii foarte căutate în zilele noastre, devenind chiar “buzzwords”.

Majoritatea se bazează pe algoritmi simplii, de adunare și prelucrare automată a datelor.

*Analiza conceptuală formală* oferă o alternativă, în care adunarea datelor este automată dar prelucrarea și interpretarea datelor este realizată de om, bazându-se pe câteva principii matematice bine definite și ușor de înțeles.

Acest câmp a început în anii 80 la Universitatea din Darmstadt, ca o evoluție a teoriei clasice a laticelor. Între timp, s-a dezvoltat într-un câmp care adună tot mai mulți cercetători și își dovedește utilitatea practică dincolo de câmpul din care s-a tras și dincolo de matematica abstractă.

Ce e mai spectaculos e că totul se bazează pe idei simple, elegante, generale, frumoase am putea spune, încât duc aproape de *filozofia platonice* (un concept este alăturarea unei mulțimi de obiecte descrise de unele proprietăți și mulțimea acelor proprietăți).

Unele din cele mai utilizate rezultate ale acestui domeniu sunt laticele de concept, diagrame care reprezintă ierarhiile conceptelor descrise mai sus.

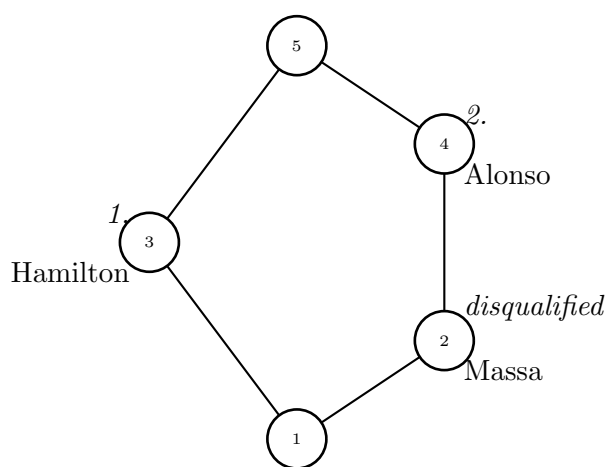


Figura 1: Exemplu de latică de concepte

Se observă că dincolo de utilitatea practică (descrisă în capitolele ce urmează), latică este *frumoasă*. Fără a încerca să-i descifreze înțelesul, oricine poate observa că este unul din acele produse ale științei care, ne-intenționat, poate fascina și studenții artelor.

Cu toate acestea, domeniul FCA duce lipsă de unele frumoase (vom explica, în capitolele ce urmează ce înțelegem prin *software frumos*), chiar dacă există tot mai multe programe care doresc să ajute cercetătorii în acest domeniu. Unele frustrează încă de la încercarea procesului de instalare, altele mistifică cercetătorul prin mesaje de eroare criptice, iar altele, poate, doar se mișcă prea încet, sau sunt prea greu de folosit.

În cele ce urmează dorim să descriem pe scurt domeniul Analizei conceptuale formale, starea soft-ului existent acum, și o nouă aplicație, care dorește să rezolve unele din problemele întâlnite



de oamenii interesați în acest domeniu, și poate, să atragă prin software bine gândit (și bine realizat, căci un concept fără nici un obiect nu are cuprins - *veți înțelege după ce veți parcurge primul capitol*) adepți noi.

# Capitolul 1

## Analiza conceptuală formală

### 1.1 Introducere

Analiza conceptuală formală este o metodă de sistematizare a datelor în **concepte**, definite la modul larg ca mulțimi de obiecte care împărtășesc anumite atribute sau proprietăți. Este o reinterpretare a teoriei clasice a laticelor, dezvoltată în principal în anii '30, axată către partea practică. Conceptul a fost introdus în lucrarea seminală a lui Robert Wille din 1982 [Wil82], iar termenul a fost introdus în 1984 de același autor. În ultimele decenii, domeniul a atras multe contribuții și și-a dovedit utilitatea în domenii cum ar fi analiza și vizualizarea datelor, managementul informației.

### 1.2 Concepte matematice de bază

Întrucât scopul lucrării este de a descrie aplicația practică, ne vom limita la a descrie conceptele de care avem nevoie pentru a înțelege domeniul.

#### 1.2.1 Mulțimi ordonate, latices, latices complete

**Definiție 1.** O mulțime  $M$  este ordonată dacă se poate aplica asupra sa o relație  $R$  care îndeplinește următoarele condiții:

**Reflexivitate**  $xRx$

**Antisimetrie**  $xRy, x \neq y \Rightarrow yRx$  e fals

**Tranzitivitate**  $xRy, yRz \Rightarrow xRz$

$\forall x, y, z \in M$ . Relația  $R$  se numește o **relație de ordine**.

Cel mai simplu exemplu, intuitiv exemplu este mulțimea numerelor reale  $\mathbb{R}$ , alături de relația  $\leq$ . Notăm o mulțime ordonată cu relația  $\leq$  cu  $(M, \leq)$ .

**Definiție 2.** Un element  $y$  al mulțimii  $M$  este **vecinul superior** al lui  $x$  dacă  $x < y$  și nu există nici un  $z$  astfel încât  $x < z < y$ . În mod invers,  $x$  este **vecinul inferior** al lui  $y$ .

Putem nota relația de vecinătate astfel:  $x \prec y, y \succ x$ .

**Definiție 3.** Două elemente ale unei mulțimi ordonate sunt **comparabile** dacă  $x \leq y$  sau  $y \leq x$  (adică relația  $\leq$  se aplică asupra lor). Altfel sunt **incomparabile**. Un **lanț** este o submulțime în care oricare două elemente sunt comparabile. Un **anti-lanț** este o submulțime în care oricare două elemente sunt incomparabile.

**Definiție 4.** Fie  $(M, \leq)$  o mulțime ordonată, și  $N$  o submulțime a sa. Înțelegem prin **limita inferioară** a mulțimii  $N$  un element  $i$  astfel încât  $\forall a \in N, i \leq a$ . În mod invers, **limita superioară** a mulțimii  $s$  este definită prin  $\forall a \in N, s \geq a$ . Putem nota mulțimea tuturor

limitelor inferioare a grupului  $N$  cu  $I$ . Elementul cel mai mare din această mulțime este numit **infimumul** mulțimii  $N$ . Invers, cel mai mic element din mulțimea limitelor superioare este numit **supremumul** mulțimii  $N$ .

Minorantul se poate nota cu  $\wedge N$  sau  $\inf N$  (de la **infimum**), iar supremumul cu  $\vee N$  sau  $\sup N$ .

**Definiție 5.** O mulțime ordonată  $M$  este numită o **latice** dacă  $\forall x, y \in M, \exists x \vee y, \exists x \wedge y$ . În alte cuvinte, o mulțime ordonată este o latice dacă pentru orice 2 elemente ale mulțimii există supremum și infimum. O latice este **completă** dacă pentru orice submulțime a ei există supremum și infimum.

Orice latice completă are un element superior, numit **elementul unitate**, și un element inferior, numit **elementul zero**.

**Definiție 6.** Conform [CR04] O **conexiune Galois** este compusă din două mulțimi ordonate,  $M, N$  și două funcții  $\gamma, \psi$  astfel ca  $\gamma : M \rightarrow N, \psi : N \rightarrow M$ , dacă și numai dacă:

1.  $m_1 \leq m_2 \Rightarrow \gamma m_1 \geq \gamma m_2$
2.  $n_1 \leq n_2 \Rightarrow \psi n_1 \geq \psi n_2$
3.  $m \leq \psi \gamma m, n \leq \gamma \psi n$

sau, echivalent,  $m \leq \psi n \Leftrightarrow n \leq \gamma m$

### 1.2.2 Context, concept, ierarhie de concepte

**Definiție 7.** În cadrul analizei conceptuale, un **context**  $K = (G, M, I)$  este format din 2 mulțimi,  $G$  și  $M$ , și o relație binară  $I$  între acestea. Mulțimea  $G$  reprezintă obiecte, iar  $M$  attribute.

Literele provin din limba germană, în care conceptele au fost descrise inițial, de la Gegenstände și MerKmale, respectiv. Relația  $I$  e numită **relația de incidență**, iar  $gIm$  poate fi citit ca “obiectul  $g$  este descris de atributul  $m$ ”, sau “atributul  $m$  descrie obiectul  $g$ ”.

**Exemplu 1.** Preluăm următorul exemplu din [CR04], un context (foarte redus) al animalelor vertebrate.

		respiră în apă (a)	zboară (b)	are cioc (c)	are mâini (d)	are sche- let (e)	are aripi (f)	trăiește în apă (g)	naște pui vii (h)	produce lu- mină (i)
1	Liliac		×			×	×		×	
2	Vultur		×	×		×	×			
3	Maimuță				×	×			×	
4	Pește papagal	×		×		×		×		
5	Pinguin			×		×	×	×		
6	Rechin	×				×		×		
7	Pește lanternă	×				×		×		×

Tabela 1.1: Un context al animalelor vertebrate. Sursa: CDA [CR04]

Pentru  $A \subseteq G$ , definim  $A' = \{m \in M \mid gIm, \forall g \in A\}$ .

În mod asemănător, pentru  $B \subseteq M$ ,  $B' = \{g \in G \mid gIm, \forall m \in B\}$ .

În cuvinte,  $A'$  este mulțimea tuturor atributelor (din contextul la care ne raportăm) care descriu toate obiectele din  $A$ .

**Definiție 8.** Un **concept** al contextului  $(G, M, I)$  este definit de  $A \subseteq G$ ,  $B \subseteq M$ , unde  $A' = B$  și  $B' = A$ .

În engleză, mulțimea  $A$  (a tuturor obiecte descrise de attributele conceptului) este numită **extent** (cuprins), iar  $B$  (atributele care descriu toate obiectele conceptului) **intent** (conținut).

Fie  $(G, M, I)$  un context, și  $A, A_1, A_2$  submulțimi ale lui  $G$ , iar  $B, B_1, B_2$  submulțimi de-ale lui  $M$ . Conform [GW97], atunci:

1.  $A_1 \subseteq A_2 \Rightarrow A'_1 \supseteq A'_2$
2.  $A \subseteq A'''$
3.  $A' = A'''$
4.  $A \subseteq B' \iff B \subseteq A' \iff A \times B \subseteq I$

Proprietăți echivalente se observă imediat și pentru  $B, B_1, B_2$ .

Având în vedere că  $' : \mathcal{P}(G) \rightarrow \mathcal{P}(M)$  și  $B' : M \rightarrow G$ , cei doi operatori pot fi combinați pentru a crea  $A''$  și  $G''$ , care au ca domeniu mulțimea submulțimilor  $G$  și  $M$  respectiv.

Se observă pornind de la proprietățile enumerate mai sus că cele două funcții de derivare descriu o conexiune Galois între mulțimile submulțimilor pentru obiecte ( $\mathcal{P}(G)$ ) și ( $\mathcal{P}(M)$ )

În exemplul de mai sus,  $\{2, 4\}'' = \{2, 4, 5\}$ ,  $\{d, h\}'' = \{d, e, h\}$ .

Câteva proprietăți de remarcat ale conceptelor, așa cum sunt definite:

- Nu orice submulțime de obiecte definește cuprinsul unui concept. Din cele descrise mai sus, rezultă că e necesar ca  $A = A''$  pentru  $A$  să fie cuprinsul unui concept.

Ca exemplu, în tabelul 1.1,  $\{6\}$  nu definește un concept, deoarece  $\{6\}'' = \{4, 6, 7\}$ , adică toate attributele care descriu rechinul în contextul nostru descriu de-asemenea și peștele lanternă, și peștele papagal.

- Intersecția oricâtor cuprinsuri (sau conținuturi) de concepte are ca rezultat întotdeauna un alt cuprins (respectiv conținut).
- În urma reuniunii lor, pe de altă parte, rareori rezultă un alt cuprins.
- Mulțimea conceptelor unui context este o mulțime ordonată, dacă definim o relație de ordine în felul următor:

**Definiție 9.** Fie  $(A_1, B_1)$  și  $(A_2, B_2)$  concepte ale contextului  $K = (G, M, I)$ . Spunem că  $(A_2, B_2)$  este un **subconcept** al lui  $(A_1, B_1)$  (notat  $(A_2, B_2) \leq (A_1, B_1)$  dacă  $A_2 \subseteq A_1$ . Astfel,  $(A_1, B_1)$  este **supraconceptul** lui  $(A_2, B_2)$

**Teoremă 1. Teorema de bază a laticelor de concepte** - Fie un context  $(G, M, I)$ , și o mulțime ordonată  $\mathcal{C}(G, M, I; \leq)$  se numește *latticea de concepte a contextului*, care are supremumul și infimumul descrise de:

$$\bigwedge_{t \in T} (A_t, B_t) = \left( \bigcap_{t \in T} A_t, \left( \bigcup_{t \in T} B_t \right)'' \right)$$

$$\bigvee_{t \in T} (A_t, B_t) = \left( \left( \bigcup_{t \in T} A_t \right)'' , \bigcap_{t \in T} B_t \right)$$

- Diagrame Hasse
- Reducerea și clarificarea contextelor
- Rezolvarea contextelor cu valori multiple

### 1.3 Algoritmi relevați

### 1.4 Utilizări practice

## Capitolul 2

### Starea actuală

Există multe programe pentru diferite aspecte ale analizei conceptuale formale. O listă mai dezvoltată, care adună majoritatea programelor disponibile poate fi găsită la [Pri07].

Mai jos vom discuta doar câteva programe care au influențat dezvoltarea Romagnei, sau sunt relevante din alte motive.

## 2.1 Navigatoare de concepte

### 2.1.1 Toscana

Toscana[VW95] a fost lansat în 1995, și a fost unul din cele mai folosite unelte de explorare a laticelor de concepte pentru următorii ani.

Toscana este astăzi probabil cel mai bine ținută minte ca precursorul programului ToscanaJ, folosit și astăzi, prezentat mai jos.

În ciuda eforturilor noastre, unealta nu a fost găsită pentru descărcare.

### 2.1.2 Toscanaj

ToscanaJ([Dev14a]) este “moștenitorul direct” al lui Toscana, lucru evidențiat și de nume (J-ul vine de la Java).

După cum spune chiar site-ul programului [Dev14b]: “E o unealtă de vizualizare pentru scheme conceptuale foarte avansată, care reușește să afișeze informație interogată dintr-o bază de date în diagrame de latice, sau direct din structuri de date luate din memorie.”

#### 2.1.2.1 Funcționalități

Din nou, citând site-ul programului[Dev14b], prezentăm câteva funcționalități ale programului:

“

- Afișarea diagramelor simple și imbricate.
- Culoarea unui nod reprezintă mărimea contingentului obiectelor (poate fi modificat să reprezinte cuprinsul), deasemenea mărimea nodului poate fi folosită pentru același tip de informație.
- Mulțimea de obiecte de interes poate fi filtrată printr-un dublu click asupra nodurilor
- Nodurile din diagramă pot fi selectate pentru a fi scoase în evidență, pentru a ajuta citirea [*n.t. diagramei*].
- Diagramele pot fi exportate ca SVG, PNG și JPEG. Informații adiționale despre cum diagrama a fost obținută sunt exportate ca fișiere text separate, prin memoria temporară a calculatorului (*clipboard*), sau direct în fișierul SVG (ca elementul <desc>).

- Etichetele nodurilor pot avea conținut diferit, folosindu-se de fragmentele de SQL specifice datelor
- Vizualizări adiționale a bazei de date pot fi deschise din diagramă, de exemplu folosind șabloane HTML în care rezultatele interogărilor sunt afișate.
- Interfața de vizualizare a bazei de date a fost gândită ca o interfață pentru pluginuri pentru a ușura extinderea ToscanaJ pentru scopuri specifice.
- Descreri HTML pot fi atașate schemei, diagramelor și atributelor
- Vederile bazelor de date pot fi folosite pentru atribute, de exemplu pentru a interoga un URL din baza de date care e mai apoi deschis într-un navigator extern.

”

Având în vedere că scopul programului Romagna este de a oferi o alternativă programului Toscana(J), aceste funcționalități se vor regăsi și în Romagna, alături de altele, descrise în capitolul 3.1.

Mai jos prezentăm două capturi de ecran care prezintă programul ToscanaJ.

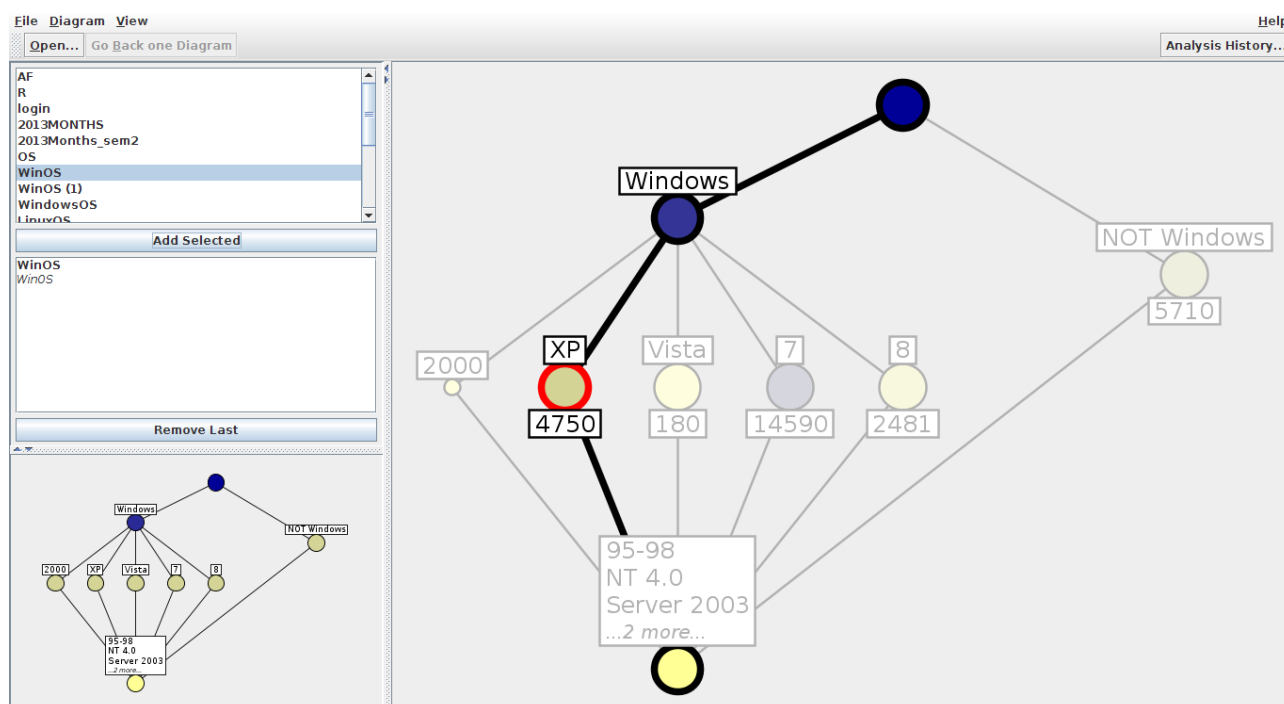


Figura 2.1: ToscanaJ, afișând o latice simplă generată din date de acces ale unui site web

Interfața ToscanaJ este punctul de pornire pentru Romagna. Vom încerca să păstrăm anumite elemente comune, pentru a ajuta utilizatorii obișnuiți, dar vom face, bine-nțeles schimbări și adaptări, mai ales luând în considerare diferențele convențiilor dintre interfețele aplicațiilor web, și cele desktop.

ToscanaJ este, asemenea Romagna, doar un navigator de concepte. Modelarea conceptelor din date este realizată cu ajutorul altor programe din suita din care face parte și ToscanaJ.

**Elba** este un editor pentru schemele conceptuale, legat de baze de date.

**Siena** este un editor pentru scheme conceptuale, foarte asemănător cu **Elba**, diferența fiind că Siena nu are nevoie de o legătură cu o bază de date, putând descrie concepte simple direct în program.

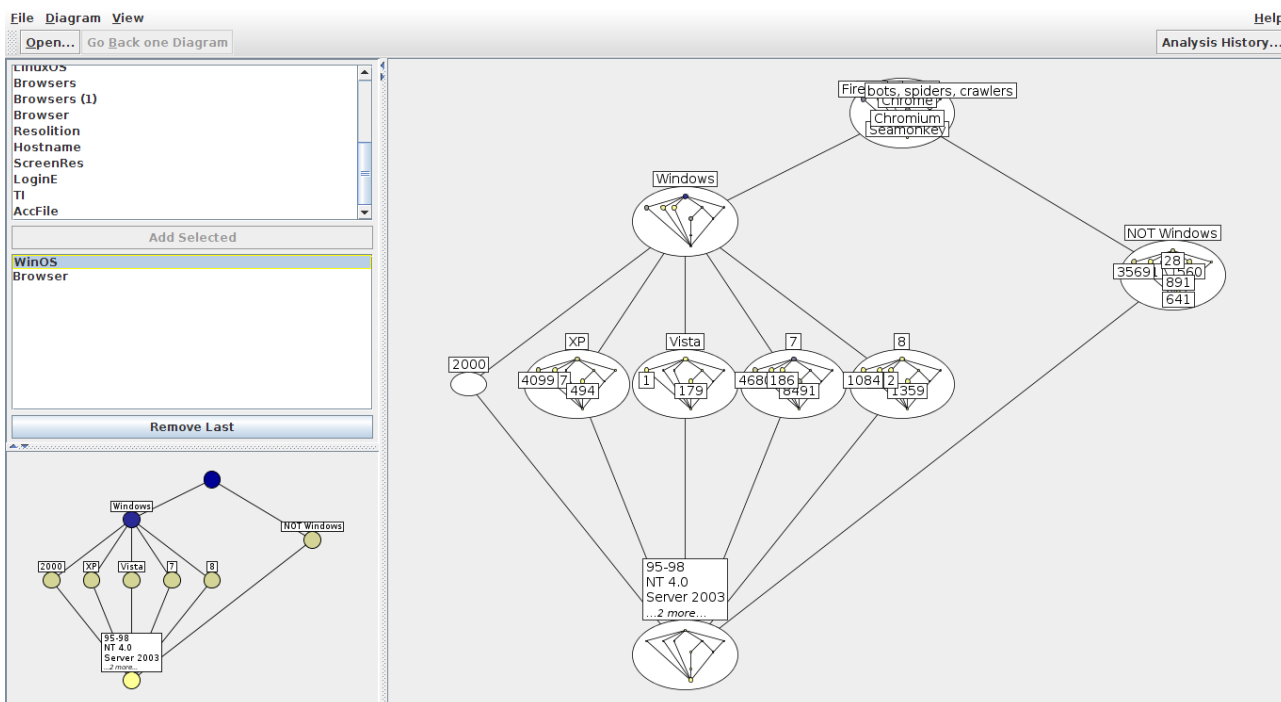


Figura 2.2: ToscanaJ, afișând aceeași latice ca în 2.1, de data aceasta imbricată cu altă diagramă

### 2.1.3 GaloisExplorer

GaloisExplorer [tea09] este un program mai recent, cu ultima actualizare în 2009.

Are o interfață realizată în QT, ceea ce îi permite să funcționeze pe mai multe platforme. O abordare interesantă, dar în cele din urmă doar cu valoare estetică, este prezentarea laticelor în 3d (2.3).

Din păcate, folosește anumite librării 3d (coin3d[?]) care nu sunt imediat disponibile și care necesită compilare manuală.

Pentru mulți utilizatori care nu au cunoștințe avansate de calculatoare, aceste impedimente sunt motiv suficient pentru a abandona această instalare.

## 2.2 Software conex

În această secțiune vom prezenta câteva alte programe remarcabile în domeniul FCA, sau care au avut un impact indirect asupra dezvoltării Romagna:

**FCAS**tone dezvoltat de Uta Priss, e un program care urmărește obținerea inter-operabilității între diferite programe pentru FCA (numele vine de la Piatra [n.t. *Stone = Piatră*] Rosetta). Astfel, convertește fișierele folosite de mai multe suite în FCA. Pe lângă asta, convertește contexte în latice de concepte, și latice de concepte în formate grafice (atât vectoriale cât și raster).

**Conexp** dezvoltat de Serhiy A. Yevtushenko, este o unealtă scrisă în Java, folosită în principal în scopuri educaționale (dar nu numai), are numeroase funcționalități de modelare a contextelor, dintre care amintim (preluate de site-ul programului [Yev14]):

- calculează numărul de concepte formale dintr-un context dat
- calculează laticea de concepte
- permite explorarea atributelor



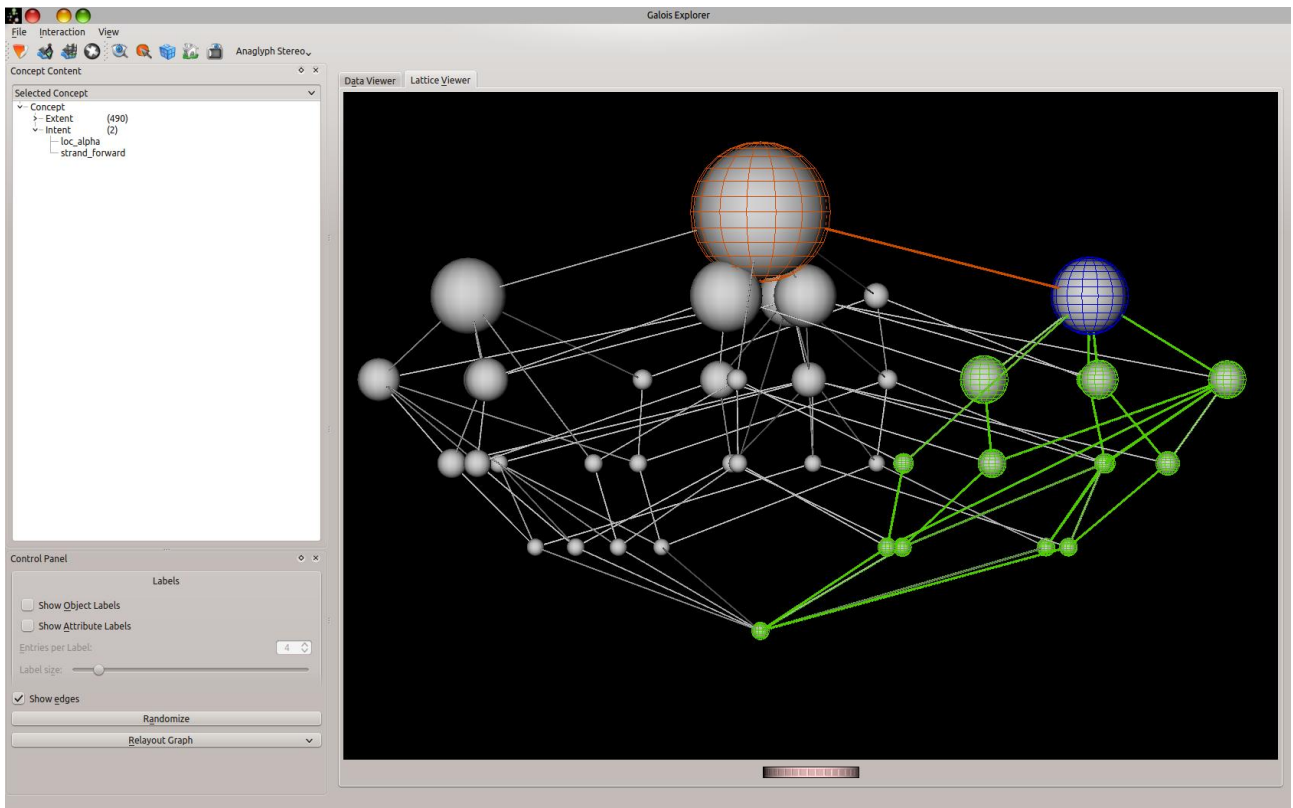


Figura 2.3: GaloisExplorer, afișând o diagramă în 3d. Sursa: site-ul proiectului [tea14]

- calculează mulțimea de implicații Duquenne-Guigues
- calculează regulile de asociații

**conexp-clj** O reimplementare scrisă de Daniel Borchmann în limbajul de programare Clojure a programului de mai sus. Programul pune accentul pe linia de comandă și programarea interactivă în domeniul FCA.

**OpenFCA** Este o suită de trei aplicații, din care Conflexplore este o aplicație bazată pe Flex, folosită pentru explorarea conceptelor, atât tabelar cât și printr-o formă simplă de latică de concepte.

**L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>Xfor FCA** [Gan14] Plugin pentru L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, scris de Bernhard Ganter, oferă câteva “environment”-uri noi, folosite și în această lucrare, care permite aranjarea ușoară în pagina a contextelor și a laticilor derivate din acestea.

## Capitolul 3

### Romagna

Romagna este o aplicație dezvoltată începând cu anul 2014, pornită la Universitatea Babeș-Bolyai ca o alternativă folosindu-se de tehnologiile web pentru un navigator de concepte modern.

Numele (Romagna) este o referință directă suitei de programe care a inspirat această aplicație, Toscana. Romagna este o regiune istorică a Italiei aflată la nordul Toscanei.

Pe lângă funcționalitățile ale aplicației ToscanaJ descrise în sub-subsecțiunea 2.1.2.1, Romagna are câteva funcționalități noi planuite.

Dezvoltarea acestei aplicații are câteva scopuri (*diferite de funcționalități*) principale, prezentate în secțiunea următoare.

### 3.1 Raționament

#### 3.1.1 Ușurință de utilizare

Uneltele destinate FCA trebuie gândite ca programe pentru consumatori, utilizatori obișnuiți. Publicul țintă al acestor aplicații nu sunt neapărat programatori sau oameni cu experiență în folosirea avansată a calculatoarelor. Oamenii care beneficiază cel mai mult de asemenea aplicații sunt cercetători în domenii foarte diferite (după cum se vede în secțiunea de aplicații practice 1.4)

Din acest punct de vedere, este părerea autorului că soft-ul existent în acest domeniu nu satisface necesitățile publicului său țintă.

Pentru clarificare, următoarele puncte trebuie îndeplinite pentru a considera o aplicație ușor de folosit:

- Aplicația trebuie să fie **ușor de instalat**. Programatorii de multe ori scapă din vedere acest aspect, dacă nu e vorba de un produs comercial, care are nevoie de cât mai mulți utilizatori. E inadmisibil să se ceară compilarea manuală a unei librării C++, sau instalarea unui server MySQL unui utilizator obișnuit pentru a utiliza un program. Romagna, fiind o aplicație web, sare peste acești pași. Singurii pași pre-mergători folosirii aplicației sunt pregătirea datelor pentru consum de către aplicație și familiarizarea cu interfața aplicației.
- Aplicația trebuie să fie **disponibilă pe mai multe platforme**. Utilizatorii nu vor instala un alt sistem de operare pentru a testa o aplicație. În schimb, majoritatea utilizatorilor au la dispoziție un navigator web modern, cum ar fi Mozilla Firefox, Google Chrome, etc. Aceste medii de aplicații (pentru că navigatoarele web și mediul de execuție al limbajului JavaScript pus la dispoziție de acestea a devenit un mediu de aplicații) se actualizează automat, permițând utilizarea celor mai noi funcționalități unei majorități a utilizatorilor acestora.
- Aplicația trebuie să ofere **date de ieșire utile** utilizatorului. Ne referim aici în special la mesajele de erori, care trebuie să fie inteligibile, să ofere cursuri de acțiune care să

rezolve problema, într-un limbaj non-tehnic, pe cât posibil. Erorile criptice, cum ar fi stack-trace-uri, sau excepții afișate pe ecran descurajează utilizatorul obișnuit.

- Aplicația trebuie să aibă **o interfață plăcută**. E părerea autorului că, deși utilizabile, interfețele generate de aplicații Java oferă o experiență neplăcută, nu se integrează în stilul sistemului de operare. Aplicațiile web sunt mult mai ușor de estetizat, mai ales cu ajutorul unor framework-uri CSS, dintre care amintim Twitter Bootstrap sau Zurb Foundation.
- Ca o ultimă alternativă, aplicația trebuie să vină **însoțită de documentație**. Aceasta trebuie formulată într-un limbaj non-tehnic pentru utilizatori.
- Opțional, aplicația ar trebui să aibă **interfața localizată**. Nu toți utilizatorii de calculatoare sunt vorbitori de engleză. Folosirea pictogramelor pentru realizarea interfeței poate ajuta, dar inclusiv în cazul acela, diferențele culturale, sau conceptele prea complexe pe care dezvoltatorii încearcă să le transmită, pot descuraja utilizarea aplicației mai mult decât să ajute.

Romagna îndeplinește unele din condițiile de mai sus(ușor de instalat, ușor de găsit) prin natura aplicațiilor web, iar celelalte condiții constituie obiectul efortului autorului.

### 3.1.2 Folosirea web-ului, păstrarea confidențialității datelor

Este o stare de fapt că în domeniul analizei datelor, integritatea și confidențialitatea acestora este o grijă constantă.

Mulți cercetători lucrează de asemenea cu date care sunt, legal vorbind, secrete. Se înțelege astfel, că majoritatea potențialilor utilizatori **nu** vor avea încredere să trimită datele unui serviciu extern.

Din aceste considerente, o arhitectură server peste web (și oferirea Romagnei ca serviciu) a fost imediat desconsiderată. Dar, cum am menționat în subsecțiunea 3.1.1, ușurința de utilizare este o altă calitate pe care încercăm să o regăsim în Romagna.

S-a ajuns astfel la compromisul (temporar) de a realiza **totul** în browser. Asta înseamnă accesarea datelor SQL în browser, prin tehnologii descrise în secțiunea ??.

## 3.2 Tehnologii

După cum am menționat, Romagna se bazează pe tehnologii web. Vom continua prin a descrie sumar principalele librării/framework-uri folosite și un raționament scurt pentru existența lor în proiect.

### 3.2.1 CoffeeScript

Unul din principalele motive pentru care browser-ul nu a fost mult timp acceptat ca o platformă matură pentru aplicații era absența altor limbaje de programare disponibile înafară de JavaScript.

Această stare de fapt se schimbă încet din mai multe motive:

- JavaScript a evoluat și este considerat un limbaj de programare mai matur decât în perioada în care a fost scris ToscanaJ.
- Existența **emscripten**, descris pe scurt în subsecțiunea 3.2.4.1 și rezultatele obținute de acesta.

- Existența limbajelor care compilează *în* JavaScript.

Unul din aceste limbaje este **CoffeeScript** [?]. CoffeeScript nu introduce decât două concepte (clase versus prototipuri și array comprehensions) noi față de JavaScript, dar simplifică dezvoltarea prin câteva îmbunătățiri:

- Evitarea variabilelor globale
- Câteva scurtături de sintaxă (-> pentru a declara o funcție, => pentru a declara o funcție legată de contextul actual, etc.)
- Clarificarea operatorilor de comparație (== în CoffeeScript devine automat === în JavaScript, scăpând automat de o întreagă clasă de erori).

Alături de sintaxa mai prietenoasă (o opinie personală a autorului), prin elidarea acoladelor în favoarea indentării pentru definirea blocurilor, am ales CoffeeScript ca limbajul principal pentru Romagna.

### 3.2.2 Ember.js

Ember.js este un framework scris în JavaScript, inspirat de Cocoa, și are ca scop ușurarea dezvoltării aplicațiilor web complexe, prin oferirea unui cadru MVC, cu o structură relativ rigidă.

Inițial aplicația nu era bazată pe niciun framework. Pe măsură ce complexitatea structurii a crescut, am realizat că recreem, involuntar, un sistem MVC, mai mult ca sigur imperfect.

Am hotărât să reorganizăm codul în urma unei deliberări, bazându-ne pe faptul că un framework folosit de mii de oameni, cu teste funcționale și modulare la zi poate oferi o fundație puternică, fără a ne cheltui timpul “re-inventând roata”. Din variantele disponibile de framework-uri pentru JavaScript, am ales Ember.js deoarece:

- Structura impusă se potrivește cu necesitățile proiectului.
- Posibilitatea schimbării ușoare a adaptorului a repoziitoriului de date inclus în framework înseamnă că vom putea crea o variantă viitoare a Romagna care se includă comunicarea cu un server, funcționalitate care este planuită pentru versiuni care vor urma.
- Funcționalitatea componentei **Router**, care permite crearea de URL-uri, care pot fi salvate de utilizator, în funcție de navigarea sa prin aplicație, înseamnă că avem la îndemână o formă simplă de serializare și salvare a stării aplicației.

### 3.2.3 d3.js

D3 (provenit din *Data-Driven Documents* - Documente Bazate pe Date) este o librărie scrisă în JavaScript pentru manipularea DOM-ului relaționând cu date legate de elemente din document. Citând din abstractul lucrării [BOH11]:

“Cu D3, designerii leagă în mod selectiv date de intrare de elemente arbitrare ale documentului, aplicând transformări dinamice pentru a genera, cât și a modifica conținut.”

Devine clar din descrierea de mai sus că această librărie va ușura dezvoltarea aplicației, datorită posibilității de a lega *conceptele* de reprezentarea acestora într-un mod care să permită modificarea acestei reprezentări în funcție de explorarea diagramelor de către utilizator, ceea ce, este, până la urmă scopul aplicației.

### 3.2.3.1 svg

D3 se bazează pe manipularea DOM-ului pentru a obține vizualizări dinamice de date. Deși HTML-ul poate fi stilizat, formele complexe și imaginile vectoriale sunt descrise în browser prin SVG [Fer01], un standard de grafică vectorială vazată pe XML. Deși ajută la crearea unor aplicații de vizualizare complexe, SVG-ul vine cu problemele sale, care sunt descrise mai pe larg în sub-subsecțiunea 3.4.2.2.

### 3.2.4 sql.js

După cum am descris în secțiunea 3.1.2, pilonii pe care am decis să construim Romagna (ușurința de utilizare și păstrarea locală a datelor) pun în dificultate folosirea unei arhitecturi client-server, deoarece vrem un proces de instalare și folosire cât mai simplu (nici un proces de instalare nu e mai simplu decât deschiderea unei pagini web), iar utilizatorii nu-și vor trimite datele unei părți terțe, din temeri proprii sau pentru că nu au acest drept, lucrând cu date confidențiale.

Astfel, compromisul este de a analiza SQL în browser, cu ajutorul sql.js [Zak14], care este defapt SQLite re-compilat în JavaScript cu ajutorul emscripten.

SQL.js poate rula într-un Web Worker [Hic12], echivalentul unui thread separat de execuție în JavaScript în browser. Astfel, operațiile de interogare asupra bazei de date nu au un impact direct asupra răspunsului interfeței.

#### 3.2.4.1 emscripten

Din abstractul articolului [Zak11]

“[...] prezentăm Emscripten, un compilator din limbaj de asamblare LLVM (Low Level Virtual Machine) în Javascript. Acesta deschide două căi de a rula cod scris în alte limbaje decât Javascript pe web: 1. Compilarea codului direct în limbaj de asamblare LLVM și apoi compilarea acestuia în JavaScript folosindu-vă de Emscripten, sau 2. compilarea întregului run-time al unui limbaj interpretat în LLVM și apoi în JavaScript.”

Impactul pe care acest compilator l-a avut este, cel puțin până acum, unul mai mult teoretic, majoritatea programelor fiind folosite cu rol demonstrativ. Aplicațiile compilate în JavaScript sunt, bineînțeles, mai lente decât variantele lor compilate direct în limbaj de asamblare. Totuși pentru o anumită categorie de programe, între care se află și Romagna, acest schimb de viteză pentru funcționalitățile oferite de librăria sau aplicația compilată este binevenit. Structurile de date folosite de Romagna nu sunt atât de mari încât pierderea performanței să fie critică.

### **3.3 Structură**

### **3.4 Dezvoltare**

#### **3.4.1 Proces**

#### **3.4.2 Probleme întâmpinate**

##### **3.4.2.1 MySQL versus sql.js**

##### **3.4.2.2 SVG și probleme în afișarea corectă a textului**

### **3.5 Viitor**

## Capitolul 4

### Concluzii

## Bibliografie

- [BOH11] M. Bostock, V. Ogievetsky, and J. Heer. D3; data-driven documents. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 17(12):2301–2309, Dec 2011.
- [CR04] Claudio Carpineto and Giovanni Romano. *Concept Data Analysis: Theory and Applications*. John Wiley & Sons, 2004.
- [Dev14a] ToscanaJ Developers. ToscanaJ homepage. <http://toscanaj.sourceforge.net/>, 2014. [Online; accesat la 15-Iunie-2014].
- [Dev14b] ToscanaJ Developers. ToscanaJ homepage. <http://toscanaj.sourceforge.net/toscanaj/index.html>, 2014. [Online; accesat la 15-Iunie-2014].
- [Fer01] Jon Ferraiolo. Scalable vector graphics (SVG) 1.0 specification. W3C recommendation, W3C, September 2001. <http://www.w3.org/TR/2001/REC-SVG-20010904>.
- [Gan14] Bernhard Ganter. Latex for fca. <http://www.math.tu-dresden.de/~ganter/fca/>, 2014. [Online; accesat la 15-Iunie-2014].
- [GW97] Bernhard Ganter and Rudolf Wille. *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, 1st edition, 1997.
- [Hic12] Ian Hickson. Web workers. Candidate recommendation, W3C, May 2012. <http://www.w3.org/TR/2012/CR-workers-20120501/>.
- [Pri07] Uta Priss. Formal concept analysis homepage. <http://www.upriss.org.uk/fca/fcasoftware.html>, 2007. [Online; accesat la 15-Iunie-2014].
- [tea09] GaloisExplorer team. Galoisexplorer: Project web hosting - open source software. <http://galoisexplorer.sourceforge.net/>, 2009. [Online; accesat la 15-Iunie-2014].
- [tea14] GaloisExplorer team. Galoisexplorer — free science & engineering software downloads at sourceforge.net. <http://sourceforge.net/projects/galoisexplorer/>, 2014. [Online; accesat la 15-Iunie-2014].
- [VW95] Frank Vogt and Rudolf Wille. Toscana — a graphical tool for analyzing and exploring data. In Roberto Tamassia and IoannisG. Tollis, editors, *Graph Drawing*, volume 894 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 226–233. Springer Berlin Heidelberg, 1995.
- [Wil82] Rudolf Wille. Restructuring lattice theory: an approach based on hierarchies of concepts. In Ivan Rival, editor, *Ordered Sets*, pages 445–470, Dordrecht/Boston, 1982. Reidel.
- [Yev14] Serhiy A. Yevtushenko. The concept explorer. <http://conexp.sourceforge.net/users/documentation.html>, 2014. [Online; accesat la 15-Iunie-2014].



- [Zak11] Alon Zakai. Emscripten: An llvm-to-javascript compiler. In *Proceedings of the ACM International Conference Companion on Object Oriented Programming Systems Languages and Applications Companion*, SPLASH '11, pages 301–312, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [Zak14] Alon Zakai. kripken/sql.js. <https://github.com/kripken/sql.js/>, 2014. [Online; accesat la 15-Iunie-2014].