

BAZE DE DATE MULTIMEDIA

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea Politehnica Timișoara
în domeniul INGINERIE ELECTRONICĂ
ȘI TELECOMUNICAȚII
de către

Andrei Marius Gabor

Conducător științific:	prof.univ.dr.ing. Radu Adrian Vasiu
Referenți științifici:	prof.univ.dr.ing. Mircea Petrescu
	prof.univ.dr.ing. Aurel Vlaicu
	prof.univ.dr.ing. Vladimir Crețu

Ziua susținerii tezei: 31.03.2014

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 9. Inginerie Mecanică |
| 2. Chimie | 10. Știința Calculatoarelor |
| 3. Energetică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 4. Ingineria Chimică | 12. Ingineria sistemelor |
| 5. Inginerie Civilă | 13. Inginerie energetică |
| 6. Inginerie Electrică | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor |
| 8. Inginerie Industrială | 16. Inginerie și Management |

Universitatea Politehnica Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2014

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnica Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Comunicații al Facultății de Electronică și Telecomunicații, al Universității Politehnica Timișoara. Lucrarea este dedicată unui domeniu major de interes cu un potențial de dezvoltare semnificativ: indexarea și regăsirea conținutului video. Importanța majoră a acestui domeniu derivă din faptul că valoarea unei informații depinde de ușurința cu care aceasta este accesată, filtrată și gestionată. Materialele video au devenit cele mai populare dintre datele multimedia, datorită volumului mare de informație transmisă. Multe instituții, cum ar fi școli, asociații, companii, difuzează materialele video prin intermediul diverselor dispozitive și tehnologii. Aceste instituții sunt descrise ca fiind organizații, care oferă programe de învățământ prin intermediul platformelor educaționale. Se impune astfel necesitatea de a organiza și accesa conținutul într-un mod eficient, pentru a sprijini utilizatorii din cadrul platformelor educaționale.

Prezenta lucrare cuprinde o serie de studii critice, cu privire la stadiul actual de dezvoltare al tehnologiilor legate de descrierea conținutului multimedia, a tehnologiilor și instrumentelor utilizate în cadrul platformelor educaționale precum și unele soluții în trend cu actualul proces de dezvoltare. Rezultatele s-au materializat prin propunerea unei model de date pentru adnotarea semantică a conținutului video în cadrul platformelor educaționale, bazat pe standardul MPEG-7 și ontologii specifice semantic Web. Implementarea acestuia în cadrul aplicațiilor de adnotare MPEG-7 a conținutului video, asigură o indexare eficientă a conținutului video, dar și regăsirea conținutului în urma interogărilor și gruparea eficientă a rezultatelor sub forma de colecții de date similare (cluster).

În încheiere doresc să aduc mulțumiri familiei, colegilor și conducătorului de doctorat, prof. dr. ing. Radu VasIU, a cărui calitate științifică și pedagogică a contribuit în mare măsură la realizarea acestei teze. Decizia finală de a alege această tematică precum și finalizarea acestei lucrări, a fost posibilă numai cu ajutorul, sfaturile și îndrumarea, de-a lungul perioadei de pregătire a tezei de doctorat, venite din partea prof. dr. ing. Radu VasIU, căruia îi exprim întreaga mea considerație.

Multe mulțumiri sunt adresate mamei, soției și fiului meu Andrei Dragoș, pentru suportul moral și dragostea oferită, fără de care finalizarea acestei teze nu ar fi fost posibilă.

Gabor, Andrei Marius

Baze de date multimedia

Teze de doctorat ale UPT, Seria 7, Nr. 72, Editura Politehnica, 2014, 136 pagini, 46 figuri, 5 tabele.

ISSN:1842-7014

ISBN:978-606-554-822-0

Cuvinte cheie:

MPEG-7, ontologii educaționale, regăsirea video, semantic web, obiecte educaționale, adnotarea semantică

Rezumat,

Teza de doctorat este dedicată unui domeniu major de interes, cu o dezvoltare semnificativă în zilele noastre, cel de descriere al conținutului multimedia și de regăsire a informației. Focalizarea înspre aceste tehnologii, în domeniul educațional, este dată tocmai de importanța materialelor video în procesul educațional, a informațiilor diversificate pe care acestea le transmit utilizatorului (consumatorului) de informații. Regăsirea datelor video în platformele educaționale, nu este doar o cale de reutilizare a conținutului, ci și o metodă nouă de organizare a procesului de predare. De multe ori se impune nevoia de a reutiliza datele video sau părți ale acestora, în contextul și în conținutul unor diverse cursuri. Gestionarea cu succes a unor cantități mari de date video, implica adnotarea conținutului și indexarea eficientă a acestuia, cu scopul de a fi utilizat sau reutilizat, în contextul și conținutul unor materiale educaționale.

Rezultatele obținute dintr-o serie de studii, cu privire la stadiul actual de dezvoltare și perspectiva, oferită de standardul MPEG-7, pentru a spijini în mod eficient procesul educațional, prin organizarea structurii acestuia, a stabilit direcția ulterioară de cercetare în cadrul activității mele doctorale. Acestea s-au concretizat prin propunerea unei ontologii specifice adnotării MPEG-7 a conținutului video, în cadrul platformelor educaționale și organizarea rezultatelor interogărilor, sub forma unor colecții de clipuri similare din punct de vedere semantic. Utilizarea adnotărilor MPEG-7 a conținutului video, constituie un mod eficient de creare a cursurilor și prezentărilor interactive în cadrul platformelor educaționale.

Tehnologiile abordate, contribuțiile teoretice și cele aplicative sunt menționate pe parcursul tezei mele de doctorat.

CUPRINS

CUPRINS	5
LISTĂ DE FIGURI	7
LISTĂ DE TABELE	8
LISTĂ DE NOTAȚII ȘI ACRONIME	9
1. Motivația	11
1.1 Considerații generale cu privire la tema aleasă	11
1.2 Articole publicate	12
1.3 Structura tezei de doctorat	13
2. Indexarea conținutului video în bazele de date multimedia	15
2.1 Introducere	15
2.2 Concepte generale pentru regăsirea bazată pe conținut	17
2.3 Necesitatea de modelare a conținutului video	20
2.4 Extragerea caracteristicilor vizuale și semantice	22
2.4.1 Caracteristici vizuale	23
2.4.2 Caracteristici semantice	23
2.4.3 Algoritmi de detecție și segmentare	25
2.5 Standarde de metadate multimedia	29
2.6 Concluzii și contribuții	37
3. Baze de date pentru conținutul video	38
3.1 Introducere	38
3.2 Limbaje de interogare a conținutului video	39
3.2.1 Premisele interogării conținutului video în MPEG-7	41
3.2.2 Interogarea fișierelor MPEG-7	41
3.3 Clasificarea bazelor de date XML	45
3.3.1 Baze de date native XML	46
3.3.2 Extensii ale bazelor de date XML	48
3.4 Concluzii și contribuții	50
4. Modelarea conținutului video	52
4.1 Introducere	52
4.2 Modelarea conținutului video bazată pe ontologii	52
4.3 Clasificarea ontologiilor	54
4.4 Limbajul RDF, RDFS și OWL	56

4.5 Metodologii și instrumente de proiectare a ontologiilor	62
4.6 Concluzii și contribuții	64
5. Propunere pentru un model de date educațional, bazat pe MPEG-7 și ontologii Semantic WEB	65
5.1 Concepte generale despre platformele educaționale	65
5.2 Ontologii pentru adnotarea conținutului video în platformele educaționale	70
5.3 Adnotarea semantică MPEG-7 a conținutului video bazat pe ontologii	78
5.4 Concluzii și contribuții	81
6. Scenarii de utilizare a modelului propus	83
6.1 Regăsirea și gruparea conținutului video bazat pe similitudine	83
6.2 Adnotarea video în platformele educaționale	90
6.3 Generarea prezentărilor SMIL și a cursurilor interactive Flash	94
6.4 Concluzii și contribuții	97
7. Concluzii și contribuții	99
7.1 Contribuții teoretice	100
7.2 Contribuții aplicative	101
7.3 Direcții de cercetare viitoare	102
BIBLIOGRAFIE	103
ANEXA	110

LISTĂ DE FIGURI

Figura 1. Arhitectura bazelor de date multimedia	16
Figura 2. Segmentarea conținutului video	18
Figura 3. Sistem de regăsire bazat pe conținut	19
Figura 4. Nivele de abstractizare a informației	22
Figure 5. Multijects [15]	24
Figura 6. Abstractizarea bazată pe obiecte	25
Figura 7. Algoritm de detecție bazat pe caracteristici	28
Figura 8. Scopul standardului MPEG-7	31
Figura 9. Standardizarea MPEG-7.....	32
Figura 10. Accesul universal multimedia MPEG-7	33
Figure 11. Fișier MPEG-7 (fragment)	34
Figura 12. Standardul MPEG-21	36
Figura 13. Arhitectura unui sistem de regăsire video MPEG-7	39
Figura 14. Formatul de interogare MPQF	42
Figurea 15. Organizarea semantică a conținutului MPEG-7 [52]	49
Figura 16. Schema propusă pentru baza de date MPEG-7.....	50
Figura 17. Adnotarea semantică	53
Figura 18. Definiția unei ontologii [59].....	55
Figura 19. Semantic WEB.....	56
Figura 20. Tripletul RDF	57
Figura 21. Clase și proprietăți RDF	58
Figura 22. Definierea proprietăților	60
Figura 23. Obiectul educațional (Learning Object)	66
Figura 24. Reprezentarea conținutului în mediul educațional	67
Figura 25. Ierarhia LOM	69
Figura 26. Ontologia conținutului video educațional.....	73
Figura 27. Structura vocabularului FOAF (fragment).....	75
Figura 28. Elemente introduse pentru sub-ontologia Course (fragment)	76
Figura 29. Descrierea unui concept [99]	77
Figura 30. Etapele de construcție a unei ontologii a domeniului.....	77
Figura 31. Descrierea conținutului semantic	79

Figura 32. Ontologia schemelor de descriere pentru conținutul video	80
Figura 33. Exploatarea similitudinilor	84
Figura 34. Matricea de disimilaritate pentru distanțele Euclidiană, City Block și Minkowsky	87
Figura 35. Corelarea medie între clustere.....	87
Figura 36. Gruparea variabilelor sub formă de cluster pentru cele trei tipuri de distanțe	88
Figura 37. Reprezentarea clusterelor în cazul distanțelor Euclidiană, City Block și Minkowsky	88
Figura 38. Dendograma asociată distanțelor.....	89
Figura 39. Proportia interogărilor	90
Figura 40. Evaluarea distanțelor în raport cu MAP	90
Figura 41. Interfața Polysema MPEG-7 Annotator.....	91
Figura 42. Utilizarea ontologiilor pentru adnotarea semantică MPEG-7	92
Figura 43. Document MPEG-7 rezultat în urma adnotării semantice.....	93
Figura 44. Interfața aplicației LimSee	95
Figura 45. Structura cursului video.....	96
Figura 46. Încărcarea datelor video în Flash	97

LISTĂ DE TABELE

Tabelul 1. Caracteristici pentru adnotarea conținutului.....	21
Tabelul 2. Baze de date relaționale vs. baze de date XML [46].....	47
Tabelul 3. Relația concept metadata.....	72
Tabelul 4. Relații și proprietăți pentru descrierea conținutului	80
Tabelul 5. Calculul similitudinii utilizând WS4J	86

LISTĂ DE NOTAȚII ȘI ACRONIME

MPEG	-	Moving Picture Experts Group
H264	-	MPEG-4 Part 10 or AVC (Advanced Video Coding)
MPEG-7	-	Multimedia Content Description Standard
MPEG-21	-	Multimedia Framework
MP7QF	-	MPEG-7 Query Format
SGBD	-	Sistem de gestiune al bazelor de date
JPEG	-	Joint Photographic Expert Group
ASCII	-	American Standard Code for Information Interchange
IR	-	Information Retrieval
CBIR	-	Content-based Image Retrieval
MP3	-	MPEG Layer 3
PNG	-	Portable Network Graphics
BMP	-	Bitmap
TIFF	-	Tagged Image File Format
SQL	-	Structured Query Language
VCEG	-	Video Coding Expert Group
AVC	-	Advanced Video Coding
RTP-IP	-	Real-time Transport Protocol IP
CAVLC	-	Context-adaptive variable-length coding
CABAC	-	Context-adaptive binary arithmetic coding
HD	-	High-Definition Video
HDTV	-	High Definition Television
BLU-RAY	-	Digital Optical Disc Data Storage
IPTV	-	Internet Protocol Television
DDL	-	Data Description Language
DS	-	Description Schema
DI	-	Digital Item
DIL	-	Digital Item Language
DIDL	-	Digital Item Declaration Language
TOC	-	Table of Contents
VO	-	Video Object
DBN	-	Dialog Broadband Networks
RDF	-	Resource Description Framework
RDFS	-	Resource Description Framework Schema
OWL	-	Web Ontology Language
XML	-	Extensible Markup Language
LMS	-	Learning Management System
LCMS	-	Learning Content Management System
LO	-	Learning Object
SCORM	-	Shareable Content Object Reference Model
LOM	-	Learning Object Metadata
XPATH	-	XML Path Language

XQUERY	-	XML Query
SQL/XML	-	XML- Related Specifications
SMIL	-	Synchronized Multimedia Integration Language
FLASH	-	Adobe Flash
GUI	-	Graphical User Interface
DVB	-	Digital Video Broadcasting
CD	-	Compact Disc
DVD	-	Digital Video Disc
DRM	-	Digital Rights Management
REL	-	Rights Expression Language
RDD	-	Rights Data Dictionary
W3C	-	The World Wide Web Consortium
NAL	-	Network Abstraction Layer
ASO	-	Arbitrary Slice Order
3GPP	-	3rd Generation Mobile System
DCT	-	Discrete Cosine Transform
IPMP	-	IP Network Multipathing
DBN	-	Dynamic Bayesian Network
BC	-	Baze de cunoștințe
UML	-	Unified Modeling Language
IA	-	Inteligență Artificială
URI	-	Uniform Resource Identifier
DAML	-	DARPA Agent Markup Language
OIL	-	Ontology Implementation Language
RLO	-	Reusable Learning Object
RIO	-	Reusable Information Object
SCO	-	Sharable Content Object
PIF	-	Package Interchange File
LMS	-	Learning Management System

1. Motivația

1. Motivația.....	11
1.1 Considerații generale cu privire la tema aleasă.....	11
1.2 Articole publicate.....	12
1.3 Structura tezei de doctorat.....	13

În capitolul introductiv intitulat „Motivația”, am realizat o prezentare a principalelor considerente cu privire la tema de cercetare aleasă. Am argumentat actualitatea temei, prin importanța datelor video în contextul actual al dezvoltării societății, am descris premisele inițiale de cercetare, urmată de lista lucrărilor științifice publicate pe parcursul activității mele de cercetare, iar la final am prezentat structura pe capitole a tezei.

1.1 Considerații generale cu privire la tema aleasă

Ultimele 2 decenii au dus la un progres substanțial în tehnologia multimedia dar și în tehnologiile de stocare a acestora. Revoluția informațională continuă să crească prin generarea și difuzarea de conținut multimedia digital. Totuși, această rată de creștere nu a fost însoțită de apariția unor tehnologii, care să poată procesa în mod corespunzător conținutul multimedia. Din punctul de vedere al utilizatorului, aceste sisteme trebuie să efectueze analize la același nivel de complexitate ca și oamenii. Datele video sunt cele mai dificil de manipulat, deoarece combină toate celelalte informații multimedia într-un singur flux. Un flux video are un format nestructurat, deci accesul eficient la acesta nu este o sarcină ușoară. Căutarea și regăsirea datelor video, nu sunt operațiuni ușoare, deoarece datele video au nevoie de o etapă de preprocesare.

Având în vedere impactul documentelor video în procesul educațional, prin cursuri video, prezentări interactive care conțin documente video, tutoriale, am considerat necesar să acord mai multă atenție aspectelor specifice, reprezentării și analizei conținutului video, într-un mod mai cuprinzător. Acest lucru am dorit să-l realizez în contextul acestei teze de doctorat, prin modelarea și reprezentarea conținutului video.

Un alt factor important în procesul de indexare și regăsire al conținutului video îl reprezintă modul diferit de interpretare a informației de către diferite persoane. Există riscul ca doi autori care adnotează un document video să exprime același subiect în două moduri diferite. Această problemă este rezolvată de către ontologie, care specifică modul în care conceptele semantice identice să fie exprimate prin anumite cuvinte cheie. De asemenea, reprezentarea unui document video diferă în funcție de domeniul de aplicabilitate, prin urmare o expresie care definește conținutul semantic nu este utilă pentru toate domeniile care utilizează documentul video. Problematika de reprezentare a conținutului video, a semanticii acestuia, constau în principal în indexare și în interogarea efectuată de utilizator.

Reprezentarea datelor este importantă, deoarece aceasta va determina reutilizarea și accesul la informația video. Vor fi generate astfel informații care vor servi pentru accesul, navigarea și identificarea punctelor de interes din cadrul documentului. Există două abordări generale [1] de reprezentare a documentelor video:

- Codarea și stocarea - compresia datelor video au rolul de a reprezenta în mod codat și compact informația, care este destul de dificil de manipulat. Ca exemplu sunt standardele de compresie MPEG-2, MPEG-4, H264.
- Indexarea și regăsirea - se bazează pe o reprezentare a conținutului video, cu scopul de a facilita schimbul de informații între document și utilizator prin interogările exprimate. În acest context amintesc standardele MPEG-7, MPEG-21.

Este destul de dificil să faci o analiză video bazată pe caracteristicile de nivel jos ca să ajungi la cele de nivel semantic. Bazat pe această idee și având în vedere că pentru un utilizator regăsirea informației în mod eficient contează cel mai mult, am căutat să dezvolt un model de reprezentare a conținutului video bazat pe ontologie, specifică domeniului educațional, adică o modelare a datelor video bazată pe semantică. Modelul propus, reproduce conținutul video prin exploatarea conținutului, contextului și a structurii materialelor educaționale. Această propunere va facilita indexarea și regăsirea conținutului video în context semantic. Pentru interogarea datelor video, am optat pentru formatul de interogare MP7QF, specific standardului MPEG-7 datorate în special facilităților oferite în procesul de interogare, toate acestea fiind descrise în lucrare. Rezultatele interogărilor pot fi grupate sub forma de colecții, care cuprind clipuri relevante în raport cu interogarea noastră. Principalele obiective pe care am încercat să le soluționez în această lucrare sunt:

- Propunerea și implementarea unui model educațional de reprezentare a conținutului video bazat pe MPEG-7 și ontologii Semantic Web; acest model trebuie să fie capabil de a descrie informația video la nivel de reprezentare al conținutului pe baza semanticii.
- Propunerea unei metode de grupare a informației video (clipuri video) în funcție de relevanța subiectului interogat, bazat pe similitudinea semantică sub forma de colecții (cluster ierarhic).
- Descrierea modalităților de utilizare a rezultatelor obținute în urma adnotărilor textuale bazate pe MPEG-7, pentru a genera prezentări SMIL și cursuri interactive Flash.

1.2 Articole publicate

Activitatea mea de cercetare în cadrul studiilor doctorale s-a materializat printr-o serie de lucrări științifice publicate:

Gabor Andrei Marius, Radu Vasiiu, "The MPEG-7 query of the e-learning content", DrETC, Timișoara, 22-23.09.2011, Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara, fascicula 2-2011, ISSN 1583-3380, pag 47-50.

Gabor Andrei Marius, „Multimedia Database”, Workshop-ul nr.1 INTERDISCIPLINARITATEA ȘI MANAGEMENTUL CERCETĂRII, Universitatea „Politehnica” din Timișoara, 24-25 noiembrie 2011.

Gabor Andrei Marius, „Modelling Video Data in E-learning Platforms”, Workshop-ul nr.2 INTERDISCIPLINARITATEA ȘI MANAGEMENTUL CERCETĂRII, Universitatea din Oradea, 7-8 Iunie 2012.

Gabor Andrei Marius, Radu Vasiiu, „Inderdisciplinarity in e-Learning Platforms Based on Textual Annotation”, 18th International Conference, ICIST 2012, Kaunas, Lituania, Information and Software Technologies, Lithuania, September 13-14, 2012, Proc. Springer-Verlag CCIS, Communication in Computer and Information Science, Information and Software Technologies, ISSN 1865-0929, ISBN: 978-3-642-33307-1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, Germany, vol. 319, pag. 362-372.

Gabor Andrei Marius, Loghin Gaga, „Retrieval the Video Data in e-Learning Platforms”, 4th International Symposium Research and Education in Innovation Era, Arad Romania, 2012, Noiembrie 8-9 2012, Proc. International Symposium Research and Education in Innovation Era, ISSN 2065 2569, pag. 43-50.

Gabor Andrei Marius, Radu Vasiiu, „Video Data Modelling Based on the MPEG-7 Standard in e-Learning Cloud Computing”, 3 th World Conference on Innovation and Computer Sciences INSODE 2013, Turcia, Antalya, 26-28 Aprilie 2013, AWERProcedia Information Technology and Computer Science, Journal, ISSN: 2147-5105, Online: 2147-5369 Volume 3, 01-1876, 2013, pag 174-185.

Gabor Andrei Marius, „Annotation of Video Content in e-Learning Cloud Computing”, Workshop-ul nr.3, INTERDISCIPLINARITATEA ȘI MANAGEMENTUL CERCETĂRII, Universitatea din Pitesti, 30-31 mai 2013.

Gabor Andrei Marius, Radu Vasiiu, „SMIL Presentation- Use of Video Data in e-Learning Platforms”, International Conference on Education and New Learning Technologies, EDULEARN13, 01-03.07.2013, Proc. 5th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona, Spain, ISBN: 978-84-616-3822-2, pag 340-347.

Gabor Andrei Marius, Radu Vasiiu, Gaga Loghin, "Video Data Use in Interactive e-Learning Courses. A Modern Method of Learning Organizing Process", 6th International Conference of Education, Research and Innovation ICERI2013, Seville, Spania, 18 - 20 Noiembrie 2013.

Gabor Andrei Marius, Radu Vasiiu, „Integration Solutions for Video Data in Educational Platforms”, International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), online, ISSN: 1863-0383, iunie 2014.

1.3 Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat am structurat-o sub forma a șapte capitole, la care se adaugă bibliografia utilizată.

Capitolul 1 reprezintă capitolul introductiv al tezei, în care am realizat o prezentare a principalelor considerente referitoare la tema de cercetare aleasă. Am argumentat actualitatea temei prin importanța datelor video în contextul actual al dezvoltării societății, am descris premisele inițiale de cercetare, urmată de lista lucrărilor științifice publicate pe parcursul activității mele de cercetare, iar la final am

Capitolul 2 prezintă concepte generale legate de indexarea conținutului video în bazele de date multimedia, primate prin prisma celor două abordări generale legate de extragerea și căutarea informațiilor. O primă abordare face referire la

extragerea și căutarea informației bazată pe caracteristicile de nivel jos, care includ culoarea, textura, forma, iar a doua abordare este legată de adnotarea semantică a conținutului. Extragerea caracteristicilor se poate realiza într-un mod mai eficient dacă conținutul video se împarte în segmente sau scene, pe baza unor algoritmi specifici de detecție și segmentare. Am făcut o introducere legată de framework-ul de interogare MPQF specific standardului MPEG-7, cerințele necesare pentru interogarea multimedia, precum și sarcinile principale în procesul de regăsire a datelor multimedia. În partea finală a capitolului am descris standardele de metadata multimedia MPEG-7 și MPEG-21.

Capitolul 3 are ca scop prezentarea modelelor existente de stocare și interogare a conținutului video. Este important ca în căutarea și regăsirea datelor video să fie utilizat un sistem de management capabil să stocheze și să regăsească descrierile făcute de standardul MPEG-7. Acest lucru se realizează prin utilizarea bazelor de date XML. Capitolul este structurat astfel: în prima parte sunt descrise noțiuni generale privind bazele de date pentru conținut video, urmată de o analiză a limbajelor de interogare bazată pe XML, iar în partea finală a capitolului sunt clasificate bazele de date XML.

Capitolul 4 prezintă concepte generale legate de modelarea conținutului video bazat pe ontologii. Am descris limbajele RDF, RDF(S) și OWL, clasificarea ontologiilor, iar în partea finală am prezentat metodologiile și instrumentele necesare pentru proiectarea ontologiilor, urmând ca o ontologie specifică domeniului educațional pentru documentele video să fie detaliată în capitolul următor.

Capitolul 5 are ca obiectiv propunerea și realizarea unui model de date educațional bazat pe MPEG-7 și ontologii semantice WEB, care are ca scop adnotarea conținutului video. În prima parte am prezentat noțiuni generale legate de platformele educaționale, am descris obiectul educațional precum și standardele de metadata specifice materialelor educaționale, precum SCORM și LOM. În ultima parte, pe baza metodologiei de proiectare a ontologiilor stabilită în capitolul anterior, am realizat un model de bază al unei ontologii, care să fie util în adnotarea conținutului video pe baza standardului MPEG-7.

Capitolul 6 are ca scop implementarea practică a rezultatelor studiilor din capitolele anterioare, prin descrierea unor scenarii de implementare a modelului de date propus, pentru adnotarea datelor video în platformele educaționale. De multe ori se impune folosirea sau re folosirea unor părți de conținut video, în contextul și conținutul unor cursuri noi. Gestionarea acestor părți de conținut implică o adnotare și organizare eficientă a conținutului. Astfel am propus o soluție de grupare a datelor video, bazată pe cluster ierarhic, cu scopul de a obține colecții de date similare a rezultatelor interogărilor. Rezultatele adnotării semantice a conținutului video bazat pe standardul MPEG-7 pot fi utilizate ca punct de plecare în realizarea de cursuri și prezentări interactive.

Capitolul 7 conține principalele concluzii și rezultate teoretice și aplicative, prezentate și obținute pe parcursul cercetărilor mele și descrise în această lucrare, precum și direcții posibile de cercetare prevăzute în viitor.

2. Indexarea conținutului video în bazele de date multimedia

2. Indexarea conținutului video în bazele de date multimedia	15
2.1 Introducere	15
2.2 Concepte generale pentru regăsirea bazată pe conținut.....	17
2.3 Necesitatea de modelare a conținutului video.....	20
2.4 Extragerea caracteristicilor vizuale și semantice	22
2.4.1 Caracteristici vizuale	23
2.4.2 Caracteristici semantice	23
2.4.3 Algoritmi de detecție și segmentare	25
2.5 Standarde de metadate multimedia	29
2.6 Concluzii și contribuții	37

Acest capitol cuprinde noțiuni generice legate de bazele de date multimedia, privite prin prisma celor două abordări generale, legate de extragerea și căutarea informațiilor. O primă abordare face referire la extragerea și căutarea informației bazată pe caracteristicile de nivel jos, care includ culoarea, textura, forma, iar a doua abordare este legată de adnotarea semantică a conținutului.

Extragerea caracteristicilor se poate realiza într-un mod mai eficient dacă conținutul video se împarte în segmente sau scene, pe baza unor algoritmi specifici de detecție și segmentare. În partea finală a capitolului am descris standardele de metadate multimedia.

2.1 Introducere

Indexarea video este o componentă necesară pentru a facilita în mod eficient regăsirea bazată pe conținut, dar și navigarea spre informațiile vizuale stocate în bazele de date multimedia. Prin bază de date se înțelege o colecție de date organizate în scopul prelucrării, căutării și regăsirii acestora. Prin multimedia se înțelege integrarea informațiilor prin text, grafică, sunete, animație și secvențe video, într-o concepție unitară, care formează un document și care ajunge la utilizator prin intermediul diferitelor mijloace electronice.

O uniune a disciplinelor de regăsire a informației și de management al bazelor de date multimedia, reprezintă o bază de date multimedia (multimedia data base). Un astfel de sistem suportă tipuri de date multimedia cum ar fi: text, imagini statice alb-negru sau color, obiecte grafice, video și audio.

Tendința, în prezent, este de a comprima informațiile astfel încât să se reducă dimensiunea zonei tampon în timpul operațiilor de intrare/ieșire a datelor. O

modalitate de a elimina această problemă este de a folosi standardele de compresie JPEG și MPEG pentru a facilita stocarea și regăsirea datelor.

Există două abordări generale pentru căutarea informațiilor în bazele de date multimedia:

- Folosind informația introdusă manual cu ajutorul caracterelor alfa-numerice (titluri, cuvinte cheie, semantică).
- Folosind extragerea automată a caracteristicilor care permit recunoașterea obiectelor din conținutul multimedia, adică folosind capacități CBR (Content Based Retrieval).

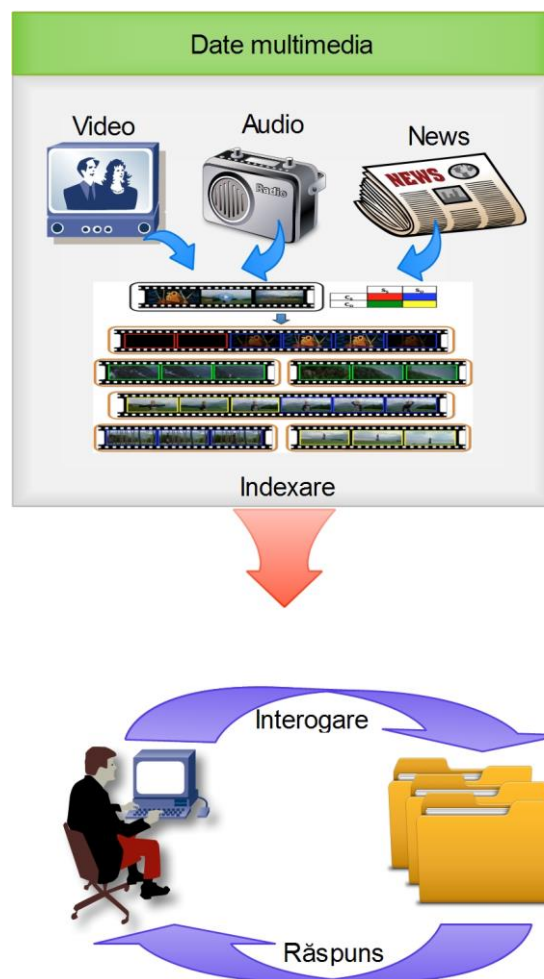


Figura 1. Arhitectura bazelor de date multimedia

Informațiile multimedia se caracterizează prin mai multe tipuri de date: text, audio, imagini, obiecte grafice. Acestea sunt descrise astfel:

Date tip text: textul poate fi salvat, în bazele de date multimedia, sub diverse forme: fișierele ASCII, foile de calcul tabelar, notații cu referire la obiectele multimedia.

Date tip imagine: Imaginile reprezintă o succesiune de pixeli care prezintă o regiune pe display-ul utilizatorului. Caracteristicile imaginilor diferă ca rezoluție, complexitate, mod de compresie folosit pentru stocarea datelor. Cele mai populare formate de compresie sunt jpeg, png, bmp, tiff.

Date audio: Un tip de date din ce în ce mai folosit în aplicații îl reprezintă datele audio. Un minut de sunet poate să ocupe 2-3 MB spațiu pentru stocare.

Date video: Un tip de date multimedia care consumă spațiu mare pentru stocare este cel video. Datele video sunt reprezentate printr-o succesiune de cadre, depinzând de rezoluție și mărime. Astfel, un cadru poate să ocupe mai mult de 1 MB spațiu de stocare. De asemenea, pentru a putea reda cât mai realist secvențele video, trebuie ca transmisia, compresia și decompresia să necesite un transfer continuu.

Obiecte grafice: Constau în structuri de date speciale care definesc obiectele multimedia 2D și 3D în diferite formate de imagini și video.

Ar trebui ca datele multimedia să fie tratate în același mod ca și datele de bază (numere și caractere) [1]. Acest lucru nu este posibil, în majoritatea cazurilor, datorită următoarelor motive:

- Conținutul de informație multimedia este adesea capturat cu tehnici diferite (procesarea imaginilor). Metodele multimedia de procesare conțin diferite căi pentru obținerea capturilor în mod automat sau manual.
- Datele multimedia sunt date de dimensiuni mari și afectează stocarea, depozitarea, regăsirea și transmisia datelor.
- În cazul bazelor de date multimedia, care conțin date video sau audio, timpul pentru regăsirea informației poate să fie critic (exemplu IPTV, Video-on-demand).

Posibilitatea automată de extracție și indexare a datelor. Există o diferență mare între bazele de date convenționale și cele care conțin date multimedia, în special pe partea de prelucrare de imagini pentru extragerea caracteristicilor de conținut al obiectelor multimedia. Pe măsură ce dimensiunile informației sunt tot mai mari, vom avea nevoie de structuri speciale pentru stocarea și indexarea datelor [2].

2.2 Concepte generale pentru regăsirea bazată pe conținut

Luăm în considerare următorul scenariu, în care o persoană este interesată să găsească imagini legate de un anumit subiect de interes. Pentru acest scop, pe baza interogărilor, tehnicile actuale sunt capabile să identifice conținutul din resursa multimedia și să poată compara cu alte imagini, pe baza similitudinii.

Regăsirea conținutului în cadrul interogărilor textuale, în cele mai multe cazuri, se bazează pe cuvintele cheie, dar poate fi și pe text liber. Astfel, pentru fiecare imagine sunt asociate cuvinte cheie sau descrieri textuale. Dezavantajul acestei metode este că acel conținut trebuie adnotat manual pentru fiecare resursă multimedia. Descrierea conținutului se realizează prin extragerea caracteristicilor de nivel jos dar și înalt. Caracteristicile specifică proprietățile imaginilor, legate de culoare, formă, textură. Caracteristicile de nivel înalt, la rândul lor, se clasifică în

două categorii în funcție de nivelul de abstractizare. Prima categorie identifică regiuni specifice de interes care reprezintă persoane, obiecte, lucruri, iar a doua categorie specifică semantica prin descrierea unor concepte și relații.

Instrumentele specifice precum și abordările legate de sistemele de regăsire bazate pe conținut, se axează pe extragerea caracteristicilor de nivel jos, urmată de adnotarea conținutului [3]. Există posibilitatea ca între conținutul vizual și cel semantic să existe anumite diferențe, astfel încât informația extrasă folosind algoritmi vizuali să nu corespundă cu cea semantică, pentru aceleași date în același context. Această diferență poartă denumirea de decalaj semantic. Cercetătorii au abordat mult, în ultimii ani, aceste aspecte ale decalajului semantic și efectele sale [4].

În general, un sistem de regăsire al datelor bazat pe conținut, utilizează diferiți algoritmi, pentru extragerea caracteristicilor de nivel jos dar și pentru caracteristicile de nivel înalt. Caracteristicile vectorilor rezultați în urma procesului de extragere al caracteristicilor sunt stocați în baze de date, pentru a asigura un proces eficient de indexare, în vederea regăsirii conținutului bazat pe similitudine. Interacțiunea cu utilizatorul poate include căutări bazate pe exemple (QBE), pe descrieri (QBD) sau cuvinte cheie.

Crearea unei indexări eficiente presupune a avea un set reprezentativ de cadre cheie precum și sumarizarea conținutului. Acest lucru se realizează prin segmentarea conținutului video în scene, clipuri și cadre. Algoritmul de segmentare este proiectat astfel încât să detecteze tranzițiile bruște sau pe cele graduale. După segmentare, următorul pas este acela de a selecta cadrele cele mai reprezentative, numite cadre cheie pentru a reduce redundanța conținutului video.

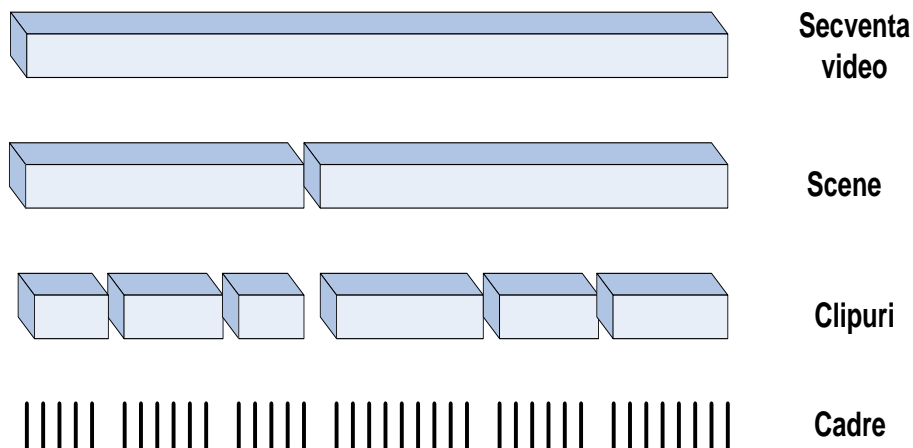


Figura 2. Segmentarea conținutului video

Deoarece fiecare cadru este o imagine, extragerea caracteristicilor se bazează pe tehnicile existente în acest domeniu. Extragerea caracteristicilor de nivel jos se poate realiza în mod automat, iar pentru caracteristicile de nivel înalt este necesară adnotarea manuală, care uneori poate fi subiectivă și incompletă.

Un sistem de regăsire bazat pe conținut este prezentat în figura 3.

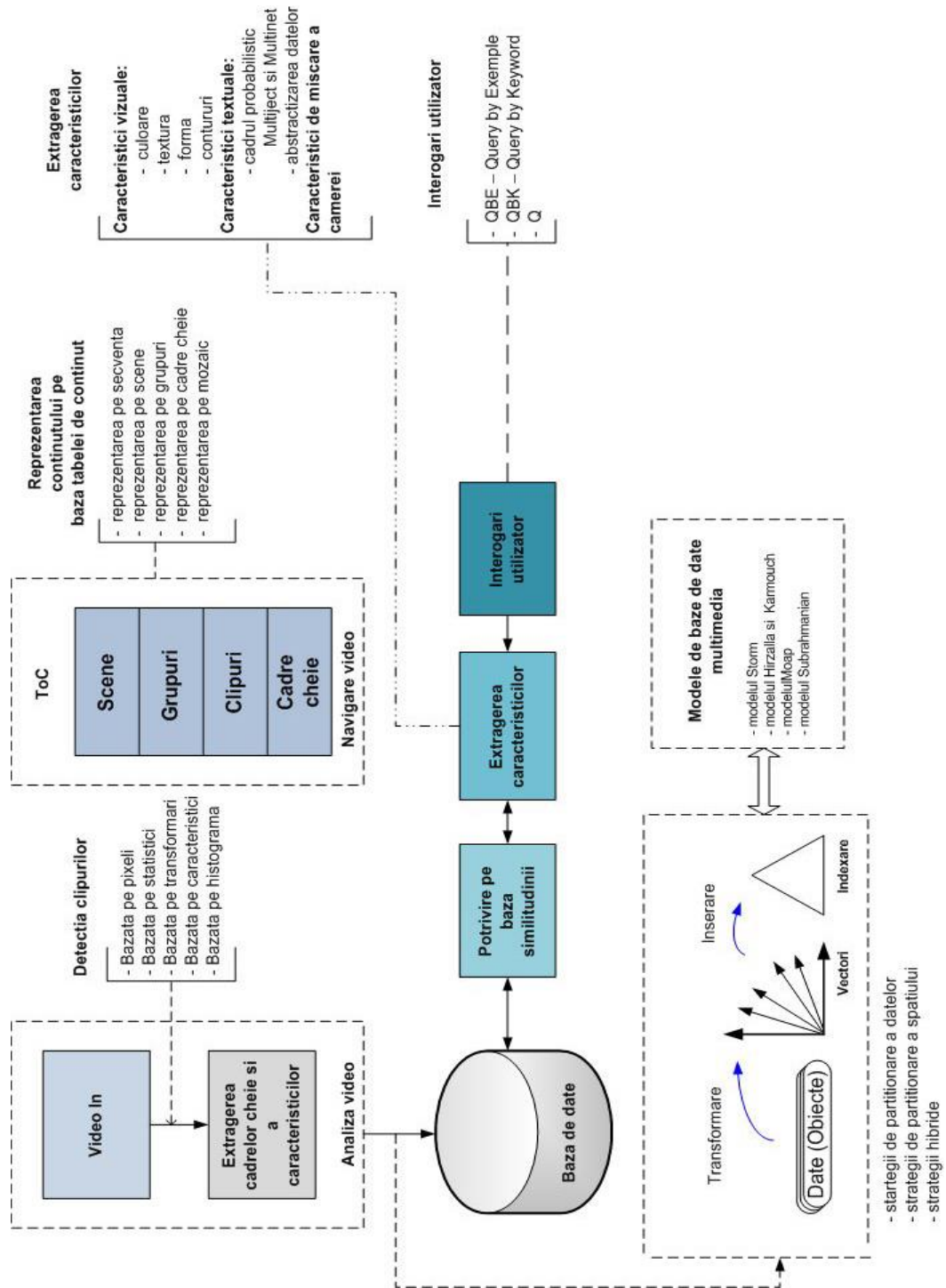


Figura 3. Sistem de regăsire bazat pe conținut

Sistemele actuale de regăsire a conținutului pot fi clasificate astfel: cele care efectuează o analiză a caracteristicilor de nivel jos și cele care extrag semantica din secvențele video. Un sistem eficient de regăsire a datelor video, trebuie să fie capabil să se ocupe și de semantica interogării, iar dincolo de extragerea caracteristicilor de nivel jos trebuie să vizeze și următoarele obiective:

- Să detecteze caracteristicile de nivel superior, cum ar fi dialogurile și scenele.
- Să poată clasifica conținutul în genuri și teme.
- Clasificarea domeniului care depinde de analiza secvenței video și se face manual pe baza unor reguli.
- Clasificarea domeniului să se facă automat prin detecția conceptelor semantice din conținutul video.

În concluzie, sistemele de regăsire a conținutului bazat pe conținut se concentrează pe procesarea datelor brute prin utilizarea unor algoritmi de extracție, procesul de regăsire fiind realizat prin utilizarea structurilor de indexare și efectuarea unor operații de similitudine. În contrast, în bazele de date multimedia, cercetările sunt concentrate pe dezvoltarea de modele eficiente pentru reprezentarea datelor multimedia. Aici modelele de date nu sunt restricționate de conținut ca în cazul CBR (Content Based Retrieval), au un limbaj de interogare optimizat pentru regăsirea datelor multimedia.

2.3 Necesitatea de modelare a conținutului video

Indexarea și adnotarea unei cantități mari de date multimedia care se face în mod manual este costisitoare și consumatoare de timp. Acest lucru înseamnă vizualizarea mai multor ore de material filmat, pentru a determina secvențele, iar pentru fiecare secvență să se facă adnotări textuale. Bineînțeles că vor rămâne cantități mari de date neindexate, deci informația se va pierde. Abordarea predominantă pentru indexarea video este de a crea un film abstract, acesta fiind o secvență de film extrasă din cel original mult mai scurtă, dar care să păstreze esența originalului.

Dificultatea în compunerea unui film abstract este modul în care determinăm cadrele și cum alegem cadrul cel mai bun. Un set de cadre cheie care rezumă conținutul, folosit împreună cu adnotările textuale, sporește procesul de navigare. O abordare comună în această problemă este de a segmenta temporal secvența în clipuri și de a selecta un singur cadru cheie reprezentativ pentru fiecare clip. Un flux video are un format nestructurat, deci accesul eficient la acesta nu este o sarcină ușoară.

Accesul este mult mai ușor dacă se concepe un cuprins (ToC - Table of Content) care conține structura semantică a conținutului. Prin urmare, modelarea conținutului video bazat pe semantică necesită vocabulare extensibile și flexibile, pentru a permite exprimarea diverselor subiecte multiperspectivă ale conținutului video. Este necesară, astfel, reprezentarea conținutului la nivel static dar și dinamic. Pentru o modelare eficientă a conținutului video la nivel semantic, necesitatea folosirii ontologiilor este utilă și are ca scop înlocuirea fluxului video cu modelul semantic. În lucrarea [5] sunt identificate mai multe aspecte legate de reprezentarea și adnotarea conținutului video bazat pe semantică:

- **Evenimente** care împart fluxul video în segmente mai scurte, implică obiecte specifice și servesc la reprezentarea

comportamentelor obiectelor, bazate pe o adnotarea semantică a acestora.

- **Relații temporale între evenimente**, permit modelului semantic să exprime dinamismul din conținutul video și permit filtrarea conținutului non-static.
- **Obiecte și proprietăți ale obiectelor**, termen care se referă la obiectele vizibile sau ascunse descrise într-un cadru video, la orice nivel. Proprietățile obiectelor pot servi la descrierea obiectelor și prezintă informații adiționale despre obiect.
- **Relații spațiale** între obiecte, permit filtrarea privind locația relativă a obiectelor, mai degrabă decât locația absolută care reprezintă coordonatele.

Bazat pe cele descrise mai sus, pentru o gestionare mai ușoară a conținutului video, putem să grupăm aceste date, pe nivele de reprezentare, sub forma unor colecții de date video similare. Astfel, primul nivel este nivelul de cluster, iar în cadrul clusterelor care cuprind unitățile video similare sunt definite nivelurile de subcluster. Această reprezentare a datelor video sub forma unui model multinivel, cuprinde nivelul scenelor, al clipurilor și al obiectelor. Caracteristicile vizuale dar și cele semantice vor fi extrase în vederea indexării conținutului și sunt descrise în tabelul 1.

Caracteristici	Scene	Clipuri	Obiecte video
	Format, mărime, rezoluție	Format, mărime, rezoluție	Format, mărime, rezoluție
Caracteristici vizuale	Culoare, textura, mișcarea camerei, formă	Culoare, textura, formă	Culoare, textura, formă
Caracteristici semantice	Adnotare, relații între concepte	Adnotare, relații între concepte	Adnotare, relații între concepte

Tabelul 1. Caracteristici pentru adnotarea conținutului

În procesul de navigare și regăsire a conținutului, abordările cele mai uzuale sunt prin reprezentarea conținutului video bazat pe:

- **Cadre cheie**, unde procesul de indexare video este de a selecta cadrele cheie pentru a genera un rezumat video.
- **Grupuri**, au conținut similar și fac parte din aceeași scenă.
- **Clipuri**, unde cuprinsul video (ToC) construit pe baza scenelor este de un mare folos în navigare și regăsire.

Datele video pot fi privite ca o ierarhie, unde la nivel de jos sunt cadrele. O colecție de cadre care se concentrează pe un obiect reprezintă un clip. Clipurile care prezintă caracteristici de similitudine și sunt plasate într-o singură locație formează grupurile. Există abordări prin care întregul clip video este împărțit în mai multe segmente video, fiecare segment este în continuare împărțit în subsegmente pentru o reprezentare arborescentă a structurii video. Astfel Cheong [6] a propus o ierarhie video bazată pe o astfel de structurare.

Pentru a asigura utilizatorului un acces mai bun la resursele video, este necesară o reprezentare la nivel semantic pe baza scenelor. Este posibil ca un film să conțină mii de clipuri sau cadre cheie. Este mult mai util ca utilizatorul să navigheze cu ajutorul semanticii decât să urmărească clipurile sau cadrele cheie. În

timp ce clipul este un bloc din fluxul video, scena transmite sensul semantic pentru utilizator. Cuprinsul video construit pe baza scenelor este un lucru foarte important pentru navigarea și regăsirea conținutului. Legat de acest aspect, un framework pentru a realiza o navigare și sumarizarea a conținutului video, a fost descris de către Swangberg, Shu și Jain [7] și realizat cu succes în mai multe tipuri de aplicații inclusiv știri. Neajunsul este că trebuie, în prealabil, făcut un model, iar procesul de modelare este consumator de timp și necesită cunoștințe în domeniu.

2.4 Extragerea caracteristicilor vizuale și semantice

Conținutul poate fi modelat ca o ierarhie abstractă, unde la nivelul de jos sunt pixelii și informațiile neprocesate, exemplu ar fi culoarea, strălucirea. Nivelul intermediar este format din obiecte și atributele acestora, iar la nivel înalt sunt implicate interpretările obiectelor și conceptelor umane.

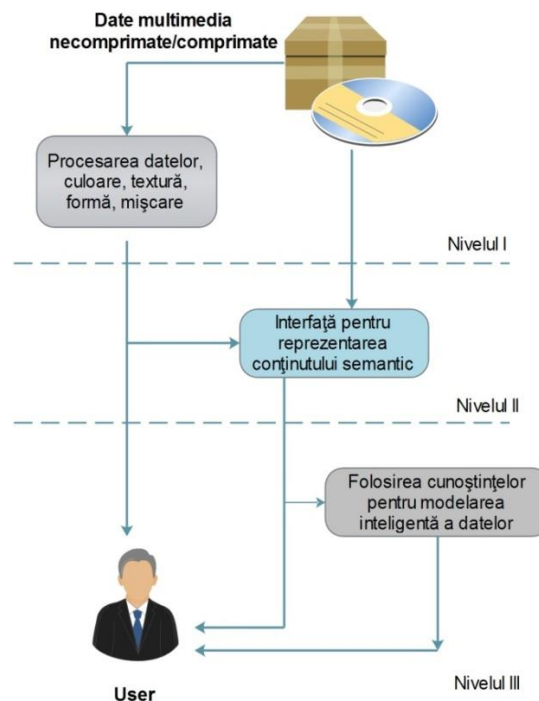


Figura 4. Nivele de abstractizare a informației

Bazată pe această ierarhie, caracteristicile extrase din cadrele cheie și folosite pentru regăsirea bazată pe conținut pot fi clasificate în:

Caracteristici vizuale:

- Culoare
- Textura
- Formă
- Contururi
- Mișcarea camerei

Caracteristici semantice

- Cadrul probabilistic
- Abstractizarea datelor

Studiile în percepția vizuală umană au arătat că există un grad sofisticat variind de la forme, texturi, culoare până la noțiuni referitoare la recunoașterea sentimentelor și emoțiilor [8].

Nivelul I este cel al datelor brute și folosește caracteristicile de culoare, formă, textură și cele de mișcare și traiectorie. Nivelul II constă în caracteristici derivate sau logice, care implică un anumit grad de logică despre identitatea obiectelor multimedia. Nivelul III lucrează cu abstractizarea datelor, ce implica o cantitate semnificativă de raționament de nivel înalt, cu privire la sensul și scopul obiectelor (inclusiv interogări care reprezintă fericirea, durerea sau suferința umană).

2.4.1 Caracteristici vizuale

Extragerea caracteristicilor vizuale poate fi privită ca o extensie a tehnicilor de prelucrare a imaginilor. Aceste caracteristici sunt extrase din cadrele cheie, iar cele mai importante caracteristici sunt:

- Culoarea, fiind una dintre cele mai utilizate caracteristici de nivel jos, mai precis prin histogramă. Pentru regăsire, se compară histograma imaginii cu cele stocate. Se utilizează histograme calculate pentru fiecare culoare sau histograma culorii dominante.
- Textura este utilizată pentru regăsirea similitudinii între imagini, precum și diferențe între zone ale imaginilor. Caracteristicile de textură se obțin folosind matricea de coocurență, frecvență spațială, filtrele Gabor și Wavelet.
- Forma, regăsirea și recunoașterea obiectelor bazate pe formă reprezintă o cerință necesară în majoritatea aplicațiilor, reprezentarea formei se face pe baza unor parametrii, cum ar fi circularitatea și excentricitatea, urmată de o analiză a acestora.

2.4.2 Caracteristici semantice

Dezvoltarea tehnicilor pentru analiza conținutului de nivel superior, trebuie să rezolve decalajul semantic astfel încât:

- Să demonstreze că o mai mare similitudine este produsă de caracteristicile semantice relevante, comparativ cu caracteristicile obținute din conținutul de nivel jos (culoare, textură, formă)
- Performanțele de căutare și regăsire să fie mai bune în comparație cu cele bazate pe caracteristicile de nivel jos.

În acest sens, au fost propuse mai multe modele specifice, care să permită extragerea caracteristicilor semantice într-un mod cât mai facil. Ferman, Tekalp [9][9] și Naphade [10] au propus un cadru pentru a construi descriptori necesari pentru a descrie amplasarea obiectelor și a evenimentelor. Zhang et al [11] au propus un model apriori, care se bazează pe cunoașterea unui domeniu, iar Shannon et al [12] a propus un model specific bazat pe vocabulare de acțiuni. Rasheed [13] a clasificat secvențele video în patru categorii (comedie, drama, acțiune, horror), inspirate din principiile cinematografului, care împreună cu anumite

caracteristici sunt combinate într-un cadru, pentru a furniza o hartă pentru o clasă semantică, grupate pe categorii. Naphade [10] folosește HMM (Hidden Markov Model) pentru a detecta evenimentele din secvența video, iar Chang et al [14] propune o metodă prin care permite utilizatorului să definească semantică.

Pentru indexarea semantică a secvențelor video, sunt necesare modele care să reprezinte caracteristicile semantice. În funcție de natura conceptului semantic se poate alege modelul și algoritmul optim. Conceptele semantice fac referire la obiecte, locații și evenimente.

Exemplele de obiecte includ fețe, animale, mașini, clădiri, persoane etc. Locațiile reprezintă concepte statice cum ar fi: muntele, marea, natura. Evenimentele sunt exploziile, împușcăturile, dansul, zborul unui elicopter, în general evenimente care se derulează în timp. Orice parte a unei secvențe video poate fi explicată ca fiind un obiect sau eveniment, care are loc într-o anumită locație. Pentru detectarea conceptelor semantice a fost introdus obiectul probabilistic multimedia sau multijets.

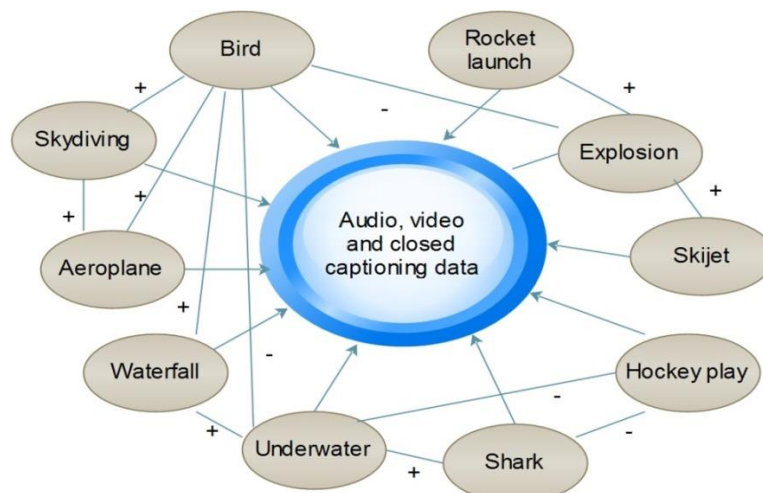


Figure 5. Multijets [15]

Un multijets este un concept semantic care suportă multiple caracteristici de nivel diferit (jos, mediu sau înalt), printr-o structură probabilistică. Un multijets este flexibil și deschis semantic. Astfel, este suport pentru caracteristicile de nivel jos, mediu și înalt. Un multijets se creează astfel [16]:

- se detectează clipurile;
- se determină cadrele cheie;
- se extrag caracteristicile de culoare, textură, contururi;
- se modelează locurile pe baza distribuției Gaussiene, evenimentele cu ajutorul HMM (Hidden Markov Model);
- fiecare segment este testat pentru fiecare concept și apoi este constituit la nivel de cadru.

Hwang [17] a propus o schemă de abstractizare bazată pe obiecte și pe modelarea semantică a evenimentelor (figura 6). În acest caz obiectul video (VO) este extras automat, în acest sens existând două metode de extragere:

- detecția obiectelor pentru cazul în care fundalul este fix (staționar);
- detecția obiectelor pentru fundaluri în mișcare.

După extragerea obiectelor va urma o modelare semantică a caracteristicilor de nivel jos, folosindu-se în acest sens DBN (Dynamic Bayesian Network) pentru a modela conceptele semantice ale obiectelor și evenimentelor.

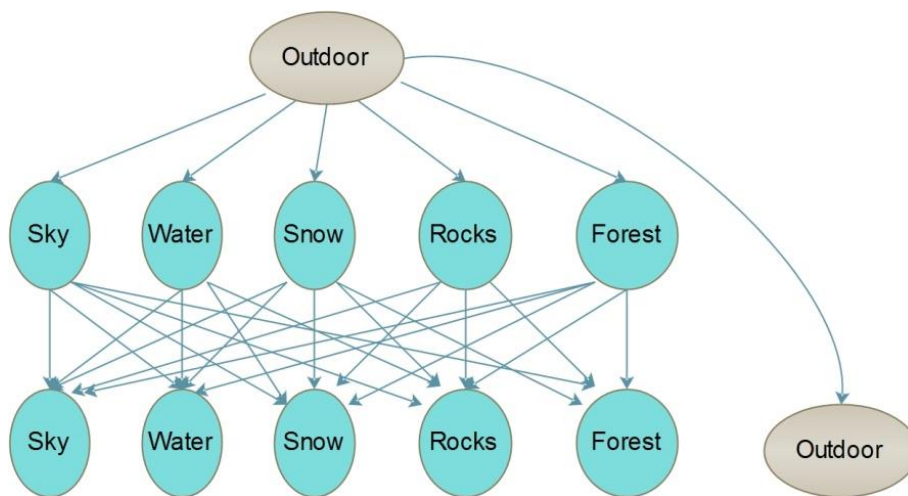


Figura 6. Abstractizarea bazată pe obiecte [17]

2.4.3 Algoritmi de detecție și segmentare

Cantitatea considerabilă de date video necesită metode sofisticate de indexare pentru a utiliza conținutul. Indexarea manuală este cea mai eficientă dar și ea prezintă unele dezavantaje, în special faptul că este mare consumatoare de timp. Din acest motiv, este nevoie de tehnici automate pentru adnotarea conținutului în conformitate cu cerințele utilizatorului. Utilizatorii pot fi interesați de o gamă largă de caracteristici extrase din cadrele cheie, pentru a identifica oameni sau locuri.

Un clip video este definit ca fiind o secvență continuă de cadre, capturată de aceeași camera. Segmentarea temporală este cunoscută sub denumirea de detecție a secvențelor și este definită ca fiind procesul de identificare a modificărilor conținutului unui cadru. Există două abordări pentru segmentarea video:

- Procesarea în domeniul pixelilor
- Procesarea în domeniul compresiei

Algoritmii pentru segmentarea temporală detectează schimbările bruște sau graduale dintr-o secvență video. Exemple sunt tehnicile de detecție ale lui Naphade [18], precum și tehnicile rapide în domeniul compresiei. Pentru o modelare bună a conținutului, trebuie identificate atributele caracteristicilor urmată de o rezumare a conținutului video.

Procesarea în domeniul pixelilor este sensibilă la mișcarea camerei și a obiectelor. Pentru a reduce sensibilitatea acestora, cadrele sunt împărțite într-un număr de blocuri, după care sunt comparate între cadrele succesive, în acest sens este abordarea propusă de Nagasaka [19].

Secvența video este mai întâi segmentată în clipuri, care folosesc tehnicile de detecție bazate pe:

- Pixeli
- Statistică
- Transformări
- Caracteristici
- Histogramă

Pentru ca secvența video să fie indexată corect, trebuie ca fiecare cadru cheie să reprezinte un segment video care semnifică o mică sau o mai mare schimbare a conținutului scenei. Acest fapt permite încapsularea conținutului și eliminarea conținutului redundant. Există o structură ierarhică care exprimă acest lucru. Primul nivel este alcătuit dintr-un set de cadre, următorul este format din cadre grupate pentru a forma clipurile. O scenă este definită ca o unitate complexă formată dintr-unul sau dintr-o serie de clipuri plasate într-o singură locație și care are o singură acțiune [20]. Tranzițiile dintre clipuri pot să fie bruște sau treptate (graduale). Aceste tranziții conduc privitorul de la un segment la altul și arată o schimbare de timp și de conținut. Aceste tranziții sunt definite astfel:

- Cut schimbarea bruscă a clipului.
- Fade In schimbare treptată la intrarea într-un alt clip.
- Fade Out schimbare treptată la ieșirea dintr-un alt clip.
- Dissolve un clip apare în timp ce altul dispăre.
- Wipe următorul clip apare în timp ce cel precedent dispăre după forma unei linii sau după un model.
- Push următorul clip împinge pe cel precedent de la stânga la dreapta sau de la dreapta la stânga, în sus sau în jos.

În continuare voi descrie algoritmi de detecție pe compararea pixelilor, pe bază de statistică, caracteristici și histogramă.

Detecția bazată pe comparația pixelilor

Cel mai simplu mod de a cuantifica diferența între două cadre este de a compara intensitatea valorilor pixelilor. Dacă valoarea medie se modifică și este mai mare decât un prag T_{cut} se consideră că avem o tranziție între 2 cadre.

Pentru două cadre f_{n-1} și f_n definim:

$$\frac{\sum (p | f_{n-1}(p) - f_n(p) |)}{w * h} \begin{cases} > T_{cut} \text{ _ prezenta_tranzitie} \\ \leq T_{cut} \text{ _ nu_avem_tranzitie} \end{cases} \quad (1)$$

Unde $f_n(p)$ reprezintă intensitatea valorilor pixelilor în cadrul f_n .

O problema în cazul abordării acestui tip de detecție este sensibilitatea la mișcarea camerei și a obiectelor. O altă metodă folosită este intensitatea medie D_n pe întreaga imagine calculată pentru fiecare canal RGB, pentru A_n cadre.

$$f_n(p) = (R, G, B)^T \quad (2)$$

$$A_n = \frac{\sum p f_n(p)}{w * h} \quad (3)$$

$$D_n = \frac{|A_n - A_{n+1}|}{|A_{n-1} - A_n|} \quad (4)$$

$$\sum D_n \begin{cases} > T_{cut_prezenta_tranzitie} \\ \leq T_{cut_nu_avem_tranzitie} \end{cases} \quad (5)$$

Valoarea intensității medii nu reușește să facă distincție între schimbările mari într-o zonă mică și nici schimbările mici într-o zonă mare. Acest fapt poate duce la detectarea falsă a unor tranziții.

Detecția bazată pe statistică

Există două abordări principale pentru detecția clipurilor bazată pe statistică. Acestea au fost propuse de Kasturi și Jain [21] și se bazează pe folosirea statisticilor pentru intensitatea medie și deviația standard.

Un punct slab al comparării globale este că se pot pierde schimbările intervenite în distribuțiile spațiale între două clipuri. Pentru a rezolva acest neajuns se vor compara regiunile corespunzătoare (blocuri) între două cadre succesive. Blocurile vor fi comparate pe baza caracteristicilor de ordinul întâi statistic al valorilor intensității pixelilor, folosind raportul de probabilitate likelihood lhr_i . Cadrul va fi împărțit în 4×4 regiuni, după care se va crește numărul de blocuri la 48.

În blocul x_i din cadrul f_{n-1} și corespondentul său x_j din cadrul f_n , media intensităților pentru fiecare bloc sunt date de μ_i, μ_j , iar σ_i, σ_j sunt varianțele corespunzătoare.

$$lhr_i = \frac{\left[\frac{\sigma_i + \sigma_j}{2} + \left(\frac{\mu_i + \mu_j}{2} \right)^2 \right]^2}{\sigma_i + \sigma_j} \quad (6)$$

Se detectează tranziția dacă numărul blocurilor a căror raport de probabilitate depășește T_{diff} și este mai mare ca T_{cut} (prag predefinit).

$$\sum_{i=1} DLR_n(i) \begin{cases} > T_{cut_prezenta_tranzitie} \\ \leq T_{cut_nu_avem_tranzitie} \end{cases} \quad (7)$$

Unde,

$$DLR_n(i) = \begin{cases} 1_daca_lhr_i > T_{diff} \\ 0_in_rest \end{cases} \quad (8)$$

Detecția bazată pe caracteristici

Scopul oricărui algoritm este de a detecta tranziția prin detectarea discontinuităților spațial-temporale din conținutul video. Metoda se bazează pe extragerea caracteristicilor dintr-un cadru care trebuie să fie complet diferit de caracteristicile din alt cadru. Caracteristicile globale sunt mai puțin sensibile la schimbările din cadru, de aceea algoritmi bazați pe compararea caracteristicilor globale au fost folosiți mai mult pentru a rezolva mișcarea camerei și a obiectelor.

Algoritmii bazați pe caracteristicile globale s-ar putea să nu detecteze tranziția dintre clipuri pentru caracteristici similare, dar structuri spațiale diferite.

Această problemă se rezolvă cu ajutorul metodelor bazate pe blocuri, unde se compară caracteristicile în diferite regiuni. Astfel două clipuri unite cu o tranziție, pot avea distribuție de culori diferite, sau distribuție similară, dar structură spațială diferită. Pentru fiecare pereche de cadre din secvența video, primul cadru se împarte într-o grilă regulată de blocuri. Măsurătorile de similitudine pentru fiecare cadru pot fi obținute prin compararea caracteristicilor de contur conținute în fiecare bloc. Următorul pas este de a estima mișcarea pentru fiecare bloc din perechea de cadre, pentru a compara diferențele cauzate de mișcarea camerei sau a obiectului.

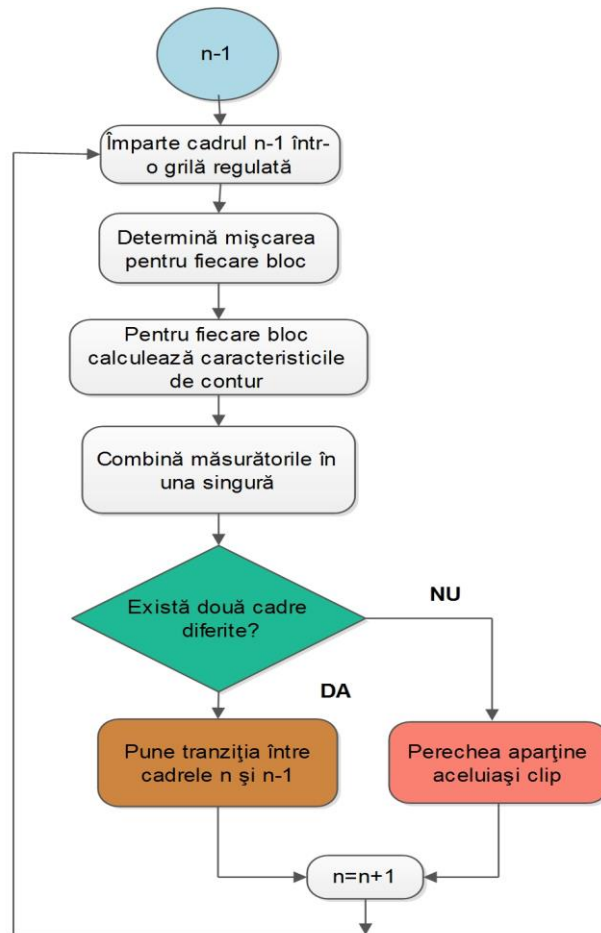


Figura 7. Algoritm de detecție bazat pe caracteristici

Zabih et al [22] propune o metodă de detecție a clipurilor prin verificarea distribuției spațiale a intrărilor și a ieșirilor pixelilor aflați pe contur, raport cunoscut sub numele de raport de schimbare a conturului. Se bazează pe faptul că marginile unui obiect nu se găsesc în același loc în două cadre succesive, despărțite de o

tranziție, adică fac parte din clipuri diferite. Raportul de schimbare a conturilor între cadrele f_{n-1} și f_n este definită de următoarea relație:

$$ECR_n = \max\left(\frac{I_n}{E_n}, \frac{Q_{n-1}}{E_{n-1}}\right) \quad (9)$$

$$0 \leq ECR_n \leq 1$$

E_n numărul total de pixeli din cadrul f_n ,

I_n numărul de pixeli la intrarea în cadrul f_n ,

Q_{n-1} numărul de pixeli la ieșirea din cadrul f_{n-1} .

Detecția bazată pe histogramă

Metodele care se bazează pe histogramă reprezintă cea mai comună metodă. Cu toate acestea, cadrele din clipuri diferite pot avea distribuții de culoare similară și astfel, diferența între histogramme să aibă magnitudine mică. Dacă se reduce pragul, rezultatul ar putea fi un număr mai mare de detecții false.

Prima metoda compară histogrammele la nivel global din cadrele succesive, se folosește statistica chi-square pentru a compara diferențele între histogramme din cadrele f_{n-1} și f_n .

$$\chi_n^2 = \sum_k \frac{(H_{n-1}(k) - H_n(k))^2}{H_{n-1}(k) + H_n(k)} \quad (10)$$

Unde $H_{n-1}(k)$, reprezintă numărul de evenimente K din cadrul f_{n-1} ,

$H_n(k)$, reprezintă numărul de evenimente k din cadrul f_n ,

$$\text{cu } 0 \leq \chi_n^2 \leq 2$$

O altă metodă este de a compara histogrammele pe intervalul $[0, L-1]$

$p(r_k) = \frac{n_k}{n}$, unde r_k reprezintă nivelul de gri,

n_k numărul de pixeli,

$$Z_n(f_l, f_l) = \sum_{l=0}^{L-1} |p_i[l] - p_j[l]| \quad (11)$$

Diferența Z_n între histogramme se calculează pentru fiecare canal RGB.

2.5 Standarde de metadate multimedia

În ultimii ani, multimedia (combinația text, grafică, imagini, video și audio) a devenit un subiect central în știința calculatoarelor. Progresul tehnologic rapid în producția de dispozitive multimedia (exemplu: aparate foto digitale, camere video, telefoane mobile, tablete) și a dispozitivelor multimedia de consum (DVD player, Blu-ray) au dus la o răspândire masivă a datelor multimedia. Unul dintre factorii importanți pentru acest fenomen este succesul obținut în tehnologia compresiei și standardizarea acestora. Putem menționa aici standardele de compresie MPEG-2, MPEG-4 (AVC), H 264 pentru video, JPEG 2000 pentru imagini și MP3 pentru fișiere audio.

Aceste standarde de compresie reduc semnificativ cantitatea de date, care trebuie să fie stocate și transferate [23]. În contrast cu standardele de compresie,

standardele de metadate sunt utilizate pentru a descrie conținutul multimedia. Acestea oferă informații generale legate de autor, titlu sau data de creare, dar și posibilități de a descrie conținutul pe baza informațiilor bazate pe caracteristicile de nivel jos și înalt. Astfel sunt standardele pentru datele audio-vizuale ca Dublin Core, P/Meta, MPEG-7, MPEG-21. În acest subcapitol voi descrie aceste standarde punând accentul pe standardele MPEG-7 și MPEG-21.

Dublin Core

Se bazează pe standardul RDF [24] pentru a specifica elementele stabilite pentru metadatele multimedia. Acestea se împart în trei grupuri: primul descrie conținutul ca titlu, subiect, sursă, al doilea grup este destinat pentru drepturile de autor și oferă elemente ca autor, editor. Ultimul grup oferă informații despre dată, format, limbă.

P/Meta

Este un standard multimedia universal care permite schimbul de metadate între XML Schema. Definește metadate pentru identificare, descrieri și utilizarea conținutului multimedia. P/Meta Schema definește atribute și seturi de tranzații care pot identifica și asigura suport pentru schimbul de informații.

MPEG-7

Cunoscut sub denumirea de „Interfață de descriere a conținutului multimedia”, standardul MPEG-7 [25] are rolul de a clasifica imaginile și sunetul similar bazelor de date, astfel încât să se poată asigura căutarea imaginilor și a sunetului pe baza unor parametrii. În acest context, MPEG introduce în 2002 un nou standard de metadate numit MPEG-7, pentru descrierea caracteristicilor de nivel jos și înalt a datelor multimedia. MPEG-7 este numit și interfață pentru descrierea conținutului multimedia.

MPEG-7 oferă un set bogat de instrumente standardizate pentru a descrie conținutul audiovizual (elemente de metadate pentru a descrie structura și relațiile) pe baza descriptorilor (D) și a schemelor de descriere (DS).

MPEG-7 este standardul următor după MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4. În timp ce aceste standarde se concentrează pe codare și reprezentarea conținutului audio și video, MPEG-7 se focalizează pe descrierea conținutului multimedia (imagini, video, audio, grafică și alte combinații de date multimedia). În vederea realizării unei interoperabilități maxime și posibilitatea de a crea aplicații noi, MPEG-7 se dorește a fi o interfață care definește sintaxa și semantica diverselor instrumente care sunt folosite în acest scop. Fiecare instrument poate fi proiectat pe specificul datelor (audio, video, grafică, etc.), pe aspect (media, meta, structural sau semantic) sau pe aplicații cum ar fi motoare de căutare, filtrare, navigare.

MPEG-7 a apărut ca standard pentru descrierea conținutului multimedia și asigură o căutare flexibilă și eficientă a documentelor video. Standardul MPEG-7 asigură descrierea conținutului multimedia pe baza:

- Unui set de descriptori (D).
- Unui set de scheme de descriere (DS).
- Un limbaj de descriere al descriptorilor (DDL).

Este important ca pentru standardul MPEG-7 să fie definite scheme de descriere (DS) și descriptori (D) pentru o gamă largă de colecții de date video. Schemele de descriere DS trebuie să asigure:

- Scalabilitatea - schemele de descriere trebuie să aibă capacitatea de a defini ierarhic conținutul multimedia.

- Extensibilitate - elementele de descriere definite de schemele de descriere Ds să poată fi folosite în diferite alte domenii.
- Flexibilitate - schemele de descriere DS trebuie să clasifice conținutul în categorii semantice, pe nivele de abstractizare.

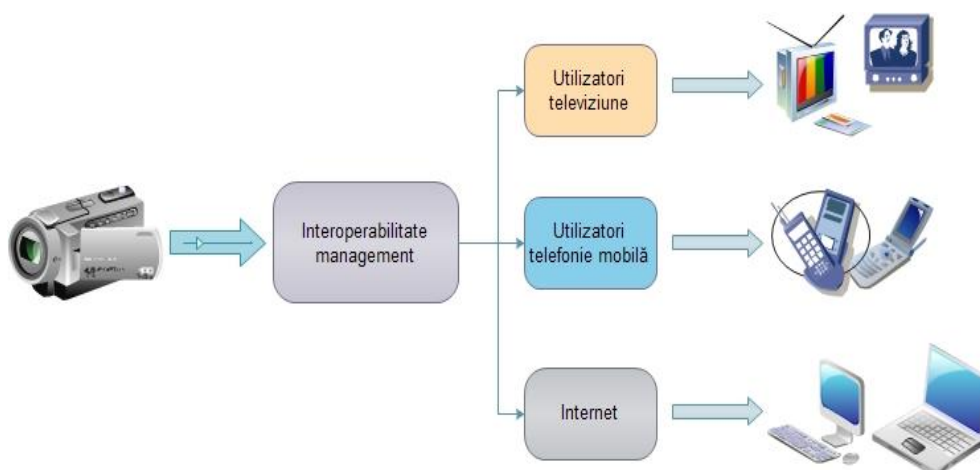


Figura 8. Scopul standardului MPEG-7

Scopul standardului MPEG-7 este de a oferi interoperabilitate între sisteme și aplicații utilizate pentru generarea, managementul, distribuția și consumul de material multimedia bazat pe conținut. Descrierile despre fluxul sau stocarea datelor multimedia ajută utilizatorii sau aplicațiile să identifice, să regăsească și să filtreze informațiile multimedia

Utilizarea MPEG-7 bazată pe descriptorii multimedia conduce la servicii flexibile, care pot fi accesate printr-o varietate de terminale mobile, set top-box sau computere personale a nenumărate aplicații: [26]

- **Multimedia** – generează un ghid de programe personalizat al conținutului audio sau video cât și istoricul acestora.
- **Arhivare** – generează descrieri despre anumite elemente sau colecții de elemente cu conținut audio și video.
- **Adaptare** (conversie) – transformă diferitele tipuri de fluxuri multimedia în medii cu resurse limitate (exemplu: video în rețele mobile).
- **Muzică/Audio** – returnează liste cu piese care conțin potriviri de note sau tonuri.
- **Grafică** – doar prin câteva linii se obțin imagini care conțin grafice asemănătoare.
- **Mișcare** – cu un anumit set de obiecte video care descriu mișcarea și relațiile dintre acestea, se obține în schimb o listă cu animațiile sau videoclipuri care îndeplinesc cerințele temporale și spațiale.
- **Scenariu** – prin descrierea unor acțiuni se obțin scenarii similare (bazate pe segmente audio-video).

MPEG-7 poate oferi descrieri asociate pentru imagini, grafică, 3D, audio, vorbire, informații despre compoziția acestor elemente sub forma unei prezentări multimedia. MPEG-7 permite diferite grade de descriere a conținutului, nedepinzând de codarea materialelor. Cele mai multe dintre motoarele de căutare permit căutarea textuală. În plus aceste motoare utilizează descriptorii ai caracteristicilor

care impun o experiență în căutarea datelor. Acest lucru este dificil și rezultatul este de obicei, nesatisfăcător. MPEG-7 standardizează descriptorii și schemele de descriere care pot fi asociați cu conținutul, pentru o căutare rapidă și eficientă. Astfel, conținutul audio-video asociat cu metadatele MPEG-7 poate fi ușor indexat și căutat. MPEG-7 are rolul și de căutare a conținutului dar și de filtrare. MPEG-7 nu are scopul de a standardiza algoritmi și tehnicile de extracție al caracteristicilor ci doar căutarea și filtrarea folosind descriptorii.

MPEG-7 este standardizat specific structurii limbajului XML, prin Description Schemes (DS- scheme de descriere) și pe baza descriptorilor (D) folosiți pentru adnotarea și descrierea datelor audio și video. În general schemele de descriere (DS) pot conține descriptorii (D) și alte scheme de descriere (DS), care pot fi extinse pentru aplicații specifice unui anumit domeniu. Schemele de descriere MPEG-7 oferă modalități XML, pentru a putea descrie concepte referitoare la căutarea, indexarea și filtrarea datelor audio și video.

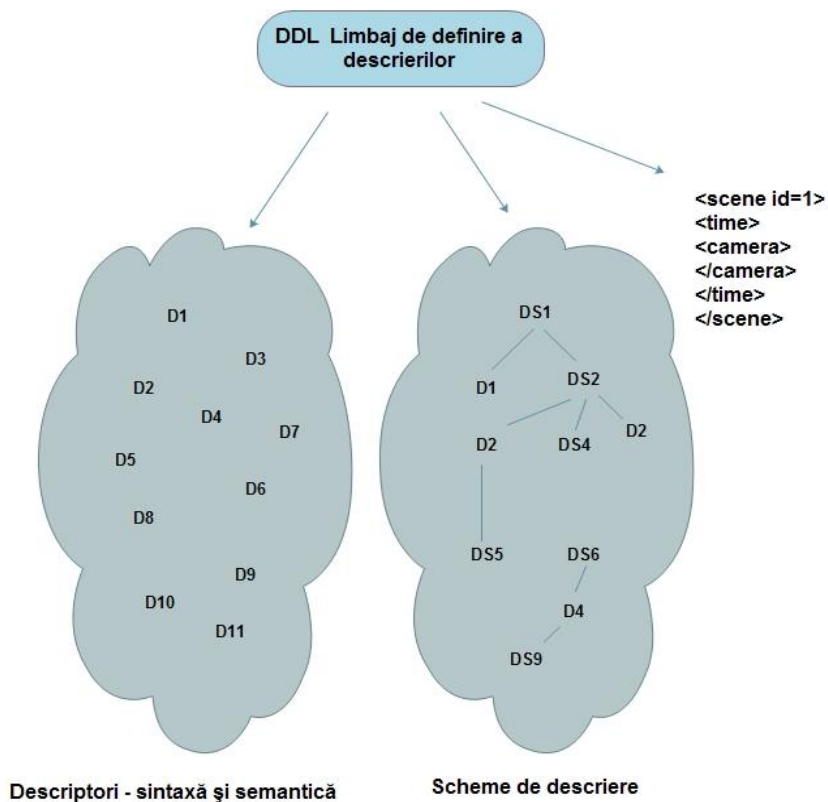


Figura 9. Standardizarea MPEG-7

Schemele de descriere DS sunt concepute pentru a descrie atât aspectul generic al datelor audio și video cât și conținutul și caracteristicile datelor, cum ar fi descrierea titlului și a autorului unui material audio-video. De asemenea, schemele de descriere oferă modalități de a specifica conținutul, structura semnalului, caracteristicile, modelele și semantica, navigarea și accesul la datele audio și video.

Schemele de descriere DSs sunt definite folosind DDL (Description Definition Language), un limbaj XML care permite crearea și extinderea acestor scheme [27].

Descriptorii MPEG-7 pot include:

- Informații despre procesul de creație și producție (director, titlu, gen, autor).
- Informații referitoare la utilizarea conținutului (drept de autor, istoricul de utilizare).
- Informații referitoare la stocare (forma de codare, stocarea).
- Informații privind componentele structurale spațiale, temporale sau spațio-temporale (scene, segmente, regiuni de mișcare).
- Informații despre caracteristicile de nivel jos (culori, textură, sunete, melodii).
- Informații conceptuale (obiecte, evenimente și relațiile dintre acestea).
- Informații despre căutarea conținutului în mod eficient.
- Informații despre colecțiile de obiecte.

Din perspectiva unui dispozitiv terminal, accesul universal multimedia (UAM), este relevant pentru noile aplicații care implică livrarea multimedia pentru tehnica de calcul, electronice de consum (set-topbox, video digital recorder) și pentru aplicațiile mobile.

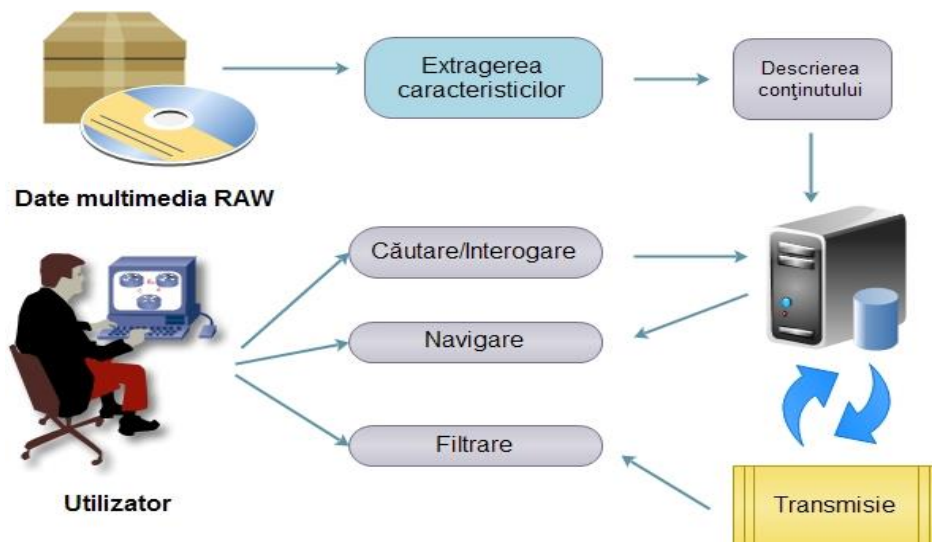


Figura 10. Accesul universal multimedia MPEG-7

MPEG-7 se adresează aplicațiilor din medii diferite și deci oferă un cadru flexibil pentru a descrie datele multimedia. MPEG-7 nu descrie un sistem pentru descrierea conținutului, ci mai degrabă metode și instrumente pentru diferite descrieri ale conținutului.

DDL - permite definirea de instrumente pentru a descrie atât D- descriptorii cât și pentru DS- scheme de descriere, oferind mijloace pentru structurarea descriptorilor (D) în scheme de descriere (DS). DDL permite de asemenea, extinderea aplicațiilor specifice DS. Instrumentele pentru descriere sunt instanțiate ca descrieri în format XML, pe baza DDL care se bazează pe scheme XML. În funcție

de contextul aplicației, oricare diferite tipuri de date media (audio, video, text sau combinații) sunt relevante pentru utilizatori.

```

    <Name xml:lang="en">School_programs</Name>
  </Genre>
</Classification>
</CreationInformation>
- <TemporalDecomposition>
- <VideoSegment id="segment1">
  - <MediaTime>
    <MediaTimePoint>T00:00:00:0F1000</MediaTimePoint>
    <MediaDuration>PT04S0N1000F</MediaDuration>
  </MediaTime>
  </VideoSegment>
- <VideoSegment id="segment2">
  - <MediaTime>
    <MediaTimePoint>T00:00:04:0F1000</MediaTimePoint>
    <MediaDuration>PT04M57S666N1000F</MediaDuration>
  </MediaTime>
  </VideoSegment>
- <VideoSegment id="segment65">
  - <TextAnnotation>
    <FreeTextAnnotation>Uploading a single file in moodle</FreeTextAnnotation>
  - <KeywordAnnotation>
    <Keyword>computers</Keyword>
    <Keyword>moodle</Keyword>
    <Keyword>uploading</Keyword>
  </KeywordAnnotation>
  </TextAnnotation>
- <MediaTime>

```

Figure 11. Fișier MPEG-7 (fragment)

Părțile componente ale MPEG-7

1. **Sistemul MPEG-7** definește instrumentele necesare pentru a pregăti MPEG-7 pentru un transport eficient și stocarea datelor, astfel încât să permită sincronizarea între conținut și descrieri. Asigură instrumente pentru gestionarea și protejarea proprietății intelectuale. Include formatul binar pentru codarea MPEG-7 dar și arhitectura terminalului.

2. **Limbajul pentru definirea descrierilor (DDL)** definește sintaxa MPEG-7, instrumente de descriere și scheme noi de descriere. DDL se bazează pe limbajul XML, care nu este conceput special pentru descrierea conținutului audiovizual, dar au fost introduse câteva extensii:

- XML scheme de limbaj structurat.
- XML limbaj pentru tipuri de date.
- XML extensii specifice.

3. **MPEG-7 Visual** - definește instrumentele (descriptori și scheme de descriere) folosite doar pentru descrierile vizuale.

4. **MPEG-7 Audio** - definește instrumentele (descriptori și scheme de descriere) pentru descrierile audio.

5. **Scheme de descriere multimedia (MDS)** - definesc instrumentele de descriere pentru a genera caracteristicile și descrierile multimedia. Cuprind un set de instrumente (descriptori și scheme de descriere) și se ocupă de descrieri generice.

6. **Softul de referință** – este definit ca fiind softul implementat în părțile componente ale MPEG-7.

MPEG-21

Scopul lui MPEG 21, standard ISO/IEC 21000 numit și Multimedia Frameworks este de a permite utilizarea transparentă și ridicată a resurselor multimedia în rețele digitale, terminale, dispozitive prin dezvoltarea unui cadru multimedia comun, care să faciliteze cooperarea între sectoare diferite și să ofere un suport eficient pentru implementarea și integrarea diferitelor module, reguli și interese precum și modul de formatare a conținutului. Lanțul de distribuție al conținutului multimedia cuprinde crearea conținutului, producția, distribuția și consumul. Pentru realizarea acestuia, conținutul trebuie să fie identificat, descris, clasificat și protejat. Transportul și distribuția conținutului se face printr-o mulțime de terminale și de rețele. Distribuția securizată a conținutului, managementul datelor personale, tranzacțiile financiare și informațiile confidentiale sunt câteva dintre aspectele problematice ale cadrului multimedia [28].

Un Digital Items (DI) este un obiect structurat digital cu o reprezentare standard și metadate. Ca atare, este unitatea fundamentală de tranzacție și distribuție în cadrul standardului MPEG-21.

Un utilizator „User” este definit ca orice entitate care interacționează sau folosește obiecte digitale în acest cadru multimedia. Utilizatorii pot include persoane fizice, comunități, organizații sau guverne și nu sunt limitați la a fi oameni, ci pot include de asemenea și module software inteligente.

Părțile componente ale MPEG-21

MPEG-21 cuprinde în prezent 19 părți care pot fi grupate în șase categorii majore, fiecare se ocupă cu aspecte diferite ale DI (Digital Items).

- Declararea și identificarea obiectelor;
- Gestionarea drepturilor;
- Adaptarea obiectelor digitale;
- Procesarea obiectelor digitale;
- Sisteme și aspect;
- Diverse aspecte (software de referință, de conformitate).

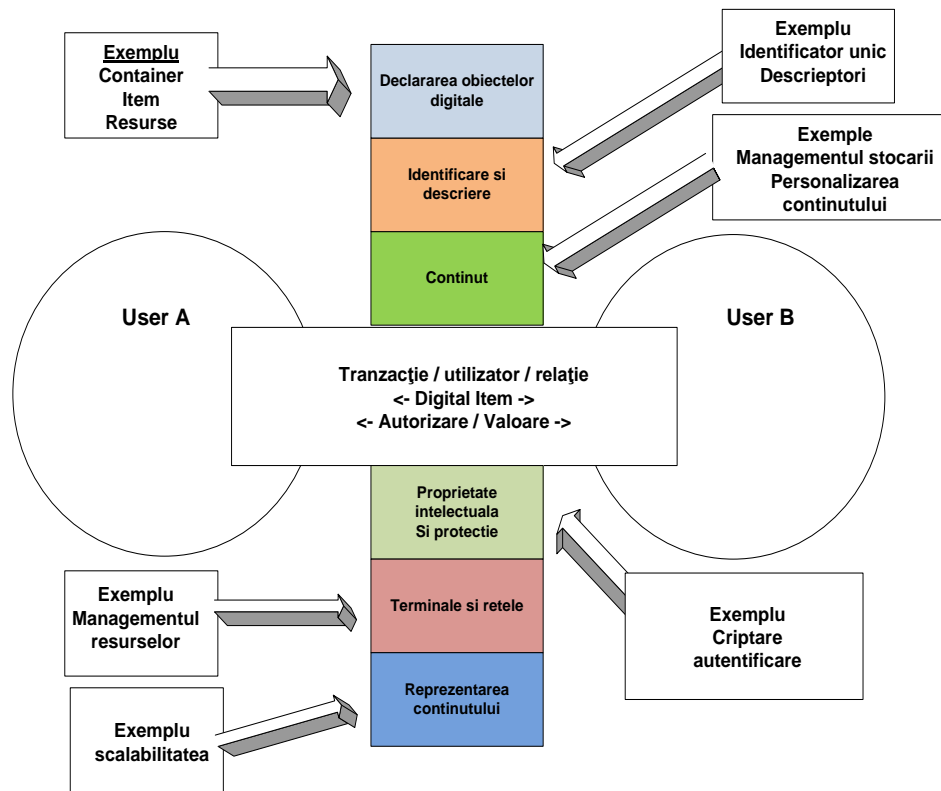


Figura 12. Standardul MPEG-21

În general conținutul este greu de identificat și de descris și nu există nici un mecanism de verificare a asocierii dintre identitate, descriere sau conținut. Un obiect digital este un obiect cu reprezentare standard, identificatori și metadata. Reprezentarea standard a Digital Items este definită de un model care descrie un set de termeni și concepte abstracte și se exprimă prin XML și Digital Item Declaration Language (DIDL) [29].

Principalul obiectiv al standardului MPEG-21 este de a permite accesul transparent la conținut prin diverse rețele și terminale, pentru a permite căutarea, localizarea, arhivarea, distribuția și utilizarea conținutului. MPEG-21 furnizează interfețe și protocoale care permit crearea, manipularea, căutarea, accesul, stocarea, distribuția și utilizarea conținutului. DID (Digital Item Declaration) este un document XML exprimat pe baza DIDL (Digital Item Declaration Language) și poate conține mai multe blocuri care definesc structura unui DI [30].

Digital Rights Management (DRM) se împarte în trei părți componente:

- Rights Expression Language (REL)
- Rights Data Dictionary (RDD)
- IPMP Components

REL este un limbaj care poate să declare drepturile și permisiunile resurselor digitale. Principalul obiectiv al REL este de a asigura o modalitate standard, cu privire la utilizarea datelor cu caracter personal.

RDD cuprinde un set unic, structurat, integrat și consistent de termeni de identificare care asigură sprijin REL. Scopul RDD este de a oferi o modalitate

standard pentru a descrie semantica termenilor pe baza relațiilor cu alți termeni și de a transfera metadatele dintr-o terminologie în altă terminologie. IPMP Components definește structurile pentru a exprima informații referitoare la protecția conținutului pe baza unor instrumente, mecanisme și licențe [31].

MPEG-21 include File Format (.mp21), formatul binar XML pentru descrierea MPEG-21 și fluxul Digital Item (Digital Item Streaming). Un aspect important pentru MPEG-21 constă în stocarea și transportul eficient al acestuia. Prin urmare, formatul binar pentru metadate (BiM) a fost adoptat pentru standardul MPEG-21, astfel încât acesta definește scheme alternative XML și adaugă capabilități de flux pentru documentele XML.

2.6 Concluzii și contribuții

În acest capitol am prezentat abordări de bază legate de indexarea conținutului video în bazele de date multimedia, prin prezentarea unor concepte generale legate de regăsirea bazată pe conținut. Am descris datele care sunt implicate în bazele de date multimedia, necesitatea de segmentare a conținutului video sub formă de clipuri, scene și cadre. Segmentarea video are un rol important în procesul de indexare, navigare, dar și de adnotare a conținutului, ce se realizează pe baza unor algoritmi de detecție specializați.

În continuare am descris necesitatea de modelare a conținutului video, prin reprezentarea acestuia pe baza caracteristicilor vizuale și semantice. Reprezentarea conținutului bazat pe semantică are rolul de a înlocui fluxul video pe baza evenimentelor, relațiilor dintre evenimente, obiecte și proprietățile acestora precum și relații spațiale.

Contribuția mea la acest capitol este de sistematizare, prezentare și analiză a cercetărilor actuale privind indexarea, modelarea conținutului video, standardele de metadate multimedia, cum sunt MPEG-7 și MPEG-21. MPEG-7 permite descrierea standardizată a diferitelor tipuri de date multimedia și asocieri ale descrierilor cu conținutul, permițând o căutare eficientă și rapidă a acestuia. MPEG-7 oferă un bogat sortiment de instrumente standardizate pentru a descrie conținutul video, pe baza descriptorilor și a schemelor de descriere, descrieri ce vor constitui baza pentru accesul eficient (căutare, navigare, filtrare) la conținutul video. Prin posibilitățile oferite, de integrare a datelor în cadrul aplicațiilor multimedia, standardul MPEG-21 constituie un instrument eficient, de implementare și integrare a diverselor module și formate multimedia. O parte din cercetarea prezentată în acest capitol a fost descrisă în lucrările [32], [33].

3. Baze de date pentru conținutul video

3. Baze de date pentru conținutul video	38
3.1 Introducere	38
3.2 Limbaje de interogare a conținutului video	39
3.2.1 Premisele interogării conținutului video în MPEG-7	41
3.2.2 Interogarea fișierelor MPEG-7	41
3.3 Clasificarea bazelor de date XML	45
3.3.1 Baze de date native XML	46
3.3.2 Extensii ale bazelor de date XML	48
3.4 Concluzii și contribuții	50

Un sistem de regăsire bazat pe conținut trebuie să returneze rezultate, conform opțiunilor utilizatorului. Trebuie să permită interogări ușor de realizat și intuitive și să returneze date cu referire la resursa informațională, dar și date legate de procesul de regăsire. Este important ca în căutarea și regăsirea datelor video, să utilizezi un sistem de management care să fie capabil să stocheze și să regăsească descrierile făcute de standardul MPEG-7. Acest lucru se realizează prin utilizarea bazelor de date XML. În acest capitol voi face o introducere legată de interogarea conținutului video utilizând limbaje specifice XML, iar în partea finală voi descrie tipuri de baze de date XML.

3.1 Introducere

În ultimii ani, lucrul cu datele video a cunoscut o nouă dimensiune, prin stocarea descrierilor MPEG-7. Standardul MPEG-7 se bazează pe XML Schema, astfel încât, pentru regăsirea conținutului video, tendința este de a utiliza limbaje de interogare ca XPath, XQuery, SQL/XML, MMDOL-QL. Totuși, aceste limbaje nu asigură în suficientă măsură capabilități de interogare pentru descrierile MPEG-7, din următoarele motive [34]:

- Nu suportă tipuri de interogari specifice pentru regăsirea conținutului video, al cărui subiect se bazează pe relații spațio-temporale.
- Nu definește un format standardizat pentru interogări care să returneze diferite formate ale documentelor video.

Deoarece nu exista un format standard de interogare a conținutului video care să satisfacă cerințele enumerate, comitetul MPEG a decis ca pentru interogarea conținutului multimedia, să fie folosit formatul de interogare MPQF, standardizat ISO/IEC 15938-12, împreună cu un set de cerințe N8219. Obiectivul MPQF este de a asigura un format standardizat pentru bazele de date video, care să permită

regăsirea informațiilor pe baza unui set precis de parametri de intrare, pentru a descrie criteriile de căutare și un set precis de parametri de ieșire pentru a descrie rezultatele interogării. A fost proiectat inițial să deservească bazele de date multimedia bazate pe XML, iar în prezent MPQF permite gestionarea metadatelor pe baza Semantic Web, cum este RDF și OWL în sisteme de baze de date multimedia.

În figura 13 propun arhitectura unui sistem de adnotare și regăsire a conținutului video, bazat pe standardul MPEG-7 care asigură următoarele:

- O interfață pentru interogarea și vizualizarea datelor video.
- Instrumente necesare pentru adnotarea conținutului.
- Stocarea documentelor XML și a celor video.

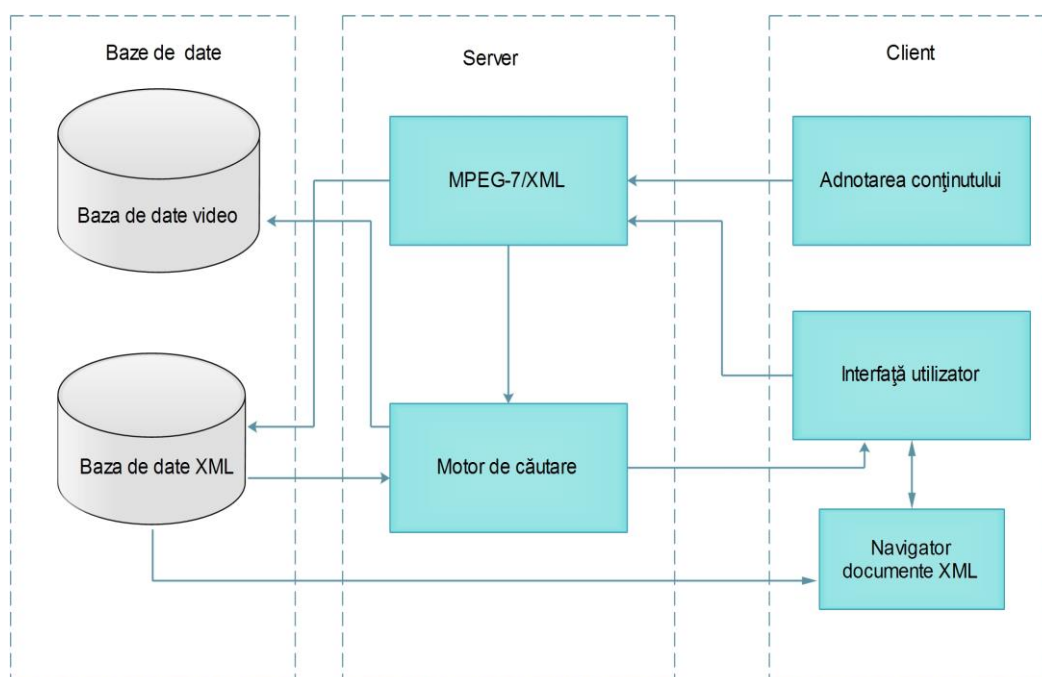


Figura 13. Arhitectura unui sistem de regăsire video MPEG-7

3.2 Limbaje de interogare a conținutului video

Bazele de date tradiționale sunt eficiente pentru a stoca și gestiona date alfanumerice. Interogarea datelor alfanumerice se bazează pe operațiuni de potrivire și filtrare, după care se decide, pentru fiecare tuplu dacă sunt îndeplinite condițiile și cerințele. În sistemele de baze de date multimedia suntem practic interesați de date similare (care se bazează pe similitudini). În acest context SQL/MM introduce un concept de model multimedia pentru a fi utilizat în bazele de date multimedia prin extinderea conceptului de obiect relațional. În plus limbajul de interogare multimedia MOQ extinde OQL (Object Query Language) prin adăugarea unor proprietăți spațiale temporale [35].

Deoarece MPEG-7 se bazează pe scheme XML, există tendința de a utiliza pentru interogare unul dintre limbajele specifice XML ca XPath, XQuery sau

SQL/XML. În continuare voi descrie aceste limbaje de interogare, punctând unele dezavantaje ale acestora în interogarea MPEG-7.

- **XPath** [36] (XML Path Language) recomandat de W3C, permite accesul la datele individuale în documentele XML. În general, o expresie XPath selectează o cale pentru un set de noduri și doar pentru un singur nod. Principalul dezavantaj al XPath este limitarea uzabilității la interogarea documentelor XML, de asemenea nu permite posibilități și instrumente de grupare a rezultatelor. Un exemplu de interogare în format XPath este dat mai jos:

```
<complexType name="FieldType">
  <simpleContext>
    <extension base="mpeg7:xPathRefType"
      <attribute name="typeText" type="string" use="optimal"/>
    </extension>
  </simpleContext>
</complexType>
```

- **XQuery** [37] este un limbaj declarativ, integrează XPath 2 și furnizează un bogat set de operații și instrumente pentru interogarea descrierilor XML. Pe de altă parte, XQuery nu poate asigura instrumente pentru interogarea în bazele de date multiple și nici nu suportă interogări spațio-temporale. XQuery este recomandarea W3C, este un limbaj de interogare bazat pe XML și este un limbaj semi-structurat. Fiind o mare parte ca integrare a XPath 2, funcțiile și modelele acestui limbaj sunt folosite pentru navigarea peste documentele XML. În plus, oferă posibilitatea de a defini funcții proprii la fel ca în SQL. XQuery nu oferă posibilități de interogare în bazele de date multiple printr-o singură interogare și nici suport pentru interogări multimodale sau spațio-temporale. Un exemplu de interogare într-un document MPEG-7 este descris în codul următor:

```
FOR$p IN DISTINCT VALUE
LET $c=COUNT("Video/HierchicalSummary")
RETURN
  <result>
    <user>{$p}</user>
    <number of courses>$c</number of courses>
    {FOR $v in //Video, $p2 $v/HierchicalSummary
      WHERE $p=$p2
      RETURN $v/HierchicalSummary/Segment}
  </result>
```

- **SQL/XML** [38] este o extensie a SQL și a fost dezvoltat de un grup de companii incluzând IBM, ORACLE, Sybase și Microsoft. În final, a fost standardizat ca SQL partea 14 (SQL/XML) de ANSI/ISO în anul 2003. Principalul scop este de a integra XML în bazele de date relaționale. În acest sens SQL/XML propune 3 diferite părți. Prima parte propune un set de funcțiuni pentru maparea obiectelor

relaționale în documente XML. Partea a doua specifică un tip de date XML și funcții SQL pentru stocarea documentelor XML sau a fragmentelor (obiectelor) în modele relaționale. Partea a treia descrie strategii de mapare a datelor SQL în XML Schema. Nu oferă posibilități de interogare în bazele de date multiple printr-o singură interogare.

3.2.1 Premisele interogării conținutului video în MPEG-7

Așa cum am descris în capitolul 2, legat de sistemele de regăsire bazate pe conținut, acestea trebuie să combine tehnicile de regăsire a informației cu tehnicile de interogarea a metadatelor. Deși există multe cercetări legate de această zonă, problemele care apar sunt cauzate de dificultatea de adnotarea a conținutului video cu metadata și dificultatea de a formaliza criteriile la nivelul utilizatorului final. Cu toate acestea, mecanismele bazate pe interogarea cuvintelor cheie pot da rezultate satisfăcătoare. Există totuși situații în care cerințele utilizatorului final, motivează eforturile de a produce descrieri semantice, bazate pe metadata și formalizarea părților de nivel semantic înspre regăsirea datelor. Îmbogățirea conținutului cu metadata și îmbunătățirea procesului de interogare sunt astfel strâns legate. Rezultatul poartă denumirea de semantic-driven MIR (Multimedia Information Retrieval), a cărei evoluție conduce spre utilizarea tehnologiilor specifice Semantic Web [39].

Practica curentă în comunitatea de metadata este de a crește utilizarea tehnologiilor Web Semantic ca RDF și OWL. Astfel se optează spre aceste modele, ca modele semantice a metadatelor, deoarece prezintă avantaje legate de formalism. RDF este modular, un subset al tripletului RDF dintr-un graf poate fi utilizat separat, păstrând consistența modelului RDF. MPQF este un limbaj bazat pe XML, în sensul că toate instanțele MPQF (interogări și răspunsuri) trebuie să fie documente XML. Cu toate acestea, formatul de interogare este independent de scopul modelului de metadata. Inițial MPQF a fost conceput pentru a fi folosit doar de bazele de date XML. Formal MPQF este Part 12 a standardului MPEG-7, care este XML, iar scopul lui a fost de la început legat de standardul MPEG-7. Cu toate acestea, în decursul timpului, formatul de interogare a devenit neutru, adică MPQF nu este legat de un standard de metadata. Imediat după dezvoltarea formatului și aplicarea acestuia în practică, s-au constatat unele limitări, astfel încât MPQF exprima condițiile peste metadata folosind interogări XPath, dar restrângea pe cele bazate pe alte modele, în special pe cele bazate pe metadatale RDF. Aceste limitări au fost identificate în [40] și rezolvate în anul 2009, prin faptul că în prezent MPQF permite gestionarea metadatelor pe baza Semantic Web cum este RDF și OWL, dar oferă de asemenea suport pentru interogările SPARQL.

În continuare, în subcapitolul 3.2.2, descriu formatul de interogare al fișierelor MPEG-7 folosind formatul de interogare MPQF.

3.2.2 Interogarea fișierelor MPEG-7

Formatul de interogare MPQF se bazează pe XML și definește formatul interogărilor și al răspunsurilor schimbate de aplicația client și server într-o căutare multimedia. Există două avantaje legate de acest format [41]:

- Interoperabilitatea între părți într-un scenariu distribuit (furnizori de conținut, clienți).

- Independența față de platforme (oferă avantaje pentru scenarii care nu sunt distribuite)

Rezultatul este că dezvoltatorii pot construi aplicații exploatănd interogarea multimedia, independent de serviciul utilizat. O caracteristică importantă a formatului MPQF este că acesta permite exprimarea de interogări multimedia combinând atât expresivitatea informațiilor cât și regăsirea datelor în XML. De exemplu, într-o interogare se combină cuvinte cheie și interogarea QBE (QueryByExample) pentru a îndeplini cerințele utilizatorului. MPQF definește o interfață bazată pe XML (cerere - răspuns) între solicitant și un sistem de regăsire multimedia.

Ca parte a formatului MPQF, software-ul de referință vine încorporat cu un instrument de parsare și un validator pentru MPQF. Scopul principal al standardului de interogare MPQF este de a regăsi eficient și precis conținutul video. Procesul de regăsire începe odată cu interogarea efectuată de către utilizator. Prima propunere pentru MPQF a fost făcută în cadrul reuniunii MPEG din Elveția în aprilie 2006 și ilustrează propunerile pentru acest nou standard, care include formatul de intrare, formatul de ieșire și instrumente de management al interogărilor [42] (Figura 14).

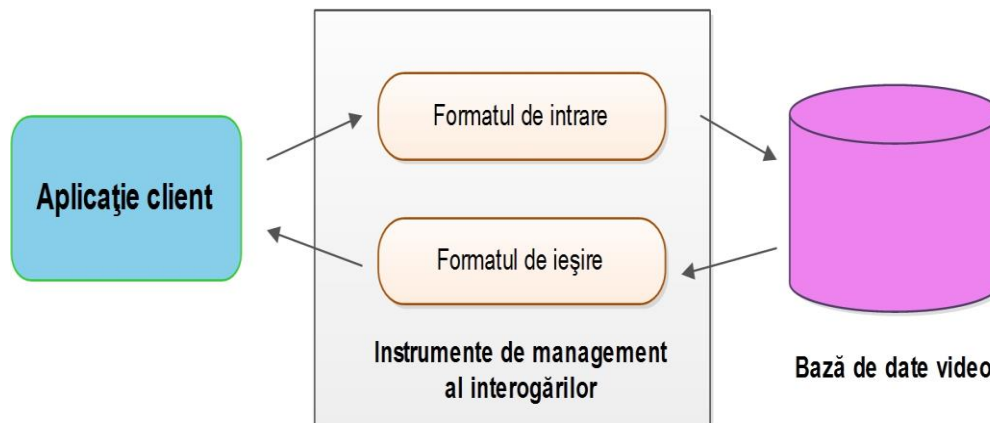


Figura 14. Formatul de interogare MPQF

Formatul de intrare al interogărilor

Partea care descrie conținutul și elementele de intrare este denumit Input Query Format (IQF) și definește sintaxa interogărilor. IQF permite specificarea unei condiții de filtrare (utilizând elementul QueryCondition) și definirea unei structuri a conținutului dorit, prin serviciul de ieșire (elementul OutputDescription). IQF permite declararea interogărilor pentru definirea resurselor reutilizabile și câmpurile de matadate, utilizând elementul QFDeclaration și setul de servicii (dacă interogarea trebuie evaluată). Tipurile de interogări în MPQF:

QuerybyMedia, specifică similaritatea sau potrivirea exactă pe baza unui exemplu de regăsire, care poate fi o imagine, un fișier video sau text. Interogările bazate pe exemplu vor returna un set de rezultate bazate pe un exemplu dat de către utilizator. O astfel de interogare este descrisă de codul următor:

```
<MpegQuery>
<Query>
```

```

<Input>
  <QueryCondition>
    <Condition xsi:type="QueryByMedia" matchtype="similar">
      <Media Resource resource ID="videosegment002">
        <Media URI>//Video/video segment</Media URI>
      </Media Resource>
    </Condition>
  </QueryCondition>
</Input>
</Query>
</MediaQuery>

```

QuerybyDescription, specifică o similitudine sau o potrivire exactă bazată pe exemplu dacă formatul multimedia se bazează pe XML. *QueryByDescription* prevede de asemenea un atribut pentru a indica criteriile de căutare cu privire la potrivirea similară sau exactă. În codul de mai jos este descrisă o interogare a descrierilor MPEG-7 care are ca și criteriu potrivirea exactă.

```

<MpegQuery>
  <Query>
    <Input>
      <QueryCondition>
        <Condition xsi:type="QueryByDescription" matchtype="exact">
          <DescriptionResource resourceID="video002">
            <AnyDescription xmlns:mp7="uri mpeg7:schema2001">
              <mp7:Mpeg7>
                <mp7:Description Unit xsi:type="mpeg7 CreationInformationType">
                  <mp7 Creation>
                    <mp7 Title>Curs java</mp7:Title>
                    <mp7:Creation Coordinates>
                      <mp7:Date>
                        <mp7:TimePoint>2013-10-10</mp7:TimePoint>
                      </mp7:Date>
                    </mp7:CreationCoordinates>
                  </mp7:Creation>
                </mp7:Description Unit>
              </mp7:Mpeg7>
            </Any Description>
          </Description Resource>
        </Condition>
      </Query Condition>
    </Input>
  </Query>

```

Interogările bazate pe text liber permite utilizatorului să caute în conținutul multimedia, descrieri textuale care au fost făcute prin adnotarea liberă de către utilizator și este exemplificat în codul următor:

```

<Mpeg7Query>
  <Input>
    <QueryCondition>
      <Condition>
        <Condition xsi:type="QuerybyFreeText">

```

```

<FreeText>Cursuri multimedia</FreeText>
<Condition xsi:type="NOT" preference value="20">
</Condition>
</QueryCondition>
</Input>
</Mpeg7Query>

```

Se observă astfel că arborele de condiții al interogărilor MPQF este construit prin combinarea condițiilor din *BooleanExpresionType* ca AND, OR, NOT și XOR împreună cu textul liber. *EvaluationPath* este o expresie opțională XPath care specifică evaluarea unui nod de metadate prin interogare. De asemenea determină structura de ieșire: un rezultat va fi returnat la fiecare evaluare dacă se potrivesc condițiile.

Următorul exemplu ilustrează un element *EvaluationPath*. Interogarea caută să returneze toate rezultatele care conțin cuvântul Timișoara în toate descrierile textuale din segmentele video. De remarcat este faptul că pentru fiecare segment care conține cuvântul, va fi returnat un rezultat diferit și este exemplificat în codul următor:

```

<MpegQuery>
<Query>
<Input>
<QueryCondition>
<EvaluationPath>/Video</EvaluationPath>
<Condition xsi:type="Equal">
<StringField typeName="CreationType">Titlu</StringField>
<StringValue>Timisoara</StringValue>
</Condition>
</QueryCondition>
</Input>
</Query>
</MpegQuery>

```

Elementul de condiție determină criteriile de filtrare pentru extragerea informațiilor formulate prin interogare de către utilizator. Poate înlocui o expresie booleană și este construit din expresii de comparație, operatori booleani și tipuri de interogări. O expresie de comparație este definită printr-o operație și doi operatori. Operațiile includ expresii ca: *GreaterThan*, *GreaterThanEqual*, *LessThan*, *LessThanEqual*, *Equal*, *NotEqual* and *Contains*. Operatorii pot fi descriși printr-o valoare a tipului de date:

```

<Condition xsi:type="Equal">
<Arithmetic Field typeName="MediaFormatType">FileSize</Arithmetic
Field>
<LongValue>1000</LongValue>
</Condition>
<Condition xsi:type="Contains">
<String Field typeName="CreationType">Title</String Field>
<String Value>MPEG Query</String Value>
</Condition>

```

Formatul de ieșire al interogărilor

Query Output Format (QOF) se ocupă cu specificarea unui format standardizat pentru rezultatele interogărilor multimedia. QOF asigură un mijloc de comunicare globală (prin elementul GlobalComment) pentru exprimarea erorilor. Acest element asigură trei nivele diferite pentru semnalizarea problemelor ca Status, Warning și Exception. Elementul RecorNumber asigură identificarea distinctă a fiecărei înregistrări, în cadrul unui set de înregistrări returnate prin interogarea dată. Este utilizat și pentru a descrie relevanța răspunsurilor în raport cu interogarea. OriginID este opțional și indică locația exprimată prin URI, a înregistrării. De exemplu atunci când există mai mulți furnizori de servicii implicați, OriginID poate fi utilizat pentru a identifica furnizorul de servicii de la care se primește rezultatul.

Instrumente de management al interogărilor

Partea de management se ocupă cu căutarea și alegerea serviciilor multimedia pentru regăsirea datelor. Acestea includ partea de căutare servicii, interogări pentru capabilități de servicii și descrieri ale capabilităților. O cerere de management poate fi utilizată pentru a găsi servicii adecvate sau servicii individuale pentru capabilitățile de servicii. Răspunsul poate conține rezultatul cererii inițiate de către solicitant. În cazul în care nu este disponibil nici un serviciu sau nu există o potrivire cu cererea, un element gol, de ieșire, va fi returnat. Sunt acceptate următoarele elemente:

- SupportedQFProfile, descrie profilul formatului de interogare.
- SupportedMetadata, descrie metadatele care pot fi procesate de un anumit serviciu.
- SupportedExampleMediaTypes și SupportedResultMediaTypes, indică formatele media care sunt sprijinite de un anumit serviciu pentru prelucrare și răspunsuri.
- SupportedQueryTypes și SupportedExpressions, descriu tipuri de interogări și expresiile susținute de o condiție de căutare.
- UsageConditions, descrie condițiile de utilizare a unui serviciu.

În corelație cu cele prezentate, am identificat următoarele tipuri de cerințe, necesare pentru interogarea și regăsirea datelor video pentru standardul MPQF:

- Cerințe care să asigure căutarea simultană în bazele de date multiple, efectuate pentru o singură interogare, să accepte formate media diverse, să asigure capabilități de interogare bazate pe descriptorii MPEG-7, scheme de descriere și criterii diverse de căutare.
- Cerințe pentru limbajul de interogare, ce trebuie să asigure prin intermediul Input Query Format, mijloace de regăsire pe baza diverselor tipuri de interogări, ca descrieri textuale, text liber, relații spațio-temporale, interogări bazate pe combinații booleene. De asemenea, interogări bazate pe preferințele utilizatorului, istoricul de utilizare, rezultate bazate pe preferințele utilizatorului.

3.3 Clasificarea bazelor de date XML

Standardul MPEG-7 descrie conținutul multimedia bazat pe schemele de descriere și extragerea caracteristicilor de nivel jos, dar și înalt, al datelor video. Este important ca în căutarea video să utilizezi un sistem de management care să fie capabil să stocheze și să regăsească descrierile făcute prin intermediul MPEG-7.

Aceste descrieri se bazează pe limbajul XML și utilizează limbajul de definire al descrierilor (DDL), o extensie a XML Schema. Putem considera că XML și tehnologiile asociate constituie o bază de date în sensul general al cuvântului, adică o colecție de date. XML oferă multe din avantajele bazelor de date: stocare (documente XML), scheme (DTD-uri, scheme XML), limbaje de interogare (XQuery, XPath, XQL, XML-QL) și poate fi accesat prin intermediul unor interfețe de programare ca SAX sau DOM. Totuși, multe componente ale bazelor de date convenționale: stocare eficientă, indecși, securitate, tranzacții și integritatea datelor, accesul multi-user, triggeri, interogări făcute pe mai multe documente, lipsesc. Astfel, se pot folosi documente XML ca o bază de date într-un mediu cu cerințe modeste și date puține, dar această soluție nu este viabilă într-un mediu pentru producție în masă, unde există mulți utilizatori, cerințe stricte de integritate a datelor și nevoia de o performanță bună.

Documentele XML pot fi clasificate în două mari categorii: documente orientate spre date (data oriented XML documents) și documente orientate spre documente (document oriented XML documents) [43].

Documentele orientate spre date sunt documentele care utilizează XML la nivelul transport de date. Aceste date sunt de regulă consumate de către mașina și se caracterizează în primul rând printr-o structură regulată, cu granularitate mare. Exemple de documente orientate spre date sunt: rezervări de locuri, date științifice sau pagini *Web* dinamice. De regulă acest tip de documente nu necesită utilizarea bazelor de date native XML ca format de stocare, ci a bazelor de date relaționale sau orientate obiect cu suport pentru XML, împreună cu un software de transfer a datelor. Conținutul acestor documente mai este cunoscut sub denumirea de date structurate.

Documentele orientate spre document sunt destinate de regulă consumului uman. Acestea sunt: cărțile, cursurile electronice, textele publicitare, articolele sau chiar orice alt document XHTML și se caracterizează printr-o structură neregulată, conținut preponderent mixt, granularitate mică (la nivelul unui element cu conținut mixt sau chiar întreg documentul). Documentele orientate spre document sunt editate manual în XML sau convertite în XML din alte formate (PDF, RTF), conținutul acestora nefiind preluat dintr-o bază de date, așa cum este cazul documentelor orientate spre date. Acestea formează datele nestructurate.

3.3.1 Baze de date native XML

O bază de date nativă XML asigură un model și facilități de gestionare al documentelor XML. Facilitățile oferite sunt de utilizare a colecțiilor de documente, unde colecțiile reprezintă tabele (în modelul relațional) sau director (sistemul de fișiere) și de indexare (value/structural/full-text indexes). McGovernan [44] clasifică o bază de date nativă XML ca un spațiu de stocare al documentelor XML și oferă mijloace de manipulare, inclusiv căutarea, inserarea, actualizarea și ștergerea. O altă abordare este dată în lucrarea [45] care descrie bazele de date native ca o soluție specifică pentru dezvoltarea datelor semistructurate. Stocarea și regăsirea documentelor XML se bazează pe un model de date. Documentele se stochează în baze de date native XML ori în sisteme de management al conținutului. Bazele de date XML sunt baze de date proiectate special, pentru a stoca documente XML, unitatea fundamentală de stocare (logică) este documentul XML. Totuși, aceste reguli nu sunt stricte. Datele pot fi stocate în baze de date native XML și documentele pot fi stocate în baze de date tradiționale atunci când nu sunt necesare foarte multe caracteristici specifice XML. Pentru transferarea datelor între

documente XML și o bază de date, este necesară maparea schemei documentului XML (DTD, Scheme XML) pe schema bazei de date. Software-ul pentru transferul de date este construit peste această mapare.

Tamino [46] reprezintă una dintre soluțiile de baze de date native XML și are la bază trei concepte principale. Componenta principală a Tamino este X-Machine care este responsabil de stocarea și interogarea datelor pe baza limbajului de interogare XQuery. Tamino asigură diferite tipuri de indexare bazată pe text, valoare și structură.

O bază de date nativă XML se caracterizează prin:

- Existența unui model pentru documentul XML, iar datele sunt stocate și extrase conform aceluși model.
- Are un document XML ca unitate fundamentală de stocare.
- Nu este necesară existența unui model particular de stocare.

Există anumite diferențe între bazele de date relaționale și cele XML, diferențe care sunt descrise în tabelul următor.

Baze de date relaționale	Baza de date nativă XML
O bază de date relațională conține tabele	O bază de date XML conține colecții
O bază de date relaționale conține înregistrări având aceeași schemă	O colecție conține documente XML având scheme identice definite
O înregistrare reprezintă o listă neordonată de valori identificate prin nume și având tipuri apriori stabilite	Un document XML reprezintă un arbore de noduri ce poate include date semistructurate
O interogare întoarce un set neordonat de înregistrări	O interogare întoarce o secvență ordonată de noduri

Tabelul 2. Baze de date relaționale vs. baze de date XML [47]

În general, produsele software care folosesc XML și bazele de date se împart în mai multe categorii: aplicații middleware, baze de date cu support pentru XML, baze de date native XML, servere XML, aplicații de tip wrapper, sisteme de gestiune a conținutului, motoare de interogare XQuery, aplicații de asociere XML. Bazele de date native XML se pot clasifica în: baze de date native cu stocarea bazată pe text, care păstrează documentul în forma text și pune la dispoziție funcționalități de tip baze de date, și baze de date native XML cu stocarea bazată pe model, care pastrează un model binar al documentului în cadrul unui sistem de baze de date.

În cadrul unui sistem de e-learning bazele de date native XML pot fi utilizate în:

- Stocarea obiectelor educaționale și a ontologiilor.
- Stocarea metadatelor asociate obiectelor educaționale.
- Stocarea regulilor de navigare.

Odată cu dezvoltarea aplicațiilor care folosesc documente XML, necesitatea stocării și gestionării acestora în mod eficient, s-a materializat printr-o serie de aplicații *software* de baze de date native XML comerciale și *open-source*. Sistemele de gestiune a bazelor de date native XML trebuie să ofere funcționalitățile specifice unui sistem tradițional de baze de date, și anume stocarea (documentele XML), scheme (DTD, XML Schema), limbaje de interogare (XQuery, XPath, XQueryX) și actualizare, precum și interfețe de programare (DOM, SAX, JDOM), indexare, securitate, gestiunea tranzacțiilor, integritate referențială.

3.3.2 Extensii ale bazelor de date XML

Principala diferență în contrast cu bazele de date native XML o reprezintă modul de stocare al documentelor. Sunt descrise diverse moduri de stocare, descrise în [48]:

- Stocarea nestructurată, reprezintă cea mai simplă cale de a stoca documentele XML. Documentul întreg este stocat într-o reprezentare textuală sub forma unui obiect caracter (CLOB). Pentru stocarea și gestionarea documentelor XML, ORACLE a introdus XMLTYPE.
- Stocarea structurată se bazează pe extragerea unui meta-model pentru a reprezenta structura și conținutul documentelor XML și o bază relațională.
- Bazată pe mapare prin utilizarea DTD sau XML Schema pentru a crea o schemă echivalentă de baze de date. Există mai multe abordări pentru bazele de date: relaționale [49], obiectual-relațional [50] și orientată pe obiect.

O primă abordare legată de mapare este inițiată în lucrarea [51] care propune o bază de date XML bazată pe o abordare obiect-relațional. Principalul dezavantaj îl constituie cantitatea mare de date redundante care duc la performanțe slabe legate de interogare. O altă abordare [52] este de a mapa DTD sau XML Schema sub forma unei baze de date obiect-relațional. Tipurile de date simple sunt mapate ca tipuri de date SQL (VARCHAR, NUMBER). Modelul de depozitare fizică (datele) poate varia de la soluții de stocare relaționale, orientate pe obiect sau ierarhice. Datele pot fi accesate în format XML prin sisteme XML-enabled. Ca și bazele de date native XML bazate pe text, e probabil că și cele bazate pe mapare să întâmpine probleme de performanță la recuperarea și returnarea datelor, cum ar fi inversarea ierarhiei sau a unor porțiuni a ei.

Maparea bazată pe tabele

Maparea bazată pe tabele este folosită de aplicații care efectuează transferul de date între un document XML și o bază de date relațională. Aceasta modelează un document XML ca o singură tabelă sau ca un set de tabele. În funcție de software, datele din coloane pot fi stocate ca elemente descendente sau ca attribute. În plus, produsele care folosesc mapări bazate pe tabele, de multe ori includ metadata fie la începutul documentului, fie ca attribute asociate fiecărui element din tabelă sau coloană.

Maparea obiectual-relațională

Maparea obiectual-relațională este folosită de către toate bazele de date relaționale care suportă XML și anumite produse middleware. Aceasta modelează datele din documentul XML ca un arbore de obiecte în care sunt specifice datele din document. În acest model, tipurile de elemente cu attribute sunt în general modelate în clase. Modelul este apoi mapat în bazele de date relaționale folosind tehnici de mapare obiectual-relaționale tradiționale. Astfel clasele sunt mapate pe tabele, proprietățile scalare pe coloane iar proprietățile cu valori obiect sunt mapate pe perechi de chei primare/chei străine.

În cadrul standardului MPEG-7, instrumentele de descriere semantică pot fi utilizate pentru a descrie concepte despre viața reală sau lumi narative, care includ

obiecte, evenimente, timp. Aceste instrumente pot fi utilizate pentru a descrie atributele semantice și relațiile semantice. O reprezentare schematică a celor descrise este ilustrată în figura 15.

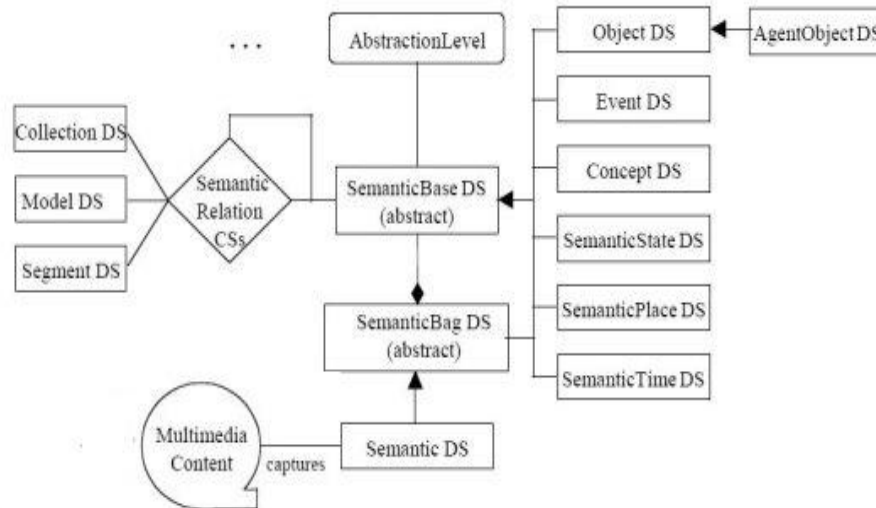


Figura 15. Organizarea semantică a conținutului MPEG-7 [53]

Principalele trei instrumente semantice utilizate pentru descrierea conținutului sunt:

- Entități semantice: obiecte, evenimente, concepte, timp
- Atribute semantice legate de abstractizarea descrierilor semantice în timp și spațiu
- Relații semantice

Descrierea conținutului video, bazat pe scheme de descriere, este organizată în jurul unui segment care reprezintă structura spațială, temporală și semantică a conținutului. Segmentele pot fi descrise pe baza unor caracteristici folosind descriptorii MPEG-7 de nivel jos și înalt ale conținutului. SemanticDS implică entități cum ar fi obiectele, evenimentele, conceptele într-o structură temporală și spațială. Astfel SemanticTimeDS și SemanticPlaceDS descriu locul și timpul într-o lume narativă. Bazat pe schemele de descriere și descriptorii MPEG-7, în continuare am propus o schemă care mapează descriptorii semantici, definiți pe baza schemelor de descriere, sub forma unei baze de date relaționale care este descrisă în figura 16.

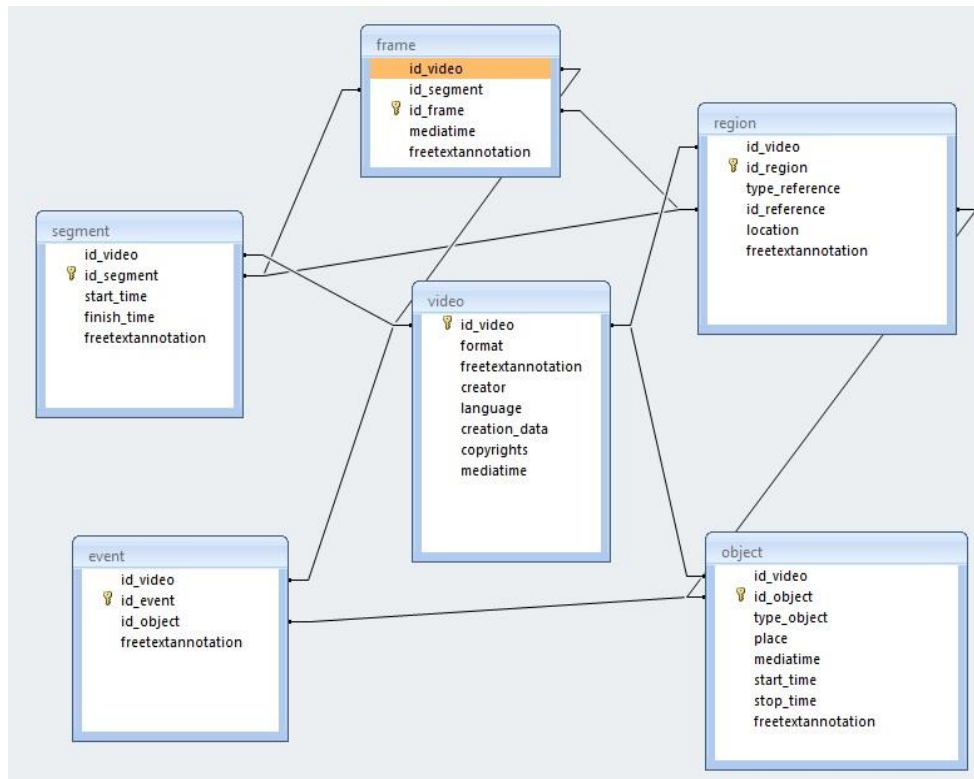


Figura 16. Schema propusă pentru baza de date MPEG-7

3.4 Concluzii și contribuții

MPQF oferă un standard modern pentru interogarea bazelor de date MPEG-7, oferind abordări flexibile și interoperabilitate pentru formate diverse de date. Oferă un format standardizat care permite regăsirea informației, pe baza unui set precis de parametri de intrare și un set precis de parametri de ieșire. Limbajele de interogare disponibile ca XPath, XQuery, SQL/XML prezintă unele limitări legate de interogarea multimedia MPEG-7. Astfel, am realizat o analiză referitoare la limbajele de interogare specifice XML, punând accentul pe avantajele și dezavantajele oferite de acestea, în raport cu interogarea specifică MPEG-7. Dezavantajele majore ale acestor limbaje sunt descrise prin faptul că nu oferă posibilități pentru interogările multiple ale bazelor de date MPEG-7, nu oferă suport pentru interogările multimodale. Un limbaj de interogare trebuie să asigure suport pentru descrierile MPEG-7. Prin cerințele specificate prin intermediul Input Query Format și Output Query Format, MPQF oferă mijloace de regăsire pe baza diverselor interogări ca descrieri textuale, text liber și combinații booleene.

Am descris bazele de date XML prin prisma celor două abordări principale legate de bazele de date XML, prima se bazează pe găsirea unor platforme potrivite pentru stocarea XML, iar a doua se concentrază pe maparea DTD și XML Schema în baze de date relaționale, orientate pe obiect. Bazele de date native XML oferă o

reprezentare și accesare bună pentru descrierile MPEG-7, dar prezintă lipsuri legate de extensibilitate în sprijinul SGDB, deci nu asigură suportul necesar pentru indexarea multimedia. În contrast, extensiile bazelor de date XML au avantajul că sunt dezvoltate pe tehnologiile tradiționale ale bazelor de date și, prin urmare, oferă posibilități de extensibilitate cu alte baze de date, în zona de indexare și îmbunătățire a funcționalității. În acest context, am propus o bază de date relațională, care mapează descriptorii semantici MPEG-7, cu scopul de a avea un acces rapid și eficient la informație.

O parte din cercetarea prezentată în acest capitol a fost descrisă în lucrarea [54].

4. Modelarea conținutului video

4. Modelarea conținutului video	52
4.1 Introducere	52
4.2 Modelarea conținutului video bazată pe ontologii	52
4.3 Clasificarea ontologiilor	54
4.4 Limbajul RDF, RDFS și OWL	56
4.5 Metodologii și instrumente de proiectare a ontologiilor	62
4.6 Concluzii și contribuții	64

În acest capitol abordez concepte generale legate de modelarea conținutului video bazat pe ontologii. Am descris limbajele RDF, RDF(S) și OWL, clasificarea ontologiilor iar în partea finală am prezentat metodologiile și instrumentele necesare pentru proiectarea ontologiilor, urmând ca o ontologie specifică domeniului educațional pentru documentele video, să fie detaliată în capitolul următor.

4.1 Introducere

O funcționalitate importantă o reprezintă capacitatea de a accesa conținutul permițând astfel utilizatorului să interacționeze cu acesta. Abordarea legată de adnotarea manuală suferă de subiectivitatea celui care face adnotarea. Având în vedere volumul mare de informații pe care îl conține un document video, este necesar ca în procesul de analiză și adnotare al conținutului, utilizatorul să fie canalizat în acest proces. Acest lucru se realizează prin utilizarea ontologiilor. Susținută de apariția web-ului semantic, nevoia de partajare, formalismul de reprezentare al cunoștințelor a dat naștere la soluții avansate de modelare a cunoștințelor, bazate pe ontologii specifice domeniului. Ontologiile specifice domeniului trebuie să conțină structuri bine determinate, astfel încât acestea să fie ușor de integrat în cadrul standardelor multimedia. De asemenea, este important ca în cadrul aplicațiilor multimedia avansate, să se utilizeze aceleași ontologii peste diferite formate multimedia. Un avantaj major în utilizarea ontologiilor specifice domeniului îl constituie faptul că acestea îmbunătățesc performanța de recuperare a datelor [55].

4.2 Modelarea conținutului video bazată pe ontologii

"O ontologie reprezintă conceptualizarea unui domeniu de cunoaștere într-un format destinat de a fi procesat de calculatoare, format ce modelează entități, atribute, relații și axiome " [Gruber] **Error! Reference source not found..** Prin ontologii [56] se permite o înțelegere comună a unui domeniu, oferind astfel sprijin în adnotarea și interogarea conținutului.

Încă de la începuturile sale, inteligența artificială a încercat să dezvolte sisteme care să aibă puterea de a genera și utiliza mecanisme de raționament automatizate. Aceste mecanisme sunt cunoscute ca baze de cunoștințe (BC), care cuprind seturi de termeni și axiome pentru a interpreta cunoștințele și pentru a descrie informațiile. Ontologiile pot diferi în ceea ce privește scopul și contextul utilizării conținutului. Astfel, se pot crea ontologii specializate, folosite în domenii de interes, dar și ontologii generale. Cu ajutorul ontologiilor se pot specifica modele conceptuale, adică modele ale unui domeniu care sunt reprezentate de concepte primare, relații între concepte, atribute și reguli de asociere. Se pot folosi diverse limbaje de specificare care se bazează pe logici de descriere cum ar fi RDFS, OWL. Un alt mod de reprezentare al conținutului se poate face utilizând folksonomiile, care reprezintă o modalitate informală de a reprezenta conținutul și sunt folosite în comunitățile de utilizatori. Termenul provine din cuvintele „folk”, care înseamnă popular și „taxonomy”, adică taxonomie. Folksonomiile sunt create de utilizatori cu scopul de adnotare a conținutului, acesta nu pretinde nici o formă de modelare formală. Metodologia de construcție este simplă și diferită de ontologie, fiind lipsită de orice formalism. Ontologiile pot proveni sau pot fi salvate sub formă de scheme XML, scheme de baze de date, diagrame UML.

Cu toate acestea, acest limbaj nu permite reprezentarea semantică a unui document, astfel încât acesta să fie ușor de înțeles și manevrabil de către aplicațiile software. Reprezentarea datelor sub formă de graf este un mod abstract pentru analiza datelor de către oameni, dar nu poate fi utilizat de către aplicații. Transmiterea datelor între aplicații poate fi realizată prin serializare, care furnizează o metodă de conversie a grafurilor într-un fișier text sau flux de date. Prin ontologii, un sistem informațional va exprima entități cheie și relațiile dintre acestea. O ontologie bazată pe cunoaștere poate fi utilizată pentru analiza conținutului și pentru recunoașterea conceptelor, pentru a permite căutarea și regăsirea conținutului.

Abstractizarea semantică a conținutului video reprezintă o condiție prealabilă pentru a permite o regăsire eficientă a conținutului video. Există două provocări principale legate de acest aspect: extragerea semanticii și prelucrarea acesteia pentru a determina relevanța interogărilor efectuate de către utilizator. Un cadru general pentru modelarea conținutului video este ilustrat în figura 17, acesta permite adnotarea semantică a conținutului video și generarea unui fișier ce conține adnotările corespunzătoare documentului video.

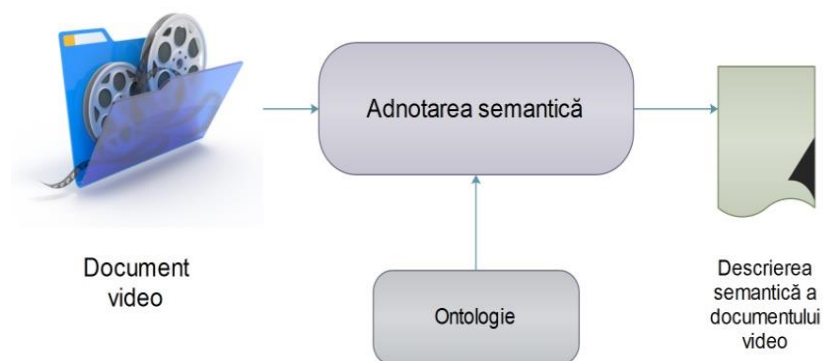


Figura 17. Adnotarea semantică

Conform cu abordarea propusă, ontologia oferă conceptualizarea și vocabularul necesar pentru adnotarea conținutului video. De obicei, o ontologie identifică clasele de obiecte care sunt importante pentru domeniul de interes și organizează aceste clase într-o taxonomie. Fiecare clasă va fi caracterizată prin proprietăți și relații între clase sau instanțe ale claselor. Susținută de viziunea Semantic Web, limbajele DAML+OIL și OWL au fost propuse de W3C cu scopul de a asigura suport în dezvoltarea, utilizarea și reutilizarea cunoștințelor.

Prin urmare, adnotarea bazată pe ontologii presupune avantaje semnificative în căutarea și regăsirea conținutului bazat pe semantică, performanțele de analiză fiind îmbunătățite, deoarece definițiile ontologiei permit diferențierea între obiecte, atunci când caracteristicile vizuale nu sunt suficiente. În continuare voi face o clasificare a ontologiilor, urmat[de descrierea limbajelor RDF, RDF(S) și OWL.

4.3 Clasificarea ontologiilor

O ontologie reprezintă un set structurat de concepte. Conceptele sunt organizate sub forma unui graf ale căror relații pot fi:

- relații semantice;
- relații de compoziție și moștenire.

În contextul Inteligenței Artificiale (IA) nu există o definiție comună a ontologiei [57]. Unul dintre motivele invocate este acela că ontologiile pot fi găsite în mai multe domenii de studiu, baze de date, reprezentarea cunoștințelor, sisteme de regăsire a informațiilor. Scopul ontologiilor este a permite partajarea cunoștințelor și reutilizarea acestora.

Conform [58], ontologiile pot fi clasificate după nivelul de expresivitate și formalitate astfel:

- Ontologii de informații, sunt compuse din diagrame și schițe utilizate pentru a clarifica și organiza ideile colaboratorilor în dezvoltarea unui proiect. Introduc concepte, instanțe și relațiile dintre acestea cu scopul de a oferi o privire de ansamblu asupra stadiului unui proiect.
- Ontologii lingvistice pot conține glosare de termeni, dicționare, vocabulare controlate, taxonomii, folksonomii, tezaure sau baze de date lexicale.
- Ontologii software sunt utilizate în activități de dezvoltare soft, pentru a garanta consistența, stocarea și manipularea datelor. Ontologia este utilizată pentru a descrie un anumit sistem, împreună cu restricțiile necesare formalizării modului de lucru.
- Ontologii formale, impune reguli clare pentru a defini conceptele, relațiile dintre acestea. Pentru a îndeplini aceste limitări se utilizează logica descriptivă.

Un aspect important pe care o ontologie îl poate aduce, este cel al nivelului de descriere și se clasifică în [59].

- **Vocabulare** - care reprezintă forma cea mai simplă a unei ontologii. O schemă XML poate fi definită ca fiind o ontologie de nivel 0.
- **Taxonomii** - permite specificarea de relații între obiecte, clase și subclase.
- **Tezaur** - reprezintă o taxonomie care are atașată o mulțime de termeni înrudiți conform unor relații de echivalență, omografie (un termen se scrie la fel ca altul, dar are altă semantică), ierarhie, asociere.

- **Sistem relațional** - descrie existența relațiilor non+ierarhice, nu implică nici o ierarhie între clase.
- **Teoria axiomatică** - prin existența unor constrângeri în cadrul unei ontologii numite axiome.

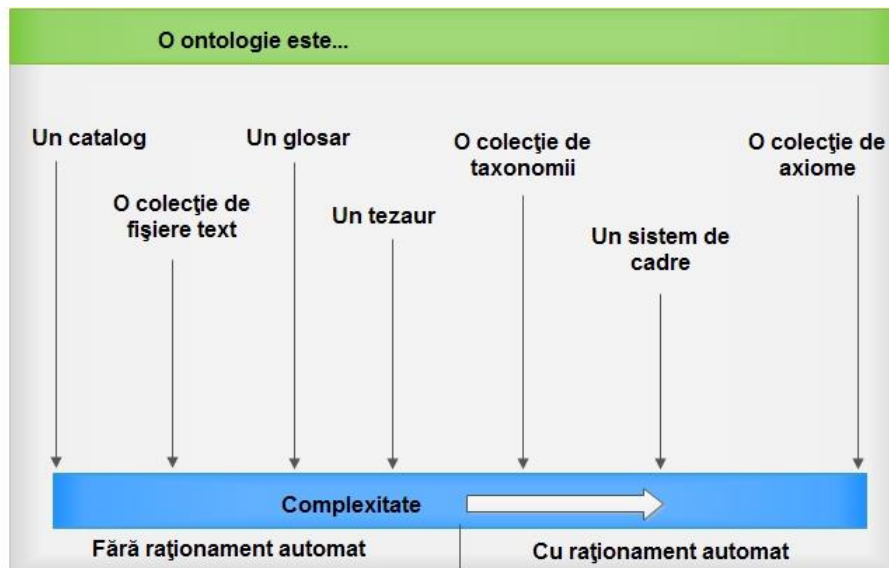


Figura 18. Definiția unei ontologii [60]

Cu ajutorul ontologiilor, se poate specifica un model conceptual, adică un model al unui domeniu de cunoaștere care este reprezentat de: concepte primare, relații între concepte, attribute/proprietăți ale conceptelor și reguli de asociere. Astfel sunt identificate patru tipuri de ontologii, clasificate astfel [61]:

- **Ontologii de nivel înalt** - mai sunt numite și "ontologii superioare", conțin concepte generale, indiferent de domeniul de aplicare și servesc scopurilor unei comunități largi.
- **Ontologii de domeniu** - sunt dedicate pentru anumite domenii specifice, pot fi utilizate și reutilizate pentru sarcini specifice domeniului.
- **Ontologii specifice unor aplicații** - conțin cunoștințe dedicate unor anumite aplicații, referindu-se la specializarea unei ontologii specifice unui domeniu..
- **Ontologii specifice unei sarcini** - se mai numesc și ontologii orizontale și se aplică unei sarcini sau grup de sarcini înrudite.

Ontologiile furnizează vocabulare proprii și un domeniu cu un grad variabil de formalizare, prin specificarea conceptelor și a relațiilor. Sowa în lucrarea sa [62] descrie ceea ce va include o ontologie:

- Categoriile, conceptele fundamentale - în teoria bazelor de date, categoriile sunt numite domenii sau tipuri și sorturi în cadrul Inteligenței Artificiale.
- Proprietățile conceptelor sau attribute - acestea specifică faptul că fiecare concept are asociat diverse proprietăți (attribute), care pot fi aplicabile numai claselor pentru care au fost definite.

- Relații și distincții între concepte - pot fi exprimate folosind arborii și grafurile. În specificarea relațiilor și a proprietăților pot intervenii metadatae, care pot adăuga informații suplimentare.

4.4 Limbajul RDF, RDFS și OWL

Obiectivul modelării unui document video este de a permite o exploatare eficientă a conținutului de către om și prin intermediul aplicațiilor. Dacă această aplicație permite indexarea conținutului, atunci este necesar ca formalismul de reprezentare să permită definirea necesității exprimate de către utilizator. Astfel, formalismul definește o reprezentare care poate fi liniară sau sub forma unui graf care să descrie structura și conținutul documentului, și trebuie să fie ușor de înțeles atât de oameni cât și de aplicații.

Conform viziunii WEB Semantic, propusă de către T. Bernes-Lee [63] este prezentat modul în care diferite tehnologii sunt construite una peste alta, cu scopul de a extinde capacitățile semantice și unde limbajul XML oferă o metodă de structurare a datelor, ca apoi să construiască legături între ele.

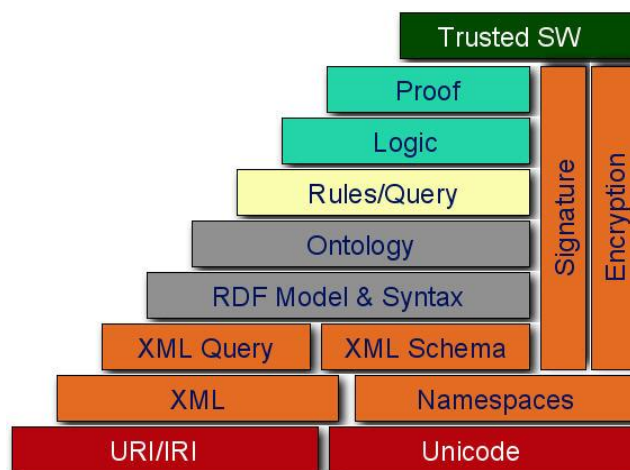


Figura 19. Semantic WEB

RDF (Resource Description Framework)

RDF [64] este primul strat specific Web Semantic și este un cadru menit să proceseze metadatale, oferind interoperabilitate între diverse aplicații care fac schimb de informații, cu rolul de a înțelege semantica de către mașină. RDF folosește limbajul XML pentru reprezentarea sintactică a metadatelor. Unul dintre scopurile cadrului este de a face posibilă specificarea semantică a datelor bazate pe XML printr-o metodă standardizată. Pentru a facilita definirea datelor RDF, va fi necesar un sistem de clase similar celui din programarea orientată pe obiect. Clasele sunt organizate ierarhic, iar o colecție de clase se numește schemă, iar pentru a crea scheme noi ne bazăm pe schema de bază. Modelul de bază este tripletul resursă, proprietate, declarație și este descris în figura 20.



Figura 20. Tripletul RDF

Datele descrise de expresiile RDF sunt denumite resurse. O resursă poate fi o pagină web completă desemnată printr-un URL, o parte a unei pagini Web sau un obiect care poate să nu fie accesibil prin Web. Resursele sunt specificate prin URI și un identificator. Prin proprietate se înțelege o caracteristică, un atribut sau o relație pentru a desemna resursa.

Fiecare proprietate posedă: semantică, un set de valori, tipuri de resurse, set de relații cu alte proprietăți. O anumită resursă împreună cu proprietatea sa ce are asignată o valoare formează o declarație. Obiectul declarației poate desemna o altă resursă sau un literal (un tip de primitiv de date sau un șir de caractere). În modelul RDF un literal poate conține marcaje XML care însă nu va fi evaluat de procesorul RDF.

```
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
<rdf:Descriptionrdf:about="http://www.youtube.com/watch?v=VBmMv"
<bib:titlu>Run the world</bib:titlu>
<bib:autor>
<rdf:Description> rdf:about="mailto:beyonce@gmail.com">
<bib prenume>Beyonce</bib prenume>
</rdf:Description>
</bib:autor>
</bib:titlu>
</rdf:Description>
```

Declarația proprietăților (atributelor) unor resurse și semantica asociată se realizează prin intermediul schemelor. După cum am precizat mai sus, o declarație (instrucțiune) rdf combina: un subiect, un predicat și o valoare (obiect). Există mai multe extensii pentru RDF, acestea fiind descrise în [65]:

- Vocabular de metadata: DCMI (Dublin Core Metadata Initiative), care creează unele predicate predefinite ce descriu documentele.
- Vocabular FOAF (Friend Of A Friend), pentru a descrie persoane și relațiile unei persoane cu alte persoane (utile mai ales pentru site-urile de "social networking").
- Vocabular SIOC (Semantically-Interlinked Online Communities), pentru a stabili relații între comunități virtuale.
- Vocabular DOAP (Description Of A Project) - pentru a preciza date privitoare la un proiect
- Vocabular Adobe XMP (Extensible Metadata Platform), pentru a asocia date la documentele hipermediaRDF, poate fi astfel un limbaj de specificare a schemelor.

Cadrul RDF face posibilă reprezentarea cunoștințelor pentru:

- Inspectarea resurselor, oferind capacități motoarelor de căutare.
- Catalogarea datelor pentru descrierea și evaluarea conținutului și relațiilor dintre diverse informații stocate într-o bibliotecă electronică, site web.
- Agenți inteligenți, facilitând schimbul și partajarea cunoștințelor.
- Descrierea drepturilor de proprietate intelectuală a paginilor Web.

- Securitatea personală sau generală a datelor (oferind suport pentru semnături digitale utile în comerțul electronic, tranzacții economice).

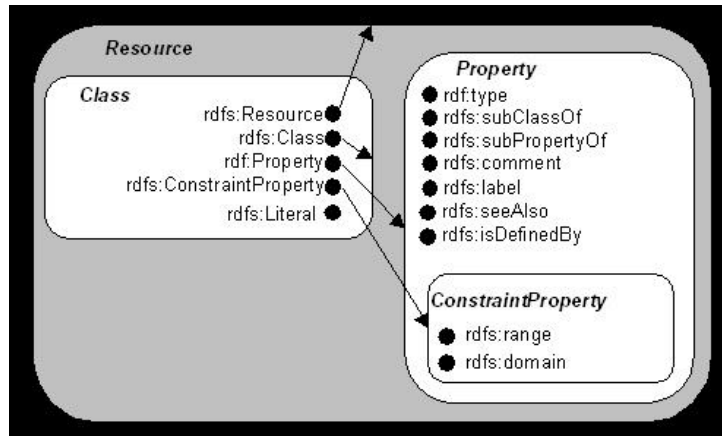


Figura 21. Clase și proprietăți RDF

Clasele fundamentale în RDF sunt ilustrate în figura 21:

- *rdfs:Resource* - definește clasa resurselor, corespunzând conceptului de obiect din limbajele de programare orientată pe obiect.
- *rdfs:Class* - corespunde conceptului general de tip sau categorie. Când o schemă definește o nouă clasă, resursa reprezentând acea clasă trebuie să aibă proprietatea *rdfs:type* a cărei valoare este resursa *rdfs:Class*.

O schemă poate declara anumite restricții asociate claselor și proprietăților. restricțiile fundamentale în RDF sunt:

- *rdfs.ConstraintResource*, ce definește o sub-clasă a *rdfs:Resource* ale cărei instanțe sunt construcții de scheme.
- *rdfs:Range*, este utilizată pentru a restricționa valorile unei proprietăți. Valoarea lui *range* este întotdeauna o clasă.
- *rdfs:Domain*, specifică o clasă ce este asociată ca valoare unei proprietăți.

RDF Schema

RDF(S) [66] extinde vocabularul RDF cu scopul de a permite descrierea claselor de taxonomie și a proprietăților. De asemenea, extinde definiții pentru câteva elemente din RDF, de exemplu stabilește domeniul și proprietățile legate de clasele RDF și proprietățile din taxonomie, folosind vocabulare RDF(S). RDF(S) conține definiții și restricții de utilizare a proprietăților. Fiecare predicat este identificat printr-o schemă unică. RDF(S) pune la dispoziție maniere de specificare a claselor și proprietăților, obiectelor, în contextul utilizării unui vocabular. Toate resursele pot fi împărțite în grupuri numite clase. Clasele sunt, de asemenea, resurse și sunt identificate prin URI și pot fi descrise folosind proprietățile. Un membru al unei clase este instanță a clasei, folosind proprietatea *rdfs:type*. Un set de instanțe este o extensie a clasei iar două clase diferite pot conține același set de instanțe. Deci în RDF(S) o clasă poate fi o instanță a unei clase.

Concluzia este că RDFS încearcă să construiască un limbaj pentru descrierea de vocabulare comune, cu termeni bine definiți pentru descrierea resurselor (subiect, predicat, obiect).

OWL (Web Ontology Language)

Limbajul OWL [67] extinde limbajele RDF și RDFS. Scopul este de a aduce o putere sporită de raționament în descrierile logice. La fel ca și RDF, OWL face posibilă descrierea conceptelor dar în plus, oferă multe alte facilități. Are un set mai bogat de operatori (de exemplu: și, sau, negare). Se bazează pe un model logic diferit care dă posibilitatea conceptelor să fie definite și în același timp descrise. Concepte complexe pot fi definite pornind de la concepte simple. Mai mult, modelul logic permite utilizarea unui reasoner care verifică dacă toate definițiile și declarațiile din ontologie sunt mutual consistente și poate de asemenea, recunoaște ce concepte se potrivesc și sub care definiții. Reasoner-ul ajută astfel, la menținerea unei ierarhii corecte. Această ierarhie este folositoare atunci când lucrăm cu clase ce au mai mult de un părinte. Limbajul OWL a fost dezvoltat de consorțiul WEB, pe baza limbajului DAML+OIL, ajungând la ora actuală să reprezinte recomandarea oficială de limbaj pentru ontologii din partea consorțiului. Asemănător cu limbajul OIL, OWL este de asemenea structurat pe niveluri. Limbajul OWL este deci, extinderea sintactică a RDFS, pe când RDFS este atât extinderea semantică dar și sintactică a RDF. Pentru a depăși această problemă sunt definite trei niveluri de specificare a ontologiilor:

- OWL Lite – exprimă constrângerile și ierarhiile de clasificare, efectuează raționamente simple.
- Nivelul OWL DL are ca scop principal oferirea unei expresivități crescute, fără a se pierde completitudinea computațională. Modelul teoretic al acestui nivel este bazat pe logica descriptivă.
- OWL Full – nu are constrângeri de expresivitate și nu pune probleme de completitudine.

Ontologiile OWL sunt compuse din clase, instanțe de clase și relațiile dintre aceste instanțe. OWL oferă posibilitatea descrierii claselor din care fac parte indivizi specifici și a proprietăților care-i caracterizează, prin construcții bazate pe XML. La nivelul OWL Full o clasă reprezintă un obiect din domeniul reprezentat de ontologia modelată. Fiecare dintre limbajele prezentate mai sus este o extensie a celui aflat pe nivelul imediat inferior. Între ele au loc următoarele relații:

- Orice ontologie exprimată în OWL Lite poate fi exprimată și în OWL DL.
- Orice ontologie exprimată în OWL DL poate fi exprimată și în OWL Full.
- Orice ontologie validă deductibilă în OWL Lite este validă și în OWL DL.

În comparație cu filosofia unui sistem de management al bazelor de date, OWL nu impune o cunoaștere a-priori a domeniului de interes. Clasele și atributele pot fi specificate în forme diferite, iar declarațiile privitoare la indivizi nu trebuie obligatoriu să fie incluse în același document în care s-a specificat ontologia. O clasă particulară poate fi derivată din una mai generală, prin intermediul unei construcții *rdfs:subClassOf*.

Clasa cea mai generală în owl este *owl:Thing*, care este rădăcina ierarhiei de clase din owl (deci fiecare clasă definită în owl este subclasă a acestei clase), iar identificarea ei este:

`rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"`

O altă clasă predefinită este clasa *owl:Nothing*, care nu are instanțe și este o subclasă a oricărei clase definite în owl, iar identificarea ei este:

`rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Nothing"` Echivalența dintre clase se definește prin *owl:equivalentClass* iar cea între proprietăți prin *owl:equivalentProperty*. Aceste construcții sunt utile pentru a conecta *ontologii independente*. Un mecanism similar se aplică și în cazul indivizilor, prin intermediul elementului *owl:sameAs*. De asemenea, OWL oferă posibilitatea de a defini colecții de indivizi distincți prin intermediul *owl:distinctMembers*.

Proprietățile în OWL, sunt relații binare care pot specifica fapte privitoare la membrii unei clase. Proprietățile se pot referi la tipurile de date (relații între instanțele de clase și literalii RDF sau tipurile de date XML Schema) ori la obiecte (relații între instanțele a două clase). O proprietate poate fi definită ca fiind o specializare a unei proprietăți deja specificate, domeniul și codomeniul relației putând și ele să fie specificate prin construcțiile *domain* și *range*.

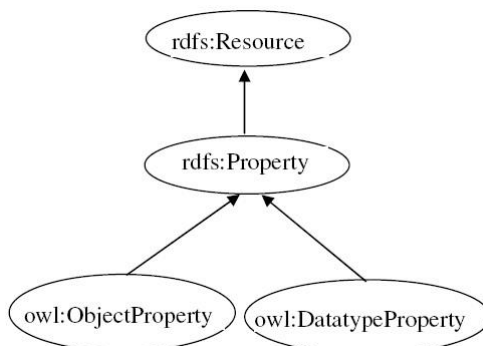


Figura 22. Definirea proprietăților

Rangul unei proprietăți în owl poate fi o clasă sau un literal. În funcție de tipul rangului, există două moduri de definire a proprietății. În continuare am descris modul de definire al proprietăților astfel:

- Proprietatea care are ca rang o clasă (valorile proprietății vor fi instanțele clasei) se definește cu `<owl:ObjectProperty>`.
- Proprietatea care are ca rang un literal (valoarea va fi o constantă) se definește cu `<owl:DatatypeProperty>`. Valoarea literalului se poate preciza cu tipurile de date din schemele XML. În codul de mai jos este descris un fragment din ontologia *MPEG7RoleCS* pentru adnotarea semantică a documentele video:

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
xmlns="http://polysema.di.uoa.gr/ont/MPEG7RoleCS.owl#"
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
xml:base="http://polysema.di.uoa.gr/ont/MPEG7RoleCS.owl">
  <owl:Ontology rdf:about=""/>
  rdfs:commentrdf:datatype=
"http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">The video-effects person,
generally called a videoman, is responsible for the video effects
</rdfs:comment>

```

```

<owl:equivalentClass>
  <owl:Class rdf:ID="Video_Effects_Person"/>
</owl:equivalentClass>
<owl:Class rdf:ID="Video_Person"/>
</owl:equivalentClass>
</owl:Class>
</xml>

```

Asupra proprietăților pot fi impuse restricții sau diverse constrângeri privitoare la intervalul de valori ale unei proprietăți, în cadrul unui context specific. Aceste restricții trebuie să apară definite în cadrul elementelor *owl:Restriction* sau *owl:onProperty*. O clasă se poate construi pe baza unor restricții aplicate proprietăților. Operația (operatorul, proprietatea owl) care se folosește pentru o astfel de definire de clasă este *owl:Restriction*. O astfel de restricție se aplică la o proprietate precizată prin *owl:onProperty*. Prin această operație se crează o clasă anonimă (care este subclasă a clasei *owl:Class* și este mulțimea tuturor resurselor pentru care proprietatea specificată verifică o anumită restricție) și se poate folosi pentru definirea unei noi clase.

Asupra proprietății precizate prin *owl:onProperty* se aplică restricții specificate prin următoarele declarații:

- *owl:allValuesFrom* - se definește o clasă folosind cuantificatorul universal. În această clasă, sunt incluse toate resursele care pentru proprietatea dată, au toate valorile dintr-o anumită clasă.
- *owl:someValuesFrom* - se definește o clasă folosind cuantificatorul existențial. În această clasă sunt incluse toate resursele care au pentru proprietatea dată cel puțin una din valorile unei anumite clase.
- *owl:hasValue* - în clasa sunt incluse toate resursele pentru care proprietatea dată are o valoare precizată.

Restricțiile definite cu *owl:someValuesFrom* sau *owl:allValuesFrom* se referă la instanțele unei clase, în timp ce restul restricțiilor sunt globale (se referă la toate instanțele care au proprietatea cu condiția dată).

Putem astfel concluziona, conform viziunii WEB Semantic propusă de către T. Bernes-Lee, că limbajele descrise pot satisface cerințele impuse de diferite tipuri de aplicații astfel:

- Nivelul metadatelor permite exprimarea unor aserțiuni semnatice simple. Modelul conține concepte precum resursă și proprietate și sunt utilizate pentru a exprima meta-informații. Acest model constituit din specificațiile RDF este utilizat de limbajele aflate pe nivelurile superioare
- Nivelul schemelor permite specificarea de ontologii simple, pentru a se putea defini o descriere ierarhică a conceptelor și proprietăților. Limbajele de specificare a schemelor, precum RDF Schema, utilizează modelul oferit de nivelul de metadata, pentru a institui o arhitectură de baza pentru meta-modelarea unor limbaje Web de specificare a ontologiilor.
- Nivelul logic introduce limbaje ontologice capabile să modeleze ontologii sofisticate. Aceste limbaje sunt bazate pe nivelul schemelor, logici descriptive. Se dorește astfel crearea de servicii pentru web-ul semantic precum OIL, DAML+OIL sau OWL.

4.5 Metodologii și instrumente de proiectare a ontologiilor

Deoarece construcția și proiectarea unei ontologii este deosebit de complicată, trebuie avut în vedere numărul mare de relații logice care să nu fie în contradicție între ele. Metodologiile de proiectare a ontologiilor trebuie să țină cont de următoarele aspecte: „La ce vom folosi ontologia?”, „Cine va trebui să o utilizeze?”, „Există o ontologie similară cu scopul de a reutiliza conceptele?”, „La ce tip de întrebări oferă ontologia răspuns?”

Tendința actuală în proiectarea ontologiilor este de a reutiliza resursele existente permițând astfel o partajare mai ușoară a datelor, astfel vor fi reutilizate vocabularele sau ontologiile disponibile dintr-un anumit domeniu, dacă acestea există [68]. Pentru a realiza și implementa o ontologie, este necesară stabilirea unei metodologii de proiectare. O metodologie referitoare la realizarea unei ontologii generale este descrisă în [69] și implică următoarele etape:

- Stabilirea domeniului de cunoaștere, care implică ansamblarea resurselor și analiza a tot ceea ce vor deveni concepte ale domeniului de interes.
- Organizarea ontologiei, se referă la identificarea principalelor concepte concrete și proprietățile acestora, a relațiilor dintre concepte, crearea conceptelor abstracte, identificarea instanțelor.
- Popularea ontologiei, prin adăugarea conceptelor și relațiilor dintre acestea la nivel de detaliere, cu scopul de a îndeplini sarcinile ontologiei
- Verificarea ontologiei, implică verificarea inconsistențelor dintre elemente, la nivel sintactic, logic și semantic.
- Publicarea ontologiei, presupune verificarea finală de către experți ai domeniului și publicarea în cadrul mediului de dezvoltare.

Există și alte lucrări cu privire la etapele care trebuiesc luate în considerare în procesul de realizare a unei ontologii; amintesc în acest context cele luate în considerare în [70], care presupune următoarele etape: stabilirea scopului ontologiei, colectarea cunoștințelor la nivel informal ori semi-formal, rafinarea cerințelor și testarea ontologiei, implementarea ontologiei, evaluarea calității acesteia, monitorizarea utilizării precum și evoluției ontologiei.

În procesul de proiectare a unei ontologii, trebuie să avem în vedere următoarele aspecte legate de [69]:

- Semantica, astfel încât clasificarea cunoștințelor și extragerea acestora să se facă în mod corect.
- Indexarea, necesară în procesul de căutare și regăsire a cunoștințelor.
- Utilizarea, se ocupă de introducerea datelor și luarea unor decizii.
- Achiziția, va specifica activitatea de capturare a cunoașterii.

În literatura de specialitate există un număr mare de metodologii pentru a realiza construcția unei baze de cunoștințe. Legat de acest aspect metodologiile de proiectare și realizare a unei baze de cunoștințe se pot clasifica în două categorii [70]. Prima categorie este formată din Cyc [71], Kactus [72], Uschold-King's method [73], METHONTOLOGY [74], On-To-Knowledge (OTK) [75], y UPON [76], iar a doua categorie este formată din Co4 [77], DILIGENT [78], HCOME [79], Divergence Occurrences Methodology [80], (KA)2 [81]. Prima categorie se bazează

pe un set clasic de metodologii, care propun o abordare centralizată legată de dezvoltarea ontologiilor și descriu fazele principale în dezvoltarea ontologiilor. A doua categorie nu descrie metodologia completă pentru dezvoltarea ontologiilor.

În teza de doctorat [82] colegul meu Bogdan Drăgulescu a făcut o analiză a patru metodologii de proiectare a unei ontologii, este vorba de METHONTOLOGY, DILIGENT, On-To-Knowledge și NeOn . Bazat pe această analiză, consider că cea mai bună metodologie care să satisfacă cerințele de adnotare a conținutului video, o reprezintă DILIGENT, în primul rând datorită posibilităților de lucru distributiv și colaborativ. Ontologia de bază va face referire la contextul și conținutul documentelor video, iar cele locale vor face referire la descrierea structurii documentelor video, specifice domeniilor științifice. Datorită volumului mare de informații, realizarea acestora implică cunoștințe solide în domeniul științific și este imposibil de realizat de către un singur om, se recomandă lucrul în echipe, formate din specialiști pe domenii specifice. Dezvoltarea cunoștințelor în domenii științifice specifice, implică o actualizare continuă a ontologiei, astfel încât adotarea obiectelor educaționale în cadrul platformelor să se realizeze cât mai precis. Procesul de realizarea a ontologiei cuprinde cinci activități principale: construcția, adaptarea, analiza, revizia și modificările.

În vederea editării ontologiei, se poate recurge la diferite instrumente de editare în diverse platforme implementate în Java, PHP și care pot fi disponibile în regim open source, freeware sau comercial. Un aspect important legat de aceste instrumente, este faptul ca acestea oferă facilități pentru verificarea consistenței și coerenței ontologiei proiectate.

După prezentarea ontologiilor și clasificarea acestora, în continuare am descris instrumentele informatice pentru crearea acestor ontologii. Aceste instrumente pot fi grupate sub forma a două categorii [83]: în prima categorie fiind cele care, pentru specificarea ontologiei, fac referire la obiecte prin intermediul unui limbaj de reprezentare și pe care creatorul și utilizatorul ontologiei trebuie să-l respecte, iar în a doua categorie instrumentele țin seama de importanța nivelului de cunoștințe, astfel vor fi independente de limbajul de reprezentare. Această a doua categorie include instrumentele folosite în prezent și dintre care voi detalia mai jos următoarele:

- **Protégé** – este o platformă open-source, ce permite o creștere a comunității de utilizatori, ce pune la dispoziție o serie de instrumente pentru a construi modele de domenii și cunoștințe, bazate pe aplicații cu ontologii. În acest moment, Protégé implementează o mulțime bogată de structuri de modelare a cunoștințelor și acțiuni ce suportă crearea, vizualizarea și manipularea ontologiilor, în diferite formate de reprezentare. Poate fi particularizat să permită un domeniu suport, pentru crearea modelelor de cunoștințe și pentru introducerea datelor. Mai mult, Protégé poate fi extins prin arhitecturile plug-in și prin java bazat pe API (*Application Programming Interface*). A fost dezvoltat de SM1 Stamford. În modelul de cunoaștere, ontologia constă dintr-o ierarhie de clase, care au atribute și proprietăți. Editarea ontologiilor se face prin intermediul unei interfețe grafice și permite libertatea de proiectare, fără ajutorul unui limbaj formal. Interfața este bine concepută pentru a insera pluggin-uri, care pot aduce caracteristici noi editorului.
- **OilEd** – este elaborat sub responsabilitatea Universității Manchester și a fost conceput pentru editarea ontologiilor, prin intermediul unei

interfețe simple pentru descrierile logice. În OilEd se pot crea ierarhii de clase și atribute de specialitate, pe baza unor servicii de raționament, care permit și testarea definițiilor implicate în crearea ontologiilor.

- **OntoEdit** – spre deosebire de cele două instrumente prezentate, acesta nu este disponibil gratuit în versiune completă. Prezintă funcționalități esențiale comune (ierarhie de concepte, expresii), exportul ontologiei în diverse limbaje ca DAML+OIL și RDF
- **WebOde** - dezvoltat de LAI Madrid, este o platformă de dezvoltare a ontologiilor on-line și se utilizează un server de aplicații. Editorul WebOde se bazează pe HTML și appleturi Java. Acoperă cea mai mare parte în procesul de dezvoltare al ontologiilor (conceptualizare, raționament) și este livrat cu un set complet de servicii legate de ontologie, care permit interoperabilitatea cu alte sisteme informaționale. Permite exportul în diverse alte limbaje cum ar fi RDF, OIL, DAML+OIL, OWL.

După ce am analizat instrumentele pentru crearea ontologiei, am optat pentru folosirea Protégé, deoarece oferă mai multe avantaje dintre care enumăr:

- este open-source;
- permite adăugarea într-un mod ușor al plugin-urilor pentru a fi extins;
- interfață grafică prietenoasă.

Protégé permite crearea de clase, proprietăți și instanțe. Permite de asemenea specificarea relațiilor de tip moștenire între clase. Protégé oferă suport pentru RDF dar și pentru limbajul OWL.

4.6 Concluzii și contribuții

În acest capitol am identificat aspecte legate de modelarea conținutului video bazat pe ontologii. Scopul modelării este de a facilita o adnotare a conținutului video cât mai aproape de interesul utilizatorului, cu scopul unei regăsiri mai eficiente a conținutului.

Modelarea conținutului bazat pe ontologii, vizează descrierea conținutului semantic al documentelor video. Acest tip de modelare pe baza ontologiilor, utilizează concepte și relațiile dintre concepte cu scopul de a exploata, în mod eficient, conținutul atât de utilizatorul uman cât și de către aplicațiile software. Legat de acest aspect am prezentat limbajele specifice Semantic Web, care pot satisface cerințele impuse de diferite tipuri de aplicații, de la exprimarea metadatelor până la descrieri bazate pe nivelul schemelor și logicilor descriptive.

Din analiza metodologiilor de proiectare ontologică, am considerat că cea mai potrivită pentru a îndeplini scopurile tezei, de adnotare semantică a conținutului video, este DILIGENT, datorită posibilităților de lucru colaborativ și colectiv. Dezvoltarea unor ontologii specifice domeniilor științifice, implică cunoștințe solide pentru fiecare domeniu în parte și se va face de către specialiști în domeniul respectiv. Pentru a realiza practic ontologia, am optat pentru Protégé, care permite verificarea inconsistenței ontologiei. Clasificarea ontologiilor precum și descrierea metodologiilor de proiectare a ontologiilor reprezintă un prim pas necesar pentru proiectarea unui model ontologic în domeniul educațional.

5. Propunere pentru un model de date educațional, bazat pe MPEG-7 și ontologii Semantic WEB

5. Propunere pentru un model de date educațional, bazat pe MPEG-7 și ontologii Semantic WEB.....	65
5.1 Concepte generale despre platformele educaționale.....	65
5.2 Ontologii pentru adnotarea conținutului video în platformele educaționale	70
5.3 Adnotarea semantică MPEG-7 a conținutului video bazat pe ontologii.....	78
5.4 Concluzii și contribuții	81

În acest capitol propun un model de date educațional bazat pe MPEG-7 și ontologii semantic WEB, care are ca scop adnotarea conținutului video. În prima parte am prezentat noțiuni generale legate de platformele educaționale, am descris obiectul educațional și standardele de metadate specifice materialelor educaționale, precum SCORM și LOM. În ultima parte, pe baza metodologiei de proiectare a ontologiilor, stabilită în capitolul anterior, am realizat un model de bază a unei ontologii, care să fie util în adnotarea conținutului video pe baza standardului MPEG-7.

5.1 Concepte generale despre platformele educaționale

Utilizarea tehnologiilor și de comunicare în procesul de învățare și predare, descrie termenul de învățământ electronic. Platformele educaționale au o structură unitară, dispun de proceduri specifice pentru administrare, documentare, realizarea activităților didactice, asigurând în același timp interacțiuni între utilizatori și grupuri de utilizatori. Există trei tipuri de platforme educaționale [84]:

- **Sincron** – utilizatorii interacționează între ei folosind diverse instrumente ca: chat, conferințe video și parcurg materialele în același timp.
- **Asincron** – utilizatorii pot parcurge materialele în ritm propriu, informațiile fiind oferite 24 de ore din 24.
- **Mixt** – prin combinarea conceptului de învățământ sincron cu cel asincron și are ca avantaje principale o eficiență sporită a costului, creșterea flexibilității și a eficienței procesului educațional.

Platformele educaționale sunt formate din LMS (Learning Management System), din LCMS (Learning Content Management System) și dintr-un portal Web [85].

LMS – este un pachet software proiectat pentru a facilita desfășurarea procesului educațional. Orice conținut multimedia (text, grafică, animații, audio, video) poate fi disponibil în LMS. De asemenea asigură

administrarea, interogări. Este **LCMS** – este o tehnologie legată de sistemul de management și este axată pe dezvoltarea și publicarea de conținut, care va fi livrat prin intermediul LMS. De asemenea creează, stochează, gestionează conținutul digital și permite crearea, importul, gestionarea unor părți de conținut digital, numit obiect educațional (learning object).

Obiectul educațional (Learning Object)

Integrarea de noi tehnologii informaționale și de comunicare au determinat dezvoltarea educației moderne în cadrul platformelor educaționale. Pentru a îmbunătăți aceste platforme, a fost necesară introducerea unor standarde care să corespundă acestor cerințe. Aceste standarde trebuie să asigure următoarele:

- Interoperabilitate – prin asigurarea capacității de utilizare a obiectelor educaționale pe platforme diferite.
- Accesibilitatea – obiectele educaționale să fie accesate din mai multe locații.
- Durabilitatea – capacitatea obiectelor educaționale de a fi refolosite după o perioadă de timp.
- Reutilizarea – utilizarea obiectelor educaționale în cadrul aplicațiilor.

Există mai multe definiții pentru obiectele educaționale, una dintre acestea definește obiectul educațional ca fiind orice entitate digitală sau non-digitală, care poate fi utilizată sau reutilizată în contextul și conținutul procesului educațional. Oren Zuckerman [86] definește obiectul educațional ca fiind „*un concept special pentru promovarea educației*”. Abordări mai recente, legate de obiectele educaționale, se concentrează pe scenarii educaționale prin reutilizarea obiectelor. În cele din urmă, obiectul educațional poate reprezenta un compromis între abordarea generală și abordarea pe activitate sau scenariu al instrumentelor educaționale.

O definiție globală este dată de conceptul că un obiect educațional este o resursă. Această definiție este compatibilă cu modele de proiectare ale procesului educațional care fac distincție între resurse (diverse tipuri), servicii (instrumente) și scenarii (activități educaționale) și are ca scop construirea de materiale educaționale.

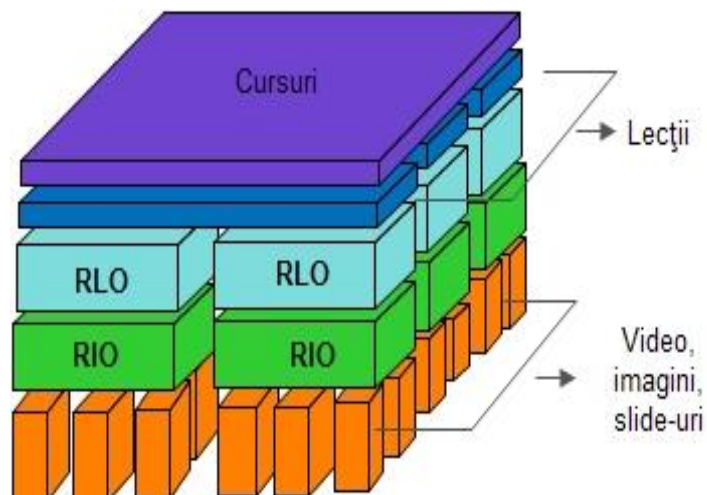


Figura 23. Obiectul educațional (Learning Object)

De multe ori, în cadrul platformelor educaționale, se impune nevoia de a refolosi obiectele educaționale în contextul și conținutul diverselor cursuri. Aceasta este, de fapt, filozofia care stă la baza portabilității aplicațiilor educaționale, prin intermediul standardului SCORM, implementat de către IEEE Learning Technologies Committee. În acest context, reutilizarea obiectelor în procesul educațional înseamnă de fapt, introducerea unui obiect în alt context decât cel în care a fost construit.

Standardul SCORM reflectă tendința de unificare a specificațiilor, metadatelor, ca un subset specializat care descrie RLO (Reusable Learning Object) bazat pe conținut, de către RIO (Reusable Information Object). RIO pot fi în cazul documentelor video, părți din acesta (segmente, scene, clipuri) care prin combinare formează structura RLO [87].

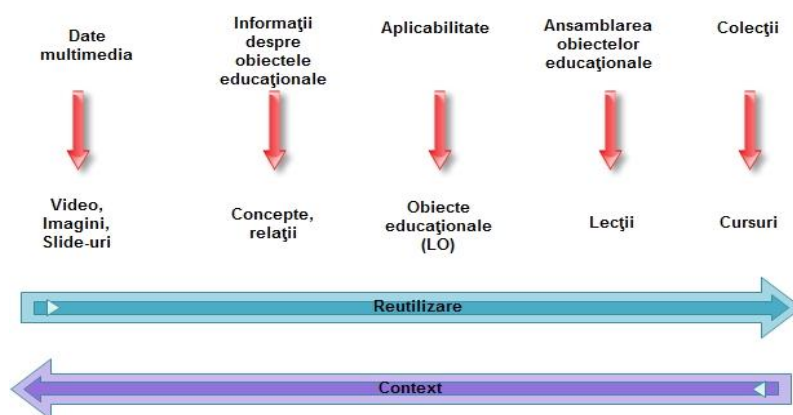


Figura 24. Reprezentarea conținutului în mediul educațional

Mediul de învățare bazat pe resurse evidențiază o transformare, prin faptul că susține și extinde eforturile de a cunoaște, înțelege, reflecta și construi, dar și de a integra informații proprii, cu scopul de a asigura un proces educațional de înaltă calitate. O reprezentare bazată pe obiecte educaționale, structura cursurilor și aplicabilitate este descrisă în figura 24, aceasta reflectă relația dintre context și reutilizarea conținutului.

SCORM (Sharable Content Object Reference Model)

SCORM [88] reprezintă o colecție de standarde și specificații pentru împachetarea și definirea succesiunii materialului educațional într-o formă partajabilă și reutilizabilă. SCORM descrie modul în care conținutul educațional și LMS (Learning Management Content) comunică între ele. SCORM definește modul de creare a SCO (Sharable Content Object), care pot fi refolosite în diferite sisteme și context. Aceste obiecte vor putea fi rulate în aplicații care citesc informația și le redau utilizatorilor. Un pachet SCORM este o arhivă zip, care conține obiecte livrabile folosind Web-ul. SCORM este compus din următoarele trei sub-specificații:

- Conținutul pachetelor – specifică modul în care conținutul trebuie să fie descris și se bazează pe XML.
- Run-Time – specifică modul în care conținutul trebuie să fie folosit și cum comunică cu LM; se bazează pe JavaScript.
- Secvențierea – specifică modul în care utilizatorul poate naviga între părțile cursului (SCO). Este definit de un set de reguli și atribute scrise în XML.

Conținutul pachetelor – specifică modul în care trebuie descris conținutul, și care trebuie să fie într-un director sau arhivă zip. Acesta poartă denumirea de Package Interchange File (PIF) și trebuie să conțină un fișier XML numit *imsmanifest.xml* ca rădăcină. Fișierul manifest conține toate informațiile pe care LMS trebuie să le ofere. De asemenea, în manifest este specificat modul în care una sau mai multe părți numite SCO împart structura unui curs. SCO poate fi combinat într-o structură arborescentă, care reprezintă structura unui curs. Un exemplu de fișier manifest este descris în codul prezentat mai jos:

```
<manifest>
<metadata>...</metadata>
<organizations default="Linear">
<item identifier="ident001" identifierref="ref001">
<item identifier="ident002" identifierref="ref002">
<item identifier="ident003" identifierref="ref003">
</item>
</organizations>
<resource>
<resource identifier="ref001" type="videocontent"></resource>
<resource identifier="ref002" type="videocontent"></resource>
<resource identifier="ref003" type="videocontent"></resource>
</resource>
</manifest>
```

Run-Time – specifică modul în care LMS lansează sub forma unei ferestre sau cadru, într-un browser WEB. Astfel, întregul conținut trebuie să fie disponibil într-un browser. Odată ce conținutul este lansat, se va folosi un algoritm bine definit pentru a localiza ECMAScript (JavaScript) API care este furnizat de LMS. Ca exemplu, ar putea fi nota unui elev, timpul petrecut pentru învățarea unui curs, etc.

Secvențierea – specifică modul în care autorul unui curs are permisiunea de a naviga între SCO conținute, în cadrul cursului. Regulile pentru a permite autorului aceste permisiuni sunt descrise astfel:

- Determinarea controalelor de navigare care trebuie oferite utilizatorului (anterior, următor, stop, play).
- Specifică care activități pot fi finalizate înainte de a începe altele.
- Specifică părțile de conținut care contează mai mult decât altele pentru un scor mai bun.
- Selectează aleatoriu un subset disponibil SCO pentru a fi livrat la fiecare înscriere a utilizatorului.

SCORM permite declararea de metadata în fișierul mapat. Metadatale se adaugă la orice componentă din fișierul manifest:

- Metadata de agregare a conținutului, sunt informații generale legate de organizarea componentelor și au rolul de a identifica resursele aplicațiilor exterioare.
- Metadata de organizare a conținutului, descriu informațiile despre organizarea componentelor și sunt utilizate pentru a identifica resursele.
- Metadata de activitate, descriu o activitate individuală în nodurile copil și părinte <organization>.

- Metadate de resurse, utilizate pentru a introduce informații despre resurse, independent de contextul utilizării.

Cerințele SCORM nu impun momentan introducerea de metadate, totuși pentru a defini metadate este recomandat pentru utilizare, standardul IEEE LOM [89] pe care îl descriu în continuare.

LOM (Learning Object Metadata)

LOM este un model de metadate în XML, folosit pentru a descrie obiectele educaționale și similar resursele digitale, utilizate în cadrul platformelor educaționale. Scopul LOM este de a oferi suport pentru re folosirea datelor, a facilita interoperabilitatea în contextul LMS. LOM cuprinde o ierarhie de elemente, unde la primul nivel sunt nouă categorii, care pot conține sub-elemente, care pot fi sub-elemente simple sau pot conține la rândul lor alte sub-elemente, semantica fiecărui element fiind determinată de context.

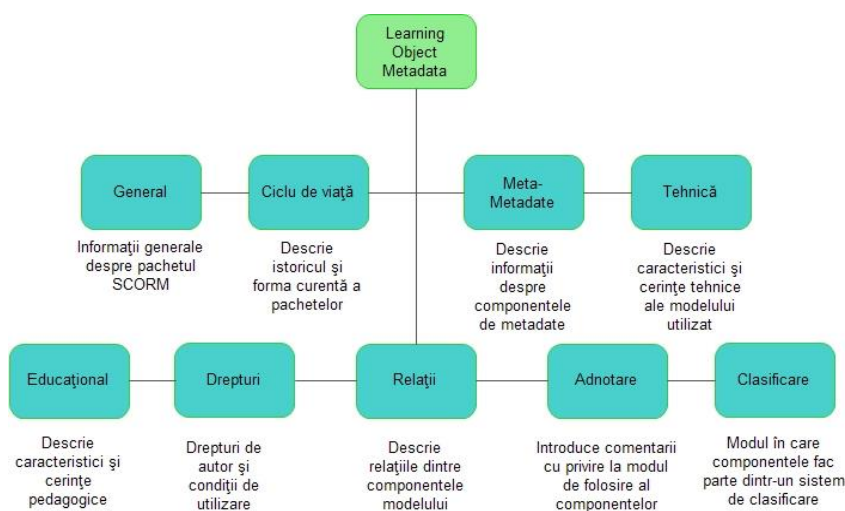


Figura 25. Ierarhia LOM

Cerințele necesare pentru exploatarea LOM ca furnizor de date sau servicii sunt:

- A înțelege nevoile utilizatorilor/comunității și de a exprima profilurile acestora.
- De a asigura o strategie pentru a crea metadate de calitate.
- De a stoca metadatele într-o formă care poate fi exprimată sub forma de înregistrări LOM.
- De a fi capabil să schimbe informațiile cu alte surse.

Toate instanțele de metadate vor avea un nod părinte <lom> și încapsulează toate categoriile descrise. La implementarea LOM ca furnizor de date sau servicii, nu este necesar să se asigure toate elementele din modelul de date LOM. Crearea unei aplicații profil, permite utilizatorilor sau comunității să specifice care elemente și vocabulare le pot fi folositoare. În cadrul vocabularelor pot fi scoase elemente LOM, sau introduse elemente din alte scheme de metadata, cu scopul de a fi completate cu valori adecvate comunității.

```

<lom xmlns>
  <general>
    <title>
      <string xml:lang="en">LOM Object</string>
    </title>
  </general>
  <technical>
    <location type>Course</location>
  </technical>
</lom>

```

5.2 Ontologii pentru adnotarea conținutului video în platformele educaționale

Anterior, ontologiile erau folosite doar pentru a îmbogăți metadatele obiectelor educaționale [90]. Această abordare este utilă deoarece îmbunătățește regăsirea obiectelor educaționale, dar nu permite re folosirea conținutului și nici să încorporeze specificații ale semanticii. Platformele educaționale conțin o bază mare de materiale educaționale, fiind incluse și documentele video. Căutarea de secvențe video în conformitate cu conținutul semantic, nu este întotdeauna relevant. Acest lucru poate afecta cursantul sau profesorul, care dorește să utilizeze doar o parte din conținutul video. Pentru un rezultat mai bun al interogărilor este de preferat ca utilizatorul să folosească informații semantice în interogarea conținutului (concepte științifice), pentru a obține rezultate mai relevante. În perspectiva WEB semantic, ontologiile oferă o semantică bogată, iar precizia de căutare a conținutului poate fi îmbunătățită prin folosirea vocabularelor conceptuale. Cu toate acestea datele video în domeniul educațional nu au fost exploatate suficient. Adorarea datelor video are un rol deosebit în reutilizarea conținutului video și este formată din două etape:

- Segmentarea video bazată pe algoritmi specifici, aceștia fiind descriși în capitolul 2 în această lucrare.
- Adnotarea conținutului video obținut prin segmentare, pe baza ontologiilor specifice domeniului educațional.

În cadrul platformelor educaționale au existat mai multe proiecte legate de indexarea și adnotarea conținutului, dintre care amintesc:

- Proiectul IMAT [91] în care un document multimedia este împărțit sub forma a trei secțiuni, care cuprind conținutul, contextul și structura. Conținutul este descris pe baza ontologiei domeniului iar aspecte legate de structura cursului, a lecțiilor, natura lor sunt descrise cu ajutorul ontologiei contextului și a structurii.
- În cadrul proiectului MEMORAE [92] organizarea informației se realizează sub forma a două ontologii. Prima este cea a domeniului, care descrie concepte legate de individ (student, profesor), documente (tipul, materia studiată) și activități de învățământ (cursuri, lecții). A doua ontologie specifică concepte legate de algoritmi utilizați și de statistică în cadrul platformelor educaționale.
- Proiectul Trial Solution [93] împarte fiecare resursă educațională în obiecte educaționale (learning object). Fiecare obiect educațional

este reprezentat prin conținutul semantic și prin relațiile dintre acestea.

Studii mai recente [94] și [95] în domeniul educațional descriu faptul că, pentru adnotarea conținutului video să se utilizeze multi-ontologii. În consecință, au fost identificate mai multe tipuri de ontologii legate de obiectele educaționale, cum ar fi: ontologii de concepte și domenii, ontologii specifice pentru predare și învățare și ontologii despre structura obiectelor. A fost deschisă astfel o nouă dimensiune, cea de utilizare-reutilizare a conținutului educațional.

Mohan and Brooks [96] au analizat relațiile dintre obiectele educaționale și semantic web, subliniind importanța ontologiilor în domeniul e-Learning. Au fost identificate mai multe tipuri de ontologii legate de obiectele educaționale: ontologii de concepte, de domeniu, pedagogice, de structură. În lucrarea [97] sunt prezentate tipuri de ontologii relevante pentru a face obiectele educaționale reutilizabile astfel:

- Ontologia bazată pe metadate (OM) care face referire la reprezentarea ontologică a oricăror scheme de metadate, menite să descrie obiectele educaționale cu ajutorul metadatelor.
- Ontologia conținutului structurat (OCS) permite căutarea și regăsirea conținutului, prin reprezentarea explicită a acestuia.
- Ontologia conținutului și a domeniului (OCD), descrie conținutul pe baza conceptelor și a relațiilor dintre acestea.

În comunitatea educațională sunt utilizate trei tipuri de metadate pentru a descrie resursele educaționale: LOM, ARIADNE [98] și IMS [99]. Aceste metadate definesc modelul în care sunt descrise resursele educaționale. Acestor standarde le lipsește o semantică formală pentru a descrie resursele educaționale. Deși aceste standarde permit interoperabilitatea, totuși se constată o lipsă de înțelegere în cazul domeniilor și a schemelor de descriere specifice unor anumite domenii. Această lipsă de înțelegere între termenii unui vocabular ar putea fi evitată prin utilizarea ontologiilor. Pentru a exprima resursele educaționale, metadatele utilizate trebuie să exprime conținutul, contextul și structura.

Metadate care exprimă conținutul

Problema de a partaja cunoștințe comune, apare atunci când cineva încearcă să definească un document educațional cu scopul de a fi utilizat, sau în procesul de căutare și regăsire. Există riscul ca doi autori care adnotează un document video să exprime același subiect în două moduri diferite. Această problemă este rezolvată de către ontologie care specifică modul în care conceptele semantice identice să fie exprimate prin anumite cuvinte cheie. Utilizarea termenilor dintr-un dicționar ca WordNet ar rezolva și problema sinonimelor care apar în cadrul interogărilor efectuate de către utilizator.

Metadate pentru a descrie contextul

Materialele educaționale pot fi prezentate în diferite contexte ca: analiză, discuții, prezentări, discursuri, etc. Descrierea contextului permite căutarea materialelor educaționale în contextul dorit de utilizator. Dacă utilizatorii au nevoie de o explicație mai detaliată legată de un anumit subiect, este preferabil să găsim și alte materiale educaționale legate de subiectul cerut.

Metadata pentru descrierea structurii materialului educațional

Deoarece platformele educaționale oferă posibilități de instruire sau învățare, este indicat ca un document video să fie defalcat în bucăți mai mici de informații, care să fie livrate în funcție de necesități. Aceste bucăți de conținut, pe care le numesc obiecte educaționale, sunt legate între ele pe baza unor relații, astfel încât să formeze cursul. Bineînțeles că se poate întâmpla ca un utilizator să nu fie interesat să urmărească întregul document video ci doar părți de interes. De aici apare și nevoia de a utiliza pentru adnotarea acestor părți cu termeni specifici, pentru a descrie în mod eficient structura. Pot fi identificate mai multe relații între obiectele educaționale ca: *Next*, *Prev*, *isPartOf*, *hasPart*, *References*, *isBasedOn*, *isBasisFor*. Există legături semantice între unele dintre aceste relații de exemplu *isPartOf* și *hasPart*, care sunt definite ca relații inverse. Această axiomă poate ajuta la căutarea de informații, la fel și pentru relațiile de tipul *isBasedOn* și *isBasisFor*.

Lecțiile sunt definite ca fiind o parte a unui curs. Materialele de curs reprezintă materialul didactic și este reprezentat printr-un document video. Cursul este definit ca fiind format dintr-o lecție sau mai multe lecții. Fiecărui concept (curs, lecție, segment, obiect educațional) i se asociază metadata, pe care le descriu în tabelul de mai jos.

Concept	Metadata
Curs	Titlu, descriere, data de creare, dificultate, timpul de start, timpul de final, format, limbă
Lecție	Titlu, descriere, timpul de start, timpul de final, durată
Segment	Nume segment, descriere, timpul de start, timpul de final, durată
Obiect educațional	Nume, descriere, timp de start, timp de final, durată, locație
Persoane	Nume, rol, e-mail, fotografie, etc.

Tabelul 3. Relația concept metadata

Astfel fiecare concept va fi mapat în clasă a ontologiei, iar metadatale vor fi mapate ca fiind proprietăți specifice datelor descrise în figura 26 .

Primul pas în proiectarea unei ontologii este de a stabili specificațiile ontologiei. Semantica oferind în acest scop informațiile necesare, în vederea prelucrării documentelor video și returnării de rezultate spre utilizator. Documentele video conțin o cantitate mare de informații, astfel am identificat diferite moduri de acces la informații prin:

- Informații legate de conținut și context - acestea sunt legate de documentul video de la creator (autor), data de creare, limba, formatul, până la identificarea documentului în cadrul disciplinelor.
- Materiale educaționale - descriu structura documentului video prin intermediul obiectului educațional. Mai multe obiecte educaționale legate prin relații formează un curs.
- Reprezentarea cunoștințelor specifice domeniilor - o reprezentare mai exactă a unui subiect sau parte din cadrul unui curs video, se face pe baza cunoștințelor dintr-un domeniu. Adnotarea bazată pe cunoștințe într-un domeniu specific, face posibilă reprezentarea cât mai exactă a obiectelor educaționale.

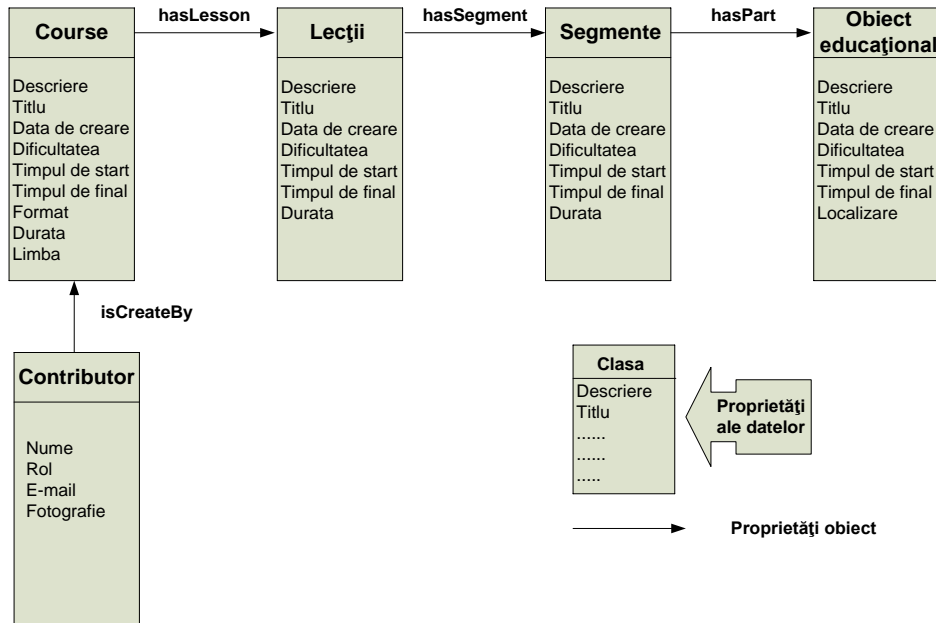


Figura 26. Ontologia conținutului video educațional

Momentan, soluțiile existente pentru modelarea conținutului video în cadrul platformelor educaționale, nu au implementate concepte din OWL, care să îndeplinească condițiile specifice pentru adnotarea semantică a conținutului video pe baza standardului MPEG-7. Legat de acest aspect, am proiectat o ontologie care să utilizeze concepte existente în mediile educaționale, cu posibilitatea de a oferi suport, pentru a putea fi extinsă în viitor. În continuare am definit conceptele : persoane (contributori), cursuri, lecții, segmente și obiecte educaționale. Voi identifica proprietățile care leagă aceste concepte, dar și proprietățile specifice datelor.

Pentru a realiza ontologia, procesul de conceptualizare presupune întocmirea unei liste de termeni și relații între termeni. Un curs care conține date video este prezentat în una sau mai multe lecții. Fiecare lecție este împărțită în segmente, care sunt obținute în urma indexării video. Astfel, fiecare segment reprezintă o idee sau un subiect de interes. Un subiect sau idee poate să conțină mai multe obiecte educaționale, iar un obiect educațional poate fi un exercițiu, o soluție, o regulă, o parte dintr-un curs sau tutorial. Aceste obiecte educaționale fac referire la unul sau mai multe concepte ale domeniului educațional.

Persoane (Contributor)

Un utilizator, în cadrul platformelor educaționale pentru adnotarea conținutului video poate fi reprezentat de un *student* sau *profesor*. Dacă utilizatorul este descris prin intermediul conceptului *student* sau *profesor*, el este descris și de conceptul *contributor*. Toate informațiile de email, telefon, adresă, oraș, adresă aim, pagină web, vor fi atașate și legate de conceptul *Contributor*.

Cursuri

Materialul educațional este reprezentat printr-un document video, iar pentru organizarea acestuia vom introduce conceptul de curs. Fiecare instanță a acestui concept va defini proprietăți care să descrie informații despre cursul respectiv ca: numele cursului, data de creare, dificultate, timpul de start, timpul de final, formatul documentului video. Cursurile vor fi organizate pe ani și semestre, pe baza conceptului *curriculum*, care va descrie și apartenența fiecărui curs în cadrul facultăților

Lecții

Așa cum am descris un document video, ce descrie un curs, este format din mai multe lecții. Acestea sunt definite ca fiind părți componente ale unui document video. Este necesar, astfel, să cunoaștem poziția acestor lecții pe axa temporală din cadrul cursului. Instanțele conceptului lecții vor defini proprietăți care să exprime informații legate de timpul de start al lecției, timpul de final, dar și informații legate de titlu, descriere, dificultate, durată.

Segmente

Conceptul de segment definește partea din documentul video (curs) obținută în procesul de segmentare, pe baza algoritmilor de detecție, sau efectuată manual. O lecție este formată dintr-un segment sau mai multe segmente, care pot fi stabilite în funcție de preferințele utilizatorului. Este important să avem mai multe informații legate de segmentul video pentru a face referire la lecții, dar și la obiectele educaționale. Instanțele conceptului Segment vor conține descrieri ca nume, descrieri, timp de start, timp de final.

Obiect educațional

Fiecare segment din cadrul unui curs poate conține unul sau mai multe obiecte educaționale, care să exprime un subiect de interes, un dialog, o expresie, o parte din curs. Fiecare obiect educațional este descris prin generarea de metadate LOM, care sunt asociate documentului obținut în urma adnotării și este necesară păstrarea legăturii și informații despre acestea (locația *urn* a acestuia).

După stabilirea specificațiilor și conceptualizare, următorul pas este de a formaliza termenii din ontologie, încercând o reutilizare a vocabularelor sau a ontologiilor deja standardizate. În acest sens am utilizat FOAF, pentru a defini persoanele.

Persoană (Contributor)

Cel mai cunoscut vocabular pentru modelarea datelor care descrie persoane, precum și date de contact este FOAF (Friend of a Friend). Fiind un standard popular, este recomandat pentru utilizarea și modelarea utilizatorilor în cadrul platformelor educaționale. Pentru a formaliza rolurile pe care utilizatorii le au în cadrul platformelor pentru adnotarea conținutului video, voi introduce clasele *Student* și *Teacher*. Acestea vor fi subclase ale clasei *Contributor*.

Segment

Segmentul reprezintă partea din curs obținută în urma segmentării documentului video. O segmentare bună a conținutului va determina o identificare mai eficientă a lecțiilor, dar și a obiectelor educaționale.

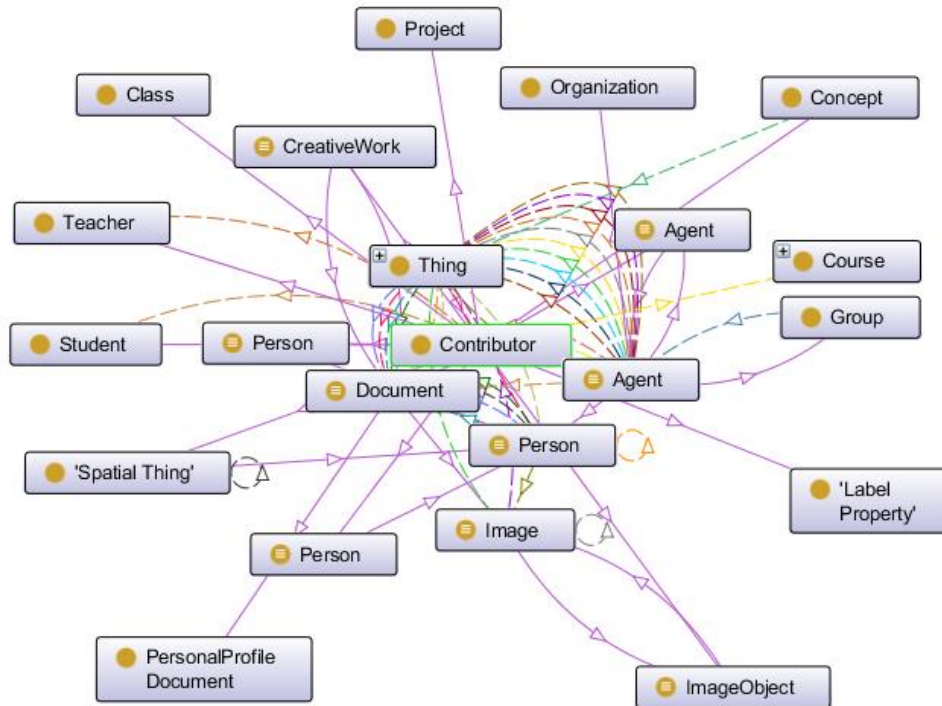


Figura 27. Structura vocabularului FOAF (fragment)

Cursuri

Formalizarea conceptului curs am făcut-o prin introducerea clasei *Course*. Instanțele acestei clase pot avea atașate informații suplimentare folosind proprietățile *courseName*, *courseDescription*, *courseStartTime*, *courseEndTime*, *courseFormat*. Există mai multe tipuri de cursuri care pot fi descrise prin proprietatea *hasTypeofCourse*. Se crează astfel subproprietăți a proprietății *hasTypeofCourse* ca: *hasTutorial*, *hasConference*, *hasDocumentary*. Clasele *Tutorial*, *Conference* și *Documentary* sunt subclase ale clasei *TypeofCourse*. Clasa *Curriculum* va avea rolul de a organiza cursurile pe ani și semestre utilizând clasa *SectionofCurriculum*. Modelarea legăturilor cu facultatea din care face parte cursul se va realiza cu ajutorul proprietății *curriculumFor*.

Lecție

Lecția reprezintă, în prisma documentului video, o parte din curs și poate conține unul sau mai multe segmente video. Formalizarea conceptului lecții am făcut-o prin introducerea clasei *Lesson*. Metadatele asociate vor deveni proprietăți ale instanțelor acestei clase ca: *lessonName*, *lessonDescription*, *lessonTimeStart*, *lessonTimeEnd*, *lessonDuration*.

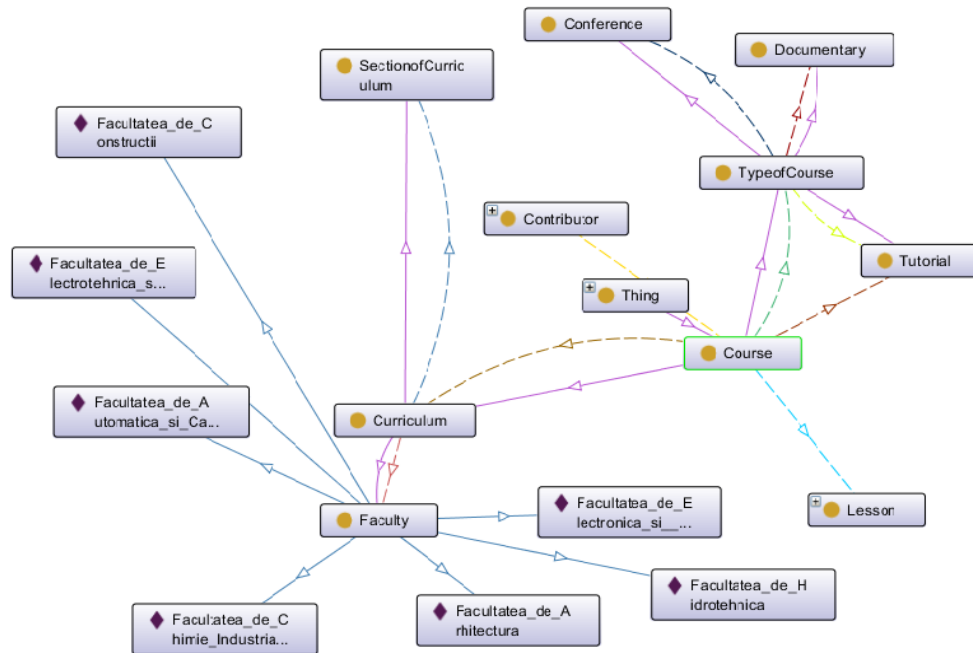


Figura 28. Elemente introduse pentru sub-ontologia Course (fragment)

Obiect educațional

Conceptul de obiect educațional definește partea din segment ce poate constitui un subiect de interes, un cadru, un discurs, un dialog. Formalizarea conceptului am realizat-o prin introducerea clasei *LearningObject*. Instanțele clasei *LearningObject* pot avea atașate informații folosind proprietățile *objectName*, *objectDescription*, *objectStartTime*, *objectEndTime*. Am introdus proprietatea *objectLocation*, care va oferi informații despre locația *urn* a obiectului educațional.

După formalizarea conceptelor, am utilizat OWL (Ontology Web Language) pentru a exprima clasele și proprietățile. Astfel, am dat o expresivitate mai ridicată ontologiei, prin exprimarea unor proprietăți ce pot fi funcționale, invers funcționale, simetrice, tranzitive. Modelul ontologiei pentru adnotarea conținutului video în platformele educaționale, a fost implementat utilizând formatul de serializare OWL/XML. Graficele au fost generate utilizând unealta Graphviz, ce asigură un mod de vizualizare a reprezentării structurate a informației, implementată în instrumentul de creare a ontologiilor PROTEGE.

Pentru a permite o descriere cât mai detaliată a obiectelor educaționale, trebuie să continuăm îmbunătățirea semantică a conținutului. Acest lucru determină o reprezentare cât mai adecvată, folosind concepte ale domeniului în procesul de adnotare video. Un concept poate fi defalcat în mai multe concepte, iar între concepte există trei tipuri de relații:

- De descompunere (*is_decomposed_into*), care este o relație antisimetrică.
- De depindere (*_depends*), este o relație simetrică.
- De premisă (care exprimă o condiție, *is_prerequisite*), este o relație tranzitivă.

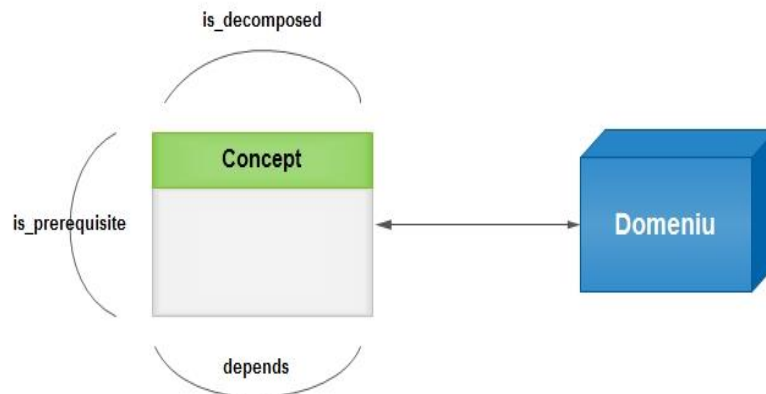


Figura 29. Descrierea unui concept [100]

Deși aceste relații sunt utilizate, în principal, pentru crearea manuală a structurii semantice, etapele pot fi aplicate și într-un sistem automat. Realizarea ontologiei domeniului implică cunoștințe solide într-un domeniu, astfel încât, acest lucru presupune implicarea specialiștilor din domeniile respective. În **Error! Reference source not found.** sunt descrise etapele pentru a construi o ontologie a domeniului și sunt descrise astfel:

- Extragerea termenilor care reprezintă conceptele domeniului.
- Construcția unei taxonomii a conceptelor.
- Identificarea și etichetarea relațiilor care nu aparțin taxonomiei.
- Crearea ontologiei (populare) și detectarea instanțelor ce determină conceptele.
- Evaluarea rezultatelor obținute (concepte, instanță și relații).



Figura 30. Etapele de construcție a unei ontologii a domeniului

Există mai multe baze de date lexicale bine cunoscute, care sunt utilizate în popularea ontologiilor și care includ informații despre sinonime dintre care amintesc: WordNet [101], BRICO [102], EuroWordNet [103] baze de date care asigură o acoperire relativ slabă a termenilor științifici și tehnici.

5.3 Adnotarea semantică MPEG-7 a conținutului video bazat pe ontologii

Pentru a permite refolosirea eficientă a obiectelor educaționale trebuie să avem un conținut bogat din punct de vedere semantic. Îmbogățirea obiectelor se poate face folosind metadate cu concepte ontologice, dar o eficiență sporită va fi dată de folosirea ontologiilor. O importanță mare în cadrul platformelor educaționale, în scopul de a crea noi cursuri, o reprezintă reutilizarea conținutului prin copierea și lipirea unor bucăți de conținut. Acest lucru implică o reprezentare a structurii obiectelor educaționale, pentru a permite căutarea și refolosirea conținutului. Standardul MPEG-7 oferă posibilități de adnotarea semantică a conținutului video, pe baza schemelor de descriere și a descriptorilor.

Schemele de descriere în MPEG-7 sunt utilizate pentru a descrie conținutul multimedia din punct de vedere semantic, dar și vizual. Pentru adnotarea semantică a conținutului video se pot descrie situații și concepte reale, în ceea ce privește obiectele și relațiile dintre acestea. În cadrul standardului MPEG-7 se disting mai multe entități semantice ca: obiecte, evenimente, concepte, stări, locuri, timp și descrieri narative. Toate aceste entități fac referire la conținutul multimedia.

Schemele de descriere multimedia reprezintă structuri de metadate, pentru a descrie și adnota generic conținutul video. Entitățile generice sunt caracteristici pentru descrierea conținutului audio și video ca vectori, timp, vocabulare, instrumente pentru descrierea textuală. În afară de aceste instrumente generice, mai sunt descrise și instrumente complexe, acestea fiind împărțite în funcție de funcționalitate în cinci clase:

- Descrierea conținutului - reprezentarea informației perceptibilă.
- Managementul de conținut - informații despre caracteristici și utilizarea conținutului audio - video.
- Organizarea conținutului - reprezentarea și clasificarea conținutului
- Navigarea și accesul.
- Interacțiunea cu utilizatorul - descrie preferințele utilizatorului și istoricul de utilizare.

Pe baza celor furnizate de către schemele de descriere, conținutul video poate fi descris sub aspect conceptual, punând accentul pe evenimente, obiecte, concepte, timp, relații între evenimente, concepte sau obiecte, abstractizare. Pot exista unele pierderi de informații în procesul de adnotare, astfel utilizarea ontologiilor în cadrul procesului de regăsire este mult îmbunătățit. Prin urmare definirea unei structuri poate asigura un model stabil, prin care utilizatorii pot controla procesul de adnotare. Instrumentele de adnotare și descriere a conținutului bazat pe text sunt utilizate frecvent de către MPEG-7 pentru conținutul multimedia ca imagini, audio, video dar și pentru date nestructurate (text liber).

Tipuri de date ca *StructureAnnotation* încorporează întrebări legate de obiect ca: *Who*, *WhatObject*, *WhatAction*, *WhatObject*, *Where*, *When*, *Why*, și *How*, în timp ce *KeywordAnnotation* permite adnotări ce exprimă un set de cuvinte ce poate fi un cuvânt sau o frază, fiecare dintre acestea putând fi specificate ca primare sau secundare, cu scopul de a indica importanța acestuia. Instrumentele de organizare a conținutului descriu organizarea și adnotarea conținutului multimedia. De exemplu, *ContentCollection DS* descrie colecții multimedia ca imagini video, care descriu conținutul unor grupuri multimedia și includ caracteristicile acestora. Similar *SegmentCollection DS* este folosit pentru descrierea colecțiilor de segmente. *ConceptCollection DS* descrie concepte semantice a colecțiilor de obiecte și

evenimente iar *MixedCollection DS* este utilizat pentru a descrie colecții mixte a conținutului multimedia, ca descriptori și concepte semantice. *StructuredCollection DS* este folosit pentru a descrie asocierea relațiilor dintre colecții.

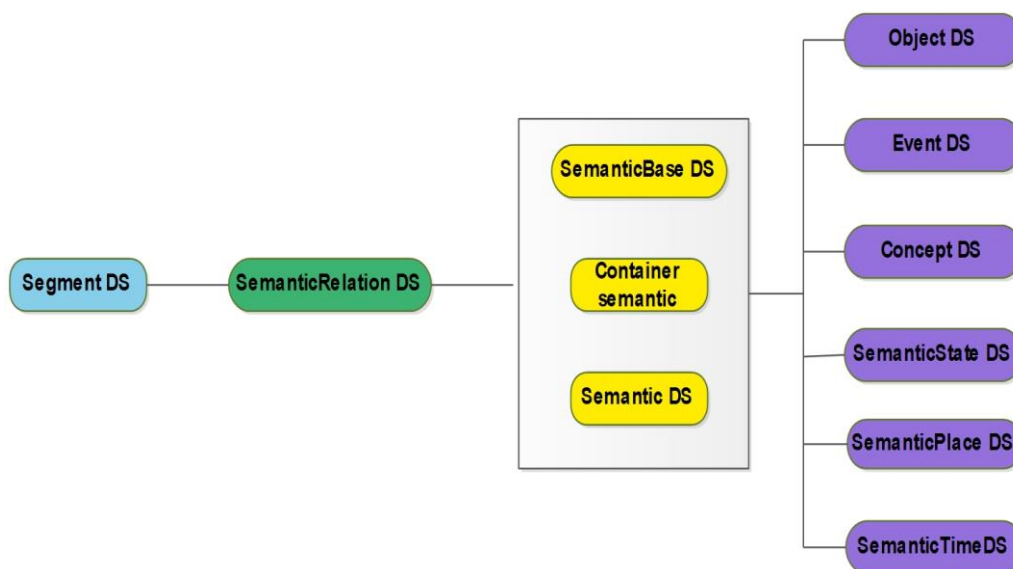


Figura 31. Descrierea conținutului semantic

Schemele de descriere (DS) fac referire la conținutul semantic prin descrierea lumii narative și a entităților semantice.

- *DS Object* - sunt descrise obiectele perceptibile sau abstracte.
- *AgentObject DS* - descrie o persoană, o organizație, grup de persoane.
- *Concept DS* - descrie o entitate semantică, care nu poate fi descrisă ca fiind generală sau abstractă.
- *SemanticStat DS* - descrie mai mulți parametri ai atributelor semantice date de localizarea spațială.

Se poate defini astfel că o relație dinamică implică unul sau mai multe obiecte, care apar într-o regiune de timp și spațiu. *SemanticTime* și *SemanticPlace* descriu locul și timpul într-o lume narativă. Aspectul de concept poate fi descris și organizat sub formă arborescentă sau de graf. Graful este descris de un set de noduri care reprezintă noțiuni semantice, iar muchiile specifică relațiile dintre noduri. Aceste relații dintre noduri sunt descrise de *SemanticRelation DS*. Astfel, descriptorii MPEG-7 definesc reprezentări ale caracteristicilor care definesc sintaxa și semantica fiecărei caracteristici reprezentate. Schemele de descriere specifică structura și semantica relațiilor dintre componente.

Aceste componente pot fi descriptori sau scheme de descriere. MPEG-7 definește câteva relații semantice standard. Totuși, în cadrul MPEG-7, formatul pentru semantică și raționamente semantice lipsește. Așa cum am spus aceste limitări pot fi depășite prin utilizarea ontologiilor pentru standardul MPEG-7. O ontologie legată de schemele de descriere pentru conținutul semantic este prezentată ca exemplu în figura 32 și poate sta la baza descrierilor conținutului, pe baza descriptorilor semantici MPEG-7.

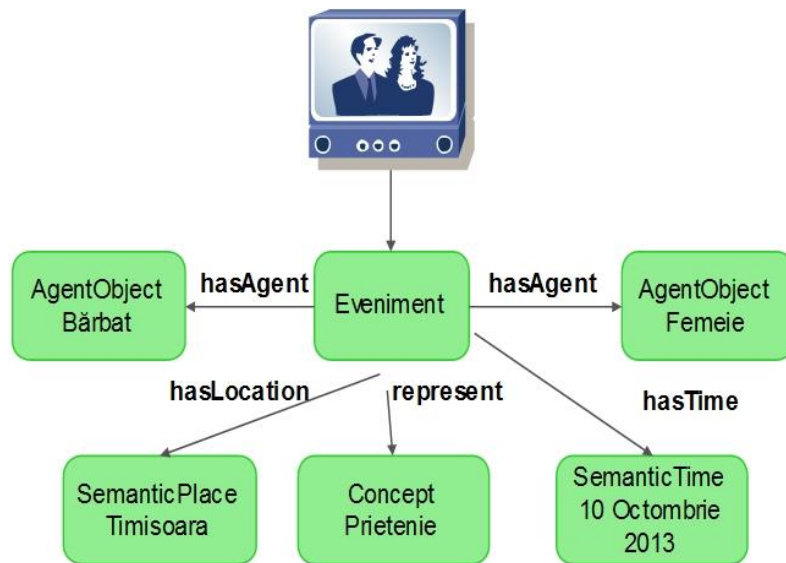


Figura 32. Ontologia schemelor de descriere pentru conținutul video

Standardul MPEG-7 descrie mai multe relații care acționează ca proprietăți ontologice [104] și pot fi clasificate sub forma a trei grupe: narative, relații definitive și spațial - temporale, acestea sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tip	Relații
Narative	agent, agentOf, patient, patientOf, experiencer, experiencerOf, stimulus, stimulusOf, causer, causerOf, goal, goalOf, beneficiary, beneficiaryOf, them, themOf, result, resultOf, instrument, instrumentOf, companioner, companionerOf, summarizes, summarizedBy, state, stateOf
Definitive	combination, specializes, generalizes, similar, opposite, exemplifies, exemplifiedBy, interchangeable, identifier, part, partOf, contrasts, property, propertyOf, user, userOf, component, componentOf, substance, substanceOf, entailment, entailmentOf, manner, mannerOf, influences, dependsOn, membershipFunction
Spatial/ Temporale	key, keyFor, annotes, annotatedBy, shows, appearsIn, reference, referenceOf, quality, qualityOf, location, locationOf, source, sourceOf, destination, destinationOf, path, pathOf, time, timeOf, depicts, depictedBy, represents, representedBy, context, contextFor, interprets, interpretedBy

Tabelul 4. Relații și proprietăți pentru descrierea conținutului

Unul dintre standardele de metadate folosite de MPEG-7 pentru a descrie conținutul este Dublin Core. O simplă versiune a schemei conține 15 elemente independente dintre care amintesc: titlu, autor, limba, descriere. Modelul de metadate Dublin Core, definește semantica elementelor Dublin Core, unde „*un element este proprietatea unei resurse descrise*”. Un element este proprietatea unei resurse care definește sensul unui element, dar cu sens semantic. Așa cum am

descriș mai sus meta-modelul LOM organizează informațiile pe bucăți aferente elementelor constitutive bazat pe modelul recipient recursiv. Acest model folosit de LOM nu este compatibil cu Dublin Core. În general, este dificil să combini două meta-standarde în același sistem. În aceste sens, descrierile LOM și MPEG-7 vor fi asociate obiectului educațional și vor fi stocate în bazele de date, păstrând legătura și informațiile cu acesta pe baza *urn* (uniform resource name). În codul de mai jos este descriș legătura obiectului educațional înspre documentul obținut în urma adnotării semantice MPEG-7 (JavaCourse.mp7).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<lom xmlns=http://ltsc.ieee.org/xsd/LOM>
<xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation=http://ltsc.ieee.org/xsd/LOM\_lom.xsd>
<general>
  <identifier>Java Applet</identifier>
  <language>ro</language>
</general>
  <technical>
    <format>video/mpeg</format>
    <size>725</size>
    <location>JavaCourse.mp7/segment_09</location>
  </technical>
  <educational>
    <language>ro</language>
  </educational>
</lom>
```

5.4 Concluzii și contribuții

În acest capitol am descriș un model de date bazat pe ontologie, pentru adnotarea conținutului video în platforme educaționale, precum și elementele pe care le conține. Ontologia trebuie să îndeplinească cerințele unui sistem educațional bazat pe tehnologiile Web-ului semantic. Am prezentat noțiuni despre platformele educaționale, obiecte educaționale, în contextul documentelor video precum și metadatale specifice materialelor educaționale SCORM și LOM.

Am stabilit specificațiile ontologiei pentru a îndeplini cerințele de adnotare a conținutului video în platforme educaționale și care trebuie să ofere informații despre structura documentului video, dar și despre cei care fac adnotarea semantică. Conceptele legate de structură și persoane au fost mapate în clase ale ontologiei, iar metadatale care descriu conceptele (curs, lecție, segment, obiect educațional, persoane) au fost mapate sub forma de proprietăți.

Formalizarea termenilor ontologiei am încercat să o fac în primul rând prin reutilizarea unor vocabulare sau ontologii, în cazul conceptului contributor prin FOAF, iar pentru structura documentelor video am încercat să formalizez termenii ontologiei, astfel încât să fie compatibilă cu aplicația de adnotarea a conținutului video bazat pe standardul MPEG-7.

În final, am prezentat modul de adnotare semantică a documentelor video bazat pe standardul MPEG-7, prin utilizarea schemelor de descriere și a descriptorilor semantici. Astfel, pe baza celor furnizate de schemele de descriere și utilizând ontologiile, conținutul video poate fi descriș sub aspect conceptual, punând

accentul pe evenimente, obiecte și relații între obiecte. Tipurile de date Structure Annotation DS încorporează întrebări legate de obiectul educațional, iar Segment Collection DS este utilizat pentru a descrie colecțiile de segmente. Analiza modului prin care standardul MPEG-7 adnotează documentele video pe baza schemelor de descriere și a descriptorilor, descrie posibilitatea de integrare a ontologiei create în cadrul aplicațiilor de adnotare semantică MPEG-7 a conținutului video. O parte din cercetarea descrisă în acest capitol a fost prezentată în lucrările [87], [105], [106].

6. Scenarii de utilizare a modelului propus

6. Scenarii de utilizare a modelului propus	83
6.1 Regăsirea și gruparea conținutului video bazat pe similitudine	83
6.2 Adnotarea video în platformele educaționale	90
6.3 Generarea prezentărilor SMIL și a cursurilor interactive Flash	94
6.4 Concluzii și contribuții	97

Acest capitol are ca scop implementarea practică a rezultatelor studiilor din capitolele anterioare, prin descrierea unor scenarii de implementare a modelului de date propus, pentru adnotarea datelor video în platformele educaționale. De multe ori se impune folosirea sau refolosirea unor părți de conținut video în contextul și conținutul unor cursuri noi. Gestionarea acestor părți de conținut implică o adnotare și organizare eficientă a conținutului. Astfel, am propus o soluție de grupare a datelor video bazată pe cluster ierarhic, cu scopul de a obține colecții de date similare a rezultatelor interogărilor. Rezultatele adnotării semantice ale conținutului video bazat pe standardul MPEG-7, pot fi utilizate ca punct de plecare în realizarea de cursuri și prezentări interactive.

6.1 Regăsirea și gruparea conținutului video bazat pe similitudine

Căutarea conținutului video în cadrul platformelor educaționale poate să returneze unele ambiguități la interogarea bazată pe cuvinte cheie. Este posibil ca pe baza unui cuvânt cheie pentru o anumită interogare făcută de către utilizator, în conformitate cu un index stocat, să fie returnate mai multe clipuri video. Dintre acestea nu toate sunt relevante în raport cu interogarea. Pentru un clip ce este descris pe baza cuvintelor cheie, există posibilitatea să fie descris de mai multe de concepte. Prin urmare este dificil și ineficient să proiectăm un imens dicționar pentru a caracteriza diferite clipuri video. Pe lângă acestea putem enumera ca puncte slabe în tehnicile de căutare bazate pe cuvinte cheie, următoarele:

- Utilizatorul nu-și poate exprima intențiile de căutare cu exactitate.
- Nu poate garanta potrivirea cuvintelor cheie cu rezultatele obținute.
- Ar fi necesar existența prea multor cuvinte cheie.

Consider astfel că regăsirea și căutarea conținutului bazată pe semantică este mai potrivită decât pe cuvinte cheie, aceasta se bazează pe modelul de gândire uman iar rezultatele sunt mai relevante pentru intenția utilizatorului. Chiar și prin interogarea bazată pe semantică este posibil ca sistemul să returneze mai multe rezultate. Este necesar să dezvoltăm un model care să grupeze clipurile video în funcție de relevanța și importanța acestora.

Au existat mai multe cercetări legate de reordonarea rezultatelor obținute în urma interogărilor, ca cele ale lui Cui et al [107], care clasifică interogările în 8

categoriilor predefinite având ponderi a caracteristicilor pentru diferite interogări. Este dificil pe baza a 8 ponderi să acoperi toată diversificarea clipurilor video. Rasiwasia et al [108] mapează caracteristicile vizuale într-un dicționar universal, Lampert et al [109] folosește atribute specifice predefinite, cu sensuri semantice, pentru a detecta clasele obiectelor. Fiecare clip din baza de date este asociat pe baza unor concepte relevante. Pentru fiecare cuvânt relevant, o semnătură semantică este extrasă și se va calcula similitudinea semantică. În corpul video fiecare clip video este adnotat cu un set de concepte semantice care reprezintă conținutul. Prin urmare, având în vedere un subset de interogare textual, clipurile video care au concepte similare cu subiectul pot fi mai relevante pentru utilizator.

Relațiile semantice (lexicale și vizuale) între caracteristicile de nivel înalt pot să asigure măsuri suplimentare de similitudine obținute prin clustering. Rezultatele interogării primare pot fi reprezentate prin clipuri care pot fi concepte individuale, dar să nu aibă relații între ele. Astfel, se impune o reordonare a acestora pentru a deveni relevante în raport cu interogarea utilizatorului.

Considerăm o interogare inițială și un flux video pentru care dorim să găsim toate clipurile care conțin cuvinte sau grupuri de cuvinte ca cele formulate în interogare. În funcție de relevanța textului se va calcula similitudinea semantică pentru fiecare clip video. Astfel un framework generalizat propus pentru regăsirea video, similar cu [110] este:

$$F(x, c_i, y) = ap(c_i | y) + (1 - a)p(x | y_i) \quad (12)$$

unde $a \in (0,1)$

$p(c_i | y)$ este funcția de probabilitate posterioară (Bayes), adică probabilitatea de a găsi un clip c_i similar cu y , cu relevanță mare, în nod.

$p(x | y_i)$ este funcția de probabilitate prin care clipul x găsit să fie în grupul format din clipurile y_i .

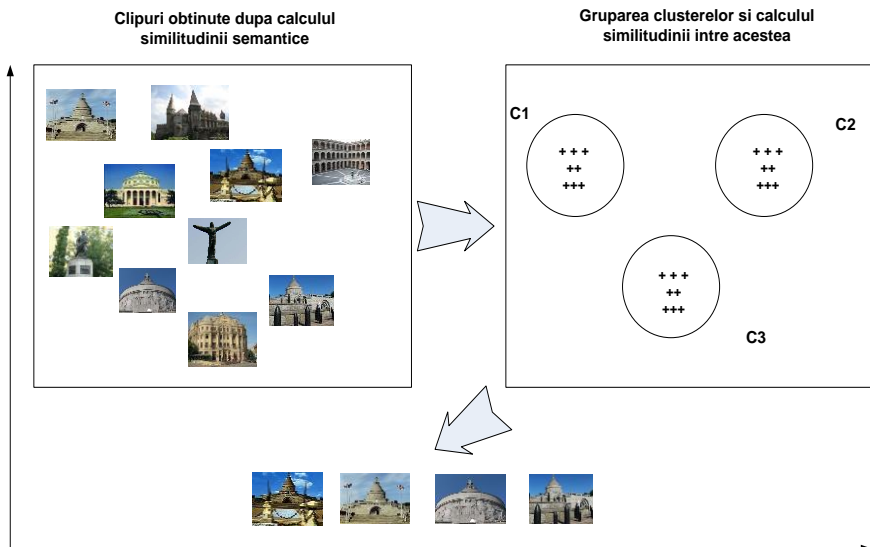


Figura 33. Exploatarea similitudinilor

Presupunem că avem n clipuri video notate cu $\{c_1, c_2, c_3 \dots c_n\}$ obținute prin segmentarea fluxului video. Bazat pe WordNet cercetătorii au prezentat formule diverse pentru calculul similitudinii semantice. A fost propusă următoarea formulă descrisă în lucrarea lui Leacock and Chodorow (1998) [111] pentru a calcula similitudinea semantică între două concepte:

$$\text{sim}(n_1, n_2) = - \frac{\log \text{len}(n_1, n_2)}{2 \max_{n \in \text{wordnet}} \text{depth}(n)} \quad (13)$$

unde $\text{len}(n_1, n_2)$ reprezintă lungimea căii cele mai scurte între două concepte n_1 și n_2 din WordNet

$\text{depth}(n)$ lungimea căii de la n la rădăcină (root)

Procesul de grupare îmbunătățește precizia de căutare și de reordonare a clipurilor video bazate pe rezultatele interogării inițiale ale fluxului video. Folosind metoda ierarhizării, gruparea începe prin găsirea celor mai apropiate perechi de obiecte (cazuri sau variabile), în funcție de tipul unității de măsură folosit și le combină pentru a forma un cluster. Algoritmul continuă pas cu pas, unind perechi de obiecte, perechi de cluster, sau un obiect cu un cluster, până când toate datele sunt într-un cluster. Metoda se numește ierarhizare, deoarece, odată ce două obiecte sunt unite într-un cluster, ele rămân împreună până la ultimul pas. Un cluster format într-un stadiu ulterior al analizei, conține cluster dintr-un stadiu anterior, care conține cluster dintr-un stadiu și mai anterior.

Clusteringul ierarhic studiază modul în care grupăm clipurile prin crearea unui cluster arbore (tree). Acesta permite să decidem dacă nivelul de cluster este corespunzător interogării noastre. După calcularea similitudinii semantice am grupat clipurile (clustering) sub forma unor obiecte bazat pe similitudinea semantică a evenimentelor în clase omogene. Am calculat distanțele dintre vectorii standardizați și am alcătuit o matrice a distanțelor având elementul:

$$A_{i,j} = d(c_i, c_j) \quad (14)$$

Calculul distanței între obiecte din cluster se poate face folosind mai multe metode de calcul, amintim dintre acestea: distanța euclidiană, distanța euclidiană standardizată, distanța Mahalanobis, distanța City Block, distanța Minkowski.

Distanța **Euclidiană** definită de relația:

$$D(i, j) = \sqrt{\sum_{f=1}^p (Z_{if} - Z_{jf})^2} \quad (15)$$

devine o măsură a deosebirilor. Această transformare are ca efect transformarea în date utilizabile, fiindcă toate variabilele vor avea deviația standard de 1.

De asemenea, sunt disponibile și alte unități de măsură, ca **Cityblock**, unde distanța între două obiecte este dată de relația:

$$\text{distance}(x, y) = \sum |x_i - y_i| \quad (16)$$

Distanța **Minkowski** este definită prin relația :

$$D(i, j) = q \sqrt{\sum_{f=1}^p |x_{if} - x_{jf}|^q} \quad (17)$$

unde q este un număr mai mare sau egal cu 1.

Analiza cluster este o procedură folosită pentru a determina grupurile ce au similarități de date, în cazul meu datele video. Pașii implicați în analiza clusterelor sunt următorii: primul pas este formularea problemei grupării, prin definirea variabilelor pe baza cărora se vor forma cluster. Apoi, trebuie selectată o măsură adecvată a distanței. Unitatea de măsură a distanței determină cât de asemănător sau diferit este obiectul grupat.

În urma interogărilor efectuate de către utilizator, i se vor returna un număr de rezultate. Este posibil ca nu toate dintre aceste rezultate să fie în conformitate cu cerințele utilizatorului. Dacă utilizatorul este interesat de un anumit tip de rezultat este indicat să grupăm aceste rezultate să fie mai aproape de cerințele utilizatorului. Pentru fiecare interogare făcută de utilizator i se va returna un set de clipuri, care au asociate descrieri bazate pe text liber, efectuate în procesul de adnotare video. În exemplul de mai jos am descris o interogare care returnează cinci clipuri video. Am calculat similitudinea pentru fiecare interogare și răspunsul asociat. Pentru aceasta am utilizat instrumentul WS4J, ce calculează similaritatea bazat pe WordNet. Un exemplu de tabele asociate interogărilor este descris mai jos:

	Lesson	describing	a	applet	,	using	Java
	/NNP	/VBG	/DT	/NN	/,	/VBG	/NNP
Courses/NNS	0.6667	-	-	-0.3158	-	-	-0.7500
which/WDT	-	-	-	-	-	-	-
described/VBD	-	1.0000	-	-	-	-0.5000	-
a/DT	-	-	-	-	-	-	-
Java/NNP	0.5000	-	-	-0.3810	-	-	1.0000
applet/NN	0.4211	-	-	1.0000	-	-	-0.3810

	Lesson	describing	a	applet	,	using	Java
	/NNP	/VBG	/DT	/NN	/,	/VBG	/NNP
The/DT	-	-	-	-	-	-	-
role/NN	0.7273	-	-	-0.3158	-	-	-0.3750
of/IN	-	-	-	-	-	-	-
components/NNS	0.5000	-	-	-0.3529	-	-	-0.6667
in/IN	-	-	-	-	-	-	-
editing/NN	-	-	-	-	-	-	-
text/NN	0.5333	-	-	-0.5000	-	-	-0.4706
in/IN	-	-	-	-	-	-	-
java/NN	0.5000	-	-	-0.3810	-	-	-1.0000

Tabelul 5. Calculul similitudinii utilizând WS4J

Pentru realizarea practică a cercetării, am ales metoda de clustering ierarhic și am folosit trei tipuri de distanțe: distanța Euclidiană, distanța Minkowski și distanța City Block.

Am combinat tipurile de tabele, stabilind pentru attribute, termenii interogării iar ca variabile termenii rezultatelor, adică termenii după care vom face gruparea în cluster ierarhic. Prelucrarea am făcut-o folosind aplicația IBM SPSS STATISTICS. Rezultatele clusteringului sunt grupate pe distanțe: Euclidian, City Block iar la final Minkowsky. Voi descrie în continuare un exemplu de calcul al distanței, cu mențiunea că se va proceda la fel pentru fiecare distanță în parte, iar la final voi prezenta rezultatele experimentului. Pentru fiecare interogare și răspuns, pe baza tabelor de similitudine, se va calcula matricea de disimilaritate și dendograma asociată. Aplicația afișează tabelul cu clusterelor formate, pe baza variabilelor.

6.1 Regăsirea și gruparea conținutului video bazat pe similitudine 87

Menționez ca figurile de mai jos reprezintă calculul celor trei distanțe pentru o singură interogare.

Case	Squared Euclidean Distance					
	1.coursses	2.described	3.applet	4.Java	5.using	6.create
1.coursses	.000	2.357	.665	.095	2.357	1.801
2.described	2.357	.000	2.572	2.645	.500	.278
3.applet	.665	2.572	.000	.773	2.572	2.017
4.Java	.095	2.645	.773	.000	2.645	2.090
5.using	2.357	.500	2.572	2.645	.000	.111
6.create	1.801	.278	2.017	2.090	.111	.000

Case	City Block Distance					
	1.coursses	2.described	3.applet	4.Java	5.using	6.create
1.coursses	.000	3.233	1.299	.482	3.233	2.899
2.described	3.233	.000	3.302	3.381	1.000	.667
3.applet	1.299	3.302	.000	1.317	3.302	2.969
4.Java	.482	3.381	1.317	.000	3.381	3.048
5.using	3.233	1.000	3.302	3.381	.000	.333
6.create	2.899	.667	2.969	3.048	.333	.000

Case	Minkowski (2) Distance					
	1.coursses	2.described	3.applet	4.Java	5.using	6.create
1.coursses	.000	1.535	.815	.307	1.535	1.342
2.described	1.535	.000	1.604	1.626	.707	.527
3.applet	.815	1.604	.000	.879	1.604	1.420
4.Java	.307	1.626	.879	.000	1.626	1.446
5.using	1.535	.707	1.604	1.626	.000	.333
6.create	1.342	.527	1.420	1.446	.333	.000

Figura 34. Matricea de disimilaritate pentru distanțele Euclidiană, City Block și Minkowsky

Cea mai puternică similitudine se obține, pentru toate cele trei distanțe, între aceleași cuvinte. De exemplu, la matricea de proximitate, cea mai puternică similitudine are loc între atributul Java și variabila using.

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	4	.095	0	0	4
2	5	6	.111	0	0	3
3	2	5	.389	0	2	5
4	1	3	.719	1	0	5
5	1	2	2.340	4	3	0

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	5	6	.333	0	0	3
2	1	4	.482	0	0	4
3	2	5	.833	0	1	5
4	1	3	1.308	2	0	5
5	1	2	3.194	4	3	0

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	4	.307	0	0	4
2	5	6	.333	0	0	3
3	2	5	.617	0	2	5
4	1	3	.847	1	0	5
5	1	2	1.527	4	3	0

Figura 35. Corelația medie între cluster

Case	3 Clusters	Case	3 Clusters	Case	3 Clusters
1:courses	1	1:courses	1	1:courses	1
2:described	2	2:described	2	2:described	2
3:applet	3	3:applet	3	3:applet	3
4:Java	1	4:Java	1	4:Java	1
5:using	2	5:using	2	5:using	2
6:create	2	6:create	2	6:create	2

Figura 36. Gruparea variabilelor sub formă de cluster pentru cele trei tipuri de distanțe

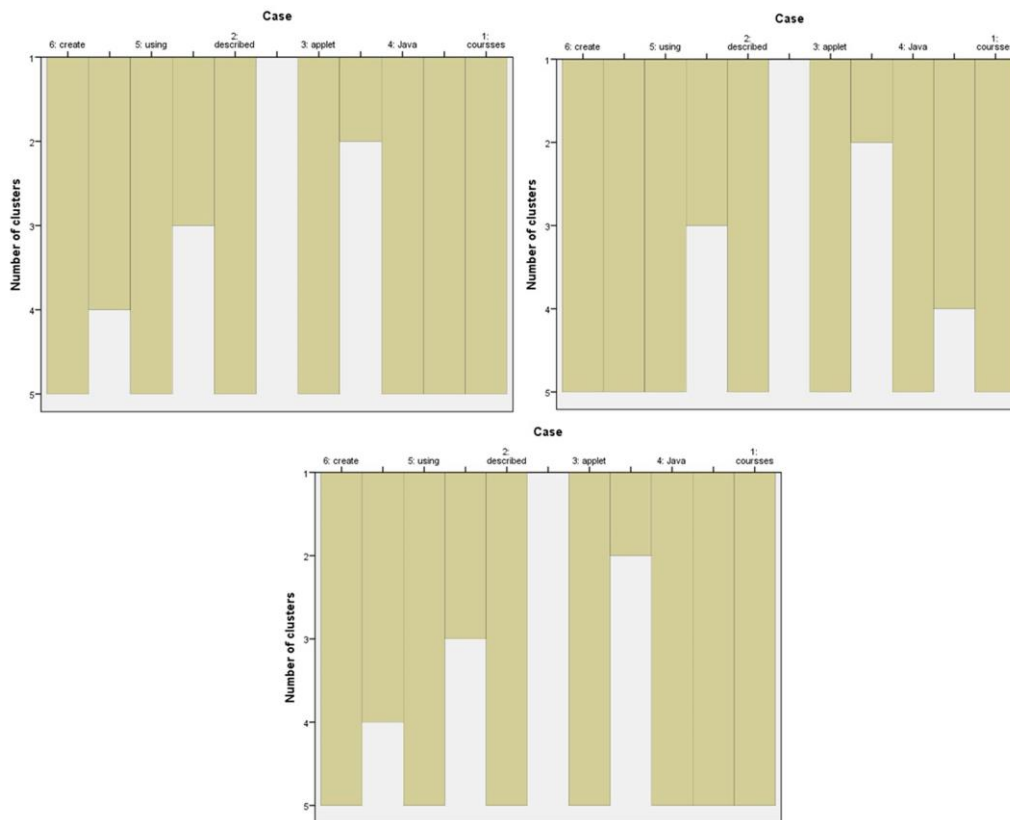


Figura 37. Reprezentarea clusterelor în cazul distanțelor Euclidiană, City Block și Minkowsky

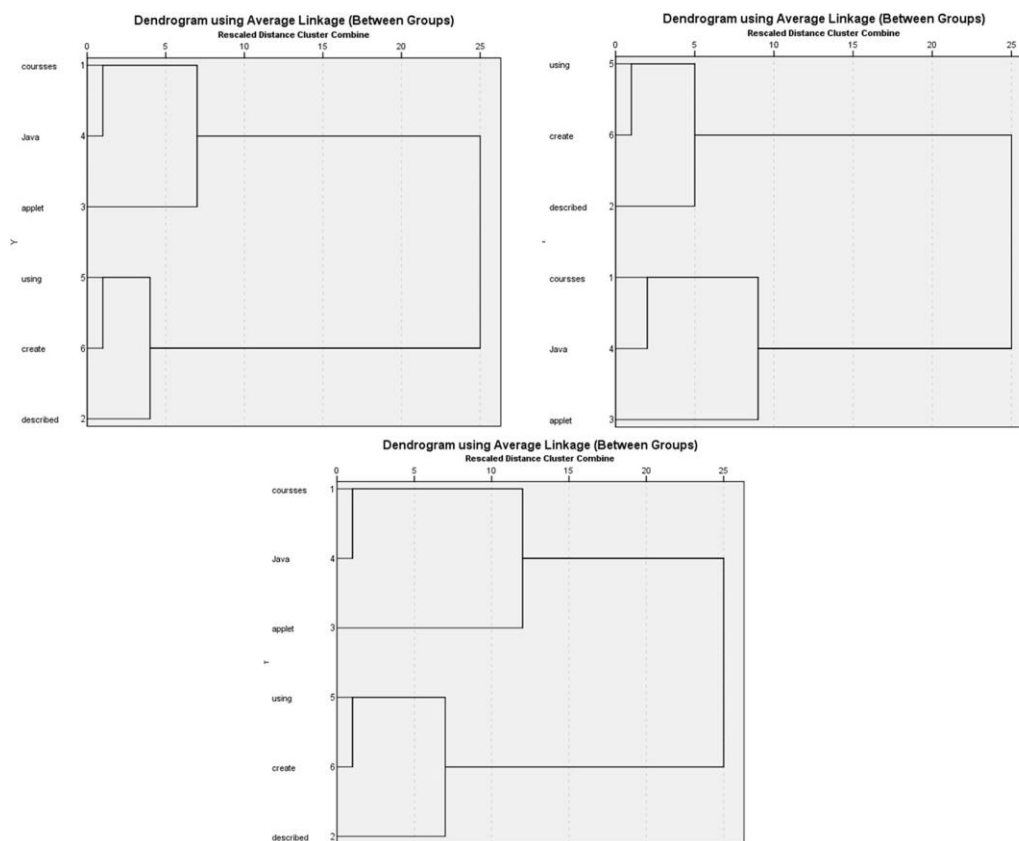


Figura 38. Dendrograma asociată distanțelor

Dendrograma, identifică interogările care formează clustere, precum și valorile coeficienților pentru fiecare etapă. Această dendrogramă oferă o imagine clară asupra modului cum s-au format clusterelor.

Din studiul rezultatelor obținute, se deduc următoarele:

- Similitudinea se obține la fel pentru toate cele trei distanțe, între aceleași cuvinte.
- Din tabelul Cluster Membership, se observă modalitatea de grupare a variabilelor și formarea clusterelor.
- Utilizarea distanței City Block determină, așa cum se observă din dendogramele asociate distanțelor, un coeficient de similaritate mai bun.

O altă cale de a reprezenta vizual etapele grupării ierarhice, este dendrograma, care identifică grupurile ce sunt unite, precum și valorile coeficienților fiecărei etape. Această dendrogramă oferă o imagine clară asupra modului cum s-au format clusterelor. Trebuie menționat faptul că SPSS nu reprezintă grafic distanțele actuale, ci le rearanjează atribuindu-le coeficienți de la 0 la 25, ce mai puternică similitudine formându-se pentru valoarea cea mai apropiată de zero. Astfel liniile prin care sunt unite variabilelor indică un grup.

Clusterul semantic descris mai sus are scopul de a îmbunătăți performanțele de căutare și regăsire video în sistemele de gestionare a datelor multimedia. Pentru

a exemplifica cele descrise am folosit 5 ore de material video din diverse domenii. Am efectuat un număr de 16 interogări relevante, două dintre acestea au fost mai sus, pentru a regăsi obiecte, evenimente, având următoarele proporții: obiecte și proprietăți 65%, relații spațiale 4%, evenimente 25%, relații temporale 6%, acestea fiind descrise în figura 51.

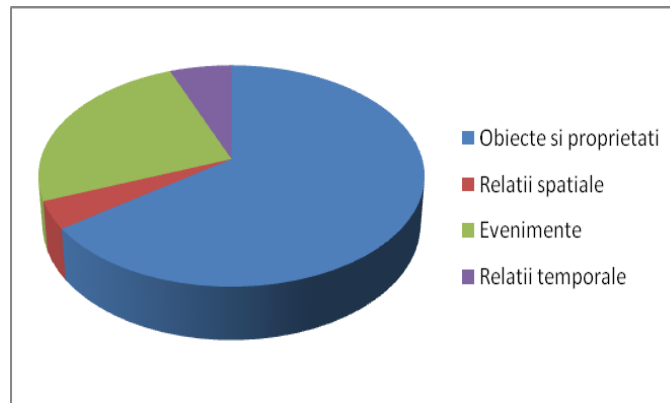


Figura 39. Proporția interogărilor

Rezultatele evaluării au fost măsurate în raport cu precizia medie (MAP) și numărul de clustere. Așa cum am descris pentru calculul distanțelor am utilizat trei tipuri de distanțe: euclidiană, City Block și Minkowsky. Rezultatele au arătat o mai bună performanță în cazul folosirii în calcule, a distanței City Block, și sunt descrise în figura de mai jos.

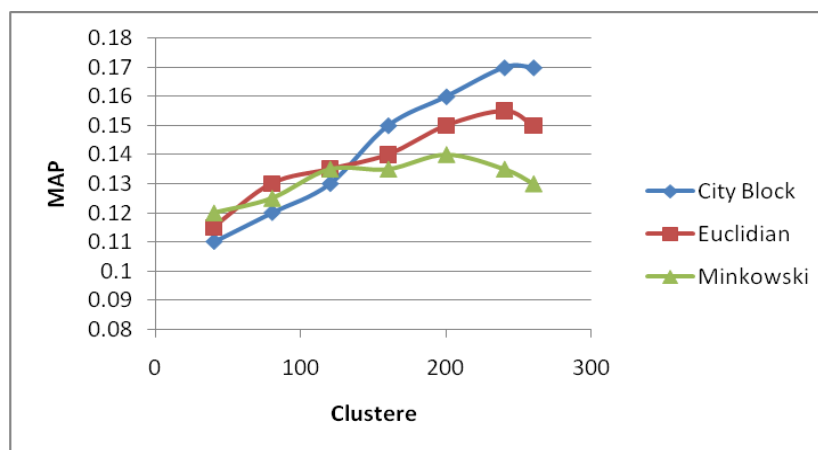


Figura 40. Evaluarea distanțelor în raport cu MAP

6.2 Adnotarea video în platformele educaționale

Standardul MPEG-7 oferă suport atât pentru descrierile de nivel jos, cât și pentru cele semantice de nivel superior, pentru diferite aspecte ale conținutului folosind XML pentru a stoca metadatele. Tendința este de a folosi tehnologiile

semantic web și ontologiile pentru a face adnotări multimedia bazate pe semantică. Majoritatea instrumentelor de adnotare, dintre care amintesc *VideoAnnex* [112] și *Frameline* [113] reprezintă conținutul pe baza metadatelor, dar nu oferă suport pentru adnotarea conținutului bazat pe ontologii. *Video Automatic Labelling* (VideoAL) system [114] extrage conceptele semantice folosind un set automat de detecție bazat pe ancore. În mod similar *MPEG-7 Metadata Authoring Tools* [115] oferă un mediu grafic care analizează conținutul video pentru a extrage cadrele cheie. Descriptorii sunt editați în mod direct și stocați în sistem binar (BiM). *AMOS* [116] folosește pentru segmentare și ulterior pentru regăsirea conținutului, obiectele video. Un obiect video este modelat și urmărit ca un set de regiuni cu caracteristici vizuale și legături spațiale corespunzătoare. *Video Image Retrieval System (VIRS)* [117] folosește descriptorii vizuali, culoarea, textură, mișcarea camerei și forma. Pfeiffer și Srimivasen [118] descrie structura fizică și conținutul semantic al documentelor video. Structura fizică este descrisă prin organizarea temporală a segmentelor pe când cea semantică se bazează pe descrierea obiectelor și evenimentelor. *Caliph & Emir* [119] folosește pentru adnotarea și regăsirea conținutului descriptorii MPEG-7, iar pentru adnotarea manuală a semanticii pune la dispoziția utilizatorului un ghid de utilizare. *M-Ontomat-Annotatizer* [120], este parte a proiectului *aceMedia* pentru adnotarea și analiza datelor multimedia. Instrumentele aplicației utilizează ontologii în procesul de adnotare. Vizard este un instrument destinat utilizatorilor începători și facilitează adnotarea clipurilor prin introducerea unui model asemănător unei cărți care asigură o structură pe bază de capitole, secțiuni, index. Modulul de adnotare este unul semiautomat.

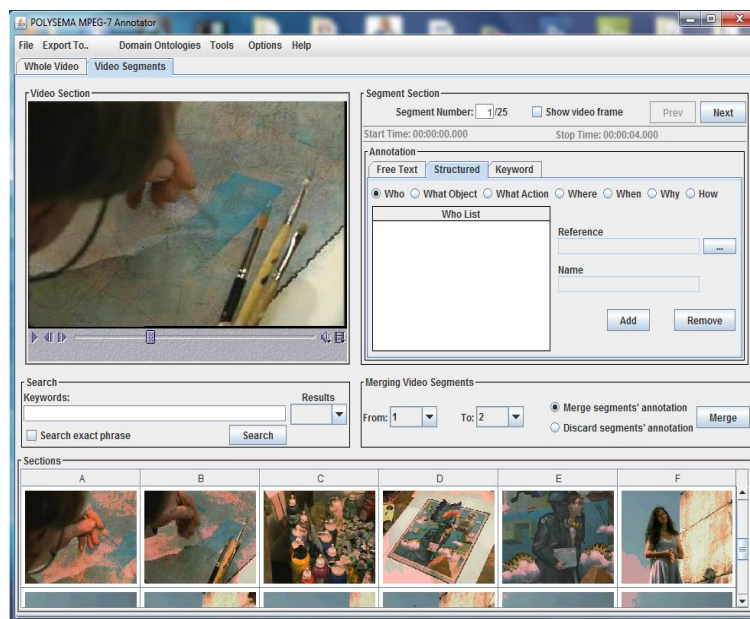


Figura 41. Interfața Polysema MPEG-7 Annotator

Aplicația *Polysema* oferă acest suport pentru adnotarea conținutului bazat pe scheme de descriere (Partea 5 din standardul MPEG-7). De asemenea, oferă suport pentru adnotarea întregului conținut dar și pentru segmente video obținute pe baza unor algoritmi de segmentare. Cu ajutorul aplicației *Polysema* se pot face

adnotări de bază (titlu, abstract) și informații de creație (data, locul, autori). Utilizatorul poate face adnotări bazate pe *FreeText*, *Structured* și *Keyword Annotation*. Adnotarea structurii, pentru fiecare segment al documentului video, va utiliza elemente specifice MPEG-7 ca *Who*, *WhatObject*, *WhatAction*, *Where*, *When*, *Why*, *How*.

Pentru adnotarea semantică a documentelor video am optat pentru aplicația Polysema, care se bazează pe o interfață grafică ușor de utilizat. Oferă posibilități de adnotare a caracteristicilor de nivel înalt, bazat pe standardul MPEG-7, Part. 5 (Scheme de descriere multimedia). Adnotarea caracteristicilor de nivel înalt face referire la metadate, care să descrie concepte pe baza ontologiilor. Aplicația oferă posibilitatea de a utiliza documente MPEG-7 create în prealabil și care au asociate un document video, sau poate importa un document video pe care dorim să-l descriem din punct de vedere semantic. Pentru a sprijini și mai mult expresivitatea și formalismul adnotărilor, am integrat în cadrul aplicației ontologia creată în capitolul anterior (Anexa).

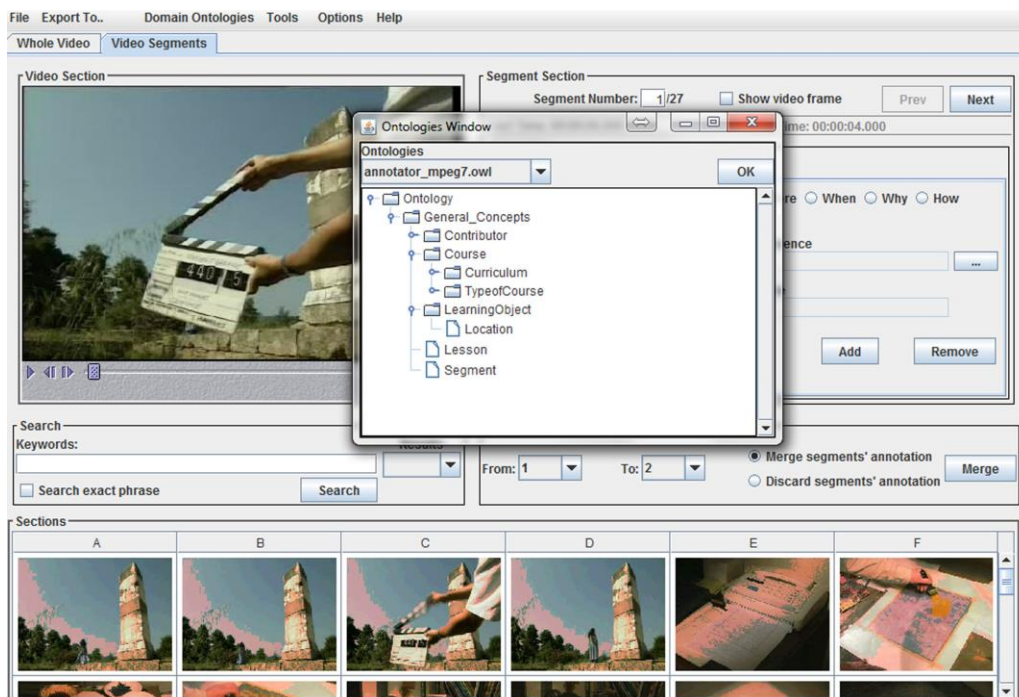


Figura 42. Utilizarea ontologiilor pentru adnotarea semantică MPEG-7

Pentru adnotarea conceptelor multimedia am utilizat LSCOM, care conține o colecție de concepte legate de evenimente, locuri, oameni. Fiecare concept a fost evaluat în funcție de mai multe criterii ca: utilitatea, observabilitatea, fezabilitatea. Prima versiune a colecției de adnotări LSCOM constă din etichete ale cadrelor cheie ce conțin 449 de concepte vizuale. LSCOM-Lite conține 39 de caracteristici legate de concepte care au ca rezultat intermediar obținerea și dezvoltarea unei ontologii specifică domeniului de multimedia.

```

<Mpeg7>
  <Description xsi:type="ContentEntityType">
    <MultimediaContent xsi:type="AudioVisualType">
      <AudioVisual>
        <MediaLocator>
          <MediaUri>urn:milos:vice:video_mpeg:01234567 </MediaUri>
        </MediaLocator>
        <CreationInformation>
          <Creation>
            <Title>XML tutorial </Title>
            <Abstract>
              <FreeTextAnnotation>In this tutorial you will learn about XML and
              the difference between XML ...</FreeTextAnnotation>
            </Abstract>
            <CreationCoordinates>
              <Location>Pisa</Location>
              <Date>
                <TimePoint>2005-12-31 </TimePoint>
              </Date>
            </CreationCoordinates>
          </Creation>
        </CreationInformation>
        <MediaSourceDecomposition>
          <AudioSegment>
            <TextAnnotation xsi:type="speech-recognition">
              <FreeTextAnnotation>Transcript of the entire video</FreeTextAnnotation>
            </TextAnnotation>
            <TemporalDecomposition>
              <AudioSegment>
                <TextAnnotation xsi:type="speech-recognition">
                  <FreeTextAnnotation>Transcript of the first scene</FreeTextAnnotation>
                </TextAnnotation>
                <MediaTime>
                  <MediaTimePoint>T00:00:00:0F30000 </MediaTimePoint>
                  <MediaIncrDuration mediaTimeUnit="PT1001 N30000F">121 </MediaIncrDuration>
                </MediaTime>
              </AudioSegment>
              ...
            </AudioSegment>
          </TemporalDecomposition>
        </AudioSegment>
        <VideoSegment>
          <TemporalDecomposition>
            <VideoSegment>
              <CreationInformation>
                <Creation>
                  <Title>Title of the scene </Title>
                </Creation>
              </CreationInformation>
              <MediaTime>
                <MediaTimePoint>T00:00:00:0F30000 </MediaTimePoint>
                <MediaIncrDuration mediaTimeUnit="PT1001 N30000F">121 </MediaIncrDuration>
              </MediaTime>
              <TemporalDecomposition>
                <StillRegion>
                  <TextAnnotation type="OCR">
                    <FreeTextAnnotation>Text extracted from the keyframe </FreeTextAnnotation>
                  </TextAnnotation>
                  <MediaTimePoint>T00:00:02:60 F30000 </MediaTimePoint>
                  <VisualDescriptor xsi:type="ScalableColorType">
                    numOfBitplanesDiscarded="0" numOfCoeff="64">
                      <Coeff>182 77 ... -6 </Coeff>
                    </VisualDescriptor>
                  </StillRegion>
                </TemporalDecomposition>
              </VideoSegment>
            </VideoSegment>
          </TemporalDecomposition>
        </VideoSegment>
      </MediaSourceDecomposition>
    </AudioVisual>
  </MultimediaContent>
</Description>
</Mpeg7>

```

Descrierea
temporală video

Scena 1

Scena 2

Video URN

Titlu

Adnotarea video

Titlul scenei

Coordonatele temporale
ale scenei

Figura 43. Document MPEG-7 rezultat în urma adnotării semantice (fragment)

6.3 Generarea prezentărilor SMIL și a cursurilor interactive Flash

Utilizarea cursurilor video interactive în cadrul platformelor educaționale, constituie o modalitate modernă pentru a îndeplini în mod eficient scopurile învățării. Cursurile interactive educaționale reprezintă un instrument puternic de predare în cadrul universităților și instituțiilor, oferind numeroase beneficii prin reducerea costurilor de imprimare, proiectare, transport al cursurilor, dar și prin uniformizarea conținutului pentru toți cursanții. Folosind materiale centralizate, se obține astfel controlul asupra formării cursanților.

Realizarea prezentărilor sincrone SMIL [121] în cadrul platformelor educaționale implică nevoia de a utiliza sau reutiliza, integral sau parțial conținutul video. Dezvoltarea și folosirea ontologiilor specifice domeniului educațional au determinat o mai bună adnotare semantică a conținutului, iar implicit o regăsire eficientă a acestuia. O prezentare SMIL este alcătuită din mai multe componente, având asociate diverse tipuri de date multimedia (text, audio, video, imagini), care pot fi rulate în timp real în manieră secvențială, paralelă sau în mod combinat. Avantajul prezentărilor SMIL constă în faptul că vor fi inserate doar referințe către obiectele educaționale, conținutul unui fișier SMIL având o dimensiune redusă. În SMIL se pot specifica părți din conținutul video, ca referință fiind începutul secvenței video, dar e destul de greu de specificat segmente din conținutul video. Standardul MPEG-7 oferă acest avantaj pentru a descrie conținutul video prin adnotarea semantică, iar ulterior să ajute la căutarea, navigarea și regăsirea acestuia în mod eficient în scopul de a fi folosit în cadrul prezentărilor sincrone SMIL.

SMIL

Este recomandarea W3C și este un limbaj bazat pe XML, cu scopul de a facilita crearea de prezentări multimedia interactive. Conținutul unei prezentări sincrone SMIL poate fi alcătuit din mai multe fluxuri video putând rula în timp real într-o manieră secvențială, paralelă sau combinat. Secvențele video obținute prin interogare, pot fi astfel utilizate în oricâte prezentări vom dori, prin precizarea (stabilirea) unor legături temporale sau spațiale.

```
<smil>
<head>
  <title>smil presentation</title>
  <root/layout width="720" height="576">
    <region id="video" top="0px" left="10px">
  </layout>
</head>
<body>
  <video region="video" src="../../../video_clip.mpeg" clipBegin="1.10s"
    clipEnd="9s" repeatCount="2" begin="2"/>
</body>
</smil>
```

Derularea unei prezentări SMIL presupune existența unui player specializat pentru documentele SMIL, exemplu de astfel de playere sunt RealPlayer, QuickTime, S2M2. SMIL este un limbaj de adnotare bazat pe XML pentru a crea conținut hipertext atractiv și fără a altera conținutul video. Un fișier SMIL este alcătuit dintr-o

succesiune de elemente prin intermediul cărora sunt accesate fișierele video, acestea putând fi poziționate în diverse regiuni, specificate de către utilizator. Poziția unui clip în cadrul unei prezentări este precizată prin coordonatele în spațiu sau folosind funcții de translatare.

Pentru a preciza ce urmează a se derula pe fiecare regiune definită, în corpul documentului SMIL se va atașa câte un atribut region fiecărui obiect video. Astfel, ierarhia de regiuni și ferestre definită cu ajutorul sintaxei XML în cadrul prezentărilor SMIL, precizează în mod riguros încadrarea conținutului pe ecran. Pentru localizarea fișierului video, atributul *src* va putea preciza calea către fișierul video. Execuția unui obiect video poate fi planificată să înceapă și să se termine la momente precise de timp, în cadrul evoluției prezentărilor, momente precizate de atributele *begin* și *end*. SMIL este un meta-limbaj, indicând informații despre prezentarea ce urmează a fi construită, legate de sursa fișierelor video, șablonul spațial precum și linia temporală a prezentării.

Prerogativele limbajului SMIL sunt evidente: este un limbaj standardizat din familia XML care nu alterează conținutul video și nu trebuie să recurgem la instrumente sofisticate de editare, pentru a realiza prezentări SMIL atractive.

Integrarea media și sincronizarea au fost investigate pe larg și descrise în literatura de specialitate, ca standardele MHEG, Firefly, HyTime, a căror tehnologie se bazează pe utilizarea ancorei și a ariei pentru compoziția spațio-temporală. Aceste modalități de integrare a datelor multimedia nu iau în considerare structura datelor și nici semantica asociată. Există un cadru general pentru recuperarea și compoziția spațio-temporală a datelor multimedia, acesta se bazează pe teoria Equivalent Transformation și pe XDD [122].

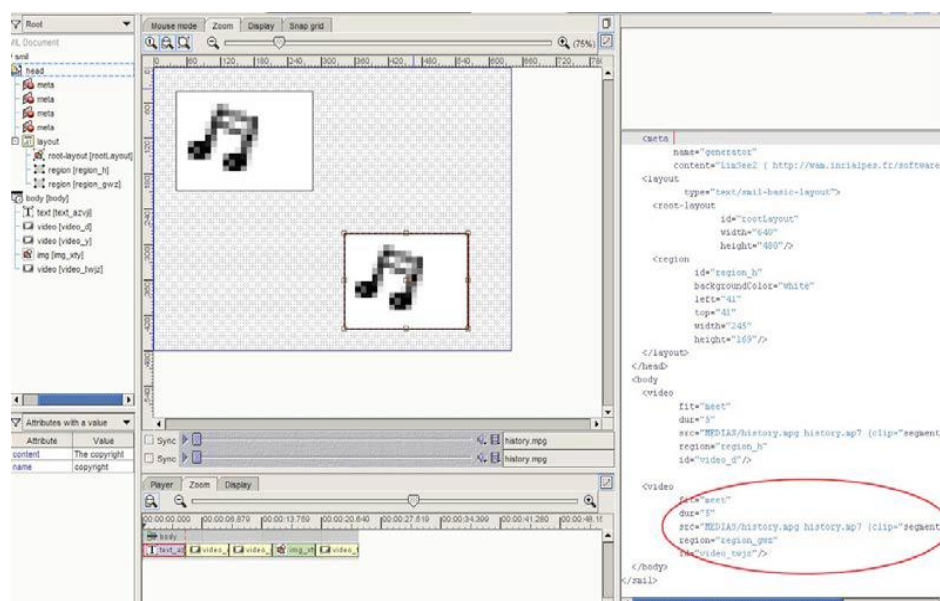


Figura 44. Interfața aplicației LimSee

Pentru implementarea practică a celor descrise mai sus, am folosit aplicația LimSee dezvoltată de către INRIA [123], care oferă posibilitatea de a edita spațial și temporal structura unui document, furnizând o structură arborescentă a documentului. Pentru a utiliza adnotarea MPEG-7 a documentelor video, voi lua în

considerare descrierea asociată unui segment video și integrarea în MPEG-7 descrisă astfel:

```
<src=video.mpeg#mp7 (clip="segment6")>
```

Încărcarea datelor externe XML în Flash, folosind ActionScript

Flash poate să citească și să parseze fișiere XML (Extensible Markup Language) folosind ActionScript. Limbajul XML constituie o metodă populară de stocare de date externe. Acest lucru înseamnă că Flash este capabil să creeze aplicații dinamice, pe baza datelor externe. Deoarece fișierul mp7 generat de către aplicația Polysema este un fișier bazat pe limbajul XML, tag-urile din fișier sunt numite și noduri, astfel încât fiecare nod poate conține o serie de atribute opționale cu valori specifice, astfel încât formatul unui nod este:

```
<node-name attribute="value"/>
```

iar generalizat pentru fișierul nostru, va fi de forma:

```
<video>
  <video name="clip1">segment1</video>
  <video name="clip2">segment2</video>
  <video name="clip3">segment3</video>
  .....
  <video name="clipn">segmentn</video>
</video>
```

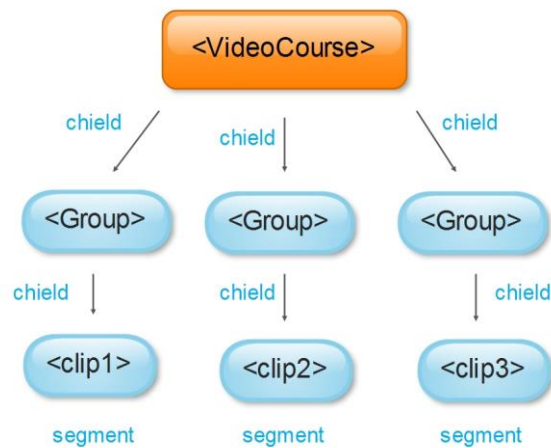


Figura 45. Structura cursului video

XML poate fi folosit pentru a încărca datele externe în Flash, pentru a asigura o metodă de structurare a conținutului ușor de înțeles în cadrul cursurilor interactive. În exemplul de mai jos este descris modul de încărcare în Flash, a unui document având o structură XML, utilizând ActionScript. Flash poate astfel să obțină accesul la datele video în timp real, pentru a crea cursuri educaționale care sunt mult mai interesante și atractive cursanților.


```

// Create a new XML object.
var video:XML = new XML();

// Set the ignoreWhite property to true (default value is false).
video.ignoreWhite = true;
video.load("video.mp7");

// After loading is complete, trace the XML object.
video.onLoad = function(success) {
    trace(video);
};

// Load the XML into the video object.

```

Încărcarea datelor va necesita folosirea clasei URLLoader Class, iar apoi în timpul procesării clasa XML Class. Acest proces va fi structurat pe 3 etape:

- Încărcarea fișierului mp7 folosind URLLoader Class
- Procesarea folosind XML Class
- SWF loads all video thumbnails

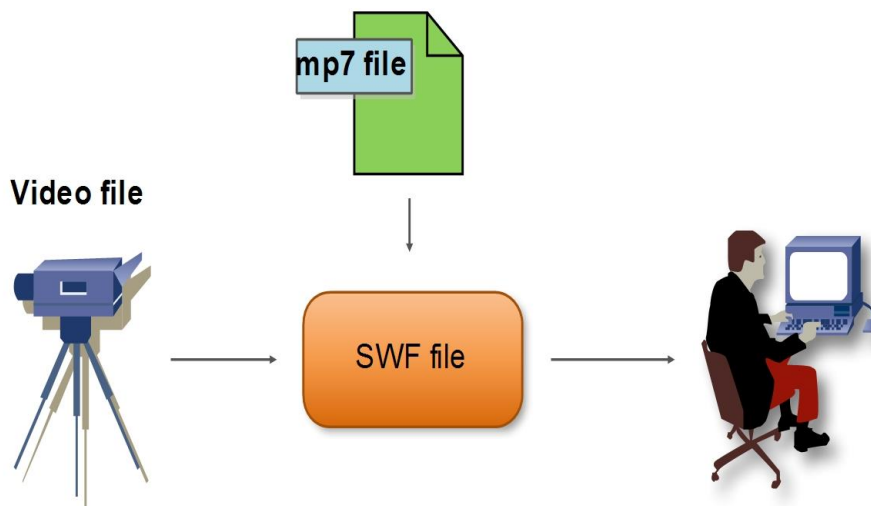


Figura 46. Încărcarea datelor video în Flash

Pentru fiecare segment va fi generat un thumb care va fi încărcat în playerul Flash. Descrierea fiecărui thumb este stocată în fișierul mp7 și corespunde unui clip (segment) determinat prin indexarea și adnotarea conținutului video. Playerul va fi configurat pe baza fișierului mp7, având la bază limbajul XML, ceea ce înseamnă că actualizarea conținutului poate fi făcută fără a modifica fișierul FLA.

6.4 Concluzii și contribuții

În acest capitol am implementat practic rezultatele studiilor din capitolele anterioare. Am descris mai multe scenarii de implementare a modelului de date

propus pentru adnotarea semantică a conținutului video bazat pe standardul MPEG-7. Pentru a refolosi în mod eficient conținutul, provocarea principală o reprezintă indexarea informației și adnotarea cât mai bună a conținutului. Astfel, ontologia creată a fost implementată în cadrul aplicației de adnotare semantică a conținutului bazat pe standardul MPEG-7.

Gestionarea eficientă a conținutului implică folosirea sau refolosirea unor părți de conținut (clipuri video). Interogarea documentelor MPEG-7 va determina returnarea unor rezultate (clipuri video), care pot să nu fie în totalitate conform interogării efectuate. Am propus astfel o soluție de grupare a datelor video sub forma unor colecții de date similar din punct de vedere semantic, bazată pe clusterul ierarhic.

Rezultatele adnotării semantice ale conținutului video, bazat pe standardul MPEG-7, pot sta la baza creării de cursuri și prezentări interactive prin utilizarea referințelor temporale și a adnotărilor semantice.

O parte din cercetarea din acest capitol a fost descrisă în lucrările [124], [125], [126], [127].

7. Concluzii și contribuții

7. Concluzii și contribuții.....	99
7.1 Contribuții teoretice.....	100
7.2 Contribuții aplicative.....	101
7.3 Direcții de cercetare viitoare.....	102

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele de cercetare desfășurată în cadrul Departamentului de Comunicații, Facultatea de Electronică și Telecomunicații din Universitatea Politehnică Timișoara. Lucrarea este dedicată unui domeniu major de interes legată de tehnologia multimedia, respectiv de gestionarea datelor video. Datorită revoluției informatice, generarea și difuzarea de conținut video a crescut în mod progresiv. Această rată de creștere nu a fost însoțită în mod corespunzător de apariția unor tehnologii care să poată procesa în mod eficient conținutul video. Deoarece majoritatea utilizatorilor preferă să utilizeze pentru regăsirea conținutului video, interogări bazate pe text, obiectivele acestei lucrări se focalizează pe exploatarea și îmbunătățirea tehnologiilor Web Semantic în gestionarea conținutului video. Datele video, în general, sunt mai greu de manipulat, deoarece au un format nestructurat, deci accesul eficient la acesta nu este o sarcină ușoară.

În primul rând, am prezentat concepte generale privind indexarea conținutului video în bazele de date multimedia. Am argumentat necesitatea modelării conținutului video la nivel de semnal, prin utilizarea algoritmilor de detecție și segmentare video. Am analizat standardele MPEG-7 și MPEG-21 pentru descrierea și modelarea conținutului video, bazat pe metadata multimedia. În continuare, am analizat capacitatea și performanțele bazelor de date specifice conținutului video, precum și limbajele de interogare specifice: XPath, xQuery, SQL/XML. Am scos în evidență cerințele fiecărui limbaj în parte, posibilitățile de a interoga bazele de date multimedia și avantajele oferite de fiecare dintre aceste limbaje. Limbajele de interogare analizate nu oferă un cadru de interogare eficient a datelor video, specific standardului MPEG-7. Formatul de interogare care îndeplinește cerințele de interogare a datelor video, bazate pe standardul MPEG-7, este MPQF. Acesta specifică cerințele formatului de intrare și pe cel de ieșire, împreună cu un set de reguli pentru managementul interogărilor.

Am realizat o analiză a bazelor de date XML subliniind dezavantajele și avantajele oferite de acestea în managementul și stocarea datelor MPEG-7. În acest sens am descris bazele de date native XML, precum și extensiile bazelor de date XML, care oferă avantajul că sunt dezvoltate pe tehnologii tradiționale ale bazelor de date și astfel dau posibilitatea de interacțiune cu alte baze de date.

În continuare, am făcut o analiză cu privire la modelarea conținutului video pe baza ontologiilor. Am analizat metodologiile și instrumentele de proiectare a ontologiilor. Modelarea conținutului bazat pe ontologii vizează descrierea conținutului semantic al documentelor video. Acest tip de modelare utilizează concepte și relații care asigură interfața între utilizatorul uman și aplicația software.

Legat de aceasta, am analizat limbajele specifice semantic Web ca: RDF, RDF(S), OWL, capabile să exprime descrierile pe bază de logici descriptive.

Am propus un model de date educațional bazat pe standardul MPEG-7 și ontologii semantic Web, al cărui scop este de a descrie conținutul video în platformele educaționale. Din analiza tipurilor de ontologii nu a reieșit existența unor ontologii care să îndeplinească în totalitate cerințele de adnotare video MPEG-7, în conformitate cu scopul propus în această lucrare. Astfel, am construit o ontologie pentru adnotarea conținutului video MPEG-7 în platformele educaționale, utilizând vocabulare și ontologii existente, astfel încât termenii ontologiei rezultate să fie compatibili cu aplicația de adnotare a conținutului video bazat pe standardul MPEG-7.

Rezultatele cercetării se pot sintetiza în funcție de obiectivele descrise în introducerea prezentei lucrări astfel:

1. Definirea unui model de reprezentare a conținutului video în bazele de date multimedia, în scopul realizării unei indexări eficiente. Modelul se bazează pe segmentarea conținutului video, folosind algoritmi de detecție și segmentare, aspect descris în capitolul 2.

2. Definirea unui model de stocare și interogare a datelor video bazat pe standardul MPEG-7 și tehnologii XML, aspect descris în capitolul 3.

3. Definirea unui model de date educaționale bazat pe standardul MPEG-7 și ontologii semantic Web, pentru adnotarea conținutului video în platformele educaționale, aspect descris în capitolul 5.

4. Propunerea unor scenarii de implementare a rezultatelor obținute pentru adnotarea conținutului video și gruparea rezultatelor interogărilor sub forma unor colecții de date similar semantice. Utilizarea adnotărilor MPEG-7 a conținutului video, constituie un mod eficient de creare a cursurilor și prezentărilor interactive în cadrul platformelor educaționale, aspecte descrise în capitolul 6.

Consider că cele propuse de mine în această teză de doctorat, constituie un pas util și necesar în gestionarea datelor video în cadrul platformelor educaționale, dar și o metodă modernă de a îndeplini în mod eficient obiectivele de învățare.

7.1 Contribuții teoretice

1. Analiza bazelor de date multimedia și modul de indexare a informației video

Am identificat stadiul actual legat de cercetarea bazelor de date multimedia, necesitatea de modelare a conținutului video. Segmentarea conținutului video sub forma unor segmente de dimensiuni mai mică determină extragerea eficientă a caracteristicilor vizuale, dar și a celor semantice. Segmentarea și extragerea caracteristicilor constituie un prim pas în vederea adnotării conținutului video. Am identificat standardele de metadate MPEG-7 și MPEG-21, necesare pentru descrierea și utilizarea conținutului multimedia (subcapitolele 2.3, 2.4, 2.5).

2. Analiza și sinteza tipurilor de baze de date XML

Am analizat principalele concepte legate de bazele de date XML, în raport cu premisa de interogare a conținutului video bazat pe standardul MPEG-7. Am analizat limbajele de interogare specifice XML descriind dezavantajele și avantajele oferite, în raport cu interogarea MPEG-7. În acest sens, am analizat capacitatea și posibilitatea de interogare a documentelor MPEG-7 prin utilizarea formatului de interogare MPQF (subcapitolele 3.2, 3.3).

3. *Analiza metodologiilor de proiectare a unei ontologii semantic web*

Am analizat modul de clasificare a ontologiilor, limbajele specifice semantic Web, RDF, RDF(S), OWL, cu scopul de a determina modul în care ontologiile pot să modeleze și să descrie conținutul semantic al documentelor video. Am identificat principalele metodologii, stabilind utilizarea soluției DILIGENT, pentru dezvoltarea ontologiei, datorat în special posibilităților de lucru colaborativ și colectiv (subcapitolele 4.4, 4.5).

4. *Stabilirea specificațiilor de proiectare a unei ontologii pentru adnotarea semantică a conținutului video în platformele educaționale.*

Am identificat principalele concepte care intervin în cadrul platformelor educaționale, pentru descrierea conținutului video. Conceptele legate de structura documentelor și persoane (contributor) au fost mapate în clase ale ontologiei, iar metadatele care descriu conceptele au fost mapate sub forma de proprietăți (subcapitolul 5.2).

5. *Propunerea unor scenarii de utilizare a modelului propus*

Am identificat scenarii în care modelul de date propus este implementat în cadrul aplicațiilor, pentru adnotarea documentelor video în cadrul platformelor educaționale. Rezultatele interogărilor MPEG-7 pot fi grupate sub forma unor colecții de date similare. Am analizat modul în care rezultatele adnotării semantice a conținutului video bazat pe standardul MPEG-7 pot fi utilizate în realizarea de cursuri și prezentări interactive (subcapitolele 6.1, 6.2, 6.3).

7.2 Contribuții aplicative

1. *Formalizarea și implementarea conceptelor ontologiei educaționale*

În cadrul procesului de conceptualizare și formalizare al termenilor definiți în ontologie, am încercat să utilizez vocabulare sau ontologii existente ca FOAF. Pentru o mai mare expresivitate în implementarea conceptelor, am utilizat limbajul OWL. Descrierea pe larg a acestui proces se regăsește în subcapitolul 5.2

2. *Implementarea conceptelor ontologiei în cadrul aplicației de adnotare semantică a conținutului video pe baza standardului MPEG-7*

Adnotarea caracteristicilor semantice în cadrul aplicației de adnotare MPEG-7, face referire la metadate, care să descrie conceptele pe baza ontologiei. Am implementat ontologia creată în cadrul aplicației MPEG-7 cu scopul de a oferi mai multă expresivitate și formalism adnotărilor, dar și pentru o regăsire mai eficientă a conținutului video. Descrierea pe larg a acestui proces se regăsește în subcapitolul 6.2

3. *Implementarea unei soluții de grupare a datelor video sub forma de colecții de date similare*

În interogarea bazată pe semantică există posibilitatea ca sistemul să returneze mai multe rezultate. Nu toate aceste rezultate sunt relevante. În acest context, am dezvoltat un model care grupează clipurile video sub forma unor colecții de date similare din punct de vedere semantic, proces descris în subcapitolul 6.1

4. *Implementarea rezultatelor obținute în urma adnotărilor video, bazate pe standardul MPEG-7 pentru realizarea prezentărilor și cursurilor interactive în platformele educaționale (subcapitolul 6.3)*

Referințele temporale dar și adnotările semantice ale documentelor video pe baza ontologiilor, pot fi folosite în construcția de cursuri și prezentări interactive, proces descris în subcapitolul 6.3

7.3 Direcții de cercetare viitoare

Modelul ontologic propus pentru adnotarea semantică a conținutului video poate fi extins pentru toate domeniile științifice, care cuprind cursurile din cadrul platformei educaționale a UPT. Se pot construi astfel, subontologii pentru cursuri și popularea acestora cu termenii specifici domeniilor științifice. Îmbunătățirea resurselor cu termeni tehnici pentru limba română, bazat pe Wordnet, ar constitui o direcție importantă de cercetare. Calitatea unei indexări și adnotări semantice eficiente a conținutului video este legată de resursele lexicale existente. Se simte astfel nevoia îmbunătățirii unor astfel de instrumente, mai ales pentru domeniile tehnice.

Modelarea datelor pe baza ontologiilor determină o regăsire eficientă a datelor video, în urma interogărilor efectuate de utilizatori, cu scopul de a utiliza sau reutiliza conținutul, necesar pentru consumul sau pentru crearea de cursuri noi. Descrierea și optimizarea de algoritmi noi, specifici regăsirii datelor video, bazați pe interogări semantice, dar și combinarea cu exploatarea caracteristicilor de culoare, textură, formă, pot să constituie un punct de plecare în vederea unor cercetări viitoare. Legat de acest aspect, consider oportună gruparea rezultatelor interogărilor pe baza unor algoritmi probabilistici, necesari pentru delimitarea domeniilor de interes în cadrul platformelor educaționale.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Peter van Oosterom, „Spatial Access Methods Chapter in Graphical Information Systems Principles, Tehnical Issues, Management Issues and Aplication”, Wiley 1999.
- [2] Subrahmanian V. S., „Principles of multimedia Database Systems”, Morgan Kaufmann Pub. Inc., San Francisco C.A. 1998.
- [3] Adamek T., O'Connor N., Murphy N. (2005). "Region-based Segmentation of Images Using Syntactic Visual Features", *Proc. Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services, (WIAMIS 2005)*.
- [4] Zhao, Rong, and William I. Grosky. "Narrowing the semantic gap-improved text-based web document retrieval using visual features." *Multimedia, IEEE Transactions on* 4.2, pp: 189-200, 2002.
- [5] W. Ngo, T.-C. Pong and H.-J. Zhang, „Recent advances in content based video analysis”. *International Journal of Image and Graphics*, 1(3):445-468, 2001.
- [6] L. F. Cheong. „Scene-based shot change detection and comparative evaluation”. *Journal of Computer Vision and Image Understanding*, 79(2):224-235, Aug 2000.
- [7] D. Swanberg, C.-F. Shu, and R. Jain, “Knowledge guided parsing in video databases” in *Proc. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases*, 2003.
- [8] J. N Hwang, Y. Luo, "Automatic Object based Video Analysis and Interpretation: A Step toward systematic video understanding," invited special session talk in ICASSP, Orlando FL, May 2002.
- [9] A. M. Ferman and A. M. Tekalp. „Probabilistic analysis and extraction of video content”. *Proc. Of ICIP*, pages 91–95, vol. 2, 1999.
- [10] M. R. Naphade, T. Kristjansson, B. Frey, and T. S.Huang. „Probabilistic multimedia objects (multijects):A novel approach to video indexing and retrieval in multimedia systems”. *Proc. of ICIP*, pages 536–540, 1998.
- [11] H.J. Zhang, Y. Gong, S.W. Smoliar, and S. Y. Tan. „Automatic parsing of news video”. In *Proc. Of Int. Conf. On Multimedia Computing and Systems*, Boston, Massachusetts, USA, pages 45–54, May 2004.
- [12] X. J. Shannon, M. J. Black, S. Minneman, and D. Kimber. „Analysis of gesture and action in technical talks for video indexing”. *IEEE Int. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 595–601,1997.
- [13] Z. Rasheed, Y. Sheikh, and M. Shah. „On the use of computable features for film classification”. *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Techn.*, vol. 15, page,52-64. 2005
- [14] D. Zhong and S. F. Chang, “Spatio-temporal video search using the object-based video representation” in *Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing*, vol. 1, Santa Barbara, CA, Oct. 1997, pp. 1–24.
- [15] A probabilistic graphical network for modeling the interaction between semantic concepts <http://www.ifp.illinois.edu/~milind/research/multinet.html> [Accessed: 24-ian-2014]
- [16] Naphade, Milind R., and Thomas S. Huang. "Recognizing high-level audio-visual concepts using context." *Image Processing, 2001. Proceedings. 2001 International Conference on*. Vol. 3. IEEE, 2001.

- [17] J. N Hwang, Y. Luo, "Automatic Object based Video Analysis and Interpretation: A Step toward systematic video understanding," invited special session talk in ICASSP, Orlando FL, May 2002.
- [18] Ramesh Naphade, M., Igor V. Kozintsev, and Thomas S. Huang. "Factor graph framework for semantic video indexing." *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on* 12.1 pp 40-52, 2002.
- [19] Nagasaka, Akio, Hirotada Ueda, and Takafumi Miyatake. "Video viewing assisting method and a video playback system therefor." U.S. Patent No. 5,818,439. 6 Oct. 1998.
- [20] James Monaco, "How to Read a Film: The Art, Technology, Language, History, and Theory of Film and Media", Oxford University Press, New York, NY, 1977.
- [21] Antani, Sameer, Rangachar Kasturi, and Ramesh Jain. "A survey on the use of pattern recognition methods for abstraction, indexing and retrieval of images and video." *Pattern recognition* 35.4 pp: 945-965, 2002.
- [22] R. Zabih, J. Miller, and K. Mai. „A feature-based algorithm for detecting and classifying production effects". Multimedia Systems, 1999
- [23] Radu VasIU, "Compresie audio-video. Tehnici și aplicații", Editura Orizonturi Universitare Timișoara 2002.
- [24] W3C. RDF/XML Syntax. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax>. [Accessed: 24-Ian-2014].
- [25] ISO/IEC TR 21000-1; 2004 "Information technology-Multimedia framework (MPEG-7)-Part 6", Vision Technologies and Strategy 2004
- [26] T. Sikora, „The MPEG-7 Visual Standard for Content Description-An Overview", IEEE Trans Circuits System Video Technology, volume 11, June 2001
- [27] ISO/IEC TR 21000-1; 2004 "Information technology-Multimedia framework (MPEG-7)-Part 2", Vision Technologies and Strategy 2004
- [28] ISO/IEC TR 21000-1; 2004 "Information technology-Multimedia framework (MPEG-21)-Part 6", Vision Technologies and Strategy 2004.
- [29] ISO/IEC TR 21000-1; 2004 "Information technology-Multimedia framework (MPEG-21)-Part 1", Vision Technologies and Strategy 2004.
- [30] ISO/IEC TR 21000-1; 2004 "Information technology-Multimedia framework (MPEG-21)-Part 5", Vision Technologies and Strategy 2004
- [31] ISO/IEC TR 21000-1; 2004 "Information technology-Multimedia framework (MPEG-7)-Part 2", Vision Technologies and Strategy 2004
- [32] **Gabor Andrei Marius**, „Multimedia Database", Workshop-ul nr.1, INTERDISCIPLINARITATEA ȘI MANAGEMENTUL CERCETĂRII, Universitatea „Politehnica" din Timișoara, 24-25 noiembrie 2011.
- [33] **Gabor Andrei Marius**, „Modelling Video Data in E-learning Platforms", Workshop-ul nr.2 INTERDISCIPLINARITATEA ȘI MANAGEMENTUL CERCETĂRII, Universitatea din Oradea, 7-8 Iunie 2012.
- [34] Westermann, Utz, and Wolfgang Klas. "An analysis of XML database solutions for the management of MPEG-7 media descriptions." *ACM Computing Surveys (CSUR)* 35.4 (2003): 331-373.
- [35] KANG, Ji-Hoon; KIM, Chul-Soo; KO, Eun-Jeong. „An XQuery engine for digital library systems". In: Proceedings of the 3rd ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries. IEEE Computer Society, p. 400-400, 2003.
- [36] XML Path Language (XPath). [Online]. <http://www.w3.org/TR/xpath/>, [Accessed: 27-Ian-2014].
- [37] XML Query language. [Online]<http://www.w3.org/TR/xquery/> [Accessed: 27-Ian-2014].

- [38] SQL/XML [Online] <http://www.ibm.com/developerworks/xml/standards/xmlspec.html>. [Accessed: 27-Ian-2014].
- [39] Tous, Ruben, and Jaime Delgado. "Semantic-driven multimedia retrieval with the mpeg query format." *Semantic Multimedia*. Springer Berlin Heidelberg, 149-163, 2008.
- [40] Gruhne, M., Tous, R., Doeller, M., Delgado, J., Kosch, H.; MP7QF: An MPEG-7 Query Format 3rd International Conference on Automated Production of Cross Media Content for Multi-channel Distribution (AXMEDIS 2007), Barcelona, November IEEE Computer Society Press. ISBN 0-7695-3030-3. p. 15-18, 2007.
- [41] DÖLLER, Mario; KOSCH, Harald. „MPEG-7 Multimedia Data Cartridge“. In *Electronic Imaging 2003*. International Society for Optics and Photonics, p. 126-137, 2003.
- [42] Introduction of MPEG-7 Query Language. [Online] <http://csce.uark.edu/~jgauch/library/Video-Retrieval/Doller.2007.pdf> [Accessed: 28-Ian-2014].
- [43] H. Jagadish, S. Al-Khalifa, and et Al. A. Chapman. TIMBER: A Native XML database. *The VLDB Journal*, 11(4):274-291, 2002.
- [44] David McGoveran. The Age of XML Database. *EAI Journal*, pages 18-21, October 2001.
- [45] Albrecht Schmidt, Florian Waas, Martin Kersten, Daniela Florescu, Michael J. Carey, Ioana Manolescu, and Ralph Busse. Why and How to Benchmark XML Databases. *ACM SIGMOD Record*, 3(30):27-32, September 2001.
- [46] Harald Schoning. Tamino - a DBMS designed for XML. In *Proceedings of the 17th International Conference on Data Engineering (ICDE)*, pages 149-154, April 2001.
- [47] Buraga, Sabin-Corneliu. "Tehnologii XML." *Familia* 20062005 (2005): 2006.
- [48] Utz Westermann and Wolfgang Klas. An Analysis of XML Database Solutions for the Management of MPEG-7 Media Descriptions. *ACM Computing Surveys*, 35(4):331-373, December 2003.
- [49] Jayavel Shanmugasundaram, Rajasekar Krishnamurthy, Igor Tatarinov, Eugene Shekita, Efstratios Viglas, Jerry Kierman, and Jeffrey Naughton. A General Technique for Querying XML Documents using a Relational Database System. *ACM SIGMOD Record*, 30(3): 20-26, September 2001.
- [50] Dongwon Lee and Wesley W. Chu. Constraints-preserving Transformation from XML Document Type Definition to Relational Schema Data and Knowledge Engineering 39(1):3 - 25, October 2001.
- [51] Takeyuki Shimura, Masatoshi Yoshikawa, and Shunsuke Uemura. Storage and retrieval of XML documents using object-relational databases. In *Database and Expert Systems Applications*, pages 206-217, 1999.
- [52] Ravi Murthy and Sandeepan Banerjee. XML Schemas in Oracle XML DB. In *Proceedings of the 29th VLDB Conference*, pages 1009-1018, Berlin, Germany, Morgan Kaufmann 2003.
- [53] MPEG-7 http://www.ing.unibs.it/~tlc/02_research/MPEG/MPEG7/index.php [Accessed: 29-Ian-2014].
- [54] **Gabor, Andrei Marius**, Radu Vasii. "THE MPEG-7 QUERY OF THE E-LEARNING CONTENT." *Editorial Board: 37*, Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara fascicola 2-2011, pag 47, ISSN 1583-3380, 2011.
- [55] Reidsma, D., Kuper, J., Declerck, T., Saggion, H., Cunningham, H. „Cross document annotation for multimedia retrieval“, in 10th Conference of the

- European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL).2003.
- [56] Maedche, Alexander, and Steffen Staab. "Ontology learning". Springer Berlin Heidelberg, 2004.
- [57] Guarino, N. „Understanding, building, and using ontologies: A commentary to Using Explicit Ontologies" in KBS Development, by van Heijst Schreiber, and Wielinga". International Journal of Human and Computer Studies 46: 293-310, 1997.
- [58] Crocker, Linda, and James Algina. *Introduction to classical and modern test theory*. Holt, Rinehart and Winston, 6277 Sea Harbor Drive, Orlando, FL 32887, 1986.
- [59] S. Buraga, „Tehnologii XML", Editura Polirom, ISBN 973-46-0249-7, 2006.
- [60] Smith, Barry, and Christopher Welty. „Ontology: Towards a new synthesis" Formal Ontology in Information Systems. ACM Press, USA, pp. iii-x, 2001.
- [61] Daum, Udo Berthold, and M. Berthold. "Merten: System Architecture With XML." (2003).
- [62] Sowa, John F. „Knowledge representation: logical, philosophical, and computational foundations". Vol. 13. Pacific Grove: Brooks/Cole, 2000.
- [63] Berners-Lee, Tim, James Hendler, and Ora Lassila. "The semantic web" Scientific american 284.5 (2001): 28-37.
- [64] Resource Description Framework [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222/> [Accesed: 26-Ian-2014].
- [65] Space for vocabularie [Online]. Available: <http://vocab.org/> [Accessed: 25-Ian-2014].
- [66] RDF Schema [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/> [Accessed:25-Ian- 2014].
- [67] OWL Web Ontology Language. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/owl-features/> [Accessed:25-Ian-2014].
- [68] Simperl, Elena. "Reusing ontologies on the Semantic Web: A feasibility study."Data & Knowledge Engineering nr. 68.10 (2009): 905-925.
- [69] McGuinness, D. L., Fikes, R., Rice, J., and Wilder, S. (2000). "An environment for merging and testing large ontologies". In Cohn, A. G., Giunchiglia F., and Selman, B., editors Principles of Knowledge Representation and Reasoning Proceedings of the Seventh International Conference Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2000.
- [70] Jiménez-Ruiz, Ernesto, and R. Berlanga. "A view-based methodology for collaborative ontology engineering: An approach for complex applications (vimethcoe)." *Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 2006. WETICE'06. 15th IEEE International Workshops on*. IEEE, 2006.
- [71] D.B. Lenat, R.V. Guha systems. Building large knowledge-based (Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1990.
- [72] G. Schreiber, B. Wielinga, W. Jansweijer. "The KACTUS view on the 'O' word". Proceedings of AIC'95, Rotterdam, The Netherlands, pp. 159–168, 1995.
- [73] M. Uschold, M. King. "Towards a Methodology for Building Ontologies". IJCAI-95, Montreal, Canada.
- [74] M. Fernandez, A. Gomez-Perez, et al. "METHONTOLOGY: From ontological Art towards ontological engineering". Proc. AAAI-97, Stanford, USA.
- [75] Y. Sure, S. Staab, R. Studer. "On-To-Knowledge Methodology", In Handbook on Ontologies". Edited by S. Staab and R. Studer (eds.). Springer 2003.

- [76] A. De Nicola, M. Missikoff, R. Navigli. A proposal for a Unified Process for ONtology building: UPON, Proc. Of DEXA 2005, Copenhagen, Denmark, August 22-26th, 2005.
- [77] Euzenat, J. 1995. "Building consensual knowledge bases: context and architecture". In Mars, N. (Ed.). Building and sharing large knowledge bases. IOS Press. Amsterdam.
- [78] C. Tempich, H. S. Pinto, Y. Sure, S. Staab, "An Argumentation Ontology for DIstributed, Loosely-controlled and evolvInG Engineering processes of oNTologies (DILIGENT)", ESWC05, pp.241-256. Crete, Greece, 2005.
- [79] K. Kotis, G. A. Vouros, J. P. Alonso. "HCOME: toolsupported methodology for collaboratively devising living ontologies", (SWDB'04, VLDB), 29-30 August 2004.
- [80] A. Díaz, G. Baldo, "CO-Protégé: A Groupware Tool for Supporting Collaborative Ontology Design with Divergence", 8th Protégé Conference, Madrid, Spain, 2005.
- [81] V. R. Benjamins, D. Fensel, S. Decker, A. Gómez- Pérez. "(KA)2: Building Ontologies for the Internet: a Mid Term Report". IJHCS, 51:687-712. 1999.
- [82] B. Drăgulescu, „*Tehnologii semantic Web în mediul educațional*”, Teză de doctorat, Timișoara 2013.
- [83] Gomez-Perez, Asuncion, Oscar Corcho-Garcia, and Mariano Fernandez-Lopez. *Ontological engineering*. Springer-Verlag New York, Inc., 2003.
- [84] Mohan, Permanand, and Christopher Brooks. "Learning objects on the semantic web." *Advanced Learning Technologies*, 2003. Proceedings. The 3rd IEEE International Conference on. IEEE, pp. 195-199, 2003.
- [85] <http://www.fluidpower.ro/itfps/Etapa1ITFPS.pdf> [Accessed: 05-Feb-2014].
- [86] Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005, April). "Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives". In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems pp. 859-868, 2005.
- [87] **Gabor, A. M.**, & VasIU, R. „*Interdisciplinarity in e-Learning Platforms Based on Textual Annotation*”. In Information and Software Technologies, pp. 362-372. Springer Berlin Heidelberg, 2012
- [88] SCORM, [Online] <http://scorm.com/> [Accessed: 05-Feb-2014].
- [89] LOM, IEEE Learning Technology Standards Committeé's Learning Object Metadata Working Group (2002), [Online] <http://ptsc.ieee.org/wg12/> [Accessed: 04-Feb-2014].
- [90] Ravasio, Pamela, Samuel Schlupe, and S. Guttormsen Schär. "Metadata in E-Learning systems: focus on its value for the user." *Proceedings of the II International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education, Badajoz*. 2003.
- [91] Azouaou, Faïçal, and Cyrille Desmoulin. "Semantic annotation for the teacher: models for a computerized memory tool." *Proceedings of the Third International Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for E-Learning*. 2005.
- [92] A. Benayache, „*Construction d'une mémoire organisationnelle de formation et évaluation dans un contexte elearning : le projet MEMORAE*”, Ph. D. Theses, l'UTC. 2005.
- [93] M. Buffa, S. Dehors, C. Faron-Zucker, P. Sander, „*Towards a Corporate Semantic Web Approach in Designing Learning Systems*”, workshop conference AIED Review of the TRIAL Solution Project, 2005.

- [94] A. Dong, H. Li, B. Wang, „*Ontology-driven annotation and Access of Educational Video Data in E-learning*”, in *E-learning Experiences and Future*, Edited by: SafeeullahSoomro, Publisher: InTech, (pp. 305-326, April 2010, ISBN 978-953-307-092-6).
- [95] A. Carbonaro, „*Ontology-based Video Retrieval in a Semantic-based Learning Environment*”, *Journal of e-Learning and Knowledge Society*. Vol. 4, n. 3, September 2008 (pp. 203 – 212).
- [96] Mohan, P., Brooks, C. „*Learning objects on the Semantic Web*”. In *Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pp. 195–199. IEEE Computer Society Press, Los Alanitos (2003).
- [97] Carbonaro, Antonella. "Ontology-based video retrieval in a semantic-based learning environment." *Journal of e-Learning and Knowledge Society* 4.3, 2009.
- [98] <http://vs.fernuni-hagen.de/methoden/ils/Organisation/ariadne.html> [Accessed: 03-Feb-2014].
- [99] IMS [Online] <http://www.imsglobal.org/metadata/> [Accessed: 06-Feb-2014].
- [100] Sánchez, D. (2009). „*Domain ontology learning from the web*”. *The Knowledge Engineering Review*, 24(04), 413-413, 2009.
- [101] WORDNET [Online] <http://wordnet.princeton.edu/> [Accessed: 06-Feb-2014].
- [102] BRICO [Online] <http://www.framerd.org/> [Accessed: 07-Feb-2014].
- [103] EuroWordNet [Online] <http://www.illc.uva.nl/EuroWordNet/> [Accessed: 03-Feb-2014].
- [104] MPEG-7 [Online] <http://www.mpeg.org/> [Accessed: 03-Feb-2014].
- [105] **Gabor Andrei Marius**, Radu Vasiu, „*Video Data Modelling Based on the MPEG-7 Standard in e-Learning Cloud Computing*”, 3 th World Conference on Innovation and Computer Sciences INSODE 2013, Turcia, Antalia, 26-28 Aprilie 2013, AWERProcedia Information Technology and Computer Science, Journal, ISSN: 2147-5105, Online: 2147-5369 Volume 3, 01-1876, 2013, pag 174-185.
- [106] **Gabor Andrei Marius**, „*Annotation of Video Content in e-Learning Cloud Computing*”, Workshop-ul nr.3, INTERDISCIPLINARITATEA ŞI MANAGEMENTUL CERCETĂRII, Universitatea din Pitesti, 30-31 mai 2013.
- [107] CUI, Jingyu; WEN, Fang; TANG, Xiaoou. „*Real time google and live image search re-ranking*”. In: *Proceedings of the 16th ACM international conference on Multimedia*. ACM, 2008. p. 729-732.
- [108] Rasiwasia, Nikhil, Pedro J. Moreno, and Nuno Vasconcelos. "Bridging the gap: Query by semantic example." *Multimedia, IEEE Transactions on* 9.5 (2007): 923-938, 2007.
- [109] Lampert, C. H., Nickisch, H., & Harmeling, S. (2009, June). „*Learning to detect unseen object classes by between-class attribute transfer*”. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference*, pp. 951-958, 2009.
- [110] Hsu, Winston H.; Chang, Shih-Fu. *Topic tracking across broadcast news videos with visual duplicates and semantic concepts*. In: *Image Processing, 2006 IEEE International Conference on*. IEEE, pp. 141-144, 2006.
- [111] Leacock, C., & Chodorow, M.. *Combining local context and WordNet similarity for word sense identification*. *WordNet: An electronic lexical database*, 49(2), 265-283, 1998.
- [112] VideoAnn [Online] <http://www.research.ibm.com/VideoAnnEx>, [Accessed: 10-Feb-2014].
- [113] Frameline [Online], <http://www.frameline.tv>, [Accessed: 10-feb-2014].

- [114] LIN, Ching-Yung, et al. VideoAL: a novel end-to-end MPEG-7 video automatic labeling system. In: *Image Processing, 2003. ICIP 2003. Proceedings. 2003 International Conference on*. IEEE, 2003. p. III-53-6 vol. 2, 2003.
- [115] http://idn.ceos.org/portals/Metadata.do?Portal=Isi_services&KeywordPath=ServiceParameters|METADATA+HANDLING|AUTHORING+TOOLS&EntryId=MATT&MetadataView=Brief&MetadataType=1&lnode=mdlb3 [Accessed: 10-Feb-2014].
- [116] Benitez, Ana B., and Shih-Fu Chang. "Extraction, description and application of multimedia using MPEG-7." *Signals, Systems and Computers, 2003. Conference Record of the Thirty-Seventh Asilomar Conference on*. Vol. 1. IEEE, 2003.
- [117] Lee, J. H., Kim, H. J., & Kim, W. Y. (2003, August). Video/image retrieval system based on MPEG-7 (VIRS). In *Information Technology: Research and Education, 2003. Proceedings. ITRE2003. International Conference on* (pp. 79-83). IEEE, 2003.
- [118] Pfeiffer, S., & Srinivasan, U. (2000, November). TV Anytime as an application scenario for MPEG-7. In *Proceedings of the 2000 ACM workshops on Multimedia* (pp. 89-92), 2000.
- [119] Lux, M. (2009, October). Caliph & Emir: MPEG-7 photo annotation and retrieval. In *Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia* (pp. 925-926), 2009.
- [120] M-Ontomat [Online], <http://www.mklab.iti.gr/m-onto2> [Accessed:10-Feb-2014].
- [121] SMIL [Online] <http://www.w3.org/AudioVideo> [Accessed:10-Feb-2014].
- [122] Anutariya, Chutiporn, Vilas Wuwongse, and Vichit Wattanapailin. "An Equivalent-Transformation-Based XML Rule Language." *RuleML*. 2002.
- [123] INRIA [Online], <http://wam.inrialpes.fr/> [Accessed: 10-Feb-2014].
- [124] **Gabor Andrei Marius**, Loghin Gaga, „Retrieval the Video Data in e-Learning Platforms”, 4th International Symposium Research and Education in Innovation Era, Arad Romania, 2012, Noiembrie 8-9 2012, Proc. International Symposium Research and Education in Innovation Era, ISSN 2065 2569, pag. 43-50.
- [125] **Gabor, A.**; VasIU, R. SMIL Presentations-Use of Video Data in e-Learning Platforms. *EDULEARN13 Proceedings*, 2013, 340-347.
- [126] **Gabor, A. M.**, R. VasIU, and L. Gaga. "VIDEO DATA USE IN INTERACTIVE E-LEARNING COURSES. A MODERN METHOD OF LEARNING ORGANIZING PROCESS." *ICERI2013 Proceedings* (2013): 2184-2190.
- [127] **Gabor Andrei Marius**, Radu VasIU, „Integration Solutions for Video Data in Educational Platforms”, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, online, ISSN: 1863-0383, iunie 2014.

ANEXA

Ontologie pentru adnotarea conținutului video

```
<?xml version="1.0"?>

<!DOCTYPE rdf:RDF [
  <!ENTITY wot "http://xmlns.com/wot/0.1/" >
  <!ENTITY foaf "http://xmlns.com/foaf/0.1/" >
  <!ENTITY owl "http://www.w3.org/2002/07/owl#" >
  <!ENTITY dc "http://purl.org/dc/elements/1.1/" >
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
  <!ENTITY ns "http://www.w3.org/2003/06/sw-vocab-status/ns#" >
]>

<rdf:RDF xmlns="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xml:base="http://www.w3.org/2002/07/owl"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xmlns:wot="http://xmlns.com/wot/0.1/"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:ns="http://www.w3.org/2003/06/sw-vocab-status/ns#"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
  <Ontology>
    <dc:title rdf:datatype="&xsd:string">MPEG-7 video ontology</dc:title>
    <dc:description rdf:datatype="&xsd:string">Ontologie pentru adnotarea continutului
    video pe baza standardului MPEG-7</dc:description>
    <rdfs:comment>Ontologie pentru adnotarea documentelor video bazat pe standardul
    MPEG-7</rdfs:comment>
    <imports rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  </Ontology>

  <!--
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
  //
  // Annotation properties
  //
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
  -->

  <!-- http://purl.org/dc/elements/1.1/date -->
  <AnnotationProperty rdf:about="&dc:date"/>

  <!-- http://purl.org/dc/elements/1.1/description -->
  <AnnotationProperty rdf:about="&dc:description"/>

  <!-- http://purl.org/dc/elements/1.1/title -->
```

```

<AnnotationProperty rdf:about="&dc;title"/>

<!-- http://www.w3.org/2003/06/sw-vocab-status/ns#term_status -->

<AnnotationProperty rdf:about="&ns;term_status"/>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/membershipClass -->

<AnnotationProperty rdf:about="&foaf;membershipClass">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">membershipClass</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">Indicates the class of individuals that are a
member of a Group</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">unstable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</AnnotationProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/name -->

<AnnotationProperty rdf:about="&foaf;name">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">name</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A name for some thing.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&rdfs;label"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</AnnotationProperty>

<!-- http://xmlns.com/wot/0.1/assurance -->

<AnnotationProperty rdf:about="&wot;assurance"/>

<!-- http://xmlns.com/wot/0.1/src_assurance -->

<AnnotationProperty rdf:about="&wot;src_assurance"/>

<!--
////////////////////////////////////
//
// Object Properties
//
////////////////////////////////////
-->

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasConference -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasConference">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Conference"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;TypeofCourse"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&owl;hasTypeofCourse"/>
  <inverseOf rdf:resource="&owl;isConferenceOf"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasCurriculum -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasCurriculum">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>

```

```
<rdfs:range rdf:resource="&owl;Curriculum"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasDocumentary -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasDocumentary">
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Documentary"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;TypeofCourse"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&owl;hasTypeofCourse"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasLesson -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasLesson">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Lesson"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasLocation -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasLocation">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Location"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Segment"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasSectionofCurriculum -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasSectionofCurriculum">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Curriculum"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;SectionofCurriculum"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasStudent -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasStudent">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Contributor"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Student"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&owl;isCreateBy"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasTeacher -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasTeacher">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Contributor"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Teacher"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&owl;isCreateBy"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasTutorial -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasTutorial">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
```



```
<rdfs:range rdf:resource="&owl;Tutorial"/>
<rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&owl;hasTypeofCourse"/>
<inverseOf rdf:resource="&owl;isTutorialOf"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#hasTypeofCourse -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;hasTypeofCourse">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;TypeofCourse"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#isConferenceOf -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;isConferenceOf">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&owl;hasTypeofCourse"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#isCreateBy -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;isCreateBy">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Contributor"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Course"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#isCurriculumFor -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;isCurriculumFor">
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Curriculum"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Faculty"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&owl;hasCurriculum"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#isDocumentaryOf -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;isDocumentaryOf">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <inverseOf rdf:resource="&owl;hasDocumentary"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&owl;hasTypeofCourse"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#isLessonOf -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;isLessonOf">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <inverseOf rdf:resource="&owl;hasLesson"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#isTutorialOf -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;isTutorialOf">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Tutorial"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;TypeofCourse"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&owl;hasTypeofCourse"/>
</ObjectProperty>
```

```
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##hasPart -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;#hasPart">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;LearningObject"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Segment"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##hasSegment -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;#hasSegment">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Segment"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##isPartOf -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;#isPartOf">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <inverseOf rdf:resource="&owl;#hasPart"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##isSegmentedOf -->

<ObjectProperty rdf:about="&owl;#isSegmentedOf">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <inverseOf rdf:resource="&owl;#hasSegment"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/account -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;account">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">account</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">Indicates an account held by this agent.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/accountServiceHomepage -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;accountServiceHomepage">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">account service homepage</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">Indicates a homepage of the service provide for this online account.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/aimChatID -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;aimChatID">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
```

```

<rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">AIM chat ID</rdfs:label>
<rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An AIM chat ID</rdfs:comment>
<ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
<rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
<rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/based_near -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;based_near">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">based near</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A location that something is based near, for
  some broadly human notion of near.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:domain
  rdf:resource="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing"/>
  <rdfs:range
  rdf:resource="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/currentProject -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;currentProject">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">current project</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A current project this person works
  on.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/depiction -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;depiction">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">depiction</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A depiction of some thing.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Image"/>
  <inverseOf rdf:resource="&foaf;depicts"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/focus -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;focus">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">focus</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The underlying or &apos;focal&apos; entity
  associated with some SKOS-described concept.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.w3.org/2004/02/skos/core#Concept"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/fundedBy -->

```

```

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;fundedBy">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">funded by</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An organization funding a project or
person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">archaic</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/holdsAccount -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;holdsAccount">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">account</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">Indicates an account held by this
agent.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">archaic</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/homepage -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;homepage">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">homepage</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A homepage for some
thing.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;isPrimaryTopicOf"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;page"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/icqChatID -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;icqChatID">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">ICQ chat ID</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An ICQ chat ID</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/img -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;img">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">image</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An image that can be used to represent
some thing (ie. those depictions which are particularly representative of something, eg.
one&apos;s photo on a homepage).</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Image"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;depiction"/>
</ObjectProperty>

```

```

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/interest -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;interest">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">interest</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A page about a topic of interest to this
person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/isPrimaryTopicOf -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;isPrimaryTopicOf">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">is primary topic of</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A document that this thing is the primary
topic of.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;page"/>
  <inverseOf rdf:resource="&foaf;primaryTopic"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/jabberID -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;jabberID">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">jabber ID</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A jabber ID for
something.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/knows -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;knows">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">knows</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A person known by this person (indicating
some level of reciprocated interaction between the parties).</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Person"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/logo -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;logo">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">logo</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A logo representing some
thing.</rdfs:comment>

```

```

    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  </ObjectProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/made -->

  <ObjectProperty rdf:about="&foaf;made">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">made</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">Something that was made by this
agent.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  </ObjectProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/maker -->

  <ObjectProperty rdf:about="&foaf;maker">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">maker</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An agent that made this
thing.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
    <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Agent"/>
    <inverseOf rdf:resource="&foaf;made"/>
  </ObjectProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/mbox -->

  <ObjectProperty rdf:about="&foaf;mbox">
    <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">personal mailbox</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A personal mailbox, ie. an Internet mailbox
associated with exactly one owner, the first owner of this mailbox. This is a &apos;static
inverse functional property&apos;, in that there is (across time and change) at most one
individual that ever has any particular value for foaf:mbox.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  </ObjectProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/mbox_sha1sum -->

  <ObjectProperty rdf:about="&foaf;mbox_sha1sum">
    <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">sha1sum of a personal mailbox URI
name</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The sha1sum of the URI of an Internet
mailbox associated with exactly one owner, the first owner of the mailbox.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  </ObjectProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/member -->

```

```

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;member">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">member</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">Indicates a member of a
Group</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Group"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/msnChatID -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;msnChatID">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">MSN chat ID</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An MSN chat ID</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/openid -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;openid">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">openid</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An OpenID for an Agent.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;isPrimaryTopicOf"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/page -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;page">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">page</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A page or document about this
thing.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <inverseOf rdf:resource="&foaf;topic"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/pastProject -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;pastProject">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">past project</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A project this person has previously worked
on.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</ObjectProperty>

```

```
<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/phone -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;phone">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">phone</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A phone, specified using fully qualified tel:
URI scheme (refs: http://www.w3.org/Addressing/schemes.html#tel).</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/primaryTopic -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;primaryTopic">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">primary topic</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The primary topic of some page or
document.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Document"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/publications -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;publications">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">publications</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A link to the publications of this
person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/schoolHomepage -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;schoolHomepage">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">schoolHomepage</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A homepage of a school attended by the
person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/theme -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;theme">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">theme</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A theme.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">archaic</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
</ObjectProperty>
```



```

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/thumbnail -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;thumbnail">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">thumbnail</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A derived thumbnail
image.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/" />
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Image" />
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Image" />
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/tipjar -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;tipjar">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">tipjar</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A tipjar document for this agent, describing
means for payment and reward.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/" />
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent" />
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document" />
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;page" />
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/topic -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;topic">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">topic</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A topic of some page or
document.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing" />
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/" />
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Document" />
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/topic_interest -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;topic_interest">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">topic_interest</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A thing of interest to this
person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&owl;Thing" />
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/" />
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent" />
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/weblog -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;weblog">
  <rdfs:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty" />
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">weblog</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A weblog of some thing (whether person,
group, company etc.).</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/" />

```

```
<rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
<rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
<rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;page"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/workInfoHomepage -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;workInfoHomepage">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">work info homepage</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A work info homepage of some person; a
page about their work for some organization.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/workplaceHomepage -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;workplaceHomepage">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">workplace homepage</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A workplace homepage of some person; the
homepage of an organization they work for.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</ObjectProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/yahooChatID -->

<ObjectProperty rdf:about="&foaf;yahooChatID">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Yahoo chat ID</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A Yahoo chat ID</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</ObjectProperty>

<!--
////////////////////////////////////
//
// Data properties
//
////////////////////////////////////
-->

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#courseDateCreate -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;courseDateCreate">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;dateTime"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#courseDateTimeEnd -->
```

```
<DatatypeProperty rdf:about="&owl;courseDateTimeEnd">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#courseDateTimeStart -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;courseDateTimeStart">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#courseDescription -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;courseDescription">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#courseDifficulty -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;courseDifficulty">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#courseDuration -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;courseDuration">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#courseFormat -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;courseFormat">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#courseLanguage -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;courseLanguage">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;language"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#courseTitle -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;courseTitle">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
```

```
<rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
<rdfs:domain rdf:resource="&owl;Course"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#lessonDescription -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;lessonDescription">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Lesson"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#lessonDifficulty -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;lessonDifficulty">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Lesson"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#lessonDuration -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;lessonDuration">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Lesson"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#lessonTimeEnd -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;lessonTimeEnd">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Lesson"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#lessonTimeStart -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;lessonTimeStart">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Lesson"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#lessonTitle -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;lessonTitle">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Lesson"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##objectDescription -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;#objectDescription">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;LearningObject"/>
```

```
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##objectName -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;#objectName">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;LearningObject"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##objectTimeEnd -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;#objectTimeEnd">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;LearningObject"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##objectTimeStart -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;#objectTimeStart">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;LearningObject"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##segmentDescription -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;#segmentDescription">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Segment"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##segmentDuration -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;#segmentDuration">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Segment"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##segmentName -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;#segmentName">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Segment"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##segmentTimeEnd -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;#segmentTimeEnd">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Segment"/>
</DatatypeProperty>
```

```

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##segmentTimeStart -->

<DatatypeProperty rdf:about="&owl;#segmentTimeStart">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd;integer"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&owl;Segment"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/accountName -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;accountName">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">account name</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">Indicates the name (identifier) associated
with this online account.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/age -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;age">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">age</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The age in years of some
agent.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">unstable</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/aimChatID -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;aimChatID">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">AIM chat ID</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An AIM chat ID</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;nick"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/birthday -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;birthday">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">birthday</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The birthday of this Agent, represented in
mm-dd string form, eg. &apos;12-31&apos;.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">unstable</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/dnaChecksum -->

```

```

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;dnaChecksum">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">DNA checksum</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A checksum for the DNA of some thing.
  Joke.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">archaic</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/familyName -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;familyName">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">familyName</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The family name of some
  person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/family_name -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;family_name">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">family_name</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The family name of some
  person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">archaic</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/firstName -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;firstName">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">firstName</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The first name of a
  person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/geekcode -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;geekcode">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">geekcode</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A textual geekcode for this person, see
  http://www.geekcode.com/geek.html</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">archaic</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/gender -->

```

```

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;gender">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">gender</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The gender of this Agent (typically but not
necessarily &apos;male&apos; or &apos;female&apos;).</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/givenName -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;givenName">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Given name</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The given name of some
person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/givenname -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;givenname">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Given name</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The given name of some
person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">archaic</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/icqChatID -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;icqChatID">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">ICQ chat ID</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An ICQ chat ID</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;nick"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/jabberID -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;jabberID">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">jabber ID</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A jabber ID for
something.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/lastName -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;lastName">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">lastName</rdfs:label>

```



```

    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The last name of a
    person.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&rdfs:Literal"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/mbox_sha1sum -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;mbox_sha1sum">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">sha1sum of a personal mailbox URI
    name</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The sha1sum of the URI of an Internet
    mailbox associated with exactly one owner, the first owner of the mailbox.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&rdfs:Literal"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/msnChatID -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;msnChatID">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">MSN chat ID</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An MSN chat ID</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&rdfs:Literal"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
    <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;nick"/>
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/myersBriggs -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;myersBriggs">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">myersBriggs</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A Myers Briggs (MBTI) personality
    classification.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&rdfs:Literal"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/name -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;name">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">name</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A name for some thing.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&rdfs:Literal"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/nick -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;nick">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">nickname</rdfs:label>

```

```

    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A short informal nickname characterising an
    agent (includes login identifiers, IRC and other chat nicknames).</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/plan -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;plan">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">plan</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A .plan comment, in the tradition of finger
    and &apos;.plan&apos;.files.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
    <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/sha1 -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;sha1">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">sha1sum (hex)</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A sha1sum hash, in hex.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">unstable</ns:term_status>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
    <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Document"/>
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/skypeID -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;skypeID">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Skype ID</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A Skype ID</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
    <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
    <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;nick"/>
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/status -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;status">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">status</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A string expressing what the user is happy
    for the general public (normally) to know about their current activity.</rdfs:comment>
    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">unstable</ns:term_status>
    <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
    <rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  </DatatypeProperty>

  <!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/surname -->

  <DatatypeProperty rdf:about="&foaf;surname">
    <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Surname</rdfs:label>
    <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">The surname of some
    person.</rdfs:comment>

```

```

<ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">archaic</ns:term_status>
<rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
<rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
<rdfs:domain rdf:resource="&foaf;Person"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/title -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;title">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">title</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">Title (Mr, Mrs, Ms, Dr.
etc)</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</DatatypeProperty>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/yahooChatID -->

<DatatypeProperty rdf:about="&foaf;yahooChatID">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Yahoo chat ID</rdfs:label>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A Yahoo chat ID</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:range rdf:resource="&rdfs;Literal"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="&foaf;nick"/>
</DatatypeProperty>

<!--
////////////////////////////////////
//
// Classes
//
////////////////////////////////////
-->

<!-- http://purl.org/dc/terms/Agent -->

<Class rdf:about="http://purl.org/dc/terms/Agent">
  <equivalentClass rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
</Class>

<!-- http://schema.org/CreativeWork -->

<Class rdf:about="http://schema.org/CreativeWork">
  <equivalentClass rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
</Class>

<!-- http://schema.org/ImageObject -->

<Class rdf:about="http://schema.org/ImageObject">
  <equivalentClass rdf:resource="&foaf;Image"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
</Class>

<!-- http://schema.org/Person -->

```

```
<Class rdf:about="http://schema.org/Person">
  <equivalentClass rdf:resource="&foaf;Person"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
</Class>
<!-- http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#Person -->

<Class rdf:about="http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#Person">
  <equivalentClass rdf:resource="&foaf;Person"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Conference -->

<Class rdf:about="&owl;Conference">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;TypeofCourse"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Contributor -->

<Class rdf:about="&owl;Contributor"/>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Course -->

<Class rdf:about="&owl;Course">
  <rdfs:comment>Ontologia conceptului de curs</rdfs:comment>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Curriculum -->

<Class rdf:about="&owl;Curriculum">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Course"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Documentary -->

<Class rdf:about="&owl;Documentary">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;TypeofCourse"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Faculty -->

<Class rdf:about="&owl;Faculty">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Curriculum"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#LearningObject -->

<Class rdf:about="&owl;LearningObject"/>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Lesson -->

<Class rdf:about="&owl;Lesson"/>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Location -->

<Class rdf:about="&owl;Location">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;LearningObject"/>
</Class>
```

```

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#SectionofCurriculum -->
<Class rdf:about="&owl;SectionofCurriculum">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Curriculum"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Segment -->
<Class rdf:about="&owl;Segment"/>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Student -->
<Class rdf:about="&owl;Student">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Teacher -->
<Class rdf:about="&owl;Teacher">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing -->
<rdf:Description rdf:about="&owl;Thing">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Thing</rdfs:label>
</rdf:Description>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#Tutorial -->
<Class rdf:about="&owl;Tutorial">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;TypeofCourse"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl#TypeofCourse -->
<Class rdf:about="&owl;TypeofCourse">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Course"/>
  <rdfs:comment>Sunt descrise tipurile de cursuri video care pot rula in cadrul
platformelor educationale</rdfs:comment>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing -->
<Class rdf:about="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Spatial Thing</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
</Class>

<!-- http://www.w3.org/2004/02/skos/core#Concept -->
<Class rdf:about="http://www.w3.org/2004/02/skos/core#Concept">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Concept</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
</Class>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/Agent -->

```

```
<Class rdf:about="&foaf;Agent">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Agent</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An agent (eg. person, group, software or
physical artifact).</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
</Class>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/Document -->

<Class rdf:about="&foaf;Document">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Document</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
  <disjointWith rdf:resource="&foaf;Organization"/>
  <disjointWith rdf:resource="&foaf;Project"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A document.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</Class>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/Group -->

<Class rdf:about="&foaf;Group">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Group</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A class of Agents.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
</Class>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/Image -->

<Class rdf:about="&foaf;Image">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Image</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An image.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</Class>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/LabelProperty -->

<Class rdf:about="&foaf;LabelProperty">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Label Property</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A foaf:LabelProperty is any RDF property
with textual values that serve as labels.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">unstable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1"/>
</Class>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/Organization -->

<Class rdf:about="&foaf;Organization">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Organization</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  <disjointWith rdf:resource="&foaf;Person"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">An organization.</rdfs:comment>
```

```

    <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
    <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
</Class>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/Person -->

<Class rdf:about="&foaf;Person">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Person</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&foaf;Agent"/>
  <disjointWith rdf:resource="&foaf;Project"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A person.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">stable</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
</Class>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/PersonalProfileDocument -->

<Class rdf:about="&foaf;PersonalProfileDocument">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">PersonalProfileDocument</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&foaf;Document"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A personal profile RDF
document.</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
</Class>

<!-- http://xmlns.com/foaf/0.1/Project -->

<Class rdf:about="&foaf;Project">
  <rdfs:label rdf:datatype="&xsd:string">Project</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&owl;Contributor"/>
  <rdfs:comment rdf:datatype="&xsd:string">A project (a collective endeavour of some
kind).</rdfs:comment>
  <ns:term_status rdf:datatype="&xsd:string">testing</ns:term_status>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
</Class>

<!--
////////////////////////////////////
//
// Individuals
//
////////////////////////////////////
-->

  <!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##Facultatea_de_Aritectura -->

<NamedIndividual rdf:about="&owl;#Facultatea_de_Aritectura">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;Faculty"/>
</NamedIndividual>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##Facultatea_de_Automatica_si_Calculatoare -->

<NamedIndividual rdf:about="&owl;#Facultatea_de_Automatica_si_Calculatoare">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;Faculty"/>
</NamedIndividual>

```

```
<!--
http://www.w3.org/2002/07/owl##Facultatea_de_Chimie_Industriala_si_Ingineria__Mediulu
i -->

<NamedIndividual
rdf:about="&owl;#Facultatea_de_Chimie_Industriala_si_Ingineria__Mediului">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;Faculty"/>
</NamedIndividual>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##Facultatea_de_Constructii -->

<NamedIndividual rdf:about="&owl;#Facultatea_de_Constructii">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;Faculty"/>
</NamedIndividual>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##Facultatea_de_Electronica_si__Telecomunicatii -->

<NamedIndividual rdf:about="&owl;#Facultatea_de_Electronica_si__Telecomunicatii">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;Faculty"/>
</NamedIndividual>

<!--
http://www.w3.org/2002/07/owl##Facultatea_de_Electrotehnica_si__Electroenergetica -->

<NamedIndividual
rdf:about="&owl;#Facultatea_de_Electrotehnica_si__Electroenergetica">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;Faculty"/>
</NamedIndividual>

<!-- http://www.w3.org/2002/07/owl##Facultatea_de_Hidrotehnica -->

<NamedIndividual rdf:about="&owl;#Facultatea_de_Hidrotehnica">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;Faculty"/>
</NamedIndividual>

<!--
////////////////////////////////////
//
// General axioms
//
////////////////////////////////////
-->

<rdf:Description>
  <rdf:type rdf:resource="&owl;AllDisjointClasses"/>
  <members rdf:parseType="Collection">
    <rdf:Description rdf:about="&owl;Contributor"/>
    <rdf:Description rdf:about="&owl;Course"/>
    <rdf:Description rdf:about="&owl;LearningObject"/>
    <rdf:Description rdf:about="&owl;Lesson"/>
    <rdf:Description rdf:about="&owl;Segment"/>
  </members>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

<!-- Generated by the OWL API (version 3.4.2) http://owlapi.sourceforge.net -->
```