



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Γνωσιακή Αναπαράσταση της Κινηματογραφικής Σκηνοθεσίας μέσω Οντολογιών, Σημασιολογικής Συλλογιστικής & Σημασιολογικής Οπτικοποίησης

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Γιάννης Χριστοδούλου

Αθήνα, 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Γνωσιακή Αναπαράσταση της Κινηματογραφικής Σκηνοθεσίας μέσω Οντολογιών, Σημασιολογικής Συλλογιστικής & Σημασιολογικής Οπτικοποίησης

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Γιάννης Χριστοδούλου

Συμβουλευτική Επιτροπή: Καθηγήτρια Θεοδώρα Βαρβαρίγου
Ομότιμος Καθηγητής Ελευθέριος Καγιάφας
Ομότιμος Καθηγητής Βασίλειος Λούμος

Εγκρίθηκε από την επταμελή εξεταστική επιτροπή:

..... Θεοδώρα Βαρβαρίγου Καθηγήτρια Ελευθέριος Καγιάφας Ομότιμος Καθηγητής Βασίλειος Λούμος Ομότιμος Καθηγητής
..... Δημήτριος Ασκούνης Καθηγητής Αναστάσιος Δουλάμης Επίκουρος Καθηγητής Εμμανουήλ Βαρβαρίγος Καθηγητής
 Χρυσόστομος Δούκας Επίκουρος Καθηγητής	

Αθήνα, 2017



.....
Γιάννης Χριστοδούλου, 2017

Διδάκτωρ Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © **Γιάννης Χριστοδούλου, 2017**

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της διατριβής για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.



*Στη μάνα, που μου έδειξε τον δρόμο
Στον πατέρα, που η σοφία του μου τον φώτισε
Στον αδελφό, που στα πολύ δύσκολα με βάστηξε
Στα δύσκολα, που μου έμαθαν ότι μπορώ παραπάνω*



“To find a form that accommodates the mess, that is the task of the artist now”

Samuel Beckett

*“Αλλά ωστόσο θα μάθεις και τούτο,
πως τα δοκούντα θα έπρεπε να είναι απολύτως δεκτά, όλα δεκτά στο σύνολό τους ως όντα”*

Παρμενίδης

“The greatest enemy of knowledge is not ignorance – it is the illusion of knowledge”

Daniel J. Boorstin



Γνωσιακή Αναπαράσταση της Κινηματογραφικής Σκηνοθεσίας μέσω Οντολογιών, Σημασιολογικής Συλλογιστικής & Σημασιολογικής Οπτικοποίησης

Σύνοψη — Η παρούσα διατριβή κινείται ερευνητικά στην περιοχή της Γνωσιακής Αναπαράστασης, ενός σημαντικού τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης. Ειδικότερα, μελετώνται μέθοδοι τεχνικής αναπαράστασης της ανθρώπινης γνώσης, με γνωστικό πεδίο πειραματισμού αυτό της κινηματογραφικής σκηνοθεσίας. Μεθοδολογικά και τεχνικά, η διατριβή εστιάζει στις Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού, στη Σημασιολογική Συλλογιστική και στη Σημασιολογική Οπτικοποίηση, ως μεθόδους τυποποιημένης αναπαράστασης της γνώσης, με στόχο την εισαγωγή καινοτόμων μεθόδων και εργαλείων. Η έρευνα κινήθηκε σε τρεις άξονες: μεθοδολογία, αναπαράσταση και εφαρμογή. Στο επίπεδο της μεθοδολογίας, προτείνεται η *μεθοδολογία ευέλικτης μηχανικής γνώσης M-krDSL*. Πρόκειται για μια μεθοδολογία ανάπτυξης τυποποιημένων γνωσιακών μοντέλων η οποία εστιάζει στην επικοινωνία ανθρώπου - ανθρώπου. Η M-krDSL εισάγει μια καινοτόμα προσέγγιση πολύμορφης σταδιακής μοντελοποίησης σε συνδυασμό με οπτικές μεθόδους εκμαίευσης γνώσης, στοχεύοντας μεταξύ άλλων στην αντιμετώπιση του προβλήματος συμφόρησης κατά την απόκτηση γνώσης. Στο επίπεδο της αναπαράστασης, προτείνεται η *οντολογία της κινηματογραφικής σκηνοθεσίας FilmO*, ένα διστρωματικό τυποποιημένο εννοιολογικό μοντέλο της κιν/φικής σκηνοθετικής γνώσης. Η προτεινόμενη οντολογία συνιστά την πρώτη συστηματική προσπάθεια εννοιολογικής μοντελοποίησης του κιν/φικού γνωστικού πεδίου από την πρακτική-καλλιτεχνική σκοπιά του σκηνοθέτη. Η δε ανάπτυξη του μοντέλου βασίστηκε στην προτεινόμενη μεθοδολογία M-krDSL. Τέλος, στο επίπεδο της εφαρμογής, παρουσιάζεται το *FilmProdViz*, ένα *γνωσιοκεντρικό σύστημα διαδραστικής σημασιολογικής οπτικοποίησης* της εκτιμώμενης πολυπλοκότητας υλοποίησης του σκηνοθετικού σχεδιασμού. Το FilmProdViz αποτελεί την πρώτη, πειραματική εφαρμογή της προτεινόμενης οντολογίας FilmO, και στοχεύει στη βελτίωση της επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού στο πλαίσιο του σχεδιασμού παραγωγής. Μία πειραματική χρηστοκεντρική αξιολόγηση επιβεβαίωσε την αποτελεσματικότητα και χρησιμότητα του προτεινόμενου συστήματος, ενώ παράλληλα αξιοποιήθηκε και ως μέθοδος αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και αποτελεσματικότητας της προτεινόμενης οντολογίας, ακολουθώντας μια εφαρμογοστρεφή προσέγγιση αξιολόγησης οντολογιών.



ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

γνωσιακή αναπαράσταση, OWL οντολογίες, σημασιολογική συλλογιστική, σημασιολογική οπτικοποίηση, γνωσιοκεντρικό σύστημα, ευέλικτη μηχανική γνώσης, εκμαίευση γνώσης, συμφόρηση απόκτησης γνώσης, πολυστρωματική οντολογία πεδίου, πρακτέα γνώση, μετα-μοντέλο, μετα-κλάσεις, μετασχηματισμός δεδομένων, σημασιολογικά μεταδεδομένα, οπτικά μεταδεδομένα, μετα-οπτικοποίηση, συμπληρωματική οπτικοποίηση, διαδραστική οπτικοποίηση, οπτικές γλώσσες, οπτικές επερωτήσεις, εργαλείο στήριξης αποφάσεων, εκτίμηση πολυπλοκότητας, συμβολική σημειογραφία, κινηματογραφική σκηνοθεσία



Knowledge Representation of Filmmaking using Web Ontologies, Semantic Reasoning & Semantic Visualization

Abstract — The current thesis addresses the research field of Knowledge Representation, an important aspect of Artificial Intelligence. In particular, various methods for formally representing human knowledge are investigated, using the filmmaking knowledge domain as experimentation ground. Methodologically and technically, the research builds on Web Ontologies, Semantic Reasoning and Semantic Visualization as methods for formally representing knowledge, with the purpose of introducing novel methods and techniques. The research lies at three levels: methodology, representation and application. At the methodological level, the *M-krDSL agile knowledge-engineering methodology* is proposed. M-krDSL is a methodology for developing formal knowledge models that focuses on human - human communication. M-krDSL introduces a novel multiform incremental modeling approach combined with visual knowledge-elicitation methods, aiming to address the knowledge acquisition bottleneck among other objectives. At the representation level, the *FilmMaking Ontology (FilMO)* is proposed, a double-layered formal semantic model of the filmmaking knowledge domain. The proposed ontology constitutes the first systematic attempt to model the filmmaking domain from the artistic and practical perspective of the film director. The construction of the ontology was based on the proposed M-krDSL methodology. Finally, at the application level, *FilmProdViz* is proposed, a *knowledge-based interactive semantic-visualization system* which exposes the potential production complexity of the director's film planning. FilmProdViz constitutes the first, experimental deployment of the proposed ontology and aims to improve the director - producer communication and cooperation in the context of production planning. An experimental user-centered evaluation confirmed the effectiveness and usefulness of the proposed system, while it was also utilized as a method for evaluating the deployability and effectiveness of the proposed ontology, following an application-based ontology evaluation approach.



KEYWORDS

knowledge representation, OWL ontologies, semantic reasoning, semantic visualization, knowledge-based system, agile knowledge engineering, knowledge elicitation, knowledge acquisition bottleneck, multi-layer domain ontology, actionable knowledge, meta-model, meta-classes, data transformation, semantic metadata, visual metadata, meta-visualization, complementary visualization, interactive visualization, visual languages, visual queries, decision-support tool, complexity estimation, symbolic notation, film direction



ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

Christodoulou, Y., Yannopoulos, A., Bountris, E., & Varvarigou, T. (2016). **Ontology-Driven Interactive Visualization of Film Production Complexity Using a Visual Language**. In *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, 12(2), 100-122.

Christodoulou, Y., Mavrogeorgi, N., & Kalogirou, P. (2008). **Use of Ontologies for Knowledge Representation of a Film Scene**. In *Internet and Web Applications and Services, 2008. ICIW'08. Third International Conference on* (pp. 662-667). IEEE.

Yannopoulos, A., Christodoulou, Y., Bountris, E., Savrami, K., & Douza, M. (2013). **Metadata, Domain Specific Languages and Visualisations as Internal Artifacts Driving an Agile Knowledge Engineering Methodology**. In *Metadata and Semantics Research* (pp. 22-34). Springer International Publishing.

Mavrogeorgi, N., Christodoulou, Y., & Kalogirou, P. (2008). **Semi-automatic Film Direction Technique in Internet-based Interactive Entertainment**. In *Internet and Web Applications and Services, 2008. ICIW'08. Third International Conference on* (pp. 680-685). IEEE.

Mavrogeorgi, M., & Christodoulou, Y. (2008). **Complete, Cinematic and Expressive Presentation in Computer Games**. In *Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (p. 74). ACM.

Yannopoulos, A., Christodoulou, Y., Koutsoutos, S., Savrami, K., Varvarigou, T., & Alexandrou, V. (2009). **ANSWER: Documentation, Formal Conceptualisation and Annotation of New Media**. In *Adjunct Proceedings of EuroITV2009, Leuven, Belgium, June 3, 5*.

**ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

Όρος	Συντόμευση	Αγγλικός Όρος
Τεχνητή Νοημοσύνη	TN	Artificial Intelligence
Γνωσιακή Αναπαράσταση	ΓΑ	Knowledge Representation
Γνωσιακό Μοντέλο	ΓΜ	Knowledge Model
Μηχανική Γνώσης	ΜΓ	Knowledge Engineering
Μηχανική Λογισμικού	ΜΛ	Software Engineering
Γνωστικό Πεδίο	ΓΠ	Knowledge Domain
Σημασιολογική Συλλογιστική	ΣΣ	Semantic Reasoning
Σημειογραφία Κινηματογράφου	DN	DirectorNotation
Απόκτηση Γνώσης	ΑΓ	Knowledge Acquisition
Ειδική Γλώσσα Πεδίου για Γνωσιακή Αναπαράσταση	krDSL	knowledge representation Domain Specific Language
Προτασιακή Λογική	ΠΡΛ	Propositional Logic
Κατηγορηματική Λογική	ΚΛ	Predicate Logic
Συστήματα Κανόνων	ΣΚ	Rule-based Systems
Σημασιολογικά Δίκτυα	ΣΔ	Semantic Nets
Συστήματα Πλαισίων	ΣΠ	Frames
Εννοιολογικά Γραφήματα	ΕΓ	Conceptual Graphs
Περιγραφική Λογική	ΠΛ	Description Logic
Ειδική Γλώσσα Πεδίου	ΕΓΠ	Domain Specific Language
Παράγοντας Πολυπλοκότητας Παραγωγής	ΠΠΠ	Production Complexity Factor
Συνδυαστικός Παράγοντας Πολυπλοκότητας Παραγωγής	Σ-ΠΠΠ	Combinational Production Complexity Factor
Οπτικοποίηση Πολυπλοκότητας Παραγωγής	ΟΠΠ	Production Complexity Visualization



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	17
1.1. Γνώση - Γνωσιακή Αναπαράσταση.....	17
1.2. Υπό Μελέτη Γνωστικό Πεδίο: Κιν/φική Σκηνοθεσία.....	20
1.2.1. Ανάγκη Καλλιτεχνικής Αναπαράστασης της Κιν/φικής Σκηνοθεσίας.....	21
1.2.2. Ανάγκη Τεχνικής Αναπαράστασης της Κιν/φικής Σκηνοθεσίας.....	22
1.3. Καινοτομία - Συνεισφορά	28
1.3.1. Μεθοδολογία.....	29
1.3.2. Αναπαράσταση.....	30
1.3.3. Εφαρμογή.....	32
1.4. Περιεχόμενο & Οργάνωση Κειμένου.....	34
2. Τεχνικό Υπόβαθρο.....	36
2.1. Δηλωτική & Διαδικασιακή Γνώση.....	36
2.2. Σημασιολογική Συλλογιστική	37
2.3. Γνωσιακή Αναπαράσταση: Λογικά Σχήματα	40
2.3.1. Προτασιακή Λογική	40
2.3.2. Κατηγορηματική Λογική.....	40
2.4. Γνωσιακή Αναπαράσταση: Δομημένα Σχήματα.....	42
2.4.1. Συστήματα Κανόνων	43
2.4.2. Σημασιολογικά Δίκτυα	44
2.4.3. Συστήματα Πλαισίων	48
2.4.4. Εννοιολογικά Γραφήματα	51
2.4.5. Περιγραφική Λογική	53
2.5. Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού	60
2.5.1. Τι είναι οι Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού	60



2.5.2. Συστατικά Οντολογιών.....	61
2.5.3. Τύποι Οντολογιών.....	64
2.5.4. Γλώσσες Περιγραφής Οντολογιών.....	66
2.5.5. Αξιοποίηση Οντολογιών.....	71
3. M-krDSL: Μεθοδολογία Μηχανικής Γνώσης.....	73
3.1. Σημειογραφία Κινηματογράφου DirectorNotation.....	74
3.1.1. Καινοτομία του DirectorNotation.....	77
3.1.2. Αξιολόγηση του DirectorNotation.....	78
3.1.3. Το DirectorNotation ως Μεθοδολογικό Εργαλείο.....	78
3.2. Υπάρχουσες Μεθοδολογίες - Καινοτομία της M-krDSL.....	79
3.2.1. Συνεργασία & Ευελιξία στη Μηχανική Γνώσης.....	81
3.3. Συστατικά της Μεθοδολογίας M-krDSL.....	83
3.3.1. Ειδικές Γλώσσες Πεδίου.....	84
3.3.2. Ειδική Γλώσσα Πεδίου για Γνωσιακή Αναπαράσταση.....	85
3.3.3. Σημασιολογικά Μεταδεδομένα για Ελεγχοκεντρικό Σχεδιασμό.....	90
3.3.4. Μακέτες & Πρωτότυπα Εργαλείων Οπτικοποίησης.....	93
3.4. Δυνατότητες της M-krDSL.....	98
3.5. Ρόλοι στην M-krDSL.....	100
3.6. Ροή Εργασιών της M-krDSL.....	101
3.7. Πλεονεκτήματα της M-krDSL.....	107
3.7.1. Εμπλοκή στην Πράξη.....	107
3.7.2. Διασθητικότητα.....	108
3.7.3. Ποιοτική Συνεργασία.....	112
3.7.4. Συστηματική Πρόσβαση σε Υπονοούμενη Γνώση.....	113
3.7.5. Μετρησιμότητα.....	114
3.7.6. Ενότητα.....	116



3.7.7. Σταδιακή Τυποποίηση	117
4. FilMO: Οντολογία Κιν/φικής Σκηνοθεσίας	120
4.1. Αναπαράσταση Σκηνοθετικής Γνώσης μέσω Οντολογιών	122
4.1.1. Σημασιολογική Τυποποίηση του DirectorNotation	122
4.2. Υπάρχοντα Γνωσιακά Μοντέλα της Κιν/φικής Γνώσης	133
4.3. Τεχνικές Επιλογές Μοντελοποίησης	137
4.3.1. Γλώσσα Περιγραφής της FilMO	137
4.3.2. Περιβάλλον Ανάπτυξης της FilMO	138
4.4. Συστατικά - Δομή - Μοντελοποίηση	139
4.4.1. Οντολογία Πεδίου	140
4.4.2. Οντολογία DN - Διαστρωματική Αντιστοίχιση Κλάσεων	142
4.5. Στιγμοτυποποίηση της FilMO	146
4.6. Μετα-μοντελοποίηση	150
4.7. Σημασιολογική Συλλογιστική στη FilMO	151
4.7.1. Εκτίμηση Πολυπλοκότητας Κιν/φικής Παραγωγής	153
4.7.2. Εντοπισμός Φιλμικών Ιδιωμάτων	154
5. FilmProdViz: Σημασιολογική Οπτικοποίηση	155
5.1. Γνωστικό Υπόβαθρο - Ανάλυση Απαιτήσεων Συστήματος	160
5.1.1. Πολυπλοκότητα Κιν/φικής Παραγωγής	160
5.1.2. Παράγοντες Πολυπλοκότητας Κιν/φικής Παραγωγής	162
5.2. Υπάρχουσες Προσεγγίσεις	164
5.3. Σύνοψη Συστήματος	166
5.4. Είσοδος Οπτικών Δεδομένων	168
5.5. Από Οπτικά Δεδομένα σε Σημασιολογικά Μεταδεδομένα	169
5.6. Από Σημασιολογικά σε Οπτικά Μεταδεδομένα	172
5.6.1. Σχεδιασμός Οπτικοποίησης Πολυπλοκότητας Παραγωγής	172



5.6.2. Οπτική Σύνθεση: Μετα-οπτικοποίηση	174
5.6.3. Άλλες Οπτικές Ιδιότητες	176
5.7. Ροή Εργασιών Συστήματος	177
5.8. Ένα Παράδειγμα Χρήσης σε Πραγματικές Συνθήκες.....	179
6. Αξιολόγηση.....	183
6.1. FilMO: Εφαρμογοστρεφής Αξιολόγηση.....	183
6.2. FilmProdViz: Χρηστοκεντρική Αξιολόγηση.....	183
6.2.1. Προετοιμασία Αξιολόγησης	185
6.2.2. Μέρος Α: Σκηνοθετικός Σχεδιασμός.....	186
6.2.3. Μέρος Β: Σχεδιασμός Παραγωγής	188
7. Συμπεράσματα & Μελλοντική Εργασία.....	193
7.1. Μεθοδολογία Ευέλικτης Μηχανικής Γνώσης M-krDSL	193
7.1.1. Μελλοντικά Σχέδια	194
7.2. Οντολογία Κιν/φικής Σκηνοθεσίας FilMO.....	195
7.2.1. Καθοδηγούμενη Εννοιολογική Ανάλυση & Μοντελοποίηση	196
7.2.2. Καλλιτεχνική Αριότητα Εισαγωγής Δεδομένων	196
7.2.3. Ελαχιστοποίηση OWL Ιδιοτήτων.....	197
7.2.4. Κοινόχρηστοι Πόροι Σημασιολογικής Συλλογιστικής.....	198
7.2.5. Αναμενόμενη Επίδραση	199
7.2.6. Μελλοντικά Σχέδια	200
7.3. Σύστημα Σημασιολογικής Οπτικοποίησης FilmProdViz.....	201
7.3.1. Μελλοντικά Σχέδια	202
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	203
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	213



1. Εισαγωγή

1.1. Γνώση - Γνωσιακή Αναπαράσταση

Το ερώτημα «τι είναι γνώση;» έχει απασχολήσει τη Φιλοσοφία από τις απαρχές της. Στον *Θεαίτητο* [1], ο Πλάτωνας αποπειράται να δώσει τρεις διαφορετικούς ορισμούς της έννοιας, για να απορρίψει στη συνέχεια και τους τρεις. Το οντολογικό ερώτημα περί γνώσης αποτελεί μέχρι σήμερα ανοιχτό φιλοσοφικό ζήτημα το οποίο μελετά η Επιστημολογία. Για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής, θα μπορούσαμε να προσεγγίσουμε την έννοια της ανθρώπινης γνώσης ως μια *νοητική αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου*, η οποία χτίζεται μέσω της αντιληπτικής διαδικασίας και έχει δυναμικό χαρακτήρα με την έννοια ότι νέα γνώση δύναται να παραχθεί με βάση την υπάρχουσα. Να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τον ορισμό της γνώσης ως αναπαράστασης του πραγματικού κόσμου, κάθε μορφή αναπαράστασης της γνώσης συνιστά για τον πραγματικό κόσμο *μετα-αναπαράσταση*.

Από τη σκοπιά της Πληροφορικής, η ανθρώπινη γνώση εξετάζεται σε τρία επίπεδα αφαίρεσης [2]:

- Δεδομένο: *ατομικό πληροφοριακό στοιχείο το οποίο συνδέει ένα αντικείμενο με μία τιμή (π.χ., αριθμητική), και το οποίο δεν επιδέχεται καθ' εαυτό περαιτέρω ερμηνεία*
- Πληροφορία: *ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων δεδομένων με τρόπο που δημιουργεί συγκεκριμένο, το οποίο τους προσδίδει σκοπό και πλαίσιο ερμηνείας*
- Γνώση: *η οργάνωση, δόμηση και συσχέτιση πληροφοριών με τρόπο που καθιστά δυνατή τη συναγωγή λογικών συμπερασμάτων μέσω συλλογιστικών διαδικασιών*



Το παράδειγμα που ακολουθεί επιχειρεί να δώσει μια πιο χειροπιαστή εικόνα των παραπάνω ορισμών και των αλληλοσυσχετίσεών τους. Η δήλωση «αρ. πινακίδας: ΚΤΟ-1234» δεν αποτελεί καθ' εαυτήν τίποτα άλλο παρά ένα *δεδομένο*. Όταν το δεδομένο αυτό συνδυαστεί με άλλα αντίστοιχα δεδομένα, αλλά και με το δεδομένο «νομός έκδοσης: Καστοριά» (το οποίο δημιουργεί συγκείμενο), συντίθεται η *πληροφορία* ότι «οι πινακίδες κυκλοφορίας που εκδίδονται στον νομό Καστοριάς αρχίζουν από 'ΚΤ'». Όταν με τη σειρά τους αυτές οι πληροφορίες δομηθούν και συσχετιστούν κατάλληλα, τότε παράγεται *γνώση*, για παράδειγμα, ότι «αν τα περισσότερα αμάξια που βλέπεις στον δρόμο φέρουν πινακίδες που αρχίζουν από 'ΚΤ', τότε βρίσκεσαι στην Καστοριά».

Η παρούσα διατριβή εστιάζει την έρευνα στο τρίτο επίπεδο, μελετώντας και προτείνοντας μεθόδους και εργαλεία *τεχνικής αναπαράστασης της ανθρώπινης γνώσης*. Ως γνωστόν, στο πλαίσιο της ανθρώπινης επικοινωνίας, η αναπαράσταση της γνώσης με σκοπό την καταγραφή και μετάδοσή της επιτυγχάνεται κατεξοχήν μέσω κάποιας φυσικής γλώσσας, με τρόπο διαισθητικό και σε κάποιον βαθμό υπονοούμενο αλλά και ασαφή, ως αποτέλεσμα της αμφισημίας, η οποία συνιστά εγγενές χαρακτηριστικό των φυσικών γλωσσών. Από την άλλη μεριά, η επεξεργασία της ανθρώπινης γνώσης από ένα *γνωσιοκεντρικό σύστημα (knowledge-based system)* απαιτεί *τυποποιημένες (formal)* μονοσήμαντες αναπαραστάσεις. Ο τομέας της *Τεχνητής Νοημοσύνης (TN)* που ασχολείται με τη δημιουργία τυποποιημένων, τεχνικά επεξεργάσιμων αναπαραστάσεων της ανθρώπινης γνώσης ονομάζεται *Γνωσιακή Αναπαράσταση (ΓΑ)* [3-7]. Η έρευνα γύρω από τη ΓΑ εστιάζει στην ανάπτυξη μεθόδων και πλαισίων εργασίας για την κατασκευή τυποποιημένων *γνωσιακών μοντέλων (GM)*, πάνω στα οποία μπορεί κατόπιν να βασιστεί η υλοποίηση ευφυών γνωσιοκεντρικών συστημάτων. Στο πλαίσιο της ΓΑ, ο όρος *ευφύς* αποδίδεται σε συστήματα που δύνανται να παράγουν *νέα, υπονοούμενη (inferred)* γνώση με βάση την *αναπαριστώμενη, ρητή (asserted)* γνώση, μέσω διαδικασιών συναγωγής λογικών



συμπερασμάτων. Ο τομέας της Πληροφορικής που ασχολείται με την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων ονομάζεται *Μηχανική Γνώσης (ΜΓ)*, κατ' αναλογία της παραδοσιακής *Μηχανικής Λογισμικού (ΜΛ)*.

Από τότε που άρχισε να εξελίσσεται ερευνητικά η ΓΑ έχουν προταθεί ποικίλες μέθοδοι αναπαράστασης της ανθρώπινης γνώσης. Μια κυρίαρχη ερευνητική κατεύθυνση της ΓΑ βασίζεται στην ιδέα ότι η ανθρώπινη γνώση μπορεί να δομηθεί και να αναλυθεί σε *έννοιες, ιδιότητες* εννοιών και *σχέσεις* μεταξύ εννοιών. Η ιδέα αυτή αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη των πρώτων *δομημένων σχημάτων* ΓΑ, με κυριότερα τα *σημασιολογικά δίκτυα* (βλ. Κεφ. 2.4.2) και τα *συστήματα πλαισίων* (βλ. Κεφ. 2.4.3). Στα πρώιμα αυτά σχήματα ΓΑ, η οργάνωση των εννοιών που απαρτίζουν ένα *γνωστικό πεδίο (ΓΠ)* επιτυγχάνεται μέσω ιεραρχικής δόμησης. Το βασικό πλεονέκτημα των πρώτων δομημένων σχημάτων ΓΑ είναι ότι είναι σχεδιασμένα ώστε να είναι κατανοήσιμα από τον άνθρωπο. Ωστόσο, τα σχήματα αυτά παράγουν μη τυποποιημένες αναπαραστάσεις στο επίπεδο της σημασιολογίας. Τα *εννοιολογικά γραφήματα* (βλ. Κεφ. 2.4.4) και η *περιγραφική λογική* (βλ. Κεφ. 2.4.5) αποτελούν κρίσιμη εξέλιξη των πρώτων σχημάτων ΓΑ, αφού αμφότερα παράγουν σημασιολογικά τυποποιημένες αναπαραστάσεις. Η σημασιολογική τυποποίηση διασφαλίζει έναν κοινό κώδικα ερμηνείας της γνώσης σε τεχνικό επίπεδο, επιτρέποντας έτσι την εφαρμογή διαδικασιών *σημασιολογικής συλλογιστικής (ΣΣ)* πάνω στην αναπαραστώμενη γνώση με σκοπό την αυτοματοποίηση της ανθρώπινης διαδικασίας συναγωγής λογικών συμπερασμάτων (για περισσότερα πάνω στη ΣΣ, βλ. Κεφ. 2.2). Σήμερα, η δημοφιλέστερη μέθοδος ΓΑ είναι οι *Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού*, ή απλά *Οντολογίες* (βλ. Κεφ. 2.5). Οι Οντολογίες άρχισαν να αναπτύσσονται στις αρχές της



δεκαετίας του '90, στο πλαίσιο των εργασιών του *W3C*¹, και βασίζονται στην προαναφερθείσα ιδέα περί ιεραρχικής οργάνωσης της γνώσης σε έννοιες και εννοιολογικές συσχετίσεις. Ενώ αρχικά οι Οντολογίες προορίζονταν αποκλειστικά για να εξυπηρετήσουν τους στόχους που έθεσε το όραμα του *Σημασιολογικού Ιστού (Semantic Web)*, στη συνέχεια αξιοποιήθηκαν ευρύτερα στη ΜΓ ως μέθοδος ΓΑ.

1.2. Υπό Μελέτη Γνωστικό Πεδίο: Κιν/φική Σκηνοθεσία

Το ΓΠ το οποίο μελετήθηκε για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής είναι αυτό της *κινηματογραφικής σκηνοθεσίας*, δηλαδή του συνόλου της γνώσης που αφορά στη δημιουργία ενός κιν/φικού έργου² από την καλλιτεχνική και πρακτική σκοπιά του κατεξοχήν δημιουργού, δηλαδή του κιν/φικού σκηνοθέτη³. Η τέχνη του κινηματογράφου υπάρχει και αναπτύσσεται για παραπάνω από έναν αιώνα. Κατά την πρώτη εποχή του κινηματογράφου, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η κάμερα ήταν τοποθετημένη σε σταθερό σημείο και κινηματογραφούσε «αμέτοχη» τη δράση των ηθοποιών⁴. Τη στιγμή που ο D. W. Griffith⁵ συνέλαβε την ιδέα να τοποθετήσει την κάμερα σε διάφορα σημεία της δράσης γύρω από και ανάμεσα στους ηθοποιούς, γεννήθηκε ο δημιουργικός κινηματογράφος, μαζί με τις θεμελιώδεις κιν/φικές έννοιες του *πλάνου* και του *μοντάζ*. Από εκεί και πέρα, πλήθος τεχνικών επινοήθηκαν στα πλαίσια των διάφορων πτυχών της κιν/φικής έκφρασης

¹ Το *World Wide Web Consortium (W3C)* είναι ένας διεθνής οργανισμός που αναπτύσσει πρότυπα ανοιχτού λογισμικού με σκοπό την εξέλιξη και ανάπτυξη του Παγκόσμιου Ιστού.

² Ο όρος *κιν/φικό έργο* αναφέρεται σε οποιαδήποτε μορφής τεχνούργημα κινούμενης εικόνας, είτε αναλογικό (π.χ., κιν/φική ταινία, βιντεοταινία, κινούμενο σχέδιο) είτε ψηφιακό (π.χ., 3D animation).

³ Ο όρος *σκηνοθέτης* αναφέρεται στην ιδιότητα του δημιουργού φιλικού περιεχομένου, ο οποίος χρησιμοποιεί είτε αναλογικά μέσα (π.χ., κιν/φική κάμερα, βιντεοκάμερα) είτε ψηφιακά (π.χ., τριδιάστατα γραφικά). Σημειωτέον ότι **όπου στο κείμενο γίνεται παρομοίως χρήση αρσενικού γένους («ο σκηνοθέτης», «ο μηχανικός», κλπ), υπονοείται αναφορά στον ρόλο και όχι στο αρσενικό φύλο.**

⁴ Με θεατρικούς όρους, η κάμερα κινηματογραφούσε τη δράση από την *ιδανική θέση της θεατρικής πλατείας*.

⁵ Ο D. W. Griffith (1875 - 1948) θεωρείται από τις κορυφαίες μορφές του παγκόσμιου κινηματογράφου λόγω των επαναστατικών για την εποχή κιν/φικών τεχνικών που επινόησε και εφάρμοσε στα έργα του.



(κινηματογράφηση, μοντάζ, κλπ), οδηγώντας στην εγκαθίδρυση κανόνων που διαμόρφωσαν σταδιακά τη λεγόμενη *κιν/φική γλώσσα*.

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιείται το ΓΠ της κιν/φικής σκηνοθεσίας ως πεδίο πειραματισμού και εφαρμογής των τριών χειροπιαστών προϊόντων της (βλ. παρακάτω). Όπως θα δούμε αναλυτικά στο Κεφ. 4.2, οι έως τώρα συναφείς ερευνητικές προσπάθειες στρέφονται κυρίως προς την κατεύθυνση της *υποκατάστασης* του σκηνοθέτη μέσω της προσομοίωσης του ρόλου του από ευφυή συστήματα λογισμικού. Αντίθετα, η παρούσα έρευνα στρέφεται στην κατεύθυνση της *υποβοήθησης* του σκηνοθέτη: η βασική ιδέα είναι ότι ένα άρτιο τεχνικό μοντέλο της κιν/φικής σκηνοθετικής γνώσης μπορεί να αξιοποιηθεί ως θεμέλιο για την ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών λογισμικού που στόχο έχουν να επεκτείνουν την «εργαλειοθήκη» του σκηνοθέτη, υποβοηθώντας τις δημιουργικές του διαδικασίες χωρίς ωστόσο να περιορίζουν την καλλιτεχνική ελευθερία του.

1.2.1. Ανάγκη Καλλιτεχνικής Αναπαράστασης της Κιν/φικής Σκηνοθεσίας

Στη μουσική παρουσιάστηκε από νωρίς η ανάγκη αναπαράστασης ενός μουσικού έργου μέσω *σημειογραφίας* (με κυρίαρχη αυτή που είναι ευρέως γνωστή ως *νότες*), με σκοπό την καταγραφή της σύνθεσης ενός μουσικού έργου, και κατόπιν την *ερμηνεία* του, δηλαδή την εκτέλεσή του από έναν ή περισσότερους μουσικούς. Ως μέθοδος καταγραφής, η σημειογραφική αναπαράσταση είναι αφαιρετική (σε αντίθεση, π.χ., με την ηχογράφηση), με την έννοια ότι δεν περιλαμβάνει στοιχεία ερμηνείας (με εξαίρεση πολύ βασικές ερμηνευτικές οδηγίες του δημιουργού): η κατεξοχήν ερμηνεία αποδίδεται από τον ερμηνευτή κατά την εκτέλεση του έργου. Συνεπώς, η σημειογράφηση δεν συνιστά έναν παρωχημένο τρόπο καταγραφής της καλλιτεχνικής σύλληψης που έχει παραγκωνιστεί από τις διάφορες τεχνολογίες ηχογράφησης, αλλά μια άρτια, συνεκτική αναπαράσταση η οποία απομονώνει τις καλλιτεχνικές επιλογές του δημιουργού αφαιρώντας το –κατεξοχήν



υποκειμενικό– επίπεδο της ερμηνείας. Την ίδια ανάγκη έρχονται αργότερα να καλύψουν στην τέχνη του χορού διάφορα σημειογραφικά συστήματα (με κυριότερο το *Labanotation* [8]), εισάγοντας την έννοια της *χορογραφίας*.

Εν αντιθέσει με τη μουσική και τον χορό, στον κινηματογράφο απουσιάζει η έννοια του *ρεπερτουάρ*, δηλαδή η ανάγκη για (επαν)εκτέλεση του καλλιτεχνικού έργου από διαφορετικούς ερμηνευτές. Ένα κιν/φικό έργο εκτελείται *άπαξ*, κατά το στάδιο της κιν/φικής παραγωγής. Ως εκ τούτου, η ερμηνεία του έργου συντελείται μία και μοναδική φορά, καταγράφεται σε κάποιο τεχνικό μέσο (π.χ., φιλμ) και κατόπιν το έργο δεν επανεκτελείται αλλά *αναπαράγεται* με αμιγώς τεχνικό τρόπο (π.χ., προβολή φιλμ). Το στοιχείο λοιπόν της ερμηνείας στον κινηματογράφο είναι παρόν, έστω και αν η ερμηνεία είναι μοναδική για κάθε έργο. Από τον διευθυντή φωτογραφίας και τους ηθοποιούς μέχρι τον οπερατέρ και τον φροντιστή σκηνικού, κάθε μέλος του καλλιτεχνικού συνεργείου με το οποίο συνεργάζεται ο σκηνοθέτης στα γυρίσματα συνεισφέρει ένα κομμάτι ερμηνείας στην καλλιτεχνική διαδικασία: ο ηθοποιός ερμηνεύει τον ρόλο του, ο οπερατέρ αποδίδει τις οδηγίες κινηματογράφησης του σκηνοθέτη βάζοντας τη δική του ποιότητα στον χειρισμό της κάμερας, ο διευθυντής φωτογραφίας ερμηνεύει τις σκηνοθετικές οδηγίες φωτισμού μιας σκηνής, κ.ο.κ. Επομένως, όπως στη μουσική και στον χορό, έτσι και στον κινηματογράφο είναι επιτακτική η ανάγκη επικοινωνίας των καλλιτεχνικών επιλογών του δημιουργού, με σκοπό όχι την επανεκτέλεση του καλλιτεχνικού έργου από διαφορετικούς ερμηνευτές (όπως στη μουσική και στον χορό), αλλά την (*άπαξ*) εκτέλεση της κιν/φικής παραγωγής.

1.2.2. Ανάγκη Τεχνικής Αναπαράστασης της Κιν/φικής Σκηνοθεσίας

Στο στάδιο της σύνθεσης, η σημειογραφία επιτρέπει στον μουσικοσυνθέτη ή στον χορογράφο να πειραματιστεί με το υπό δημιουργία έργο του, είτε μόνος του (ο συνθέτης

είναι πρωτίστως μουσικός και ο χορογράφος πρωτίστως χορευτής) είτε αναθέτοντας την εκτέλεση του έργου σε κάποιον ερμηνευτή. Στον κινηματογράφο όμως, λόγω των πολλαπλών καλλιτεχνικών του διαστάσεων (εικόνα, κίνηση, λόγος, ήχος) αλλά και της εγγενούς εξάρτησής του από τεχνικά μέσα (κάμερα, φώτα, κλπ), είναι πρακτικά αδύνατο για τον σκηνοθέτη να πειραματιστεί με την καλλιτεχνική του σύλληψη με ανάλογο τρόπο.



Εικόνα 1: Προ-απεικόνιση μιας κιν/φικής σκηνής με χρήση εικονοσεναρίου (από το *Pulp Fiction* του Tarantino)

Εντούτοις, ο σκηνοθέτης έχει στη διάθεσή του ορισμένα οπτικά εργαλεία, με κυριότερα το εικονοσενάριο (*storyboard*) και την κάτοψη (*floorplan*), μέσω των οποίων δύναται να καταγράψει την καλλιτεχνική του σύλληψη με τρόπο αφηρημένο αλλά και περιγραφικό, και να πειραματιστεί σε έναν βαθμό πάνω στις σκηνοθετικές του ιδέες [9-11]. Τέτοιες τεχνικές προ-απεικόνισης (*pre-visualization*), όπως λέγονται, χρησιμοποιούνται ευρέως από σκηνοθέτες ήδη από τη δεκαετία του '30. Στην περίπτωση του εικονοσεναρίου, ο *στοριμπορντίστας*, λαμβάνοντας οδηγίες από τον σκηνοθέτη, αποτυπώνει τον σχεδιασμό



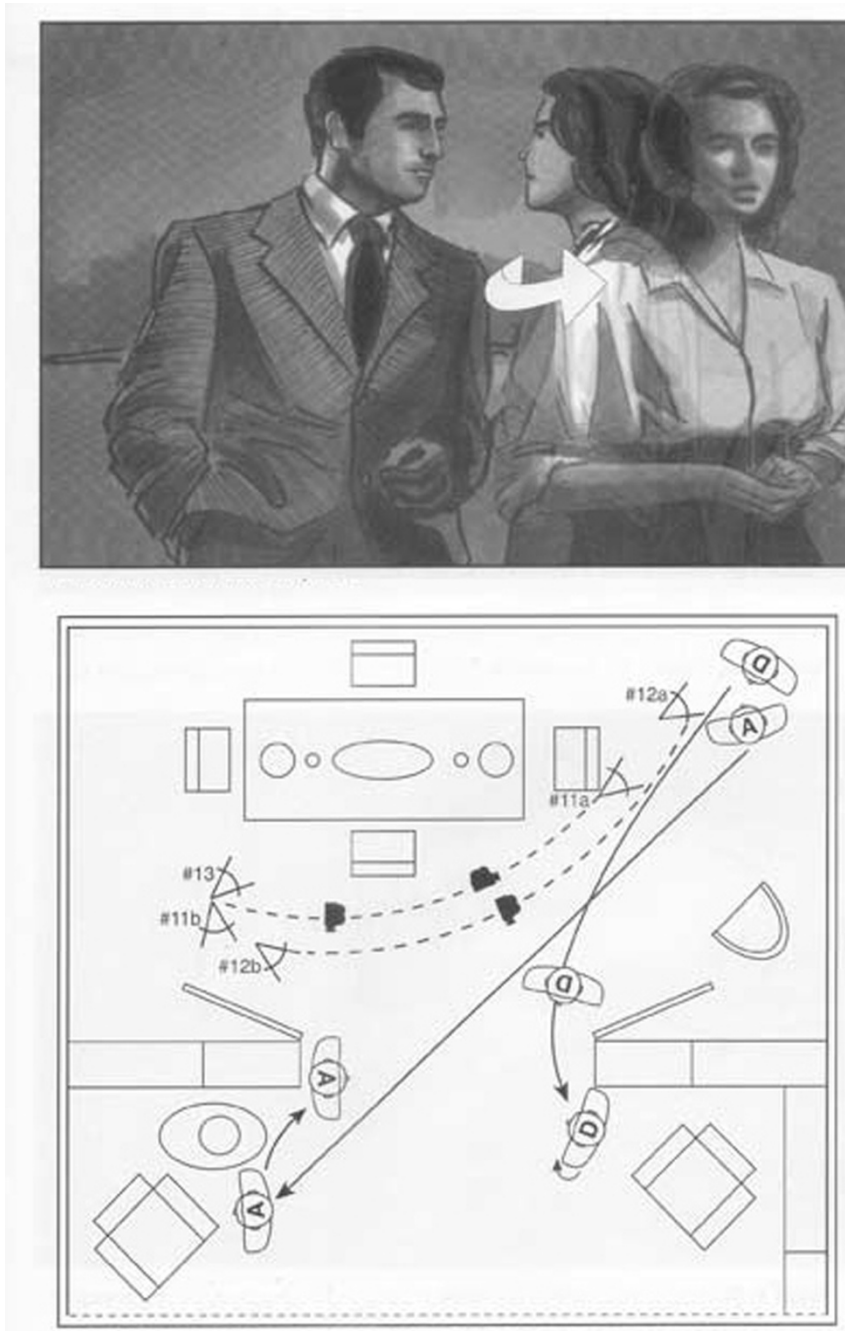
μιας *κιν/φικής σκηνής*⁶ απεικονίζοντας υπό μορφή πολλαπλών σκίτσων (εν είδει κόμικ) τα πιο χαρακτηριστικά *καρέ* των διάφορων πλάνων που την απαρτίζουν (π.χ., βλ. Εικόνα 1). Το εικονοσενάριο δίνει μια καλή εικόνα βασικών στοιχείων της *σύνθεσης πλάνου*, όπως η τοποθέτηση των ηθοποιών, το μέγεθος *κάδρου*, η γωνία λήψης και ο φωτισμός, ενώ συχνά περιλαμβάνει και ενδείξεις της κίνησης των ηθοποιών (π.χ., βλ. Εικόνα 2 επάνω). Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνική του εικονοσεναρίου επιτρέπει στον σκηνοθέτη να διαμορφώσει μια πιο χειροπιαστή εικόνα της καλλιτεχνικής του σύλληψης. Η κάτοψη, από την άλλη μεριά, αδυνατεί να απεικονίσει στοιχεία της *σύνθεσης πλάνου* αλλά αποτυπώνει με μεγαλύτερη ακρίβεια τη θέση και την κίνηση των ηθοποιών και της κάμερας στον χώρο δράσης (π.χ., βλ. Εικόνα 2 κάτω).

Εντούτοις, αμφότερες οι παραπάνω τεχνικές παράγουν στατικές εικόνες, οι οποίες υπολείπονται εγγενώς της δυνατότητας επαρκούς αναπαράστασης θεμελιωδών φιλικών στοιχείων, όπως η κίνηση, ο χρονισμός και η αλληλεπίδραση μεταξύ κάμερας και ηθοποιών. Έτσι, η κίνηση των ηθοποιών αποτυπώνεται μόνο υπό μορφή ένδειξης (π.χ., βλ. Εικόνα 2 επάνω). Η δε κίνηση της κάμερας καθώς και η αλληλεπίδρασή της με τους ηθοποιούς –η πεμπτουσία της κιν/φικής σκηνοθεσίας– μπορεί να αποτυπωθεί μόνο δειγματοληπτικά. Συνεπώς, ως μέθοδοι καταγραφής της σκηνοθετικής σύλληψης, το εικονοσενάριο και η κάτοψη μπορούν να χαρακτηριστούν ως ελλιπείς και αποσπασματικές.

Η τεχνολογική πρόοδος στον τομέα των ψηφιακών γραφικών έχει οδηγήσει σε πιο εξελιγμένες μεθόδους κιν/φικής προ-απεικόνισης, με κυριότερη το *κινούμενο εικονοσενάριο* (*animated storyboard*). Χρησιμοποιώντας τεχνικές κινούμενης εικόνας (*animation*), η μέθοδος αυτή έρχεται να άρει τους περιορισμούς των παραδοσιακών

⁶ Η περιγραφή μιας κιν/φικής σκηνής περιλαμβάνει κυρίως την περιγραφή της δράσης της κάμερας και των ηθοποιών, την περιγραφή του χώρου δράσης (π.χ., σκηνικά) και των αντικειμένων δράσης (*props*), και την περιγραφή του φωτισμού και της κιν/φικής φωτογραφίας (*cinematography*).

εικονοσεναρίων στην απεικόνιση της κίνησης και του χρονισμού. Εντούτοις, η δημιουργία κινούμενων εικονοσεναρίων αποτελεί ιδιαίτερα χρονοβόρα και κοστοβόρα διαδικασία, και ως εκ τούτου η χρήση τους παραμένει περιορισμένη και συναντάται κατεξοχήν σε μεγάλες, πολυδάπανες παραγωγές.



Εικόνα 2: Προ-απεικόνιση της γνωστής σκηνής στο αίθριο από το *Notorious* του Hitchcock με χρήση εικονοσεναρίου (επάνω) και κάτωγης (κάτω)



Το εικονοσενάριο χρησιμοποιείται επίσης, σε συνδυασμό με άλλα (οπτικά ή μη) εργαλεία (σχεδιαγράμματα, κατόψεις, απλές σημειώσεις), με σκοπό να επικοινωνήσει ο σκηνοθέτης τις καλλιτεχνικές επιλογές του στους διάφορους συντελεστές της κιν/φικής παραγωγής – μια διαδικασία κρίσιμη για την επιτυχή έκβαση των γυρισμάτων. Εδώ, το πρόβλημα είναι διττό: αφενός το σύνολο της σκηνοθετικής πληροφορίας βρίσκεται κατακερματισμένο στα διάφορα προαναφερθέντα εργαλεία, αφετέρου διαφορετικά υποσύνολα της πληροφορίας αφορούν σε διαφορετικούς συντελεστές της παραγωγής. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του γυρίσματος, το εικονοσενάριο ενδείκνυται ώστε να πληροφορηθεί ο οπερατέρ τις διάφορες γωνίες λήψης, ενώ ο τεχνικός που θα στήσει τον εξοπλισμό κίνησης της κάμερας (π.χ., ράγες) λαμβάνει την απαιτούμενη πληροφορία από την κάτοψη. Αλλά και κατά την προετοιμασία παραγωγής⁷, ο παραγωγός πρέπει να εξετάσει το σύνολο του σκηνοθετικού υλικού ώστε να εντοπίσει το υποσύνολο της πληροφορίας που αφορά στον σχεδιασμό παραγωγής – όπως αναλύεται στο Κεφ. 5.1, η πολυπλοκότητα της συγκεκριμένης διαδικασίας οδηγεί συχνά σε αναποτελεσματικό σχεδιασμό παραγωγής, επισύροντας καθυστερήσεις και επιπλέον κόστη στα γυρίσματα.

Μια λύση στο παραπάνω ζήτημα θα ήταν ο σκηνοθέτης να καταρτίζει πολλαπλές αφαιρετικές, εξειδικευμένες αναπαραστάσεις της σκηνοθετικής του σύλληψης (αντί της μίας και μοναδικής παρτιτούρας που χρειάζεται να γράψει ο συνθέτης ή ο χορογράφος), που να απευθύνονται μεμονωμένα στους διάφορους συντελεστές της παραγωγής, απομονώνοντας το υποσύνολο των σκηνοθετικών οδηγιών που αφορά στον εκάστοτε συντελεστή: διαφορετική αναπαράσταση για τον οπερατέρ, διαφορετική για τον φωτιστή, για τον παραγωγό, κ.ο.κ. Μια τέτοια διαδικασία θα ήταν προφανώς ιδιαίτερα χρονοβόρα και ενδεχομένως εις βάρος του ίδιου του καλλιτεχνικού αποτελέσματος, αφού εν γένει ο

⁷ Τα τρία βασικά στάδια δημιουργίας ενός κιν/φικού έργου είναι η *προετοιμασία παραγωγής (pre-production)*, η *παραγωγή (production)* και η *μεταπαραγωγή (post-production)*.



σκηνοθέτης τείνει να χτίζει μια κιν/φική σκηνή έχοντας στο μυαλό του μία ενιαία καλλιτεχνική πρόθεση.

Η λύση που προτείνεται στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αναφορικά με τα παραπάνω ζητήματα είναι η δυνατότητα δημιουργίας μίας ενιαίας, ενδιάμεσης, τυποποιημένης αναπαράστασης της σκηνοθετικής σύλληψης, η οποία θα δύναται να μετασχηματιστεί αυτόματα, μέσω κατάλληλων εφαρμογών λογισμικού, σε επί μέρους εξειδικευμένες αναπαραστάσεις, οι οποίες θα απευθύνονται σε συγκεκριμένους αποδέκτες επιτελώντας συγκεκριμένο πληροφοριακό ρόλο. Έτσι, για παράδειγμα, μια εφαρμογή θα μπορούσε να μετασχηματίζει αυτόματα την ενιαία αναπαράσταση σε κινούμενο εικονοσενάριο, αίροντας έτσι τους περιορισμούς χρόνου/κόστους του χειροποίητου κινούμενου εικονοσεναρίου και εξοπλίζοντας τον σκηνοθέτη με την πολύτιμη δυνατότητα πειραματισμού με το υπό δημιουργία έργο του. Ταυτόχρονα, μια άλλη εφαρμογή θα μπορούσε να απομονώνει από την ίδια αναπαράσταση το υποσύνολο της πληροφορίας που σχετίζεται με την κιν/φική παραγωγή, βοηθώντας έτσι τον παραγωγό στην κατάρτιση του σχεδιασμού παραγωγής. Όπως γίνεται αντιληπτό, μια τέτοια ενιαία αναπαράσταση θα μπορούσε, μέσω των διάφορων επί μέρους αναπαραστάσεων, να βοηθήσει πολύπλευρα το έργο του σκηνοθέτη καθώς και την επικοινωνία του με τους συντελεστές της παραγωγής.

Το ερώτημα που γεννάται εύλογα σε αυτό το σημείο είναι με ποιον τρόπο θα μπορούσε να καταρτιστεί *καταρχάς* μια τέτοια ενιαία αναπαράσταση από πλευράς του σκηνοθέτη. Μέχρι πρότινος, αυτό το κομμάτι του παζλ έλειπε, αφού απουσίαζε κάποιος συστηματικός τρόπος ενιαίας καταγραφής της σκηνοθετικής σύλληψης. Ο δρόμος άνοιξε με την ανάπτυξη του ρηξικέλευθου σημειογραφικού συστήματος *Director Notation (DN)*. Το DN είναι μια σημειογραφική γλώσσα καταγραφής της κιν/φικής σκηνοθετικής σύλληψης που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος *ANSWER (Artistic Notation-based Software Engineering for Film, Animation and*

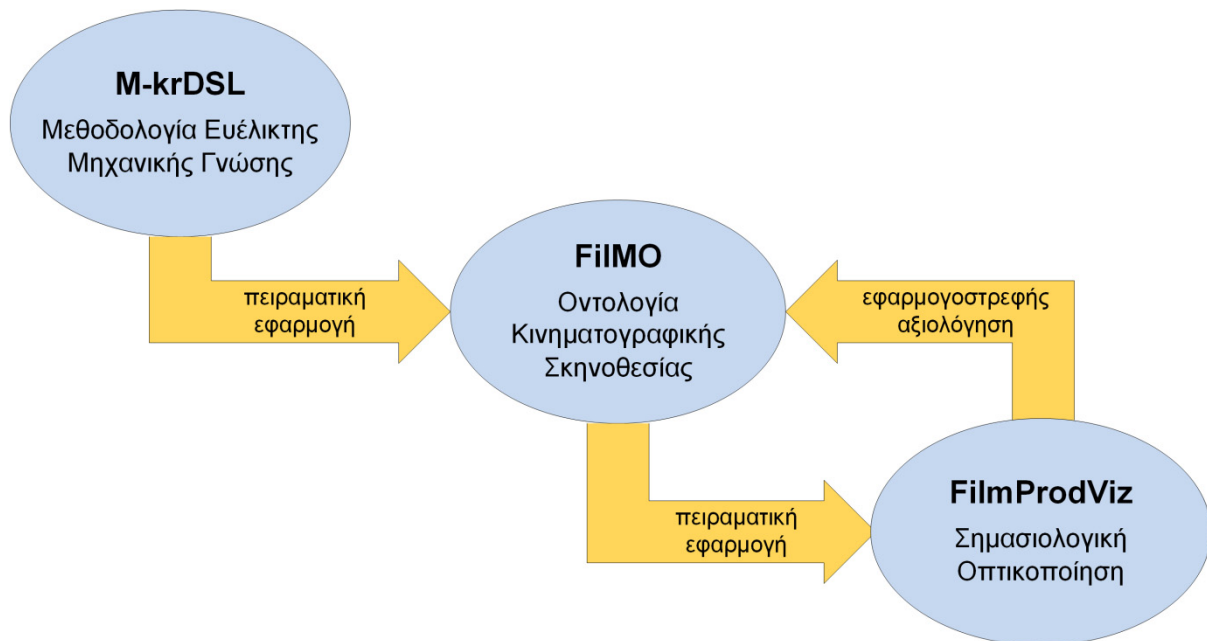


Computer Games)⁸ [12], μέσω στενής συνεργασίας με επαγγελματίες σκηνοθέτες. Το DN παρέχει στον σκηνοθέτη τη δυνατότητα καταγραφής των καλλιτεχνικών επιλογών του με τρόπο συστηματικό και αναλυτικό, ανάλογο με αυτόν που ένας μουσικός χρησιμοποιεί τις νότες για να καταγράψει μια σύνθεση ή ένας χορογράφος τη σημειογραφία χορού για να χορογραφήσει. Επιπλέον, το DN είναι εκ προδιαγραφής *τυποποιήσιμο* και επομένως τεχνικά επεξεργάσιμο. Συνεπώς, η καλλιτεχνική πληροφορία που καταγράφεται από τον σκηνοθέτη με χρήση DN δύναται να μετασχηματιστεί σε μια ενδιάμεση τεχνική μορφή και κατόπιν, μέσω περαιτέρω επεξεργασίας, σε διάφορες επί μέρους αναπαραστάσεις, όπως συζητήθηκε παραπάνω.

1.3. Καινοτομία - Συνεισφορά

Πατώντας πάνω στην ερευνητική παρακαταθήκη του DN, η παρούσα διατριβή εξερευνά τρόπους τεχνικής αναπαράστασης της κιν/φικής γνώσης, υιοθετώντας ως βασική μέθοδο ΓΑ τις Οντολογίες. Το ερευνητικό ενδιαφέρον εστιάζεται ακριβώς σε αυτή την κομβικού χαρακτήρα ενδιάμεση αναπαράσταση, όπως συζητήθηκε παραπάνω, αποσκοπώντας στη δημιουργία μιας γνωσιοκεντρικής τεχνικής υποδομής η οποία θα ανοίξει τον δρόμο για την ανάπτυξη καινοτόμων ψηφιακών εργαλείων, με απώτερο στόχο την υποβοήθηση του δημιουργικού έργου του σκηνοθέτη. Προς αυτή την κατεύθυνση, η έρευνα κινήθηκε σε τρία επίπεδα, καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε ένα χειροπιαστό τελικό προϊόν: στο επίπεδο της *μεθοδολογίας*, της *αναπαράστασης* και της *εφαρμογής*. Στην Εικόνα 3 απεικονίζονται τα τρία προϊόντα της παρούσας διατριβής, τα οποία και παρουσιάζονται συνοπτικά ακριβώς παρακάτω. Μέρος των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας έχουν δημοσιευθεί σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια [12-17].

⁸ Η παρούσα έρευνα υποστηρίχθηκε εν μέρει από το FP7 ερευνητικό πρόγραμμα *ANSWER*, στο πλαίσιο της συμφωνίας επιχορήγησης IST-2007-216489.



Εικόνα 3: Τα τρία προϊόντα της παρούσας διατριβής: η μεθοδολογία ευέλικτης ΜΓ M-krDSL, η οντολογία της κιν/φικής σκηνοθεσίας FiMO και το γνωσιοκεντρικό σύστημα διαδραστικής σημασιολογικής οπτικοποίησης FilmProdViz

1.3.1. Μεθοδολογία

Στο επίπεδο της μεθοδολογίας προτείνεται η M-krDSL, μια μεθοδολογία ευέλικτης ΜΓ για την ανάπτυξη τυποποιημένων ΓΜ. Η M-krDSL εστιάζει στην επικοινωνία ανθρώπου - ανθρώπου, με γνώμονα την αντιμετώπιση του προβλήματος συμφόρησης κατά την απόκτηση γνώσης (ΑΓ). Η ευελιξία της μεθοδολογίας έγκειται στο ότι εισάγει μια καινοτόμα προσέγγιση πολύμορφης σταδιακής μοντελοποίησης του ΓΠ ενδιαφέροντος, σε συνδυασμό με οπτικές μεθόδους εκμαίευσης γνώσης, στοχεύοντας στην αναβάθμιση και βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ των εμπειρογνομόνων του υπό αναπαράσταση ΓΠ και των μηχανικών γνώσης, στο πλαίσιο ενός έργου ΜΓ. Προς επίτευξη αυτού του στόχου, τα βασικά χαρακτηριστικά της M-krDSL είναι η διεπιστημονικού χαρακτήρα συνεργασία μεταξύ μηχανικών γνώσης και εμπειρογνομόνων πεδίου, και η δημιουργία μοντέλων τα οποία οι εμπειρογνώμονες είναι σε θέση να κατανοήσουν και να επικυρώσουν.



Ειδικότερα, η καινοτομία της προτεινόμενης μεθοδολογίας έγκειται στην εισαγωγή επιπλέον επιπέδων αφαίρεσης μεταξύ του ανθρώπου (μηχανικού, εμπειρογνώμονα πεδίου) και του τελικού λογισμικού, με κυριότερο ένα *κοινόχρηστο* μοντέλο του υπό αναπαράσταση ΓΠ το οποίο συνιστά μια ενδιάμεση έκδοση του τελικού ΓΜ. Το μοντέλο αυτό ονομάζεται *ειδική γλώσσα πεδίου για γνωσιακή αναπαράσταση (knowledge-representation domain-specific language, krDSL)* και αποτελεί μια εννοιολογική αναπαράσταση του ΓΠ η οποία είναι εξίσου κατανοήσιμη από τους μηχανικούς γνώσης και από τους εμπειρογνώμονες πεδίου, ενθαρρύνοντας έτσι τη στενή, διεπιστημονικού χαρακτήρα συνεργασία μεταξύ τους. Εκτός από τη βελτίωση της συνεργασίας της ομάδας ΜΓ, σκοπός της γλώσσας krDSL στο πλαίσιο των εργασιών ΜΓ είναι και η εννοιολογική/σημασιολογική καθοδήγηση της ανάπτυξης του τελικού ΓΜ. Για τον σκοπό αυτόν, η ανάπτυξη της γλώσσας krDSL εξελίσσεται σταδιακά, παράλληλα με την ανάπτυξη του ΓΜ. Αλλά και μετά το πέρας των εργασιών ΜΓ, η γλώσσα krDSL συνεχίζει να είναι χρήσιμη, αφού δύναται να λειτουργήσει αποτελεσματικά ως εκφραστικός μηχανισμός για εισαγωγή δεδομένων στις διάφορες εφαρμογές πεδίου που χτίζονται πάνω στο παραχθέν ΓΜ. Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας, ως γλώσσα krDSL αξιοποιήθηκε η σημειογραφία DN.

Τα πλεονεκτήματα που παρέχει η M-krDSL κατά την ανάπτυξη ενός ΓΜ είναι: η εμπλοκή των εμπειρογνομόνων στην πράξη, η ποιοτική συνεργασία μεταξύ μηχανικών και εμπειρογνομόνων, η συστηματική πρόσβαση σε υπονοούμενη γνώση, η σταδιακή τυποποίηση, και η ευληπτότητα, μετρησιμότητα και ενότητα του παραχθέντος ΓΜ.

1.3.2. Αναπαράσταση

Στο επίπεδο της αναπαράστασης, αναπτύχθηκε η οντολογία της κιν/φικής σκηνοθεσίας FilMO, ένα τυποποιημένο ΓΜ εννοιολογικής αναπαράστασης της κιν/φικής



σκηνοθετικής γνώσης. Εκτενής βιβλιογραφική έρευνα έδειξε ότι η προτεινόμενη οντολογία αποτελεί την πρώτη συστηματική και ολοκληρωμένη προσπάθεια εννοιολογικής μοντελοποίησης της σκηνοθετικής γνώσης. Η ανάπτυξη της οντολογίας βασίστηκε στην *εννοιολόγηση (conceptualization)* που συνδιαμόρφωσαν οι εμπειρογνώμονες πεδίου μαζί με τους ερευνητές μηχανικούς που συμμετείχαν στο ερευνητικό έργο ANSWER, μέσω τακτικών συναντήσεων καθόλη τη διάρκεια του έργου. Η FilMO είναι μια *οντολογία πεδίου*, δηλαδή ένα ΓΜ γενικού σκοπού στο πλαίσιο του κιν/φικού ΓΠ. Έτσι, το γνωσιακό φάσμα της FilMO καλύπτει όλο το εύρος της κιν/φικής γνώσης, από αμιγώς σκηνοθετικά στοιχεία, όπως η κινηματογράφηση και το μοντάζ, μέχρι πιο τεχνικά στοιχεία της κιν/φικής παραγωγής (π.χ., στήσιμο γυρισμάτων), πάντα όμως μέσα από την πρακτική-καλλιτεχνική σκοπιά του σκηνοθέτη.

Η FilMO είναι μια *πολυστρωματική (multi-layered)* οντολογία, αφού έχει δομηθεί σε δύο διακριτά οντολογικά στρώματα: εκτός από τη βασική οντολογία, η σημειογραφία DN έχει τυποποιηθεί επίσης υπό μορφή οντολογίας, η οποία είναι ενσωματωμένη στη FilMO ως ένα ταξινομικά ανεξάρτητο οντολογικό στρώμα. Το οντολογικό μοντέλο του DN συνιστά *μετα-μοντέλο* της κιν/φικής γνώσης, και βασικό στόχο έχει να εξυπηρετήσει τη ΣΣ στο πλαίσιο της FilMO. Για τον λόγο αυτόν, τα δύο οντολογικά στρώματα είναι στενά διασυνδεδεμένα μεταξύ τους σε σημασιολογικό επίπεδο.

Η ανάπτυξη της FilMO βασίστηκε στην προτεινόμενη μεθοδολογία M-krDSL, σύμφωνα με την οποία η οντολογία πεδίου αναπτύχθηκε παράλληλα και σε στενή αντιπαραβολή με την ανάπτυξη της οντολογίας DN (δηλ. με τη διαδικασία σημασιολογικής τυποποίησης του DN). Έτσι, η ανάπτυξη της FilMO καθοδηγήθηκε σημασιολογικά από μια καλλιτεχνική σκηνοθετική γλώσσα υψηλής εκφραστικότητας, διασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την εννοιολογική/σημασιολογική αρτιότητα του παραχθέντος μοντέλου. Επιπλέον, αξιοποιώντας το DN και την υποκείμενη οντολογία του, η οποία είναι ενσωματωμένη με



λειτουργικό τρόπο στη FilMO, εφαρμογές πεδίου που χρησιμοποιούν την οντολογία δύνανται να αποθηκεύουν σε αυτή πληροφορία σκηνοθετικού σχεδιασμού. Η χρησιμοποίηση του DN για τον σκοπό αυτόν διασφαλίζει μια μέθοδο εισαγωγής δεδομένων η οποία συνάδει με την εννοιολόγηση και τη νοοτροπία του σκηνοθέτη. Από εκεί και πέρα, η κάθε εφαρμογή μπορεί να εφαρμόσει ΣΣ πάνω στην αποθηκευμένη πληροφορία σύμφωνα με τους δικούς της σκοπούς.

Απώτερος στόχος της FilMO είναι να λειτουργήσει ως μια κοινόχρηστη γνωσιοκεντρική υποδομή η οποία θα εξυπηρετήσει μια ευρεία γκάμα εφαρμογών πεδίου (π.χ., αυτόματη δημιουργία κινούμενου εικονοσεναρίου, εκτίμηση κόστους κιν/φικής παραγωγής, εξαγωγή μεταδεδομένων μεταπαραγωγής), οι οποίες θα υποβοηθήσουν το έργο του σκηνοθέτη σε όλο το φάσμα της κιν/φικής δημιουργίας.

1.3.3. Εφαρμογή

Στο επίπεδο της εφαρμογής, αναπτύχθηκε και προτείνεται το FilmProdViz, ένα γνωσιοκεντρικό σύστημα διαδραστικής σημασιολογικής οπτικοποίησης της εκτιμώμενης πολυπλοκότητας μιας κιν/φικής παραγωγής. Το FilmProdViz αποτελεί την πρώτη εφαρμογή της προτεινόμενης οντολογίας FilMO, και σκοπός του είναι η ανάδειξη της πολυπλοκότητας υλοποίησης των καλλιτεχνικών επιλογών του σκηνοθέτη, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολύπλοκων πλάνων που συχνά ευθύνονται για καθυστερήσεις και επιπλέον κόστη στα γυρίσματα. Για τον σκοπό αυτόν, το FilmProdViz παρέχει στον σκηνοθέτη ένα αναλυτικό επικοινωνιακό εργαλείο, μέσω του οποίου μπορεί να επικοινωνήσει αποτελεσματικά τις σκηνοθετικές επιλογές του στον παραγωγό. Διευκολύνοντας τη μεταξύ τους συνεργασία και επικοινωνία, το FilmProdViz φέρνει πιο κοντά σκηνοθέτη και παραγωγό, με σκοπό την ενδεδεγμένη και έγκαιρη επισήμανση των πολύπλοκων σημείων της



παραγωγής και την εστίαση της συζήτησης σε αυτά, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη κατανομή χρόνου και πόρων, και εν τέλει ένα ρεαλιστικό σχέδιο παραγωγής.

Το FilmProdViz αξιοποιεί τη σημειογραφία DN ως μηχανισμό διεπαφής με τον τελικό χρήστη. Έτσι, οι σημειογραφημένες με όρους DN σκηνοθετικές επιλογές εισάγονται στην οντολογία και αναλύονται σημασιολογικά μέσω μιας διαδικασίας μετασχηματισμού δεδομένων δύο βημάτων, που αποτελεί βασικό στοιχείο καινοτομίας του προτεινόμενου συστήματος. Αρχικά, τα οπτικά-σημειογραφικά δεδομένα εισόδου μετασχηματίζονται σε σημασιολογικά. Εν συνεχεία, αναλύονται μέσω ΣΣ και παράγονται *σημασιολογικά μεταδεδομένα* που αναπαριστούν την πολυπλοκότητα υλοποίησης του σημειογραφημένου σκηνοθετικού σχεδιασμού. Τέλος, τα παραχθέντα μεταδεδομένα μετασχηματίζονται σε *οπτικά μεταδεδομένα*, σε μια δομημένη συγκεντρωτική μορφή, ώστε να καταστούν εύληπτα για τον χρήστη. Η τελική οπτικοποίηση συντίθεται από την ενσωμάτωση των οπτικοποιημένων μεταδεδομένων στα οπτικά-σημειογραφικά δεδομένα εισόδου (από τα οποία εξήχθησαν τα μεταδεδομένα), με τρόπο που αλληλοσυμπληρώνονται στη μετάδοση της παραχθείσας πληροφορίας στον χρήστη. Η σημασιολογική ανάλυση της παρτιτούρας DN εστιάζει σε φιλικές παραμέτρους που αυξάνουν την πολυπλοκότητα μιας κιν/φικής παραγωγής με τρόπο λανθάνοντα, επισύροντας δυνητικά καθυστερήσεις και επιπλέον κόστη στα γυρίσματα. Σημαντικό πλεονέκτημα του FilmProdViz είναι ότι τα μεταδεδομένα παράγονται σε *πραγματικό χρόνο* αλλά και στο *παρασκήνιο*, ενώ δηλαδή ο σκηνοθέτης χρησιμοποιεί το DN για τους δικούς του σκοπούς. Έτσι, ενόσω ο σκηνοθέτης σημειογραφεί τις καλλιτεχνικές επιλογές του, προσλαμβάνει αυτόματα επιπλέον πληροφορία που αφορά στην πολυπλοκότητα υλοποίησης του σκηνοθετικού σχεδιασμού του, χωρίς να επιβαρύνεται με κάποιον τρόπο η δουλειά του.

Στόχος του FilmProdViz είναι να συνεισφέρει στη βελτίωση της επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού στο πλαίσιο του σχεδιασμού παραγωγής,



δημιουργώντας έναν κοινόχρηστο εικονικό χώρο (συν)εργασίας ο οποίος παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία για τη συνδιαμόρφωση ενός αποτελεσματικού σχεδίου παραγωγής.

1.4. Περιεχόμενο & Οργάνωση Κειμένου

Το κείμενο της παρούσας διατριβής έχει οργανωθεί ως εξής:

- Στο Κεφ. 2 γίνεται μια ιστορική επισκόπηση των κυριότερων μεθόδων ΓΑ, με έμφαση στις Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού, οι οποίες αξιοποιήθηκαν για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας.
- Στο Κεφ. 3 παρουσιάζεται αναλυτικά η προτεινόμενη μεθοδολογία M-krDSL. Αρχικά, γίνεται αναφορά σε υπάρχουσες μεθοδολογίες ΜΓ σε αντιπαραβολή με τα καινοτόμα στοιχεία της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι δυνατότητες και τα βασικά συστατικά της μεθοδολογίας, καθώς και οι διαφορετικοί ρόλοι μελών που μπορούν να απαρτίζουν μια ομάδα ΜΓ στο πλαίσιο της μεθοδολογίας. Επίσης, περιγράφεται αναλυτικά η ροή εργασιών της μεθοδολογίας σε επαρκή βαθμό λεπτομέρειας ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη. Τέλος, παρουσιάζονται μέσω αναλυτικής θεωρητικής τεκμηρίωσης τα πλεονεκτήματα της μεθοδολογίας σε σχέση με τις ανάγκες ενός έργου ΜΓ.
- Στο Κεφ. 4 παρουσιάζεται η προτεινόμενη οντολογία FilMO. Αρχικά γίνεται επισκόπηση των υπαρχόντων μοντέλων της κιν/φικής γνώσης (οντολογικών και μη). Κατόπιν, συζητούνται οι τεχνικές επιλογές ανάπτυξης της FilMO. Η παρουσίαση της FilMO περιλαμβάνει εκτενή συζήτηση των καινοτόμων στοιχείων της, με έμφαση στη δομή της και στη λειτουργικότητά της σε επίπεδο ΣΣ, η οποία είναι βασισμένη στη σημειογραφία DN. Συζητούνται επίσης ενδιαφέροντα ζητήματα μοντελοποίησης που προέκυψαν σε τεχνικό και εννοιολογικό επίπεδο.



Τέλος, παρουσιάζονται συνοπτικά οι δύο πρώτες εφαρμογές της προτεινόμενης οντολογίας με έμφαση στην υλοποίησή τους από πλευράς ΣΣ.

- Στο Κεφ. 5 παρουσιάζεται το προτεινόμενο σύστημα FilmProdViz. Αρχικά, συζητείται το πρόβλημα της μη επαρκούς επικοινωνίας μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού στο πλαίσιο του σχεδιασμού παραγωγής. Κατόπιν, αναλύεται η έννοια της *πολυπλοκότητας παραγωγής*, από την οποία ανάλυση προκύπτουν οι απαιτήσεις του συστήματος. Εν συνεχεία, περιγράφεται η αρχιτεκτονική, τα συστατικά και οι λειτουργίες του συστήματος. Τέλος, περιγράφεται η πρώτη πειραματική χρήση του συστήματος σε μια πραγματική παραγωγή.
- Στο Κεφ. 6 παρουσιάζεται η πειραματική χρηστοκεντρική αξιολόγηση του FilmProdViz, η οποία διεξήχθη με συμμετοχή επαγγελματιών σκηνοθετών και παραγωγών, και είχε διττό ρόλο: αφενός επικύρωσε την αποτελεσματικότητα και τη χρησιμότητα του προτεινόμενου συστήματος, αφετέρου λειτούργησε ως μια πρωταρχική, εφαρμογοστρεφής αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και της αποτελεσματικότητας της προτεινόμενης οντολογίας.
- Τέλος, στο Κεφ. 7 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας και οι περαιτέρω ερευνητικές προοπτικές για καθένα από τα τρία προϊόντα της παρούσας διατριβής.



2. Τεχνικό Υπόβαθρο

Από τότε που άρχισε να εξελίσσεται ερευνητικά ο τομέας της ΓΑ έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι τεχνικής αναπαράστασης της γνώσης. Ως επί το πλείστον, οι μέθοδοι αυτές παράγουν τυποποιημένα ΓΜ, επιτρέποντας έτσι σε ένα γνωσιοκεντρικό σύστημα να επεξεργαστεί την αναπαριστώμενη γνώση μέσω μηχανισμών ΣΣ, με σκοπό την αυτοματοποίηση της ανθρώπινης διαδικασίας συναγωγής συμπερασμάτων. Η βασική δραστηριότητα της ΓΑ λοιπόν είναι η μοντελοποίηση ενός ορισμένου γνωσιακού συνόλου με βάση κάποιο σχήμα ΓΑ, η οποία επιτελείται από μηχανικούς γνώσης σε συνεργασία με εμπειρογνώμονες του υπό αναπαράσταση ΓΠ, από τους οποίους εκμαιεύεται η προς αναπαράσταση γνώση. Πάνω στο παραχθέν ΓΜ θα βασιστεί κατόπιν η ανάπτυξη γνωσιοκεντρικών εφαρμογών στο πλαίσιο του αναπαριστώμενου ΓΠ. Για τους σκοπούς της μοντελοποίησης, η έρευνα γύρω από τη ΓΑ προσπαθεί να αξιοποιήσει ευρήματα της Γνωστικής Ψυχολογίας ή ακόμα και της Φιλοσοφίας σχετικά με το πώς ο ανθρώπινος νους αναπαριστά τη γνώση και συμπερασματολογεί πάνω σε αυτή.

2.1. Δηλωτική & Διαδικασιακή Γνώση

Ο αλγοριθμικός χαρακτήρας των διάφορων γλωσσών προγραμματισμού (Java, C++, κλπ) ενδείκνυται για την επίλυση προβλημάτων που υπάγονται στη λεγόμενη *διαδικασιακή γνώση* (*procedural/operational knowledge*), δηλαδή προβλημάτων των οποίων η λύση μπορεί να εκφραστεί αλγοριθμικά. Υπάρχει όμως και η γνώση που είναι γνωστή ως *δηλωτική* (*declarative/domain knowledge*), η οποία διατυπώνεται μέσω δηλωτικών προτάσεων που μπορούν να αφορούν στην *περιγραφή* εννοιών, γεγονότων, φυσικών αντικειμένων ή γενικότερα κάποιου λιγότερο ή περισσότερο αφηρημένου στιγμιότυπου του



πραγματικού κόσμου [18]. Ο τομέας της ΓΑ εστιάζει ακριβώς στην αναπαράσταση αυτού του τύπου γνώσης, δηλαδή της γνώσης που απαιτείται για την επίλυση προβλημάτων τα οποία ο άνθρωπος επιλύει μέσω *συλλογιστικής* κι όχι μέσω υπολογισμών.

Στην πράξη, σε ένα πρόβλημα συχνά εμπλέκονται και οι δύο τύποι γνώσης. Ως εκ τούτου, κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος επίλυσης προβλημάτων πρέπει να διαχωριστούν οι δύο τύποι γνώσης και να προδιαγραφούν ξεχωριστά υποσυστήματα για τον κάθε τύπο: ένα υποσύστημα επεξεργασίας της διαδικασιακής γνώσης, το οποίο ενδείκνυται να υλοποιηθεί με χρήση κάποιας συμβατικής γλώσσας προγραμματισμού, και ένα υποσύστημα επεξεργασίας της δηλωτικής γνώσης, το οποίο ενδείκνυται να υλοποιηθεί μέσω κάποιου σχήματος ΓΑ (βλ. και Κεφ. 4.1.1..2).

2.2. Σημασιολογική Συλλογιστική

Σημασιολογική συλλογιστική (ΣΣ) στο πλαίσιο της ΓΑ ονομάζεται κάθε υπολογιστική διαδικασία συναγωγής λογικών συμπερασμάτων που επενεργεί πάνω σε ένα ΓΜ με σκοπό την παραγωγή νέας, υπονοούμενης γνώσης με βάση την αναπαριστώμενη, ρητή γνώση. Για τον σκοπό αυτόν, η ΣΣ αξιοποιεί στοιχεία της μαθηματικής λογικής, όπως οι λογικοί κανόνες και η θεωρία συνόλων. Οι διάφορες διαδικασίες συναγωγής λογικών συμπερασμάτων στο πλαίσιο μιας μηχανής ΣΣ ουσιαστικά συνιστούν προσομοιώσεις των ανθρώπινων διαδικασιών συλλογιστικής. Στα *Αναλυτικά Πρότερα* [19], ο Αριστοτέλης ορίζει την έννοια του συλλογισμού ως «*λόγο στον οποίο αφού ορισμένα πράγματα έχουν υποτεθεί, κάτι διαφορετικό από αυτά που είχαν υποτεθεί προκύπτει αναγκαστικά επειδή αυτά τα πράγματα είναι έτσι*», εισάγοντας την έννοια της *συλλογιστικής*, δηλαδή της διαδικασίας διατύπωσης συλλογισμών, δηλαδή λογικών επιχειρημάτων στα οποία η τελική πρόταση (συμπέρασμα) συνάγεται από δύο ή περισσότερες προτάσεις (προσκειμένες) που θεωρούνται δεδομένες. Κατ' αναλογία, στο πλαίσιο της ΓΑ, το σύνολο των προσκειμένων



προτάσεων που συνιστούν τη βάση για τη συναγωγή συμπερασμάτων μέσω εφαρμογής ΣΣ ονομάζεται *βάση γνώσης (knowledge base)*. Τα συστατικά και τα χαρακτηριστικά μιας βάσης γνώσης ποικίλουν και εξαρτώνται από το σχήμα ΓΑ μέσω του οποίου έχει παραχθεί. Σε κάθε περίπτωση, μια βάση γνώσης αναπαριστά υπαρκτές καταστάσεις του πραγματικού κόσμου οι οποίες υπακούουν σε ένα ορισμένο ΓΜ, πάνω στο οποίο δύναται να επενεργήσει μια μηχανή ΣΣ.

Στοιχειώδεις μηχανισμούς συναγωγής λογικών συμπερασμάτων συναντάμε ακόμα και σε πολύ απλά σχήματα ΓΑ (π.χ., *πίνακας αληθείας* της προτασιακής λογικής). Οι διαδικασίες ΣΣ που εφαρμόζονται σε ένα σχήμα ΓΑ είναι πιθανόν να ποικίλουν ανάλογα με τις εκφραστικές δυνατότητες, τα χαρακτηριστικά και τους περιορισμούς του εκάστοτε σχήματος. Ωστόσο, στα δομημένα σχήματα ΓΑ (βλ. Κεφ. 2.4) διακρίνονται ορισμένες διαδικασίες που θεωρούνται θεμελιώδεις λειτουργίες μιας μηχανής ΣΣ.

Η πιο στοιχειώδης διαδικασία μιας μηχανής ΣΣ είναι αυτή που αναλαμβάνει να εντοπίσει σε μια εννοιολογική δομή έννοιες που με βάση τον ορισμό τους συνδέονται μεταξύ τους με τη *σχέση υπαγωγής (subsumption)*. Δύο έννοιες συνδέονται μεταξύ τους μέσω της σχέσης υπαγωγής όταν ο ορισμός της μίας είναι υποσύνολο του ορισμού της άλλης (με άλλα λόγια, όταν η μία ορίζεται ως ειδικότερη της άλλης). Η σχέση υπαγωγής, που έχει καθιερωθεί στη διεθνή βιβλιογραφία ως *σχέση IS-A*, αποδίδει στις έννοιες που συνδέει τους προσδιορισμούς *υποέννοια* και *υπερέννοια* αντίστοιχα, και αποτελεί τη βάση της *κληρονομικότητας* των εννοιών, σύμφωνα με την οποία μια έννοια κληρονομεί τις ιδιότητες της (γενικότερης) έννοιας στην οποία υπάγεται. Ο αλγόριθμος υπαγωγής περιλαμβάνει κατάλληλους μηχανισμούς επεξεργασίας της δομής, ώστε όταν εντοπίζεται μια υπονοούμενη σχέση υπαγωγής ανάμεσα σε δύο έννοιες-κόμβους της δομής, η δομή να προσαρμόζεται αναλόγως.



Άλλη τυπική διαδικασία ΣΣ είναι αυτή που ελέγχει τη σημασιολογική συνέπεια (consistency) του εννοιολογικού μοντέλου. Μια τέτοια διαδικασία επεξεργάζεται τους διάφορους εννοιολογικούς ορισμούς του μοντέλου προσπαθώντας να εντοπίσει ανάμεσα τους λογικές αντιφάσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ασυνέπειας είναι η περίπτωση μιας έννοιας της οποίας ο ορισμός δεν της επιτρέπει να έχει στιγμιότυπα.

Όπως θα δούμε αναλυτικά παρακάτω, στην περίπτωση που το σχήμα ΓΑ παρέχει τη δυνατότητα ορισμού *αντικειμένων*, τα οποία αναπαριστούν *υπαρκτές* καταστάσεις στο πλαίσιο του αναπαριστώμενου ΓΠ, οι διαδικασίες υπαγωγής και σημασιολογικής συνέπειας που προαναφέρθηκαν επενεργούν και σε αυτό το επίπεδο (δηλ. στο επίπεδο της πληροφορίας): η πρώτη αντιπαραβάλλει τις δηλώσεις των αντικειμένων με τους ορισμούς των εννοιών με σκοπό να εντοπίσει αντικείμενα τα οποία αποτελούν στιγμιότυπα μίας ή περισσότερων εννοιών, ενώ η δεύτερη προσπαθεί να εντοπίσει λογικές αντιφάσεις στις δηλώσεις των αντικειμένων.

Τέλος, η ΣΣ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως εργαλείο μοντελοποίησης, λειτουργώντας επικουρικά κατά την ανάπτυξη ενός εννοιολογικού μοντέλου. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι πολύ σημαντική η συνεισφορά της διαδικασίας ΣΣ που ελέγχει τη σημασιολογική συνέπεια του μοντέλου. Μέσω αυτής της διαδικασίας καθίσταται δυνατό να εντοπίζονται και να απαλείφονται έγκαιρα τυχόν σημασιολογικές ασυνέπειες, αποτρέποντας έτσι τη συσσώρευσή τους που έχει ως αποτέλεσμα η επίλυσή τους να πολυπλοκοποιείται δραματικά, ώστε τελικά το μοντέλο να καθίσταται μη διαχειρίσιμο. Η διαδικασία υπαγωγής μπορεί επίσης να φανεί πολύ χρήσιμη κατά την ανάπτυξη του μοντέλου εντοπίζοντας ακούσιες υπαγωγές εννοιών.



2.3. Γνωσιακή Αναπαράσταση: Λογικά Σχήματα

2.3.1. Προτασιακή Λογική

Η προτασιακή λογική (ΠΡΛ) αποτελεί την απλούστερη μορφή λογικής. Κάθε στοιχείο γνώσης αναπαρίσταται ως μία ατομική λογική πρόταση, η οποία μπορεί να είναι είτε αληθής είτε ψευδής. Κάθε λογική πρόταση λοιπόν συνιστά μία μεταβλητή που μπορεί να πάρει μόνο τις λογικές τιμές αλήθειας/ψεύδους. Οι μεταβλητές αυτές μπορούν να συνδυαστούν με χρήση των λογικών τελεστών της σύζευξης ή τομής (*disjunction*, λογικό ΚΑΙ, \wedge), της διάζευξης ή ένωσης (*union*, λογικό Η, \vee), της συνεπαγωγής («AN ... ΤΟΤΕ ...», \rightarrow), της ισοδυναμίας («... AN ΚΑΙ ΜΟΝΟ AN ...», \leftrightarrow) και της άρνησης (*negation*, \neg).

Η ΠΡΛ παρέχει δύο μηχανισμούς συναγωγής συμπερασμάτων. Ο πρώτος είναι ο πίνακας αληθείας. Στον πίνακα αληθείας διατάσσονται οι διάφορες λογικές προτάσεις με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς λογικών τιμών, και για κάθε πρόταση εφαρμόζονται οι λογικοί τελεστές. Ο δεύτερος μηχανισμός είναι η λογική απόδειξη, δηλαδή η εφαρμογή λογικών θεωρημάτων με σκοπό την επιβεβαίωση/διάψευση μιας λογικής πρότασης. Ένα θεώρημα που χρησιμοποιείται κατεξοχήν στην ΠΡΛ είναι το *modus ponens*, κατά το οποίο όταν μια πρόταση είναι αληθής, κάθε συνεπαγωγή της είναι αληθής.

Βασικά πλεονεκτήματα της ΠΡΛ είναι η συντακτική απλότητα και η απόλυτη καταληκτικότητα (*decidability*). Η τελευταία εγγυάται ότι οποιοσδήποτε συνδυασμός λογικών προτάσεων καταλήγει σε συμπέρασμα. Από την άλλη, η συντακτική απλότητα της ΠΡΛ συνεπάγεται περιορισμένη εκφραστική δύναμη.

2.3.2. Κατηγορηματική Λογική

Η κατηγορηματική λογική (ΚΛ) αποτελεί επέκταση της ΠΡΛ και έρχεται να επιλύσει το πρόβλημα της ατομικότητας των λογικών προτάσεων της τελευταίας, δηλαδή το



πρόβλημα της μη προσπελασιμότητας των επί μέρους στοιχείων που απαρτίζουν μια λογική πρόταση. Το βασικό σημείο διαφοροποίησης της ΚΛ από την ΠΡΛ είναι ότι εισάγει την έννοια του *κατηγορήματος* (*predicate*). Έτσι, ενώ στην ΠΡΛ μια λογική πρόταση είναι αδιαίρετη και θεωρείται μεταβλητή καθ' εαυτήν, στην ΚΛ διατυπώνεται ως ένα κατηγορήμα το οποίο λαμβάνει ένα ή περισσότερα ορίσματα, με γενική μορφή: $P(A_1, A_2, \dots, A_n)$, όπου P είναι το κατηγορήμα και A_1, A_2, \dots, A_n τα ορίσματα. Κάθε όρισμα μπορεί να είναι (α) σταθερά, (β) μεταβλητή, ή (γ) λογική πρόταση της ίδιας μορφής. Για παράδειγμα, η λογική πρόταση «Η Σκάρλετ είναι γάτα» (που στην ΠΡΛ θα αποτελούσε ατομική μεταβλητή) μπορεί να διατυπωθεί με όρους ΚΛ ως εξής: «*EINAI(Σκάρλετ, γάτα)*» ή «*ΓΑΤΑ(Σκάρλετ)*» (στη δεύτερη περίπτωση το ρήμα που ορίζει το κατηγορήμα υπονοείται). Όπως φαίνεται και στο παράδειγμα, δεν υπάρχει ένας αντικειμενικά σωστός τρόπος για να διατυπωθεί ορθά μια λογική πρόταση· ο τρόπος διατύπωσης εξαρτάται από τις ανάγκες και την εννοιολόγηση του υπό αναπαράσταση ΓΠ.

Ένα δεύτερο σημείο διαφοροποίησης της ΚΛ από την ΠΡΛ είναι η χρήση ποσοτικών τελεστών, επιπλέον των λογικών. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται ο *υπαρξιακός τελεστής* (*existential*, «*ΥΠΑΡΧΕΙ ...*», \exists) και ο *καθολικός τελεστής* (*universal*, «*ΓΙΑ ΚΑΘΕ ...*», \forall). Μέσω αυτών των τελεστών παρέχεται η δυνατότητα διατύπωσης λογικών προτάσεων με ποσοτικούς όρους (π.χ., «Υπάρχει γάτα που λέγεται Σκάρλετ» ή «Όλες οι γάτες έχουν ουρά»). Ο βασικός μηχανισμός συναγωγής συμπερασμάτων στην ΚΛ είναι η λογική απόδειξη, η οποία, όπως και στην ΠΡΛ, επιτυγχάνεται μέσω εφαρμογής λογικών θεωρημάτων.

Ένας τύπος ΚΛ, ιδιαίτερα δημοφιλής στην ΤΝ, είναι η ΚΛ διαζευκτικής μορφής, κατά την οποία οι λογικές προτάσεις συντάσσονται υπό μορφή *σύζευξης διαζεύξεων*, και όλες οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται θεωρούνται εξ ορισμού καθολικά ποσοτικοποιημένες. Μια ειδικότερη μορφή ΚΛ διαζευκτικής μορφής είναι οι προτάσεις



Horn. Στις προτάσεις *Horn* δεν επιτρέπεται η άρνηση ατομικών λογικών προτάσεων. Δεν επιτρέπεται επίσης το συμπέρασμα να περιέχει πάνω από μία ατομική λογική πρόταση. Οι προτάσεις *Horn* έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη ΓΑ. Για παράδειγμα, η γλώσσα *Prolog* εφαρμόζει αποκλειστικά τη λογική των προτάσεων *Horn*. Επίσης, η γλώσσα κανόνων *Semantic Web Rule Language (SWRL)* βασίζεται στο πρότυπο των προτάσεων *Horn* (βλ. Κεφ. 2.5.4..3).

Η δυνατότητα διατύπωσης λογικών προτάσεων μέσω του κατηγορήματος καθιστά την ΚΛ πολύ πιο εκφραστική από την ΠΡΛ. Από την άλλη, η ΚΛ χαρακτηρίζεται ως ημικαταληκτική (*semi-decidable*). Να σημειωθεί ωστόσο ότι οι προτάσεις *Horn* αποτελούν καταληκτικό υποσύνολο της ΚΛ.

2.4. Γνωσιακή Αναπαράσταση: Δομημένα Σχήματα

Μια κυρίαρχη ερευνητική κατεύθυνση της ΓΑ βασίζεται στην ιδέα ότι η ανθρώπινη γνώση μπορεί να δομηθεί και να αναλυθεί σε έννοιες, σε ιδιότητες εννοιών και σε σχέσεις μεταξύ εννοιών. Σύμφωνα με αυτή την ιδέα, η οποία επιχειρεί να αποτυπώσει τον τρόπο με τον οποίο ο ανθρώπινος νους αντιλαμβάνεται και αναπαριστά εσωτερικά τον πραγματικό κόσμο, η οργάνωση των εννοιών επιτυγχάνεται ιεραρχικά. Βασικό χαρακτηριστικό της ιεραρχικής δόμησης εννοιών είναι ότι αναπαριστά εξ ορισμού τις σχέσεις υπαγωγής ειδικότερων εννοιών σε γενικότερες.

Από τα τέλη της δεκαετίας του '50, οπότε άρχισε να εξελίσσεται η ιδέα της δομημένης προσέγγισης ΓΑ, έχουν αναπτυχθεί διάφορα δομημένα σχήματα ΓΑ. Στην πλειονότητά τους, τα σχήματα αυτά βασίζονται στην προαναφερθείσα ιδέα περί ιεραρχικής δόμησης της γνώσης και οργάνωσής της σε έννοιες και εννοιολογικές συσχετίσεις, ενώ, όπως θα δούμε στη συνέχεια, το ένα αποτελεί εξέλιξη του άλλου.



Σε γενικές γραμμές, τα δομημένα σχήματα ΓΑ παρουσιάζουν ευθείες αναλογίες με τις παραδοσιακές σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Η βασική διαφοροποίηση μεταξύ τους έγκειται στο ότι οι βάσεις δεδομένων κινούνται στο επίπεδο της πληροφορίας ενώ τα σχήματα ΓΑ στο επίπεδο της γνώσης. Ένα σχήμα βάσης δεδομένων μοντελοποιεί ένα πληροφοριακό σύνολο ενώ ένα σχήμα ΓΑ ένα γνωσιακό σύνολο. Αντίστοιχα, στη βάση δεδομένων αποθηκεύονται και συσχετίζονται δεδομένα, ενώ στη βάση γνώσης ενός σχήματος ΓΑ αποθηκεύεται και συσχετίζεται πληροφορία (μέσα στην οποία βρίσκονται ενθυλακωμένα τα δεδομένα). Στα κεφάλαια που ακολουθούν, παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα δομημένα σχήματα ΓΑ.

2.4.1. Συστήματα Κανόνων

Τα *συστήματα κανόνων (ΣΚ)* είναι γνωσιοκεντρικά συστήματα τα οποία προσομοιώνουν τη νοητική διαδικασία λήψης αποφάσεων, ενώ συνιστούν μη εννοιολογική προσέγγιση ΓΑ. Ξεκίνησαν να αναπτύσσονται στα τέλη της δεκαετίας του '50 και χρησιμοποιούνται ως σήμερα για την αναπαράσταση και επεξεργασία ανθρώπινης γνώσης με σκοπό την αυτόματη συναγωγή συμπερασμάτων. Ένα τυπικό ΣΚ αποτελείται από τα εξής:

- Βάση γνώσης ή κανόνων, δηλαδή μια λίστα από προτάσεις-δηλώσεις οι οποίες περιγράφουν αξιώματα-κανόνες στο πλαίσιο της αναπαριστώμενης γνώσης και διατυπώνονται υπό μορφή βρόχων λογικής υπόθεσης «*IF ... THEN ...*»
- Μηχανή ΣΣ, η οποία επενεργεί πάνω στη βάση γνώσης, αντιπαραβάλλοντας τα δεδομένα εισόδου με τους κανόνες, και παράγει ως έξοδο τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την αντιπαραβολή
- Χώρος μνήμης, που λειτουργεί ως προσωρινή μνήμη των δεδομένων που επεξεργάζεται η μηχανή ΣΣ



- Διεπαφή χρήστη, για εισαγωγή δεδομένων και παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ΣΣ

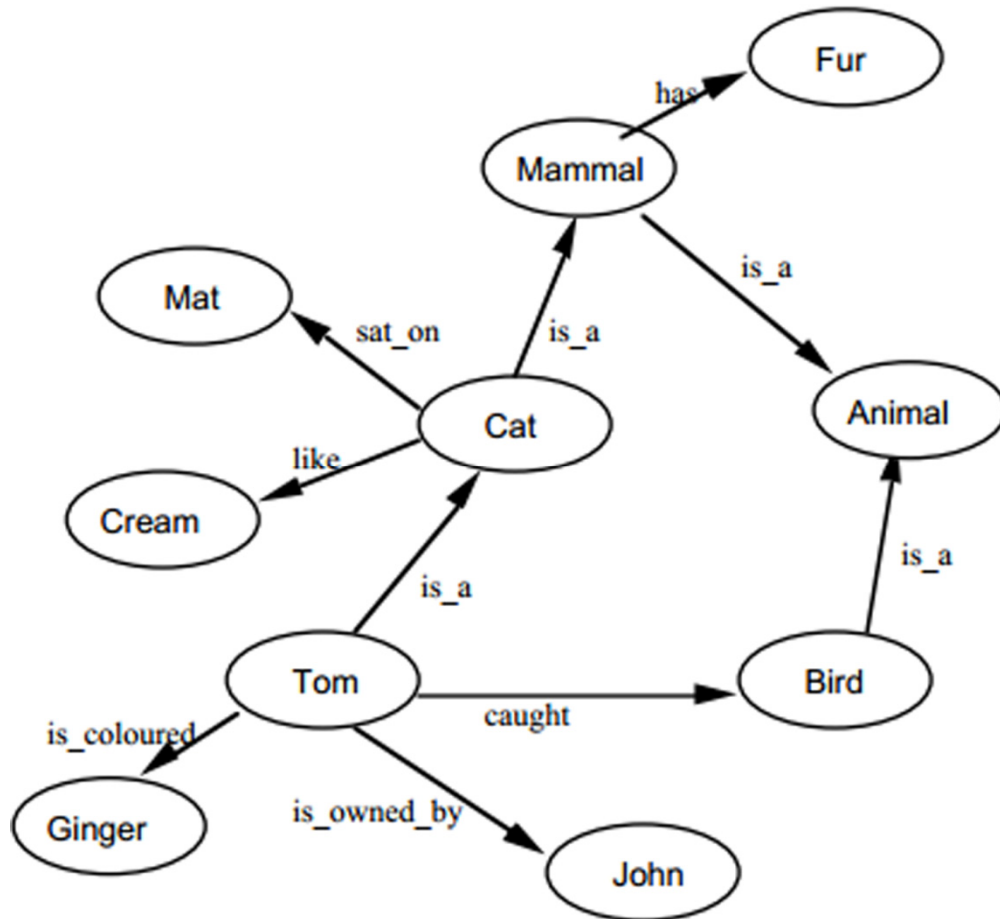
Μία χαρακτηριστική κατηγορία ΣΚ είναι τα *έμπειρα συστήματα (expert systems)*, τα οποία εστιάζουν σε συγκεκριμένο ΓΠ. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι τα συστήματα συμπτωματολογικής διάγνωσης ασθενειών ή τα συστήματα επιλογής κινήσεων σε προσομοιωτές επιτραπέζιων παιχνιδιών. ΣΚ έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για λεξιλογική ανάλυση σε μεταγλωττιστές γλωσσών προγραμματισμού αλλά και στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας.

Σε γενικές γραμμές, τα ΣΚ ενδείκνυνται για περιπτώσεις που το σύνολο της αναπαραστήσιμης γνώσης μπορεί να διατυπωθεί αποκλειστικά μέσω κανόνων που έχουν τη μορφή υποθετικών βρόχων. Επιπλέον, τα ΣΚ λειτουργούν αποτελεσματικά σε περιπτώσεις που το εύρος του αναπαραστήσιμου ΓΠ είναι σχετικά περιορισμένο. Όσο μεγαλύτερο είναι το φάσμα της προς αναπαράσταση γνώσης, τόσο δυσχεραίνει η διαχειρισσιμότητα της βάσης γνώσης αλλά και οι υπολογιστικές επιδόσεις του συστήματος.

2.4.2. Σημασιολογικά Δίκτυα

Τα *σημασιολογικά δίκτυα (semantic nets, ΣΔ)* [20-21] είναι δομές που αναπαριστούν έννοιες και ιδιότητες εννοιών. Τα ΣΔ υποστηρίζουν την ιεραρχική ταξινόμηση εννοιών (δηλ. από το γενικό στο ειδικό) και αποτελούν ουσιαστικά την πρώτη δομημένη προσέγγιση ΓΑ, η οποία αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο της εξέλιξης των δομημένων σχημάτων ΓΑ. Ο όρος *semantic net* εισήχθη το 1956 από τον Richens [22], ενώ τα πρώτα ΣΔ αναπτύχθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '60 από τους Simmons [23] και Quillian [24]. Τα ΣΔ χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κυρίως στις δεκαετίες '60 και '70, ενώ σταδιακά αντικαταστάθηκαν από τα *συστήματα πλαισίων* (βλ. παρακάτω). Η βασική ιδέα γύρω από τα ΣΔ είναι ότι η ανθρώπινη γνώση μπορεί να αναπαρασταθεί μέσω γραφημάτων, και

στηρίζεται στην ευρύτερη θεώρηση ότι τέτοιες μορφές αναπαράστασης βρίσκονται πιο κοντά στον τρόπο με τον οποίο δομείται η γνώση στον ανθρώπινο νου σε σχέση με τις μορφές αναπαράστασης που παρέχουν τα λογικά σχήματα ΓΑ ή τα ΣΚ.



Εικόνα 4: Απεικόνιση ενός σημασιολογικού δικτύου

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4, τα ΣΔ είναι γραφήματα, κατευθυνόμενα ή μη, τα οποία αποτελούνται από κορυφές-κόμβους (*nodes*), που αναπαριστούν είτε έννοιες είτε στιγμιότυπα εννοιών, και από ακμές-συνδέσεις (*edges*), που αναπαριστούν ιδιότητες εννοιών. Οι κόμβοι που αναπαριστούν έννοιες ονομάζονται *γενικοί* (*generic*), ενώ οι κόμβοι που αναπαριστούν στιγμιότυπα εννοιών ονομάζονται *ειδικοί* (*individual*). Οι δε συνδέσεις διακρίνονται σε *συνδέσεις υπαγωγής*, οι οποίες αποδίδουν στις έννοιες και στα στιγμιότυπα την ιδιότητα της υπαγωγής σε άλλες έννοιες εντός του δικτύου (το κριτήριο



υπαγωγής προσδιορίζεται από τον τύπο του ΣΔ, βλ. παρακάτω), και σε *συνδέσεις ιδιοτήτων*, οι οποίες αποδίδουν στις έννοιες και στα στιγμιότυπα επιπλέον ιδιότητες.

Ένα ΣΔ υλοποιείται με χρήση ειδικών σχεσιακών γλωσσών ή γλωσσών προγραμματισμού με δυνατότητα αναπαράστασης συνόλων, ενώ συνήθως παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής διαδικασιών ΣΣ. Ένα τυπικό ΣΔ περιλαμβάνει τα εξής επίπεδα:

- Λεξικό: Περιλαμβάνει τους κόμβους και τις συνδέσεις του ΣΔ.
- Δομικό: Οι κόμβοι και οι συνδέσεις σχηματίζουν ένα γράφημα. Οι συνδέσεις υπαγωγής προσδίδουν στο γράφημα ιεραρχικό χαρακτήρα.
- Σημασιολογικό: Οι κόμβοι και οι συνδέσεις αναφέρονται σε κάποιο σημεινόμενο.
- Διαδικασιακό: Περιλαμβάνει διαδικασίες για τη διαχείριση του ΣΔ (π.χ., εισαγωγή/επεξεργασία/διαγραφή κόμβων/συνδέσεων).

Διαφορετικής φύσης ΓΠ, καθένα με τον ιδιαίτερο χαρακτήρα και τις ειδικές απαιτήσεις του, οδήγησαν στην ανάπτυξη διάφορων τύπων ΣΔ, με κυριότερους τους εξής:

- Δίκτυα ορισμών (definitional): Αποτελούν τον πιο χαρακτηριστικό τύπο ΣΔ. Τα δίκτυα ορισμών εστιάζουν στην κληρονομικότητα, κι επομένως το κριτήριο υπαγωγής αποδίδει μεταξύ εννοιών την τυπική ιδιότητα της υπαγωγής. Στο γράφημα που προκύπτει οι συνδέσεις υπαγωγής αλληλεπιδρούν με τις συνδέσεις ιδιοτήτων, με την έννοια ότι οι ιδιότητες μιας έννοιας κληροδοτούνται στις υποέννοιές της.
- Δηλωτικά (assertional): Στα δηλωτικά ΣΔ, ένα γνωσιακό στοιχείο μπορεί *ενδεχομένως* να είναι αληθές, ενώ η αλήθεια του κατοχυρώνεται μόνο όταν δηλωθεί ρητά ως αληθές. Τα δηλωτικά δίκτυα έχουν χρησιμοποιηθεί ως μοντέλα εννοιολογικών δομών στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας.



- Συμπερασματικά (implicational): Στα συμπερασματικά ΣΔ, η σχέση υπαγωγής μεταξύ δύο εννοιών αποδίδει τη σχέση αίτιου - αιτιατού. Ως εκ τούτου, τέτοιου τύπου δίκτυα χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν εννοιολογικά σχήματα αιτιοκρατικού χαρακτήρα.
- Εκτελέσιμα (executable): Τα εκτελέσιμα ΣΔ περιλαμβάνουν μηχανισμούς που εκτελούν επιπλέον λειτουργίες πέραν της συναγωγής συμπερασμάτων, όπως η μετάδοση μηνυμάτων μεταξύ κόμβων ή η αναγνώριση επαναλαμβανόμενων δομικών σχημάτων.
- Δίκτυα μάθησης (learning): Τα δίκτυα μάθησης αποτελούν τον πρόγονο των *νευρωνικών δικτύων*. Ένα δίκτυο μάθησης δύναται να εμπλουτιστεί με νέα γνώση μέσω παραδειγμάτων. Έτσι, τα δίκτυα μάθησης μεταβάλλονται συνεχώς μέσω προσθαφαίρεσης κόμβων ή ακμών, μεταβολής του βάρους των ακμών, κ.α.
- Υβριδικά (hybrid): Ένα υβριδικό ΣΔ συνδυάζει πολλαπλούς τύπους ΣΔ είτε ως ένα ενιαίο δίκτυο είτε ως πολλαπλά διασυνδεδεμένα δίκτυα.

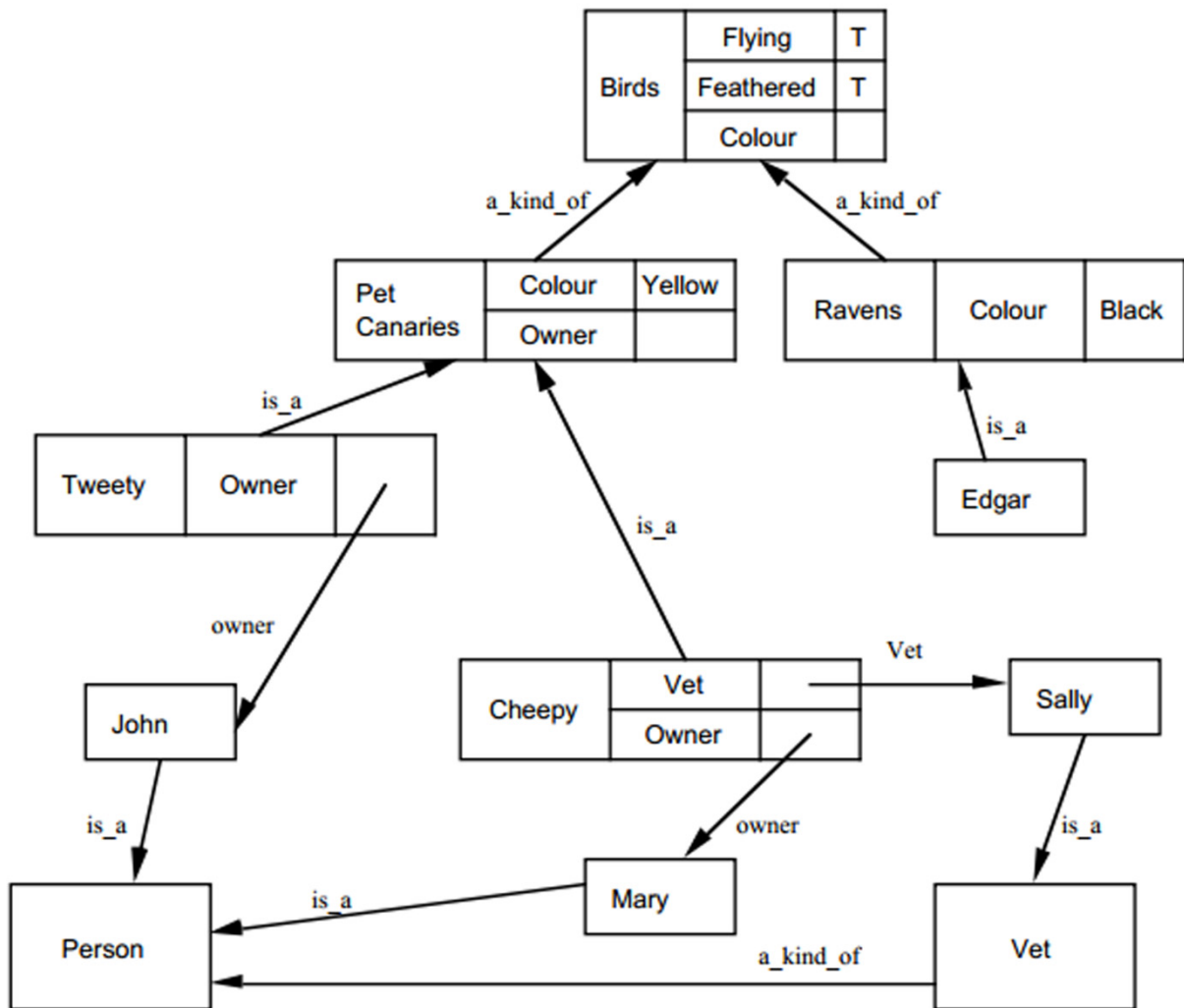
Η σημαντικότερη αδυναμία των ΣΔ είναι η απουσία τυποποίησης στο επίπεδο της σημασιολογίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το ενδεχόμενο διαφορετικοί αλγόριθμοι ΣΣ να συνάγουν διαφορετικά συμπεράσματα πάνω στο ίδιο σύνολο αναπαριστώμενης γνώσης. Επίσης, τα ΣΔ δεν παρέχουν τη δυνατότητα απευθείας έκφρασης ορισμένων θεμελιωδών λογικών ιδιοτήτων, όπως η άρνηση και η διάζευξη, οι οποίες μπορούν να εκφραστούν μόνο έμμεσα (π.χ., με χρήση συμπληρωματικών κατηγορημάτων). Τα ΣΔ μπορούν να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά σε περιπτώσεις που η γνώση γίνεται αντιληπτή ως ένα σύνολο εννοιών που συνδέονται μέσω εννοιολογικών συσχετίσεων, αντενδείκνυνται για αναπαράσταση γνώσης μη ταξινομικού χαρακτήρα καθώς και για αναπαράσταση μετα-γνώσης, και έχουν συνεισφέρει μεταξύ άλλων στην ιδέα της *κληρονομικότητας*.



2.4.3. Συστήματα Πλαισίων

Τα *συστήματα πλαισίων (frames, ΣΠ)* αποτελούν εξέλιξη των ΣΔ, προτάθηκαν από τον Minsky [25] και εισάγουν στη ΓΑ την έννοια της *αντικειμενοστρέφειας*. Πρόκειται για πιο σύνθετα δομικά σχήματα (σε σχέση με τα ΣΔ), τα οποία υποδιαιρούν τη γνώση σε μικρότερες δομές με σκοπό την αναπαράσταση *στερεότυπων* καταστάσεων. Τέτοιου είδους καταστάσεις μπορούν να είναι απλά φυσικά αντικείμενα, σύνθετες εννοιολογικές δομές, οπτικές παραστάσεις, γεγονότα, κ.α.

Ο Minsky θεωρεί ότι ο ανθρώπινος νους συγκρατεί μόνο τις σημαντικές πληροφορίες που αφορούν σε αντικείμενα ίδιου τύπου. Με βάση αυτή τη θεώρηση, η βασική ιδέα πίσω από τα ΣΠ είναι ότι το σύνολο της γνώσης που αφορά σε μία έννοια περικλείεται σε ένα πλαίσιο *μαζί* με την έννοια ως μία ενιαία οντότητα, υπό μορφή μιας δομής. Αυτή η δομή αποτελείται από (α) το όνομα της έννοιας, (β) ένα σύνολο *ιδιοτήτων (slots)* της έννοιας, και (γ) ένα σύνολο *τιμών (fillers)* που αντιστοιχούν στις ιδιότητες της έννοιας. Η τιμή μιας ιδιότητας μπορεί να είναι είτε μία απλή τιμή (π.χ., αριθμητική) είτε μία άλλη έννοια (η οποία αναπαρίσταται σε άλλο πλαίσιο). Στον τρόπο αυτόν δόμησης του περιεχομένου μιας έννοιας έγκειται η βασική διαφοροποίηση των ΣΠ από τα ΣΔ, αφού στα τελευταία η γνώση που αφορά σε μια έννοια βρίσκεται «έξω» από την έννοια, διάχυτη στο δίκτυο. Με άλλα λόγια, οι κόμβοι ενός ΣΔ αναπαριστούν μόνο τις έννοιες καθ' εαυτές, ενώ οι ιδιότητες των εννοιών αναπαρίστανται με ακμές οι οποίες συνδέουν κάθε κόμβο με άλλους κόμβους μέσα στο δίκτυο. Εν αντιθέσει, τα πλαίσια που συνθέτουν ένα ΣΠ αποτελούν καθ' εαυτά δομές, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους αφενός εξωτερικά σχηματίζοντας μια ιεραρχική υπερδομή, αφετέρου εσωτερικά (μέσω των ιδιοτήτων τους) σχηματίζοντας επιπλέον δομές. Με αυτή την έννοια, τα ΣΠ μπορούν να χαρακτηριστούν ως τριδιάστατες αναπαραστάσεις (βλ. Εικόνα 5).

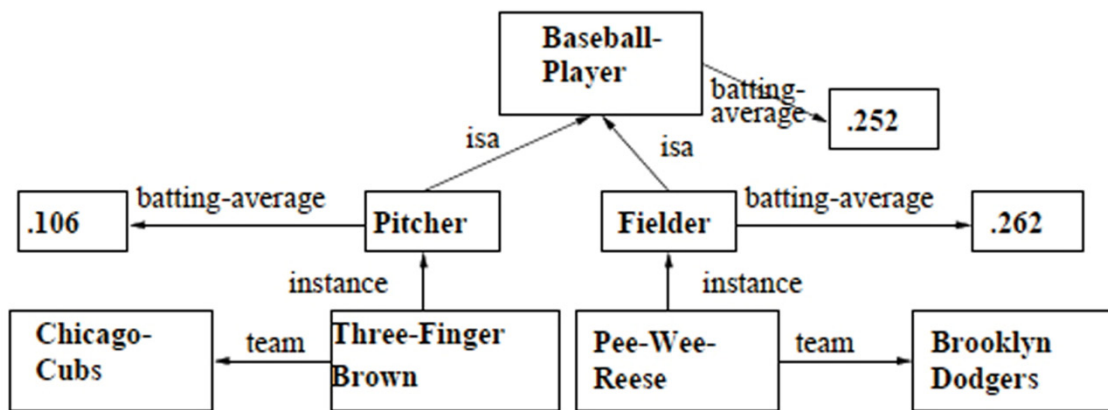


Εικόνα 5: Απεικόνιση ενός συστήματος πλαισίων

Στα ΣΠ, διακρίνονται δύο βασικές διαδικασίες ΣΣ: η διαδικασία *μερικής αντιστοίχισης (partial matching)*, κατά την οποία ειδικότερα πλαίσια ενσωματώνονται σε γενικότερα, και η διαδικασία αναζήτησης τιμών των ιδιοτήτων μιας έννοιας (εφόσον οι τιμές αυτές αναφέρονται σε άλλες έννοιες), με σκοπό τη συγκέντρωση του συνόλου της γνώσης που σχετίζεται με την κάθε έννοια.

Ένα πλεονέκτημα των ΣΠ έναντι των ΣΔ είναι ότι παρέχουν τη δυνατότητα ορισμού εξαιρέσεων στο επίπεδο της *στιγμιότυποποίησης (instantiation)* των εννοιών. Αυτή η ιδιότητα παρέχει ευελιξία και υποστηρίζει τη δημιουργία πιο ρεαλιστικών

αναπαράστασεων. Επιπλέον, ο τρόπος με τον οποίο δομούνται τα ΣΠ επιτρέπει τον εύκολο μετασχηματισμό τους σε ΣΔ, μετατρέποντας τα πλαίσια σε κόμβους και τις εσωτερικές ιδιότητες σε ακμές. Τέλος, ο τρόπος δόμησης των ΣΠ υποστηρίζει την *αναλογική συλλογιστική*, δηλαδή την επεξεργασία της γνώσης μέσω εντοπισμού ομοιοτήτων μεταξύ των αναπαριστώμενων εννοιών, κάτι που θεωρείται σημαντικό αυτού για ένα ευφρές σύστημα. Στην Εικόνα 6, απεικονίζεται η αναπαράσταση του ίδιου γνωσιακού συνόλου υπό μορφή ΣΔ (επάνω) και ΣΠ (κάτω).



Baseball Player
<i>is-a:</i> Adult Male
<i>batting average:</i> .252
<i>bats:</i> equal to handed
<i>team:</i>
⋮

Fielder
<i>is-a:</i> Baseball player
<i>batting average:</i> .262

...

Pee-Wee-Reese
<i>instance:</i> Baseball player
<i>team:</i> Brooklyn Dodgers

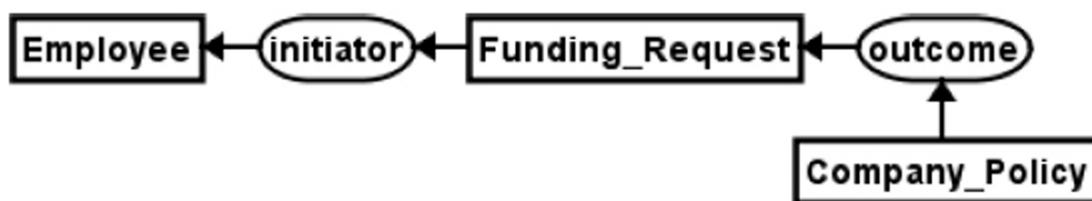
Εικόνα 6: Αναπαράσταση του ίδιου γνωσιακού συνόλου υπό μορφή σημασιολογικού δικτύου (επάνω) και συστήματος πλαισίων (κάτω)

Όπως και στα ΣΔ, στα ΣΠ απουσιάζει η τυποποίηση σε σημασιολογικό επίπεδο, πράγμα που περιορίζει την ποιότητα των αποτελεσμάτων των μηχανισμών ΣΣ. Ένας ακόμα

περιορισμός των ΣΠ είναι ότι οι τιμές των ιδιοτήτων που περικλείονται στα πλαίσια εννοιών πρέπει να είναι πραγματικές. Για παράδειγμα, δεν μπορούμε να πούμε «Η γάτα είναι θηλαστικό ή κατοικίδιο», αφού η τιμή μιας ιδιότητας δεν επιτρέπεται να περιέχει διάζευξη. Ένας ακόμα περιορισμός είναι ότι δεν παρέχεται η δυνατότητα ποσοτικοποίησης των ιδιοτήτων. Για παράδειγμα, δεν μπορούμε να εκφράσουμε απευθείας ότι «Η γάτα έχει 4 πόδια». Για να αναπαρασταθεί η συγκεκριμένη γνώση, θα πρέπει να επαναλάβουμε τέσσερις φορές τη δήλωση της ιδιότητας «Η γάτα έχει πόδι». Τα ΣΠ ενδείκνυνται περισσότερο για αναπαραστάσεις που δεν εστιάζουν σε συγκεκριμένο ΓΠ, ενώ έχουν αξιοποιηθεί σε περιοχές της ΤΝ όπως η τεχνητή όραση και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας. Έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά στην αναπαράσταση γνώσης που υπάγεται στην κοινή λογική.

2.4.4. Εννοιολογικά Γραφήματα

Τα εννοιολογικά γραφήματα (*conceptual graphs, EG*) [26] βασίζονται στα ΣΔ και στα ΣΠ, καθώς και στα πρώιμα *υπαρξιακά διαγράμματα (existential graphs)* που εισήγαγε ο Peirce [27], μόλις το 1906. Τα ΕΓ προτάθηκαν το 1976 από τον Sowa και καθιερώθηκαν ως μέθοδος αναπαράστασης της λογικής μέσω γραφημάτων, ενώ αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για την αναπαράσταση εννοιολογικών σχημάτων σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Τα ΕΓ παρέχουν έναν τρόπο αναπαράστασης τεχνικά επεξεργάσιμο και συνάμα κατανοήσιμο οπτικά από τον άνθρωπο. Στην Εικόνα 7 απεικονίζεται ένα απλό ΕΓ.



Εικόνα 7: Απεικόνιση ενός εννοιολογικού γραφήματος



Η έρευνα γύρω από τα ΕΓ κινήθηκε σε τρεις κατευθύνσεις:

- Γραφική διεπαφή της ΚΛ: Σε αυτή την προσέγγιση, κάθε πρόταση ΚΛ μπορεί να αναπαρασταθεί ως ένα γράφημα.
- Διαγραμματική ανάλυση της μαθηματικής λογικής: Αυτή η προσέγγιση προσανατολίζει την έρευνα στα υπαρξιακά διαγράμματα του Peirce [27]. Ως εκ τούτου, στο πλαίσιο αυτής της προσέγγισης, ένα ΕΓ θεωρείται περισσότερο διάγραμμα παρά γράφημα με την τυπική έννοια της θεωρίας γράφων.
- Αναπαράσταση γνώσης μέσω γραφημάτων: Τα ΕΓ έχουν αξιοποιηθεί ως σχήματα ΓΑ από τους Chein και Mugnier [28]. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, τα διάφορα γνωσιακά στοιχεία (έννοιες, ιδιότητες εννοιών, γεγονότα, κλπ) αναπαρίστανται υπό μορφή γραφημάτων, παρέχοντας έναν απλό και κατανοητό τρόπο αναπαράστασης.

Στο πλαίσιο της τρίτης κατεύθυνσης, τα βασικά στοιχεία δόμησης της γνώσης είναι οι *έννοιες (concepts)* και οι *σχέσεις (relations)* μεταξύ εννοιών, ακολουθώντας τον γενικό τύπο: *έννοια-1* \rightarrow *σχέση* \rightarrow *έννοια-2*. Σε περιπτώσεις που η σχέση δεν είναι συμμετρική, η φορά των βελών στον παραπάνω τύπο προσδιορίζει σημασιολογικά τη συσχέτιση των εννοιών. Για παράδειγμα, το γράφημα «γονέας \rightarrow επιβλέπει \rightarrow παιδί» αναπαριστά την περιγραφή «ο γονέας επιβλέπει το παιδί», ενώ το γράφημα «γονέας \leftarrow επιβλέπει \leftarrow παιδί» αναπαριστά την περιγραφή «το παιδί επιβλέπει τον γονέα». Επιπλέον, με βάση τις διαφορές έννοιες μπορούν να αναπαρασταθούν στιγμιότυπα εννοιών, τα οποία στην ορολογία των ΕΓ ονομάζονται *αναφερόμενα (referents)* και συνδέονται εξ ορισμού μεταξύ τους μέσω των σχέσεων που συνδέουν τις έννοιες στις οποίες αυτά ανήκουν. Για παράδειγμα, η παραπάνω πρόταση θα μπορούσε να συγκεκριμενοποιηθεί ώστε να αναπαραστήσει ένα γεγονός, ως εξής: «γονέας:Γιούλη \rightarrow επιβλέπει \rightarrow παιδί:Γιάννης». Τέλος, οι έννοιες συνδέονται μεταξύ



τους ιεραρχικά εξ ορισμού, μέσω της σχέσης υπαγωγής. Φυσικά, μία έννοια μπορεί να συνδέεται με πολλαπλές έννοιες δημιουργώντας έτσι πιο σύνθετα γραφήματα.

Σε αντίθεση με τους προγόνους τους, τα ΕΓ παρέχουν λογική τυποποίηση τόσο σε επίπεδο οργάνωσης όσο και σε επίπεδο σημασιολογίας, αφού κάθε ΕΓ μπορεί να διατυπωθεί με όρους ΚΛ 1ης τάξης. Ταυτόχρονα, τα ΕΓ είναι σχεδιασμένα ώστε να παρέχουν αναπαραστάσεις άμεσα κατανοήσιμες οπτικά από τον άνθρωπο. Ο συνδυασμός των δύο αυτών χαρακτηριστικών αποτελεί το σημαντικότερο πλεονέκτημα των ΕΓ.

Η ΣΣ στο πλαίσιο των ΕΓ βασίζεται επίσης στη μαθηματική λογική, συγκεκριμένα στο λογικό σχήμα το οποίο εισήγαγε ο Peirce στο πλαίσιο των υπαρξιακών διαγραμμάτων [27] και το οποίο αποτελεί παραλλαγή της παραδοσιακής ΚΛ. Μια μηχανή ΣΣ επενεργεί πάνω σε ένα ΕΓ με σκοπό (α) να συναγάγει λογικά συμπεράσματα, για παράδειγμα, όσον αφορά στην εγκυρότητα των λογικών εκφράσεων που περιγράφουν τις αναπαριστώμενες έννοιες, και (β) να εντοπίσει υπονοούμενες σχέσεις υπαγωγής μεταξύ των αναπαριστώμενων εννοιών.

Τα ΕΓ είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στον τομέα της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, ενώ έχουν αξιοποιηθεί και σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως στην ανάκτηση πληροφορίας, σε βάσεις δεδομένων και σε έμπειρα συστήματα.

2.4.5. Περιγραφική Λογική

Ο όρος *περιγραφική λογική* (*description logic, ΠΛ*) αναφέρεται σε μια οικογένεια γλωσσών ΓΑ, οι οποίες βασίζονται στη μαθηματική λογική και χρησιμοποιούνται κατεξοχήν ως μέθοδος δομημένης ΓΑ [29-30]. Η ΠΛ είναι κατ' ουσίαν υβριδικό σχήμα ΓΑ. Παρότι, όπως μαρτυρά το όνομά της, θα μπορούσε ασφαλώς να υπαχθεί στα λογικά σχήματα ΓΑ, επιλέγουμε να παρουσιάσουμε την ΠΛ στο πλαίσιο των δομημένων σχημάτων ΓΑ αφενός διότι παρέχει τη δυνατότητα ιεραρχικά δομημένης οργάνωσης της



γνώσης, κι αφετέρου διότι αποτελεί εξέλιξη των πρώτων δομημένων σχημάτων ΓΑ, ερχόμενη να προσθέσει στη δομημένη προσέγγιση ΓΑ τη δυνατότητα λογικής τυποποίησης στο επίπεδο της σημασιολογίας. Συγκεκριμένα, η ΠΛ προέρχεται από τα ΣΔ και τα ΣΠ, και μάλιστα είναι άμεσος απόγονος των λεγόμενων δικτύων δομημένης κληρονομικότητας (*structured inheritance networks*), τα οποία προτάθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του '70 από τον Brachman [31] με σκοπό την αντιμετώπιση διάφορων εκφραστικών προβλημάτων των ΣΔ και των ΣΠ.

2.4.5..1 Συστατικά της Περιγραφικής Λογικής

Τα γνωσιακά συστατικά της ΠΛ είναι: οι έννοιες (*concepts*), που ορίζουν σύνολα αντικειμένων και απαρτίζουν την ορολογία του ΓΠ, τα αντικείμενα (*individuals*), που αναπαριστούν υπαρκτές καταστάσεις του ΓΠ και αποτελούν (δυναμικά) στιγμιότυπα εννοιών, και οι ρόλοι (*roles*), που υποδηλώνουν δυαδικές σχέσεις μεταξύ εννοιών/αντικειμένων. Η οργάνωση της γνώσης στην ΠΛ έχει ως ακολούθως. Αρχικά ορίζονται οι έννοιες και οι ρόλοι του υπό αναπαράσταση ΓΠ. Κατόπιν, δηλώνονται τα αντικείμενα του ΓΠ και, μέσω των ρόλων, αποδίδονται ιδιότητες στα αντικείμενα αυτά. Σε πρώτη φάση, ορίζονται οι ατομικές έννοιες και οι ρόλοι. Κατόπιν, ορίζονται σύνθετες έννοιες χρησιμοποιώντας ήδη ορισμένες έννοιες (ατομικές ή σύνθετες). Για παράδειγμα, η σύνθετη έννοια *Father* μπορεί να οριστεί με τη βοήθεια των ατομικών εννοιών *Human* και *Male*, και του ρόλου *hasChild*, ως εξής: «*Father* \equiv *Human* \wedge *Male* \wedge (*hasChild* \geq 1)». Εν συνεχεία, η παραπάνω ορολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δήλωση των αντικειμένων *John*, *Gus* και *Andy*, ως εξής: «*John* : *Human* \wedge *Male*», «*Gus* : *Human* \wedge *Male*» και «*Andy* : *Human* \wedge *Male* \wedge (*hasChild* *John*) \wedge (*hasChild* *Gus*)».

Όπως γίνεται αντιληπτό, οι όροι περιγραφική και λογική συνοψίζουν τη βασική ιδέα της ΠΛ, δηλαδή τον ορισμό εννοιών μέσω σημασιολογικών περιγραφών, οι οποίες

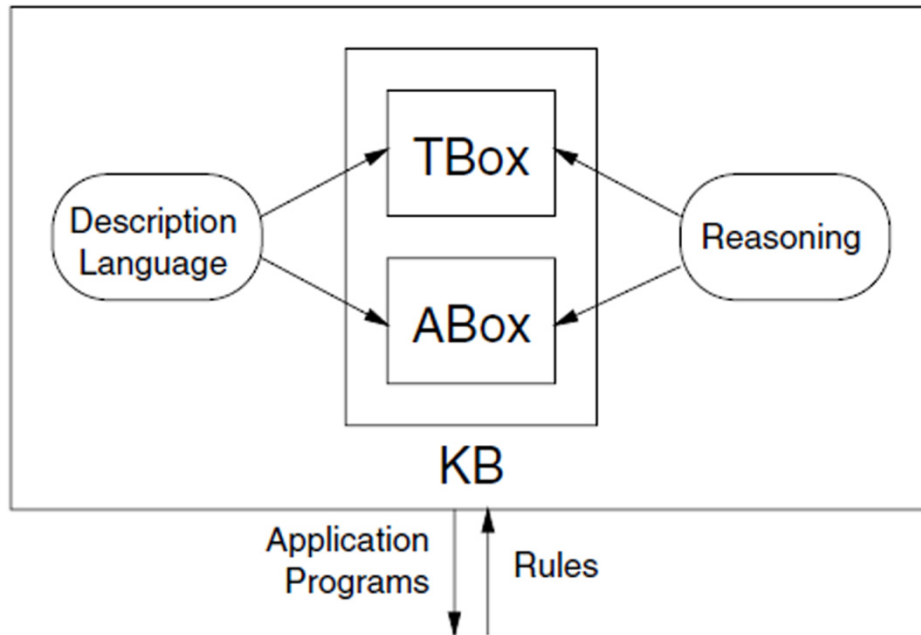


διατυπώνονται ως τυποποιημένες λογικές προτάσεις, οι οποίες προτάσεις χτίζονται από έννοιες (μοναδιαία κατηγορήματα) και ρόλους (δυαδικά κατηγορήματα) που συνδυάζονται μεταξύ τους με χρήση λογικών τελεστών, καθώς και επιπλέον τελεστών (π.χ., τελεστών ποσοτικοποίησης) σύμφωνα με την προδιαγραφή της εκάστοτε γλώσσας ΠΛ. Αυτές οι περιγραφικές προτάσεις τυποποιούν τη σημασιολογία των εννοιών με όρους μαθηματικής λογικής, δημιουργώντας έτσι μονοσήμαντες, τεχνικά επεξεργάσιμες αναπαραστάσεις.

Όπως στα περισσότερα δομημένα σχήματα ΓΑ, η οργάνωση της γνώσης στην ΠΛ επιτυγχάνεται μέσω της ταξινόμησης των διάφορων γνωσιακών στοιχείων που απαρτίζουν το υπό αναπαράσταση ΓΠ. Η οργάνωση της γνώσης επιτελείται σε δύο επίπεδα: στο επίπεδο των εννοιών και στο επίπεδο των αντικειμένων. Στο επίπεδο των εννοιών, η ταξινόμηση έχει ιεραρχικό χαρακτήρα, προσδιορίζοντας εξ ορισμού τη σχέση υπαγωγής ανάμεσα στις αναπαριστώμενες έννοιες. Στο επίπεδο των αντικειμένων, η ταξινόμηση προσδιορίζει τη βασική ιδιότητα κάθε αντικειμένου, δηλαδή το αν αποτελεί στιγμιότυπο (*instance*) μίας ή περισσότερων εννοιών, με κριτήριο το αν η περιγραφή του πληρεί τον ορισμό μίας ή περισσότερων εννοιών. Στο παραπάνω παράδειγμα φερειπειν, η περιγραφή του αντικειμένου *Andy* πληρεί τον ορισμό της έννοιας *Father*, και επομένως ο μηχανισμός ΣΣ θα συμπεραίνει ότι το αντικείμενο *Andy* είναι στιγμιότυπο της έννοιας *Father*.

2.4.5..2 Βάση γνώσης: TBox - Rbox - ABox

Θεμελιακό συστατικό ενός γνωσιοκεντρικού συστήματος που βασίζεται στην ΠΛ (όπως κι ενός γνωσιοκεντρικού συστήματος εν γένει) είναι η βάση γνώσης. Κάθε σύστημα ΠΛ παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας και διαχείρισης μιας βάσης γνώσης, καθώς και τη δυνατότητα εφαρμογής διαδικασιών ΣΣ πάνω σε αυτή. Στην Εικόνα 8 απεικονίζεται η βασική αρχιτεκτονική ενός συστήματος ΠΛ, όπου φαίνεται καθαρά ο κομβικός ρόλος της βάσης γνώσης.



Εικόνα 8: Βασική αρχιτεκτονική ενός συστήματος ΓΑ που βασίζεται στην ΠΛ

Η βάση γνώσης σε ένα σύστημα ΠΛ αποτελείται από δηλώσεις αντικειμένων, οι οποίες αναπαριστούν υπαρκτές καταστάσεις του αναπαριστώμενου ΓΠ και διατυπώνονται με χρήση της ορολογίας και των ρόλων. Με αυτή την έννοια, η ορολογία και οι ρόλοι εντάσσονται στο ευρύτερο πλαίσιο της βάσης γνώσης. Με βάση τα παραπάνω, τα συστατικά μιας βάσης γνώσης σε ένα σύστημα ΠΛ είναι τα ακόλουθα:

- Πλαίσιο ορολογίας (Terminology Box, TBox): Το TBox περικλείει την ορολογία του αναπαριστώμενου ΓΠ, δηλαδή το σύνολο των εννοιών του ΓΠ. Το TBox αποτελεί βοηθητικό συστατικό της βάσης γνώσης, και αντιστοιχεί στο *σχήμα (schema)* μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων ή στο επίπεδο των κλάσεων ενός αντικειμενοστρεφούς μοντέλου.
- Πλαίσιο ρόλων (Role Box, RBox): Το RBox περικλείει το σύνολο των ρόλων του αναπαριστώμενου ΓΠ, μέσω των οποίων (α) περιγράφονται οι έννοιες (TBox) και (β) αποδίδονται ιδιότητες στα αντικείμενα (ABox). Όπως και το TBox, το RBox αποτελεί βοηθητικό συστατικό της βάσης γνώσης.



- Πλαίσιο δηλώσεων (Assertion Box, ABox): Το ABox αποτελεί την καθ' εαυτήν βάση γνώσης ενός συστήματος ΠΛ, αφού περιλαμβάνει τις δηλώσεις των αντικειμένων, οι οποίες διατυπώνονται με χρήση στοιχείων από τα TBox και RBox. Το ABox αντιστοιχεί στα δεδομένα μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων ή στις δηλώσεις αντικείμενων ενός αντικειμενοστρεφούς μοντέλου.

2.4.5..3 Περιγραφική Λογική & Σημασιολογική Συλλογιστική

Όλα τα σύγχρονα γνωσιοκεντρικά συστήματα που βασίζονται στην ΠΛ δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στη ΣΣ, παρέχοντας τη δυνατότητα συναγωγής λογικών συμπερασμάτων. Στο πλαίσιο ενός συστήματος ΠΛ, οι διαδικασίες ΣΣ επενεργούν τόσο στο επίπεδο της ορολογίας (TBox) όσο και στο επίπεδο των αντικειμένων (ABox).

Στο επίπεδο TBox, οι βασικές λειτουργίες μιας μηχανής ΣΣ είναι (α) η διαδικασία υπαγωγής, η οποία αναλαμβάνει τον εντοπισμό σχέσεων υπαγωγής μεταξύ εννοιών, και (β) η διαδικασία ελέγχου συνέπειας, η οποία διατρέπει την εννοιολογική δομή προσπαθώντας να εντοπίσει λογικές αντιφάσεις είτε στην περιγραφή μιας μεμονωμένης έννοιας είτε μεταξύ εννοιολογικών περιγραφών (βλ. και Κεφ. 2.2). Εκτός από τη χαρακτηριστική περίπτωση ασυνέπειας που αναφέραμε στο Κεφ. 2.2, που συμβαίνει όταν η περιγραφή μιας έννοιας δεν της επιτρέπει να έχει καθόλου στιγμιότυπα, μία άλλη περίπτωση ασυνέπειας που συναντάται στην ΠΛ, αυτή τη φορά μεταξύ εννοιών, συμβαίνει όταν οι περιγραφές δύο εννοιών που έχουν οριστεί ως *αμοιβαίως αποκλειόμενες (disjoint)* επιτρέπουν σε ένα αντικείμενο να αποτελεί ταυτόχρονα στιγμιότυπο και των δύο εννοιών.

Στο επίπεδο ABox, η μηχανή ΣΣ περιλαμβάνει τη διαδικασία εντοπισμού στιγμιότυπων εννοιών, η οποία αναλαμβάνει να εντοπίσει αντικείμενα που με βάση την περιγραφή τους αποτελούν στιγμιότυπο μίας ή περισσότερων εννοιών, και τη διαδικασία ελέγχου συνέπειας, η οποία αναζητά λογικές αντιφάσεις στις δηλώσεις των αντικειμένων.



2.4.5..4 Εκφραστικότητα & Καταληκτικότητα στην Περιγραφική Λογική

Όπως έχουμε επισημάνει, στα ΣΔ και στα ΣΠ απουσιάζει η σημασιολογική τυποποίηση. Η ΠΛ εισάγεται στη ΓΑ με σκοπό να άρει αυτή την αδυναμία. Έτσι, το βασικότερο πλεονέκτημα της ΠΛ έναντι των προγόνων της είναι ότι παρέχει λογική τυποποίηση στο επίπεδο της σημασιολογίας. Να σημειωθεί εδώ ότι τα ΕΓ επίσης παρέχουν σημασιολογική τυποποίηση των αναπαριστώμενων εννοιών. Ωστόσο τα ΕΓ δεν θεωρούνται πρόγονος της ΠΛ αλλά αδελφό σχήμα, αφού αναπτύχθηκαν την ίδια περίοδο και έχουν κοινούς προγόνους με την ΠΛ. Όπως και τα περισσότερα δομημένα σχήματα ΓΑ, έτσι και η ΠΛ παρέχει τη δυνατότητα ορισμού επιπλέον σχέσεων μεταξύ εννοιών, πέραν της πρωταρχικής σχέσης υπαγωγής.

Σε γενικές γραμμές, η ΠΛ θεωρείται καταληκτικό υποσύνολο της ΚΛ *1ης τάξης* (υπενθυμίζεται ότι η ΚΛ *1ης τάξης* δεν εγγυάται την καταληκτικότητα των διαδικασιών ΣΣ). Ωστόσο, ορισμένες γλώσσες ΠΛ περιλαμβάνουν διάφορες εκφραστικές επεκτάσεις (π.χ., τελεστές ποσοτικοποίησης), οι οποίες θέτουν ζητήματα καταληκτικότητας. Όπως γίνεται αντιληπτό, η καταληκτικότητα μιας γλώσσας ΠΛ είναι αντιστρόφως ανάλογη της εκφραστικότητάς της. Η έρευνα γύρω από την ΠΛ έχει πειραματιστεί εκτενώς με το δίπολο εκφραστικότητας - καταληκτικότητας. Έτσι, αναπτύχθηκαν διάφορες γλώσσες ΠΛ, λιγότερο ή περισσότερο εκφραστικές/καταληκτικές. Από τη μία, πολύ εκφραστικές γλώσσες ΠΛ παρουσίαζαν προβλήματα καταληκτικότητας σε περιπτώσεις πολύπλοκων σημασιολογικών περιγραφών. Από την άλλη, γλώσσες ΠΛ με περιορισμένη εκφραστικότητα αποδείχθηκαν πιο αποτελεσματικές όσον αφορά στην καταληκτικότητα, αλλά σε αρκετές περιπτώσεις δεν επαρκούσαν για να ορίσουν τις πιο σύνθετες έννοιες του υπό αναπαράσταση ΓΠ. Τελικά, η σχετική έρευνα έδωσε βάρος στο ζήτημα της καταληκτικότητας, σε βαθμό που σήμερα η καταληκτικότητα θεωρείται προδιαγραφή για



μια γλώσσα ΠΛ. Ωστόσο, η διερεύνηση της εκφραστικότητας των γλωσσών ΠΛ σε αντιπαράθεση με τα διάφορα προβλήματα καταληκτικότητας συνεχίζει να αποτελεί ανοιχτό ερευνητικό ζήτημα.

Στο πλαίσιο μίας δεδομένης εννοιολόγησης, με δεδομένες εκφραστικές απαιτήσεις, η χρήση μιας γλώσσας ΠΛ θα μπορούσε ενδεχομένως να προσαρμοστεί ώστε να καλύπτει τις εκφραστικές ανάγκες της εννοιολόγησης, ενώ ταυτόχρονα να διασφαλίζει την καταληκτικότητα του παραχθέντος μοντέλου. Επομένως, η μη καταληκτικότητα μιας πολύ εκφραστικής γλώσσας ΠΛ δεν αποκλείει τη χρησιμότητά της, αφού τα προβλήματα καταληκτικότητας μπορούν να περιοριστούν σε μεγάλο βαθμό μέσω της εφαρμογής τεχνικών βελτιστοποίησης τόσο κατά τον σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος όσο και κατά την υλοποίηση των διάφορων διαδικασιών ΣΣ.

Πέρα από την εξ ορισμού εκφραστική δυνατότητα κάθε γλώσσας ΠΛ, επιπλέον εκφραστικότητα μπορεί να επιτευχθεί μέσω ορισμού κανόνων, οι οποίοι διατυπώνονται στην απλούστερη μορφή τους ως εξής: $A \Rightarrow B$, όπου A και B είναι έννοιες της ορολογίας του αναπαριστώμενου ΓΠ. Η σημασία του παραπάνω κανόνα είναι ότι «αν ένα αντικείμενο είναι στιγμιότυπο της έννοιας A , τότε είναι και στιγμιότυπο της έννοιας B ». Σε μια πιο σύνθετη μορφή, το αριστερό μέρος της συνεπαγωγής μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερες έννοιες (π.χ., κανόνες SWRL, βλ. Κεφ. 2.5.4..3). Να σημειωθεί ότι τέτοιοι κανόνες είναι πιθανό να προκαλέσουν επιπλέον προβλήματα καταληκτικότητας στις διαδικασίες ΣΣ.

Η ΠΛ έχει εξελιχθεί σήμερα σε κυρίαρχο σχήμα ΓΑ, γεγονός που οφείλεται μεταξύ άλλων στην υιοθέτησή της από το W3C ως θεμέλιο για την ανάπτυξη της OWL, της δημοφιλέστερης γλώσσας περιγραφής Οντολογιών (βλ. Κεφ. 2.5.4..2), καθώς και στο γεγονός ότι πάνω στην ΠΛ έχουν αναπτυχθεί πολλές και ισχυρές μηχανές ΣΣ.



2.5. Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού

2.5.1. Τι είναι οι Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού

Ετυμολογικά, ο όρος *οντολογία* σημαίνει «λόγος περί του όντος» (ον : κάθε τι που υπάρχει) και αναφέρεται στον κλάδο της Φιλοσοφίας που μελετά το θεμελιώδες ζήτημα της ύπαρξης, διερευνώντας μεταξύ άλλων τη διάκριση ανάμεσα στην πραγματική ουσία των όντων και στη συμβολική απεικόνισή τους στον ανθρώπινο νου και λόγο [32]. Ο αρχαίος φιλόσοφος Παρμενίδης ήταν από τους πρώτους που πρότειναν μια οντολογική περιγραφή της θεμελιώδους φύσης της ύπαρξης, και θεωρείται ο εμπνευστής του όρου *οντολογία*, καθώς και του φιλοσοφικού κλάδου ευρύτερα, ενώ ακολούθησαν ο Πλάτωνας και οι φιλόσοφοι της Πλατωνικής Σχολής αλλά και ο Αριστοτέλης στα *Μεταφυσικά*.

Σύμφωνα με τον Smith [33], ο όρος *οντολογία* συναντάται για πρώτη φορά στην Επιστήμη Υπολογιστών το 1967, σε μια εργασία του S.H. Mealy πάνω στη μοντελοποίηση δεδομένων. Έκτοτε, άρχισε να αναπτύσσεται μια νέα προσέγγιση τεχνικής αναπαράστασης της ανθρώπινης γνώσης η οποία, δανειζόμενη το όνομά της από τον σχετικό κλάδο της Φιλοσοφίας, πήρε το –πληθυντικού αριθμού– όνομα *Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού (Web Ontologies)*, ή απλά *Οντολογίες (Ontologies)*.

Στα επόμενα χρόνια διατυπώθηκαν αρκετοί ορισμοί περί του τι είναι οι Οντολογίες. Ο ορισμός που έχει επικρατήσει ως ο δημοφιλέστερος είναι αυτός του Gruber [34-35]: «*An ontology is an explicit specification of a conceptualization*». Ο ορισμός του Gruber έγινε αντικείμενο μελέτης και εμπλουτισμού από μετέπειτα ερευνητές, όπως ο Borst [36] και ο Studer [7], για να καταλήξει στην εξής –πληρέστερη κατά τη γνώμη του γράφοντος– μορφή: «*An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualization*», που θα μπορούσε να αποδοθεί ως: «*Μία οντολογία είναι μία τυποποιημένη, ρητή προδιαγραφή*



μίας κοινόχρηστης εννοιολόγησης». Ο όρος *ρητή* υποδηλώνει ότι τα διάφορα γνωσιακά στοιχεία του μοντέλου (έννοιες, ιδιότητες, κλπ) ορίζονται με ρητό και σαφή τρόπο, ενώ ο όρος *τυποποιημένη* υποδηλώνει ότι το μοντέλο είναι τεχνικά επεξεργάσιμο. Τέλος, ο όρος *κοινόχρηστη* αναφέρεται σε έναν θεμελιακό στόχο του Σημασιολογικού Ιστού, που είναι η ιδέα της *κοινόχρηστης γνώσης*, δηλαδή της κοινής ερμηνείας της γνώσης από πολλαπλά συστήματα λογισμικού.

Τα τελευταία χρόνια, οι Οντολογίες έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλής μέθοδος ΓΑ, κι αυτό οφείλεται μεταξύ άλλων στο ότι προάγουν την ιδέα της κοινόχρηστης γνώσης που προαναφέρθηκε, η οποία συνιστά ταυτόχρονα κρίσιμο ανοιχτό ζήτημα της Πληροφορικής εν γένει: ένα ζήτημα που περιγράφει γλαφυρά ο Δερτούζος στην *Ανολοκλήρωτη Επανάσταση* [37], και που αφορά στην επίτευξη *διαλειτουργικότητας (interoperability)* μεταξύ ετερογενών συστημάτων, η οποία προϋποθέτει μεταξύ άλλων την ορθή, μονοσήμαντη μεταξύ τους επικοινωνία.

2.5.2. Συστατικά Οντολογιών

Τα βασικά γνωσιακά συστατικά μιας οντολογίας είναι: (α) οι *κλάσεις (classes)*, που αναπαριστούν έννοιες, (β) οι *ιδιότητες (properties)*, που αναπαριστούν συσχετίσεις μεταξύ εννοιών, και (γ) τα *στιγμιότυπα* ή *αντικείμενα (individuals)*, δηλαδή *στιγμιοτυποποιήσεις* εννοιών, οι οποίες (στιγμιοτυποποιήσεις) περιγράφουν υπαρκτές καταστάσεις του υπό αναπαράσταση ΓΠ [38-46].

Όπως και σε προγενέστερα δομημένα σχήματα ΓΑ, οι κλάσεις συνδέονται μεταξύ τους μέσω της πρωταρχικής ιδιότητας υπαγωγής ειδικότερων κλάσεων σε γενικότερες, δημιουργώντας μια ιεραρχική εννοιολογική δομή που ονομάζεται *ταξινομία (taxonomy)* και αποτελεί τη ραχοκοκαλιά κάθε οντολογίας. Στην Εικόνα 9 απεικονίζεται ένα απόσπασμα της ταξινομίας της οντολογίας *VO (Vaccine Ontology)*.



Εικόνα 9: Απόσπασμα της ταξινόμιας της οντολογίας VO (Vaccine Ontology)

Πέραν της πρωταρχικής ιδιότητας υπαγωγής, παρέχεται η δυνατότητα ορισμού επιπλέον ιδιοτήτων, οι οποίες δημιουργούν επιπλέον συνδέσεις μεταξύ των κλάσεων. Κάθε οντολογική κλάση ουσιαστικά συνιστά ένα σύνολο αντικειμένων. Ως εκ τούτου, οι ιδιότητες μιας κλάσης αποδίδονται εξ ορισμού στα αντικείμενα που την απαρτίζουν. Έτσι, οι ιδιότητες στις Οντολογίες λειτουργούν σε δύο επίπεδα: στο επίπεδο των κλάσεων, γνωστό από την ΠΛ ως TBox, και στο επίπεδο των αντικειμένων, γνωστό από την ΠΛ ως ABox. Στο επίπεδο TBox, οι ιδιότητες χρησιμοποιούνται για τη σημασιολογική περιγραφή των κλάσεων. Η σημασιολογική περιγραφή μιας κλάσης συνιστά ένα σύνολο *περιορισμών (restrictions)*, ή αλλιώς *συνθηκών (conditions)*, βάσει των οποίων μια μηχανή ΣΣ αποφαινεται εάν η κλάση είναι υποσύνολο κάποιας άλλης κλάσης. Στο επίπεδο ABox, οι ιδιότητες χρησιμοποιούνται κατά τη δήλωση αντικειμένων για να περιγράψουν τις *υπαρκτές* ιδιότητές τους, σύμφωνα με τις οποίες μια μηχανή ΣΣ αποφαινεται αν ένα αντικείμενο είναι μέλος κάποιας κλάσης, δηλαδή αν οι *υπαρκτές* ιδιότητες του αντικειμένου ικανοποιούν τις συνθήκες που συνιστούν την περιγραφή της κλάσης. Για



παράδειγμα, έστω η ιδιότητα *hasChild* που χρησιμοποιείται στο επίπεδο TBox για να περιγράψει την κλάση *Father* με την εξής συνθήκη: « $Father \equiv Human \wedge Male \wedge (hasChild \geq 1)$ », που σημαίνει: «για να είναι κάποιος πατέρας, πρέπει να είναι άνθρωπος αρσενικού γένους και να έχει τουλάχιστον ένα παιδί». Και έστω ότι η ίδια ιδιότητα χρησιμοποιείται στο επίπεδο ABox για να περιγράψει το αντικείμενο *Andy* ως εξής: « $Human(Andy) \wedge Male(Andy) \wedge hasChild(Andy, Gus) \wedge hasChild(Andy, John)$ », που σημαίνει: «ο Andy είναι άνθρωπος αρσενικού γένους και έχει δύο παιδιά, τον Gus και τον John». Σύμφωνα με την περιγραφή της κλάσης *Father* και τη δήλωση του αντικειμένου *Andy*, η διαδικασία υπαγωγής μιας μηχανής ΣΣ στο επίπεδο ABox θα συμπεράνει ότι «*Father(Andy)*», που σημαίνει: «ο Andy είναι πατέρας».

Επιστρέφοντας στο επίπεδο TBox, μια κλάση μπορεί να περιγραφεί με δύο τρόπους: ως *στοιχειώδης* (*primitive*) ή ως *ορισμένη* (*defined*). Η περιγραφή μιας στοιχειώδους κλάσης αποτελείται από συνθήκες που χαρακτηρίζονται ως *αναγκαίες* και ερμηνεύονται ως εξής: «Αν ένα αντικείμενο ανήκει στο σύνολο αντικειμένων της κλάσης, τότε έχει τις ιδιότητες της κλάσης». Ενώ η περιγραφή μιας ορισμένης κλάσης αποτελείται από συνθήκες που χαρακτηρίζονται ως *αναγκαίες και ικανές*, και ερμηνεύονται ως εξής: «Αν ένα αντικείμενο ανήκει στο σύνολο αντικειμένων της κλάσης, τότε έχει τις ιδιότητες της κλάσης, ΚΑΙ ΕΠΙΣΗΣ, αν οι ιδιότητες που περιλαμβάνονται στη δήλωση ενός αντικειμένου ικανοποιούν τις συνθήκες που συνιστούν την περιγραφή της κλάσης, τότε το αντικείμενο ανήκει στην κλάση». Από τους παραπάνω ορισμούς γίνεται αντιληπτό ότι, με σκοπό να αποφανθεί αν κάποιο αντικείμενο ανήκει σε μία ή περισσότερες κλάσεις, η μηχανή ΣΣ αντιπαραβάλλει τους ορισμούς των δηλωμένων αντικειμένων μόνο με τις περιγραφές των ορισμένων κλάσεων.



Οι ιδιότητες στις οποίες αναφερθήκαμε μέχρι τώρα ονομάζονται στην ορολογία των Οντολογιών *ιδιότητες αντικειμένων (object properties)*. Εκτός από τις ιδιότητες αντικειμένων, οι περιγραφές κλάσεων και οι δηλώσεις αντικειμένων μπορούν να συμπεριλαμβάνουν και *ιδιότητες δεδομένων (data properties)*, οι οποίες δεν συσχετίζουν τις κλάσεις ή τα αντικείμενα με άλλες κλάσεις ή αντικείμενα αντίστοιχα, όπως κάνουν οι ιδιότητες αντικειμένων, αλλά με κάποια σταθερή τιμή (π.χ., αριθμητική). Να σημειωθεί ότι το ανάλογο της ιδιότητας αντικειμένων στο αντικειμενοστρεφές μοντέλο είναι η *μέθοδος κλάσης (class method)*, ενώ της ιδιότητας δεδομένων το *μέλος κλάσης (class member)*.

Τέλος, να σημειωθεί ότι μια οντολογία δεν αποτελεί καθ' εαυτήν βάση γνώσης. Ουσιαστικά, μια οντολογία παρέχει ένα τυποποιημένο λεξικό όρων και συσχετίσεων, μέσω του οποίου μπορούμε να διατυπώνουμε προτάσεις υπό μορφή *δηλώσεων αντικειμένων (object assertions)*, οι οποίες αναπαριστούν υπαρκτές καταστάσεις του αναπαριστώμενου ΓΠ. Το σύνολο αυτών των δηλώσεων συνιστά τη βάση γνώσης της οντολογίας.

2.5.3. Τύποι Οντολογιών

Μια οντολογία μπορεί να εξυπηρετήσει ποικίλους σκοπούς. Σε γενικές γραμμές, οι οντολογίες διακρίνονται στις θεμελιακές οντολογίες, στις οντολογίες πεδίου, στις οντολογίες εργασιών και στις οντολογίες εφαρμογής [46].

Οι *θεμελιακές οντολογίες (foundational or upper-level or top-level ontologies)* αναπαριστούν θεμελιώδεις έννοιες (π.χ., έννοιες του χώρου και του χρόνου), οι οποίες δεν ανήκουν σε κάποιο συγκεκριμένο ΓΠ αλλά αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των περισσότερων ΓΠ. Ως εκ τούτου, οι θεμελιακές οντολογίες χρησιμεύουν ως βάση για τη μοντελοποίηση ενός μεγάλου κομματιού της ανθρώπινης γνώσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα θεμελιακών οντολογιών είναι η οντολογία *SUMO (Suggested Upper Merged Ontology)* [47], η οποία αναπαριστά γενικές έννοιες της Πληροφορικής, όπως δομικές



έννοιες (π.χ., κλάση, αντικείμενο), γενικούς τύπους αντικειμένων και διαδικασιών, έννοιες αριθμών και μεγεθών, έννοιες της θεωρίας συνόλων, κ.α., και η οντολογία *DOLCE* (*Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering*) [48], η οποία αναπαριστά γενικές έννοιες που σχετίζονται με τη φυσική γλώσσα και την κοινή λογική.

Οι οντολογίες πεδίου (*domain ontologies*) εστιάζουν σε κάποιο συγκεκριμένο ΓΠ ενδιαφέροντος. Κατέχουν δε το μεγαλύτερο ποσοστό των υπάρχουσών οντολογιών. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του ΓΠ της Βιοϊατρικής, το οποίο έχει αποτελέσει αντικείμενο ευρείας μελέτης στο πλαίσιο της ΓΑ, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλών σημαντικών οντολογιών πεδίου, όπως η οντολογία *FMA* (*Foundational Model of Anatomy*) [49], η οποία περιλαμβάνει πάνω από 75,000 έννοιες, η *UMLS* (*Unified Medical Language System*) [50], η *Simple Bio Upper Ontology* [51] και η *Gene Ontology* [52]. Να σημειωθεί ότι η οντολογία *FilMO*, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, συνιστά επίσης οντολογία πεδίου. Οι οντολογίες πεδίου κάνουν σε μεγάλο βαθμό χρήση θεμελιακών οντολογιών για την περιγραφή θεμελιωδών εννοιών.

Οι οντολογίες εργασιών (*task ontologies*) σκοπό έχουν να περιγράψουν διαδικασίες εκτέλεσης εργασιών αλλά με τρόπο γενικό, δηλαδή χωρίς να εστιάζουν σε συγκεκριμένο ΓΠ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οντολογίας εργασιών είναι η *Scheduling Task Ontology* [53], η οποία χρησιμοποιείται για να περιγράψει διαδικασίες που απαιτούν χρονοπρογραμματισμό. Άλλα παραδείγματα διαδικασιών είναι η διάγνωση, η πώληση, κλπ.

Τέλος, οι οντολογίες εφαρμογής (*application ontologies*) αναπαριστούν εξειδικευμένες εννοιολογήσεις με σκοπό την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων γνωσιοκεντρικών συστημάτων. Μια οντολογία εφαρμογής μπορεί να είναι είτε αυτόνομη είτε να κάνει χρήση θεμελιακών οντολογιών ή/και οντολογιών πεδίου.



2.5.4. Γλώσσες Περιγραφής Οντολογιών

Από την αρχή της δεκαετίας του '90, άρχισαν να αναπτύσσονται διάφορες γλώσσες περιγραφής οντολογιών. Οι γλώσσες αυτές παρουσιάζουν διαφορές ως προς την αρχιτεκτονική, την εκφραστικότητα αλλά και τις δυνατότητες ΣΣ. Ορισμένες από αυτές είναι βασισμένες στην ΚΛ 1ης τάξης (π.χ., η *KIF*) ή στην ΚΛ 1ης τάξης σε συνδυασμό με τα ΣΠ (π.χ., οι *CycL*, *Ontolingua*, *OCML* και *FLogic*), ενώ άλλες έχουν βασιστεί στην ΠΛ (π.χ., η *LOOM* και η *OWL*). Μια περιεκτική επισκόπηση των γλωσσών που έχουν αναπτυχθεί για την περιγραφή οντολογιών περιλαμβάνεται στο [46].

2.5.4..1 *RDF & RDFS*

Το *Resource Description Framework (RDF)* [54] είναι ένα μοντέλο δεδομένων που έχει προταθεί από το W3C για την περιγραφή μεταδεδομένων στο πλαίσιο του Σημασιολογικού Ιστού. Το RDF αξιοποιεί τη σύνταξη του προτύπου XML, ενώ παρέχει καθολικής εμβέλειας ταυτοποίηση των αναπαριστώμενων δεδομένων κάνοντας χρήση του προτύπου *Uniform Resource Identifier (URI)*.

Το *Resource Description Framework Schema (RDFS)* [55] αποτελεί επέκταση του RDF και συνιστά την πρώτη προσπάθεια ανάπτυξης μιας γλώσσας με σκοπό την περιγραφή οντολογιών από πλευράς του W3C. Ωστόσο, το RDFS είναι μια αρκετά απλή γλώσσα, με περιορισμένες εκφραστικές δυνατότητες, και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά μόνο σε περιπτώσεις πολύ απλών οντολογιών.

2.5.4..2 *Web Ontology Language (OWL)*

Η εκφραστική ανεπάρκεια του RDFS είχε ως συνέπεια τη συνέχιση της έρευνας γύρω από την περιγραφή οντολογιών. Η έρευνα αυτή οδήγησε τελικά στη δημιουργία της γλώσσας περιγραφής οντολογιών *Web Ontology Language (OWL)* [45,56-58]. Η OWL



άρχισε να αναπτύσσεται στο πλαίσιο εργασιών του W3C ήδη από το 2002, πριν ακόμα ολοκληρωθούν οι εργασίες πάνω στο RDFS. Σήμερα, η OWL θεωρείται η πλέον εκφραστική γλώσσα περιγραφής οντολογιών και συνίσταται από το W3C για αυτόν τον σκοπό. Λόγω της εκφραστικής της δύναμης, η OWL είναι ευρέως διαδεδομένη και πλέον χρησιμοποιείται κατά κόρον από ερευνητές και μηχανικούς γνώσης που ασχολούνται με την οντολογική προσέγγιση της ΓΑ.

Σε επίπεδο έκφρασης, η OWL βασίζεται στην ΠΛ. Έτσι, κάθε OWL περιγραφή μπορεί να διατυπωθεί με όρους ΠΛ. Όπως είδαμε στο Κεφ. 2.4.5, η ΠΛ παρέχει υψηλή εκφραστικότητα (σε σημείο μάλιστα που μπορεί να λειτουργεί εις βάρος της καταληκτικότητας), καθώς και λογική τυποποίηση σε σημασιολογικό επίπεδο, η οποία απαιτείται για την εφαρμογή διαδικασιών ΣΣ πάνω στην αναπαριστώμενη γνώση. Επιπλέον, η έρευνα πάνω στα ζητήματα καταληκτικότητας της ΠΛ οδήγησε τελικά σε ικανοποιητικά εκφραστικές γλώσσες ΠΛ που παράλληλα εγγυώνται την καταληκτικότητα. Τέλος, πάνω στην ΠΛ έχουν υλοποιηθεί πολλές ισχυρές μηχανές ΣΣ, όπως η *FaCT++* [59] και η *Racer* [60]. Για όλους τους παραπάνω λόγους, η ΠΛ αποτέλεσε τον πυρήνα για τον σχεδιασμό αρκετών οντολογικών γλωσσών, όπως εν προκειμένω της OWL. Έτσι, παρόλο που η σύνταξη της OWL βασίζεται στο RDFS, η εκφραστικότητά της έχει υπερβεί σε καταλυτικό βαθμό την εκφραστική δυνατότητα του RDFS μέσω της εισαγωγής εκφραστικών στοιχείων από την ΠΛ, όπως οι αμοιβαία αποκλειόμενες (disjoint) κλάσεις, ο δυαδικός συνδυασμός κλάσεων (π.χ., η λογική ένωση/τομή κλάσεων ή το συμπλήρωμα κλάσης), ο προσδιορισμός πλήθους (cardinality restriction) στις ιδιότητες, καθώς και ειδικά χαρακτηριστικά που μπορούν να αποδοθούν σε ιδιότητες αντικειμένων, όπως η μεταβατικότητα (transitive property), η αντιστροφή (inverse property), η συμμετρικότητα (symmetric property) και η μοναδικότητα (unique property). Επιπλέον, η OWL παρέχει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης στην οντολογία επικουρικών πληροφοριακών στοιχείων, όπως η



διατήρηση εκδόσεων (versioning) της οντολογίας και η επισημείωση (annotation) των διάφορων γνωσιακών στοιχείων της.

Όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 2.4.5, οι διάφορες γλώσσες ΠΛ ποικίλουν ως προς την εκφραστικότητα και άρα ως προς την καταληκτικότητα που παρέχουν. Πατώντας πάνω στα χνάρια της ΠΛ, η OWL παρέχει τρεις διαφορετικές εκδόσεις, οι οποίες έχουν σχεδιαστεί με βάση διαφορετικές εκφραστικές απαιτήσεις, παρέχοντας έτσι διαφορετικά επίπεδα εκφραστικότητας/καταληκτικότητας. Η βασική ιδέα γύρω από τη δημιουργία των διαφορετικών εκδόσεων OWL είναι ότι για την περιγραφή σχετικά απλών οντολογιών θεωρείται σκόπιμο να χρησιμοποιείται το υποσύνολο εκείνο της OWL που παρέχει επαρκή (αλλά όχι παραπάνω) εκφραστικότητα ενώ ταυτόχρονα εγγυάται την καταληκτικότητα. Με αυτόν τον τρόπο, ζητήματα καταληκτικότητας τίθενται ουσιαστικά μόνο σε περιπτώσεις αρκετά πολύπλοκων οντολογιών. Παρακάτω, παρουσιάζονται συνοπτικά οι τρεις εκδόσεις της γλώσσας OWL: η OWL *Lite*, η OWL *DL* και η OWL *Full*.

Η OWL *Lite* είναι η ελαφρύτερη έκδοση της OWL. Αποτελεί υποσύνολο της έκδοσης OWL *DL* και είναι εκφραστικά ισοδύναμη με την καταληκτική γλώσσα *SHIF(D)* της ΠΛ. Η OWL *Lite* μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την περιγραφή απλών οντολογιών, στις οποίες η έμφαση δίνεται κυρίως στην ταξινόμηση των εννοιών, ενώ οι εννοιολογικοί ορισμοί επιτυγχάνονται με σχετικά απλές περιγραφές. Στην OWL *Lite*, πολλά εκφραστικά μέσα της OWL είτε είναι απόντα είτε διατίθενται με περιορισμένες δυνατότητες. Για παράδειγμα, ενώ παρέχεται η δυνατότητα προσδιορισμού πλήθους στις ιδιότητες αντικειμένων, το πλήθος δύναται να προσδιοριστεί μόνο με τις τιμές 0 ή 1 . Προφανώς, η OWL *Lite* εγγυάται την καταληκτικότητα.

Βασισμένη στην καταληκτική γλώσσα *SHOIN(D)* της ΠΛ, η OWL *DL* αποτελεί τη χρυσή τομή μεταξύ εκφραστικότητας και καταληκτικότητας, αφού έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει τη μέγιστη δυνατή εκφραστικότητα που μπορεί να εγυηθεί την καταληκτικότητα



του παραχθέντος μοντέλου. Για τον σκοπό αυτόν, η OWL DL παρέχει όλα τα εκφραστικά μέσα της OWL, επιβάλλοντας ωστόσο σε αυτά ορισμένους περιορισμούς. Για παράδειγμα, δεν επιτρέπεται σε μια κλάση να αποτελεί στιγμιότυπο άλλης κλάσης. Η ισορροπία εκφραστικότητας - καταληκτικότητας της OWL DL την καθιστά μακράν τη δημοφιλέστερη μεταξύ των εκδόσεων OWL.

Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες εκδόσεις OWL, η OWL Full δεν βασίζεται αποκλειστικά στην ΠΛ αλλά σε ένα μη καταληκτικό υπερσύνολο της γλώσσας *SHOIN(D)*. Διαθέτοντας όλα τα εκφραστικά στοιχεία της OWL χωρίς κανέναν περιορισμό, η OWL Full παρέχει μέγιστη εκφραστικότητα σε συνδυασμό με τη συντακτική ελευθερία του RDF, χωρίς ωστόσο να εγγυάται την καταληκτικότητα. Έτσι, είναι σχεδόν απίθανο μια μηχανή ΣΣ να υποστηρίξει το πλήρες εύρος εκφραστικότητας της OWL Full.

Οι αλληπάλληλες προσπάθειες υπερκέρασης των διάφορων εκφραστικών αδυναμιών της OWL οδήγησαν στη δημιουργία της OWL 2 [61-62]. Η OWL 2 βασίζεται επίσης στην ΠΛ και αποτελεί εξέλιξη της OWL DL. Συγκεκριμένα, η γλώσσα *SROIQ(D)* της ΠΛ, στην οποία βασίζεται η OWL 2, αποτελεί εξέλιξη της γλώσσας *SHOIN(D)*, στην οποία βασίζεται η OWL DL. Επί του παρόντος, η OWL 2 είναι η εκφραστικότερη εκδοχή της OWL, ενώ από το 2009 αποτελεί την επίσημη πρόταση του W3C για περιγραφή οντολογιών.

Τέλος, η OWL παρέχει ποικίλα φορμάτ αποθήκευσης, με πιο δημοφιλή το *RDF/XML*, ένα φορμάτ που βασίζεται στο πρότυπο RDF και κάνει χρήση της σύνταξης XML, και το *Manchester OWL Syntax*, ένα πιο πρόσφατο φορμάτ που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ και βασίζεται εν πολλοίς στη σύνταξη της ΠΛ.

2.5.4..3 Επεκτάσεις της OWL: SWRL – SQWRL – SPARQL

Η γλώσσα *Semantic Web Rule Language (SWRL)* [63] είναι μια γλώσσα λογικών κανόνων, η οποία έχει προταθεί από το W3C με σκοπό την επέκταση της εκφραστικότητας



της OWL, παρέχοντας τη δυνατότητα διατύπωσης κανόνων τύπου ΚΛ 1ης τάξης, με βάση το πρότυπο των προτάσεων *Horn* (βλ. Κεφ. 2.3.2). Η SWRL βασίζεται σε έναν συνδυασμό της OWL Lite, της OWL DL και της γλώσσας λογικών κανόνων *Rule Markup Language (RuleML)*. Οι κανόνες SWRL έχουν τη μορφή λογικής συνεπαγωγής, όπου στο αριστερό μέρος της συνεπαγωγής (body) διατυπώνεται η υπόθεση (antecedent) και στο δεξί μέρος (head) το συμπέρασμα (consequent), βάσει του γενικού τύπου: $A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_n \rightarrow B$, όπου, τα A_1, A_2, \dots, A_n και B είναι ατομικές OWL προτάσεις. Οι προτάσεις αυτές μπορούν να έχουν τη μορφή $C(x)$ ή $P(x,y)$ ή $R(x,y)$, όπου C είναι μια OWL κλάση, P είναι μια OWL ιδιότητα, R είναι μια εγγενής (built-in) OWL ιδιότητα, και τα x,y μπορούν να είναι είτε μεταβλητές (OWL αντικειμένων ή δεδομένων) είτε σταθερές (OWL αντικείμενα ή απλές τιμές). Τέλος, βάσει του προτύπου των προτάσεων *Horn*, οι προτάσεις A_1, A_2, \dots, A_n χωρίζονται μεταξύ τους με λογική τομή.

Το σημαντικότερο εκφραστικό πλεονέκτημα της SWRL έναντι της OWL είναι ότι επιτρέπει τη διατύπωση περιγραφών που περιλαμβάνουν αντικείμενα τα οποία μετέχουν σε πολλαπλές ιδιότητες. Για παράδειγμα, μπορούμε με χρήση αποκλειστικά όρων OWL να περιγράψουμε «δύο άτομα που είναι αδέρφια» με την έκφραση «*hasSibling(x,y)*» ή «ένα άτομο που έχει δάσκαλο ένα άλλο άτομο» με την έκφραση «*hasTeacher(x,y)*», αλλά δεν μπορούμε να περιγράψουμε «ένα άτομο του οποίου ο αδερφός είναι και δάσκαλός του». Η περιγραφή αυτή μπορεί ωστόσο να εκφραστεί μέσω του ακόλουθου κανόνα SWRL: «*Teacher(y) \wedge hasTeacher(x,y) \wedge hasSibling(x,y) \rightarrow PersonHavingSiblingAsTeacher(x)*». Όπως θα δούμε στο Κεφ. 4.7.2, η SWRL μας βοήθησε εν προκειμένω να διατυπώσουμε περιγραφές φιλικών ιδιωμάτων, ενώ η χρήση αποκλειστικά όρων OWL δεν επαρκούσε για αυτόν τον σκοπό.

Με βάση την SWRL, έχει αναπτυχθεί η γλώσσα *Semantic Query-Enhanced Web Rule Language (SQWRL)* [64], η οποία παρέχει τη δυνατότητα υποβολής επερωτήσεων



(querying) σε μια OWL οντολογία, παρέχοντας λειτουργικότητα τύπου SQL. Εκτός από την SQWRL, μια ακόμη γλώσσα που παρέχει τη δυνατότητα υποβολής ερωτημάτων σε OWL οντολογίες είναι η *SPARQL Protocol And RDF Query Language (SPARQL)* [65], η οποία βασίζεται στο RDF και συνίσταται από το W3C για ανάκληση δεδομένων που είναι αποθηκευμένα σε RDF φορμάτ.

2.5.5. Αξιοποίηση Οντολογιών

Η ανάπτυξη μιας οντολογίας, όπως και ενός ΓΜ εν γένει, δεν αποτελεί αυτοσκοπό. Η γνώση/πληροφορία που συνάγεται μέσω της εφαρμογής ΣΣ πάνω σε μια τυποποιημένη οντολογία σκοπό έχει να τροφοδοτήσει εφαρμογές λογισμικού που επιτελούν γνωσιοκεντρικές λειτουργίες, όπως η λήψη αποφάσεων, η ταξινόμηση πληροφορίας, κ.α. Όπως προαναφέρθηκε, θεμελιακός στόχος των Οντολογιών είναι η προοπτική της κοινόχρηστης γνώσης. Οι Οντολογίες μπορούν να χρησιμεύσουν καταλυτικά στη διαμόρφωση ενός κοινού πλαισίου τυποποιημένης ερμηνείας της γνώσης, ενός κοινόχρηστου σημασιολογικού κώδικα, διασφαλίζοντας έτσι την ορθή και μονοσήμαντη επικοινωνία μεταξύ συστημάτων, μεταξύ χρηστών αλλά και μεταξύ συστημάτων και χρηστών που δραστηριοποιούνται σε ένα ΓΠ. Με γνώμονα τη διαλειτουργικότητα, οι Οντολογίες μπορούν να παίξουν τον ρόλο του «διερμηνέα», παρέχοντας ένα περιβάλλον *σημασιολογικής ολοκλήρωσης (semantic integration)*, μέσω του οποίου τα διάφορα απομακρυσμένα συστήματα μπορούν να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν αποτελεσματικά με σκοπό την ανταλλαγή δεδομένων και υπηρεσιών. Αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό των Οντολογιών, τις έχει αναδείξει σε τεχνολογία-κλειδί για την επίτευξη του οράματος του Σημασιολογικού Ιστού.

Με γνώμονα την προαναφερθείσα ιδέα περί κοινόχρηστης γνώσης, οι Οντολογίες υποστηρίζουν και ενθαρρύνουν την *επαναχρησιμοποίηση* υπάρχουσας αναπαριστώμενης



γνώσης, συνεισφέροντας στο ευρύτερο ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης πόρων που απασχολεί διαχρονικά τον χώρο της Πληροφορικής. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι ένας μηχανικός γνώσης μπορεί κατά την ανάπτυξη μιας οντολογίας να ενσωματώσει σε αυτή έννοιες οι οποίες περιγράφονται ήδη σε υπάρχοντα οντολογικά μοντέλα. Εναλλακτικά, μπορεί να ξεκινήσει από μια υπάρχουσα οντολογία και να την επεκτείνει, ειδικεύοντάς την και προσανατολίζοντάς την στους δικούς του σκοπούς.

Τέλος, οι Οντολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη ΜΛ για να υποστηρίξουν τις διαδικασίες σχεδιασμού και υλοποίησης λογισμικού, παρέχοντας μια κοινή αντίληψη των απαιτήσεων λογισμικού. Έτσι, μια οντολογία μπορεί να λειτουργήσει ως πλατφόρμα προδιαγραφής της αρχιτεκτονικής και των λειτουργιών ενός συστήματος λογισμικού (αλλά όχι του πώς θα εκτελούνται αλγοριθμικά οι λειτουργίες).



3. M-krDSL: Μεθοδολογία Μηχανικής Γνώσης

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία ευέλικτης ΜΓ M-krDSL, το πρώτο από τα τρία προϊόντα της παρούσας έρευνας [14]. Πρόκειται για μια μεθοδολογία ανάπτυξης τυποποιημένων ΓΜ, η οποία εστιάζει στην επικοινωνία ανθρώπου - ανθρώπου έχοντας ως βασικό στόχο την αντιμετώπιση του προβλήματος *συμφόρησης κατά την ΑΓ (knowledge acquisition bottleneck)* [66-68]. Τα κύρια χαρακτηριστικά της M-krDSL είναι (α) ο *διεπιστημονικός* χαρακτήρας συνεργασίας μεταξύ των μηχανικών γνώσης και των εμπειρογνώμων του υπό αναπαράσταση ΓΠ (εφεξής εμπειρογνώμονες πεδίου ή εμπειρογνώμονες), και (β) η δημιουργία αναπαραστάσεων και μοντέλων τα οποία οι εμπειρογνώμονες είναι σε θέση να κατανοήσουν και να επικυρώσουν. Πράγματι, όπως θα δούμε αναλυτικά παρακάτω, το βασικό σημείο διαφοροποίησης της M-krDSL από τις υπάρχουσες μεθοδολογίες ΜΓ είναι η ιδιαίτερα στενή συνεργασία των μηχανικών με τους εμπειρογνώμονες πεδίου. Η δε ευελιξία της μεθοδολογίας έγκειται στο ότι εισάγει μια καινοτόμα προσέγγιση πολύμορφης σταδιακής μοντελοποίησης του ΓΠ ενδιαφέροντος, σε συνδυασμό με οπτικές μεθόδους εκμαίευσης γνώσης, με σκοπό τη βελτίωση της επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ μηχανικών και εμπειρογνώμωνων, οδηγώντας έτσι στην αποτελεσματικότερη πρόσβαση στη γνώση του εμπειρογνώμονα, και δη στην υπονοούμενη/λεπτή γνώση (*implicit/subtle knowledge*).

Η M-krDSL αποτέλεσε τη μεθοδολογική βάση του ερευνητικού έργου ANSWER, ενώ διαμορφώθηκε σταδιακά όσο το έργο βρισκόταν σε εξέλιξη. Το έργο είχε από τη σύλληψή του ως στόχο να επικεντρωθεί μεθοδολογικά σε ένα εσωτερικό *γλωσσικό υπόστρωμα*. Κατά τα αρχικά στάδια του έργου, η αλληλεπίδραση μεταξύ των διαδικασιών ΜΓ και του γλωσσικού υποστρώματος αποτελούσε απλώς μια υπόθεση. Οι μεθοδολογικές



καινοτομίες του έργου εξελίσσονταν σταδιακά ενόσω η ομάδα ΜΓ αποκτούσε χρήσιμες εμπειρίες. Η προτεινόμενη μεθοδολογία M-krDSL ουσιαστικά συστηματοποιεί τα πιο χρήσιμα μεθοδολογικά συμπεράσματα του έργου ANSWER.

Πριν όμως προχωρήσουμε στην αναλυτική παρουσίαση της M-krDSL, θεωρούμε προηγουμένως σκόπιμο να παρουσιάσουμε συνοπτικά τη σημειογραφία DN, η οποία έπαιξε τον ρόλο του εσωτερικού γλωσσικού υποστρώματος που προαναφέραμε, και ως εκ τούτου αποτέλεσε βασικό μεθοδολογικό εργαλείο της παρούσας έρευνας.

3.1. Σημειογραφία Κινηματογράφου DirectorNotation

Η σημειογραφία *DirectorNotation (DN)* είναι ένα σύστημα καταγραφής της κιν/φικής σκηνοθετικής σύλληψης, το οποίο αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου ANSWER, μέσω στενής συνεργασίας με επαγγελματίες σκηνοθέτες, και συνιστά μια καινοτόμα πρόταση στον χώρο της κιν/φικής δημιουργίας [69]. Πρόκειται για μια σημειογραφική κιν/φική γλώσσα η οποία παρέχει στον σκηνοθέτη τη δυνατότητα καταγραφής του συνόλου των σκηνοθετικών επιλογών του, με τρόπο ανάλογο με αυτόν που ένας συνθέτης χρησιμοποιεί τις νότες για να καταγράψει μια μουσική σύνθεση ή ένας χορογράφος τη σημειογραφία χορού για να καταγράψει μια χορογραφία. Το DN αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της παρούσας διατριβής, αφού, σύμφωνα με τη μεθοδολογία M-krDSL, πάνω του βασίστηκε η ανάπτυξη τόσο της προτεινόμενης οντολογίας FilmMO (βλ. Κεφ. 4) όσο και του προτεινόμενου συστήματος FilmProdViz (βλ. Κεφ. 5).

Κύριος ρόλος του DN είναι η καταγραφή του *σκηνοθετικού σχεδιασμού (film planning)* ενός κιν/φικού έργου στο στάδιο της προετοιμασίας παραγωγής. Με άλλα λόγια, το DN εστιάζει στην καταγραφή σκηνοθετικών επιλογών ενόσω το κιν/φικό έργο βρίσκεται στο στάδιο της σύλληψης. Όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 1.2.1, βασικό κίνητρο για την ανάπτυξη της σημειογραφίας DN αποτέλεσε η ιδέα ότι, παρότι στον κινηματογράφο

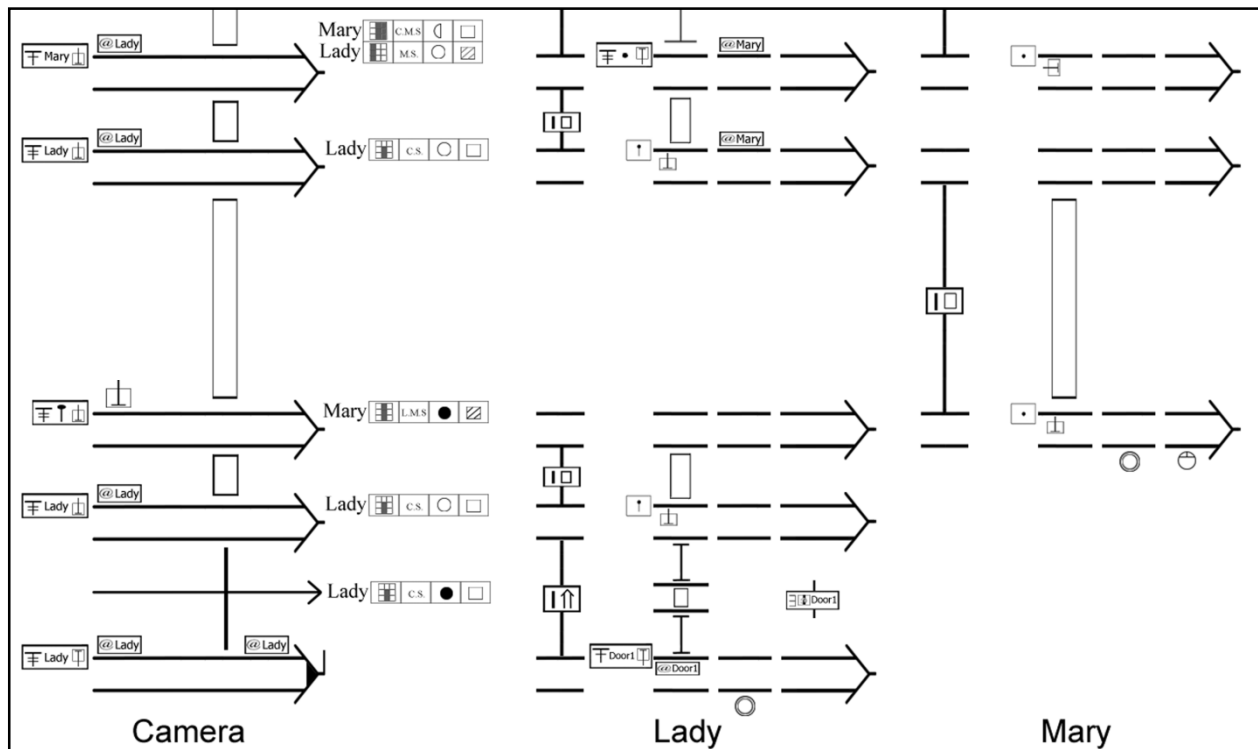


απουσιάζει η ανάγκη επανεκτέλεσης ενός έργου από διαφορετικούς ερμηνευτές (ένα κιν/φικό έργο εκτελείται άπαξ, κατά την παραγωγή του), η έννοια της ερμηνείας, και άρα η ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ δημιουργού και ερμηνευτή, είναι παρούσα και μάλιστα αποτελεί κρίσιμο κομμάτι μιας κιν/φικής παραγωγής.

Σε καλλιτεχνικό επίπεδο, το DN καλύπτει διεξοδικά ολόκληρο το φάσμα της σκηνοθετικής γνώσης, από την κινηματογράφιση και το στήσιμο των ηθοποιών στον χώρο, μέχρι την ηθοποιία, τη σκηνογραφία, τη σύνθεση πλάνου, τον φωτισμό, κλπ. Συγκεκριμένα, το DN χωρίζεται εννοιολογικά στους παρακάτω πέντε τομείς, οι οποίοι αντιστοιχούν στις διάφορες πτυχές του σκηνοθετικού φάσματος:

- Κινηματογράφιση (Camerawork), που αφορά στην τοποθέτηση και κίνηση της κάμερας στον τριδιάστατο χώρο
- Σύνθεση πλάνου (Framing), που αφορά στην τοποθέτηση και κίνηση του ηθοποιού καθώς και στη σχέση κάμερας - ηθοποιού, όχι στο επίπεδο του τριδιάστατου χώρου αλλά με όρους (διδιάστατης) *σύνθεσης κάδρου*
- Ηθοποιία (Acting), που αφορά στην τοποθέτηση και κίνηση του ηθοποιού στον χώρο καθώς και ευρύτερα στη δραστηριότητά του, η οποία ωστόσο δεν έχει να κάνει τόσο με την ερμηνεία του όσο με την παρουσία του στο πλάνο, η οποία παρουσία περιλαμβάνει τη στάση του, τον τρόπο και την ποιότητα κίνησης (π.χ., περπάτημα/τρέξιμο), την αλληλεπίδρασή του με τα σκηνικά, κ.α. Για τον σκοπό αυτόν, το DN έχει δανειστεί από το *Effort Graph* του *Labanotation* [8] περιγραφικά στοιχεία των διαφορετικών ποιοτήτων της ανθρώπινης κίνησης.
- Μοντάζ (Editing), που αφορά στην περιγραφή των τεχνικών και καλλιτεχνικών επιλογών του μοντάζ

- Φωτισμός (Lighting), που αφορά στην περιγραφή των τεχνικών και καλλιτεχνικών επιλογών του κιν/φικού φωτισμού και φωτογραφίας (cinematography)
- Σκηνογραφία (Set & Location), που αφορά στην περιγραφή του σκηνικού καθώς και των αντικειμένων που έχουν ενεργό ρόλο στη δράση (props)



Εικόνα 10: Απόσπασμα παρτιτούρας της σημειογραφίας κινηματογράφου DirectorNotation, η οποία παρτιτούρα αναπαριστά μία κιν/φική σκηνή στην οποία συμμετέχουν δύο ηθοποιοί

Η σημειογραφική καταγραφή του σκηνοθετικού σχεδιασμού πραγματοποιείται μέσω γραφικών συμβόλων, τα οποία αποδίδουν συμβολικά τις διάφορες σκηνοθετικές έννοιες και τις μεταξύ τους σχέσεις. Τα σύμβολα διατάσσονται (στο χαρτί ή στην οθόνη του υπολογιστή) με δομημένο τρόπο μέσω της σχέσης γονέας-παιδί (τα σύμβολα μπορούν να περιέχουν άλλα ειδικότερα σύμβολα ως σύμβολα-παιδιά, που με τη σειρά τους μπορούν να περιέχουν άλλα ειδικότερα σύμβολα-παιδιά, κ.ο.κ), σχηματίζοντας έτσι μια παρτιτούρα DN. Τα σύμβολα ανώτατου επιπέδου τοποθετούνται πάνω σε ειδικά σύμβολα χρονισμού, τα οποία σηματοδοτούν χρονικά σημεία ή διαστήματα. Τα σύμβολα χρονισμού στοιχίζονται



πάνω σε νοητές στήλες, οι οποίες αναπαριστούν διαφορετικές φιλμικές οντότητες (π.χ., μία κάμερα ή έναν ηθοποιό) και διατάσσονται στην παρτιτούρα οριζόντια, συγχρονισμένες μεταξύ τους (ο νοητός κατακόρυφος άξονας μιας παρτιτούρας DN αναπαριστά τον χρόνο). Έτσι, κάθε οριζόντια νοητή ευθεία (κάθετη στον άξονα του χρόνου), αναπαριστά ένα χρονικό σημείο, ταυτίζοντας χρονικά όλα τα σύμβολα που διατρέχει. Μια παρτιτούρα DN δύναται να αναπαραστήσει σημειογραφικά τον σκηνοθετικό σχεδιασμό ενός πλάνου, μίας σκηνής, μίας ακολουθίας σκηνών ή ενός ολόκληρου έργου. Ενδεικτικά, στην Εικόνα 10 απεικονίζεται ένα απόσπασμα παρτιτούρας DN.

3.1.1. Καινοτομία του DirectorNotation

Το σκεπτικό πάνω στο οποίο βασίστηκε η ανάπτυξη του DN ήταν η δημιουργία μιας γλώσσας που θα έχει ταυτόχρονα *καλλιτεχνική* και *τεχνική* διάσταση. Το DN είναι ένα καλλιτεχνικά άρτιο αναλυτικό εργαλείο, μέσω του οποίου ο σκηνοθέτης μπορεί να περιγράψει πλήρως τις σκηνοθετικές επιλογές του με τρόπο *ενιαίο*, συστηματικό και δομημένο, εν αντιθέσει με τα παραδοσιακά σκηνοθετικά εργαλεία (βλ. Κεφ. 1.2.2). Ταυτόχρονα, το DN έχει προδιαγραφεί ώστε να είναι *τυποποιήσιμο*, και επομένως *τεχνικά επεξεργάσιμο* (*machine-processable*). Το βασικό στοιχείο καινοτομίας του DN λοιπόν έγκειται στο ότι έχει σχεδιαστεί με βάση ένα σύνολο τόσο καλλιτεχνικών όσο και τεχνικών προδιαγραφών [69]. Οι καλλιτεχνικές προδιαγραφές του DN έχουν προσδιοριστεί με γνώμονα καθιερωμένα σημειογραφικά συστήματα, όπως το *Labanotation* [8], και υπό τη στενή καθοδήγηση των εμπειρογνομόνων (σκηνοθετών και ειδικών σημειογραφίας) που συμμετείχαν στην ομάδα ανάπτυξης, διασφαλίζοντας έτσι την καλλιτεχνική αρτιότητα της γλώσσας. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη του DN εποπτεύθηκε σε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο από μηχανικούς γνώσης με βάση ένα σύνολο τεχνικών προδιαγραφών με σκοπό να διασφαλιστεί η τεχνική επεξεργασιμότητά του.



3.1.2. Αξιολόγηση του DirectorNotation

Το DN αναπτύχθηκε και αξιολογήθηκε από σκηνοθέτες ως μια καλλιτεχνική γλώσσα υψηλής εκφραστικότητας που παρέχει στον σκηνοθέτη τη δυνατότητα καταγραφής της καλλιτεχνικής του πρόθεσης «τουλάχιστον με την ίδια λεπτομέρεια και στο ίδιο βάθος σε σύγκριση με τα παραδοσιακά σκηνοθετικά εργαλεία» [69]. Εκτεταμένα εμπειρικά δεδομένα αναδεικνύουν την αξία του DN αφενός ως *καλλιτεχνικού* εργαλείου υποβοήθησης της δουλειάς και των πνευματικών διεργασιών του σκηνοθέτη, αφετέρου ως *τεχνικού* εργαλείου το οποίο επιτρέπει σε εφαρμογές λογισμικού να επεξεργαστούν σκηνοθετική πληροφορία που μέχρι τώρα δεν είχε τρόπο να καταγραφεί συστηματικά [69]. Αυτή λοιπόν η διττή τεχνική-καλλιτεχνική φύση του DN καθιστά δυνατή την αξιοποίησή του ως γνωστικού θεμέλιου για την ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών πεδίου, οι οποίες, σε αντίθεση με τις έως τώρα συναφείς προσεγγίσεις, δεν έχουν σκοπό να υποκαταστήσουν τον σκηνοθέτη αλλά να λειτουργήσουν ως χρήσιμα εργαλεία στα χέρια του, υποστηρίζοντας τη δουλειά του και υποβοηθώντας τις δημιουργικές του διαδικασίες, χωρίς να περιορίζουν την καλλιτεχνική του ελευθερία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή αυτόματης σύνθεσης ψηφιακού κινούμενου εικονοσεναρίου, της οποίας εφαρμογής μια έκδοση πρωτοτύπου (prototype) αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου ANSWER (βλ. Κεφ. 3.3.4). Με σκοπό όμως να αξιοποιηθεί τεχνικά η εκφραστική δύναμη του DN, το τελευταίο πρέπει να τυποποιηθεί υπό μορφή ενός τεχνικού μοντέλου.

3.1.3. Το DirectorNotation ως Μεθοδολογικό Εργαλείο

Το DN δεν αποτελεί καθ' εαυτό τεχνικό μοντέλο. Ωστόσο, όπως συζητήθηκε παραπάνω, λόγω της διττής τεχνικής-καλλιτεχνικής φύσης του συνιστά μια αναπαράσταση αξιοποιήσιμη τόσο σε καλλιτεχνικό όσο και σε τεχνικό επίπεδο. Έτσι, στο πλαίσιο μιας



τεχνικής διαδικασίας ανάπτυξης ενός προϊόντος λογισμικού (π.χ., ενός τυποποιημένου μοντέλου ή μιας εφαρμογής πεδίου), το DN δύναται να λειτουργήσει αποτελεσματικά ως κανάλι επικοινωνίας τόσο μεταξύ των εμπειρογνομόνων πεδίου όσο και μεταξύ εμπειρογνομόνων και μηχανικών. Ακριβώς αυτή η διττή φύση του DN επέτρεψε την αξιοποίησή του ως κομβικού μεθοδολογικού εργαλείου στο πλαίσιο της μεθοδολογίας M-krDSL, προσδίδοντάς της ουσιαστικά τον καινοτόμο χαρακτήρα της.

Όπως θα εξετάσουμε παρακάτω, το DN έπαιξε καταλυτικό ρόλο στις διαδικασίες ΑΓ και ΓΑ της μεθοδολογίας M-krDSL, στο πλαίσιο ανάπτυξης της προτεινόμενης οντολογίας FilMO. Από τη σκοπιά της ΑΓ, το DN λειτούργησε ως ένα κοινόχρηστο εργαλείο επικοινωνίας, ως μια σημασιολογική διεπαφή η οποία παρείχε ένα κοινά προσβάσιμο επίπεδο διερεύνησης και ανάλυσης του κιν/φικού ΓΠ. Έχοντας κατορθώσει στη φάση της ΑΓ να περικλείσει το σύνολο της επιθυμητής προς αναπαράσταση γνώσης, το DN λειτούργησε κατά τη φάση της μοντελοποίησης ως μια ενδιάμεση αναπαράσταση, που σκοπό είχε να υποβοηθήσει τις διάφορες εργασίες ανάπτυξης της FilMO. Το βασικό πλεονέκτημα της αξιοποίησης του DN για αυτόν τον σκοπό είναι ότι η εννοιολόγηση μιας καλλιτεχνικά άρτιας γλώσσας, σχεδιασμένης να καλύπτει τις εκφραστικές ανάγκες του σκηνοθέτη, καθοδήγησε σημασιολογικά την ανάπτυξη ενός τεχνικού μοντέλου.

3.2. Υπάρχουσες Μεθοδολογίες - Καινοτομία της M-krDSL

Η εγκαθίδρυση της ΜΓ προχωρεί με σχετικά βραδείς ρυθμούς. Ωστόσο, διάφορα παραδείγματα, όπως τα *διασυνδεδεμένα δεδομένα (linked data)* [70], οι *συνεργατικές σημασιολογικές εφαρμογές Ιστού (Semantic Wikis)* [71] και οι ενσωματωμένες σημασιολογικές λειτουργίες σε κυρίαρχα πακέτα λογισμικού όπως η *Oracle 11g* [72], μαρτυρούν ότι τελευταία δίνεται ολοένα και περισσότερη έμφαση στη ΜΓ – αν και κυρίως από τη σκοπιά της ΜΛ.



Κατά καιρούς, έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες για την ανάπτυξη τυποποιημένων οντολογιών, όπως η *CommonKADS* [73], η *METHONTOLOGY* [74], η *DILIGENT* [75], η *HCOME* [76], η *UPON* [77], η *RapidOWL* [78], η *eXtreme Design* [79] και η *DOGMA* [80]. Σκοπός της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι να εμπλουτίσει την εργαλειοθήκη του μηχανικού γνώσης με μια καινοτόμα προσέγγιση ΜΓ, της οποίας τη χρησιμότητα επιβεβαιώσαμε στην πράξη, στο πλαίσιο του έργου ANSWER. Όπως προαναφέρθηκε, η M-krDSL πραγματεύεται το πρόβλημα συμφόρησης κατά την ΑΓ [66-68]. Προς αυτή την κατεύθυνση, καμία από τις υπάρχουσες μεθοδολογίες ΜΓ δεν παρέχει το σύνολο των δυνατοτήτων της M-krDSL (βλ. Κεφ. 3.4).

Μπορούμε να θεωρήσουμε ως ΓΜ [81]: (α) μια οντολογία, (β) μια βάση γνώσης, (γ) ανεξάρτητες μεθόδους επίλυσης προβλημάτων, ή (δ) συνδυασμούς των α, β και γ. Στο πλαίσιο ανάπτυξης ενός ΓΜ, επί μέρους τεχνικές και εργαλεία δύνανται να υποστηρίξουν εσωτερικά τις διάφορες διαδικασίες ΜΓ. Για παράδειγμα, τεχνικές ΑΓ όπως το *laddering*, η *ταξινόμηση καρτών (card sorting)* και τα *πλέγματα επιλογής (repertory grids)* βασίζονται σε μη τυποποιημένα ΕΓ ή σε κάρτες εννοιών που μπορούν να ταξινομηθούν και να ομαδοποιηθούν [73,82]. Άλλα εργαλεία ενσωματωμένα στις διαδικασίες ΜΓ είναι τα *λεξικά ορολογίας*, οι *ερωτήσεις επάρκειας (competency questions)*, οι *δηλώσεις συνάφειας (contextual statements)*, τα *σενάρια χρήσης (use cases)* και η τεκμηρίωση απαιτήσεων ΣΣ.

Η ανάγκη για ενδιάμεση δραστηριότητα μεταξύ των σταδίων απόκτησης και τυποποίησης της γνώσης έχει επισημανθεί από μεθοδολογίες ΜΓ όπως η *METHONTOLOGY* [74], στο πλαίσιο της οποίας προτείνεται η χρήση *ενδιάμεσων αναπαραστάσεων* με σκοπό τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ της εννοιολόγησης ενός ΓΠ και του τρόπου με τον οποίο η εννοιολόγηση αυτή τυποποιείται σε μια οντολογία. Οι Lopez, Gomez-Perez, J. Sierra και A. Sierra [83] προτείνουν μια ενδιάμεση αναπαράσταση η οποία μπορεί να αποτιμηθεί από (μη τεχνικούς) εμπειρογνώμονες πεδίου και τελικούς



χρήστες, με σκοπό την επικύρωση της οντολογίας σε εννοιολογικό επίπεδο. Η M-krDSL εστιάζει ακριβώς στη δημιουργία τέτοιων ενδιάμεσων αναπαραστάσεων, με σκοπό την αντιμετώπιση του προβλήματος συμφόρησης κατά την ΑΓ [66-68].

3.2.1. Συνεργασία & Ευελιξία στη Μηχανική Γνώσης

Δύο σημαντικές τάσεις που παρατηρούνται στις πιο πρόσφατες μεθοδολογίες ΜΓ είναι η συνεργασία και η ευελιξία. Όσον αφορά στη συνεργασία, παλαιότερες μεθοδολογίες έχουν ασχοληθεί με την αλληλεπίδραση μεταξύ μηχανικού και εμπειρογνώμονα [84-85]. Πιο πρόσφατες μεθοδολογίες εστιάζουν σε ερευνητικές ομάδες άνω των δύο ατόμων, τα οποία συχνά είναι απομακρυσμένα μεταξύ τους ή/και δεν εργάζονται ταυτόχρονα. Αλλά μέχρι και οι πλέον πρόσφατες μεθοδολογίες δεν δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην εκμείευση γνώσης που παρουσιάζει αυξημένη πολυπλοκότητα ή/και ιδιαίτερη δυσκολία στο να διατυπωθεί ρητά. Όπως θα δούμε παρακάτω, η M-krDSL στοχεύει ακριβώς στην αποτελεσματική μοντελοποίηση τέτοιου τύπου γνώσης.

Η M-krDSL προσφέρει σημαντικές καινοτομίες και στο κομμάτι της ευελιξίας. Έχει παρατηρηθεί ότι η ΜΓ πολύ συχνά αντιμετωπίζει προβλήματα που παρουσιάζουν αναλογίες με προβλήματα ήδη γνωστά από τη ΜΑ [86]. Τέτοια προβλήματα είναι, για παράδειγμα, οι ασαφείς απαιτήσεις λογισμικού, η δυσκολία στην ιεράρχηση των απαιτήσεων λογισμικού με βάση τη σημαντικότητα, αλλά και η δυσκολία των τελικών χρηστών να κατανοήσουν τα διάφορα τεχνικά ζητήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι μηχανικοί λογισμικού. Μια ευέλικτη διαδικασία ΑΓ απαιτεί μια κατάλληλη μεθοδολογία καθώς και την εφαρμογή κατάλληλων τεχνολογιών. Για παράδειγμα, το υπό κατασκευή ΓΜ πρέπει να επιδέχεται σταδιακή ανάπτυξη, παρουσιάζοντας σε κάθε κύκλο εργασιών ένα ικανό ποσοστό βελτίωσης. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι ευέλικτες τεχνικές που καταπιάνονται με την ΑΓ συχνά παρουσιάζουν μια εγγενή ευελιξία στο ευρύτερο



πλαίσιο της ΜΓ. Παραδείγματα τέτοιων τεχνικών είναι τα *ripple-down rules* [82] και η χρήση διαδικασιακής γνώσης με σκοπό την υποστήριξη της συνεργασίας [87]. Οι προσεγγίσεις αυτές υποστηρίζουν την εξελισσιμότητα των απαιτήσεων ενός έργου ΜΓ και είναι ιδιαίτερα δεκτικές σε μια ελεγχοκεντρική προσέγγιση.

Οι τεχνικές της M-krDSL υποστηρίζουν την ευελιξία, και επομένως λειτουργούν αποτελεσματικά στο πλαίσιο μιας ευέλικτης μεθοδολογικής προσέγγισης (όπως είναι, π.χ., η μεθοδολογία *Crystal Clear* [88]). Στο πλαίσιο της M-krDSL, οι διαδικασίες ΜΓ επιτελούνται από μια ολιγάριθμη ομάδα. Βασικά στοιχεία της ομάδας είναι η ουσιαστική συμμετοχή τουλάχιστον ενός εμπειρογνώμονα πεδίου, ο οποίος είναι παρών και διαθέσιμος σε μόνιμη βάση, καθώς και η αξιοποίηση ποικίλων τεχνικών δεξιοτήτων από πλευράς των μηχανικών της ομάδας: δεξιοτήτων όπως η ΜΓ, η ΜΛ και η ανάπτυξη οπτικοποιήσεων. Στόχος της ομάδας είναι η δημιουργία ενός λειτουργικού πρωτοτύπου του ΓΜ όσο το δυνατόν συντομότερα. Από εκεί και πέρα, η προσπάθεια επικεντρώνεται στον σταδιακό εμπλουτισμό της λειτουργικότητας του ΓΜ, με γνώμονα το μοντέλο να παρουσιάζει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη χρησιμότητα σε όσο το δυνατόν λιγότερους κύκλους εργασιών. Η τακτική αναθεώρηση και η *εσωτερική αναπροσαρμογή (refactoring)* του ΓΜ σε τεχνικό επίπεδο, καθώς και η συχνή αναθεώρησή του σε εννοιολογικό/σημασιολογικό επίπεδο, κρίνονται επιτακτικές. Ωστόσο, η επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας θεωρείται ως το πλέον σημαντικό συστατικό.

Η προσέγγιση αυτή είναι εμπνευσμένη από τον *προγραμματισμό ανά ζεύγη (pair programming)*, ο οποίος πλέον έχει επεκταθεί και σε ετερογενή ζεύγη, δηλαδή ζεύγη που απαρτίζονται από άτομα με διαφορετικούς ρόλους (π.χ., από έναν μηχανικό λογισμικού και έναν αναλυτή επιχειρήσεων). Στο πλαίσιο της M-krDSL, η τεχνική ορθότητα του ΓΜ (π.χ., η συνέπεια του μοντέλου) εξαρτάται από τον μηχανικό γνώσης, αλλά οι εννοιολογικοί ορισμοί γίνονται *απευθείας* από τον εμπειρογνώμονα πεδίου, καθώς οι δύο αυτοί ρόλοι



αλληλεπιδρούν στενά κατά την ανάπτυξη του ΓΜ. Πράγματι, στο πλαίσιο της M-krDSL, η διαδικασία εννοιολογικής μοντελοποίησης δεν αποτελεί πλέον μια αμιγώς τεχνική διαδικασία: πέρα από τα κατεξοχήν τεχνικά βήματα, εισάγονται δύο επιπλέον επίπεδα αφαίρεσης μεταξύ των εμπειρογνομόνων πεδίου και του τελικού προϊόντος λογισμικού⁹:

Συμβατική ΜΓ: εμπειρογνώμονες → μη τυποποιημένη τεκμηρίωση (ερωτήσεις επάρκειας, κάρτες, αφηγήσεις, κ.α.) → ανάπτυξη ΓΜ → ολοκλήρωση ΓΜ με μηχανισμούς ΣΣ → ολοκλήρωση ΓΜ με εφαρμογές λογισμικού

M-krDSL ΜΓ: εμπειρογνώμονες → μη τυποποιημένη τεκμηρίωση (ερωτήσεις επάρκειας, κάρτες, αφηγήσεις, κ.α.) → **κοινόχρηστη εννοιολογική πλατφόρμα διερεύνησης του ΓΠ** → **μακέτες/πρωτότυπα εργαλείων οπτικοποίησης** → ανάπτυξη ΓΜ → ολοκλήρωση ΓΜ με μηχανισμούς ΣΣ → ολοκλήρωση ΓΜ με εφαρμογές λογισμικού

Με βάση τα παραπάνω, ο καινοτόμος χαρακτήρας της M-krDSL θα μπορούσε να συνοψιστεί στα εξής:

- ✓ «Οι εμπειρογνώμονες πεδίου κατασκευάζουν το μοντέλο.»
- ✓ «Το μοντέλο είναι χρήσιμο ως μηχανισμός έκφρασης και ως εργαλείο επικοινωνίας ανεξάρτητα από την πρωταρχική χρησιμότητά του.»

3.3. Συστατικά της Μεθοδολογίας M-krDSL

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η βασική καινοτομία της M-krDSL έγκειται στην εισαγωγή ενός ενδιάμεσου γλωσσικού υποστρώματος μεταξύ της προς αναπαράσταση

⁹ Οι συσχετίσεις μεταξύ των φάσεων ΜΓ που παρατίθενται στο διάγραμμα δεν είναι απαραίτητα γραμμικές, αλλά δύνανται να επενεργούν καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της μεθοδολογίας. Μέσω αυτών των συσχετίσεων, η γνώση μετασχηματίζεται από υπονοούμενη εμπειρογνομοσύνη σε τελικό προϊόν λογισμικού.



γνώσης και του τελικού ΓΜ. Με κεντρικό άξονα το εν λόγω υπόστρωμα, η M-krDSL εμπλέκει στη διαδικασία ΑΓ τρεις ισχυρές τεχνικές: (α) ειδικές γλώσσες πεδίου, (β) σημασιολογικά μεταδεδομένα για ελεγκοκεντρικό σχεδιασμό, και (γ) μακέτες και πρωτότυπα εργαλείων οπτικοποίησης. Στα επόμενα κεφάλαια εξετάζεται κάθε μια από αυτές τις τεχνικές.

3.3.1. Ειδικές Γλώσσες Πεδίου

Μια ειδική γλώσσα πεδίου (ΕΓΠ) [89-91] είναι μια τεχνικά επεξεργάσιμη γλώσσα (π.χ., μια γλώσσα προγραμματισμού ή καταγραφής τεχνικών προδιαγραφών) ειδικά σχεδιασμένη να εκφράζει λύσεις σε προβλήματα που υπάγονται σε ένα συγκεκριμένο ΓΠ. Παραδείγματα ΕΓΠ είναι η *HTML*, η *dot/GraphViz* και η *BPMN*. Οι ΕΓΠ αποτελούν καθιερωμένη τεχνική, ενώ η εφαρμογή τους έχει αναδείξει πλεονεκτήματα όπως η ευχρηστία, η συντηρησιμότητα (προγραμμάτων γραμμένων σε ΕΓΠ), κ.α. [89-92]. Ένα ακόμα πλεονέκτημα, σημαντικό για την παρούσα έρευνα, είναι αυτό της συνεργασίας: μια ΕΓΠ είναι θεωρητικά εύληπτη (π.χ., σε σχέση με μια γλώσσα προγραμματισμού), και ως εκ τούτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από μηχανικούς γνώσης/λογισμικού όσο και από εμπειρογνώμονες πεδίου. Συγκεκριμένα, ο προγραμματισμός ανά ζεύγη με χρήση ΕΓΠ (και η επέκτασή του που επιτρέπει τη συμμετοχή ατόμων διαφορετικών ειδικοτήτων) είναι μια ιδιαίτερα αποτελεσματική προσέγγιση [91-92]. Για παράδειγμα, μια ομάδα αποτελούμενη από έναν δικηγόρο, έναν οικονομολόγο και έναν μηχανικό λογισμικού μπορεί μέσω μιας ΕΓΠ να μετασχηματίσει συνεργατικά ένα συμβόλαιο σε ψευδοκώδικα ο οποίος να αποτυπώνει τους όρους του συμβολαίου, και κάθε μέλος της ομάδας να είναι σε θέση να διαβάσει αυτόν τον κώδικα σε αντιπαραβολή με το νομικό έγγραφο και να επιβεβαιώσει απευθείας την αντιστοιχία μεταξύ εγγράφου και κώδικα [91]. «Πολλές ομάδες έχουν εφαρμόσει αυτό που θα ονομάζαμε απόλυτο προγραμματισμό ανά ζεύγη, όπου ένας



προγραμματιστής και ένας εμπειρογνώμονας μοιράζονται το πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Αυτό είναι το βέλτιστο σημείο αυτής της πρακτικής, στο οποίο ο ίδιος ο πελάτης λειτουργεί εν είδει προγραμματιστή» [92].

Όπως έχει συζητηθεί στα [89] και [93], κάθε ΕΓΠ αντιστοιχεί σε ένα σημασιολογικό μοντέλο: το σημασιολογικό μοντέλο στιγμιτυποποιείται από πληροφορία η οποία λαμβάνεται με χρήση της ΕΓΠ, και η λειτουργία της σχετικής εφαρμογής βασίζεται ακριβώς στη στιγμιτυποποίηση του μοντέλου. *«Το σημασιολογικό μοντέλο είναι μια έννοια παρεμφερής με την έννοια του ΓΜ»* [89]. *«Ένα σημασιολογικό μοντέλο και μια ΕΓΠ μπορούν να κατασκευαστούν συνδυαστικά μέσω συζητήσεων με εμπειρογνώμονες, με σκοπό τη βελτίωση τόσο της εκφραστικότητας της ΕΓΠ όσο και της δομής του μοντέλου»* [89]. Όπως γίνεται αντιληπτό, σε γενικές γραμμές οι ΕΓΠ μπορούν να φανούν χρήσιμες στη διαδικασία μοντελοποίησης ενός ΓΠ: *«Η εμπλοκή εμπειρογνομόνων στην ανάπτυξη μιας ΕΓΠ είναι παρεμφερής με την εμπλοκή εμπειρογνομόνων στην κατασκευή ενός μοντέλου. Συχνά, βρίσκω ιδιαίτερα εποικοδομητική τη διαδικασία ανάπτυξης ενός μοντέλου στην οποία συμμετέχουν εμπειρογνώμονες»* [89]. Όπως θα εξετάσουμε παρακάτω, η M-krDSL εφαρμόζει συστηματικά αυτή τη μέθοδο, ειδικά σε περιπτώσεις συμφόρησης κατά την ΑΓ.

3.3.2. Ειδική Γλώσσα Πεδίου για Γνωσιακή Αναπαράσταση

Σύμφωνα με τις υπάρχουσες μεθοδολογίες ΜΓ, η ΑΓ επιτυγχάνεται μέσω μη τυποποιημένων ή μερικώς τυποποιημένων μεθόδων καταγραφής της γνώσης [94-96]. Το παραγόμενο ΓΜ μπορεί να είναι, για παράδειγμα, μια οντολογία ή μια βάση γνώσης. Είναι φυσικό, λόγω έλλειψης τεχνικής κατάρτισης, οι εμπειρογνώμονες πεδίου να αδυνατούν να κατανοήσουν σε βάθος το ΓΜ, ώστε να είναι σε θέση να το αξιολογήσουν. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της οντολογίας, είναι πιθανό οι εμπειρογνώμονες να μπορούν να κατανοήσουν την ταξινόμια της οντολογίας, αλλά το πιθανότερο είναι ότι θα



αδυνατούν να κατανοήσουν, για παράδειγμα, σύνθετες προτάσεις ΠΛ. Αυτό περιορίζει την ποιότητα συνεργασίας της ομάδας, σε βαθμό που κρίνεται επιτακτική η χρήση διαισθητικών μεθόδων και εργαλείων εκμείευσης γνώσης και μοντελοποίησης, όπως η ανάπτυξη μη τυποποιημένων ή μερικώς τυποποιημένων ενδιάμεσων εννοιολογικών αναπαραστάσεων.

Στην M-krDSL, έχει προστεθεί ως ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ της διαδικασίας ΑΓ και του τελικού ΓΜ μια ειδική γλώσσα πεδίου για γνωσιακή αναπαράσταση (*knowledge-representation domain-specific language, γλώσσα krDSL*). Όπως μαρτυρά το όνομά της, μια γλώσσα krDSL είναι μια ΕΓΠ εννοιολογικής αναπαράστασης του ΓΠ ενδιαφέροντος. Βασικό γνώρισμα μιας γλώσσας krDSL είναι ότι έχει διττό σκοπό και λειτουργικότητα: αφενός είναι κατανοήσιμη από τον εμπειρογνώμονα πεδίου, και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον τελευταίο για καταγραφή πληροφορίας στο πλαίσιο του ΓΠ ενδιαφέροντος, και αφετέρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον μηχανικό γνώσης ως μια ρητή προδιαγραφή της εννοιολόγησης του ΓΠ. Για να αποκτήσουμε μια πρώτη εικόνα του χαρακτήρα μιας γλώσσας krDSL, ας πάρουμε ως παράδειγμα τη σημειογραφία της μουσικής, τις νότες: για έναν μουσικό, οι νότες είναι μια καλλιτεχνική γλώσσα καταγραφής μουσικών έργων· για τον μουσικό τεχνολόγο όμως η γλώσσα αυτή συνιστά μια ΕΓΠ η οποία προσδιορίζει με σαφήνεια τεχνικές έννοιες του μουσικού ΓΠ, όπως η τονικότητα, ο χρονισμός, ο ρυθμός, η διάρκεια, κ.α.

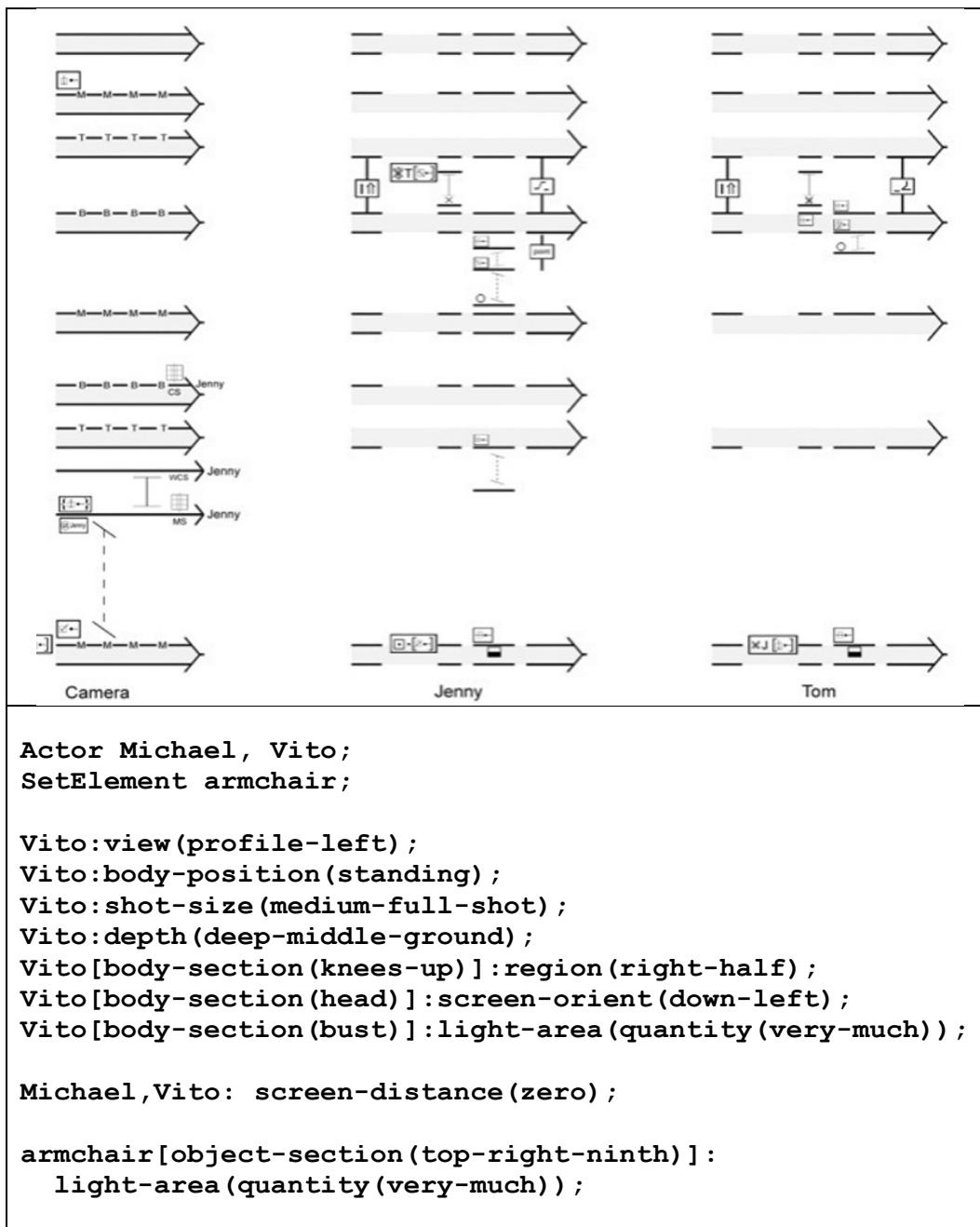
Θεμελιακό χαρακτηριστικό της M-krDSL λοιπόν είναι η αξιοποίηση των διαδικασιών ανάπτυξης και σημασιολογικής τυποποίησης μιας γλώσσας krDSL ως μεθοδολογικό εργαλείο για την εννοιολογική καθοδήγηση της ανάπτυξης του ΓΜ. Σε μεθοδολογικό επίπεδο, η γλώσσα krDSL αποτελεί ουσιαστικά μια ενδιάμεση, μη τεχνική αναπαράσταση του ΓΠ ενδιαφέροντος, η οποία είναι εκ προδιαγραφής κατανοήσιμη τόσο από τους μηχανικούς γνώσης όσο και από τους (μη καταρτισμένους τεχνικά) εμπειρογνώμονες



πεδίου (ενώ το τελικό ΓΜ συνιστά την τεχνική αναπαράσταση του ΓΠ). Έτσι, κατά τις διάφορες διαδικασίες ΜΓ, η γλώσσα krDSL χρησιμοποιείται μεθοδολογικά ως εργαλείο επικοινωνίας μεταξύ εμπειρογνομόνων και μηχανικών, με σκοπό τη συστηματική, ρητή, δομημένη καταγραφή των διάφορων γνωσιακών στοιχείων που πρόκειται να μοντελοποιηθούν, καθώς και την ανάδειξη τυχόν προβλημάτων που αφορούν στη μοντελοποίηση, ώστε να επιλυθούν έγκαιρα.

Το υπό ανάπτυξη ΓΜ παραμένει διαισθητικά «κοντά» στη γλώσσα krDSL. Για παράδειγμα, οι εμπειρογνώμονες δύνανται να κατανοήσουν τη σημασιολογία του υπό ανάπτυξη ΓΜ κατανοώντας τη γλώσσα krDSL. Έτσι, η διαδικασία ανάπτυξης του ΓΜ εξελίσσεται «φυσικά», χάρις στην αρμονία που επιτυγχάνεται μεταξύ της διαισθητικής αντίληψης της γνώσης από πλευράς των εμπειρογνομόνων και της διαδικασίας τυποποίησής της από πλευράς των μηχανικών. Η διαδικασία αυτή αντικατοπτρίζει τον κυρίαρχο στόχο της μεθοδολογίας: *«Ο εμπειρογνώμονας κατασκευάζει το μοντέλο. Το μοντέλο είναι ανεξάρτητα χρήσιμο ως επικοινωνιακό και εκφραστικό εργαλείο»*. Τέλος, η γλώσσα krDSL μπορεί να αποτελέσει καθ' εαυτήν συστατικό του παραχθέντος ΓΜ, εφόσον πρώτα αναπαρασταθεί τεχνικά ως μοντέλο (βλ. Κεφ. 4.4 & 4.6).

Μια γλώσσα krDSL μπορεί να είναι είτε οπτική (visual), είτε κειμενική (text-based), είτε να συνδυάζει οπτικά και κειμενικά χαρακτηριστικά. Παρότι μια γλώσσα krDSL μπορεί να είναι αποκλειστικά κειμενική, θεωρούμε πολύτιμη την αξία χρήσης οπτικών γλωσσών (π.χ., διαγράμματα ή συμβολικές/σημειογραφικές αναπαραστάσεις). Για παράδειγμα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι ακόλουθες γλώσσες θα μπορούσαν κάλλιστα να παίξουν τον ρόλο μιας γλώσσας krDSL: μαθηματική σημειογραφία, μουσική σημειογραφία (νότες), διάφορα είδη διαγραμμάτων που αναπαριστούν εννοιολογήσεις επιστημονικών εννοιών (π.χ., διαγράμματα χημικών ενώσεων, ηλεκτρικών κυκλωμάτων ή δομών δεδομένων), σημειογραφία σκακιού, κ.α.



Εικόνα 11: Παραδείγματα οπτικής (επάνω) και κειμενικής (κάτω) γλώσσας krDSL

Στην Εικόνα 11 παρουσιάζονται δύο παραδείγματα γλωσσών krDSL, τις οποίες αναπτύξαμε στο πλαίσιο της μοντελοποίησης της κιν/φικής σκηνοθετικής γνώσης: επάνω φαίνεται μια παρτιτούρα DN, ενώ κάτω ένα δείγμα της γλώσσας FDL (*Frame Description Language*), μιας κειμενικής krDSL, η οποία αναπτύχθηκε επιπρόσθετα ως εσωτερικό εργαλείο πειραματισμού της ομάδας ΜΓ με σκοπό την υποβοήθηση της



οπτικής και κατόπιν σημασιολογικής αναπαράστασης μίας συγκεκριμένης πτυχής της κιν/φικής σκηνοθεσίας, της σύνθεσης πλάνου. Όπως συμπεράναμε στην πορεία της έρευνας, μια οπτική krDSL (εν προκειμένω το DN) μπορεί να διευκολύνει με ποικίλους τρόπους την ποιοτική ανάλυση των διάφορων γνωσιακών στοιχείων (εννοιών, ιδιοτήτων εννοιών, κλπ) που έχουν ενσωματωθεί σε αυτή. Για παράδειγμα, το DN μας έδωσε τη δυνατότητα να αναλύσουμε τις διάφορες επιλογές μοντελοποίησης με βάση:

- τη χωρική διάταξη της σημειογραφίας: διαφορετικοί άξονες αποδίδουν διαφορετικές έννοιες – ο άξονας y αποδίδει την έννοια του χρόνου ενώ ο άξονας x αποδίδει τις διάφορες πτυχές της κιν/φικής σκηνοθεσίας (κάμερα, σύνθεση πλάνου, ηθοποιία, σκηνογραφία, φωτισμός).
- τη δομή των συμβόλων: μεγαλύτερα σύμβολα απαρτίζονται από μικρότερα σύμβολα-παιδιά – αυτό το οπτικό σχήμα αντιστοιχεί στα εννοιολογικά σχήματα *έννοια - ιδιότητα* και *έννοια - υποέννοια*.
- τις χωρικές σχέσεις μεταξύ συμβόλων: η χωρική εγγύτητα των συμβόλων αντιστοιχεί σε συσχετίσεις μεταξύ των εννοιών που αυτά αναπαριστούν.
- τυχόν συμβάσεις που κάνουμε κατά τη μοντελοποίηση (π.χ., σύμβολα που ενώ αντιλαμβανόμαστε ότι σχετίζονται μεταξύ τους, επιλέγουμε να τα διαχωρίσουμε σε επίπεδο χωρικής διάταξης).

Όπως θα δούμε αναλυτικά στο Κεφ. 3.6, η ανάπτυξη γλωσσών krDSL ως κομβικό μεθοδολογικό εργαλείο ΜΓ εμπλέκει τους εμπειρογνώμονες πεδίου στις διάφορες εργασίες ΜΓ με τρόπο ιδιαίτερα ενεργό και συμμετοχικό, ο οποίος ενθαρρύνει τη *διεπιστημονική* συνεργασία μεταξύ εμπειρογνομόνων και μηχανικών γνώσης, αφού μια γλώσσα krDSL συνιστά μια αναπαράσταση εξίσου κατανοήσιμη και από τις δύο πλευρές. Έτσι, κάθε πλευρά συνεισφέρει στην ανάπτυξη της γλώσσας από τη δική της οπτική: οι εμπειρογνώμονες εστιάζουν στην εκφραστικότητα και τη σημασιολογία της γλώσσας, ενώ



οι μηχανικοί επιβλέπουν και διασφαλίζουν την τεχνική επεξεργασιμότητά της. Η εμπλοκή του επιπέδου μιας γλώσσας krDSL στην κατασκευή ενός ΓΜ ουσιαστικά δομεί την όλη διαδικασία ανάπτυξης με τρόπο ο οποίος δύναται να αναδείξει τυχόν προβλήματα σχεδιασμού και μοντελοποίησης. Αυτό μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιπτώσεις που η μοντελοποίηση του ΓΠ κρίνεται δύσκολη, πολλώ δε μάλλον όταν μια απευθείας προσέγγιση μοντελοποίησης αποτύχει.

3.3.3. Σημσιολογικά Μεταδεδομένα για Ελεγκοκεντρικό Σχεδιασμό

Ελεγκοκεντρικός σχεδιασμός (test-driven design, ΕΚΣ) ονομάζεται η εφαρμογή της μεθόδου της *ελεγκοκεντρικής ανάπτυξης (test-driven development)* στο πλαίσιο της ΜΓ, και ειδικότερα στην κατασκευή ΓΜ. Σύμφωνα με το [79], κατά τον ΕΚΣ, οι έλεγχοι χρησιμεύουν ως ένας ενσωματωμένος τρόπος ολοκλήρωσης των διάφορων επί μέρους στοιχείων. Οι αφηγήσεις, οι ερωτήσεις επάρκειας και οι απαιτήσεις ΣΣ που καταγράφονται κατά τη διαδικασία ΑΓ χρησιμοποιούνται για την κατασκευή *μονάδων ελέγχου (test units)*. Για παράδειγμα, οι ερωτήσεις επάρκειας μπορούν να μετασχηματιστούν σε επερωτήσεις SPARQL. Ορίζοντας επερωτήσεις βάσει των οποίων αργότερα θα ελεγχθεί η επάρκεια του ΓΜ, ο μηχανικός γνώσης στην πραγματικότητα διαμορφώνει το ίδιο το μοντέλο – εξού και ο όρος *ελεγκοκεντρικός σχεδιασμός*. Στον ΕΚΣ εφαρμόζεται η *εργασιοστρεφής (task-oriented)* προσέγγιση, δηλαδή η αρχή κατά την οποία τα διάφορα επί μέρους στοιχεία του συστήματος πρέπει να υλοποιούν ακριβώς αυτό που έχει προδιαγραφεί για αυτά. Η M-krDSL υιοθετεί και επεκτείνει τη λογική του ΕΚΣ όπως ορίζεται στο [79].

Όταν ένας τελικός χρήστης καταγράφει πληροφορία χρησιμοποιώντας μια γλώσσα krDSL, η πληροφορία αυτή μπορεί να εξαχθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί με τη μορφή σηματολογικών μεταδεδομένων σε διάφορες εφαρμογές πεδίου. Για παράδειγμα, στην

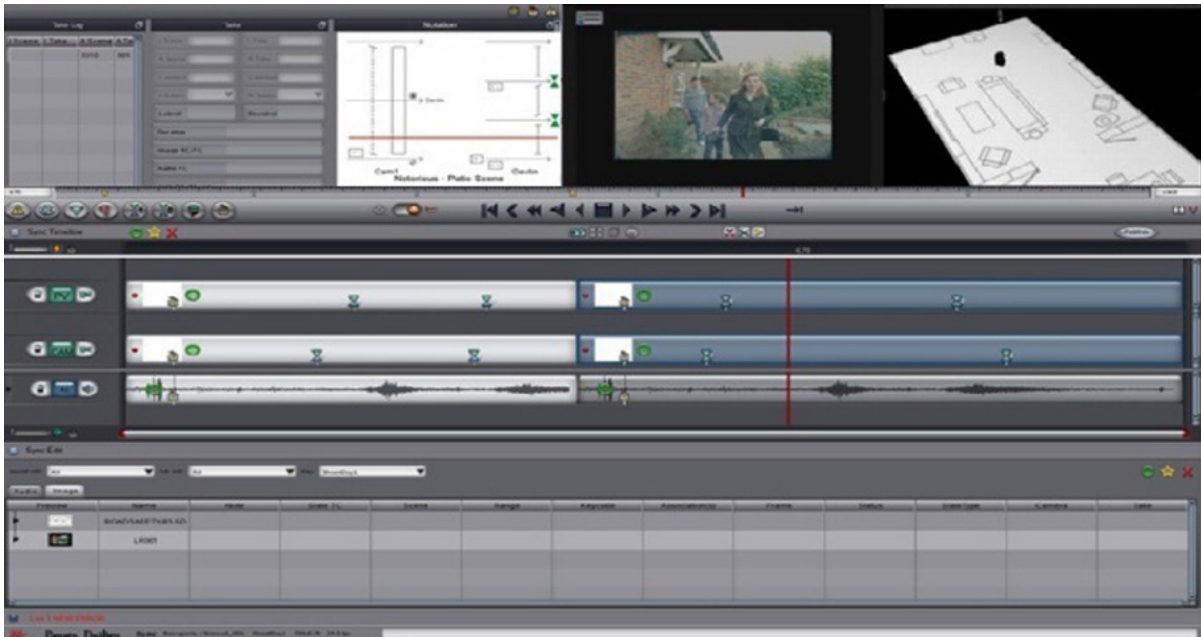


περίπτωση του DN, η σημειογραφημένη σκηνοθετική πληροφορία μπορεί να αξιοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές συναφείς με την κιν/φική σκηνοθεσία, όπως εφαρμογές οπτικοποίησης, εφαρμογές αναζήτησης με βάση το περιεχόμενο (content-based search), εφαρμογές εκτίμησης κόστους, κ.α. Το στοιχείο αυτό αναδεικνύει την άμεση σύνδεση της M-krDSL με τον ΕΚΣ: με σκοπό τον σταδιακό έλεγχο του ΓΜ, μπορούμε να προσδιορίζουμε επιθυμητά δεδομένα εισόδου και εξόδου, και να αναπτύσσουμε σταδιακά το ΓΜ με στόχο την επαλήθευση αυτών των δεδομένων ελέγχου. Είναι σημαντικό τα δεδομένα ελέγχου να προκύπτουν μέσω κάποιας εφαρμογής πεδίου στην οποία πρόκειται να ενσωματώσουμε το ΓΜ, αντί ο έλεγχος να γίνεται με βάση δεδομένα έλεγχου που προκύπτουν απευθείας από γενικές ερωτήσεις επάρκειας.

Στην M-krDSL, ο ΕΚΣ εφαρμόζεται ήδη από το στάδιο της ΑΓ, και όχι απλώς κατά την τεχνική μοντελοποίηση, όπως συμβαίνει, για παράδειγμα, στο [79]. Έτσι, τα δεδομένα εισόδου και τα επιθυμητά δεδομένα εξόδου κάθε μονάδας ελέγχου καθορίζονται σε δύο διακριτά επίπεδα: (α) στο επίπεδο της τεχνικής αναπαράστασης, και (β) με τη μορφή κάποιας οπτικής/εννοιολογικής αναπαράστασης, με άλλα λόγια, με όρους μιας γλώσσας krDSL. Με αυτόν τον τρόπο, ο έλεγχος του συστήματος επιτυγχάνεται σε σχέση με (α) το πώς ο εμπειρογνώμονας έχει ορίσει τα διάφορα στιγμιότυπα του προβλήματος υπό μορφή δεδομένων εισόδου, (β) το πώς το σύστημα αναπαριστά εσωτερικά τα δεδομένα εισόδου, (γ) τα επιθυμητά δεδομένα εξόδου, όπως αυτά γίνονται αντιληπτά από τον εμπειρογνώμονα, και (δ) το πώς το σύστημα αναπαριστά εσωτερικά τα επιθυμητά δεδομένα εξόδου.

Προσδιορίζοντας το πώς πρέπει να εκφραστούν τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, ο εμπειρογνώμονας συνεισφέρει στην καθ' εαυτήν διαδικασία ανάπτυξης του ΓΜ, αφού τα δεδομένα εισόδου/εξόδου διατυπώνονται με όρους γλώσσας krDSL, και η ανάπτυξη της γλώσσας krDSL και των διάφορων εργαλείων οπτικοποίησης γίνεται παράλληλα και σε

αντιπαραβολή με τη διαδικασία τεχνικής μοντελοποίησης. Μετασχηματίζοντας τα διατυπωμένα με όρους krDSL δεδομένα εισόδου σε επερωτήσεις SPARQL ή σε κάποια άλλη τεχνική μορφή, ο μηχανικός γνώσης κατασκευάζει το ΓΜ σύμφωνα με τη λογική του [79], όπως παρατίθεται παραπάνω, ενώ ταυτόχρονα διαμορφώνει την αντιστοιχία μεταξύ ΓΜ και γλώσσας krDSL. Έτσι, λαμβάνονται υπόψη όλα τα επίπεδα σχεδιασμού, από την ΑΓ έως το τελικό ΓΜ.



Εικόνα 12: Εμπλουτισμένη έκδοση της εφαρμογής ψηφιακού μοντάζ Bones Dailies, η οποία εμφανίζει σκηνοθετικές οπτικοποιήσεις και μεταδεδομένα μέσω της σημειογραφίας DN

Στην Εικόνα 12 φαίνεται ένα στιγμιότυπο οθόνης της εφαρμογής ψηφιακού μοντάζ *Bones Dailies*, η οποία επεκτάθηκε στο πλαίσιο του έργου ANSWER με σκοπό να παρέχει (α) επισημείωση (annotation), η οποία εξάγεται από την παρτιτούρα DN, (β) μια μονάδα οπτικοποίησης αυτής της επισημείωσης, και (γ) σημασιολογικά μεταδεδομένα τα οποία παράγονται επίσης από την παρτιτούρα DN. Το σύστημα συνάγει από την παρτιτούρα DN, μέσω εφαρμογής ΣΣ, επιπλέον πληροφορία που αφορά στο μοντάζ (π.χ., ότι μια σκηνή αποτελεί σκηνή διαλόγου), εμφανίζει την επιπλέον πληροφορία μαζί με τη σχετική σημειογραφία πάνω από τα καρέ του αντίστοιχου βιντεοσκοπημένου υλικού



(δηλ. των γυρισμένων πλάνων από τα οποία θα προκύψει η μονταρισμένη σκηνή) και οπτικοποιεί τη σημειογραφημένη πληροφορία σκηνοθετικού σχεδιασμού υπό μορφή κινούμενου εικονοσεναρίου. Μέσω αυτών των επιπλέον καναλιών πληροφόρησης, ο μοντέρ μπορεί εύκολα να αποκτήσει μια καλή εικόνα του επιθυμητού αποτελέσματος που είχε στο μυαλό του ο σκηνοθέτης σχεδιάζοντας τη σκηνή. Σημειωτέον ότι ενώ η παρτιτούρα DN παράγεται από σκηνοθέτη, η συγκεκριμένη εφαρμογή είναι εργαλείο μοντάζ και άρα χρησιμοποιείται από μοντέρ, δηλαδή από διαφορετικού είδους εμπειρογνώμονα πεδίου.

Στο πλαίσιο του ΕΚΣ λοιπόν, πριν προστεθεί καινούργια λειτουργικότητα στη γλώσσα krDSL ή στην εφαρμογή, δημιουργείται μια μονάδα ελέγχου τύπου «για την x πληροφορία που αναπαριστούμε μέσω γλώσσας krDSL, αναμένουμε το y αποτέλεσμα στην εφαρμογή», και παρομοίως προχωράμε σύμφωνα με το πρότυπο που ορίζει ο ΕΚΣ.

3.3.4. Μακέτες & Πρωτότυπα Εργαλείων Οπτικοποίησης

Σύμφωνα με την αρχή της *κείμενης αντίληψης (situated cognition)* όπως παρουσιάζεται στο [82], «κάθε κανόνας ή γνωσιακή πρόταση ισχύει σε ένα τρέχον συγκείμενο· από εκεί και πέρα συνιστά (δυνητικά) γενίκευση, δεδομένου ότι δεν συμπεριλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν το τρέχον συγκείμενο από όλα τα πιθανά συγκείμενα». Επιπλέον, «μια έννοια που χρησιμοποιείται σε μια δήλωση κανόνα ή γνωσιακού στοιχείου αναφέρεται σε κάποιο χαρακτηριστικό των δεδομένων, αλλά το χαρακτηριστικό αυτό μπορεί να μην έχει σαφώς καθορισμένο νόημα εκτός του τρέχοντος συγκείμενου». Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία ΑΓ μπορεί να ενισχυθεί σημαντικά εάν δημιουργήσουμε διαφορετικά συγκείμενα που αναδεικνύουν διαφορετικές περιπτώσεις στο πεδίο εφαρμογής, οι οποίες αντιστοιχούν σε κατάλληλες διαφοροποιήσεις στο πλαίσιο ανάπτυξης του ΓΜ. Η βασική ιδέα είναι ότι «οι άνθρωποι τείνουν να μην εξηγούν



το πώς καταλήγουν σε ένα συμπέρασμα· εντούτοις, δημιουργούν εξηγήσεις που δικαιολογούν την απόφασή τους σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο» [82]. Ως εκ τούτου, ένα ΓΜ μπορεί να κατασκευαστεί με επαναληπτικό τρόπο μέσω διερεύνησης του πλαισίου εντός του οποίου έχει προκύψει η ήδη αναπαριστώμενη γνώση: τυχόν διαφοροποιήσεις στο τρέχον πλαίσιο χρήσης είναι πολύ πιθανό να απαιτούν αντίστοιχη προσαρμογή του υπό κατασκευή μοντέλου, με σκοπό το τελευταίο να καταστεί πλήρως εφαρμόσιμο στο εκάστοτε διαφοροποιημένο πλαίσιο χρήσης.

Στο πλαίσιο της M-krDSL, αξιοποιούμε την αρχή της κείμενης αντίληψης έχοντας εισάγει προαιρετικά μεταξύ της γλώσσας krDSL και του τελικού ΓΜ ένα επιπλέον επίπεδο οπτικοποίησης, το οποίο περιλαμβάνει την ανάπτυξη μακετών/πρωτοτύπων οπτικών εργαλείων που βασίζονται στη γλώσσα krDSL, και σκοπό έχουν να βοηθήσουν στην κατανόηση της πληροφορίας που εισάγεται μέσω της γλώσσας. Για παράδειγμα, όπως είδαμε παραπάνω, ένα τέτοιο εργαλείο θα μπορούσε να είναι η εμφάνιση εικονιδίων σε μια εφαρμογή ψηφιακού μοντάζ με σκοπό την οπτική αναπαράσταση σημασιολογικών μεταδεδομένων που θα πληροφορούν τον μοντέρ σχετικά με τις καλλιτεχνικές προθέσεις του σκηνοθέτη σε συγκεκριμένα σημεία του αμοντάριστου βιντεοσκοπημένου υλικού. Η σταδιακή ανάπτυξη εργαλείων γνωσιακής/σημασιολογικής οπτικοποίησης, παράλληλα με τη διαδικασία μοντελοποίησης που προβλέπει η M-krDSL, παρέχει ένα ιδανικό περιβάλλον για την επιτέλεση μιας διαδικασίας ΑΓ βασισμένης στην αρχή της κείμενης αντίληψης. Τέτοιου τύπου οπτικά εργαλεία δύνανται να παρέχουν δυνατότητες όπως: καταγραφή και απεικόνιση γνώσης, πληροφορίας, εμπειριών, ιδεών και απόψεων, χρήση οπτικών μεταφορών, δυνατότητα διάδρασης (π.χ., απευθείας ενημέρωση της οπτικοποίησης), δυνατότητα παραγωγής καινούργιας γνώσης/πληροφορίας μέσω της οπτικοποίησης, κ.α. [97]. Σε κάθε περίπτωση, η γνωσιακή/σημασιολογική οπτικοποίηση παρέχει εγγενώς τη δυνατότητα επαναληπτικής βελτίωσης του υπό κατασκευή ΓΜ μέσω



διερεύνησης του πλαισίου χρήσης στο οποίο απευθύνεται κάθε φορά η αναπαριστώμενη γνώση/πληροφορία, όπως συζητήθηκε παραπάνω. Έτσι, οι εμπειρογνώμονες είναι σε θέση να καθοδηγήσουν λεπτομερώς την ανάπτυξη του ΓΜ εποπτεύοντας εκ παραλλήλου, εκτός από την ανάπτυξη της γλώσσας krDSL, και την ανάπτυξη (μακετών/πρωτοτύπων) οπτικών εργαλείων, αντιστοιχίζοντας την αναπαριστώμενη γνώση/πληροφορία με την επιθυμητή ερμηνεία της σε διαφορετικά πλαίσια χρήσης. Άλλωστε, ο λόγος για τον οποίο θεωρούμε προτιμότερη μια οπτική krDSL έναντι μιας κειμενικής είναι ακριβώς ότι δύναται να λειτουργήσει ταυτόχρονα ως ΕΓΠ και ως εργαλείο οπτικοποίησης.

Ένα ενδιαφέρον επιχείρημα το οποίο ενισχύει την παραπάνω άποψη και βασίζεται στην ιδέα της *νοητικής αποτελεσματικότητας (cognitive effectiveness)* οπτικών συστημάτων [98] είναι το ακόλουθο: Η νοητική αποτελεσματικότητα δεν μπορεί να αξιολογηθεί χωρίς την κατανόηση του εμπλεκόμενου ΓΠ. Έτσι, με σκοπό την αξιολόγηση ενός οπτικού συστήματος απαιτείται κατανόηση του ΓΠ στο οποίο εντάσσεται το σύστημα. Ωστόσο, ο άνθρωπος έχει μια εξαιρετική ικανότητα να αντιλαμβάνεται οπτικά συστήματα με διαισθητικό τρόπο. Μάλιστα, συχνά είναι σε θέση να αξιολογήσει τη νοητική αποτελεσματικότητα τέτοιων συστημάτων καλύτερα από ότι θα περίμενε κανείς σύμφωνα με το επίπεδο κατανόησης του εμπλεκόμενου ΓΠ. Συμπερασματικά, η διαδικασία αξιολόγησης ενός υπό ανάπτυξη οπτικού συστήματος (π.χ., μιας σημειογραφίας) μπορεί να αξιοποιηθεί ως εργαλείο ΑΓ: η διαδικασία επαναληπτικής ανάπτυξης του οπτικού συστήματος και η αξιολόγηση της νοητικής αποτελεσματικότητάς του βοηθούν τον ερευνητή να αποκτήσει –με πιο διαισθητικό τρόπο– πρόσβαση σε κατώτερα επίπεδα υπονοούμενης γνώσης, ώστε να μπορέσει να την εκφράσει ρητά.

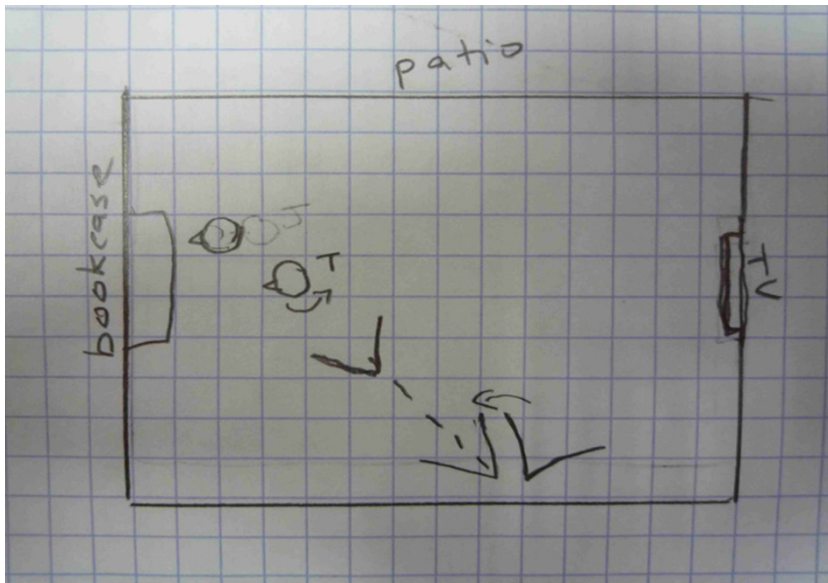
Η Εικόνα 13 απεικονίζει κάποιους τύπους οπτικοποίησης της σκηνοθετικής γνώσης με τους οποίους δουλέψαμε στο πλαίσιο του έργου ANSWER. Στην Εικόνα 13.a φαίνεται ένα σκίτσο κάτοψης στο οποίο έχουν καταγραφεί, δια χειρός ενός εκ των

εμπειρογνομόνων σκηνοθετών της ομάδας, βασικές κινήσεις ηθοποιών και κάμερας. Το εν λόγω σκίτσο φτιάχτηκε κατά τη διάρκεια συνεντεύξεων με τους εμπειρογνώμονες της ομάδας, σε ένα πρώιμο στάδιο της διαδικασίας ΑΓ, στο οποίο μελετούσαμε σε ένα πρώτο επίπεδο τις έννοιες της κίνησης των διάφορων φιλικών οντοτήτων (κάμερα, ηθοποιοί, αντικείμενα), καθώς και τις σχέσεις που δημιουργούνται ανάμεσα στις διάφορες οντότητες όσον αφορά στην κίνηση – ένα κλασικό παράδειγμα είναι οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί η κάμερα να «ακολουθεί» την κίνηση ενός ηθοποιού, δηλαδή με *πανάρισμα (panning)*, με μετακίνηση ή με συνδυασμό των δύο τύπων κίνησης.

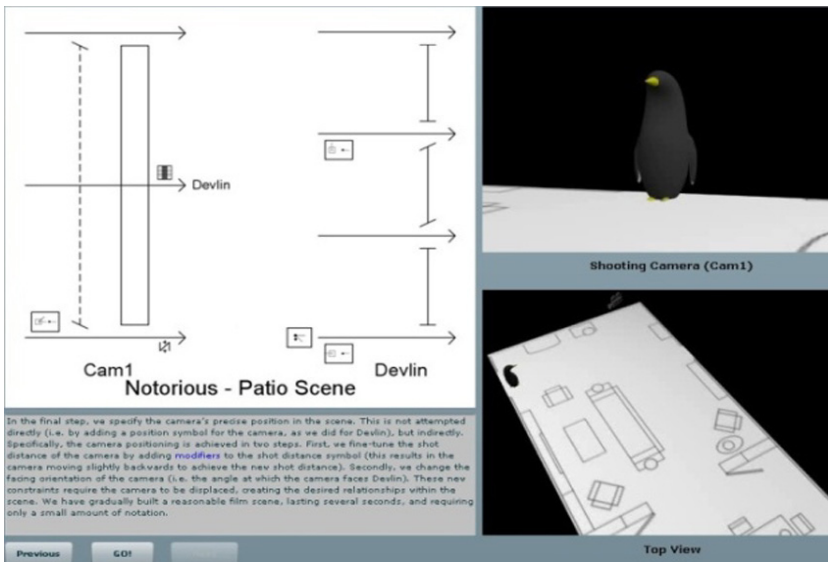
Στην Εικόνα 13.b φαίνεται μια παρτιτούρα DN (αριστερά) στην οποία έχουν σημειογραφηθεί οι κινήσεις της κάμερας και ενός ηθοποιού για ένα πλάνο, σε αντιπαραβολή με μια οπτικοποίηση (δεξιά) των ίδιων κινήσεων μέσω ενός τριδιάστατου χαρακτήρα-πιγκούνου¹⁰ ο οποίος αναπαριστά τον ηθοποιό και κινείται πάνω σε μια διδιάστατη κάτοψη¹¹. Η κίνηση του ηθοποιού οπτικοποιείται από δύο όψεις: η μία όψη (δεξιά επάνω) αντιστοιχεί στη λήψη της κάμερας, ενώ η άλλη όψη (δεξιά κάτω) αναπαριστά το «μάτι του σκηνοθέτη» που εποπτεύει το γύρισμα. Αυτό το οπτικό εργαλείο, το οποίο συνδυάζει σημειογραφία, κάτοψη και κινούμενη εικόνα, χρησιμοποιήθηκε αρχικά πειραματικά για να εξυπηρετήσει τις συζητήσεις της ομάδας σχετικά με την εννοιολόγηση βασικών σκηνοθετικών εννοιών, αλλά κατόπιν επεκτάθηκε και λειτούργησε ως εγχειρίδιο εκμάθησης του DN.

¹⁰ Ο πιγκούνος επιλέχθηκε σκόπιμα για την αναπαράσταση των ηθοποιών λόγω του ότι τα άκρα του δεν ξεχωρίζουν πολύ από το σώμα του, με αποτέλεσμα όταν μετακινείται να μη διακρίνονται ιδιαίτερα οι κινήσεις τους. Στην πρώιμη εκείνη φάση μελετούσαμε τη βασική κίνηση του ηθοποιού σε σχέση με την κίνηση της κάμερας, και ως εκ τούτου δεν μας ενδιέφεραν οι λεπτομέρειες της κίνησης και της δράσης του ηθοποιού αλλά αποκλειστικά η *μετακίνησή* του στον χώρο. Η αφαίρεση του «πιγκούνου» μας επέτρεψε να αναπαραστήσουμε πιο φυσικά τη βασική κινησιακή σχέση ηθοποιού - κάμερας, αφού ο τρόπος που κινείται ο πιγκούνος είναι πολύ κοντά σε αυτό που ονομάζουμε *μονοκόμματα (rigid)* κίνηση.

¹¹ Η επιλογή της διδιάστατης κάτοψης αντί του τριδιάστατου περιβάλλοντα χώρου ήταν επίσης σκόπιμη, αφού σε εκείνη τη φάση (βλ. προηγ. υποσημείωση) θέλαμε να απομονώσουμε εννοιολογικά και οπτικά το κεντρικό αντικείμενο διερεύνησης που ήταν η βασική κίνηση της κάμερας και του ηθοποιού.



(a)



(b)



(c)

Εικόνα 13: Μακέτες και πρωτότυπα εργαλείων οπτικοποίησης της κιν/φικής σκηνοθεσίας



Στην Εικόνα 13.c φαίνεται ένα στιγμιότυπο οθόνης ενός πρωτοτύπου αυτόματης τριδιάστατης προ-απεικόνισης σκηνοθετικού σχεδιασμού. Το εργαλείο λαμβάνει ως είσοδο μια παρτιτούρα DN και παράγει αυτόματα τριδιάστατο κινούμενο εικονοσενάριο. Ο αλγόριθμος παραγωγής εικονοσεναρίου αναπτύχθηκε σταδιακά μέσω αναθεωρήσεων και βελτιώσεων, σε παραλληλία με την ανάπτυξη του DN. Αλλά και ο προσδιορισμός της σημασιολογίας του DN όσον αφορά στην κίνηση των ηθοποιών και της κάμερας έγινε σε συνεργασία με την ομάδα ανάπτυξης του εν λόγω αλγόριθμου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, τα διάφορα ζητήματα που ανέκυψαν κατά την ανάπτυξη του αλγόριθμου και σχετιζόνταν με τη σημασιολογία του DN να διατυπωθούν εγκαίρως, να κατανοηθούν σε βάθος και να δοθούν οι κατάλληλες λύσεις. Μερικά παραδείγματα ζητημάτων που ανέκυψαν είναι: «Να επιτρέπεται ο σκηνοθέτης να ορίζει ότι ένας ηθοποιός μπορεί ενώ κινείται να διέρχεται μέσα από αντικείμενα ή τοίχους;», «Όταν ο σκηνοθέτης ορίζει μια κίνηση της κάμερας ή του ηθοποιού ως τεθλασμένη γραμμή, οι κορυφές της τεθλασμένης γραμμής είναι εξ ορισμού στρογγυλοποιημένες;», «Ποιο είναι το στάνταρ ύψος στο οποίο η κάμερα φιλμάρει την κίνηση του ηθοποιού;», κ.α.

3.4. Δυνατότητες της M-krDSL

Η M-krDSL παρέχει τις ακόλουθες δυνατότητες, οι οποίες παρατίθενται συνοπτικά από την πιο γενική στην πιο ειδική. Παρατίθενται επίσης τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από κάθε δυνατότητα, συσχετίζοντας έτσι και τη σχετική επιχειρηματολογία επί των πλεονεκτημάτων (βλ. Κεφ. 3.7).

- Απόκτηση γνώσης μέσω μιας εξελιγμένης **οπτικής νοητικής μεθόδου για εκμαίευση πολύπλοκης ή/και υπονοούμενης γνώσης**
→ Πλεονεκτήματα: εμπλοκή στην πράξη, διαισθητικότητα, ποιοτική συνεργασία, συστηματική πρόσβαση σε υπονοούμενη γνώση



- Υποστήριξη **διεπιστημονικής συνεργασίας** μεταξύ εμπειρογνομόνων πεδίου και μηχανικών γνώσης, μέσω της από κοινού ανάπτυξης του κεντρικού στοιχείου της μεθοδολογίας, δηλαδή της γλώσσας krDSL
→ Πλεονεκτήματα: εμπλοκή στην πράξη, ποιοτική συνεργασία, ενότητα
- Ανάπτυξη ενός **μηχανισμού επικοινωνίας ανθρώπου - ανθρώπου** (δηλ. της γλώσσας krDSL), ο οποίος είναι εκ προδιαγραφής τυποποιήσιμος
→ Πλεονεκτήματα: εμπλοκή στην πράξη, σταδιακή τυποποίηση
- Κατασκευή ενός **ΓΜ το οποίο οι εμπειρογνώμονες πεδίου μπορούν να κατανοήσουν** στον βαθμό που τους επιτρέπει να συνεισφέρουν άμεσα στην ανάπτυξή του και στην αξιολόγησή του
→ Πλεονεκτήματα: ποιοτική συνεργασία, συστηματική πρόσβαση σε υπονοούμενη γνώση, σταδιακή τυποποίηση
- Δημιουργία διεπαφής χρήστη για **καταγραφή πολύπλοκης πληροφορίας** σε τεχνικά επεξεργάσιμη μορφή, η οποία πληροφορία προορίζεται για επεξεργασία από γνωσιοκεντρικές εφαρμογές πεδίου
→ Πλεονεκτήματα: εμπλοκή στην πράξη, διαισθητικότητα
- **Αντικειμενική μέτρηση ποιοτικών στοιχείων** ενός έργου ΜΓ, όπως η πρόοδος του έργου, καθώς και η ακρίβεια, η ευκρίνεια, η αρτιότητα, η περιεκτικότητα και η συνέπεια του υπό ανάπτυξη ΓΜ (βλ. Κεφ. 3.7.5)
→ Πλεονεκτήματα: μετρησιμότητα, ενότητα
- Υποστήριξη **ανάπτυξης ενός υβριδικού μοντέλου**, συνδυάζοντας ένα αμιγώς δηλωτικό ΓΜ με υπολογιστικές μεθόδους (π.χ., συνδυάζοντας μια οντολογία με αλγόριθμους επίλυσης περιορισμών)
→ Πλεονεκτήματα: σταδιακή τυποποίηση



- Οι εμπειρογνώμονες μπορούν να διατυπώνουν **ερωτήσεις επάρκειας απευθείας με όρους krDSL**, βελτιώνοντας έτσι τις διαδικασίες προδιαγραφής, ελέγχου και επικύρωσης του υπό ανάπτυξη ΓΜ
→ Πλεονεκτήματα: ποιοτική συνεργασία, συστηματική πρόσβαση σε υπονοούμενη γνώση

3.5. Ρόλοι στην M-krDSL

Στο παρόν κεφάλαιο, προσδιορίζουμε τους διαφορετικούς ρόλους ατόμων που δύνανται να απαρτίζουν την ομάδα ΜΓ συμμετέχοντας στις διάφορες διαδικασίες της μεθοδολογίας. Τα μέλη της ομάδας ΜΓ μπορούν να ακολουθούν διαφορετικά πλαίσια σκέψης, ανάλογα με τον ρόλο τους στην ομάδα. Ειδικότερα:

- Εμπειρογνώμονας πεδίου (βασικός ρόλος): Αντιλαμβάνεται τη γλώσσα krDSL ως έναν διαισθητικό μηχανισμό έκφρασης με σκοπό την καταγραφή πληροφορίας πεδίου.
- Μηχανικός γνώσης (βασικός ρόλος): Αντιλαμβάνεται τη γλώσσα krDSL (και το όποιο υλικό τεκμηρίωσης του λεξιλογίου, της σημασιολογίας και της σύνταξης της γλώσσας) ως τεχνικό έγγραφο προδιαγραφών, το οποίο χρησιμεύει στην ανάπτυξη του ΓΜ καθώς και στην επικοινωνία με τους εμπειρογνώμονες πεδίου.
- Μηχανικός λογισμικού: Συνεισφέρει στην ομάδα εστιάζοντας σε εφαρμογές πεδίου των οποίων η ανάπτυξη θα βασιστεί στη γλώσσα krDSL. Έτσι, για παράδειγμα, αξιολογεί συνεχώς τον βαθμό δυσκολίας ανάπτυξης τέτοιων εφαρμογών παρακολουθώντας στενά την ανάπτυξη της γλώσσας krDSL.
- Σχεδιαστής γραφικών: Συνεισφέρει στην ομάδα αναπτύσσοντας τη γραφική αναπαράσταση της γλώσσας krDSL.



- Σχεδιαστής διεπαφών χρήστη: Συνεισφέρει στην ομάδα αναπτύσσοντας διεπαφές χρήστη που βασίζονται στη γραφική αναπαράσταση της γλώσσας krDSL, (π.χ., εν προκειμένω αναπτύξαμε μια διεπαφή χρήστη για την καταγραφή πληροφορίας πεδίου μέσω του DN, βλ. Κεφ. 5).

3.6. Ροή Εργασιών της M-krDSL

Στο παρόν κεφάλαιο, περιγράφουμε την πλήρη ροή εργασιών της M-krDSL. Η λεπτομερής παρουσίαση αποσκοπεί στην παροχή επαρκούς πληροφορίας ώστε η M-krDSL να μπορεί να υιοθετηθεί στην πράξη. Η ροή εργασιών της M-krDSL συνίσταται στην επαναληπτική ακολουθία των πέντε βημάτων¹² που περιγράφονται παρακάτω, με σκοπό την ανάπτυξη (α) του ΓΜ, (β) της γλώσσας krDSL, και (γ) (τουλάχιστον μακετών ή πρωτοτύπων) γνωσιοκεντρικών εφαρμογών οι οποίες αξιοποιούν τα παραχθέντα μοντέλα. Σε κάθε κύκλο εργασιών, η ομάδα ΜΓ μπορεί να θεωρήσει σκόπιμο να εκτελέσει μικροκύκλους, διατρέχοντας εν τάχει την ακολουθία των βημάτων, ώστε να αποκτήσει μια ευρύτερη εποπτεία της προόδου των εργασιών. Να σημειωθεί ότι το Βήμα 2 της ροής εργασιών αναδεικνύει την καινοτόμα προσέγγιση ΜΓ της M-krDSL.

- **Βήμα 1 - Διερεύνηση**: Αρχικά γίνεται διερευνητική συζήτηση γύρω από το ΓΠ ενδιαφέροντος με σκοπό την αναζήτηση εννοιών και εννοιολογικών συσχετίσεων που οι εμπειρογνώμονες επιθυμούν να συμπεριλάβουν στη γλώσσα krDSL, ώστε η τελευταία να καταστεί χρήσιμο εκφραστικό εργαλείο. Οποιαδήποτε συζήτηση σχετική με το όλο έργο ΜΓ, το ΓΠ ενδιαφέροντος, τις τεχνικές απαιτήσεις, τις πιθανές δυσκολίες, κλπ, μπορούν να συμπεριληφθούν σε αυτό το βήμα.

¹² Ενώ ορισμένα βήματα φαίνονται με την πρώτη ματιά ίδια ή παρόμοια με αντίστοιχα βήματα που συναντάμε σε παραδοσιακές μεθοδολογίες ΜΓ (π.χ., η καταγραφή εννοιών ή η διατύπωση ερωτήσεων επάρκειας), στην πραγματικότητα ακόμα και αυτά τα βήματα έχουν ενισχυθεί και οργανωθεί με βάση τη γλώσσα krDSL.



- **1.1 - Διερεύνηση απαιτήσεων:** Προσδιορισμός αντιπροσωπευτικών σεναρίων χρήσης και διατύπωση ερωτήσεων επάρκειας (με όρους γλώσσας krDSL)
 - **1.2 - Εννοιολογική διερεύνηση:** Αναγνώριση και καταγραφή γνωσιακών στοιχείων (έννοιες, ιδιότητες εννοιών, κλπ) του ΓΠ ενδιαφέροντος, και οργάνωση των στοιχείων αυτών σε ιεραρχικές δομές
- Μετά τον πρώτο κύκλο εργασιών, στο τρέχον βήμα αξιοποιείται η έως τότε διαθέσιμη έκδοση της γλώσσας krDSL ως βάση για την περαιτέρω διερεύνηση των γνωσιακών στοιχείων που έχουν ήδη συμπεριληφθεί στην υπό ανάπτυξη εννοιολόγηση. Σημειωτέον ότι αυτό το βήμα αρχικά αποτελεί στάδιο ανάπτυξης της γλώσσας krDSL, κι όχι (απευθείας) τεχνικής μοντελοποίησης. Τα αποτελέσματα αυτού του βήματος θα τεθούν υπό αναθεώρηση κατά την ανάπτυξη της γλώσσας, και τελικά η εννοιολόγηση που θα ενσαρκώσει το ΓΜ θα προκύψει από τη γλώσσα krDSL.
- **Βήμα 2 - Διαμόρφωση γλώσσας krDSL:** Ανάπτυξη του οπτικού λεξιλογίου και της σύνταξης της γλώσσας krDSL, και προσδιορισμός της σημασιολογίας τους
 - **2.1 - Διαμόρφωση λεξιλογίου:** Ανάπτυξη του οπτικού λεξιλογίου της γλώσσας krDSL, το οποίο μπορεί να αποτελείται, για παράδειγμα, από σύμβολα, εικονίδια ή ετικέτες
 - **2.2 - Διαμόρφωση σύνταξης:** Ανάπτυξη της σύνταξης της γλώσσας krDSL, η οποία σύνταξη αποτελείται από (α) κανόνες για τη συσχέτιση των όρων του λεξιλογίου, και (β) μηχανισμούς γραφικής αναπαράστασης των κανόνων
 - **2.3 - Προδιαγραφή γλώσσας krDSL:** Δημιουργία ενός τεχνικού εγγράφου που ορίζει τη σημασιολογία της γλώσσας krDSL (εφεξής *krDSL spec*), το οποίο είναι σε θέση να κατανοήσουν πλήρως τα τεχνικά μέλη της ομάδας, και το οποίο περιλαμβάνει (α) λεπτομερή περιγραφή, σε μορφή δομημένου κειμένου,



- της σημασιολογίας, του λεξιλογίου και της σύνταξης της γλώσσας krDSL, και
- (β) εφόσον απαιτείται, μαθηματικούς ορισμούς εννοιολογικών συσχετίσεων (π.χ., γεωμετρικούς περιορισμούς)
- **2.4 - Εγχειρίδιο γλώσσας krDSL:** Διατύπωση του krDSL spec με μη τεχνικούς περιγραφικούς όρους και μέσω παραδειγμάτων χρήσης της γλώσσας, με σκοπό τη δημιουργία εγχειρίδιου χρήσης της γλώσσας krDSL το οποίο απευθύνεται στους εμπειρογνώμονες-χρήστες
- Σημειωτέον ότι στα υποβήματα 2.1 και 2.2 επιτελείται η δημιουργική διαδικασία ανάπτυξης της γλώσσας krDSL ως εκφραστικού μηχανισμού, ενώ η τεκμηρίωση του λεξιλογίου και της σύνταξης της γλώσσας πραγματοποιείται στα υποβήματα 2.3 και 2.4
- Είναι αναμενόμενο η ανάπτυξη του λεξιλογίου και της σύνταξης της γλώσσας krDSL να απαιτήσει αρκετές επαναλήψεις των βημάτων της μεθοδολογίας, κάποιες εκ των οποίων είναι πιθανό να μην αποφέρουν καρπούς, με αποτέλεσμα η επόμενη επανάληψη να πρέπει να πραγματοποιεί τα ίδια ζητήματα. Ωστόσο, η εμπειρία που αποκτά η ομάδα ΜΓ από αυτή την επαναληπτική διαδικασία επιδρά θετικά στην πρόοδο των διαδικασιών ΜΓ και κατ' επέκταση στην πρόοδο του έργου συνολικά.
- Στο τρέχον βήμα παράγεται επαναληπτικά το πρώτο από τα τρία βασικά τελικά προϊόντα της μεθοδολογίας, η γλώσσα krDSL.
- **Βήμα 3 - Τυποποίηση:** Τυποποίηση της τρέχουσας εννοιολόγησης του ΓΠ, η οποία έχει μετασχηματιστεί με τη βοήθεια των εμπειρογνομώνων στη γλώσσα krDSL, μέσω της παράλληλης, σταδιακής ανάπτυξης δύο μοντέλων: του ΓΜ που τυποποιεί τη γλώσσα krDSL καθ' εαυτήν (εφεξής *ΓΜ-krDSL*) και του κατεξοχήν ΓΜ (εφεξής *ΓΜ πεδίου*)



- **3.1 - Τυποποίηση γλώσσας krDSL:** Προσθήκη στο ΓΜ-krDSL των γνωσιακών στοιχείων που έχουν ενσωματωθεί στη γλώσσα krDSL κατά το Βήμα 2 του τρέχοντος κύκλου εργασιών
 - **3.2 - Τυποποίηση εννοιολόγησης ΓΠ:** Ανάπτυξη του ΓΜ πεδίου, το οποίο προκύπτει διά μέσου του ΓΜ-krDSL.
- Ανάλογα με τη φύση του ΓΠ και τον χαρακτήρα της εννοιολόγησης, μπορεί το ΓΜ πεδίου να παρουσιάζει ένα-προς-ένα αντιστοιχία με το ΓΜ-krDSL, ή να αποκλίνει από αυτό σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό (βλ. Κεφ. 4.4.2). Σε κάθε περίπτωση, η διαδικασία «απόσταξης» του ΓΜ πεδίου από το ΓΜ-krDSL είναι μια ιδιαίτερα χρήσιμη διαδικασία διότι: (α) το ΓΜ-krDSL αναπαριστά μια εννοιολόγηση η οποία έχει επικυρωθεί με γνώμονα το ότι αντικατοπτρίζει τις εκφραστικές απαιτήσεις και τις εννοιολογικές επιλογές των εμπειρογνομόνων πεδίου, (β) το ΓΜ-krDSL λειτουργεί ως σημείο εκκίνησης και αναφοράς για την ανάπτυξη του ΓΜ πεδίου, (γ) η αξιοποίηση της γλώσσας krDSL ως οδηγού για την τυποποίηση της εννοιολόγησης του ΓΠ ενδιαφέροντος είναι μια συστηματική αλλά και δημιουργική διαδικασία, (δ) η διαδικασία «απόσταξης» του ΓΜ πεδίου από το ΓΜ-krDSL είναι μια διαδικασία «διαίρει και βασίλευε» (βλ. σχετική επιχειρηματολογία στο Κεφ. 3.7.7), και (ε) σχετικά μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ του ΓΜ-krDSL και του ΓΜ πεδίου υποδεικνύουν ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, αφού στα σημεία που παρατηρούνται είναι πιθανό να εντοπιστούν αδυναμίες στη μοντελοποίηση.
- Εάν η εννοιολόγηση περιλαμβάνει στοιχεία που δεν είναι δυνατόν να αναπαρασταθούν μέσω ενός σχήματος ΓΑ (π.χ., γεωμετρικούς περιορισμούς), θα πρέπει να αναπτυχθεί παράλληλα και ένα υπολογιστικό μοντέλο της γλώσσας krDSL (π.χ., ένα σύστημα επίλυσης αριθμητικών περιορισμών) το



οποίο θα συνεργάζεται με το ΓΜ πεδίου, συνθέτοντας έτσι ένα πολυεπίπεδο υβριδικό μοντέλο. Η M-krDSL υποστηρίζει την ενοποίηση επί μέρους ετερογενών μοντέλων σε ένα ενιαίο υβριδικό μοντέλο (βλ. Κεφ. 3.7.7).

→ Η ανάπτυξη του ΓΜ πεδίου και του ΓΜ-krDSL θα βρίσκεται πάντα πιο πίσω σε σχέση με την ανάπτυξη της γλώσσας krDSL. Ωστόσο, το γεγονός ότι τα δύο μοντέλα αναπτύσσονται παράλληλα με τη γλώσσα krDSL (αντί η ανάπτυξή τους να ξεκινήσει μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης της γλώσσας krDSL), είναι κρίσιμο για την εξέλιξή τους.

→ Στο τρέχον βήμα παράγεται επαναληπτικά το δεύτερο από τα τρία βασικά τελικά προϊόντα της μεθοδολογίας, το ΓΜ πεδίου, το οποίο αποτελεί και το κύριο τελικό προϊόν της μεθοδολογίας.

- **Βήμα 4 - Εφαρμογή:** Διερευνητική χρήση της γλώσσας krDSL και αποτίμηση των εκφραστικών δυνατοτήτων της σε σχέση με τις απαιτήσεις του ΓΠ ενδιαφέροντος

- **4.1 - Εφαρμογή γλώσσας krDSL:** Τεκμηρίωση, μέσω της γλώσσας krDSL, των προδιαγεγραμμένων σεναρίων χρήσης, και διερεύνηση του βαθμού στον οποίο μπορούν αυτά να εκφραστούν μέσω της γλώσσας krDSL, με κριτήριο την ακρίβεια και τη λεπτομέρεια διατύπωσης, αποτιμώντας έτσι την αποτελεσματικότητα της γλώσσας ως εκφραστικού μηχανισμού

- **4.2 - Υλοποίηση εφαρμογών:** Σχεδιασμός και υλοποίηση (τουλάχιστον πρωτοτύπων/μακετών) γνωσιοκεντρικών εφαρμογών πεδίου που βασίζονται στο ΓΜ πεδίου και στη γλώσσα krDSL

→ Το τρέχον βήμα συνιστά δομικό στοιχείο της μεθοδολογίας, αφού επιτρέπει στους εμπειρογνώμονες να αντιληφθούν σε βάθος και να αξιολογήσουν τη γλώσσα krDSL σε αντιπαραβολή με τις εκφραστικές απαιτήσεις που καλείται



να καλύψει. Επιπλέον, μέσω της υλοποίησης πρωτοτύπων επιτυγχάνεται και επικύρωση της τεχνικής επεξεργασιμότητας της γλώσσας.

→ Στο τρέχον βήμα παράγεται επαναληπτικά το τρίτο από τα τρία βασικά τελικά προϊόντα της μεθοδολογίας, οι γνωσιοκεντρικές εφαρμογές – στη χειρότερη περίπτωση σε μορφή πρωτοτύπου ή μακέτας

- **Βήμα 5 - Αποτίμηση:** Αποτίμηση της προόδου που πραγματοποιήθηκε στον τρέχοντα κύκλο εργασιών, επικυρώνοντας ή απορρίπτοντας τις διάφορες επιλογές μοντελοποίησης
 - **5.1 - Επαλήθευση:** Με σκοπό την επαλήθευση του ΓΜ πεδίου (το οποίο αποτελεί το κύριο τεχνικό προϊόν της μεθοδολογίας) καθώς και του ΓΜ-krDSL, θα πρέπει να επιβεβαιωθεί αφενός η αντιστοιχία του krDSL spec με το ΓΜ-krDSL, αφετέρου η αντιστοιχία του ΓΜ-krDSL με το ΓΜ πεδίου (π.χ., ακολουθώντας κάποια από τις προσεγγίσεις του [99] ή του [100]).
 - **5.2 - Επικύρωση:** Επικύρωση (α) ότι το ΓΜ πεδίου καλύπτει τις απαιτήσεις λογισμικού των εμπειρογνομόνων, και επομένως δύναται να υποστηρίξει την υλοποίηση των διάφορων γνωσιοκεντρικών εφαρμογών, (β) ότι η γλώσσα krDSL καλύπτει τις εκφραστικές ανάγκες των εμπειρογνομόνων, και (γ) ότι είναι εύκολη στην εκμάθηση και τη χρήση. Οι παραπάνω διαδικασίες απαιτούν επισκόπηση της έως τότε δουλειάς που έχει γίνει στο Βήμα 4 σε αντιπαραβολή με τις προδιαγεγραμμένες απαιτήσεις.
 - **5.3 - Αποτίμηση προόδου:** Αποτίμηση της προόδου που έχει πραγματοποιηθεί στον τρέχοντα κύκλο εργασιών αναφορικά με την κάλυψη των προδιαγεγραμμένων σεναρίων χρήσης, ούτως ώστε να εκτιμηθεί ο βαθμός ολοκλήρωσης του ΓΜ πεδίου καθώς και η πρόοδος του έργου συνολικά.



3.7. Πλεονεκτήματα της M-krDSL

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθεται επιχειρηματολογία η οποία τεκμηριώνει θεωρητικά την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Συγκεκριμένα, διατυπώνονται επιχειρήματα σχετικά με το πώς η ροή εργασιών της M-krDSL, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, παρέχει τα εξής σημαντικά πλεονεκτήματα: εμπλοκή στην πράξη, διαισθητικότητα, ποιοτική συνεργασία, συστηματική πρόσβαση σε υπονοούμενη γνώση, μετρησιμότητα, ενότητα και σταδιακή τυποποίηση.

3.7.1. Εμπλοκή στην Πράξη

3.7.1.1 Περιγραφή

Η M-krDSL εμπλέκει την ομάδα ΜΓ στις διάφορες διαδικασίες ΜΓ με έμπρακτο τρόπο.

3.7.1.2 Τεκμηρίωση

Όπως φάνηκε και από την περιγραφή της ροής εργασιών της M-krDSL, η ομάδα ΜΓ εμπλέκεται σε μια συνεχή διαδικασία ανάπτυξης ενός εκφραστικού μηχανισμού, της γλώσσας krDSL, με γνώμονα την κάλυψη των εκφραστικών απαιτήσεων των εμπειρογνομόνων στο πλαίσιο του ΓΠ ενδιαφέροντος. Σε κάθε κύκλο εργασιών, η ομάδα ΜΓ προδιαγράφει αντιπροσωπευτικά σενάρια χρήσης του υπό ανάπτυξη ΓΜ, και δουλεύει πάνω σε αυτά με σκοπό τη δημιουργία μιας ενδιάμεσης αναπαράστασης (δηλ. της γλώσσας krDSL) η οποία θα καλύπτει τις εκφραστικές απαιτήσεις αυτών των σεναρίων. Η ροή εργασιών της μεθοδολογίας είναι σχεδιασμένη ώστε η πρόοδος που γίνεται σε κάποιο επίπεδο αναπαράστασης (εννοιολογικό, οπτικό, τεχνικό) να εφαρμόζεται άμεσα στην πράξη και να ελέγχεται με βάση τα προδιαγεγραμμένα σενάρια χρήσης.



Όπως ειπώθηκε παραπάνω, η γλώσσα krDSL είναι ένας μηχανισμός οπτικής αναπαράστασης ο οποίος παρέχει στους εμπειρογνώμονες τη δυνατότητα να εκφράζουν πληροφορία στο πλαίσιο του ΓΠ, προδιαγράφοντας σενάρια χρήσης του υπό ανάπτυξη ΓΜ και χρησιμοποιώντας τα κατόπιν ως σημεία ελέγχου της προόδου μοντελοποίησης. Το ΓΜ-krDSL τυποποιεί τη γλώσσα krDSL, ενώ το ΓΜ πεδίου αναπαριστά εννοιολογικά το ΓΠ (για την ακρίβεια, την εννοιολόγηση του ΓΠ που έχουν διαμορφώσει οι εμπειρογνώμονες). Σε γενικές γραμμές, το ΓΜ πεδίου προκύπτει από το ΓΜ-krDSL αφαιρώντας τα αμιγώς «μηχανικά» στοιχεία της γλώσσας (δομή, σύνταξη, κλπ). Με τον τρόπο αυτόν, προκύπτει ένα ΓΜ πεδίου το οποίο έχει ελεγχθεί στην πράξη ότι καλύπτει τις εκφραστικές ανάγκες των εμπειρογνώμονων. Το ΓΜ πεδίου επικυρώνεται στην πράξη, διότι μέσω της γλώσσας krDSL εξασφαλίζεται ότι αναπαριστά το ΓΠ ενδιαφέροντος με τρόπο που έχει αποδειχθεί πρακτικός και αποτελεσματικός για τους εμπειρογνώμονες σε ένα ρεαλιστικό πλαίσιο εφαρμογής (π.χ., μέσω των προδιαγεγραμμένων σεναρίων χρήσης).

3.7.2. Διαισθητικότητα

3.7.2.1 Περιγραφή

Η M-krDSL εμπλέκει τους εμπειρογνώμονες πεδίου στην ομάδα ΜΓ δίνοντάς τους πρωταγωνιστικό ρόλο, αφού συμμετέχουν σε διαδικασίες τις οποίες κατανοούν πλήρως και αισθάνονται οικίες. Η πιο χαρακτηριστική περίπτωση είναι η ενεργή εμπλοκή των εμπειρογνώμονων στην ανάπτυξη μηχανισμών έκφρασης πληροφορίας στο πλαίσιο του ΓΠ ενδιαφέροντος. Τέτοιοι μηχανισμοί μπορούν να είναι οπτικές γλώσσες (π.χ., διαγραμματικές ή σημειογραφικές) ή άλλες μορφές οπτικοποίησης οι οποίες δύνανται να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη σχετικών εφαρμογών πεδίου. Στο πλαίσιο της M-krDSL, η δουλειά πάνω σε τέτοιες διαισθητικές διαδικασίες έχει σημαντική επίδραση στη διαδικασία



ανάπτυξης του ΓΜ πεδίου, το οποίο συνιστά ένα τεχνικό προϊόν που οι εμπειρογνώμονες δεν είναι σε θέση –και δεν προβλέπεται να είναι σε θέση– να κατανοήσουν ή να εποπτεύσουν.

3.7.2..2 Τεκμηρίωση

Η ροή εργασιών της M-krDSL έχει θεμελιωθεί με βάση μια φιλοσοφική προσέγγιση γνωστή ως *κείμενη αντίληψη (situated cognition)* [82], η οποία αναφέρεται στο πώς η διαισθητικότητα του εμπειρογνώμονα όσον αφορά στην αντίληψη της γνώσης μπορεί να καταστεί προσβάσιμη στο πλαίσιο της διαδικασίας ΑΓ. Επιπλέον, στο πλαίσιο της M-krDSL, χρησιμοποιούνται εκτενώς οπτικές τεχνικές με σκοπό την εκμαίευση γνώσης: τεχνικές που οι εμπειρογνώμονες κατέχουν μια διαισθητική ικανότητα να εφαρμόζουν ιδιαίτερα αποτελεσματικά. Έτσι, η M-krDSL αποτελεί σε μεγάλο βαθμό μια διαισθητική μεθοδολογία, ιδιαίτερα όσον αφορά στα μη τεχνικά μέλη της ομάδας ΜΓ, δηλαδή στους εμπειρογνώμονες πεδίου.

Σύμφωνα με τη θεωρία της κείμενης αντίληψης, όταν δουλεύουμε στο πλαίσιο της ΓΑ, αυτό που κάνουμε στην πραγματικότητα, λόγω ελλιπούς ενσυνείδητης αντίληψης και εποπτείας της υπονοούμενης γνώσης μας και των διαισθητικών νοητικών διεργασιών μας, είναι να δίνουμε ερμηνεία στις διάφορες λύσεις *αφού* φτάσουμε σε αυτές, με βάση το συγκείμενό τους. Οι ερμηνείες αυτές γίνονται συνειδητά, και βασίζονται στην ικανότητά μας να αναγνωρίζουμε διαφορές που προκύπτουν όταν τοποθετούμε το ίδιο σύνολο δεδομένων σε διαφορετικά συγκείμενα. Ουσιαστικά, η κείμενη αντίληψη παρέχει τη διακριτική ικανότητα συσχέτισης των διαφορετικών ερμηνειών με τα *διαφοροποιητικά* χαρακτηριστικά των αντίστοιχων συγκειμένων. Κατ' αναλογία, στο πλαίσιο της ΑΓ, η θεωρία της κείμενης αντίληψης υποδηλώνει ότι απαιτείται συστηματική διερεύνηση ενός



ΓΠ, δημιουργώντας διαφορετικά συγκεκριμένα και κάνοντας μέσα σε αυτά διαφοροποιημένες επιλογές, αναδεικνύοντας έτσι σταδιακά τα χαρακτηριστικά του ΓΠ.

Παρακάτω, θα δείξουμε ότι η επιτέλεση ΑΓ στο πλαίσιο της M-krDSL είναι συμβατή με τη θεωρία της κείμενης αντίληψης. Η M-krDSL παρέχει μια συστηματική διαδικασία εκτενούς διερεύνησης ενός ΓΠ με σκοπό την ανεύρεση διαφοροποιητικών χαρακτηριστικών (με την έννοια που περιγράψαμε παραπάνω) ως εξής: (α) η διαδικασία ανάπτυξης της γλώσσας krDSL απαιτεί συνεχή δημιουργικότητα και αναθεώρηση των επί μέρους εκφραστικών μηχανισμών της (αυτό αντιστοιχεί στη *διερεύνηση*, στο πλαίσιο της κείμενης αντίληψης), (β) σκοπός της αναθεώρησης είναι η επίτευξη υψηλής σαφήνειας και εκφραστικότητας (αυτό αντιστοιχεί στη *διαφοροποίηση*, στο πλαίσιο της κείμενης αντίληψης), (γ) η πρόοδος ανάπτυξης μετριέται σε σχέση με τις εκφραστικές ανάγκες των εμπειρογνώμων και σύμφωνα με την εκτίμησή τους για το κατά πόσο ένας εκφραστικός μηχανισμός είναι αποτελεσματικός (αυτό αντιστοιχεί στην *αξιοποίηση της διαίσθησης του εμπειρογνώμονα*, στο πλαίσιο της κείμενης αντίληψης), και (δ) το αποτέλεσμα είναι ένας πλήρως κατανοητός, ρητός μηχανισμός έκφρασης (αυτό αντιστοιχεί στην *κατασκευή μοντέλου*, στο πλαίσιο της κείμενης αντίληψης). Συμπερασματικά, η M-krDSL είναι συμβατή με τη θεωρία της κείμενης αντίληψης, μιας φιλοσοφικά ανεπτυγμένης θεωρίας που αφορά στην πρόσβαση στη διαισθητική αντίληψη. Επιπλέον, οι εμπειρογνώμονες αντιλαμβάνονται με διαισθητικό τρόπο τη διαδικασία ανάπτυξης της γλώσσας krDSL, αφού η διαδικασία αυτή έχει νόημα ως διαδικασία διερεύνησης και τεκμηρίωσης του ΓΠ ενδιαφέροντος ανεξάρτητα και πέρα από το πλαίσιο ενός έργου ΜΓ, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους ΑΓ (laddering, ταξινόμηση καρτών, κλπ) που συνήθως φαίνονται ανοίκειες στους εμπειρογνώμονες [84].

Στη συνέχεια, θα επιχειρηματολογήσουμε σχετικά με τη συνεισφορά της οπτικοποίησης στη διαισθητικότητα της μεθοδολογίας. Οι εμπειρογνώμονες είναι σε θέση



να κρίνουν διαισθητικά και με μεγάλη ακρίβεια το κατά πόσο μια οπτικοποίηση εκφράζει την υπονοούμενη γνώση τους, παρότι δεν δύνανται να προσδιορίσουν ρητά αυτή τη γνώση. Το γεγονός αυτό απορρέει άμεσα από τη φύση της οπτικοποίησης: ακόμα κι όταν δεν μπορούμε να εκφράσουμε ορισμένες ιδέες διατυπώνοντάς τις ρητά, μπορούμε να το επιτύχουμε μέσω μιας κατάλληλης απεικόνισης. Αυτό το επιχείρημα μπορεί να διατυπωθεί και με όρους *νοητικής αποτελεσματικότητας (cognitive effectiveness)* μιας οπτικοποίησης [101], την οποία αποτελεσματικότητα μπορούμε να αποτιμήσουμε διαισθητικά, ακόμα και όταν η οπτικοποίηση αναπαριστά υπονοούμενη γνώση, δηλαδή γνώση η οποία δεν δύναται να αναπαρασταθεί ρητά με διαφορετικό τρόπο. Η νοητική αποτελεσματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μετρική για την αποτίμηση της (σταδιακά βελτιούμενης) ποιότητας της γλώσσας krDSL. Η M-krDSL αξιοποιεί την ανθρώπινη ικανότητα διαισθητικής αντίληψης οπτικών αναπαραστάσεων, παρέχοντας διαδικασίες σταδιακής και διερευνητικής ανάπτυξης οπτικοποιήσεων ως θεμελιακό στοιχείο της. Έτσι, στο πλαίσιο της ΑΓ, οι εμπειρογνώμονες αντιλαμβάνονται τη δουλειά τους σε μεγάλο βαθμό ως διαισθητική, αφού τα χειροπιαστά αποτελέσματα αυτής της δουλειάς συνιστούν οπτικές αναπαραστάσεις.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η M-krDSL περιλαμβάνει οπτικές αναπαραστάσεις σε δύο πολύ σημαντικά επίπεδα. Πρώτον, η γλώσσα krDSL καθ' εαυτήν είναι οπτική (σημειογραφία, διάγραμμα ή άλλου είδους οπτικοποίηση). Δεύτερον, οι εφαρμογές που βασίζονται στη γλώσσα krDSL (και που αναπτύσσονται παράλληλα με αυτή) παράγουν ως δεδομένα εξόδου οπτικοποιήσεις (π.χ., οπτικοποίηση πληροφορίας/γνώσης, διαγράμματα, κινούμενη εικόνα). Η επιχειρηματολογία που παραθέσαμε παραπάνω, η οποία τεκμηριώνει τον τρόπο με τον οποίο η M-krDSL αξιοποιεί τη διαισθητικότητα των εμπειρογνομώνων, αναφέρεται και στα δύο αυτά επίπεδα, και ιδιαίτερα στη μεταξύ τους συνέργεια: οι εμπειρογνώμονες εισάγουν δεδομένα στις



εφαρμογές μέσω της γλώσσας krDSL, λαμβάνουν οπτικοποιήσεις ως δεδομένα εξόδου, και έτσι μπορούν να αποτιμήσουν διαισθητικά την ποιότητα των δεδομένων εξόδου.

3.7.3. Ποιοτική Συνεργασία

3.7.3..1 Περιγραφή

Η M-krDSL υποστηρίζει και ενθαρρύνει τη *διεπιστημονική* συνεργασία μεταξύ εμπειρογνομόνων πεδίου και μηχανικών γνώσης, μέσω της από κοινού ανάπτυξης της γλώσσας krDSL.

3.7.3..2 Τεκμηρίωση

Η γλώσσα krDSL, ως κώδικας επικοινωνίας ανάμεσα στους εμπειρογνώμονες και στους μηχανικούς γνώσης, επιτρέπει την *ενοποιητική (integrative)* συνεργασία στον πυρήνα της μεθοδολογίας. Όπως έχει αναφερθεί, μια γλώσσα krDSL συνιστά ένα μοντέλο αφενός εκ προδιαγραφής τυποποιήσιμο (και άρα τεχνικά επεξεργάσιμο), αφετέρου πλήρως κατανοήσιμο σε ανθρώπινο επίπεδο. Οι εμπειρογνώμονες και οι μηχανικοί αναπτύσσουν τη γλώσσα krDSL από κοινού και εξίσου, αλλά από διαφορετική σκοπιά: οι μεν εμπειρογνώμονες θέτουν ως προτεραιότητα την αρτιότητα, την εκφραστικότητα και τη διαισθητικότητα της γλώσσας, οι δε μηχανικοί εστιάζουν στη βελτιστοποίηση της δομής της, ενώ φροντίζουν να παραμένει τεχνικά επεξεργάσιμη. Επειδή οι εμπειρογνώμονες κατανοούν πλήρως τη γλώσσα, στην ουσία οδηγούν την ανάπτυξή της, ενώ οι μηχανικοί περισσότερο εμποτεύουν τις τεχνικές πτυχές της διασφαλίζοντας ότι θα παραμείνει τυποποιήσιμη, και άρα τεχνικά αξιοποιήσιμη, ώστε να αποτελέσει εν τέλει βάση για την ανάπτυξη γνωσιοκεντρικών εφαρμογών πεδίου. Το γεγονός ότι οι μηχανικοί οδηγούν μια πολύ λιγότερο διαισθητική διαδικασία (εφόσον το κατεξοχήν διαισθητικό κομμάτι της διαδικασίας βρίσκεται πλέον στα χέρια των εμπειρογνομόνων) αποτελεί πολύ σημαντική



βελτίωση σε σύγκριση με τις υπάρχουσες πρακτικές ΑΓ. Έτσι, η γλώσσα krDSL, ως διεπαφή ανάμεσα στα ετερόκλητα μέλη της ομάδας ΜΓ, επιτάσσει τη *διεπιστημονική* συνεργασία της ομάδας, προχωρώντας δηλαδή πέρα από το πολυεπιστημονικό επίπεδο συνεργασίας.

3.7.4. Συστηματική Πρόσβαση σε Υπονοούμενη Γνώση

3.7.4..1 Περιγραφή

Η M-krDSL ακολουθεί μια άρτια επιστημονικά πειραματική διαδικασία εκμαίευσης υπονοούμενης γνώσης. Ως αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας παράγεται ένα ΓΜ υψηλής ποιότητας που αποτυπώνει διεξοδικά την υπονοούμενη γνώση του εμπειρογνώμονα. Ακολουθώντας την εν λόγω διαδικασία, η ομάδα ΜΓ εργάζεται αποτελεσματικά στην ανάπτυξη της γλώσσας krDSL. Κατόπιν, το ΓΜ πεδίου απορρέει από τη γλώσσα krDSL.

3.7.4..2 Τεκμηρίωση

Η εφαρμογή της M-krDSL συνιστά μια πειραματική διαδικασία κατά την οποία η ομάδα ΜΓ αναπτύσσει έναν γλωσσικό μηχανισμό, τη γλώσσα krDSL, υποθέτοντας ότι καλύπτει πλήρως τις εκφραστικές απαιτήσεις του υπό αναπαράσταση ΓΠ. Κατόπιν, η ομάδα ελέγχει αυτή την υπόθεση χρησιμοποιώντας τη γλώσσα krDSL σε δύο άξονες: πρώτον, για να εκφράσει πληροφορία στο πλαίσιο του ΓΠ προδιαγράφοντας αντιπροσωπευτικά σενάρια χρήσης· δεύτερον, για να υλοποιήσει γνωσιοκεντρικές εφαρμογές οι οποίες μετασχηματίζουν τα δεδομένα εισόδου, που είναι εκφρασμένα με όρους γλώσσας krDSL, σε δεδομένα εξόδου (π.χ., οπτικά). Όσον αφορά στον δεύτερο άξονα, η διαδικασία μετασχηματισμού μπορεί να προσομοιωθεί μέσω δημιουργίας μακετών των αναμενόμενων δεδομένων εξόδου, με τα τεχνικά μέλη της ομάδας να διασφαλίζουν ότι οι μακέτες αντιστοιχούν σε δεδομένα εξόδου που δύνανται να προκύψουν



από την επεξεργασία των δεδομένων εισόδου (με άλλα λόγια, ότι η υλοποίηση των εφαρμογών είναι τεχνικά εφικτή). Εφόσον οι εμπειρογνώμονες θεωρήσουν αφενός ότι μπορούν να εκφραστούν πλήρως μέσω της γλώσσας krDSL (δηλ. με αρτιότητα, σαφήνεια και στον επιθυμητό βαθμό λεπτομέρειας), και αφετέρου ότι οι εφαρμογές που έχουν υλοποιηθεί (ή σχεδιαστεί μέσω μακετών) παράγουν τα επιθυμητά για αυτούς αποτελέσματα, τότε η αρχική υπόθεση μπορεί να επιβεβαιωθεί με ασφάλεια.

Επιπλέον, τρία από τα υπόλοιπα πλεονεκτήματα της M-krDSL, δηλαδή η εμπλοκή στην πράξη, η ποιοτική συνεργασία και –πρωτίστως– η διαισθητικότητα, συνεισφέρουν σημαντικά στη συστηματική πρόσβαση σε υπονοούμενη γνώση: με βάση τη σχετική επιχειρηματολογία, (α) η έμπρακτη συμμετοχή των εμπειρογνομόνων στις διάφορες διαδικασίες ΜΓ, και ιδιαίτερα στη διαδικασία ΑΓ, (β) η βελτίωση της επικοινωνίας ανάμεσα στα μέλη της ομάδας ΜΓ μέσω της γλώσσας krDSL, που συνεπάγεται ποιοτικότερη συνεργασία, και (γ) ο διαισθητικός τρόπος εμπλοκής των εμπειρογνομόνων στη διαδικασία ΑΓ βοηθούν σημαντικά την πρόσβαση σε υπονοούμενη γνώση.

3.7.5. Μετρησιμότητα

3.7.5.1 Περιγραφή

Η μέτρηση της προόδου ανάπτυξης της γλώσσας krDSL είναι σχετικά απλή, και λειτουργεί ως αντιπροσωπευτική ένδειξη της ευρύτερης προόδου του έργου ΜΓ. Η συσχέτιση του ΓΜ πεδίου με τη γλώσσα krDSL καθιστά ευκολότερη τη μέτρηση της προόδου ανάπτυξης του ΓΜ πεδίου, καθώς και την αποτίμηση της ποιότητας του ΓΜ πεδίου ως προς την *ακρίβεια (accuracy)*, την *ευκρίνεια (clarity)*, την *αρτιότητα (completeness)*, την *περιεκτικότητα (conciseness)* και τη *συνέπειά (coherence)* του [45].



3.7.5..2 Τεκμηρίωση

Η μέτρηση της προόδου ενός έργου ΜΓ δεν είναι εύκολη υπόθεση διότι οι μετρικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτόν τον σκοπό είναι περιορισμένες και μη ακριβείς. Στην M-krDSL, η γλώσσα krDSL είναι εξαιρετικά σημαντική για τη μέτρηση της προόδου του έργου ΜΓ, για τους παρακάτω λόγους. Πρώτον, μπορούμε να μετρήσουμε με ακρίβεια την πρόοδο της γλώσσας krDSL, αφού οι εμπειρογνώμονες έχουν πολύ καλή αντίληψη του βαθμού στον οποίο η γλώσσα καλύπτει τις απαιτήσεις τους σε κάθε κύκλο εργασιών, αλλά και διότι συνιστά ένα αμιγώς ρητό μοντέλο (δηλ. που δεν υποκρύπτει λανθάνουσα πολυπλοκότητα), και ως εκ τούτου μπορεί να μετρηθεί ξεκάθαρα ως προς το μέγεθός του και τον βαθμό ολοκλήρωσής του. Δεύτερον, η γλώσσα krDSL μας βοηθά να αντιληφθούμε καλύτερα το εύρος του υπό αναπαράσταση ΓΠ, και επομένως έχουμε σαφέστερη ιδέα της δουλειάς που απομένει για την ολοκλήρωση της γλώσσας, και κατ' επέκταση για την ολοκλήρωση του ΓΜ πεδίου (αφού το ΓΜ πεδίου απορρέει από τη γλώσσα). Τρίτον, η ροή εργασιών της M-krDSL διασφαλίζει ότι η πρόοδος ανάπτυξης του ΓΜ πεδίου καθώς και των γνωσιοκεντρικών εφαρμογών συμβαδίζει με την πρόοδο ανάπτυξης της γλώσσας krDSL. Επομένως, η μέτρηση της προόδου ανάπτυξης της γλώσσας krDSL αποτελεί μια καλή μετρική της προόδου του έργου ΜΓ στο σύνολό του. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η γλώσσα krDSL επιτρέπει στους ίδιους τους εμπειρογνώμονες να κάνουν αυτές τις αποτιμήσεις αξιοποιώντας την εμπειρογνωσία τους.

Όσον αφορά στο ΓΜ πεδίου καθ' εαυτό, διάφορες ποιότητες της ΓΑ, όπως η ακρίβεια, η ευκρίνεια, η αρτιότητα, η περιεκτικότητα και η συνέπεια, προκύπτουν (τουλάχιστον εν μέρει) μέσω αντιπαραβολής του ΓΜ με το υπό αναπαράσταση ΓΠ. Η ακρίβεια αναφέρεται στον βαθμό στον οποίο το ΓΜ αντικατοπτρίζει την εννοιολόγηση του ΓΠ. Η ευκρίνεια αναφέρεται στον βαθμό στον οποίο ο χρήστης του ΓΜ αντιλαμβάνεται



την ορολογία του μοντέλου ως περιγραφή του ΓΠ. Η αρτιότητα αναφέρεται στον βαθμό στον οποίο το ΓΜ καλύπτει το εύρος του ΓΠ. Η περιεκτικότητα αναφέρεται στον βαθμό συνάφειας των αναπαριστώμενων εννοιών με το ΓΠ. Τέλος, η συνέπεια αναφέρεται στον βαθμό λογικής συνέπειας μεταξύ των αναπαριστώμενων εννοιών καθώς και στον βαθμό συνέπειας της τεκμηρίωσης του ΓΜ [45]. Η γλώσσα krDSL παρέχει στην ομάδα ΜΓ υψηλό βαθμό αντίληψης του ΓΠ σε εννοιολογικό επίπεδο. Έτσι, λόγω του υψηλού βαθμού εννοιολογικής αντιστοιχίας της γλώσσας krDSL με το ΓΜ πεδίου, διευκολύνεται έμμεσα ο έλεγχος του βαθμού αντιστοιχίας της εννοιολόγησης του ΓΠ με το ΓΜ πεδίου. Επομένως, η γλώσσα krDSL συμβάλλει έμμεσα στη μέτρηση όλων των παραπάνω ποιοτήτων ΓΑ.

3.7.6. Ενότητα

3.7.6..1 Περιγραφή

Η γλώσσα krDSL συνιστά ένα κομβικού χαρακτήρα κοινόχρηστο εργαλείο ΜΓ. Η διαδικασία ανάπτυξης της γλώσσας αξιοποιείται με σκοπό τη βελτίωση της συνεργασίας, του σχεδιασμού, της οργάνωσης, της αξιοποίησης πόρων, της μέτρησης προόδου και της αποτελεσματικότητας των εργασιών στο πλαίσιο ενός έργου ΜΓ.

3.7.6..2 Τεκμηρίωση

Η M-krDSL ακολουθεί μια ενιαία διαδικασία ανάπτυξης η οποία περιστρέφεται γύρω από ένα ενοποιητικό εργαλείο, τη γλώσσα krDSL, ως εξής: (α) όλη η δουλειά που επιτελείται συνεισφέρει στην από κοινού ανάπτυξη της γλώσσας krDSL, (β) η κοινή αντίληψη της γλώσσας krDSL από τα μέλη της ομάδας ΜΓ λειτουργεί ως διαμεσολαβητής της αποτελεσματικής συνεργασίας και επικοινωνίας τους, (γ) οι διάφορες εφαρμογές πεδίου χτίζονται πάνω στο ΓΜ πεδίου και στη γλώσσα krDSL, και (δ) οι προδιαγραφές και τα σενάρια χρήσης και αξιολόγησης τόσο του ΓΜ πεδίου όσο και των εφαρμογών πεδίου



διατυπώνονται με όρους γλώσσας krDSL. Βασίζοντας λοιπόν τις διάφορες διαδικασίες ανάπτυξης πάνω στη γλώσσα krDSL, το έργο ΜΓ αποκτά έναν από κοινού προσβάσιμο κεντρικό γνωσιακό πόρο, ο οποίος μπορεί να σχεδιαστεί, να οργανωθεί, να διερευνηθεί και να ελεγχθεί αποτελεσματικά. Αυτή η ενοποιητική πρακτική λειτουργεί καθοριστικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος συμφόρησης κατά την ΑΓ.

3.7.7. Σταδιακή Τυποποίηση

3.7.7.1 Περιγραφή

Σύμφωνα με την M-krDSL, η μοντελοποίηση της εννοιολόγησης του ΓΠ ενδιαφέροντος επιτυγχάνεται δια μέσου της ανάπτυξης της γλώσσας krDSL, σε μια διαδικασία «διαίρει και βασίλευε»: αρχικά, οι εμπειρογνώμονες πεδίου συνεισφέρουν καταλυτικά στην ανάπτυξη της γλώσσας krDSL, ως ενδιάμεσο βήμα αναπαράστασης· κατόπιν, η γλώσσα krDSL συμβάλλει καθοριστικά στην αμιγώς τεχνική μοντελοποίηση, από την οποία προκύπτει το ΓΜ πεδίου.

3.7.7.2 Τεκμηρίωση

Αρχικά, η ομάδα ΜΓ αναπτύσσει τη γλώσσα krDSL με γνώμονα την κάλυψη των εκφραστικών απαιτήσεων του ΓΠ, χωρίς να περιορίζεται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάποιου σχήματος ΓΑ, ενώ τα τεχνικά μέλη της ομάδας καλούνται να διασφαλίζουν συνεχώς ότι η γλώσσα παραμένει τυποποιήσιμη (και άρα τεχνικά επεξεργάσιμη). Έτσι, η εννοιολόγηση των εμπειρογνομόνων αναπαρίσταται υπό μορφή μιας γλώσσας krDSL, μέσω μιας συνεργατικής διαδικασίας στην οποία οι εμπειρογνώμονες συνεισφέρουν καταλυτικά. Η γλώσσα krDSL συνιστά εν τέλει μια ενδιάμεση αναπαράσταση του ΓΠ η οποία μπορεί κατόπιν να τυποποιηθεί εύκολα μέσω κάποιου σχήματος ΓΑ, αλλά και να χρησιμοποιηθεί ως εκφραστικός μηχανισμός.



Με σκοπό να διασφαλιστεί ότι κατά την ανάπτυξή της η γλώσσα krDSL παραμένει τυποποιήσιμη, κάθε κύκλος εργασιών περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα: (α) ανάπτυξη και τεκμηρίωση της γλώσσας krDSL, (β) ανάπτυξη του ΓΜ-krDSL, (γ) ανάπτυξη του ΓΜ πεδίου (δια μέσου του ΓΜ-krDSL), και (δ) ανάπτυξη εφαρμογών πεδίου με βάση το ΓΜ πεδίου, το ΓΜ-krDSL και τη γλώσσα krDSL. Από εκεί και πέρα, η αξιολόγηση και η επικύρωση των εφαρμογών από τους εμπειρογνώμονες επιβεβαιώνει ότι η απαιτούμενη γνώση έχει μοντελοποιηθεί επιτυχώς σε όλα τα επίπεδα αναπαράστασης: στη γλώσσα krDSL ως μηχανισμό έκφρασης πληροφορίας πεδίου (με βάση τον οποίο έχουν αναπτυχθεί οι διεπαφές χρήστη των διάφορων εφαρμογών), στο ΓΜ-krDSL και στο ΓΜ πεδίου. Αυτός ο τρόπος αξιολόγησης ονομάζεται *εφαρμογοστρεφής (application-based)* [99] ή *χρηστοκεντρικός (user-centred)* [100]. Να σημειωθεί ότι εφόσον δεν αναπτυχθούν τουλάχιστον πρωτότυπα εφαρμογών αλλά απλώς μακέτες, η εγκυρότητα αυτού του είδους αξιολόγησης κυμαίνεται προφανώς σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα.

Η διαδικασία ανάπτυξης ενός ΓΜ εγείρει δύο προκλήσεις: (α) τη διασφάλιση ότι το ΓΜ αναπαριστά τη γνώση που απαιτείται για την ανάπτυξη των επιθυμητών εφαρμογών πεδίου, και (β) την αποτελεσματική εφαρμογή ενός σχήματος ΓΑ. Η προσέγγιση «διαίρει και βασίλευε» λειτουργεί ευεργετικά και στις δύο προκλήσεις. Αναφορικά με την πρώτη πρόκληση, η γλώσσα krDSL συνιστά μια ενδιάμεση αναπαράσταση του ΓΠ ενδιαφέροντος η οποία καθοδηγεί τους μηχανικούς γνώσης ώστε να μοντελοποιήσουν πιστά την εννοιολόγηση των εμπειρογνομώνων διότι: (α) η γλώσσα είναι ήδη οργανωμένη και δομημένη σύμφωνα με την εννοιολόγηση των εμπειρογνομώνων (πράγμα που έχουν επικυρώσει οι ίδιοι οι εμπειρογνώμονες), και (β) το krDSL spec παρέχει μια ρητή περιγραφή της σημασιολογίας της γλώσσας, και άρα της σημασιολογίας της εννοιολόγησης των εμπειρογνομώνων, αν και όχι με αυστηρά τεχνικό τρόπο. Επιπλέον, όπως είδαμε παραπάνω, η επικύρωση των εφαρμογών που χτίζονται πάνω στο ΓΜ πεδίου και



αξιοποιούν τη γλώσσα krDSL ως εκφραστικό μηχανισμό συνεπάγεται την επικύρωση του ΓΜ πεδίου καθ' εαυτό.

Αναφορικά με τη δεύτερη πρόκληση, η γλώσσα krDSL παρέχει μια ολοκληρωμένη, δομημένη, ρητή (παρότι μη τυποποιημένη) αναπαράσταση της γνώσης που πρόκειται να μοντελοποιηθεί. Στην περίπτωση που το ΓΜ πεδίου αναπτύσσεται αποκλειστικά μέσω κάποιου σχήματος ΓΑ, η γλώσσα krDSL λειτουργεί ως εννοιολογικό αρχιτεκτονικό σχέδιο βάσει του οποίου θα κατασκευαστεί το ΓΜ πεδίου, καθοδηγώντας έτσι τη μοντελοποίηση. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις που μια εννοιολόγηση δεν μπορεί να αναπαρασταθεί εξολοκλήρου μέσω κάποιου σχήματος ΓΑ. Για παράδειγμα, μια εννοιολόγηση μπορεί να περιλαμβάνει ένα πρόβλημα ταξινόμησης αντικειμένων το οποίο απαιτεί ΣΣ (υπονοώντας υλοποίηση, π.χ., μέσω Οντολογιών), όπου ωστόσο η διαδικασία ταξινόμησης συμπεριλαμβάνει την επεξεργασία δεδομένων των οποίων οι τιμές πρέπει να προσδιοριστούν ως ένα σύνολο γεωμετρικών περιορισμών (υπονοώντας υλοποίηση μέσω μαθηματικής προσομοίωσης). Σε αυτή την περίπτωση, η γλώσσα krDSL λειτουργεί ως αρχιτεκτονικό σχέδιο για την ανάπτυξη ενός υβριδικού μοντέλου. Συγκεκριμένα, η γλώσσα krDSL μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη στη διχοτόμηση του ΓΠ σε υποπεδία, το καθένα με διαφορετικά χαρακτηριστικά και απαιτήσεις μοντελοποίησης (π.χ., ενός εννοιολογικού και ενός υπολογιστικού), καθοδηγώντας επίσης και την ενσωμάτωση των διαφορετικών μοντέλων που θα προκύψουν σε ένα ενιαίο υβριδικό μοντέλο (βλ. και Κεφ. 4.1.1..2).

Συμπερασματικά, η δυνατότητα σταδιακής τυποποίησης που παρέχει η M-krDSL βελτιώνει σημαντικά τις διάφορες εργασίες τεχνικής μοντελοποίησης του ΓΠ.



4. FilMO: Οντολογία Κιν/φικής Σκηνοθεσίας

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το δεύτερο και βασικότερο από τα τρία προϊόντα της παρούσας έρευνας, η οντολογία της κιν/φικής σκηνοθεσίας FilMO¹³. Η FilMO είναι μια τυποποιημένη οντολογία του κιν/φικού ΓΠ, η οποία πραγματεύεται την κιν/φική γνώση από την πρακτική-καλλιτεχνική σκοπιά του σκηνοθέτη. Το σκεπτικό που ενέπνευσε την έρευνα που οδήγησε στη δημιουργία της οντολογίας FilMO είναι ότι ένα ΓΜ του κιν/φικού ΓΠ που υιοθετεί την οπτική γωνία του σκηνοθέτη μπορεί να τροφοδοτήσει ένα ευρύ φάσμα γνωσιοκεντρικών εφαρμογών πεδίου, οι οποίες θα πραγματεύονται διαφορετικές πτυχές και στάδια της σκηνοθετικής διαδικασίας, καλύπτοντας διαφορετικές πληροφοριακές ανάγκες, και εμπλέκοντας διαφορετικά μέλη του προσωπικού παραγωγής (πέραν του σκηνοθέτη, ο οποίος κατέχει κομβικό ρόλο και αποτελεί πάντα εν δυνάμει χρήστη). Τέτοιες εφαρμογές θα μπορούσαν να είναι, για παράδειγμα, η αυτόματη δημιουργία κινούμενου εικονοσεναρίου, η εκτίμηση της πολυπλοκότητας μιας κιν/φικής παραγωγής, η παραγωγή μεταδεδομένων μεταπαραγωγής (post-production), κ.α. Στόχος της FilMO λοιπόν είναι να παράσχει μια κοινόχρηστη τυποποιημένη εννοιολόγηση του κιν/φικού ΓΠ, πάνω στην οποία θα χτιστούν σχετικές εφαρμογές ποικίλου σκοπού που θα βοηθήσουν σημαντικά το δημιουργικό έργο του σκηνοθέτη και θα βελτιώσουν την επικοινωνία του με το προσωπικό παραγωγής, χωρίς ωστόσο να περιορίζουν την καλλιτεχνική του ελευθερία. Προς αυτή την κατεύθυνση, η FilMO παρέχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά και λειτουργίες:

- Το γνωσιακό φάσμα της FilMO καλύπτει τις διάφορες πτυχές καθώς και τα βασικά στάδια της κιν/φικής σκηνοθεσίας, μέσα από την καλλιτεχνική και συνάμα πρακτική οπτική γωνία του σκηνοθέτη.

¹³ «Filmo» ονομαζόταν μια παλιά σειρά μοντέλων κιν/φικής κάμερας 16-mm που κατασκεύαζε η *Bell & Howell Company*.



- Σύμφωνα με την M-krDSL, η FilMO αναπτύχθηκε παράλληλα και σε στενή αντιπαραβολή με τη διαδικασία σημασιολογικής τυποποίησης της σημειογραφίας DN¹⁴, η οποία αξιοποιήθηκε ως γλώσσα krDSL (βλ. Κεφ. 3.3.2). Ως αποτέλεσμα, η ανάπτυξη της FilMO καθοδηγήθηκε σημασιολογικά από μια καλλιτεχνική σκηνοθετική γλώσσα υψηλής εκφραστικότητας (βλ. Κεφ. 3.1.2).
- Η FilMO έχει δομηθεί σε δύο οντολογικά στρώματα: εκτός από την οντολογία πεδίου (το βασικό οντολογικό στρώμα), το DN έχει επίσης τυποποιηθεί υπό μορφή οντολογίας, η οποία είναι ενσωματωμένη στη FilMO ως ένα διακριτό, ταξινομικά ανεξάρτητο οντολογικό στρώμα.
- Η οντολογία του DN συνιστά *μετα-μοντέλο* του κιν/φικού ΓΠ, και βασικό στόχο έχει να εξυπηρετήσει αφενός τη στιγμιοτυποποίηση της FilMO, αφετέρου τη λειτουργικότητά της σε επίπεδο ΣΣ. Για τον λόγο αυτόν, είναι στενά διασυνδεδεμένη σε σημασιολογικό επίπεδο με την οντολογία πεδίου.
- Μέσω της οντολογίας DN, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν τη FilMO δύνανται να αποθηκεύουν σε αυτή πληροφορία σκηνοθετικού σχεδιασμού που έχει σημειογραφηθεί με όρους DN. Η αξιοποίηση του DN για τον σκοπό αυτόν διασφαλίζει μια μέθοδο εισαγωγής δεδομένων χρήστη η οποία συνάδει με τον τρόπο σκέψης του σκηνοθέτη. Κατόπιν, οι εφαρμογές μπορούν να επιτελούν σημασιολογική ανάλυση της αποθηκευμένης πληροφορίας, υλοποιώντας και εφαρμόζοντας πάνω σε αυτή ΣΣ σύμφωνα με τους σκοπούς τους.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ανάπτυξη της FilMO βασίστηκε στην προτεινόμενη μεθοδολογία M-krDSL. Με σκοπό την εννοιολογική μοντελοποίηση του κιν/φικού ΓΠ από

¹⁴ Η FilMO αναπτύχθηκε μετά το πέρας του έργου ANSWER. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξή της δεν έγινε παράλληλα με την ανάπτυξη του DN (ως γλώσσας krDSL) αλλά μόνο παράλληλα με την τυποποίησή του. Συνεπώς, η M-krDSL εφαρμόστηκε μερικώς για την ανάπτυξη της FilMO.



τη σκοπιά του σκηνοθέτη, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη υιοθέτησης μιας ευέλικτης μεθοδολογίας, όπως η M-krDSL, δεδομένων των πολλαπλών πτυχών της κιν/φικής σκηνοθεσίας (βλ. Κεφ. 3.1), καθώς επίσης και του μεγάλου βαθμού αλληλοσυσχέτισής τους, που αυξάνει σημαντικά την πολυπλοκότητα της διαδικασίας ΑΓ.

Πριν προχωρήσουμε στην κυρίως παρουσίαση της προτεινόμενης οντολογίας, θεωρούμε σκόπιμο να παραθέσουμε κάποιους πρώιμους προβληματισμούς μας [15] σε σχέση με την καταλληλότητα των Οντολογιών ως μεθόδου ΓΑ για την αναπαράσταση της κιν/φικής σκηνοθετικής γνώσης, οι οποίοι αφενός μας έκαναν να στραφούμε προς μια ευέλικτη μεθοδολογική προσέγγιση, αφετέρου συνέβαλαν στον προσδιορισμό του χαρακτήρα της FilMO και στον σχεδιασμό της βασικής δομής και λειτουργικότητάς της.

4.1. Αναπαράσταση Σκηνοθετικής Γνώσης μέσω Οντολογιών

Η εις βάθος ανάλυση του ΓΠ της κιν/φικής σκηνοθεσίας στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας ανέδειξε ορισμένους προβληματισμούς σχετικά με την καταλληλότητα των Οντολογιών ως μεθόδου ΓΑ για την εννοιολογική μοντελοποίηση του εν λόγω ΓΠ. Οι προβληματισμοί αυτοί τροφοδότησαν την περαιτέρω διερεύνηση της ιδιαίτερης φύσης και των εκφραστικών χαρακτηριστικών και απαιτήσεων της κιν/φικής σκηνοθετικής γνώσης. Σκοπός της διερεύνησης ήταν η εύρεση της αποτελεσματικότερης μεθόδου ΓΑ καθώς και των καταλληλότερων τεχνικών επιλογών υλοποίησης με σκοπό την άρτια τεχνική αναπαράσταση του ΓΠ της κιν/φικής σκηνοθεσίας. Η διερεύνηση αυτή επιτεύχθηκε *έμμεσα*, μέσω της διερεύνησης με σκοπό τη σημασιολογική τυποποίηση του DN.

4.1.1. Σημασιολογική Τυποποίηση του DirectorNotation

Ως καλλιτεχνική αναπαράσταση, το DN είναι φυσικό να κληρονομεί τις ιδιαιτερότητες και τα εκφραστικά χαρακτηριστικά της γνώσης που αναπαριστά. Ως εκ



τούτου, η συζήτηση που ακολουθεί και που αφορά (α) στα τεχνικά και εκφραστικά ζητήματα που σχετίζονται με τη σημασιολογική τυποποίηση του DN, και (β) στην καταλληλότητα των Οντολογιών ως μεθόδου ΓΑ για αυτόν τον σκοπό, αντανακλά κατ' επέκταση τις τεχνικές και εκφραστικές ιδιαιτερότητες και απαιτήσεις της μοντελοποίησης της κιν/φικής σκηνοθετικής γνώσης καθ' εαυτήν.

4.1.1.1 Δηλωτική & Διαδικασιακή Προσέγγιση

Το πρώτο βήμα προς τη σημασιολογική τυποποίηση του DN ήταν να επιλέξουμε την καταλληλότερη μέθοδο τεχνικής αναπαράστασης. Κατόπιν έρευνας, στραφήκαμε στις Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού, ως την πλέον εξελιγμένη και διαδεδομένη μέθοδο ΓΑ (βλ. Κεφ. 2.5), ακολουθώντας μια *δηλωτική* προσέγγιση μοντελοποίησης. Εναλλακτικά, θα μπορούσαμε να ακολουθήσουμε μια *διαδικασιακή* προσέγγιση, χρησιμοποιώντας, για παράδειγμα, μια αντικειμενοστρεφή γλώσσα προγραμματισμού. Ωστόσο, η δηλωτική προσέγγιση φάνηκε σε πρώτο χρόνο πολύ πιο συμβατή με τον περιγραφικό χαρακτήρα του DN και το επίπεδο εκφραστικής ελευθερίας που παρέχει.

Αρχικά, αναζητήσαμε ανάμεσα σε υπάρχουσες οντολογίες κάποια που θα μπορούσε να καλύψει τις εκφραστικές απαιτήσεις του DN. Για να θεωρηθεί ένα ΓΜ κατάλληλο για την τεχνική αναπαράσταση του DN, θα πρέπει να καλύπτει όλες τις πτυχές της σκηνοθετικής γνώσης (κινηματογράφηση, σύνθεση πλάνου, μοντάζ, κλπ), και μάλιστα από τη σκοπιά του σκηνοθέτη ως καλλιτεχνικού δημιουργού. Όπως θα δούμε αναλυτικά στο Κεφ. 4.2, μετά από εκτενή έρευνα προέκυψε ότι μέχρι τώρα δεν έχει αναπτυχθεί κάποια οντολογία η οποία θα ήταν σε θέση να καλύψει το προαναφερθέν γνωσιακό φάσμα, πολλώ δε μάλλον στο εκφραστικό επίπεδο που απαιτεί το DN. Το επόμενο λογικό βήμα ήταν να εξετάσουμε το ενδεχόμενο δημιουργίας μιας νέας οντολογίας για αυτόν τον σκοπό. Κατά τον αρχικό πειραματισμό μας με τις Οντολογίες με σκοπό τη σημασιολογική τυποποίηση



του DN ανακαλύψαμε ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα. Το σημαντικότερο όμως πλεονέκτημα εδράζεται στη φύση της ΓΑ εν γένει, αφού ο κατεξοχήν δηλωτικός χαρακτήρας της σκηνοθετικής έκφρασης συνάδει με την εγγενώς δηλωτική φύση της ΓΑ. Η ιδέα είναι ότι, με σκοπό να καταγράψει τις καλλιτεχνικές επιλογές του στο πλαίσιο του σχεδιασμού μιας κιν/φικής σκηνής, ο σκηνοθέτης διατυπώνει λιγότερο ή περισσότερο αφαιρετικές περιγραφικές προτάσεις, αντί να ορίζει την κάθε καλλιτεχνική/τεχνική παράμετρο της σκηνής με την παραμικρή λεπτομέρεια. Για παράδειγμα, στην περίπτωση ενός σημαντικού για την πλοκή διαλόγου, ο σκηνοθέτης θα δώσει μεγάλη έμφαση στην περιγραφή των ηθοποιών, της χωρικής τους σχέσης, καθώς και στις γωνίες λήψης της κάμερας. Ενώ, στην περίπτωση μιας περισσότερο εικαστικής σκηνής, θα εστιάσει κυρίως στη σύνθεση του πλάνου και στην περιγραφή του σκηνικού. Όπως γίνεται αντιληπτό λοιπόν, ο σκηνοθέτης επιλέγει διαισθητικά τον βαθμό λεπτομέρειας περιγραφής των διάφορων φιλικών στοιχείων που απαρτίζουν ένα πλάνο ή μια σκηνή, σύμφωνα με την καλλιτεχνική του πρόθεση. Αυτή η νοητική διεργασία υποστηρίζεται από το DN, και μάλιστα αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά που συγκροτούν την καλλιτεχνική του αρτιότητα ως σκηνοθετικού εργαλείου. Θα πρέπει λοιπόν η μέθοδος τυποποίησης του DN επίσης να υποστηρίζει αυτόν τον τρόπο σκέψης. Πράγματι, μια δηλωτική προσέγγιση, όπως αυτή που παρέχουν οι Οντολογίες, αναδεικνύεται σαφώς καταλληλότερη σε σχέση με μια διαδικασιακή προσέγγιση, αφού ο δηλωτικός τρόπος διατύπωσης της γνώσης/πληροφορίας είναι περισσότερο διαισθητικός, βρίσκεται πιο κοντά στον ανθρώπινο τρόπο σκέψης και επιτρέπει μια *από-πάνω-προς-κάτω (top-down)* περιγραφική προσέγγιση, όπου τα σημαντικότερα στοιχεία μιας περιγραφής καταγράφονται πρώτα, και κατόπιν η περιγραφή εμπλουτίζεται με λεπτομέρεια σε συγκεκριμένα σημεία ενδιαφέροντος κατά το επιθυμητό, εν αντιθέσει με τη διαδικασιακή προσέγγιση, η οποία συνεπάγεται την υλοποίηση εκτενών αλγορίθμων που απαιτούν μεγάλο βαθμό λεπτομέρειας στα δεδομένα



εισόδου ώστε να είναι χρήσιμοι στην πράξη. Επιπλέον, η υιοθέτηση μιας δηλωτικής μεθόδου (δηλ. μιας μεθόδου ΓΑ) για την τεχνική αναπαράσταση του DN εξυπηρετεί τη συντηρησιμότητα του παραχθέντος μοντέλου όσον αφορά σε ενδεχόμενες μελλοντικές αλλαγές στο DN, εν αντιθέσει με μια διαδικασιακή προσέγγιση που θα απαιτούσε εκτενείς προσαρμογές στους διάφορους αλγόριθμους.

Από την άλλη μεριά, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σε μια διαδικασιακή προσέγγιση τυποποίησης (σε αυτή την περίπτωση κάνουμε λόγο για *υλοποίηση* και όχι για *αναπαράσταση*), η γνώση τυποποιείται μέσω διαδικασιών που συμπεριλαμβάνουν αλγόριθμους αριθμητικών υπολογισμών. Προφανώς, μια τέτοια υλοποίηση θα χειριζόταν αποτελεσματικά τα περιγραφικά στοιχεία του DN που απαιτούν κάποιου είδους αριθμητικό/γεωμετρικό υπολογισμό ώστε να προσδιορισθούν (π.χ., ο προσδιορισμός της θέσης ενός ηθοποιού στον χώρο δράσης), ενώ οποιαδήποτε μέθοδος ΓΑ υπολείπεται εγγενώς αυτής της δυνατότητας. Επομένως, στην περίπτωση υιοθέτησης της δηλωτικής προσέγγισης θα πρέπει να παρέχεται κάποιος τρόπος υπολογισμού των ποσοτικών στοιχείων της κατά τα άλλα αφαιρετικής σκηνοθετικής περιγραφής.

Ας εξετάσουμε όμως μερικά παραδείγματα σκηνοθετικής περιγραφής η οποία συμπεριλαμβάνει στοιχεία που απαιτούν υπολογισμό, στο πλαίσιο ενός υποθετικού συστήματος το οποίο μετασχηματίζει σκηνοθετικές οδηγίες σε τριδιάστατο κινούμενο εικονοσενάριο. Όταν ο σκηνοθέτης περιγράφει ένα πλάνο ηθοποιού με τον όρο *σε προφίλ*, δεν εννοεί ότι η γωνία λήψης της κάμερας σε σχέση με το πού είναι στραμμένος ο ηθοποιός πρέπει να είναι ακριβώς 90 μοίρες. Η γωνία λήψης ενός τέτοιου πλάνου ουσιαστικά αντιστοιχεί σε ένα –όχι αυστηρά καθορισμένο αλλά διαισθητικά αντιληπτό– φάσμα αποδεκτών τιμών γύρω από την τιμή των 90 μοιρών. Προφανώς, στην απλή αυτή περίπτωση, ο σκηνοθέτης θα περιγράψει τη γωνία λήψης της κάμερας απλά χρησιμοποιώντας τον αφαιρετικό σκηνοθετικό όρο *σε προφίλ*, και κατόπιν, κατά την



ποσοτικοποίηση της περιγραφής, θα αποδοθεί από το σύστημα η τιμή των 90 μοιρών (ως η μέση τιμή του αποδεκτού φάσματος) χωρίς ο σκηνοθέτης να την έχει προσδιορίσει ρητά. Στην πράξη ωστόσο, η περιγραφή ενός πλάνου συνήθως απαρτίζεται από πολλαπλές τέτοιες οδηγίες, οι οποίες, εφόσον επικαλύπτονται χρονικά, δημιουργούν ένα σύνολο συνθηκών που πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το πρόβλημα ανάγεται σε πρόβλημα ικανοποίησης γεωμετρικών περιορισμών στον τριδιάστατο χώρο. Όπως γίνεται αντιληπτό από το παράδειγμα, είναι πολύ πιθανό αριθμητικοί/γεωμετρικοί περιορισμοί να εμπλέκονται σε σκηνοθετικές περιγραφές οι οποίες διατυπώνονται σε αμιγώς εννοιολογικό επίπεδο (π.χ., «ο ηθοποιός Α είναι κοντά στον ηθοποιό Β», «ο ηθοποιός Γ είναι στο φόντο», κλπ).

Σε ένα άλλο παράδειγμα, ας θεωρήσουμε μια ακολουθία μετατοπίσεων ενός ηθοποιού στον χώρο, η οποία συνιστά μια ενιαία πορεία κίνησης, με τις ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ των μετατοπίσεων να μην είναι προκαθορισμένες αλλά να εξαρτώνται από άλλα στοιχεία της περιγραφής (π.χ., από τη θέση/κίνηση ενός άλλου ηθοποιού ή της κάμερας). Παρότι μια μεμονωμένη ευθύγραμμη κίνηση θα μπορούσε εύκολα να εκφραστεί με δηλωτικό τρόπο, η μοντελοποίηση μιας σύνθετης κίνησης όπως η παραπάνω, η οποία εξαρτάται από πολλαπλούς γεωμετρικούς περιορισμούς, συνιστά ένα πολύπλοκο πρόβλημα που δεν μπορεί να επιλυθεί και να αναπαρασταθεί τεχνικά μέσω μιας αμιγώς δηλωτικής μεθόδου.

Τέλος, αξίζει να παραθέσουμε τον εξής προβληματισμό: Η γνώση που απαιτείται για την άρτια περιγραφή μιας κιν/φικής σκηνής περιλαμβάνει αφενός στοιχεία κατεξοχήν ποσοτικής φύσης (π.χ., η ακριβής απόσταση μεταξύ κάμερας και ηθοποιού), αφετέρου στοιχεία που γίνονται αντιληπτά από τον σκηνοθέτη περισσότερο ως *ποιοτικά* (π.χ., έκφραση προσώπου, στάση σώματος, φωτιστικές συνθήκες). Βέβαια, θεωρητικά, κάθε περιγραφικό στοιχείο που γίνεται διαισθητικά αντιληπτό ως ποιοτικό μπορεί κάλλιστα να



διατυπωθεί και με αμιγώς ποσοτικούς όρους. Για παράδειγμα, μια απλή χειρονομία χαιρετισμού θα μπορούσε να περιγραφεί προσδιορίζοντας για κάθε χρονική στιγμή τις ακριβείς συντεταγμένες και τον χωρικό προσανατολισμό του μπράτσου, του αγκώνα, του καρπού, ακόμα και των δακτύλων. Επίσης, μια συγκεκριμένη φωτιστική συνθήκη που θέλει να επιτύχει ο σκηνοθέτης (π.χ., ατμόσφαιρα μυστηρίου), θα μπορούσε να καθοριστεί επακριβώς μέσω του ποσοτικού προσδιορισμού των διάφορων φωτιστικών παραμέτρων (ένταση, φωτεινότητα, αντίθεση, κλπ). Ωστόσο, είναι προφανές ότι περιγραφικά στοιχεία όπως τα παραπάνω αποκτούν καλλιτεχνική υπόσταση στο επίπεδο της αφαιρετικής ποιοτικής περιγραφής, και όχι μέσω ποσοτικού προσδιορισμού των τεχνικών παραμέτρων τους. Συνεπώς, με σκοπό να διασφαλιστεί η καλλιτεχνική αρτιότητα ενός τεχνικού μοντέλου της κιν/φικής σκηνοθεσίας, θα πρέπει τα διάφορα περιγραφικά στοιχεία να μοντελοποιηθούν διατηρώντας τον ποσοτικό/ποιοτικό χαρακτήρα τους, όπως αυτός γίνεται *δαισθητικά* αντιληπτός κατά περίπτωση από τον σκηνοθέτη. Αυτή η νοητική διεργασία είναι άλλωστε κρίσιμο κομμάτι του σκηνοθετικού τρόπου σκέψης, και άρα πρέπει να ενταχθεί με κάποιον τρόπο σε ένα τεχνικό μοντέλο της κιν/φικής σκηνοθεσίας.

4.1.1.2 Συνδυάζοντας δηλωτικές & διαδικασιακές απαιτήσεις

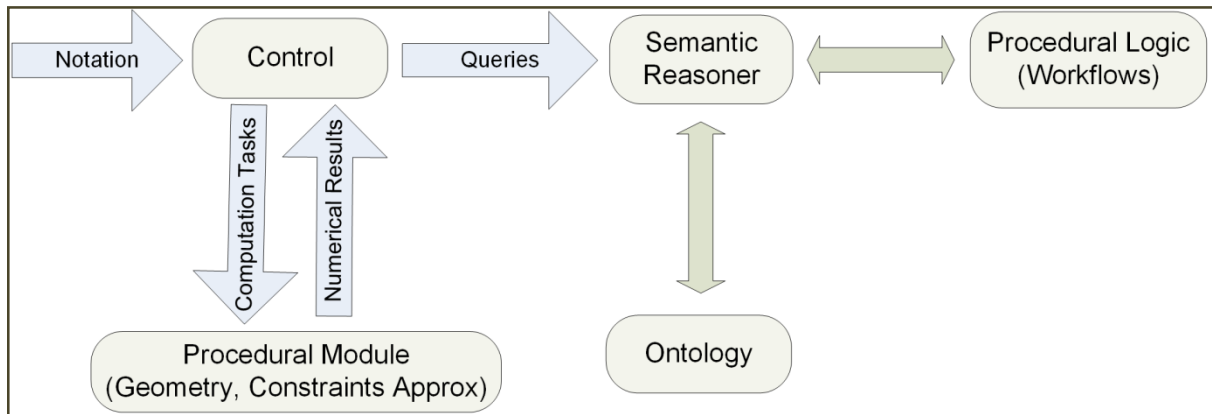
Όπως συζητήθηκε παραπάνω, η γνώση που απαιτείται για την άρτια περιγραφή μιας κιν/φικής σκηνής διακρίνεται (α) στη δηλωτική γνώση, και (β) στη διαδικασιακή γνώση, της οποίας εγγενές συστατικό είναι κάποιου είδους αλγοριθμική/υπολογιστική διαδικασία. Χαρακτηριστικά, στο [102] έχει γίνει μια αξιοσημείωτη προσπάθεια διαχωρισμού των δηλωτικών από τις διαδικασιακές απαιτήσεις του σκηνοθετικού σχεδιασμού. Όπως προαναφέρθηκε, ένα αμιγώς δηλωτικό σύστημα αδυνατεί να επιλύσει προβλήματα υπολογιστικής φύσης. Και από την άλλη μεριά, μια εξ ολοκλήρου διαδικασιακή λύση



στερείται των πλεονεκτημάτων της δηλωτικής προσέγγισης που συζητήθηκαν παραπάνω, σε σχέση με τη φύση και τις ιδιαιτερότητες της κιν/φικής σκηνοθετικής γνώσης.

Μια ενδιάμεση λύση μεταξύ μιας αμιγώς δηλωτικής και μιας αμιγώς διαδικασιακής προσέγγισης είναι η ανάπτυξη ενός ΓΜ (π.χ., μιας οντολογίας) σε συνδυασμό με την υλοποίηση μιας εξωτερικής υπολογιστικής μονάδας η οποία θα αλληλεπιδρά με το ΓΜ, αναλαμβάνοντας τις υπολογιστικές ανάγκες της σκηνοθετικής περιγραφής, και ανατροφοδοτώντας το ΓΜ με τα αποτελέσματα των υπολογισμών. Μέσω αριθμητικών/γεωμετρικών υπολογισμών, η υπολογιστική μονάδα θα παρέχει, όπου απαιτείται, τη δυνατότητα αναγωγής των αφαιρετικών σκηνοθετικών οδηγιών σε συγκεκριμενοποιημένα στιγμιότυπα με συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές, οι οποίες θα πρέπει αφενός να ικανοποιούν τους όποιους περιορισμούς (π.χ., ένα σύνολο γεωμετρικών περιορισμών), και αφετέρου να παράγουν το επιθυμητό καλλιτεχνικό αποτέλεσμα.

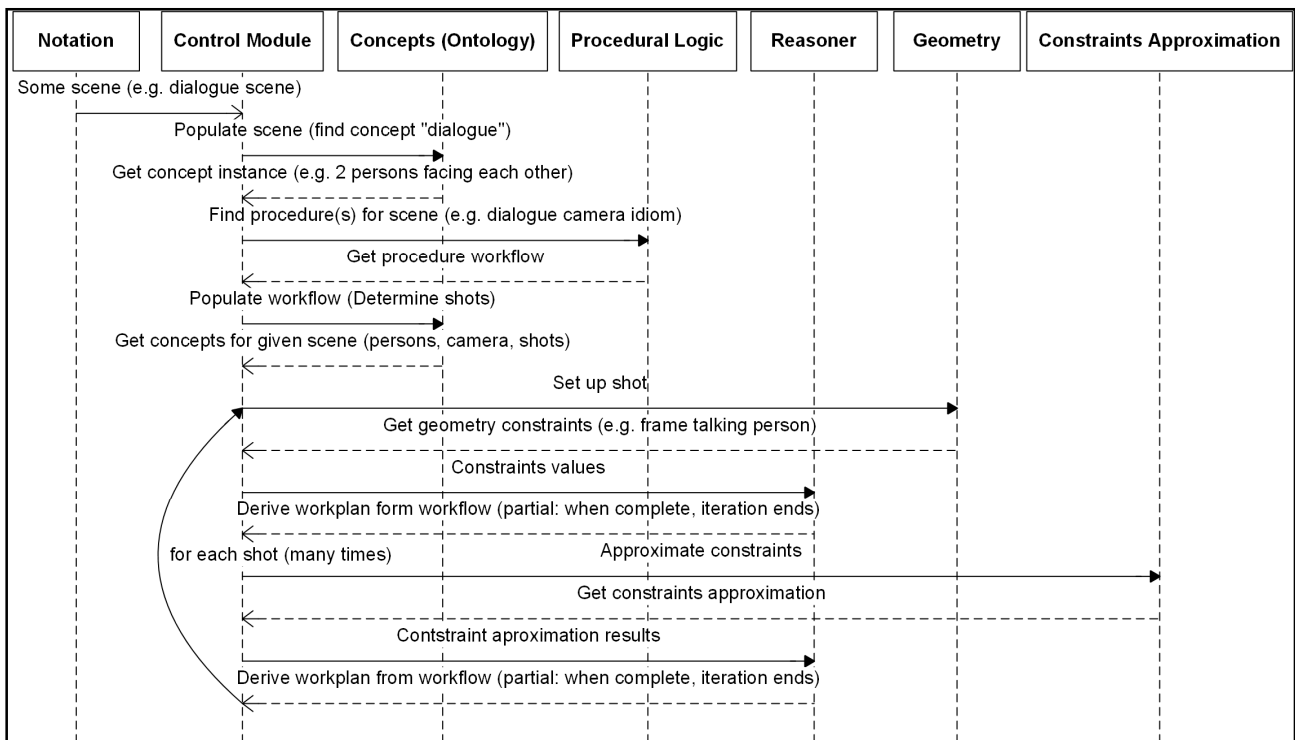
Παρότι μια τέτοια υβριδική λύση φαίνεται αποτελεσματική, αφού φέρνει εις πέρας τόσο τις δηλωτικές όσο και τις διαδικασιακές απαιτήσεις του σκηνοθετικού σχεδιασμού, είναι πιθανό να οδηγήσει στη δημιουργία ενός μη άρτιου ΓΜ. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε ωστόσο να αποφευχθεί με προσεκτικό σχεδιασμό του ΓΜ, καθώς επίσης και με επικάλυψη, σε επίπεδο υλοποίησης, μεταξύ της δηλωτικής-γνωσιακής συνιστώσας (π.χ., μιας οντολογίας σε συνδυασμό με μια μηχανή ΣΣ) και της διαδικασιακής-υπολογιστικής συνιστώσας του συστήματος. Θεωρούμε επίσης ότι, για να λειτουργήσει ομαλά και αποτελεσματικά ένα τέτοιο υβριδικό σύστημα, θα πρέπει οι δύο συνιστώσες να υλοποιηθούν ως δύο διακριτά υποσυστήματα κάτω από μία κοινή αρχιτεκτονική. Ένα γενικής μορφής προτεινόμενο υπόδειγμα μιας τέτοιας αρχιτεκτονικής απεικονίζεται στην Εικόνα 14.



Εικόνα 14: Προτεινόμενη αρχιτεκτονική ενός υβριδικού γνωσιοκεντρικού συστήματος

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 14, για να διασφαλιστεί η λειτουργική αρτιότητα ενός τέτοιου υβριδικού συστήματος, θεωρούμε ότι είναι απαραίτητη η δημιουργία μιας ενδιάμεσης μονάδας ελέγχου, η οποία θα διεκπεραιώνει τη διασύνδεση και αλληλεπίδραση των δύο υποσυστημάτων. Η βασική λογική λειτουργίας μιας τέτοιας μονάδας ελέγχου είναι η ακόλουθη: Η μονάδα δέχεται ως είσοδο, για παράδειγμα, την περιγραφή μιας κιν/φικής σκηνης εκφρασμένης με όρους DN, και προσπαθεί να αντιστοιχίσει στοιχεία της περιγραφής με έννοιες μοντελοποιημένες στο ΓΜ. Στο πλαίσιο αυτής της διαδικασίας, πραγματοποιείται διάκριση μεταξύ των στοιχείων που μπορούν να αντιστοιχιστούν απευθείας με κάποια έννοια (και άρα να επεξεργαστούν άμεσα από τη μονάδα ΣΣ) και των στοιχείων που απαιτούν κάποιου είδους υπολογισμό (και ενδεχομένως την επίλυση κάποιου συστήματος περιορισμών, στην περίπτωση που πολλαπλές συνθήκες απαιτείται να ισχύουν ταυτόχρονα) με σκοπό να προσδιοριστούν πλήρως. Στη δεύτερη περίπτωση, η μονάδα ΣΣ πρέπει να συνεργαστεί με την υπολογιστική μονάδα, μέσω της μονάδας ελέγχου, με σκοπό την ικανοποίηση των υπολογιστικών απαιτήσεων των στοιχείων αυτών, μέσω προσδιορισμού συγκεκριμένων αριθμητικών τιμών. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών επιστρέφονται στη μονάδα ελέγχου, η οποία αναλαμβάνει για κάθε αποτέλεσμα να αναζητήσει μέσα στο ΓΜ την (πιθανόν γενικότερη) έννοια η οποία

προσεγγίζει περισσότερο το (πιθανόν ειδικότερο) αποτέλεσμα. Να σημειωθεί ότι μια τέτοια συνεργασία μεταξύ μονάδας ΣΣ και υπολογιστικής μονάδας μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα σύνθετη σε περιπτώσεις στις οποίες απαιτούνται αρκετές επαναλήψεις (ανάλογα με το πλήθος και την πολυπλοκότητα των περιορισμών), ώστε να προσδιοριστεί ακόμα και ένα μόνο πλάνο φαινομενικά απλής δράσης. Στην Εικόνα 15 απεικονίζεται ενδεικτικά ένα πιθανό σενάριο συνεργασίας μεταξύ των διάφορων μονάδων ενός υβριδικού γνωσιοκεντρικού συστήματος, όπως αυτό που περιγράφηκε παραπάνω, με σκοπό την άρτια τεχνική αναπαράσταση μίας σκηνής διαλόγου μεταξύ δύο ηθοποιών.



Εικόνα 15: Ενδεικτική διαδικασία συνεργασίας των διάφορων μονάδων ενός υβριδικού γνωσιοκεντρικού συστήματος μέσω μιας ενδιάμεσης μονάδας ελέγχου με σκοπό την τεχνική αναπαράσταση μίας σκηνής διαλόγου

Τέλος, ας θεωρήσουμε ένα σενάριο σκηνοθετικού σχεδιασμού μιας σκηνής στην οποία η κάμερα πρέπει σε κάποιο χρονικό σημείο να αποκλίνει από την αρχικά ευθύγραμμη πορεία της λόγω ορισμένων γεωμετρικών περιορισμών. Συγκεκριμένα, ο σκηνοθέτης θέλει να διατηρήσει στο πλάνο την πορεία ενός ηθοποιού που κινείται σε



καμπύλη τροχιά. Ταυτόχρονα, θέλει να επιτύχει την ελάχιστη δυνατή καμπυλότητα στην πορεία της κάμερας ώστε να διατηρήσει στο πλάνο έναν άλλον ηθοποιό (ο οποίος βρίσκεται στο φόντο) όσο το δυνατόν περισσότερο. Προφανώς, για να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα είναι απαραίτητη η χρήση της υπολογιστικής μονάδας, μέσω της οποίας θα προσδιοριστεί η ελάχιστη καμπυλότητα στην κίνηση της κάμερας βάσει των παραπάνω περιορισμών. Αφού υπολογιστεί η ελάχιστη καμπυλότητα και προσδιοριστεί η τελική πορεία της κάμερας από την υπολογιστική μονάδα, τα αποτελέσματα θα εισαχθούν μέσω της μονάδας ελέγχου στη μονάδα ΣΣ, με σκοπό η προσδιορισθείσα πορεία να εκφραστεί με δηλωτικό τρόπο, δηλαδή να αντιστοιχιστεί στο ΓΜ με εκείνη την υποέννοια της έννοιας *Πορεία* που την προσεγγίζει περισσότερο (π.χ., *ΕλαφρώςΚαμπύληΠορεία*). Ωστόσο, στην περίπτωση που η προσδιορισθείσα πορεία είναι αρκετά σύνθετη και δεν μπορεί να προσεγγιστεί επαρκώς από κάποια υπάρχουσα υποέννοια της έννοιας *Πορεία*, θα μπορούσε να τμηθεί σε μικρότερα (απλούστερα) τμήματα ώστε να επιτευχθούν εγγύτερες εννοιολογικές προσεγγίσεις αυτών των τμημάτων, και άρα της συνολικής προσδιορισθείσας πορείας. Εναλλακτικά, το ΓΜ θα μπορούσε να εμπλουτιστεί με την ένταξη μιας νέας υποέννοιας κάτω από την έννοια *Πορεία*, η οποία θα προσεγγίζει ικανοποιητικά την προσδιορισθείσα πορεία.

Θεωρούμε επίσης ότι οι δύο προαναφερθείσες προσεγγίσεις επίλυσης τέτοιων σύνθετων προβλημάτων θα μπορούσαν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά. Θα μπορούσε δηλαδή είτε να επιλέγεται η καταλληλότερη προσέγγιση ανάλογα με την περίπτωση είτε οι δύο προσεγγίσεις να λειτουργήσουν συνδυαστικά, με στόχο τη βελτιστοποίηση της όλης διαδικασίας και την παραγωγή ποιοτικότερων αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, μια σχετικά σύνθετη πορεία κίνησης της κάμερας θα μπορούσε να εκτιμηθεί ως *κοινή* περίπτωση, υπό την έννοια ότι αποτελεί συνήθη κιν/φική πρακτική (φιλμικό ιδίωμα), και επομένως να κριθεί σκόπιμο να ενταχθεί απευθείας στο ΓΜ ως υποέννοια της έννοιας



Πορεία (εξειδικευμένη κατά το ελάχιστο δυνατόν ώστε να έχει τη μέγιστη δυνατή μελλοντική πρακτική αξία), επιτρέποντας έτσι την απευθείας εννοιολογική αντιστοίχιση ανάλογων περιπτώσεων στο μέλλον. Από την άλλη, στην περίπτωση που η πολυπλοκότητα της εν λόγω πορείας δεν αφήνει περιθώρια για μια απευθείας ικανοποιητική εννοιολογική προσέγγιση, θα μπορούσε να εφαρμοστεί πρώτα η μέθοδος κατάτμησης της πορείας σε απλούστερα τμήματα όπως περιγράφηκε παραπάνω (ανάγοντας έτσι το πρόβλημα σε απλούστερα υποπροβλήματα), και κατόπιν να εμπλουτιστεί το ΓΜ με το να ενταχθούν ως υποέννοιες της έννοιας *Πορεία* τα παραχθέντα (απλούστερα) τμήματα της πορείας, αυξάνοντας έτσι τις πιθανότητες απευθείας εννοιολογικών αντιστοιχίσεων στο μέλλον.

Ωστόσο, μπορεί να υπάρξουν περιπτώσεις που, ανεξαρτήτως της πολυπλοκότητας ενός προβλήματος, έχει νόημα να ακολουθηθεί η εννοιολογική προσέγγιση, δηλαδή η απευθείας ένταξη της περίπτωσης ως υποέννοιας στο ΓΜ. Για παράδειγμα, κάποιες περιπτώσεις ιδιαίτερα σύνθετων κινήσεων, όπως το ασύμμετρο περπάτημα ενός μεθυσμένου ή η ακαθόριστη κίνηση της κάμερας που προσομοιώνει έναν σεισμό, μπορούν κάλλιστα να θεωρηθούν φιλμικά ιδιώματα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, θεωρούμε ότι ο προσδιορισμός της ακριβούς πορείας κίνησης μέσω γεωμετρικών υπολογισμών, πέραν του ότι συνιστά μια εξαιρετικά πολύπλοκη υπολογιστική διαδικασία, δεν θα εξυπηρετούσε επί της ουσίας αφού η σημασία και η πρακτική αξία τέτοιων ιδιωματικών περιπτώσεων βρίσκεται καθαρά στο εννοιολογικό επίπεδο, και επομένως αυτό που έχει νόημα είναι η απευθείας ένταξή τους στο ΓΜ ως φιλμικά ιδιώματα (π.χ., ως υποέννοιες μιας ευρύτερης έννοιας με τίτλο *Ασύμμετρη Κίνηση*), αφήνοντας έτσι ερμηνευτική ελευθερία στον ηθοποιό ή στον οπερατέρ.



4.2. Υπάρχοντα Γνωσιακά Μοντέλα της Κιν/φικής Γνώσης

Μετά από εκτενή βιβλιογραφική έρευνα¹⁵, εντοπίστηκαν διάφορες δημοσιευμένες οντολογίες που σχετίζονται με το ευρύτερο κιν/φικό ΓΠ. Η *Movie Ontology* [105] είναι μια OWL οντολογία η οποία παρέχει ένα πλούσιο λεξιλόγιο εννοιών (*Title, Year, Genre, Director*, κλπ) που χρησιμοποιείται για να περιγράψει σημασιολογικά τις διάφορες λεπτομέρειες παραγωγής ενός κιν/φικού έργου, με σκοπό την ανάκτηση της εν λόγω πληροφορίας μέσω σημασιολογικής αναζήτησης. Η *IMDb Ontology* [106] είναι μια RDFS οντολογία που εξυπηρετεί ακριβώς τον ίδιο σκοπό με τη *Movie Ontology* και, όπως μαρτυρά το όνομά της, αποτελεί τη βάση της εννοιολόγησης του ιστότοπου IMDb¹⁶. Οι οντολογίες *Film Ontology* [107] και *Cinema Ontology* [108] επίσης έχουν στόχο τη σημασιολογική περιγραφή των διάφορων στοιχείων μιας κιν/φικής παραγωγής, με τη δεύτερη να παρέχει επιπλέον βαθμό λεπτομέρειας στην καταγραφή/ανάκτηση της εν λόγω πληροφορίας (π.χ., ηθοποιοί που συμμετέχουν σε μια συγκεκριμένη σκηνή). Η *VidOnt* [109] είναι ακόμα μία οντολογία που έχει αναπτυχθεί για τον ίδιο σκοπό, η οποία ωστόσο καλύπτει και άλλες μορφές βίντεο εκτός από κιν/φικά έργα (π.χ., YouTube). Τέλος, το *Loculus* [110] είναι ένα πλαίσιο διαχείρισης κιν/φικής πληροφορίας, το οποίο είναι χτισμένο πάνω σε οντολογία. Το *Loculus* πάει ένα βήμα παραπέρα τη διαδικασία ανάκτησης κιν/φικής πληροφορίας με το να θέτει σε συγκείμενο την ανακτηθείσα πληροφορία βάσει δύο παραμέτρων: *πότε* γίνεται η επερώτηση και *από ποιον*.

Τα οντολογικά μοντέλα που αναφέρθηκαν μέχρι τώρα έχουν σκοπό να περιγράψουν σημασιολογικά τις διάφορες λεπτομέρειες παραγωγής *υπαρχόντων* κιν/φικών έργων, και επομένως μπορούν να εξυπηρετήσουν αποτελεσματικά γνωσιοκεντρικές εφαρμογές

¹⁵ Η έρευνα για τον εντοπισμό υπαρχουσών οντολογιών έγινε με χρήση όλων των διαθέσιμων πηγών που αναφέρονται στα [103-104].

¹⁶ <http://www.imdb.com>



διαχείρισης και ανάκτησης κιν/φικής πληροφορίας που κυμαίνονται στη λογική του ιστότοπου IMDb. Όμως, σε αντίθεση με την προτεινόμενη οντολογία, οι οντολογίες αυτές δεν πραγματεύονται τη σκηνοθετική γνώση *καθ' εαυτήν*, έτσι ώστε να δύνανται να αναπαραστήσουν ένα υπό δημιουργία έργο. Παρακάτω, παραθέτουμε κάποιες αξιοσημείωτες ερευνητικές προσπάθειες που έχουν γίνει προς αυτή την κατεύθυνση.

Το *Deep Film Access Project (DFAP)* [111] προτείνει ένα γνωσιακό πλαίσιο εργασίας (knowledge framework) που αποτελείται από μία ανάλυση ροής εργασιών και μία υποκείμενη οντολογία, με σκοπό τη διερεύνηση της δυνητικής συνεισφοράς των σημασιολογικών τεχνολογιών στην ενσωμάτωση (integration) της πληροφορίας που παράγεται κατά τη διάρκεια μιας κιν/φικής παραγωγής. Ωστόσο, το πλαίσιο εργασίας DFAP αναλύει τη διαδικασία της κιν/φικής παραγωγής από την επαγγελματική σκοπιά του παραγωγού, και όχι από την καλλιτεχνική σκοπιά του σκηνοθέτη – όπως συμβαίνει στην περίπτωση της FilMO.

Η οντολογία *OntoFilm* [112] συνιστά μια προσπάθεια εννοιολογικής μοντελοποίησης της διαδικασίας της κιν/φικής παραγωγής, η οποία προσπάθεια πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου ANSWER, ακολουθώντας μια λογική παρόμοια με αυτή της οντολογίας DFAP που περιγράφηκε παραπάνω. Βασικός σκοπός της *OntoFilm* ήταν η διαχείριση της ροής δεδομένων ανάμεσα στις διάφορες μονάδες λογισμικού του ANSWER, με απώτερο στόχο τη γεφύρωση του *σημασιολογικού χάσματος (semantic gap)* μεταξύ υψηλού επιπέδου σκηνοθετικών εννοιών και χαμηλού επιπέδου δεδομένων μεταπαραγωγής. Παρομοίως με την οντολογία DFAP, η οντολογία *OntoFilm* εστιάζει στην ενσωμάτωση και επαναχρησιμοποίηση δεδομένων στο πλαίσιο της κιν/φικής παραγωγής, και όχι στην οπτική του σκηνοθέτη πάνω στην κιν/φική διαδικασία – εν αντιθέσει με την προτεινόμενη οντολογία. Να σημειωθεί ότι, κατά τη βιβλιογραφική έρευνα που διεξήχθη, δεν βρέθηκε



κάποια δημοσιευμένη έκδοση της OntoFilm ούτε κάποια επόμενη ανακοίνωση (πέραν του [112]) πάνω στην πρόοδο ανάπτυξής της.

Πρέπει επίσης να αναφέρουμε ορισμένες αξιοσημείωτες ερευνητικές προσπάθειες μη οντολογικής μοντελοποίησης της σκηνοθετικής γνώσης, κυρίως υπό μορφή ΣΚ (βλ. Κεφ. 2.4.1). Οι Friedman και Feldman [113-115] προτείνουν το *MARIO*, ένα σύστημα εικονικής σκηνοθεσίας το οποίο τυποποιεί την κιν/φική έκφραση του σκηνοθέτη ως ένα σύνολο κανόνων. Παρουσιάζοντας το σύστημα *Virtual Cinematographer*, οι He, Cohen και Salesin [116] προτείνουν έναν τρόπο αυτόματης παραγωγής οδηγιών κινηματογράφησης, σύμφωνα με τον οποίο η κιν/φική γνώση, εκφρασμένη υπό μορφή φιλικών ιδιωμάτων, κωδικοποιείται ως ένα σύνολο ιεραρχημένων μηχανών πεπερασμένων καταστάσεων (finite-state machines). Στο [117] παρουσιάζεται το *Electronic MovieMaker*, ένα έμπειρο σύστημα που επίσης υλοποιεί έναν εικονικό σκηνοθέτη, συνδυάζοντας τη μοντελοποίηση της σκηνοθετικής γνώσης υπό μορφή κανόνων με προηγμένες τεχνικές ανάκτησης πληροφορίας βάσει περιεχομένου (content-based retrieval). Οι Coyne και Sproat [118] προτείνουν το *WordsEye*, ένα σύστημα εικονικής σκηνοθεσίας το οποίο, αξιοποιώντας τεχνικές επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, μετασχηματίζει ένα κείμενο περιγραφής σκηνοθετικών οδηγιών αρχικά σε μια σημασιολογική αναπαράσταση και κατόπιν σε χαμηλού επιπέδου περιγραφείς (low-level descriptors) μέσω κανόνων οπτικοποίησης. Παρομοίως, οι Elson και Riedl [119] προτείνουν το *Cambot*, ένα σύστημα εικονικής σκηνοθεσίας το οποίο δέχεται ως είσοδο ένα κείμενο σεναρίου και παράγει μια κιν/φική προ-απεικόνιση, μέσω επεξεργασίας φυσικής γλώσσας σε συνδυασμό με μια βάση γνώσης στην οποία βρίσκεται ενταμιευμένη κιν/φική γνώση σε δομοστοιχειωτή (modular) μορφή. Το *Virtual Director* [120] είναι ακόμα ένα σύστημα εικονικής σκηνοθεσίας, το οποίο μετατρέπει ένα κείμενο σεναρίου σε κιν/φική προ-απεικόνιση, έχοντας υλοποιήσει μια βάση γνώσης η οποία περιλαμβάνει στοιχεία και κανόνες κινηματογράφησης. Ανάλογες



προσπάθειες μοντελοποίησης της σκηνοθετικής γνώσης μέσω κανόνων παρουσιάζονται στα [121-125]. Τέλος, στα [126] και [127], βασικά φιλμικά ιδιώματα τυποποιούνται υπό μορφή γλωσσών δηλωτικού χαρακτήρα (ονόματι DCCL και FILM αντίστοιχα). Όλες αυτές οι ερευνητικές προσπάθειες κατά βάση προτείνουν συστήματα εικονικής σκηνοθεσίας και αυτόματου ελέγχου της κάμερας, προς την κατεύθυνση της *υποκατάστασης* του ρόλου του σκηνοθέτη σε ένα στοιχειώδες επίπεδο. Έτσι, το γνωσιακό φάσμα αυτών των συστημάτων περιορίζεται σε πολύ βασικές πρακτικές κινηματογράφησης και μοντάζ, και ως εκ τούτου τα εμπλεκόμενα ΓΜ δεν μπορούν σε καμία περίπτωση να θεωρηθούν πλήρη μοντέλα της σκηνοθετικής γνώσης. Αντίθετα, η προτεινόμενη οντολογία FilmO στοχεύει στην καθ' ολοκληρίαν κάλυψη της σκηνοθετικής γνώσης, σε όλες τις πτυχές και το βάθος της, έτσι ώστε να παράσχει τη δυνατότητα άρτιων αναπαραστάσεων της σκηνοθετικής έκφρασης, με απώτερο στόχο την *υποβοήθηση* –και όχι την *υποκατάσταση*– του σκηνοθέτη μέσω ποικίλων εφαρμογών πεδίου.

Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε κάποια δουλειά ανάλογη με αυτή που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή (στο επίπεδο της αναπαράστασης), η οποία είναι έμμεσα σχετιζόμενη, αφού αφορά σε διαφορετικό (παρότι συγγενές) ΓΠ: στα [128] και [129] γίνεται προσπάθεια σημασιολογικής αναπαράστασης της ανθρώπινης κίνησης μέσω οντολογικής τυποποίησης σημειογραφικών συστημάτων χορού (του *Benesh Movement Notation* και του *Labanotation* αντίστοιχα), με σκοπό την καθοδήγηση της εννοιολογικής μοντελοποίησης του ΓΠ του χορού. Μάλιστα, στο [129] ακολουθείται μια προσέγγιση μοντελοποίησης ανάλογη με αυτή που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή (βλ. Κεφ. 4.4), αφού προτείνεται μια *πολυστρωματική (multi-layered)* οντολογία πεδίου, με το ένα εκ των στρωμάτων να συνιστά την τυποποίηση της σημειογραφίας Labanotation.

Εν κατακλείδι, η βιβλιογραφική έρευνα που διεξήχθη στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής δεν εντόπισε κάποια οντολογία που να αναπαριστά το κιν/φικό ΓΠ πέραν των



σκοπών ανάκτησης/διαχείρισης πληροφορίας από τη σκοπιά της κιν/φικής παραγωγής: που να πραγματεύεται δηλαδή την κιν/φική γνώση από την πρακτική-καλλιτεχνική σκοπιά του σκηνοθέτη, με άλλα λόγια τη σκηνοθετική γνώση καθ' εαυτήν, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της FilMO.

4.3. Τεχνικές Επιλογές Μοντελοποίησης

4.3.1. Γλώσσα Περιγραφής της FilMO

Η επιλογή της κατάλληλης γλώσσας για την περιγραφή μιας οντολογίας αποτελεί σε γενικές γραμμές συνάρτηση δύο βασικών παραμέτρων: (α) των εκφραστικών απαιτήσεων που επιβάλλει ο χαρακτήρας και ο σκοπός της εννοιολόγησης του υπό αναπαράσταση ΓΠ, και (β) των απαιτήσεων από πλευράς ΣΣ. Όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 2.5.4.2, η OWL θεωρείται η πλέον εξελιγμένη και εκφραστική γλώσσα περιγραφής οντολογιών, και συστήνεται επίσημα από το W3C για αυτόν τον σκοπό. Επιπλέον, η OWL παρέχει διάφορες εκδόσεις οι οποίες αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα εκφραστικότητας/καταληκτικότητας, με σκοπό την ικανοποίηση διαφορετικών εκφραστικών/τεχνικών απαιτήσεων. Για τους λόγους αυτούς, ως γλώσσα ανάπτυξης της οντολογίας FilMO επιλέχθηκε η γλώσσα OWL.

Σχετικά με την επιλογή της πιο κατάλληλης έκδοσης της γλώσσας OWL όσον αφορά στη σχέση εκφραστικότητας - καταληκτικότητας, όπως έχει ήδη αναφερθεί, απώτερος στόχος της FilMO είναι να εξυπηρετήσει μια ευρεία γκάμα εφαρμογών πεδίου. Ενώ αρχικά είχαμε στο μυαλό μας κάποιες βασικές εφαρμογές βάσει των οποίων έγινε μια αρχική καταγραφή γενικών απαιτήσεων, θέλαμε το παραχθέν ΓΜ να είναι όσο το δυνατόν πιο ανοιχτό σε νέες εφαρμογές με απαιτήσεις ΣΣ ποικίλου βαθμού εκφραστικότητας, οι οποίες απαιτήσεις προφανώς δεν θα μπορούσαν να προσδιοριστούν εκ των προτέρων. Με άλλα



λόγια, δεν ήταν δυνατόν να προαποφασιστεί και να προδιαγραφεί ο μέγιστος βαθμός εκφραστικότητας του μοντέλου τον οποίο θα απαιτήσουν δυνητικά μελλοντικές εφαρμογές. Για τον λόγο αυτόν, θεωρήθηκε επιτακτική η χρήση μιας γλώσσας υψηλής εκφραστικότητας. Από την άλλη μεριά, η καταληκτικότητα του παραχθέντος μοντέλου συνιστά πάγιο ζητούμενο. Επομένως, για την ανάπτυξη της FilMO επιλέχθηκε η έκδοση *OWL 2 DL* [62], ως η πλέον εξελιγμένη έκδοση της OWL, αφού προσφέρει μέγιστη εκφραστικότητα ενώ ταυτόχρονα εγγυάται την καταληκτικότητα (βλ. Κεφ. 2.5.4..2).

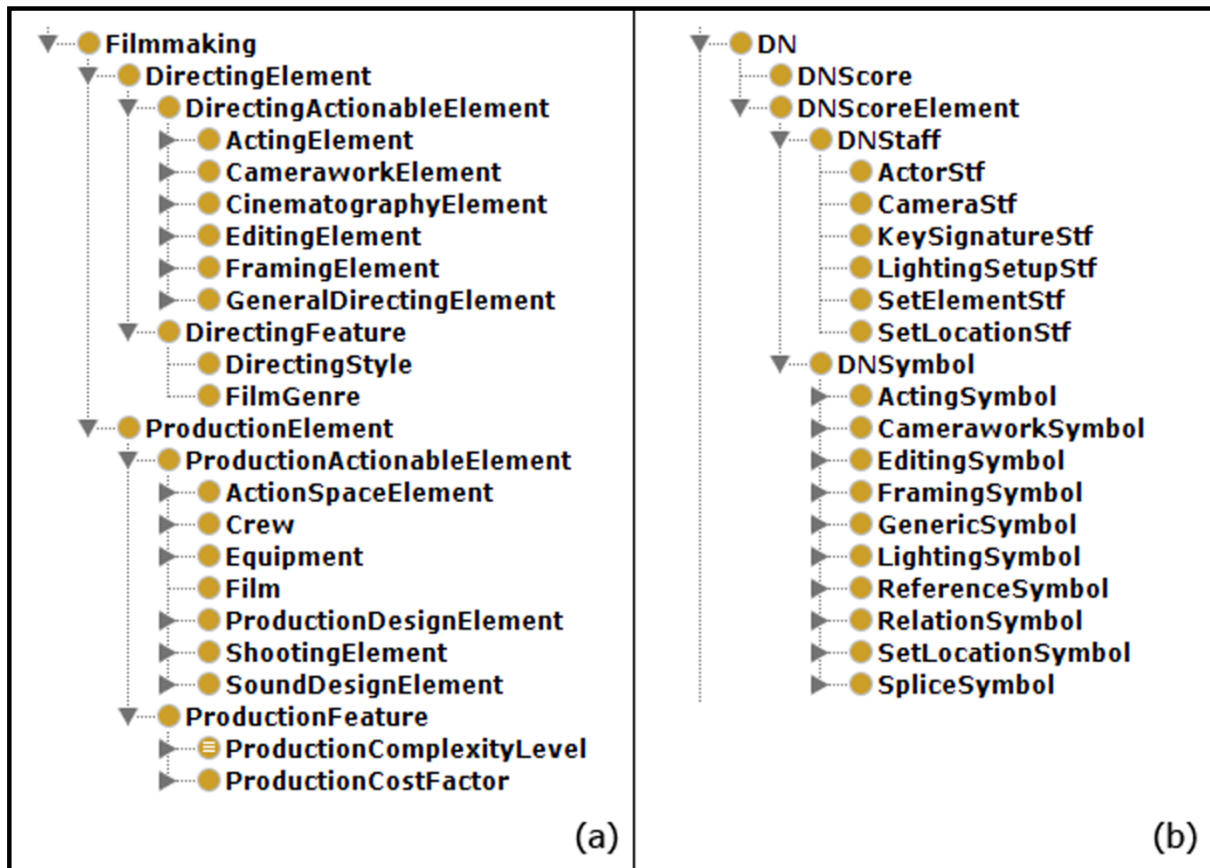
4.3.2. Περιβάλλον Ανάπτυξης της FilMO

Η δημοφιλία που απέκτησαν με τον καιρό οι Οντολογίες ως μέθοδος ΓΑ ενθάρρυνε την ανάπτυξη διάφορων εργαλείων λογισμικού για την κατασκευή οντολογικών ΓΜ. Τα περισσότερα από αυτά τα εργαλεία έχουν αναπτυχθεί πάνω σε συγκεκριμένες οντολογικές γλώσσες, από τις οποίες έχουν κληρονομήσει βασικά χαρακτηριστικά. Από τα πιο δημοφιλή εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών είναι: το *OntoEdit* [130] (το οποίο έχει αντικατασταθεί από το *KAON* [131]), το *OilEd* [132], το *Ontolingua Server* [133], το *OntoSaurus* [134], το *WebODE* [135], το *WebOnto* [136] και το *Protégé-OWL* [137-139]. Μια αναλυτικότερη παρουσίαση των παραπάνω εργαλείων συμπεριλαμβάνεται στο [42].

Μετά από επισκόπηση των προαναφερθέντων εργαλείων καταλήξαμε να χρησιμοποιήσουμε το *Protégé-OWL* [137-139] για την ανάπτυξη της FilMO. Η επιλογή του συγκεκριμένου εργαλείου προέκυψε σε μεγάλο βαθμό ως συνέπεια της επιλογής οντολογικής γλώσσας (βλ. Κεφ. 4.3.1), αφού, όπως μαρτυρά το όνομά του, το *Protégé-OWL* είναι χτισμένο πάνω στην OWL. Επιπλέον, η έρευνα έδειξε ότι το *Protégé-OWL* είναι επί του παρόντος η πιο εξελιγμένη και διαδεδομένη πλατφόρμα ανάπτυξης OWL οντολογιών, και χρησιμοποιείται κατεξοχήν τόσο στην έρευνα όσο και στη βιομηχανία. Ειδικότερα, επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε την έκδοση *Protégé-OWL v4.3*, η οποία

υποστηρίζει την OWL 2, που αποτελεί τη γλώσσα επιλογής μας για την ανάπτυξη της FilMO, όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 4.3.1.

4.4. Συστατικά - Δομή - Μοντελοποίηση



Εικόνα 16: Τα ανώτερα ταξινομικά επίπεδα (a) της οντολογίας πεδίου και (b) της οντολογίας DN, των δύο οντολογικών στρωμάτων της FilMO

Η FilMO συνιστά μια πολυστρωματική (*multi-layered*) οντολογία, αφού έχει δομηθεί σε δύο διακριτά οντολογικά στρώματα: το στρώμα αναπαράστασης του κιν/φικού ΓΠ (εφεξής *οντολογία πεδίου*) και το στρώμα σημασιολογικής τυποποίησης του DN (εφεξής *οντολογία DN*). Ταξινομικά, τα δύο στρώματα είναι απολύτως ανεξάρτητα, σχηματίζοντας δύο ξεχωριστές ιεραρχίες κλάσεων (βλ. Εικόνα 16). Ωστόσο, στο επίπεδο της μοντελοποίησης αλλά και της ΣΣ, τα δύο στρώματα συνδέονται μέσω OWL ιδιοτήτων αντικειμένων (βλ. Κεφ. 4.4.2). Η διασύνδεση των δύο οντολογικών στρωμάτων είναι



μονόδρομη, δηλαδή από την οντολογία DN προς την οντολογία πεδίου. Επομένως, η οντολογία πεδίου «αγνοεί» την ύπαρξη της οντολογίας DN. Στην Εικόνα 16 απεικονίζονται τα ανώτερα ταξινομικά επίπεδα των δύο οντολογικών στρωμάτων της FilMO. Η πλήρης απεικόνιση της ταξινόμιας της FilMO, η οποία στην παρούσα έκδοση αποτελείται συνολικά από 595 κλάσεις, παρατίθεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

4.4.1. Οντολογία Πεδίου

Η οντολογία πεδίου αναπαριστά το κιν/φικό ΓΠ από την πρακτική-καλλιτεχνική σκοπιά του σκηνοθέτη και αποτελεί την κύρια ταξινόμια της FilMO. Η δημιουργία ενός ΓΜ που να αντικατοπτρίζει την οπτική γωνία του σκηνοθέτη πάνω στην κιν/φική γνώση αποτέλεσε εξ αρχής βασικό κίνητρο της παρούσας έρευνας. Ο στόχος αυτός επετεύχθη μέσω της μεθοδολογίας M-krDSL, σύμφωνα με την οποία το DN αξιοποιήθηκε ως εννοιολογικός οδηγός για το χτίσιμο της οντολογίας πεδίου. Αντλώντας λοιπόν από την εννοιολόγηση του DN, η οντολογία πεδίου καλύπτει όλες τις πτυχές της κιν/φικής σκηνοθεσίας: την κινηματογράφηση, τη σύνθεση πλάνου, την ηθοποιία, το μοντάζ, τον φωτισμό και τη σκηνογραφία. Καλύπτει επίσης τα τρία βασικά στάδια δημιουργίας ενός κιν/φικού έργου, στα οποία εμπλέκεται κατεξοχήν ο σκηνοθέτης: την προετοιμασία παραγωγής, την παραγωγή και τη μεταπαραγωγή. Η επάρκεια κάλυψης του ΓΠ ελέγχθηκε επιπλέον με βάση την κυρίαρχη σχετική βιβλιογραφία (π.χ., [140-142]), όπως αυτή προτάθηκε από τους εμπειρογνώμονες πεδίου που συμμετείχαν στην ερευνητική ομάδα.

Η οντολογία πεδίου περιλαμβάνει συνολικά 346 κλάσεις, ενώ δομείται σε δύο βασικές (top-level) κλάσεις: την *DirectingElement* και την *ProductionElement* (βλ. Εικόνα 16.a). Αυτή η εννοιολογική ομαδοποίηση αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι, από τη μία, ένα μεγάλο κομμάτι της κιν/φικής γνώσης χρησιμοποιείται πρωτίστως από τον σκηνοθέτη στο πλαίσιο του σκηνοθετικού σχεδιασμού (κιν/φική γλώσσα, σκηνοθετικές τεχνικές, φιλμικά



ιδιώματα, κ.α.) ενώ, από την άλλη, πολλές κιν/φικες έννοιες βρίσκονται πιο κοντά στο επίπεδο της παραγωγής (σχεδιασμός παραγωγής, τεχνικός εξοπλισμός γυρίσματος, κ.α.). Για παράδειγμα, η κίνηση της κάμερας αποτελεί πρωταρχικά σκηνοθετική έννοια (π.χ., ο σκηνοθέτης σχεδιάζει να κινήσει την κάμερα με έναν συγκεκριμένο τρόπο ώστε να αποδώσει ένα συγκεκριμένο συναίσθημα), ενώ η τεχνική γυρίσματος, η οποία αναφέρεται στο πώς υλοποιείται τεχνικά μια κίνηση της κάμερας, αφορά κατά βάση στην παραγωγή. Βέβαια, στην πράξη, τα σκηνοθετικά στοιχεία τείνουν να αλληλεπιδρούν με στοιχεία της παραγωγής. Για παράδειγμα, μια κίνηση της κάμερας δύναται να παραγάγει διαφορετικό αισθητικό αποτέλεσμα ανάλογα με την τεχνική γυρίσματος με την οποία υλοποιείται. Ως εκ τούτου, είναι πιθανό ο σκηνοθέτης να θελήσει να περιγράψει περαιτέρω την κίνηση της κάμερας κάνοντας χρήση όρων παραγωγής. Σε κάθε περίπτωση, μια σαφής εννοιολογική διάκριση μεταξύ των δύο αυτών διαφορετικών επιπέδων της κιν/φικής δημιουργίας κρίνεται αναγκαία, ενώ μπορεί να φανεί χρήσιμη στο πλαίσιο ανάπτυξης εφαρμογών πεδίου (π.χ., να καθοδηγήσει εννοιολογικά την ανάπτυξη εφαρμογών που εστιάζουν αποκλειστικά σε ένα εκ των δύο επιπέδων).

Κάθε μια από τις δύο βασικές κλάσεις υποδιαιρείται σε ένα ζεύγος αντίστοιχων υποκλάσεων: η κλάση *DirectingElement* υποδιαιρείται στις υποκλάσεις *DirectingActionableElement* και *DirectingFeature*, και η κλάση *ProductionElement* στις υποκλάσεις *ProductionActionableElement* και *ProductionFeature*. Όπως μαρτυρούν τα ονόματά τους, στις κλάσεις *DirectingActionableElement* και *ProductionActionableElement* υπάγονται «χειροπιαστές» κιν/φικές έννοιες, για παράδειγμα, στοιχεία της κιν/φικής γλώσσας, σκηνοθετικές τεχνικές, ακόμα και φυσικά αντικείμενα (π.χ., τεχνικός εξοπλισμός)· «χειροπιαστές» υπό την έννοια ότι οι έννοιες αυτές αναφέρονται σε κιν/φικά στοιχεία που συνιστούν *εργαλεία* στα χέρια του σκηνοθέτη (μεταφορικά ή κυριολεκτικά) με σκοπό την έκφραση και υλοποίηση της σκηνοθετικής σύλληψης. Ο Argyris [143] εισάγει



τον όρο *actionable knowledge* (πρακτέα γνώση) αναφερόμενος πιο γενικά σε αυτόν τον τύπο γνώσης, δηλαδή στη γνώση εκείνη η οποία «μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση ενός σκοπού». Από την άλλη μεριά, οι κλάσεις *DirectingFeature* και *ProductionFeature* υπάγουν μη πρακτέες (*non-actionable*) κιν/φικές έννοιες, δηλαδή έννοιες οι οποίες αναφέρονται σε πιο αφηρημένα κιν/φικά στοιχεία (π.χ., είδος κιν/φικού έργου, σκηνοθετικό ύφος). Η χρήσιμη αυτή διάκριση μεταξύ πρακτέων και μη πρακτέων κιν/φικών εννοιών συνιστά δομικό στοιχείο της εννοιολόγησης της οντολογίας πεδίου και καθοδηγήθηκε από το DN, μιας που το τελευταίο αναπαριστά εκ προδιαγραφής αποκλειστικά πρακτέα γνώση (όπως αυτή ορίζεται στο [143]).

Τέλος, η κλάση *DirectingActionableElement* υποδιαιρείται περαιτέρω σε ένα σύνολο υποκλάσεων (τις κλάσεις *CameraWorkElement*, *FramingElement*, *CinematographyElement*, *ActingElement*, *EditingElement* και *GeneralDirectingElement*), οι οποίες αντιστοιχούν στις διαφορετικές πτυχές της κιν/φικής σκηνοθεσίας που αναφέρθηκαν παραπάνω. Συνεπώς, κάθε έννοια που υπάγεται στην κλάση *DirectingActionableElement* υπάγεται περαιτέρω σε μία από αυτές τις υποκλάσεις. Και σε αυτή την περίπτωση, η περαιτέρω κατηγοριοποίηση των σκηνοθετικών εννοιών ανά σκηνοθετική πτυχή υιοθετήθηκε από το DN, αφού προκύπτει άμεσα από τον τρόπο με τον οποίο είναι οργανωμένη η γνώση στο τελευταίο.

4.4.2. Οντολογία DN - Διαστρωματική Αντιστοίχιση Κλάσεων

Όπως περιγράψαμε στο Κεφ. 3.1, ως εκφραστικός μηχανισμός, το DN παρέχει γραφικά σύμβολα τα οποία σημειογραφούν σκηνοθετικές έννοιες. Έτσι, η οντολογία DN τυποποιεί σημασιολογικά το DN αναπαριστώντας τα διάφορα σύμβολα DN ως κλάσεις (περιλαμβάνοντας συνολικά 249 κλάσεις). Οι σχέσεις υπαγωγής μεταξύ αυτών των κλάσεων αντικατοπτρίζουν τους διάφορους τύπους και υπο-τύπους των συμβόλων. Η δε σημασιολογία των συμβόλων μοντελοποιείται μέσω της OWL ιδιότητας *notates*, μιας



βασικής ιδιότητας αντικειμένων που λειτουργεί κυρίως στο επίπεδο TBox. Η ιδιότητα *notates* αντιστοιχίζει τις κλάσεις της οντολογίας DN, οι οποίες αναπαριστούν τα σύμβολα DN, με τη σημασία των συμβόλων, η οποία αναπαρίσταται στην οντολογία πεδίου. Με αυτόν τον τρόπο, η ιδιότητα *notates* γεφυρώνει τα δύο οντολογικά στρώματα σε σημασιολογικό επίπεδο, εμπλέκοντάς τα αμφότερα στη ΣΣ.

Ως έναν βαθμό, οι κλάσεις των δύο οντολογικών στρωμάτων συνδέονται μέσω της ιδιότητας *notates* με τρόπο ένα-προς-ένα. Εντούτοις, τα δύο στρώματα παρουσιάζουν ορισμένες δυσαναλογίες, οι οποίες επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται, και οφείλονται στο γεγονός ότι το αντικείμενο μοντελοποίησης των δύο επί μέρους οντολογιών είναι τελείως διαφορετικής φύσης: η οντολογία DN μοντελοποιεί μια ΕΓΠ (μια κιν/φική σημειογραφική γλώσσα) ενώ η οντολογία πεδίου απευθείας το κιν/φικό ΓΠ. Έτσι, η αντιστοίχιση των κλάσεων μεταξύ των δύο οντολογιών, μέσω της ιδιότητας *notates*, διακρίνεται σε δύο κατηγορίες: *αντιστοίχιση ένα-προς-ένα* και *αντιστοίχιση ένα-προς-πολλά*.

Η αντιστοίχιση ένα-προς-ένα καλύπτει τις απλές περιπτώσεις αντιστοίχισης μεταξύ των δύο οντολογιών, όπου ένα σύμβολο σημειογραφεί μία μεμονωμένη σκηνοθετική έννοια. Για παράδειγμα, το σύμβολο *shot-size*, το οποίο αναπαρίσταται στην οντολογία DN από την κλάση *ShotSizeSymbol*, σημειογραφεί την έννοια του *μεγέθους κάδρου*, η οποία με τη σειρά της αναπαρίσταται στην οντολογία πεδίου από την κλάση *ShotSize*. Σε τέτοιες απλές περιπτώσεις αντιστοίχισης, η OWL περιγραφή της κλάσης (της οντολογίας DN) που αναπαριστά το σύμβολο περιέχει μία αναφορά (μέσω της ιδιότητας *notates*) στην οντολογία πεδίου, και συγκεκριμένα στην κλάση που αναπαριστά την έννοια η οποία σημειογραφείται από το συγκεκριμένο σύμβολο (π.χ., βλ. Εικόνα 17.a).

Η αντιστοίχιση ένα-προς-πολλά καλύπτει πιο σύνθετες περιπτώσεις, όπου ένα σύμβολο DN σημειογραφεί πολλαπλές σκηνοθετικές έννοιες. Για παράδειγμα, τα σύμβολα *action* είναι σύμβολα γενικής χρήσης και άρα πολλαπλής σημασίας, τα οποία

σημειογραφούν την έννοια της κίνησης στο κιν/φικό πλατό. Ανάλογα με το συγκεκριμένο, ένα σύμβολο *action* μπορεί να σημειογραφεί την κίνηση είτε της κάμερας είτε ενός ηθοποιού¹⁷. Σε τέτοιες περιπτώσεις αντιστοίχισης, η OWL περιγραφή της κλάσης (της οντολογίας DN) που αναπαριστά το σύμβολο περιέχει πολλαπλές αναφορές στην οντολογία πεδίου (με χρήση του λογικού τελεστή *OR* στο δεξί μέρος του OWL περιορισμού), μία αναφορά για κάθε κλάση (της οντολογίας πεδίου) που αναπαριστά μια σκηνοθετική έννοια την οποία σημειογραφεί δυνητικά το συγκεκριμένο σύμβολο (ανάλογα με το εκάστοτε συγκεκριμένο του), μοντελοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την πολλαπλή σημασία του συμβόλου (π.χ., βλ. Εικόνα 17.b).

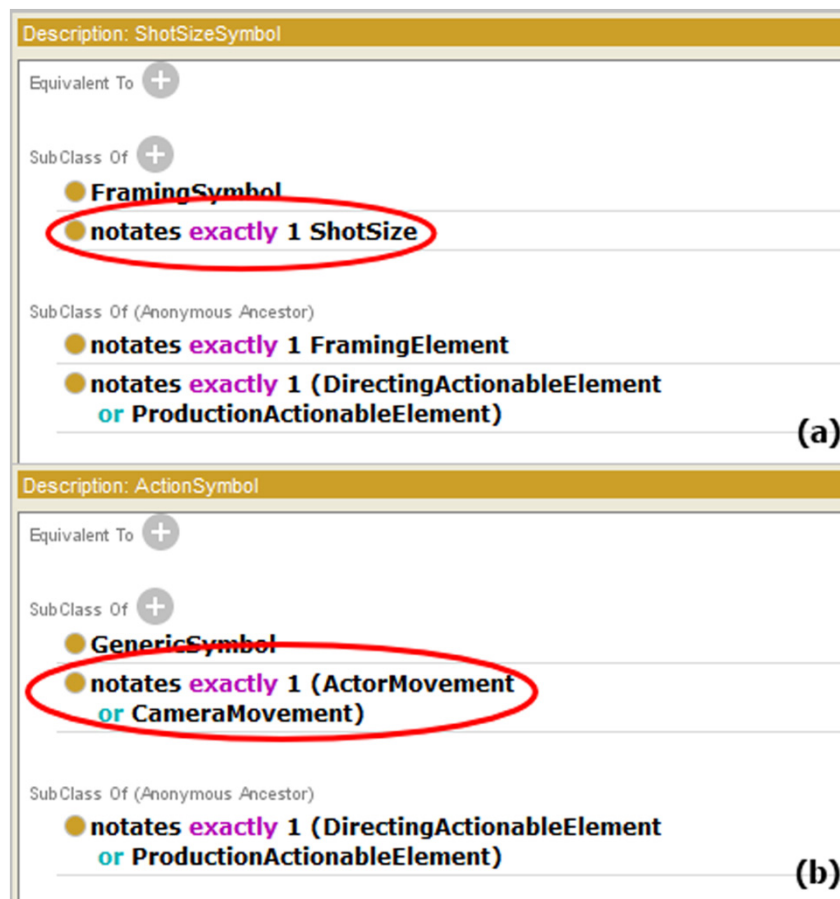


Figure 17 shows two OWL class descriptions. (a) *ShotSizeSymbol*: Description: ShotSizeSymbol. SubClass Of: FramingSymbol, notates exactly 1 ShotSize. SubClass Of (Anonymous Ancestor): notates exactly 1 FramingElement, notates exactly 1 (DirectingActionableElement or ProductionActionableElement). (b) *ActionSymbol*: Description: ActionSymbol. SubClass Of: GenericSymbol, notates exactly 1 (ActorMovement or CameraMovement). SubClass Of (Anonymous Ancestor): notates exactly 1 (DirectingActionableElement or ProductionActionableElement).

Εικόνα 17: OWL περιγραφές των κλάσεων (a) *ShotSizeSymbol* (σημασιολογική αντιστοίχιση ένα-προς-ένα), και (b) *ActionSymbol* (σημασιολογική αντιστοίχιση ένα-προς-πολλά)

¹⁷ Το σύμβολο *action* σημειογραφεί την κίνηση αφαιρετικά. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης κίνησης σημειογραφούνται ξεχωριστά με χρήση ειδικών συμβόλων δανεισμένων από το Labanotation [8].



Λόγω της διαφορετικής φύσης τους ως προς το αντικείμενο αναπαράστασης, τα δύο οντολογικά στρώματα δεν είναι πλήρως διασυνδεδεμένα μεταξύ τους. Με άλλα λόγια, δεν αντιστοιχούν όλες οι κλάσεις της οντολογίας DN σε κλάσεις της οντολογίας πεδίου, και το αντίστροφο. Από την πλευρά της οντολογίας DN, τέτοιες περιπτώσεις αφορούν κυρίως σε κλάσεις που αναπαριστούν σύμβολα τα οποία δεν αναφέρονται απευθείας σε κάποια σκηνοθετική έννοια. Για παράδειγμα, το σύμβολο *relation* έχει βοηθητικό ρόλο στο DN, ομαδοποιώντας σύμβολα που βρίσκονται ταυτόχρονα σε ισχύ. Επομένως, η κλάση της οντολογίας DN που αναπαριστά το σύμβολο *relation* δεν έχει κάποια σημασιολογική αντιστοίχιση στην οντολογία πεδίου. Ένα άλλο παράδειγμα συμβόλου που δεν αναφέρεται απευθείας σε κάποια σκηνοθετική έννοια είναι το σύμβολο *pin*. Το σύμβολο *pin* αναπαριστά την αριθμητική τιμή μίας γωνίας σε μοίρες. Η *γωνία* είναι μια έννοια που ο σκηνοθέτης αντιλαμβάνεται πλήρως και χρησιμοποιεί τακτικά στον σκηνοθετικό σχεδιασμό. Ωστόσο, ο σκηνοθέτης τείνει να αντιλαμβάνεται τις γωνίες με αφηρημένο και ως επί το πλείστον σχετικό τρόπο (π.χ., πού κοιτάει ένας ηθοποιός σε σχέση με την κάμερα), και όχι ως απόλυτες αριθμητικές τιμές. Με σκοπό λοιπόν την αναπαράσταση της έννοιας της γωνίας σύμφωνα με τη νοοτροπία του σκηνοθέτη, το DN παρέχει το σύμβολο *orientation*. Πράγματι, η κλάση (της οντολογίας DN) που αναπαριστά το σύμβολο *orientation* είναι συνδεδεμένη με τις κλάσεις που αναπαριστούν τη σημασία του συμβόλου στην οντολογία πεδίου. Αντίθετα, το σύμβολο *pin* δεν αναφέρεται απευθείας σε κάποια σκηνοθετική έννοια σύμφωνα με το παραπάνω σκεπτικό, αλλά λειτουργεί ουσιαστικά ως ποσοδείκτης της *διεύθυνσης/κατεύθυνσης*, επιτρέποντας πιο ακριβείς περιγραφές όπου αυτό απαιτείται. Συνεπώς, η κλάση (της οντολογίας DN) που αναπαριστά το σύμβολο *pin* δεν έχει κάποια σημασιολογική αντιστοίχιση στην οντολογία πεδίου.

Από την πλευρά της οντολογίας πεδίου, υπάρχουν επίσης περιπτώσεις κλάσεων που δεν αντιστοιχούν σε κλάσεις της οντολογίας DN. Μια κατηγορία τέτοιων κλάσεων αφορά



σε κιν/φικές έννοιες οι οποίες δεν έχουν εφαρμογή στον σκηνοθετικό σχεδιασμό, και ως εκ τούτου δεν συμπεριλαμβάνονται στην εννοιολόγηση του DN. Τέτοιες έννοιες είναι, για παράδειγμα, αμιγείς έννοιες της κιν/φικής παραγωγής, οι οποίες δεν σχετίζονται με τον σκηνοθετικό σχεδιασμό, αλλά και οι έννοιες που υπάγονται στην κλάση *DirectingFeature*, για τους λόγους που εξηγήσαμε στο Κεφ. 4.4.1. Μια άλλη κατηγορία αφορά σε σκηνοθετικές έννοιες που ενυπάρχουν μεν στο DN αλλά με υπονοούμενο τρόπο. Για παράδειγμα, η *σεκάνς*¹⁸ είναι μια βασική σκηνοθετική έννοια η οποία αναπαρίσταται στην οντολογία πεδίου ρητά, υπό μορφή κλάσης. Ωστόσο, στο DN, μια *σεκάνς* δεν σημειογραφείται ρητά από κάποιο σύμβολο, αλλά μπορεί να γίνει οπτικά αντιληπτή μόνο έμμεσα, ως ένα σύνολο διαδοχικά σημειογραφημένων σκηνών. Προφανώς, κιν/φικές έννοιες οι οποίες δεν αναπαρίστανται ρητά στο DN (ή δεν αναπαρίστανται καθόλου) απουσιάζουν από την οντολογία DN. Επομένως, κλάσεις της οντολογίας πεδίου οι οποίες αναπαριστούν τέτοιες έννοιες δεν έχουν αντιστοιχία με κλάσεις της οντολογίας DN. Ωστόσο, το γεγονός αυτό δεν επηρεάζει καθόλου τις δυνατότητες ΣΣ της FilMO, αφού συμπεράσματα που αφορούν σε τέτοιες έννοιες (δηλ. ακόμα και σε έννοιες εκτός εμβέλειας του DN) μπορούν κάλλιστα να συναχθούν μέσω εφαρμογής ΣΣ πάνω στον σημειογραφημένο με όρους DN σκηνοθετικό σχεδιασμό, όπως θα δούμε παρακάτω.

4.5. Στιγμιοτυποποίηση της FilMO

Είπαμε παραπάνω ότι σκοπός της σημασιολογικής τυποποίησης του DN σε μεθοδολογικό επίπεδο ήταν η καθοδήγηση της εννοιολογικής ανάλυσης και μοντελοποίησης του κιν/φικού ΓΠ. Όσον αφορά στη λειτουργία της FilMO, σκοπός της οντολογίας DN είναι η αποθήκευση πληροφορίας σκηνοθετικού σχεδιασμού

¹⁸ Μία *σεκάνς* είναι μια ακολουθία από σκηνές οι οποίες συνιστούν μια διακριτή αφηγηματική μονάδα.



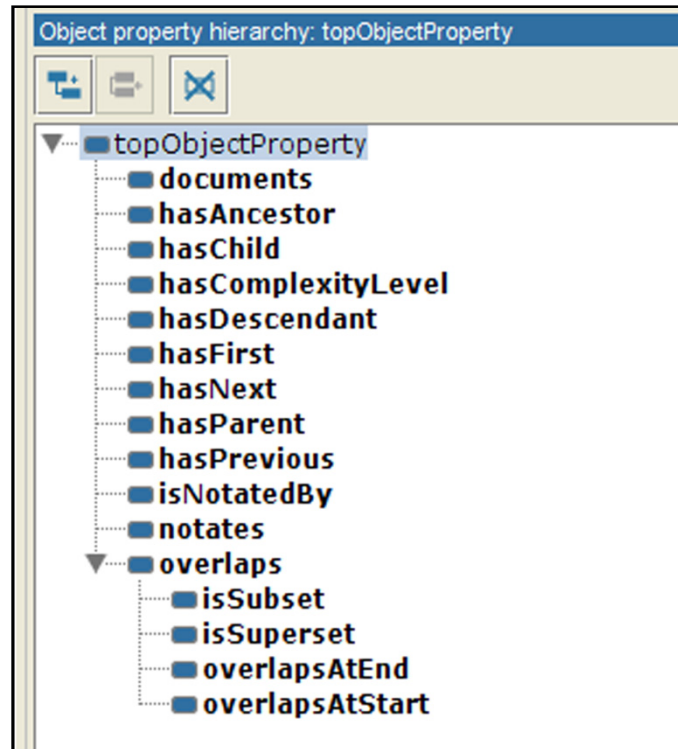
σημειογραφημένου με όρους DN. Η βασική OWL ιδιότητα που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση μιας παρτιούρας DN στο επίπεδο ABox της FilMO είναι η ιδιότητα αντικειμένων *hasChild*. Η ίδια ιδιότητα χρησιμοποιείται επίσης και σε άλλες εργασίες μοντελοποίησης, για παράδειγμα, στον ορισμό κανόνων SWRL (π.χ., βλ. Κεφ. 4.7.2). Συνεπώς, η ιδιότητα *hasChild* διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη σημασιολογική ανάλυση που επιτελείται πάνω στην αποθηκευμένη στην οντολογία σκηνοθετική πληροφορία με σκοπό τη συναγωγή συμπερασμάτων. Μια παρτιούρα DN αποθηκεύεται στη βάση γνώσης της FilMO (επίπεδο ABox) ως εξής:

- Η παρτιούρα καθ' εαυτήν αναπαρίσταται ως ένα OWL στιγμιότυπο της κλάσης *DNScore*.
- Τα περιεχόμενα της παρτιούρας (δηλ. τα σύμβολα DN) αναπαρίστανται ορίζοντας, για κάθε χρήση ενός συμβόλου στην παρτιούρα, ένα OWL στιγμιότυπο της κλάσης (της οντολογίας DN) που αναπαριστά το σύμβολο.
- Η δομή της παρτιούρας αναπαρίσταται μέσω της ιδιότητας *hasChild*, ορίζοντας μία δήλωση ιδιότητας (*property assertion*) για κάθε σχέση γονέα-παιδιού μεταξύ των συμβόλων που απαρτίζουν την παρτιούρα.
- Οι διάρκειες των σημειογραφημένων πλάνων αποθηκεύονται στην οντολογία μέσω της ιδιότητας δεδομένων *hasDuration*.
- Η χρονική ακολουθία μεταξύ των σημειογραφημένων πλάνων αναπαρίσταται μέσω των ιδιοτήτων αντικειμένων *hasNext* και *hasPrevious*.
- Οι χρονικές σχέσεις μεταξύ συμβόλων¹⁹ τα οποία ενέχουν διάρκεια (π.χ., σύμβολα *action*) και σημειογραφούν διαφορετικές φιλικές οντότητες (π.χ., έναν ηθοποιό

¹⁹ Σε μια παρτιούρα DN, οι χρονικές σχέσεις μεταξύ συμβόλων αναπαρίστανται οπτικά, μέσω της σχετικής τοποθέτησής τους κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα, ο οποίος αποδίδει τη διάσταση του χρόνου.

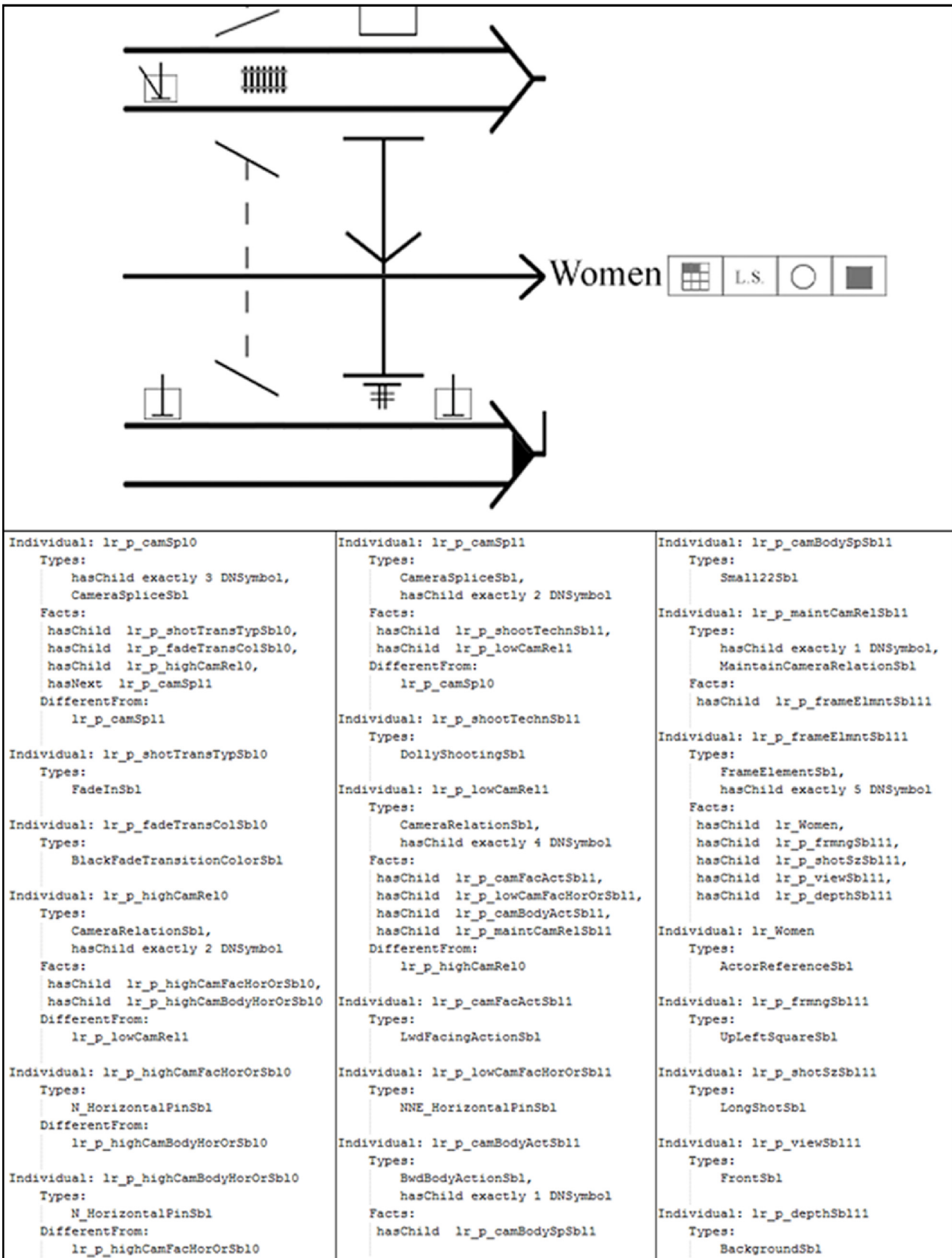
και την κάμερα) αναπαρίστανται μέσω της ιδιότητας αντικειμένων *overlaps* και των υποϊδιοτήτων της (βλ. Εικόνα 18).

- Τέλος, η παρτιτούρα DN αντιστοιχίζεται με τη(ις) σκηνή(ες) την(ις) οποία(ες) σημειογραφεί μέσω της ιδιότητας αντικειμένων *documents*.



Εικόνα 18: Οι ιδιότητες αντικειμένων της *FilMO*

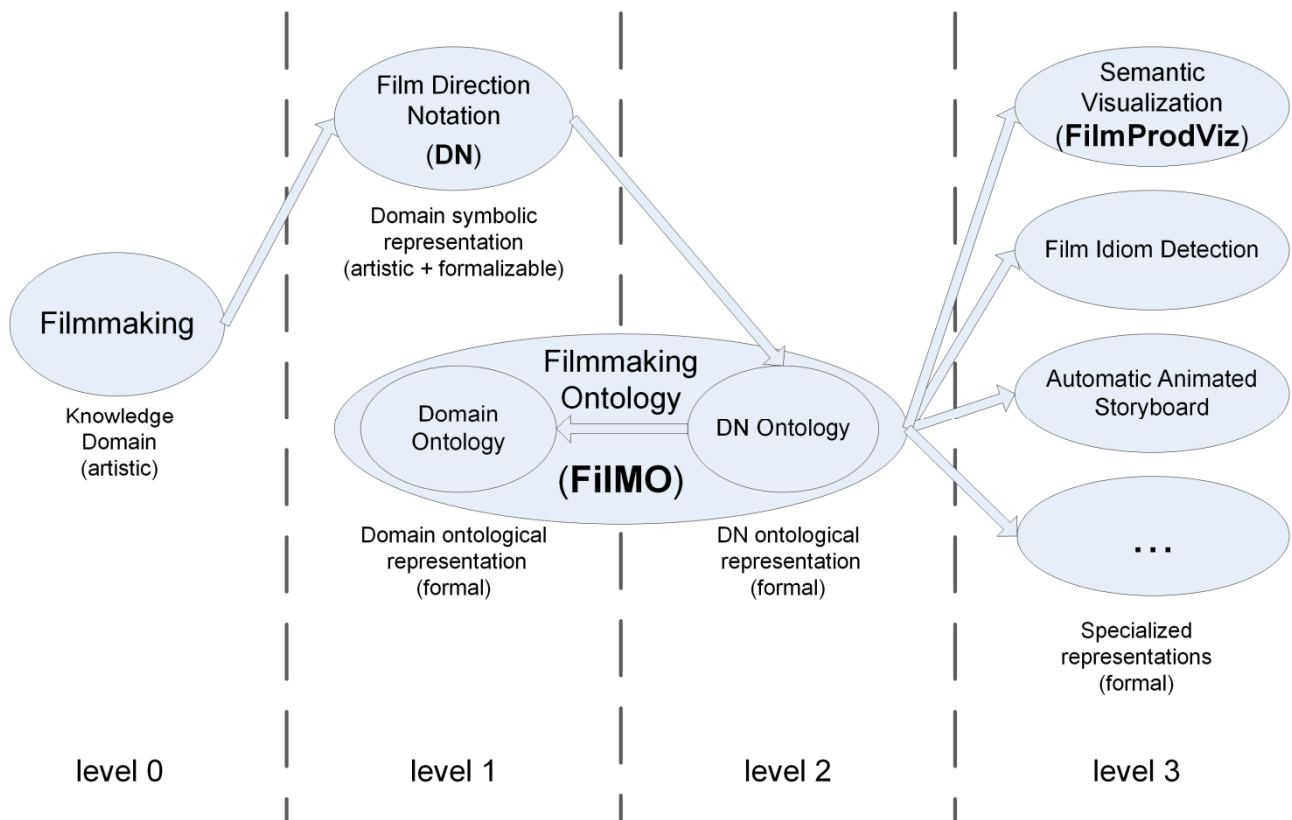
Στην Εικόνα 19 φαίνεται ένα απόσπασμα παρτιτούρας DN (επάνω), μαζί με την OWL αναπαράστασή του στο επίπεδο ABox της *FilMO* (κάτω). Ως αποτέλεσμα της χρησιμοποίησης του DN και της υποκείμενης οντολογίας του για *στιγμιοτυποποίηση (population)* της *FilMO*, οι σημειογραφημένες σκηνοθετικές επιλογές αναπαρίστανται στην οντολογία έμμεσα, δηλαδή μέσω των OWL στιγμιότυπων που αναπαριστούν οντολογικά τα σύμβολα που με τη σειρά τους σημειογραφούν αυτές τις επιλογές στην παρτιτούρα DN. Με άλλα λόγια, ένα OWL στιγμιότυπο μιας κλάσης η οποία μοντελοποιεί ένα σύμβολο DN αναπαριστά οντολογικά μία χρήση αυτού του συμβόλου στην παρτιτούρα, η οποία χρήση συμβόλου με τη σειρά της αναπαριστά συμβολικά μια συγκεκριμένη σκηνοθετική επιλογή.



Εικόνα 19: Ένα απόσπασμα παρτιτούρας DN (επάνω), μαζί με τη σημασιολογική αναπαράστασή του με όρους OWL (κάτω)

4.6. Μετα-μοντελοποίηση

Ως σύστημα που αναπαριστά σκηνοθετική γνώση, το DN συνιστά καθ' εαυτό ένα μη τυποποιημένο ΓΜ του κιν/φικού ΓΠ. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 20, το DN βρίσκεται ουσιαστικά στο ίδιο επίπεδο μοντελοποίησης με την οντολογία πεδίου: αμφότερα τα μοντέλα αναπαριστούν απευθείας το κιν/φικό ΓΠ· το πρώτο συμβολικά, το δεύτερο οντολογικά. Υπό αυτή την έννοια, αμφότερα τα μοντέλα συνιστούν ΓΜ πεδίου (διαφορετικής φύσης). Συνεπώς, η οντολογία DN, η οποία περιγράφει το DN ως μοντέλο, συνιστά *μετα-μοντέλο* του κιν/φικού ΓΠ, και επομένως βρίσκεται σε διαφορετικό επίπεδο μοντελοποίησης από αυτό της οντολογίας πεδίου, καθιστώντας έτσι τη FilmO μια *πολυεπίπεδη (multi-level) οντολογία*.



Εικόνα 20: Επίπεδα μοντελοποίησης κατά την ανάπτυξη της FilmO



Η ανάπτυξη ενός μοντέλου *μετα-γνώσης* το οποίο τυποποιεί μια ΕΓΠ όπως το DN, το οποίο DN αναπαριστά εκ προδιαγραφής αποκλειστικά πρακτέα γνώση πεδίου, διευκόλυσε και καθοδήγησε την εννοιολόγηση και μοντελοποίηση του κιν/φικού ΓΠ, όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 4.4.1. Το δε παραχθέν μετα-μοντέλο (δηλ. η οντολογία DN) είναι πρακτέο στο σύνολό του, υπό την έννοια ότι περικλείει αποκλειστικά πρακτέα γνώση που αφορά στον σκηνοθετικό σχεδιασμό. Ουσιαστικά, ένα τέτοιο μετα-μοντέλο λειτουργεί ως *σημασιολογική διεπαφή* μεταξύ της οντολογίας πεδίου και του χρήστη/λογισμικού, φιλτράροντας τη γνώση πεδίου με κριτήριο το αν είναι πρακτέα ή όχι. Ως εκ τούτου, η χρήση του εν λόγω μετα-μοντέλου για στιγμιοτυποποίηση της FilMO διασφαλίζει ότι η βάση γνώσης της FilMO θα περιέχει αποκλειστικά πρακτέα, άμεσα αναλυτέα πληροφορία σκηνοθετικού σχεδιασμού.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πολυεπίπεδη μοντελοποίηση της FilMO θέτει τη βάση για τη διερεύνηση επιπλέον σχημάτων μετα-μοντελοποίησης μικρότερης κλίμακας. Ένα τέτοιο σχήμα προτείνεται στο πλαίσιο του συστήματος FilmProdViz, της πρώτης, πειραματικής εφαρμογής της FilMO (βλ. Κεφ. 5.5).

4.7. Σημασιολογική Συλλογιστική στη FilMO

Η FilMO εισάγει μια καινοτόμα μέθοδο ΣΣ η οποία βασίζεται στην οντολογία DN. Η μέθοδος αυτή επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης της οντολογίας DN στη FilMO ως ένα ταξινομικά ανεξάρτητο οντολογικό στρώμα, το οποίο ωστόσο συνδέεται σημασιολογικά με την οντολογία πεδίου (βλ. Κεφ. 4.4.2). Η αξιοποίηση του DN ως μηχανισμού εισαγωγής δεδομένων χρήστη (βλ. Κεφ. 4.5) παρέχει τη δυνατότητα σε εφαρμογές πεδίου να στιγμιοτυποποιούν τη FilMO αποθηκεύοντας σε αυτή πληροφορία σκηνοθετικού σχεδιασμού σημειογραφημένη με όρους DN. Αφ' ης στιγμής μια παρτιτούρα DN αποθηκευτεί στη βάση γνώσης της FilMO (επίπεδο ABox), δύναται να αναλυθεί



σημασιολογικά μέσω ΣΣ επιπέδου ABox, με σκοπό τη συναγωγή συμπερασμάτων σε επίπεδο πληροφορίας. Να σημειωθεί ότι η σημασιολογική ανάλυση της σημειογραφίας DN μέσω ΣΣ μπορεί να θεωρηθεί διαδικασία ανάλογη της ανθρώπινης διαδικασίας διαβάσματος και ερμηνείας μιας σημειογραφίας.

Η ΣΣ στη FilmMO υλοποιείται κατά περίπτωση: κάθε εφαρμογή που χιτίζεται πάνω στη FilmMO δύναται να υλοποιήσει τη δική της ΣΣ σύμφωνα με τους σκοπούς της, χρησιμοποιώντας ένα μικρότερο ή μεγαλύτερο υποσύνολο της οντολογίας. Σε περιπτώσεις στις οποίες εμπλέκεται μη σκηνοθετική κιν/φική γνώση (δηλ. εκτός εμβέλειας του DN), είναι πιθανό να χρειαστεί να συμμετέχουν στη ΣΣ και κλάσεις από την οντολογία πεδίου (για τέτοια περίπτωση περιγράφεται στο πλαίσιο του συστήματος FilmProdViz, βλ. παρακάτω). Σε κάθε περίπτωση, ο σκηνοθετικός σχεδιασμός που είναι καταγεγραμμένος στην παρτιτούρα DN αναλύεται μέσω ΣΣ και συνάγεται επιπλέον πληροφορία στο ευρύτερο πλαίσιο του ΓΠ, δηλαδή και πέραν της εμβέλειας του DN.

Όπως έχει αναφερθεί, απώτερος στόχος της FilmMO είναι να εξυπηρετήσει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών πεδίου. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή θα μπορούσε να εφαρμόζει ΣΣ με σκοπό την αυτόματη δημιουργία κινούμενου εικονοσεναρίου βάσει του σκηνοθετικού σχεδιασμού (δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στον σκηνοθέτη να πειραματιστεί με τις ιδέες του χωρίς το κόστος και την παρεμβολή ενός στοριμπορντίστα), ενώ μια άλλη εφαρμογή θα μπορούσε να εφαρμόζει ΣΣ στην ίδια πληροφορία με σκοπό την παραγωγή μεταδεδομένων που θα διευκολύνουν τον σκηνοθέτη στο μοντάζ. Μέχρι τώρα, η FilmMO έχει αξιοποιηθεί σε δύο εφαρμογές πεδίου (βλ. παρακάτω). Επομένως, η τρέχουσα έκδοση της FilmMO συμπεριλαμβάνει τη ΣΣ που έχει υλοποιηθεί για λογαριασμό αυτών των δύο εφαρμογών. Να σημειωθεί ότι αμφότερες οι εφαρμογές ουσιαστικά λειτουργούν ως εργαλεία *στήριξης αποφάσεων*, επιδεικνύοντας ΣΣ η οποία υπερβαίνει τους τυπικούς σκοπούς σημασιολογικής ανάκτησης πληροφορίας.



4.7.1. Εκτίμηση Πολυπλοκότητας Κιν/φικής Παραγωγής

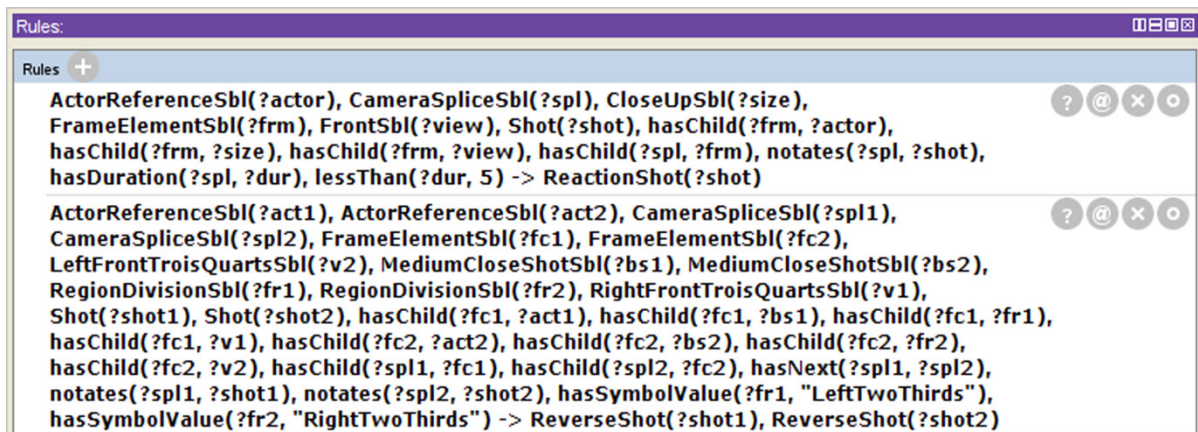
Το FilmProdViz, το οποίο παρουσιάζεται αναλυτικά στο Κεφ. 5, αποτελεί την πρώτη, πειραματική εφαρμογή της FilmMO. Πρόκειται για ένα σύστημα διαδραστικής σημασιολογικής οπτικοποίησης που στόχο έχει να βελτιώσει την επικοινωνία μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού στο πλαίσιο του σχεδιασμού μιας κιν/φικής παραγωγής, αναδεικνύοντας την εκτιμώμενη πολυπλοκότητα που επισύρει η υλοποίηση των καλλιτεχνικών επιλογών του σκηνοθέτη. Ενόσω ο σκηνοθέτης σημειογραφεί τον καλλιτεχνικό σχεδιασμό του μέσω DN, το σύστημα αποθηκεύει αυτόματα τη σημειογραφημένη πληροφορία στη FilmMO, εφαρμόζει πάνω σε αυτή ΣΣ και παράγει σε πραγματικό χρόνο οπτικά μεταδεδομένα τα οποία επισημαίνουν τον σημειογραφημένο σκηνοθετικό σχεδιασμό με επιπλέον πληροφορία που αναδεικνύει την πολυπλοκότητα υλοποίησής του.

Το FilmProdViz εισάγει μια προσέγγιση υλοποίησης ΣΣ η οποία κάνει χρήση *μετα-κλάσεων*. Αν και υπάγονται στην οντολογία DN, οι μετα-κλάσεις αυτές αναπαριστούν γνώση η οποία αφορά στην κιν/φική παραγωγή, δεν συμπεριλαμβάνεται στο γνωσιακό φάσμα του DN και βρίσκεται σε διαφορετικό επίπεδο μοντελοποίησης σε σχέση με την οντολογία DN. Ωστόσο, τεχνικά οι κλάσεις αυτές ανήκουν στην οντολογία DN, αφού αναπαριστούν γνώση η οποία δύναται να συναχθεί απευθείας από μια παρτιτούρα DN (για περισσότερα, βλ. Κεφ. 5.5).

Η περίπτωση FilmProdViz αναδεικνύει ευκρινώς το πώς η εφαρμογή ΣΣ πάνω στον σημειογραφημένο με όρους DN σκηνοθετικό σχεδιασμό δύναται να συναγάγει πληροφορία *πέραν* του γνωσιακού φάσματος του DN και του σκηνοθετικού σχεδιασμού καθ' εαυτόν: η ΣΣ που έχει υλοποιηθεί για τους σκοπούς του FilmProdViz συνάγει πληροφορία η οποία αφορά στην κιν/φική παραγωγή και απευθύνεται πρωτίστως στον παραγωγό.

4.7.2. Εντοπισμός Φιλμικών Ιδιωμάτων

Η δεύτερη εφαρμογή της FILMO αφορά στην ανάπτυξη ενός εργαλείου εντοπισμού φιλμικών ιδιωμάτων. Το εργαλείο αναλύει μια παρτιτούρα DN και εντοπίζει φιλμικά ιδιώματα στον σκηνοθετικό σχεδιασμό ενός πλάνου ή μιας σκηνής. Για τους σκοπούς της έκδοσης πρωτοτύπου (prototype version) του εργαλείου η οποία παρουσιάζεται εδώ, δύο θεμελιώδη φιλμικά ιδιώματα του μοντάζ έχουν μοντελοποιηθεί ενδεικτικά: το *reverse shot* και το *reaction shot* (βλ. Εικόνα 21).



Εικόνα 21: Μοντελοποίηση φιλμικών ιδιωμάτων υπό μορφή κανόνων SWRL (επάνω: *reaction shot*, κάτω: *reverse shot*)

Αν και το εργαλείο βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, παρουσιάζεται εδώ με σκοπό την ανάδειξη μιας πολύ διαφορετικής προσέγγισης ΣΣ, σε σχέση με αυτή του FilmProdViz, η οποία βασίζεται στη χρήση κανόνων SWRL (βλ. Κεφ. 2.5.4..3). Ειδικότερα, κάθε φιλμικό ιδίωμα περιγράφεται από έναν ή περισσότερους κανόνες SWRL. Τα περιεχόμενα της αποθηκευμένης στην οντολογία παρτιτούρας DN (δηλ. ο σημειογραφημένος σκηνοθετικός σχεδιασμός) αναλύονται βάσει των κανόνων SWRL, και προσδιορίζονται τα πλάνα στα οποία έχει εντοπιστεί κάποιο εκ των μοντελοποιημένων φιλμικών ιδιωμάτων. Να σημειωθεί ότι οι κλάσεις που συμμετέχουν στον ορισμό των κανόνων SWRL ανήκουν αποκλειστικά στην οντολογία DN.



5. FilmProdViz: Σημασιολογική Οπτικοποίηση

Οι σύγχρονες κιν/φικές παραγωγές περιλαμβάνουν πολύπλοκα γυρίσματα, επαναλαμβανόμενες λήψεις, εντατικές πρόβες, κ.α. Οι διαδικασίες αυτές είναι συνήθως κοστοβόρες αφού απαιτούν χρόνο και συχνά εξειδικευμένο τεχνικό εξοπλισμό και προσωπικό. Έτσι, με σκοπό τη διασφάλιση της βιωσιμότητας μιας κιν/φικής παραγωγής είναι απαραίτητος ένας ρεαλιστικός σχεδιασμός παραγωγής²⁰ [144-146]. Για την κατάρτιση ενός αποτελεσματικού σχεδίου παραγωγής απαιτείται η επιτυχής επικοινωνία των καλλιτεχνικών επιλογών του σκηνοθέτη στον παραγωγό²¹ κατά την προετοιμασία παραγωγής, ειδικά σε περιπτώσεις που οι επιλογές αυτές επισύρουν πολύπλοκα και απαιτητικά γυρίσματα [146]. Ο σκηνοθέτης πρέπει να επικοινωνήσει τις καλλιτεχνικές επιλογές του στον παραγωγό με σαφήνεια και πληρότητα, ώστε ο τελευταίος να καταγράψει τις απαιτήσεις παραγωγής κάθε σκηνής, να προτείνει τυχόν απλοποιήσεις για τα πιο απαιτητικά πλάνα, και κατόπιν να μεταφράσει αυτές τις απαιτήσεις σε εργατοώρες, αμοιβές, ενοικίαση εξοπλισμού, αναμενόμενη διάρκεια γυρισμάτων, κ.α.

Οι συνήθεις τρόποι επικοινωνίας μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού περιλαμβάνουν οπτικές και μη οπτικές μεθόδους. Ο σκηνοθέτης χρησιμοποιεί πρωτίστως μη οπτικά εργαλεία, όπως η *ανάλυση σεναρίου (script breakdown)* και το *ντεκουπάζ*, με σκοπό την επικοινωνία του σκηνοθετικού σχεδιασμού στον παραγωγό αλλά και την οργάνωση του γυρίσματος [146]. Κατά την ανάλυση σεναρίου, οι διάφορες απαιτήσεις παραγωγής συντάσσονται υπό μορφή λίστας, η οποία χρησιμοποιείται κατόπιν στον σχεδιασμό

²⁰ Οι όροι *σχεδιασμός/σχέδιο παραγωγής* θα αναφέρονται εφεξής στην κατάρτιση του προϋπολογισμού και στον προγραμματισμό μιας κιν/φικής παραγωγής.

²¹ Στις μεγάλες παραγωγές, ο σχεδιασμός παραγωγής επιτελείται συνήθως από εξειδικευμένο προσωπικό, (π.χ., από τον διευθυντή παραγωγής), ενώ σε μικρές παραγωγές επιτελείται από τον ίδιο τον παραγωγό. Για λόγους απλότητας, ο όρος *παραγωγός* θα αναφέρεται εφεξής στο άτομο που επιτελεί τον σχεδιασμό παραγωγής ανεξαρτήτως της ακριβούς θέσης του στην ιεραρχία παραγωγής.



παραγωγής. Παρομοίως, το ντεκουπάζ είναι μια λεπτομερής περιγραφή των πλάνων που απαρτίζουν μια σκηνή, στην οποία περιγραφή αποτυπώνεται το καδράρισμα, οι ηθοποιοί που συμμετέχουν, η βασική κίνηση κάμερας και ηθοποιών, καθώς επίσης και ο τεχνικός εξοπλισμός που απαιτείται για να παραχθεί το επιθυμητό καλλιτεχνικό αποτέλεσμα. Αμφότερες οι παραπάνω μέθοδοι πραγματεύονται πολύ βασικά στοιχεία της παραγωγής, όπως ο εξοπλισμός, το καστ και το προσωπικό παραγωγής, τα οποία μεταφράζονται σε κόστος παραγωγής. Ωστόσο, οι μέθοδοι αυτές δεν λαμβάνουν υπόψη διάφορες *λανθάνουσες* παραμέτρους οι οποίες επηρεάζουν έμμεσα την παραγωγή, αυξάνοντας την πολυπλοκότητα των γυρισμάτων, επισύροντας συχνά καθυστερήσεις και επιπλέον κόστη. Χαρακτηριστικά, ο Honthaner σημειώνει ότι *«ο παραγωγός πρέπει να μάθει να διαβάξει περισσότερα από αυτά που αναφέρονται σε έναν σκηνοθετικό σχεδιασμό και να αναγνωρίζει ανάγκες που δεν αναφέρονται ρητά»* [144].

Όσον αφορά στα οπτικά εργαλεία, όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 1.2.2, ο σκηνοθέτης χρειάζεται την προ-απεικόνιση πρωτίστως για να οπτικοποιήσει το πώς έχει φανταστεί ένα πλάνο ή μια σκηνή και να κατανοήσει καλύτερα τη δομή τους, αλλά και για να επικοινωνήσει τις επιλογές του στο προσωπικό παραγωγής, εν προκειμένω στον παραγωγό, ο οποίος κατόπιν θα εκτιμήσει τις απαιτήσεις παραγωγής. Σε σχέση με το δεύτερο σκέλος, αφ' ης στιγμής τα εργαλεία προ-απεικόνισης στοχεύουν πρωτίστως στην αποτύπωση της σκηνοθετικής σύλληψης από καλλιτεχνική σκοπιά, μόνο ένα υποσύνολο της πληροφορίας που αποτυπώνουν αφορά ουσιαστικά στον σχεδιασμό παραγωγής, το οποίο υποσύνολο δεν παρουσιάζεται από τα εργαλεία αυτά με τρόπο συνεκτικό, αλλά βρίσκεται διασκορπισμένο στο σύνολο της πληροφορίας, απαιτώντας προσπάθεια από τον παραγωγό ώστε να το απομονώσει [144]. Ως εκ τούτου, τα εργαλεία προ-απεικόνισης δεν έχουν παρά βοηθητικό χαρακτήρα στον σχεδιασμό παραγωγής, και επομένως χρησιμοποιούνται μόνο σε συνδυασμό με τις προαναφερθείσες μη οπτικές μεθόδους.



Με σκοπό την υπερκέραση των αδυναμιών των υπάρχοντων εργαλείων επικοινωνίας σκηνοθέτη - παραγωγού, προτείνουμε το γνωσιοκεντρικό σύστημα διαδραστικής σημασιολογικής οπτικοποίησης *FilmProdViz*, το τρίτο προϊόν της παρούσας έρευνας [13]. Στόχος του *FilmProdViz* είναι να διευκολύνει τη διαδικασία του σχεδιασμού παραγωγής, μέσω οπτικοποίησης πληροφορίας που αφορά στην παραγωγή, αναδεικνύοντας την *εκτιμώμενη πολυπλοκότητα υλοποίησης των καλλιτεχνικών επιλογών του σκηνοθέτη* (εφεξής *πολυπλοκότητα παραγωγής*). Να σημειωθεί ότι σκοπός του προτεινόμενου συστήματος δεν είναι να παράγει ένα τελικό σχέδιο παραγωγής, για τους ακόλουθους λόγους. Όσον αφορά στον προϋπολογισμό παραγωγής, οικονομικά στοιχεία της παραγωγής, όπως κόστη εννοκίασης, αμοιβές προσωπικού, κ.α., είναι πιθανό να ποικίλουν λόγω διάφορων παραγόντων (επίπεδο προϋπολογισμού, χώρα παραγωγής, προσφορά/ζήτηση, κ.α.). Από την άλλη, ένας παραγωγός τείνει εν γένει να έχει καλή εικόνα τέτοιων παραμέτρων. Συνεπώς, η ανθρώπινη εμπειρία φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματική στην κατάρτιση προϋπολογισμού σε σχέση με την ανάπτυξη ενός πολύπλοκου γενικού μοντέλου εκτίμησης κόστους. Εξάλλου, σύμφωνα με συνεντεύξεις με επαγγελματίες σκηνοθέτες και παραγωγούς που διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια του έργου ANSWER, οι κιν/φικές παραγωγές έχουν την τάση να «πέφτουν έξω» όχι λόγω κακών οικονομικών υπολογισμών αλλά λόγω καθυστερήσεων στα γυρίσματα. Από την άλλη, η σαφήνεια στην επικοινωνία σκηνοθέτη - παραγωγού μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη σωστή κατανομή του προϋπολογισμού και στον ρεαλιστικό προγραμματισμό των πιο απαιτητικών σημείων της παραγωγής, οδηγώντας εν τέλει σε εξοικονόμηση χρόνου και πόρων. Ωστόσο, τα υπάρχοντα εργαλεία επικοινωνίας αδυνατούν πολλές φορές να αναδείξουν την πολυπλοκότητα παραγωγής, οδηγώντας συχνά τον σκηνοθέτη σε επιπλέον προετοιμασία [145]. Τόσο οι διάφορες απαιτήσεις παραγωγής όσο και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις,



οι οποίες γενούν λανθάνουσα πολυπλοκότητα, συχνά δεν επικοινωνούνται επαρκώς, επισύροντας τελικά επιπλέον κόσθη και καθυστερήσεις στα γυρίσματα.

Αντλώντας από την παραπάνω συζήτηση, βασικός στόχος του FilmProdViz είναι η βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού στο πλαίσιο του σχεδιασμού παραγωγής. Προς αυτή την κατεύθυνση, οι επί μέρους στόχοι του συστήματος είναι:

- Να παράσχει στον σκηνοθέτη ένα αναλυτικό επικοινωνιακό εργαλείο, το οποίο θα του επιτρέπει να επικοινωνεί αποτελεσματικά τις καλλιτεχνικές επιλογές του στον παραγωγό
- Να αναδειξεί τη λανθάνουσα πολυπλοκότητα παραγωγής που υποβόσκει στον σκηνοθετικό σχεδιασμό, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολύπλοκων πλάνων
- Να διευκολύνει και να ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού με σκοπό την έγκαιρη επισήμανση των πολύπλοκων σημείων της παραγωγής και την εστίαση της συζήτησης σε αυτά, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη κατανομή του χρόνου, του ανθρώπινου δυναμικού και του προϋπολογισμού, και εν τέλει ένα εφικτό σχέδιο παραγωγής

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, το FilmProdViz παρέχει τα ακόλουθα:

- Το σύστημα αξιοποιεί τη σημειογραφία DN ως μέσο διεπαφής με τον τελικό χρήστη: οι σημειογραφημένες σκηνοθετικές επιλογές (εφεξής *παρτιτούρα DN*) χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου στο σύστημα.
- Το FilmProdViz αποτελεί την πρώτη, πειραματική εφαρμογή της προτεινόμενης οντολογίας FilMO. Μέσω της FilMO, η (οπτική) παρτιτούρα DN που εισάγεται από τον χρήστη αναλύεται σημασιολογικά. Η ανάλυση της παρτιτούρας επιτυγχάνεται μέσω μιας διαδικασίας μετασχηματισμού δεδομένων δύο βημάτων, η οποία αποτελεί βασικό στοιχείο καινοτομίας του προτεινόμενου συστήματος.



- Μέσω της FilMO, τα οπτικά δεδομένα εισόδου μετασχηματίζονται αρχικά σε σημασιολογικά (1^ο βήμα μετασχηματισμού). Κατόπιν, η μετασχηματισμένη παρτιτούρα DN αναλύεται μέσω ΣΣ και παράγονται σημασιολογικά μεταδεδομένα τα οποία αναπαριστούν την πολυπλοκότητα παραγωγής του σημειογραφημένου σκηνοθετικού σχεδιασμού.
- Η ανάλυση της παρτιτούρας εστιάζει σε φιλικές παραμέτρους που επενεργούν στην παραγωγή αυξάνοντας με τρόπο *λανθάνοντα* την πολυπλοκότητά της, επισύροντας συχνά απρόβλεπτες καθυστερήσεις και κόστη.
- Με σκοπό να καταστούν εύληπτα για τον χρήστη, τα παραχθέντα μεταδεδομένα πολυπλοκότητας παραγωγής μετασχηματίζονται ξανά σε μια δομημένη, συγκεντρωτική οπτική μορφή (2^ο βήμα μετασχηματισμού).
- Τα οπτικά δεδομένα εξόδου (δηλ. τα οπτικοποιημένα σημασιολογικά μεταδεδομένα) παρουσιάζονται σε *σύνθεση* με τα οπτικά δεδομένα εισόδου (δηλ. την παρτιτούρα DN, από την οποία προήλθαν τα δεδομένα εξόδου), με τρόπο που αλληλοσυμπληρώνονται σε επίπεδο μετάδοσης πληροφορίας.
- Τα μεταδεδομένα πολυπλοκότητας παραγωγής παράγονται σε *πραγματικό χρόνο* και στο *παρασκήνιο*, ενόσω ο σκηνοθέτης χρησιμοποιεί το DN για τους δικούς του καλλιτεχνικούς σκοπούς. Όσο λοιπόν ο σκηνοθέτης σημειογραφεί τις καλλιτεχνικές επιλογές του, αυτές επισημειώνονται αυτόματα με επιπλέον πληροφορία που αφορά στην πολυπλοκότητα παραγωγής, χωρίς η δουλειά του να επιβαρύνεται.



5.1. Γνωστικό Υπόβαθρο - Ανάλυση Απαιτήσεων Συστήματος

5.1.1. Πολυπλοκότητα Κιν/φικής Παραγωγής

Η κιν/φική παραγωγή είναι μια σύνθετη διαδικασία, και το τελικό κόστος της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ένας σημαντικός και συχνά αστάθμητος παράγοντας είναι ο χρόνος: μεγαλύτερη διάρκεια γυρισμάτων συνεπάγεται αύξηση του κόστους ενοικίασης εξοπλισμού, αμοιβών προσωπικού και άλλων λειτουργικών εξόδων [143]. Η υλοποίηση πολύπλοκων πλάνων τείνει να είναι απαιτητική από πλευράς τεχνικού εξοπλισμού και προσωπικού παραγωγής, αλλά πρωτίστως από πλευράς χρόνου.

Σε γενικές γραμμές, οι απαιτήσεις μιας κιν/φικής παραγωγής μπορούν να διακριθούν σε (α) τυπικές απαιτήσεις, οι οποίες αντιστοιχούν απευθείας σε κάποιο κόστος (π.χ., αμοιβές προσωπικού, ενοικίαση εξοπλισμού), και (β) παραμέτρους οι οποίες δεν μεταφράζονται απευθείας σε κόστος αλλά επιμηκύνουν τη διάρκεια των γυρισμάτων, επισύροντας επιπλέον πρόβες, αυξημένο χρόνο προετοιμασιών και πολλαπλές λήψεις στο γύρισμα. Για παράδειγμα, ένα γύρισμα με γερανό²² επισύρει απευθείας κάποιο κόστος για την ενοικίαση του εξοπλισμού. Από την άλλη μεριά, μια πολύπλοκη συνδυαστική κίνηση ενός ηθοποιού και της κάμερας δεν αυξάνει άμεσα το κόστος παραγωγής, εντούτοις συχνά καθυστερεί το γύρισμα αφού απαιτεί επιπλέον επί τόπου πρόβες και πιθανόν πολλαπλές λήψεις. Πολλαπλές τέτοιου είδους καθυστερήσεις επισύρουν αθροιστικά επιπλέον μέρες γυρισμάτων, αυξάνοντας έτσι έμμεσα τα διάφορα λειτουργικά κόστη. Με άλλα λόγια, ο παράγοντας του χρόνου λειτουργεί πολλαπλασιαστικά για όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους κόστους. Συνεπώς, ένας επιτυχής προϋπολογισμός παραγωγής βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στον ρεαλιστικό προγραμματισμό [144].

²² Ένα πλάνο γερανού υλοποιείται με την κάμερα τοποθετημένη πάνω σε έναν ειδικό γερανό. Ο γερανός χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις που η δράση πρέπει να κινηματογραφηθεί από ψηλά.



Ως *πολυπλοκότητα παραγωγής πλάνου* ορίζεται ο βαθμός στον οποίο τα διάφορα στοιχεία σχεδιασμού ενός πλάνου επηρεάζουν δυνητικά τον χρόνο και το κόστος υλοποίησής του. Τα στοιχεία αυτά θα αναφέρονται εφεξής ως *παράγοντες πολυπλοκότητας παραγωγής (ΠΠΠ)*. Ένας ΠΠΠ μπορεί να είναι μια τεχνική γυρίσματος (π.χ., το γύρισμα με γερανό που αναφέρθηκε παραπάνω), η ποσότητα και ποιότητα της κίνησης των ηθοποιών και της κάμερας, ο αριθμός των ηθοποιών ανά πλάνο, κ.α. Όπως φάνηκε από το παράδειγμα του γυρίσματος με γερανό, ένας ΠΠΠ μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή (α) επισύροντας άμεσα κάποιο κόστος, (β) έμμεσα, επιμηκύνοντας τη διάρκεια των γυρισμάτων, κάτι που όπως είδαμε παραπάνω επιφέρει εν τέλει αύξηση του λειτουργικού κόστους, και (γ) και με τους δύο παραπάνω τρόπους ταυτόχρονα. Το γύρισμα με γερανό αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της τρίτης περίπτωσης, αφού αφενός επισύρει άμεσα κόστος ενοικίασης του σχετικού εξοπλισμού, και αφετέρου είναι πολύ πιθανό η παρουσία του γερανού να δημιουργήσει επιπλέον καθυστερήσεις στο γύρισμα, απαιτώντας στήσιμο αλλά και επιπλέον πρόβες χειρισμού (π.χ., σε σχέση με ένα απλό γύρισμα σε τρίποδο).

Επιπρόσθετα, συγκεκριμένοι ΠΠΠ που εμπλέκονται σε ένα γύρισμα είναι πιθανό να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους επηρεάζοντας *συνδυαστικά* την πολυπλοκότητα παραγωγής. Για παράδειγμα, εάν σε ένα γύρισμα με γερανό εμπλέκεται η κίνηση ενός σκύλου την οποία πρέπει να ακολουθήσει η κάμερα, η ακανόνιστη πορεία του σκύλου δημιουργεί επιπλέον πολυπλοκότητα στην κίνηση του γερανού, η οποία κίνηση επηρεάζει τη συνολική πολυπλοκότητα του γυρίσματος όχι απλώς αθροιστικά: η αλληλεπίδραση αυτών των δύο στοιχείων επιδρά *πολλαπλασιαστικά* στην πολυπλοκότητα παραγωγής του πλάνου, αφού η επιτυχής έκβαση της σχεδιασμένης κίνησης της κάμερας είναι συνάρτηση αφενός της πλέον αυξημένης (λόγω της κίνησης του σκύλου) πολυπλοκότητας χειρισμού του γερανού, αφετέρου της υπακοής του σκύλου, που απαιτεί εκπαιδευτή αλλά και εκτεταμένες πρόβες ανεξαρτήτως του τρόπου κινηματογράφησης, οι οποίες πρόβες εν προκειμένω θα είναι



πιθανότατα ακόμα περισσότερες λόγω της δυσκολίας χειρισμού του γερανού. Εάν λοιπόν η καθυστέρηση λόγω αυτής της αλληλεπίδρασης επιφέρει μία επιπλέον μέρα γυρισμάτων, θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του συνολικού κόστους ενοικίασης του γερανού, αμοιβής του εκπαιδευτή, κλπ. Εν κατακλείδι, η παραγωγή πολύπλοκων πλάνων όπως το παραπάνω θα πρέπει να σχεδιάζεται σχολαστικά, με βάση την εκτιμώμενη πολυπλοκότητα υλοποίησής τους.

5.1.2. Παράγοντες Πολυπλοκότητας Κιν/φικής Παραγωγής

Η παραπάνω συζήτηση καθοδήγησε τη διαδικασία ανάλυσης απαιτήσεων για την ανάπτυξη του FilmProdViz. Υπό την καθοδήγηση των δύο επαγγελματιών σκηνοθετών που συμμετείχαν στην ερευνητική ομάδα του έργου ANSWER προσδιορίστηκαν έξι θεμελιώδεις ΠΠΠ, βάσει των οποίων επιτελείται η ανάλυση της πολυπλοκότητας παραγωγής: *μετακίνηση κάμερας (camera travelling, CT)*, *στατική κίνηση κάμερας (camera lens movement, CLM)*, *μετακίνηση ηθοποιού (actor displacement, AD)*, *τεχνική γυρίσματος (shooting technique, ST)*, *τύπος αντικειμένου κινηματογράφησης (camera target type, CTT)* και *αριθμός ηθοποιών στο πλάνο (actors in frame, AIF)*. Όλοι οι παραπάνω ΠΠΠ αφορούν στις πλέον σημαντικές και σύνθετες πτυχές της κιν/φικής σκηνοθεσίας, που είναι η κινηματογράφηση, η ηθοποιία και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Για τον λόγο αυτόν, θεωρήθηκαν επαρκείς για την αρχική έκδοση του FilmProdViz.

Όπως μαρτυρά το όνομά τους, οι τρεις πρώτοι ΠΠΠ αναφέρονται στην πολυπλοκότητα μιας σχεδιασμένης κίνησης της κάμερας ή ενός ηθοποιού στο κιν/φικό πλατό. Η *στατική κίνηση κάμερας* αναφέρεται στην αλλαγή κατεύθυνσης του φακού της κάμερας (ανεξαρτήτως αν η κάμερα καθ' εαυτήν μετακινείται).

Η *τεχνική γυρίσματος* αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο μετακινείται η κάμερα. Διάφορες τεχνικές έχουν αναπτυχθεί για τη μετακίνηση της κάμερας κατά τη διάρκεια του



γυρίσματος. Μια μετακίνηση της κάμερας μπορεί να υλοποιηθεί με την κάμερα στο χέρι, με χρήση Steadicam²³, με ράγες²⁴ ή με χρήση γερανού. Οι τεχνικές αυτές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ως προς το αισθητικό αποτέλεσμα που παράγουν, αλλά και ως προς τη λειτουργία τους, αφού κάποιες από αυτές απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό ή/και ειδικό εξοπλισμό, καθώς και επιπλέον χρόνο στησίματος και προβών. Με βάση αυτές τις απαιτήσεις, οι τεχνικές γυρίσματος κατατάσσονται σε τρία επίπεδα πολυπλοκότητας: απλές (στο χέρι, τρίποδο), σύνθετες (Steadicam) και πολύ σύνθετες τεχνικές (ράγες, γερανός).

Ο τύπος αντικειμένου κινηματογράφησης αναφέρεται στα χαρακτηριστικά του κύριου υπό κινηματογράφηση αντικειμένου. Για παράδειγμα, η κινηματογράφηση ενός τοπίου είναι προφανώς πολύ πιο απλή από την κινηματογράφηση ενός ηθοποιού. Στη δεύτερη περίπτωση, ενώ ο οπερατέρ προσπαθεί να χειριστεί την κάμερα με βάση τον σχεδιασμό του σκηνοθέτη, μια άρτια ερμηνεία πρέπει ταυτόχρονα να επιτευχθεί από πλευράς του(ων) ηθοποιού(ων). Ανάλογα λοιπόν με την πολυπλοκότητα της κινηματογράφησης αλλά και της ερμηνείας, η επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος συνεπάγεται συνήθως επιπλέον επί τόπου πρόβες και πολλαπλές λήψεις του ίδιου πλάνου. Επιπλέον δυσκολίες εμφανίζονται όταν στο πλάνο εμπλέκονται παιδιά ή ζώα. Με βάση τα παραπάνω, οι τύποι αντικειμένου κινηματογράφησης κατατάσσονται σε τρία επίπεδα πολυπλοκότητας: απλοί (τοπία, φυσικά αντικείμενα), σύνθετοι (ενήλικοι ηθοποιοί) και πολύ σύνθετοι τύποι (παιδιά, ζώα).

Τέλος, ο αριθμός ηθοποιών στο πλάνο αναφέρεται στο πλήθος των ηθοποιών που συμμετέχουν στο γύρισμα ενός πλάνου. Μεγάλος αριθμός ηθοποιών συνεπάγεται αυξημένη πολυπλοκότητα στη σύνθεση του πλάνου και κατ' επέκταση στην υλοποίησή του.

²³ Το Steadicam είναι ένας ελαφρύς μηχανισμός στήριξης της κάμερας στο ανθρώπινο σώμα, ο οποίος εξασφαλίζει ομαλή κινηματογράφηση σε συνθήκες γρήγορης κίνησης σε ανώμαλη επιφάνεια. Το Steadicam είναι σχετικά ακριβό και απαιτεί εξειδικευμένο οπερατέρ.

²⁴ Οι ράγες είναι εξοπλισμός κινηματογράφησης ο οποίος εξασφαλίζει την ομαλή μετακίνηση της κάμερας. Οι ράγες απαιτούν στήσιμο και εξειδικευμένο προσωπικό και οπερατέρ.



Επιπρόσθετα, ορισμένοι συνδυασμοί των έξι αυτών ΠΠΠ δημιουργούν συνδυαστική πολυπλοκότητα, εισάγοντας τους παρακάτω έξι *συνδυαστικούς ΠΠΠ (Σ-ΠΠΠ)*. Όταν μια πολύπλοκη μετακίνηση της κάμερας (*CT*) συμβαίνει ταυτόχρονα με μια στατική κίνησή της (*CLM*), απαιτείται επιπλέον προσπάθεια από τον οπερατέρ ώστε οι δύο κινήσεις να εναρμονιστούν σε ένα ενιαίο, ομαλό αισθητικό αποτέλεσμα. Συνεπώς, σε αυτή την περίπτωση δημιουργείται νέα, συνδυαστική πολυπλοκότητα (*CT_CLM*). Όταν η κάμερα πρέπει να ακολουθήσει μια πολύπλοκη μετακίνηση του ηθοποιού (*AD*) ενώ κινείται και η ίδια (*CT/CLM*), η κίνηση της κάμερας (είτε μετακίνηση είτε στατική είτε και τα δύο είδη κίνησης ταυτόχρονα) πρέπει να εναρμονιστεί με την κίνηση του ηθοποιού, επισύροντας επιπλέον επί τόπου πρόβες και πιθανά πολλαπλές λήψεις ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Συνεπώς, και σε αυτή την περίπτωση δημιουργείται νέα, συνδυαστική πολυπλοκότητα (*CT_AD*, *CLM_AD*, *CT_CLM_AD*). Όταν η κινηματογράφηση ενός σύνθετου τύπου αντικειμένου κινηματογράφησης (*CTT*) υλοποιείται με μια σύνθετη τεχνική γυρίσματος (*ST*) δημιουργείται νέα, συνδυαστική πολυπλοκότητα (*ST_CTT*), όπως συζητήθηκε στο παράδειγμα του γυρίσματος με γερανό (βλ. Κεφ. 5.1.1). Τέλος, όταν οι ηθοποιοί που συνθέτουν ένα πλάνο (*AIF*) δεν είναι στατικοί (*AD*), η σύνθεση του πλάνου πιθανότατα θα αλλάξει αρκετές φορές κατά τη διάρκειά του. Συνεπώς, απαιτείται επιπλέον προσπάθεια και επί τόπου πρόβες ώστε να διατηρηθεί μια άρτια σύνθεση πλάνου καθόλη τη διάρκειά του, δημιουργώντας έτσι νέα, συνδυαστική πολυπλοκότητα (*AIF_AD*).

5.2. Υπάρχουσες Προσεγγίσεις

Η συνεισφορά της Πληροφορικής στο πλαίσιο του σχεδιασμού κιν/φικής παραγωγής περιορίζεται σε (κυρίως εμπορικά) προϊόντα λογισμικού, τα οποία ουσιαστικά ψηφιοποιούν τα παραδοσιακά εργαλεία σχεδιασμού παραγωγής που συζητήθηκαν στην εισαγωγή του



Κεφ. 5. Για παράδειγμα, το *Movie Magic Budgeting*²⁵ είναι μια εμπορική εφαρμογή η οποία παρέχει λειτουργίες ανάλυσης σεναρίου, καθώς και εργαλεία προϋπολογισμού και προγραμματισμού παραγωγής, και χρησιμοποιείται ευρέως από επαγγελματίες του χώρου. Παρομοίως, το *Celtx*²⁶ είναι μια web πλατφόρμα προετοιμασίας παραγωγής, η οποία επιπλέον συμπεριλαμβάνει εργαλεία συγγραφής σεναρίου και δημιουργίας εικονοσεναρίου. Άλλες παρόμοιες εφαρμογές είναι το *Gorilla Film Production Software*²⁷ και το *Showbiz Budgeting*²⁸. Οι εφαρμογές αυτές είναι ουσιαστικά εφαρμογές τύπου *Microsoft Excel* που εξειδικεύονται στον σχεδιασμό κιν/φικής παραγωγής, παρέχοντας ειδικές ηλεκτρονικές φόρμες που εξυπηρετούν τις διάφορες επί μέρους εργασίες, με όλα τα προφανή πλεονεκτήματα σε επίπεδο οργάνωσης, διαχείρισης και επεξεργασίας της πληροφορίας. Ωστόσο, οι εφαρμογές αυτές δεν διαφέρουν ουσιαστικά από τα αντίστοιχα παραδοσιακά εργαλεία ως προς το τελικό αποτέλεσμα που παράγουν. Με αυτή την έννοια, τα πλεονεκτήματα των εφαρμογών αυτών μπορούν να θεωρηθούν ανάλογα των πλεονεκτημάτων της εφαρμογής *Microsoft Excel* σε σύγκριση με λογιστικά φύλλα χαρτιού.

Παρομοίως, διατίθενται στην αγορά αρκετές εφαρμογές ψηφιακού εικονοσεναρίου, όπως το *Storyboard Pro*²⁹, το *Storyboarding Artist*³⁰ και το *FrameForge Previz Studio*³¹. Οι εφαρμογές αυτές ψηφιοποιούν την παραδοσιακή χειρονακτική διαδικασία δημιουργίας εικονοσεναρίου, παρέχοντας εύχρηστα διδιάστατα/τριδιάστατα γραφικά περιβάλλοντα δημιουργίας στατικών/κινούμενων εικονοσεναρίων. Παράλληλα, έχουν γίνει προς την ίδια κατεύθυνση και αξιοσημείωτες ερευνητικές προσπάθειες [147-152]. Το μεγάλο πλεονέκτημα των εφαρμογών ψηφιακού εικονοσεναρίου είναι ότι παρέχουν στον

²⁵ <http://www.moviesoft.com/products/movie-magic-budgeting/>

²⁶ <https://www.celtx.com/index.html>

²⁷ http://www.junglesoftware.com/products/gorilla_home.php

²⁸ <https://www.media-services.com/showbiz-software/showbiz-budgeting>

²⁹ <https://www.toonboom.com/products/storyboardpro>

³⁰ <http://www.powerproduction.com/storyboard-artist.html>

³¹ <http://www.frameforge3d.com>



σκηνοθέτη τη δυνατότητα να παράγει ο ίδιος εικονοσενάρια, απαλείφοντας έτσι την ανάγκη πρόσληψης στοριμπορντίστα, ο οποίος παραδοσιακά παρεμβάλλεται μεταξύ σκηνοθέτη και εικονοσεναρίου. Ωστόσο, το ψηφιακό εικονοσενάριο δεν διαφέρει από το παραδοσιακό ως προς το είδος της πληροφορίας που αποτυπώνει, και επομένως δεν προσφέρει κάποιο πλεονέκτημα στον παραγωγό σε σχέση με το παραδοσιακό.

Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε μια αξιοσημείωτη ερευνητική δουλειά ανάλογη του FilmProdViz πάνω σε διαφορετικό αλλά συγγενές ΓΠ. Στο [153], η σημειογραφία της μουσικής αξιοποιείται τεχνικά με στόχο τη βελτίωση της κατανόησης πολύπλοκων κλασικών κομματιών. Παρουσιάζοντας μια μέθοδο οπτικοποίησης η οποία συνοψίζει το περιεχόμενο μιας μουσικής παρτιτούρας, οι συγγραφείς του [153] δείχνουν πώς μια πολύπλοκη δομή παρτιτούρας μπορεί να μετασχηματιστεί σε μια απλούστερη οπτικοποίηση η οποία παρουσιάζει σε παραλληλία τα μελωδικά μοτίβα κάθε οργάνου. Η οπτικοποίηση παρέχει στον μουσικό μια περίληψη του κομματιού, βοηθώντας τον έτσι να διακρίνει μοτίβα που θα ήταν δύσκολο να εντοπίσει απευθείας από την παρτιτούρα.

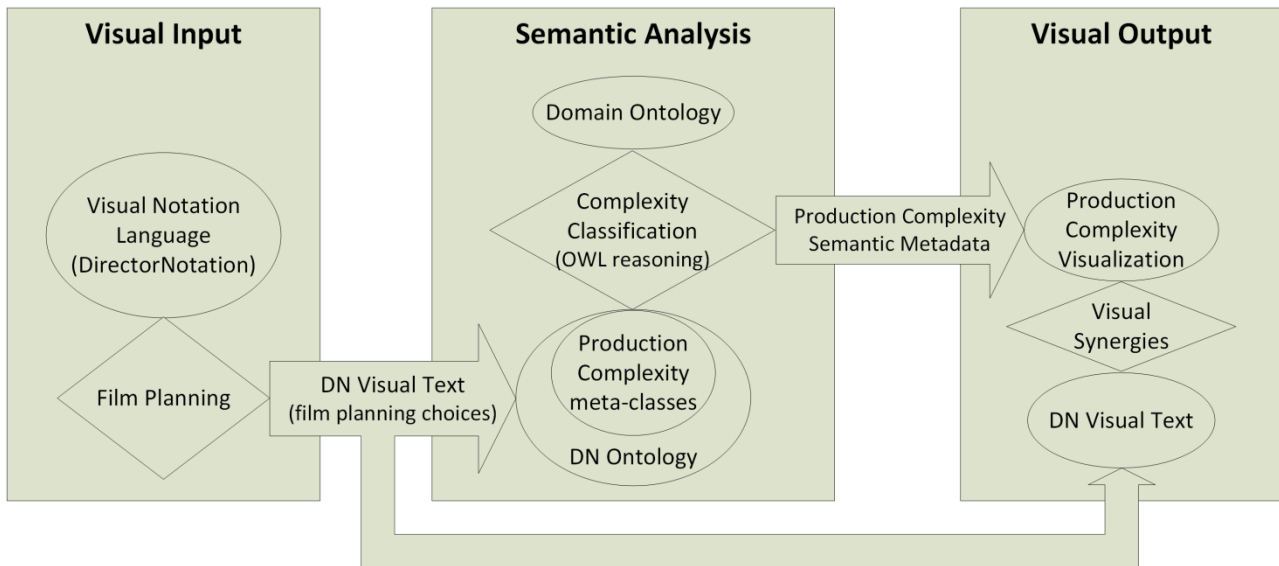
Εν κατακλείδι, κατά τη βιβλιογραφική έρευνα που διεξήχθη, δεν εντοπίστηκε κάποια σχετική δουλειά η οποία να έχει ως στόχο τη βελτίωση της διαδικασίας του σχεδιασμού παραγωγής πέρα από τα όρια των προαναφερθέντων εφαρμογών προετοιμασίας παραγωγής, οι οποίες, σε αντίθεση με το προτεινόμενο σύστημα, στοχεύουν απλώς στην ψηφιοποίηση των παραδοσιακών τεχνικών, και όχι στη βελτίωση της επικοινωνίας σκηνοθέτη - παραγωγού εστιάζοντας στο φιλικό περιεχόμενο καθ' εαυτό.

5.3. Σύνοψη Συστήματος

Το FilmProdViz αποτελεί την πρώτη, πειραματική εφαρμογή της προτεινόμενης οντολογίας FilMO. Η βασική λειτουργία του συστήματος εισάγει την ακόλουθη, καινοτόμα μέθοδο μετασχηματισμού δεδομένων δύο βημάτων. Το σύστημα δέχεται ως είσοδο οπτικά



δεδομένα υπό μορφή παρτιτούρας DN (η οποία αναπαριστά συμβολικά σκηνοθετικές επιλογές). Προκειμένου να αποθηκευτούν στην οντολογία, τα οπτικά δεδομένα εισόδου μετασχηματίζονται σε *σημασιολογικά* (1^ο βήμα μετασχηματισμού). Κατόπιν, αναλύονται μέσω ΣΣ και παράγονται *σημασιολογικά μεταδεδομένα* που αναπαριστούν την πολυπλοκότητα παραγωγής των σημειογραφημένων σκηνοθετικών επιλογών. Τέλος, τα παραχθέντα μεταδεδομένα μετασχηματίζονται ξανά σε μια συγκεντρωτική, δομημένη *οπτική* μορφή (2^ο βήμα μετασχηματισμού), και παρουσιάζονται στον χρήστη *σε σύνθεση* με τα οπτικά δεδομένα εισόδου (δηλ. την παρτιτούρα DN), δημιουργώντας έτσι χρήσιμες οπτικές συνέργειες. Ο μετασχηματισμός των οπτικών δεδομένων εισόδου σε σημασιολογικά μεταδεδομένα είναι η φάση της *ανάλυσης*. Ο μετασχηματισμός των παραχθέντων μεταδεδομένων πίσω σε οπτική μορφή, ώστε να καταστούν εύληπτα για τον χρήστη, είναι η φάση της *σύνθεσης*. Η φάση της *ανάλυσης* αξιοποιεί τις δυνατότητες συναγωγής συμπερασμάτων της ΣΣ ως τεχνικού εργαλείου. Η φάση της *σύνθεσης*, η οποία επιτελείται μέσω της οπτικοποίησης, αξιοποιεί τις ικανότητες οπτικής αντίληψης του χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο, τεχνολογία και ανθρώπινη αντίληψη συνεργάζονται με βάση τα πλεονεκτήματά τους. Αυτή η διαδικασία μετασχηματισμού δεδομένων δύο βημάτων αντικατοπτρίζει τη συνέργεια μεταξύ της σημασιολογικής συνιστώσας και των οπτικών συνιστωσών του συστήματος (βλ. Εικόνα 22), και συνιστά την καινοτομία του συστήματος στο επίπεδο της υλοποίησης. Η *σύνθεση* της οπτικής εξόδου (δηλ. των οπτικοποιημένων μεταδεδομένων) με την οπτική είσοδο (δηλ. την παρτιτούρα DN, από την οποία προήλθαν τα δεδομένα εξόδου) με τρόπο που αλληλοσυμπληρώνονται στη μετάδοση της πληροφορίας συνιστά την καινοτομία του συστήματος στο επίπεδο της οπτικοποίησης (βλ. Κεφ. 5.6.2). Η Εικόνα 22 απεικονίζει την αρχιτεκτονική του προτεινόμενου συστήματος.



Εικόνα 22: Συστατικά και λειτουργίες του γνωσιοκεντρικού συστήματος διαδραστικής σημασιολογικής οπτικοποίησης FilmProdViz

5.4. Είσοδος Οπτικών Δεδομένων

Η είσοδος των οπτικών δεδομένων επιτυγχάνεται μέσω ενός ψηφιακού εργαλείου δημιουργίας παρτιτούρων DN. Όπως έχει αναφερθεί, μια παρτιτούρα DN αναπαριστά συμβολικά φιλικό περιεχόμενο, και επομένως συνιστά καθ' εαυτήν οπτικοποίηση. Ωστόσο, εφόσον το DN είναι εργαλείο καταγραφής σκηνοθετικού σχεδιασμού, στοιχεία που αφορούν στην παραγωγή δεν καταγράφονται στην παρτιτούρα με συγκεντρωτικό τρόπο, αλλά ενυπάρχουν διάσπαρτα και αναμειγμένα με αμιγώς καλλιτεχνικά στοιχεία. Συνεπώς, παρά τη χρησιμότητά του ως σκηνοθετικού εργαλείου, το DN δεν μπορεί, ως έχει, να φανεί χρήσιμο στον παραγωγό. Για να αποκτήσει χρησιμότητα στο πλαίσιο του σχεδιασμού παραγωγής, μια παρτιτούρα DN πρέπει να αναλυθεί, ώστε η πληροφορία που αφορά στην παραγωγή να απομονωθεί και να επισημανθεί ρητά. Επιπλέον, όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 5.1, η σχετική με την παραγωγή πληροφορία στην οποία εστιάζει το FilmProdViz δεν αφορά απλά σε προφανείς απαιτήσεις παραγωγής (π.χ., σε απαιτήσεις τεχνικού εξοπλισμού των γυρισμάτων): τέτοιου τύπου πληροφορία μπορεί εύκολα να



εξαχθεί μέσω των παραδοσιακών εργαλείων προετοιμασίας παραγωγής. Η σημασιολογική ανάλυση στο πλαίσιο του FilmProdViz δίνει έμφαση σε παραμέτρους της παραγωγής οι οποίες επηρεάζουν με τρόπο *λανθάνοντα* τα γυρίσματα, επισύροντας στην παραγωγή μη αναμενόμενες καθυστερήσεις και κόστη. Το πλεονέκτημα χρήσης μιας ιδιαίτερα εκφραστικής γλώσσας όπως το DN για εισαγωγή δεδομένων στο σύστημα είναι ότι η ποιότητα και η αρτιότητα των δεδομένων εισόδου δημιουργεί γόνιμο έδαφος για μια αποτελεσματική ανάλυση. Επιπρόσθετα, η ανάλυση γίνεται *σε πραγματικό χρόνο* και *στο παρασκήνιο*, ενόσω ο σκηνοθέτης χρησιμοποιεί το DN για τους δικούς του σκοπούς, και έτσι η δουλειά του δεν επιβαρύνεται με κάποιον τρόπο.

5.5. Από Οπτικά Δεδομένα σε Σημασιολογικά Μεταδεδομένα

Τα οπτικά δεδομένα εισόδου (δηλ. η παρτιτούρα DN) αποθηκεύονται στο επίπεδο ABox της FilMO ως ένα σύνολο OWL στιγμιότυπων, με χρήση του Java OWL API v3.4.2 [154] (για περισσότερα πάνω στη στιγμιοτυποποίηση της FilMO, βλ. Κεφ. 4.5). Αφ' ης στιγμής τα δεδομένα εισόδου αποθηκευτούν στην οντολογία, υπόκεινται σε σημασιολογική ανάλυση μέσω ΣΣ με σκοπό την εξαγωγή μεταδεδομένων πολυπλοκότητας παραγωγής.

Η ΣΣ του συστήματος έχει υλοποιηθεί ως ένα σύνολο *μετα-κλάσεων*. Αν και υπάγονται στην οντολογία DN, οι κλάσεις αυτές αναπαριστούν γνώση η οποία αφορά στην παραγωγή, και άρα βρίσκεται εκτός γνωσσιακού φάσματος του DN, ενώ είναι μοντελοποιημένη σε διαφορετικό εννοιολογικό επίπεδο από αυτό της οντολογίας DN. Ουσιαστικά, οι εν λόγω μετα-κλάσεις δεν περιγράφουν σύμβολα (όπως οι υπόλοιπες κλάσεις της οντολογίας DN) αλλά συγκεκριμένους *συνδυασμούς* ορισμένων συμβόλων και τη σημασιολογία των συνδυασμών αυτών με όρους πολυπλοκότητας παραγωγής. Ωστόσο, σε επίπεδο υλοποίησης οι μετα-κλάσεις ανήκουν στην οντολογία DN, αφού μοντελοποιούν γνώση η οποία μπορεί να συναχθεί μέσω του DN. Συγκεκριμένα, μοντελοποιούν τους ΠΠΠ

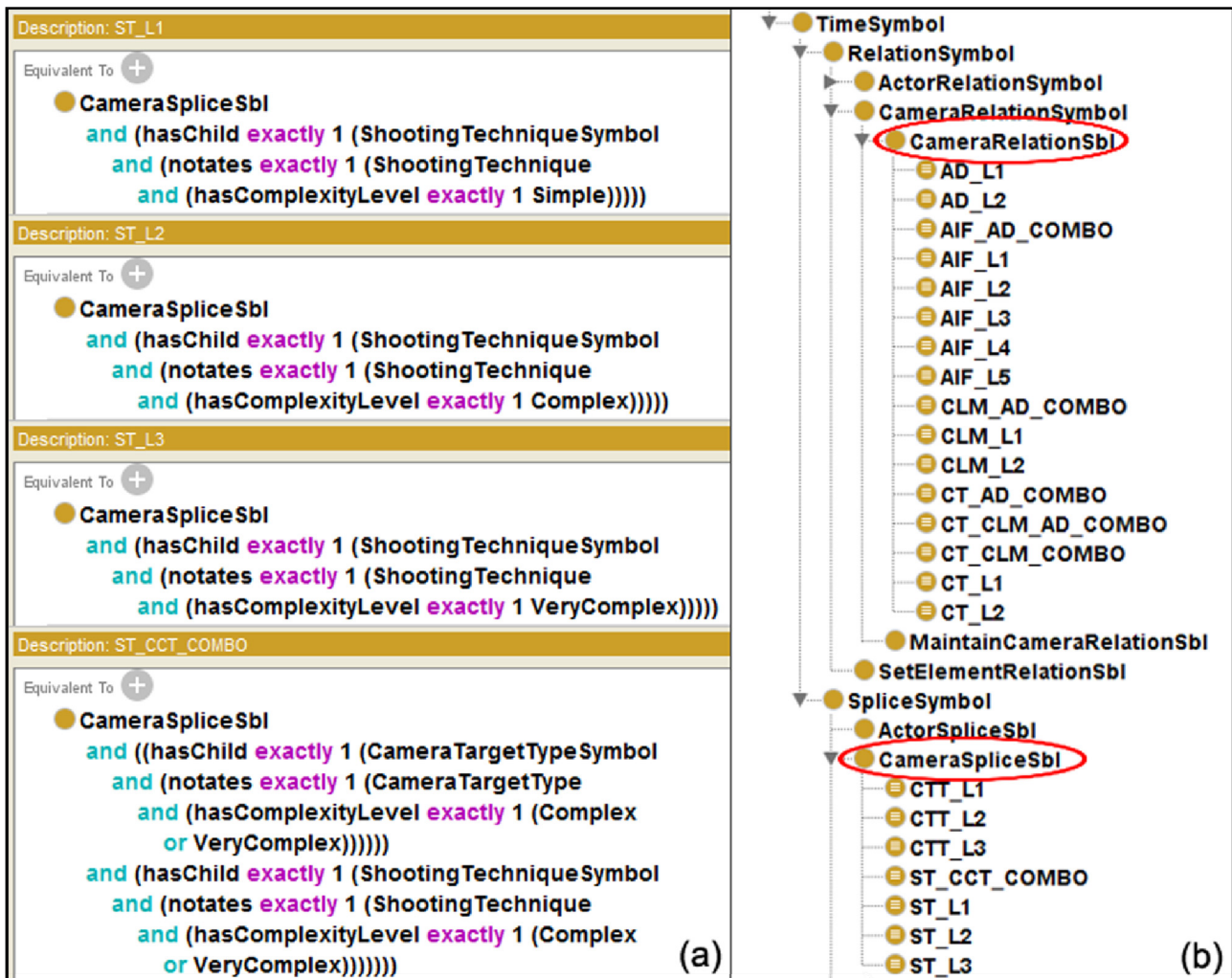


που περιγράψαμε στο Κεφ. 5.1.2. Κάθε ΠΠΠ μοντελοποιείται μέσω μίας ή περισσότερων μετα-κλάσεων, ανάλογα με τον αριθμό των επιπέδων πολυπλοκότητάς του. Για παράδειγμα, οι μετα-κλάσεις *ST_L1*, *ST_L2* και *ST_L3* μοντελοποιούν τον ΠΠΠ *ST* (οι τρεις κλάσεις αντιστοιχούν στα τρία επίπεδα πολυπλοκότητας του ΠΠΠ, βλ. Εικόνα 23.α επάνω), ενώ η μετα-κλάση *ST_CTT_COMBO* μοντελοποιεί τον Σ-ΠΠΠ *ST_CTT* (βλ. Εικόνα 23.α κάτω). Οι μετα-κλάσεις διακρίνονται εύκολα στην οντολογία DN από τα συντεταγμένα ονόματά τους που δεν είναι αναγνωρίσιμα σε έναν γνώστη του DN (σε αντίθεση με τις υπόλοιπες κλάσεις της οντολογίας DN οι οποίες φέρουν το όνομα του συμβόλου που αναπαριστούν). Οι OWL περιγραφές των μετα-κλάσεων διατυπώνονται με χρήση των ιδιοτήτων *notates* (βλ. Κεφ. 4.4.2) και *hasChild* (βλ. Κεφ. 4.5), και περιλαμβάνουν κλάσεις από αμφότερα τα οντολογικά στρώματα της FilmO, για τον λόγο που εξηγήσαμε στο Κεφ. 4.7.

Η μηχανή ΣΣ που επιλέχθηκε για τους σκοπούς του FilmProdViz είναι η *HermiT-1.3.7* [155], ως μια μηχανή υψηλής απόδοσης που υποστηρίζει πλήρως τη γλώσσα OWL 2. Στο πλαίσιο της σημασιολογικής ανάλυσης, το σύστημα επεξεργάζεται συγκεκριμένα στιγμιότυπα από το σύνολο των στιγμιότυπων που αναπαριστούν οντολογικά την εισηγμένη στο σύστημα παρτιτούρα DN, και προσδιορίζει σε ποιες μετα-κλάσεις υπάγονται τα στιγμιότυπα αυτά. Ειδικότερα, ο σημειογραφημένος με όρους DN σκηνοθετικός σχεδιασμός αναλύεται σε επίπεδο πλάνου, ή υποπλάνου³² σε περιπτώσεις πλάνων ποικίλης πολυπλοκότητας. Στο DN, το σύμβολο που σημειογραφεί (μέσω των συμβόλων-παιδιών του) ένα πλάνο ονομάζεται *camera-splICE*, ενώ το σύμβολο που σημειογραφεί ένα υποπλάνο *camera-relation*. Έτσι, μόνο τα στιγμιότυπα που αναπαριστούν αυτά τα σύμβολα υπόκεινται σε σημασιολογική ανάλυση, ως ακολούθως. Οι μετα-κλάσεις έχουν οριστεί ως

³² Χρονική υποδιαίρεση του πλάνου η οποία δεν συνιστά σκηνοθετική έννοια αλλά υιοθετήθηκε από την εννοιολόγηση του DN.

υποκλάσεις είτε της κλάσης *CameraSpliceSbl* είτε της κλάσης *CameraRelationSbl* (βλ. Εικόνα 23.b), οι οποίες, όπως μαρτυρούν τα ονόματά τους, μοντελοποιούν τα σύμβολα *camera-splice* και *camera-relation* αντίστοιχα. Συνεπώς, μόνο όσα στιγμιότυπα ανήκουν σε κάποια από αυτές τις δύο κλάσεις αναλύονται σημασιολογικά και αναλόγως υπάγονται σε μία ή περισσότερες μετα-κλάσεις. Η ταξινόμηση των στιγμιότυπων αυτών ως μελών μίας ή περισσότερων μετα-κλάσεων συνιστά τα παραχθέντα σημασιολογικά μεταδεδομένα, τα οποία αναπαριστούν την πολυπλοκότητα παραγωγής του σημειογραφημένου σκηνοθετικού σχεδιασμού.



Εικόνα 23: (a) OWL περιγραφές των μετα-κλάσεων που μοντελοποιούν τον ΠΙΠΙ ST (*ST_L1*, *ST_L2* και *ST_L3*) και τον Σ-ΠΙΠΙ ST (*ST_CTT* (*ST_CTT_COMBO*)), (b) οι μετα-κλάσεις έχουν οριστεί ως υποκλάσεις είτε της κλάσης *CameraSpliceSymbol* είτε της *CameraRelationSymbol*

5.6. Από Σημασιολογικά σε Οπτικά Μεταδεδομένα

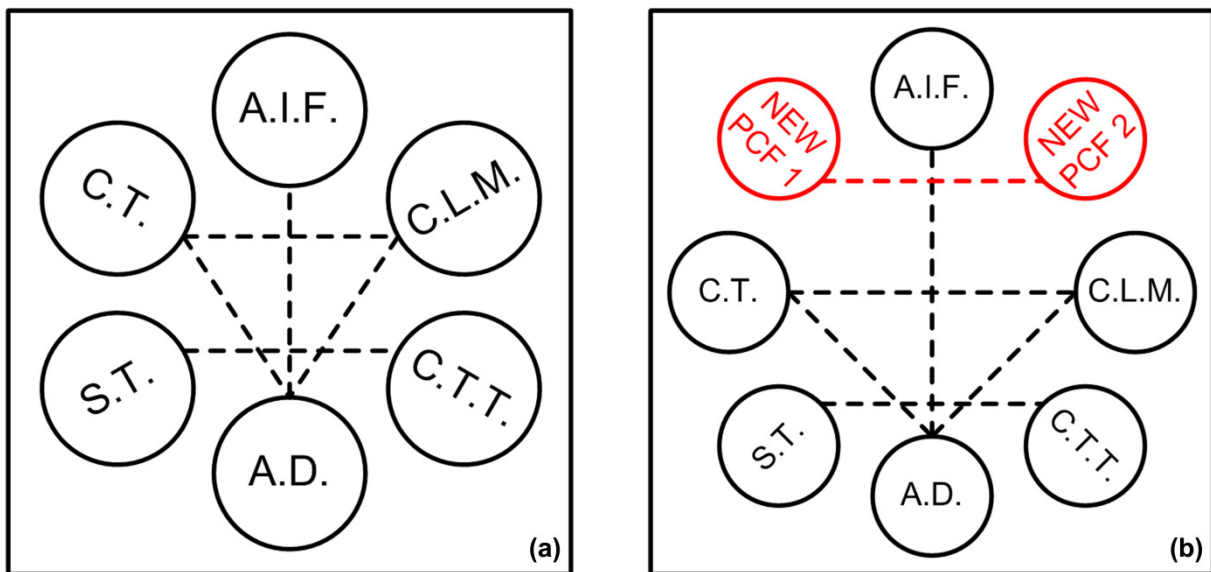
Τα παραχθέντα σημασιολογικά μεταδεδομένα πολυπλοκότητας παραγωγής παρουσιάζονται στο *Protégé-OWL* σε μια πρωτόλεια, μη κατανοήσιμη μορφή (π.χ., βλ. Εικόνα 27.b). Έτσι, το δεύτερο βήμα της προτεινόμενης διαδικασίας μετασχηματισμού δεδομένων σκοπό έχει την παρουσίαση των παραχθέντων μεταδεδομένων στον χρήστη σε μια εύληπτη οπτική μορφή.

5.6.1. Σχεδιασμός Οπτικοποίησης Πολυπλοκότητας Παραγωγής

Ο σχεδιασμός της *οπτικοποίησης της πολυπλοκότητας παραγωγής (ΟΠΠ)*, δηλαδή της οπτικοποίησης των ΠΠΠ και των αλληλεπιδράσεών τους, έχει βασιστεί στα ΕΓ (βλ. Κεφ. 2.4.4), και ειδικότερα στο φορμάτ οπτικοποίησης *SYNERGY*, που περιλαμβάνεται στο λεγόμενο *knowledge visualization framework*, το οποίο έχει προταθεί από τον Burkhard [156]. Ο λόγος που επιλέχθηκαν τα ΕΓ για την υλοποίηση της ΟΠΠ είναι ακριβώς η εγγενής ιδιότητά τους να δομούν οπτικά πληροφορία και να οπτικοποιούν αφηρημένες έννοιες και εννοιολογικές συσχετίσεις [157].

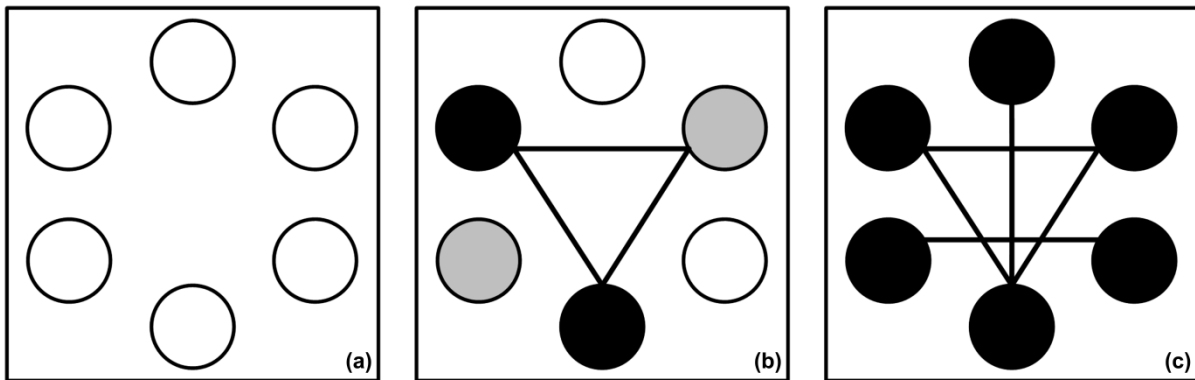
Η ΟΠΠ συνίσταται σε μία κατακόρυφα διατεταγμένη ακολουθία τετραγωνικών μονάδων οπτικοποίησης (βλ. Εικόνα 26 αριστερά). Κάθε μονάδα ΟΠΠ οπτικοποιεί την πολυπλοκότητα παραγωγής ενός πλάνου ή υποπλάνου. Κάθε μονάδα ΟΠΠ αποτελείται από έξι κύκλους, διατεταγμένους σε έναν μεγαλύτερο νοητό κύκλο (βλ. Εικόνα 24.a). Κάθε κύκλος αντιστοιχεί σε έναν ΠΠΠ, και χρωματίζεται άσπρος, γκρι ή μαύρος, ανάλογα με το επίπεδο πολυπλοκότητας του ΠΠΠ στο εκάστοτε πλάνο/υποπλάνο. Το άσπρο, το γκρι και το μαύρο χρώμα υποδηλώνει χαμηλή, μεσαία και υψηλή πολυπλοκότητα αντίστοιχα. Κάθε Σ-ΠΠΠ αναπαρίσταται οπτικά από ένα ευθύγραμμο τμήμα που συνδέει τους κύκλους οι οποίοι αντιστοιχούν στους εμπλεκόμενους ΠΠΠ (σύμφωνα με την ανάλυση στο Κεφ.

5.1.2), με μία εξαίρεση: Ο τριαδικός Σ-ΠΠΠ CT_CLM_AD δεν αναπαρίσταται ρητά από ένα ευθύγραμμο τμήμα, αλλά υποδηλώνεται από το τρίγωνο που σχηματίζει η ταυτόχρονη παρουσία των τριών ευθύγραμμων τμημάτων που αναπαριστούν τους τρεις εμπλεκόμενους δυαδικούς Σ-ΠΠΠ (δηλ. τους CT_CLM , CT_AD και CLM_AD , βλ. Εικόνα 25.b). Οι μονάδες ΟΠΠ που απεικονίζονται ενδεικτικά στην Εικόνα 25 οπτικοποιούν (από αριστερά) μια ελάχιστη, μεσαία και μέγιστη πολυπλοκότητα παραγωγής.



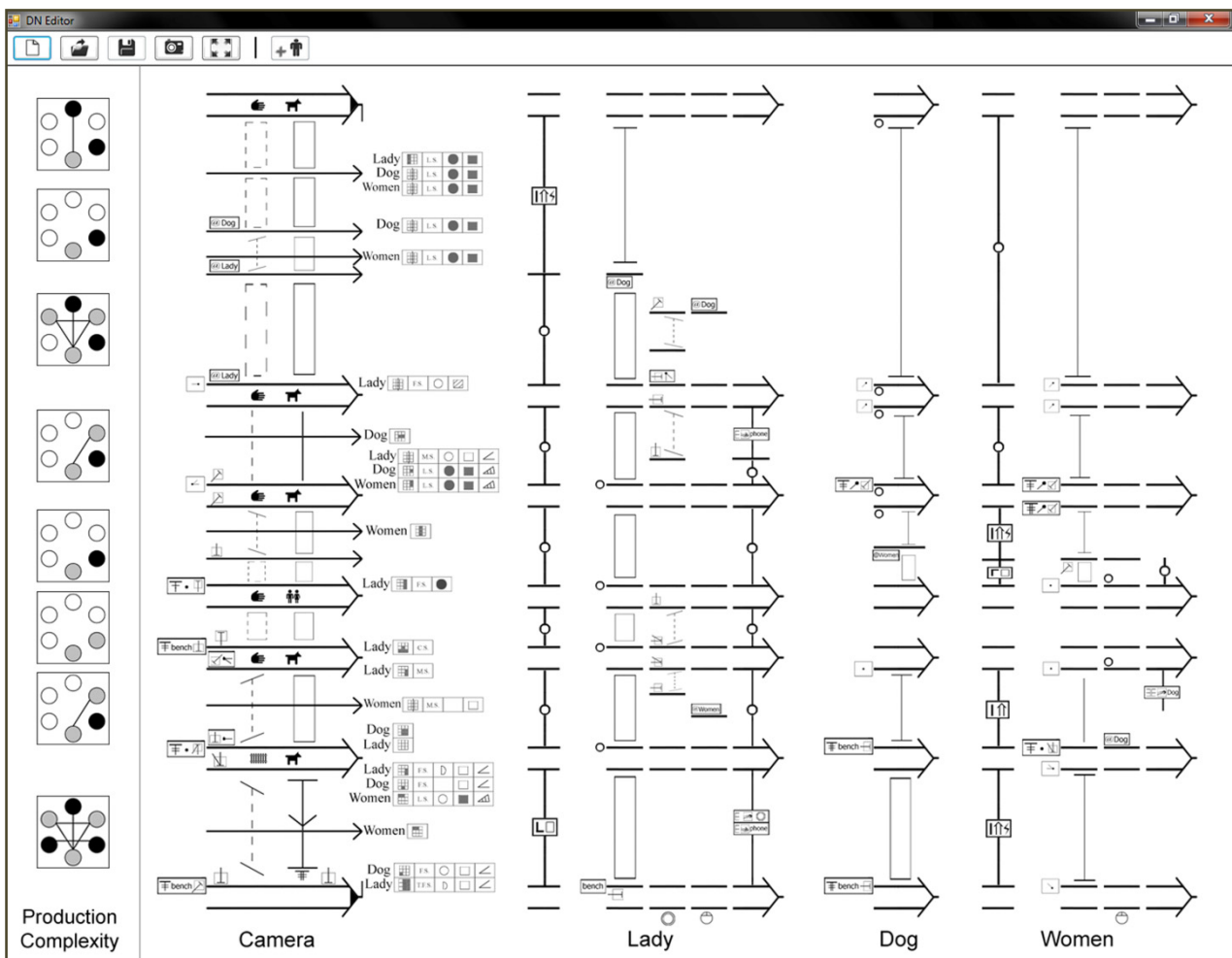
Εικόνα 24: (a) Γενική μορφή μιας μονάδας ΟΠΠ; (b) Ο σχεδιασμός της ΟΠΠ παρέχει έναν βαθμό επεκτασιμότητας

Η μονάδα ΟΠΠ έχει σχεδιαστεί να είναι αρκετά περιεκτική ώστε να δύναται να συνοψίσει την πληροφορία πολυπλοκότητας παραγωγής ενός πλάνου, και ταυτόχρονα λιτή οπτικά ώστε να είναι εύληπτη: για να «διαβάσει» την ΟΠΠ, ο χρήστης χρειάζεται απλά να είναι σε θέση να διακρίνει ποιος κύκλος αντιστοιχεί σε ποιον ΠΠΠ. Τέλος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 24.b, ο σχεδιασμός της ΟΠΠ παρέχει έναν βαθμό επεκτασιμότητας: επιπλέον κύκλοι μπορούν να προστεθούν στην κυκλική διάταξη με σκοπό την αναπαράσταση επιπλέον ΠΠΠ.



Εικόνα 25: Παραδείγματα μονάδων ΟΠΠ που απεικονίζουν μια (a) ελάχιστη, (b) μεσαία, και (c) μέγιστη πολυπλοκότητα παραγωγής

5.6.2. Οπτική Σύνθεση: Μετα-οπτικοποίηση



Εικόνα 26: Στιγμιότυπο οθόνης του FilmProdViz, όπου φαίνεται μια παρτιτούρα DN η οποία σημειογραφεί μία σκηνή (οπτικά δεδομένα εισόδου, βλ. δεξιά), μαζί με τα οπτικοποιημένα μεταδεδομένα πολυπλοκότητας παραγωγής (οπτικά δεδομένα εξόδου, βλ. αριστερά), τα οποία εξάγονται σε πραγματικό χρόνο από την παρτιτούρα μέσω σημασιολογικής ανάλυσης



Μια παρτιτούρα DN πρωτίστως *διαβάζεται*, με την έννοια ότι ο χρήστης διαβάζει και ερμηνεύει τα διάφορα σύμβολα. Ταυτόχρονα, μια παρτιτούρα DN μπορεί να εξεταστεί *οπτικά*, αφού ο χρήστης μπορεί να την παρατηρήσει από ευρεία σκοπιά και να λάβει μακροσκοπική οπτική πληροφορία, για παράδειγμα, μια καλή εικόνα του ρυθμού της ταινίας ή των σχετικών μεγεθών των πλάνων. Ως εκ τούτου, μια παρτιτούρα DN συνιστά *καθ' εαυτήν* οπτικοποίηση του φιλικού περιεχομένου που αναπαριστά, και μάλιστα σημασιολογική (αφού τα σύμβολα φέρουν εξ ορισμού σημασία). Επομένως, η ΟΠΠ, η οποία παράγεται μέσω της παρτιτούρας DN, συνιστά *μετα-οπτικοποίηση* αυτού του περιεχομένου, με την έννοια ότι επισημαίνει οπτικά τις διάφορες σημειογραφημένες σκηνοθετικές επιλογές με επιπλέον οπτική πληροφορία που αφορά στην πολυπλοκότητα υλοποίησής τους. Το μετα-επίπεδο της ΟΠΠ αντικατοπτρίζεται σε σημασιολογικό επίπεδο στις μετα-κλάσεις που μοντελοποιούν τους ΠΠΠ καθώς και στα παραχθέντα σημασιολογικά μεταδεδομένα.

Η τελική οπτικοποίηση συνίσταται στη *διεπιπεδική (inter-level)* σύνθεση της οπτικής εξόδου (δηλ. των οπτικοποιημένων μεταδεδομένων πολυπλοκότητας παραγωγής) με την οπτική είσοδο (δηλ. την παρτιτούρα DN). Με άλλα λόγια, τα δεδομένα εξόδου οπτικοποιούνται σε συνδυασμό με τα οπτικά δεδομένα εισόδου από τα οποία έχουν προκύψει (βλ. Εικόνα 26). Η οπτική είσοδος και έξοδος παρατάσσονται συγχρονισμένες, με τρόπο που αλληλοσυμπληρώνονται στη μετάδοση της πληροφορίας, δημιουργώντας έτσι χρήσιμες οπτικές συνέργειες. Τα *πλεονεκτήματα της συμπληρωματικής οπτικοποίησης (complementary visualization)* υπογραμμίζονται από τον Burkhard στο πλαίσιο της *γνωσιακής οπτικοποίησης (knowledge visualization)*, ενός νέου ερευνητικού πεδίου που εξετάζει τη χρήση οπτικοποιήσεων με σκοπό τη μετάδοση γνώσης μεταξύ τουλάχιστον δύο υποκειμένων, αντλώντας από την ανάλυση τού πώς οι αρχιτέκτονες χρησιμοποιούν συμπληρωματικές οπτικές αναπαραστάσεις με σκοπό τη μετάδοση γνώσης [158-159].



Οι οπτικές συνέργειες που δημιουργεί η σύνθεση της οπτικής εισόδου με την οπτική έξοδο λειτουργούν αμφίδρομα. Από τη μία, οι σημειογραφημένες σκηνοθετικές επιλογές επισημαίνονται με οπτικά μεταδεδομένα πολυπλοκότητας παραγωγής, τα οποία εμφανίζονται δίπλα στην παρτιτούρα DN σε πραγματικό χρόνο. Ως αποτέλεσμα, η παρτιτούρα παρέχει επιπλέον πληροφορία στον σκηνοθέτη σχετικά με αυτό που σημειογραφεί, ενόσω το σημειογραφεί. Από την άλλη, η παρτιτούρα συνεισφέρει στην ΟΠΠ τη δομή της και τη διάσταση του χρόνου. Αυτή η συνέργεια δίνει στον χρήστη μια καλή εικόνα της κατανομής της πολυπλοκότητας παραγωγής του υπό δημιουργία έργου, και επίσης τον πληροφορεί σχετικά με την αναμενόμενη διάρκεια των πιο απαιτητικών πλάνων σε σχέση με τη συνολική αναμενόμενη διάρκεια του έργου. Επιπλέον, η παρτιτούρα DN συμπληρώνει την ΟΠΠ συνεισφέροντας τις σκηνοθετικές λεπτομέρειες της εκάστοτε πολυπλοκότητας. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί μέσω της ΟΠΠ να εντοπίσει με ευκολία πλάνα που υλοποιούνται με σύνθετες τεχνικές γυρίσματος εστιάζοντας την προσοχή του στον κύκλο που οπτικοποιεί τον σχετικό ΠΠΠ, και να πληροφορηθεί τις σκηνοθετικές λεπτομέρειες αυτών των πλάνων εξετάζοντας τα αποσπάσματα της παρτιτούρας που σημειογραφούν καθένα εξ αυτών και βρίσκονται ακριβώς δίπλα από την αντίστοιχη μονάδα ΟΠΠ.

5.6.3. Άλλες Οπτικές Ιδιότητες

Η ΟΠΠ επιτρέπει στον χρήστη να αξιολογήσει την πολυπλοκότητα παραγωγής συνολικά αλλά και να διερευνήσει την πολυπλοκότητα μεμονωμένων πλάνων ταχύτερα και ευκολότερα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους, αφού παρέχει τη συνολική και την επί μέρους πληροφορία στην ίδια απεικόνιση. Επιπλέον, η ΟΠΠ υποστηρίζει τον εντοπισμό *οπτικών μοτίβων (visual patterns)*. Το πιο βασικό μοτίβο είναι ο εντοπισμός υψηλών επιπέδων πολυπλοκότητας, για παράδειγμα, του πολυπλοκότερου σημείου της παραγωγής



συνολικά, του πολυπλοκότερου σημείου μίας σκηνής, κοκ. Ένα άλλο χρήσιμο μοτίβο είναι ο εντοπισμός πολυπλοκότητας που σχετίζεται με έναν συγκεκριμένο ΠΠΠ, υπό μορφή *οπτικής επερώτησης (visual query)* [160]. Στο πλαίσιο χρήσης της ΟΠΠ, διαφορετικά κριτήρια μπορεί να ενδιαφέρουν σε διαφορετικές φάσεις της προετοιμασίας παραγωγής και των γυρισμάτων. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να θέλει σε μια φάση να εξετάσει τον τεχνικό εξοπλισμό ενός γυρίσματος, ενώ σε μια άλλη φάση να αξιολογήσει το επίπεδο δυσκολίας χειρισμού της κάμερας. Όπως είδαμε σε προηγούμενο παράδειγμα, ο σχεδιασμός της ΟΠΠ διευκολύνει τον χρήστη να εστιάσει την προσοχή του σε έναν συγκεκριμένο ΠΠΠ (δηλ. σε έναν συγκεκριμένο κύκλο της μονάδας ΟΠΠ), και να τον εξετάσει μεμονωμένα διατρέχοντας διαδοχικά όλες τις μονάδες ΟΠΠ, παραμένοντας *αντιληπτικά τυφλός (inattentionally blind)* [161] στην υπόλοιπη πληροφορία (δηλ. στους υπόλοιπους κύκλους κάθε μονάδας).

5.7. Ροή Εργασιών Συστήματος

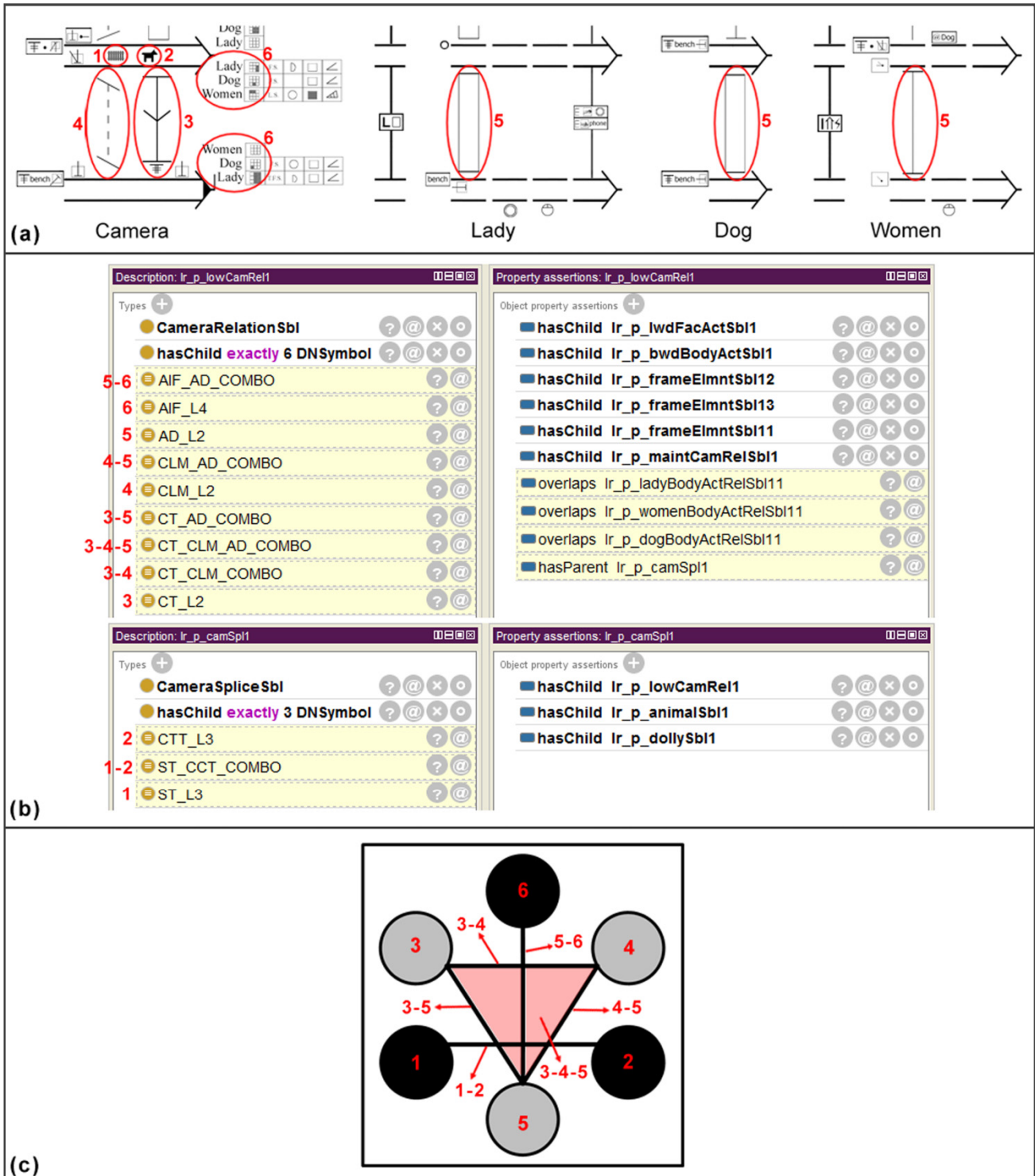
Το FilmProdViz διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού στο πλαίσιο του σχεδιασμού παραγωγής σε δύο επαναληπτικές και αλληλεπιδρώσες φάσεις: τη φάση *σημειογράφησης* και τη φάση *διαπραγμάτευσης*. Κατά την πρωταρχική φάση σημειογράφησης, ο σκηνοθέτης σημειογραφεί τις σκηνοθετικές επιλογές του δημιουργώντας μια παρτιτούρα DN, και το σύστημα αποκρίνεται σε πραγματικό χρόνο παράγοντας οπτικά μεταδεδομένα πολυπλοκότητας παραγωγής τα οποία εμφανίζονται ακριβώς δίπλα στην παρτιτούρα (βλ. Κεφ. 5.6.2). Ως αποτέλεσμα, ο σκηνοθέτης λαμβάνει συνεχώς πληροφορία που αφορά στην υλοποίηση των καλλιτεχνικών επιλογών του, ενόσω καταρτίζει τον σκηνοθετικό σχεδιασμό και πολύ πριν τον παρουσιάσει στον παραγωγό. Με αυτόν τον τρόπο, ο σκηνοθέτης μπορεί να κάνει πιο συνειδητές καλλιτεχνικές επιλογές, αλλά και να προετοιμαστεί καλύτερα για τις μετέπειτα συζητήσεις με τον παραγωγό.



Μόλις ολοκληρώσει τον σκηνοθετικό σχεδιασμό, ο σκηνοθέτης παρουσιάζει το σχετικό υλικό στον παραγωγό, μπαίνοντας έτσι στη φάση διαπραγμάτευσης. Κατά τη φάση διαπραγμάτευσης, το FilmProdViz λειτουργεί ως ένας εικονικός χώρος εργασίας, ο οποίος επιτρέπει σε σκηνοθέτη και παραγωγό να συνεργαστούν στενά και με διαδραστικό τρόπο πάνω στον σχεδιασμό της παραγωγής. Σκηνοθέτης και παραγωγός μπορούν να πλοηγηθούν από κοινού στην ΟΠΠ με ποικίλους τρόπους. Αρχικά, διατρέχοντας ολόκληρη την οπτικοποίηση μπορούν γρήγορα να αποκτήσουν μια καλή εικόνα του συνολικού επιπέδου πολυπλοκότητας παραγωγής του υπό δημιουργία έργου, λαμβάνοντας συγκεντρωτική πληροφορία. Από εκεί και πέρα, μπορούν εύκολα να εντοπίσουν τα πιο πολύπλοκα σημεία της παραγωγής και να εστιάσουν σε αυτά τις συζητήσεις τους. Όσο περισσότερες είναι οι «φορτωμένες» μονάδες ΟΠΠ (δηλ. που υποδηλώνουν υψηλή πολυπλοκότητα, π.χ., βλ. Εικόνα 27.ε), τόσο περισσότερα τα απαιτητικά πλάνα και άρα τόσο υψηλότερο το συνολικό επίπεδο πολυπλοκότητας παραγωγής. Εστιάζοντας σε κάθε μια από αυτές τις μονάδες ΟΠΠ, σκηνοθέτης και παραγωγός μπορούν να διερευνήσουν λεπτομερώς τα επί μέρους στοιχεία που συνεπάγονται την πολυπλοκότητα παραγωγής κάθε απαιτητικού πλάνου, ώστε να διαπραγματευτούν πιθανές απλοποιήσεις ή να σχεδιάσουν την παραγωγή αυτών των πλάνων πιο προσεκτικά.

Σε οποιαδήποτε στιγμή της φάσης διαπραγμάτευσης, ο σκηνοθέτης μπορεί να επανεισέλθει στη φάση σημειογράφησης με σκοπό να προσαρμόσει τον σκηνοθετικό σχεδιασμό σύμφωνα με τις συζητήσεις, κάνοντας αλλαγές *απευθείας* στην παρτιτούρα DN –αυτή τη φορά υπό την εποπτεία του παραγωγού– και διαπιστώνοντας άμεσα τη δυνητική επίδραση των αλλαγών αυτών στη μείωση της πολυπλοκότητας παραγωγής. Αυτή η επαναληπτική διαδραστική διαδικασία εξυπηρετεί σημαντικά τις συζητήσεις μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού, οδηγώντας σε πιο έγκαιρες διαπραγματεύσεις, και σε ταχύτερη και πιο στοχευμένη λήψη αποφάσεων.

5.8. Ένα Παράδειγμα Χρήσης σε Πραγματικές Συνθήκες



Εικόνα 27: Απεικόνιση ενός παραδείγματος χρήσης του FilmProdViz σε πραγματικές συνθήκες, στην οποία φαίνεται η διαδικασία μετασχηματισμού δεδομένων δύο βημάτων (η αντιστοιχία της αρίθμησης υποδηλώνει τη διαδοχή των μετασχηματισμών)

Η εφαρμοσιμότητα του FilmProdViz δοκιμάστηκε σε πραγματικές συνθήκες, συγκεκριμένα στην παραγωγή του τρέιλερ μιας ελληνικής web σειράς με τίτλο *Ladies Room*³³, υπό την καθοδήγηση των εμπειρογνομόνων σκηνοθετών που συμμετείχαν στο έργο ANSWER. Το τρέιλερ αποτελείται από δύο σκηνές: μία εσωτερική σκηνή που διαδραματίζεται σε γυναικείες τουαλέτες και μία εξωτερική που διαδραματίζεται σε πάρκο. Το σενάριο του τρέιλερ περιλαμβάνει τέσσερις γυναίκες ηθοποιούς και έναν σκύλο.

Στην Εικόνα 27.a φαίνεται ένα απόσπασμα παρτιτούρας DN το οποίο σημειογραφεί το πρώτο πλάνο της δεύτερης σκηνής. Τα σύμβολα που είναι μαρκαρισμένα με αρίθμηση σχετίζονται με κάποιον ΠΠΠ (άμεσα ή έμμεσα). Για παράδειγμα, τα σύμβολα *action* (Εικόνα 27.a, "5") σημειογραφούν την κίνηση των ηθοποιών που συμμετέχουν στο πλάνο, ενώ τα σύμβολα *frame-element* (Εικόνα 27.a, "6") σημειογραφούν το καδράρισμα των ηθοποιών. Επομένως, τα σύμβολα *action* συμμετέχουν στη ΣΣ που κατατάσσει το πλάνο ως προς τον ΠΠΠ AD (Εικόνα 27.b, "5"), ενώ τα σύμβολα *frame-element* συμμετέχουν στη ΣΣ που κατατάσσει το πλάνο ως προς τον ΠΠΠ AIF (Εικόνα 27.b, "6").

Η Εικόνα 27.b απεικονίζει ένα στιγμιότυπο του *Protégé-OWL* στο οποίο φαίνονται τα αποτελέσματα της σημασιολογικής ανάλυσης για το συγκεκριμένο πλάνο, δηλαδή τα παραχθέντα σημασιολογικά μεταδεδομένα πολυπλοκότητας παραγωγής του πλάνου. Η αντιστοιχία της αρίθμησης στις Εικόνες 27.a και 27.b υποδηλώνει ποια σύμβολα συμμετέχουν στην κατάταξη του πλάνου ως προς κάθε ΠΠΠ. Για παράδειγμα, το συγκεκριμένο πλάνο κατατάσσεται ως υψηλής πολυπλοκότητας ως προς τον ΠΠΠ ST (Εικόνα 27.b, "1"), αφού έχει σχεδιαστεί να υλοποιηθεί με ράγες (μια πολύ σύνθετη τεχνική γυρίσματος), και επίσης ως υψηλής πολυπλοκότητας ως προς τον ΠΠΠ CTT (Εικόνα 27.b, "2"), αφού στο πλάνο συμμετέχει ένας σκύλος (ένας πολύ σύνθετος τύπος

³³ Η σειρά δεν έφτασε ποτέ στην παραγωγή, αλλά η παραγωγή του τρέιλερ της σειράς αποτέλεσε ένα ενδιαφέρον πεδίο πειραματισμού για το FilmProdViz.

αντικειμένου κινηματογράφησης), κοκ. Η δε αλληλεπίδραση των δύο προαναφερθέντων ΠΠΠ δημιουργεί συνδυαστική πολυπλοκότητα ως προς τον Σ-ΠΠΠ *ST_CTT* (Εικόνα 27.b, "1-2"), κοκ.

Τέλος, η Εικόνα 27.c απεικονίζει τη μονάδα ΟΠΠ που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο πλάνο. Η αντιστοιχία της αρίθμησης στις Εικόνες 27.b και 27.c υποδηλώνει ποια στοιχεία της μονάδας ΟΠΠ αντιστοιχούν σε ποια παραχθέντα μεταδεδομένα. Οι πολλαπλοί γκρι/μαύροι κύκλοι της συγκεκριμένης μονάδας ΟΠΠ, καθώς και τα πολλαπλά ευθύγραμμα τμήματα που τους συνδέουν, υποδηλώνουν ένα πλάνο υψηλής πολυπλοκότητας παραγωγής.

Στην Εικόνα 26 απεικονίζεται το τελικό αποτέλεσμα οπτικοποίησης για ολόκληρη τη δεύτερη σκηνή του τρέιλερ. Η σκηνή αποτελείται από έξι πλάνα. Η πολυπλοκότητα παραγωγής καθενός από τα πρώτα πέντε πλάνα αναπαρίσταται οπτικά από μία μονάδα ΟΠΠ. Η πολυπλοκότητα του τελευταίου, μεγαλύτερου σε μέγεθος πλάνου αναπαρίσταται οπτικά από τρεις μονάδες ΟΠΠ, πράγμα που υποδηλώνει πλάνο ποικίλης πολυπλοκότητας. Διατρέχοντας την ΟΠΠ της σκηνής (βλ. Εικόνα 26 αριστερά) σκηνοθέτης και παραγωγός μπορούν εύκολα να διακρίνουν ότι τα απαιτητικά σημεία της συγκεκριμένης σκηνής είναι βασικά το πρώτο³⁴ πλάνο της (πρώτη μονάδα ΟΠΠ από κάτω προς τα πάνω) και το πρώτο μέρος του τελευταίου πλάνου της (τρίτη μονάδα ΟΠΠ από πάνω προς τα κάτω). Έτσι, μπορούν να εστιάσουν την προσοχή τους και τις συζητήσεις τους σε αυτά τα δύο πλάνα. Εξετάζοντας λεπτομερώς τις μονάδες ΟΠΠ των συγκεκριμένων πλάνων, θα ανακαλύψουν ότι, για παράδειγμα, ο βασικός προβληματισμός στο πρώτο πλάνο έγκειται στην πολύπλοκη τεχνική γυρίσματος σε συνδυασμό με την παρουσία ζώου, συνδυασμός που, όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 5.1.1, μπορεί να δυσκολέψει το γύρισμα ποικιλοτρόπως. Όπως

³⁴ Στο DN, ο άξονας του χρόνου έχει διεύθυνση από κάτω προς τα πάνω.



επεσήμαναν οι εμπειρογνώμονες σκηνοθέτες της ομάδας κατά τη διάρκεια αυτής της πρώτης, πειραματικής χρήσης του FilmProdViz, μια τέτοια πληροφορία μπορεί να φαίνεται προφανής όταν έχουμε να κάνουμε με έναν μικρό αριθμό πλάνων (όπως εν προκειμένω), αλλά στην περίπτωση μιας ταινίας μεγάλου μήκους που απαρτίζεται από πολλές σκηνές, οι οποίες με τη σειρά τους αποτελούνται από πολλά πλάνα, τέτοιου είδους πληροφορίες μπορούν πολύ εύκολα να διαφύγουν την προσοχή του σκηνοθέτη ή του παραγωγού. Η ΟΠΠ διευκολύνει τον εντοπισμό και την πρόσβαση σε, χρήσιμη για την παραγωγή, πληροφορία σκηνοθετικού σχεδιασμού, η οποία βρίσκεται συνήθως διάσπαρτη σε έναν μεγάλο όγκο σκηνοθετικού υλικού, επισπεύδοντας έτσι την απαιτητική και χρονοβόρα παραδοσιακή διαδικασία ανάλυσης του σκηνοθετικού σχεδιασμού.



6. Αξιολόγηση

6.1. FilMO: Εφαρμογοστρεφής Αξιολόγηση

Σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογία M-krDSL, για την αξιολόγηση της προτεινόμενης οντολογίας FilMO ακολουθήσαμε μια *εφαρμογοστρεφή (application-based)* προσέγγιση αξιολόγησης οντολογιών [99] (βλ. και Κεφ. 3.7.7). Ειδικότερα, η αξιολόγηση της FilMO βασίστηκε στη *χρηστοκεντρική (user-centered)* αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος FilmProdViz. Συνεπώς, η αξιολόγηση του FilmProdViz είχε διττό ρόλο: εκτός του ότι επικύρωσε την εφαρμοσιμότητα και χρησιμότητα του προτεινόμενου συστήματος, ανέδειξε ταυτόχρονα και την εφαρμοσιμότητα της προτεινόμενης οντολογίας στην πράξη. Η αξιολόγηση δηλαδή της αποτελεσματικότητας του FilmProdViz όσον αφορά στην εξαγωγή και απεικόνιση της επιθυμητής πληροφορίας αντανακλά την εγκυρότητα και αρτιότητα αναπαράστασης της υποκείμενης γνώσης στη FilMO, αλλά και την αποτελεσματική εφαρμογή ΣΣ πάνω στην αναπαραστώμενη γνώση/πληροφορία. Επιπρόσθετα, η πειραματική χρήση του FilmProdViz στην παραγωγή του τρέιλερ μιας ελληνικής web σειράς (βλ. Κεφ. 5.8) δοκίμασε τόσο το FilmProdViz όσο και τη FilMO σε πραγματικές συνθήκες χρήσης. Συνεπώς, η επιτυχής χρήση και αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος λειτούργησε παράλληλα και ως μια αρχική, θετική αξιολόγηση της προτεινόμενης οντολογίας.

6.2. FilmProdViz: Χρηστοκεντρική Αξιολόγηση

Στόχος του FilmProdViz είναι η βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού κατά τον σχεδιασμό παραγωγής. Ωστόσο, ένας σχεδιασμός παραγωγής δεν μπορεί να κριθεί επιτυχής πριν από το πέρας της παραγωγής. Ως εκ τούτου, μια διεξοδική



αξιολόγηση της απόδοσης του συστήματος θα συνεπαγόταν την κατάρτιση δύο σχεδίων παραγωγής (ενός χρησιμοποιώντας την παραδοσιακή μέθοδο και ενός με χρήση του FilmProdViz) για έναν αριθμό σεναρίων, και κατόπιν την παραγωγή των κιν/φικών έργων ώστε να συγκριθεί στην πράξη η αποτελεσματικότητα των διαφορετικών σχεδιασμών παραγωγής. Προφανώς, μια τέτοια αξιολόγηση είναι αρκετά δύσκολο να πραγματοποιηθεί για πρακτικούς λόγους. Δεδομένου δε ότι το FilmProdViz βρίσκεται ακόμα σε μορφή πρωτοτύπου, μιας τέτοιας κλίμακας αξιολόγηση θεωρήθηκε υπερβολική σε αυτή τη φάση. Εντούτοις, κρίθηκε απαραίτητο να αναζητήσουμε κάποιες ενδείξεις αξιοσημείωτης βελτίωσης στην επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού, αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα του συστήματος όσον αφορά (α) στην εξαγωγή της επιθυμητής πληροφορίας από τα δεδομένα εισόδου, και (β) στη μετάδοση αυτής της πληροφορίας μέσω της οπτικοποίησης.

Όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 5.7, τόσο ο σκηνοθέτης όσο και ο παραγωγός είναι τελικοί χρήστες του συστήματος, ο καθένας από διαφορετική σκοπιά. Με σκοπό λοιπόν να συγκεντρώσουμε γνώμες κι από τις δύο πλευρές, η αξιολόγηση οργανώθηκε σε δύο μέρη. Η χρησιμότητα του DN αμιγώς ως σκηνοθετικού εργαλείου έχει ήδη επιβεβαιωθεί μέσω εκτενούς εμπειρικής αξιολόγησης [69]. Στο πρώτο μέρος της αξιολόγησης λοιπόν, συλλέξαμε μέσω ερωτηματολογίου (Εικόνα 28) γνώμες σκηνοθετών πάνω στην επίδραση της ΟΠΠ στη διαδικασία του σκηνοθετικού σχεδιασμού όσον αφορά στο κομμάτι της παραγωγής (π.χ., κατά πόσο προετοιμάζει τον σκηνοθέτη για τις συζητήσεις με τον παραγωγό). Στο δεύτερο μέρος της αξιολόγησης, σκοπός μας ήταν να διερευνήσουμε την επίδραση του FilmProdViz στην επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού. Για τον λόγο αυτόν, το δεύτερο μέρος της αξιολόγησης διεξήχθη με τη μέθοδο των ομάδων συζητήσεων (*focus groups*). Οι οπτικοποιήσεις που παρήχθησαν κατά το πρώτο μέρος της αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν στο δεύτερο μέρος. Τέσσερις



επαγγελματίες σκηνοθέτες (με δύο έως πέντε έτη εμπειρίας) συμμετείχαν καθόλη τη διάρκεια της αξιολόγησης, ενώ τέσσερις παραγωγοί³⁵ (με τουλάχιστον έξι έτη εμπειρίας) συμμετείχαν στο δεύτερο μέρος. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν εκτενή εμπειρία με παραδοσιακά εργαλεία προετοιμασίας παραγωγής. Τέλος, δύο στοριμπορντίστες βοήθησαν στην προετοιμασία της αξιολόγησης.

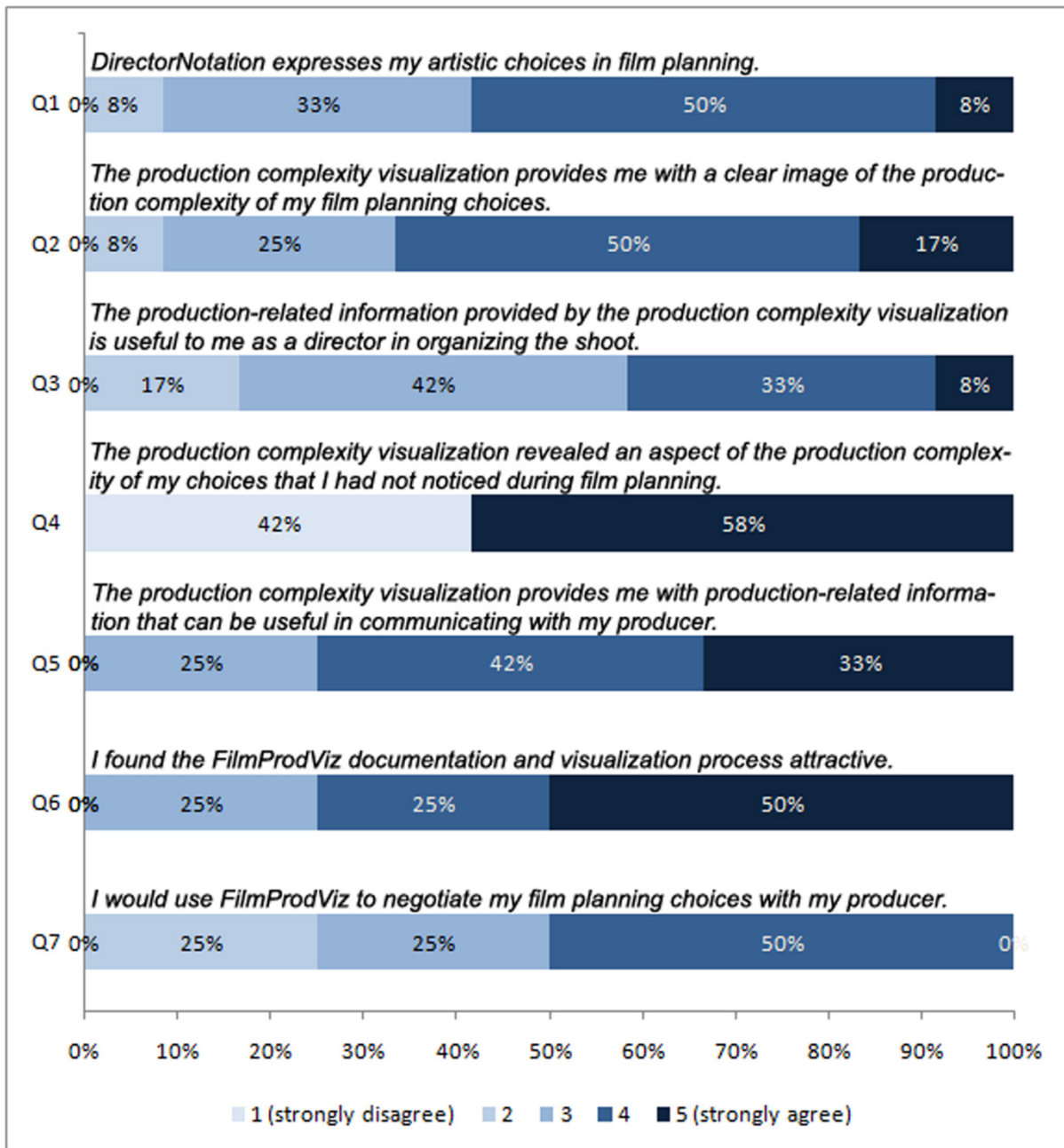
6.2.1. Προετοιμασία Αξιολόγησης

Για τους σκοπούς της αξιολόγησης δημιουργήθηκαν τρία σενάρια μικρού μεγέθους αλλά ποικίλης πολυπλοκότητας ως προς την κινηματογράφηση και την ηθοποιία. Τα σενάρια αποτελούνταν από δύο σκηνές και αντιστοιχούσαν σε περίπου τρία λεπτά κιν/φικού χρόνου. Σε όλα τα σενάρια εμπλέκονταν οι ίδιοι χαρακτήρες, τα ίδια σκηνικά, κλπ, ώστε να μην επηρεαστεί η αξιολόγηση από άλλους παράγοντες εκτός από τους επιθυμητούς. Από κάθε σκηνοθέτη ζητήθηκε να φανταστεί πώς θα σκηνοθετούσε το κάθε σενάριο. Στη συνέχεια, κάθε σκηνοθέτης ετοίμασε με την παραδοσιακή μέθοδο ένα ντεκουπάζ για καθένα από τα τρία σενάρια καταγράφοντας τις σκηνοθετικές του επιλογές. Στο σύνολο καταρτίστηκαν 12 ντεκουπάζ (ένα ανά σκηνοθέτη ανά σενάριο). Οι στοριμπορντίστες ετοίμασαν ένα εικονοσενάριο για κάθε ντεκουπάζ³⁶. Τέλος, πριν ξεκινήσει το κυρίως μέρος της αξιολόγησης (και ενώ οι στοριμπορντίστες ετοίμαζαν τα εικονοσενάρια), παρουσιάσαμε στους συμμετέχοντες τη λειτουργία του DN και της ΟΠΠ εξετάζοντας διάφορα έτοιμα παραδείγματα.

³⁵ Παρότι οι «παραγωγοί» που συμμετείχαν στην αξιολόγηση είχαν όλοι επαγγελματική εμπειρία παραγωγού, δύο εξ αυτών ήταν τυπικά διευθυντές παραγωγής.

³⁶ Τα εικονοσενάρια χρησιμοποιήθηκαν ως βοηθητικό υλικό μαζί με τα ντεκουπάζ. Για λόγους απλότητας, ο όρος ντεκουπάζ θα αναφέρεται εφεξής και στο αντίστοιχο εικονοσενάριο.

6.2.2. Μέρος Α: Σκηνοθετικός Σχεδιασμός



Εικόνα 28: Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο μέρος της αξιολόγησης του FilmProdViz

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο μέρος της αξιολόγησης (Εικόνα 28) αποτελείται από επτά ερωτήσεις και είναι χωρισμένο σε δύο μέρη (βλ. παρακάτω). Κάθε σκηνοθέτης χρησιμοποίησε το FilmProdViz για να συντάξει για κάθε σενάριο μία παρτιτούρα DN (με βοήθεια από την ερευνητική ομάδα, μιας και το DN καθ' εαυτό δεν



αποτελούσε αντικείμενο αξιολόγησης), στην οποία σημειογράφησε τις σκηνοθετικές επιλογές του εστιάζοντας στην κινηματογράφηση και την ηθοποιία. Στο σύνολο παρήχθησαν 12 οπτικοποιήσεις (μία ανά σκηνοθέτη ανά σενάριο). Οι σκηνοθέτες απάντησαν στις ερωτήσεις 1 έως 5 μετά την ολοκλήρωση του σκηνοθετικού σχεδιασμού *κάθε* σεναρίου. Κατόπιν, αφού ολοκλήρωσαν τον σκηνοθετικό σχεδιασμό και των τριών σεναρίων, απάντησαν στις ερωτήσεις 6 και 7. Όλες οι ερωτήσεις πλην μίας απαντήθηκαν στην κλίμακα 1-5 (1: «διαφωνώ απόλυτα», 5: «συμφωνώ απόλυτα»). Η μόνη εξαίρεση ήταν η τέταρτη ερώτηση, η οποία παρουσίαζε ιδιαιτερότητα λόγω του ότι οι σκηνές των σεναρίων ήταν πολύ μικρής διάρκειας. Η συγκεκριμένη ερώτηση ήταν ιδιαίτερα σημαντική στο να αναδείξει την επιπλέον αξία της ΟΠΠ σε σχέση με την παρτιτούρα DN καθ' εαυτήν. Για τον λόγο αυτόν, δεν θέλαμε να λάβουμε ενδιάμεσες απαντήσεις στην περίπτωση που οι συμμετέχοντες δεν είχαν λάβει από την ΟΠΠ κάποια πραγματικά χρήσιμη πληροφορία. Έτσι, στη συγκεκριμένη ερώτηση ζητήθηκε απάντηση *NAI-OXI*.

Η Εικόνα 28 συνοψίζει τις απαντήσεις των συμμετεχόντων. Όσον αφορά στο DN καθ' εαυτό, οι σκηνοθέτες βρήκαν ότι εκφράζει επαρκώς τις καλλιτεχνικές επιλογές τους. Ωστόσο, δύο εξ αυτών εξέφρασαν και κάποιον δισταγμό. Κάτι τέτοιο ήταν αναμενόμενο, μιας που το DN είναι μια σύνθετη γλώσσα που χρειάζεται κάποιον βαθμό εξοικείωσης ώστε να δύναται να αξιοποιηθεί πλήρως. Ως επί το πλείστον, οι σκηνοθέτες κατανόησαν με ευκολία την ΟΠΠ και τη λειτουργία της, και έλαβαν πληροφορία που αφορά στην παραγωγή την οποία βρήκαν χρήσιμη για την οργάνωση του γυρίσματος. Συγκεκριμένα, έλαβαν μέσω της ΟΠΠ χρήσιμη πληροφορία (αναφορικά με την πολυπλοκότητα υλοποίησης των σκηνοθετικών επιλογών τους) από περισσότερες από τις μισές οπτικοποιήσεις. Τρεις εκ των τεσσάρων σκηνοθετών θεώρησαν ότι η ΟΠΠ θα ήταν ιδιαίτερα βοηθητική στις διαπραγματεύσεις με τον παραγωγό. Τέλος, σε γενικές γραμμές, οι σκηνοθέτες ήταν θετικοί ως προς τη χρησιμότητα του FilmProdViz.



6.2.3. Μέρος Β: Σχεδιασμός Παραγωγής

Στο δεύτερο μέρος της αξιολόγησης, οι σκηνοθέτες παρουσίασαν τον σκηνοθετικό σχεδιασμό τους στους παραγωγούς (είτε μέσω παραδοσιακών μεθόδων είτε μέσω του FilmProdViz), χρησιμοποιώντας το υλικό που παράχθηκε στα προηγούμενα στάδια, και συζήτησαν μαζί τους πάνω στον σχεδιασμό παραγωγής των ταινιών³⁷. Η αρχική ιδέα ήταν να χωριστούν τυχαία τα 12 ντεκουπάζ και οι 12 οπτικοποιήσεις σε 4 τριάδες, και να ανατεθούν τυχαία 3 ντεκουπάζ και 3 οπτικοποιήσεις σε κάθε παραγωγό. Αυτή η τυχαία κατανομή πιθανόν να είχε ως αποτέλεσμα ένας παραγωγός να ξανακάνει σχεδιασμό παραγωγής μέσω FilmProdViz για το ίδιο σενάριο ή/και να ξανασυνεργαστεί με τον ίδιο σκηνοθέτη χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο (είτε το FilmProdViz είτε την παραδοσιακή). Τα ενδεχόμενα αυτά έπρεπε να εξαιρεθούν ώστε οι παραγωγοί να συζητήσουν με όσο το δυνατόν περισσότερους σκηνοθέτες και για όσο το δυνατόν περισσότερα σενάρια. Επιπλέον, θέλαμε να αποφύγουμε το ενδεχόμενο μεροληψίας μεταξύ των δύο μεθόδων. Συγκεκριμένα, θέλαμε να αποφύγουμε το ενδεχόμενο να σχεδιάσει ένας παραγωγός την παραγωγή μιας ταινίας χρησιμοποιώντας τη μία εκ των δύο μεθόδων ενώ έχει ήδη κάνει σχεδιασμό παραγωγής για την ίδια ταινία χρησιμοποιώντας την άλλη μέθοδο, αφού, σε περίπτωση που αναγνώριζε την ταινία, θα ήταν σε θέση να επιτελέσει τον δεύτερο σχεδιασμό παραγωγής χρησιμοποιώντας πληροφορίες κι από τις δύο μεθόδους. Έτσι, αναθέσαμε 3 ντεκουπάζ και 3 οπτικοποιήσεις σε κάθε παραγωγό σύμφωνα με τους παραπάνω περιορισμούς, και τους ζητήσαμε να συζητήσουν με τους εμπλεκόμενους σκηνοθέτες με σκοπό την κατάρτιση ενός σχεδίου παραγωγής³⁸ για κάθε ταινία (δηλ. 6

³⁷ Εφεξής, ο όρος *ταινία* θα αναφέρεται γενικά στον σκηνοθετικό σχεδιασμό ενός συγκεκριμένου σκηνοθέτη για ένα συγκεκριμένο σενάριο, ανεξαρτήτως της μεθόδου επιτέλεσης του σχεδιασμού.

³⁸ Τα σχέδια παραγωγής αποτελούνταν από την ανάλυση σεναρίου, έναν υποτυπώδη προγραμματισμό (λόγω έλλειψης πληροφορίας σχετικά με τοποθεσίες γυρίσματος, διαθεσιμότητα καστ και προσωπικού παραγωγής, κλπ) και έναν προϋπολογισμό.



σχέδια παραγωγής ανά παραγωγό), εστιάζοντας πάντα στην κινηματογράφηση και την ηθοποιία. Η ερευνητική ομάδα ήταν παρούσα στις συνεδρίες όλων των ζευγαριών σκηνοθέτη - παραγωγού. Ζητήσαμε δε από τους συμμετέχοντες να σχολιάζουν ελεύθερα κατά τη διάρκεια των συνεδριών και κρατήσαμε σημειώσεις.

Αφού ολοκληρώθηκαν όλες οι συνεδρίες, χωρίσαμε τους συμμετέχοντες σε τέσσερις ομάδες και συζητήσαμε μαζί τους για την εμπειρία της συνεργασίας τους μέσω της από κοινού χρήσης του FilmProdViz σε σύγκριση με την παραδοσιακή μέθοδο. Κάθε ομάδα αποτελείτο από έναν παραγωγό και τους σκηνοθέτες με τους οποίους συνεργάστηκε. Οι συζητήσεις με τις ομάδες κινήθηκαν γύρω από τους παρακάτω άξονες, για καθέναν από τους οποίους παραθέτουμε τα βασικά συμπεράσματα:

1. Η πληροφορία που παρουσιάζεται μέσω της οπτικοποίησης είναι εύκολο να διαβαστεί και να ερμηνευτεί.

- Στην πρώτη επαφή με την οπτικοποίηση οι συμμετέχοντες έδειξαν μια ανησυχία για το κατά πόσο θα μπορέσουν να κατανοήσουν τα διάφορα στοιχεία της, αλλά ταυτόχρονα εντυπωσιάστηκαν από την πυκνότητα της πληροφορίας.
- Τελικά, ο οπτικός χαρακτήρας της πληροφορίας έλκυσε τους συμμετέχοντες, αφού συνειδητοποίησαν ότι λάμβαναν μεγαλύτερο όγκο πληροφορίας από το αναμενόμενο. Η οπτικοποίηση συνέβαλε στην ευκρίνεια της πληροφορίας και επέτρεψε τον εντοπισμό υψηλής πολυπλοκότητας στον σκηνοθετικό σχεδιασμό πριν ακόμα κατανοηθούν πλήρως τα στοιχεία της ΟΠΠ.
- Οι περισσότερες ομάδες εξέφρασαν την ανάγκη να εμφανίζεται κάποιο κείμενο επεξήγησης για τα διάφορα στοιχεία της ΟΠΠ, τουλάχιστον μέχρι να επέλθει κάποιος βαθμός εξοικείωσης. Η πιο ενδιαφέρουσα ιδέα ήταν να εμφανίζονται *hoverboxes* για αυτόν τον σκοπό.



2. Η πληροφορία που παρέχεται μέσω της οπτικοποίησης είναι σχετική με την παραγωγή. Η οπτικοποίηση βοήθησε στον σχεδιασμό παραγωγής των ταινιών.

- Οι συμμετέχοντες σκηνοθέτες επεσήμαναν τη χρησιμότητα της σχετικής με την παραγωγή πληροφορίας που εμφανιζόταν αυτόματα κατά τη διάρκεια του σκηνοθετικού σχεδιασμού δίπλα στην αμιγώς σκηνοθετική πληροφορία, προετοιμάζοντας έτσι τον σχεδιασμό παραγωγής.
- Σκηνοθέτες και παραγωγοί συμφώνησαν ότι η παρουσίαση σκηνοθετικής πληροφορίας σε παράθεση με πληροφορία που αφορά στην παραγωγή βοήθησε στο να εστιαστούν οι συζητήσεις σε συγκεκριμένα ζητήματα παραγωγής καθώς και στην από κοινού εύρεση λύσεων.
- Οι συμμετέχοντες σχολίασαν θετικά το μικρό μέγεθος των σεναρίων που χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση. Συγκεκριμένα, επεσήμαναν ότι τα πλεονεκτήματα που παρέχει η προτεινόμενη μέθοδος ακόμα και στην περίπτωση ενός μικρού σεναρίου τριών σελίδων δύνανται να αναδειχθούν πολύ περισσότερο στην περίπτωση ενός σεναρίου, για παράδειγμα, ενενήντα σελίδων, το οποίο αντιστοιχεί περίπου σε μια ταινία μεγάλου μήκους. Η δυνατότητα άμεσου εντοπισμού και πρόσβασης στα πολύπλοκα σημεία της παραγωγής θεωρήθηκε από τους συμμετέχοντες ιδιαίτερα σημαντική.

3. Η οπτικοποίηση μεταφέρει περισσότερη ή/και διαφορετική πληροφορία σε σχέση με τα παραδοσιακά εργαλεία.

- Οι παραγωγοί δήλωσαν ευχαριστημένοι με την ευκολία εντοπισμού απαιτητικών πλάνων μέσω της ανάδειξης της αναμενόμενης πολυπλοκότητας υλοποίησής τους. Συμφώνησαν ότι η έγκυρη και έγκαιρη ανάδειξη της πολυπλοκότητας παραγωγής μιας ταινίας οδηγεί σε πιο εύστοχες αποφάσεις και



άρα σε πιο αποτελεσματική διαχείριση πόρων, συνεισφέροντας έτσι σημαντικά στην ομαλή έκβαση της παραγωγής.

- Ένας παραγωγός επεσήμανε ότι η ΟΠΠ του φάνηκε ιδιαίτερα χρήσιμη στην οργάνωση των γυρισμάτων, η οποία συνήθως γίνεται κατά φθίνουσα σειρά δυσκολίας.
- Δύο εκ των παραγωγών εξέφρασαν την επιθυμία να μπορούν να προσθέτουν δικά τους σχόλια πάνω στην οπτικοποίηση, συγκεκριμένα πάνω στους κύκλους που αναπαριστούν τους διάφορους ΠΠΠ, μιας και κατά τη διάρκεια των συζητήσεων σκηνοθέτη - παραγωγού συχνά προκύπτουν ζητήματα που πρέπει να εξεταστούν σε μετέπειτα στάδια της παραγωγής.

4. Η οπτικοποίηση βελτίωσε την επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού στο πλαίσιο του σχεδιασμού παραγωγής.

- Οι συμμετέχοντες θεώρησαν ότι η οπτική αντιπαραβολή σκηνοθετικής πληροφορίας με πληροφορία που αφορά στην παραγωγή διευκόλυνε τη συνεργασία σκηνοθέτη - παραγωγού. Η ευκολία οπτικού εντοπισμού πολύπλοκων σημείων στον σκηνοθετικό σχεδιασμό λειτούργησε βοηθητικά στις διαπραγματεύσεις, στην κατάταξη των πλάνων με βάση τη δυσκολία υλοποίησης και στην κατανομή του προϋπολογισμού.
- Οι συμμετέχοντες εντυπωσιάστηκαν από τη δυνατότητα επί τόπου προσαρμογής του σκηνοθετικού σχεδιασμού κατά τη διάρκεια των συζητήσεων σκηνοθέτη - παραγωγού, καθώς και από τη δυνατότητα άμεσης απόκρισης του συστήματος σχετικά με την επίδραση της σκηνοθετικής προσαρμογής στην πολυπλοκότητα παραγωγής (μέσω άμεσης επικαιροποίησης της ΟΠΠ βάσει των αλλαγών στην παρτιτούρα). Τέλος, υπογράμμισαν την αμεσότητα πρόσβασης



στην οπτική πληροφορία καθώς και τη γόνιμη μεταξύ τους συνεργασία κατά τη διαδικασία.

Εν κατακλείδι, οι συμμετέχοντες έδειξαν πολύ ενδιαφέρον για την αυτόματη εξαγωγή συγκεντρωτικής πληροφορίας που αφορά στην πολυπλοκότητα παραγωγής *απευθείας* από τις καλλιτεχνικές επιλογές του σκηνοθέτη. Σε γενικές γραμμές, μπόρεσαν να χρησιμοποιήσουν επιτυχώς το FilmProdViz για να καταρτίσουν σχέδια παραγωγής για τις ταινίες που τους ανατέθηκαν. Επιπλέον, κατά γενική ομολογία, είδαν θετικά την προοπτική χρήσης ενός τέτοιου εργαλείου, εφόσον φτάσει σε μια τελική μορφή. Προς αυτή την κατεύθυνση, πρότειναν ιδέες βελτίωσης και εξέλιξης. Η απόκριση των συμμετεχόντων ήταν εν τέλει ιδιαίτερα ενθαρρυντική αλλά και βοηθητική για την περαιτέρω εξέλιξη του FilmProdViz.



7. Συμπεράσματα & Μελλοντική Εργασία

7.1. Μεθοδολογία Ευέλικτης Μηχανικής Γνώσης M-krDSL

Η προτεινόμενη μεθοδολογία M-krDSL είναι μια μεθοδολογία ευέλικτης ΜΓ, η οποία χρησιμοποιεί ΕΓΠ, ΕΚΣ και τεχνικές οπτικοποίησης για την ανάπτυξη τυποποιημένων ΓΜ. Η μεθοδολογία εστιάζει στην επικοινωνία ανθρώπου - ανθρώπου, και ιδιαίτερα στο ζήτημα της εκμαίευσης γνώσης που παρουσιάζει υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας ή/και που είναι δύσκολο να διατυπωθεί ρητά, εισάγοντας μια οπτική μέθοδο εκμαίευσης γνώσης, μέσω της οποίας μεθόδου αντιμετωπίζει το πρόβλημα συμφόρησης κατά την ΑΓ. Σε θεωρητικό επίπεδο, η M-krDSL έχει βασιστεί πάνω σε αρχές της συμβατικής ΑΓ σε συνδυασμό με την ευέλικτη ΜΛ, καθώς και στις αρχές της κείμενης αντίληψης (*situated cognition*), της νοητικής αποτελεσματικότητας (*cognitive effectiveness*) και της γνωσιακής/σημασιολογικής οπτικοποίησης. Στο Κεφ. 3, παρουσιάστηκαν μεταξύ άλλων οι δυνατότητες της μεθοδολογίας και τεκμηριώθηκαν θεωρητικά τα πλεονεκτήματά της. Από πρακτική σκοπιά, η αναλυτική περιγραφή της ροής εργασιών της μεθοδολογίας την καθιστά πλήρως κατανοήσιμη ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη.

Η M-krDSL είναι μια αποτελεσματική μεθοδολογία ΜΓ· αυτό μαρτυρά η πειραματική εφαρμογή της στο πλαίσιο του έργου ANSWER [12]. Η υιοθέτηση της M-krDSL έχει ως αποτέλεσμα όχι μόνο την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού ΓΜ αλλά και μιας γλώσσας krDSL, δηλαδή μιας ΕΓΠ για ΓΑ, η οποία συνιστά θεμελιακό μεθοδολογικό εργαλείο. Η γλώσσα krDSL λειτουργεί ως ένα ενδιάμεσο επίπεδο αναπαράστασης, στο πλαίσιο του οποίου μηχανικοί γνώσης και εμπειρογνώμονες πεδίου συνεργάζονται στενά στην κατάρτιση μιας εννοιολόγησης του ΓΠ ενδιαφέροντος σε μια



μορφή η οποία είναι εξίσου κατανοήσιμη από αμφότερες τις πλευρές, και ταυτόχρονα τυποποιήσιμη. Έτσι, μέσω της γλώσσας krDSL, η όλη διαδικασία ανάπτυξης του ΓΜ δομείται με τρόπο ο οποίος δύναται να αναδείξει τυχόν προβλήματα σχεδιασμού και μοντελοποίησης. Πράγματι, η εμπειρία μάς έδειξε ότι, μέσω της γλώσσας krDSL, η προτεινόμενη μεθοδολογία έδωσε καίριες λύσεις σε περιπτώσεις που η μοντελοποίηση φαινόταν να οδηγείται σε αδιέξοδο, ενώ ακόμα και όταν η μοντελοποίηση εξελισσόταν ομαλά, η μεθοδολογία μάς παρείχε επιβεβαίωση ως προς την πρόοδο και τα αποτελέσματα των διάφορων εργασιών ΜΓ. Επιπλέον, οι διάφορες επί μέρους οπτικές αναπαραστάσεις (π.χ., μακέτες εργαλείων οπτικοποίησης) συνεισέφεραν σημαντικά στη διαισθητικότητα της διαδικασίας ΑΓ, βοηθώντας τους μηχανικούς της ομάδας να αποκτήσουν –με πιο διαισθητικό τρόπο– πρόσβαση σε κατώτερα επίπεδα της υπονοούμενης γνώσης του εμπειρογνώμονα, ώστε να μπορέσουν να την εκφράσουν ρητά και να την τυποποιήσουν.

Χάρης στη γλώσσα krDSL και στις οπτικές μεθόδους εκμαίευσης γνώσης της M-krDSL, η ανάπτυξη του ΓΜ επιτελείται μέσω στενής *διεπιστημονικής* συνεργασίας μεταξύ μηχανικών και εμπειρογνώμωνων, στο πλαίσιο μιας καινοτόμας διαδικασίας η οποία πραγματώνει τον κυρίαρχο στόχο της μεθοδολογίας: *«Ο εμπειρογνώμονας κατασκευάζει το μοντέλο. Το μοντέλο είναι ανεξάρτητα χρήσιμο ως επικοινωνιακό εργαλείο»*.

7.1.1. Μελλοντικά Σχέδια

Η πρώτη, πειραματική εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας πραγματοποιήθηκε το ΓΠ της κιν/φικής σκηνοθεσίας, ενώ εστίασε στις Οντολογίες Σημασιολογικού Ιστού ως μέθοδο ΓΑ. Εντούτοις, η μεθοδολογία M-krDSL έχει σχεδιαστεί να έχει πιο γενικό χαρακτήρα, φιλοδοξώντας να συνεισφέρει ευρύτερα στον τομέα της ΓΑ. Ως εκ τούτου, στο μέλλον σκοπεύουμε να δείξουμε ότι η μεθοδολογία δύναται να εφαρμοστεί εξίσου



αποτελεσματικά και σε διαφορετικού χαρακτήρα ΓΠ, καθώς και να παραγάγει διαφορετικής τεχνικής φύσης ΓΜ.

Όσον αφορά στη γλώσσα krDSL καθ' εαυτήν, σκοπεύουμε να δείξουμε μέσω πειραματικών παραδειγμάτων χρήσης ότι ως γλώσσες krDSL θα μπορούσαν κάλλιστα να αξιοποιηθούν υπάρχουσες οπτικές γλώσσες από ποικίλα ΓΠ, για παράδειγμα, η σημειογραφία της μουσικής, μαθηματικές σημειογραφίες, χαρτογραφικές σημειογραφίες, εξειδικευμένα διαγράμματα, κ.α.

Τέλος, όσον αφορά στον χαρακτήρα της μεθοδολογίας, η εφαρμογή της M-krDSL στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας εστίασε κατεξοχήν σε οπτικές αναπαραστάσεις: το DN, το οποίο αξιοποιήθηκε ως γλώσσα krDSL, είναι μια οπτική γλώσσα, αλλά και οι γνωσιοκεντρικές εφαρμογές που παρήχθησαν συνιστούν ως επί το πλείστον εργαλεία οπτικοποίησης. Μελλοντικά, σκοπεύουμε να δείξουμε ότι ο χαρακτήρας της M-krDSL μπορεί να διευρυνθεί ώστε να δύνανται να αξιοποιηθούν ως γλώσσες krDSL και κειμενικές ΕΓΠ, οδηγώντας έτσι σε γνωσιοκεντρικές εφαρμογές μη οπτικού χαρακτήρα.

7.2. Οντολογία Κιν/φικής Σκηνοθεσίας FilMO

Η προτεινόμενη οντολογία FilMO είναι ένα τυποποιημένο ΓΜ εννοιολογικής αναπαράστασης της κιν/φικής γνώσης. Αποτελεί δε την *πρώτη* συστηματική και ολοκληρωμένη προσπάθεια εννοιολογικής μοντελοποίησης του κιν/φικού ΓΠ από την πρακτική-καλλιτεχνική σκοπιά του σκηνοθέτη. Απώτερος στόχος της FilMO είναι να τροφοδοτήσει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών πεδίου που θα εμπλουτίσουν την εργαλειοθήκη του σκηνοθέτη κατά τα διάφορα στάδια δημιουργίας ενός κιν/φικού έργου. Προς αυτή την κατεύθυνση, η FilMO εισάγει μια προσέγγιση πολυεπίπεδης (multi-level), πολυστρωματικής (multi-layered) δόμησης οντολογιών, η οποία προσέγγιση εμπλέκει μια ΕΓΠ, το DN. Το DN είναι παρόν στη FilMO με τη μορφή ενός διακριτού οντολογικού



στρώματος, το οποίο συνιστά μετα-μοντέλο του κιν/φικού ΓΠ (βλ. Κεφ. 4.6). Αυτό το μοντέλο μετα-γνώσης παρέχει πλεονεκτήματα σε διάφορα σημεία του κύκλου ζωής της οντολογίας, στο επίπεδο της μοντελοποίησης, της ΣΣ και της εφαρμογής. Τα πλεονεκτήματα αυτά συνοψίζονται στα επόμενα κεφάλαια.

7.2.1. Καθοδηγούμενη Εννοιολογική Ανάλυση & Μοντελοποίηση

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία M-krDSL, η διαδικασία σημασιολογικής τυποποίησης του DN υπό μορφή οντολογίας αξιοποιήθηκε ως βοηθητικό εργαλείο ΓΑ με σκοπό την καθοδήγηση της εννοιολογικής μοντελοποίησης του κιν/φικού ΓΠ, με τρόπο ο οποίος ενθάρρυνε τη διεπιστημονική συνεργασία μεταξύ μηχανικών και εμπειρογνομόνων πεδίου. Ειδικότερα, η εμπλοκή μιας ΕΓΠ υψηλής εκφραστικότητας όπως το DN στη διαδικασία μοντελοποίησης καθοδήγησε την αποσαφήνιση και ομαδοποίηση των διάφορων εννοιών, οδηγώντας τελικά σε ένα ΓΜ που αντανακλά τη νοοτροπία και τις ανάγκες του σκηνοθέτη. Ο διαχωρισμός της πρακτέας γνώσης από το σύνολο της αναπαριστώμενης γνώσης καθώς και η ομαδοποίηση σκηνοθετικών εννοιών με βάση τις διάφορες πτυχές της κιν/φικής σκηνοθεσίας (βλ. Κεφ. 4.4.1) συνιστούν χαρακτηριστικά παραδείγματα του πώς η ανάπτυξη της οντολογίας πεδίου σε παραλληλία και σε στενή αντιπαραβολή με τη σημασιολογική τυποποίηση του DN καθοδήγησαν την εννοιολογική ανάλυση και μοντελοποίηση του κιν/φικού ΓΠ, οδηγώντας σε καθαρότερους εννοιολογικούς ορισμούς και διαχωρισμούς.

7.2.2. Καλλιτεχνική Αρτιότητα Εισαγωγής Δεδομένων

Κάθε εφαρμογή που χτίζεται πάνω στη FilMO δύναται να αξιοποιήσει το DN με σκοπό τη δημιουργία διεπαφών χρήστη για εισαγωγή δεδομένων, και κατ' επέκταση για στιγμιοτυποποίηση της οντολογίας. Όπως έχει αναφερθεί, το DN έχει αναπτυχθεί και



αξιολογηθεί από σκηνοθέτες ως μια καλλιτεχνικά άρτια γλώσσα υψηλής εκφραστικότητας, η οποία παρέχει στον σκηνοθέτη τη δυνατότητα καταγραφής της καλλιτεχνικής του σύλληψης *τουλάχιστον* με την ίδια λεπτομέρεια και στο ίδιο βάθος σε σύγκριση με τα παραδοσιακά σκηνοθετικά εργαλεία [69]. Συνεπώς, η χρησιμοποίηση του DN για ανάπτυξη διεπαφών χρήστη προσφέρει μια μέθοδο εισαγωγής δεδομένων η οποία καλύπτει πλήρως τις εκφραστικές ανάγκες του σκηνοθέτη. Επιπλέον, η αξιοποίηση της οντολογίας DN για στιγμιοτυποποίηση της FilMO διασφαλίζει την αρτιότητα και πυκνότητα των δεδομένων εισόδου σε βαθμό ο οποίος παρέχει ένα πρόσφορο έδαφος για ΣΣ. Η αποτελεσματικότητα του DN ως μηχανισμού εισαγωγής δεδομένων έχει επικυρωθεί από επαγγελματίες σκηνοθέτες στο πλαίσιο της αξιολόγησης του FilmProdViz [13], της πρώτης, πειραματικής εφαρμογής της FilMO.

7.2.3. Ελαχιστοποίηση OWL Ιδιοτήτων

Η οντολογία DN παίζει επίσης κομβικό ρόλο στη λειτουργικότητα της ΣΣ. Η FilMO εισάγει μια προσέγγιση ΣΣ η οποία βασίζεται στην οντολογία DN, σύμφωνα με την οποία προσέγγιση η ΣΣ εφαρμόζεται στα περιεχόμενα μιας παρτιτούρας DN, δηλαδή στη σημειογραφημένη πληροφορία σκηνοθετικού σχεδιασμού που αποθηκεύεται στο επίπεδο ABox της οντολογίας. Η δομή μιας παρτιτούρας DN αποθηκεύεται στη FilMO κατά βάση μέσω της OWL ιδιότητας *hasChild* (βλ. Κεφ. 4.5). Όντας γενική (generic), με την έννοια ότι φέρει διαφορετική σημασία σε διαφορετικό συγκείμενο, ανάλογα δηλαδή με τη σχέση ποιων συμβόλων αναπαριστά κάθε φορά, η ιδιότητα *hasChild* ουσιαστικά ενσωματώνει στη σημασιολογία της το σύνολο των πιθανών εννοιολογικών συσχετίσεων στο πλαίσιο του σκηνοθετικού σχεδιασμού. Κατά συνέπεια, η ιδιότητα *hasChild* σε συνδυασμό με την ιδιότητα *notates*, η οποία (ιδιότητα *notates*) συνδέει τα μοντελοποιημένα (στην οντολογία DN) σύμβολα DN με τη σημασία τους στην οντολογία πεδίου (βλ. Κεφ. 4.4.2), επαρκεί για



να εκφράσει οποιαδήποτε ΣΣ στο πλαίσιο ενός σκηνοθετικού σχεδιασμού, ελαχιστοποιώντας έτσι τον αριθμό ιδιοτήτων που απαιτείται να οριστούν στην οντολογία πεδίου με σκοπό την αναπαράσταση των πολλών και διαφορετικών συσχετίσεων ανάμεσα στις διάφορες σκηνοθετικές έννοιες. Έτσι, χάρις στη ΣΣ που βασίζεται στην οντολογία DN, η ανάγκη ορισμού επιπλέον ιδιοτήτων περιορίζεται σε περιπτώσεις που εμπλέκεται στη ΣΣ μη σκηνοθετική γνώση (δηλ. γνώση εκτός εμβέλειας του DN). Για παράδειγμα, στην περίπτωση του FilmProdViz χρειάστηκε να οριστεί επιπλέον η ιδιότητα *hasComplexityLevel* για να εξυπηρετήσει τη ΣΣ που προσδιορίζει τον βαθμό πολυπλοκότητας παραγωγής σκηνοθετικών επιλογών.

7.2.4. Κοινόχρηστοι Πόροι Σημασιολογικής Συλλογιστικής

Απώτερος στόχος της FilMO είναι να λειτουργήσει ως μια συλλογική, κοινόχρηστη σημασιολογική υποδομή, η οποία θα επιτρέψει την επαναχρησιμοποίηση πόρων καθώς και την επικοινωνία μεταξύ εφαρμογών πεδίου που τη χρησιμοποιούν. Επί του παρόντος, το όραμα αυτό εστιάζει στην επαναχρησιμοποίηση πόρων ΣΣ, η οποία (επαναχρησιμοποίηση) επιτυγχάνεται χάρις στην προσέγγιση ΣΣ που προτείνεται στο πλαίσιο της FilMO (βλ. Κεφ. 4.7), σύμφωνα με την οποία προσέγγιση τόσο η αποθήκευση πληροφορίας σκηνοθετικού σχεδιασμού στην οντολογία όσο και η εφαρμογή ΣΣ πάνω στην αποθηκευμένη πληροφορία βασίζονται στο DN και στην υποκείμενη οντολογία του. Η ομοιογένεια που εξασφαλίζει το DN στην αποθήκευση της πληροφορίας επιτρέπει στις εφαρμογές που χρησιμοποιούν τη FilMO να κάνουν χρήση ήδη υπάρχουσας ΣΣ (υλοποιημένης από άλλες εφαρμογές), είτε αμιγώς είτε συμπληρωματικά. Στη δεύτερη περίπτωση, οι εφαρμογές δύνανται να συνάγουν επιπλέον συμπεράσματα τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν σε συνδυασμό με συμπεράσματα από τη δική τους ΣΣ.



Επί του παρόντος, η εργαλειοθήκη ΣΣ της FilMO περιλαμβάνει τη ΣΣ που έχει υλοποιηθεί για λογαριασμό των δύο πρώτων εφαρμογών πεδίου που χτίστηκαν πάνω στη FilMO. Οι εφαρμογές αυτές εισάγουν δύο τελείως διαφορετικές προσεγγίσεις υλοποίησης ΣΣ (μέσω μετα-κλάσεων και μέσω κανόνων SWRL, βλ. Κεφ. 4.7), οι οποίες προσεγγίσεις εξυπηρετούν διαφορετικής φύσης συλλογιστικές απαιτήσεις. Υπάρχουσες προσεγγίσεις υλοποίησης ΣΣ θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν καθοδηγώντας την υλοποίηση ΣΣ μελλοντικών εφαρμογών με παραπλήσιες απαιτήσεις και χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, η προσέγγιση υλοποίησης ΣΣ του εργαλείου εντοπισμού φιλικών ιδιωμάτων θα μπορούσε να υιοθετηθεί από ένα εργαλείο που αναλύει τον σκηνοθετικό σχεδιασμό με σκοπό τον προσδιορισμό του είδους (genre) του υπό δημιουργία έργου.

7.2.5. Αναμενόμενη Επίδραση

Όπως έχει αναφερθεί, απώτερος στόχος της FilMO είναι να τροφοδοτήσει γνωσιακά ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών πεδίου που θα υποβοηθήσουν το έργο του σκηνοθέτη με ποικίλους τρόπους. Για τον σκοπό αυτόν, η FilMO παρέχει μια πλούσια ταξινόμια που καλύπτει εννοιολογικά όλες τις πτυχές και τα στάδια δημιουργίας ενός κιν/φικού έργου, προσφέροντας έτσι ένα γόνιμο έδαφος για ΣΣ. Όπως συζητήθηκε παραπάνω, νέες εφαρμογές που θα χτίζονται πάνω στη FilMO αναμένεται να την εμπλουτίσουν με επαναχρησιμοποιήσιμη ΣΣ ποικίλου αντικειμένου και σκοπού, επεκτείνοντας έτσι το φάσμα ΣΣ της οντολογίας σε όλο και περισσότερες πτυχές της σκηνοθετικής διαδικασίας – τα πρώτα βήματα έγιναν με την ανάπτυξη του FilmProdViz και του εργαλείου εντοπισμού φιλικών ιδιωμάτων. Το όραμά μας λοιπόν για τη FilMO είναι να λειτουργήσει ως ένα ανοιχτό κάλεσμα σε μηχανικούς γνώσης/λογισμικού που πραγματεύονται το κιν/φικό ΓΠ, να τη χρησιμοποιήσουν και να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα που παρέχει, αλλά και



να συνεισφέρουν στην ωρίμανσή της εμπλουτίζοντας το φάσμα ΣΣ της με βάση τις ειδικές ανάγκες τους.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι εφόσον η οντολογία πεδίου της FilMO είναι ταξινομικά και σημασιολογικά ανεξάρτητη (βλ. Κεφ. 4.4), η FilMO θα μπορούσε εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί ως μια συμβατική οντολογία πεδίου, παρακάμπτοντας δηλαδή τελείως την οντολογία DN. Ωστόσο, μια τέτοια χρήση της FilMO θα παρέκαμπτε αναπόφευκτα και όλα τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, τα οποία απορρέουν από την αξιοποίηση της οντολογίας DN τόσο στη στιγμιοτυποποίηση της FilMO όσο και στη λειτουργικότητα της ΣΣ.

7.2.6. Μελλοντικά Σχέδια

Αναφορικά με την περαιτέρω αξιοποίηση της FilMO, μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης του FilmProdViz και του εργαλείου εντοπισμού φιλικών ιδιωμάτων, τα σχέδια περιλαμβάνουν την ανάπτυξη περισσότερων εφαρμογών, με προτεραιότητα σε μια εφαρμογή αυτόματης δημιουργίας κινούμενου εικονοσεναρίου βάσει του σκηνοθετικού σχεδιασμού και σε ένα εργαλείο εξαγωγής χρονικών μεταδεδομένων από τον σκηνοθετικό σχεδιασμό με σκοπό τη διευκόλυνση του σκηνοθέτη στο μοντάζ.

Αναφορικά με την αξιολόγηση της προτεινόμενης οντολογίας, όπως συζητήθηκε στο Κεφ. 6.1, η επιτυχής χρηστοκεντρική αξιολόγηση του FilmProdViz λειτούργησε παράλληλα και ως μια αρχική θετική αξιολόγηση της FilMO. Μελλοντικές εφαρμογές πεδίου που θα χρησιμοποιούν τη FilMO, θα τη θέτουν υπό συνεχή εφαρμογοστρεφή αξιολόγηση όσον αφορά στην εφαρμοσιμότητα και την αποτελεσματικότητά της. Επιπρόσθετα, μια πιο διεξοδική αξιολόγηση της οντολογίας, αυτή τη φορά ακολουθώντας μια αναλυτική προσέγγιση, κρίνεται σκόπιμη στο μεσοπρόθεσμο μέλλον.



7.3. Σύστημα Σημασιολογικής Οπτικοποίησης FilmProdViz

Το προτεινόμενο σύστημα FilmProdViz είναι ένα γνωσιοκεντρικό σύστημα διαδραστικής σημασιολογικής οπτικοποίησης της εκτιμώμενης πολυπλοκότητας μιας κιν/φικής παραγωγής. Αποτελεί δε την πρώτη, πειραματική εφαρμογή της προτεινόμενης οντολογίας FilmO. Στόχος του FilmProdViz είναι να διευκολύνει την επικοινωνία και να βελτιώσει τη συνεργασία μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού στο πλαίσιο του σχεδιασμού παραγωγής. Ο σκηνοθέτης παρέχει οπτικά δεδομένα εισόδου μέσω της σημειογραφίας DN, και το σύστημα αποκρίνεται σε πραγματικό χρόνο παράγοντας, μέσω μιας καινοτόμας μεθόδου μετασχηματισμού δεδομένων δύο βημάτων, συγκεντρωτικά οπτικά μεταδεδομένα που επισημαίνουν τα δεδομένα εισόδου (δηλ. τον σημειογραφημένο σκηνοθετικό σχεδιασμό) με πληροφορία που αφορά στην παραγωγή. Η τελική οπτικοποίηση, η οποία συνίσταται στη διεπιπεδική (inter-level) σύνθεση των δεδομένων εισόδου με τα (μετα)δεδομένα εξόδου, δημιουργεί ένα επίπεδο μετα-οπτικοποίησης (βλ. Κεφ. 5.6.2), το οποίο αναδεικνύει τη λανθάνουσα πολυπλοκότητα υλοποίησης των καλλιτεχνικών επιλογών του σκηνοθέτη, η οποία πολυπλοκότητα ευθύνεται συχνά για καθυστερήσεις και επιπλέον κόστη κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Ουσιαστικά, το FilmProdViz λειτουργεί ως ένας διάυλος επικοινωνίας, ως ένας εικονικός χώρος (συν)εργασίας, όπου η καλλιτεχνική πρόθεση του σκηνοθέτη αλληλεπιδρά αποτελεσματικά με την πιο ρεαλιστική σκοπιά του παραγωγού. Το σύστημα επιτυγχάνει αυτή τη σύγκλιση παρέχοντας μια διαδραστική συνεργατική πλατφόρμα, μέσω της οποίας παραγωγός και σκηνοθέτης μπορούν να εργαστούν από κοινού ώστε να εντοπίσουν τα πιο απαιτητικά πλάνα εγκαίρως, να δουλέψουν πάνω σε πιθανές απλοποιήσεις, καθώς και στην κατανομή του προϋπολογισμού, αλλά και να προγραμματίσουν τα γυρίσματα ενδελεχώς με βάση την πολυπλοκότητά τους, συνδιαμορφώνοντας εν τέλει ένα εφικτό σχέδιο παραγωγής.



Μία πειραματική αξιολόγηση χρηστών (επαγγελματιών σκηνοθετών και παραγωγών) επικύρωσε ότι το προτεινόμενο σύστημα παρέχει πιο αναλυτική και εις βάθος πληροφορία που αφορά στην παραγωγή σε σύγκριση με τα παραδοσιακά εργαλεία, και ότι αυτή η πληροφορία μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη βελτίωση της συνεργασίας και επικοινωνίας μεταξύ σκηνοθέτη και παραγωγού στο πλαίσιο του σχεδιασμού παραγωγής.

7.3.1. Μελλοντικά Σχέδια

Στην παρούσα έκδοση του συστήματος, εστίασαμε στις δύο θεμελιακές πτυχές της κιν/φικής σκηνοθεσίας: την κινηματογράφηση και την ηθοποιία. Στο μέλλον, σκοπεύουμε να διερευνήσουμε και να ενσωματώσουμε στο σύστημα περισσότερους ΠΠΠ, που θα σχετίζονται με άλλες πτυχές της κιν/φικής δημιουργίας, όπως η σκηνογραφία και το μοντάζ. Η προσθήκη επιπλέον ΠΠΠ στην οπτικοποίηση υποστηρίζεται από τον σχεδιασμό της ΟΠΠ (βλ. Κεφ. 5.6.1). Επιπλέον, σκοπεύουμε να βελτιώσουμε την οπτικοποίηση με βάση τα σχόλια που λάβαμε κατά την αξιολόγηση του συστήματος από τους συμμετέχοντες εμπειρογνώμονες, τα οποία παρέχουν χρήσιμες κατευθυντήριες γραμμές για το πώς μπορούμε να ενισχύσουμε την ευληπτότητα και τις δυνατότητες της οπτικοποίησης. Αναφορικά με την περαιτέρω αξιολόγηση του FilmProdViz, όταν το σύστημα φτάσει σε μια τελική μορφή από άποψη κάλυψης του σκηνοθετικού φάσματος, στοχεύουμε σε μία διεξοδική αξιολόγηση (βλ. εισαγ. Κεφ. 6.2).

Τέλος, αναφορικά με τη συνέχιση της σχετικής έρευνας σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί κατά πόσο η προτεινόμενη μέθοδος μετασχηματισμού δεδομένων από οπτικά σε σημασιολογικά και πίσω σε οπτικά (βλ. Κεφ. 5.5 & 5.6) θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και σε άλλα ΓΠ στα οποία υπάρχει ανάγκη σημασιολογικής ανάλυσης οπτικής πληροφορίας. Μια τέτοια περίπτωση θα μπορούσε να είναι το ΓΠ της *χαρτογραφίας (cartography)*, το οποίο περικλείει κατεξοχήν οπτικού χαρακτήρα γνώση.-



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κοτανίδου, Μ. Χ. (2008). *Η έννοια της γνώσης στον Θεαίτητο του Πλάτωνα*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Φιλοσοφική Σχολή, Τμήμα Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής
- [2] Ahsan, S., & Shah, A. (2006). Data, information, knowledge, wisdom: A doubly linked chain. In *the proceedings of the 2006 international conference on information knowledge engineering* (pp. 270-278).
- [3] Sowa, J. F. (2000). *Knowledge representation: logical, philosophical, and computational foundations* (Vol. 13). Pacific Grove: Brooks/Cole.
- [4] Van Harmelen, F., Lifschitz, V., & Porter, B. (Eds.). (2008). *Handbook of knowledge representation* (Vol. 1). Elsevier.
- [5] Brachman, R. J., Levesque, H. J., & Reiter, R. (1992). *Knowledge representation*. MIT press.
- [6] Βλαχάβας, Ι., Κεφαλάς, Π., Βασιλειάδης, Ν., Ρεφανίδης, Ι., Κόκκορας, Φ., & Σακελλαρίου, Η. (2002). *Τεχνητή Νοημοσύνη*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας.
- [7] Studer, R., Benjamins, V. R., & Fensel, D. (1998). Knowledge engineering: principles and methods. *Data & knowledge engineering*, 25(1), 161-197.
- [8] Guest, A. H. (2014). *Labanotation: the system of analyzing and recording movement*. Routledge.
- [9] Tumminello, W. (2005). *Exploring storyboarding*. Cengage Learning. p.20
- [10] Katz, S. D. (1991). *Film directing shot by shot: visualizing from concept to screen*. Gulf Professional Publishing.
- [11] Begleiter, M. (2001). *From word to image: Storyboarding and the filmmaking process*. Michael Wiese Productions.
- [12] Yannopoulos, A., Savrami, K., Christodoulou, Y., Varvarigou, T., Koutsoutos, S., & Alexandrou, V. (2009). ANSWER: Documentation, formal conceptualisation and annotation of new media. *Networked Television Adjunct proceedings of EuroITV 2009*, 78.
- [13] Christodoulou, Y., Yannopoulos, A., Bountris, E. J., & Varvarigou, T. (2016). Ontology-Driven Interactive Visualization of Film Production Complexity Using a Visual Language. *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, 12(2), 100-122.
- [14] Yannopoulos, A., Christodoulou, Y., Bountris, E., Savrami, K., & Douza, M. (2013, November). Metadata, Domain Specific Languages and Visualisations as Internal Artifacts Driving an Agile Knowledge Engineering Methodology. In *Research Conference on Metadata and Semantic Research* (pp. 22-34). Springer International Publishing.
- [15] Christodoulou, Y., Mavrogeorgi, N., & Kalogirou, P. (2008, June). Use of ontologies for knowledge representation of a film scene. In *Internet and Web Applications and Services, 2008. ICIW'08. Third International Conference on* (pp. 662-667). IEEE.



- [16] Mavrogeorgi, N., Christodoulou, Y., & Kalogirou, P. (2008, June). Semi-automatic film-direction technique in internet-based interactive entertainment. In *Internet and Web Applications and Services, 2008. ICIW'08. Third International Conference on* (pp. 680-685). IEEE.
- [17] Mavrogeorgi, M., & Christodoulou, Y. (2008, July). Complete, cinematic and expressive presentation in computer games. In *Proceedings of the 1st international conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments* (p. 74). ACM.
- [18] Ten Berge, T., & Van Hezewijk, R. (1999). Procedural and declarative knowledge an evolutionary perspective. *Theory & Psychology*, 9(5), 605-624.
- [19] Αριστοτέλης, *Αναλκτικά πρότερα*, 24b18–20
- [20] Lehmann, F. (1992). *Semantic networks in artificial intelligence*. Elsevier Science Inc..
- [21] Sowa, J. F. (1992). Semantic networks. *Encyclopedia of artificial intelligence*, 2, 1493-1511.
- [22] Richens, R. H. (1956). Preprogramming for mechanical translation. *Mechanical Translation*, 3(1), 20-25.
- [23] Simmons, R. F. (1963). *Synthetic language behavior*. System Development Corporation.
- [24] Quillian, R. (1963). A notation for representing conceptual information: An application to semantics and mechanical English paraphrasing, SP-1395. *System Development Corporation, Santa Monica*.
- [25] Minsky, M. (1975). A framework for representing knowledge.
- [26] Polovina, S. (2007). An introduction to conceptual graphs. In *Conceptual Structures: Knowledge Architectures for Smart Applications* (pp. 1-14). Springer Berlin Heidelberg.
- [27] Peirce, C. S. (1906). Manuscripts on existential graphs. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, 4, 320-410.
- [28] Chein, M., & Mugnier, M. L. (2008). *Graph-based knowledge representation: computational foundations of conceptual graphs*. Springer Science & Business Media.
- [29] Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Nardi, D., & Patel-Schneider, P. (2003). *The description logic handbook: theory, implementations and applications*. Cambridge U. Press, Cambridge, England.
- [30] Rudolph, S. (2011). Foundations of description logics. In *Reasoning Web. Semantic Technologies for the Web of Data* (pp. 76-136). Springer Berlin Heidelberg.
- [31] Brachman, R. J. (1978). Structured inheritance networks. *Research in Natural Language Understanding, Quarterly Progress Report*, 1, 36-78.
- [32] Guizzardi, G., & Halpin, T. (2008). Ontological foundations for conceptual modelling. *Applied Ontology*, 3(1-2), 1-12.
- [33] Smith, B. (2008). *Ontology and Information Systems*, 2002.
- [34] Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?. *International journal of human-computer studies*, 43(5), 907-928.



- [35] Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- [36] Brost, W. N. (1997). Construction of engineering ontologies. *University of Twente, Enschede, Center for Telematica and Information Technology*.
- [37] Δερτούζος, Μ. (2001). *Ανολοκλήρωτη Επανάσταση*. Εκδοτικός Οίκος Α. Α. Λιβάνη.
- [38] Kishore, R., & Ramesh, R. (Eds.). (2007). *Ontologies: a handbook of principles, concepts and applications in information systems* (Vol. 14). Springer Science & Business Media.
- [39] Chandrasekaran, B., Josephson, J. R., & Benjamins, V. R. (1999). What are ontologies, and why do we need them?. *IEEE Intelligent systems*, (1), 20-26.
- [40] Uschold, M., & Gruninger, M. (1996). Ontologies: Principles, methods and applications. *The knowledge engineering review*, 11(02), 93-136.
- [41] Hepp, M. (2008). Ontologies: State of the art, business potential, and grand challenges. In *Ontology Management* (pp. 3-22). Springer US.
- [42] Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. (2003). Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point?. *Data & knowledge engineering*, 46(1), 41-64.
- [43] Munn, K., & Smith, B. (Eds.). (2008). *Applied ontology: an introduction* (Vol. 9). Walter de Gruyter.
- [44] Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). Ontology development 101: A guide to creating your first ontology.
- [45] Staab, S., & Studer, R. (Eds.). (2013). *Handbook on ontologies*. Springer Science & Business Media.
- [46] Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., & Corcho, O. (2006). *Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. Springer Science & Business Media.
- [47] Pease, A., Niles, I., & Li, J. (2002, July). The suggested upper merged ontology: A large ontology for the semantic web and its applications. In *Working notes of the AAAI-2002 workshop on ontologies and the semantic web* (Vol. 28).
- [48] Masolo, C., Borgo, S., Gangemi, A., Guarino, N., Oltramari, A., & Schneider, L. (2003). Dolce: a descriptive ontology for linguistic and cognitive engineering. *WonderWeb Project, Deliverable D17 v2, 1*.
- [49] Rosse, C., & Mejino, J. L. (2003). A reference ontology for biomedical informatics: the Foundational Model of Anatomy. *Journal of biomedical informatics*, 36(6), 478-500.
- [50] Lindberg, D. A., Humphreys, B. L., & McCray, A. T. (1993). The Unified Medical Language System. *Methods of information in medicine*, 32(4), 281-291.
- [51] Rector, A., Stevens, R., & Rogers, J. (2006). Simple bio upper ontology.
- [52] Ashburner, M., Ball, C. A., Blake, J. A., Botstein, D., Butler, H., Cherry, J. M., ... & Harris, M. A. (2000). Gene Ontology: tool for the unification of biology. *Nature genetics*, 25(1), 25-29.
- [53] Mizoguchi, R., Vanwelkenhuysen, J., & Ikeda, M. (1995). Task ontology for reuse of problem solving knowledge. *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building & Knowledge Sharing*, 46-59.



- [54] World Wide Web Consortium. (2014). RDF 1.1 concepts and abstract syntax.
- [55] Brickley, D., & Guha, R. V. (2000). Resource Description Framework (RDF) Schema Specification 1.0: W3C Candidate Recommendation 27 March 2000.
- [56] McGuinness, D. L., & Van Harmelen, F. (2004). OWL web ontology language overview. *W3C recommendation*, 10(10), 2004.
- [57] Horrocks, I., Patel Schneider, P. F., & van Harmelen, F. (2002). An ontology language for the semantic web. *IEEE intelligent systems*, 17(2), 74-75.
- [58] Horrocks, I. (2005, October). Owl: A description logic based ontology language. In *International Conference on Logic Programming* (pp. 1-4). Springer Berlin Heidelberg.
- [59] Tsarkov, D., & Horrocks, I. (2006, August). FaCT++ description logic reasoner: System description. In *International Joint Conference on Automated Reasoning* (pp. 292-297). Springer Berlin Heidelberg.
- [60] Haarslev, V., & Müller, R. (2001). RACER system description. *Automated Reasoning*, 701-705.
- [61] Grau, B. C., Horrocks, I., Motik, B., Parsia, B., Patel-Schneider, P., & Sattler, U. (2008). OWL 2: The next step for OWL. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 6(4), 309-322.
- [62] Hitzler, P., Krötzsch, M., Parsia, B., Patel-Schneider, P. F., & Rudolph, S. (2009). OWL 2 web ontology language primer. *W3C recommendation*, 27(1), 123.
- [63] Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Tabet, S., Grosof, B., & Dean, M. (2004). SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML. *W3C Member submission*, 21, 79.
- [64] Connor, M., & Das, A. (2009). SQWRL: a Query Language for OWL, OWL: Experiences and Directions (OWLED 2009). In *Fifth International Workshop, Chantilly, VA*.
- [65] Kollia, I., Glimm, B., & Horrocks, I. (2011). SPARQL query answering over OWL ontologies. *The Semantic Web: Research and Applications*, 382-396.
- [66] Cullen, J., & Bryman, A. (1988). The knowledge acquisition bottleneck: time for reassessment?. *Expert Systems*, 5(3), 216-225.
- [67] Wagner, C. (2006). Breaking the knowledge acquisition bottleneck through conversational knowledge management. *Information Resources Management Journal*, 19(1), 14.
- [68] Richards, D. (2004). Addressing the ontology acquisition bottleneck through reverse ontological engineering. *Knowledge and Information Systems*, 6(4), 402-427.
- [69] Yannopoulos, A. (2013). DirectorNotation: Artistic and technological system for professional film directing. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 6(1), 2.
- [70] Bizer, C., Heath, T., & Berners-Lee, T. (2009). Linked data - the story so far. *Semantic services, interoperability and web applications: emerging concepts*, 205-227.
- [71] Boulos, M. N. K. (2009). Semantic Wikis: A comprehensible introduction with examples from the health sciences. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 1(1), 94-96.



- [72] Cardoso, J. (2007). The semantic web vision: Where are we?. *IEEE Intelligent systems*, 22(5).
- [73] Schreiber, G. (2000). Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology. MIT press.
- [74] Blázquez, J., Fernández, M., García-Pinar, J. M., & Gómez-Pérez, A. (1998). Building ontologies at the knowledge level using the ontology design environment.
- [75] Pinto, H. S., Staab, S., & Tempich, C. (2004, August). DILIGENT: Towards a fine-grained methodology for DIstributed, Loosely-controlled and evolvInG Engineering of oNTologies. In *Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence* (pp. 393-397). IOS Press.
- [76] Kotis, K., & Vouros, G. A. (2006). Human-centered ontology engineering: The HCOME methodology. *Knowledge and Information Systems*, 10(1), 109-131.
- [77] De Nicola, A., Missikoff, M., & Navigli, R. (2009). A software engineering approach to ontology building. *Information systems*, 34(2), 258-275.
- [78] Auer, S., & Herre, H. (2007). RapidOWL—An agile knowledge engineering methodology. *Perspectives of systems informatics*, 424-430.
- [79] Presutti, V., Blomqvist, E., Daga, E., & Gangemi, A. (2012). Pattern-based ontology design. In *Ontology Engineering in a Networked World* (pp. 35-64). Springer Berlin Heidelberg.
- [80] Jarrar, M., & Meersman, R. (2008). Ontology engineering—the DOGMA approach. In *Advances in Web Semantics I* (pp. 7-34). Springer Berlin Heidelberg.
- [81] Musen, M. A. (2013). The knowledge acquisition workshops: a remarkable convergence of ideas. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(2), 195-199.
- [82] Compton, P. (2013). Situated cognition and knowledge acquisition research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(2), 184-190.
- [83] López, M. F., Gómez-Pérez, A., Sierra, J. P., & Sierra, A. P. (1999). Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment. *IEEE Intelligent Systems and their applications*, 14(1), 37-46.
- [84] Milton, N. R. (2007). *Knowledge acquisition in practice: a step-by-step guide*. Springer Science & Business Media.
- [85] Shadbolt, N., & Burton, M. (1995). Knowledge elicitation: a systematic approach. *Evaluation of human work: a practical ergonomics methodology*, 406-440.
- [86] Knublauch, H. (2002). Extreme programming of knowledge-based systems. In Research Institute for Applied Knowledge Processing (FAW), Conference Proceedings from eXtreme Programming and Agile Processes in Software Engineering (XP 2002), Alghero, Sardinia, Italy.
- [87] Wickler, G., Tate, A., & Hansberger, J. (2013). Using shared procedural knowledge for virtual collaboration support in emergency response. *IEEE Intelligent Systems*, 28(4), 9-17.
- [88] Cockburn, A. (2004). Crystal clear: a human-powered methodology for small teams. Pearson Education.
- [89] Fowler, M. (2010). *Domain-specific languages*. Pearson Education.



- [90] Voelter, M., Benz, S., Dietrich, C., Engelmann, B., Helander, M., Kats, L. C., ... & Wachsmuth, G. (2013). *DSL engineering: Designing, implementing and using domain-specific languages* (pp. 1-558). dslbook.org.
- [91] Jones, S. P., Eber, J. M., & Seward, J. (2000). Composing contracts: an adventure in financial engineering(functional pearl). *ACM SIGPLAN NOTICES*, 35(9), 280-292.
- [92] Thomas, D., & Barry, B. M. (2003, October). Model driven development: the case for domain oriented programming. In *Companion of the 18th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications* (pp. 2-7). ACM.
- [93] Fowler, M. (2002). *Patterns of enterprise application architecture*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc..
- [94] Sure, Y., Staab, S., & Studer, R. (2009). Ontology engineering methodology. In *Handbook on ontologies* (pp. 135-152). Springer Berlin Heidelberg.
- [95] Sure, Y., Angele, J., & Staab, S. (2002). OntoEdit: Guiding ontology development by methodology and inferencing. *On the Move to Meaningful Internet Systems 2002: CoopIS, DOA, and ODBASE*, 1205-1222.
- [96] Fonou-Dombeu, J. V., & Huisman, M. (2011). Semantic-driven E-government: application of uschold and king ontology building methodology for semantic ontology models development. *arXiv preprint arXiv:1111.1941*.
- [97] Eppler, M. J. (2013). What is an effective knowledge visualization? Insights from a review of seminal concepts. In *Knowledge Visualization Currents* (pp. 3-12). Springer London.
- [98] Tolvanen, J.P. (2008). DSLs in Practice. <http://www.se-radio.net/?s=dsl> (retrieved December, 2016)
- [99] Brank, J., Grobelnik, M., & Mladenić, D. (2005). A survey of ontology evaluation techniques.
- [100] Almeida, M. B. (2009). A proposal to evaluate ontology content. *Applied Ontology*, 4(3-4), 245-265.
- [101] Moody, D. (2009). The “physics” of notations: toward a scientific basis for constructing visual notations in software engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 35(6), 756-779.
- [102] Pickering, J. H., & Olivier, P. (2003, July). Declarative camera planning roles and requirements. In *International Symposium on Smart Graphics* (pp. 182-191). Springer Berlin Heidelberg.
- [103] d’Aquin, M., & Noy, N. F. (2012). Where to publish and find ontologies? A survey of ontology libraries. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 11, 96-111.
- [104] *Search engines - W3C Wiki*. (2016). *W3.org*. Retrieved 31 December 2016, from https://www.w3.org/wiki/Search_engines
- [105] Bouza, A. (2010). *MO - the movie ontology*. <http://www.movieontology.org>.
- [106] Avancha, S., Kallurkar, S., & Kamdar, T. (2001). Design of Ontology for The Internet Movie Database (IMDb). *Semester Project, CMSC*, 771.
- [107] Papamilios, D. *Film Ontology*. <http://users.ecs.soton.ac.uk/dp5g13/COMP6028/Ontology/FilmOntology.owl>



- [108] Abburu S., Jinesh V. N. (2010). Development Of Cinema Ontology: A Conceptual And Context Approach. (*IJCSIS*) *International Journal of Computer Science and Information Security*, Vol. 8, No. 7 (pp. 26-31).
- [109] Sikos, L. (2014). VidOnt: the video ontology. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 11(4), 1.
- [110] Choudhury, S. T. (2010). *Loculus: An ontology-based information management framework for the Motion Picture Industry* (PhD thesis).
- [111] Lehmann, J., Atkinson, S., & Evans, R. (2015). Applying Semantic Technology to Film Production. In *The Semantic Web: ESWC 2015 Satellite Events* (pp. 445-453). Springer International Publishing.
- [112] Chakravarthy, A., Beales, R., Matskanis, N., & Yang, X. (2009). OntoFilm: a core ontology for film production. In *Semantic Multimedia* (pp. 177-181). Springer Berlin Heidelberg.
- [113] Friedman, D., & Feldman, Y. (2003). Knowledge-Based Formalization of Cinematic Expression.
- [114] Friedman, D., & Feldman, Y. A. (2004, August). Knowledge-based cinematography and its applications. In *Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence* (pp. 256-260). IOS Press.
- [115] Friedman, D., & Feldman, Y. A. (2006). Automated cinematic reasoning about camera behavior. *Expert Systems with Applications*, 30(4), 694-704.
- [116] He, L. W., Cohen, M. F., & Salesin, D. H. (1996, August). The virtual cinematographer: a paradigm for automatic real-time camera control and directing. In *Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 217-224). ACM.
- [117] Shen, J., Aoki, T., Yasuda, H., & Miyazaki, S. (2004, November). E-Movie Creation by Rule-Based Reasoning from the Director's Viewpoint-E-Movie: Computer Animation & Real Images. In *EWIMT*.
- [118] Coyne, B., & Sproat, R. (2001, August). WordsEye: an automatic text-to-scene conversion system. In *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 487-496). ACM.
- [119] Elson, D. K., & Riedl, M. O. (2007, June). A Lightweight Intelligent Virtual Cinematography System for Machinima Production. In *AIIDE* (pp. 8-13).
- [120] Manos, K., Panayiotopoulos, T., & Katsionis, G. (2002, April). Virtual director: Visualization of simple scenarios. In *2nd Hellenic Conference on Artificial Intelligence, SETN* (Vol. 2, pp. 11-12).
- [121] Kim, H., Sakamoto, R., Kogure, K., & Kitahara, I. (2006, June). Cinematized reality: Cinematographic 3d video system for daily life using multiple outer/inner cameras. In *Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2006. CVPRW'06. Conference on* (pp. 168-168). IEEE.
- [122] Kennedy, K., & Mercer, R. E. (2002, June). Planning animation cinematography and shot structure to communicate theme and mood. In *Proceedings of the 2nd international symposium on Smart graphics* (pp. 1-8). ACM.
- [123] Lino, C., Christie, M., Lamarche, F., Schofield, G., & Olivier, P. (2010, July). A real-time cinematography system for interactive 3d environments. In *Proceedings of*



- the 2010 ACM SIGGRAPH/ Eurographics Symposium on Computer Animation* (pp. 139-148). Eurographics Association.
- [124] Inoue, A., Shigeno, H., Okada, K. I., & Matsushita, Y. (2004). Introducing grammar of the film language into automatic shooting for face-to-face meetings. In *Proceedings of the 2004 International Symposium on Applications and the Internet* (p. 277). IEEE.
- [125] Karp, P., & Feiner, S. (1993). Automated presentation planning of animation using task decomposition with heuristic reasoning. In *Graphics Interface* (pp. 118-118). CANADIAN INFORMATION PROCESSING SOCIETY.
- [126] Christianson, D. B., Anderson, S. E., He, L. W., Salesin, D. H., Weld, D. S., & Cohen, M. F. (1996, August). Declarative camera control for automatic cinematography. In *AAAI/IAAI, Vol. 1* (pp. 148-155).
- [127] Amerson, D., Kime, S., & Young, R. M. (2005, June). Real-time cinematic camera control for interactive narratives. In *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology* (pp. 369-369). ACM.
- [128] De Beul, D., Mahmoudi, S., & Manneback, P. (2012, May). An ontology for video human movement representation based on benesh notation. In *Multimedia Computing and Systems (ICMCS), 2012 International Conference on* (pp. 77-82). IEEE.
- [129] El Raheb, K., & Ioannidis, Y. (2014, June). From Dance Notation to Conceptual Models: A Multilayer Approach. In *Proceedings of the 2014 International Workshop on Movement and Computing* (p. 25). ACM.
- [130] Angele, S., Studer, R., & Wenke, D. (2002). OntoEdit: Collaborative ontology engineering for the semantic web. In *International Semantic Web Conference*.
- [131] Gabel, T., Sure, Y., & Voelker, J. (2004). D3. 1.1. a: KAON-ontology management infrastructure. *SEKT informal deliverable*.
- [132] Bechhofer, S., Horrocks, I., Goble, C., & Stevens, R. (2001). OilEd: a reason-able ontology editor for the semantic web. *KI 2001: Advances in Artificial Intelligence*, 396-408.
- [133] Farquhar, A., Fikes, R., & Rice, J. (1997). The ontolingua server: A tool for collaborative ontology construction. *International journal of human-computer studies*, 46(6), 707-727.
- [134] Swartout, B., Patil, R., Knight, K., & Russ, T. (1996). Ontosaurus: a tool for browsing and editing ontologies. In *9th Banff Knowledge Aquisition for KNowledge-based systems Workshop*.
- [135] Arpírez, J. C., Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. (2001, October). WebODE: a scalable workbench for ontological engineering. In *Proceedings of the 1st international conference on Knowledge capture* (pp. 6-13). ACM.
- [136] Domingue, J. (1998). Tadzebao and WebOnto: Discussing, browsing, and editing ontologies on the web.
- [137] Noy, N. F., Crubézy, M., Ferguson, R. W., Knublauch, H., Tu, S. W., Vendetti, J., & Musen, M. A. (2003). Protege-2000: an open-source ontology-development and knowledge-acquisition environment. In *AMIA Annu Symp Proc* (Vol. 953, p. 953).



- [138] Knublauch, H., Musen, M. A., & Rector, A. L. (2004, June). Editing description logic ontologies with the Protégé OWL plugin. In *International Workshop on Description Logics* (Vol. 49).
- [139] Knublauch, H., Fergerson, R. W., Noy, N. F., & Musen, M. A. (2004, November). The Protégé OWL plugin: An open development environment for semantic web applications. In *International Semantic Web Conference* (pp. 229-243). Springer Berlin Heidelberg.
- [140] Proferes, N. T. (2008). Film *Directing Fundamentals: see your film before shooting*. Taylor & Francis.
- [141] Arijon, D. (1976). Grammar of the film language.
- [142] Rabiger, M., & Hurbis-Cherrier, M. (2013). *Directing: film techniques and aesthetics*. Taylor & Francis.
- [143] Argyris, C. (2003). Actionable Knowledge. In H. Tsoukas and C. Knudsen (eds) *The Oxford Handbook of Organization Theory*, pp. 423–52. Oxford University Press.
- [144] Honthaner, E. L. (2010). *The complete film production handbook*. Taylor & Francis. pp. 45 and 81-84.
- [145] Jones, C. (2003). *Guerilla Film Makers Movie Blueprint*. A&C Black. pp. 6 and 190.
- [146] Tomaric, J. J. (2008). *The Power Filmmaking Kit: Make Your Professional Movie on a Next-to-nothing Budget*. Focal Press. pp. 122-123, 64 and 45.
- [147] Ye, P., & Baldwin, T. (2008, July). Towards Automatic Animated Storyboarding. In *AAAI* (pp. 578-583).
- [148] Mikami, K., & Tokuhara, T. (2003, July). Diorama engine-a 3D directing tool for 3D computer animation production. In *Computer Graphics International, 2003. Proceedings* (pp. 318-323). IEEE.
- [149] Cardinaels, M., Frederix, K., Nulens, J., Van Rijsselbergen, D., Verwaest, M., & Bekaert, P. (2008). A multi-touch 3D set modeler for drama production.
- [150] Ichikari, R., Tenmoku, R., Shibata, F., Ohshima, T., & Tamura, H. (2008). Mixed reality pre-visualization for filmmaking: On-set camera-work authoring and action rehearsal. *Int. J. Virtual Reality*, 7(4), 25-32.
- [151] Jhala, A., Rawls, C., Munilla, S., & Young, R. M. (2008). Longboard: A Sketch Based Intelligent Storyboarding Tool for Creating Machinima. In *FLAIRS Conference* (pp. 386-390).
- [152] Jung, Y., Wagner, S., Jung, C., Behr, J., & Fellner, D. (2010, July). Storyboarding and pre-visualization with x3d. In *Proceedings of the 15th International Conference on Web 3D Technology* (pp. 73-82). ACM.
- [153] Hayashi, A., Itoh, T., & Matsubara, M. (2013). Colorscore: Visualization and Condensation of Structure of Classical Music. In *Knowledge Visualization Currents* (pp. 113-128). Springer London.
- [154] Horridge, M., & Bechhofer, S. (2011). The OWL API: A Java API for OWL Ontologies. *Semantic Web*, 2(1), 11-21.
- [155] Glimm, B., Horrocks, I., Motik, B., Stoilos, G., & Wang, Z. (2014). Hermit: An OWL 2 Reasoner. *J Autom Reasoning*, 53(3), 245-269.



- [156] Burkhard, R. A. (2005a). *Knowledge Visualization: The Use of Complementary Visual Representations for the Transfer of Knowledge: a Model, a Framework, and Four New Approaches* (Doctoral dissertation, Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology). pp. 54 and 42.
- [157] Eppler, M., & Burkhard, R. (2007). Visual representations in knowledge management: framework and cases. *J Of Knowledge Management*, 11(4), 112-122.
- [158] Burkhard, R. A. (2004, July). Learning from architects: the difference between knowledge visualization and information visualization. In *Information Visualisation, 2004. IV 2004. Proceedings. Eighth International Conference on*(pp. 519-524). IEEE.
- [159] Burkhard, R. A. (2005b). Towards a framework and a model for knowledge visualization: Synergies between information and knowledge visualization. In *Knowledge and information visualization* (pp. 238-255). Springer Berlin Heidelberg.
- [160] Ware, C. (2005). Visual queries: The foundation of visual thinking. In *Knowledge and information visualization* (pp. 27-35). Springer Berlin Heidelberg.
- [161] Simons, D. (2000). Attentional capture and inattention blindness. *Trends In Cognitive Sciences*, 4(4), 147-155.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Απεικόνιση της ταξινόμιας της προτεινόμενης οντολογίας FILMO (v.11):

