



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων από κοινωνικά  
δίκτυα με σκοπό την ανάλυση συναισθήματος και την ανίχνευση  
γεγονότων**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Γεώργιος Ε. Παλαιοκρασσάς

Αθήνα, Απρίλιος 2019





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων από κοινωνικά  
δίκτυα με σκοπό την ανάλυση συναισθήματος και την ανίχνευση  
γεγονότων**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Γεώργιος Ε. Παλαιοκρασσάς

Συμβουλευτική Επιτροπή: **Βαρβαρίγου Θεοδώρα**  
**Βαρβαρίγος Εμμανουήλ**  
**Τσερπές Κωνσταντίνος**

Εγκρίθηκε από την επταμελή εξεταστική επιτροπή την 4<sup>η</sup> Απριλίου 2019

.....

Θεοδώρα Βαρβαρίγου

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

.....

Δημήτριος Ασκούνης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Εμμανουήλ Βαρβαρίγος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Συμεών Παπαβασιλείου

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Αναστάσιος Δουλάμης

Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....

Κωνσταντίνος Τσερπές

Επ. Καθηγητής Χ.Π.Α

.....

Ιωάννης Ψαρρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Γεώργιος Ε. Παλαιοκρασσάς, 2019

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

Copyright © Γεώργιος Ε. Παλαιοκρασσάς, 2019  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, 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 εργασίας 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.

## Περίληψη

Η παρούσα διδακτορική διατριβή μελετά και προτείνει ρεαλιστικές λύσεις σε σημαντικά θέματα που σχετίζονται με την ανάλυση δεδομένων από κοινωνικά δίκτυα. Στα πλαίσια της έρευνας μελετάται επίσης η εφαρμογή σε ένα ετερογενές πολυμεσικό περιβάλλον. Χρησιμοποιούνται πολλές τεχνολογίες όπως η μετάδοση υψηλής ανάλυσης πολυμεσικού περιεχομένου, μεθοδολογίες για επίβλεψη και ανάλυση της δραστηριότητας από κοινωνικά δίκτυα για την επισήμανση ταινιών σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας ανθρωποκεντρική σημασιολογική εξαγωγή βασιζόμενη σε MPEG-7 προφίλ. Επιτυγχάνεται βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας μέσω της παρουσίασης εκπαιδευτικών ταινιών σε παραδοσιακά πολιτιστικά κέντρα και μουσεία. Το παρουσιαζόμενο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές, όπου το κοινωνικό περιεχόμενο χρειάζεται να αναθεωρηθεί από πολλά άτομα που μπορεί να είναι γεωγραφικά απομακρυσμένα και να τροποποιηθεί ύστερα από ομάδα ειδικών σύμφωνα με τα ληφθέντα σχόλια. Αξιοποιήθηκε με επιτυχία στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου EXPERIMEDIA σε πολιτισμικά και εκπαιδευτικά κέντρα όπως στο Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού κ.α.

Παράλληλα, αναπτύχθηκε μια υπηρεσία εντοπισμού γεγονότων σε δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα με στόχο να αναλύσει δεδομένα, προκειμένου να τα ομαδοποιήσει σε συλλογές βάσει του κειμένου και των διαθέσιμων μεταδεδομένων. Βασίζεται στον distance-dependent Chinese Restaurant Process αλγόριθμο, μια προσέγγιση ομαδοποίησης που ομοιάζει με τον αλγόριθμο της διαδικασίας Dirichlet, ενώ εξετάστηκε μια σειρά μεθόδων προεπεξεργασίας των δεδομένων και αξιολόγησης.

Στα πλαίσια της διατριβής εξετάστηκε διεξοδικά επίσης το πρόβλημα της ανάλυσης συναισθήματος σε δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα, όπου ανέπτυχθηκε μια υπηρεσία ανάλυσης συναισθήματος αξιοποιώντας τον αλγόριθμο γράφων  $n$ -γραμμμάτων προκειμένου να εξαχθούν μοτίβα και να ταξινομηθούν τα δεδομένα σε μια από τις

διαθέσιμες κατηγορίες. Οι δύο υπηρεσίες αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας πολλαπλά σύνολα δεδομένων και μετρικών και αξιοποιήθηκαν στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου SUPER ως βασικό τμήμα μιας ενιαίας πλατφόρμας για την αξιοποίηση των κοινωνικών δικτύων από τις υπηρεσίες πολιτικής προστασίας κατά την διάρκεια καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

### **Λέξεις κλειδιά**

εντοπισμός γεγονότων, ανάλυση συναισθήματος, κοινωνικά δίκτυα, επισήμανση βίντεο, παραγωγή οπτικοακουστικού περιεχομένου και παράδοση

## **Abstract**

This PhD thesis aims at proposing solutions to important issues related to social network data analysis. The application to a heterogeneous multimedia environment is also examined. Several technologies are used such as delivery of high resolution multimedia content, methodologies for monitoring and analysing social network activity and use it to seamlessly annotate in real-time the presented educational movie using anthropocentric semantic extraction based on MPEG-7. In this way, the multimedia content of the presented movie can be easily reviewed by multiple geographically dispersed individuals and improved afterwards according to the received feedback. The system enhances the experience of the visitors in cultural educational centers and improves the educational process. It has been successfully used in the context of European research project EXPERIMEDIA in traditional and educational premises such as Foundation of the Hellenic World etc.

Furthermore, a service for event detection focusing on social media data has been developed, which aims at clustering media items into groups of events based on their textural information as well as available metadata. Our approach is based on distance-dependent Chinese Restaurant Process, a clustering approach resembling Dirichlet process algorithm. Furthermore, we scrutinize the effectiveness of a series of pre-processing steps in improving the detection performance. The problem of sentiment analysis focusing on social media data has also been extensively examined and a sentiment analysis service has been developed, based on n-gram graphs algorithm in order to extract patterns and classify data into the available classes. Both services were evaluated using multiple datasets and metrics and were exploited in the context of European research project SUPER, as an important part of an integrated platform for empowering security and emergency agencies to fully leverage social media in their operations during emergencies.

**Keywords**

event detection, sentiment analysis, social media, video annotation, multimedia content  
production and delivery



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η διδακτορική διατριβή που παρουσιάζεται στις επόμενες σελίδες εκπονήθηκε από τον Φεβρουάριο του 2014 έως τον Απρίλιο του 2019 στο εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών του τομέα Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων Πληροφορικής, στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου υπό την επίβλεψη της κ. Θεοδώρας Βαρβαρίγου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κ. Θεοδώρα Βαρβαρίγου για την υποστήριξη, και την καθοδήγηση που μου παρείχε από την αρχή ως το τέλος της προσπάθειάς μου, καθώς επίσης τους καθηγητές της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής κ. Εμμανουήλ Βαρβαρίγο και κ. Κωνσταντίνο Τσερπέ.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους με τους οποίους συνεργάστηκα κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής μου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στην Κλεοπάτρα Κωνσταντέλη, τον Αθανάσιο Βουλόδημο, τον Αντώνη Λίτκε και τη Μάνια Καρδαρά.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Παρασκευή και Ευστράτιο, καθώς και την αδερφή μου Ειρήνη για υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Γεώργιος Ε. Παλαιοκρασσάς

Απρίλιος 2019

## Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή .....	17
1.1	Οργάνωση του Εγγράφου .....	21
2	Σχετικές Εργασίες .....	23
2.1	Κοινωνικά δίκτυα και Εκπαίδευση.....	23
2.2	Εντοπισμός Γεγονότων σε Δεδομένα από Κοινωνικά Δίκτυα.....	27
2.3	Τεχνικές Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας.....	31
2.4	Ανάλυση Συναισθήματος σε Δεδομένα από κοινωνικά Δίκτυα .....	32
3	Αρχιτεκτονική Συστήματος.....	35
3.1	Υπηρεσίες Οπτικοακουστικού Υλικού.....	36
3.2	Υπηρεσία Κοινωνικού Περιεχομένου.....	41
3.2.1	Υπηρεσία Επίβλεψης Κοινωνικού Περιεχομένου .....	42
3.2.2	Εφαρμογή Android Διαχείρισης Κοινωνικού Περιεχομένου .....	43
3.2.3	Εφαρμογή Ειδικών .....	46
3.2.4	Εφαρμογή εκπαιδευτικών.....	47
3.3	Υπηρεσία Επίβλεψης Πειραματικού Περιεχομένου .....	49
4	Επισήμανση Βίντεο Χρησιμοποιώντας Δεδομένα από τα Κοινωνικά Δίκτυα .....	57
4.1	Ανθρωποκεντρική Σηματολογική Εξαγωγή Βασιζόμενη σε MPEG-7 .....	63
4.1.1	Ανθρωποκεντρική Σηματολογική Εξαγωγή Βασιζόμενη σε MPEG-7 .....	65
4.1.2	Δημιουργία Γεγονότος και αυτόματη εξαγωγή αντιπροσωπευτικών πλαισίων 66	
4.1.3	Επισύναψη Ταινίας σε Πραγματικό Χρόνο χρησιμοποιώντας Δεδομένα από Κοινωνικά Δίκτυα .....	68
4.2	Αξιολόγηση του Συστήματος από τους Τελικούς Χρήστες .....	70
5	Το σύστημα στην Πράξη - Εφαρμογές σε πειραματικές διαδικασίες.....	73
5.1	Θόλος: Μια εγκατάσταση εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση .....	73
5.2	Επεκτείνοντας τη λειτουργία του Θόλος .....	77
5.3	Εντάσσοντας τα κοινωνικά δίκτυα στην εμπειρία της «Θόλου» .....	79
5.4	Διαφάνεια ως προς τα Κοινωνικά Δίκτυα και Ιδιωτικότητα .....	81
5.5	Επιβλέποντας το πείραμα .....	82
5.6	Ανάλυση Συγκεντρωμένων Αποτελεσμάτων .....	84
6	Εφαρμογές σε άλλες πειραματικές διαδικασίες.....	89

6.1	Πιλοτικές ταινίες .....	89
6.2	CARVIREN .....	93
6.3	iCaCoT.....	94
6.4	Exhibition Beacons .....	94
7	Εντοπισμός Γεγονότων σε Δεδομένα από Κοινωνικά Δίκτυα.....	97
7.1	Περιγραφή Αλγορίθμου .....	97
7.1.1	Εισαγωγή .....	97
7.1.2	Ομοιότητα μηνυμάτων και ομαδοποίηση .....	98
7.1.3	Μεθοδολογία .....	100
7.2	Πειράματα και αξιολόγηση .....	106
7.2.1	Σύνολα Δεδομένων.....	106
7.2.2	Λεπτομέρειες υλοποίησης .....	108
7.2.3	Προεπεξεργασία Κειμένου .....	109
7.2.4	Μετρικές αξιολόγησης και Πειράματα .....	110
7.2.5	Αποτελέσματα .....	112
7.3	Η μέθοδος στην πράξη .....	113
7.4	Συμπεράσματα .....	114
8	Ανάλυση συναισθήματος σε δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα .....	115
8.1	Εισαγωγή.....	115
8.2	Μεθοδολογία .....	117
8.3	Πειράματα και Αξιολόγηση.....	124
9	Αξιοποίηση των αλγορίθμων στην πράξη.....	127
9.1	Διεπιφάνειες και αξιοποίηση στο έργο SUPER.....	127
9.2	Συλλογή δεδομένων από τα κοινωνικά δίκτυα .....	128
9.2.1	Πρόσβαση στα Κοινωνικά με το Social Media Crawler.....	129
9.2.2	Συγκέντρωση Δεδομένων από τα Κοινωνικά Δίκτυα με το Soclos API.....	130
9.3	Ενσωμάτωση Αλγορίθμου Στην Αρχιτεκτονική του SUPER.....	131
10	Συμπεράσματα .....	135
11	Δημοσιεύσεις Στα Πλαίσια της Διδακτορικής Διατριβής.....	137
12	Συντομογραφίες .....	139
13	Αναφορές .....	142

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Επισκόπηση του συστήματος για το σενάριο της ταινίας πιλότου.....	36
Εικόνα 2. Σενάριο χρήσης του υποσυστήματος οπτικοακουστικού υλικού.....	39
Εικόνα 3. Διάγραμμα UML του Συστήματος Διαχείρισης Περιεχομένου (Content Management System) .....	40
Εικόνα 4. Διάγραμμα UML του τμήματος οπτικοακουστικού υλικού .....	41
Εικόνα 5. Στιγμιότυπο της Android εφαρμογής - Αρχικό μενού σύνδεσης (Log In) στην εφαρμογή - κεντρική συλλογή εικόνων.....	43
Εικόνα 6. Περιήγηση στις εικόνες της συλλογής. - Λίστα ερωτήσεων σχετικά με μια συγκεκριμένη εικόνα της συλλογής. ....	44
Εικόνα 7. Όταν ανιχνεύεται ένα παρατεταμένο click σε μια ερώτηση, αν υπάρχουν σχόλια εμφανίζονται κάτω από την ερώτηση με κόκκινο. Πληκτρολόγιο που εμφανίζεται όταν γίνεται 'click' στο πεδίο «Πρώτα μια ερώτηση». ....	45
Εικόνα 8. Εφαρμογή Ειδικού (Expert Application) .....	46
Εικόνα 9. Δύο εκπαιδευτές του μουσείου καθοδηγούν το κοινό σε μια ψηφιακή αναπαράσταση της αρχαίας πόλης την Μιλήτου μέσα στο Θόλος. Ένας εκπαιδευτής ελέγχει την πλοήγηση μέσω ενός, ενώ ο άλλος διηγείται ιστορικές πληροφορίες. Μπορούμε να δούμε την εφαρμογή εκπαιδευτή στον υπολογιστή στα δεξιά. Στην κάτω σειρά έχουμε μια κοντινή προβολή της εφαρμογής ειδικού με το βίντεο από τους ειδικούς. Στην συγκεκριμένη επίδειξη, ένας ειδικός ήταν στη Μαδρίτη ενώ ο άλλος στις Βρυξέλλες.....	48
Εικόνα 10. Η αρχιτεκτονική του ECC .....	49
Εικόνα 11. Στιγμιότυπο του ECC Dashboard όπου απεικονίζονται πολλαπλοί πελάτες συνδεδεμένοι.....	55
Εικόνα 12. Διαδικτυακή διεπιφάνεια του AVC για δημιουργία μιας εκδήλωσης για μια ταινία .....	58
Εικόνα 13. Διεπιφάνεια του AVC για κατηγοριοποίηση και ανέβασμα ενός τμήματος ταινίας .....	59
Εικόνα 14. Παράδειγμα ενός τμήματος ταινίας με δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα .....	60
Εικόνα 15. Ακολουθία της υπηρεσίας SC Monitor και του AVC.....	62
Εικόνα 16. Επισκόπηση του προτεινόμενου συστήματος. Οι σπουδαστές που επισκέπτονται ένα εκπαιδευτικό χώρο και βλέπουν μια εκπαιδευτική ταινία, χρησιμοποιώντας την Εφαρμογή του Σπουδαστή (Student Application) έρχονται κοντά με ένα πάνελ ειδικών, που λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο το περιεχόμενο που μεταδίδεται και απαντούν ερωτήσεις της ειδικότητας τους μέσω της Εφαρμογής Ειδικών (Expert Application). Πολύτιμη πληροφορία εξάγεται από τη δραστηριότητα των κοινωνικών δικτύων και χρησιμοποιείται για να επισυνάψει σε πραγματικό χρόνο την ταινία, χρησιμοποιώντας ανθρωποκεντρική σημασιολογική εξαγωγή βασιζόμενη σε MPEG-7. ....	64
Εικόνα 17. Αριστερά: Τυπικό MPEG-7 αρχείο, Δεξιά: MPEG-7 αρχείο με προφίλ της προτεινόμενης δομής.....	66
Εικόνα 18. Αντικείμενο ενδιαφέροντος εντοπισμένο και επισυνημμένο με συγκεντρωμένα δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα. ....	70
Εικόνα 19. Εξωτερική όψη του Θόλος. (πηγή: <a href="http://www.tholos254.gr">http://www.tholos254.gr</a> ) .....	73
Εικόνα 20. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του Θόλος (πηγή <a href="http://www.tholos254.gr">http://www.tholos254.gr</a> ) .....	74
Εικόνα 21. Το μοντέλο λειτουργίας του Θόλος πριν την εγκατάσταση του προτεινόμενου συστήματος .....	75
Εικόνα 22. Επισκόπηση του προτεινόμενου συστήματος με εφαρμογή του στο «Θόλος»... ..	77

Εικόνα 23. Μοντέλο λειτουργίας του Θόλος μετά την εγκατάσταση του προτεινόμενου συστήματος .....	78
Εικόνα 24. Ένας επισκέπτης χρησιμοποιεί την κινητή εφαρμογή μέσα στη Θόλο .....	79
Εικόνα 25. Στιγμιότυπο οθόνης της Γραφικής Διεπιφάνειας Χρήστη (GUI) της υπηρεσίας επίβλεψης πειράματος με όλες τις διαθέσιμες φωτογραφίες και τις σχετικές μετρικές .....	87
Εικόνα 26. . Στιγμιότυπο οθόνης της Γραφικής Διεπιφάνειας Χρήστη της υπηρεσίας επίβλεψης Πειράματος σχετικά με τον αριθμό των likes για την φωτογραφία: "Ναός του Απόλλωνα" .....	88
Εικόνα 27. Πάνω σκηνή από το πιλοτικό επεισόδιο της τηλεοπτικής σειράς Σέρλοκ του BBC. Κάτω ίδια σκηνή από το επεισόδιο 1 που προβλήθηκε. (Copyright © BBC. All rights reserved.) .....	90
Εικόνα 28. Εφαρμόζοντας το σύστημα στους φάρους-μεταδότες εκδηλώσεων (Exhibition Beacons) .....	95
Εικόνα 29. Παράδειγμα εφαρμογής του distance-dependent Chinese Restaurant Process σε μια ροή από 6 αντικείμενα από κοινωνικά δίκτυα. Οι αποστάσεις των ζευγών καθορίζουν τις τελικές αναθέσεις των τραπέζιων (και συνεπώς τις ομάδες).....	103
Εικόνα 30. Ένα παράδειγμα του Gibbs sampler. Ένα τραπέζι μπορεί να χωριστεί όταν αφαιρούμε ένα υπάρχον σύνδεσμο από έναν πελάτη σε έναν άλλο. Μετά το resampling: i) ο πελάτης δείχνει στον εαυτό του, ii) ο πελάτης δείχνει σε έναν άλλο πελάτη αλλά τα δύο τραπέζια δεν συγχωνεύονται, iii) ο σύνδεσμος που προκύπτει για τον 3ο πελάτη ενώνει τα δύο τραπέζια. ....	105
Εικόνα 31. Ροή και βήματα της προτεινόμενης μεθόδου για ανίχνευση γεγονότων .....	106
Εικόνα 32. Υποδειγμα τρι-γράμματος που αντιπροσωπεύει την συμβολοσειρά "home phone". Κάθε τρί-γράμμα αυτής της συμβολοακολουθίας αντιστοιχεί σε ένα κόμβο του γράφου και οι ακμές συνδέουν τρι-γράμματα, των οποίων η απόσταση είναι λιγότερη από τρία γράμματα ανεξάρτητα από τη σχετική τους θέση (συνεπώς μη κατευθυνόμενοι γράφοι) .....	118
Εικόνα 33. Ενδεικτικό 3-γράμμα κατευθυνόμενου γράφου χωρίς βάρη που αναπαριστά την συμβολοακολουθία "home phone". Κάθε 3-γράμμα αυτής της συμβολοακολουθίας αντιστοιχεί σε ένα κόμβο του γράφου και οι ακμές συνδέουν 3-γράμματα συλλαμβάνοντας την ακολουθία των N-γραμμάτων στο κείμενο. ....	119
Εικόνα 34. Ενδεικτικό 3-γράμμα κατευθυνόμενου γράφου με βάρη που αναπαριστά την συμβολοακολουθία "home phone". Κάθε 3-γράμμα αυτής της συμβολοακολουθίας αντιστοιχεί σε ένα κόμβο του γράφου. Οι ακμές συνδέουν 3-γράμματα συλλαμβάνοντας την ακολουθία των N-γραμμάτων στο κείμενο και τα βάρη υποδεικνύουν την συχνότητα εμφάνισης. ....	120
Εικόνα 35. Εσωτερική αρχιτεκτονική του αλγορίθμου Ανάλυσης Συναισθήματος.....	123
Εικόνα 36. Επισκόπηση της αρχιτεκτονικής των τμημάτων του SUPER και της θέσης της υπηρεσίας ανάλυσης συναισθήματος σε αυτήν .....	127
Εικόνα 37. Σχηματική αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής του του SUPER.....	128
Εικόνα 38. Ροή δεδομένων μέσα στον Social Media Crawler (SMC) .....	130

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1. Ρόλος των διαφορετικών τμημάτων του ECC .....	51
Πίνακας 2. Αναλυτική περιγραφή του συνόλου δεδομένων του Social Event Detection (SED) και πιο συγκεκριμένα των μεταδεδομένων κάθε αντικειμένου μέσω των οποίων θα ανατεθεί σε ένα γεγονός. ....	108
Πίνακας 3. Επίδοση της μεθόδου στο σύνολο δεδομένων SED 2013 (Για τις δύο μετρικές η καλύτερη τιμή είναι 1 και η χειρότερη είναι 0) .....	112
Πίνακας 4. Αποτελέσματα του SED 2013 .....	113
Πίνακας 5. . Σύνολα δεδομένων που θεωρήθηκαν κατά την ανάπτυξη του αλγορίθμου ανάλυσης συναισθήματος .....	124
Πίνακας 6. Πειραματικά αποτελέσματα για τους γράφους ν-γραμμάτων μεγέθους N=4 ..	126

## 1 Εισαγωγή

Τα κοινωνικά δίκτυα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη ζωή των ανθρώπων και στις καθημερινές δραστηριότητες τους καθώς τους επιτρέπουν να εκφράζουν τη δημιουργικότητά τους, να μοιράζονται πληροφορίες, να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και να σχηματίζουν κοινότητες. Οι επιχειρήσεις έχοντας συνειδητοποιήσει τον ολοένα και περισσότερο σημαντικό ρόλο των κοινωνικών δικτύων, τα έχουν εντάξει στις στρατηγικές μάρκετινγκ αποκομίζοντας πολύτιμα οφέλη καθώς διευρύνουν την προβολή τους στο κοινό και αποκτούν αναγνωρισιμότητα.

Στις μέρες μας, οι κινητές συσκευές (smartphones και tablets) διευκολύνουν την πρόσβαση σε κοινωνικά δίκτυα κατά τον ελεύθερο χρόνο όπως την παρακολούθηση οπτικοακουστικού υλικού, συναυλιών και αθλημάτων. Συνεπώς οι χρήστες έχουν πρόσβαση σε επιπλέον περιεχόμενο, διαδραστικά στοιχεία και τη δυνατότητα να εκφράσουν την αρέσκεια και δυσαρέσκεια μέσω μιας τέτοιας συσκευής που αποκαλείται «δεύτερη οθόνη», ενώ παράλληλα παρακολουθούν την «πρώτη οθόνη» τους π.χ. τηλεόραση. Συνεπώς είναι περισσότερο ενεργοί, καθώς έχουν την δυνατότητα άμεσα να συζητήσουν με τους φίλους τους το περιεχόμενο που παρακολουθούν.

Σε αυτήν την κατεύθυνση έχουν αναπτυχθεί πολλές εφαρμογές που αξιοποιούν την ολοένα και αυξανόμενη παρουσία των κοινωνικών δικτύων τα τελευταία χρόνια [1], [2], [3]. Η διείσδυση των κοινωνικών δικτύων ανάμεσα σε χρήστες που έχουν πρόσβαση στο Internet μέσω σταθερών ή κινητών συσκευών είναι τόσο μεγάλη που η μεγάλη πλειοψηφία των επιχειρήσεων και οργανισμών ολοένα και περισσότερο θεωρούν την εγκαθίδρυση μιας σταθερής παρουσίας στα κοινωνικά δίκτυα ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία της στρατηγικής τους στο marketing [4]. Τα κοινωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται εκτενώς σχεδόν σε κάθε πτυχή της καθημερινής ζωής, όπως στην δουλειά, την εκπαίδευση και την διασκέδαση.

Εστιάζοντας στο παραπάνω, είναι κοινή πρακτική σήμερα για χρήστες να συνδέονται στα κοινωνικά δίκτυα κατά τη διάρκεια διαφόρων δραστηριοτήτων που συμμετέχουν, όπως κατά την παρακολούθηση συναυλιών, αθλητικών γεγονότων ή τηλεόρασης. Αυτό ενισχύεται από την αυξανόμενη τάση για χρήση πολλαπλών συσκευών, δηλαδή για χρήση δεύτερης συσκευής με οθόνη (smartphone, τάμπλετ, φορητός υπολογιστής) για να παραμένουν συνδεδεμένοι ενώ η προσοχή είναι κυρίως στην «πρώτη οθόνη» (π.χ. τηλεόραση) όπως αναφέρει το Google σε μια πρόσφατη μελέτη [5].

Δύο σημαντικές παρατηρήσεις μπορούν να γίνουν εδώ: Πρώτον, οι χρήστες φαίνεται να απολαμβάνουν να αναμειγνύουν την αλληλεπίδραση μέσω των κοινωνικών δικτύων με τις δραστηριότητές τους, καθώς αυτό συνεισφέρει σε μια πιο πλούσια και ευχάριστη εμπειρία. Δεύτερον η ανατροφοδότηση που κυκλοφορεί στα κοινωνικά δίκτυα ως απάντηση σε ένα σόου, μια έκθεση ή ένα γεγονός πραγματικά αποτελεί πολύτιμη πληροφορία για τους υπευθύνους (παραγωγούς, οργανωτές γεγονότων και δημιουργούς), καθώς είναι αυθόρμητη, ειλικρινής και συνήθως άφθονη σε ποσότητα. Αποτελεί ενδεικτικό γεγονός ότι τα Bluefin Labs, μια εταιρία για ανάλυση δεδομένων από την τηλεόραση, η οποία ειδικεύεται στην εξόρυξη και την ανάλυση συζητήσεων από κοινωνικά δίκτυα, αποκτήθηκε από την Twitter για σχεδόν 100 εκατομμύρια δολάρια [6]. Συνεπώς, σημαντική προστιθέμενη αξία μπορεί να παραχθεί με την ενσωμάτωση των κοινωνικών δικτύων στην διασκέδαση στις δραστηριότητες αναψυχής ή ακόμα και στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες τόσο για τον τελικό χρήστη όσο και για τον παραγωγό/οργανωτή.

Παρ' όλα αυτά, η αξιοποίηση του παραπάνω είναι μια πολύ πιο περίπλοκη διαδικασία, καθώς απαιτεί εργαλεία εξόρυξης και ανάλυσης, η ανάπτυξη των οποίων δεν έχει προχωρήσει αρκετά. Είναι φανερό ότι τα κοινωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την εμπειρία του κοινού σε ένα πλήθος τομέων. Σε αυτήν την εργασία εστιάζουμε σε εκπαιδευτικά κέντρα, όπως μουσεία, εκθέσεις και ειδικές εκδηλώσεις. Εκτός από την ίδια την εμπειρία μάθησης, η κοινωνική πλευρά



μιας επίσκεψης δεν πρέπει να υποτιμηθεί. Οι άνθρωποι τείνουν να επισκέπτονται μουσεία σε ομάδες και να έχουν μια κοινή εμπειρία. Έτσι συνδέοντας τις επισκέψεις με τα κοινωνικά δίκτυα, οι υπεύθυνοι ενός μουσείου ή ενός πολιτιστικού χώρου μπορούν να παρέχουν πρόσβαση σε μια από τις κύριες μεθόδους κοινωνικοποίησης ανάμεσα στους νέους. Παρ' όλα αυτά η αλληλεπίδραση των συμμετεχόντων μέσω των κοινωνικών δικτύων είναι μόνο ένας από τους τρόπους που μπορούμε να αξιοποιήσουμε για να βελτιώσουμε μια τέτοια πολιτισμική εμπειρία.

Μια άλλη κατεύθυνση στην οποία τα μουσεία πρέπει να εργαστούν είναι αυτή της δυναμικής πληροφορίας. Ο τύπος της πληροφορίας που είναι διαθέσιμος σε στατικές εκθέσεις, ανεξάρτητα από την σπανιότητα και την σημασία των εκθεμάτων, μπορεί πολλές φορές να μην θεωρείται συναρπαστικός για το ευρύ κοινό. Τα μουσεία έχουν προσπαθήσει να συμπληρώσουν αυτό το κενό με τη χρήση ξεναγών και ειδικών, δηλαδή ανθρώπων που έχουν κάποια εμπειρία και γνώση σχετικά με τα εκθέματα και παρέχουν πληροφορία με ένα πιο ζωντανό και διαδραστικό τρόπο στους επισκέπτες. Παρ' όλα αυτά, τυπικά οι οδηγοί επισκέψεων πολλές φορές δεν είναι πραγματικά ειδικοί αλλά άτομα που έχουν μελετήσει ένα προκαθορισμένο σενάριο και έχουν περιορισμένη δυνατότητα να λειτουργήσουν έκτος αυτού. Φυσικά η πρόσληψη πραγματικών ειδικών ως οδηγών ομάδων και ξεναγών στα μουσεία δεν είναι μια επιλογή. Ακόμα και αν ήταν διαθέσιμοι, η εμπειρία τους είναι τόσο πολύτιμη και θα ήταν πολύ δαπανηρό να είναι σε αναμονή στο μουσείο σε περίπτωση που χρειαστούν.

Περαιτέρω, μια πραγματικά πρωτότυπη και ελεύθερη ξενάγηση, η οποία θα επέτρεπε στον επισκέπτη να αναρωτιέται και να λαμβάνει πληροφορία κάθε τύπου και κάθε θέματος που προκύπτει θα απαιτούσε τη συμμετοχή πολλαπλών ειδικών στην ξενάγηση κάθε ξεχωριστής ομάδας, κάτι που είναι στην πράξη μη ρεαλιστικό.

Παράλληλα αναπτύχθηκε μια μέθοδος για ανίχνευση γεγονότων στα κοινωνικά δίκτυα, που στοχεύει στην ομαδοποίηση αντικειμένων μέσω της πληροφορίας που περιέχεται στο κείμενο τους καθώς και τα διαθέσιμα μεταδεδομένα. Η προσέγγιση μας

βασίζεται στον αλγόριθμο distance-dependent Chinese Restaurant Process (ddCRP), μια μέθοδο ομαδοποίησης (clustering) που μοιάζει με τον αλγόριθμο μιας Dirichlet Process. Επιπλέον, διερευνούμε την αποτελεσματικότητα μιας σειράς από βήματα προεπεξεργασίας στην αποτελεσματικότητα του εντοπισμού. Αποτιμήσαμε πειραματικά την μέθοδο μας χρησιμοποιώντας το σύνολο δεδομένων Social Event Detection (SED) dataset του συνεδρίου MediaEval 2013 benchmarking workshop, που ασχολείται με την ανακάλυψη γεγονότων και την ομαδοποίηση τους σε ομάδες συγκεκριμένες για γεγονότα. Τα αποτελέσματα που λάβαμε καταδεικνύουν ότι η προτεινόμενη μέθοδος πέτυχε πολύ καλές επιδόσεις συγκρινόμενη με υπάρχουσες προσεγγίσεις.

## 1.1 Οργάνωση του Εγγράφου

Η παρούσα διατριβή αποτελείται από 9 κεφάλαια. Στις ενότητες των κεφαλαίων αυτών παρουσιάζεται με αναλυτικό τρόπο το αντικείμενο της διδακτορικής διατριβής. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται μια επισκόπηση της βιβλιογραφίας και σχετικών ερευνητικών εργασιών που έχουν δημοσιευθεί. Μια αναλυτική περιγραφή της αρχιτεκτονικής και των διαφορετικών τμημάτων του συστήματος ακολουθεί στην ενότητα 3, ενώ στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η επέκταση αυτού μέσω της επισήμανσης βίντεο χρησιμοποιώντας δεδομένα από τα κοινωνικά δίκτυα. Το σύστημα στην πράξη αναλύεται στο κεφάλαιο 5 δίνοντας έμφαση στην εφαρμογή του στο Θόλος, ενώ στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζεται η εφαρμογή του σε άλλες πειραματικές διατάξεις. Στην Ενότητα 7 παρουσιάζεται ο αλγόριθμος εντοπισμού γεγονότων σε δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα καθώς και τα σχετικά πειράματα για την αξιολόγηση αυτού. Στο κεφάλαιο 8 παρουσιάζεται η μέθοδος ανάλυσης συναισθήματος που βασίζεται στους γράφους ν-γραμμμάτων ενώ στο κεφάλαιο 9 αναλύεται η αξιοποίηση των δυο παραπάνω αλγορίθμων στην πράξη. Στα κεφάλαια 10 έως 13 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα, οι δημοσιεύσεις στα πλαίσια της διατριβής, ο πίνακας συντομογραφιών και οι αναφορές αντίστοιχα.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

## 2 Σχετικές Εργασίες

### 2.1 Κοινωνικά δίκτυα και Εκπαίδευση

Η εμφάνιση του Web 2.0 και η διαδεδομένη χρήση των κοινωνικών δικτύων έχουν αλλάξει σημαντικά τη ζωή μας. Νέες δυνατότητες και ευκαιρίες έχουν δημιουργηθεί προκειμένου να προωθήσουμε την ανάπτυξη εκπαιδευτικών κοινοτήτων γνώσης, να διευκολύνουμε και να βελτιώσουμε την εκπαιδευτική διαδικασία. Σύμφωνα με μία έρευνα που διεξήχθη από την εθνική ένωση σχολικών συμβουλίων των Η.Π.Α (US National School Boards Association) [7] υποστηριζόμενη από τη Microsoft, τη News Corporation και την Verizon, 71 τοις εκατό των μαθητών δηλώνουν ότι χρησιμοποιούν τα κοινωνικά δίκτυα τουλάχιστον μια φορά τη βδομάδα και τόσο οι επικεφαλής των περιφερειών όσο και οι γονείς πιστεύουν ότι η κοινωνική δικτύωση μπορεί να παίζει ένα θετικό ρόλο στη ζωή των μαθητών και αναγνωρίζουν τις ευκαιρίες της χρήσης τους στην εκπαίδευση. Πάνω από το 70% των γονέων αναμένουν τα κοινωνικά δίκτυα να βελτιώσουν τις ικανότητες των παιδιών τους για ανάγνωση, γραφή, κοινωνικότητα καθώς και την ικανότητα τους να εκφράζονται πιο καθαρά.

Πολλές μελέτες έχουν προσπαθήσει να εφαρμόσουν τα κοινωνικά δίκτυα στην διδασκαλία και την μάθηση. Αναγνωρίζοντας τον πιθανό αντίκτυπο των κοινωνικών δικτύων (και πιο συγκεκριμένα των weblogs) στην έκφραση γνώσης και το διαμοιρασμό, οι Du και Wagner [8] προσπάθησαν εμπειρικά να εξετάσουν αν η συνεχής χρήση weblogs θα επηρέαζε τις επιδόσεις μάθησης των μαθητών και τα πιθανά της πλεονεκτήματα ως μέσο οικοδόμησης γνώσης και ένα μέσο κοινωνικής μάθησης στα πλαίσια της πανεπιστημιακής εκπαίδευσης.

Η ενσωμάτωση του Web 2.0 σε μια πλατφόρμα εξετάστηκε στην εργασία της Popescu [9], προσφέροντας παράλληλα λειτουργίες παρακολούθησης όσων μαθαίνουν, λειτουργίες οπτικοποίησης και υποστηρίζοντας τη βαθμολόγηση και την αξιολόγηση. Η πλατφόρμα απέσπασε θετικά σχόλια ανατροφοδότησης (feedback) έπειτα από τη

χρήση της σε ένα πανεπιστημιακό προπτυχιακό μάθημα. Άλλες πλατφόρμες επίσης αναπτύχθηκαν ενσωματώνοντας χαρακτηριστικά των κοινωνικών δικτύων [10] και υποστηρίζοντας τις μαθησιακές δραστηριότητες φοιτητών πανεπιστημίου ενώ διεξάγουν συνεργατικά έργα και εργασίες [11]. Η χρήση κοινωνικών δικτύων συμπληρωματικά κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος προκειμένου να παραδώσει εκπαιδευτικό περιεχόμενο σε κινητές συσκευές ανέδειξε τις προοπτικές τους να βελτιώσουν τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές μεθόδους [12].

Η χρήση του Facebook σε ένα πρόγραμμα καθοδήγησης (mentoring) σε επιστημονικά μαθήματα σε σχολεία έχει επηρεάσει θετικά τις σχέσεις μεταξύ μεντόρων και μαθητών και οι μαθητές διαπίστωσαν ότι έμαθαν περισσότερα χρησιμοποιώντας κοινωνικά δίκτυα [13]. Παρόλα αυτά, πολλοί περιορισμοί επηρέασαν αυτήν την έρευνα όπως ο σχεδιασμός των σελίδων του Facebook, η αναγκαιότητα των συμμετεχόντων να γίνουν φίλοι προκειμένου να ενημερώνονται πιο εύκολα για τις δημοσιεύσεις στη σελίδα, κατευθύνοντας τη μελλοντική έρευνα στην εξερεύνηση ενός περισσότερο εύχρηστου σχεδιασμού. Στο σύστημα που παρουσιάζουμε στις επόμενες ενότητες πολλά μέρη δημιουργήθηκαν, βασισμένα στο API που δημιουργήθηκε ειδικά για να υποστηρίξει όλες τις αλληλεπιδράσεις με πολλαπλά κοινωνικά δίκτυα πετυχαίνοντας διαφάνεια ως προς τα κοινωνικά δίκτυα και διευκολύνοντας τις αλληλεπιδράσεις με τους συμμετέχοντες.

Ένα εκπαιδευτικό εργαλείο, που χρησιμοποιεί ένα κανάλι στο YouTube για μετάδοση βίντεο που έχουν καταγραφεί, παρουσιάζεται στο [14] για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα της έλλειψης χώρου, χρόνου και αδειών για εκπαιδευτικές εκδρομές φοιτητών/μαθητών σε βιομηχανικούς χώρους, προτείνοντας επιπλέον μελέτη στις δυνατότητες των κοινωνικών δικτύων για εκπαιδευτικές εφαρμογές διαμοιρασμού βίντεο.

Έρευνες έχουν προσπαθήσει να γεφυρώσουν το χάσμα ανάμεσα στο κοινό και σε ειδικούς, αξιοποιώντας τη δημοτικότητα των κοινωνικών δικτύων. Χρησιμοποιήθηκαν

ως ένα ανεπίσημο μαθησιακό περιβάλλον όπου οι μαθητές μπορούσαν να συναντηθούν με προσκεκλημένους ειδικούς [15], ενώ στην εργασία [16] ειδικοί προσπάθησαν να προωθήσουν την επιστημονική μάθηση των πολιτών χρησιμοποιώντας μια σελίδα του Facebook για την προβολή περιεχομένου και την κοινωνική αλληλεπίδραση. Όμοια, το παρουσιαζόμενο σύστημα μας επιτρέπει σε απομακρυσμένους ειδικούς να αλληλοεπιδράσουν με το κοινό με ειδικά σχεδιασμένες εφαρμογές, πέρα απ' το να χρησιμοποιούν απλά μια σελίδα ή μια ομάδα στα κοινωνικά δίκτυα, και να παραβρεθούν ψηφιακά σε μια εκδήλωση και να βοηθήσουν στην παρουσίαση σε πραγματικό χρόνο.

Ένα πρωτότυπο ενός συστήματος αναπτύχθηκε προσπαθώντας να διευκολύνει την διάδραση των επισκεπτών τόσο κατά τη διάρκεια της επίσκεψης σ' ένα μουσείο όσο και μετά από αυτήν [17]. Για αυτόν τον σκοπό αξιοποιεί το γεγονός ότι οι επισκέπτες τείνουν να επισκεφτούν το μουσείο σε μικρές ομάδες. Μουσεία και πολιτιστικά κέντρα έχουν υιοθετήσει πολυμέσα και κινητές εφαρμογές για να αυξήσουν την συμμετοχή των χρηστών [18], ενώ η εξέταση της χρήσης των κοινωνικών δικτύων σε συνεργατικά πολιτιστικά έργα [19] με έμφαση σε ομάδες φοιτητών κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα κοινωνικά δίκτυα αποτελούν μια ικανοποιητική πλατφόρμα για εκπαιδευτικούς σκοπούς και μπορεί να βελτιωθεί ενσωματώνοντας άλλα Web 2.0 χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με την θεωρία των McMillan και Chavis [20] η αίσθηση της κοινότητας αποτελείται από τέσσερα στοιχεία: ιδιότητα μέλους (αίσθηση του «δεσμού» (belonging)), επιρροή, εκπλήρωση αναγκών και κοινή συναισθηματική σύνδεση. Μέσω του προτεινόμενου συστήματος, οι σπουδαστές μπορούν να είναι μέρος μίας εκπαιδευτικής κοινότητας μαθητών, δασκάλων και απομακρυσμένων ειδικών, που δημιουργήθηκε κατά την εκπαιδευτική επίσκεψη αλλά παρέμεινε ενεργή μετά το τέλος της. Το αίσθημα ότι ανήκεις σε αυτήν την κοινότητα θα ενθαρρύνει τη συμμετοχή τους, οδηγώντας σε ενεργούς φοιτητές και ενίσχυση της μαθησιακής διαδικασίας.

Σε αυτήν την κατεύθυνση, εισάγεται ένα χαμηλού κόστους κατανεμημένο σύστημα που συνδυάζει διαφορετικές τεχνολογίες και ιδέες, όπως παραγωγή και διανομή πολυμεσικού περιεχομένου υψηλής ποιότητας, αλληλεπίδραση στα κοινωνικά δίκτυα και μεθοδολογίες για επίβλεψη και ανάλυση της δραστηριότητας στα κοινωνικά δίκτυα για τη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας μέσω της παρουσίασης εκπαιδευτικών ταινιών σε παραδοσιακά πολιτιστικά κέντρα και μουσεία. Το παρουσιαζόμενο σύστημα φέρνει κοντά τους μαθητές που βλέπουν μια εκπαιδευτική ταινία με ένα πάνελ ειδικών που μπορεί να είναι γεωγραφικά απομακρυσμένοι και επιτρέπει στους μαθητές να αλληλοεπιδρούν τόσο μεταξύ τους όσο και με το πάνελ των απομακρυσμένων ειδικών. Παρουσιάζεται μια εκτεταμένη εκδοχή του συστήματος με σημαντικές βελτιώσεις στην εξαγωγή συμπερασμάτων από ανταλλασσόμενα δεδομένα και τη χρήση τους για τη συνεχή επισήμανση της παρουσιαζόμενης εκπαιδευτικής ταινίας σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας ανθρωποκεντρική σημασιολογική εξαγωγή βασισμένη σε MPEG-7. Συνεπώς, το περιεχόμενο της παρουσιαζόμενης ταινίας μπορεί να αναθεωρηθεί εύκολα από πολλαπλούς ειδικούς που μπορεί να είναι γεωγραφικά απομακρυσμένοι και να έπειτα να βελτιωθεί σύμφωνα με την ληφθείσα ανατροφοδότηση. Το σύστημα έχει επίσης βελτιωθεί με μια καινοτόμο εφαρμογή που βασίζεται σε Beacons για τον εντοπισμό της τοποθεσίας των μαθητών σε μια έκθεση σε ένα μουσείο ή εκπαιδευτικό χώρο και να βελτιώσει την εμπειρία τους διευκολύνοντας άμεση πρόσβαση σε επιπρόσθετο πολυμεσικό περιεχόμενο διαθέσιμο στα κοινωνικά δίκτυα και υποστηρίζοντας αλληλεπίδραση με απομακρυσμένους ειδικούς για ανταλλαγή ερωτήσεων και απαντήσεων. Το προτεινόμενο σύστημα έχει επιτυχώς χρησιμοποιηθεί στο πολιτιστικό κέντρο του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού (Foundation of the Hellenic World FHW) λαμβάνοντας πολύ θετική αξιολόγηση από όλους τους συμμετέχοντες [21].



## 2.2 Εντοπισμός Γεγονότων σε Δεδομένα από Κοινωνικά Δίκτυα

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει ένα μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον σε τεχνικές για εντοπισμό γεγονότων σε δεδομένα που έχουν ανακτηθεί από κοινωνικά δίκτυα, εστιάζοντας περισσότερο στην πλατφόρμα του Twitter. Ένα γεγονός μπορεί να οριστεί ως μια αυθαίρετη κατηγοριοποίηση της περιοχής του χώρου και χρόνου και μπορεί να περιέχει παράγοντες που συμμετέχουν ενεργά, προϊόντα (products) και μια τοποθεσία στον χώρο/χρόνο [22]. Σε μια έρευνα που διεξήχθη από τους Atefeh et al. [23] κατηγοριοποίησαν τις μεθόδους σε τρεις βασικές κατηγορίες με βάση: i) το είδος του γεγονότος που εντοπίζεται, διαχωρίζοντας το γεγονός σε συγκεκριμένα και μη (specified και μη), ii) την εργασία ανίχνευσης δηλαδή εντοπισμός νέου γεγονότος και αναδρομικός εντοπισμός γεγονότων, iii) τη μέθοδο εντοπισμού γεγονότος δηλαδή εποπτευόμενη, μη εποπτευόμενη ή υβριδική προσέγγιση. Μια ακόμα προσέγγιση κατηγοριοποίησης των διαφορετικών μεθόδων ανίχνευσης παρουσιάζεται στην έρευνα [24] που εστιάζει στα κοινά χαρακτηριστικά που μοιράζονται οι μέθοδοι όπως χρήση πιθανοτικών μοντέλων, αναγνώριση ιδιοτήτων με ενδιαφέρον στις λέξεις κλειδιά/όρους ενός tweet και χρήση αυξανόμενου αριθμού ομάδων.

Ένα γραφικό μοντέλο για εξαγωγή εγγραφών από ροές κοινωνικών δικτύων αναπτύχθηκε από τους Benson et al. [25] χρησιμοποιώντας έναν δυαδικό ταξινομητή που βασίζεται σε MIRA για να προβλέψει εάν ένα μήνυμα αφορά ένα γεγονός. Αυτή η μέθοδος παράγει ως έξοδο ένα σύνολο από εγγραφές, οι τιμές των οποίων συνάδουν με κατηγορίες μηνυμάτων. Κατά την διάρκεια της αξιολόγησης, χρησιμοποίησαν έναν καθορισμένο αριθμό εγγραφών (γεγονότων) βάσει των δεδομένων εκπαίδευσης. Στην εργασία των Doulamis et al. [26] προκειμένου να αντιμετωπίσουν την δυναμική φύση των μηνυμάτων από το Twitter, κατασκεύασαν fuzzy σήματα χρόνου, μοντελοποιώντας την εργασία ομαδοποίησης ως ένα πρόβλημα διαχωρισμό γράφου σε πολλαπλές κατηγορίες (multi-assignment graph partitioning problem). Στην μέθοδο τους αξιοποίησαν ομοιότητες ομοιότητα ενός ζεύγους, την μετρική ομοιότητας

Riemannian μεταξύ υπογραφών λέξεων στοχεύοντας σε ασαφείς (fuzzy) χρονικές σειρές και εστιάζοντας περισσότερο σε μη δομημένα σύνολα δεδομένων.

Οι Petrovic et al. [27] αντιμετώπισαν το πρόβλημα του εντοπισμού νέων γεγονότων από μια ροή δημοσιεύσεων στο Twitter, χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο που βασίζεται στο locality-sensitive hashing (LSH) [28], διενεργώντας εκτιμήσεις που απαιτούν σταθερό χρόνο και μνήμη για τον εντοπισμό του πλησιέστερου εγγράφου. Με αυτόν τον τρόπο το υπολογιστικό κόστος δεν αυξήθηκε καθώς ο αριθμός των ομάδων (clusters) αυξάνεται. Αναγνώρισαν ότι ο υψηλός βαθμός ποικιλίας λεξιλογίου στα έγγραφα καθιστά πολύ δύσκολο τον εντοπισμό ιστοριών/δημοσιεύσεων που μιλούν για το ίδιο γεγονός, χρησιμοποιώντας διαφορετικές λέξεις και προσπάθησαν να αντιμετωπίσουν αυτή τη δυσκολία συνδυάζοντας παραφράσεις (paraphrases) με locality-sensitive hashing. Ενώ η απόδοση του εντοπισμού γεγονότων βελτιώθηκε, το κέρδος είναι αρκετά μικρότερο, όταν αυτή η τεχνική εφαρμόζεται σε ροή ειδήσεων λόγω της αναντιστοιχίας λεξιλογίου μεταξύ των βάσεων γνώσης και των κοινωνικών δικτύων. Σε αυτήν την κατεύθυνση, ο Moral et al. [29] χρησιμοποίησαν ενσωματώσεις λέξεων (word embeddings), προσπαθώντας να βελτιώσουν την αναπαράσταση των δημοσιεύσεων στα κοινωνικά δίκτυα για να βελτιώσουν την επίδοση του εντοπισμού γεγονότων που βασίζεται στο locality-sensitive hashing. Πιο συγκεκριμένα αξιοποίησαν το μοντέλο Word2Vec [30] και επέκτειναν τις δημοσιεύσεις (tweets) με σχετικές σημασιολογικά παραφράσεις που εντοπίστηκαν μέσω αυτόματα προσδιορισμένων ενσωματώσεων λέξεων.

Ο αλγόριθμος distance-dependent Chinese Restaurant Process (ddCRP) παρουσιάστηκε στην εργασία [31] ως μια ευέλικτη κατηγορία κατανομών πάνω σε τμήματα (partitions) για ομαδοποίηση δεδομένων. Βασίζεται σε μια μέθοδο ομαδοποίησης Bayesian για μη ανταλλάξιμη (non-exchangeable) ακολουθία παρατηρήσεων, όταν ο αριθμός των ομάδων δεν είναι γνωστός. Ο αλγόριθμος ddCRP ομαδοποιεί δεδομένα με ένα συγκεκριμένο τρόπο: Κάθε σημείο δεδομένων είναι πιο

πιθανό να ομαδοποιηθεί με άλλα δεδομένα που είναι κοντά του κατά μια έννοια. Επόμενες εργασίες επέκτειναν το αρχικό μοντέλο ddCRP για χρήση σε διαφορετικές εφαρμογές. Η ομάδα των Gosh et al. [32] εξέτασαν την χρήση του σε μια χωρική (spatial) εφαρμογή με στόχο την τμηματοποίηση εικόνας, ενώ ο Socher et al. [33] συνδύασαν ddCRP με φασματική μείωση διαστάσεων (spectral dimensionality reduction). Αυτές οι προσεγγίσεις παρ' όλα αυτά υπολογίζουν τις αποστάσεις ανάμεσα σε δεδομένα βάσει μόνο των αρχικών δεδομένων. Επιπλέον, αυτές οι προσεγγίσεις δεν είναι ευθέως εφαρμόσιμες όταν επιπλέον πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό ομοιότητας [34].

Μια μέθοδος Chinese Restaurant Process που βασίζεται στην ομοιότητα προτάθηκε από τους Paraoikonomou et al. [35], για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα του εντοπισμού γεγονότων από δεδομένα κοινωνικών δικτύων και αξιολόγησαν την μέθοδο τους χρησιμοποιώντας το SED MediaEval σύνολο δεδομένων, το οποίο επίσης αξιοποιήθηκε στα πλαίσια της διατριβής αυτής και παρουσιάζεται λεπτομερώς στην ενότητα 7.2. Όταν ο αριθμός των γεγονότων στο σύνολο δοκιμής/αξιολόγησης δεν είναι γνωστός εκ των προτέρων, αυτός ο non-parametric αλγόριθμος, δηλαδή η διαδικασία ομαδοποίησης Dirichlet (Dirichlet Process clustering), επιτρέπει την δημιουργία ομάδων δυναμικά ανάλογα με τα δεδομένα. Μια παραλλαγή του ddCRP προτάθηκε από τους Li et al. [36], αξιοποιώντας παράπλευρη πληροφορία (side information) σε ένα Bayesian nonparametric μοντέλο για ομαδοποίηση δεδομένων. Αξιολόγησαν την μέθοδο τους χρησιμοποιώντας τις μετρικές Normalized Mutual Information (NMI) και F1-Measure, εκμεταλλευόμενοι την ισχυρή συσχέτιση της παράπλευρης πληροφορίας (όπως αναφορές, συγγραφείς, λέξεις κλειδιά για ένα σύνολο δεδομένων κειμένων) με τα κύρια χαρακτηριστικά των δεδομένων. Μια πρόταση για δημιουργία αντικειμένων μέσω δειγματοληψίας από ddCRP για τμηματοποίηση εικόνων παρουσιάστηκε στο [37].

Μια αξιοσημείωτη ερευνητική προσπάθεια τα τελευταία χρόνια έχει εστιάσει στην αξιοποίηση των δεδομένων από κοινωνικά δίκτυα για να ενισχυθούν οι ενέργειες της διαχείρισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Ο Sakaki et al. [38] εξέτασαν την φύση του Twitter που λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο, θεωρώντας κάθε χρήστη του Twitter ως αισθητήρα και προσπάθησαν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα του εντοπισμού γεγονότων βασιζόμενοι σε παρατηρήσεις αισθητήρων και Bayesian στατιστική. Εστίασαν σε γεγονότα μεγάλης κλίμακας με ιδιαίτερη έμφαση στην καθημερινή ζωή πολλών ανθρώπων, έχοντας χωρική και χρονική έκταση όπως για παράδειγμα σεισμοί, τυφώνες, κυκλοφοριακές συμφορήσεις, καταιγίδες και δυνατή βροχή. Πρότειναν ένα πιθανοτικό χωρικό-χρονικό μοντέλο, ορίζοντας έναν ταξινομητή από tweets βάσει χαρακτηριστικών όπως λέξεις κλειδιά, αριθμό λέξεων, περιεχόμενο και ανέπτυξαν ένα σύστημα που αναφέρει σεισμούς προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στην Ιαπωνία [39]. Οι συγγραφείς στην εργασία [40] επίσης παρουσίασαν ένα σύστημα για εντοπισμό σεισμών βασιζόμενοι στο Twitter Search API. Παρ' όλα, το σύστημα μπορούσε να εντοπίσει μόνο 48 σεισμούς που συζητήθηκαν διεθνώς εκ των 5,175 που αναφέρθηκαν εκείνο το διάστημα από την USCS (United States Geological Survey). Οι Anvenuti et al. [41] περιέγραψαν ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την ανίχνευση και την αξιολόγηση ζημιών από σεισμούς, βασιζόμενο σε δεδομένα από το Twitter. Χρησιμοποίησαν τεχνικές εξόρυξης δεδομένων (data mining), μεθόδους επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing) και έναν αλγόριθμο εντοπισμού γεγονότων (burst) προκειμένου να ανιχνεύσουμε σεισμική δραστηριότητα, μεταδίδοντας ειδοποιήσεις με e-mails και δημοσιεύοντας σε έναν συγκεκριμένο λογαριασμό του Twitter έπειτα από τον εντοπισμό. Επιπλέον έρευνα διεξήχθη για διαχείριση κινδύνου, αξιοποιώντας μοτίβα επικοινωνίας, τη διάδοση πληροφορίας και μετρικές ανάλυσης κοινωνικών δικτύων (Social Network Analytics). Παράλληλα, η δραστηριότητα στα κοινωνικά δίκτυα κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης φωτιάς στην νότια Γαλλία τον Ιούλιο του 2009 εξετάστηκε στο [24].

### 2.3 Τεχνικές Επεξεργασίας Φυσικής Γλώσσας

Υπάρχει μια εκτεταμένη προηγούμενη έρευνα που έχει δείξει ότι η μετρική ομοιότητας που ονομάζεται (cosine similarity) ανάμεσα σε word embeddings συνδέεται με σημασιολογική συνάφεια ανάμεσα στις σχετικές λέξεις [30]. Οι Moran et al. [29] βελτίωσαν την αποτελεσματικότητα του Locality Sensitive Hashing αλγορίθμου για τον Εντοπισμό Πρώτης Ιστορίας (First Story Detection) επεκτείνοντας τα tweets με σημασιολογικά σχετικές παραφράσεις που έχουν εντοπιστεί μέσω word embeddings (word2vec). Στην ενότητα 7, όπου παρουσιάζεται ο αλγόριθμος εντοπισμού γεγονότων, μια από τις προσεγγίσεις που ακολουθήσαμε ήταν να επεκτείνουμε τα tweets ή αλλιώς πελάτες στον Bayesian non-parametric (BNP) αλγόριθμο μας με σημασιολογικά σχετικές παραφράσεις.

Το word2vec εργαλείο παίρνει ένα σύνολο κειμένων ως είσοδο και παράγει ένα νευρωνικό δίκτυο δύο επιπέδων που εκπαιδεύονται για να αναδομήσουν το γλωσσικό περιεχόμενο των λέξεων. Η έξοδος περιλαμβάνει τα διανύσματα λέξεων, τυπικά αρκετών εκατοντάδων διαστάσεων και για κάθε μοναδική λέξη, υπολογίζεται ένα διάνυσμα σε αυτόν τον χώρο. Αρχικά κατασκευάζει ένα λεξιλόγιο από το σύνολο κειμένων εκπαίδευσης και μετά μαθαίνει την αναπαράσταση λέξεων με διανύσματα.

Η υλοποίηση μας για τον αλγόριθμο εντοπισμού γεγονότων, όπως θα παρουσιαστεί αναλυτικά και στην ενότητα 7, καθώς και η εκπαίδευση των Word2vec embeddings βασίστηκε στο [42] και την βιβλιοθήκη για Python [43], που συμπεριλαμβάνει skip-gram και CBOW μοντέλα και χρησιμοποιεί είτε ιεραρχική softmax είτε αρνητική δειγματοληψία. Χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο διανυσμάτων 300 διαστάσεων, που εκπαιδεύτηκε σε περίπου 100 δισεκατομμύρια λέξεις ως μέρος του Google News συνόλου δεδομένων. Οι φράσεις συγκεντρώθηκαν χρησιμοποιώντας με προσέγγιση που εστιάζει στα δεδομένα (data-driven approach) [44].

Μια επέκταση του word2vec έχει προταθεί, επιτρέποντας την δημιουργία embeddings από ολόκληρες φράσεις ή έγγραφα [45] και ονομάζεται doc2vec. Στην εργασία μας, εστιάζουμε περισσότερο στην ποικιλομορφία μεμονωμένων λέξεων και την χρήση διαφορετικών αλλά συνώνυμων λέξεων σε δημοσιεύσεις που θα πρέπει να αναθέτονται στο ίδιο τραπέζι με τον αλγόριθμο ομαδοποίησης μας.

## 2.4 Ανάλυση Συναισθήματος σε Δεδομένα από Κοινωνικά Δίκτυα

Πολλές εργασίες έχουν εξετάσει τρόπους αξιοποίησης του συναισθήματος σε δεδομένα προκειμένου να προβλέψουν την δημοτικότητα συγκεκριμένων πολιτικών ή πολιτικών κομμάτων. Τυπικά στηρίζονται σε λεξικά που συνδέουν φορτισμένες λέξεις με συγκεκριμένα συναισθήματα και εκτελούν ανίχνευση γνώμης απλά μετρώντας την συχνότητα τους [46]. Οι O'Connor et al. [47] εξέτασαν την σύνδεση ανάμεσα σε τηλεφωνικές δημοσκοπήσεις και το συνολικό συναίσθημα από το Twitter σχετικά με δύο διαφορετικά topics: καταναλωτική εμπιστοσύνη και πολιτικές γνώμες κατά τις προεδρικές εκλογές του 2008 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Εξήγαγαν την πολικότητα συγκεκριμένων tweets αξιοποιώντας το λεξικό της OpinionFinder [48] και έδειξαν ότι το τελικό, μέσο συναισθηματικό σκορ ανά ημέρα έδινε μια κοντινή εκτίμηση για την εξέλιξη των αποτελεσμάτων των δημόσιων δημοσκοπήσεων.

Μια άλλη ερευνητική κατεύθυνση εστιάζει σε τεχνικές επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης που καθορίζουν το συναίσθημα ενός κειμένου χωρίς να απαιτούν λεξικό. Ο Naives Bayes ταξινομητής εξετάστηκε επίσης από τους Go et al. [49] σε σύγκριση με την μέγιστη εντροπία και τα Support Vector Machines (SVM). Προκειμένου να αντιπαραστήσουν τα Tweets, οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν το μοντέλο διανυσμάτων όρων μαζί με ένα σύνολο αλγορίθμων επιλογής χαρακτηριστικών.

Πιο κοντά στην προσέγγιση μας είναι η εργασία των Pak et al. [50], όπου οι συγγραφείς χρησιμοποιούν το μοντέλο διανύσματος όρων μαζί με την επισύναψη όρων που

αποτελούν μέρη του λόγου (Part-of-Speech tagging). Αντιμετωπίζουν το γενικό πρόβλημα ταξινόμησης σε δύο φάσεις: στην πρώτη φάση γίνεται διαχωρισμός ανάμεσα σε υποκειμενικά και αντικειμενικά tweets, ενώ η δεύτερη διαχωρίζει τα θετικά από τα αρνητικά tweets. Εφάρμοσαν την μέθοδο τους στον SVM, τον CRF και τους αλγόριθμους Naive Bayes κατηγοριοποίησης, με τον τελευταίο να πετυχαίνει την υψηλότερη επίδοση. Οι Davidov et al. [51] επίσης χρησιμοποίησαν μοτίβα που αποτελούνται από συχνές λέξεις και ν-γράμματα στην προσέγγιση τους για ανάλυση συναισθήματος. Εκτός των τυπικών κλάσεων πολικότητας, θεώρησαν ένα σύνολο από κατηγορίες πολικότητας που βασίζονται στα hashtags. Ως αλγόριθμος κατηγοριοποίησης χρησιμοποίησαν μια μέθοδο που βασίζεται στη k-Nearest Neighbours.

Η υλοποίηση της υπηρεσίας ανάλυσης συναισθήματος βασίζεται στην μέθοδο αναπαράστασης κειμένου με χρήση γράφων ν-γραμμάτων [52], [53], [54], [55], [56], [57], [58], [59], [60] και παρουσιάζεται αναλυτικά στην ενότητα 8.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή



### 3 Αρχιτεκτονική Συστήματος

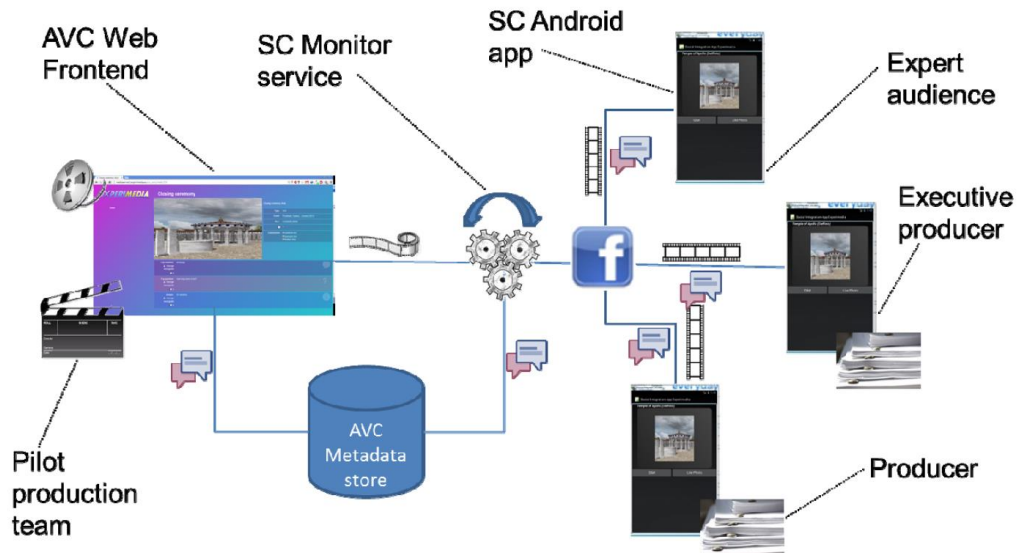
Με στόχο την καλύτερη παρουσίαση του συστήματος επιλέχθηκε η ανάλυση της εφαρμογής του σε δυο περιπτώσεις: i) στην περίπτωση του πιλότου μιας ταινίας, όπου η ομάδα παραγωγής του πιλότου επιθυμεί να λάβει πληροφόρηση (ανατροφοδότηση) από ένα επιλεγμένο κοινό που αποτελείται από άτομα που θα συμμετάσχουν αργότερα στην παραγωγή της τηλεοπτικής σειράς (π.χ. ομάδα του σκηνοθέτη, παραγωγών κτλ.) και είδαν την ταινία σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία όπως για παράδειγμα ένα θέατρο. ii) στην περίπτωση της εφαρμογής του στο Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού.

Το παρακάτω σχήμα (Εικόνα 1) αποτελεί μια επισκόπηση του συστήματος αυτού όπου στο κομμάτι του κοινωνικού περιεχομένου έχουμε δυο κυρίως τμήματα:

- Διαχειριστής κοινωνικού περιεχομένου, μια υπηρεσία υπεύθυνη για το ανέβασμα φωτογραφιών στα κοινωνικά δίκτυα και την παρακολούθηση της σχετικής διαδικασίας
- Κινητή εφαρμογή Android για το κοινωνικό περιεχόμενο, μια εφαρμογή Android που χρησιμοποιείται από το κοινό για την διευκόλυνση της μετάδοσης των σχολίων, των ερωτήσεων, των εκδηλώσεων αρέσκειας και δυσαρέσκειας τους στην ομάδα παραγωγής του πιλότου μέσω των κοινωνικών δικτύων της προτίμησής τους

Σχετικά με το οπτικοακουστικό περιεχόμενο, αναπτύχθηκε ο Διαχειριστής Οπτικοακουστικού Περιεχομένου (Audio/Visual Content Component – AVCC) που παρέχει υπηρεσίες βίντεο κατά παραγγελία (VoD). Αυτές οι υπηρεσίες μπορούν να προσπελαθούν μέσω της διεπιφάνειας χρήση (web based front end) που χρησιμοποιείται από την ομάδα παραγωγής πιλότου για να αλληλοεπιδρούν με ολόκληρο το σύστημα π.χ. να κατηγοριοποιούν και να ανεβάζουν τα κομμάτια του βίντεο και αργότερα να βλέπουν την ανατροφοδότηση που έρχεται από το κοινό των ειδικών σε πραγματικό χρόνο. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος όλα τα συγκεντρωμένα δεδομένα επισύναψης αποθηκεύονται ως μεταδεδομένα του βίντεο

[61], [62]. Η λειτουργικότητα κάθε τμήματος του συστήματος αναλύεται λεπτομερώς στις ενότητες που ακολουθούν.



Εικόνα 1. Επισκόπηση του συστήματος για το σενάριο της ταινίας πιλότου

### 3.1 Υπηρεσίες Οπτικοακουστικού Υλικού

Το υπομήμα οπτικοακουστικού περιεχομένου (Audio Visual Content Component) έχει ως κύριο στόχο να παρέχει υψηλής ποιότητας υποστήριξη σε κάθε τμήμα της πειραματικής εφαρμογής, που απαιτεί διαχείριση πολυμεσικού περιεχομένου. Προκειμένου να πετύχει αυτόν τον στόχο, το AVCC αποτελείται από πολλά μέρη, που εργάζονται με συνεργατικό τρόπο για να παρέχουν ένα σύνολο υπηρεσιών. Αυτές οι υπηρεσίες περιλαμβάνουν την απόκτηση περιεχομένου από έναν παραγωγό μέσω, προσαρμογή και διανομή του περιεχομένου σε διαφορετικές πλατφόρμες, ζωντανή επεξεργασία και υλοποίηση (realisation) κτλ. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του AVCC, είναι η ικανότητα του για συγχρονισμό δεδομένων και μετα-δεδομένων πριν την διανομή, που έχει δυνατότητες επεκτασιμότητας, καθώς επιτρέπεται η σύνδεση με τα δίκτυα διανομής περιεχομένου (content delivery networks - CDNs).

Επιπρόσθετα, το AVCC καταγράφει αρκετές μετρικές ποιότητας (quality of service - QoS) από τις διεπιφάνειες των ειδικών (experts' interfaces) και τον server μετάδοσης (streaming server).

Αυτές οι μετρικές ποιότητας που σχετίζονται με το πολυμεσικό περιεχόμενο περιλαμβάνουν:

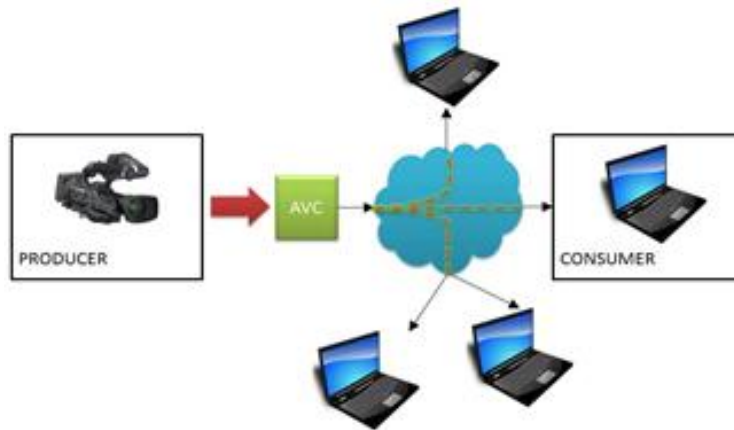
- Πλαίσια ανά δευτερόλεπτο (frames per second -fps)
- Ανάλυση βίντεο
- Ρυθμός εισόδου/εξόδου δεδομένων ανά ροή (I/O Bytes Rate per Stream.)

Το υποτμήμα οπτικοακουστικού περιεχομένου αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- **Διαχειριστής Εισόδου (Input Manager):** Αυτό το τμήμα διαχειρίζεται την υποδοχή όλου του ζωντανού περιεχομένου συμπεριλαμβανομένου ήχου, βίντεο και μετα-δεδομένων από την διαχείριση απόκτησης μεταδεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Αυτό το τμήμα μπορεί να λάβει ως είσοδο ήχο και βίντεο από πολλαπλές πηγές και σε πολλαπλές μορφές και παρέχει ως έξοδο μια ροή.
- **Διαχειριστής Προσαρμογής Συσκευών (Device Adaptation Manager):** Προσαρμόζει το πολυμεσικό περιεχόμενο σε διαφορετικές πλατφόρμες χωρίς να αλλάζει την κωδικοποίηση του ήχου ή του βίντεο. Το περιεχόμενο τμηματοποιείται και ενθυλακώνεται (encapsulates) για διαφορετικές συσκευές και πλατφόρμες.
- **Διαχειριστής πολλαπλών ποιότητων (Multiquality manager):** Ο κύριος στόχος αυτού του τμήματος είναι να εκτελεί κωδικοποίηση σε διάφορες μορφές (transcoding) προκειμένου να παρέχει υποστήριξη πολλαπλής ποιότητας, παρέχοντας την ίδια ροή αλλά σε διαφορετικούς ρυθμούς bits (bitrates) αλλά στοιχίζοντας τις ομάδες φωτογραφιών (groups of pictures - GoPs) με τέτοιο τρόπο ώστε το τμήμα αναπαραγωγής είναι ικανό συνεχώς να

προσαρμόζεται στις ικανότητες του δικτύου. Εκτός αυτού, συντονίζει την δημιουργία περιεχομένου σε πολλαπλές ποιότητες.

- **Διανομή Μέσων (Media Distribution):** Αυτό το τμήμα είναι υπεύθυνο για την διανομή του περιεχομένου, το οποίο περιλαμβάνει την τελική συσκευασία του περιεχομένου και πρωτόκολλα μετάδοσης. Παράγει επίσης όλες τις εξόδους μέσων της κύριας διανομής.
- **Διαχειριστής Μετατόπισης Χρόνου (Timeshift Manager):** Καταγράφει συνεχώς ζωντανές ροές για άμεση αναπαραγωγή. Επιτρέπει στον χρήστη να έχει DVR εμπειρίες όπως στροφή προς τα πίσω, στροφή προς τα μπροστά. Το περιεχόμενο λαμβάνεται από τον Διαχειριστή Προσαρμογής Συσκευών και στέλνει ροή προς την βάση οπτικοακουστικού υλικού (AV repository) και το υπομήμημα διανομής μέσων
- **Διαχειριστής Βίντεο κατά Παραγγελία (VoD Manager):** Αυτό το υπομήμημα παρέχει βίντεο ήδη εγγεγραμμένο και ροές ήχου στον Διαχειριστή Εισόδου από ένα απλό σύνολο αρχείων εισόδου. Μπορεί επίσης να καταγράψει μια ζωντανή ροή σε ένα αρχείο διαθέσιμο για αναπαραγωγή αργότερα κατά παραγγελία, επιτρέποντας την εγγραφή της ροής σε ένα μόνο αρχείο, τμηματοποίηση του σε πολλά αρχεία για αναπαραγωγή κατά κεφάλαια, ή εκκίνηση και παύση εγγραφής σε προκαθορισμένα σημεία για μερική αρχειοθέτηση. Το περιεχόμενο αποθηκεύεται σε MP4 container συμπεριλαμβάνοντας βίντεο, ήχο και μετα-δεδομένα.



Εικόνα 2. Σενάριο χρήσης του υποσυστήματος οπτικοακουστικού υλικού

### **Υπηρεσία Βίντεο κατά Παραγγελία Ingest (VoD Ingest)**

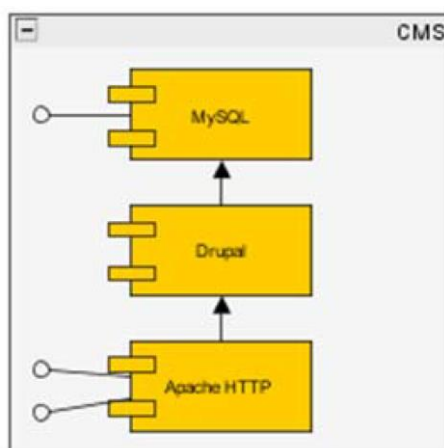
Η Υπηρεσία Βίντεο κατά Παραγγελία (VoD Ingest) είναι ένα τμήμα του AVC. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 4) η υπηρεσία VoD Ingest αποτελείται από μια πληθώρα υπηρεσιών, οι κύριες εξ αυτών είναι:

- Λήψη Περιεχομένου (Content Reception): Αυτό το τμήμα λαμβάνει το βίντεο μέσω πολλών POST αιτημάτων με πακέτα προκαθορισμένου μεγέθους.
- Εγγραφή Περιεχομένου (Content Registration): Αφού γίνει επεξεργασία του περιεχομένου, το συγκεκριμένο τμήμα του συστήματος το αναμεταδίδει μαζί με το URL του για να το ανακτήσει στο CMS.
- Προσαρμογή Περιεχομένου (Content Adaptation): Διευθύνει την διαδικασία της προσαρμογής του περιεχομένου στα προσδιορισμένα προφίλ όσον αφορά την κωδικοποίηση (encoding, containers). Συντονίζει τους μετασχηματισμούς που μεταβιβάζει στον Κωδικοποιητή πολλών Ποιοτήτων (Multiquality Encoder).
- Κωδικοποίηση πολλών Ποιοτήτων (Multiquality Encoding): Αυτό το τμήμα κωδικοποιεί τα αρχεία που έχουν ανέβει σε όλες τις ποιότητες που χρειάζεται προκειμένου να υποστηρίξει την αναπαραγωγή σε πολλές ποιότητες.
- Τμήμα Επίβλεψης (Monitoring): αυτό το τμήμα επιβλέπει τη διαδικασία για βίντεο κατά παραγγελία και συγκεκριμένα την ουρά περιεχομένου και το αναφέρει στο κύριο τμήμα επίβλεψης του εξυπηρετητή.

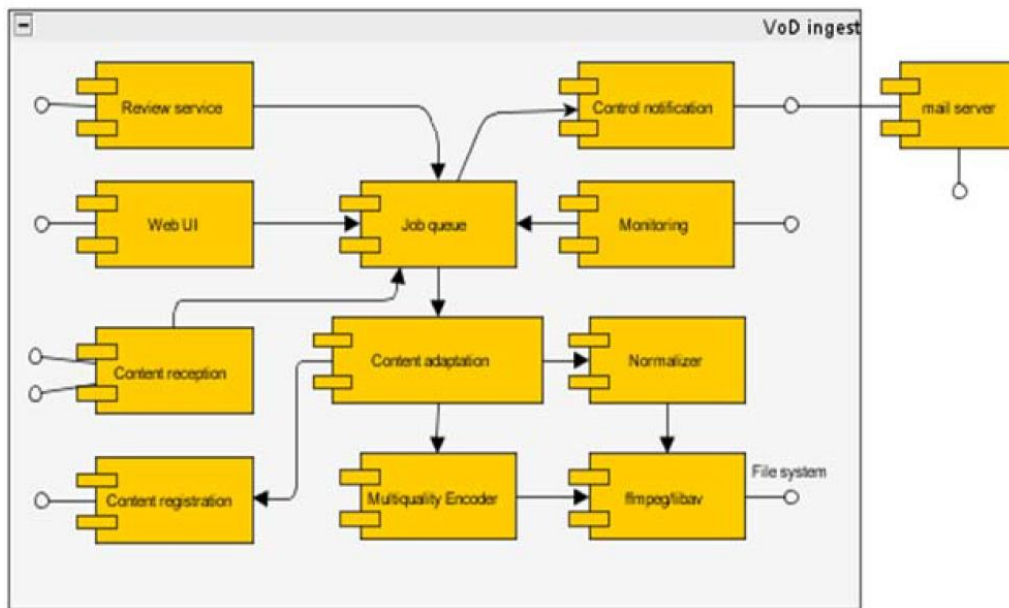
Η υπηρεσία εξυπηρετητή βίντεο διαθέτει μια REST διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών. Αυτή η διεπαφή επιτρέπει στο εμπρόσθιο τμήμα της υπηρεσίας (front end) να στείλει μια φόρμα HTML. Αυτή η φόρμα περιλαμβάνει τα βίντεο που έχουν ανέβει και τα μεταδεδομένα που έχουν εισαχθεί από αυτήν.

Έχουν αναπτυχθεί επίσης μηχανισμοί ασφαλείας όπως φιλτράρισμα με βάση ένα χαρακτηριστικό που παράγεται από το εμπρόσθιο τμήμα (front end) και φιλτράρισμα με βάση την διεύθυνση IP, που είχε καταγραφεί προηγουμένως από την εφαρμογή και αντιστοιχεί στην IP διεύθυνση που προηγουμένως κατεγράφη στην εφαρμογή και αντιστοιχεί στην διεύθυνση IP που φιλοξενεί το εμπρόσθιο τμήμα (front-end). Αν η εφαρμογή έχει επιτρέψει τη χρήση ενός αντικειμένου (token), πρέπει αυτό να σταλεί πριν τη φόρμα και να συμπεριληφθεί στην φόρμα HTML που στέλνεται από το εμπρόσθιο τμήμα (front end). Μετά την επεξεργασία της φόρμας προκαλείται μια ανακατεύθυνση σε μια ενημερωτική σελίδα στο εμπρόσθιο τμήμα.

Επιπρόσθετα, το Σύστημα Διαχείρισης Περιεχομένου (Content Management System - CMS) παρέχει εύκολη πρόσβαση στον AVC. Στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 3) απεικονίζεται η UML αναπαράσταση του συστήματος αυτού. Βασίζεται σε λογισμικό Drupal [63], μια δημοφιλή πλατφόρμα ανοικτού κώδικα για διαχείριση περιεχομένου, η οποία παρέχει μια πληθώρα χαρακτηριστικών και υπηρεσιών, όπως διαχείριση χρήστη, δημοσίευση ροής εργασίας, δυνατότητες επικοινωνίας, συλλογή νέων, λειτουργίες μεταδεδομένων χρησιμοποιώντας ελεγχόμενα λεξικά και XML για σκοπούς μετάδοσης περιεχομένου.



Εικόνα 3. Διάγραμμα UML του Συστήματος Διαχείρισης Περιεχομένου (Content Management System)



Εικόνα 4. Διάγραμμα UML του τμήματος οπτικοακουστικού υλικού

Μια συγκεκριμένη ενότητα Drupal αναπτύχθηκε για να δημιουργούμε κόμβους βίντεο περιεχομένου που είναι ενσωματωμένη μέσα στον AVC και έχει τη δυνατότητα να παρέχει έναν προδιαμορφωμένο media player στους τελικούς χρήστες. Αυτό μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε τις επιλογές διαμόρφωσης σχετικά με τα χαρακτηριστικά ασφαλείας όπως πρόσβαση υπό προϋποθέσεις σε ομάδες χρηστών για συγκεκριμένο περιεχόμενο.

### 3.2 Υπηρεσία Κοινωνικού Περιεχομένου

Το πειραματικό σύστημα απαιτούσε την ανάπτυξη εφαρμογών για να διευκολύνει τις αλληλεπιδράσεις των συμμετεχόντων δηλαδή τους επισκέπτες, τους ειδικούς και τους εκπαιδευτικούς.

### 3.2.1 Υπηρεσία Επίβλεψης Κοινωνικού Περιεχομένου

Στην πλευρά της Υπηρεσίας Κοινωνικού Περιεχομένου (Social Content - SC) αναπτύχθηκε μια διαδικτυακή υπηρεσία (web service) με την ονομασία “Social Content Monitor”. Η συγκεκριμένη web service βασίζεται στο SocialAuth API [42] και δημιουργήθηκε ειδικά για να υποστηρίζει τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα υποτμήματα των SC και AVC. Ο SC Monitor αναλαμβάνει όλες τις ενέργειες που σχετίζονται με τα κοινωνικά δίκτυα (εξουσιοδότηση, ταυτοποίηση, αποστολή και ανάκτηση περιεχομένου κτλ.) οι οποίες παραμένουν διαφανείς για τον AVC και συνεπώς για τους χρήστες της εφαρμογής.

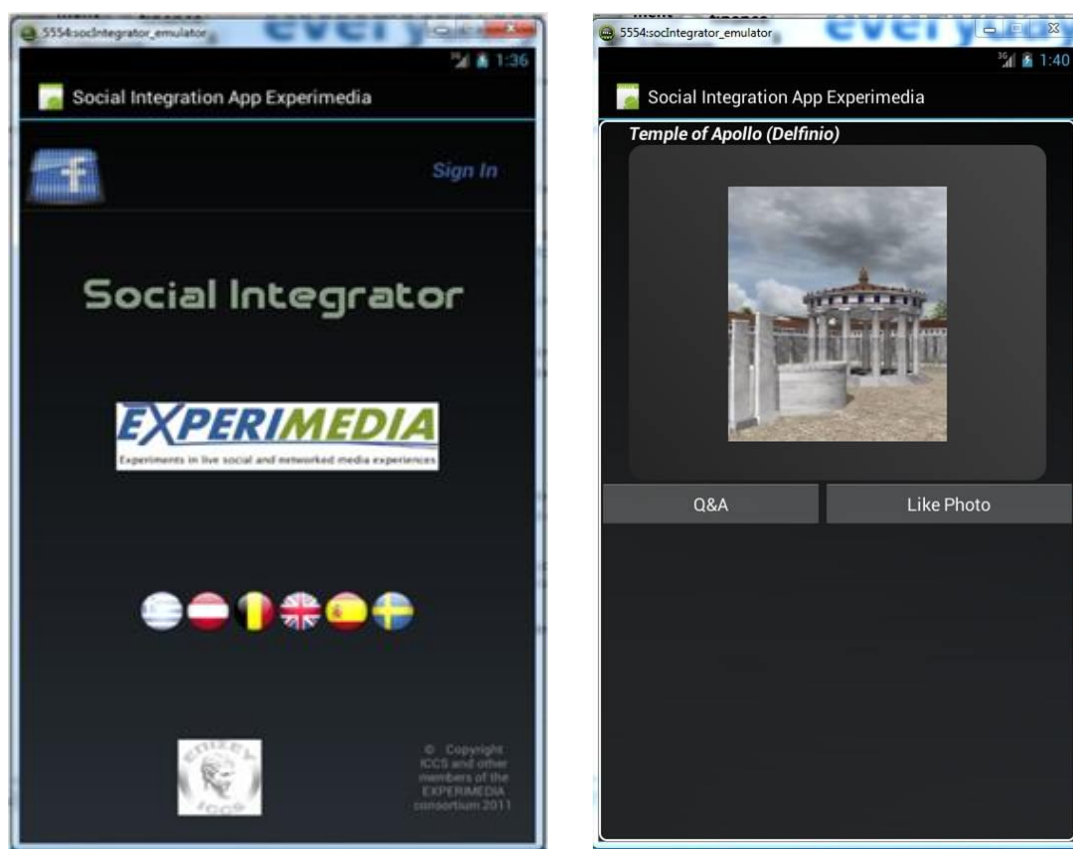
Προκειμένου να συνδυάσουμε την κοινωνική δικτύωση με την πραγματική εμπειρία του κοινού μέσα στο θέατρο όπου βλέπουν την ταινία, χρησιμοποιήσαμε την ιδέα της δημιουργίας μιας ψηφιακής εκδήλωσης (event) στο Facebook με αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες από την ταινία. Η δημιουργία της εκδήλωσης γίνεται αυτόματα από τον SC Monitor. Μετά τη δημιουργία αυτής, ο SC Monitor μπορεί αυτόματα να ανεβάσει στην εκδήλωση αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες της ταινίας.

Ο SC Monitor επίσης συμπεριλαμβάνει ένα υποτμήμα υπεύθυνο για την ανάκτηση δεδομένων που έχουν ενδιαφέρον από τα κοινωνικά δίκτυα κατά τη διάρκεια του πειράματος και την χρήση τους για τον υπολογισμό μετρικών ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service - QoS) και ποιότητας εμπειρίας (Quality of Experience - QoE). Αυτό το τμήμα είναι ένα πρόγραμμα που λειτουργεί συνεχώς (daemon thread) που χρησιμοποιεί τα διαπιστευτήρια από λογαριασμούς σε κοινωνικά δίκτυα με επαρκείς άδειες για πρόσβαση στην συγκεκριμένη κοινωνική δραστηριότητα προκειμένου να συλλέξει δεδομένα χρησιμοποιώντας ένα χρονικό διάστημα/διάλειμμα. Αυτό το διάστημα μπορεί να ρυθμιστεί και να προσαρμοστεί στις ανάγκες του συγκεκριμένου πειράματος και την ταχύτητα του δικτύου που χρησιμοποιείται.



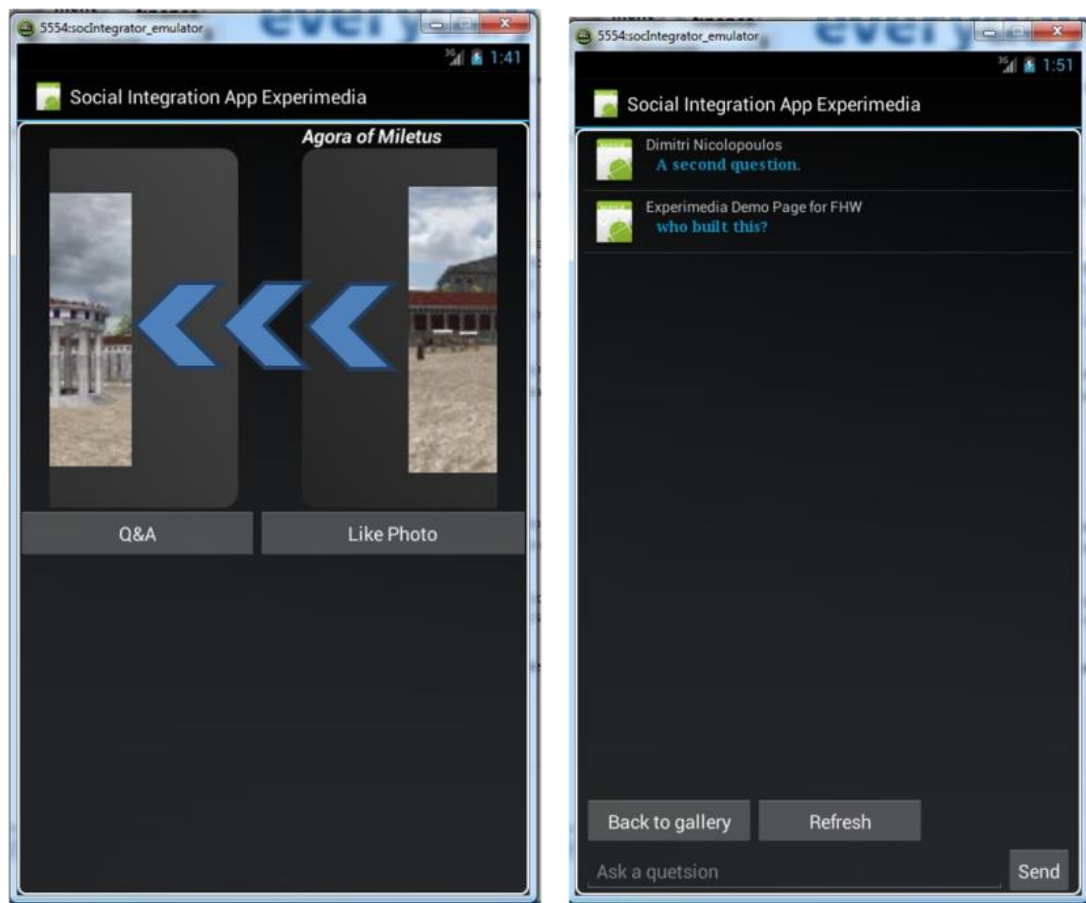
Ο SC Monitor υποστηρίζει μια ποικιλία μετρικών παρακολούθησης όσον αφορά την κοινωνική δραστηριότητα για κάθε αντιπροσωπευτική φωτογραφία, όπως ο αριθμός των likes και σχολίων για κάθε φωτογραφία, η φωτογραφία με τον υψηλότερο αριθμό likes π.χ. το κορυφαίο σχόλιο για δεδομένη φωτογραφία, ο αριθμός των ερωτήσεων για κάθε φωτογραφία, η κορυφαία ερώτηση, η κορυφαία απάντηση για την κορυφαία ερώτηση κτλ. Όσον αφορά τις QoS μετρικές όπως ο αριθμός των ενεργών χρηστών συνδεδεμένων στην εκδήλωση του Facebook, ο αριθμός των δημοσιεύσεων ανά δευτερόλεπτο, ο χρόνος μετ' επιστροφής (ms) από την αίτηση και λήψη μιας απάντησης από την εκδήλωση στο Facebook κ.α. επίσης υπολογίζονται και αποθηκεύονται.

### 3.2.2 Εφαρμογή Android Διαχείρισης Κοινωνικού Περιεχομένου



Εικόνα 5. Στιγμιότυπο της Android εφαρμογής - Αρχικό μενού σύνδεσης (Log In) στην εφαρμογή - κεντρική συλλογή εικόνων

Αυτή η εφαρμογή Android προσφέρει στα μέλη του κοινού ένα φιλικό στον χρήστη τρόπο να αλληλοεπιδρούν με τους εκπαιδευτικούς, το πάνελ των ειδικών και μεταξύ τους μέσω των κοινωνικών δικτύων στην περίπτωση του Θόλος καθώς και με την πιλοτική ομάδα παραγωγής στην περίπτωση του σεναρίου του πιλότου. Ενώ παρακολουθούν την 3D ταινία, οι επισκέπτες του Θόλος μπορούν μέσω του Smartphone τους ή του Tablet τους να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή επισκέπτη που βασίζεται στο λογισμικό SocialIntegrator.

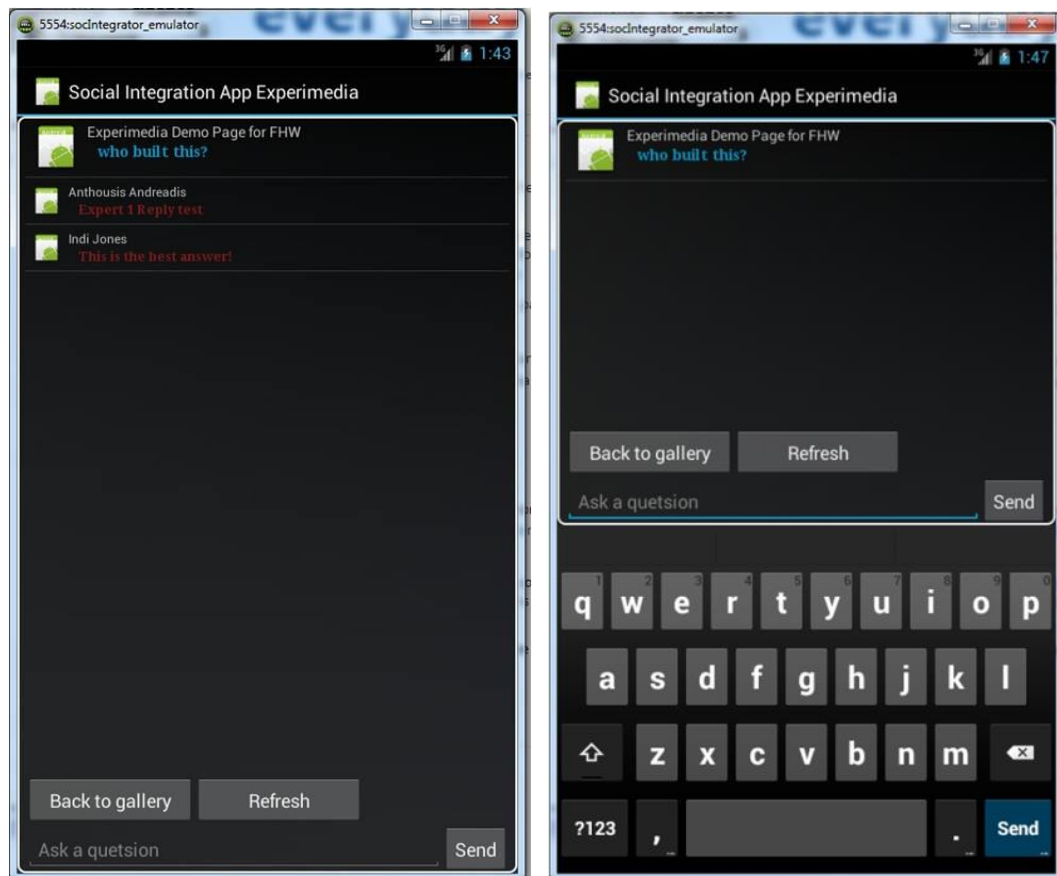


Εικόνα 6. Περιήγηση στις εικόνες της συλλογής. - Λίστα ερωτήσεων σχετικά με μια συγκεκριμένη εικόνα της συλλογής.

Η αρχική ροή ζητάει από το χρήστη να συνδεθεί ('Sign In') μέσω ενός από τα υποστηριζόμενα κοινωνικά δίκτυα που θα επιλέξει. Όπως κάθε υπηρεσία που έχει πρόσβαση στα κοινωνικά δίκτυα, οι σχετικές άδειες θα ζητηθούν και θα επαληθευτούν,

δίνοντας στην εφαρμογή την ικανότητα να υλοποιήσει επιτρεπόμενες ενέργειες. Η ροή της εφαρμογής οδηγείται στην συλλογή-γκαλερί. Η εφαρμογή περιέχει στιγμιότυπα της ταινίας , μέσω της οποίας οι επισκέπτες μπορούν να κινηθούν δεξιά ή αριστερά (swipe right or left), όπως φαίνεται στην εικόνα παραπάνω (Εικόνα 6).

Για κάθε στιγμιότυπο, ο επισκέπτης μπορεί να πατήσει 'like', να ρωτήσει μια ερώτηση και να δει όλες τις ερωτήσεις και απαντήσεις σε αυτήν την φωτογραφία (Εικόνα 6 και Εικόνα 7).

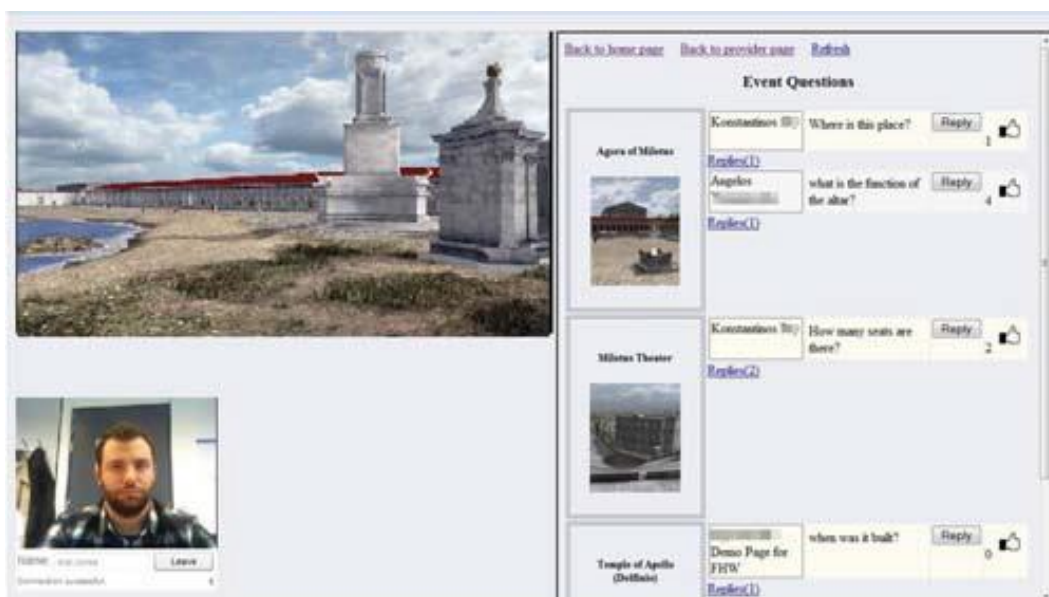


Εικόνα 7. Όταν ανιχνεύεται ένα παρατεταμένο click σε μια ερώτηση, αν υπάρχουν σχόλια εμφανίζονται κάτω από την ερώτηση με κόκκινο. Πληκτρολόγιο που εμφανίζεται όταν γίνεται 'click' στο πεδίο «Ρώτα μια ερώτηση».

### 3.2.3 Εφαρμογή Ειδικών

Η εφαρμογή (Expert Application) αυτή δίνει τη δυνατότητα στους ειδικούς να παρακολουθούν ψηφιακά το παρουσιαζόμενο σόου, χρησιμοποιώντας τεχνολογία μετάδοσης βίντεο (streaming), επιτρέποντας τους να δημοσιεύσουν βίντεο και ήχο από την πλευρά τους. Το περιεχόμενο που μεταδίδεται σε πραγματικό χρόνο από το «Θόλος», καταγράφεται, αναμειγνύεται με τον ήχο από το μικρόφωνο του εκπαιδευτή και αποστέλλεται ως ροή (stream) μέσω εξωτερικών εξυπηρετητών (servers) στην εφαρμογή δικτύου (web application).

Το περιεχόμενο των κοινωνικών δικτύων εμφανίζεται στο δεξί πάνελ της εφαρμογής. Οι ειδικοί αναμένεται να συνδεθούν τόσο στο Facebook όσο και στο Twitter και μέσω αυτής της διεπιφάνειας να μπορούν να δουν τις φωτογραφίες της εκδήλωσης, τις σχετικές τους ερωτήσεις, σχόλια και απαντήσεις. Οι ειδικοί μπορούν τότε να επιλέξουν να απαντήσουν ερωτήσεις στις οποίες έχουν εξειδίκευση, χρησιμοποιώντας τον αριθμό των likes κάθε ερώτησης για να επιλέξουν τις πιο δημοφιλείς ερωτήσεις αν χρειάζεται να απαντήσουν με προτεραιότητα.



Εικόνα 8. Εφαρμογή Ειδικού (Expert Application)

### 3.2.4 Εφαρμογή εκπαιδευτικών

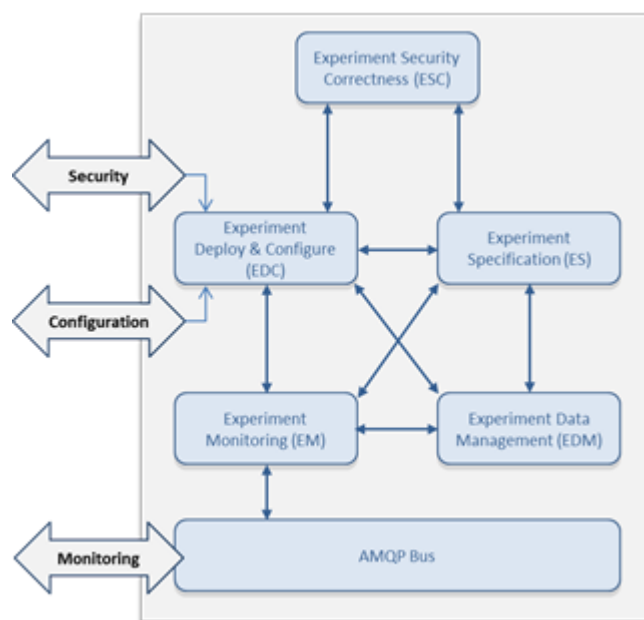
Η Εφαρμογή Εκπαιδευτικών (Educator Application) περιλαμβάνει τις λήψεις βίντεο από τους απομακρυσμένους ειδικούς και είναι εξοπλισμένο με ένα Flash αντικείμενο που στέλνει τις εξόδους ήχου και κάμερας στην κονσόλα εκπαιδευτή μέσα στο «Θόλος». Το περιεχόμενο μεταδίδεται από την διεπιφάνεια της εφαρμογής του ειδικού σε έναν εξυπηρετητή (media server), που επιστρέφει το περιεχόμενο στην κονσόλα του εκπαιδευτή πίσω στο Θόλος, εξαλείφοντας την ανάγκη του εκπαιδευτικού χώρου να έχει σύνθετες ρυθμίσεις firewall. Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή, ο εκπαιδευτής μπορεί επίσης να προσκαλέσει τους ειδικούς να μιλήσουν στο κοινό, μέσω του ηχοσυστήματος του «Θόλος».



Εικόνα 9. Δύο εκπαιδευτές του μουσείου καθοδηγούν το κοινό σε μια ψηφιακή αναπαράσταση της αρχαίας πόλης την Μιλήτου μέσα στο Θόλος. Ένας εκπαιδευτής ελέγχει την πλοήγηση μέσω ενός, ενώ ο άλλος διηγείται ιστορικές πληροφορίες. Μπορούμε να δούμε την εφαρμογή εκπαιδευτή στον υπολογιστή στα δεξιά. Στην κάτω σειρά έχουμε μια κοντινή προβολή της εφαρμογής ειδικού με το βίντεο από τους ειδικούς. Στην συγκεκριμένη επίδειξη, ένας ειδικός ήταν στη Μαδρίτη ενώ ο άλλος στις Βρυξέλλες.

### 3.3 Υπηρεσία Επίβλεψης Πειραματικού Περιεχομένου

Το τμήμα Επίβλεψης Πειραματικού Περιεχομένου (Experiment Content Monitoring - ECC) διαχειρίζεται την επίβλεψη μετρικών ποιότητας εμπειρίας και ποιότητας υπηρεσίας που δημιουργούνται από τον SocialIntegrator και τον AVCC. Το ECC ρωτά τον SocialIntegrator και τον AVCC για μετρικές στην αρχή του πειράματος και συγκεντρώνει περιοδικά τα δεδομένα κατά την εκτέλεση. Σχεδιάστηκε με ένα γενικό τρόπο, για να επιτρέψει την συλλογή δεδομένων επίβλεψης από διαφορετικές πηγές χωρίς να χρειαζόμαστε από πριν τις λεπτομέρειες του σχεδιασμού και της λειτουργίας πηγών. Μέσα στον ECC, τα συγκεντρωμένα δεδομένα αποθηκεύονται σύμφωνα με ένα μοντέλο μετρικών δεδομένων σε μια PostgreSQL [64] βάση. Το ECC επίσης περιλαμβάνει μια γραφική διεπιφάνεια χρήστη που βασίζεται σε διαδικτυακές τεχνολογίες (web-based GUI), το οποίο οι υπεύθυνοι των πειραμάτων χρησιμοποιούν για να λάβουν μια γραφική όψη των συγκεντρωμένων δεδομένων.



Εικόνα 10. Η αρχιτεκτονική του ECC

Το ECC αποτελείται από πέντε διαδραστικά υπο-τμήματα:

- Προδιαγραφές Πειράματος (Experiment Specification - ES)
- Ασφάλεια Πειράματος (Experiment Security Correctness - ESC)
- Παραμετροποίηση και Παράταξη Πειράματος (Experiment Deployment & Configuration -EDC)
- Επίβλεψη Πειράματος (Experiment Monitoring - EM)
- Διαχείριση Δεδομένων Πειράματος (Experiment Data Management - EDM)

Μια σύνοψη της σύνθεσης αυτών των τμημάτων μαζί με την σύνδεση τους σε πελάτες του ECC παρουσιάζεται στην εικόνα Εικόνα 10. Ο ρόλος κάθε υποτμήματος συνοψίζεται στον πίνακα Πίνακας 1.

Τμήμα	Ρόλος
ES	Αυτό το τμήμα συμπεριλαμβάνει τη συγκεκριμενοποίηση των απαιτούμενων πόρων για την παράταξη του ECC στην επιθυμητή πλατφόρμα (από τον EDC) καθώς και επιπλέον απαιτούμενων πόρων που απαιτούνται για τη σύνδεση/ενσωμάτωση άλλων τμημάτων όπως το σημείο σύνδεσης με το EM.
EDC	Ο πρωταρχικός ρόλος αυτού του τμήματος είναι η αυτόματη (ή ημιαυτόματη) παραμετροποίηση και παράταξη πειραματικών πόρων που προσδιορίζονται από τον ES. Ο EDC διαχειρίζεται την διαδικασία boot-strapping της εγκατάστασης πόρων και ακολούθως την παραμετροποίηση σε συνεργασία με τον υπεύθυνο του πειράματος.
ESC	Τα μέρη που συνδέονται με τον ECC έχουν συνδεδεμένα μοντέλα ασφαλείας που ο ESC είναι ικανός να ελέγξει καθώς και να



	αξιολογήσει πιθανές απειλές ασφαλείας για μια συγκεκριμένη πειραματική προδιαγραφή. Οι υπεύθυνοι των πειραμάτων μπορούν να εξερευνήσουν μια ποικιλία σεναρίων επίθεσης χρησιμοποιώντας αυτά τα μοντέλα.
EM	Η επίβλεψη τόσο της κατάστασης των πειραματικών πόρων όσο και των πειραματικών μετρικών διεξάγεται από τον EM. Διενεργεί ερωτήματα σε μέρη που παρατάσσονται από τον EDC για δυνατότητες δημιουργίας μετρικών και συγκεντρώνει αυτά τα δεδομένα κατά την εκτέλεση.
EDM	Ο EDM διαχειρίζεται την πρόσβαση στα δεδομένα μετρήσεων που έχουν συγκεντρωθεί από τον EM. Η αποθήκευση αυτών των δεδομένων ανατίθεται βάσει του πειράματος και οι μετρικές μπορούν να προσπελαθούν εντός ενός χρονικού πλαισίου για περαιτέρω ανάλυση.

Πίνακας 1. Ρόλος των διαφορετικών τμημάτων του ECC

### **Εσωτερική επικοινωνία εντός των τμημάτων καθώς και επικοινωνία μεταξύ τους**

Ο κύριος δίαυλος για διανομή πειραματικών δεδομένων στον ECC βασίζεται στο πρωτόκολλο Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) καθώς προσφέρει ένα επίπεδο χαμηλών τεχνικών προδιαγραφών και ταυτόχρονα μια σταθερή, καλοσχεδιασμένη και σταθερή μέθοδο επικοινωνίας. Το υποτήμα ECC χρησιμοποιεί την υλοποίηση RabbitMQ AMQP [65] , που προσφέρει στους προγραμματιστές ένα μεγάλο εύρος υλοποιήσεων εξυπηρετητή και πελάτη.

Μια σύνοψη των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε κάθε ένα από αυτά τα ECC υποτήματα παρέχεται παρακάτω:

### EDC/ES αλληλεπιδράσεις

Οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στον EDC και τον ES είναι κυρίως για την φόρτωση και αρχικοποίηση των τεχνικών πόρων που απαιτούνται για να διεξαχθεί το πείραμα. Ο υπεύθυνος του πειράματος χρησιμοποιεί τα αρχεία προδιαγραφών του ES για να περιγράψει τη θέση των πόρων (τοποθεσίες εγκατάστασης λογισμικού) και τους προβλεπόμενους στόχους (υπολογιστική ισχύς στο σύννεφο (cloud) και hardware όσον αφορά την αποθήκευση/πόρους δικτύου), καθώς και τον προσδιορισμό των στοιχείων παραμετροποίησης για καθένα από αυτά. Ο EDC χειρίζεται έπειτα την εκτέλεση της παράταξης, παραμετροποίησης, βασιζόμενος σε αυτές τις προδιαγραφές και αναφέρει τα αποτελέσματα.

### EDC/ESC αλληλεπιδράσεις

Η διαδικασία παράταξης και προδιαγραφών αλληλοεπιδρά με το υπο-τμήμα ασφαλείας. Ο EDC παρέχει τα μοντέλα ασφαλείας που συνδέονται με τους τεχνολογικούς πόρους πειράματος που χειρίζεται στον ESC. Συνεπώς, οι υπεύθυνοι του πειράματος μπορούν να δουν τα μοντέλα ασφαλείας μέσω του ESC τμήματος και να αξιολογήσουν πιθανές απειλές.

### ESC/ES αλληλεπιδράσεις

Ο ES εμπεριέχει μια συλλογή μοντέλων ασφαλείας που δημιουργήθηκαν κατά την παράταξη του πειράματος και την σχετική διαδικασία παραμετροποίησης. Αυτά τα μοντέλα, μπορούν να ελεγχθούν από τον υπεύθυνο πειράματος χρησιμοποιώντας τον εργαλείο ορθότητας ασφαλείας. Επιπρόσθετα, ο δημιουργός πειράματος είναι ικανός να εξερευνήσει διάφορα 'σενάρια επιθέσεων' βασιζόμενα στην πειραματική διάταξη που έχει προσδιορίσει, χρησιμοποιώντας το τμήμα ESC.

### ES/EDM αλληλεπιδράσεις

Εσωτερικά, το ES τμήμα υποστηρίζει την διαδικασία παράταξης και παραμετροποίησης που σχετίζεται με τον EDM, προσδιορίζοντας τους πόρους (όπως την υπηρεσία της βάσης δεδομένων PostgreSQL) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποθηκεύσει πειραματικά δεδομένα (οι πληροφορίες εγκατάστασης προέλευσης/στόχου πρέπει να παρέχονται από τον δημιουργό του πειράματος).

### EM/EDC αλληλεπιδράσεις

Το υποτμήμα EM παρατάσσει έναν αριθμό «όψεων» επίβλεψης για τον δημιουργό πειράματος κατά τη διάρκεια ενός πειράματος. Ορισμένες από αυτές τις όψεις (για παράδειγμα η όψη πόρων του πειράματος) μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας ένα σύστημα όπως το NAGIOS [66]. Σε αυτήν την κατεύθυνση, το EDC χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση και παραμετροποίηση αυτών των συστημάτων επίβλεψης ώστε ο EM να μπορεί να επιβλέπει απ' ευθείας τα δεδομένα κίνησης σε αυτά.

### EDC/EDM αλληλεπιδράσεις

Όπως περιγράφεται παραπάνω (βλ. ES/EDM αλληλεπιδράσεις), ο EDC διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στην παράταξη και παραμετροποίηση συστημάτων διαχείρισης πόρων, που θα επιτρέψουν στον EDM να αποθηκεύσει και να παρέχει πρόσβαση σε πειραματικά δεδομένα μετρήσεων. Κατά την αρχικοποίηση του πειράματος, ο EDM παραμετροποιείται από τον EDC για να χρησιμοποιεί πόρους βάσεων δεδομένων που προσδιορίζονται από τον δημιουργό του πειράματος.

## ES/EM αλληλεπιδράσεις

Η σχέση ανάμεσα στον ES και τον EM αφορά κυρίως τον προσδιορισμό των τεχνικών συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του πειράματος. Όμοια όπως περιεγράφηκε παραπάνω, ο ES προσδιορίζει τις πληροφορίες εγκατάστασης προέλευσης/στόχου (source/target) του EM που απαιτούνται για την παράταξη του, συμπεριλαμβάνοντας την πρόβλεψη της AMQP υπηρεσίας.

Η επίβλεψη των μετρικών ποιότητας εμπειρίας (QoE) και ποιότητας υπηρεσίας (QoS) που δημιουργούνται από τον SocialIntegrator και το AVCC γίνεται από το υπομήμημα EM (Experiment Monitoring). Ο EM υποβάλλει ερωτήσεις στον SocialIntegrator και τον AVCC για μετρικές στην αρχή του πειράματος και συγκεντρώνει αυτά τα δεδομένα περιοδικά κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης. Όμοια με τον SocialIntegrator και το AVCC συγκεντρώνει έναν αριθμό μετρικών ποιότητας υπηρεσίας από τη διεπαφή των ειδικών και τον εξυπηρετητή αναμετάδοσης όπως fps, ανάλυση βίντεο, ρυθμός εισόδου/εξόδου Bytes ανά Stream). Είναι σχεδιασμένο με γενικό τρόπο, ώστε να επιτρέπει την συλλογή δεδομένων επίβλεψης από διαφορετικές πηγές χωρίς να απαιτεί εκ των προτέρων τις λεπτομέρειες σχεδιασμού και λειτουργίας αυτών των πηγών. Το κύριο κανάλι για παράδοση πειραματικών δεδομένων από και προς τον EM βασίζεται στο RabbitMQ AMQP [65], καθώς προσφέρει ένα καλά ορισμένο, σταθερό τρόπο επικοινωνίας.



Εικόνα 11. Στιγμιότυπο του ECC Dashboard όπου απεικονίζονται πολλαπλοί πελάτες συνδεδεμένοι

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

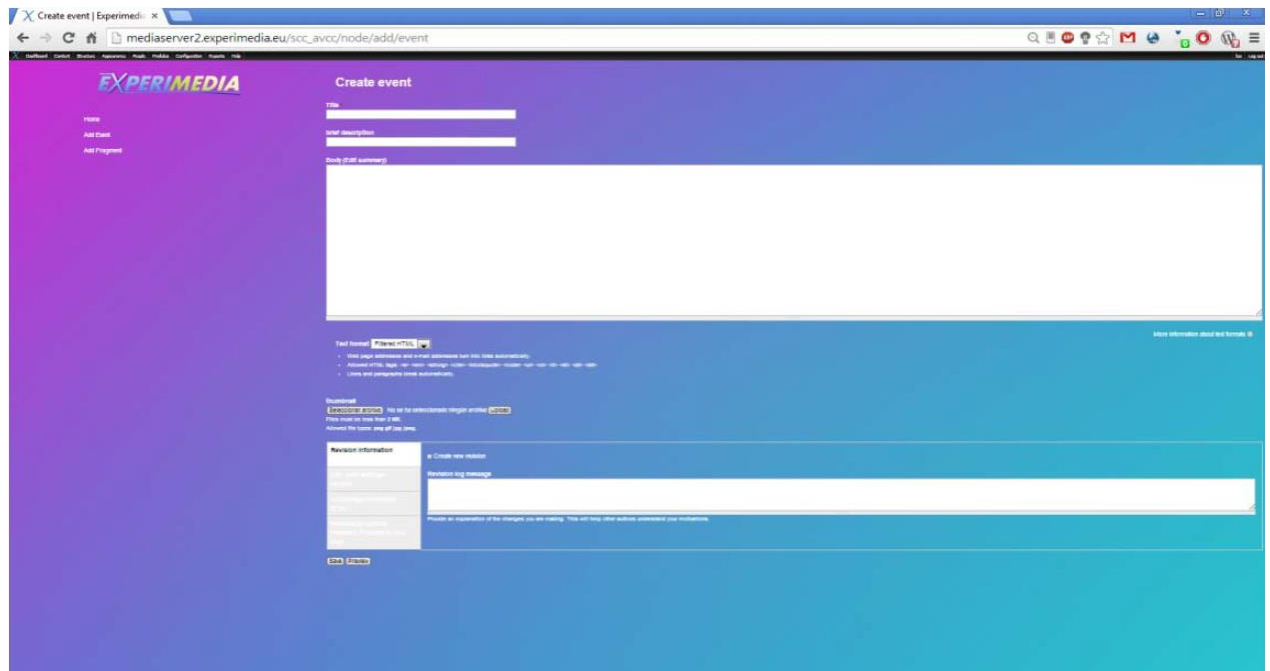
## 4 Επισήμανση Βίντεο Χρησιμοποιώντας Δεδομένα από τα Κοινωνικά Δίκτυα

Πριν την παρουσίαση της ταινίας η πιλοτική ομάδα παραγωγής, τμηματοποιεί το βίντεο σε αρκετά μικρότερα τμήματα σύμφωνα με τα διαφορετικά θέματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και το ανεβάζουν στο AVC Ingest μέσω της διαδικτυακής γραφικής διεπιφάνειας χρήστη του AVC, που σχεδιάστηκε ειδικά για αυτόν τον σκοπό, όπως εξηγήθηκε σε παραπάνω ενότητα (Ενότητα 3: Αρχιτεκτονική Συστήματος).

Πατώντας τον σύνδεσμο ‘Προσθήκη Γεγονότος’, η διεπιφάνεια που εμφανίζεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 12), επιτρέπει στην ομάδα παραγωγής πιλότου να δημιουργήσει ένα γεγονός για το συγκεκριμένο πιλότο ταινίας και να συμπεριλάβει περιγραφικές πληροφορίες όπως ο τίτλος της ταινίας, μια μικρή περιγραφή κτλ. Μετά την υποβολή αυτών των πληροφοριών μέσω αυτής της δικτυακής φόρμας, στο παρασκήνιο ο AVC αυτοματοποιημένα καλεί τον SC Monitor, ο οποίος με την σειρά του δημιουργεί ένα γεγονός στο Facebook για το γύρισμα της δεδομένης ταινίας.

Για τον σκοπό αυτό και όπως φαίνεται στην Εικόνα 12, ο SC Monitor προσφέρει την λειτουργία `createEvent(String title, String description)`, το οποίο είναι υπεύθυνο για την αυτόματη δημιουργία ενός γεγονότος στο Facebook, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που παρείχε η ομάδα παραγωγής πιλότου, όταν συμπλήρωνε την φόρμα για τη δημιουργία του γεγονότος. Μετά την επιτυχία των παραπάνω, όλη η σχετική πληροφορία αποθηκεύεται σε μια PostgreSQL [64] βάση δεδομένων και το Facebook URL του δημιουργημένου γεγονότος επιστρέφεται στο AVC μέρος του συστήματος για επιβεβαίωση.

Μόλις το Event δημιουργείται, η ομάδα παραγωγής πιλότου μπορεί τώρα να ανεβάσει τα μικρά τμήματα της ταινίας που ενδιαφέρουν πατώντας στον σύνδεσμο ‘Προσθήκη Τμήματος’. Η παρεχόμενη φόρμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 13, επιτρέπει στους τελικούς χρήστες να συνδέουν ένα τμήμα μιας ταινίας με την αρχική ταινία και να προσδιορίσουν επίσης άλλες περιγραφικές λεπτομέρειες, όπως τον τίτλο του μικρού τμήματος, κτλ.

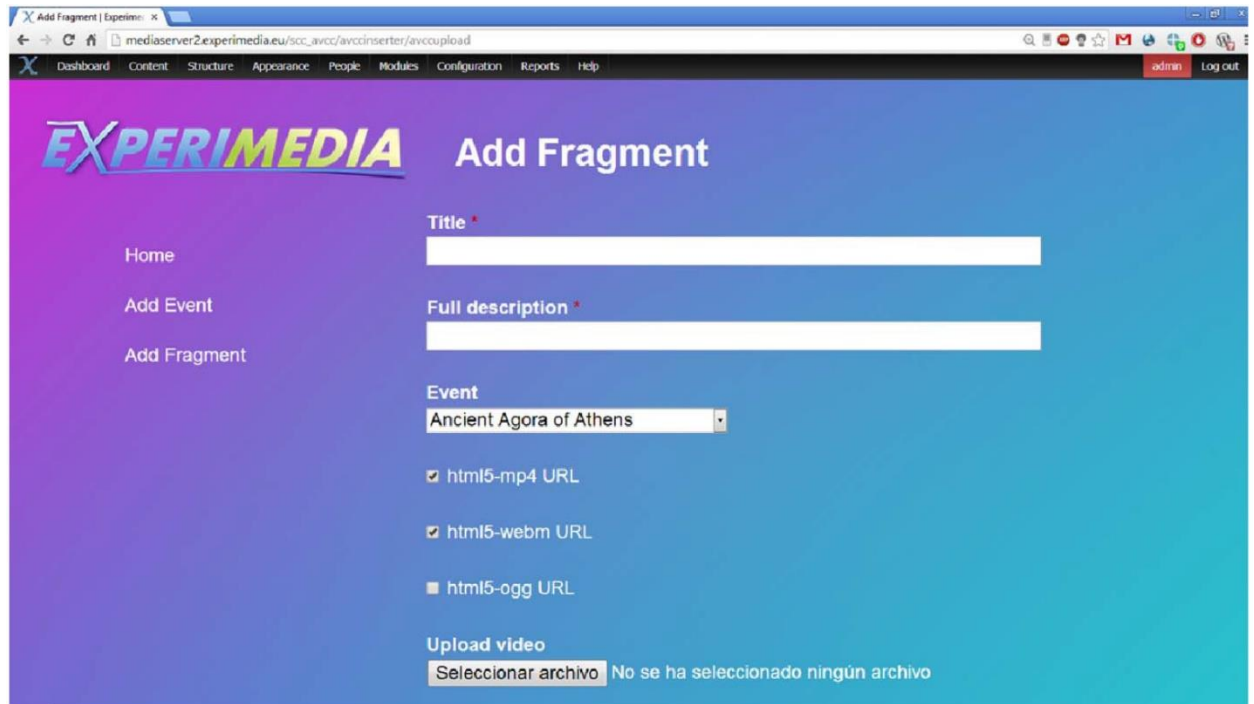


Εικόνα 12. Διαδικτυακή διεπιφάνεια του AVC για δημιουργία μιας εκδήλωσης για μια ταινία

Έπειτα από επιτυχές ανέβασμα ενός μικρού βίντεο κλιπ, το βίντεο γίνεται διαθέσιμο στη διαδικτυακή γραφική διεπιφάνεια χρήστη του AVC και ταυτόχρονα μια αντιπροσωπευτική φωτογραφία λαμβάνεται αυτόματα και στέλνεται στον SC Monitor, το οποίο με τη σειρά του πραγματοποιεί ένα post στην εκδήλωση του Facebook που δημιουργήθηκε προηγουμένως για το συγκεκριμένο πιλοτικό γύρισμα της ταινίας.

Σύμφωνα με την ακολουθία για αυτοματοποιημένη κοινοποίηση (post) των αντιπροσωπευτικών εικόνων σε μια συγκεκριμένη εκδήλωση του Facebook, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 15, η υπηρεσία SC Monitor εκθέτει την μέθοδο `uploadFrame(String UUID, String URL, String description, String eventID)`. Η παράμετρος 'UUID' είναι το μοναδικό αναγνωριστικό που χρησιμοποιείται από το AVC και τον SC Monitor για να αναγνωρίζουν τις φωτογραφίες. Η υπηρεσία SC Monitor κατεβάζει την εικόνα από τη δοσμένη παράμετρο URL και την αποθηκεύει τοπικά στο υποκείμενο file system. Η φωτογραφία μετά ανεβαίνει στην εκδήλωση στο Facebook με το δοσμένο 'eventID', μέσω του SocialIntegrator API χρησιμοποιώντας την τιμή της παραμέτρου 'description' ως τίτλο. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας, αυτή η πληροφορία της φωτογραφίας που έχει ανέβει (upload) αποθηκεύεται ξανά στην υποκείμενη PostgreSQL βάση δεδομένων και το URL του Facebook που αφορά τη φωτογραφία επιστρέφεται στον AVC για επιβεβαίωση και μελλοντική αναφορά.

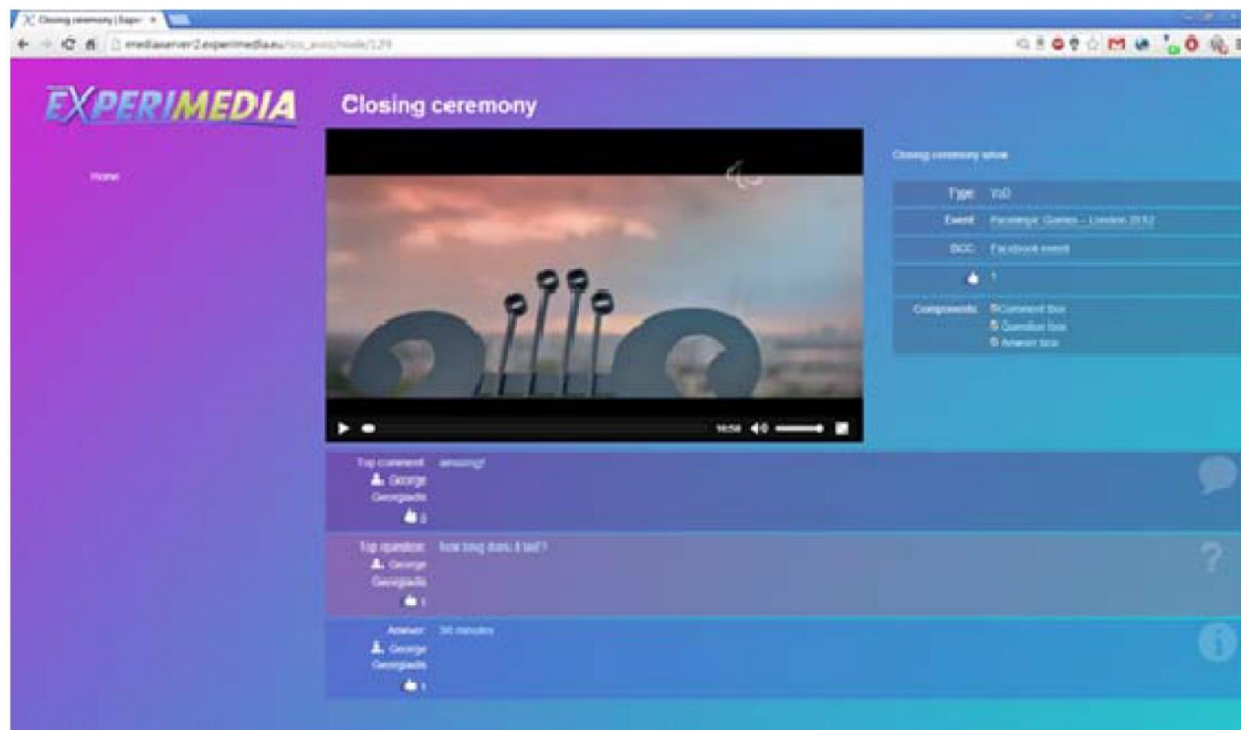




Εικόνα 13. Διεπιφάνεια του AVC για κατηγοριοποίηση και ανέβασμα ενός τμήματος ταινίας

Με αυτόν τον τρόπο, αντιπροσωπευτικά στιγμιότυπα γίνονται διαθέσιμα στο στοχευόμενο κοινό για αποστολή σχολίων, ερωτήσεων και απαντήσεων σχετικά με αντιπροσωπευτικά τμήματα ταινίας χρησιμοποιώντας την SC Andoid εφαρμογή στο smartphone τους. Κατά τη διάρκεια των γυρισμάτων της πιλοτικής ταινίας, κάθε τμήμα ταινίας αυτόματα επισημαίνεται με συσσωρευμένα δεδομένα, που έχουν συλλεχθεί από τον SC Monitor από την δραστηριότητα του κοινού για την Facebook εκδήλωση. Ο τελικός χρήστης μπορεί να δει τα δεδομένα επισήμανσης από το Front End του AVC, όταν ο χρήστης επιλέξει ένα συγκεκριμένο στιγμιότυπο της ταινίας, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 14. Τα δεδομένα επισήμανσης που προβάλλονται ανανεώνονται χρησιμοποιώντας ένα παραμετροποιήσιμο χρονικό διάστημα (διάκενο). Σε αυτήν την κατεύθυνση, το AVC τμήμα υποβάλλει ερωτήματα στον SC Monitor για τα τελευταία δεδομένα επισήμανσης ενός τμήματος ταινίας καλώντας την 'retrieveAnnotation(String UUID)', όπου το UUID είναι το μοναδικό αναγνωριστικό του συγκεκριμένου στιγμιότυπου ταινίας. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 15, η υπηρεσία SC Monitor τρέχει συνεχώς ένα πρόγραμμα (daemon thread) που ανακτά πληροφορίες από την εκδήλωση του Facebook σχετικά με τα αντιπροσωπευτικά στιγμιότυπα που έχουν ανέβει

προηγουμένως για κάθε τμήμα ταινίας. Το χρονικό διάκενο που χρησιμοποιείται για να ανακτήσουμε αυτή την πληροφορία είναι παραμετροποιήσιμο.



Εικόνα 14. Παράδειγμα ενός τμήματος ταινίας με δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα

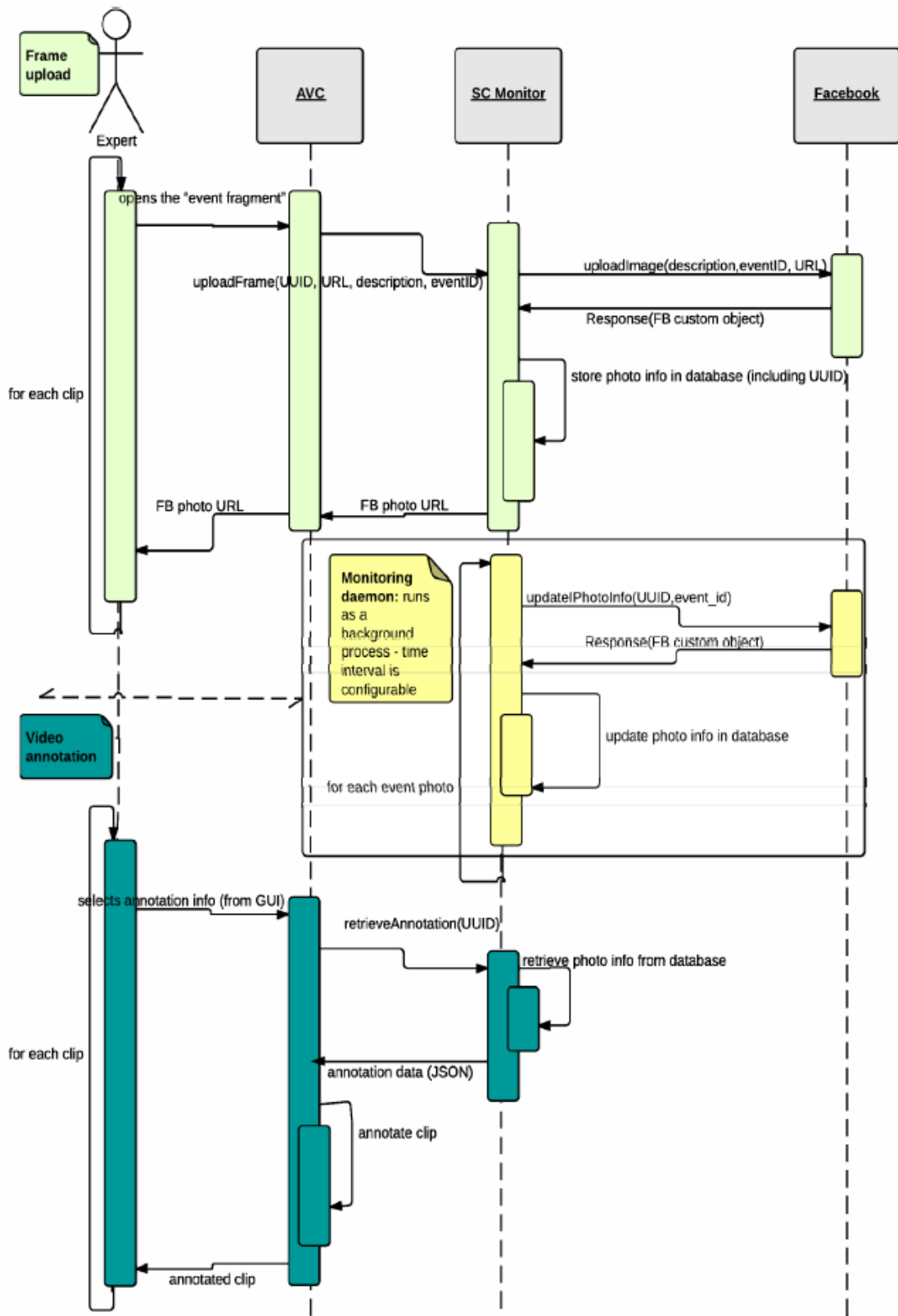
Η συσσωρευμένη πληροφορία από τα κοινωνικά δίκτυα χρησιμοποιείται έπειτα για να υπολογίσουμε τις ακόλουθες μετρικές για κάθε στιγμιότυπο:

- Αριθμός like
- Κορυφαίο σχόλιο: κείμενο σχολίου, χρήστης που δημοσίευσε το σχόλιο και αριθμός like σχολίων
- Κορυφαία ερώτηση για τη φωτογραφία: κείμενο ερώτησης, χρήστης που τη δημοσίευσε, αριθμός likes
- Κορυφαία απάντηση για την κορυφαία ερώτηση της φωτογραφίας

Η πληροφορία που προβάλλεται στο Front End του AVC μπορεί να απενεργοποιηθεί χρησιμοποιώντας ένα radio button, όπως φαίνεται στην Εικόνα 14. Η επεξεργασία των δεδομένων επισήμανσης με σχόλια και σημειώσεις από την ίδια την ομάδα παραγωγής υποστηρίζεται επίσης. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας, η πιλοτική ομάδα παραγωγής

είναι επίσης ικανή να εξάγει και να αποθηκεύσει τα βίντεο εμπλουτισμένα με την πληροφορία επισήμανσης.

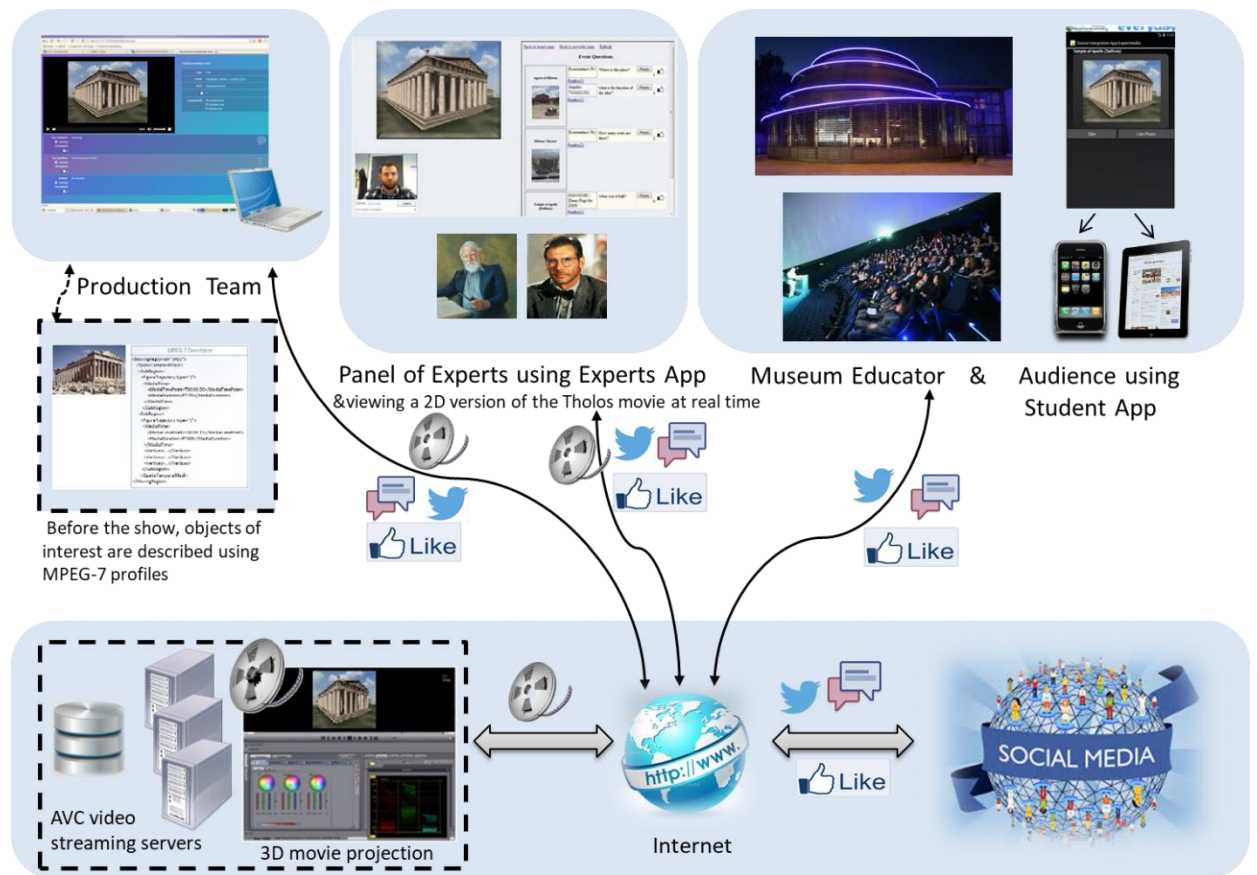
Επιπρόσθετα, η πληροφορία που αποθηκεύεται στην PostgreSQL βάση, συγχρονίζεται με τις δημοσιεύσεις στο Facebook σε πραγματικό χρόνο. Αυτό το χαρακτηριστικό υποστηρίζεται προκειμένου να αποτρέψουμε σφάλματα όταν μια φωτογραφία διαγράφεται από το Facebook, ή σε πραγματικό χρόνο περιεχόμενο αφαιρείται.



Εικόνα 15. Ακολουθία της υπηρεσίας SC Monitor και του AVC

#### 4.1 Ανθρωποκεντρική Σημαιολογική Εξαγωγή Βασιζόμενη σε MPEG-7

Ο σκοπός του συστήματος είναι να βελτιώσει την εμπειρία των επισκεπτών στη Θόλος συνδυάζοντας παραδοσιακές εγκαταστάσεις εικονικής πραγματικότητας με κοινωνικά δίκτυα και streaming πολυμεσικού περιεχομένου, ώστε να παρέχουν μια από κοινού εκπαιδευτική εμπειρία που επιτρέπει την επικοινωνία των μαθητών μεταξύ τους, τους δασκάλους, τους εκπαιδευτές καθώς και άλλους απομακρυσμένους ειδικούς με εμπειρία στο πεδίο. Σε αντίθεση με το συμβατική εμπειρία της Θόλος, η χρήση της περιγραφόμενης εφαρμογής στις εγκαταστάσεις του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού, όπως φαίνεται στο σχήμα παρακάτω σχήμα (Εικόνα 16), επιτρέπει την συνεργατική παρουσίαση του περιεχομένου εικονικής πραγματικότητας μεταδίδοντας (streaming) το περιεχόμενο σε ένα πάνελ απομακρυσμένων ειδικών, που μπορεί να είναι γεωγραφικά απομακρυσμένοι και επιτρέποντας τους να συνδεθούν με τους εκπαιδευτές, να επιβλέψουν και να βοηθήσουν στην παρουσίαση, παρέχοντας εξειδικευμένη πληροφορία.



Εικόνα 16. Επισκόπηση του προτεινόμενου συστήματος. Οι σπουδαστές που επισκέπτονται ένα εκπαιδευτικό χώρο και βλέπουν μια εκπαιδευτική ταινία, χρησιμοποιώντας την Εφαρμογή του Σπουδαστή (Student Application) έρχονται κοντά με ένα πάνελ ειδικών, που λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο το περιεχόμενο που μεταδίδεται και απαντούν ερωτήσεις της ειδικότητάς τους μέσω της Εφαρμογής Ειδικών (Expert Application). Πολύτιμη πληροφορία εξάγεται από τη δραστηριότητα των κοινωνικών δικτύων και χρησιμοποιείται για να επισυνάψει σε πραγματικό χρόνο την ταινία, χρησιμοποιώντας ανθρωποκεντρική σημασιολογική εξαγωγή βασισμένη σε MPEG-7.

Παράλληλα η ομάδα παραγωγής μπορεί να χρησιμοποιήσει μια άλλη εφαρμογή του συστήματος που συλλέγει και επεξεργάζεται δεδομένα από τη δραστηριότητα των συμμετεχόντων στα κοινωνικά δίκτυα με μηχανισμούς επίβλεψης και τα χρησιμοποιούν για να αποκτήσουν επίγνωση για τη γνώμη του κοινού σε συγκεκριμένα μέρη της ταινίας και να τα βελτιώσουν αντίστοιχα.

Ακολούθως παρουσιάζεται το μέρος του συστήματος που είναι υπεύθυνο για τη συλλογή συγκεντρωμένων πληροφοριών από τη δραστηριότητα στα κοινωνικά δίκτυα που λαμβάνει χώρα κατά την παρουσίαση της ταινίας και τη χρησιμοποιεί για την επισήμανση της ταινίας σε πραγματικό χρόνο. Έχουμε επιλέξει τη χρήση του προτύπου

MPEG-7 (MPEG-7 Standard) και πιο συγκεκριμένα το AVCD (Anthropocentric Video Description Scheme ) προφίλ [67] για να παρέχουμε έναν τυποποιημένο τρόπο για τη σύλληψη και αποθήκευση αυτής της πληροφορίας. Το AVCD είναι ένα προφίλ του MPEG-7 σχήματος, το οποίο αρχικά προτάθηκε στο [67] και επιτρέποντας πιο συγκεκριμένα ένα μικρότερο χρόνο υλοποίησης καθώς επίσης και μια καινοτόμο σημασιολογική ερμηνεία περισσότερων οντοτήτων. Αυτό το προφίλ έχει χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά πλαίσια όπου ενδιαφέρουν άνθρωποι σε βίντεο ή άλλα μέσα.

#### 4.1.1 Ανθρωποκεντρική Σημασιολογική Εξαγωγή Βασιζόμενη σε MPEG-7

Η βασική ιδέα πίσω από το AVCD προφίλ είναι να παρατηρήσουμε τους ανθρώπους και το περιβάλλον τους σε γυρίσματα βίντεο και συνεπώς να οργανώσουμε την περιγραφή του βίντεο σύμφωνα με την ανθρώπινη αντίληψη σχετικά με μια σκηνή, εξ ου και ο όρος ανθρωποκεντρικός. Συνεπώς το AVCD προφίλ εισάγει μια δομή, όπου κάποιος μπορεί να συμπληρώσει (χειροκίνητα, αυτόματα ή ημιαυτόματα) βασική πληροφορία που μπορεί ακολούθως να χρησιμοποιηθεί για να εξάγουμε σημασιολογική πληροφορία. Η ανάγκη για ένα MPEG-7 προφίλ προκύπτει από το γεγονός ότι το απλό MPEG-7 προφίλ είναι πολύ αφηρημένο και δυσκίνητο για να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή όπως στην περίπτωση μας. Έχουμε συμπεράνει ότι το AVCD προφίλ ταιριάζει καλύτερα στους σκοπούς μας καθώς ο κύριος στόχος είναι να έχουμε ένα δομημένο σχήμα μεταδεδομένων που εξυπηρετεί την εφαρμογή μας με ένα γρήγορο και αδιάλειπτο τρόπο. Ένα παράδειγμα της χρήσης του AVCD προφίλ παρά του MPEG-7 προφίλ, μπορεί να αναφερθεί στην παρακάτω εικόνα 17 , όπου φαίνονται οι διαφορές ανάμεσα στο τυπικό MPEG-7 αρχείο και ένα MPEG-7 αρχείο έχοντας προφίλ σύμφωνα με την προτεινόμενη δομή. Τα δυο σχήματα προσπαθούν να περιγράψουν ένα αντικείμενο που εμφανίζεται σε μια σκηνή. Όπως μπορεί να φανεί, η χρήση διαισθητικών εννοιών όπως αντικείμενα, εμφανίσεις αντικειμένων, στιγμιότυπα αντικειμένων στην περιγραφή κάνει το σχήμα

πιο απλό και διαισθητικό. Τέτοιες έννοιες είναι παρούσες στην απλή MPEG-7 περιγραφή που χρησιμοποιεί ακόμα περιοχές και κινούμενες περιοχές ως βασικούς περιγραφείς.

Anthropocentric Descriptor	MPEG-7 Descriptor
<pre> &lt;ObjectAppearance id="OA001"&gt;   &lt;TimeIn&gt;     &lt;MediaTimePoint&gt;T00:00:00&lt;/MediaTimePoint&gt;   &lt;/TimeIn&gt;   &lt;TimeOut&gt;     &lt;MediaTimePoint&gt;T00:00:45&lt;/MediaTimePoint&gt;   &lt;/TimeOut&gt;   &lt;ObjectInstances&gt;     &lt;ObjectInstance&gt;.....&lt;/ObjectInstance&gt;     &lt;ObjectInstance&gt;.....&lt;/ObjectInstance&gt;     &lt;ObjectInstance&gt;.....&lt;/ObjectInstance&gt;     &lt;ObjectInstance&gt;.....&lt;/ObjectInstance&gt;   &lt;/ObjectInstances&gt; </pre>	<pre> &lt;MovingRegion id="SR01"&gt;   &lt;SpatioTemporalMask&gt;     &lt;SubRegion&gt;       &lt;FigureTrajectory type="1"&gt;         &lt;MediaTime&gt;           &lt;MediaTimePoint&gt;T00:00:00&lt;/MediaTimePoint&gt;           &lt;MediaDuration&gt;PT15S&lt;/MediaDuration&gt;         &lt;/MediaTime&gt;       &lt;/SubRegion&gt;     &lt;SubRegion&gt;       &lt;FigureTrajectory type="2"&gt;         &lt;MediaTime&gt;           &lt;MediaTimePoint&gt;T00:00:15&lt;/MediaTimePoint&gt;           &lt;MediaDuration&gt;PT30S&lt;/MediaDuration&gt;         &lt;/MediaTime&gt;         &lt;Vertices&gt;...&lt;/Vertices&gt;         &lt;Vertices&gt;...&lt;/Vertices&gt;         &lt;Vertices&gt;...&lt;/Vertices&gt;       &lt;/SubRegion&gt;     &lt;/SpatioTemporalMask&gt;   &lt;/MovingRegion&gt; </pre>

Εικόνα 17. Αριστερά: Τυπικό MPEG-7 αρχείο, Δεξιά: MPEG-7 αρχείο με προφίλ της προτεινόμενης δομής

#### 4.1.2 Δημιουργία Γεγονότος και αυτόματη εξαγωγή αντιπροσωπευτικών πλαισίων

Πριν την παρουσίαση της εκπαιδευτικής ταινίας, η παραγωγή ανεβάζει μια δισδιάστατη εκδοχή της ταινίας στον AVC μέσω της διαδικτυακής γραφικής διεπιφάνειας χρήστη και τη χρησιμοποιεί για να δημιουργήσει αυτοματοποιημένα ένα αφιερωμένο γεγονός στα κοινωνικά δίκτυα. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας και έπειτα από επιτυχία, η σχετική πληροφορία (url της εκδήλωσης στο Facebook, ανεβασμένες φωτογραφίες) αποθηκεύεται σε μια PostgreSQL βάση και επίσης επιστρέφεται στον υποτμήμα AVC για επιβεβαίωση και μελλοντική αναφορά.



Πατώντας τον σύνδεσμο ‘Προσθήκη Γεγονότος’, η ομάδα παραγωγής δημιουργεί ένα γεγονός για τη συγκεκριμένη ταινία και συμπεριλαμβάνει περιγραφική πληροφορία όπως τον τίτλο της ταινίας, μια μικρή περιγραφή κτλ. Έπειτα από υποβολή της πληροφορίας, ο AVC αυτοματοποιημένα καλεί τον SAS, ο οποίος με τη σειρά του δημιουργεί μια εκδήλωση στο Facebook για τη συγκεκριμένη παρουσίαση ταινίας.

Μόλις δημιουργηθεί η εκδήλωση, η ομάδα παραγωγής μπορεί να προσδιορίσει αντικείμενα ενδιαφέροντος στην ταινία πατώντας στο σύνδεσμο ‘Προσθήκη Αντικείμενου Ενδιαφέροντος’. Η παρουσιαζόμενη φόρμα επιτρέπει τον προσδιορισμό περιγραφικής πληροφορίας, όπως μια εικόνα, μια ακολουθία βίντεο ή άλλοι προκαθορισμένοι περιγραφείς, που χρησιμοποιούνται από τον AVC προκειμένου να εντοπίσουν και να παρακολουθούν αντικείμενα ενδιαφέροντος. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας, αυτή η πληροφορία αποθηκεύεται σε AVCD σχήμα χρησιμοποιώντας στιγμιότυπα της κλάσης ‘ObjectAppearance’ και ένα αντιπροσωπευτικό πλαίσιο για κάθε αντικείμενο ενδιαφέροντος επίσης επιλέγεται αυτόματα από αυτά που έχουν εντοπιστεί και τους έχουν δοθεί σχετικά μοναδικά αναγνωριστικά (identifiers - IDs) για ακόλουθα ερωτήματα στο AVCD xml αρχείο. Για την εξαγωγή του αντιπροσωπευτικού πλαισίου, έχουμε ορίσει ένα ευρετικό (heuristic), που αποτελείται από την επιλογή του αυτού που περιλαμβάνει την μεγαλύτερη εμφάνιση του αντικείμενου (π.χ. του μεγαλύτερου δισδιάστατου περιβάλλοντος πλαισίου για το αντικείμενο ενδιαφέροντος). Αυτή η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί είτε πολλές φορές είτε παράλληλα, ανάλογα με τα αντικείμενα ενδιαφέροντος και τους αλγόριθμους εντοπισμού και παρακολούθησης που υποστηρίζονται από τον AVC. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήσαμε την πρώτη επαναληπτική μέθοδο καθώς οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήσαμε για εντοπισμό και παρακολούθηση βασίζονται σε απλούς αλγόριθμους εντοπισμού ενός αντικείμενου και παρακολούθησης ενός αντικείμενου. Σχετικά με την αποδοτικότητα αυτής της στρατηγικής εξαγωγής χαρακτηριστικών πλαισίων (key frame), τα αποτελέσματα που συνελέχθησαν κατά τα

πειράματα υποδεικνύουν ότι τα εξαγόμενα χαρακτηριστικά πλαίσια είναι εντός απόστασης λιγότερων από 7 πλαίσια από αυτά που εξήχθησαν με χειροκίνητη επισήμανση και εξυπηρετούν ως αληθές σύνολο (ground truth).

Έπειτα από εξαγωγή των αντιπροσωπευτικών πλαισίων, τα τελευταία γίνονται διαθέσιμα μέσω της διεπιφάνειας του AVC και την ίδια στιγμή, στέλνονται στο SC, το οποίο με τη σειρά του στέλνει τις δημοσιεύσεις στις ειδικές εκδηλώσεις του Facebook και γίνονται διαθέσιμα στους μαθητές για δημοσίευση σχολίων, ερωτήσεων, απαντήσεων σχετικά με κάθε αντικείμενο ενδιαφέροντος χρησιμοποιώντας την εφαρμογή Android στις έξυπνες συσκευές τους.

#### 4.1.3 Επισύναψη Ταινίας σε Πραγματικό Χρόνο χρησιμοποιώντας Δεδομένα από Κοινωνικά Δίκτυα

Καθώς η ταινία παρουσιάζεται στη «Θόλος» και αποστέλλεται στους απομακρυσμένους ειδικούς, τα διαφορετικά μέρη της ταινίας που έχουν ανέβει στο AVC αυτόματα επισυνάπτονται με συγκεντρωμένα δεδομένα που συλλέγονται από τον SC Monitor από την δραστηριότητα των συμμετεχόντων στην εκδήλωση του Facebook π.χ. ειδικοί, μαθητές και καθηγητές.

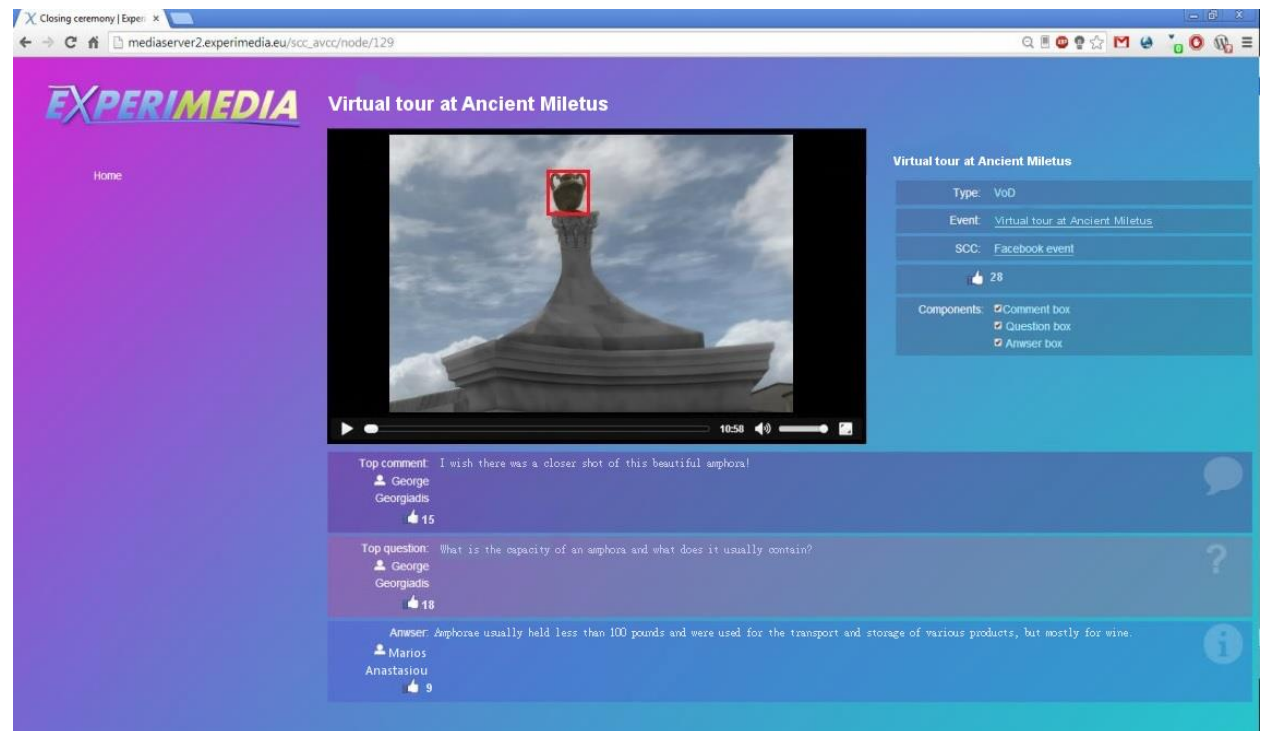
Ο SC Monitor εκτελεί συνεχώς ένα πρόγραμμα που ανακτά πληροφορίες από την εκδήλωση του Facebook σχετικά με τα αντιπροσωπευτικά βίντεο που έχουν προηγουμένως ανέβει για κάθε αντικείμενο ενδιαφέροντος, με ένα ρυθμιζόμενο χρονικό διάκενο. Η συγκεντρωμένη πληροφορία των κοινωνικών δικτύων χρησιμοποιείται έπειτα για να υπολογίσουμε χρήσιμες μετρικές για κάθε αντιπροσωπευτικό πλαίσιο και να το στείλει στο υπομήμα AVC.

Μόλις τα δεδομένα επισήμανσης έχουν ληφθεί από τον AVC, ο τελευταίος εντοπίζει τις εμφανίσεις των αντικειμένων ενδιαφέροντος στην ταινία στο AVCD αρχείο χρησιμοποιώντας τα μοναδικά αναγνωριστικά κάθε αντιπροσωπευτικού πλαισίου που

δημιουργήθηκαν κατά την προηγούμενη (offline) διαδικασία και συμπεριλαμβάνει τα ληφθέντα δεδομένα ως χαρακτηριστικά του σχετικού στιγμιότυπου της εμφάνισης αντικειμένου 'ObjectAppearance'. Ένας απλός XML αναγνώστης (reader) χρησιμοποιείται για να ερωτήσει το AVCD αρχείο και να επιστρέψει την πληροφορία επισήμανσης που αποθηκεύεται στο αρχείο. Επαρκή οπτικά βοηθήματα (π.χ. τετράγωνα για πλαίσια που πλαισιώνουν αντικείμενα, χρώματα για διαφορετικά αντικείμενα κτλ.) χρησιμοποιούνται για να επικοινωνήσουν την πληροφορία που αποθηκεύεται μέσα στο αρχείο AVCD στον τελικό χρήστη μέσω του AVC front-end στα χρονικά διάκενα που το αντικείμενο ενδιαφέροντος εμφανίζεται στην ταινία. Η συσσωρευμένη ανατροφοδότηση (feedback) παρουσιάζεται ως επισήμανση που συνεχώς ανανεώνονται κατά την προβολή της ταινίας και η πληροφορία που προβάλλεται στο AVC front end μπορεί να απενεργοποιηθεί με ένα κουμπί επιλογής (radio button) (Εικόνα 18). Τα δεδομένα επισήμανσης συνεχώς αποθηκεύονται ως μεταδεδομένα και συνεπώς μπορούν να εξαχθούν και αργότερα να μεταφερθούν μαζί με το πολυμεσικό περιεχόμενο.

Σχετικά με τις επιδόσεις του συστήματος, όπως αναμενόταν, η μεγάλη καθυστέρηση του συστήματος σχετίζεται με την εξαγωγή και την επεξεργασία του περιεχομένου από τα κοινωνικά δίκτυα. Από σχετικά πειράματα που διεξήχθησαν στο Facebook, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η αύξηση των φωτογραφιών που δημοσιεύθηκαν έχει μια σχεδόν γραμμική συμπεριφορά όσον αφορά την επίδοση. Παρόλα αυτά, ο απαιτούμενος χρόνος φτάνει ένα μέγιστο των 106,45 msec που είναι μία αποδεκτή καθυστέρηση για ένα μεγάλο αριθμό φωτογραφιών. Ο αριθμός των σχολίων ανά φωτογραφία έχει ένα ακόμα κόστος καθώς η επεξεργασία τους συμπεριλαμβάνει ταξινόμηση τους σύμφωνα με τη δημοτικότητα τους. Ακόμα το σύστημα ανταποκρίνεται καλά για τις περισσότερες ρεαλιστικές περιπτώσεις, όπου ο μέσος αριθμός σχολίων σχετικά με κάθε φωτογραφία είναι κάτω από 10, φτάνοντας το μέγιστο των 245,34 msec για 30 σχόλια ανά φωτογραφία. Συνεπώς, ο συνδυασμός πολύ

γρήγορων χρόνων εκτέλεσης ακόμα και σε ακραίες περιπτώσεις κάνει την προτεινόμενη τεχνική επισήμανσης κατάλληλη για επισήμανση ταινιών σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 18. Αντικείμενο ενδιαφέροντος εντοπισμένο και επισυνημμένο με συγκεντρωμένα δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα.

#### 4.2 Αξιολόγηση του Συστήματος από τους Τελικούς Χρήστες

Για να αξιολογήσουμε το σύστημα όσον αφορά την ψυχαγωγία που προσέφερε αλλά πάνω απ' όλα όσον αφορά την προστιθέμενη αξία τόσο για το κοινό όσο και για τους παραγωγούς της εκπαιδευτικής εκδήλωσης, χρησιμοποιήσαμε ερωτηματολόγια για τις δύο πλευρές.

Η απόκριση από το κοινό έδειξε ότι το 91% θεώρησε εύκολο και πολύ εύκολο να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή και το 86% το θεώρησε διασκεδαστικό. Το πιο σημαντικό εύρημα από το ερωτηματολόγιο του κοινού έγκειται στο γεγονός ότι το 82% αυτών δήλωσε ότι έμαθε περισσότερα μέσω αυτής της εμπειρίας απ' ότι αν έβλεπαν

απλά την ταινία. Τα αποτελέσματα από το ερωτηματολόγιο των παραγωγών ήταν επίσης πολύ ενθαρρυντικά. Πάνω από το 85% δήλωσε ότι η πληροφορία που έλαβε με τη μορφή συγκεντρωμένης δραστηριότητας από τα κοινωνικά δίκτυα ήταν πιο χρήσιμη από την πληροφορία που ελήφθη από παραδοσιακές μεθόδους, ενώ το 70% θεώρησε ότι το σύστημα μπορεί να βοηθήσει το χώρο να προσελκύσει περισσότερους επισκέπτες.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

## 5 Το σύστημα στην Πράξη - Εφαρμογές σε πειραματικές διαδικασίες

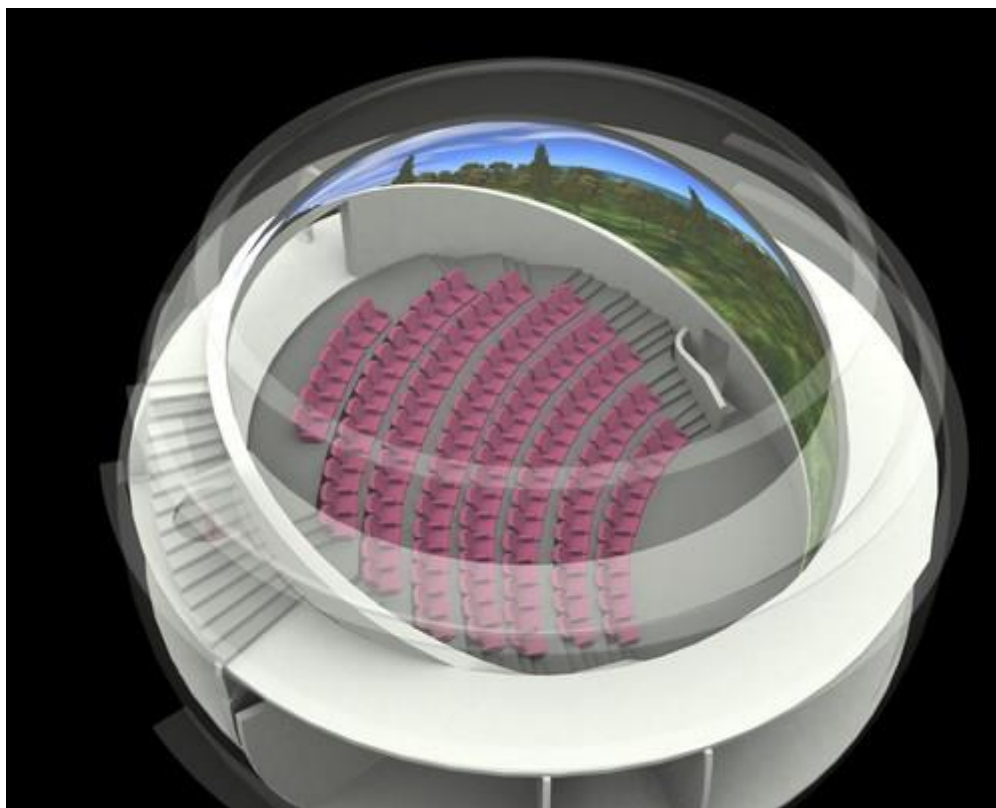
### 5.1 Θόλος: Μια εγκατάσταση εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση

Το πρόγραμμα ενός μαθήματος (π.χ. ιστορία) περιλαμβάνει συνήθως επισκέψεις σε μουσεία, αρχαιολογικούς χώρους εκπαιδευτικούς χώρους και εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις εικονικής πραγματικότητας. Ο στόχος μας είναι να βελτιώσουμε την εμπειρία μάθησης μαθητών που παίρνουν μέρος σε μια παρουσίαση μιας εκπαιδευτικής ταινίας. Μια εκδοχή του συστήματος χρησιμοποιήθηκε στον Ελληνικό Κόσμο [68], ένα εκπαιδευτικό/πολιτιστικό κέντρο που ανήκει στο Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού, επιτρέποντας την αλληλεπίδραση ανάμεσα σε μαθητές, δασκάλους, εκπαιδευτικούς του χώρου και απομακρυσμένους ειδικούς.



Εικόνα 19. Εξωτερική όψη του Θόλος. (πηγή: <http://www.tholos254.gr>)

Μια σειρά από εκθέσεις εκπαιδευτικές, πολιτιστικές και τεχνολογικές παρουσιάζονται στις εγκαταστάσεις του Ελληνικού Κόσμου. Το πιο διακεκριμένο ανάμεσα τους είναι η «Θόλος», ένα ημισφαιρικό θέατρο εικονικής πραγματικότητας, που συχνά επισκέπτονται σχολικές ομάδες ως επέκταση του μαθήματος ιστορίας. Η «Θόλος» χρησιμοποιεί ένα πλήρως ψηφιακό σύστημα προβολών, ρυθμιζόμενο σε ένα μονοσκοπικό, στερεοσκοπικό ή μεικτό τρόπο λειτουργίας. Έξι ζεύγη από SXGA+ προβολείς προβάλλουν την εικόνα που έχει συντεθεί σε μια τμηματοποιημένη ημισφαιρική αντανakλαστική επιφάνεια διαμέτρου 13 μέτρων [69].

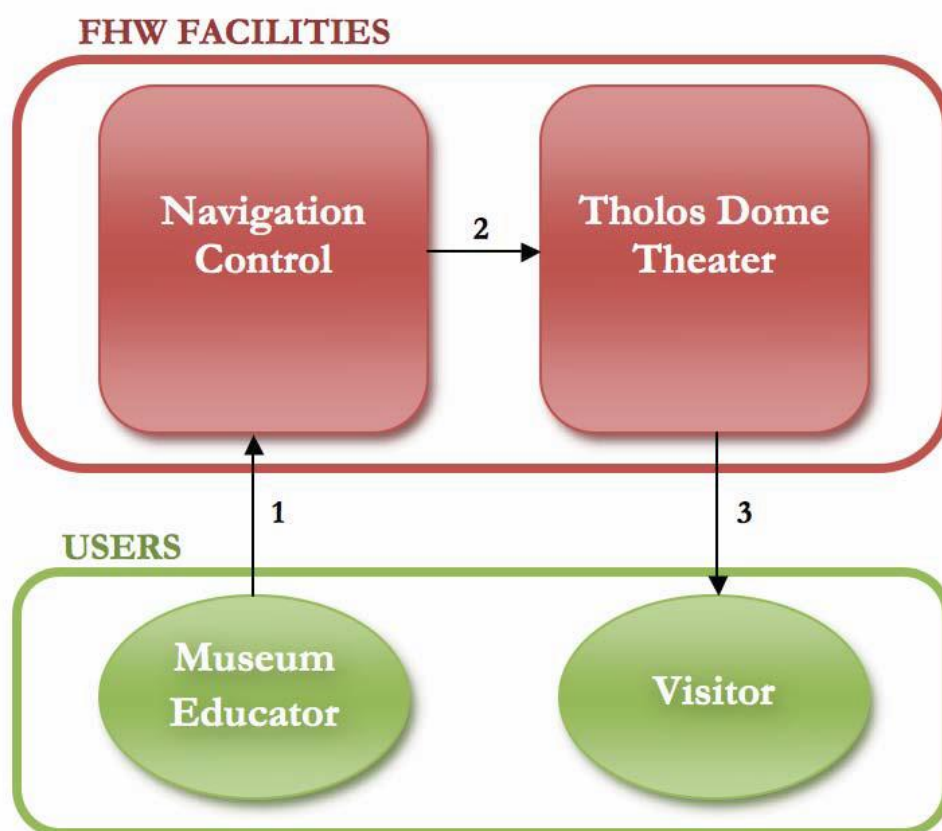


Εικόνα 20. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του Θόλος (πηγή <http://www.tholos254.gr>)

Η «Θόλος» μοιάζει με πλανητάριο στα φυσικά και μορφολογικά της χαρακτηριστικά. Ουσιαστικά όμως, το μόνο κοινό χαρακτηριστικό τους είναι το ημισφαιρικό σχήμα της επιφάνειας προβολής. Η εξωτερική σφαιρική μορφή της «Θόλου» παραπέμπει σε ένα ουράνιο σώμα που στροβιλίζεται. Πρόκειται για μια αίσθηση που αποδίδεται με την



επεξεργασία των επιφανειών και την επιλογή των υλικών, όπως οι επάλληλοι δακτύλιοι που περιβάλλουν το εξωτερικό κέλυφος της και ο ειδικός φωτισμός που την αναδεικνύει κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η αίθουσα ακροατών είναι σχεδιασμένη να φιλοξενεί έως 128 άτομα [70]. Η ανεπτυγμένη μηχανή που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας περιγράφεται λεπτομερώς στο [71].



Εικόνα 21. Το μοντέλο λειτουργίας του Θόλος πριν την εγκατάσταση του προτεινόμενου συστήματος

Το σύστημα εικονικής πραγματικότητας της «Θόλος» πριν την εκκίνηση του πειράματος μας, χρησιμοποιείται από ένα μόνο χρήστη, τον εκπαιδευτή, μέσω ενός χειριστηρίου. Η λειτουργία του μπορεί να μοντελοποιηθεί ως ένα σύστημα επικοινωνίας μιας κατεύθυνσης, καθώς ο εκπαιδευτής ελέγχει το σύστημα και η πληροφορία προβάλλεται στους μαθητές ενώ ταυτόχρονα τη σχολιάζει προφορικά. Ως

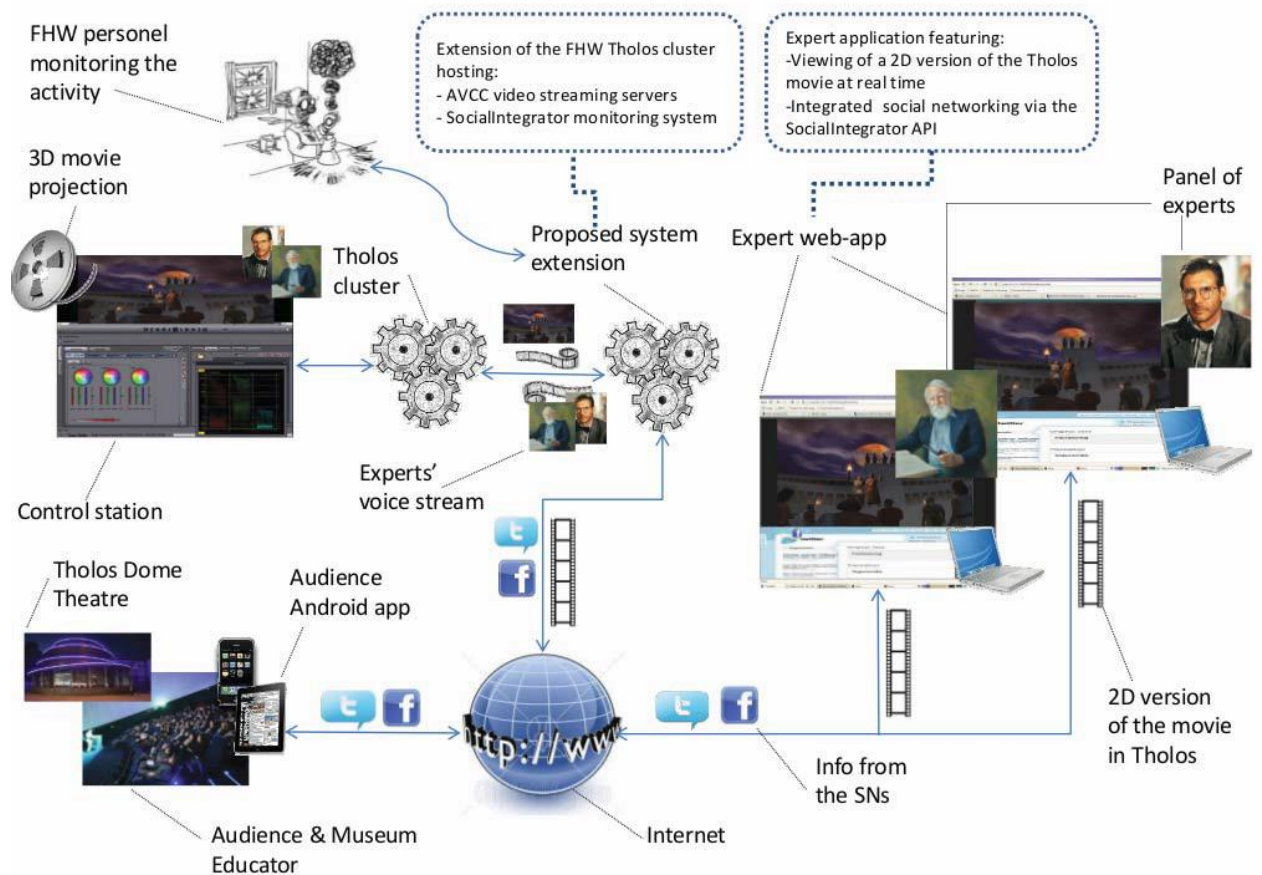
μόνη εξαίρεση σε αυτό, οι μαθητές μπορούν να συμμετάσχουν με συγκεκριμένες ηλεκτρονικές δημοσκοπήσεις (μέσω κουμπιών στις θέσεις τους), καθορίζοντας τη διαδρομή που ο εκπαιδευτής θα ακολουθήσει, αλλάζοντας σε πραγματικό χρόνο τη ροή της πληροφορίας. Ο κύριος λόγος για αυτή την εξαιρετικά δομημένη και προκαθορισμένη διαδρομή είναι ότι ο εκπαιδευτής δουλεύει με προκαθορισμένα σενάρια προετοιμασμένα από εξειδικευμένους ειδικούς (κυρίως αρχαιολόγους, ιστορικούς, αρχιτέκτονες), καθώς το κόστος της πρόσληψης πολλών πραγματικών ειδικών είναι απαγορευτικό. Αυτά τα σενάρια παρέχουν πληροφορία με μια συγκεκριμένη σειρά και συνεπώς η ξενάγηση στον ψηφιακό κόσμο πρέπει να ακολουθήσει την ίδια σειρά, καθώς οι εκπαιδευτές έχουν μικρή δυνατότητα να λειτουργήσουν πέραν αυτού. Κατά την παρουσίαση, οι μαθητές δεν επιτρέπεται να ανταλλάξουν σχόλια μεταξύ τους ή να υποβάλλουν ερωτήσεις στον εκπαιδευτή καθώς θα διέκοπτε την ροή της ταινίας και θα παρέμβαινε με την εμπειρία των άλλων επισκεπτών. Ακόμα και αν μπορούσαν όμως να υποβάλλουν, οι εκπαιδευτές μπορεί να μην είναι σε θέση να παρέχουν ενδελεχείς απαντήσεις λόγω έλλειψης μεγάλης εμπειρίας.

Το παρουσιαζόμενο σύστημα δοκιμάστηκε στο EXPERIMEDIA [72], ένα ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο που διερευνά νέες μορφές κοινωνικής και διαδικτυακής πολυμεσικής εμπειρίας. Αρχικά εφαρμόστηκε στο Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού (Foundation of the Hellenic World), ένα πολιτισμικό κέντρο πολλαπλών σκοπών. Η ομάδα παραγωγής του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού βλέπει σημαντικά πλεονεκτήματα και δυνατότητες στο πειραματικό σύστημα που τους επιτρέπει να έχουν αδιάκοπη επίβλεψη στις πιλοτικές ταινίες με συγκεντρωμένο και επεξεργασμένο υλικό ανατροφοδότησης (feedback) από ένα εξειδικευμένο κοινό προκειμένου να βελτιώσει και να οριστικοποιήσει την ταινία πριν την επίσημη δημοσίευση της στο κοινό [21].

Πέρα από την εφαρμογή του στο σενάριο πιλοτικής ταινίας, το προτεινόμενο σύστημα έχει αξιοποιηθεί σε δυο επιπρόσθετες πειραματικές εφαρμογές: CARVIREN (CAR

Virtual Environment) [73], όπου χρησιμοποιήθηκε σε ένα προπονητικό κέντρο υψηλών επιδόσεων και στο iCaCoT (interactive Camera-based Coaching and Training) [74], στο Schladming Ski Resort στην Αυστρία.

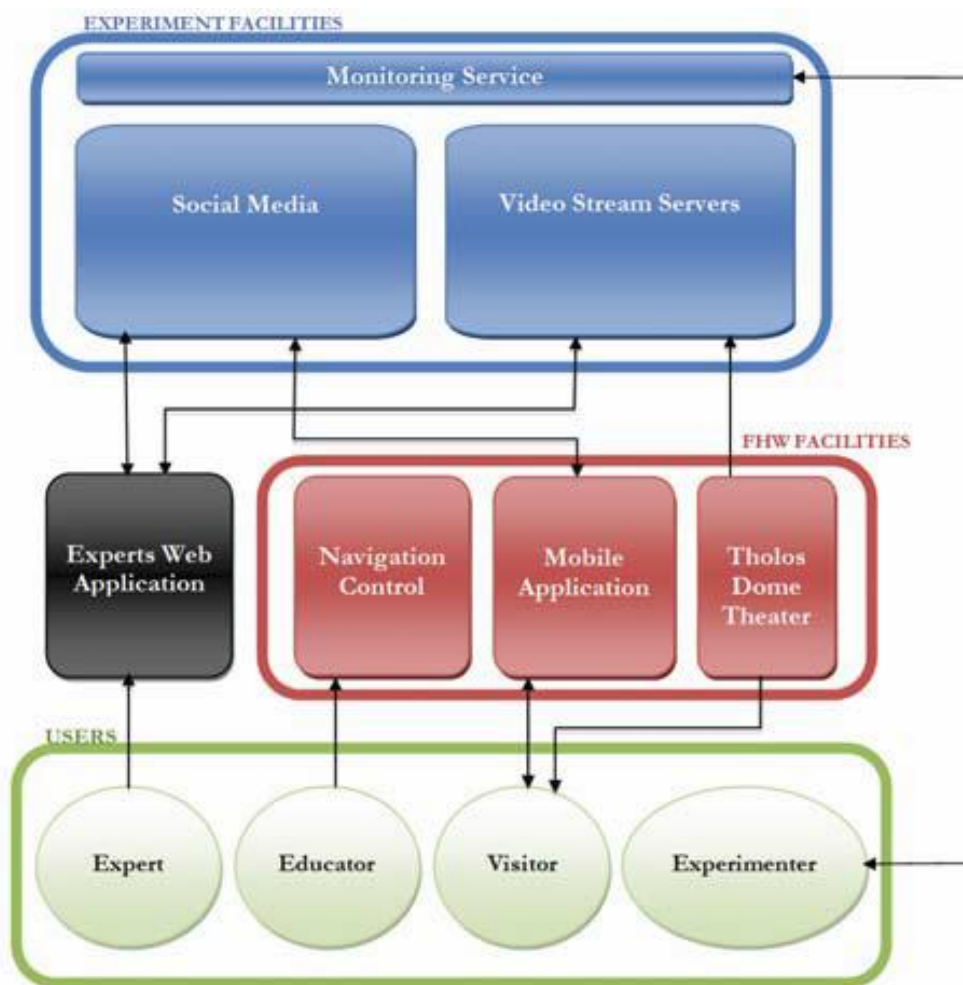
## 5.2 Επεκτείνοντας τη λειτουργία του Θόλος



Εικόνα 22. Επισκόπηση του προτεινόμενου συστήματος με εφαρμογή του στο «Θόλος»

Προκειμένου να μεταδώσουμε την εικόνα του Tholos σε αρκετούς απομακρυσμένους ειδικούς, ένας επιπλέον κόμβος προστέθηκε που μετέδιδε ένα ελαφρά μεγαλύτερο πλαίσιο από το κεντρικό κανάλι προβολής στους ειδικούς. Δεδομένου ότι η κεντρική δραστηριότητα είναι πάντα στο κέντρο της προβολής, ενώ οι ειδικοί δεν βλέπουν ακριβώς την ίδια εικόνα όπως το κοινό, η εικόνα που τους αναμεταδίδεται είναι αρκετή

για να καταλάβουν το περιεχόμενο. Το βίντεο από τον επιπλέον κόμβο δόθηκε ως είσοδος σε ένα άλλο υπολογιστή (STREAM-PC) με μια κάρτα εγγραφής βίντεο (video capture card AverMedia HD). Το STREAM-PC επίσης έλαβε τον ήχο από το μικρόφωνο των ειδικών από την κάρτα ήχου. Από αυτό το σημείο η επιστρεφόμενη εικόνα κωδικοποιήθηκε σε H.264 μορφή και αναμείχθηκε με τον περιβάλλοντα ήχο του Θόλος, κωδικοποιημένο σε AAC και ενσωματωμένο σε μια RTMP ροή, που στάλθηκε στον AVCC εξυπηρετητή μετάδοσης (streaming server). Μια οπτική αναπαράσταση του μοντέλου λειτουργίας του Tholos μετά την επέκταση φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 23. Μοντέλο λειτουργίας του Θόλος μετά την εγκατάσταση του προτεινόμενου συστήματος

### 5.3 Εντάσσοντας τα κοινωνικά δίκτυα στην εμπειρία της «Θόλου»

Προκειμένου να εντάξουμε τα κοινωνικά δίκτυα με την πραγματική εμπειρία στη «Θόλο», αξιοποιήσαμε την ιδέα της δημιουργίας μιας εικονικής εκδήλωσης στα κοινωνικά δίκτυα (Facebook, Twitter) για κάθε εκπαιδευτική προβολή. Στην περίπτωση του Facebook, που υποστηρίζει την ιδέα των γεγονότων, δημιουργούσαμε μια εκδήλωση στο Facebook υπό την επίσημη σελίδα του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού. Όσον αφορά το Twitter, το οποίο δεν υποστηρίζει γεγονότα, χρησιμοποιήσαμε “hashtags”, για την προσομοίωση ενός γεγονότος και την διαχείριση του περιεχομένου του. Μόλις οι φοιτητές συνδέονται στο λογαριασμό τους στο Facebook ή το Twitter μέσω της ειδικά σχεδιασμένης εφαρμογής Android, αυτόματα μεταβαίνουν στην παρακολούθηση της συγκεκριμένης εκδήλωσης στο Facebook ή το Twitter αντίστοιχα και συνεπώς έχουν πρόσβαση σε όλη την πληροφορία συμπεριλαμβάνοντας σχόλια, ερωτήσεις και απαντήσεις.



Εικόνα 24. Ένας επισκέπτης χρησιμοποιεί την κινητή εφαρμογή μέσα στη Θόλο

Υπάρχουν δύο θέματα που προκύπτουν από την παραγωγή και την απεικόνιση της ροής των κοινωνικών δικτύων με ένα τρόπο φιλικό στον χρήστη. Πρώτον, οι ερωτήσεις πρέπει να συνδέονται με τα αντίστοιχα μέρη της εκπαιδευτικής ταινίας. Δεύτερον, οι ειδικοί θα έπρεπε να βλέπουν ερωτήσεις ομαδοποιημένες σύμφωνα με το περιεχόμενο και προς αποφυγή σύγχυσης να βλέπουν μόνο αυτές που σχετίζονται με την ειδικότητα τους (π.χ. ένας αρχιτέκτονας ίσως προτιμά να βλέπει μόνο ερωτήσεις σχετικά με ιστορικά κτίρια). Παρόλα αυτά, όπως ήδη περιεγράφηκε, το περιεχόμενο που προβάλλεται στη «Θόλος» μεταδίδεται σε πραγματικό χρόνο και εξαρτάται από την πλοήγηση του εκπαιδευτή, δηλαδή εξαρτάται από την επιλεγμένη πορεία και την ταχύτητα με την οποία ο εκπαιδευτής εκτελεί την πλοήγηση. Επιπλέον, το γεγονός ότι οι μαθητές μπορούν να πληκτρολογήσουν μια ερώτηση με το δικό τους ρυθμό ανεξάρτητα από το περιεχόμενο που προβάλλεται αυτή τη στιγμή, καθώς και η καθυστέρηση που εισάγεται όταν αποστέλλουμε ή ανακτούμε περιεχόμενα από τα κοινωνικά δίκτυα μέσω Ίντερνετ, καθιστά τις λύσεις που βασίζονται σε χρονικά στιγμιότυπα μη αποδοτικές στην περίπτωση μας.

Σύμφωνα με την προσέγγιση μας, με κάθε νέα εκπαιδευτική προβολή, μια λίστα από αντιπροσωπευτικά μέρη της εκπαιδευτικής ταινίας (π.χ. ιστορικές τοποθεσίες) προστίθεται στα αντίστοιχα events του Facebook και του Twitter πριν την έναρξη της προβολής. Η Android Εφαρμογή Επισκέπτη ανακτά δυναμικά τις φωτογραφίες αυτές κατά τη διάρκεια της παρουσίασης, επιτρέποντας στους επισκέπτες αυτόματα να συσχετίζουν ερωτήσεις ή σχόλια με το συγκεκριμένο μέρος της ταινίας, χωρίς να πληκτρολογούν επιπλέον κείμενο για να προσδιορίσουν το περιεχόμενο. Παράλληλα, οι ειδικοί παρακολουθούν την δραστηριότητα στα κοινωνικά δίκτυα και απαντούν ερωτήσεις της ειδικότητάς τους, χρησιμοποιώντας την ειδικά σχεδιασμένη Εφαρμογή Ειδικών. Ο ορισμός του περιεχομένου των φωτογραφιών και η δημιουργία τους έγινε από τους ειδικούς του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού. Εντούτοις, αυτό θα μπορούσε

να πραγματοποιηθεί με έναν αυτοματοποιημένο τρόπο χρησιμοποιώντας τεχνικές σύνοψης βίντεο όπως στο [75].

#### 5.4 Διαφάνεια ως προς τα Κοινωνικά Δίκτυα και Ιδιωτικότητα

Ένα από τα κύρια σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του SocialIntegrator είναι η αφαιρετικότητα ως προς τα κοινωνικά δίκτυα, δηλαδή η παροχή των ίδιων δυνατοτήτων και λειτουργιών ανεξάρτητα από την επιλογή σύνδεσης των μαθητών και των δασκάλων στους λογαριασμούς τους στο Facebook ή το Twitter. Την ίδια στιγμή, η πηγή της πληροφορίας στα κοινωνικά δίκτυα παραμένει επίσης ασαφής για τους ειδικούς. Αυτό απαιτεί συγκεκριμένες σχεδιαστικές αποφάσεις και υλοποιήσεις. Στην περίπτωση του Facebook κάθε φωτογραφία έχει ένα μήνυμα ως περιγραφή. Η υλοποίηση σχετικά με τα σχόλια του κοινού συνδέεται με τα σχόλια κάτω από τη φωτογραφία στο Facebook, ενώ οι ερωτήσεις οι οποίες δεν υποστηρίζονται εκ των προτέρων υλοποιούνται ως ξεχωριστά posts στη ροή συνενώνοντας τη περιγραφή της φωτογραφίας με “:” και τα σχόλια στις δημοσιεύσεις αυτές είναι οι απαντήσεις. Σχετικά με το Twitter, η εκδήλωση προσδιορίζεται με ένα μικρό μη συνηθισμένο hashtag, όπως για παράδειγμα #fhw\_εν01, το οποίο θα πρέπει να φαίνεται σε κάθε ακόλουθη δημοσίευση σχετικά με την εκδήλωση. Οι φωτογραφίες που ανεβαίνουν από τους λογαριασμούς του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού, πρέπει να έχουν παρόμοια με το Facebook, ένα μοναδικό hashtag, επιπρόσθετα με το hashtag της εκδήλωσης. Ερωτήσεις ή σχόλια σε μια φωτογραφία αντιμετωπίζονται ως Tweets που έχουν και τα hashtags της φωτογραφίας και ένα επιπρόσθετο #q ή #c hashtag ανάλογα αντίστοιχα. Μια απάντηση σε μια ερώτηση στην περίπτωση αυτή είναι απλά ένα tweet απάντηση σε μια ερώτηση που ξεκινά με ένα hashtag της εκδήλωσης.

Η χρήση ιδιωτικών εκδηλώσεων, που είναι ορατές μόνο από ανθρώπους που έχουν λάβει πρόσκληση και δεν μπορούν να βρεθούν ως αποτέλεσμα δημόσιων αναζητήσεων, ήταν πολύ σημαντική για λόγους ιδιωτικότητας και πνευματικών

δικαιωμάτων. Για λόγους ιδιωτικότητας προτιμήθηκε το Facebook όταν χρησιμοποιήθηκε το σύστημα.

Οι χρήστες του συστήματος μπορούν να αλληλοεπιδράσουν μεταξύ τους και να είναι μέλη αυτής της εκπαιδευτικής κοινότητας, χωρίς να παρέχουν προσωπικές πληροφορίες ή να προσθέτουν φίλους στη λίστα φίλων/επαφών. Αυτή η σχεδίαση του παρουσιαζόμενου συστήματος ξεπερνά το πρόβλημα των μαθητών που πρέπει να συνηθίσουν μια καινούργια πρακτική όπως στο [8] με τα weblogs, καθώς η πλειοψηφία των μαθητών είναι ήδη συνηθισμένη στη χρήση κοινωνικών δικτύων.

## 5.5 Επιβλέποντας το πείραμα

Κατά τη διάρκεια του πειράματος και στο παρασκήνιο, τα δεδομένα που έχουν ανταλλαχθεί ανάμεσα στους συμμετέχοντες, δηλαδή το πάνελ των ειδικών και τους επισκέπτες, συλλέγονται από τα κοινωνικά δίκτυα και χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό μετρικών που μας ενδιαφέρουν. Ένα υπομνήμα του SocialIntegrator είναι υπεύθυνο για την ανάκτηση αυτών των δεδομένων που μας ενδιαφέρουν. Αυτό το υπομνήμα είναι μια ανεξάρτητη Java εφαρμογή που χρησιμοποιεί δεδομένα των κοινωνικών δικτύων, έχοντας τις αντίστοιχες εξουσιοδοτήσεις των χρηστών και πρόσβαση στην επιθυμητή δραστηριότητα στα κοινωνικά δίκτυα.

Αντίθετα με άλλες πηγές που επιβλέπουμε, όπως το AVCC στο οποίο το διάκενο επίβλεψης μπορεί να πάρει πολύ χαμηλές τιμές ακόμα και μικρότερες των 5 δευτερολέπτων, όταν εξετάζουμε την παρακολούθηση του SocialIntegrator, που παρακολουθεί την δραστηριότητα των συμμετεχόντων στα κοινωνικά δίκτυα, τόσο μικρές τιμές-διαστήματα είναι μη ρεαλιστικές και απλά δημιουργούν μη επιθυμητή κυκλοφορία δικτύου.

Επιπρόσθετα, δεδομένου ότι ο SocialIntegrator Monitoring εκτελεί αρκετά αιτήματα στα κοινωνικά δίκτυα μέσω του Ίντερνετ για να ανακτήσει δεδομένα σχετικά με



πειράματα κάθε φορά που δέχεται ερωτήματα από τον ECC EM, στην πράξη διαπιστώσαμε περιπτώσεις όπου το διάστημα ανάμεσα σε διαδοχικές ερωτήσεις ήταν μικρότερο από το χρόνο που απαιτείται για να συλλέξουμε τα δεδομένα από το προηγούμενο ερώτημα.

Σε αυτήν την κατεύθυνση, το τμήμα του SocialIntegrator Monitoring που είναι υπεύθυνο για την συλλογή δεδομένων από τα κοινωνικά δίκτυα, έχει τώρα γίνει ένα daemon thread που συλλέγει τα δεδομένα, χρησιμοποιώντας δικό του χρονικό διάκενο. Να σημειώσουμε ότι το χρονικό διάκενο είναι παραμετροποιήσιμο και μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες του πειράματος και την ταχύτητα του δικτύου που χρησιμοποιείται.

Για την συγκεκριμένη εγκατάσταση του πειραματικού συστήματος, ο εκπαιδευτικός χώρος που φιλοξενούσε το πείραμα, το Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού, ενδιαφερόταν κυρίως στις ακόλουθες δύο πτυχές:

- (i) Γενικές πληροφορίες για την δραστηριότητα στα κοινωνικά δίκτυα.**  
Αυτή η πληροφορία βοηθά τους υπεύθυνους του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού να κατανοήσουν αν στο κοινό (και πιο συγκεκριμένα σε ποιο τμήμα του κοινού π.χ. ηλικιακή ομάδα) άρεσε το νέο εκπαιδευτικό σύστημα που ήταν εγκατεστημένο στο θέατρο του Θόλος. Σε αυτήν την κατεύθυνση, πληροφορία σχετικά με τους επισκέπτες που παρακολουθούν την εκδήλωση στα κοινωνικά δίκτυα ανακτάται και έπειτα χρησιμοποιείται για να υπολογιστούν μετρικές σχετικά με την συνολική απασχόληση των συμμετεχόντων στα κοινωνική δραστηριότητα, όπως τον αριθμό των συμμετεχόντων, την μέση ηλικία τους, τον μέσο αριθμό των σχολίων/ερωτήσεων ανά συμμετέχοντα.
- (ii) Συγκέντρωση πληροφορίας ανατροφοδότησης (feedback) από τους επισκέπτες για τα διάφορα τμήματα της ταινίας.** Προκειμένου να

συλλέξουμε πληροφορία σχετικά με τον τρόπο που το κοινό αντιλαμβάνεται την ταινία, κάθε φωτογραφία που φιλοξενείται στα κοινωνικά δίκτυα, που όπως περιγράφηκε, αντιπροσωπεύει ένα διαφορετικό τμήμα της ταινίας, γίνεται μια οντότητα που παρακολουθούμε και διάφορα χαρακτηριστικά συνδέονται με αυτήν όπως ο αριθμός των likes, ο αριθμός των σχολίων, ερωτήσεις, απαντήσεις ανά φωτογραφία, όπως επίσης και κορυφαίο σχόλιο ανά φωτογραφία, κορυφαία ερώτηση ανά φωτογραφία και κορυφαία απάντηση σε αυτήν.

Όπως ήδη παρουσιάστηκε σε προηγούμενη ενότητα, το SocialIntegrator περιλαμβάνει ένα υπομήμα που είναι υπεύθυνο για ανάκτηση πληροφοριών από τα υποστηριζόμενα κοινωνικά δίκτυα, υπολογισμό των παραπάνω μετρικών και αποστολή τους στον EM για παρουσίαση τους στον εκπρόσωπο του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού κατά το πείραμα.

## 5.6 Ανάλυση Συγκεντρωμένων Αποτελεσμάτων

Σχετικά με τις λεπτομέρειες του πειράματος, υπήρξαν τρεις κύριες εκτελέσεις του πειράματος (χωρίς να υπολογίζουμε τις δοκιμαστικές εκτελέσεις) σε διάστημα δυο εβδομάδων με περίπου 70 χρήστες συνολικά, η πλειοψηφία των οποίων ήταν μαθητές και φοιτητές πανεπιστημίου. Δεδομένης της ηλικίας των χρηστών και της σχεδίασης της Android εφαρμογής επισκεπτών ώστε να είναι φιλική προς το χρήστη και εύχρηστη, ήταν άμεσα κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος.

Κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής ταινίας που διαρκεί 45 λεπτά, οι επισκέπτες χρησιμοποίησαν την εφαρμογή Android για να σχολιάσουν το περιεχόμενο που παρακολουθούσαν και να ρωτήσουν ερωτήσεις στους απομακρυσμένους ειδικούς. Παρ' όλο που χρησιμοποίησαν με ευχαρίστηση την εφαρμογή καθ' όλη την διάρκεια

της προβολής, έκριναν ότι δεν τους αποσπούσε από αυτήν. Συνολικά πάνω από 30 ερωτήσεις διατυπώθηκαν και ακόμα περισσότερα σχόλια δημοσιεύθηκαν.

Μετά το τέλος της εκπαιδευτικής προβολής, οι συγκεντρωμένες QoE και QoS μετρικές αναφέρονται και αξιολογούνται. Συγκρίνοντας τον αριθμό των 'likes' ανάμεσα στα στιγμιότυπα, μπορούμε να οδηγηθούμε σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Για παράδειγμα, η «Αγορά της Μιλήτου» συγκέντρωσε τα περισσότερα likes, που σημαίνει ότι ήταν ένα δημοφιλές τμήμα, οπότε οι διοργανωτές θα έπρεπε ίσως να αφιερώσουν περισσότερο χρόνο σε αυτό.

Από την άλλη πλευρά, μια φωτογραφία με μηδενικά ή πολύ λίγα 'likes' θα πρέπει να δώσει κίνητρο στους διοργανωτές να αναθεωρήσουν το συγκεκριμένο τμήμα ή ακόμα και να το αφαιρέσουν από την προβολή.

Προχωρώντας ακόμα περισσότερο, οι συγκεντρωμένες μετρικές υποδεικνύουν ποια είναι η ερώτηση με τα περισσότερα 'likes' (δηλαδή η «κορυφαία ερώτηση»), καθώς και η κορυφαία απάντηση για αυτήν την ερώτηση. Αυτό σημαίνει ότι το κοινό πραγματικά ήθελε να μάθει για το συγκεκριμένο θέμα και ήταν ιδιαίτερα ικανοποιημένο με την συγκεκριμένη απάντηση (καθώς πολλαπλές απαντήσεις μπορούν να δοθούν από ειδικούς). Αυτό μπορεί συνεπώς να ενθαρρύνει τους παραγωγούς να συμπεριλάβουν την σχετική πληροφορία, καθώς φαίνεται να είναι δημοφιλής.

Ένα περιστατικό που συνέβη κατά τη διάρκεια του πειράματος είναι χαρακτηριστικό: στο σημείο όπου η εκπαιδευτική ταινία δείχνει ένα βωμό στην αγορά της Μιλήτου, η αφήγηση παραλείπει να εξηγήσει την λειτουργία του και το λόγο για τον οποίο θεωρείται σημαντικός. Ένα μέλος του κοινού έθεσε την σχετική ερώτηση και η απάντηση του ειδικού αποδείχθηκε να είναι η πιο σημαντική και δημοφιλής δημοσίευση κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, όντας ταυτόχρονα χιουμοριστική και

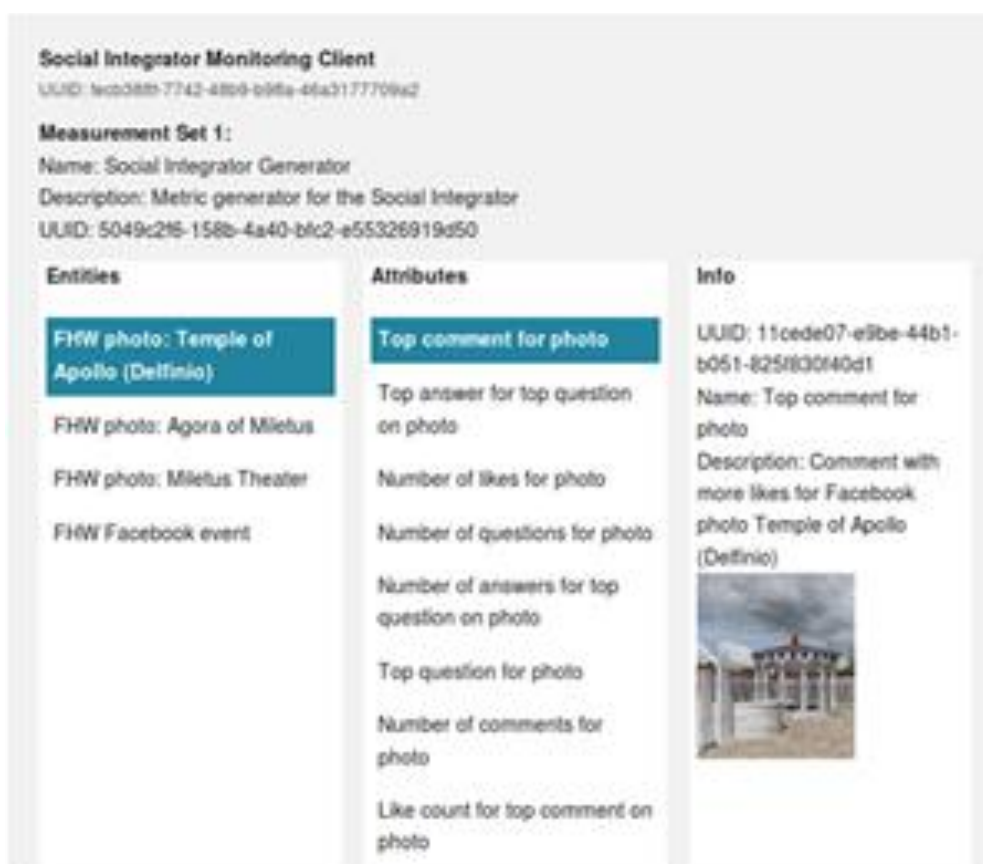
ενημερωτική. Η ομάδα παραγωγής αποφάσισε συνεπώς να συμπεριλάβει την απάντηση στην αφήγηση της εκπαιδευτικής ταινίας.

Είναι εμφανές ότι μια πιο ενδεδειγμένη στατιστική ανάλυση των συγκεντρωμένων δεδομένων θα μπορούσε να βοηθήσει στην εξαγωγή πιο σύνθετων συμπερασμάτων εφαρμόζοντας μεθόδους όπως στο [76], [77] και [78]. Για παράδειγμα, η δημοτικότητα συγκεκριμένων τμημάτων ή συγκεκριμένων τύπων απαντήσεων από τους ειδικούς (χιουμοριστικών, επιστημονικών, αναλυτικών) θα μπορούσε να συσχετιστεί με συγκεκριμένες ηλικιακές ομάδες π.χ. «νεαροί επισκέπτες τείνουν να προτιμούν μικρές, εύστοχες απαντήσεις από ειδικούς, παρά πολύπλοκες ιστορικές απαντήσεις με πολλά ιστορικά στοιχεία». Όπως μπορεί να εξαχθεί από την οργανωτική ομάδα του εκπαιδευτικού χώρου (Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού), αυτό μπορεί να είναι μια πολύτιμη πηγή πληροφορίας που θα μπορούσε να συμπληρώσει ή και να ξεπεράσει παραδοσιακές μεθόδους συλλογής ανατροφοδότησης (feedback), όπως με τη διανομή ερωτηματολογίων μετά την προβολή της εκπαιδευτικής ταινίας.

Επιπρόσθετα οι μετρικές ποιότητας της υπηρεσίας (Quality of Service) σχετικά με την απόδοση της οπτικοακουστικής μετάδοσης (streaming) παρέχουν ενδιαφέρουσες πληροφορίες σχετικά με την τεχνική επίδοση της μετάδοσης του οπτικοακουστικού περιεχομένου, όπως πλαίσια ανά δευτερόλεπτο (frames per second), ρυθμός αναπαραγωγής (playback rate), πλαίσια που έχουν απορριφθεί (dropped frames) κτλ.

Τα παραπάνω αποτελέσματα συνεισφέρουν στη προστιθέμενη αξία για τους παραγωγούς/εκπαιδευτικό χώρο. Η αξία για τον επισκέπτη είναι περισσότερο εμφανής αλλά εξίσου σημαντική. Μια σχετικά συντηρητική και μερικές φορές τετριμμένη πολιτισμική/εκπαιδευτική εμπειρία μπορεί συνεπώς να μετασχηματιστεί σε μια συναρπαστική ευκαιρία να συζητηθούν οι ερωτήσεις των συμμετεχόντων με ειδικούς του τομέα, ενώ διασκεδάζουν και επικοινωνούν με τους φίλους /συμμαθητές/συμφοιτητές τους. Οι ειδικοί ήταν επίσης πολύ θετικοί σχετικά με την ιδέα/προσέγγιση, που τους επέτρεψε να επικοινωνήσουν από τον προσωπικό τους χώρο

με μαθητές και να χρησιμοποιήσουν την εμπειρία τους για να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των νέων ανθρώπων για την ιστορία.



Εικόνα 25. Στιγμιότυπο οθόνης της Γραφικής Διεπιφάνειας Χρήστη (GUI) της υπηρεσίας επίβλεψης πειράματος με όλες τις διαθέσιμες φωτογραφίες και τις σχετικές μετρικές

Το υποτήμημα SocialIntegrator που είναι υπεύθυνο για ανάκτηση πληροφορίας από τα υποστηριζόμενα κοινωνικά δίκτυα, υπολογίζει τις παραπάνω μετρικές επίβλεψης και επικοινωνεί με το EM προκειμένου να τις παρουσιάσουν στον αντιπρόσωπο του FHW κατά τη διάρκεια του πειράματος. Οι Εικόνες Εικόνα 25 και Εικόνα 26 δείχνουν στιγμιότυπα του EM GUI κατά τη διάρκεια του πειράματος.

**Metric Group 1: Social Integrator Metric Group (Metric group for Social Integrator metrics)**  
 UUID: 49ff5992-ad8f-4f4c-992a-fd7c32270913

**Measurement Set 1: Top answer for top question on photo (Answer, NOMINAL)** [show live data](#)  
 Entity name: FHW photo: Miletus Theater

**Measurement Set 2: Number of questions for photo (Question, RATIO)** [show live data](#)  
 Entity name: FHW photo: Miletus Theater

**Measurement Set 3: Number of comments for photo (Comment, RATIO)** [show live data](#)  
 Entity name: FHW photo: Temple of Apollo (Delfinio)

**Measurement Set 4: Top question for photo (Question, NOMINAL)** [show live data](#)  
 Entity name: FHW photo: Miletus Theater

**Measurement Set 5: Number of likes for photo (Like, RATIO)** [hide live data](#)  
 Entity name: FHW photo: Temple of Apollo (Delfinio)  
 Last metric report: 22/02/2013 16:54:30  
 Total number of reports: 10

Timestamp	Number of Likes
Feb 22 16:53:00	1.0
Feb 22 16:53:05	1.0
Feb 22 16:53:10	1.0
Feb 22 16:53:15	1.0
Feb 22 16:53:20	1.0
Feb 22 16:53:25	1.0
Feb 22 16:53:30	1.0
Feb 22 16:53:38	2.0
Feb 22 16:53:50	2.0
Feb 22 16:54:00	2.0
Feb 22 16:54:16	2.5
Feb 22 16:54:35	3.1

**Measurement Set 6: Average age of users in event (Year, RATIO)** [show live data](#)  
 Entity name: FHW Facebook event

**Measurement Set 7: Top answer for top question on photo (Answer, NOMINAL)** [show live data](#)  
 Entity name: FHW photo: Agora of Miletus

Εικόνα 26. . Στιγμιότυπο οθόνης της Γραφικής Διεπιφάνειας Χρήστη της υπηρεσίας επίβλεψης Πειράματος σχετικά με τον αριθμό των likes για την φωτογραφία: "Ναός του Απόλλωνα"

## 6 Εφαρμογές σε άλλες πειραματικές διαδικασίες

Πέρα από την εγκατάσταση του μοντέλου σε διαδικασίες μετά την παραγωγή που ακολουθούν τα γυρίσματα μιας ταινίας, σε πιλοτικά επεισόδια μιας ταινίας, σε αθλητικές εγκαταστάσεις για διαδραστική και απομακρυσμένη προπόνηση και παροχή γρήγορης ανατροφοδότησης προκειμένου να βελτιώσουν τις επιδόσεις των αθλητών, υπάρχουν πολλές πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις και χρήσεις του μοντέλου. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε πολιτιστικά φεστιβάλ όπως φεστιβάλ κινηματογράφου, συνδέοντας τα μέλη του κοινού και παρέχοντας πολύτιμη ανατροφοδότηση στην παραγωγή/οργανωτική επιτροπή. Συνεπώς η αρμόδια επιτροπή και τα μέλη που έχουν δικαίωμα ψήφου για τα βραβεία μπορούν να λάβουν υπόψιν την γνώμη του κοινού, που μπορεί τώρα να έχει ένα πιο ενεργό και διαδραστικό ρόλο. Το προτεινόμενο μοντέλο επίσης επιτρέπει στα μέλη ενός απομακρυσμένου κοινού να παρακολουθούν τις ταινίες και να συμμετέχουν στην επιλογή προτεινόμενων ή βραβευμένων ταινιών, δίνοντας ένα εθνικό ή διεθνές χαρακτήρα σε ένα τοπικό φεστιβάλ κινηματογράφου, καθιστώντας το περισσότερο γνωστό. Οι παραγωγοί και δημιουργοί των ταινιών έχουν τη δυνατότητα να κερδίσουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη δημοτικότητα και την πιθανή εμπορική επιτυχία της ταινίας τους και ποια συγκεκριμένα τμήματα ήταν περισσότερο ενδιαφέροντα μέσω των συσσωρευμένων δεδομένων από τα κοινωνικά δίκτυα που συνδέονται με το αντίστοιχο περιεχόμενο, βοηθώντας τους να δημιουργήσουν ένα πιο δελεαστικό τρέιλερ ή να προσθέσουν περιεχόμενο στο υπάρχον.

### 6.1 Πιλοτικές ταινίες

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλές εφαρμογές που αξιοποιούν τη διάδοση των κοινωνικών δικτύων. Αυτή η εργασία εστιάζει περισσότερο στους παραγωγούς παρά στο κοινό, διερευνώντας πως οι πρώτοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν επωφελώς την πληροφόρηση (feedback) που λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο από ένα κοινό, το οποίο μπορεί να είναι γεωγραφικά απομακρυσμένο ώστε να ενσωματώσουν αλλαγές και να βελτιώσουν την παρουσιαζόμενη ταινία.



Εικόνα 27. Πάνω σκηνή από το πιλοτικό επεισόδιο της τηλεοπτικής σειράς Σέρλοκ του BBC. Κάτω ίδια σκηνή από το επεισόδιο 1 που προβλήθηκε. (Copyright © BBC. All rights reserved.)

Η ανάγκη για ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να υπάρξει σε διάφορους τομείς, όταν πολυμεσικό περιεχόμενο χρειάζεται να αναθεωρηθεί από διάφορες οντότητες που είναι γεωγραφικά απομακρυσμένες και να τροποποιηθεί από ειδικούς λαμβάνοντας υπόψη τα σχόλια. Ένα τέτοιο σενάριο μπορεί να λάβει χώρα κατά τη διάρκεια ενεργειών που ακολουθούν κάθε μέρα τα γυρίσματα μιας ταινίας (post-production). Παραδοσιακά, οι ενέργειες αυτές περιλαμβάνουν αρκετούς ειδικούς, όπως ειδικούς σε εφέ, χρωματισμούς που είναι συχνά γεωγραφικά απομακρυσμένοι και δουλεύουν απομακρυσμένα αλλά συνεργατικά συνήθως κατά τη διάρκεια της νύχτας για να



εφαρμόζουν αλλαγές στην ταινία ανάλογα με τις ανάγκες του σκηνοθέτη και της παραγωγής.

Μια επιπλέον εφαρμογή είναι στον τομέα της παραγωγής σειρών για τηλεόραση όπου το πρωτόκολλο της δημιουργίας μιας σειράς ή μιας διαφήμισης για τηλεόραση περιλαμβάνει την παραγωγή ενός ανεξάρτητου επεισοδίου ή ενός δοκιμαστικού διαφημιστικού αντίστοιχα, γνωστό και ως πιλότο το οποίο παρακολουθείται από μια συγκεκριμένη ομάδα ανθρώπων. Αυτή η ομάδα συνήθως εμπλέκεται στην παραγωγή μιας ταινίας, σειρών ή στην εξειδικευμένη περίπτωση των διαφημιστικών είναι οι αντιπρόσωποι του προϊόντος για το οποίο το διαφημιστικό δημιουργείται. Μετά την παρακολούθηση αυτών των πιλότων, οι ειδήμονες κρίνουν εάν το διαφημιστικό θα είναι επιτυχές ή όχι και στην περίπτωση αποδοχής συχνά απαιτούν αλλαγές σε διάφορα μέρη της ταινίας ή του διαφημιστικού προκειμένου αυτό τελικά να προβληθεί στο ευρύ κοινό.

Στην πράξη πολλές διαφορές μπορούν να εντοπιστούν στην πλειοψηφία των προβαλλόμενων τηλεοπτικών σειρών σε σχέση με τις πιλοτικές εκδοχές, από μικρές αλλαγές σε μια σκηνή μέχρι μεγάλες στο παρασκήνιο και στην προσωπικότητα των χαρακτήρων. Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 27) απεικονίζονται δύο στιγμιότυπα από μια σκηνή από ένα πιλοτικό επεισόδιο της σειράς Sherlock του BBC και από την τελική εκδοχή της που προβλήθηκε επίσημα στο πρώτο επεισόδιο. Πολλές διαφορές μπορούν να εντοπιστούν συμπεριλαμβάνοντας την προσθήκη αστυνομικών αυτοκινήτων στη σκηνή, και την αλλαγή της ένδυσης της αστυνομικού από επίσημη αστυνομική στολή σε καθημερινά ρούχα.

Η συμφωνία για τις αλλαγές που θα εφαρμοστούν στο πιλοτικό οπτικοακουστικό υλικό ή το υλικό που έχει ληφθεί κατά τη διάρκεια των γυρισμάτων συνιστά μια διαδικασία που απαιτεί πολύ χρόνο όταν υλοποιείται με παραδοσιακά μέσα π.χ. τηλεφωνικώς ή μέσω πρόσωπο με πρόσωπο συναντήσεων. Συχνά δημιουργείται καθυστέρηση ιδίως όταν περισσότερα μέρη συμμετέχουν και όταν τα σημεία που πρέπει να εφαρμοστούν αλλαγές πρέπει να εντοπιστούν ή να ξαναβρεθούν σε περίπτωση που δεν έχουν καταγραφεί αναλυτικά.

Σε αυτήν την κατεύθυνση, παρουσιάζεται ένα μοντέλο που συνδυάζει τεχνολογίες βίντεο κατά παραγγελία σε μια καινοτόμο, κατανεμημένη εφαρμογή χρήσιμη σε

περιπτώσεις όπου πολυμεσικό περιεχόμενο πρέπει να θεωρηθεί από πολλές οντότητες που μπορεί να είναι γεωγραφικά απομακρυσμένες και έπειτα να τροποποιηθεί από άλλους ειδικούς ανάλογα με τα σχόλια και την αναπληροφόρηση [79]. Πιο αναλυτικά το παρουσιαζόμενο σύστημα:

- Περιλαμβάνει μια κινητή εφαρμογή για αδιάλειπτη μετάδοση σχολίων μέσω κοινωνικών δικτύων και αυτόματο εντοπισμό θέματος σε σχέση με το υπό εξέταση πολυμεσικό περιεχόμενο.
- Φιλτράρει την σχετική δραστηριότητα στα κοινωνικά δίκτυα, επιλέγει και εξάγει την πληροφορία που θα χρησιμοποιηθεί ως επισήμανση (annotation) στο πολυμεσικό περιεχόμενο
- Παρουσιάζει στους ειδήμονες χρήστες που είναι υπεύθυνοι για τις απαιτούμενες αλλαγές πολυμεσικό υλικό επισυνημμένο με μετά-δεδομένα πραγματικού χρόνου με πληροφορία σχετικά με τις εργασίες που πρέπει να περατωθούν.

Το παρουσιαζόμενο σύστημα επιταχύνει σημαντικά τη διαδικασία και μειώνει σημαντικά το κόστος τέτοιων απομακρυσμένων συνεργασιών καθώς όλες οι απομακρυσμένες επικοινωνίες πραγματοποιούνται μέσω ίντερνετ και μέσω κοινωνικών δικτύων και το συγκεντρωμένο περιεχόμενο της αναπληροφόρησης παρουσιάζεται ως επισήμανση που διαρκώς ανανεώνεται κατά τη διάρκεια της προβολής της ταινίας. Τα δεδομένα προς επισήμανση διαρκώς αποθηκεύονται ως μετά-δεδομένα και μπορούν συνεπώς να εξαχθούν και αργότερα να μεταφερθούν μαζί με το οπτικοακουστικό υλικό.

## 6.2 CARVIREN

Το πείραμα CARVIREN αφορούσε τη δημιουργία μιας εικονικής κοινότητας για το Centre d' Alt Rendiment (CAR), όπου κινητικές και ψυχολογικές παράμετροι με υψηλής ανάλυσης εγγραφές από συνεδρίες προπόνησης, έγιναν διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο και απομακρυσμένα αν χρειαζόταν με σκοπό να παρέχουν γρήγορη ανατροφοδότηση (feedback) και να βελτιώσουν τις επιδόσεις των αθλητών. Κινητές μονάδες μετάδοσης ήταν υπεύθυνες για τη συλλογή δεδομένων, την επεξεργασία τους και την αποστολή πίσω στο CAR Venue σε πραγματικό χρόνο. Όλα αυτά τα δεδομένα ήταν διαθέσιμα σε διαφορετικούς χρήστες μέσω ενός εικονικού περιβάλλοντος, επιτρέποντας τους να παρατηρούν τις προπονήσεις και να αναλύουν τα αποτελέσματα χωρίς γεωγραφικούς και χρονικούς περιορισμούς.

Ως συνέπεια, σε κάθε προπονητική συνεδρία, αρμόδιοι με επαρκή δικαιώματα πρόσβασης, όπως προπονητές, συναθλητές, συγγενείς και φίλοι είχαν πρόσβαση σε όλη την πληροφορία που συνδέεται με την συνεδρία προπόνησης, δηλαδή υψηλής ανάλυσης βίντεο, κινητικές παράμετροι και την ικανότητα να αλληλεπιδράσουν απομακρυσμένα μεταξύ τους ανεβάζοντας βίντεο μέσω του προτεινόμενου συστήματος στα κοινωνικά δίκτυα, να εκφράσουν τη γνώμη τους και τα σχόλια τους στα βίντεο, στις αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες και στα αποτελέσματα της προπόνησης. Οι αθλητές και τα ενδιαφερόμενα μέρη ήταν πολύ ευχαριστημένοι με τη λειτουργία και τη ευχρηστία του συστήματος, που δημιούργησε ένα ιδιωτικό επαγγελματικό κοινωνικό δίκτυο μικρής κλίμακας, που βρισκόταν στο CARVIREN και είναι ενδιαφέρον ότι κατά τη διάρκεια του πειράματος ο μέσος χρόνος που ξόδεψε ο κάθε επισκέπτης στο δίκτυο αυτό, ήταν μεγαλύτερος από το μέσο χρόνο που οι χρήστες ξοδεύουν σε άλλα κοινωνικά δίκτυα (όπως Facebook, Twitter κτλ.). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η χρήση ιδιωτικών γεγονότων, που είναι ορατά μόνο από χρήστες που έλαβαν πρόσκληση και δεν μπορούν να βρεθούν στα αποτελέσματα δημόσιας αναζήτησης, ήταν σημαντική για λόγους ιδιωτικότητας και προκειμένου να αποτραπεί η διαρροή ευαίσθητων δεδομένων αθλητών ή περιεχόμενο που προστατεύεται από πνευματικά δικαιώματα.

### 6.3 iCaCoT

Το πείραμα iCaCoT στόχευε στην ανάπτυξη τεχνικών για διαδραστική προπόνηση και καθοδήγηση αθλητών, επισκεπτών και φίλων των αθλημάτων στο Schladming venue χρησιμοποιώντας διαδραστικό video navigation. Πολλές σταθερές κάμερες υψηλής ανάλυσης τοποθετήθηκαν γύρω από τον διάδρομο ski και το πάρκο διασκέδασης στο Schladming Venue, εγγράφοντας βίντεο και τμηματοποιώντας το σε πραγματικό χρόνο. Έπειτα το βίντεο διατέθηκε σε χρήστες που μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το smartphone τους, tablet και PC για να δουν τα βίντεο βλέποντας τους συγγενείς τους, φίλους και τους ίδιους γύρω από το διάδρομο του σκι, ή κατεβαίνοντας το διάδρομο είτε κάνοντας κόλπα στο πάρκο διασκέδασης. Χρησιμοποιώντας το προτεινόμενο σύστημα, το front end του οποίου ενσωματώθηκε στην εφαρμογή streaming, ήταν πιθανό για τους σκιερς να μοιραστούν το μοναδικό μονοπάτι μέσω του βίντεο με φίλους, οικογένεια ή συναδέλφους προπόνησης και να αλληλοεπιδράσουν με αυτούς εκφέροντας γνώμες και σχόλια στα βίντεο και τις φωτογραφίες και με αυτόν τον τρόπο οι αθλητές, λαμβάνοντας πολύτιμη ανατροφοδότηση, θα μπορούσαν να αποφύγουν λάθη στο μέλλον και να βελτιώσουν την επίδοσή τους. Παρά το ότι η περιορισμένη σύνδεση στο Ίντερνετ στις εγκαταστάσεις του σκι και το γύρω ορεινό τοπίο δεν επέτρεψε την πλήρη αξιοποίηση του εγκατεστημένου συστήματος, όλη η ομάδα που συμμετείχε βλέπει μεγάλες δυνατότητες στο σύστημα.

### 6.4 Exhibition Beacons

Το παρουσιαζόμενο σύστημα έχει επιπρόσθετα δοκιμαστεί στο πλαίσιο μιας εφαρμογής σε πραγματικές συνθήκες, τους φάρους-μεταδότες εκδηλώσεων (Exhibition Beacons) [80]. Αυτή η εφαρμογή εισάγει μια νέα προσέγγιση για εντοπισμό επισκεπτών σε χώρους και έχει τις προοπτικές να βελτιώσει την εμπειρία των μαθητών ενός σχολείου σε ένα μουσείο ή ένα εκπαιδευτικό χώρο. Κατά τη διάρκεια της επίσκεψης των μαθητών ενός σχολείου, χρησιμοποιώντας την Εφαρμογή Μαθητών, μπορεί να λάβει επιπλέον πληροφορίες για το συγκεκριμένο έκθεμα με τη μορφή πολυμεσικού περιεχομένου, να δουν τις ερωτήσεις και απαντήσεις των συμμαθητών τους, να δημοσιεύσουν τις δικές τους ερωτήσεις σχετικά με ένα

συγκεκριμένο έκθεμα και να λάβουν άμεσες απαντήσεις από δασκάλους ή ειδικούς. Οι μαθητές μπορούν έπειτα να αποφασίσουν αν θα δηλώσουν ότι τους αρέσει η πληροφορία που έλαβαν, να σχολιάσουν ή να διαμοιράσουν τη ληφθείσα πληροφορία στη δική τους σελίδα κοινωνικών δικτύων, να δημοσιεύσουν το δικό τους μοναδικό μονοπάτι στον χώρο, να αλληλοεπιδράσουν μεταξύ τους βελτιώνοντας την διαδικασία μάθησης τους, η οποία γίνεται περισσότερο προσωποποιημένη και να παρέχουν πολύτιμη πληροφορία (feedback) στους υπεύθυνους του χώρου.



Εικόνα 28. Εφαρμόζοντας το σύστημα στους φάρους-μεταδότες εκδηλώσεων (Exhibition Beacons)

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

## 7 Εντοπισμός Γεγονότων σε Δεδομένα από Κοινωνικά Δίκτυα

### 7.1 Περιγραφή Αλγορίθμου

#### 7.1.1 Εισαγωγή

Σε αυτήν την ενότητα θα περιγράψουμε τον αλγόριθμο Εντοπισμού Γεγονότων, τα πειράματα που διεξήχθησαν και την αξιοποίηση του σε πραγματικές δοκιμές μεγάλης κλίμακας στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου SUPER [81]. Ο στόχος της υπηρεσίας αυτής είναι να αναλύσει αντικείμενα μέσω των προκειμένου να τα κατηγοριοποιήσει σε συλλογές που έχουν νόημα και οι οποίες θα ενδιαφέρουν τον τελικό χρήστη. Στα πλαίσια της αρχιτεκτονικής του SUPER, τα δεδομένα συνεχώς ενσωματώνονται στην υπηρεσία μέσω των υποτημημάτων του επιπέδου συσσώρευσης δεδομένων (data aggregation layer) και των αντίστοιχων εργαλείων SocIos SN API, Social Media Crawler, όπως περιγράφεται αναλυτικά στην Ενότητα 9. Η υπηρεσία εστιάζει τόσο στα δεδομένα κειμένου όσο και στα μετα-δεδομένα των δημοσιεύσεων στα κοινωνικά δίκτυα στοχεύοντας περισσότερο στην πλατφόρμα του Twitter και βοήθησε τους τελικούς χρήστες του SUPER, υποστηρίζοντας τους να παρακολουθήσουν τις ροές δραστηριότητας στα κοινωνικά δίκτυα. Αυτός ο αλγόριθμος είναι εφαρμόσιμος σε κάθε σύνολο δεδομένων που είναι συμβατό με τη μορφή δεδομένων του Twitter και περιέχει τα ακόλουθα:

- Το όνομα του συγγραφέα (περιλαμβάνεται στα μεταδεδομένα)
- Η χρονική στιγμή της δημιουργίας (μεταδεδομένα)
- Το πραγματικό περιεχόμενο του κειμένου μικρού μήκους

Η πληροφορία του ονόματος του συγγραφέα είναι σημαντική δεδομένου ότι περιμένουμε, συγκεκριμένοι συγγραφείς που εκφράζουν τους εαυτούς τους μέσω ενός μηνύματος που υπάγεται σε περιορισμούς σχετικά με το μήκος του, για να σχολιάσουν

ένα μικρό αριθμό θεμάτων κάθε φορά που δημοσιεύουν κάποιο σχόλιο (συχνά μόνο ένα). Στα πλαίσια του SUPER και προκειμένου να διευθετήσουμε περιορισμούς ιδιωτικότητας, οι δημοσιεύσεις που έρχονται από τα κοινωνικά δίκτυα υπέστησαν μια διαδικασία ανωνυμίας. Μέσω της διαδικασίας αυτής τα ονόματα των χρηστών αντικαταστάθηκαν με ψευδώνυμα, χρησιμοποιώντας hash functions, που σημαίνει ότι η λειτουργικότητα της υπηρεσίας δεν επηρεάζεται. Η χρονική διάσταση είναι επίσης σημαντική καθώς αντικείμενα μέσω των οποίων αναφέρονται στο ίδιο πραγματικό γεγονός τείνουν να βρίσκονται κοντά χρονικά. Τελικώς, η ομαδοποίηση των δημοσιεύσεων λαμβάνει υπόψιν τις ομάδες των λέξεων που χρησιμοποιούνται συχνά, σχετίζονται με γεγονότα έκτακτης ανάγκης καθώς και την ομοιότητα ανάμεσα στο περιεχόμενο του κειμένου των διαφορετικών δημοσιεύσεων στα κοινωνικά δίκτυα.

#### 7.1.2 Ομοιότητα μηνυμάτων και ομαδοποίηση

Μία κεντρική ιδέα στην ανάπτυξη ενός αλγορίθμου ομαδοποίησης είναι αυτή της ομοιότητας ανάμεσα σε διαφορετικά δεδομένα: όμοια αντικείμενα θα πρέπει να ομαδοποιούνται μαζί ενώ ανόμοια θα πρέπει να ανατίθενται σε διαφορετικές συλλογές. Στην περιοχή της ομαδοποίησης κειμένου, η ομοιότητα υπολογίστηκε από τον βαθμό που οι λέξεις τείνουν να εμφανίζονται ξανά, δηλαδή όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των κοινών λέξεων, τόσο μεγαλύτερη είναι η ομοιότητα. Βασιζόμενοι σε αυτήν την οπτική και αναζητώντας επιπρόσθετα κριτήρια, επιλέγουμε επίσης να αντλήσουμε τα μεταδεδομένα των δημοσιεύσεων των χρηστών των κοινωνικών δικτύων, καταλήγοντας σε μια συνάρτηση ομοιότητας που συσσωρεύει πληροφορία από διαφορετικά μέρη των μηνυμάτων στα κοινωνικά δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα, η συνάρτησή μας για την ομοιότητα εφαρμόζεται σε δυο μηνύματα κοινωνικών δικτύων  $m_u, m_v$ , και ορίζεται ως:

$$sim(m_u, m_v) = a_1 \cdot I_{author} + a_2 \cdot f_t(t_u, t_v) + a_3 \cdot f_w(m_u, m_v)$$



Όπου τα  $a_i$ 's είναι παράμετροι που υπολογίζονται κατά τη διαδικασία μάθησης (training process),  $I_{author}$  είναι μια συνάρτηση που υποδεικνύει αν δυο μηνύματα έχουν δημοσιευτεί από τον ίδιο συγγραφέα, λαμβάνοντας την τιμή 1 αν δυο μηνύματα έχουν ίδιο συγγραφέα και 0 διαφορετικά. Ακόμα η συνάρτηση  $f_t(t_u, t_v)$  εκτιμά την χρονική απόσταση ανάμεσα στα μηνύματα. Είναι μια φθίνουσα συνάρτηση που λαμβάνει ως είσοδο τις χρονικές στιγμές της δημιουργίας τους  $(t_u, t_v)$  και επιστρέφει μια τιμή ομοιότητας βασισμένη στην χρονική τους διασπορά. Επιλέγουμε μια εκθετικά φθίνουσα συνάρτηση της μορφής:

$$f_t(t_u, t_v) = e^{-|t_u - t_v|/q},$$

για κάποια παράμετρο παραθύρου  $q$ , που λαμβάνει την μέγιστη τιμή της (1) όταν  $t_u \approx t_v$ , και μειώνεται στο μηδέν καθώς η απόλυτη τιμή της διαφορά  $|t_u - t_v|$  αυξάνεται.

Τέλος, η  $f_w(m_u, m_v)$  είναι μια συνάρτηση που παίρνει απ' ευθείας το περιεχόμενο του κειμένου των δύο μηνυμάτων και δίνει ως έξοδο μια υψηλότερη τιμή ομοιότητας σε περίπτωση που υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός κοινών όρων. Για να διατυπώσουμε μια αποτελεσματική συνάρτηση ομοιότητας που στοχεύει στο κείμενο από τα κοινωνικά δίκτυα, πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψιν τα ειδικά χαρακτηριστικά του περιεχομένου που παράγεται από χρήστες των κοινωνικών δικτύων. Μια τέτοια περίπτωση αποτελούν τα hashstags, που είναι αναγνωριστικά που εισάγονται από τον συγγραφέα της δημοσίευσης προκειμένου να υποδείξουν το θέμα πάνω στο οποίο εκφράζει τη γνώμη του. Τυπικά τα hashstags είναι όροι που είναι γραμμένοι στην μορφή #<topic-identifier> π.χ #worldCup. Θεωρούμε τα hashtags ως ιδιαίτερα σημαντικά για την εργασία του εντοπισμού γεγονότων και συνεπώς τονίζουμε τον ρόλο τους συγκριτικά με άλλων ρόλων στις δημοσιεύσεις, δίνοντας τους ένα μεγαλύτερο βάρος.

### 7.1.3 Μεθοδολογία

Σε αυτό το τμήμα παρουσιάζουμε την μέθοδο μας για εντοπισμό γεγονότων στην ροή κοινωνικών δικτύων. Η μέθοδος μας συνδέεται στενά με το πεδίο των Dirichlet Process (DP) mixture models, μια οικογένεια ευέλικτων αλγορίθμων ομαδοποίησης (clustering) για ανάλυση δεδομένων υψηλών διαστάσεων (high dimensional data analysis). Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούμε μια παραλλαγή της DP που ονομάζεται αλγόριθμος distance dependent Chinese Restaurant Process και εισήχθη αρχικά από τον Blei [31].

Ξεκινούμε εισάγοντας κάποιες λεπτομέρειες της ομαδοποίησης με μια Dirichlet Process. Γενικά μια διαδικασία Dirichlet είναι ένα infinite mixture model που εκφράζει μια κατανομή πάνω σε μετρήσεις πιθανότητας. Ένα DP mixture model μπορεί να θεωρηθεί ως μια Chinese Restaurant Process (CRP), που περιγράφεται ως μια ακολουθία πελατών που εισέρχονται σε ένα κινέζικο εστιατόριο με έναν απεριόριστο αριθμό τραπέζιων. Κάθε φορά που ένας νέος πελάτης εισέρχεται σε ένα εστιατόριο, επιλέγει να καθίσει σε ένα τραπέζι με άλλους πελάτες με πιθανότητα ανάλογη του αριθμού των ατόμων που κάθονται ήδη σε αυτό, ή να επιλέξει ένα νέο με πιθανότητα ανάλογη μιας προκαθορισμένης τιμής, που ονομάζεται παράμετρος συγκέντρωσης (concentration parameter). Η αναλογία με ένα CRP mixture είναι εμφανής: οι πελάτες αντιπροσωπεύουν σημεία δεδομένων που ανήκουν στο ίδιο cluster αν «κάθονται» στο ίδιο τραπέζι. Ακολουθώντας την ορολογία του [31] ορίζουμε:

- $z_i$  είναι η ανάθεση τραπέζιού του πελάτη  $i$  (το αναγνωριστικό του τραπέζιού που ο πελάτης  $i$  επιλέγει)
- $K$  ο συνολικός αριθμός των κατειλημμένων τραπέζιων
- $n_k$  είναι ο αριθμός των πελατών που κάθονται στο τραπέζι  $k$ , με  $k = 1..K$
- $\alpha$  είναι η παράμετρος συγκέντρωσης

Η υπό συνθήκη πιθανότητα της ανάθεσης σε τραπέζι για τον  $i$ -οστό πελάτη, δεδομένων των αναθέσεων των πελατών πριν από αυτόν, υπολογίζεται από:

$$p(z_i = k | z_1, z_2, \dots, z_{i-1}, a) \propto \begin{cases} n_k & , k \leq K \\ a & , k = K + 1 \end{cases} \quad (1)$$

Μια ενδιαφέρουσα ιδιότητα του CRP mixture model είναι ότι ο τελικός αριθμός των κατειλημμένων τραπέζιών είναι τυχαίος και συνεπώς ο αριθμός των ομάδων καθορίζεται από τα δεδομένα. Αυτό είναι ένα επιθυμητό γνώρισμα δεδομένου ότι είναι συνήθως δύσκολο να εκτιμήσουμε τον σωστό αριθμό των ομάδων σε πραγματικά δεδομένα.

Στην περίπτωση της παραδοσιακής CRP mixture αναλογίας, οι πελάτες είναι ανταλλάξιμοι (exchangeable) δηλαδή η πιθανότητα μιας συγκεκριμένης ανάθεσης τραπέζιών είναι η ίδια ακόμα και όταν η σειρά των πελατών αλλάζει. Αυτή η ιδιότητα μοιάζει να είναι λογική για συγκεκριμένες εφαρμογές αλλά δεν είναι κατάλληλη όταν η σειρά των σημείων δεδομένων έχει σημασία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η εργασία εντοπισμού γεγονότων σε δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα που μελετούμε εδώ και η εξάρτηση της από την χρονική διάσταση, καθώς αναμένουμε ότι τα δεδομένα που αναφέρονται στο ίδιο γεγονός τείνουν να ομαδοποιούνται με άλλα δεδομένα που βρίσκονται κοντά χρονικά. Μια παραλλαγή του CRP mixture model που υποχρεώνει την ύπαρξη του περιορισμού μη-ανταλλαξιμότητας είναι η 'distance dependent Chinese Restaurant Process' που εισήχθη από τον Blei [31]. Η διαφορά στην προσέγγιση αυτή είναι ότι οι αποστάσεις (π.χ. που βασίζονται στον χρόνο) ανάμεσα στους πελάτες είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την επιλογή τραπέζιών από πελάτες και την τελική ανάθεση στα τραπέζια. Με άλλα λόγια, ενώ το παραδοσιακό CRP συνδέει πελάτες σε τραπέζια, η παραλλαγή ddCRP συνδέει πελάτες με άλλους πελάτες και η ανάθεση πελατών σε τραπέζια είναι ένα αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής.

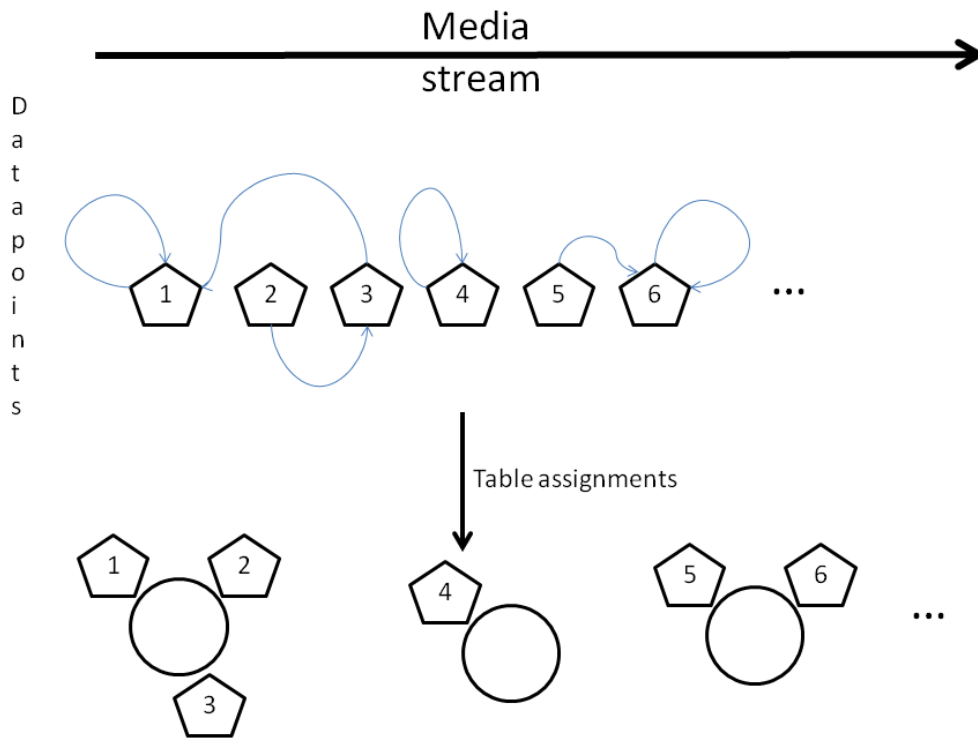
Ορίζουμε:

- $c_i$ , η ανάθεση του  $i$  πελάτη (το αναγνωριστικό του πελάτη με τον οποίο ο  $i^{ος}$  πελάτης θα καθίσει στο ίδιο τραπέζι)
- $d_{ij}$ , είναι η ‘απόσταση’ ανάμεσα στους πελάτες  $i$  και  $j$ , και  $D$  ο πίνακας των αποστάσεων ανάμεσα σε όλους τα ζευγάρια
- $f$ , μια φθίνουσα (decay) συνάρτηση

Η πιθανότητα για την ανάθεση του  $i$  πελάτη είναι τώρα:

$$p(c_i = j | D, a) \propto \begin{cases} f(d_{ij}), & j \neq i \\ a, & j = i \end{cases} \quad (2)$$

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει μια εφαρμογή παράδειγμα της distance dependent Chinese Restaurant Process, που χρησιμοποιείται για να ομαδοποιήσει αντικείμενα που προέρχονται με κοινωνικά δίκτυα. Δεδομένης της εξίσωσης 2, κάθε ‘πελάτης’ θα επιλέξει να ‘καθίσει κοντά’ σε έναν άλλον πελάτη (κατευθυνόμενο βέλος) ή να καθίσει μόνος (βέλος που δείχνει στον ίδιο). Οι πελάτες 2,3,5 ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, ενώ οι πελάτες 1, 4, 6 ανήκουν στην δεύτερη.



Εικόνα 29. Παράδειγμα εφαρμογής του *distance-dependent Chinese Restaurant Process* σε μια ροή από 6 αντικείμενα από κοινωνικά δίκτυα. Οι αποστάσεις των ζευγών καθορίζουν τις τελικές αναθέσεις των τραπέζιων (και συνεπώς τις ομάδες)

Η τελική ανάθεση των πελατών σε τραπέζια εξαρτάται από τις σχέσεις ανάμεσα στα ζευγάρια όλων των πελατών. Δυο πελάτες που συνδέονται μέσω ενδιάμεσων αναθέσεων πελατών, θα βρεθούν στο τέλος στο ίδιο τραπέζι. Με αυτόν τον τρόπο, οι πελάτες 1, 2 και 3 κάθονται στο πρώτο τραπέζι (ομάδα), ο πελάτης 4 κάθεται μόνος του, ενώ οι πελάτες 5 και 6 θα ανατεθούν στην τρίτη ομάδα.

Η προτεινόμενη υπηρεσία εντοπισμού γεγονότων εφαρμόζει τον *distance dependent Chinese Restaurant Process* αλγόριθμο χρησιμοποιώντας την συνάρτηση ομοιότητας που παρουσιάστηκε προηγουμένως ( $sim(m_u, m_v)$ ) ως ανεστραμένη συνάρτηση απόστασης. Προκειμένου να εκπαιδύσουμε το μοντέλο μας, χρησιμοποιούμε Markov chain Monte Carlo (MCMC) sampling για να προσεγγίσουμε την εκ των υστέρων κατανομή (posterior distribution) των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, δεδομένου του συνόλου των υπερ-παραμέτρων (hyper-parameters)  $\eta = \{D_{sim}, \alpha, G_0\}$ , όπου  $D_{sim}$  είναι

ο πίνακας αποστάσεων όλων των σημείων δεδομένων που υπολογίστηκαν μέσω της συνάρτησης ομοιότητας  $\text{sim}$ ,  $\alpha$  η παράμετρος συγκέντρωσης και  $G_0$  η base measure.

Εφαρμόζουμε Gibbs sampling, επιλέγοντας επαναληπτικά από την υπό συνθήκη παράμετρο κάθε latent μεταβλητής ( $c_i$ ), δεδομένων των άλλων latent μεταβλητών ( $c_{-i}$ ) και των παρατηρήσεων ( $x$ ):

$$p(c_i^{(new)} | c_{-i}, x, \eta) \propto p(c_i^{(new)} | D_{sim}, \alpha) \cdot p(x | z(c_i^{(new)} \cup c_{-i}), G_0) \quad (3)$$

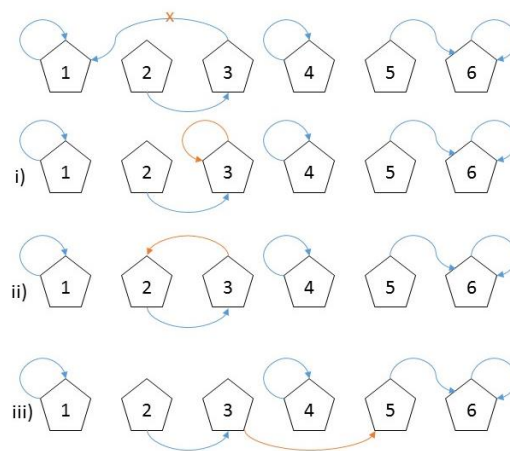
όπου  $z(c)$  είναι οι αναθέσεις τραπέζιων που προκύπτουν από τις αναθέσεις πελατών και το μέλος  $z(c_i^{(new)} \cup c_{-i})$  εκφράζει το νέο υποψήφιο τμήμα (partition).

Το πρώτο τμήμα στην δεξιά πλευρά της εξίσωσης (3) μπορεί να υπολογιστεί από την distance dependent prior της εξίσωσης (2). Ο δεύτερος όρος είναι το likelihood της παρατήρησης υπό το νέο υποψήφιο partition. Προκειμένου να υπολογίσουμε αυτόν τον όρο, θεωρούμε πώς η αφαίρεση ενός συνδέσμου πελάτη και η αντικατάστασή του από ένα άλλο επηρεάζει τις αναθέσεις τραπέζιων. Έχοντας το τμήμα  $z(c_{-i})$ , στο οποίο το τραπέζι μπορεί να έχει χωριστεί και το νέο υποψήφιο τραπέζι, όπως περιγράφηκε παραπάνω, θεωρούμε τρεις περιπτώσεις βασιζόμενοι στις διαφορές ανάμεσα στα δύο τμήματα (partitions):

- a) Η νέα ανάθεση πελάτη  $c_i$  δείχνει στον ίδιο τον πελάτη (self-loop), συνεπώς δεν αλλάζει το likelihood καθώς δεν έχουμε τραπέζια που να συνενώνονται.
- b) Η νέα ανάθεση πελάτη  $c_i$  δείχνει σε έναν άλλο πελάτη, που ήδη κάθεται στο ίδιο τραπέζι, όπου καθόταν και στο  $z(c_{-i})$ . Δεν υπάρχει αλλαγή στο partition καθώς δεν έχουμε τραπέζια που ενώνονται.
- c) Η νέα ανάθεση πελάτη  $c_i$  δείχνει σε έναν άλλο πελάτη και τα τραπέζια  $k$  και  $l$  ενώνονται. Ο Gibbs sampler λοιπόν πρέπει να υπολογίσει όρους που αντιστοιχούν σε αλλαγές στο partition μας και για την προσέγγισή μας με distance dependent Chinese Restaurant Process ο Gibbs sampler είναι:

$$p(c_i^{(new)} | c_{-i}, x, \eta) \propto \begin{cases} f(d_{ij}) \frac{p(x_{z^k(c_{-i})} \cup z^l(c_{-i}) | G_0)}{p(x_{z^k(c_{-i})} | G_0) p(x_{z^l(c_{-i})} | G_0)}, & \text{αν } c_i^{(new)} = j \text{ ενώνει τραπέζι } k \text{ and } l \\ f(d_{ij}), & \text{if } c_i^{(new)} = j \text{ δεν ενώνει δύο τραπέζια} \\ a, & \text{if } c_i^{(new)} = i \end{cases}$$

όπου  $x_{z^k(c_{-i})}$  είναι το σύνολο των πελατών που ανατίθενται στο τραπέζι  $k$ , εξαιρώντας τον τρέχοντα πελάτη  $i$

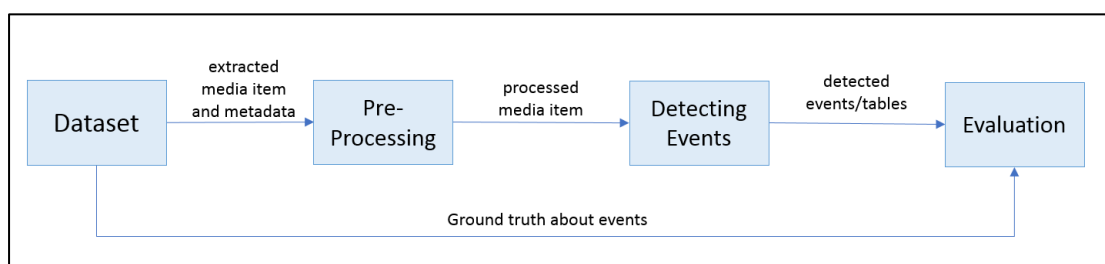


Εικόνα 30. Ένα παράδειγμα του Gibbs sampler. Ένα τραπέζι μπορεί να χωριστεί όταν αφαιρούμε ένα υπάρχον σύνδεσμο από έναν πελάτη σε έναν άλλο. Μετά το resampling: i) ο πελάτης δείχνει στον εαυτό του, ii) ο πελάτης δείχνει σε έναν άλλο πελάτη αλλά τα δύο τραπέζια δεν συγχωνεύονται, iii) ο σύνδεσμος που προκύπτει για τον 3ο πελάτη ενώνει τα δύο τραπέζια.

Ένα ζήτημα που αντιμετωπίσαμε κατά την ανάπτυξη και αξιολόγηση του συστήματος μας ήταν η επεκτασιμότητα και η δυνατότητα να αποκρίνεται για έναν αυξανόμενο αριθμό δεδομένων. Ακόμα και για μεσαίου μεγέθους σύνολα δεδομένων είναι μη πρακτικό να υπολογίζουμε την απόσταση για όλα τα ζευγάρια tweets. Προκειμένου να αντιμετωπίσουμε αυτό το πρόβλημα, μειώσαμε τους απαιτούμενους υπολογιστικούς πόρους που απαιτούνται για την προσέγγιση μας. Για κάθε τραπέζι πραγματοποιήσαμε μια σύνοψη σε ένα Γεγονός ως μια λίστα από τις πιο σημαντικές πληροφορίες όπως αντιπροσωπευτικές λέξεις, τα hashtags, και στατιστικά σχετικά με την χρονική

πληροφορία. Χρησιμοποιούμε αυτήν την «Σύνοψη Γεγονότος» για να συγκρίνουμε κάθε πελάτη μόνο με την Σύνοψη Γεγονότος ενός τραπεζιού μειώνοντας τον συνολικό αριθμό των συγκρίσεων από  $n$  (συνολικός αριθμός πελατών) σε  $K$  (συνολικός αριθμός τραπεζιών).

Ένα χαρακτηριστικό της μεθόδου μας είναι ότι πραγματοποιεί 'hard clustering', δηλαδή κάθε σημείο δεδομένων μπορεί να ανατεθεί ακριβώς σε ένα cluster, που μπορεί να είναι προβληματικό στην περίπτωση που ένα αντικείμενο μέσω π.χ. Tweet αναφέρεται σε δύο ή περισσότερα γεγονότα. Παρ' όλα αυτά, λόγω του περιορισμένου μεγέθους των μηνυμάτων στην πλατφόρμα του Twitter, δεν το θεωρούμε έναν σημαντικό περιορισμό.



Εικόνα 31. Ροή και θήματα της προτεινόμενης μεθόδου για ανίχνευση γεγονότων

## 7.2 Πειράματα και αξιολόγηση

### 7.2.1 Σύνολα Δεδομένων

Η υπηρεσία μας είναι εφαρμόσιμη σε κάθε σύνολο δεδομένων που μπορεί να προσαρμοστεί στην μορφή δεδομένων του Twitter. Για την αξιολόγηση της χρησιμοποιήσαμε το σύνολο δεδομένων του Social Event Detection (SED) MediaEval 2013 [82], [83]. Αυτή η εργασία απαιτεί οι συμμετέχοντες να ανακαλύπτουν γεγονότα και να οργανώνουν τα σχετικά αντικείμενα σε ομάδες σχετικών γεγονότων. Αυτή η πρόκληση/εργασία (task) είναι ομαδοποίησης επιβλεπόμενης μάθησης (supervised clustering) [84], [85], όπου παρέχεται ένα σύνολο από γεγονότα εκπαίδευσης. Πολλές



ερευνητικές ομάδες και συμμετέχοντες πρότειναν αλγόριθμους, ομαδοποιώντας αντικείμενα μέσω και παράγοντας μια ολοκληρωμένη ομαδοποίηση του συνόλου δεδομένων σύμφωνα με τα γεγονότα, αντιμετωπίζοντας επίσης την πρόκληση της εύρεσης του πραγματικού αριθμού των γεγονότων του συνόλου εκπαίδευσης, καθώς δεν είναι δοσμένο.

Το σύνολο δεδομένων Social Event Detection (SED) MediaEval 2013 αποτελείται από περίπου 437,000 φωτογραφίες που έχουν συλλεχθεί χρησιμοποιώντας το Flickr API [86]. Ανέβηκαν στο χρονικό διάστημα ανάμεσα στο 2006 και το 2012 και ανατέθηκαν σε περίπου 36.000 γεγονότα και χωρίζεται σε δύο μέρη: το σύνολο εκπαίδευσης (70% του συνόλου δεδομένων) και το σύνολο αξιολόγησης (testing) (30% του συνόλου δεδομένων). Για την αξιολόγηση μας, χρησιμοποιήσαμε τα μεταδεδομένα κειμένου των εικόνων, που περιλαμβάνουν πληροφορία όπως ο τίτλος, η περιγραφή, ο χρόνος και τα tags κτλ., εστιάζοντας στην σύγκριση των διαθέσιμων μεταδεδομένων των αντικειμένων μέσω του συνόλου δεδομένων προκειμένου να αναθέσουμε κάθε αντικείμενο σε ένα γεγονός. Όλα αυτά τα μεταδεδομένα συμπεριλαμβάνονται στα δημόσια διαθέσιμα αρχεία του συνόλου δεδομένων σε XML και csv μορφή και έχουν δημοσιευθεί στα [83], [87] και ακολουθούν το σχήμα που περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2). Καθώς είναι ένα πραγματικό σύνολο δεδομένων, υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά όπως η χρονική στιγμή και πληροφορίες του ατόμου που το ανεβάζει, που είναι διαθέσιμα για κάθε εικόνα αλλά υπάρχουν επίσης και χαρακτηριστικά (π.χ. γεωγραφική πληροφορία) που είναι διαθέσιμα για κάθε υποσύνολο των εικόνων.

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
flickr_picture_id	Μοναδικό αναγνωριστικό της εικόνας
url	url της εικόνας στο Flickr
username	το όνομα του χρήστη που ανέβασε την εικόνα

datetaken	χρονική στιγμή της λήψης της εικόνας
dateupload	χρονική στιγμή που ανεβαίνει η εικόνα
title	τίτλος της εικόνας
description	περιγραφή της εικόνας
latitude, longitude	τοποθεσία που ελήφθη η εικόνα
tags	λέξεις κλειδιά που ανατίθενται στην εικόνα
event_id	αναγνωριστικό του γεγονότος

Πίνακας 2. Αναλυτική περιγραφή του συνόλου δεδομένων του Social Event Detection (SED) και πιο συγκεκριμένα των μεταδεδομένων κάθε αντικειμένου μέσω των οποίων θα ανατεθεί σε ένα γεγονός.

### 7.2.2 Λεπτομέρειες υλοποίησης

Η γλώσσα προγραμματισμού Java χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση, εφαρμογή και αξιολόγηση της μεθόδου μας για εντοπισμό γεγονότων και ομαδοποίηση τους και μια ροή που δείχνει τα διαφορετικά βήματα της μεθόδου παρουσιάζεται στην Εικόνα 31. Ροή και βήματα της προτεινόμενης μεθόδου για ανίχνευση γεγονότων Πολλές λύσεις εξετάστηκαν για να βελτιώσουν την απόδοση της μεθόδου μας όπως σχεσιακές βάσεις δεδομένων [64], για να αποφευχθούν επαναλαμβανόμενοι υπολογισμοί και υπερχειλίση μνήμης χρησιμοποιώντας ειδικά σχεδιασμένες βιβλιοθήκες για να μειωθεί ο συνολικός χρόνος υπολογισμού, κυρίως για το τμήμα του αλγορίθμου που χειρίζεται τον υπολογισμό αποστάσεων ανάμεσα στα περίπου 131.200 διαφορετικά αντικείμενα μέσω του συνόλου ελέγχου (test set) αυτού του συνόλου δεδομένων.

Ειδικά σχεδιασμένες βιβλιοθήκες χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία του συνόλου δεδομένων και των διαθέσιμων αρχείων σε csv και XML μορφή, ώστε αν μπορούσαμε να εξάγουμε την πληροφορία που μας ενδιαφέρει [88], [89]. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αυτή η προσέγγιση αξιολογήθηκε με το SED dataset που έχει επισημανθεί, αλλά θα μπορούσε να εφαρμοσθεί σε οποιοδήποτε σύνολο δεδομένων

που ακολουθεί τη μορφή δεδομένων του Twitter, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα το Twitter API [90] και σχετικές βιβλιοθήκες για την ανάκτηση tweets [91].

### 7.2.3 Προεπεξεργασία Κειμένου

Οι πιο κοινές τεχνικές προ-επεξεργασίας που εφαρμόστηκαν σε μεθόδους ανίχνευσης γεγονότων από τη ροή δεδομένων του Twitter είναι οι ακόλουθες: POS (Part of speech) tagging, NER (Named entity recognition), επίλυση χρονικών εκφράσεων, μετατροπή λέξεων αργκό (slang word), φιλτράρισμα διαφόρων δημοσιεύσεων στο Twitter βασιζόμενοι σε συγκεκριμένα κριτήρια π.χ. αφαίρεση των επαναδημοσιεύσεων στο Twitter (Retweets) ή/και δημοσιεύσεων μη αγγλικών δημοσιεύσεων και αφαίρεση μιας κατηγορίας λέξεων (stop words), URLs και αναφορών σε ονόματα χρηστών από το Twitter (username mentions) [24]. Σε αυτήν την κατεύθυνση, εξετάσαμε διεξοδικά πως διαφορετικές τεχνικές προεπεξεργασίας επηρεάζουν την απόδοση του αλγορίθμου μας. Κάποιες από τις τεχνικές προεπεξεργασίας που εφαρμόστηκαν και έχουν ένα σημαντικό αντίκτυπο στην συνολική απόδοση συμπεριλαμβάνουν:

- Hashtags: Ένας τύπος μεταδεδομένων που χρησιμοποιείται από τους χρήστες των κοινωνικών δικτύων. Τυπικά αποτελείται από τον χαρακτήρα “#” ακολουθούμενο από μια συμβολοακολουθία και είναι συνήθως ενδεικτική του θέματος στο οποίο αναφέρεται ο χρήστης. Τα χρησιμοποιούμε στην συνάρτηση ομοιότητας ανάμεσα σε διαφορετικές εκτελέσεις (πελάτες στην μέθοδο μας που βασίζεται στο ddCRP) και εξετάσαμε την αντικατάστασή τους με τον χαρακτήρα “#” ή με την παράλειψή τους.
- RT (retweet): μια αναδημοσίευση μιας αυθεντικής δημοσίευσης ονομάζεται αναδημοσίευση. Τυπικά θα πρέπει να εντάσσεται στην ίδια ομάδα με το αρχικό. Επιπρόσθετα, τα πεδία μεταδεδομένων καταδεικνύουν πόσες φορές μια συγκεκριμένη δημοσίευση στο Twitter αναδημοσιεύθηκε.

- URL: Διεξήγαμε ελέγχους και πειράματα κρατώντας μια παραπομπή σε μια εξωτερική πηγή, αντικαθιστώντας όλη την παραπομπή με την λέξη “url” και αφαιρώντας την ολοκληρωτικά.
- Stemming and lemmatizations: Ο στόχος μας ήταν να συλλάβουμε την «βασική μορφή» μιας λέξης. Για παράδειγμα “house” αντί για “houses” είτε “house’s” κτλ.
- Αφαίρεση stop-words: Αυτές είναι πολύ κοινές λέξεις όπως «the», «at», κτλ.

#### 7.2.4 Μετρικές αξιολόγησης και Πειράματα

Στην περίπτωση του SED Medieval 2013, εστιάζουμε στην σύγκριση των διαθέσιμων μεταδεδομένων των στοιχείων του συνόλου δεδομένων προκειμένου να αναθέσουμε κάθε αντικείμενο σε ένα γεγονός. Για την αξιολόγηση, συγκρίναμε τα αποτελέσματα της ομαδοποίησης με τα πραγματικά αποτελέσματα, χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες μετρικές:

- **Normalized Mutual Information (NMI)** [92]:

$$\text{NMI}(\Omega, C) = \frac{I(\Omega, C)}{[H(\Omega) + H(C)]/2}$$

όπου  $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k\}$  είναι το σύνολο των ομάδων,  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  είναι το σύνολο των κατηγοριών,  $I(\Omega, C)$  είναι η κοινή πληροφορία ανάμεσα στα  $\Omega$  και  $C$ ,  $H(\Omega)$  και  $H(C)$  είναι οι εντροπίες των  $\Omega$  και  $C$  αντίστοιχα.

- **F1-Measure** που υπολογίζεται από το Precision και Recall με τον τύπο:

$$F1\text{-Measure} = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} ,$$

,όπου τα Precision και Recall ορίζονται παρακάτω.

Μια πραγματικά θετική απόφαση (true positive decision – TP) αναθέτει δύο όμοια αντικείμενα στη ίδια ομάδα (cluster), μια πραγματικά αρνητική απόφαση (true negative decision – TN) αναθέτει δύο ανόμοια αντικείμενα σε διαφορετικές ομάδες. Υπάρχουν δύο τύποι λαθών που μπορούν να εντοπιστούν. Μια λανθασμένη θετική απόφαση (False Positive decision - FP) αναθέτει δύο ανόμοια αντικείμενα στην ίδια ομάδα. Μια λανθασμένη αρνητική απόφαση (false negative decision - FN) αναθέτει δύο όμοια αντικείμενα σε διαφορετικές ομάδες.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad Recall = \frac{TP}{TP+FN}$$

Προκειμένου να αξιολογήσουμε την απόδοση της υπηρεσίας (dd-CRP), συγκρίναμε την απόδοση της με την απόδοση των ακόλουθων αλγορίθμων:

1. **Chinese Restaurant Process (CRP):** Χρησιμοποιήσαμε το σύνολο εκπαίδευσης για να προσδιορίσουμε την βέλτιστη τιμή της παραμέτρου συγκέντρωσης  $\alpha$ .
2. **distance dependent Chinese Restaurant Process βασισμένο μόνο στον χρόνο (ddCRP μόνο χρόνος):** Κατά τη προσέγγιση αυτή στην συνάρτηση ομοιότητας χρησιμοποιήσαμε μόνο την πληροφορία ανάμεσα σε όλα τα διαθέσιμα μετά-δεδομένα σε κάθε πολυμεσικό αντικείμενο. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να δούμε τη διαφορά στα αποτελέσματα ομαδοποίησης σε σχέση με όταν χρησιμοποιήσαμε περισσότερα από τα διαθέσιμα μετά-δεδομένα στους επόμενους αλγορίθμους.

3. **distance dependent Chinese Restaurant Process sequential (dd-CRP sequential)**: συγκρίνουμε κάθε πελάτη μονό με πελάτες που έχουν ήδη ανατεθεί σε τραπέζια αντί να συγκρίνουμε με όλους τους πελάτες του dataset. Αυτή η προσέγγιση απαιτεί περίπου το μισό χρόνο μάθησης (training) και αξιολόγησης (evaluation).

#### 7.2.5 Αποτελέσματα

Στην προσέγγιση μας, στο **Distance Dependent Chinese Restaurant Process (dd-CRP)** χρησιμοποιούμε την συνάρτηση ομοιότητας που περιγράφεται και στις προηγούμενες ενότητες. Το σύνολο εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκε για να βρούμε τις βέλτιστες τιμές για τις παραμέτρους του αλγορίθμου μας, όπως η παράμετρος συγκέντρωσης και οι συνιστώσες στην συνάρτηση ομοιότητας. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Βλέπουμε ότι η μέθοδος μας, ddCRP ξεπερνά τις άλλες τρεις προσεγγίσεις και στις δύο μετρικές.

Αλγόριθμος	NMI	F1-Measure
CRP	0.5603	0.1
dd-CRP (only time)	0.89	0.5942
dd-CRP sequential	0.8188	0.1412
dd-CRP	<b>0.9070</b>	<b>0.6546</b>

Πίνακας 3. Επίδοση της μεθόδου στο σύνολο δεδομένων SED 2013 (Για τις δύο μετρικές η καλύτερη τιμή είναι 1 και η χειρότερη είναι 0)

Συγκρίναμε τα αποτελέσματα της μεθόδου μας με τις υπόλοιπες υποβολές του SED 2013. Συνολικά, υπήρχαν 11 υποβολές ακολουθώντας διαφορετικές μεθόδους ομαδοποίησης (clustering). Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 4) αναφέρει την απόδοση των προτεινόμενων αλγορίθμων αξιολογούμενων ως προς το F1-score και το NMI.

Παρατηρούμε ότι η μέθοδος μας είναι ανάμεσα στις κορυφαίες προτεινόμενες μεθόδους, πετυχαίνοντας υψηλά αποτελέσματα και ξεπερνώντας τις περισσότερες από τις υποβολές.

<b>Μέθοδος</b>	<b>F1</b>	<b>NMI</b>
Semantic Structuring of Complementary Information [93]	0.142	
Similarity-based Chinese Restaurant Process [35]	0.236	0.664
Data-Driven approach [94]	0.570	0.873
Same Event Model—Based [95]	0.704	0.910
Unsupervised Clustering [96]	0.780	0.940
Clustering based on BM25, Sphinx and cosine similarity [97]	0.81	0.954
Quality Threshold clustering variant [98]	0.878	0.965
PhotoTOC [99]	0.883	0.973
<b>Our proposed ddCRP based method [100]</b>	<b>0.907</b>	<b>0.6546</b>
Watershed-based and kernel methods [101]	0.932	0.984
Sparse multi-modal feature selection and incremental density-based clustering [102]	0.946	0.985

Πίνακας 4. Αποτελέσματα του SED 2013

### 7.3 Η μέθοδος στην πράξη

Η υπηρεσία αυτή χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου SUPER και σύμφωνα με την αρχιτεκτονική της πλατφόρμας που προσδιορίστηκε ανήκει στο Social Sensors Layer και δέχεται δεδομένα από τα υπο-τμήματα των χαμηλότερων επιπέδων (SocIos SN API, Social Media Crawler), όπως περιγράφεται αναλυτικά και στο κεφάλαιο 9 . Ο ρόλος της υπηρεσίας είναι να διατηρεί ένα σύνολο από γεγονότα που έχουν εντοπιστεί καθώς και χρήσιμα στατιστικά των αντικειμένων που έχουν υποστεί επεξεργασία. Η συγκεκριμένη συλλογή από γεγονότα είναι προσβάσιμη μέσω μίας διαδικτυακής διεπιφάνειας (web interface) καθώς επίσης και

τα στατιστικά σχετικά με τον αριθμό των δημοσιεύσεων ανά γεγονός, τον αριθμό των μοναδικών χρηστών που δημοσιεύσαν για ένα γεγονός κτλ. Μετά την άφιξη ενός νέου αντικειμένου π.χ. Tweet, η υπηρεσία αποφασίζει αν θα ανατεθεί σε ένα ήδη εντοπισμένο γεγονός είτε ένα νέο γεγονός θα δημιουργηθεί ειδικά για αυτό.

#### 7.4 Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της διατριβής παρουσιάσαμε μια μέθοδο για ανίχνευση γεγονότων σε δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα. Αναπτύξαμε μια παραλλαγή του αλγορίθμου distance-dependent Chinese Restaurant Process που ομαδοποιεί αντικείμενα μέσω σε ομάδες γεγονότων βάσει των δεδομένων κειμένου τους, δηλαδή του πραγματικού κειμένου και των διαθέσιμων μεταδεδομένων (π.χ. τίτλος, περιγραφή, λέξεις και τοποθεσία). Επιπρόσθετα, δείξαμε πως διάφορες τεχνικές προεπεξεργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την απόδοση του αλγορίθμου μας για ανίχνευση γεγονότων.



## 8 Ανάλυση συναισθήματος σε δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα

### 8.1 Εισαγωγή

Σε αυτήν την ενότητα περιγράφουμε τον αλγόριθμο ανάλυσης συναισθήματος που χρησιμοποιήσαμε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου SUPER. Στόχος ήταν να εξάγουμε εκφραστικές πατέντες (patterns) από περιεχόμενο που έχει παραχθεί από χρήστες στα κοινωνικά δίκτυα. Δοθείσας μιας δημοσίευσης στα κοινωνικά δίκτυα που περιέχει κείμενο, ο αλγόριθμος ανάλυσης συναισθήματος παράγει μια ετικέτα που προσδιορίζει το συναίσθημα του χρήστη. Η ετικέτα προέρχεται από ένα σύνολο από προκαθορισμένες κατηγορίες (θετικές, αρνητικές και ουδέτερες). Ο αλγόριθμος θα βοηθήσει στην κατηγοριοποίηση συναισθηματικά φορτισμένου κειμένου, δηλαδή στην ανάλυση δημοσιεύσεων από κοινωνικά δίκτυα για να διαχωρίσει θετικά από αρνητικά σχόλια όσον αφορά ένα συγκεκριμένο θέμα.

Υπάρχουσες υλοποιήσεις ανίχνευσης συναισθήματος τυπικά στοχεύουν στην εξαγωγή συναισθηματικά φορτισμένων πατέντων κειμένων από κείμενα που έχουν μη συγκεκριμένη δομή. Σε αυτήν την κατεύθυνση, χρησιμοποιούν είτε διακριτές λέξεις ή λεξικά που αξιολογούν την σημασία και την κατηγορία συγκεκριμένων λέξεων και φράσεων (για παράδειγμα το SentiWordNet [103], [104]). Παρ' όλο που αυτές οι προσεγγίσεις είναι επαρκώς αποτελεσματικές στο πλαίσιο συγκεκριμένων διατάξεων (π.χ. μεγάλα κείμενα), έχουν κατασκευαστεί με την υπόθεση ότι τα κείμενα εισόδου είναι γραμμένα με την συγκεκριμένη γλώσσα για την οποία έχουν αναπτυχθεί οι μέθοδοι, χωρίς να συμπεριλαμβάνουν περιεχόμενο θορύβου και λέξεις που έχουν ορθογραφικά λάθη. Παρ' όλα αυτά αυτές οι θεμελιώδεις υποθέσεις δεν πληρούνται λόγω των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των δεδομένων των χρηστών των κοινωνικών δικτύων, που απαιτούν μια μέθοδο που αγνοεί την γλώσσα και είναι ανεκτική σε υψηλά επίπεδα θορύβου:

- Οι δημοσιεύσεις αποτελούνται από κείμενο ελεύθερης μορφής που είναι μικρά σε μέγεθος και τυπικά έχουν μέγιστο μέγεθος 140 λέξεων στο Twitter. Λόγω του περιορισμένου τους μεγέθους τυπικά αποτελούνται από λίγες λέξεις, συνεπώς περιλαμβάνουν περιορισμένη επιπλέον πληροφορία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποδεικτική για την ανίχνευση της πολικότητας.
- Λεξιλόγιο μη συγκεκριμένο: Οι δημοσιεύσεις είναι ανεπίσημες, καθώς κυρίως ανταλλάσσονται ανάμεσα σε ανθρώπους που συνηθίζουν να χρησιμοποιούν αργκό (slang words) και μη συγκεκριμένες εκφράσεις (π.χ. “congratz” αντί για “congratulations”).
- Θόρυβος: Τα κοινωνικά δίκτυα από την φύση τους ενθαρρύνουν τους χρήστες να δημοσιεύουν άμεσα, σε πραγματικό χρόνο τα μηνύματα τους χωρίς να επιβεβαιώνουν την ορθότητα τους όσον αφορά τους γραμματικούς και συντακτικούς κανόνες. Στην περίπτωση που ένα μήνυμα ή μέρος του είναι μη κατανοητό, ο συγγραφέας μπορεί απλά να το αντικαταστήσει με ένα νέο. Συνεπώς, το περιεχόμενο που έχει δημιουργηθεί από χρήστες περιλαμβάνει λέξεις που δεν έχουν διατυπωθεί σωστά και μη σωστές φράσεις, εισάγοντας υψηλά επίπεδα θορύβου.
- Πολυγλωσσία: Παρά το γεγονός ότι η πλειοψηφία των χρηστών προέρχεται από αγγλόφωνες χώρες, οι πλατφόρμες κοινωνικών δικτύων είναι δημοφιλείς παγκοσμίως. Η βάση χρηστών περιλαμβάνει ανθρώπους που μιλούν σε διαφορετικές γλώσσες και διαλέκτους, συνεπώς καθιστώντας τις μεθόδους που στοχεύουν σε συγκεκριμένες γλώσσες, μη κατάλληλες.

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος στοχεύει να αντιμετωπίσει τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα, υλοποιώντας έναν μηχανισμό κατηγοριοποίησης που εξάγει χαρακτηριστικά (features), χρησιμοποιώντας το μοντέλο αναπαράστασης n-gram γράφων . Το θέμα της πολυγλωσσίας ήταν ιδιαίτερης σημασίας στα πλαίσια του

Ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου SUPER, καθώς η υπηρεσία χρησιμοποιήθηκε σε διαφορετικές πόλεις και θα πρέπει να αλληλοεπιδρά με δεδομένα από ένα ευρύ σύνολο γλωσσών. Η χρήση αλγορίθμων που δεν εξαρτώνται από μια συγκεκριμένη γλώσσα όπως αυτός των γράφων ν-γραμμμάτων μας επιτρέπει να εφαρμόσουμε ανίχνευση συναισθήματος σε κάθε γλώσσα δεδομένου ότι έχουμε ένα επισυνημμένο (annotated) σύνολο δεδομένων για αυτήν την γλώσσα. Τα επισυνημμένο σύνολο πρέπει να περιέχει ένα σύνολο από κείμενα μαζί με το αντίστοιχο συναίσθημα («θετικό», «αρνητικό», «ουδέτερο»).

## 8.2 Μεθοδολογία

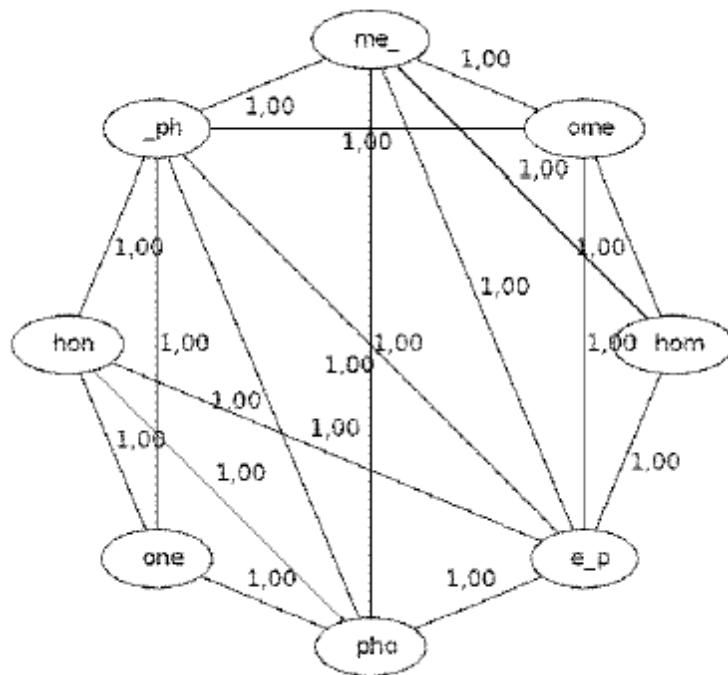
Η λογική πίσω από τη μέθοδο μας είναι να μετατρέψουμε ένα πρόβλημα ανάλυσης κειμένου - γλωσσικής ανάλυσης σε ένα ισοδύναμο πρόβλημα κατηγοριοποίησης γράφων. Πιο τυπικά, ένας γράφος ν-γραμμμάτων ορίζεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Γράφος ν-γραμμμάτων: ένας γράφος ν-γραμμμάτων είναι ένας γράφος  $G = (V^G, E^G, W)$ , όπου  $V^G$  είναι το σύνολο των κορυφών (με ετικέτα στο αντίστοιχο ν-γράμμα),  $E^G$  είναι το σύνολο των κατευθυνόμενων ακμών έχοντας ως ετικέτα την συνένωση των ετικετών των κορυφών στην κατεύθυνση της σύνδεσης και  $W$  είναι η συνάρτηση που αναθέτει ένα βάρος σε κάθε ακμή.

Αυτό το πλαίσιο επιτρέπει να αναπαραστήσουμε ένα κείμενο ως γράφο, κρατώντας περισσότερη πληροφορία απ' ότι ένα bag-of-words και υποστηρίζοντας αναπαράσταση συνόλων κειμένων χρησιμοποιώντας έναν απλό γράφο. Υποθέτοντας ότι κάθε χαρακτηριστικό όνομα αποτελεί ένα μικρό κείμενο  $T$ , μπορούμε να συνδυάσουμε όλα τα σταθερά ονόματα σε ένα κοινό γράφο και τα μη σταθερά ονόματα σε ένα άλλο γράφο. Το ίδιο ισχύει και για τιμές χαρακτηριστικών. Οι αντίστοιχοι γράφοι συλλαμβάνουν πατέντες κοινές στο περιεχόμενο σταθερών και ασταθών αντικειμένων, όπως χαρακτήρων γειτονικών και ακολουθιών, ειδικών χαρακτήρων και ψηφίων. Συνεπώς αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογίσουν την ομοιότητα ενός

αντικειμένου πληροφορίας (του σύνολου δοκιμασίας) με τη σταθερή και ασταθή κατηγορία.

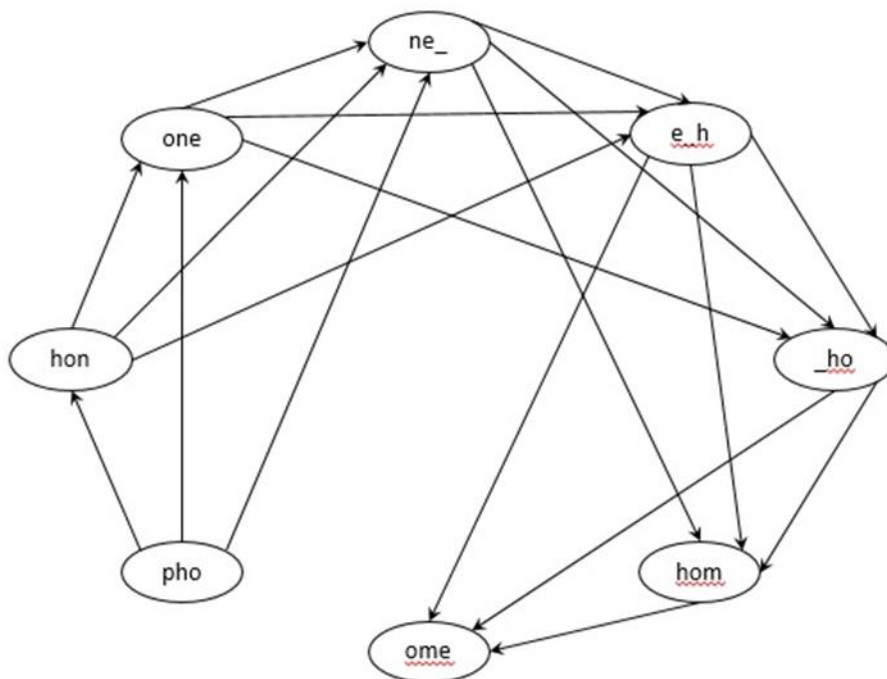
Έχουμε εξετάσει τρεις κύριες προσεγγίσεις βασισμένες στην μέθοδο των γράφων n-γραμμμάτων: γράφοι χωρίς κατεύθυνση, κατευθυνόμενοι γράφοι με ακμές χωρίς βάρη, και κατευθυνόμενοι γράφοι με ακμές με βάρη. Παραλλαγές και διαμορφώσεις αυτών των μεθόδων αυτών των προσεγγίσεων έχουν εξεταστεί προκειμένου να βελτιώσουμε την απόδοση της υπηρεσίας. Αυτές οι προσεγγίσεις περιγράφονται με λεπτομέρεια παρακάτω και αντιπροσωπευτικά παραδείγματα απεικονίζονται στα σχήματα που ακολουθούν.



Εικόνα 32. Υποδειγμα τρι-γράμματος που αντιπροσωπεύει την συμβολοσειρά "home phone". Κάθε τρί-γράμμα αυτής της συμβολοακολουθίας αντιστοιχεί σε ένα κόμβο του γράφου και οι ακμές συνδέουν τρι-γράμματα, των οποίων η απόσταση είναι λιγότερη από τρία γράμματα ανεξάρτητα από τη σχετική τους θέση (συνεπώς μη κατευθυνόμενοι γράφοι)

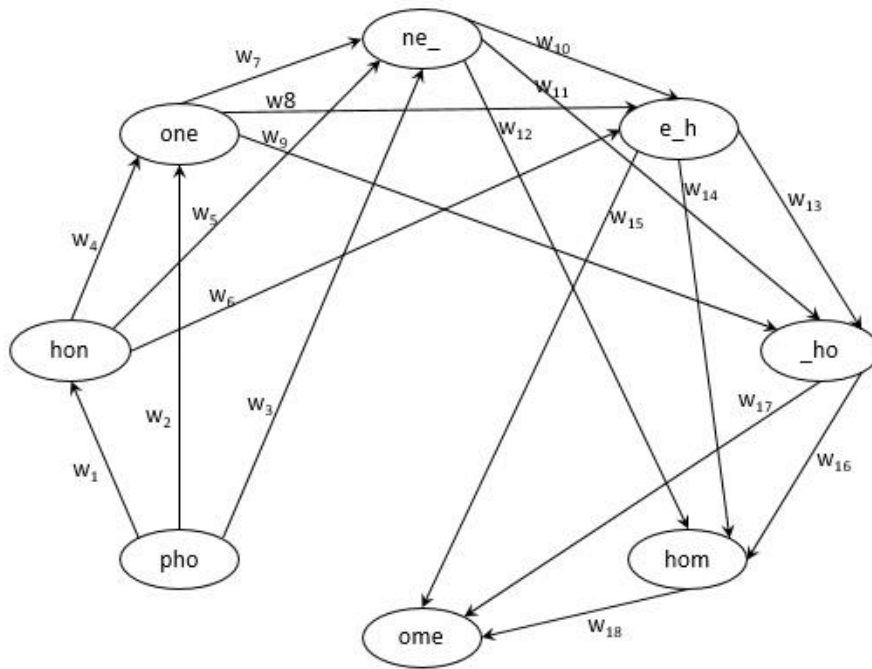
Προκειμένου να συλλάβουμε πιο αποτελεσματικά την ακολουθία N-γραμμμάτων στο αρχικό κείμενο, εκτός από τις προσεγγίσεις που δεν λαμβάνουν υπόψιν την κατεύθυνση των ακμών, εξετάσαμε και προσεγγίσεις που την λαμβάνουν υπόψιν. Στο επόμενο

σχήμα απεικονίζεται ένας κατευθυνόμενος γράφος για την συμβολοακολουθία «phone home». Οι ακμές δεν έχουν καθόλου βάρη αλλά εμφανίζονται στον γράφο μόνο αν δυο ν-γράμματα είναι κοντά το ένα στο άλλο στο αρχικό κείμενο.



Εικόνα 33. Ενδεικτικό 3-γράμμα κατευθυνόμενου γράφου χωρίς βάρη που αναπαριστά την συμβολοακολουθία "home phone". Κάθε 3-γράμμα αυτής της συμβολοακολουθίας αντιστοιχεί σε ένα κόμβο του γράφου και οι ακμές συνδέουν 3-γράμματα συλλαμβάνοντας την ακολουθία των Ν-γραμμάτων στο κείμενο.

Μια τρίτη προσέγγιση επίσης εξετάστηκε, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα. Οι κατευθυνόμενοι γράφοι που δημιουργήθηκαν είχαν ακμές ανάλογες με την συχνότητα εμφάνισης κάθε συμβολοακολουθίας στο αυθεντικό κείμενο. Συνεπώς ν-γράμματα μπορούν να αντιπροσωπεύουν όχι μόνον ποια ν-γράμματα συνυπάρχουν αλλά και ποια ακολουθία λέξεων είναι περισσότερο σημαντική στο κείμενο και εμφανίζεται πιο συχνά από άλλες.



Εικόνα 34. Ενδεικτικό 3-γραμμα κατευθύνόμενου γράφου με βάρη που αναπαριστά την συμβολοακολουθία "home phone". Κάθε 3-γραμμα αυτής της συμβολοακολουθίας αντιστοιχεί σε ένα κόμβο του γράφου. Οι ακμές συνδέουν 3-γράμματα συλλαμβάνοντας την ακολουθία των N-γραμμάτων στο κείμενο και τα βάρη υποδεικνύουν την συχνότητα εμφάνισης.

Ένας γράφος ν-γραμμάτων χαρακτηρίζεται από 3 παραμέτρους:

- το ελάχιστο βαθμό (rank) ν-γράμματος  $L_{\min}$
- τον μέγιστο βαθμό (rank) ν-γράμματος  $L_{\max}$
- την μέγιστη απόσταση γειννίαςης  $D_{\text{win}}$ .

Ακολούθως, θεωρούμε γράφους 3-γραμμάτων, δηλαδή  $L_{\min}=L_{\max}=3$  με μια απόσταση γειννίαςης  $D_{\text{win}}=3$ , όπου πειραματικά φάνηκε ότι παρέχει μια καλή σχέση ανάμεσα σε αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα. Για να κατασκευάσουμε ένα γράφο ν-γραμμάτων, ένα παραθύρου μεγέθους  $D_{\text{win}}$  τρέχει πάνω από ένα δοσμένο tweet, αναλύοντας το σε ν-γράμματα που αλληλεπικαλύπτονται και καταγράφοντας πληροφορία σχετικά με τα γειτονικά (μέσα στο παράθυρο). Συνεπώς, μια ακμή  $e^G \in E^G$  που συνδέει ένα ζευγάρι ν-γραμμάτων υποδεικνύει εγγύτητα αυτών των ακολουθιών χαρακτήρων στο αυθεντικό κείμενο μέσα στο προκαθορισμένο παράθυρο μεγέθους

$D_{win}$ . Το ακριβές βάρος των ακμών υπολογίζεται από τον υπολογισμό των εμφανίσεων των ακμών των  $n$ -γραμμμάτων μέσα στο παράθυρο.

Το μοντέλο γράφων  $n$ -γραμμμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιπροσωπεύσει ένα σύνολο από tweets (δηλαδή μια συγκεκριμένη κατηγορία) μέσω ενός απλού γράφου. Αυτό γίνεται απλά με τη βοήθεια της λειτουργίας της ανανέωσης: για ένα συγκεκριμένο σύνολο από tweets  $T$ , δημιουργεί ένα αρχικά άδειο γράφο  $G_T$ . Το  $i$ -οστό tweet  $t_i$  μετασχηματίζεται μετά σε ένα γράφο  $n$ -γραμμμάτων  $G_{t_i}$ , που συγχωνεύεται με το  $G_T$  για να σχηματίσει ένα νέο γράφο  $G_U$  με τις ακόλουθες ιδιότητες  $G^U = (E^U, V^U, W^{u_i})$ , όπου  $E^U = E^{G_T} \cup E^{G_{t_i}}$ ,  $V^U = V^{G_T} \cup V^{G_{t_i}}$  και  $W^{u_i}(e) = W^{G_T}(e) + (W^{G_{t_i}}(e) - W^{G_T}(e)) * 1/i$ . Με τη βοήθεια της μεθόδου ανανέωσης μπορούμε να συνδυάσουμε όλα τα tweets του συνόλου εκπαίδευσης κάθε κατηγορίας σε ένα κοινό γράφο (δηλαδή μια κατηγορία αρνητικών tweets, μια κατηγορία ουδέτερων και μια κατηγορία θετικών). Οι τελικοί γράφοι συλλαμβάνουν πρότυπα κοινά στο περιεχόμενο κάθε κατηγορίας όπως επαναλαμβανόμενες και γειτονικές ακολουθίες χαρακτήρων, ειδικοί χαρακτήρες και ψηφία. Συνεπώς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογίσουν την ομοιότητα ενός μόνο tweet του συνόλου δοκιμασίας (test set) με κάθε κατηγορία. Η ομοιότητα υπολογίζεται ανάμεσα στον αντίστοιχο γράφο  $G_i$  που αναπαριστά το tweet και τον γράφο  $G_j$  που αναπαριστά την κατηγορία. Τα ακόλουθα 3 είδη ομοιότητας ανάμεσα στους γράφους  $n$ -γραμμμάτων χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο αυτής της διαδικασίας:

- Containment Similarity (CS) που εκφράζει την αναλογία των ακμών ενός γράφου  $G_i$  που είναι κοινές με ένα δεύτερο γράφο  $G_j$ . Θεωρώντας ότι  $G$  είναι ένας γράφος  $n$ -γραμμμάτων,  $e$  είναι μια ακμή ενός γράφου  $n$ -γραμμμάτων και ότι για τη συνάρτηση  $\mu(e, G)$  ισχύει ότι  $\mu(e, G) = 1$ , αν και μόνο αν  $e \in G$  και 0 διαφορετικά:

$$CS(G^i, G^j) = \sum_{e \in G^i} \mu(e, G^j) / \min\{|G^i|, |G^j|\}$$

- Size Similarity (SS) που εκφράζει τον λόγο των μεγεθών των δυο γράφων:

$$SS(G^i, G^j) = \frac{\min\{|G^i|, |G^j|\}}{\max\{|G^i|, |G^j|\}}$$

- Value Similarity (VS), που εκφράζει πόσες από τις ακμές που περιέχονται στον γράφο  $G_i$  περιέχονται σε ένα γράφο  $G^j$ , θεωρώντας επίσης τα βάρη των ακμών που είναι κοινές. Σε αυτήν την μέτρηση κάθε ακμή που ταιριάζει, έχοντας βάρος  $w_e^i$  στον γράφο  $G^i$  συνεισφέρει  $\frac{VR(e)}{\max\{|G^i|, |G^j|\}}$  στο άθροισμα, ενώ οι υπόλοιπες ακμές που δεν ταιριάζουν δεν συνεισφέρουν (δηλαδή για μια ακμή  $e \notin G^i$  ορίζουμε  $w_e^i = 0$ ). Ο παράγοντας Value Ratio (VR) ορίζεται ως:

$$VR(e) = \frac{\min(w_e^i, w_e^j)}{\max(w_e^i, w_e^j)}$$

Η εξίσωση υποδεικνύει ότι η VS λαμβάνει τιμές στο διάστημα  $[0, 1]$  και ότι είναι συμμετρική. Συνεπώς η πλήρης εξίσωση για την VS είναι:

$$VS(G^i, G^j) = \frac{\sum_{e \in G^i} VR(e)}{\max\{|G^i|, |G^j|\}}$$

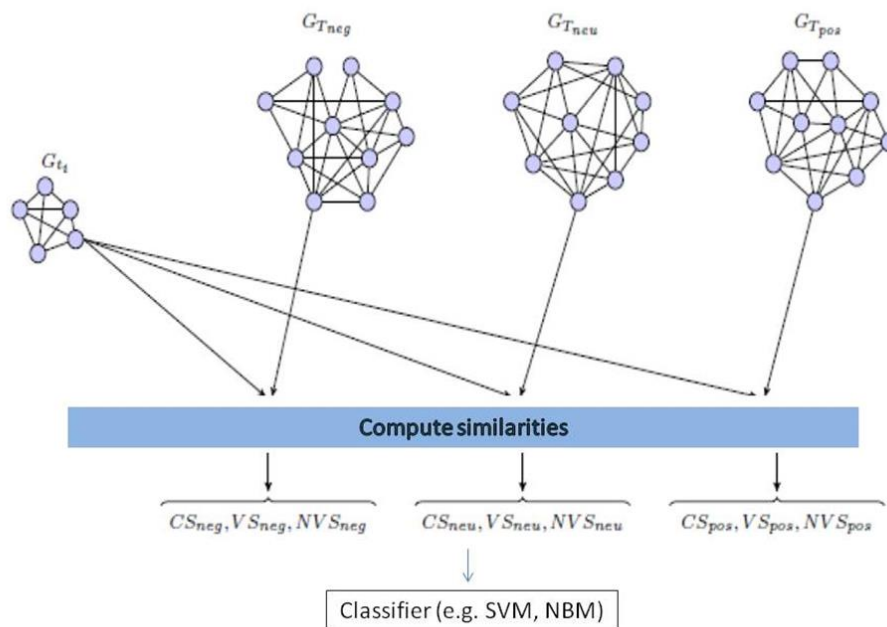
Όπου το VS συγκλίνει στο 1, όταν έχουμε γράφους με κοινές ακμές και βάρη, με την τιμή  $VS=1$  να υποδεικνύει τέλειο τάριασμα ανάμεσα στους συγκρινόμενους γράφους. Μια σημαντική μετρική είναι η κανονικοποιημένη VS, Normalized Value Similarity (NVS), που υπολογίζεται ως εξής:

$$NVS(G^i, G^j) = \frac{VS(G^i, G^j)}{SS(G^i, G^j)}$$

Η NVS είναι μια μετρική ομοιότητας όπου ο λόγος των μεγεθών των δυο συγκρινόμενων γράφων δεν παίζει κάποιο ρόλο.



Συνολικά, για να κατηγοριοποιήσουμε ένα tweet ανάλογα με το μοντέλο n-gram γράφων, απλά χρειάζεται να εξετάσουμε τρεις ομοιότητες για κάθε μια από τις κατηγορίες. Τα διανύσματα που προκύπτουν δίνονται τότε ως είσοδος σε παραδοσιακούς ταξινομητές όπως για παράδειγμα Support Vector Machine (SVM) και η ακρίβεια της μεθόδου μας υπολογίζεται μέσω ενός σχήματος 10-fold cross validation. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει την εσωτερική αρχιτεκτονική του αλγορίθμου.



Εικόνα 35. Εσωτερική αρχιτεκτονική του αλγορίθμου Ανάλυσης Συναισθήματος

Αποτιμούμε την επίδοση των διαφορετικών προσεγγίσεων σε διαφορετικά σύνολα δεδομένων από διαφορετικές γλώσσες. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει την πληροφορία για τα θεωρούμενα σύνολα δεδομένων.

Όνομα Συνόλου Δεδομένων	Γλώσσα	Αναφορά
SemEval-2014 Task-9	English	[105]
Sentiment Strength (SSTweet)	English	[106]
TASS 2013 Corpus	Spanish	[107]
Multi-DaiLabor	German	[108]
Tromp Multilingual	Multilingual	[109]
Sentiment Treebank dataset	English	[110]

Πίνακας 5. . Σύνολα δεδομένων που θεωρήθηκαν κατά την ανάπτυξη του αλγορίθμου ανάλυσης συναισθήματος

### 8.3 Πειράματα και Αξιολόγηση

Μελετήσαμε εκτενώς τη μέθοδο μας που μετατρέπει ένα πρόβλημα γλωσσικής ανάλυσης σε ένα ισοδύναμο πρόβλημα κατηγοριοποίησης γράφου. Πολλές διαμορφώσεις και προσεγγίσεις έχουν εξεταστεί σε κάθε βήμα της μεθόδου προκειμένου να βελτιώσουμε την επίδοση της.

Διαφορετικά μεγέθη γράφων  $n$ -γραμμμάτων έχουν εξεταστεί, με το  $n$  να παίρνει τιμές από το 2 μέχρι το 10, δηλαδή 2-γράμματα, 3-γράμματα έως και 10-γράμματα.

Η προεπεξεργασία του περιεχόμενου κειμένου των δημοσιεύσεων στα κοινωνικά δίκτυα περιλαμβάνει την αφαίρεση ή αντικατάσταση ορισμένων «χαρακτηριστικών» όπως αναφορές (mentions), υπερσύνδεσμοι (hyperlinks) και hashtags. Πιο συγκεκριμένα εστίασαμε στις αναφορές σε λογαριασμούς χρηστών (@username), τα hashtags (#θέμα) καθώς και τους υπεσυνδέσμους (http). Κατά τα πειράματα που διεξήχθησαν, ακολουθήσαμε τρεις εκδοχές προ-επεξεργασίας:

1. Αφαίρεση όλων αυτών των «χαρακτηριστικών»
2. Αφαίρεση μόνο των υπερσυνδέσμων
3. Αφαίρεση χαρακτηριστικών με συγκεκριμένες λέξεις, συγκεκριμένα των αναφορών, των αναδημοσιεύσεων, των url και των hashtag.

Επιπρόσθετα, πειραματιστήκαμε με διαφορετικούς supervised αλγορίθμους κατηγοριοποίησης (classification), όπως Logistic Regression, Naïve Bayes, Naïve Bayes Multinomial, Multilayer Perceptron, Support Vector Machines και C4.5 δέντρο αποφάσεων.

Ο κοινός υπογράφος ανάμεσα στους 3 γράφους (θετικός, αρνητικός και ουδέτερος) έχει αφαιρεθεί σε μια προσπάθεια αφαίρεσης του θορύβου.

Όλες αυτές οι διαμορφώσεις και εναλλακτικές προσεγγίσεις της μεθόδου γράφου ν-γραμμμάτων έχουν εξεταστεί για να εξαχθεί το συναίσθημα (θετικό, αρνητικό, ουδέτερο) από ένα κείμενο, εστιάζοντας σε κείμενα μικρού μεγέθους από κοινωνικά δίκτυα. Οι προσεγγίσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως έχουν αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας διάφορα σύνολα δεδομένων σε πολλές γλώσσες από τη βιβλιογραφία. Έχουμε καταλήξει σε μια τελική διαμόρφωση της μεθόδου μας με  $N=4$ , που χρησιμοποιεί Support Vector Machines ως αλγόριθμο κατηγοριοποίησης. Ένα ενιαίο σύνολο δεδομένων που αποτελείται από πολλές γλώσσες σχηματίστηκε και χρησιμοποιήθηκε για να τη δημιουργία γράφων κατηγοριών για την τελική εκδοχή του συστήματος ανάλυσης συναισθήματος.

Για την υλοποίηση της προτεινόμενης μεθόδου χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Java και το λογισμικό Weka [111] για τους αλγορίθμους κατηγοριοποίησης. Επιπρόσθετα χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Python καθώς και η βιβλιοθήκη Scikit [112].

Έχουμε αξιολογήσει την μέθοδο μας χρησιμοποιώντας διάφορα σύνολα δεδομένων για όλα τα διαφορετικά μεγέθη γράφων και διαμορφώσεων. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζουμε τα πειραματικά αποτελέσματα όσον αφορά την ακρίβεια για  $N=4$ .

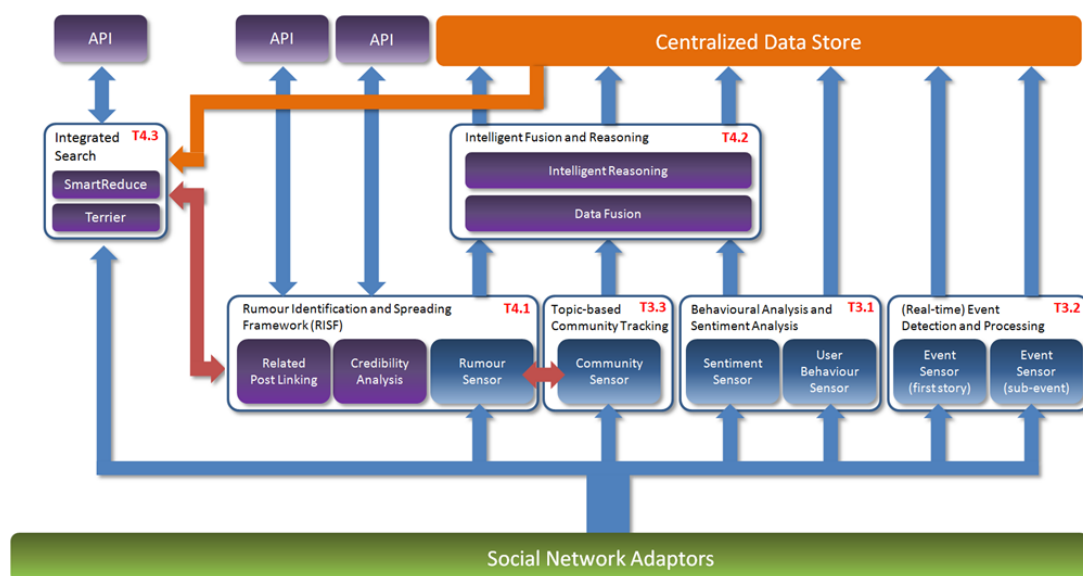
	N-Gram Graphs undirected	N-Gram Graphs directed unweighted	N-Gram Graphs directed weighted
SemEval-2014 Task-9	0.56	0.58	0.50
Sentiment Strength (SSTweet)	0.52	0.52	0.51
TASS 2013 Corpus	0.76	0.78	0.40
Multi-DaiLabor-EN	0.78	0.85	0.63
Tromp Multilingual - EN	0.77	0.77	0.69
Sentiment Treebank dataset	0.67	0.47	0.47

Πίνακας 6. Πειραματικά αποτελέσματα για τους γράφους ν-γραμμάτων μεγέθους  $N=4$

## 9 Αξιοποίηση των αλγορίθμων στην πράξη

### 9.1 Διεπιφάνειες και αξιοποίηση στο έργο SUPER

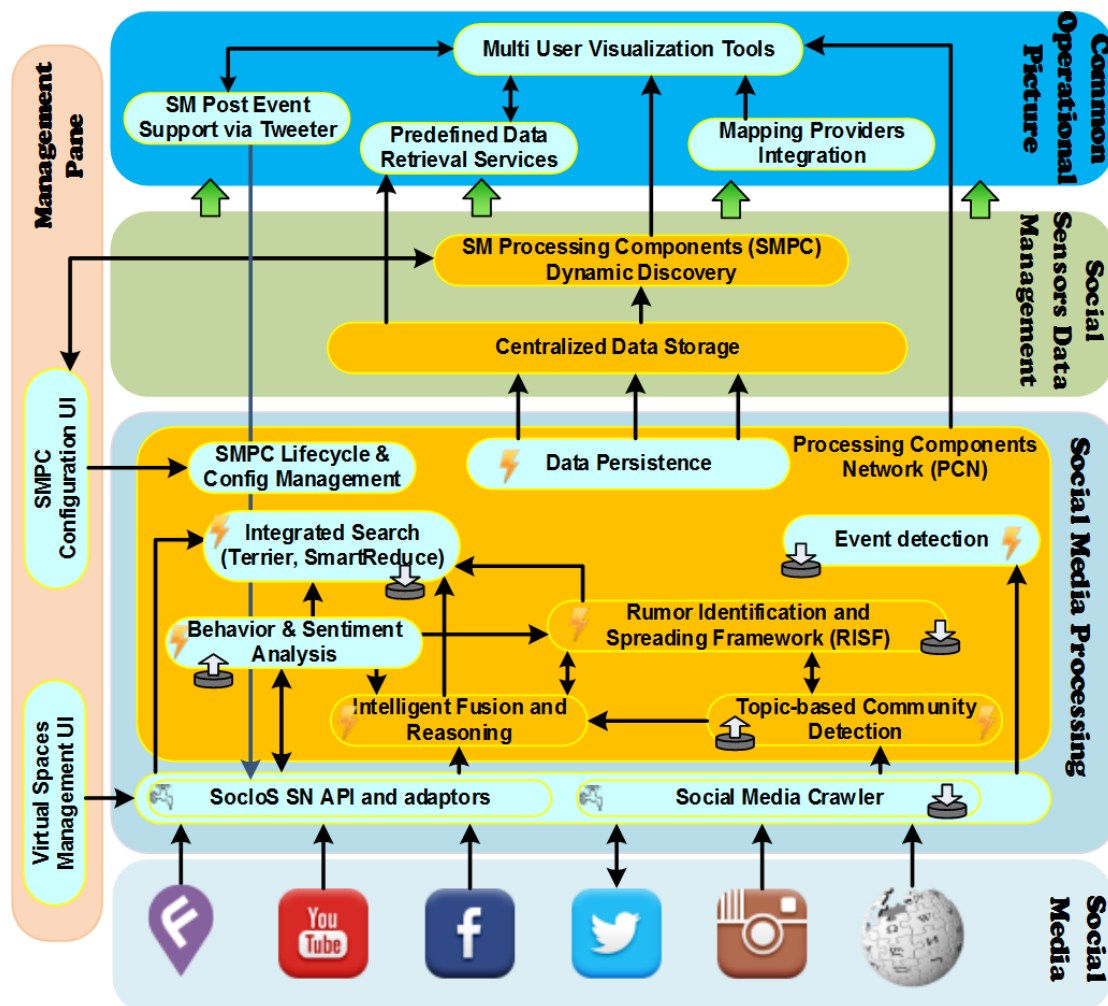
Η υπηρεσία ανάλυσης συναισθήματος αποτελεί μέρος του επιπέδου υπηρεσιών κοινωνικών αισθητήρων (social sensors components layer). Αυτό το επίπεδο τοποθετείται πάνω από το επίπεδο των προσαρμογέων κοινωνικών δικτύων (social networks adaptors layer) και παρέχει δεδομένα συμπεριλαμβάνοντας το συναίσθημα στο κεντρική βάση δεδομένων. Τα δεδομένα που παράγονται από τις υπηρεσίες γίνονται έπειτα διαθέσιμα μέσα από την υπηρεσία αναζήτησης του SUPER (SUPER Integrated Search component through a REST API). Η υπηρεσία αυτή λαμβάνει ροές δημοσιεύσεων από τους προσαρμογείς κοινωνικών δικτύων.



Εικόνα 36. Επισκόπηση της αρχιτεκτονικής των τμημάτων του SUPER και της θέσης της υπηρεσίας ανάλυσης συναισθήματος σε αυτήν

## 9.2 Συλλογή δεδομένων από τα κοινωνικά δίκτυα

Στο επίπεδο των προσαρμογέων κοινωνικών δικτύων (Social Network Adapters) ξεχωρίζουμε δυο υπηρεσίες τις οποίες χρησιμοποιήσαμε, που συνδέονται με τα κοινωνικά δίκτυα και παρέχουν δυνατότητες συλλογής δεδομένων και πρόσβασης από τα κοινωνικά δίκτυα [111].



Εικόνα 37. Σχηματική αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής του του SUPER

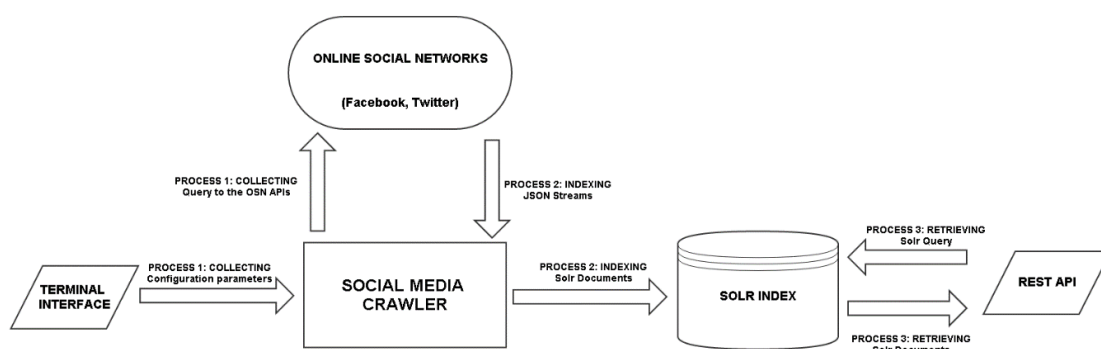
### 9.2.1 Πρόσβαση στα Κοινωνικά με το Social Media Crawler

Ο Social Media Crawler (SMC) [114] είναι ένα τμήμα λογισμικού που συνδέεται με τα κοινωνικά δίκτυα και παρέχει συλλογές δεδομένων. Ανάμεσα στα διαφορετικά οικοσυστήματα των πλατφορμών (π.χ. Instagram, Google+, Yahoo! Sites, FollowThePlace κτλ.), ο SMC θα εστιάζει στα δυο από τα μεγαλύτερα κοινωνικά δίκτυα το Facebook και το Twitter. Σε αντίθεση με τον προσαρμογέα SocIOS που περιγράφεται αργότερα, το SMC μπορεί να λειτουργεί ως ένα μόνιμα αποθετήριο μηνυμάτων από τις δύο πλατφόρμες, ώστε να χρησιμοποιούνται έπειτα τους κοινωνικούς αισθητήρες του SUPER, όπως την υπηρεσία Ανάλυσης Συναισθήματος και Εντοπισμού Γεγονότων.

Το παρακάτω σχήμα (Εικόνα 38) απεικονίζει τα εσωτερικά συστατικά και τη ροή δεδομένων μέσα στον SMC. Όπως μπορούμε να δούμε από το σχήμα αυτό, το SMC υποστηρίζει τρεις κύριες διεργασίες, δηλαδή την Συλλογή (Collection), την αρίθμηση (Indexing) και την Ανάκτηση (Retrieval). Συγκεκριμένα, μετά τη διαμόρφωση (configuration), το SMC χρησιμοποιεί δημόσιες προγραμματιστικές διεπιφάνειες API's για καθένα από τα υποστηριζόμενα κοινωνικά δίκτυα για συλλογή δημοσιεύσεων κοινωνικών δικτύων. Αυτές οι ανακτημένες δημοσιεύσεις μορφοποιούνται σε JSON και στέλνονται σε μια εγκατάσταση του Apache Solr [115]. Το περιεχόμενο κάθε δημοσίευσης αποθηκεύεται σε μια δομή index, με βάση το Apache Lucene. Το Solr φιλοξενεί μια διεπιφάνεια API που διευκολύνει την ανάκτηση με ερώτημα.

Το SMC υποστηρίζει λοιπόν δύο κοινωνικά δίκτυα το Facebook και το Twitter. Για το Twitter, τα tweets ανακτώνται σε πραγματικό χρόνο από τον δημόσιο Streaming API. Όταν χρησιμοποιούμε αυτό το API, τα αιτήματα πρέπει να εξουσιοδοτούνται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του OAuth. Συνεπώς, ο SMC απαιτεί μια εφαρμογή εγγεγραμμένη στο Twitter και ένας χρήστης εγγεγραμμένος στο Twitter να αποκτούν τα

πιστοποιητικά ασφαλείας και πιο συγκεκριμένα Consumer-Key, Consumer-Secret, Access-Key and Access-Secret. Για το Facebook οι δημοσιεύσεις και τα σχόλια από σελίδες στόχους εξάγονται μέσω του Facebook Graph API. Το σύστημα επίσης στηρίζεται στο πρωτόκολλο πιστοποίησης που απαιτεί η εφαρμογή Facebook και ο χρήστης του Facebook να δημιουργούν πιστοποιητικά πρόσβασης (Access-Tokens).



Εικόνα 38. Ροή δεδομένων μέσα στον Social Media Crawler (SMC)

### 9.2.2 Συγκέντρωση Δεδομένων από τα Κοινωνικά Δίκτυα με το Soclos API

Το SocIos API προσφέρει ένα επίπεδο αφαιρετικότητας για συγκέντρωση δεδομένων και λειτουργικότητας από πολλά κοινωνικά δίκτυα. Παρέχει ένα απλό σημείο πρόσβασης στις προγραμματιστικές διεπιφάνειες που εκθέτουν τα υποκείμενα κοινωνικά δίκτυα, που περιέχουν πολλές μεθόδους για αναζήτηση και ανάκτηση πληροφοριών για χρήστες, τον κοινωνικό τους γράφο και την δραστηριότητα τους. Όσον αφορά την αρχιτεκτονική, το SocIos API αποτελείται από ένα κεντρικό τμήμα, την Κύρια Υπηρεσία που λειτουργεί ως ένα μοναδικό σημείο αναφοράς για τα παραπάνω επίπεδα και ένα σύνολο από προσαρμογείς. Η κύρια υπηρεσία είναι υπεύθυνη για την αρχικοποίηση και τον συντονισμό των προσαρμογέων, όπως επίσης και για την συγκέντρωση των προσαρμογέων καθώς και για την συγκέντρωση των αποτελεσμάτων και την επιστροφή τους πίσω στον πελάτη. Οι προσαρμογείς κυρίως



λειτουργούν πάνω από τα μεμονωμένα APIs των κοινωνικών δικτύων με τα οποία επικοινωνούν μέσω REST. Οι προσαρμογείς είναι τμήμα αυτού του API και είναι συνεπώς Java αντικείμενα που αρχικοποιούνται και διαμορφώνονται από τις κύριες υπηρεσίες για κάθε κλήση μεθόδου.

Έχει υλοποιηθεί ως μια υπηρεσία δικτύου (web service) και παρέχει ένα σύνολο μεθόδων για ανάκτηση δεδομένων από τα κοινωνικά δίκτυα. Τα δεδομένα μπορούν να επιστραφούν σε XML ή JSON. Ενδεικτικά η ακόλουθη μέθοδος επιστρέφει ένα πολυμεσικό αντικείμενο για το οποίο έχουμε κάποια πληροφορία: **getMediaItems(String , SN) ->MediaItem**, η οποία επιστρέφει ένα πολυμεσικό αντικείμενο αφού προσδιορίζουμε τις ακόλουθες δυο παραμέτρους: i) το αναγνωριστικό ενός πολυμεσικού αντικειμένου σε ένα κοινωνικό δίκτυο; ii) το συγκεκριμένο κοινωνικό δίκτυο

### 9.3 Ενσωμάτωση Αλγορίθμου Στην Αρχιτεκτονική του SUPER

Η υπηρεσία ανάλυσης συναισθήματος που βασίζεται στους γράφους ν-γραμμάτων υλοποιήθηκε ως μια ανεξάρτητη εφαρμογή που παρέχει χρήσιμες υπηρεσίες στο σύστημα του SUPER [113, p. 4]. Αυτό περιλαμβάνει την επεξεργασία ροών δεδομένων από τα κοινωνικά δίκτυα και εξαγωγή συμπερασμάτων για αυτά και πιο συγκεκριμένα σχετικά με το συναίσθημα που εκφράζεται μέσα σε αυτές τις δημοσιεύσεις. Προκειμένου να ενσωματωθεί η υπηρεσία ανάλυσης συναισθήματος στην γενικότερη αρχιτεκτονική του SUPER, υλοποιήσαμε μια προγραμματιστική διεπιφάνεια (API), σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράψαμε στην αρχιτεκτονική του SUPER. Αυτή η διεπιφάνεια λειτουργεί ως ένα σημείο σύνδεσης ανάμεσα στην υπηρεσία, ή αλλιώς αισθητήρα (sensor) (βλ. Εικόνα 37) και το ευρύτερο σύστημα του SUPER. Ορίσαμε και υλοποιήσαμε λοιπόν, ένα σύνολο από RESTful μεθόδους που η συγκεκριμένη υπηρεσία πρέπει να εκθέτει και να υποστηρίζει. Αντίστοιχα και οι υπόλοιπες υπηρεσίες όπως η υπηρεσία εντοπισμού γεγονότων που περιεγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα

(Ενότητα 7), εκθέτουν ένα σύνολο από μεθόδους που επιτρέπουν την σύνδεση με το υπόλοιπο σύστημα.

Αναπτύξαμε ένα σύνολο από μεθόδους που παρέχουν έναν τρόπο να διαμορφώνουμε και να ενημερώνουμε την υπηρεσία ανάλυσης συναισθήματος. Ενδεικτικά η μέθοδος `ReportFunctionality(URI)` ενημερώνει το σύστημα του SUPER για την ύπαρξη της και τις υποστηριζόμενες δυνατότητες της μέσω του SMPC Configuration UI. Αυτή η ενημέρωση επιτρέπει στο SMPC Dynamic Discovery να διατηρεί μια λίστα των διαθέσιμων αισθητήρων και υπηρεσιών.

Η υπηρεσία ανάλυσης συναισθήματος, όπως και οι υπόλοιποι κοινωνικοί αισθητήρες εργάζονται με δεδομένα ανακτημένα από κοινωνικά δίκτυα χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από λέξεις κλειδιά που είναι συγκεκριμένες για κάθε γεγονός. Τα δεδομένα συλλέγονται από τον Social Media Crawler (Ενότητα 9.2.1) και αποθηκεύονται στο Solr ευρετήριο.

Για την ανάπτυξη των RESTful μεθόδων χρησιμοποιήθηκε η Java 8 και εξειδικευμένες βιβλιοθήκες για χειρισμό Streams που παρέχει καθώς και για υλοποίηση RESTful δικτυακών υπηρεσιών [116], [117]. Οι μέθοδοι που αναπτύξαμε για την διαμόρφωση και την ενημέρωση της υπηρεσίας είναι οι ακόλουθες:

- `ReportFunctionality(URI)` -> `boolean`
  - Αυτή η μέθοδος καλείται κατά την αρχικοποίηση της υπηρεσίας. Το URI είναι η τοποθεσία του SUPER SMPC Configuration UI. Συνδέεται με το URI αυτό και αποστέλλει πληροφορίες σχετικά με τις υποστηριζόμενες λειτουργίες της.
- `RegisterNewEvent(EventAndSource)` -> `boolean`
  - Αυτή η μέθοδος προετοιμάζει την υπηρεσία για να ξεκινήσει την επεξεργασία ενός νέου γεγονότος. Το αντικείμενο `EventAndSource`

περιέχει όλη την πληροφορία που η υπηρεσία χρειάζεται για να ξεκινήσει την επεξεργασία ενός νέου γεγονότος, δηλαδή το αντικείμενο Γεγονός (Event) που αντιπροσωπεύει το νέο γεγονός προς επεξεργασία και το αντικείμενο PostStreamSource. Το αντικείμενο αυτό περιέχει την πηγή (Source), που περιέχει το URI που προσδιορίζει την τοποθεσία δικτύου απ' όπου η υπηρεσία θα λάβει περιεχόμενο εισόδου και ένα ή περισσότερα αντικείμενα StreamDefinition που λένε στην υπηρεσία τι τύπου δεδομένα να περιμένει.

➤ `DeregisterEvent(Event) -> boolean`

- Αυτή η μέθοδος επιβάλλει ότι όλη η επεξεργασία για ένα συγκεκριμένο γεγονός, που δέχεται ως όρισμα, πρέπει να σταματήσει.

➤ `updateEvent(EventAndSource) -> boolean`

- Αυτή η μέθοδος παρέχει τα μέσα για την ενημέρωση της διαμόρφωσης της υπηρεσίας ενώ αυτή βρίσκεται σε λειτουργία, δηλαδή έπειτα από την αρχική κλήση της `registerEvent()`. Εσωτερικά, θα προκαλέσει την υπηρεσία να ξανά-επεξεργαστεί το γεγονός εισόδου και τα αντικείμενα `PostStreamSource` και να αλλάξει τη διαμόρφωση του αισθητήρα κατάλληλα για το συγκεκριμένο γεγονός.

➤ `getSentimentStream(Event) -> Stream<Post>`

- Ζητά πρόσβαση στην ροή (stream) των νέων δημοσιεύσεων που εκφράζουν συναίσθημα. Μια δημοσίευση που εκφράζει συναίσθημα αντιπροσωπεύεται από ένα αντικείμενο Δημοσίευση (Post) και επιλέγεται από την υποκείμενη ροή δεδομένων. Το αντικείμενο αυτό έχει επιπρόσθετες πληροφορίες στα μετα-δεδομένα του. Η μέθοδος αυτή δημιουργεί μια συνεχή σύνδεση με την υπηρεσία, μέσω της οποίας

νέες δημοσιεύσεις που περιέχουν συναίσθημα θα επιστρέφονται μόλις εντοπίζονται.

➤ `streamToMailbox(Event, Mailbox) -> boolean`

- Απαιτεί πρόσβαση στη ροή νέων δημοσιεύσεων που εκφράζουν συναίσθημα. Μια δημοσίευση που εκφράζει συναίσθημα αντιπροσωπεύεται από ένα αντικείμενο Δημοσίευση (Post) και επιλέγεται από την υποκείμενη ροή δεδομένων. Η μέθοδος αυτή στέλνει ένα αντίγραφο όλων των εξόδων για ένα γεγονός σε ένα συγκεκριμένο RabbitMQ mailbox.

Τα αντικείμενα που αναφέρθηκαν προηγουμένως όπως η Δημοσίευση (Post) ή το Γεγονός (Event) είναι σαφώς ορισμένα [111], [116], [119, p. 2]. Ενδεικτικά παραθέτουμε τον ορισμό του αντικειμένου Post:

```
Post {  
    String identifier;  
    String text;  
    long timestamp;  
    StreamType type;  
    double score;  
    Map<String,String> metadata;  
}
```

## 10 Συμπεράσματα

Στο πρώτο τμήμα της εργασίας παρουσιάστηκε ένα σύστημα που συνδυάζει κοινωνικά δίκτυα με βίντεο κατ' απαίτηση (video on demand) τεχνολογίες σε μια καινοτόμο και πρακτική εφαρμογή, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές, όπου το κοινωνικό περιεχόμενο χρειάζεται να αναθεωρηθεί από πολλά άτομα που μπορεί να είναι γεωγραφικά απομακρυσμένα και να τροποποιηθεί μετά από ομάδα ειδικών σύμφωνα με τα ληφθέντα σχόλια. Στο δεύτερο τμήμα παρουσιάσαμε μια υπηρεσία εντοπισμού γεγονότων σε δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα που βασισμένη στην ομαδοποίηση. Ο στόχος της είναι να αναλύσει δεδομένα προκειμένου να τα ομαδοποιήσει σε συλλογές που θα ενδιαφέρουν τον τελικό χρήστη. Στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου SUPER και της αρχιτεκτονικής της πλατφόρμας που προσδιορίστηκε, δεδομένα συνεχώς τροφοδοτούνται στην υπηρεσία μέσω των υπο-τμημάτων που βρίσκονται στο επίπεδο συσσώρευσης δεδομένων (data aggregation layer). Διατηρεί ένα σύνολο από εντοπισμένα γεγονότα καθώς και χρήσιμα στατιστικά στοιχεία που μπορούν να γίνουν διαθέσιμα μέσω μιας web interface. Η μέθοδος χρησιμοποιεί όλη την διαθέσιμη πληροφορία, δηλαδή το κείμενο και τα μετα-δεδομένα, και έχει αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας το MediaEval Social Event Detection 2013 σύνολο δεδομένων με τις μετρικές F1-Measure και NMI (normalized mutual information).

Ακόμη παρουσιάστηκε μια υπηρεσία ανάλυσης συναισθήματος σε δεδομένα από κοινωνικά δίκτυα που βασίζεται στον αλγόριθμο γράφων  $n$ -γραμμμάτων προκειμένου να εξαχθούν μοτίβα και να ταξινομηθούν τα δεδομένα σε μια από τις διαθέσιμες κατηγορίες. Οι δύο υπηρεσίες και αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας πολλαπλά σύνολα δεδομένων και μετρικών και αξιοποιήθηκαν στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου SUPER ως βασικό τμήμα μιας ενιαίας πλατφόρμας για την αξιοποίηση των

κοινωνικών δικτύων από τις υπηρεσίες πολιτικής προστασίας κατά την διάρκεια καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

## 11 Δημοσιεύσεις Στα Πλαίσια της Διδακτορικής Διατριβής

### **Δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά κατόπιν κρίσης**

Palaiokrassas, G., Voulodimos, A., Konstanteli, K., Vretos, N., Osborne, D.S., Chatzi, E., Daras, P. and Varvarigou, T., 2016. Social Media Interaction and Analytics for Enhanced Educational Experiences. *IEEE MultiMedia*, 23(1), pp.26-35.

Palaiokrassas G., Voulodimos A., Litke A, Papaoikonomou A., Varvarigou T. (2018, December). A Distance-Dependent Chinese Restaurant Process Based Method for Event Detection on Social Media –Innovation in machine intelligence for critical infrastructures, *MDPI Inventions*

### **Δημοσιεύσεις σε διεθνή επιστημονικά συνέδρια κατόπιν κρίσης**

Palaiokrassas, G., Konstanteli, K., Voulodimos, A., Psychas, K., Varvarigou, T., Salama Osborne, D. and Chatzi, E., Video Annotation with Aggregate Social Network Data, *Big Data and Cloud Computing (BdCloud)*, 2014 *IEEE 4th International Conference on*, pp. 532-539.

Palaiokrassas, G., Karlis, I., Litke, A., Charlaftis, V., & Varvarigou, T. (2017, July). An IoT architecture for personalized recommendations over big data oriented applications. In *Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, *IEEE 41st Annual (Vol. 2, pp. 475-480)*.

Palaiokrassas, G., Charlaftis, V., Litke, A., & Varvarigou, T. (2017, July). Recommendation Service for Big Data Applications in Smart Cities. In High Performance Computing & Simulation (HPCS), 2017 International Conference on (pp. 217-223).

K. Konstanteli, A. Voulodimos, G. Palaiokrassas, K. Psychas, S. Crowle, D. S. Osborne, E. Chatzi and T. Varvarigou, Combining Social, Audiovisual and Experiment Content for Enhanced Cultural Experiences, Lecture Notes on Social Networks (LNSN) - Applications of Social Media and Social Network Analysis, 2015.

Palaiokrassas, G., Litke, A., Fragkos, G., Papaefthymiou, V. & Varvarigou, T. (2018, Sept), Deploying blockchains for a new paradigm of media experience. 15th International Conference on the Economics of Grids, Clouds, Systems and Services (GECON).

Papadodimas, G., Palaiokrassas, G., Litke, A. & Varvarigou, T., (2018, November). Implementation of smart contracts for blockchain based IoT applications. 9th International Conference on Network of the Future (NoF).



## 12 Συντομογραφίες

Στον παρακάτω πίνακα παραθέτουμε τους όρους και συντομογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της διατριβής:

<b>Όρος</b>	<b>Ερμηνεία</b>
AMQP	Advanced Message Queuing Protocol
API	Application Programming Interface
AV	Audio Visual
AVCC	Audio/Visual Content Component
AVCD	Anthropocentric Video Description Scheme
BNP	Bayesian Non-Parametric
CARVIREN	Centre d' Alt Rendiment
CDNs	Content Delivery Networks
CMS	Content Management System
CRP	Chinese Restaurant Process
CS	Containment Similarity
ddCRP	distance-dependent Chinese Restaurant Process
EC	Experiment Content
EDC	Experiment Deployment & Configuration
EDM	Experiment Data Management
EM	Experiment Monitoring
ES	Experiment Specification
ESC	Experiment Security Correctness
EXPERIMEDIA	Experiments in live social & networked media experiences
FHW	Foundation of the Hellenic World
Fps	frames per second
FSD	First Story Detection

GoPs	Groups of Pictures
GUI	Graphical User Interface
HOG	Histogram of Oriented Gradients
HTML	Hypertext Markup Language
iCaCoT	interactive Camera-based Coaching and Training
ID	identifier
kNN	k-Nearest Neighbours
LSH	locality-sensitive hashing
MCMC	Markov chain Monte Carlo
MPEG-7	Multimedia Content Description Interface
ms	milliseconds
NER	Named Entity Recognition
NLP	Natural Language Processing
NMI	Normalized Mutual Information
POS	Part-of-Speech
REST	Representational State Transfer
RT	Retweet
SAS	Social Annotation Service
SED	Social Event Detection
SC	Social Content
SMC	Social Media Crawler
SMPC	Social Media Processing Components
SS	Size Similarity
SVM	Support Vector Machines
URL	Uniform Resource Locator
USCS	United States Geological Survey
VoD	Video On Demand

VS	Value Similarity
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
XML	Extensible Markup Language

## 13 Αναφορές

- [1] K. Zhang, X. Liang, X. Shen, and R. Lu, "Exploiting multimedia services in mobile social networks from security and privacy perspectives," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 3, pp. 58–65, 2014.
- [2] A. M. Ahmed, T. Qiu, F. Xia, B. Jedari, and S. Abolfazli, "Event-based mobile social networks: Services, technologies, and applications," *IEEE Access*, vol. 2, pp. 500–513, 2014.
- [3] R. Chen *et al.*, "When social networking meets the next generation network," in *2011 13th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium*, 2011, pp. 1–4.
- [4] HubSpot, "The 2012 State of Inbound Marketing," 10:14:10 UTC.
- [5] Google, "The new multi-screen world: Understanding cross-platform consumer behavior," *Think with Google*, 2012.
- [6] B. Stelter, "Twitter buys company that mines chatter about TV," *The New York Times*, vol. 5, 2013.
- [7] N. S. B. Association and others, *Creating & Connecting: Research and Guidelines on Online Social-and Educational-Networking*. Retrieved September 30, 2007. 2007.
- [8] H. S. Du and C. Wagner, "Learning with weblogs: Enhancing cognitive and social knowledge construction," *IEEE Transactions on Professional Communication*, vol. 50, no. 1, pp. 1–16, 2007.
- [9] E. Popescu, "Providing collaborative learning support with social media in an integrated environment," *World Wide Web*, vol. 17, no. 2, pp. 199–212, 2014.
- [10] J. J. Rodrigues, F. M. Sabino, and L. Zhou, "Enhancing e-learning experience with online social networks," *IET communications*, vol. 5, no. 8, pp. 1147–1154, 2011.
- [11] E. Bogdanov, F. Limpens, N. Li, S. El Helou, C. Salzmann, and D. Gillet, "A social media platform in higher education," in *Proceedings of the Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2012, pp. 1–8.
- [12] D. P. Bahner, E. Adkins, N. Patel, C. Donley, R. Nagel, and N. E. Kman, "How we use social media to supplement a novel curriculum in medical education," *Medical teacher*, vol. 34, no. 6, pp. 439–444, 2012.
- [13] P. Pollara and J. Zhu, "Social networking and education: Using Facebook as an edusocial space," in *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 2011, pp. 3330–3338.
- [14] M. Torres-Ramírez, B. García-Domingo, J. Aguilera, and J. De La Casa, "Video-sharing educational tool applied to the teaching in renewable energy subjects," *Computers & Education*, vol. 73, pp. 160–177, 2014.
- [15] J. Cain and A. Policastri, "Using Facebook as an informal learning environment," *American journal of pharmaceutical education*, vol. 75, no. 10, p. 207, 2011.
- [16] G. Fauville, S. Dupont, S. von Thun, and J. Lundin, "Can Facebook be used to increase scientific literacy? A case study of the Monterey Bay Aquarium Research Institute Facebook page and ocean literacy," *Computers & Education*, vol. 82, pp. 60–73, 2015.
- [17] T. Kuflik *et al.*, "A visitor's guide in an active museum: Presentations, communications, and reflection," *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, vol. 3, no. 3, p. 11, 2011.
- [18] E. Sakkopoulos, M. Paschou, Y. Panagis, D. Kanellopoulos, G. Eftaxias, and A. Tsakalidis, "e-souvenir application: QoS web based media delivery for museum apps," *Electronic Commerce Research*, vol. 15, no. 1, pp. 5–24, 2015.
- [19] C.-M. Wang, "Using Facebook for cross-cultural collaboration: The experience of students from Taiwan," *Educational Media International*, vol. 49, no. 1, pp. 63–76, 2012.

- [20] D. W. McMillan and D. M. Chavis, "Sense of community: A definition and theory," *Journal of community psychology*, vol. 14, no. 1, pp. 6–23, 1986.
- [21] "Next Gen Digital Domes | EXPERIMEDIA." [Online]. Available: <http://www.experimedia.eu/2012/08/25/next-generation/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [22] "Event Ontology." [Online]. Available: <http://motools.sourceforge.net/event/event.html>. [Accessed: 30-Nov-2018].
- [23] F. Atefeh and W. Khreich, "A survey of techniques for event detection in twitter," *Computational Intelligence*, vol. 31, no. 1, pp. 132–164, 2015.
- [24] M. Hasan, M. A. Orgun, and R. Schwitter, "A survey on real-time event detection from the twitter data stream," *Journal of Information Science*, p. 0165551517698564, 2017.
- [25] E. Benson, A. Haghighi, and R. Barzilay, "Event discovery in social media feeds," in *Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies-Volume 1*, 2011, pp. 389–398.
- [26] N. D. Doulamis, A. D. Doulamis, P. Kokkinos, and E. M. Varvarigos, "Event detection in twitter microblogging," *IEEE transactions on cybernetics*, vol. 46, no. 12, pp. 2810–2824, 2016.
- [27] S. Petrović, M. Osborne, and V. Lavrenko, "Streaming first story detection with application to twitter," in *Human language technologies: The 2010 annual conference of the north american chapter of the association for computational linguistics*, 2010, pp. 181–189.
- [28] P. Indyk and R. Motwani, "Approximate nearest neighbors: towards removing the curse of dimensionality," in *Proceedings of the thirtieth annual ACM symposium on Theory of computing*, 1998, pp. 604–613.
- [29] S. Moran, R. McCreadie, C. Macdonald, and I. Ounis, "Enhancing first story detection using word embeddings," in *Proceedings of the 39th International ACM SIGIR conference on Research and Development in Information Retrieval*, 2016, pp. 821–824.
- [30] T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, and J. Dean, "Efficient estimation of word representations in vector space," *arXiv preprint arXiv:1301.3781*, 2013.
- [31] D. M. Blei and P. I. Frazier, "Distance dependent Chinese restaurant processes," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 12, no. Aug, pp. 2461–2488, 2011.
- [32] S. Ghosh, A. B. Ungureanu, E. B. Sudderth, and D. M. Blei, "Spatial distance dependent Chinese restaurant processes for image segmentation," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2011, pp. 1476–1484.
- [33] R. Socher, A. Maas, and C. Manning, "Spectral chinese restaurant processes: Nonparametric clustering based on similarities," in *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, 2011, pp. 698–706.
- [34] C. Li, D. Phung, S. Rana, and S. Venkatesh, "Exploiting side information in distance dependent chinese restaurant processes for data clustering," in *Multimedia and Expo (ICME), 2013 IEEE International Conference on*, 2013, pp. 1–6.
- [35] A. Papaoikonomou, K. Tserpes, M. Kardara, and T. Varvarigou, "A similarity-based chinese restaurant process for social event detection," in *Working Notes Proceedings of the MediaEval 2013 Workshop, Barcelona, Spain, October 18-19, CEUR-WS. org, ISSN 1613-0073*, 2013.
- [36] C. Li, S. Rana, D. Phung, and S. Venkatesh, "Data clustering using side information dependent Chinese restaurant processes," *Knowledge and information systems*, vol. 47, no. 2, pp. 463–488, 2016.
- [37] M. Lauri and S. Frintrop, "Object proposal generation applying the distance dependent Chinese restaurant process," in *Scandinavian Conference on Image Analysis*, 2017, pp. 260–272.

- [38] T. Sakaki, M. Okazaki, and Y. Matsuo, "Earthquake shakes Twitter users: real-time event detection by social sensors," in *Proceedings of the 19th international conference on World wide web*, 2010, pp. 851–860.
- [39] T. Sakaki, M. Okazaki, and Y. Matsuo, "Tweet analysis for real-time event detection and earthquake reporting system development," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 25, no. 4, pp. 919–931, 2013.
- [40] P. S. Earle, D. C. Bowden, and M. Guy, "Twitter earthquake detection: earthquake monitoring in a social world," *Annals of Geophysics*, vol. 54, no. 6, 2012.
- [41] M. Avvenuti, S. Cresci, A. Marchetti, C. Meletti, and M. Tesconi, "EARS (earthquake alert and report system): a real time decision support system for earthquake crisis management," in *Proceedings of the 20th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining*, 2014, pp. 1749–1758.
- [42] "Google Code Archive - Long-term storage for Google Code Project Hosting." [Online]. Available: <https://code.google.com/archive/p/socialauth/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [43] "gensim: topic modelling for humans." [Online]. Available: <https://radimrehurek.com/gensim/models/word2vec.html>. [Accessed: 07-Feb-2019].
- [44] T. Mikolov, I. Sutskever, K. Chen, G. S. Corrado, and J. Dean, "Distributed representations of words and phrases and their compositionality," in *Advances in neural information processing systems*, 2013, pp. 3111–3119.
- [45] "Quoc Le and Tomas Mikolov: 'Distributed Representations of Sentences and Documents'. - Google Search." [Online]. Available: <https://www.google.com/search?q=Quoc+Le+and+Tomas+Mikolov%3A+%E2%80%9CDistributed+Representations+of+Sentences+and+Documents%E2%80%9D.&oq=Quoc+Le+and+Tomas+Mikolov%3A+%E2%80%9CDistributed+Representations+of+Sentences+and+Documents%E2%80%9D.&aqs=chrome..69i57&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. [Accessed: 07-Feb-2019].
- [46] "SUPER - D3.2 – Behavioural Analysis and Sentiment Analysis Technologies." 2015.
- [47] B. O'Connor, R. Balasubramanyan, B. R. Routledge, and N. A. Smith, "From tweets to polls: Linking text sentiment to public opinion time series," in *Fourth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, 2010.
- [48] "OpinionFinder | MPQA." [Online]. Available: <https://mpqa.cs.pitt.edu/opinionfinder/>. [Accessed: 06-Mar-2019].
- [49] A. Go, L. Huang, and R. Bhayani, "Twitter sentiment analysis," *Entropy*, vol. 17, p. 252, 2009.
- [50] A. Pak and P. Paroubek, "Twitter as a corpus for sentiment analysis and opinion mining.," in *LREc*, 2010, vol. 10, pp. 1320–1326.
- [51] D. Davidov, O. Tsur, and A. Rappoport, "Enhanced sentiment learning using twitter hashtags and smileys," in *Proceedings of the 23rd international conference on computational linguistics: posters*, 2010, pp. 241–249.
- [52] G. Giannakopoulos, V. Karkaletsis, G. Vouros, and P. Stamatopoulos, "Summarization system evaluation revisited: N-gram graphs," *ACM Transactions on Speech and Language Processing (TSLP)*, vol. 5, no. 3, p. 5, 2008.
- [53] F. Aisopos, G. Papadakis, and T. Varvarigou, "Sentiment analysis of social media content using N-Gram graphs," in *Proceedings of the 3rd ACM SIGMM international workshop on Social media*, 2011, pp. 9–14.
- [54] G. Giannakopoulos and V. Karkaletsis, "N-gram Graphs: Representing Documents and Document Sets in Summary System Evaluation.," in *TAC*, 2009.
- [55] J. Violos, K. Tserpes, A. Papaoikonomou, M. Kardara, and T. Varvarigou, "Clustering documents using the 3-gram graph representation model," in *Proceedings of the 18th Panhellenic Conference on Informatics*, 2014, pp. 1–5.

- [56] F. Aisopos, D. Tzannetos, J. Violos, and T. Varvarigou, "Using n-gram graphs for sentiment analysis: an extended study on Twitter," in *2016 IEEE Second International Conference on Big Data Computing Service and Applications (BigDataService)*, 2016, pp. 44–51.
- [57] J. Violos, K. Tserpes, E. Psomakelis, K. Psychas, and T. Varvarigou, "Sentiment analysis using word-graphs," in *Proceedings of the 6th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics*, 2016, p. 22.
- [58] F. Aisopos, G. Papadakis, K. Tserpes, and T. Varvarigou, "Content vs. context for sentiment analysis: a comparative analysis over microblogs," in *Proceedings of the 23rd ACM conference on Hypertext and social media*, 2012, pp. 187–196.
- [59] E. Psomakelis, K. Tserpes, D. Anagnostopoulos, and T. Varvarigou, "Comparing methods for twitter sentiment analysis," *arXiv preprint arXiv:1505.02973*, 2015.
- [60] F. Aisopos, G. Papadakis, K. Tserpes, and T. A. Varvarigou, "Textual and contextual patterns for sentiment analysis over microblogs.," in *WWW (Companion Volume)*, 2012, pp. 453–454.
- [61] K. Konstanteli *et al.*, "A social-aware multimedia system for interactive cultural and educational experiences," in *Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), 2013 IEEE/ACM International Conference on*, 2013, pp. 862–869.
- [62] K. Konstanteli *et al.*, "Combining Social, Audiovisual and Experiment Content for Enhanced Cultural Experiences," in *Applications of Social Media and Social Network Analysis*, Springer, 2015, pp. 193–215.
- [63] "Drupal - Open Source CMS," *Drupal.org*, 05-Apr-2018. [Online]. Available: <https://www.drupal.org/home>. [Accessed: 06-Mar-2019].
- [64] "PostgreSQL: The world's most advanced open source database." [Online]. Available: <https://www.postgresql.org/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [65] "Home | AMQP." [Online]. Available: <http://www.amqp.org/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [66] "Nagios - The Industry Standard In IT Infrastructure Monitoring," *Nagios*. [Online]. Available: <https://www.nagios.org/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [67] N. Vretos, V. Solachidis, and I. Pitas, "Anthropocentric semantic information extraction from movies," in *Computational Intelligence in Multimedia Processing: Recent Advances*, Springer, 2008, pp. 437–492.
- [68] "Hellenic Cosmos." [Online]. Available: <http://www.hellenic-cosmos.gr/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [69] "THOLOS - VIRTUAL THEATER." [Online]. Available: <http://www.tholos254.gr/gr/index.html>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [70] A. Gaitatzes, G. Papaioannou, D. Christopoulos, and G. Zyba, "Media productions for a dome display system," in *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, 2006, pp. 261–264.
- [71] G. Papaioannou, A. Gaitatzes, and D. Christopoulos, "Enhancing Virtual Reality Walkthroughs of Archaeological Sites.," in *VAST*, 2003, pp. 175–184.
- [72] "EXPERIMEDIA." [Online]. Available: <http://www.experimedia.eu/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [73] "CARVIREN | EXPERIMEDIA." [Online]. Available: <http://www.experimedia.eu/2013/12/05/carviren/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [74] "iCaCoT | EXPERIMEDIA." [Online]. Available: <http://www.experimedia.eu/2014/02/20/icacot/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [75] D. I. Kosmopoulos, A. S. Voulodimos, and A. D. Doulamis, "A system for multicamera task recognition and summarization for structured environments," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 9, no. 1, pp. 161–171, 2013.

- [76] F. Bodendorf and C. Kaiser, "Detecting opinion leaders and trends in online social networks," in *Proceedings of the 2nd ACM workshop on Social web search and mining*, 2009, pp. 65–68.
- [77] M. Kardara, G. Papadakis, T. Papaoikonomou, K. Tserpes, and T. Varvarigou, "Influence patterns in topic communities of social media," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics*, 2012, p. 10.
- [78] E. Bakshy, J. M. Hofman, W. A. Mason, and D. J. Watts, "Everyone's an influencer: quantifying influence on twitter," in *Proceedings of the fourth ACM international conference on Web search and data mining*, 2011, pp. 65–74.
- [79] G. Palaiokrassas *et al.*, "Video annotation with aggregate social network data," in *Big Data and Cloud Computing (BdCloud), 2014 IEEE Fourth International Conference on*, 2014, pp. 532–539.
- [80] "Exhibition Beacons." .
- [81] "SUPER-FP7 | Social sensors for security assessments and proactive emergencies management." [Online]. Available: <http://super-fp7.eu/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [82] T. Reuter *et al.*, "Social event detection at mediaeval 2013: Challenges, datasets, and evaluation," in *Proceedings of the MediaEval 2013 Multimedia Benchmark Workshop Barcelona, Spain, October 18-19, 2013*, 2013.
- [83] "Social Event Detection." [Online]. Available: <http://www.multimediaeval.org/mediaeval2013/sed2013/index.html>. [Accessed: 28-Nov-2018].
- [84] G. Petkos, S. Papadopoulos, and Y. Kompatsiaris, "Social event detection using multimodal clustering and integrating supervisory signals," in *Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Multimedia Retrieval*, 2012, p. 23.
- [85] T. Reuter and P. Cimiano, "Event-based classification of social media streams," in *Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Multimedia Retrieval*, 2012, p. 22.
- [86] "Flickr Services." [Online]. Available: <https://www.flickr.com/services/api/>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [87] T. Reuter, S. Papadopoulos, V. Mezaris, and P. Cimiano, "ReSEED: social event dEtection dataset," in *Proceedings of the 5th ACM Multimedia Systems Conference*, 2014, pp. 35–40.
- [88] "javax.xml.bind (Java Platform SE 7 )." [Online]. Available: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/javax/xml/bind/package-summary.html>. [Accessed: 29-Nov-2018].
- [89] "opencsv –." [Online]. Available: <http://opencsv.sourceforge.net/>. [Accessed: 29-Nov-2018].
- [90] "Docs." [Online]. Available: <https://developer.twitter.com/en/docs.html>. [Accessed: 29-Nov-2018].
- [91] "Tweepy." [Online]. Available: <http://www.tweepy.org/>. [Accessed: 29-Nov-2018].
- [92] "Evaluation of clustering." [Online]. Available: <https://nlp.stanford.edu/IR-book/html/htmledition/evaluation-of-clustering-1.html>. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [93] K. G. Itika Gupta and K. Chandramouli, "VIT@ MediaEval 2013 Social Event Detection Task: Semantic Structuring of Complementary Information for Clustering Events."
- [94] D. Rafailidis, T. Semertzidis, M. Lazaridis, M. G. Strintzis, and P. Daras, "A Data-Driven Approach for Social Event Detection," in *MediaEval*, 2013.
- [95] "CERTH @ MediaEval 2013 social event detection task | Request PDF," *ResearchGate*. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/283248185\\_CERTH\\_MediaEval\\_2013\\_social\\_event\\_detection\\_task](https://www.researchgate.net/publication/283248185_CERTH_MediaEval_2013_social_event_detection_task). [Accessed: 30-Nov-2018].



- [96] M. Zeppelzauer, M. Zaharieva, and M. Del Fabro, "Unsupervised Clustering of Social Events.," in *MediaEval*, 2013.
- [97] T. Sutanto and R. Nayak, "Admrg@ MediaEval 2013 social event detection," in *Proceedings of the MediaEval 2013 Multimedia Benchmark Workshop*, 2013, vol. 1043.
- [98] M. Wistuba and L. Schmidt-Thieme, "Supervised Clustering of Social Media Streams.," in *MediaEval*, 2013.
- [99] D. Manchon Vizueté and X. Giró Nieto, "Upc at mediaeval 2013 social event detection task," in *Proceedings of the MediaEval 2013 Multimedia Benchmark Workshop*, 2013.
- [100] G. Palaiokrassas, A. Voulodimos, A. Litke, A. Papaioukonou, and T. Varvarigou, "A Distance-Dependent Chinese Restaurant Process Based Method for Event Detection on Social Media," *Inventions*, vol. 3, no. 4, p. 80, Dec. 2018.
- [101] T.-V. Nguyen, M.-S. Dao, R. Mattivi, E. Sansone, F. G. De Natale, and G. Boato, "Event Clustering and Classification from Social Media: Watershed-based and Kernel Methods.," in *MediaEval*, 2013.
- [102] S. Samangoeei *et al.*, "Social event detection via sparse multi-modal feature selection and incremental density based clustering," 2013.
- [103] A. Esuli and F. Sebastiani, "Sentiwordnet: A publicly available lexical resource for opinion mining.," in *LREC*, 2006, vol. 6, pp. 417–422.
- [104] S. Baccianella, A. Esuli, and F. Sebastiani, "Sentiwordnet 3.0: an enhanced lexical resource for sentiment analysis and opinion mining.," in *Lrec*, 2010, vol. 10, pp. 2200–2204.
- [105] P. Nakov, A. Ritter, S. Rosenthal, F. Sebastiani, and V. Stoyanov, "SemEval-2016 task 4: Sentiment analysis in Twitter," in *Proceedings of the 10th international workshop on semantic evaluation (semeval-2016)*, 2016, pp. 1–18.
- [106] M. Thelwall, K. Buckley, and G. Paltoglou, "Sentiment strength detection for the social web," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 63, no. 1, pp. 163–173, 2012.
- [107] J. Villena Román, S. Lana Serrano, E. Martínez Cámara, and J. C. González Cristóbal, "Tass-workshop on sentiment analysis at sepln," 2013.
- [108] S. Narr, M. Hulphenhaus, and S. Albayrak, "Language-independent twitter sentiment analysis," *Knowledge discovery and machine learning (KDML)*, LWA, pp. 12–14, 2012.
- [109] E. Tromp, *Multilingual sentiment analysis on social media*. Lap Lambert Academic Publ, 2012.
- [110] R. Socher *et al.*, "Recursive deep models for semantic compositionality over a sentiment treebank," in *Proceedings of the 2013 conference on empirical methods in natural language processing*, 2013, pp. 1631–1642.
- [111] "Weka 3 - Data Mining with Open Source Machine Learning Software in Java." [Online]. Available: <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>. [Accessed: 24-Dec-2018].
- [112] "scikit-learn: machine learning in Python — scikit-learn 0.20.2 documentation." [Online]. Available: <https://scikit-learn.org/stable/>. [Accessed: 24-Dec-2018].
- [113] "SUPER - D5.4 – Modular Integration of Social Sensors, Social Media Platforms and Social Networks." .
- [114] "SUPER - D2.3 - Detailed specifications of the SUPER framework and technical architecture." 2014.
- [115] "Apache Solr -." [Online]. Available: <http://lucene.apache.org/solr/>. [Accessed: 06-Mar-2019].
- [116] "Jersey." [Online]. Available: <https://jersey.github.io/>. [Accessed: 30-Dec-2018].
- [117] "Apache Tomcat® - Welcome!" [Online]. Available: <http://tomcat.apache.org/>. [Accessed: 30-Dec-2018].
- [118] "SUPER - D5.1 – Models and Semantics of Social Sensors for Emergency Management." 2015.

[119] “SUPER - D5.2 – Models and Semantics of Social Sensors for Emergency Management.” 2015.