

**Έργο:** «ΘΑΛΗΣ: Ενίσχυση της Διεπιστημονικής ή και Διδρυματικής έρευνας και καινοτομίας με δυνατότητα προσέλκυσης ερευνητών υψηλού επιπέδου από το εξωτερικό μέσω της διενέργειας βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας αριστείας»

**Τίτλος** «ΕΙΚΟΣ»: Θεωρητική και αλγοριθμική θεμελίωση για

**Υποέργου:** Προσωποκεντρικά Συνεργατικά Πληροφοριακά Συστήματα

## Παραδοτέο Π.5.1

### Μοντελοποίηση της εξέλιξης υπερχώρων και οικοσυστημάτων πληροφορίας

Σεπτέμβριος 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



<b>Δράση 5</b>	<b>Υποστήριξη εξέλιξης της πληροφορίας και αυτορρύθμισης συστημάτων</b>				
<b>Ομάδα</b>	Ερ. Ομάδα 5	<b>Έναρξη</b>	01/06/2012	<b>Λήξη</b>	30/11/2015
<b>Συντονιστής ΕΟ5</b>	Π. Βασιλειάδης (Παν. Ιωαννίνων)				
<b>Υποδράση: ΥΔ 5.1</b>	Μοντελοποίηση της εξέλιξης υπερχώρων και οικοσυστημάτων πληροφορίας				
<b>Συμμετέχοντες</b>	<i>Μέλη ΚΕΟ</i>	Π. Βασιλειάδης, Ι. Βασιλείου, Α. Γούναρης, Ι. Σταύρακας			
	<i>Μέλη ΟΕΣ</i>	Γ. Παπαστεφανάτος (ΕΚ. ΑΘΗΝΑ\ ΙΠΣΥ), Πέτρος Μανούσης (Παν. Ιωαννίνων), Γεωργία Κούγκα (ΑΠΘ), Θεοδώρα Γαλάνη (ΕΜΠ)			
<b>Σύντομη Περιγραφή</b>	<p>Η Υποδράση ΥΔ5.1 ερευνά την ανάπτυξη μεθόδων μοντελοποίησης εξελισσόμενων οικοσυστημάτων δεδομένων με έμφαση (α) στη διατήρηση των αλλαγών και των διαφορετικών εκδόσεων των δεδομένων, (β) στην ικανότητα επερώτησής τους και (γ) την υλοποίηση των παραπάνω με την όσο το δυνατόν μικρότερη συμμετοχή του χρήστη. Στο πλαίσιο της υποδράσης, κατασκευάσαμε ένα γραφοθεωρητικό μοντέλο αναπαράστασης και διαχείρισης αλλαγών που επιτρέπει την διαχείριση και απλών, αλλά και σύνθετων αλλαγών, Η μέθοδός μας υποστηρίζει τον δηλωτικό ορισμό σύνθετων αλλαγών. Επιπλέον, έχουμε τη δυνατότητα επερώτησης και εντοπισμού αλλαγών όλων των ειδών στις διαφορετικές εκδόσεις της ιστορίας των δεδομένων.</p>				
<b>Παραδοτέο</b>	<u>Π.5.1</u> Μοντελοποίηση της εξέλιξης υπερχώρων και οικοσυστημάτων πληροφορίας				
<b>Στόχος στο Τ.Δ.</b>	Τεχνική αναφορά που θα περιλαμβάνει τουλάχιστον 2 δημοσιεύσεις.				
<b>Επίτευξη στόχου</b>	100%				



## Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	7
1.1	Πλαίσιο έρευνας.....	7
1.2	Κίνητρα της έρευνας και κεντρική ιδέα .....	9
2	Διαχείριση της εξέλιξης έχοντας τις αλλαγές ως πολίτες πρώτης τάξεως.....	10
3	Υποστηρίζοντας Σύνθετες Αλλαγές σε RDF(S) Γνωσιακές Βάσεις Δεδομένων	12
4	Ανακεφαλαίωση.....	13



## 1 Εισαγωγή

Ο βασικός στόχος του έργου ΕΙΚΟΣ είναι να προσφέρει τη μεθοδολογία, τη θεωρητική θεμελίωση, τις αλγοριθμικές τεχνικές και την αρχιτεκτονική του λογισμικού που απαιτείται ώστε τα πληροφοριακά συστήματα να μπορούν να προσφέρουν στους χρήστες αφενός την δυνατότητα εξατομίκευσης της παρεχόμενης πληροφορίας και αφετέρου τη δυνατότητα χρήσης ενσωματωμένων ετερογενών δεδομένων, ενδεχομένως διαφορετικής προέλευσης, με διαφανή τρόπο.

Στα πλαίσια του έργου, η Δράση 5 «Υποστήριξη εξέλιξης της πληροφορίας και αυτορρύθμισης συστημάτων» προσφέρει στο έργο αλγοριθμικά αποτελέσματα για τη σχεδίαση και την προσαρμογή ενός-οικοσυστήματος δεδομένων σε ότι αφορά εξελικτικές μεταβολές που αφορούν στη σημασιολογία, δομή και περιεχόμενο της πληροφορίας. Η Δράση οργανώνεται σε τρεις θεμελιώδεις δράσεις, εκ των οποίων η πρώτη αφορά τη μοντελοποίηση των γεγονότων εξέλιξης και των αλληλεξαρτήσεών τους, η δεύτερη την ρύθμιση και αυτοματοποίηση της εξέλιξης ενός οικοσυστήματος δεδομένων και η τρίτη την a-priori σχεδίασή του, έχοντας υπόψη τις διαθέσιμες τεχνικές προσαρμογής από την προηγούμενη υποδράση.

Το παρόν Παραδοτέο Π.5.1 περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της υποδράσης ΥΔ5.1. Στην ενότητα 1 παρουσιάζουμε το γενικότερο πλαίσιο του προβλήματος, στην ενότητα 2 παρουσιάζουμε τα κύρια αποτελέσματα για τη μοντελοποίηση και διαχείριση αλλαγών και στην ενότητα 3 παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα για τη προχωρημένη διαχείριση σύνθετων αλλαγών σε σύνθετα δεδομένα. Ανακεφαλαιώνουμε τα αποτελέσματά μας στην ενότητα 4.

### 1.1 Πλαίσιο έρευνας

Οι χρήστες των πληροφοριακών συστημάτων με μεγάλο όγκο χρηστών και σύνθετη εσωτερική δομή (όπως π.χ., ο Παγκόσμιος Ιστός) αρχίζουν να συνειδητοποιούν ότι τα εν λόγω πληροφοριακά συστήματα συχνά δεν παρέχουν υποστήριξη για πληροφορία που εξελίσσεται. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά μέσα δημοσίευσης, όπου η παρωχημένη πληροφορία κρατείται σε διάφορα

αντίτυπα στα ράφια των βιβλιοθηκών, η διαχείριση ηλεκτρονικών εκδοχών της πληροφορίας διευκολύνει την άμεση αντικατάσταση παλαιότερων δεδομένων με νέα, και έτσι στην εξαφάνιση πιθανά πολύτιμων πληροφοριών. Σε πολλές περιπτώσεις οι χρήστες επιθυμούν παλαιότερες εκδόσεις πληροφοριών, οι οποίες έχουν αντικατασταθεί από νεότερες ή έχουν διαγραφεί εντελώς. Οι υπερχώροι και τα οικοσυστήματα δεδομένων αποτελούν ταχέως εξελισσόμενα περιβάλλοντα όπου τόσο η δομή όσο και η σημασιολογία των πηγών που τα απαρτίζουν αλλάζουν με το χρόνο.

Συγκεκριμένα, κοινότητες που παράγουν και καταναλώνουν γρήγορα μεγάλες ποσότητες δεδομένων, όπως για παράδειγμα οι ερευνητές βιολογίας, βασίζονται όλο και περισσότερο σε εύκολους στη χρήση τρόπους διαμοίρασης της πληροφορίας για την δημοσίευση και την ολοκλήρωση πειραματικών και ερευνητικών δεδομένων. Τέτοιες κοινότητες χρειάζονται μεθόδους αναφοράς (citation) που συνεχίζουν να λειτουργούν ακόμη και όταν τα έγγραφα στα οποία «δείχνουν» έχουν αντικατασταθεί ή διαγραφεί (“persistent” σύνδεσμοι). Επιπλέον, τα μέλη αυτών των επιστημονικών κοινοτήτων θέλουν συχνά να εξετάσουν την εξέλιξη των καταχωρημένων αποτελεσμάτων τους, προκειμένου να συγκρίνουν και να επαναξιολογήσουν παλαιότερα και τρέχοντα συμπεράσματα. Μια τέτοια δραστηριότητα μπορεί να απαιτεί μεθόδους αναζήτησης που επιτρέπουν την κίνηση μπρος και πίσω στο χρόνο, δια μέσου πολλών βάσεων δεδομένων, μια και η δουλειά μιας ομάδας βασίζεται σε αποτελέσματα δημοσιευμένα από άλλες ομάδες. Στις περιπτώσεις αυτές, η απλή εξέταση παλαιότερων στιγμιotypών της πληροφορίας ίσως δεν είναι αρκετή. Ένα πολύ σημαντικό παράδειγμα αλληλεξαρτώμενων βάσεων δεδομένων που υποφέρουν από το πρόβλημα της μη διαχείρισης της ιστορίας της πληροφορίας, καθώς και των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ διαφορετικών δεδομένων αποτελούν οι βάσεις επιστημονικών δεδομένων (με έμφαση στην περιοχή της βιολογίας και της ιατρικής), οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα «οικοσύστημα», όπου αλλαγές σε ένα σημείο προκαλούν περισσότερες αλλαγές σε άλλα σημεία.



## 1.2 Κίνητρα της έρευνας και κεντρική ιδέα

Στο πλαίσιο της υποδράσης Δ5.1 σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε μεθόδους που υποστηρίζουν την μοντελοποίηση, αποθήκευση, πλοήγηση και επερώτηση αλληλεξαρτώμενων εξελισσόμενων δεδομένων σε περιβάλλοντα οικοσυστημάτων δεδομένων, με έμφαση στις επιστημονικές βάσεις δεδομένων.

Η βασική ιδέα στην οποία στηριχθήκαμε ήταν η προώθηση της έννοιας της αλλαγής σε «πολίτη πρώτης τάξης». Τα συστήματα διαχείρισης πληροφορίας είναι δομημένα γύρω από την έννοια των δεδομένων, και η έννοια των αλλαγών συνήθως είναι περιφερειακή. Θεωρήσαμε λοιπόν, ότι ένα σύστημα δομημένο πάνω στην έννοια της αλλαγής θα βρίσκονταν σε πολύ καλύτερη θέση να χειριστεί εξελισσόμενα αλληλεξαρτώμενα δεδομένα.

- *Η αλλαγή έχει διαδικασία.* Μια αλλαγή μπορεί να οριστεί μέσω βασικών λειτουργιών στα δεδομένα, όπως εισαγωγή, διαγραφή, κτλ. Λειτουργίες υψηλότερου επιπέδου, όπως η μετακίνηση, δεν είναι «βασικές», αλλά εμπεριέχουν περισσότερη σημασιολογία.
- *Η αλλαγή έχει δομή.* Πολλές αλλαγές σε διάφορα αντικείμενα είναι δυνατόν να αποτελούν στην πραγματικότητα μια και μοναδική "σύνθετη" αλλαγή, η οποία δίνει νόημα σε όλες τις "βασικές" αλλαγές.
- *Οι αλλαγές προκαλούν περισσότερες αλλαγές.* Υπάρχουν σχέσεις αιτίου-αιτιατού μεταξύ των αλλαγών, που μπορούν να δώσουν πολύτιμη πληροφορία σχετικά με τους λόγους που συνέβη μια μετατροπή ή ακόμη και για τη συνολική εξέλιξη σε ένα επιστημονικό πεδίο.

Τα κύρια ερωτήματα που αντιμετωπίσαμε είναι: (α) πώς μοντελοποιούμε και αντιλαμβανόμαστε αλλαγές που αποτελούνται από διαφορετικές λειτουργίες σε διάφορα αντικείμενα ενώ αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο από σημασιολογική πλευρά, (β) πώς χρησιμοποιούμε τις εγγραφές τέτοιων αλλαγών για να εκφράσουμε και να απαντήσουμε νέους τύπους ερωτημάτων, και (γ) πώς ορίζουμε και εντοπίζουμε τέτοιες αλλαγές.

## 2 Διαχείριση της εξέλιξης έχοντας τις αλλαγές ως πολίτες πρώτης τάξεως

Για να αντιμετωπίσουμε τα παραπάνω ερωτήματα, εισάγουμε ένα μοντέλο αναπαράστασης και διαχείρισης αλλαγών. Στο μοντέλο που προτείνουμε θεωρούμε ότι οι αλλαγές που επιδρούν πάνω στα δεδομένα και τα εξελίσσουν είναι πρώτης τάξης πολίτες. Μια αλλαγή χαρακτηρίζεται από ιδιότητες, μπορεί να είναι απλή ή σύνθετη αποτελούμενη από άλλες απλές και σύνθετες αλλαγές, και συνδέεται δομικά με τα δεδομένα που επηρεάζει. Οι ιδιότητες του μοντέλου μας είναι οι παρακάτω.

*Μοντελοποίηση αλλαγών σαν «πολίτες πρώτης τάξης»:* Οι αλλαγές είναι οι ίδιες αντικείμενα στο μοντέλο δεδομένων, και ως τέτοιες έχουν συσχετίσεις με οντότητες πληροφορίας και με άλλες αλλαγές. Μια αλλαγή μπορεί να «δείχνει» σε κάποια άλλη αλλαγή, υπονοώντας σχέση αιτίας-αιτιατού. Επιπλέον, μια οντότητα πληροφορίας μπορεί να «δείχνει» σε κάποια αλλαγή, αντιμετωπίζοντάς την επίσης σαν οντότητα πληροφορίας.

*Υποστήριξη της εξέλιξης στα δεδομένα και στο σχήμα τους:* Το μοντέλο δεδομένων που εισάγαμε καταγράφει την ιστορία της βάσης δεδομένων καθώς αυτή εξελίσσεται, και δημιουργεί στιγμιότυπα της βάσης που αντιστοιχούν σε διάφορες εκδόσεις της βάσης ή σε διάφορες χρονικές στιγμές. Προηγούμενες εργασίες έχουν προτείνει σύνολα βασικών λειτουργιών αλλαγών που είναι αρκετές για να αναπαραστήσουν οποιαδήποτε σύνθετη αλλαγή. Όμως υπάρχουν περιπτώσεις σύνθετων αλλαγών που αποτελούνται από αυτοτελείς αλλαγές σε απομακρυσμένα αντικείμενα, και των οποίων η σημασία μπορεί να κατανοηθεί μόνο αν ειπωθούν σαν ενιαίο όλον. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η χρήση ενός συνόλου βασικών λειτουργιών δεν είναι αρκετή. Έτσι, εξετάσαμε την αναπαράσταση σύνθετων αλλαγών, ορισμένων από τον χρήστη.

*Γλώσσα επερωτήσεων:* Οι αλλαγές, ως μέλη του μοντέλου, είναι άμεσα ενσωματωμένες στην γλώσσα επερωτήσεων. Μια επερώτηση μπορεί να συνδυάσει συνθήκες σε διαφορετικά επίπεδα συσχετίσεων μεταξύ δεδομένων και αλλαγών, ώστε να επιτρέπεται στους χρήστες και στους «φροντιστές»

(curators) των εν λόγω βάσεων δεδομένων να παρακολουθούν την εξέλιξη ενός αντικειμένου μπρος ή πίσω στο χρόνο, να εκφράζουν επερωτήσεις που περιέχουν συνθήκες πάνω στις ίδιες τις αλλαγές, και να πλοηγούν διαμέσου παλαιότερων εκδόσεων ενός αντικειμένου ακόμη και σε διαφορετικούς υπερχώρους δεδομένων.

Το μοντέλο μας, είναι ένα γραφοθεωρητικό μοντέλο αναπαράστασης της εξέλιξης δεδομένων στον ιστό, το οποίο ενσωματώνει πολλαπλές εκδόσεις οντοτήτων δεδομένων μαζί με αλλαγές που επιδρούν και εξελίσσουν αυτά. Αναφερόμαστε σε αυτό το γράφημα ως Eno-graph. Η καταγραφή της εξέλιξης οικοσυστημάτων δεδομένων με τη βοήθεια του Eno-graph είναι αρκετά χρήσιμη στις περιπτώσεις που είναι απαραίτητη η αναζήτηση του πώς και γιατί άλλαξαν τα δεδομένα και η ανάκτηση προηγούμενων εκδόσεων τους. Επίσης, προτείνουμε μια αναπαράσταση του γράφου σε XML που την ονομάζουμε enoXML, ενώ επιπλέον παρουσιάζουμε διαφορετικά είδη ερωτήσεων που μπορούν αν εκφραστούν στο μοντέλο αυτό και αφορούν σε αναζήτηση δεδομένων και αλλαγών. Ακόμα, παρουσιάζουμε τον τρόπο με τον οποίο ο Eno-graph δημιουργείται και ενσωματώνει τις αλλαγές εξέλιξης που συμβαίνουν στην τρέχουσα έκδοση δεδομένων. Προτείνουμε και παρουσιάζουμε ένα καινοτόμο σύστημα το οποίο ονομάζεται C2D, το οποίο υλοποιεί τις βασικές έννοιες και λειτουργίες του Eno-graph με τη χρήση XML τεχνολογιών. Τέλος, πραγματοποιούμε πειραματική αξιολόγηση του συστήματος και ειδικότερα εξετάζουμε την απόδοσή του σε σχέση με το χώρο αποθήκευσης που απαιτεί η καταγραφή της εξέλιξης οικοσυστημάτων δεδομένων και τον χρόνο ανάκτησης διαφορετικών εκδόσεων δεδομένων.

Τα αποτελέσματά μας δημοσιεύθηκαν στο άρθρο [PaSG13] που παρουσιάστηκε στο Fifth International Conference on Advances in Databases, Knowledge, and Data Applications, το 2013 και έλαβε βράβευση καλύτερης εργασίας (Best Paper Award).

### 3 Υποστηρίζοντας Σύνθετες Αλλαγές σε RDF(S) Γνωσιακές Βάσεις Δεδομένων

Για να συμπληρώσουμε τα αρχικά μας αποτελέσματα εργαστήκαμε επιπλέον στην κατεύθυνση της ανίχνευσης σύνθετων αλλαγών σε εξελισσόμενα δεδομένα. Σε αυτό το σενάριο, διαδοχικές εκδόσεις (versions) των δεδομένων είναι διαθέσιμες και απαιτείται η *a posteriori* κατανόηση της εξέλιξης. Η εργασία μας στηρίζεται στη θεώρηση ότι η κατανόηση της εξέλιξης των δεδομένων πρέπει να περιλαμβάνει πλούσιες σημασιολογικά αλλαγές που μπορούν να ορίζονται από τον χρήστη, τις οποίες ονομάζουμε σύνθετες αλλαγές. Για την διαχείριση σύνθετων αλλαγών θα πρέπει να αντιμετωπιστούν προκλήσεις σχετικά με τον ορισμό, τη μοντελοποίηση, τον εντοπισμό και την επερώτηση αλλαγών. Αν και η έννοια των σύνθετων αλλαγών δεν περιορίζεται σε κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο δεδομένων, εστιάζουμε σε RDF(S) γνωσιακές βάσεις δεδομένων, καθώς το RDF είναι ένα *de facto* πρότυπο για την αναπαράσταση δεδομένων στον ιστό.

Συγκεκριμένα, η εργασία μας επικεντρώνεται στα θέματα της μοντελοποίησης, του ορισμού και εντοπισμού σύνθετων αλλαγών. Για την μοντελοποίηση των αλλαγών θεωρούμε απλές και σύνθετες αλλαγές. Οι απλές αλλαγές αποτελούν ένα προκαθορισμένο σύνολο αλλαγών για το RDF(S) μοντέλο δεδομένων, ενώ οι σύνθετες ορίζονται από τον χρήστη παρέχοντας τη δυνατότητα να εκφραστούν αλλαγές κατάλληλες για το εκάστοτε πεδίο εφαρμογής και πολλαπλές ερμηνείες της εξέλιξης των δεδομένων. Για τον καθορισμό των απλών αλλαγών βασιζόμαστε σε υπάρχουσα εργασία από τη βιβλιογραφία, ενώ η συνεισφορά μας αφορά στις σύνθετες αλλαγές. Οι σύνθετες αλλαγές ομαδοποιούν απλές αλλαγές εκφράζοντας πιο πλούσια σημασιολογία, επιπλέον μπορεί να συσχετίζονται με άλλες σύνθετες αλλαγές εκφράζοντας σημασιολογική συνάφεια, ενώ επίσης μπορεί να είναι αμοιβαίως αποκλειόμενες εκφράζοντας εναλλακτική σημασιολογία. Επιπλέον, προτείνουμε μια δηλωτική γλώσσα για τον ορισμό των σύνθετων αλλαγών, βάσει των παραπάνω θεωρήσεων, όπου κάθε σύνθετη αλλαγή ορίζεται βάσει απλών ή/και σύνθετων αλλαγών που έχουν ήδη οριστεί και κατάλληλων περιορισμών. Οι σύνθετες αλλαγές μπορούν να αποτιμηθούν για τις διαθέσιμες εκδόσεις δεδομένων, ώστε να εξεταστεί κατά πόσο οι μεταβολές σε αυτές μπορούν να περιγραφούν με την εκάστοτε αλλαγή.

Για τον λόγο αυτό προτείνουμε αλγορίθμους για τον εντοπισμό στιγμοτύπων των σύνθετων αλλαγών.

Τα αποτελέσματά μας δημοσιεύθηκαν στο άρθρο [GSPF15] που παρουσιάστηκε στο International Workshop on Managing the Evolution and Preservation of the Data Web, το 2015.

Επίσης, το σχετικό άρθρο [GPS15] σε εκτεταμένη μορφή έχει υποβληθεί προς δημοσίευση.

#### **4 Ανακεφαλαίωση**

Το παρόν παραδοτέο Π5.1 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της υποδράσης ΥΔ5.1 του έργου ΕΙΚΟΣ. Ο στόχος της υποδράσης ΥΔ5.1 ήταν η σχεδίαση και υλοποίηση μεθόδων που υποστηρίζουν την μοντελοποίηση, αποθήκευση, και επερώτηση αλληλεξαρτώμενων εξελισσόμενων δεδομένων σε περιβάλλοντα οικοσυστημάτων δεδομένων, με όσο το δυνατόν λιγότερη συμμετοχή του χρήστη.

Στα πλαίσια της διερεύνησής μας, λοιπόν, επιτύχαμε να ανταποκριθούμε στο στόχο της υποδράσης με τους ακόλουθους τρόπους:

1. Κατασκευάσαμε ένα μοντέλο αναπαράστασης και διαχείρισης αλλαγών με κεντρική ιδέα την προώθηση της έννοιας της αλλαγής σε «πολίτη πρώτης τάξης». Το γραφοθεωρητικό μοντέλο μας, με όνομα Eno-graph, που υλοποιήθηκε σε ένα ερευνητικό πρωτότυπο σύστημα, υποστηρίζει απλές και σύνθετες αλλαγές, καταγράφει την ιστορία τους και επιτρέπει την επερώτησή της. Το άρθρο που δημοσίευσε τα αποτελέσματά μας πήρε το βραβείο καλύτερης εργασίας στο συνέδριο DBKDA 2013.
2. Κατασκευάσαμε μεθόδους που επιτρέπουν την ανίχνευση σύνθετων αλλαγών σε εξελισσόμενα δεδομένα, με έμφαση σε RDF(S) γνωσιακές βάσεις δεδομένων. Η μέθοδος μας επιτρέπει τον ορισμό και τον εντοπισμό σύνθετων αλλαγών επί των διαφορετικών εκδόσεων των δεδομένων. Τα αποτελέσματά μας δημοσιεύθηκαν αρχικά στο International Workshop on Managing the Evolution and Preservation of the Data Web (2015) και εκκρεμεί η κρίση για μια πληρέστερη περιγραφή τους που είναι σε υποβολή.

## Δημοσιεύσεις

- [PaSG13] George Papastefanatos, Yannis Stavarakas, Theodora Galani. Capturing the History and Change Structure of Evolving Data. In Proceedings The Fifth International Conference on Advances in Databases, Knowledge, and Data Applications (DBKDA 2013), Seville, Spain, January 27 - February 1, 2013.
- [GSPF15] Theodora Galani, Yannis Stavarakas, George Papastefanatos, Giorgos Flouris. Supporting Complex Changes in RDF(S) Knowledge Bases. In Proceedings of International Workshop on Managing the Evolution and Preservation of the Data Web, co-located with the 12th Extended Semantic Web Conference (ESWC'15), Portorož, Slovenia, May 31 - June 1, 2015.
- [GPS15] Theodora Galani, George Papastefanatos, Yannis Stavarakas. A Language for Defining and Detecting Complex Changes on RDF(S) Knowledge Bases. Submitted for Publication. 2015.

## Παράρτημα