



ΕΛΙΔΕΚ.
Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

Περιγραφή Χρηματοδοτούμενου Ερευνητικού Έργου
1η Προκήρυξη Ερευνητικών Έργων ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για την
ενίσχυση των Μελών ΔΕΠ και Ερευνητών/τριών και την
προμήθεια ερευνητικού εξοπλισμού μεγάλης αξίας

Τίτλος Ερευνητικού Έργου: GraphTempo: Εξερεύνηση του ιστορικού χρονικών γραφημάτων



Επιστημονική Υπεύθυνη: Ευαγγελία Πιτουρά

Φιλικός προς τον αναγνώστη τίτλος: Εξερεύνηση του ιστορικού χρονικών γραφημάτων

Επιστημονική Περιοχή: Μαθηματικά και Επιστήμες της Πληροφορίας

Φορέας Προέλευσης και Χώρα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ελλάδα

Φορέας Υποδοχής: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Συνεργαζόμενος Φορέας: Πανεπιστήμιο Warwick, Ηνωμένο Βασίλειο

Πανεπιστήμιο Βοστώνης, ΗΠΑ

Ιστοσελίδα προβολής του Έργου: <http://graphtempo.eu/>



Ποσό Χρηματοδότησης: 170.000 ευρώ

Διάρκεια Χρηματοδότησης: 36 μήνες

Σύνοψη Ερευνητικού Έργου

Τα γραφήματα αποτελούν ένα φυσικό μοντέλο για την αναπαράσταση οντοτήτων και των αλληλεπιδράσεων και σχέσεων μεταξύ τους. Σε συνεργατικά δίκτυα, οι ακμές καταγράφουν για παράδειγμα την συνεργασία μεταξύ ηθοποιών σε ταινίες, μεταξύ συγγραφέων επιστημονικών άρθρων, ή μεταξύ συναδέλφων σε ομάδες. Σε κοινωνικά δίκτυα, οι ακμές εκφράζουν σχέσεις (π.χ. φίλος, ακόλουθος) και αλληλεπιδράσεις ή αντιδράσεις (π.χ. retweets, likes) μεταξύ χρηστών. Σε δίκτυα επικοινωνίας, οι ακμές δείχνουν ανταλλαγές email και τηλεφωνικών κλήσεων, σε δίκτυα μεταφορών, δρόμους και πτήσεις μεταξύ πόλεων, και σε βιολογικά δίκτυα, αλληλεπιδράσεις μεταξύ πρωτεϊνών. Άλλα παραδείγματα περιλαμβάνουν γραφήματα γνώσης, γραφήματα εξάρτησης προγραμμάτων, δίκτυα υπολογιστών και τον παγκόσμιο ιστό.

Τα περισσότερα γραφήματα πραγματικού κόσμου δεν είναι στατικά αλλά εξελίσσονται στο χρόνο. Δημιουργούνται νέες αλληλεπιδράσεις και σχέσεις, ενώ οι υπάρχουσες ενδέχεται να μην είναι πλέον έγκυρες. Επιπλέον, εμφανίζονται νέες οντότητες, ενώ παλιές οντότητες αποχωρούν. Επιπλέον, εκτός από τη δομή, εξελίσσεται και το περιεχόμενο, όπως ετικέτες και ιδιότητες στις κορυφές, και βάρη στις ακμές.

Ο γενικός στόχος του έργου **GraphTempo** είναι να παρέχει ένα δηλωτικό πλαίσιο για την εξερεύνηση της εξέλιξης ενός γραφήματος που θα λειτουργήσει ως εργαλείο για να προβλέψουμε και ενδεχομένως να επηρεάσουμε τη μελλοντική του λειτουργία. Για την επίτευξη αυτού του συνολικού στόχου του, το έργο **GraphTempo** θέτει τους ακόλουθους επιμέρους στόχους:

- I. να προσφέρει ένα γενικό πλαίσιο για την εξερεύνηση του πλήρους ιστορικού ενός γραφήματος, συμπεριλαμβανομένης της δομής του (κορυφές και ακμές) καθώς και του περιεχομένου (όπως ετικέτες, ιδιότητες, βάρη) που σχετίζονται με αυτήν τη δομή. Το πλαίσιο θα αποτελείται από ένα σύνολο νέων ερωτημάτων εξερεύνησης και θα προσφέρει μια δηλωτική προσέγγιση στη χρονική επεξεργασία γραφημάτων,
- II. να αποκαλύψει κρυφές ιδιότητες δικτύων πραγματικού κόσμου μέσω της εφαρμογής του πλαισίου, και
- III. να βελτιώσει την εξέλιξη των δικτύων προτείνοντας νέους αλγόριθμους προτάσεων συνδέσμων.

Πρωτοτυπία του Ερευνητικού Έργου

Το **GraphTempo** προσφέρει ένα δηλωτικό πλαίσιο για να υποστηρίξει την εξερεύνηση της εξέλιξης των γραφημάτων στο χρόνο και την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από αυτήν την εξέλιξη. Θα αναπτυχθούν δύο πρωτότυπες οικογένειες ερωτημάτων, συγκεκριμένα ερωτήματα εξέλιξης και ερωτήματα διαδρομής. Τα *ερωτήματα εξέλιξης γραφήματος* θα επικεντρωθούν σε (1) μετασχηματισμούς, δηλαδή, στον προσδιορισμό υπογραφημάτων που ακολουθούν συγκεκριμένα μοτίβα εξέλιξης στο χρόνο και (2) αλλαγές, δηλαδή τον προσδιορισμό υπογραφημάτων με βάση τον όγκο των αλλαγών. Τα *ερωτήματα διαδρομής* γραφήματος θα επικεντρωθούν σε διατεταγμένα στοιχεία, όπου ένα στοιχείο γραφήματος στη θέση i πρέπει να εμφανίζεται νωρίτερα στο χρόνο από ένα στοιχείο γραφήματος στη θέση $j > i$. Οι ερωτήσεις διαδρομών είναι ενδιαφέρουσες καθώς μπορεί να αποκαλύψουν εξαρτήσεις ή αιτιώδεις σχέσεις. Για την αποτελεσματική υποστήριξη ερωτημάτων εξέλιξης και διαδρομών, το **GraphTempo** θα χρησιμοποιήσει ενσωματώσεις γραφημάτων (graph embeddings).

Τα ερωτήματα εξέλιξης γραφήματος θα χρησιμοποιηθούν για να προσφέρουν νέες λύσεις σε μια ποικιλία ερευνητικών προβλημάτων, όπως (1) ο σχηματισμός ομάδων σε δίκτυα χρησιμοποιώντας σταθερές συνεργασίες μεταξύ ανθρώπων, (2) ο εντοπισμός της ομοφιλίας σε κοινωνικά δίκτυα και δίκτυα συνεργασίας, για παράδειγμα, εντοπίζοντας συν-εξελισσόμενο περιεχόμενο και δομή, και (3) η ανίχνευση ανωμαλιών (όπως συμπεριφορά ανεπιθύμητης αλληλογραφίας) σε κοινωνικά δίκτυα, για παράδειγμα, με την εύρεση απροσδόκητων μετασχηματισμών ή μεγάλο όγκο αλλαγών. Τα ερωτήματα διαδρομής θα χρησιμοποιηθούν στον (1) εντοπισμό διάδοσης πληροφοριών σε κοινωνικά δίκτυα, για παράδειγμα, με την εύρεση των πιο συνηθισμένων διαδρομών που ακολουθεί ένα κομμάτι πληροφοριών (π.χ., ένα hashtag) και στον εντοπισμό πλαστογραφημένης διάδοσης πληροφοριών (π.χ. ψευδείς ειδήσεις), (2) στον εντοπισμό πλαστών συναλλαγών σε χρηματοοικονομικά δίκτυα όπως το bitcoin, και (3) στην εύρεση σημαντικών διαδρομών σε δίκτυα μεταφορών.

Τέλος, το **GraphTempo** θα εισαγάγει νέους αλγόριθμους προτάσεων συνδέσμων που θα χρησιμοποιούν τα νέα ερωτήματα.

Αναμενόμενα αποτελέσματα & Αντίκτυπος του Ερευνητικού Έργου

Η διαχείριση δεδομένων γραφημάτων βρίσκεται στο επίκεντρο πολλών τρεχουσών ερευνών καθώς και πολλών εμπορικών και ερευνητικών συστημάτων λογισμικού. Τα περισσότερα γραφήματα που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση δικτύων του πραγματικού κόσμου δεν είναι στατικά αλλά εξελίσσονται στο χρόνο. Το επιστημονικό αντίκτυπο του **GraphTempo** αναμένεται να είναι ένα καινοτόμο δηλωτικό πλαίσιο για τη διαδραστική εξερεύνηση των γραφημάτων μέσα στο χρόνο. Αυτό το πλαίσιο θα προχωρήσει πέρα από την κλασική επεξεργασία ερωτημάτων γραφημάτων, επιτρέποντας την αναζήτηση της εξέλιξης ενός γραφήματος. Το λογισμικό που θα αναπτυχθεί θα είναι ανοιχτού κώδικα και θα είναι ελεύθερα διαθέσιμο όπως και τα δεδομένα που θα συλλεχθούν. Τα ερευνητικά αποτελέσματα του έργου θα δημοσιευθούν και θα παρουσιαστούν στα κορυφαία διεθνή συνέδρια και περιοδικά του χώρου.

Το **GraphTempo** έχει επίσης τη δυνατότητα κοινωνικού και οικονομικού αντίκτυπου. Τα γραφήματα αποτελούν το μοντέλο πολλών δικτύων του πραγματικού κόσμου. Η διερεύνηση της εξέλιξης τέτοιων δικτύων θα βελτιώσει την κατανόησή μας για τους μηχανισμούς στους οποίους βασίζεται η εξέλιξή τους. Τα νέα ερωτήματα θα αποκαλύψουν κρυφές ιδιότητες, θα εντοπίσουν περιπτώσεις απροσδόκητων αλλαγών και θα μας βοηθήσουν να εντοπίσουμε ύποπτη συμπεριφορά. Το πλαίσιο του **GraphTempo** θα εφαρμοστεί σε αρκετά δυναμικά δίκτυα πραγματικού κόσμου για τον εντοπισμό, την κατανόηση και την αντιμετώπιση συγκεκριμένων κοινωνικών και οικονομικών προβλημάτων. Θα μελετήσουμε την ομοφιλία, δηλαδή, την τάση των ατόμων να συνδέονται με παρόμοια άτομα ή να επηρεάζονται από τις συνδέσεις τους. Θα διερευνήσουμε επίσης τη διάδοση πληροφοριών σε δίκτυα για την αντιμετώπιση σημαντικών κοινωνικών προβλημάτων, όπως η διάδοση ψευδών ειδήσεων, καθώς και διαδικτυακές χρηματοοικονομικές συναλλαγές για τον εντοπισμό πλαστών αλληλεπιδράσεων. Κάνοντας ένα βήμα παραπέρα, το **GraphTempo** θα διερευνήσει την πρόβλεψη και τη δυνατότητα ελέγχου της εξέλιξης των πραγματικών δικτύων. Για το σκοπό αυτό, θα αναπτυχθούν αλγόριθμοι προτάσεων συνδέσμων που θα προτείνουν συνδέσμους με βάση τις δυνατότητές τους να βελτιώσουν επιθυμητές ιδιότητες του δικτύου.

Η σημασία της χρηματοδότησης

Πολλοί φορείς χρηματοδότησης βασίζονται σε μεγάλες κοινοπραξίες, δίνουν έμφαση στην ανάπτυξη και όχι στην έρευνα, τονίζουν τον αντίκτυπο στη διάδοση και όχι στην έρευνα. Η χρηματοδότηση του ΕΛ.Ι.Δ.Ε.Κ. είναι σημαντική, καθώς χρηματοδοτεί τη βασική έρευνα και εστιάζει στην αριστεία. Η παρούσα χρηματοδότησή μου έδωσε την ευκαιρία να υλοποιήσω μια καινοτόμα ερευνητική ιδέα, να υποστηρίξω νέους ερευνητές και να συνεργαστώ με συναδέλφους από τις ΗΠΑ και το Ηνωμένο Βασίλειο.



ΕΛΙΔΕΚ.
Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας & Καινοτομίας

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Λ. Συγγρού 185 & Σάρδεων 2
ΤΚ. 17121, Νέα Σμύρνη, Ελλάδα
210 64 12 410, 420
communication@elidek.gr
www.elidek.gr