

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**  
**Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών**  
**και Πληροφορικής**

**Διπλωματικές Εργασίες 2013-2014<sup>1</sup>**

**Ιωάννης Καραγιάννης**  
**Επίκουρος Καθηγητής**

---

**1. Υπολογισμός προσεγγιστικών ισορροπιών Nash σε παίγνια**

**Αντικείμενο:** Η εργασία θα ασχοληθεί με το πρόβλημα του υπολογισμού αμιγών ισορροπιών Nash σε στρατηγικά παίγνια δυναμικού (potential games). Σε αυτά τα παίγνια, μια συνάρτηση δυναμικού ορίζεται στο σύνολο των καταστάσεων του παιγνίου έτσι ώστε, μεταξύ δυο καταστάσεων που διαφέρουν στην στρατηγική ενός μόνο παίκτη, η διαφορά δυναμικού τους έχει το ίδιο πρόσημο με τη διαφορά κόστους του παίκτη κατά τη μετάβαση από τη μια κατάσταση στην άλλη. Αυτή η ιδιότητα συνεπάγεται ότι υπάρχει τουλάχιστον μια ισορροπία κατά Nash (η κατάσταση που ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση δυναμικού). Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων παιγνίων είναι τα παίγνια συμφόρησης. Μολονότι η ύπαρξη συνάρτησης δυναμικού εγγυάται τη σύγκλιση σε ισορροπία (ξεκινώντας από μια αυθαίρετη κατάσταση και ακολουθώντας κινήσεις των παικτών που βελτιώνουν το κόστος τους), ο χρόνος σύγκλισης μπορεί να είναι εκθετικός σε σχέση με το μέγεθος αναπαράστασης του παιγνίου. Πράγματι, το πρόβλημα εύρεσης ισορροπίας Nash σε παίγνια συμφόρησης έχει αποδειχτεί ότι είναι ένα υπολογιστικά δύσκολο (PLS-hard) πρόβλημα. Το πρόβλημα εύρεσης προσεγγιστικών ισορροπιών Nash έχει αποδειχτεί ότι είναι ευκολότερο. Για παράδειγμα, καταστάσεις όπου κανένας παίκτης δεν μπορεί να βελτιώσει το κόστος του στο μισό μπορούν να υπολογιστούν σε πολυωνυμικό χρόνο σε παίγνια συμφόρησης με γραμμικές συναρτήσεις καθυστέρησης. Σκοπός της εργασίας είναι η θεωρητική και πειραματική μελέτη των αλγορίθμων που έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία για τον υπολογισμό προσεγγιστικών ισορροπιών Nash σε παίγνια συμφόρησης και η επέκτασή τους σε άλλα παίγνια δυναμικού, όπως παίγνια ικανοποίησης περιορισμών και παίγνια σχεδιασμού δικτύων.

**Επιθυμητές γνώσεις:** Προγραμματισμός σε Matlab ή/και C.

**Ενδεικτική βιβλιογραφία**

- [1] I. Caragiannis, A. Fanelli, N. Gravin, and A. Skopalik. Efficient computation of approximate pure Nash equilibria in congestion games. In *Proceedings of the 52nd Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS)*, pages 532 – 541, 2011.
- [2] S. Chien and A. Sinclair. Convergence to approximate Nash equilibria in congestion games. *Games and Economic Behavior*, 71(2), pages 315 – 327, 2011.
- [3] A. Fabrikant, C. H. Papadimitriou, and K. Talwar. The complexity of pure nash equilibria. In *Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on Theory of Computing (STOC)*, ACM, pages 604 – 612, 2004.

---

<sup>1</sup> Οι διπλωματικές εργασίες θα παρουσιαστούν την Τρίτη 15 Οκτωβρίου, 12.00-1.00μμ, στην αίθουσα B4.

---

## 2. Συνδυαστικές δημοπρασίες

**Αντικείμενο:** Σε μια συνδυαστική δημοπρασία, υπάρχουν  $m$  αντικείμενα προς πώληση και  $n$  παίκτες/αγοραστές, καθένας από τους οποίους έχει μια συνάρτηση που ποσοτικοποιεί τη χρησιμότητα κάθε πιθανού υποσυνόλου αντικειμένων για τον συγκεκριμένο παίκτη. Ένας αποδοτικός φιλαλήθης μηχανισμός υπολογίζει μια ανάθεση των αντικειμένων στους παίκτες με βάση τις προτιμήσεις που αυτοί δηλώνουν στο μηχανισμό και διασφαλίζει ότι η ανάθεση των αντικειμένων βελτιστοποιεί το κοινωνικό όφελος (δηλ., το συνολικό όφελος των παικτών) και ότι οι παίκτες δεν έχουν άλλο κίνητρο παρά να δηλώσουν αληθώς τις προτιμήσεις τους. Μολονότι οι μηχανισμοί τύπου VCG είναι αποδοτικοί και φιλαλήθεις, απαιτούν τη λύση ενός υπολογιστικά δύσκολου προβλήματος και, έτσι, απαιτούν εκθετικό χρόνο (ανάλογο του αριθμού των διαφορετικών υποσυνόλων αντικειμένων). Πρόσφατα, έχουν προταθεί φιλαλήθεις μηχανισμοί πολυωνυμικού χρόνου που υπολογίζουν προσεγγίσεις της βέλτιστης λύσης. Γενικά, η προσέγγιση που επιτυγχάνουν εξαρτάται από τη δομή των συναρτήσεων προτίμησης των παικτών. Στην πράξη, για προβλήματα μεγάλης κλίμακας (πχ., για πωλήσεις στο eBay) χρησιμοποιούνται εξαιρετικά απλοί μηχανισμοί που δεν είναι φιλαλήθεις. Πχ., ένας τέτοιος μηχανισμός πραγματοποιεί μια ανεξάρτητη δημοπρασία τύπου Vickrey για κάθε αντικείμενο. Σε πρόσφατες ερευνητικές εργασίες, αποδεικνύονται φράγματα για το κόστος της αναρχίας των παιγνίων που ορίζονται από τέτοιους μηχανισμούς, υποθέτοντας συντηρητική στρατηγική συμπεριφορά των παικτών. Σκοπός της εργασίας είναι η θεωρητική και πειραματική μελέτη τέτοιων μηχανισμών ως προς την απόδοσή τους. [1-2 άτομα]

**Επιθυμητές γνώσεις:** Προγραμματισμός σε Matlab ή/και C.

### Ενδεικτική βιβλιογραφία

- [1] K. Bhawalkar and T. Roughgarden. Welfare guarantees for combinatorial auctions with item bidding. In *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA)*, pages 700 – 709, 2011.
- [2] G. Christodoulou, A. Kovács, and M. Schapira. Bayesian combinatorial auctions. In *Proceedings of the 35th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP)*, LNCS 5125, Springer, pages 820 – 832, 2008.
- [3] M. Feldman, H. Fu, N. Gravin, and B. Lucier. Simultaneous auctions are (almost) efficient. In *Proceedings of the 45th Annual ACM Symposium on Theory of Computing (STOC)*, pages 201 – 210, 2013.

---

## 3. Χρήση τεχνικών διασφάλισης ιδιωτικότητας στο σχεδιασμό αλγοριθμικών μηχανισμών

**Αντικείμενο:** Η ερευνητική κατεύθυνση της διαφορικής ιδιωτικότητας (differential privacy) έχει ως σκοπό την επεξεργασία ερωτήσεων από βάσεις δεδομένων έτσι ώστε τα αποτελέσματα σε δυο στιγμιότυπα μιας βάσης δεδομένων που διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους (πχ., φανταστείτε δυο στιγμιότυπα μιας βάσης ασθενών που διαφέρουν κατά έναν μόνο ασθενή) να διαφέρουν ελάχιστα ώστε να μην αποκαλύπτουν ευαίσθητη πληροφορία για οποιαδήποτε στοιχείο της βάσης (πχ., για τον συγκεκριμένο ασθενή). Πρόσφατα παρατηρήθηκε ότι οι αρχές σχεδιασμού αλγορίθμων που παρέχουν εγγυήσεις ιδιωτικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πεδίο του σχεδιασμού μηχανισμών (mechanism design). Σκοπός της εργασίας είναι η θεωρητική μελέτη αυτών των προτάσεων και η υλοποίηση και πειραματική μελέτη των αντίστοιχων αλγορίθμων.

**Επιθυμητές γνώσεις:** Προγραμματισμός σε Matlab ή/και C.

### Ενδεικτική βιβλιογραφία

- [1] C. Dwork, F. McSherry, K. Nissim, and A. Smith. Calibrating noise to sensitivity in private data analysis. In *Proceedings of the 3rd Theory of Cryptography Conference (TCC)*, pages 265 – 284, 2006.

- [2] F. McSherry and K. Talwar. Mechanism design via differential privacy. In *Proceedings of the Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS)*, pages 94 – 103, 2007.
- [3] D. Xiao. Is privacy compatible with truthfulness? In *Proceedings of the 4th conference on Innovations in Theoretical Computer Science (ITCS)*, pages 67 – 86, 2013.

---

#### 4. Μελέτη του κόστους της ευστάθειας σε παίγνια σχεδιασμού δικτύων

**Αντικείμενο:** Το κόστος της ευστάθειας (price of stability) ενός στρατηγικού παιγνίου ορίζεται ως ο λόγος του ελάχιστου κοινωνικού κόστους μεταξύ όλων των ισορροπιών κατά Nash του παιγνίου προς το βέλτιστο κοινωνικό κόστος. Διαισθητικά, αποτελεί μια ποσοτικοποίηση της επίπτωσης του εγωισμού στην απόδοση του συστήματος που μοντελοποιείται από το παίγνιο. Στα πλαίσια της εργασίας, θα ασχοληθούμε με παίγνια σχεδιασμού δικτύων. Μολονότι ισχυρά φράγματα για το κόστος της ευστάθειας παιγνίων σχεδιασμού δικτύων με κατευθυνόμενες συνδέσεις είναι γνωστά (και αποδεικνύονται εξαιρετικά εύκολα), κάτι τέτοιο δεν ισχύει για μη κατευθυνόμενα δίκτυα. Σκοπός της εργασίας είναι η απόδειξη νέων κάτω φραγμάτων για το κόστος της ευστάθειας σε παίγνια σχεδιασμού δικτύων με μη κατευθυνόμενες συνδέσεις. Συγκεκριμένα, η εργασία θα χρησιμοποιήσει μια πρόσφατη αναδρομική κατασκευή που έχει προταθεί στη βιβλιογραφία [2].

**Επιθυμητές γνώσεις:** Προγραμματισμός σε Matlab ή/και C.

##### Ενδεικτική βιβλιογραφία

- [1] E. Anshelevich, A. Dasgupta, J. M. Kleinberg, E. Tardos, T. Wexler, and T. Roughgarden. The price of stability for network design with fair cost allocation. *SIAM Journal on Computing*, 38(4), pages 1602 – 1623, 2008.
- [2] V. Bilò, I. Caragiannis, A. Fanelli, and G. Monaco: Improved lower bounds on the price of stability of undirected network design games. *Theory of Computing Systems*, 52(4), pages 668 – 686, 2013.
- [3] A. Fiat, H. Kaplan, M. Levy, S. Olonetsky, and R. Shabo. On the price of stability for designing undirected networks with fair cost allocations. In *Proceedings of the 33rd International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP)*, LNCS 4051, Springer, pages 608 – 618, 2006.

---

#### 5. Υπολογισμός ισορροπιών σε παίγνια ασφάλειας

**Αντικείμενο:** Σκοπός της εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση αλγορίθμων για την εύρεση αποδοτικών στρατηγικών για την προστασία στόχων. Ένα κλασικό μοντέλο που έχει προταθεί και καλύπτει πλήθος παρόμοιων προβλημάτων βασίζεται στον ορισμό ενός παιγνίου μηδενικού αθροίσματος μεταξύ ενός επιτιθέμενου και ενός αμυνόμενου. Οι διάφοροι στόχοι έχουν διαφορετικά οφέλη για τον επιτιθέμενο και απαιτούν διαφορετικά σενάρια προστασίας από τον αμυνόμενο. Οι βέλτιστες στρατηγικές προστασίας για τον αμυνόμενο αντιστοιχούν στην εύρεση ισορροπιών Stackelberg στο αντίστοιχο παίγνιο. Στις πιο ενδιαφέρουσες παραλλαγές του προβλήματος, η εύρεση τέτοιων ισορροπιών είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε υπολογιστικούς πόρους. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη των διαφορετικών μοντέλων και λύσεων που έχουν προταθεί, η θεωρητική και πειραματική μελέτη των αντίστοιχων αλγορίθμων και ο σχεδιασμός/υλοποίηση νέων αλγορίθμων για συγκεκριμένα στιγμιότυπα του προβλήματος. Ιδιαίτερο βάρος θα δοθεί σε σενάρια επιθέσεων σε στόχους πραγματικών πόλεων (πχ., τρομοκρατικές επιθέσεις του 2008 στη Βομβάη).

**Επιθυμητές γνώσεις:** Προγραμματισμός σε Matlab ή/και C.

##### Ενδεικτική βιβλιογραφία

- [1] J. Tsai, Z. Yin, J. Kwak, D. Kempe, C. Kiekintveld, and M. Tambe. Urban security: game-theoretic resource allocation in networked domains. In *Proceedings of the 24th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, pages 881 – 886, 2010.

- [2] M. Jain, D. Korzhyk, O. Vanek, V. Conitzer, M. Pechoucek, and M. Tambe. A double oracle algorithm for zero-sum security games on graphs. In *Proceedings of the 10th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS)*, pages 327 – 334, 2011.
- [3] J. Letchford and V. Conitzer: Solving Security Games on Graphs via Marginal Probabilities. In *Proceedings of the 27th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, 2013.

---

## 6. Ο ρόλος της επιλεκτικής πληροφόρησης σε προβλήματα βελτιστοποίησης κέρδους

**Αντικείμενο:** Στην εργασία [1] για την οποία κέρδισε το βραβείο Nobel Οικονομικών το 2001, ο George Akerlof μελέτησε τις επιπτώσεις της ασύμμετρης πληροφόρησης μεταξύ πωλητή και αγοραστή. Ένα παράδειγμα είναι όταν ο πωλητής ξέρει ακριβώς την ποιότητα του προς πώληση αντικειμένου ενώ ο αγοραστής έχει μόνο στατιστική πληροφορία (πχ., γνωρίζει μόνο κάποιο μέσο όρο) για την ποιότητα παρόμοιων αντικειμένων. Ο Akerlof έδειξε πως η ύπαρξη διαφορετικών επιπέδων ποιότητας μπορεί τελικά να οδηγήσει σε κατάρρευση της αγοράς καθώς οι αξιολογήσεις των αγοραστών (μέσοι όροι) είναι γενικά χαμηλές και επομένως μη αποδεκτές από τους πωλητές. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη του προβλήματος υπολογισμού κατάλληλων επιπέδων πληροφόρησης που μπορεί να δώσει ο πωλητής στους αγοραστές ώστε να βελτιστοποιήσει το κέρδος του. Θα μελετηθούν διαφορετικές τεχνικές που έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία όπως clustering και signaling και θα εξεταστούν οι περιπτώσεις τιμολόγησης κατά δεύτερη τιμή και τύπου “take-it-or-leave it”. Επιπλέον, θα μελετηθούν πειραματικά σενάρια που προκύπτουν από εφαρμογές “display advertising”.

**Επιθυμητές γνώσεις:** Προγραμματισμός σε Matlab ή/και C.

### Ενδεικτική βιβλιογραφία

- [1] G. Akerlof. The market for “lemons”: Quality uncertainty and the market mechanism. *Quarterly Journal of Economics*, 84, pages 488 – 500, 1970.
- [2] Y. Emek, M. Feldman, I. Gamzu, R. Paes Leme, and M. Tennenholtz. Signaling schemes for revenue maximization. In *Proceedings of the 13th ACM Conference on Electronic Commerce (EC)*, pages 514 – 531, 2012.
- [3] P. Bro Miltersen and O. Sheffet. Send mixed signal – Earn more, work less. In *Proceedings of the 13th ACM Conference on Electronic Commerce (EC)*, pages 234 – 247, 2012.

---

## 7. Μηχανική εκμάθηση και κανόνες ψηφοφορίας

**Αντικείμενο:** Μια σημαντική προσέγγιση στη βιβλιογραφία της Θεωρίας Κοινωνικής Επιλογής τα τελευταία χρόνια έχει εστιάσει σε σενάρια εκλογών όπου υπάρχει μια αντικειμενική αλήθεια στην οποία οι ψηφοφόροι θα συμφωνούσαν αν είχαν αρκετή πληροφορία. Τέτοια σενάρια έχουν τις ρίζες τους στο Θεώρημα των Ενόρκων του Condorcet και περιλαμβάνουν περιπτώσεις όπου, για παράδειγμα, οι συμμετέχοντες στο διοικητικό συμβούλιο μιας εταιρίας επιθυμούν να λάβουν τη βέλτιστη απόφαση για τη αύξηση της κερδοφορίας της εταιρίας, αλλά έχουν διαφορετική πληροφόρηση που επηρεάζει την κρίση τους προς διαφορετικές επιλογές. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη μαθηματικών μοντέλων και απλών διεργασιών που εξηγούν το ρόλο της πληροφόρησης σε αντίστοιχες καταστάσεις. Η εργασία θα επικεντρωθεί σε κανόνες ψηφοφορίας που επιστρέφουν κατατάξεις υποψηφίων, θα υλοποιήσει παραλλαγές του μοντέλου τυχαίας γέννησης κατατάξεων του Mallows και θα εξετάσει την απόδοση γνωστών κανόνων ψηφοφορίας με βάση τυχαία ψηφοδέλτια που προκύπτουν από αυτές.

**Επιθυμητές γνώσεις:** Προγραμματισμός σε Matlab ή/και C.

### Ενδεικτική βιβλιογραφία

- [1] C. Boutilier, I. Caragiannis, S. Haber, T. Lu, A. D. Procaccia, and O. Sheffet. Optimal social choice functions: a utilitarian view. In *Proceedings of the 13th ACM Conference on Electronic Commerce (EC)*, pages 197 – 214, 2012.
- [2] F. Chierichetti and J. Kleinberg. Voting with limited information and many alternatives. In *Proceedings of the 23rd Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA)*, pages 1036 – 1055, 2012.
- [3] I. Caragiannis, A. D. Procaccia, and N. Shah. When do noisy votes reveal the truth? In *Proceeding of the 14th ACM Conference on Electronic Commerce (EC)*, pages 143 – 160, 2013.

---

## **8. Χρήση γραμμικού προγραμματισμού στην ανάλυση συνδυαστικών αλγορίθμων**

**Αντικείμενο:** Αντικείμενο της εργασίας είναι η χρήση γραμμικού προγραμματισμού για την ανάλυση άπληστων αλγορίθμων για εκδοχές του προβλήματος κάλυψης με σύνολα (set cover). Τέτοιες εκδοχές του προβλήματος set cover μοντελοποιούν προβλήματα αποδοτικής κατανομής πόρων σε πραγματικά συστήματα όπως το πρόβλημα της κατανομής εύρους ζώνης σε οπτικά δίκτυα τεχνολογίας WDM. Η ιδέα της τεχνικής έγκειται στην αναπαράσταση της λειτουργίας του αλγορίθμου πάνω σε ένα συγκεκριμένο στιγμιότυπο του προβλήματος με ένα γραμμικό πρόγραμμα, με τέτοιο τρόπο ώστε η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του γραμμικού προγράμματος να σχετίζεται με την απόδοση του αλγορίθμου στο συγκεκριμένο στιγμιότυπο. Πολλές φορές, η συγκεκριμένη τεχνική ανάλυσης αναδεικνύει τρόπους βελτίωσης της απόδοσης των αλγορίθμων. Στα πλαίσια της εργασίας, θα μελετηθούν πρόσφατες εφαρμογές της τεχνικής σε εκδοχές του προβλήματος set cover δίνοντας έμφαση στο πρόβλημα της κατανομής εύρους ζώνης σε οπτικά δίκτυα τεχνολογίας WDM με τοπολογία δακτυλίου και δέντρου. Είναι πιθανό η εργασία να οδηγήσει σε νέους συνδυαστικούς αλγορίθμους που βελτιώνουν τους υπάρχοντες ως προς την απλότητα, ή συμπεριφέρονται καλύτερα σε ειδικά στιγμιότυπα των γενικών προβλημάτων.

**Επιθυμητές γνώσεις:** Προγραμματισμός σε Matlab.

### **Ενδεικτική βιβλιογραφία**

- [1] S. Athanassopoulos, I. Caragiannis, and C. Kaklamani. Analysis of approximation algorithms for k-set cover using factor-revealing linear programs. *Theory of Computing Systems*, 45(3), pages 555 – 576, 2009.
- [2] I. Caragiannis. Wavelength management in WDM rings to maximize the number of connections. *SIAM Journal on Discrete Mathematics*, 23 (2), pages 959 – 978, 2009.
- [3] H. Yu and M. Fürer. Packing-based approximation algorithm for the k-set cover problem. In *Proceedings of the 22nd International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC)*, LNCS 7074, Springer, pages 484-493, 2011.