



Προτεινόμενα Θέματα Διπλωματικής Εργασίας

Άγγελος Χαραλαμπίδης

Α. Επαγωγή Κανόνων με Χρήση Λογικών Υψηλής Τάξης

Η επαγωγή λογικών προγραμμάτων ήταν παραδοσιακά ένα πεδίο που προσπαθούσε να επάγει προτάσεις λογικών προγραμμάτων πρώτης τάξης μέσω ενός συνόλου θετικών και αρνητικών παραδειγμάτων. Αν και η επαγωγή συνοπτικών και ελέγξιμων γενικεύσεων των παραδειγμάτων είναι μια διαδικασία δύσκολη από μόνη της, η χρήση λογικής πρώτης τάξης περιορίζει την δυνατότητα επίλυσης πιο δύσκολων προβλημάτων.

Οι συγγραφείς της επετειακής ανασκόπησης του ερευνητικού πεδίου¹ εντοπίζουν ότι τα συστήματα νέας γενιάς για την επαγωγή λογικών προγραμμάτων θα πρέπει να επεκταθούν με στοιχεία λογικής υψηλής τάξης. Πλέον, υπάρχουν διάφορες ερευνητικές εργασίες²³ που προσπαθούν να εκμεταλλευτούν την υψηλότερη εκφραστικότητα της λογικής υψηλής τάξης ώστε να μάθουν πιο περίπλοκες θεωρίες. Η χρήση λογικών υψηλής τάξης επικεντρώνονται κυρίως στην μεγαλύτερη ευελιξία στην έκφραση τόσο των επαγόμενων προγραμμάτων όσο και στην έκφραση του λογικού υποβάθρου.

Η διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό να συνδυάσει την χρήση χαρακτηριστικών υψηλής τάξης με την επαγωγή λογικών κανόνων. Μια υποσχόμενη κατεύθυνση είναι η χρήση κατηγορημάτων υψηλής τάξης⁴ που προδιαγράφουν την συμπεριφορά άλλων κατηγορημάτων που δεν ξέρουμε τους ορισμούς τους. Τέτοιες τεχνικές μπορεί να βοηθήσουν σε περιπτώσεις όπου τα παραδείγματα για την επαγωγή ενός κανόνα δεν επαρκούν ή δεν είναι γνωστά αλλά μπορούν να συναχθούν από παραδείγματα άλλων κατηγορημάτων.

¹ Muggleton, Stephen, Luc De Raedt, David Poole, Ivan Bratko, Peter Flach, Katsumi Inoue, and Ashwin Srinivasan. "ILP turns 20." *Machine learning* 86, no. 1 (2012): 3-23.

² Lloyd, John W. *Logic for learning: learning comprehensible theories from structured data*. Springer Science & Business Media, 2013.

³ Cropper, A., Morel, R., & Muggleton, S. (2019). Learning higher-order logic programs. *Machine Learning*, 1-34.

⁴ Charalambidis, Angelos, Konstantinos Handjopoulos, Panagiotis Rondogiannis, and William W. Wadge. "Extensional higher-order logic programming." *ACM Transactions on Computational Logic (TOCL)* 14, no. 3 (2013): 1-40.

Β. Ο Λογικός Προγραμματισμός Υψηλής Τάξης ως Εναλλακτική των Προγραμμάτων ASP

Η αποδοχή και δημοφιλία του προγραμματισμού με answer sets έγκειται κυρίως στο γεγονός ότι μπορεί να εκφράσει συνδυαστικά προβλήματα ευκολότερα σε σχέση με τον λογικό προγραμματισμό, χωρίς παράλληλα να χρειάζεται να εισαγάγει επιπλέον δομές (όπως λίστες). Για να το επιτύχει αυτό όμως, πρέπει να λειτουργήσει σε ένα μετα-επίπεδο στο οποίο ολόκληρο το μοντέλο του προγράμματος αποτελεί πλέον την επιθυμητή απάντηση του προβλήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο ορισμός ενός, για παράδειγμα, γραφοθεωρητικού προβλήματος, να έρχεται σε μεγάλη αντίθεση με αυτό που θα περίμενε κάποιος από τους αντίστοιχους μαθηματικούς ορισμούς, οι οποίοι συνήθως ποσοδεικνύουν γράφους ως σύνολα. Οι αδυναμίες του τρόπου μοντελοποίησης στον προγραμματισμό με answer sets γίνονται ακόμα πιο ξεκάθαρες όταν προσπαθήσει κάποιος να τον επεκτείνει σε προβλήματα πέρα από το NP⁵ όπου χρειάζεται ένα εξωτερικό επίπεδο συμπερασμού πάνω στα σταθερά μοντέλα του προγράμματος.

Ένας εναλλακτικός τρόπος να εκφράσει κάποιος τα ίδια συνδυαστικά προβλήματα είναι να χρησιμοποιήσει λογικό προγραμματισμό δεύτερης τάξης⁶. Σε αυτό το περιβάλλον, οι ορισμοί παραμένουν απλοί και σε αρμονία με τους μαθηματικούς ορισμούς. Αν και οι δύο φορμαλισμοί (answer set και δευτεροτάξιος) μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά και φαίνεται να υπάρχει μια υποβόσκουσα αντιστοιχία μεταξύ τους, δεν υπάρχει μέχρι τώρα καμία μελέτη που να καταδεικνύει τις ομοιότητες και τις διαφορές τους. Μια εικασία είναι ότι κάθε πρόγραμμα answer set μπορεί να εκφραστεί σε ένα αντίστοιχο λογικό πρόγραμμα δεύτερης τάξης. Μια σημαντική ένδειξη για την στενή τους σχέση είναι ότι κάθε πρόγραμμα answer set μπορεί να εκφραστεί στην *circumscription* λογική⁷ που είναι εξ' ορισμού λογική υψηλής τάξης. Η σχέση των δύο φορμαλισμών μπορεί να επεκτείνεται και σε προγράμματα πέρα από το NP: η αυξημένη εκφραστική δύναμη⁸ του λογικού προγραμματισμού υψηλής τάξης ενδέχεται να επιτρέπει την έκφραση τέτοιων προβλημάτων με τον ίδιο συνοπτικό και φυσικό τρόπο.

Η διπλωματική εργασία θα διερευνήσει την σχέση μεταξύ του προγραμματισμού με answer sets και του λογικού προγραμματισμού υψηλής τάξης. Αυτό μπορεί να συνίσταται, για παράδειγμα, στον ορισμό ενός συστηματικού τρόπου μετάφρασης κάθε προγράμματος answer set σε ισοδύναμο λογικό πρόγραμμα δεύτερης τάξης. Εναλλακτικά, θα μπορούσε να περιέχει στην συσχέτιση των μεθόδων αποτίμησης των προγραμμάτων, δηλαδή της αναζήτησης answer sets με την αναζήτηση κατάλληλων απαντήσεων δεύτερης τάξης.

⁵ Amendola, Giovanni, Francesco Ricca, and Miroslaw Truszczyński. "Beyond NP: Quantifying over Answer Sets." *Theory and Practice of Logic Programming* 19, no. 5-6 (2019): 705-721.

⁶ Charalambidis, Angelos, Konstantinos Handjopoulos, Panagiotis Rondogiannis, and William W. Wadge. "Extensional higher-order logic programming." *ACM Transactions on Computational Logic (TOCL)* 14, no. 3 (2013): 1-40.

⁷ Ferraris, Paolo, Joohyung Lee, and Vladimir Lifschitz. "Stable models and circumscription." *Artificial Intelligence* 175, no. 1 (2011): 236-263.

⁸ Charalambidis, Angelos, Christos Nomikos, and Panos Rondogiannis. "The Expressive Power of Higher-Order Datalog." *Theory and Practice of Logic Programming* 19, no. 5-6 (2019): 925-940.