



Προτεινόμενα Θέματα Διπλωματικής Εργασίας

Άγγελος Χαραλαμπίδης

Τα παρακάτω θέματα είναι ενδεικτικά και αποτελούν κομμάτι μεγαλύτερων θεματικών περιοχών που παρουσιάζουν ερευνητικό ενδιαφέρον. Τα θέματα των διπλωματικών εργασιών μπορεί να είναι συσχετιζόμενα ή εφαπτομενικά με τα παρακάτω.

A. Εκμάθηση επεξηγηματικών κανόνων για τις προτιμήσεις χρηστών

Η εκμάθηση προτιμήσεων έχει λάβει αρκετό ενδιαφέρον στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης. Μία δημοφιλής προσέγγιση στην εκμάθηση προτιμήσεων είναι η μάθηση της βαθμολόγησης όπου ο στόχος είναι, δεδομένων δυο αντικειμένων, να τα βαθμολογηθούν ως προς την προτίμηση του χρήστη. Οι περισσότερες, μέχρι τώρα, προσεγγίσεις βασίζονται σε νευρωνικά δίκτυα, και ως εκ τούτου είναι δύσκολη η εξήγηση τους. Από την άλλη μεριά, ο επαγωγικός λογικός προγραμματισμός [1] προσφέρει μεγάλη επεξηγησιμότητα αφού παράγει λογικούς κανόνες. Η εκμάθηση προτιμήσεων όμως δεν έχει ερευνηθεί αρκετά σε αυτό το περιβάλλον. Μία πρόσφατη εργασία προτείνει τεχνικές μάθησης “χαλαρών” λογικών περιορισμών [2] σαν ένα τρόπο έκφρασης προτιμήσεων. Στην βιβλιογραφία παρόλα αυτά υπάρχουν πιο φυσικοί φορμαλισμοί για την αναπαράσταση προτιμήσεων στην λογική, όπως για παράδειγμα τα λογικά προγράμματα με διατεταγμένη διάζευξη [3]. Μέχρι τώρα δεν έχουν διερευνηθεί τρόποι εκμάθησης κανόνων σε αυτούς τους φορμαλισμούς.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνήσει μεθόδους για την επαγωγή λογικών κανόνων που εκφράζουν προτιμήσεις μέσω της διατεταγμένης διάζευξης. Στο παρακάτω παράδειγμα η διατεταγμένη διάζευξη εμφανίζεται στα αριστερά του κανόνα x . Το πρόγραμμα

```
1 { fish, beef, chicken } 1.  
1 { wine, beer } 1.  
wine x beer :- fish.  
beer x wine :- not fish.
```

εκφράζει την προτίμηση του χρήστη στο κρασί αν φάει ψάρι, ενώ αν δεν υπάρχει κρασί η δεύτερη του προτίμηση είναι η μπίρα. Σε περίπτωση όμως που δεν πάρει κρασί η προτίμηση του αλλάζει και προτιμάει την μπίρα και δεύτερο το κρασί. Για να ικανοποιηθεί το σενάριο μπορεί να παραγγείλει ακριβώς ένα φαγητό και ένα ποτό.

Αναφορές

1. Andrew Cropper, Sebastijan Dumancic, Richard Evans, Stephen H. Muggleton: **Inductive logic programming at 30**. Mach. Learn. 111(1): 147-172 (2022). Preprint: <https://arxiv.org/abs/2008.07912>

2. Mark Law, Alessandra Russo, Kryssia Broda: **Learning weak constraints in answer set programming**. Theory Pract. Log. Program. 15(4-5): 511-525 (2015). Preprint: <https://arxiv.org/abs/1507.06566>
3. Angelos Charalambidis, Panos Rondogiannis, Antonis Troumpoukis: **A Logical Characterization of the Preferred Models of Logic Programs with Ordered Disjunction**. Theory Pract. Log. Program. 21(5): 629-645 (2021). Preprint: <https://arxiv.org/abs/2108.03369>
4. Richard Evans, José Hernández-Orallo, Johannes Welbl, Pushmeet Kohli, Marek J. Sergot: **Making sense of sensory input**. Artif. Intell. 293: 103438 (2021). Preprint: <https://arxiv.org/abs/1910.02227>

B. Συλλογισμός για την συμπεριφορά προγραμμάτων με λογικούς κανόνες υψηλής τάξης και παραγωγή αντιπαραδειγμάτων εισόδου

Οι λογικοί κανόνες Horn με περιορισμούς (Constrained Horn Clauses) είναι μία δημοφιλής τεχνική για την αυτόματη επαλήθευση ιδιοτήτων προγραμμάτων [5]. Σε αυτή την τεχνική εξάγονται από το πρόγραμμα (γραμμένο, για παράδειγμα, σε μία αντικειμενοστραφή ή διαδικαστική ή ακόμα και σε συναρτησιακή γλώσσα) λογικοί κανόνες με περιορισμούς και το πρόβλημα της επαλήθευσης ανάγεται στην ικανοποίηση αυτών των κανόνων. Για παράδειγμα, θέλουμε να αποδείξουμε για το παρακάτω πρόγραμμα ότι αν υποθέσουμε $n \geq 1$ τότε στο τέλος του προγράμματος θα ισχύει $y > x$.

```
x=0; y=0;
while (x<n) { x=x+1; y=y+2 }
```

Η συγκεκριμένη ιδιότητα μπορεί να εκφραστεί με τους παρακάτω κανόνες.

```
p(X,Y,N) :- X=0, Y=0, N>=1.
p(X+1,Y+2,N) :- X<N, p(X,Y,N).
:- X>=N, Y<=X, p(X,Y,N).
```

Επιπλέον, σε περίπτωση που αληθεύει η συγκεκριμένη ιδιότητα, αντιπαραδείγματα εισόδου μπορούν να παραχθούν που την παραβιάζουν.

Για την επαλήθευση προγραμμάτων υψηλής τάξης (για παράδειγμα, συναρτήσεις που παίρνουν ορίσματα άλλες συναρτήσεις), τα οποία πλέον είναι κοινή στρατηγική ακόμα και σε γλώσσες όπως η Java, η ίδια τεχνική πρέπει να επεκταθεί σε λογικά προγράμματα αντίστοιχης τάξης (δηλαδή κατηγορήματα που αληθεύουν για κατηγορήματα κτλ) [6].

Σκοπός της διπλωματικής είναι να μελετήσει τεχνικές για την υλοποίηση μιας λογικής γλώσσας υψηλής τάξης [7] με περιορισμούς για την χρήση στην επαλήθευση προγραμμάτων υψηλής τάξης.

Αναφορές

5. Nikolaj S. Bjørner, Arie Gurfinkel, Kenneth L. McMillan, Andrey Rybalchenko: **Horn Clause Solvers for Program Verification**. Fields of Logic and Computation II 2015: 24-51. Preprint: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/nbjorner-yurifest.pdf>
6. Toby Cathcart Burn, C.-H. Luke Ong, Steven J. Ramsay: **Higher-order constrained horn clauses for verification**. Proc. ACM Program. Lang. 2(POPL): 11:1-11:28 (2018). Preprint: <https://arxiv.org/abs/1705.06216>
7. Angelos Charalambidis, Konstantinos Handjopoulos, Panagiotis Rondogiannis, William W. Wadge: **Extensional Higher-Order Logic Programming**. ACM Trans. Comput. Log. 14(3): 21:1-21:40 (2013). Preprint: <https://arxiv.org/abs/1106.3457>

Γ. Πολύπλοκες ροές δεδομένων για τον προγραμματισμό νευρωνικών δικτύων

Το TensorFlow [8], ίσως το πιο γνωστό σύστημα για τον προγραμματισμό νευρωνικών δικτύων, βασίζεται στο μοντέλο των ροών δεδομένων (dataflow) για να μπορέσει να υποστηρίξει αυτόματη διαφορίση (auto-diff) και να κατανήμει τον υπολογισμό σε GPUs και CPUs σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Όμως, προς το παρόν υποστηρίζει ροές δεδομένων σε μορφή άκυκλων γράφων όπου τα δεδομένα είναι πολυδιάστατοι πίνακες. Από την άλλη, οι αρχιτεκτονικές νευρωνικών δικτύων γίνονται ολοένα και πιο περίπλοκες με αποτέλεσμα να υπάρχει ενδιαφέρον για την υποστήριξη πιο πολύπλοκων ροών δεδομένων [9]. Ένα ακόμα πρόβλημα με τις μελλοντικές αρχιτεκτονικές νευρωνικών δικτύων είναι η αύξηση του μεγέθους των παραμέτρων που μπορούν να υποστηρίξουν οι τρέχουσες τεχνολογίες [10].

Σκοπός της διπλωματικής είναι η επέκταση του TensorFlow ώστε να υποστηρίξει πιο πολύπλοκες ροές δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, η υποστήριξη αναδρομικών κυκλικών γράφων είναι ένα πρόβλημα που έχει λάβει αρκετό ενδιαφέρον [11] αλλά δεν έχει αντιμετωπιστεί συστηματικά. Επιπλέον η χρήση πιο πολύπλοκων δομών δεδομένων όπως λίστες και δέντρα είναι ένα θέμα που ακόμα δεν έχει αντιμετωπιστεί εγγενώς στο περιβάλλον εκτέλεσης του TensorFlow.

Αναφορές

8. Martín Abadi, Paul Barham, Jianmin Chen, Zhifeng Chen, Andy Davis, Jeffrey Dean, Matthieu Devin, Sanjay Ghemawat, Geoffrey Irving, Michael Isard, Manjunath Kudlur, Josh Levenberg, Rajat Monga, Sherry Moore, Derek Gordon Murray, Benoit Steiner, Paul A. Tucker, Vijay Vasudevan, Pete Warden, Martin Wicke, Yuan Yu, Xiaoqiang Zheng: **TensorFlow: A System for Large-Scale Machine Learning**. OSDI 2016: 265-283. Preprint: <https://arxiv.org/abs/1603.04467>
9. Yuan Yu, Martín Abadi, Paul Barham, Eugene Brevdo, Mike Burrows, Andy Davis, Jeff Dean, Sanjay Ghemawat, Tim Harley, Peter Hawkins, Michael Isard, Manjunath Kudlur, Rajat Monga, Derek Gordon Murray, Xiaoqiang Zheng: **Dynamic control flow in large-scale machine learning**. EuroSys 2018: 18:1-18:15. Preprint: <https://arxiv.org/abs/1805.01772>
10. Yanping Huang, Youlong Cheng, Ankur Bapna, Orhan Firat, Dehao Chen, Mia Xu Chen, HyoukJoong Lee, Jiquan Ngiam, Quoc V. Le, Yonghui Wu, Zhifeng Chen: **GPipe: Efficient Training of Giant Neural Networks using Pipeline Parallelism**. NeurIPS 2019: 103-112. Preprint: <https://arxiv.org/abs/1811.06965>
11. Eunji Jeong, Joo Seong Jeong, Soojeong Kim, Gyeong-In Yu, Byung-Gon Chun: **Improving the expressiveness of deep learning frameworks with recursion**. EuroSys 2018: 19:1-19:13. Preprint: <https://arxiv.org/abs/1809.00832>