

Περίληψη

Στήν Λογική και την Φιλοσοφία ονομάζουμε *έπαγωγή* την διαδικασία ανάκαλυψης φυσικῶν νόμων ἐργαζόμενοι ἀπὸ τὸ ἐπιμέρους πρὸς τὸ ὄλο, ἀπὸ τὸ εἰδικὸ πρὸς τὸ γενικὸ, ἀπὸ τὸ ἀτομικὸ πρὸς τὸ καθολικὸ. Ὁ ἐπαγωγικὸς λογισμὸς συμπυκνώνει τὸ σύνολο τῶν παρατηρήσεων ἢ ἐκφάνσεων ἑνὸς φαινομένου σὲ ἕναν φυσικὸ νόμο πού τις περιγράφει συνοπτικὰ καὶ ἀπὸ τὸν ὁποῖο μποροῦμε *ἀπαγωγικά* νὰ λάβουμε τις ἀρχικὲς παρατηρήσεις. Ἀπαγωγή εἶναι, λοιπόν, ὁ λογισμὸς πρὸς τὴν ἀντίθετη κατεύθυνση: ἀπὸ τοὺς φυσικοὺς νόμους πρὸς τις παρατηρήσεις, ἀπὸ τὸ ὄλο πρὸς τὸ ἐπιμέρους, κ.ο.κ.

Ἡ ἐπαγωγή ἐπιχειρεῖ νὰ διατυπώσει μία *ὑπόθεση* ἢ ὁποία θὰ ἐξηγεῖ τὰ ἐμπειρικὰ δεδομένα (τις παρατηρήσεις) μέσα στὸ πλαίσιο τῆς *ἀπριορικῆς γνώσης* (prior knowledge) πού λαμβάνουμε ὡς δεδομένη. Ὁ *Ἐπαγωγικὸς Λογικὸς Προγραμματισμὸς* (ΕΛΠ) εἶναι τὸ πεδίο τῆς Τεχνητῆς Νοημοσύνης (καὶ πιὸ συγκεκριμένα τῆς Μηχανικῆς Μάθησης) πού ὑλοποιεῖ τὸν ἐπαγωγικὸ λογισμὸ στὸ πεδίο τοῦ Λογικοῦ Προγραμματισμοῦ. Μὲ ἄλλα λόγια, δοθέντος ἑνὸς λογικοῦ προγράμματος B (ἀπριορικὴ γνώση) καὶ ἑνὸς λογικοῦ προγράμματος D (δεδομένα), ἕνας ἀλγόριθμος ΕΛΠ ἐπιχειρεῖ νὰ κατασκευάσει ἕνα λογικὸ πρόγραμμα H (ὑπόθεση) τέτοιο ὥστε $B \wedge H \models D$.

Ἐνας τυπικὸς ἀλγόριθμος ΕΛΠ κατασκευάζει τὸ πρόγραμμα H ἐξετάζοντας μία λογικὴ πρόταση τὴν φορά, ἀκολουθώντας τὴν στρατηγικὴ *αὐξανόμενης κάλυψης* (incremental cover) ὅπου ἡ κατασκευὴ τῆς κάθε πρότασης ξεκινᾷ μία καινούργια, ἀνεξάρτητη ἀπὸ τις προηγούμενες ἀναζήτησι διαμέσου τοῦ χώρου ὄλων τῶν δυνάμει προτάσεων. Ἡ ἀναζήτησι διενεργεῖται μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς *τελεστῆ ἐξειδίκευσης* ὁ ὁποῖος ὀρίζει μία μερικὴ ταξινόμησι κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονα γενικοῦ-εἰδικοῦ καὶ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ διατρέξουμε τὸν χῶρο κινούμενοι ἀπὸ τὸ τις πιὸ γενικὲς προτάσεις πρὸς τις πιὸ εἰδικές. Ἐναλλακτικὰ, μποροῦμε νὰ νὰ χρησιμοποιήσουμε ἕναν *τελεστῆ γενίκευσης* καὶ νὰ κινήθοῦμε ἀπὸ τὸ εἰδικὸ πρὸς τὸ γενικὸ. Τὸ πιὸ γενικὸ ἄκρο τοῦ χώρου εἶναι ἡ κενή, μή-συνεπὴς πρότασι \square . Τὸ σύνορο στήν εἰδικὴ πλευρὰ τοῦ χώρου τίθεται ἀπὸ τὴν ἐλάχιστη γενίκευσι ἑνὸς θετικοῦ παραδείγματος (*bottom clause*). Ὁ Progol εἶναι ἕνα παράδειγμα τέτοιου ἀλγόριθμου ΕΛΠ καὶ τὸ Aleph ἕνα σύστημα ΕΛΠ πού ὑλοποιεῖ, μεταξὺ ἄλλων, τὸν Progol. (Βλ. δεύτερο κε-

φάλαιο για περισσότερες λεπτομέρεις.)

Το δεύτερο κεφάλαιο κλείνει με την διερεύνηση της επιλογής του ΕΛΠ για την εκτέλεση γλωσσολογικών πειραμάτων. Ο ΕΛΠ υποφέρει από τα ίδια προβλήματα και απολαμβάνει των ίδιων πλεονεκτημάτων όπως και κάθε μορφή συμβολικού λογισμοῦ: έχει υψηλές υπολογιστικές απαιτήσεις (τόσο για την κατασκευή, όσο και για την εφαρμογή θεωριῶν), και έχει ἐγγενείς δυσκολίες στον χειρισμό ἀριθμητικῶν δεδομένων. Ἀπὸ τὴν ἄλλη ὁμως πλευρά, ὁ ΕΛΠ, καὶ ἡ Τυπικὴ Λογικὴ γενικότερα, εἶναι ἐλκυστικὲς λύσεις γιὰ τὸν χειρισμὸ συμβολικῶν δεδομένων, ὅπως ἐπίσης καὶ ὅταν ἡ ἴδια ἢ «διαδικασία ἐπίλυσης» (ἢ ἴδια ἢ κατασκευασθεῖσα θεωρία) εἶναι ἐνδιαφέρουσα καὶ ὄχι μόνο ἡ «λύση» (τὸ ἀποτέλεσμα τῆς ἐφαρμογῆς τῆς θεωρίας).

Ὅπως ἤδη ἀναφέραμε, ὁ ΕΛΠ εἶναι ὑπολογιστικὰ ἀπαιτητικὸς, γεγονός τὸ ὁποῖο τὸν καθιστᾷ ἐλκυστικὸ στόχο παραλληλοποίησης. Τὸ τρίτο κεφάλαιο ξεκινᾷ μὲ μιὰ σύντομη εἰσαγωγή στὴν Message Passing Interface (MPI). Ἡ MPI εἶναι μιὰ τυποποίηση τῆς Ἑπαφῆς Πραγμαματιστῆ Ἑφαρμογῶν (Application Programmers Interface, API) βιβλιοθηκῶν ρουτινῶν περάσματος μηνυμάτων γιὰ παράλληλο καὶ κατανεμημένο προγραμματισμό. Ἀκολουθεῖ μιὰ περιγραφή τοῦ Alerh/MPI, μίας τροποποίησης τοῦ Alerh πὺ κατανέμει τὰ δεδομένα καὶ ἐπαληθεύει τὴν ὑπόθεση παράλληλα. Ἡ τροποποίηση αὐτὴ ἀναπτύχθηκε κατὰ τὴν διάρκεια τῆς ἐργασίας πὺ περιγράφεται ἐδῶ καὶ βασίζεται σὲ μιὰ ἐπέκταση τοῦ YAP μὲ API γιὰ βιβλιοθηκὲς πὺ ἀκολουθοῦν τὴν MPI. Ὁ YAP εἶναι ἓνα σύστημα Λογικοῦ Προγραμματισμοῦ σὲ Prolog καὶ ἡ ἐπέκταση YAP/MPI εἶναι ἐπίσης προῖον αὐτῆς ἐδῶ τῆς ἐργασίας. Τὸ κεφάλαιο κλείνει μὲ δοκιμὲς τοῦ συστήματος Alerh/MPI καὶ διερεύνηση πιθανῶν βελτιώσεων καὶ ἐφαρμογῶν του.

Τὰ ἐπόμενα δύο κεφάλαια περιγράφουν τὴν ἐφαρμογὴ τοῦ ΕΛΠ σὲ δύο γλωσσολογικὰ ζητήματα: τὴν *ἀδαθὴ συντακτικὴ ἀνάλυση* καὶ τὴν *φωνολογικὴ*. Πιὸ συγκεκριμένα, τὸ τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται ἓνα πείραμα ἐπαγωγῆς ἐνὸς *κερματιστῆ κατὰ ΟΣ βάσης* (BaseNP chunker) γιὰ τὴν ἀγγλική. Ὁ κερματισμὸς κατὰ ΟΣ βάσης εἶναι ἓνα εἶδος ἀβαθοῦς συντακτικῆς ἀνάλυσης τὸ ὁποῖο ἀναγνωρίζει μόνο τὰ ὀνοματικὰ σύνολα (ΟΣ) πὺ βρίσκονται σὲ κατώτερο ἐπίπεδο τοῦ δέντρου πὺ δίνει τὴν συντακτικὴ δομὴ μιᾶς φράσης. Γιὰ παράδειγμα, ἂν ἡ πλήρης ἀνάλυση τοῦ ΟΣ *confidence in the pound* εἶναι:

(1) [NP [N1 Confidence] [PP in [N1 the pound]]]

τότε ὁ κερματισμὸς πὺ μόλις περιγράψαμε εἶναι:

(2) [Confidence] in [the pound]

Ὁ κερματιστὴς δέχεται ὡς εἴσοδο κείμενο ὅπου κάθε λέξη συνοδεύεται ἀπὸ

τὸ μέρος τοῦ λόγου ὅπου ἀνήκει ἀλλὰ καὶ ὅποιες ἄλλες πληροφορίες προκύπτουν ἀπὸ τὴν μορφολογία της. Ὁ κερματισμὸς συνήθως διεκπεραιώνεται ἀπὸ αὐτόματα πεπερασμένων καταστάσεων μὲ ἓνα μόνον πέρασμα τοῦ κειμένου.

Στὸ πείραμα ποὺ περιγράφουμε στὸ τέταρτο κεφάλαιο ὁ κερματιστὴς σημαδεύει κάθε λέξη ὡς «μέσα» (I) ἢ «ἔξω» (O), ἀνάλογα μὲ τὸ ἂν ἀποτελεῖ μέρος ἑνὸς ΟΣ βάζης ἢ ὄχι. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπο, στὸ παράδειγμά μας θὰ λαμβάναμε:

(3) Confidence/I in/O the/I pound/I

ὡς ἔξοδο. Ἡ θεωρία ποὺ θέλουμε νὰ ἐπάγουμε ὀρίζει τὴν σχέση ἀνάμεσα σὲ μία λέξη καὶ τὰ συμφραζόμενά της καὶ τὸ σημάδι I/O ποὺ πρέπει νὰ λάβει. Μόνον τὰ ἀριστερὰ συμφραζόμενα φέρουν ἤδη τὸ σημάδι I/O, ὁπότε μία φράση μπορεῖ νὰ ἀναλυθεῖ μὲ ἓνα μόνον πέρασμα ἀπὸ τὰ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιά. Τὰ δεδομένα προέρχονται ἀπὸ τὸ Penn TreeBank, μία συλλογὴ συντακτικὰ ἀναλυμένων ἀγγλικῶν προτάσεων.

Οἱ ἐπιδόσεις τοῦ ἀναλυτῆ αὐτοῦ εἶναι κατώτερες τῶν ἐπιδόσεων στοχαστικῶν μοντέλων. Ἐπίσης, ἡ θεωρία δὲν εἶναι τόσο εὐκόλα ἀναγνώσιμη καὶ κατανοήσιμη ὅσο θὰ περιμέναμε ἀπὸ ἓνα λογικὸ πρόγραμμα. Αὐτὸ κυρίως καταλογίζεται στὸ πειραματικὸ στήσιμο ποὺ ἀναγκάζει ἓνα συντακτικὸ φαινόμενο νὰ ταιριάξει στὸ καλούπι ἑνὸς τοπικοῦ φαινομένου.

Τὸ ἐπέμτο κεφάλαιο περιγράφει τὴν ἐφαρμογὴ τοῦ ΕΛΠ στὴν φωνολογία, καὶ πιὸ συγκεκριμένα τὴν *φωνοτακτική*: τὸ σύνολο τῶν κανόνων ποὺ ὀρίζουν ποιοὶ συνδυασμοὶ ἤχων εἶναι ἐπιτρεπτοὶ σὲ μία γλώσσα καὶ ποιοὶ ὄχι. Μὲ ἄλλα λόγια, τὸ φωνοτακτικὸ μοντέλο μιᾶς γλώσσας ξεχωρίζει τίς λέξεις ποὺ δὲν ἀπαντῶνται στὸ λεξικὸ σὲ δύο κατηγορίες: τὰ *συστηματικὰ κενά* ποὺ ἀπαρτίζονται ἀπὸ συνδυασμοὺς ἤχων ποὺ δὲν θὰ μπορούσαν νὰ εἶναι λέξεις, στὰ ἑλληνικὰ π.χ. /χtfo/ καὶ τὰ *τυχαῖα κενά* ποὺ θὰ μπορούσαν ἀλλὰ τυχαίνει ἀπλῶς νὰ μὴν εἶναι, π.χ. /'χtəfo/.

Τὸ πειραματικὸ στήσιμο παραμένει σὲ γενικὲς ὁμοιο μὲ αὐτὸ τοῦ προηγούμενου πειράματος: τὸ ζητούμενο εἶναι ἓνας ἀναγνώστης ὁ ὁποῖος μὲ ἓνα πέρασμα ἀπὸ τὸ φωνῆεν πρὸς τὰ ἔξω θὰ ἀναγνωρίζει τίς ἐπιτρεπτὲς συλλαβὲς καὶ θὰ ἀπορρίπτει αὐτὲς ποὺ παραβιάζουν κάποιον φωνοτακτικὸ κανόνα. Τὸ πείραμα περιορίζεται στὴν ἀναγνώριση μεμονομένων συλλαβῶν, καθὼς ὑποθέτουμε πῶς τὸ συνολικὸ φωνοτακτικὸ μοντέλο εἶναι ὁ συνδυασμὸς τοῦ συλλαβικοῦ φωνοτακτικοῦ μοντέλου καὶ τῶν κανόνων σύνθεσης λέξεων ἀπὸ τίς ἐπιμέρους συλλαβὲς. Μὲ ἄλλα λόγια, ὑποθέτουμε πῶς ὅλοι οἱ συνδυασμοὶ ἐπιτρεπτῶν συλλαβῶν μποροῦν νὰ συνθέσουν ἐπιτρεπτὲς λέξεις.

Τὸ ζητούμενο εἶναι ἡ σχέση ποὺ ὀρίζει ποιὰ σύμφωνα μποροῦν νὰ ἀποτελέσουν ἐπιτρεπτὸ πρόθεμα ἢ ἐπίθεμα σὲ μία μερικῶς ἀναγνωρισμένη συλλαβή.

(Χωρίς να σημαίνει πώς πρέπει απαραίτητα να θεωρήσουμε όλα τα μέρη έπιτρεπτών συλλαβών επίσης έπιτρεπτά.) Τα δεδομένα προέρχονται από την Λεξιλογική Βάση Δεδομένων CELEX, και συγκεκριμένα από το όλλανδικό τμήμα. Το πείραμα έπαναλήφθηκε χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικά φωνολογικά μοντέλα για την αναπαράσταση των συμφώνων, το ένα από τα όποια είναι ένα μοντέλο τής όλλανδικής φωνολογίας και περιέχει πολύ περισσότερη πληροφορία απ' ό τι το άλλο. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται μεταξύ τους και με ένα χειροποίητο φωνοτακτικό μοντέλο των όλλανδικών. Το συμπέρασμα που προκύπτει από την σύγκριση είναι πώς ο αλγόριθμος ΕΛΠ έπωφελήθηκε από την παραπάνω πληροφορία του προσαρμοσμένου στα όλλανδικά μοντέλου και κατασκεύασε μια θεωρία που και συνοπτικότερη είναι και καλύτερες έπιδόσεις έπιτυγχάνει απ' ό τι όταν βασίστηκε στο γενικό φωνολογικό μοντέλο.

Το έκτο και τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει και αναλύει τα έπιμέρους συμπεράσματα των προηγούμενων κεφαλαίων, αλλά και έξαγάγει συμπεράσματα από το σύνολο τής διατριβής. Εϊδικότερα, ανακεφαλαιώνει τα προβλήματα που αντιμετώπιζει ο ΕΛΠ στον κερματισμό, κυρίως την έλλειψη άπριορικής γνώσης και την μη αναγνωσιμότητα τής θεωρίας. Σε σχέση με τα φωνοτακτικά πειράματα, συμπεραίνεται πώς η έπιτυχία των τελευταίων όφείλεται στο ό τι η φωνολογία είναι ένα τοπικό φαινόμενο που ταιριάζει καλύτερα στο πειραματικό στήσιμο που υίοθετήθηκε, αλλά και γιατί έγινε καλύτερη χρήση του μηχανισμού εκ των προτέρων γνώσης που παρέχει ο ΕΛΠ.