

Ένα Πείραμα Εκμάθησης Γλωσσικής Επικοινωνίας σε ένα Ρομποτικό Σύστημα

Ι. Γιάχος¹, Ε.Χ. Παπακίτσος², Π.Σ. Μακρυγιάννης³

¹Δ.Δ.Π.Μ.Σ. «Τεχνογλωσσία», Ε.Κ.Π.Α & Ε.Μ.Π.
giachosg@yahoo.gr

²Παιδαγωγικό Τμήμα Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε.
parakitsev@sch.gr

³4ο ΕΚ Πειραιά
pmgiannis@gmail.com

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ένα πείραμα για την ενίσχυση της ευφυΐας των ρομποτικών συστημάτων, με στόχο την επίτευξη καλύτερων δυνατοτήτων γλωσσικής επικοινωνίας με ένα ρομπότ. Η πειραματική διαδικασία προσομοιώνεται χρησιμοποιώντας μια απλή τεχνητή γλώσσα και ένα συστημικό μοντέλο γλωσσικής επικοινωνίας. Το προσομοιωμένο (από απλό PC) ρομπότ αρχικά διδάσκεται τόσο την τεχνητή γλώσσα όσο και το συστημικό μοντέλο της ανθρώπινης επικοινωνίας. Στη συνέχεια, η βελτίωση των ικανοτήτων μάθησης παρατηρείται και επιδεικνύεται μέσω των δεδομένων εξόδου που καταγράφονται σε μια προκαθορισμένη δομή δεδομένων. Ο σκοπός της συνολικής βελτίωσης ήταν να επιτρέψει στο ρομπότ να χρησιμοποιεί υπονοούμενες πληροφορίες και να υποβάλλει ερωτήσεις όποτε οι συγκεκριμένες οδηγίες δεν είναι πλήρεις, με βάση τα κενά της δομής δεδομένων εξόδου. Τα τελικά αποτελέσματα είναι αρκετά ικανοποιητικά.

Λέξεις κλειδιά: γλωσσική επικοινωνία, τεχνητή γλώσσα, τεχνητή νοημοσύνη, ρομποτικές εφαρμογές.

1. Εισαγωγή

Ένας από τους επιδιωκόμενους στόχους εκμάθησης φυσικών γλωσσών από μηχανές σε ρομποτικές εφαρμογές είναι η αύξηση της (τεχνητής) νοημοσύνης τους. Το αντικείμενο αυτό είναι εξαιρετικά σύνθετο και ένας τρόπος απλοποίησης των ερευνητικών διαδικασιών είναι η απομόνωση ενός επιπέδου γλωσσικής ανάλυσης (φωνητικό-φωνολογικό, μορφολογικό, συντακτικό, σημασιολογικό και πραγματολογικό), που αποτελεί τον ερευνητικό στόχο, και η μείωση των υπολοίπων επιπέδων στο ελάχιστο δυνατό προκειμένου να προσομοιωθεί η λειτουργία της φυσικής γλώσσας από τη μηχανή. Τα απαιτητικότερα επίπεδα γλωσσικής ανάλυσης είναι αυτά που σχετίζονται με την κατανόηση της φυσικής γλώσσας από τη μηχανή, δηλαδή το σημασιολογικό και το πραγματολογικό επίπεδο. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην παρουσίαση μίας μεθόδου και αλγορίθμων εκμάθησης και κατα-

νόησης γλώσσας από προσομοιωμένες ρομποτικές μηχανές. Προκειμένου να διερευνηθεί η δυνατότητα κατανόησης βασικών γλωσσικών εννοιών από μία μηχανή, με σκοπό την επίτευξη αυξημένης νοημοσύνης, επιλέχθηκε μία τεχνητή γλώσσα ελληνικής προέλευσης, με ελαχιστοποιημένη μορφολογία και συντακτικό, ενώ καταργήθηκε το φωνητικό-φονολογικό επίπεδο. Επιπλέον, αξιοποιήθηκε ένα συστημικό μοντέλο ως επικοινωνιακός γραμματικός φορμαλισμός, σύμφωνα με τα πρότυπα παρόμοιων ερευνητικών εργασιών που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

1.1 Τεχνητές γλώσσες

Τεχνητή γλώσσα (conlang), είναι μια γλώσσα της οποίας η φωνολογία, η γραμματική και το λεξιλόγιο, έχουν επινοηθεί συνειδητά από ένα άτομο ή μια ομάδα, αντί να έχουν εξελιχθεί φυσικά. Διάσημες τέτοιες γλώσσες είναι η Εσπεράντο και η Κουένυα (Quenya), η «γλώσσα των ξωτικών» που εμφανίστηκε το 1917. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για ρομποτικές εφαρμογές παρουσιάζει η *Toki Pona*, η οποία βασίζεται στη μινιμαλιστική απλότητα ενσωματώνοντας στοιχεία Ταοϊσμού, καθώς και άλλες τεχνητές γλώσσες παρόμοιας λειτουργικότητας, όπως π.χ. είναι η *Dama Diwan* (http://linguifex.com/wiki/Dama_Diwan) και η *SostiMatiko*.

Η *Toki Pona* (tokipona.org) σχεδιάστηκε από τη μεταφράστρια και γλωσσολόγο Sonja Lang (πρώτη αναφορά το 2001). Είναι μία μινιμαλιστική γλώσσα και όπως όλα τα γλωσσικά κατασκευάσματα (Pidgin), επικεντρώνεται στις απλές έννοιες και τα σχετικά κοινά στοιχεία μεταξύ των πολιτισμών. Κατά τη δημιουργία των λέξεων της γλώσσας αυτής αξιοποιήθηκαν μετρήσεις που παρέχονται από το Τμήμα Ψυχολογίας του Πανεπιστημίου της Γάνδης, ώστε οι πιο συχνά εμφανιζόμενες λέξεις (ως Αγγλική έννοια πάντα) να έχουν το μικρότερο μήκος στο λεξιλόγιο. Αυτό συνεπάγεται τη χρήση του ελάχιστου αριθμού γραμμάτων. Έχει 14 φθόγγους και 120 ριζικές λέξεις.

Η *SostiMatiko* (<http://users.sch.gr/ioakenanid/systematic.xls>) είναι επίσης μία τεχνητή γλώσσα Ελληνικής καταγωγής, σχεδιασμένη από τον φιλόλογο-γλωσσολόγο Ιωάννη Κ. Κερανίδη (ολοκληρώθηκε στο τέλος του 2013), της οποίας οι λέξεις προέρχονται από Ελληνικές ρίζες. Είναι μια πολύ εύκολη γλώσσα στην εκμάθησή της ενώ μέσα από αυτή μπορεί να εκφραστεί συνδυαστικά μεγάλο πλήθος εννοιών. Το λεξιλόγιό της αποτελείται από μόλις 222 λέξεις, ενώ ταυτόχρονα έχει απεριόριστες δυνατότητες στην παραγωγή νέων λέξεων με πολύ απλό τρόπο. Διαθέτει εξαιρετικά απλοποιημένη γραμματική, όπως εξάλλου και η *Toki Pona*.

1.2 Ρομποτικές εφαρμογές

Το Πρόγραμμα ROILA (Robot Interaction Language) είναι μία διεθνής και ανοιχτή εργασία σε εξέλιξη, η οποία έχει σκοπό να αναπτύξει μία γλώσσα αποκλειστικά για ρομπότ (<http://roila.org>). Ο λόγος ανάπτυξης μίας τέτοιας γλώσσας είναι για

να αντιμετωπίσουμε την ταχύτατη αύξηση των μηχανών που προορίζονται στο να αλληλεπιδρούν με τους ανθρώπους, τόσο στην προσωπική όσο και στην επαγγελματική τους ζωή. Ο ευκολότερος τρόπος για να επικοινωνεί ο άνθρωπος με τέτοιου είδους ρομπότ θα ήταν η φυσική γλώσσα. Όμως ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η αναγνώριση ομιλίας από τις μηχανές δεν θα φτάσει ποτέ στο επίπεδο του ανθρώπου και επομένως συμπεραίνουν πως ο ευκολότερος τρόπος για να κατανοούν πλήρως τα ρομπότ τον άνθρωπο είναι η κατασκευή μιας νέας γλώσσας στα δικά τους μέτρα. Υπό αυτό το σκεπτικό γεννήθηκε η ROILA, η οποία ενσωματώνει όλο το λεξιλόγιο της Toki Pona (βλ. *1.1 Τεχνητές γλώσσες*). Έχει απλή γραμματική χωρίς να παρουσιάζονται ανωμαλίες και οι λέξεις της αποτελούνται από φθόγγους κοινούς στην πλειοψηφία των φυσικών γλωσσών. Επιπλέον, έχει συντεθεί ένας γενετικός αλγόριθμος που δημιουργεί λέξεις ROILA με τρόπο που είναι εύκολο να προφέρονται. Ο ίδιος αλγόριθμος εξασφαλίζει ότι κάθε μία από αυτές τις λέξεις ακούγεται διαφορετικά από τις άλλες στο μέτρο του δυνατού. Αυτό βοηθά το σύστημα φωνητικής αναγνώρισης της μηχανής να κατανοήσει με ακρίβεια τον άνθρωπο ομιλητή.

2. Το Πείραμα

Δεδομένου ότι οι τεχνητές γλώσσες διαθέτουν υπεραπλουστευμένη μορφολογία και συντακτικό, το Πρόγραμμα ROILA επικεντρώνεται στο επίπεδο της φωνητικής-φωнологίας, με στόχο την αναγνώριση των ηχητικών εντολών εκ μέρους του ρομπότ. Στην παρούσα εργασία, ο σκοπός ήταν η διερεύνηση των δυνατοτήτων κατανόησης των εντολών χωρίς να μας απασχολεί το πώς ένα ρομπότ αναλύει ηλεκτρονικά την όποια δοθείσα ηχητική εντολή και έχοντας ως δεδομένο πως η μηχανή (ο συνομιλητής μας) λαμβάνει προτάσεις και έχει πλήρη επίγνωση των λέξεων που συμπεριλαμβάνονται σε αυτές και των ενεργειών που συνεπάγονται. Ο σκοπός αυτός υλοποιήθηκε ως διπλωματική εργασία (Γιάχος, 2015). Η επίτευξη ενός τέτοιου σκοπού επιβάλλει τη χρήση *σημασιολογικών γραμματικών* για τη σχεδίαση του σχετικού λογισμικού, ώστε να πετύχουμε τη σημασιολογική επαύξηση της επικοινωνίας μας με μία μηχανή. Έτσι μπορούμε να περιγράψουμε μία σύνθετη διαδικασία σε αυτή ή να έχουμε μία απλή συνομιλία μαζί της.

2.1 Σημασιολογικές Γραμματικές

Μια αναλυτική παρουσίαση των σημασιολογικών γραμματικών ξεφεύγει των σκοπών του παρόντος άρθρου. Περιληπτικά, οι σημαντικότερες σημασιολογικές γραμματικές για τη συγκεκριμένη εφαρμογή είναι οι επόμενες:

- i) Το πρώτο βήμα για την ερμηνεία μιας πρότασης είναι συνήθως η παραγωγή ενός δεντροδιαγράμματος συντακτικής ανάλυσης. Το δεντροδιάγραμμα γίνεται εισαγόμενο ενός *σημασιολογικού διερμηνευτή* (semantic

interpreter), ο οποίος αποδίδει την εξαγόμενη ερμηνεία. Η *εννοιολογική εξάρτηση* (Conceptual Dependency ή CD) είναι μια τέτοια προσέγγιση με μεγάλη ισχύ πρόβλεψης που συνοδεύεται από ιδιαίτερη διαγραμματική τεχνική. Θεωρείται ένας τρόπος αναπαράστασης εννοιών ανεξάρτητος της κάθε επιμέρους γλώσσας. Δημιουργήθηκε από τον Schank το 1973 (Berwick, 2003. Lavie & Frederking, 2010).

- ii) Οι *γραμματικές γνωρισμάτων* (feature-based grammars) αποτελούν μια μεγάλη ομάδα που χρησιμοποιεί το πρότυπο των *πλαισίων* (Παπακίτσος 2013: 79) και την πράξη της *ενοποίησης* προκειμένου να διαχειριστούν τη σημασιολογική πληροφορία.
- iii) Οι *γραμματικές που βασίζονται σε περιορισμούς* (constraint-based grammars) διαθέτουν κανόνες που μπορεί να είναι εκατοντάδες (όπως η Karlsson Constraint Grammar). Η εφαρμογή τους σε αρκετές γλώσσες παρουσιάζει συστηματικά επιτυχείς συντακτικές αναλύσεις με ποσοστά μεγαλύτερα του 99% (Karlsson 1990).

Στις πρώτες περιπτώσεις γραμματικών (i, ii), η εκδήλωση τεχνητής νοημοσύνης εκ μέρους της μηχανής μέσω της γλώσσας δεν πραγματοποιείται μόνο με την καταγραφή στατικών γλωσσικών δομών και σχέσεων αλλά κυρίως με τη δυνατότητα της να υποβάλλει ερωτήσεις. Οι γραμματικές επιτρέπουν τη δημιουργία ζευγών από συντακτικούς και σημασιολογικούς κανόνες, όπως στο επόμενο παράδειγμα:

«Το παιδί τρώει παγωτό»: Τρώει (παιδί, παγωτό).

Η κατανόηση της πρότασης προέρχεται από τη δυνατότητα να δίνονται απαντήσεις σε σχετικές ερωτήσεις της μορφής:

Τι έγινε το παγωτό; Ποιος τρώει παγωτό; Τι τρώει το παιδί;

Αυτή η δυνατότητα ήταν ένα κύριο ερευνητικό ζητούμενο στην παρούσα εργασία, ως βασικό κριτήριο εκμάθησης και κατανόησης της γλώσσας από τη μηχανή και μάλιστα με τη μορφή «φυσικής» επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε να δοκιμαστεί μια συστημική μέθοδος ανάλυσης, ως γραμματική για τη σχεδίαση του λογισμικού επικοινωνίας, η οποία είναι συμβατή με ανάλογα καθιερωμένα μοντέλα που περιγράφουν τις διαδικασίες της ανθρώπινης επικοινωνίας (Lasswell, 1991. Μαντόγλου, 2007). Η μέθοδος αυτή είναι η Οργανωτική Μέθοδος Ανάλυσης Συστημάτων (ΟΜΑΣ-III).

2.2 ΟΜΑΣ-III

Η ΟΜΑΣ-III (Παπακίτσος, 2013, 72-74) είναι μια μέθοδος που ανήκει στην οικογένεια τεχνικών SADT (Ross, 1977) και IDEFx (Grover & Kettinger, 2000), οι οποίες αποτελούν καθιερωμένες τεχνικές ανάλυσης Πληροφοριακών Συστημάτων. Σύμφωνα με αυτήν, η πλήρης κατανόηση ενός συστήματος δια μέσου της συγκεκριμένης μεθόδου απαιτεί να δοθούν απαντήσεις στα επτά θεμελιώδη ερωτήματα (*δημοσιογραφικές ερωτήσεις / journalists questions*) που το αφορούν (*Γιατί, Τι, Πόσο, Πώς, Ποιος, Πού, Πότε;*). Έχει χρησιμοποιηθεί σε ποικιλία εφαρμογών, ανά-

μεσα στις οποίες είναι και η σχεδίαση εκπαιδευτικών ιστοτόπων (Παπακίτσος κ.ά., 2016). Η ΟΜΑΣ-III επιχείρησε για πρώτη φορά να υλοποιήσει γραμματική για τον έλεγχο και την ανάλυση της κάθε πρότασης. Αυτό που γίνεται είναι να αντιστοιχίσουμε τα επτά ερωτήματα με στοιχεία συντακτικού από τα οποία δομείται η κάθε πρόταση. Η μέριμνα του συστήματος είναι να αντλήσει όλες τις απαιτούμενες απαντήσεις και αν δεν μπορεί να το κάνει στο εσωτερικό του πρέπει να εξωτερικεύει τις απορίες του. Έτσι:

- Στο ερώτημα *Γιατί* τοποθετούνται οι αιτιολογικοί και επεξηγηματικοί σύνδεσμοι «γιατί» και «επειδή». Επίσης και το «να» ως σύνδεσμος μπορεί να δηλώνει επεξήγηση ή αιτιολογία. Σε κάθε περίπτωση μιλάμε για δευτερεύουσες προτάσεις όπου θα περνάνε και αυτές από μια αναδρομική διαδικασία. Η απάντηση είναι συμπληρωματική πρόταση με επεξηγηματικό-αιτιολογικό σύνδεσμο. Δεν δίνεται πάντα γιατί δεν πρέπει να απαιτείται η γνώση αυτή από ένα ρομποτικό σύστημα. Το ρομπότ πρέπει να είναι σε θέση να την αναγνωρίσει και να τη δεχτεί εφόσον του δοθεί και μόνο.
- Το ερώτημα *Τι* είναι η έξοδος του συστήματος και η απάντηση είναι: «αυτό που λέει το ρήμα». Δηλαδή η πράξη που θέλουμε να γίνει, έγινε ή γίνεται, είτε σε ενεργητική είτε σε παθητική φωνή είτε στην προστακτική. Η μηχανή εντοπίζει το ρήμα στην εισερχόμενη πρόταση. Στην περίπτωση που η μηχανή δεν βρει ρήμα στην τρέχουσα πρόταση και βρίσκει ενδείξεις υποκειμένου ή αντικειμένου (κυρίως), τότε πρέπει να υποβάλει ερώτημα για το τι ενέργεια υποτίθεται ότι πρέπει να πράξει.
- Στο ερώτημα *Πόσο* τοποθετείται συμβατικά κάθε αντικείμενο των προτάσεων, όλοι οι ποσοτικοί προσδιορισμοί και γενικότερα οτιδήποτε κατέχει θέση αντικειμένου και δεν είναι τροπικά, χρονικά ή τοπικά επιρρήματα και προσδιορισμοί. Τα αντικείμενα τοποθετούνται σημασιολογικά στη θέση αυτή παρότι μπορεί να μην έχουν καμία σχέση με κάποια ποσότητα, ενώ αναζητούνται τόσα όσα πρέπει να έχει το ρήμα.
- Το ερώτημα *Πώς* δηλώνει τον τρόπο που θα δοθεί η ενέργεια του ρήματος. Ο τρόπος δίνεται από τα τροπικά επιρρήματα, τις ενεργητικές μετοχές, τα απαρέμφατα ως επιρρηματικούς προσδιορισμούς και κάθε άλλο προσδιορισμό που δηλώνει τρόπο. Αν ο τρόπος δεν δίνεται, τότε το ρομπότ τον αναζητάει ερωτώντας τούς συνομιλητές του.
- Στο ερώτημα *Ποιος* η απάντηση είναι το υποκείμενο. Έχοντας το ρήμα και το αντικείμενο είναι ξεκάθαρο πιο είναι αυτό μέσα στην πρόταση. Επίσης το υποκείμενο μπορεί να ενσωματώνεται μέσα στο ρήμα ή ακόμα και να εννοείται, άρα παραλείπεται. Αν καμία από τις παραπάνω περιπτώσεις δεν ισχύει, τότε η μηχανή εξωτερικεύει την ερώτηση «ποιος(;)»! Αυτό που συμβαίνει επιπλέον στη διαδικασία αναγνώρισης του υποκειμένου είναι να καταχωρούμε σε μία βάση δεδομένων πληροφορίες σχετικά με αυτό. Στην προκειμένη περίπτωση κρατάμε το σημείο του χώρου που βρίσκεται ή που προορίζεται να βρεθεί σε συγκεκριμένο χρόνο.

- Στο ερώτημα *Πού*, όταν δεν προσδιορίζεται ο τόπος τότε εννοείται εκείνος όπου βρίσκεται η μηχανή μας τη δεδομένη στιγμή, είτε ως φυσική παρουσία είτε ως νοητή. Ο τόπος μπορεί να ορίζεται από κάποια προηγούμενη πρόταση είτε κάποια επόμενη του τρέχοντα κειμένου. Επίσης μπορεί να ορισθεί στην τρέχουσα πρόταση είτε ως απόλυτη θέση είτε ως μία περιοχή (ή έκταση) «από-έως», με ή χωρίς εντολή κίνησης. Αν από το ρήμα η μηχανή συμπεραίνει πως πρόκειται για στατικό σημείο τότε η αρχή και το τέλος ταυτίζονται. Αν δεν δοθεί η αφετηρία, η μηχανή θα πάρει τον προορισμό της προηγούμενης χρονικά ενέργειας. Αν δεν δώσουμε σημεία ούτε στοιχεία κίνησης αλλά ζητήσουμε να επανατοποθετηθεί εκεί που βρίσκεται κάποιος άλλος, τότε αν αυτόν τον κάποιον έχει ήδη γνωρίσει, τότε έχει και την αντίστοιχη πληροφορία και θα την χρησιμοποιήσει. Εάν η τοποθεσία απαιτείται και δεν δίνεται, ούτε μπορεί να προσδιοριστεί, τότε γίνεται μία ερώτηση από τη μηχανή.
- Στο ερώτημα *Πότε* θέλουμε το χρόνο ή τη στιγμή που γίνεται, θα γίνει ή έγινε η ενέργεια. Θα μπορούσε να είναι η γενικότερη μορφή του χρόνου που δηλώνεται πάντα από το ρήμα (όπως δηλώνεται με τους χρόνους στις φυσικές γλώσσες) ή από χρονικούς προσδιορισμούς. Αυτή η προσέγγιση αφορά το ευρύτερο παρόν (αυτή την περίοδο, σήμερα, τον τρέχοντα μήνα, κτλ), το μέλλον με την ευρύτερη έννοιά του και το παρελθόν. Το *Πότε* μπορεί να γίνει πιο συγκεκριμένο προσδιορίζοντας την ώρα, την ημέρα ή γενικότερα μέσω κάποιου αυστηρού χρονικού προσδιορισμού. Η ενσωμάτωση ενός RTC (real time clock) σε ένα ρομποτικό σύστημα και ένα πλήρες λογισμικό χειρισμού χρόνου σε όλο το φάσμα αυτού, θα το έκανε να βιώνει εικονικά την κάθε στιγμή. Το ίδιο σύστημα θα απαιτούσε απόλυτες τιμές χρόνου πιο συχνά από ότι το φτιάξαμε να κάνει. Για τις παρούσες ανάγκες, ο χρόνος ελέγχεται και δίνεται σε βάση προκαθορισμένου χρονικού διαστήματος (στο τρέχον πείραμα μίας ώρας). Αν δεν δηλώνεται ρητά από τα εισερχόμενα δεδομένα, τότε η μηχανή τον προσεγγίζει από το ρήμα όσο καλύτερα μπορεί.

Το βασικό συμπέρασμα εδώ είναι πως το συστημικό μοντέλο της ΟΜΑΣ-III είναι η βασική δομή για την ανάπτυξη μίας εφαρμογής που μπορεί να μαθαίνει, να υποβάλλει ερωτήματα και να δίνει πληροφορίες σύμφωνα με τις γνώσεις που έχει αποκτήσει. Κρίνεται επαρκές για το στήσιμο ενός ρομποτικού συστήματος ώστε αυτό να φεύγει από τα πλαίσια των ρητών εντολών και μόνο. Η χρησιμοποιούμενη γλώσσα επικοινωνίας είναι η τεχνητή γλώσσα SostiMatiko (βλ. 1.1 *Τεχνητές γλώσσες*).

2.3 Σχεδίαση Λογισμικού

Σε γενικές γραμμές, οι υπολογιστικές λειτουργίες του συστήματός μας θα πρέπει να του επιτρέπουν:

- Να χειρίζεται δεδομένα που θα φτάνουν σε μορφή μίας πρότασης ή ενός συνόλου προτάσεων,
- να προβαίνει σε διευκρινιστικά ερωτήματα εκεί που απαιτείται και είναι εφικτό,
- να παρουσιάζει μία λίστα ενεργειών, τοποθετημένων με χρονική σειρά και ακολουθούμενων από τα πλήρη στοιχεία του ποιος, πού, πώς και πότε.

Κάθε λέξη αναλύεται και τα αποτελέσματά της καταχωρούνται σε έναν προσωρινό πίνακα. Φυσικά, προτάσεις που παρουσιάζουν ελλείψεις σε υποκείμενο και αντικείμενο δεν απορρίπτονται αλλά αντίθετα διεγείρουν ένα μηχανισμό διευκρινίσεων, όπου αυτό κριθεί απαραίτητο. Οι διευκρινίσεις που θα χρειαστούν αρχικά αναζητούνται σε υπάρχοντα δεδομένα του εισερχόμενου κειμένου και κατόπιν αν δεν έχει βρεθεί απάντηση τότε υποβάλλονται ερωτήματα. Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε αρχικές (default) τιμές, οι οποίες και θα κατέχουν τη θέση των εννοούμενων (γραμματικών) στοιχείων. Έτσι με αυτό τον τρόπο αναδρομής και συμπλήρωσης της κάθε πρότασης, ο προσωρινός πίνακας οριστικοποιείται και τα πλήρη δεδομένα μεταφέρονται στην τελική λίστα ενεργειών, όπου και τοποθετούνται στη σωστή χρονική σειρά. Επιδίωξή μας είναι το σύστημα να αποδίδει την ενέργεια που του ζητήθηκε (εδώ σε μορφή λίστας) και ταυτόχρονα να μπορεί να προσδιορίζει χρονικά τη στιγμή απόδοσής της. Αρχικά η διαλογή γίνεται για τις τρεις βασικές ομάδες χρονικού προσδιορισμού, που είναι αυτές του παρελθόντος, του παρόντος και του μέλλοντος. Αυτή η πληροφορία είναι ούτως ή άλλως μέσα σε κάθε πρόταση. Στη συνέχεια και εφόσον η πρόταση περιέχει πιο συγκεκριμένη χρονική πληροφορία η ενέργεια θα χαρακτηρίζεται περαιτέρω.

Τα εισερχόμενα δεδομένα διέρχονται από ένα φίλτρο έξι επιλογών που ταξινομεί και χαρακτηρίζει τις εισερχόμενες λέξεις ανάλογα με το ερώτημα στο οποίο απαντούν (βλ. 2.2 *ΟΜΑΣ-III*). Τονίζεται ότι αν μιλάμε για προσδιορισμό επεξήγησης ή ένδειξη συμπληρωματικής πρότασης, τότε η πληροφορία αυτή ενεργοποιεί αντίστοιχη διαδικασία, ώστε να υποδεχθεί τη νέα αυτή πρόταση λέξη προς λέξη. Μερικά επιπλέον στοιχεία της διαδικασίας είναι:

- Αν η πρόταση δεν πληρεί τα χαρακτηριστικά της γραμματικότητας, σύμφωνα με το συντακτικό της γλώσσας, τότε προωθείται προς τον έξω κόσμο ένα αντίστοιχο μήνυμα.
- Για τη συμπλήρωση ελλείψεων σε θέματα δομής της πρότασης (όπως υποκείμενο) γίνεται μία αμφίδρομη επικοινωνία με τον έξω κόσμο.

Έτσι, η παρούσα διαδικασία δημιουργεί έναν προσωρινό μονοδιάστατο πίνακα στον οποίο αναπτύσσει τα δεδομένα μίας πρότασης ώστε να προκύψει μία γραμμή δεδομένων που θα λέει: ποιος θα πράξει ποια ενέργεια, με ποιο τρόπο, με ποια ένταση ή διάρκεια, σε ποιο χρόνο και σε ποιο τόπο. Λέμε γραμμή δεδομένων γιατί το αποτέλεσμα δεν είναι μία νέα πρόταση αλλά μια τυποποίηση των δεδομένων εισόδου ώστε να οργανωθεί το σύστημα και να πράξει αυτό που του ζητείται μέσω της πρότασης. Σε περίπτωση που υπάρχουν ελλείψεις (απαντάει καταφατικά) τότε ενημερώνεται μία *διαδικασία προσωρινής δομής* για αναζήτηση δεδομένων. Αυτό επαναλαμβάνεται έως ότου η απάντηση είναι αρνητική (στην έλλειψη δεδομένων) ώστε να ανοίξει ο δρόμος της τοποθέτησης της γραμμής σε δισδιάστατο πίνακα εξόδου (δεδομένων). Όταν έχουν ολοκληρωθεί όλες οι προτάσεις του κειμένου, τα δεδομένα δίνονται στον έξω κόσμο. Ακολουθεί ένα παράδειγμα λειτουργίας του κώδικα σε εισερχόμενη πρόταση.

2.4 Παράδειγμα λειτουργίας

Δίνουμε την εντολή (σε SostiMatiko): “ksanapa dekxa dex duo podos edno joro”, που σημαίνει: «ξαναπήγαινε 20 πόδια δεξιά σε μία ώρα».

Ολόκληρη η πρόταση θα περάσει από κατάτμηση και έτσι θα προκύψει ένας πίνακας λέξεων. Κάθε λέξη περνά διαδοχικά από ανάλυση. Ο αλγόριθμος κατάτμησης αποδομεί κάθε λέξη στα επιμέρους στοιχεία της. Στην έξοδο του συστήματος δημιουργείται το αντικείμενο γραμμής («χάρτης»):

- Who = = εσύ
- What = ksanapa = ξανά πάει
- How = dekxa = δεξιά
- HowMuch = = null
- Why = = null
- Where from = = Αρχική
- Where to = dex_duo podos = 20 πόδια
- When = edno joro = 1 ώρα
- Tense = Present
- AbsoluteTime = 2200001

Έτσι ολοκληρώνεται η διαδικασία και εξωτερικεύεται το αποτέλεσμα, αντλώντας μόνο τα απαραίτητα στοιχεία από τον παραπάνω χάρτη, όπου φαίνεται και ένα απλό παράδειγμα του πώς το ρομπότ αποκτά νέα γνώση στην περίπτωση των αριθμητικών επιθέτων («Where to = dex_duo podos = 20 πόδια»). Ο αριθμός «20» εκφράζεται στην εισερχόμενη πρόταση-εντολή με δύο λέξεις της SostiMatiko («dex duo»). Μόλις γίνει αντιληπτό κατά τη γραμματική ανάλυση ότι πρόκειται για έναν αριθμό («20»), αυτός εγγράφεται πλέον στη βάση δεδομένων-γνώσεων του ρομπότ ως μία λέξη («dex_duo»), διευκολύνοντας έτσι τη μελλοντική του αναγνώριση.

2.5 Προβλήματα & Προοπτικές

Η παρούσα εργασία επιχείρησε να εξερευνήσει την πλευρά της πραγματικής επικοινωνίας και απόκτησης γνώσης μίας μηχανής. Τα εργαλεία μας ήταν το συστη-

μικό σημασιολογικό μοντέλο OMAΣ-III και η τεχνητή γλώσσα SostiMatiko, που μας εξασφαλίζει την απλότητα της επικοινωνίας. Κατά την επεξεργασία παρουσιάστηκαν κάποια προβλήματα γενικής φύσεως όπως εμπλοκή σε ατέρμονες διαδικασίες κατά την αναδρομή σε λανθασμένες συντακτικά προτάσεις, αλλά και προβλήματα βαρύνουσας σημασίας για το όλο σύστημα. Τα μεν πρώτα διορθώθηκαν με διάφορες συνθήκες ενώ τα δεύτερα δεν μπόρεσαν να ξεπεραστούν εξ ολοκλήρου. Τα προβλήματα αυτά τα συναντήσαμε σε τρεις διαφορετικές βασικές κατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα είναι προβλήματα μορφολογίας (δηλαδή του χειρισμού σύνθετων λέξεων), προβλήματα σύνταξης (δηλαδή προσδιορισμού του μέρους του λόγου κάποιων λέξεων) και σημασιολογικά προβλήματα, καθώς το λεξιλόγιο της SostiMatiko είναι περιορισμένο.

Είναι φανερό ότι μεγαλύτερο ενδιαφέρον ακόμα θα είχε ένα πείραμα εμπλαισιωμένης μάθησης, ιδιαίτερα αν οι συνθήκες παρουσίαζαν απαιτήσεις ως προς την ταχύτητα ή/ και την λειτουργικότητα της αποκτούμενης γνώσης. Έτσι τα επόμενα βήματα θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν την κίνηση ψευδορομπότ σε μεταβλητό περιβάλλον -όπως για παράδειγμα σε διαφορετικές «πίστες» (Λαδιάς, 2016) ή την υλοποίηση της λογικής του μοντέλου σε πραγματικό ρομπότ, οδηγούμενο από μικροελεγκτή ή μικροεπεξεργαστή, που θα αναγνωρίζει και θα ακολουθεί ηχητικές εντολές σε SostiMatiko. Αυτό βέβαια θα επαναφέρει ζητήματα φωνολογικού χαρακτήρα. Υπάρχει η πρόθεση διερεύνησης της τελευταίας επιλογής σε πλατφόρμα Arduino με αρχικά περιορισμένη λειτουργικότητα σε έλεγχο κίνησης, αφού αυτό απαιτεί απλά μια διαπαφή ανάμεσα στην περιγραφείσα εφαρμογή επικοινωνίας ανθρώπου μηχανής και το περιβάλλον του μικροεπεξεργαστή. Η επέκταση σε άλλες ενέργειες απαιτεί διεύρυνση του αισθητηριακού πλαισίου του ρομπότ-φορέα αλλά και παράλληλη περαιτέρω εκμάθηση της γλώσσας, τόσο από τον χειριστή όσο και από τη μηχανή/ρομπότ, θέτοντας ενδιαφέρουσες προκλήσεις που θα κινούνται πλέον στους δύο άξονες: της διεύρυνσης της γλωσσικής ικανότητας της μηχανής και της λειτουργίας ενός πραγματικού ρομπότ αξιοποιώντας μια *ασαφή* (fuzzy) *λογική*.

3. Συμπεράσματα

Αν και υπάρχουν όπως είδαμε προβλήματα κατά την επεξεργασία, κάποια από τα οποία μπορούμε να τα επιλύσουμε και κάποια όχι, το σύνολο υπό μερικές προϋποθέσεις που θέσαμε και που είναι εντός των κανόνων της τεχνητής γλώσσας κινήθηκε ικανοποιητικά. Πιο συγκεκριμένα, ο συνδυασμός της SostiMatiko και της OMAΣ-III αποτέλεσαν ένα πλαίσιο μίας καλής πλατφόρμας για την ανάπτυξη της παρούσας εργασίας. Το αποτέλεσμα ξεπέρασε τις αρχικές προσδοκίες καθότι προκύπτει πως η OMAΣ-III σαν επικοινωνιακή γραμματική μπορεί να αποτελέσει τη ραχοκοκαλιά ενός ευφυούς ρομποτικού συστήματος. Αυτή η εργασία πέτυχε τον

πειραματικό στόχο της, αποτελώντας και το μονοπάτι για πολλές επιμέρους εργασίες στο δρόμο της ανάπτυξης μιας πιο έξυπνης ρομποτικής συμπεριφοράς.

Αναφορές

Berwick, R.C. (2003). *Natural Language Processing* (Lectures 6.863J). MIT.

Grover, V., & Kettinger, W.J. (2000). *Process Think: Winning Perspectives for Business Change in the Information Age*. IGI Global.

Karlsson, F. (1990). Constraint Grammar as a Framework for Parsing Unrestricted Text. In H. Karlgren (ed.), *Proceedings of the 13th International Conference of Computational Linguistics* (Vol. 3, pp. 168-173). Helsinki.

Lasswell, D.H. (1991). Η δομή και η λειτουργία της επικοινωνίας στην κοινωνία. Στο Κ. Λιβιεράτου και Τ. Φραγκούλη (επιμ.), *Το μήνυμα του μέσου, Η έκρηξη της μαζικής επικοινωνίας* (σσ. 65-83) Αθήνα: Αλεξάνδρεια.

Lavie, A., & Frederking, B. (2010). *Algorithms for NLP* (Course 11-711, Dpt LTI). Carnegie-Mellon University.

Ross, D.T. (1977). Structured Analysis: A Language for Communicating Ideas. *IEEE Trans. Software Engineering, January 1977*, 16-34.

Γιάχος, Ι. (2015). *Υλοποίηση της ΟΜΑΣ-III ως Γραμματικού Φορμαλισμού για Ρομποτικές εφαρμογές*. Διπλωματική Εργασία, Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό ΠΜΣ «Τεχνολογισσία», Τμήμα Φιλολογίας του ΕΚΠΑ και Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ.

Λαδιάς, Α. (2016). Διδακτικές και παιδαγωγικές διαστάσεις του προγραμματισμού στην υποχρεωτική εκπαίδευση. *Έρκυνα, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών-Επιστημονικών Θεμάτων, Τεύχος 10ο, 2016*, 113-134.

Μαντόγλου, Α. (2007). Μοντέλα, βασικές αρχές και δεξιότητες επικοινωνίας. Στο Χ. Καπόλη (επιμ.), *Συμβουλευτικοί Ορίζοντες για τον Σχολικό Προσανατολισμό - ΣΟΣ Προσανατολισμός* (σσ. 508-529). Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών.

Παπακίτσος, Ε.Χ. (2013). *Γλωσσική Τεχνολογία Λογισμικού: Ι. Προετοιμασία*. Αθήνα: Εθνική Βιβλιοθήκη της Ελλάδος.

Παπακίτσος, Ε.Χ., Χατζηστρατίδη, Φ., Μακρυγιάννης, Π.Σ., & Καρδαρά, Μ. (2016). Η Εφαρμογή Κριτηρίων Επικοινωνίας στη Σχεδίαση Εκπαιδευτικών Ιστο-

τόπων. Πρακτικά 8ου συνεδρίου «Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση» (CIE2016), σσ. 392-401. Πανεπιστήμιο Πειραιώς, 14-16 Οκτωβρίου 2016.

Abstract

In the present paper, an experiment to enhance the intelligence of robotic systems is described, with the aim of achieving better communication abilities for a robot. The experimental process is simulated by using a simple constructed language and a systemic model of language communication. The simulated (by a plain PC) robot is initially taught both the constructed language and the systemic model of human communication. Then, the improvement of its learning abilities is observed and demonstrated through the output data that are recorded in a predefined data structure. The goal of the overall improvement was to allow the robot to make use of implicit information and to ask questions whenever the given instructions are not complete, based on the voids of the output data structure. The final results are quite satisfactory.

Keywords: language communication, constructed language, Artificial Intelligence, robotic applications.