



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

## **Διπλωματική εργασία**

**“Σχεδιασμός και υλοποίηση εφαρμογών για αξιοποίηση ανθρωποειδών σε  
σχολικό περιβάλλον”**

**Φοιτήτρια: Αγριανίτη Ελένη**

**ΑΜ: 262017041**

**Επιβλέπων:**

**Δρ. Φειδάκης Μιχαήλ**

**ΕΔΙΠ**

**Αιγάλεω - Αθήνα, Σεπτέμβριος, 2023**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING**

## **Diploma Thesis**

**“Design & implementation of applications to deploy humanoids in schools”**

**Student: Agrianiti Eleni**

Registration Number: 262017041

**Supervisor: Dr. Michael Feidakis**

Aigaleo - Athens, September, 2023

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Μιχαήλ Φειδάκης Καθηγητής	Χαράλαμπος Πατρικάκης Καθηγητής	Περικλής Παπαδόπουλος Καθηγητής
------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

#### ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Αγριανίτη Ελένη του Ερμή Μίμη με αριθμό μητρώου 262017041 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

##### **δηλώνω υπεύθυνα ότι:**

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Η Δηλούσα

ΑΓΡΙΑΝΙΤΗ ΕΛΕΝΗ



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή του τμήματος Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών κ. Φειδάκη Μιχαήλ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε, για τις χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις, καθώς και για την εν γένει καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια προετοιμασίας της διπλωματικής μου.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω το εργαστήριο CoNSeRT και όλα τα μέλη του για την άψογη συνεργασία και την διάθεση τους για βοήθεια, καθώς και για το υλικό που πρόσφεραν και τον χρόνο τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω βαθύτατα την οικογένειά μου, τον σύντροφο μου, τους φίλους και συναδέλφους μου για την αγάπη, κατανόηση και υποστήριξή τους, χωρίς τις οποίες δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

# Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει μια αναλυτική επισκόπηση που επικεντρώνεται στο ρομπότ NAO, ένα ανθρωποειδές ρομπότ που αναπτύχθηκε από την SoftBank Robotics. Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να διερευνήσει τις σχετικές αλλά και πρόσφατες εφαρμογές του ρομπότ NAO, ρίχνοντας φως στις δυνατότητες και τον αντίκτυπό του τόσο σε ακαδημαϊκό όσο και σε βιομηχανικό περιβάλλον. Με αυτήν τη βιβλιογραφική έρευνα, επιδιώκεται να παρουσιαστεί μία ολοκληρωμένη επισκόπηση του ρομπότ και των δυνατοτήτων του, αξιολογώντας τα οφέλη και τις προκλήσεις που προκύπτουν από τη χρήση του και αναδεικνύοντας τη σημασία της ρομποτικής και των ανθρωποειδών ρομπότ στον σύγχρονο κόσμο.

Συνολικά, η διπλωματική εργασία επισημαίνει σημαντικές μελέτες, έργα και πειράματα που αφορούν το ρομπότ NAO, αναλύοντας τις μεθοδολογίες, τα ευρήματα και τις επιπτώσεις τους. Επιπλέον, αναγνωρίζει τις βασικές προκλήσεις και περιορισμούς που αντιμετωπίζει η πρακτική εφαρμογή του ρομπότ και προτείνει πιθανούς τομείς για μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ανθρωποειδές, NAO, Κοινωνικά ρομπότ, Choregraphe, εφαρμογές, Βιβλιογραφική Επισκόπηση, εκπαίδευση, Τεχνητή νοημοσύνη

# Abstract

This thesis presents a detailed survey focusing on the NAO robot, a humanoid robot developed by SoftBank Robotics. The aim of this study is to explore the relevant as well as recent applications of the NAO robot, shedding light on its potential and impact in both academic and industrial settings. This literature review seeks to present a comprehensive overview of the robot and its components, assessing the strengths and challenges arising from its use and highlighting the importance of robotics and humanoid robots in the modern world. Overall, the thesis highlights important studies, projects and experiments involving the NAO robot, analyzing their methodologies, findings and implications. In addition, it identifies key challenges and limitations facing the practical application of the robot and suggests potential areas for future research and development.

**Keywords:** Humanoid, NAO, Social Robots, Choregraphe, applications, Literature Review, education, Artificial Intelligence

# Πίνακας Περιεχομένων

<b>Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή</b>	<b>7</b>
<b>Κεφάλαιο 2 - Θεωρητικό υπόβαθρο</b>	<b>9</b>
2.1 Κοινωνικά ρομπότ και εφαρμογές	9
2.2 Τομείς εφαρμογών	9
2.2.1 Εκπαίδευση	12
2.2.2 Υγειονομική περίθαλψη	13
2.2.3 Διαταραχές αυτιστικού φάσματος	14
2.2.4 Πρόσθετοι τομείς έρευνας και εφαρμογής	15
2.3 Ρομποτικές πλατφόρμες	15
2.4 Ρομπότ ΝΑΟ	17
2.4.1 Πλεονεκτήματα ρομπότ ΝΑΟ	18
2.5 Εργαλεία και εξοπλισμός	19
2.5.1 Λογισμικό Choregraphe	19
<b>Κεφάλαιο 3 - Μεθοδολογία</b>	
3.1 Κριτήρια - επιλογή υλικού επισκόπησης	20
3.2 Καταλογογράφηση δημοσιεύσεων	22
3.2.1 Αναγνώριση - Ταυτοποίηση	32
3.3 Καταλογογράφηση εφαρμογών	32
3.3.1 Αποθετήριο CONSEDRE	32
3.4 Βιβλιογραφική επισκόπηση 2013-2023	41
<b>Κεφάλαιο 4 - Αποτελέσματα</b>	
4.1 Η στάση των μαθητών απέναντι στο ρομπότ ΝΑΟ και η χρήση του	58
4.1.1 Το βλέμμα και οι εκφράσεις του ρομπότ ΝΑΟ	59
4.1.2 Οι δυνατότητες του ρομπότ ΝΑΟ για ομιλία και ακρόαση	59
4.1.3 Οι δυνατότητες βάδισης και παρατήρησης του ρομπότ ΝΑΟ	60
4.1.4 Η ασφάλεια του ρομπότ	60
<b>Κεφάλαιο 5 - Δυνατότητες &amp; περιορισμοί της έρευνας</b>	
5.1 Δυνατότητες του ρομπότ	61
5.2 Περιορισμοί της έρευνας	62
<b>Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα - Μελλοντικές Έρευνες</b>	
6.1 Ερευνητικά Ερωτήματα - Συμπεράσματα	63
6.2 Μελλοντικές Κατευθύνσεις Έρευνας	64





## Κεφάλαιο 1

# Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη αξιοποίησης των δυνατοτήτων και εφαρμογών των κοινωνικών ρομπότ σε διάφορους τομείς όπως η εκπαίδευση, η υγεία, η ψυχαγωγία, η κοινωνική υποστήριξη και άλλα, καθώς και το αντίκτυπο τους στην κοινωνία. Η παρούσα μελέτη εστιάζει στον προσδιορισμό της ικανότητας του ανθρωποειδούς κοινωνικού ρομπότ ΝΑΟ [1] να αναλαμβάνει αποτελεσματικά διάφορους ρόλους σε διάφορα περιβάλλοντα και καταστάσεις. Κύριο ερευνητικό ερώτημα είναι να αξιολογηθεί η ικανότητά του να αλληλεπιδρά με τους ανθρώπους, να παρέχει αποτελεσματικές υπηρεσίες, να προσαρμόζεται στις ανάγκες του περιβάλλοντος και να ανταποκρίνεται στις προκλήσεις που παρουσιάζονται. Συγκεκριμένα, η μελέτη εξετάζει τον σχεδιασμό και την δημιουργία εκπαιδευτικών σεναρίων που θα χρησιμοποιηθούν από μαθητές ηλικίας 6-12 (Α βαθμίδα). Το ΝΑΟ επιλέχθηκε λόγω της ικανότητάς του να ανταποκρίνεται στους μαθητές, γεγονός που το καθιστά ιδανικό εργαλείο για τη σταδιακή εισαγωγή της ρομποτικής ως θεμελιώδες μάθημα δεξιοτήτων σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες στην Ελλάδα. Επιπλέον, παρουσιάζονται έρευνες ανά τον κόσμο που δημοσιεύτηκαν τα τελευταία δέκα χρόνια και ανακτήθηκαν από επιστημονικές ιστοσελίδες. Αυτές οι μελέτες εξετάζουν τον τρόπο που κοινωνικά ρομπότ αξιοποιούνται και χρησιμοποιούνται σε διάφορα πεδία και εφαρμογές.

Οι επιμέρους στόχοι περιελάμβαναν κριτική ανάλυση κυρίως ξένης βιβλιογραφίας καθώς και τα υπέρ της χρησιμότητας και χρήσης των κοινωνικών ανθρωποειδών ρομπότ ειδικότερα στη διαδικασία της εκπαίδευσης, η δημιουργία και χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού σε χρησιμοποιώντας το ΝΑΟ και η αξιοποίηση της τεχνολογίας των ρομπότ για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και την πρόοδο της κοινωνίας.

Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση διδακτικών σεναρίων που διαφέρουν ως προς το γνωστικό τους περιεχόμενο. Αξιολογήθηκαν οι θεματικές ενότητες στις κατηγορίες «Ειδική αγωγή», «Περιβαλλοντική αγωγή», «Μουσικοκινητική Εκπαίδευση» και «Πολιτιστική κληρονομιά». Αυτές οι εκπαιδευτικές εφαρμογές δημιουργήθηκαν με τη χρήση της πλατφόρμας λογισμικού Choregraphe [2] της Softbank, αποκλειστικά για το ΝΑΟ. Αναλυτικότερα, η κατηγορία «Ειδική αγωγή» είχε ως στόχο να καλύψει τις μοναδικές ανάγκες των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες, ενισχύοντας τη συνεκπαίδευση και εξατομικευμένες μαθησιακές εμπειρίες. Η «Περιβαλλοντική αγωγή» επεδίωξε να καλλιεργήσει την περιβαλλοντική συνείδηση και υπευθυνότητα μέσω ενεργειών και προσομοιώσεων που σχετίζονται με την οικολογική διατήρηση και αειφορία. Η κατηγορία «Μουσικοκινητική αγωγή» επικεντρώθηκε στην ενσωμάτωση της μουσικής και της κίνησης για την ενίσχυση των αισθησιοκινητικών δεξιοτήτων στους μαθητές, αναγνωρίζοντας τον σημαντικό ρόλο της μουσικής στην ολιστική εκπαίδευση. Τέλος, η κατηγορία «Πολιτιστική κληρονομιά» είχε ως στόχο να καλλιεργήσει

την πολιτιστική κουλτούρα μέσω των έργων τέχνης και των ιστορικών μνημείων και να εντοπίσει σημαντικά ελληνικά γλυπτά.

Η δομή της παρούσας διπλωματικής είναι η εξής:

Στο 2ο κεφάλαιο, αποσαφηνίζονται βασικοί όροι που σχετίζονται με τα ανθρωποειδή ρομπότ σε διάφορους τομείς. Αρχικά, εξηγείται η έννοια του "ανθρωποειδούς ρομπότ" και η διαδικασία που ακολουθείται για την προσομοίωση της ανθρώπινης μορφής και λειτουργίας τους. Στη συνέχεια, εξετάζονται οι διάφοροι τομείς εφαρμογής των ανθρωποειδών ρομπότ, όπως η εκπαίδευση, υγειονομική περίθαλψη, διαταραχές αυτιστικού φάσματος καθώς και κάποιοι πρόσθετοι τομείς έρευνας και εφαρμογής. Τέλος, εξετάζονται οι προκλήσεις και οι προοπτικές που σχετίζονται με τη χρήση ανθρωποειδών ρομπότ σε αυτούς τους τομείς, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της σημασίας τους στη σύγχρονη τεχνολογική εξέλιξη.

Στο 3ο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η μεθοδολογία της έρευνας. Συγκεκριμένα, παρέχονται λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και τις μεταβλητές που αναλύθηκαν. Επιπλέον, αναλύονται αναλυτικά τα εργαλεία και οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή δεδομένων.

Στο 4ο κεφάλαιο, αναλύονται τα αποτελέσματα της έρευνας, περιλαμβάνοντας εκείνα που προέκυψαν από την εξέταση όλων των δεδομένων.

Στο 5ο κεφάλαιο, αναλύονται οι δυνατότητες και οι περιορισμοί της έρευνας. Επικεντρώνεται στο ρομπότ NAO και την ευρεία αποδοχή του στη ρομποτική, εξετάζοντας τα πλεονεκτήματα όπως την ευκολία μεταφοράς και την ευελιξία στον προγραμματισμό. Ωστόσο, αναδεικνύονται και περιορισμοί, ειδικά στην οπτική αναγνώριση λόγω της περιορισμένης ανάλυσης των καμερών, προκειμένου να δώσει συνολική εικόνα του ρόλου του NAO στην ερευνητική διαδικασία.

Στο 6ο κεφάλαιο, περιγράφονται τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας. Το ερευνητικό θέμα, το οποίο παρουσιάζεται στο κύριο μέρος της διπλωματικής, απαντάται μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Τέλος, αναλύονται οι περιορισμοί της έρευνας και παρέχονται συστάσεις για μελλοντικές μελέτες, συμπεριλαμβανομένου του ρομπότ NAO σε ένα περιβάλλον που επικεντρώνεται στη διδασκαλία.

## Κεφάλαιο 2

# Θεωρητικό υπόβαθρο

### 2.1 Κοινωνικά ρομπότ και εφαρμογές

Τα ανθρωποειδή ρομπότ έχουν αναδειχθεί σε σημαντικό πεδίο έρευνας και ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια, καθώς αποτελούν προηγμένες μηχανές που σχεδιάζονται με στόχο να αναπαράγουν την ανθρώπινη κίνηση και εμφάνιση. Αυτά τα ρομπότ είναι εξοπλισμένα με ένα ευρύ φάσμα αισθητήρων, ενεργοποιητών και αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης που τους επιτρέπουν να αλληλεπιδρούν με τον κόσμο με τρόπο που μοιάζει με τον άνθρωπο. Τα ανθρωποειδή ρομπότ έχουν την ικανότητα να περπατούν, να μιλάνε, να αναγνωρίζουν αντικείμενα και πρόσωπα και να εκτελούν πολύπλοκες εργασίες. Συχνά χρησιμοποιούνται σε ερευνητικά εργαστήρια, βιομηχανίες, ακόμη και σε χώρους ψυχαγωγίας.

Η ανάπτυξη ανθρωποειδών ρομπότ υπόσχεται πολλά για διάφορους τομείς. Στις βιομηχανίες, τα ανθρωποειδή ρομπότ μπορούν να εκτελούν εργασίες που είναι πολύ επικίνδυνες ή επαναλαμβανόμενες για τον άνθρωπο, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα και μειώνοντας τον κίνδυνο ατυχημάτων. Μπορούν επίσης να βοηθήσουν άτομα με αναπηρία, εξυπηρετώντας τα σε καθημερινές εργασίες και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους. Επιπλέον, τα ανθρωποειδή ρομπότ έχουν τη δυνατότητα να φέρουν επανάσταση στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης παρέχοντας συντροφιά στους ηλικιωμένους και προσφέροντας υποστήριξη στη φροντίδα. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να προοδεύει, τα ανθρωποειδή ρομπότ αναμένεται να γίνουν πιο ευέλικτα και να ενσωματωθούν στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου, μεταμορφώνοντας τον τρόπο που εργάζεται, ζει και αλληλεπιδρά με τις μηχανές.

### 2.2 Τομείς εφαρμογών

Η έρευνα έχει αναδείξει το ευρύ φάσμα πεδίων και εφαρμογών όπου εξετάζονται τα κοινωνικά ρομπότ με μεγάλη επιτυχία. Αυτά τα ρομπότ προτείνονται για διάφορους σκοπούς όπως εκπαίδευση, ιατρική, ψυχαγωγία, εξυπηρέτηση κτλ. Ο πρωταρχικός στόχος των κοινωνικών ρομπότ είναι να συμπληρώνουν ή να αντικαθιστούν τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις σε περιβάλλοντα όπου η τακτική κοινωνική επαφή είναι απαραίτητη. Αυτό επιτυγχάνεται με την αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους στη συλλογή πληροφοριών, την επεξεργασία δεδομένων και τις φυσικές ενέργειες. Πολλές μελέτες σε διαφορετικούς τομείς έχουν χρησιμοποιήσει με επιτυχία τα κοινωνικά ρομπότ. Αυτές οι μελέτες συζητούνται στις ακόλουθες υποενότητες και μια σύνοψη των εφαρμογών, των στόχων και των συγκεκριμένων ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε κάθε έρευνα παρέχεται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Παραδείγματα μελετών και εφαρμογών που χρησιμοποιούν κοινωνικά ρομπότ και τους αντίστοιχους τελικούς χρήστες τους.

<b>A/A</b>	<b>ΜΕΛΕΤΗ</b>	<b>ΡΟΜΠΟΤ</b>	<b>ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ</b>	<b>ΤΕΛΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ</b>
1	Desideri et al. [3]	NAO	Μελέτη αποφυγής βλέμματος	Παιδιά
2	Shiarlis et al. [4]	Teresa	Συμμετοχή σε κοινωνικές συγκεντρώσεις μέσω τηλεπαρουσίας	Ηλικιωμένοι
3	Huijnen et al. [5]	Kaspar	Προσέλκυση ενδιαφέροντος	Παιδιά με ΔΑΦ
4	Uluer et al. [6]	Pepper	Υποστήριξη προβλημάτων ακοής	Παιδιά
5	Ismail et al. [7]	LUCA	Ανάλυση εστίασης	Παιδια με γνωστική διαταραχή
6	Chung [8]	NAO	Βελτίωση κοινωνικών δεξιοτήτων	Παιδιά με ΔΑΦ
7	Engwall et al. [9]	Furhat	Εκμάθηση ξένης γλώσσας	Οποιοσδήποτε
8	Vogt et al. [10]	NAO	Εκμάθηση ξένης γλώσσας	Παιδιά
9	McGinn et al. [11]	Stevie	Φροντίδα σε μονάδα	Ηλικιωμένοι

10	Schicchi et al. [12]	Pepper	Ενίσχυση λεξιλογίου	Παιδιά
11	lio et al. [13]	ASIMO	Ξενάγηση Μουσείου	Οποιοσδήποτε
12	Reyes et al. [14]	NAO	Βοήθεια στην τάξη	Παιδιά και δάσκαλοι
13	Hood et al. [15]	NAO	Εκμάθηση γραφής	Παιδιά
14	Schrum et al. [16]	Pepper	Ενθάρρυνση της σωματικής δραστηριότητας	Ασθενείς με άνοια
15	Taheri et al. [17]	NAO	Υποδυόμενες χειρονομίες σώματος	Παιδιά με ΔΑΦ

Οι επόμενες ενότητες θα εμβαθύνουν στις λεπτομέρειες των προαναφερόμενων αλλά και άλλων σχετικών μελετών. Επιπλέον, θα προσφέρουν πιο ολοκληρωμένες πληροφορίες για τους τύπους των ρομπότ που χρησιμοποιούνται και τις συγκεκριμένες λειτουργίες τους.

Συνολικά, τα κοινωνικά ρομπότ διαθέτουν σημαντικές δυνατότητες σε ποικίλα πεδία και η συνεχής έρευνα συνεχίζει να διερευνά καινοτόμες εφαρμογές για τη βελτίωση των αλληλεπιδράσεων και των εμπειριών ανθρώπου-ρομπότ.

### 2.2.1 Εκπαίδευση

Τα ρομπότ έχουν βρει εφαρμογή στον τομέα της εκπαίδευσης, παρέχοντας λύσεις στην ανάπτυξη του λεξιλογίου, την υποστήριξη της γραφής και τη γλωσσική διδασκαλία [18]. Αυτή η εξέλιξη έχει τη δυνατότητα να διευκολύνει τη διαδικασία της μάθησης, ενισχύοντας σημαντικά την ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτή η τεχνολογία φέρνει την κοινωνική αλληλεπίδραση στο εκπαιδευτικό περιβάλλον [19].

Πολυάριθμες εφαρμογές κοινωνικών ρομπότ έχουν προταθεί στον τομέα της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Στο [20], παρουσιάζεται η δυνατότητα ενός ρομπότ να διευκολύνει τη βελτιωμένη επικοινωνία μεταξύ εκπαιδευτών και μαθητών. Σε αυτό το πλαίσιο, οι μαθητές μεταβιβάζουν σημάνσεις στους καθηγητές μέσω ενός ανθρωποειδούς ρομπότ, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται σε ένα πείραμα εικονικής διάλεξης. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι η συμμετοχή των μαθητών στις διαλέξεις αυξήθηκε, καθώς είχαν τη δυνατότητα να συνεισφέρουν στη συλλογική καθοδήγηση του ρομπότ στην ομιλία.

Επίσης, στο [21] παρουσιάζεται η επιτυχημένη χρήση του κοινωνικού ρομπότ NAO σε ένα σχολικό περιβάλλον. Ο στόχος ήταν να υποστηρίξει τη διδασκαλία με την εκτέλεση διαφόρων καθηκόντων, συμπεριλαμβανομένης της παροχής θεωρητικών αναλύσεων. Αποδείχθηκε ότι το ρομπότ αποτελεί αποτελεσματικό εργαλείο στη βελτίωση των κοινωνικών σχέσεων των μαθητών. Επιπλέον, στην έρευνα [22], το ρομπότ NAO χρησιμοποιήθηκε σε ένα δημοτικό σχολείο ως εκπαιδευτικό εργαλείο για την ενίσχυση της κατανόησης αριθμητικών εννοιών. Οι αξιολογήσεις έδειξαν ότι τα παιδιά έδειξαν μεγαλύτερο ενδιαφέρον όταν αλληλεπιδρούσαν με το ρομπότ.

Σε μια άλλη μελέτη [23], προτείνεται η εφαρμογή ενός ρομπότ για την υποστήριξη της επίλυσης προβλημάτων από μαθητές μέσω άτυπων αλληλεπιδράσεων. Η χρήση του μοντέλου κινήτρων ARCS [24] ενισχύει τα μαθησιακά κίνητρα των μαθητών μέσω στοιχείων όπως η προσοχή, η συνάφεια, η αυτοπεποίθηση και η ικανοποίηση. Το ρομπότ Zenbo [25] ενεργεί σε συνεργασία με δασκάλους για να επιτύχει αυτούς τους στόχους.

Μια μελέτη που αναφέρεται στο [26] αναλύει την αποτελεσματικότητα ενός ρομπότ ως εκπαιδευτή γλωσσών για παιδιά που μαθαίνουν αγγλικά ως ξένη γλώσσα. Το ρομπότ NAO χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση φράσεων μέσω κινήσεων, προσφέροντας ένα παιχνιδιάρικο περιβάλλον για την εκμάθηση.

Στην έρευνα [27] παρουσιάζεται η εφαρμογή του ρομπότ Pepper [28] για την υποστήριξη της διαδικασίας μάθησης νέων λέξεων και της επέκτασης του λεξιλογίου μέσα από ένα παιχνιδιακό περιβάλλον. Οι δυνατότητες του ρομπότ Pepper, όπως η σύνδεση στο Διαδίκτυο και η παραγωγή ηχητικών σημάτων, διατηρούν το ενδιαφέρον των παιδιών κατά την εκπαιδευτική διαδικασία.

Συνολικά, από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι τα ρομπότ μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην ενίσχυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών. Με την αντιμετώπιση προκλήσεων και την επίτευξη συνεχούς προόδου, τα ρομπότ ενσωματώνονται αποδεκτά και αποτελεσματικά στο πλαίσιο των διαφόρων εκπαιδευτικών ρυθμίσεων.

### 2.2.2 Υγειονομική περίθαλψη

Η χρήση των κοινωνικών ρομπότ στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης αντιπροσωπεύει έναν επιπλέον τομέα εφαρμογής. Αυτά τα ρομπότ βρίσκουν ποικίλες χρήσεις σε αυτό το πεδίο, από την υποστήριξη των νοσηλευτών έως τη βοήθεια στην αποκατάσταση [29]. Μια ανασκόπηση των κοινωνικών ρομπότ που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη της ψυχικής υγείας των παιδιών παρουσιάζεται στο [30]. Τα αποτελέσματα των θεραπειών που αποκόμισαν επηρεάζονται από διάφορες παραμέτρους. Ανεξάρτητα από το ρομπότ που χρησιμοποιήθηκε, η έρευνα παρουσιάζει μια ποικιλία ρομποτικών πλατφορμών που εφαρμόζονται σε αυτό το πλαίσιο, επισημαίνοντας συνεχώς θετικά αποτελέσματα, όπως την ανακούφιση της αγωνίας και την ενίσχυση των θετικών επιπτώσεων.

Επιπλέον, παρατηρούνται αποκλίσεις στη διαμόρφωση των μελετών που πραγματοποιήθηκαν, στους τύπους των ρομπότ που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και στις μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η χρήση ενός κοινωνικού ρομπότ μπορεί πράγματι να ενισχύσει την εστίαση και την προσοχή των νέων που αντιμετωπίζουν γνωστικές δυσκολίες [31]. Η μελέτη που περιγράφεται στο [32] επικεντρώνεται στον σχεδιασμό ρομπότ που θα μπορούσαν να φροντίζουν ασθενείς με άνοια και να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των φροντιστών. Η μελέτη εξετάζει τις προβλεπόμενες χρήσεις των ρομπότ ως «ρομπότ για τη χαρά», «ρομπότ για επανάληψη» και «ρομπότ διευκόλυνσης», εξετάζοντας επίσης τις δυνατότητές τους. Συγκεκριμένα, έχουν αναπτυχθεί τα «Robots for wellness», με διάφορες μορφές και τρόπους αλληλεπίδρασης με τα ρομπότ. Η φωνητική αλληλεπίδραση, όπου ανθρώπινες φωνές χρησιμοποιούνται, αποτελεί έναν από αυτούς τους τρόπους. Οι φροντιστές συζήτησαν την επικοινωνία με άτομα με τα οποία είχαν εξοικείωση, ενώ ανατέθηκαν διάφορα καθήκοντα. Συγκεκριμένα, αναφέρθηκαν στους ρόλους του «κακού», του «διευκολυντή» και του «συμβούλου», οι οποίοι εκπροσωπούνται από ρομπότ. Στην μελέτη [33], το ρομπότ Pepper χρησιμοποιήθηκε για να ενθαρρύνει ασθενείς με άνοια να ασκηθούν μέσω συγκεκριμένων ρουτινών χορού. Η μελέτη επέλεξε τον χορό ως μέθοδο προπόνησης λόγω της συμμετοχής των συμμετεχόντων. Τα αρχικά αποτελέσματα αναφέρονται ως ενθαρρυντικά. Ένα σύστημα που σχεδιάστηκε για ακοομετρικές εξετάσεις και θεραπεία παιδιών με προβλήματα ακοής χρησιμοποίησε επίσης το ρομπότ Pepper [34]. Τα παιδιά διακρίνουν πιο ξεκάθαρα τα θετικά και αρνητικά τους συναισθήματα όταν αλληλεπιδρούν με το ρομπότ, σε σύγκριση με άλλα περιβάλλοντα.

Τέλος, στο [35] παρουσιάζεται μια ανασκόπηση των διάφορων τρόπων χρήσης κοινωνικών ρομπότ στην κλινική θεραπεία, με έμφαση στην αντιμετώπιση της κοινωνικής αγχώδους διαταραχής. Αυτή η έρευνα προτείνει τη χρήση κοινωνικών ρομπότ για την υποστήριξη των γιατρών κατά τη διαχείριση αυτής της κατάστασης. Επιπλέον, στη μελέτη [36] διερευνάται η εφαρμογή του ρομπότ Pepper ως βοηθού νοσηλευτή για τη συλλογή δεδομένων υγείας και την ανακούφιση της πίεσης που βαρύνει τους νοσηλευτές κατά τη διαδικασία καταγραφής δεδομένων.

Συνολικά, οι προαναφερθείσες μελέτες αναδεικνύουν την ευεργετική δυνατότητα των κοινωνικών ρομπότ στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, προσφέροντας ποικίλες λύσεις



και θετικά αποτελέσματα, ενισχύοντας την επίτευξη των στόχων της θεραπείας και της φροντίδας των ασθενών.

### **2.2.3 Διαταραχές αυτιστικού φάσματος**

Οι ρομποτικές εφαρμογές έχουν αναδυθεί ως αποτέλεσμα της τεχνολογικής προόδου κατά τον 21ο αιώνα, προσφέροντας ποικίλες δυνατότητες. Μία εξ αυτών είναι η υποστήριξη της διδασκαλίας παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), περιλαμβανομένων της ενίσχυσης της συνεργατικής προσοχής και της ανάπτυξης κοινωνικών δεξιοτήτων. Μια πρόσφατη μελέτη [37], ανέδειξε την υποσχόμενη προοπτική της χρήσης ρομπότ για τη βελτίωση των κοινωνικών δεξιοτήτων των παιδιών με ΔΑΦ. Στο πλαίσιο αυτής της μελέτης, υιοθετήθηκε μια παρέμβαση που περιλάμβανε ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης κοινωνικών δεξιοτήτων με πολλαπλές φάσεις, με και χωρίς την παρουσία του ρομπότ. Σύμφωνα με τα ευρήματα της μελέτης, η παρέμβαση του ρομπότ ενίσχυσε τα κοινωνικά κίνητρα και τις δεξιότητες των παιδιών με ΔΑΦ. Αυτό φάνηκε από την αύξηση της συχνότητας και διάρκειας της οπτικής επαφής και της συχνότητας των λεκτικών εκκινήσεων.

Σε μία άλλη μελέτη [38], αναφέρεται ότι όταν τα παιδιά με ΔΑΦ συμμετείχαν σε συνεδρίες με το ρομπότ Kaspar και σε συνεδρίες με έναν ανθρώπινο δάσκαλο, παρατηρήθηκε μια παρόμοια βελτίωση στα αποτελέσματα. Η χρήση του ρομπότ ενίσχυσε τις αλληλεπιδράσεις των παιδιών, συμπεριλαμβανομένης της μη λεκτικής μίμησης, του αγγίγματος και της διατήρησης συνεχούς προσοχής. Την ανάπτυξη του ρομπότ Kaspar αναφέρει η πηγή [39]. Αρχικά δημιουργήθηκε το 2005 για μελέτη της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ πριν υιοθετηθεί ως συσκευή θεραπείας για παιδιά με ΔΑΦ, καθιστώντας τη βελτίωση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε παιδί και ρομπότ τον κύριο στόχο της. Καθ' όλη την πορεία, έχει υποστεί αναβαθμίσεις στον εξοπλισμό και βελτιώσεις στους αισθητήρες για να αυξηθεί η χρηστικότητα και η αυτονομία της αλληλεπίδρασης παιδιού-ρομπότ. Αυτή η εξέλιξη έχει αξιοποιήσει τις επιστημονικές γνώσεις που έχουν αποκτηθεί σχετικά με την αποκατάσταση παιδιών με ΔΑΦ.

Τα παιδιά με ΔΑΦ φαίνεται ότι έρχονται πιο εύκολα σε επαφή με τα ρομπότ, και όταν πρέπει να συγκεντρώσουν την προσοχή τους, είναι πιο πιθανό γι' αυτά να την κατευθύνουν προς τα ρομπότ και όχι προς τα στοχευμένα αντικείμενα [40]. Επιπλέον, τα ρομπότ δίνουν τη δυνατότητα στους ανθρώπους να μαθαίνουν σε πιο απλά, προβλέψιμα και ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Αυτό το γεγονός μειώνει τα επίπεδα άγχους τους κατά την αντιμετώπιση δύσκολων κοινωνικών καταστάσεων και ταυτόχρονα ενισχύει το κίνητρό τους για μάθηση [41]. Λόγω αυτών των πλεονεκτημάτων, οι ρομποτικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, με στόχο να παρέχουν στήριξη στους νέους με ΔΑΦ που αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κοινωνική αλληλεπίδραση και την επικοινωνία [42].

Αυτή η εξέλιξη δείχνει ότι οι ρομποτικές τεχνολογίες μπορούν να διαδραματίσουν έναν σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των παιδιών με ΔΑΦ και να συμβάλλουν στην εκπαιδευτική τους πορεία και κοινωνική ένταξη.

#### **2.2.4 Πρόσθετοι τομείς έρευνας και εφαρμογής**

Τα κοινωνικά ρομπότ έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως το σχολείο και η Δημόσια Υγεία και Φροντίδα (ΔΑΦ), για την αλληλεπίδρασή τους με παιδιά. Έχουν αναφερθεί διάφοροι τρόποι χρήσης κοινωνικών ρομπότ με παιδιά σε άλλους τομείς, όπως η ψυχαγωγία, η ευαισθητοποίηση, η μεταφορά γνώσης, η αντίληψη και η έρευνα συμπεριφοράς. Συγκεκριμένα, ένα παράδειγμα παιχνιδιού που είχε ως στόχο την ευαισθητοποίηση των παιδιών σχετικά με την ανακύκλωση των απορριμμάτων χρησιμοποίησε το κοινωνικό ρομπότ Pepper, συνοδευόμενο από έναν ανθρώπινο κριτή. Το παιχνίδι αυτό είχε ως στόχο να ενθαρρύνει θετικές στάσεις των παιδιών προς την ανακύκλωση. Η έρευνα απέδειξε ότι υπήρξαν ενθαρρυντικές αλλαγές στη στάση των παιδιών απέναντι στην ανακύκλωση και ότι τα παιδιά ανταποκρίθηκαν θετικά στο ρομπότ Pepper.

Επιπλέον, μια μελέτη εξέτασε την αλληλεπίδραση μεταξύ παιδιών και ρομπότ με τη χρήση λειτουργικής υπέρυθρης απεικόνισης για την αναγνώριση συναισθημάτων [44]. Αυτή η προσέγγιση αντιπροσωπεύει ένα βήμα προς την ενίσχυση της φυσικής αλληλεπίδρασης μεταξύ παιδιού και τεχνητού παράγοντα μέσω φυσιολογικών σημάτων, μετρώντας το επίπεδο συμμετοχής του παιδιού κατά την αλληλεπίδραση.

Επίσης, η κατασκευή συμπεριφοράς ενός αφηγητή ρομπότ βασίστηκε σε μια μελέτη ανθρώπινων αφηγητών [45]. Αυτή η έρευνα εξέτασε τον τρόπο με τον οποίο η συμπερίληψη συναισθημάτων στην αφήγηση, οι κινήσεις του κεφαλιού του ρομπότ κατά τη διάρκεια της αφήγησης και η προσαρμογή της φωνής σε χαρακτήρες επηρεάζουν την αντίληψη των ακροατών. Συναισθηματικά ρομπότ και αφηγητές ρομπότ με φωνή έχουν αποδειχθεί ότι έχουν θετική επίδραση στην ακρόαση των ανθρώπων.

Ένας άλλος τομέας έρευνας όπου τα κοινωνικά ρομπότ έχουν επιδράσει είναι η συναισθηματική υπολογιστική (affective computing), που στοχεύει στην αίσθηση συναισθηματικών σημάτων και την επακόλουθη απόκριση σε αυτά (sense and respond to emotion signals). Στη μελέτη [46], προστέθηκε συναισθηματικός υπολογισμός σε ένα παιδικό ρομπότ-συντροφιά, επιτρέποντας την προσαρμογή της συμπεριφοράς του ανάλογα με την αλληλεπίδραση με το παιδί και ενισχύοντας έτσι την συμμετοχή και τη σύνδεση.

Συνολικά, αυτές οι έρευνες αναδεικνύουν τον θετικό αντίκτυπο που μπορούν να έχουν τα κοινωνικά ρομπότ στην αλληλεπίδραση με τα παιδιά, προσφέροντας νέες προοπτικές στην εκπαίδευση, την ψυχαγωγία και την ανάπτυξη συναισθηματικής σύνδεσης.

#### **2.3 Ρομποτικές πλατφόρμες**

Στο πλαίσιο των διάφορων ερευνητικών έργων που παρουσιάζονται σε αυτή τη διπλωματική εργασία, ποικίλες ρομποτικές πλατφόρμες έχουν επιλεγεί για την αλληλεπίδραση με τους ανθρώπους, χρησιμοποιώντας διάφορες πιθανές μεθόδους επικοινωνίας. Σε γενικές γραμμές, το ρομπότ NAO της Softbank Robotics έχει καταλάβει ένα σημαντικό κομμάτι των προηγούμενων ερευνητικών προσπαθειών και μελετών [47, 48, 49, 50], εξετάζοντας ποικίλες πτυχές της χρηστικότητάς του, όπως θα αναλυθεί στις επόμενες ενότητες.

Επιπλέον, το άλλο ανθρωποειδές ρομπότ της Softbank Robotics, η Pepper, έχει επίσης καταγραφεί ως σημαντική πλατφόρμα σε πολλές ερευνητικές δραστηριότητες [51, 52, 53,

54]. Η Pepper έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε ποικίλες περιπτώσεις, καλύπτοντας περιοχές όπως η ευαισθητοποίηση, η ψυχαγωγία και η αλληλεπίδραση με παιδιά. Πρόσθετα παραδείγματα ρομποτικών πλατφορμών σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνουν το Furhat [55], ASIMO [56], TERESA [57], Stevie [58], LUCA [59], που άντλησε έμπνευση από την πλατφόρμα OPSORO [60]. Επιπλέον, το Kaspar [61], Kiddo [62], Paro [63], Tega [64] και Huggable [65].

Ο Πίνακας 2 περιλαμβάνει μια σειρά από ρομποτικές πλατφόρμες, μαζί με ορισμένα από τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητές τους. Αυτό παρέχει τη δυνατότητα για την αντίληψη των πολλαπλών μορφών, διαστάσεων, διαμορφώσεων και δυνατοτήτων των ρομποτικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε κοινωνικά περιβάλλοντα. Από τη στιγμή της εισαγωγής τους, πολλά από αυτά τα ρομπότ έχουν υποστεί διάφορες προσαρμογές, προσθέτοντας ή αφαιρώντας λειτουργίες και επίπεδα αυτονομίας. Μέσα από αυτήν την οπτική, έχουν δημιουργηθεί και βελτιωθεί πρότυπα για την κατασκευή ρομπότ που μπορούν να αλληλεπιδρούν με ανθρώπους, καθώς ο χρόνος προχωρά. Για παράδειγμα, όπως αναφέρεται στην αναφορά [66], η δημιουργία ενός ανθρωποειδούς ρομπότ για παιδιά με ΔΑΦ προϋποθέτει την ασφάλεια, την χρησιμότητα και την αξιοπιστία του, προσανατολισμένο προς τον τρόπο χρήσης από τους χρήστες και εστιασμένο στην εμπειρία του χρήστη, αντί να επικεντρώνεται αποκλειστικά στην τεχνολογία.

**Πίνακας 2:** Παραδείγματα ρομπότ και τα χαρακτηριστικά τους

Ρομπότ	Εμφάνιση	Χαρακτηριστικά
<b>NAO</b>	Ανθρωποειδές	Αισθητήρες αφής, κατευθυντικά μικρόφωνα και ηχεία, 2D κάμερες, αναγνώριση ομιλίας και χαρακτηριστικών προσώπου κ.λπ.
<b>Pepper</b>	Ανθρωποειδές	Αισθητήρες αφής, μικρόφωνα και ηχεία, 2D και 3D κάμερες, αναγνώριση ομιλίας και χαρακτηριστικών προσώπου κ.λπ.
<b>Furhat</b>	Ανθρωποειδές	Επαφή με τα μάτια, σύνθεση και αναγνώριση φωνής, ενσωματωμένες κάμερες και μικρόφωνα κ.λπ.
<b>Paro</b>	Ζωόμορφο	Διαφορετικοί τύποι αισθητήρων, που μπορούν να κινήσουν το κεφάλι και τα πόδια του και να μάθουν να ενεργούν όπως επιθυμεί ο χρήστης κ.λπ.
<b>Kaspar</b>	Ανθρωποειδές	Σύνδεση Wi-Fi/Ethernet, έγχρωμη κάμερα, αισθητήρας Kinect και IMU, ημιαυτόνομο κ.λπ.
<b>TERESA</b>	Απροσδιόριστο	Αισθητήρες για παρακολούθηση κίνησης, αναγνώριση εμποδίων, λήψη εικόνας και ήχου, ημιαυτόνομη πλοήγηση κ.λπ.

<b>Asimo</b>	Ανθρωποειδές	Αισθητήρες για παρακολούθηση κίνησης, ανίχνευση εμποδίων, λήψη εικόνων και ήχων κ.λπ.
<b>Huggable</b>	Ζωόμορφο	Ανίχνευση φυσικής αφής, διάφορους αισθητήρες, λειτουργία από εφαρμογή smartphone, διεπαφή τηλελειτουργίας κ.λπ.
<b>Tega</b>	Απροσδιόριστο	Αισθητήρες για μικρόφωνο, κάμερα και επιταχυνσιόμετρο, αυτόνομη ή απομακρυσμένη λειτουργία, ικανότητα παραγωγής κινήσεων και εκφράσεων κ.λπ.

## 2.4 Ρομπότ NAO

Το ρομπότ NAO είναι ένα μικρό ανθρωποειδές ρομπότ που δημιουργήθηκε παλαιότερα από την Aldebaran Robotics, μια γαλλική εταιρεία ρομποτικής η οποία εξαγοράστηκε από τον Όμιλο SoftBank το 2015 και μετονομάστηκε σε SoftBank Robotics. Με την ξεχωριστή εμφάνιση και τα εκφραστικά χαρακτηριστικά του, το NAO έχει κερδίσει δημοτικότητα σε ερευνητικά και εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Με ύψος περίπου 58 εκατοστά, το NAO είναι εξοπλισμένο με κάμερες, μικρόφωνα, αισθητήρες αφής και μια ποικιλία άλλων αισθητήρων που του επιτρέπουν να αντιλαμβάνεται και να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του. Υποστηρίζεται επίσης από ένα κιτ ανάπτυξης λογισμικού (SDK) που επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν εφαρμογές και συμπεριφορές για το ρομπότ. Το SDK παρέχει πρόσβαση στους αισθητήρες, τους ενεργοποιητές και τις διάφορες διεπαφές προγραμματισμού του ρομπότ, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να προσαρμόσουν τη συμπεριφορά και τις δυνατότητες του NAO. Επίσης, μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα και να ελέγχεται από απόσταση χάρη στην ικανότητά του να συνδέεται σε ενσύρματα ή ασύρματα (Wi-fi) δίκτυα. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας, ειδικά όταν το ρομπότ χρησιμοποιείται σε πραγματικό περιβάλλον.

Τον Νοέμβριο του 2009, το Εργαστήριο Ρομποτικής του Πανεπιστημίου Brown κυκλοφόρησε το πρώτο πρόγραμμα οδήγησης για το ρομπότ NAO, το οποίο λειτουργούσε με το σύστημα λειτουργίας Robot Operating System (ROS) [67]. Αυτό το πρόγραμμα προσέφερε δυνατότητες όπως έλεγχος κεφαλής, μετατροπή κειμένου σε ομιλία, απλή πλοήγηση και πρόσβαση στις κάμερες του ρομπότ. Στη συνέχεια, το Εργαστήριο Ανθρωποειδών Ρομπότ στο Πανεπιστήμιο του Φράϊμπουργκ ενισχύσε τον οδηγό του NAO προσθέτοντας νέες λειτουργίες, όπως η οδομετρία του σώματος και η δυνατότητα τηλεελέγχου μέσω joystick. Το Εργαστήριο Ανθρωποειδών Ρομπότ δημοσίευσε μια πλήρη σειρά εργαλείων ROS για το NAO τον Δεκέμβριο της ίδιας χρονιάς, περιλαμβάνοντας δυνατότητες όπως η παρακολούθηση της κατάστασης του ρομπότ μέσω IMU (Inertial measurement unit), μοντέλο URDF (Unified Robot Description Format) για το ρομπότ, οπτικοποίηση της κατάστασης μέσω του εργαλείου rviz και άλλων στοιχείων.

Η ενσωματωμένη μονάδα λογισμικού Choregraphe του NAO επιτρέπει τη μετατροπή κειμένου σε ομιλία, τον εντοπισμό ήχου, την αναγνώριση οπτικών μοτίβων και έγχρωμων μορφών, την ανίχνευση εμποδίων και τα οπτικά εφέ μέσω των πολλών LED του. Λόγω της προσαρμοστικότητας και της ανεξαρτησίας της πλατφόρμας, τα προγράμματα μπορεί να ελέγχονται χρησιμοποιώντας Windows, MAC OS ή ακόμα και Linux.



**Εικόνα 1.** Ρομπότ NAO. Ανακτήθηκε 14/8/2023 από: <https://www.aldebaran.com/en/nao>

#### **2.4.1 Πλεονεκτήματα ρομπότ NAO**

Το NAO έχει κερδίσει παγκόσμια αναγνώριση για τον ρόλο του ως βοηθός σε επιχειρήσεις και εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης. Οι κύριες λειτουργίες του περιλαμβάνουν το χαιρετισμό, την εκπαίδευση και την ψυχαγωγία των πελατών. Εξοπλισμένο με δύο 2D κάμερες, το NAO μπορεί να ανιχνεύσει διάφορες μορφές, αντικείμενα, ακόμη και ανθρώπους. Σχεδιασμένο ως ανθρωποειδές ρομπότ, ο κύριος σκοπός του είναι να αλληλεπιδρά απρόσκοπτα με τους ανθρώπους. Βρίσκει εφαρμογές σε διάφορα πλαίσια υγειονομικής περίθαλψης, συμπεριλαμβανομένων οίκων φροντίδας και σχολείων. Επιπλέον, στην εκπαίδευση, έχει χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία εννοιών προγραμματισμού και ρομποτικής σε μαθητές όλων των ηλικιών, ενισχύοντας τη δημιουργικότητα και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Είναι γεγονός ότι η διαδραστική φύση του το καθιστούν ελκυστικό εργαλείο διδασκαλίας και μάθησης. Με το ποικίλο φάσμα αισθητήρων και δυνατοτήτων του, το NAO μπορεί να εκτελέσει εργασίες όπως χορό, περπάτημα, επικοινωνία και αναγνώριση αντικειμένων και προσώπου. Οι δυνατότητές του για αναγνώριση προσώπου και ομιλίας, καθώς και η ικανότητά του να περπατά και να εκτελεί συντονισμένες κινήσεις, το καθιστούν μια ευέλικτη πλατφόρμα για την εξερεύνηση νέων τρόπων αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας με ρομπότ. Ως αποτέλεσμα, το ρομπότ έχει γίνει δημοφιλής επιλογή για

ερευνητές, εκπαιδευτικούς και λάτρεις που ενδιαφέρονται για τον τομέα της ρομποτικής και της τεχνητής νοημοσύνης.

Η ενασχόληση με ανθρωποειδή ρομπότ προάγει την περιέργεια, προωθεί την επικοινωνία, τη συνεργασία, τη δημιουργικότητα, την κριτική σκέψη και την περιέργεια. Το NAO καλλιεργεί γνήσιες συνδέσεις με τους μαθητές, είναι διαδραστικό, διαισθητικό και φιλικό. Προορίζεται να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών και να κερδίσει την εμπιστοσύνη τους και να διατηρήσει την επένδυσή τους. Η μάθηση γίνεται πιο δυναμική και ενδιαφέρουσα αφού δεν περιέχει μόνο τις πληροφορίες, αλλά και την προσωπικότητα, την υπομονή και τον θετικισμό για να ενθαρρύνει τους μαθητές να παραμείνουν συγκεντρωμένοι και να συνεχίσουν να προσπαθούν.

## **2.5 Εργαλεία και εξοπλισμός**

Για τον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων είναι απαραίτητα ως εργαλεία το ρομπότ NAO, ένας φορητός υπολογιστής με ενσωματωμένο το πρόγραμμα Choregraphe, την εφαρμογή Robot Settings για τον προγραμματισμό του NAO και υλικό (κάρτες, αντικείμενα κτλ) σε περίπτωση που η εφαρμογή απαιτεί τη φυσική αλληλεπίδραση των χρηστών με αντικείμενα.

### **2.5.1 Λογισμικό Choregraphe**

Το Choregraphe είναι ένα περιβάλλον για οπτικό προγραμματισμό και τον έλεγχο των ρομπότ NAO και Pepper. Παρέχει μια διαισθητική διεπαφή μεταφοράς και απόθεσης για τη δημιουργία συμπεριφορών ρομπότ, επιτρέποντας στους χρήστες να δημιουργούν εύκολα σύνθετες κινήσεις και αλληλεπιδράσεις χωρίς την ανάγκη κωδικοποίησης. Με το Choregraphe, οι χρήστες μπορούν να σχεδιάσουν και να δοκιμάσουν τη συμπεριφορά του ρομπότ τους σε ένα εικονικό περιβάλλον πριν το αναπτύξουν στο φυσικό ρομπότ. Το εργαλείο περιλαμβάνει μια βιβλιοθήκη προκατασκευασμένων μονάδων και συμπεριφορών, όπως το περπάτημα, η ομιλία και η αναγνώριση προσώπων, οι οποίες μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν και να συνδυαστούν για να δημιουργήσουν προσαρμοσμένες συμπεριφορές. Επιπλέον, το Choregraphe επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν και να επεξεργάζονται κινήσεις, καθώς και να προγραμματίζουν τους αισθητήρες του ρομπότ, όπως την κάμερα και τους αισθητήρες αφής, για να ενεργοποιούν συγκεκριμένες συμπεριφορές. Το πρόγραμμα επιτρέπει επίσης τον απομακρυσμένο έλεγχο του ρομπότ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό ρομπότ όπως τα ρομπότ NAO και Pepper. Συνολικά, το Choregraphe είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τον προγραμματισμό ρομπότ και τη δημιουργία διαδραστικών συμπεριφορών.

## Κεφάλαιο 3

# Μεθοδολογία

### 3.1 Κριτήρια - επιλογή υλικού επισκόπησης

Η μεθοδολογία της παρούσας μελέτης βασίστηκε σε προηγούμενες σχετικές μελέτες που είχαν δημοσιευθεί στο πεδίο της Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Ρομπότ (Human-Robot Interaction - HRI) σε σχέση με το ανθρωποειδές ρομπότ NAO ειδικότερα στον τομέα της εκπαίδευσης και περιλαμβάνει μια ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας. Για την αναζήτηση και την επιλογή του κατάλληλου υλικού που θα μας βοηθήσει να απαντήσουμε στα ερευνητικά μας ερωτήματα, ακολουθήσαμε μια προσέγγιση που εστιάζει στην επισκόπηση του ευρέος πεδίου εφαρμογής.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα και η συνάφεια του υλικού ανασκόπησης για αυτή τη μελέτη, χρησιμοποιήθηκε μια προσεκτική διαδικασία επιλογής με βάση συγκεκριμένα κριτήρια. Πρώτον, τα κριτήρια συμπερίληψης επικεντρώθηκαν στην ημερομηνία δημοσίευσης, με προτίμηση σε υλικό που δημοσιεύτηκε την τελευταία δεκαετία για να διασφαλιστούν οι πιο ενημερωμένες πληροφορίες. Επιπλέον, το υλικό επιλέχθηκε με βάση την ακαδημαϊκή αυστηρότητα και την αξιοπιστία τους, με προτίμηση σε άρθρα περιοδικών με ομότιμους κριτές (peer-reviewed) και επιστημονικά βιβλία. Η συνάφεια και η ευθυγράμμιση του περιεχομένου με τους ερευνητικούς στόχους ήταν επίσης βασικοί παράγοντες κατά τη διαδικασία επιλογής. Χρησιμοποιώντας αυτά τα κριτήρια, το υλικό ανασκόπησης που χρησιμοποιείται σε αυτή τη μελέτη αναμένεται να παρέχει μια ολοκληρωμένη και αξιόπιστη βάση για την ανάλυση και τη συζήτηση του ερευνητικού θέματος.

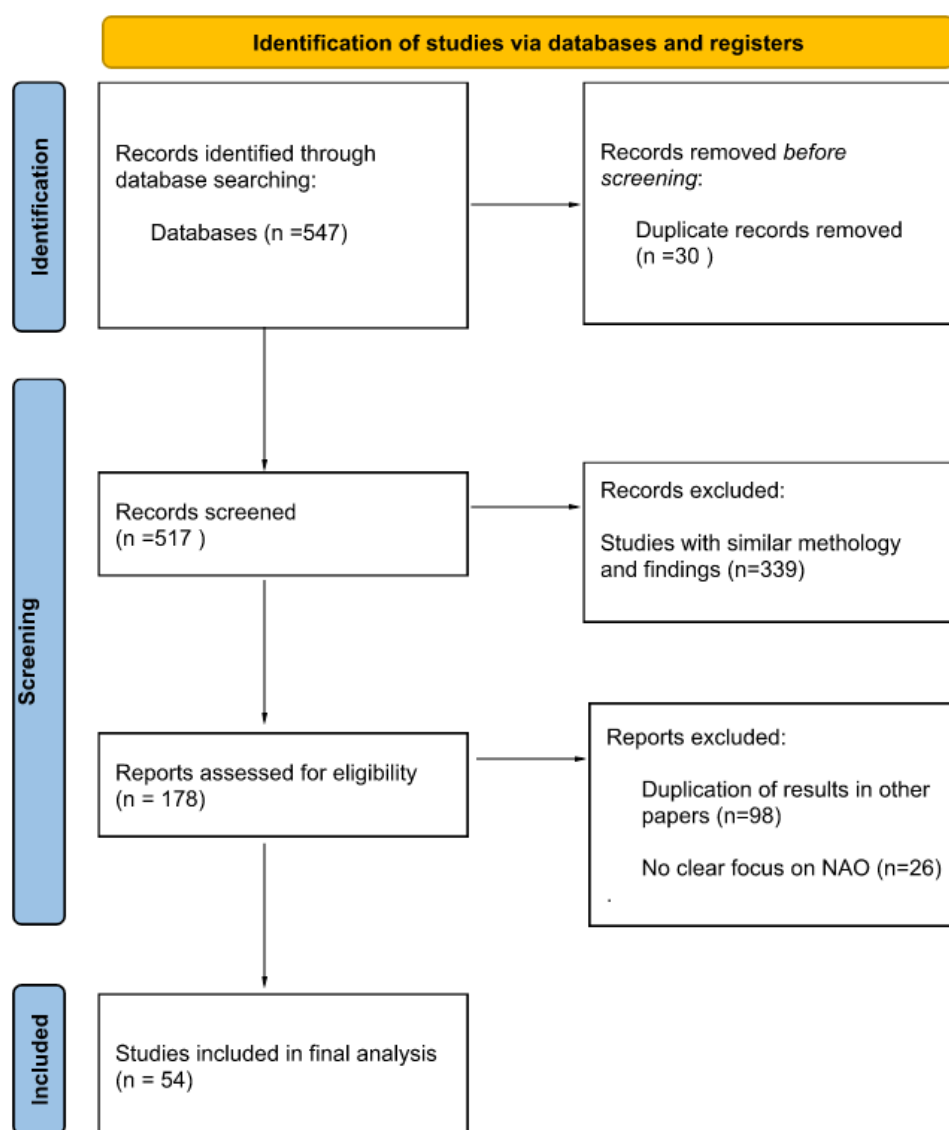
Για την επίτευξη αυτού του στόχου, πραγματοποιήθηκε μια διαδικασία που περιελάμβανε τη συλλογή σχετικών άρθρων και την αξιολόγηση του περιεχομένου τους. Αυτή η διαδικασία βασίστηκε στην εικόνα 1, η οποία αντλεί έμπνευση από το διάγραμμα ροής PRISMA, και είχε ως στόχο την καλύτερη οργάνωση και δομή της μεθοδολογίας.

Για την επίτευξη του στόχου ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

1. Εντοπισμός και επιλογή της αρχικής βιβλιογραφίας που περιλαμβάνει τις προηγούμενες μελέτες στο πεδίο του HRI.
2. Ανάλυση και σύνοψη των ευρημάτων από αυτές τις μελέτες με σκοπό την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών.
3. Οργάνωση της ανασκόπησης με βάση το διάγραμμα ροής που παρουσιάζεται στην Εικόνα 1, εξασφαλίζοντας τη συνοχή και την ομοιομορφία της αναφοράς.

4. Εκτέλεση αξιολόγησης του περιεχομένου με στόχο να εξασφαλιστεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία των παρουσιαζόμενων πληροφοριών.

Η παραπάνω διαδικασία αποτέλεσε τη βάση για τη συγγραφή της σχετικής συλλογής άρθρων και τη δημιουργία ενός οργανωμένου και ομοιόμορφου πλαισίου για την ανάλυση και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την αποτελεσματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και τη διασφάλιση της συνοχής και της συντακτικής ομοιομορφίας της μελέτης.



Εικόνα 1. Η διαδικασία διαλογής (προσαρμοσμένο από το πρότυπο PRISMA 2020).



Η παραπάνω συζήτηση είχε ως αποτέλεσμα να συγκεντρωθεί ένα δείγμα 54 μελετών, οι οποίες υποβλήθηκαν σε διαδικασία διπλής ταξινόμησης που περιελάμβανε ποσοτική και ποιοτική ανάλυση. Η εξέταση περιλαμβάνει διάφορα πεδία που εξήχθησαν από κάθε μελέτη, καθοδηγώντας τη μετέπειτα συλλογή και ανάλυσή τους. Αυτά τα πεδία περιλάμβαναν: τίτλο μελέτης, συγγραφείς, τόπος δημοσίευσης, έτος δημοσίευσης, λέξεις-κλειδιά, ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, στόχοι μελέτης, συμπερίληψη ή αποκλεισμός στην ανασκόπηση (με βάση προκαθορισμένα κριτήρια), σχεδιασμός μελέτης, ευρήματα και άλλες σχετικές λεπτομέρειες.

### 3.2 Καταλογογράφηση δημοσιεύσεων

Στον πίνακα 1. Παρατίθενται οι 54 δημοσιεύσεις που επιλέχθηκαν για τη βιβλιογραφική επισκόπηση.

**Πίνακας 1: Συλλογή και επεξεργασία δημοσιεύσεων**

A/A	ΤΙΤΛΟΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ	ΕΤΟΣ
1	"Vision-based corridor navigation for humanoid robots"	Faragasso A., Oriolo G., Paolillo A., Vendittelli M.	(2013) Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation, , art. no. 6631021 , pp. 3190-3195.	2013
2	"Study on social interaction between children with autism and humanoid robot NAO"	Miskam M.A., Hamid M.A.C., Yussof H., Shamsuddin S., Malik N.A., Basir S.N.	(2013) Applied Mechanics and Materials, 393 , pp. 573-578.	2013
3	"Robot learning and use of affordances in goal-directed tasks"	Wang C., Hindriks K.V., Babuska R.	(2013) IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, , art. no. 6696676 , pp. 2288-2294.	2013

4	"Remote operation of robots via mobile devices to help people with intellectual disabilities"	Trigo M.J.G., Brown D.J.	(2014) Proceedings - 2014 International Conference on Interactive Technologies and Games, iTAG 2014, , art. no. 6990183 , pp. 1-8.	2014
5	"Auto-evaluation of motion imitation in a child-robot imitation game for upper arm rehabilitation"	Guneyusu A., Siyli R.D., Salah A.A.	(2014) IEEE RO-MAN 2014 - 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication: Human-Robot Co-Existence: Adaptive Interfaces and Systems for Daily Life, Therapy, Assistance and Socially Engaging Interactions, , art. no. 6926253 , pp. 199-204.	2014
6	"Support changes during online human motion imitation by a humanoid robot using task specification"	Poubel L.P., Sakka S., Cehajic D., Creusot D.	(2014) Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation, , art. no. 6907092 , pp. 1782-1787.	2014
7	"Design and implementation of machine vision for board game in lumen social robot system"	Subekti P.F., Setijadi A., Rohman A.S.	(2014) Proceedings of the 2014 IEEE 4th International Conference on System Engineering and Technology, ICSET 2014, , art. no. 7111784.	2014
8	"Humanoid robot NAO as a teaching tool of emotion recognition for children with autism using the Android app"	Miskam M.A., Shamsuddin S., Samat M.R.A., Yussof H., Ainudin H.A., Omar A.R.	(2014) 2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, MHS 2014, , art. no. 7006084.	2014

9	<b>"Shaking Hands and Cooperation in Tele-present Human-Robot Negotiation"</b>	<b>Bevan C., Stanton Fraser D.</b>	<b>(2015) ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2015-March , pp. 247-254.</b>	<b>2015</b>
10	<b>"When Children Teach a Robot to Write: An Autonomous Teachable Humanoid Which Uses Simulated Handwriting"</b>	<b>Hood D., Lemaignan S., Dillenbourg P.</b>	<b>(2015) ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2015-March , pp. 83-90.</b>	<b>2015</b>
11	<b>"Active learning of affordances for robot use of household objects"</b>	<b>Wang C., Hindriks K.V., Babuska R.</b>	<b>(2015) IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 2015-February , art. no. 7041419 , pp. 566-572.</b>	<b>2015</b>
12	<b>"Attention based object recognition applied to a humanoid robot"</b>	<b>Pinto A.H.M., Oliveira L.O.D., Meneghetti R.C.G., Romero R.A.F., Benicasa A.X.</b>	<b>(2015) Proceedings - 2nd SBR Brazilian Robotics Symposium, 11th LARS Latin American Robotics Symposium and 6th Robocontrol Workshop on Applied Robotics and Automation, SBR LARS Robocontrol 2014 - Part of the Joint Conference on Robotics and Intelligent Systems, JCRIS 2014, , art. no. 7024270 , pp. 136-141.</b>	<b>2015</b>
13	<b>"Why that nao? How humans adapt to a conventional humanoid robot in taking turns-at-talk"</b>	<b>Pelikan H.R.M., Broth M.</b>	<b>(2016) Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, , pp. 4921-4932.</b>	<b>2016</b>

14	"Robot social skills for enhancing social interaction in physical training"	Park C., Kim J., Kang J.-H.	(2016) ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2016-April , art. no. 7451822 , pp. 493-494.	2016
15	"Investigating the impact of gender segregation within observational pretend play interaction"	Sandygulova A., O'hare G.M.P.	(2016) ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2016-April , art. no. 7451778 , pp. 399-406.	2016
16	"A Comparison of Humanoid and Non-humanoid Robots in Supporting the Learning of Pupils with Severe Intellectual Disabilities"	S. Aslam, P. J. Standen, N. Shopland, A. Burton and D. Brown	(2016) 2015 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, MHS 2015, , art. no. 7438298.	2016
17	"A questionnaire-based survey: Therapist's response on emotions gestures using humanoid robot for autism"	Miskam M.A., Shamsuddin S., Yussof H., Ariffin I.M., Omar A.R.	(2016) 2015 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, MHS 2015, , art. no. 7438298.	2016
18	"Fast human whole body motion imitation algorithm for humanoid robots"	Zhang L., Cheng Z., Gan Y., Zhu G., Shen P., Song J.	(2016) 2016 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, ROBIO 2016, , art. no. 7866528 , pp. 1430-1435.	2016
19	"Evaluating human-robot interaction using a robot exercise instructor at a senior living community"	Lewis L., Metzler T., Cook L.	(2016) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 9835 LNCS , pp. 15-25.	2016

20	<b>"Eldercare robotics revolution-explaining robotics for eldercare"</b>	<b>Di Maria N., Tan K., Salgado B., Su W., Vesonder G.</b>	<b>(2017) 2017 IEEE 8th Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference, UEMCON 2017, 2018-January , pp. 431-436.</b>	<b>2017</b>
21	<b>"Robot - Assisted therapy for autistic children"</b>	<b>Ackovska N., Kirandziska V., Tanevska A., Bozinovska L., Bozinovski A.</b>	<b>(2017) Conference Proceedings - IEEE SOUTHEASTCON, , art. no. 7925401.</b>	<b>2017</b>
22	<b>"Automatic replication of teleoperator head movements and facial expressions on a humanoid robot"</b>	<b>Ondras J., Celiktutan O., Sariyanidi E., Gunes H.</b>	<b>(2017) RO-MAN 2017 - 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2017-January , pp. 745-750.</b>	<b>2017</b>
23	<b>"A web services based solution for the NAO robot in cloud robotics environment"</b>	<b>R. Bouziane, L. S. Terrissa, S. Ayad, J. -F. Brethe and O. Kazar</b>	<b>2017 4th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), Barcelona, Spain, 2017, pp. 0809-0814, doi: 10.1109/CoDIT.2017.8102694.</b>	<b>2017</b>
24	<b>"Colored Petri Net Representation of Logical and Decisive Passing Algorithm for Humanoid Soccer Robots"</b>	<b>K. T. Pham, C. Cantone and S. -Y. Kim</b>	<b>2017 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration (IRI), San Diego, CA, USA, 2017, pp. 263-269, doi: 10.1109/IRI.2017.30</b>	<b>2017</b>
25	<b>"Functional imitation task in the context of robot-assisted Autism Spectrum Disorder diagnostics: Preliminary investigations"</b>	<b>F. Petric, D. Miklič, M. Cepanec, P. Cvitanović and Z. Kovačić</b>	<b>2017 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), Lisbon, Portugal, 2017, pp. 1471-1478, doi: 10.1109/ROMAN.2017.8172498</b>	<b>2017</b>

26	"Towards adaptive semantic subscriptions for stream reasoning in the robot operating system"	D. de Leng and F. Heintzo	2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Vancouver, BC, Canada, 2017, pp. 5445-5452, doi: 10.1109/IROS.2017.8206440	2017
27	"A way to promote the development of autistic teenagers through programming of a humanoid robot platform"	D. Arias and E. Madrid	2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Indianapolis, IN, USA, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/FIE.2017.8190511	2017
28	"Stairs recognition using stereo vision-based algorithm in NAO robot"	D. Aguilera-Castro, M. Neira-Cárcamo, C. Aguilera-Carrasco and L. Vera-Quiroga	2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON), Pucon, Chile, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/CHILECON.2017.8229674	2017
29	"Experiential robot learning with deep neural networks"	A. A. Aly and J. B. Dugan	2017 Joint IEEE International Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL-EpiRob), Lisbon, Portugal, 2017, pp. 356-361, doi: 10.1109/DEVLRN.2017.8329830	2017
30	"The experience of developing Mr. saud educational system using NAO humanoid robot"	H. S. Al-Khalifa, B. Alsalman, D. Alnuhait, A. Alkhalifah	2017 6th International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility (ICTA), Muscat, Oman, 2017, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICTA.2017.8336008.	2017
31	"NaoBlocks: A Case Study of Developing a Children's Robot Programming Environment"	C. J. Sutherland and B. A. MacDonald	2018 15th International Conference on Ubiquitous Robots (UR), Honolulu, HI, USA, 2018, pp. 431-436, doi: 10.1109/URAI.2018.8441843.	2018

32	<b>"Development of Intelligent Behaviors for Social Robots via User-Friendly and Modular Programming Tools"</b>	<b>E. Coronado, F. Mastrogiovanni and G. Venture</b>	<b>IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO), Genova, Italy, 2018, pp. 62-68, doi: 10.1109/ARSO.2018.8625839.</b>	<b>2018</b>
33	<b>"Social Robot NAO as a Self-Regulating Didactic Mediator: a Case Study of Teaching/Learning Numeracy"</b>	<b>E. Vrochidou, A. Najoua, C. Lytridis, M. Salonidis, V. Ferelis and G. A. Papakostas</b>	<b>2018 26th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Croatia, 2018, pp. 1-5, doi: 10.23919/SOFTCOM.2018.8555764</b>	<b>2018</b>
34	<b>"Getting to Know Each Other: The Role of Social Dialogue in Recovery from Errors in Social Robots"</b>	<b>G. M. Lucas et al.</b>	<b>13th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Chicago, IL, USA, 2018, pp. 344-351.</b>	<b>2018</b>
35	<b>"Teacher-Aware Active Robot Learning"</b>	<b>M. Racca, A. Oulasvirta and V. Kyrki</b>	<b>2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Daegu, Korea (South), 2019, pp. 335-343, doi: 10.1109/HRI.2019.8673300</b>	<b>2019</b>
36	<b>"Human Action Imitation System Based on Nao Robot"</b>	<b>N. Hu and L. Zheng</b>	<b>IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), Chengdu, China, 2019, pp. 2261-2264, doi: 10.1109/ITNEC.2019.8729383.</b>	<b>2019</b>
37	<b>"Learning Computer Vision using a Humanoid Robot"</b>	<b>J. P. M. Vital, N. M. Fonseca Ferreira, A. Valente, V. Filipe and S. F. S. P. Soares</b>	<b>IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Dubai, United Arab Emirates, 2019, pp. 639-645, doi: 10.1109/EDUCON.2019.8725196</b>	<b>2019</b>

38	<b>"RoboTICs: Implementation of a Robotic Assistive Platform in a Mathematics High School Class"</b>	<b>E. L. Caudana, G. Baltazar Reyes, R. G. Acevedo, P. Ponce, N. Mazon and J. M. Hernandez</b>	<b>IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Vancouver, BC, Canada, 2019, pp. 1589-1594, doi: 10.1109/ISIE.2019.8781520</b>	<b>2019</b>
39	<b>"NAO Robot as Demonstrator of Rehabilitation Exercises after Fractures of Hands"</b>	<b>D. Matić and Z. Kovačić</b>	<b>International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Croatia, 2019, pp. 1-6, doi: 10.23919/SOFTCOM.2019.8903637</b>	<b>2019</b>
40	<b>"Teaching the NAO Robot to Play a Human-Robot Interactive Game"</b>	<b>C. Li, E. Imeokparia, M. Ketzner and T. Tsahai</b>	<b>International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), Las Vegas, NV, USA, 2019, pp. 712-715, doi: 10.1109/CSCI49370.2019.00134</b>	<b>2019</b>
41	<b>"RACoN: a robot activity recognition approach using a convolutional neural network for the RoboCup Standard Platform League Penalty Shot Challenge"</b>	<b>A. Vernaza and O. Murillo</b>	<b>IV Jornadas Costarricenses de Investigación en Computación e Informática (JoCICI), San Pedro, Costa Rica, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/JoCICI48395.2019.9105217</b>	<b>2019</b>
42	<b>"Intelligent Robotics in the Structure of the Direction "Information Systems and Technologies"</b>	<b>A. Shvetcov, V. Gorbunov, S. Dianov and K. Kinyakin</b>	<b>V International Conference on Information Technologies in Engineering Education ( Inforino ), Moscow, Russia, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/Inforino48376.2020.9111807</b>	<b>2020</b>
43	<b>"Oh no, my instructions were wrong!" An Exploratory Pilot Towards Children's Trust in Social Robots"</b>	<b>R. Stower and A. Kappas</b>	<b>29th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), Naples, Italy, 2020, pp. 641-646, doi: 10.1109/RO-MAN47096.2020.9223495</b>	<b>2020</b>



44	<b>"Apply Acceleration Sampling to Learn Kick Motion for NAO Humanoid Robot"</b>	<b>X. Hu, Z. Li, G. Sun and B. Fang</b>	<b>International Conference on Computer Engineering and Intelligent Control (ICCEIC), Chongqing, China, 2020, pp. 318-323, doi: 10.1109/ICCEIC51584.2020.00068</b>	<b>2020</b>
45	<b>"The application of NAO robots in the course of "C language programming foundation" in secondary vocational schools"</b>	<b>Y. Jia, F. Xie and S. Wang</b>	<b>11th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME), Wuyishan, Fujian, China, 2021, pp. 495-499, doi: 10.1109/ITME53901.2021.00105</b>	<b>2021</b>
46	<b>"Improvement of Verbal and Non-Verbal Communication Skills of Children with Autism Spectrum Disorder using Human Robot Interaction"</b>	<b>S. A. Farhan, M. N. Rahman Khan, M. R. Swaron, R. N. Saha Shukhon, M. M. Islam and M. A. Razzak</b>	<b>IEEE World AI IoT Congress (AIIoT), Seattle, WA, USA, 2021, pp. 0356-0359, doi: 10.1109/AIIoT52608.2021.9454193.</b>	<b>2021</b>
47	<b>"A New Speech Recognition Model in a Human-Robot Interaction Scenario Using NAO Robot: Proposal and Preliminary Model"</b>	<b>H. A. Younis, A. S. A. Mohamed, M. N. Ab Wahab, R. Jamaludin and S. Salisu</b>	<b>International Conference on Communication &amp; Information Technology (ICICT), Basrah, Iraq, 2021, pp. 215-220, doi: 10.1109/ICICT52195.2021.9568457.</b>	<b>2021</b>
48	<b>"Blockly in a Box: How Children Explore Block-Based Robot Programming"</b>	<b>C. J. Sutherland</b>	<b>19th International Conference on Ubiquitous Robots (UR), Jeju, Korea, Republic of, 2022, pp. 263-267, doi: 10.1109/UR55393.2022.9826278</b>	<b>2022</b>
49	<b>"Development of Intelligent Transportation Function Based on NAO Robot"</b>	<b>S. N. Luo, S. -P. Tseng and J. L. Ding</b>	<b>10th International Conference on Orange Technology (ICOT), Shanghai, China, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICOT56925.2022.10008136.</b>	<b>2022</b>

50	"Eye Contact Measurement using NAO Robot Vision for Autism Intervention"	M. A. Rosly, H. Yussof, S. Shamsuddin, N. I. Zahari and A. Z. Che Daud	IEEE 12th International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), Penang, Malaysia, 2022, pp. 93-96, doi: 10.1109/ICCSCE54767.2022.9935637.	2022
51	"A System for Giving Presentations with the NAO Robot"	P. Mohan and M. Hosein	IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM), St. Michael, Barbados, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/GEM56474.2022.10017306.	2022
52	"NAO robot, an educational assistant in training, educational and therapeutic sessions"	M. Feidakis, I. Gkolompia, A. Marnelaki, K. Marathaki, S. Emmanouilidou and E. Agrianiti	IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Kuwait, Kuwait, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/EDUCON54358.2023.10125229	2023
53	"An Improved Object Detection Method Based on NAO Robot"	F. Sun, C. Wang, T. Zheng and H. Liu	IEEE 3rd International Conference on Power, Electronics and Computer Applications (ICPECA), Shenyang, China, 2023, pp. 1184-1188, doi: 10.1109/ICPECA56706.2023.10076034	2023
54	"Human Robot Interaction with Nao"	C. V. R, D. G, S. K. J, R. S. B. S and R. A	2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA), Coimbatore, India, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICAECA56562.2023.10200502	2023

### **3.2.1 Αναγνώριση - Ταυτοποίηση**

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στη βιβλιογραφική βάση δεδομένων Scopus με σκοπό να εντοπιστούν δημοσιεύσεις που εκδόθηκαν από το 2013 έως το 2023 και πιθανόν να περιλαμβάνουν σχετικό υλικό. Ως λέξη-κλειδί αναζήτησης χρησιμοποιήθηκε ο όρος “ανθρωποειδές ρομπότ NAO”. Επίσης, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων IEEE, Springer και ACM DL με σκοπό να καλυφθεί μεγάλος αριθμός πηγών δημοσιεύσεων. Η επιλογή ήταν να διατηρηθεί η αναζήτηση ευρείας κάλυψης, προκειμένου να καλυφθούν εκτενώς τα ερευνητικά έργα που ασχολούνται με την αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ (HRI) χρησιμοποιώντας το ρομπότ NAO. Το πλαίσιο της αναζήτησης περιορίστηκε σε δημοσιεύσεις στα αγγλικά και εξετάστηκαν δημοσιεύσεις που περιείχαν τα σύνολα των φράσεων “αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ”, “NAO” και “εκπαίδευση” στον τίτλο, την περίληψη ή τις λέξεις-κλειδιά. Συνολικά, εντοπίστηκαν 547 αρχεία, τα οποία υποβλήθηκαν στη διαδικασία αξιολόγησης.

### **3.2.2 Διαδικασία αξιολόγησης**

Στο πλαίσιο της διαδικασίας αξιολόγησης δημοσιεύσεων για την παρούσα διπλωματική εργασία, ακολουθήθηκε μια προσεκτική και συστηματική προσέγγιση για την επιλογή των κατάλληλων ενδεικτικών δημοσιεύσεων που θα αποτελέσουν τη βάση της ανάλυσης. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε έλεγχος των περιλήψεων κάθε δημοσίευσης, με στόχο τον εντοπισμό αναγκαίων πληροφοριών που αφορούν το ρομπότ NAO. Στη συνέχεια, διερευνήθηκε ο τρόπος χρήσης του ρομπότ NAO σε κάθε έρευνα, προκειμένου να κατανοηθεί η συμβολή του στο ερευνητικό πεδίο.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε αυστηρότερη επιλογή, αποκλείοντας δημοσιεύσεις που δεν συνδέονταν άμεσα με το θέμα ή δεν είχαν σχέση με το ρομπότ NAO. Κριτήρια αξιολόγησης περιλάμβαναν το περιεχόμενο των δημοσιεύσεων και την εννοιολογική, καθώς και πρακτική τους, σύνδεση με το θέμα. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίστηκε ότι οι επιλεγμένες δημοσιεύσεις παρείχαν την απαιτούμενη εμβάθυνση και κατανόηση για τη χρήση του ρομπότ στο πεδίο της έρευνας.

### 3.3 Καταλογογράφηση εφαρμογών

#### 3.3.1 Αποθετήριο CONSEDRE

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αξίζει να αναφερθεί το αποθετήριο *CONSEDRE* [79]. Πρόκειται για ένα αποθετήριο εκπαιδευτικών πόρων το οποίο περιλαμβάνει την έρευνά και τις εφαρμογές που έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί για το ρομπότ NAO. Το αποθετήριο έχει σχεδιαστεί για να είναι φιλικό προς τον χρήστη και ενημερωτικό, παρέχοντας μια κατηγοριοποίηση των εφαρμογών με το NAO, καθώς και μια συλλογή διδακτικού υλικού που διδάσκει την Επιστήμη των Υπολογιστών μέσω συναρπαστικών παιχνιδιών. Πιο συγκεκριμένα, οι εφαρμογές είναι σχεδιασμένες για να υποστηρίζουν την εκπαίδευση των μαθητών σε διάφορους τομείς, όπως η ειδική αγωγή, η περιβαλλοντική εκπαίδευση, η μουσικοκινητική εκπαίδευση και η πολιτιστική κληρονομιά.

Έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές που βοηθούν τους μαθητές να μάθουν για περιβαλλοντικά θέματα και την αειφορία, ενισχύοντας ταυτόχρονα τη σωματική και κοινωνική ανάπτυξή τους με μια ευχάριστη και διαδραστική εμπειρία μάθησης. Με την ενσωμάτωση της μουσικής και της κίνησης στην εκπαίδευση, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν σημαντικές δεξιότητες, ενισχύοντας παράλληλα τη δημιουργικότητά τους. Τέλος, υπάρχουν εφαρμογές που στοχεύουν στο να βοηθήσουν τους μαθητές να αναγνωρίσουν τα βασικά χαρακτηριστικά της πλαστικής τέχνης, να διακρίνουν τα κύρια στοιχεία στα έργα τέχνης και στα αρχαία μνημεία, καθώς και να ονομάζουν σημαντικά αγάλματα του ελληνικού πολιτισμού.

Ακολουθεί μια ανάλυση των εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί σε καθένα από αυτά τα πεδία:

A/A	Τίτλος εφαρμογής	Είδος	Περιγραφή
1	“How 2be An Ecoist”	Περιβαλλοντική αγωγή	Το ανθρωποειδές ρομπότ ΝΑΟ έχει προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να διδάσκει στα παιδιά θέματα γύρω από την οικολογία μέσα από τις ιστορίες του, αλλά και από τα παιχνίδια. Ολόκληρο το εκπαιδευτικό σενάριο έχει χωριστεί σε 3 ενότητες: ανακύκλωση, νερό και ηλεκτρισμός.
2	“Dance the NAO style”	Μουσικοκινητική Αγωγή	Αποτελείται από παιχνίδια αισθησιοκινητικά, με έμφαση στην αντίληψη των κανόνων που θέτει ο ΝΑΟ και στην καλλιέργεια της συγκέντρωσης, της παρατηρητικότητας και της φαντασίας τους. Συγκεκριμένα: 1. Προθέρμανση 2. Χορογραφία 3. Αποθεραπεία, έτσι ώστε μέσα από την από την κίνηση, να επιτευχθεί ελευθερία έκφρασης και εκγύμναση του σώματος των παιδιών.
3	“Χορεύουμε και τραγουδάμε”	Μουσικοκινητική Αγωγή / Ειδική Αγωγή	Οι μαθητές τραγουδούν και χορεύουν με το ΝΑΟ το τραγούδι «Χαρωπά τα δυο μου χέρια τα χτυπά».

4	“NAOtues”	Πολιτιστική κληρονομιά	Οι μαθητές αλληλεπιδρούν με το ΝΑΟ για να μάθουν για την πολιτιστική κληρονομιά, καθισμένοι σε ένα αμφιθέατρο ή με καθαρή θέα του ρομπότ. Χρησιμοποιούν ένα μεγάλο τραπέζι για να τοποθετήσουν το ΝΑΟ και αφού μάθουν τα επτά αγάλματα της εφαρμογής, τα δείχνουν στο ΝΑΟ και απαντούν σε ερωτήσεις σχετικά με το όνομα του αγάλματος. Το ΝΑΟ επιβραβεύει τις σωστές απαντήσεις και παρέχει πρόσθετες πληροφορίες.
5	“Κάνουμε τον Μάγειρα”	Ειδική Αγωγή	Αυτή η δραστηριότητα είναι μία διασκεδαστική και εκπαιδευτική εμπειρία για τα παιδιά καθώς με αυτόν τον τρόπο, το ΝΑΟ δίνει την εντύπωση ότι είναι ένας φίλος και συνοδός τους στο παιχνίδι τους. Τα παιδιά μπορούν να αλληλεπιδρούν με το ρομπότ και να αποκτήσουν καλύτερη κατανόηση των βημάτων που απαιτούνται για τη μαγειρική και την προετοιμασία ενός γεύματος. Επιπλέον, η δραστηριότητα αυτή μπορεί να ενισχύσει τη δημιουργικότητα και τη φαντασία των παιδιών και να τους βοηθήσει να αναπτύξουν δεξιότητες όπως η επικοινωνία και η συνεργασία.
6	“Κάνουμε τα ζώα”	Ειδική Αγωγή	Σε αυτήν τη δραστηριότητα, οι μαθητές θα παίξουν ένα παιχνίδι ρόλων, προσποιούμενοι διάφορα ζώα, όπως αγελάδα, βάτραχος, σκύλος, ελέφαντας, ποντίκι, γορίλας και πουλί. Τα πρώτα τρία ζώα είναι γνώριμα σε πολλά παιδιά από παιχνίδια μίμησης, ενώ τα επόμενα παρουσιάζονται λιγότερο συχνά. Το ΝΑΟ θα δείξει μια εικόνα με το χέρι του, θα πει το όνομα ενός ζώου και θα παρουσιάσει τη συμπεριφορά του, καλώντας στη συνέχεια τον μαθητή να κάνει το ίδιο. Στη συνέχεια, τα παιδιά θα δείξουν την εικόνα ενός ζώου στο ΝΑΟ, τοποθετώντας το μπροστά στην κάμερά του, και ο ΝΑΟ θα αναγνωρίσει το ζώο και θα κάνει την αντίστοιχη κίνηση και ήχο.

7	“ΝΑΟ-ΝΑΟ είσαι εδώ;”	Ειδική Αγωγή	Το ΝΑΟ και το παιδί θα παίζουν μία παραλλαγή του παιχνιδιού «λύκε λύκε είσαι εδώ;». Το ρομπότ προκειμένου να χορέψουν παρέα με το παιδί θα προσποιείται ότι φοράει διαφορετικά κάθε φορά ρούχα ή αξεσουάρ (ζακέτα, ζώνη, γυαλιά, γάντια, καπέλο) κάνοντας ανάλογες κινήσεις. Έπειτα θα ζητήσει από το παιδί μιμηθεί την συμπεριφορά και να προσποιηθεί ότι ντύνεται και αυτό. Θα του λέει κάθε φορά να βάλει ένα από τα παραπάνω ρούχα, θα του δείχνει την κίνηση ξανά και θα περιμένει από το παιδί την ανάλογη μίμηση για να προβεί στην ενίσχυση.
8	“Μαθαίνω την ΜΑΚΑΤΟΝ με το ΝΑΟ”	Ειδική Αγωγή	Το ανθρωποειδές ρομπότ ΝΑΟ έχει προγραμματιστεί να εκτελεί συγκεκριμένα 14 νοήματα μέσω της αφήγησης ενός παραμυθιού. Τα παιδιά κατανοούν, αντιγράφουν και διδάσκονται τα συγκεκριμένα νοήματα.
9	“Αγγίξε με”	Ειδική Αγωγή	Αυτή η δραστηριότητα είναι κατάλληλη για να διδαχθούν οι μαθητές για την ανθρωπομορφική συμπεριφορά των ρομπότ και τον τρόπο που ανταποκρίνονται σε ανθρώπινα ερεθίσματα, όπως τα χάδια. Επίσης, αυτή η δραστηριότητα μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν τις κοινωνικές τους δεξιότητες, όπως η εκφραστικότητα και η ευαισθησία στα συναισθήματα των άλλων.
10	“ΝΑΟtues_Eds”	Ειδική Αγωγή	Οι μαθητές δείχνουν μια εικόνα ενός αγάλματος στο ΝΑΟ, το οποίο την αναγνωρίζει, λέει στα παιδιά λίγες πληροφορίες και στέκεται όπως το άγαλμα. Καλεί τα παιδιά να σταθούν με τον ίδιο τρόπο.
11	“Γνωριμία με το ΝΑΟ”	Ειδική Αγωγή	Το ΝΑΟ δείχνει τι μπορεί να κάνει. Αρχικά κάθεται, μιλάει κουνώντας τα χέρια του και αλλάζει χρώμα στα LED. Έπειτα σηκώνεται, περπατάει στον χώρο, δείχνει τα χέρια και τα δάχτυλά του και καταλήγει λέγοντας ότι είναι ώρα να παίζει με τα παιδιά.





### 2.3.1 Αποθετήριο F.U.N Lab

Το NAO-Base περιλαμβάνει δοκιμασμένες συμπεριφορές ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε συνεδρίες θεραπείας στο F.U.N. Lab με τα ρομπότ Aldebaran NAO. Η συλλογή περιλαμβάνει YouTube βίντεο και αρχεία μορφής ".crg" που μπορούν να ληφθούν για χρήση σε εφαρμογές για το NAO με το λογισμικό Choregraphe.

Αυτό το έργο αναπτύχθηκε κυρίως για να χρησιμεύσει ως οδηγός για τους φοιτητές και το προσωπικό του Πανεπιστημίου της Notre Dame F.U.N. Lab και το Κέντρο για παιδιά και οικογένειες σε ερευνητικές πρωτοβουλίες για ρομπότ και αυτισμό. Μπορεί επίσης να είναι μια βοήθεια για οποιονδήποτε άλλον που μπορεί να χρησιμοποιεί τα ρομπότ NAO.

Το NAO-Base χωρίζεται στις ακόλουθες ενότητες: Κινήσεις με ήχο, Κινήσεις χωρίς ήχο, Ειδικές κινήσεις, Τελική στάση, Μόνο ομιλία, Συμβουλές κειμένου σε ομιλία και Γλωσσάρι κοινών όρων.

Ακολουθούν περιγραφές κάθε ενότητας μαζί με τις εφαρμογές τους καθώς και τα αρχεία ".crg".

- **Κινήσεις με ήχο**

Αυτή η ενότητα περιλαμβάνει συμπεριφορές ρομπότ που ενσωματώνουν ομιλία, μουσική ή άλλο ήχο μαζί με σωματική κίνηση. Οι υποφάκελοι σε αυτήν την ενότητα είναι:

#### 1. Θετική Ενίσχυση (Positive Reinforcement)

**Clapping** Το NAO χτυπά τα χέρια του μεταξύ τους λέγοντας "υπέροχη δουλειά!" και ακούγεται ένας ήχος χειροκροτήματος.

**Clapping 2** Το NAO λέει "υπέροχη δουλειά" ενώ χειροκροτεί.

**Excellent** Το NAO κάνει μια γροθιά με το δεξί του χέρι και το σπρώχνει στον αέρα.

**You're Right (with clapping)** Το NAO σηκώνει και τα δύο χέρια πάνω από το κεφάλι, κατεβάζει τα χέρια και τα κινεί μπρος-πίσω χτυπώντας παλαμάκια. Το NAO λέει, "You're right", χειροκροτώντας και τα παιδιά ζητωκραυγάζουν.

**You Are So Smart** Το NAO δείχνει το δεξί χέρι στο ισχίο, δείχνει με το αριστερό και λέει, "You are so smart!".

**You Are So Smart (with cheering)** Το NAO δείχνει με το δεξί χέρι και κινεί το αριστερό χέρι πάνω-κάτω, τον αγκώνα λυγισμένο και τη γροθιά κλειστή. Το NAO λέει, "You are so smart", με τα παιδιά να ζητωκραυγάζουν.

**Yes, You Got It** Το NAO λυγίζει τα γόνατα και τραβάει και τα δύο χέρια προς τα κάτω, ενώ λέει, "Yes, you got it!".

**Wow** Η κίνηση είναι η ίδια με το "Nod Head". Το NAO λέει, "Wow! You are getting really good at this!".

**Woohoo!** Το NAO σηκώνει τα χέρια πάνω από το κεφάλι, λυγίζει τα γόνατα και τα κινεί πάνω-κάτω ενώ λέει, "Woohoo! You did it!".

**Up High** To NAO σηκώνει το αριστερό χέρι κατευθείαν στον αέρα και λέει, "Way to go! Up high!".

**"Super! Way to go!"** To NAO λέει, "Super! Way to go!" με την ίδια κίνηση με το «Fist Pump».

**Pound It** To NAO λέει, "Pound It", ενώ λυγίζει τα πόδια και κρατά το αριστερό χέρι ευθεία προς τα έξω με τη γροθιά κλειστή.

**Arms Raised** To NAO λυγίζει τα γόνατα, σηκώνει τα χέρια και κινείται προς τα πάνω και προς τα κάτω με μια κίνηση άλματος. Το ρομπότ λέει "You did it! Great Job!".

**Down Low Too Slow** To NAO λέει, "Way to go! Up high", κινώντας το αριστερό χέρι ευθεία προς τα πάνω. Το NAO λέει στη συνέχεια, "Down low", ενώ κινεί το χέρι ευθεία προς τα κάτω. Τέλος, το NAO λέει, "Too slow" και τραβάει το χέρι.

**Keep Going** To NAO λέει, "Keep going. You're doing good", ενώ κινεί το αριστερό χέρι με κυκλικές κινήσεις.

**Nod Head** To NAO λέει, "Yes, you're right", ενώ γνέφει με το κεφάλι και κοιτάζει προς τα δεξιά.

**Rock On** To NAO λέει, "Rock on", ενώ σηκώνει το δεξί χέρι ευθεία προς τα πάνω με ελαφρά κάμψη στον αγκώνα και κλειστή γροθιά.

**You Rock Dude (with siren)** Η κίνηση είναι ίδια με το "Rock On". Το NAO λέει, "Rock On", με ηχητικό σήμα. \*\*\*Αυτή η κίνηση δεν έχει χρησιμοποιηθεί σε θεραπευτικές συνεδρίες.

**You're the Man (with siren)** To NAO δείχνει με το δεξί του χέρι, κουνάει το αριστερό του χέρι γύρω και δείχνει με το αριστερό του χέρι και λέει, «You're the Man», με ηχητικό σήμα. \*\*\*Αυτή η κίνηση δεν έχει χρησιμοποιηθεί σε θεραπευτικές συνεδρίες.

## 2. Χαιρετισμοί (Salutations)

**Hello** To NAO λέει, "Hello, my name is Kelly. Do you want to play?" To NAO κυματίζει επίσης με το δεξί χέρι. Το όνομα που χρησιμοποιείται μπορεί να αλλάξει στο αρχείο crg για χρήση με άλλα ρομπότ.

**How's it going?** To NAO λέει "How's it going?" και εκτελεί απλές χειρονομίες.

**Hey There** To NAO κινεί το αριστερό χέρι σε ένα κύμα ενώ λέει "Hey There."

**See You Next Time** To NAO κουνάει το αριστερό χέρι και λέει «See you next time».

**Wave Goodbye** To NAO κουνάει το αριστερό χέρι και λέει «Goodbye, See you next time».

**Wave Goodbye 2** To NAO κουνάει το αριστερό χέρι και λέει «Goodbye, See you later».

**Rules** To NAO δίνει μια περιγραφή των κανόνων ρομπότ για το Notre Dame F.U.N. Lab. Το ρομπότ εκτελεί μια σειρά από χειρονομίες. Αυτή η κίνηση χρησιμοποιείται στην πρώτη συνεδρία θεραπείας με το ρομπότ για να πει στα παιδιά τους κανόνες χρήσης του NAO.

**Get Well Soon** To NAO λέει «Get well soon from the F.U.N. Lab». Το NAO προσομοιώνει τα φιλήματα.

### 3. Ανακατεύθυνση (Redirect)

**Hmm, Let's Try That Again** Το ΝΑΟ λέει, "Hmm, let's try that again", και σηκώνει το αριστερό χέρι στο στόμα.

**Not Sure That's Right** Το ΝΑΟ λέει, "I'm not sure that's right. Let's go back to the beginning." Το ΝΑΟ σηκώνει το αριστερό χέρι με το κεφάλι και προσποιείται ότι ξύνει το κεφάλι.

**Listen to Me** Το ΝΑΟ βάζει τα χέρια στους γοφούς, λυγίζει τα γόνατα και λέει, «Listen to Me».

**Listen To Therapist** Το ΝΑΟ κάνει την ίδια κίνηση όπως φαίνεται στο "Listen to Me", αλλά λέει "Listen to (the therapist)."

**Look at Me** Το ΝΑΟ φέρνει το αριστερό χέρι στο στήθος, κλείνει τη γροθιά του και λέει, «Look at Me».

**Oh, No!** Το ΝΑΟ λυγίζει τα γόνατα και γέρνει προς τα εμπρός. Τα χέρια ανεβαίνουν στο κεφάλι και λέει "Oh No. Let's try it again."

**Raise Your Hand** ΝΑΟ λέει, "Raise your hand to ask a question." Στη συνέχεια, το ΝΑΟ σηκώνει το αριστερό του χέρι ενώ ταυτόχρονα λέει, "Like this", δείχνοντας πώς να κάνετε μια ερώτηση.

**Let's Do It Again** Το ΝΑΟ βάζει τα χέρια στο κεφάλι, σκύβει ελαφρώς προς τα εμπρός, κουνάει το κεφάλι και λέει, "That's not right. Let's do it again."

**Sit Down** Το ΝΑΟ γονατίζει, ενώνει τα χέρια του και λέει: «Sit Down».

**Slow Down** Το ΝΑΟ λυγίζει τα γόνατα και σηκώνει τις παλάμες και των δύο χεριών προς τα πάνω ενώ λέει, «Slow Down».

**That Was Not Right** Το ΝΑΟ κουνάει αργά το κεφάλι με το άλλο και λέει, "That was not right. Let's try again."

### 4. Λάθη οδηγού (Wizard Mistakes)

**Say That Again** Το ΝΑΟ γυρίζει το κεφάλι προς τα δεξιά, φέρνει το αριστερό χέρι στο αυτί και λέει, "I'm sorry. Could you say that again please?"

**I Don't Know** Το ΝΑΟ σηκώνει τους ώμους του, λυγίζει στα γόνατα και λέει, «I Don't Know».

**Not Paying Attention** Το ΝΑΟ κουνάει το κεφάλι δίπλα στο άλλο και λέει, "I'm sorry, I was not paying attention".

**Oops** Το ΝΑΟ σηκώνει τους ώμους και λέει, "Oops".

**So Tired** Το ΝΑΟ γυρίζει το κεφάλι προς τα δεξιά, σκουπίζει το μέτωπο με το δεξί χέρι και λέει, "I am so tired".

**Sorry, Can't Do That** Το ΝΑΟ σηκώνει τους ώμους και λέει, «Sorry, I can't do that».

## 5. ASL (American Sign Language - αμερικανική νοηματική γλώσσα)

**Mom's Name** Το ΝΑΟ λέει "What is your mom's name?" και μιμείται την αμερικανική νοηματική γλώσσα για τη λέξη «μαμά».

**Dad's Name** Το ΝΑΟ λέει "What is your dad's name?" και χρησιμοποιεί την αμερικανική νοηματική γλώσσα για τη λέξη «μπαμπάς».

**House Number** Το ΝΑΟ λέει "What is your house number?" και χρησιμοποιεί την αμερικανική νοηματική γλώσσα για τη λέξη "αριθμός σπιτιού".

### • *Κινήσεις χωρίς ήχο*

Αυτές είναι οι κινήσεις που δεν περιέχουν καμία ομιλία ή ήχο από το ρομπότ και είναι αυστηρά κινήσεις του σώματος. Οι υποφάκελοι σε αυτήν την ενότητα είναι:

#### 1. Γενικές Κινήσεις (Generic Movements)

**Generic Movement** Το ΝΑΟ κάνει μια γενική κίνηση που περιλαμβάνει κίνηση και των δύο χεριών.

**Generic Movement 1** Το ΝΑΟ κάνει μια γενική κίνηση που περιλαμβάνει κίνηση και των δύο χεριών και του κεφαλιού από δεξιά προς τα αριστερά και μετά πίσω στο κέντρο.

**Generic Movement 2** Το ΝΑΟ σηκώνει τους ώμους.

**Generic Movement 3** Το ΝΑΟ κάνει μια γενική κίνηση που περιλαμβάνει κίνηση και των δύο χεριών και ελαφριά κίνηση του κεφαλιού προς τα δεξιά και μετά προς τα κάτω και μετά πίσω στο κέντρο.

**Generic Movement 4** Το ΝΑΟ κάνει μια γενική κίνηση που περιλαμβάνει κίνηση και των δύο χεριών, ο αριστερός βραχίονας στρέφεται ελαφρώς προς τα έξω και προς τα πάνω, το κεφάλι κινείται ελαφρώς προς τα αριστερά.

**Generic Movement 5** Το ΝΑΟ κάνει μια γενική κίνηση που περιλαμβάνει κίνηση και των δύο χεριών, το δεξί χέρι κινείται προς τα δεξιά και μετά πίσω στο κέντρο, κίνηση του κεφαλιού προς τα αριστερά και μετά πίσω στο κέντρο.

**Generic Movement 6** Το ΝΑΟ λυγίζει ελαφρά και φέρνει το αριστερό χέρι ελαφρώς ψηλά στον αγκώνα. Το δεξί χέρι κινείται λίγο προς τα αριστερά.

**Generic Movement 7** Το ΝΑΟ κάνει μια γενική κίνηση που περιλαμβάνει κίνηση και των δύο χεριών, το κεφάλι κινείται ελαφρώς προς τα αριστερά και μετά προς τα κάτω και μετά επιστρέφει στο κέντρο.

**Generic Movement 8** Το ΝΑΟ κάνει μια γενική κίνηση που περιλαμβάνει κίνηση και των δύο χεριών προς τα πάνω, το δεξί χέρι κινείται ψηλότερα από το αριστερό.

**Generic Movement 9** Το ΝΑΟ μετακινεί τα χέρια ελαφρώς προς τα πάνω και το κεφάλι ελαφρώς προς τα κάτω και προς τα αριστερά.

**Generic Movement 10** Το ΝΑΟ λυγίζει στα γόνατα και τοποθετεί το δεξί χέρι στο ισχίο.

**Generic Movement 11** Το NAO μετακινείται με το κεφάλι προς τα κάτω προς τα δεξιά, στη συνέχεια προς τα πάνω και μετακινεί το δεξί χέρι προς τα εμπρός.

**Generic Movement 12** Το NAO μετακινεί το κεφάλι προς τα αριστερά και επεκτείνει το αριστερό χέρι προς τα αριστερά.

**Generic Movement 13** Το NAO κινείται με το κεφάλι προς τα κάτω και προς τα δεξιά και μετακινεί και τα δύο χέρια προς το κέντρο.

**Generic Movement 14** Το NAO κινεί όπλα παρόμοια με το Generic Movement 2 αλλά χαμηλότερα.

## 2. Διαγνωστικές κινήσεις (Diagnostic Movements)

**Head Diagnostic** Το NAO κινεί το κεφάλι του μέσα από μια σειρά κινήσεων.

**Left Arm Diagnostic** Το NAO κινεί τον αριστερό του βραχίονα μέσω ποικίλων κινήσεων χρησιμοποιώντας μία άρθρωση τη φορά.

**Right Arm Diagnostic** Το NAO κινεί το δεξί του χέρι μέσα από μια ποικιλία κινήσεων χρησιμοποιώντας μία άρθρωση τη φορά.

## 3. Κινήσεις Σώματος (Body Movements)

**Hand on Hip with Point** Το NAO λυγίζει στα γόνατα, βάζει το δεξί χέρι στο ισχίο και δείχνει με το αριστερό χέρι. Η κίνηση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ανακατεύθυνση ή εάν ο NAO έδινε εντολή ή κανόνα.

**Hands on Hips** Το NAO βάζει και τα δύο χέρια στους γοφούς.

**Hang Head** Το NAO κάνει μια κίνηση με το κεφάλι μπροστά.

**Head Nod** Το NAO γνέφει με το κεφάλι και γέρνει προς τα δεξιά.

**Head Scratch** Το NAO σηκώνει το αριστερό χέρι και κινεί τα δάχτυλα για να ξύσει το κεφάλι.

**Look At Therapist** Το NAO σηκώνει το αριστερό χέρι και δείχνει προς τα εμπρός.

**One Hand on Hip** Το NAO βάζει το δεξί χέρι στο ισχίο με το δεξί πόδι λυγισμένο.

**Raise the Roof** Το NAO μετακινεί τον βραχίονα σε σχήμα W και τους μετακινεί και τους δύο προς τα πάνω ταυτόχρονα, μιμούμενος μια κίνηση ανύψωσης της οροφής.

**Shake Head** Το NAO κουνάει το κεφάλι δεξιά και αριστερά.

**Wave and Look Away** Το NAO κουνάει το δεξί του χέρι από τον ώμο με το κεφάλι γυρισμένο προς τα δεξιά και πίσω.

**Clapping No Sound** Το NAO χτυπά τα χέρια ακριβώς όπως και στις άλλες κινήσεις παλαμάκια, ωστόσο αυτό το αρχείο δεν περιέχει ήχους ή ομιλία.

### 3.4 Βιβλιογραφική επισκόπηση 2013-2023

**2013** Στην μελέτη των Faragasso, Oriolo, Paolillo και Vendittelli, περιγράφεται μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την οπτική πλοήγηση ενός ανθρωποειδούς ρομπότ σε ρυθμίσεις γραφείου. Ο στόχος αυτού του ρομπότ είναι να πλησιάσει όσο το δυνατόν περισσότερο στο κέντρο του χώρου για να βελτιστοποιήσει την ασφάλεια της κίνησης. Για τον έλεγχο του ρομπότ, χρησιμοποιείται μια μέθοδος που αρχικά αναπτύχθηκε για μονόκυκλα ρομπότ αλλά επεκτάθηκε για να λαμβάνει υπόψη στροφές και διασταυρώσεις. Η μέθοδος αυτή μετατρέπει τα σήματα ανάδρασης από το μονόκυκλο ρομπότ σε είσοδο για το ανθρωποειδές ρομπότ, προσδίδοντας του μια φυσική και ανθρώπινη συμπεριφορά. Πειραματικά ευρήματα παρέχονται για να επιβεβαιωθεί η βιωσιμότητα αυτής της τεχνικής, ειδικά όσον αφορά στροφές και διασταυρώσεις, χρησιμοποιώντας το ανθρωποειδές ρομπότ NAO.

Επιπλέον, η μελέτη των Miskam, Hamid, Yussof, Shamsuddin., Malik και Basir, εξετάζει τη χρήση ανθρωποειδών ρομπότ, όπως το NAO, στην αντιμετώπιση ανθρώπων με αυτισμό. Αυτά τα ανθρωποειδή ρομπότ έχουν σχεδιαστεί για την ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων και την αλληλεπίδραση με τους ανθρώπους. Τα ευρήματα της μελέτης δείχνουν ότι τα παιδιά με αυτισμό ανταποκρίνονται θετικά στο NAO, ενισχύοντας την κοινωνική τους συνδεσιμότητα.

Τέλος, η μελέτη των Wang, Hindriks και Babuska, εστιάζεται στη χρήση οικονομικών δυνατοτήτων σε δραστηριότητες που στοχεύουν στην εκπαίδευση ανθρωποειδών ρομπότ και τη διαδικτυακή μάθηση. Οι συγγραφείς δείχνουν ότι το ανθρωποειδές ρομπότ NAO μπορεί να μάθει και να εφαρμόσει δεξιότητες σε διάφορες εργασιακές καταστάσεις με βάση τις δυνατότητες που του παρέχονται, δημιουργώντας έτσι έννοιες για τις επιλογές δράσης και τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η εφαρμογή ενός συστήματος ενισχυτικής μάθησης, όπως το Extended Classifier System, επιταχύνει τη διαδικασία εκμάθησης εργασιών και αποδεικνύει την αποτελεσματικότητα αυτής της στρατηγικής.

**2014** Παρά τις σημαντικές τεχνολογικές καινοτομίες που έχουν εμφανιστεί, η ειδική εκπαίδευση για άτομα με σοβαρές και πολλαπλές αναπηρίες συχνά παραμελείται. Αυτό συμβαίνει διότι οι επιχειρήσεις δεν βρίσκουν κίνητρα για την ανάπτυξη και παραγωγή τεχνολογιών που απευθύνονται σε έναν εξειδικευμένο και μη μαζικό κοινό καταναλωτών.

Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πρόκληση, η μελέτη των Trigo και Brown, προτείνει την ανάπτυξη μιας εφαρμογής για φορητές συσκευές, η οποία θα επιτρέπει σε εκπαιδευτικούς ειδικής αγωγής και σε άτομα με βαθιές και πολλαπλές αναπηρίες να αλληλεπιδρούν εύκολα και ευαίσθητα με το ανθρωποειδές ρομπότ NAO. Αυτή η εφαρμογή περιλαμβάνει την προσαρμογή και τη δημιουργία διαφορετικών συμπεριφορών και εξαρτημάτων για το ρομπότ, προκειμένου να εξυπηρετεί αποτελεσματικά τις ανάγκες αυτών των ατόμων.

Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνολογία χρησιμοποιείται για να καλύψει ένα κενό στον τομέα της ειδικής εκπαίδευσης και να προσφέρει προηγμένες λύσεις που βοηθούν τα άτομα με αναπηρίες να αποκτήσουν πρόσβαση σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα και ευκαιρίες που θα ήταν δύσκολο να έχουν αλλιώς.

Επίσης η μελέτη των Guneyusu, Siyli και Salah, στοχεύει στην βελτίωση της αποκατάστασης του άνω βραχίονα ενός παιδιού μέσω της αλληλεπίδρασης με ένα παιδικό ρομπότ που μοιάζει με παιχνίδι, συνδυαζόμενη με φυσικοθεραπεία. Ο στόχος αυτού του συστήματος είναι να υποστηρίξει τους φυσικοθεραπευτές στις θεραπευτικές τους δραστηριότητες, προωθώντας τη συμμετοχή των παιδιών, αντί να τους αντικαθιστά.

Η μελέτη επικεντρώνεται στον συνδυασμό δύο δεικτών - τον δυναμικό στρεβλωτή χρόνου (DTW) και το εύρος κίνησης (RoM) - για την αυτόματη αξιολόγηση των κινήσεων του άνω μέρους του σώματος των παιδιών κατά τη διάρκεια της φυσικοθεραπείας που βασίζεται στην μίμηση. Οκτώ υγιή παιδιά υποβλήθηκαν σε εκπαίδευση για να αντιγράψουν τις κινήσεις που πραγματοποιεί το ανθρωποειδές ρομπότ Nao, περιλαμβάνοντας απαγωγή του ώμου, κάμψη/έκταση του ώμου και κάμψη του αγκώνα.

Χρησιμοποιώντας τον συντελεστή συσχέτισης εντός της τάξης (ICC) και την αξιολόγηση από πέντε φυσιοθεραπευτές, επιβεβαιώθηκε η αξιοπιστία της μεθόδου αξιολόγησης. Για ορισμένες κατηγορίες κινήσεων, οι αξιολογήσεις αναμετρώνται με ποσοστό συνέπειας από 76% έως 96% μεταξύ των αξιολογήσεων των εκπαιδευόμενων παιδιών και των αξιολογήσεων των φυσιοθεραπευτών.

Η έρευνα των Poubel, Sakka, Cehajic και Creusot, προτείνει μια νέα μέθοδο για τη διαδικτυακή μίμηση της ανθρώπινης κίνησης από ένα ανθρωποειδές ρομπότ, με βάση την αντίστροφη κινηματική με ορισμό εργασιών. Στη μελέτη δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο που το ρομπότ ανυψώνει τα πόδια του κατά τη διάρκεια της κίνησης και τα τοποθετεί για να επιτρέπεται η αλλαγή στη στήριξη κατά τη διάρκεια ενός βήματος ή μιας κίνησης. Η μέθοδος αυτή αποφεύγει τη χρήση προκαθορισμένων κινήσεων, που περιορίζουν το ρομπότ σε συγκεκριμένες κινήσεις που έχει μάθει προηγουμένως. Αντίθετα, επιτρέπει στο ρομπότ να κινείται ελεύθερα στον χώρο όπως το ανθρώπινο μοντέλο, με ταχύτητα που πλησιάζει την ανθρώπινη απόδοση, χάρη σε μια άμεση μετάφραση των κινήσεων που παράγονται. Η μέθοδος αυτή δοκιμάζεται στο ανθρωποειδές ρομπότ NAO, και τα ευρήματα σχετικά με τη χρήση της διαδικτυακής μίμησης κίνησης είναι ενθαρρυντικά.

Ακόμη, η μηχανική όραση, που είναι μια τεχνική παρόμοια με την λειτουργία του ανθρώπινου ματιού, χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του ρομπότ NAO, σύμφωνα με την μελέτη των Subekti, Setijadi και Rohman. Το NAO χρησιμοποιεί τη μηχανική όραση για να εκτιμήσει με ακρίβεια τη θέση και να αλληλεπιδράσει με τα διάφορα κομμάτια ενός επιτραπέζιου παιχνιδιού. Αυτό πραγματοποιείται μέσω γεωμετρικής ανάλυσης, μεταφοράς δεδομένων και ερμηνείας εικόνας. Ο ενεργοποιητής βραχίονα του ρομπότ ελέγχεται από μια εφαρμογή λήψης αποφάσεων, η οποία του επιτρέπει να αναγνωρίζει και να συμμετέχει σε παιχνίδια. Η μελέτη αυτή έχει ως στόχο να χρησιμεύσει ως βάση για την ανάπτυξη τεχνικών μηχανικής όρασης για τον ρομποτικό έλεγχο, εξασφαλίζοντας ότι το σύστημα λειτουργεί σωστά όταν αλληλεπιδρά με ανθρώπους.

Τέλος, στην μελέτη των Miskam, Shamsuddin, Samat, Yussof, Ainudin και Omar, χρησιμοποιήθηκε το ρομπότ NAO για ένα βασικό παιχνίδι εικασίας με παιδιά και να επιδειχθούν σωματικές συναισθηματικές στάσεις. Χρησιμοποιώντας το Choregraphe,

δημιουργήθηκαν εννέα διάφορες στάσεις χρησιμοποιώντας τις θέσεις του σώματος του ρομπότ. Ένα παιδί 6 ετών, που αναπτυσσόταν φυσιολογικά, υποβλήθηκε σε προ-δοκιμή. Συζητούνται μερικές ποιοτικές παρατηρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια της συνάντησης του νεαρού με το ρομπότ. Ως ένα απλό εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κινητά τηλέφωνα, στοχεύουμε στη δημιουργία μιας εφαρμογής Android. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό πρώτο βήμα για να δοθεί η δυνατότητα σε μη τεχνικά άτομα να συνδεθούν με αυτιστικά παιδιά χρησιμοποιώντας ρομπότ για εκπαιδευτικούς και θεραπευτικούς σκοπούς.

**2015** Η έρευνα των Bevan και Stanton Fraser, αναφέρει ότι η χρησιμοποίηση τηλεπαρουσίας σε διαπραγματεύσεις δεν επηρέασε τον βαθμό εμπιστοσύνης και την αντίληψη για τον άλλον διαπραγματευτή. Αυτό σημαίνει ότι, ανεξάρτητα από το αν οι διαπραγματεύσεις γίνονται από κοντά ή μέσω τηλεφώνου, οι συμμετέχοντες διατηρούν το ίδιο επίπεδο εμπιστοσύνης στους άλλους και δεν αναφέρουν ότι προσπαθούν να εξαπατήσουν εσκεμμένα τον άλλον.

Ωστόσο, όταν οι διαπραγματευτές χρησιμοποιούν τηλέφωνο και παίζουν τον ρόλο του ισχυρότερου αγοραστή, η έρευνα υποδεικνύει ότι αυτοί οι διαπραγματευτές αξιολογούν πιο θετικά τους ομολόγους τους. Αυτά τα ευρήματα έχουν σημασία για την ανάπτυξη ρομπότ κοινωνικής τηλεπαρουσίας, διότι υποδεικνύουν ότι η χρήση τέτοιων ρομπότ μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα των διαπραγματεύσεων τηλεπαρουσίας, αυξάνοντας την εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων και μειώνοντας τον κίνδυνο σκόπιμης εξαπάτησης.

Για να προωθηθεί η μετα-γνώση, η ενσυναίσθηση και η αυτοεκτίμηση στα παιδιά, η μελέτη των Hood, Lemaignan και Dillenbourg, παρουσιάζει έναν ρομποτικό συνεργάτη γραφής για παιδιά, το οποίο χρησιμοποιεί ένα παράδειγμα μάθησης μέσω διδασκαλίας. Η προσέγγιση απευθύνεται σε μαθητές που ενδέχεται να μην ενδιαφέρονται και τους προσφέρει τα φυσικά οφέλη της θεραπείας γραφής που οδηγείται από ανθρώπους, χρησιμοποιώντας ένα ανθρωποειδές ρομπότ NAO με περιορισμένες λεπτές κινητικές δεξιότητες. Το ρομπότ δημιουργεί ανακατασκευασμένα γράμματα προσομοιώνοντας χειρόγραφο σε μια συγχρονισμένη οθόνη tablet και χρησιμοποιεί στατιστικά μοντέλα σχήματος. Το ρομπότ βοηθά τα παιδιά να εξελίσσουν τις κατάλληλες ρυθμίσεις για τα σωστά μοντέλα γραφής, παρέχοντας σχόλια από τις αντιδράσεις των χρηστών. Η αρχική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των δημοτικών σχολείων απέδειξε ότι παιδιά ηλικίας μεταξύ 6 και 8 ετών αλληλεπιδρούσαν με το ρομπότ και βοήθησαν στη βελτίωση της γραφής του. Η επιβεβαίωση αυτής της αλληλεπίδρασης αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς την εφαρμογή δημιουργικής ρομποτικής στην εκπαίδευση και αντιμετωπίζει ένα σημαντικό κοινωνικό ζήτημα.

Επιπλέον, για την ανάπτυξη των δυνατοτήτων αντικειμένων και των ικανοτήτων χειρισμού από την αρχή, η μελέτη των Wang, Hindriks και Babuska, προτείνει μια ενεργητική στρατηγική μάθησης που επικεντρώνεται σε συνεχείς χωρικές καταστάσεις και δράσεις, χωρίς τη χειροκίνητη διάκριση κατάστασης ή πρωτόγονα εξερευνητικά κινητικά βήματα. Το σφάλμα πρόβλεψης λειτουργεί ως η ενσωματωμένη ανταμοιβή, καθώς το ρομπότ μαθαίνει ένα προκαθορισμένο μοντέλο για να προβλέπει τις συνέπειες των δράσεών του και τροποποιεί τη συμπεριφορά του μέσω ενισχυτικής μάθησης. Το ανθρωποειδές ρομπότ NAO



μπορεί να μάθει να διαχειρίζεται δύο ξεχωριστούς κάδους απορριμμάτων, οι οποίοι διαθέτουν καπάκια που απαιτούν διαφορετικές κινητικές ικανότητες για να ανοίγουν και να κλείνουν, μέσα από πρακτικές εμπειρίες.

Τέλος, για το ανθρωποειδές ρομπότ NAO, το οποίο μπορεί να ανιχνεύσει γεωμετρικές μορφές σε πραγματικό χρόνο παρά τον ανταγωνισμό από όλα τα άλλα αντικείμενα στην εικόνα, η μελέτη των Pinto, Oliveira, Meneghetti, Romero και Benicasa, προτείνει ένα μοντέλο οπτικής προσοχής που βασίζεται σε αντικείμενα. Λόγω της χρήσης του μοντέλου της διαμόρφωσης από κάτω προς τα πάνω και από πάνω προς τα κάτω, τα γεωμετρικά σχήματα μπορεί να εξακολουθούν να αναγνωρίζονται από το ρομπότ ακόμα και όταν άλλα στοιχεία στην εικόνα ανταγωνίζονται για την προσοχή του. Η τεχνική δοκιμάστηκε σε μαθητές 13 έως 14 ετών, οι οποίοι πρόσφεραν συμβουλές και αναγνώρισαν τις φιγούρες. Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η προτεινόμενη στρατηγική μπορεί να βοηθήσει στην ενσωμάτωση των ρομπότ στο εκπαιδευτικό περιβάλλον και να τονίσει τις δυνατότητές τους για ενίσχυση της κατανόησης και αναγνώρισης περίπλοκων σεναρίων.

**2016** Μέσω της χρήσης ανάλυσης δεδομένων βίντεο, η έρευνα διερευνά πώς οι άνθρωποι προσαρμόζονται σε ένα ανθρωποειδές ρομπότ, ειδικά σε ένα ρομπότ NAO. Η επιλογή λέξης, το μήκος των στροφών και η προφορά τροποποιούνται από τους συμμετέχοντες ώστε να ληφθούν υπόψη οι περιορισμένες αντιληπτικές δυνατότητες του ρομπότ. Ο συντονισμός των στροφών στη συζήτηση, που οδηγεί σε αλληλεπικαλυπτόμενες στροφές και παρατεταμένες σιωπές, εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση. Η μελέτη των Pelikan και Broth, προτείνει δύο τεχνικές προγραμματισμού για τη βελτίωση του σχεδιασμού του ρομπότ. Αρχικά, τον προγραμματισμό του ώστε να είναι συστηματικά δεκτικό σε σχετικά σημεία μετάβασης στην αλληλεπίδραση ανθρώπου-ανθρώπου και την διασφάλιση ότι το ρομπότ παράγει λεκτικές ενέργειες που απαιτούν απόκριση με τρόπο υπό όρους, σε αντίθεση με το να είναι δυνατή μόνο μια απάντηση.

Στην μελέτη Park, Kim και Kang, εξετάστηκε πώς οι δεξιότητες των κοινωνικών ρομπότ μπορούν να βελτιωθούν από τη διαπροσωπική επικοινωνία κατά τη διάρκεια της φυσικής προπόνησης. Με τη χρήση ενός σεναρίου φυσικής προπόνησης, δοκιμάστηκαν 28 άτομα με το ανθρωποειδές ρομπότ NAO. Ως αποτέλεσμα, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της πειραματικής ομάδας, όπου το ρομπότ χρησιμοποίησε κοινωνικές δεξιότητες, και της ομάδας ελέγχου, όπου δεν χρησιμοποιήθηκαν κοινωνικές δεξιότητες.

Η μελέτη των Sandygulova και O'hare, ερευνά την αλληλεπίδραση των παιδιών με ένα κοινωνικό ρομπότ σε ένα περιβάλλον προσποίησης παιχνιδιού. Το σύστημα, που δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας νοημοσύνη περιβάλλοντος και πανταχού παρούσα ρομποτική, είχε σκοπό να αξιολογήσει την αλληλεπίδραση παιδιού-ρομπότ. Το φύλο του ανθρωποειδούς ρομπότ NAO άλλαξε αυτόματα για να ταιριάζει με το φύλο του παιδιού. Τα ευρήματα κατέδειξαν την ανάγκη να λαμβάνεται υπόψη ο διαχωρισμός των φύλων κατά την ανάπτυξη ρομποτικών εφαρμογών για παιδιά. Παρατηρήθηκε ότι υπάρχει διαχωρισμός των φύλων στην αλληλεπίδραση παιδιού-ρομπότ. Αυτά τα αποτελέσματα αναμένεται να

βελτιώσουν τις αντιλήψεις των ανθρώπων για την ευπρέπεια, την αποδοχή και τον συμμετοχή του ρομπότ.

Σύμφωνα με την έρευνα των Aslam, Standen, Shopland, Burton και Brown, παιδιά με νοητικές αναπηρίες φαίνεται ότι μπορούν να μαθαίνουν και να επικοινωνούν καλύτερα χρησιμοποιώντας το ανθρωποειδές ρομπότ NAO. Παρόλα αυτά, λόγω του υψηλού κόστους του ανθρωποειδούς ρομπότ NAO, πολλά σχολεία ειδικών αναγκών αντιμετωπίζουν οικονομικά προβλήματα. Σύμφωνα με μια έρευνα που χρησιμοποίησε ένα πειραματικό σχέδιο ABAB, τρεις στους τέσσερις μαθητές φαίνεται ότι αφιέρωναν περισσότερο χρόνο αλληλεπίδρασης με το μη ανθρωποειδές ρομπότ σε σύγκριση με το ανθρωποειδές ρομπότ. Ένας μαθητής δαπάνησε τον ίδιο χρόνο με τα δύο ρομπότ. Ωστόσο, για όλα τα υποκείμενα της έρευνας, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στα ποσοστά λάθη μεταξύ των δύο ρομπότ. Αυτό συνεπάγεται ότι ένα λιγότερο ακριβό μη-ανθρωποειδές ρομπότ Lego Mindstorm μπορεί να λειτουργήσει ως υποκατάστατο του ανθρωποειδούς ρομπότ NAO για την επίτευξη των ίδιων εκπαιδευτικών στόχων.

Στην μελέτη των Miskam, Shamsuddin, Yussof, Ariffin και Omar, χρησιμοποιήθηκε το NAO για την παρουσίαση σωματικών εκφράσεων συναισθημάτων και τη διεξαγωγή ενός απλού παιχνιδιού εικασίας με τα παιδιά. Μέσω του Choregraphe, δημιουργήθηκαν εννέα διαφορετικές σωματικές στάσεις, εκμεταλλευόμενοι τις θέσεις του σώματος του ρομπότ. Φυσικά, για την ενθάρρυνση των παιδιών να αλληλεπιδρούν με το ρομπότ όπως με ένα κανονικό άτομο, έπρεπε να προσομοιωθεί η ανθρώπινη συμπεριφορά όσο το δυνατόν περισσότερο, χρησιμοποιώντας το ρομπότ.

Η μέθοδος μίμησης σε πραγματικό χρόνο που παρουσιάζεται στην έρευνα των Zhang, Cheng, Gan, Zhu, Shen και Song, επιτρέπει στα ανθρωποειδή ρομπότ να μιμούνται τις κινήσεις ολόκληρου του σώματος με οκτώ αλυσίδες ανθρώπων. Ενώ το μοντέλο ρομπότ με οκτώ αλυσίδες κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας εξαρτήματα σώματος ανθρωποειδών ρομπότ, το ανθρώπινο μοντέλο οκτώ αλυσίδων αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας σκελετικά δεδομένα Kinect. Οι στάσεις του ρομπότ και οι θέσεις των τελικών τελεστών δημιουργούνται μέσω της χαρτογράφησης κίνησης. Ο περιορισμός της γωνίας άρθρωσης της μεθόδου Αντίστροφης Κινηματικής δημιουργεί γωνίες αρμών. Το πολύγωνο στήριξης βρίσκεται υπό τον έλεγχο του κέντρου μάζας και οι σταθερές ενέργειες προσδιορίζονται μέσω ανάλυσης εξισορρόπησης. Η αποφυγή αυτοσύγκρουσης και ο περιορισμός της ταχύτητας γωνίας της άρθρωσης περιλαμβάνονται στη μετα-επεξεργασία. Στο ανθρωποειδές ρομπότ NAO, ο αλγόριθμος δοκιμάζεται και αποδεικνύεται πολύ ακριβής στη μίμηση ανθρώπινων κινήσεων οκτώ αλυσίδων σε πραγματικό χρόνο.

Τέλος, το ανθρωποειδές ρομπότ NAO και το ζώομορφο ρομπότ Paro χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα των Lewis, Metzler και Cook, για την αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ σε μια εγκατάσταση διαβίωσης ηλικιωμένων. Ενώ το ρομπότ Paro μεταφέρεται μεταξύ των συμμετεχόντων, το ρομπότ πραγματοποίησε ένα πρόγραμμα προθέρμανσης και προπόνησης. Με βάση τη γνωστική επίγνωση και τη σωματική ικανότητα, οι ηλικιωμένοι κάτοικοι, οι νοσηλευτές και οι διαχειριστές χωρίστηκαν σε ομάδες. Για να μετρηθούν διάφορες πτυχές

της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ, συγκεντρώθηκαν βίντεο. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι παρόλο που οι ηλικιωμένοι κάτοικοι και οι νοσηλευτές είχαν ένα μέτριο επίπεδο αποδοχής για τα ρομπότ, απαιτούνταν πρόσθετη εργασία για τη βελτίωση των ακουστικών τους ικανοτήτων.

**2017** Στην μελέτη των Di Maria, Tan, Salgado, Su και Vesonder, εξετάζεται η χρήση ρομπότ για τη βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας των ηλικιωμένων. Πραγματοποιήθηκαν πειράματα για τον έλεγχο μιας σειράς εργασιών, συμπεριλαμβανομένης της υπενθύμισης στους ηλικιωμένους να πάρουν τα φάρμακά τους, της ανίχνευσης κίνησης στο σπίτι τους για έναν αριθμό ωρών, του εντοπισμού τους, της επικοινωνίας με τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης εάν είναι απαραίτητο και της καθοδήγησής τους έξω από το σπίτι τους σε περίπτωση πυρκαγιάς ή επείγοντος. Αυτές οι εργασίες δοκιμάστηκαν χρησιμοποιώντας τα ρομπότ TurtleBot 2 και NAO. Οι προσομοιώσεις παρέχουν μια εικόνα για το εάν αυτά τα ρομπότ θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ή όχι σε πρακτικές καταστάσεις.

Τα ρομπότ φέρνουν επανάσταση στην υγειονομική περίθαλψη παρέχοντας στους ασθενείς διαισθητική και απομακρυσμένη υποστήριξη, ειδικά σε θεραπευτικές εγκαταστάσεις. Ρομπότ με ανθρώπινα χαρακτηριστικά μπορεί να προσελκύσουν το ενδιαφέρον των μικρών παιδιών και να κάνουν μονότονες δουλειές που οι άνθρωποι είναι ανίκανοι. Στην μελέτη των Ackovska, Kirandziska, Tanevska, Bozinovska και Bozinovski, το ρομπότ NAO εισάγεται σε μια μονάδα παιδιατρικής ιατρικής φροντίδας. Χρησιμοποιείται μια οντολογική βάση γνώσεων και μέθοδοι βαθιάς μάθησης και ενίσχυσης μάθησης από το ρομπότ. Το NAO χρησιμοποιεί ένα συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο για να εντοπίσει αυτιστικά παιδιά, κάνει συστάσεις θεραπείας χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο επιλογής, και στη συνέχεια τα βοηθά και τα επιβλέπει κατά την διεξαγωγή δραστηριοτήτων που χρειάζονται αυτές τις θεραπείες. Οι δυνατότητες του ρομπότ το καθιστούν ένα δυνητικά χρήσιμο εργαλείο για παιδιά με περιορισμένες επικοινωνιακές δεξιότητες.

Η ρομποτική τηλεπαρουσία προσπαθεί να προσομοιώσει τη φυσική παρουσία ενός ανθρώπου μιμούμενος λεκτικές και μη λεκτικές ενδείξεις. Στην μελέτη των Ondras, Celiktutan, Sariyanidi και Gunes, προτείνεται μια επαναστατική μέθοδος τηλελειτουργίας για το ανθρωποειδές ρομπότ Nao που ενσωματώνει τις κινήσεις του κεφαλιού με τις συναισθηματικές εκφράσεις του προσώπου. Ενώ μια κάμερα web αναγνωρίζει τις μονάδες δράσης προσώπου και μετρά τη στάση του κεφαλιού του χειριστή, τα LED γύρω από τα μάτια αναπαράγουν τις εκφράσεις του τηλεχειριστή. Ένα νευρωνικό δίκτυο συνάγει το συναίσθημα που θα επαναληφθεί από τις μονάδες δράσης που αναγνωρίστηκαν. Όταν το σύστημα δοκιμάστηκε με 28 χρήστες και 18 εξωτερικούς παρατηρητές, υπήρξε υψηλό επίπεδο συμφωνίας μεταξύ των παρατηρητών.

Πριν από μερικά χρόνια, η ανάπτυξη των ρομπότ εγκαινίασε μια γενιά "Cloud Robotics" που χρησιμοποιεί το παράδειγμα του Cloud Computing. Αυτή η νέα ιδέα επιτρέπει στα ρομπότ να αναθέτουν σε εξωτερικούς συνεργάτες τις υπολογιστικές τους ανάγκες στο Cloud, όπου η επεξεργασία απαιτεί πρόσθετη ισχύ, ίσως μειώνοντας τη διάρκεια της διαδικασίας. Στην

μελέτη των Bouziane, Terrissa, Ayad, Brethe και Kazar, παρουσιάζεται μια νέα αρχιτεκτονική Cloud Robotics για ρομπότ NAO. Αυτή η μέθοδος βασίζεται σε ενδιάμεσο λογισμικό για το Robot Operating System (ROS) και συνδυάζει τεχνολογίες υπηρεσιών Web σε ένα περιβάλλον υπολογιστικού νέφους για να επιτρέψει στα ρομπότ NAO να καταναλώνουν τα πακέτα τους κατά παραγγελία (ως υπηρεσία).

Το Robot World Cup Initiative επιδιώκει να δημιουργήσει ομάδες ποδοσφαίρου ρομπότ που μπορούν να ανταγωνιστούν με πραγματικές ομάδες ποδοσφαίρου. Τα ανθρωποειδή ρομπότ NAO χρησιμοποιούνται στο RoboCup Standard Platform League, αλλά η πολυπλοκότητά τους εξακολουθεί να είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του ανθρώπινου εγκεφάλου. Το ποδόσφαιρο απαιτεί ομαδική δουλειά, αλλά οι ομάδες του RoboCup δεν έχουν ακόμη προγραμματίσει ρομπότ χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση που βασίζεται στην ομάδα. Στην μελέτη των Pham, Cantone και Kim, προτείνεται ο αλγόριθμος μεταφοράς με Λογική Στρατηγική (PaLS), ο οποίος καθοδηγεί τις αποφάσεις κλωτσιών των ρομπότ και εμποδίζει τους αντιπάλους να μεταφέρουν σκόπιμα την μπάλα στον εαυτό τους. Ο αλγόριθμος αυτός δοκιμάζεται και συγκρίνεται με έναν αλγόριθμο εύρεσης διαδρομής, και φαίνεται ότι είναι αποδοτικότερος, με μείωση της αποτελεσματικότητας κατά 34% σε σχέση με τη μέθοδο PaLS.

Στην μελέτη των Petric, Miklič, Ceganec, Cvitanović και Konačić, παρουσιάζεται μια λειτουργική εργασία μίμησης για τη διάγνωση της Διαταραχής του Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) σε νεαρούς ασθενείς. Η μίμηση είναι μια σημαντική δεξιότητα που σχετίζεται με την ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων, και η έλλειψή της μπορεί να αποτελεί έναν παράγοντα που επηρεάζει τα παιδιά με ΔΑΦ. Χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δεδομένα από το περιβάλλον και αλγόριθμοι αναγνώρισης αντικειμένων, χειρισμού, παρακολούθησης και αναγνώρισης χειρονομιών για να δημιουργηθεί ένα σύστημα διάγνωσης ΔΑΦ. Η εκτέλεση του συστήματος πραγματοποιήθηκε σε πραγματικό χρόνο από το ρομπότ NAO. Αυτή η προσέγγιση διευκολύνει την ανάπτυξη ρομποτικών βοηθών σε περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης και επιτρέπει την εντελώς αυτόνομη εκτέλεση διαγνωστικών εργασιών. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι διαθέσιμα ως ανοιχτό κώδικα, καθιστώντας την τεχνολογία αυτή προσβάσιμη για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη. Σε μια προκαταρκτική αξιολόγηση του συστήματος, συμμετείχαν επτά νέοι με ΔΑΦ και μια ομάδα ελέγχου παιδιών προσχολικής ηλικίας. Αυτή η έρευνα έχει ως στόχο να βελτιώσει τη δυνατότητά μας να διαγνώσουμε τη ΔΑΦ σε νεαρούς ασθενείς, προσφέροντας ένα αυτόνομο εργαλείο για την αξιολόγηση των δεξιοτήτων μίμησης τους.

Η μελέτη των Leng και Heintzo, προτείνει μια μέθοδο για τη δημιουργία και τη διατήρηση σημασιολογικών συνδρομών, οι οποίες είναι σιωπηρές συνδρομές σε πληροφορίες μέσω της σημασιολογίας τους. Ο αλγόριθμος παρέχει τη δυνατότητα προσαρμογής των σημασιολογικών συνδρομών σε μεταβαλλόμενες συνθήκες κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης, αναδιαμορφώνοντας αυτόματα το σύστημα ώστε να ανταποκρίνεται σε αλλαγές. Η χρησιμότητα αυτής της προσέγγισης αποδεικνύεται μέσω μιας μελέτης περίπτωσης που χρησιμοποιεί δύο ρομπότ NAO. Η ανταπόκριση στις αλλαγές εφαρμόζεται στην πράξη ως μέρος ενός πλαισίου συλλογιστικής ροής που συνδέεται με το Λειτουργικό Σύστημα Robot

(ROS). Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να διαχειρίζεται καταστάσεις όπου ένα στοιχείο αποτυγχάνει και όταν διατίθενται νέα στοιχεία. Αυτή η προσέγγιση καθιστά τα ρομποτικά συστήματα πιο ανθεκτικά και ευέλικτα, διασφαλίζοντας ότι μπορούν να αντιμετωπίσουν αλλαγές και προσαρμογές κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους.

Η μελέτη των Arias and Madrid, που περιγράφει τα εργαστήρια με τη χρήση του ρομπότ NAO για να βοηθήσει εφήβους με σύνδρομο Asperger στην ανάπτυξη των κοινωνικών τους δεξιοτήτων αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό παράδειγμα της χρήσης της ρομποτικής στον τομέα της αναπτυξιακής ψυχολογίας και εκπαίδευσης. Ο στόχος αυτών των εργαστηρίων ήταν να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον όπου οι έφηβοι με σύνδρομο Asperger μπορούν να ασκηθούν στις κοινωνικές τους δεξιότητες με τη βοήθεια του ρομπότ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα του ανθρωποειδούς ρομπότ NAO, και οι εργαστηριακοί συμμετέχοντες επικεντρώθηκαν στον προγραμματισμό κοινωνικής συμπεριφοράς. Αυτό το πρόγραμμα ενέπνευσε σπουδαστές από διάφορους κλάδους, περιλαμβανομένης της Μηχανικής Μηχατρονικής, να συμμετάσχουν και να συνεισφέρουν στη δημιουργία αυτού του πιλοτικού προγράμματος. Οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν περιγράφονται στο άρθρο, και πιθανώς συμπεριλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο το ρομπότ NAO βοήθησε τους εφήβους με σύνδρομο Asperger να αναπτύξουν κοινωνικές δεξιότητες. Επίσης, θα περιλαμβάνει πιθανά συζητήσεις σχετικά με το πώς μπορεί να βελτιωθεί αυτό το πρόγραμμα στο μέλλον.

Η μελέτη των Aguilera-Castro, Neira-Cárcamo, Aguilera-Carrasco και Vera-Quiroga, ασχολείται με την ανάπτυξη ενός συστήματος που επιτρέπει σε ένα ρομπότ NAO να αναγνωρίσει και να ανέβει μια σκάλα. Η μέθοδος χρησιμοποιεί στερεοφωνική όραση για την αντίληψη του βάθους και την ανίχνευση της γραμμής της σκάλας, και στη συνέχεια χρησιμοποιεί το πρόγραμμα Choregraphe για τη μοντελοποίηση των κινήσεων του ρομπότ. Η χρήση του συστήματος ROS (Robot Operating System) σε συνδυασμό με τη γλώσσα προγραμματισμού Python επιτρέπει την ανάπτυξη προγραμμάτων ελέγχου για το ρομπότ. Ο αλγόριθμος ανίχνευσης γραμμής χρησιμοποιεί κριτήρια μετασχηματισμού Hough και σημείου εξαφάνισης για την ανίχνευση και τμηματοποίηση της γραμμής της σκάλας. Η στερεοφωνική όραση βοηθά στην αντίληψη του πλάτους της σκάλας και του βάθους της. Οι κινήσεις του ρομπότ μοντελοποιούνται και εκτελούνται μέσω του προγράμματος Choregraphe, επιτρέποντας στο NAO να ανεβαίνει τη σκάλα σε ένα ασφαλές περιβάλλον. Αυτή η έρευνα αποτελεί ένα παράδειγμα της χρήσης της ρομποτικής για την εκτέλεση φυσικών εργασιών σε ασφαλή περιβάλλοντα και μπορεί να έχει εφαρμογές σε διάφορους τομείς, όπως η βιομηχανία και η υγειονομική περίθαλψη.

Η μέθοδος Experiential Robot Learning που προτείνεται από τους Aly και Dugan, αποσκοπεί στην ανάπτυξη ανοιχτής, αναπτυξιακής ρομποτικής χρησιμοποιώντας τεχνικές Deep Learning και τη χρήση νευρωνικών δικτύων. Ο στόχος είναι να δημιουργηθούν ρομπότ που μπορούν να βελτιώνονται συνεχώς μέσω αυτόνομης μάθησης. Συγκεκριμένα, το ρομπότ διδάσκεται να αναγνωρίζει και να κατηγοριοποιεί αντικείμενα και να εξασκείται στην κίνηση γύρω από νέα αντικείμενα από διάφορες προοπτικές με τη βοήθεια της ανθρώπινης

καθοδήγησης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω διαδραστικής καθοδήγησης, όπου το ρομπότ μπορεί να ρωτήσει τον ανθρώπινο προπονητή για πληροφορίες σχετικά με τα αντικείμενα που συναντά. Τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των δεδομένων και την εκμάθηση των νέων πληροφοριών. Η αξιολόγηση της μεθόδου πραγματοποιείται με τη χρήση του φυσικού ρομπότ NAO, το οποίο μπορεί να επικοινωνεί σε φυσική γλώσσα με τον ανθρώπινο προπονητή και να επισημαίνει τα αντικείμενα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το ρομπότ είναι σε θέση να επεκτείνει αυτόνομα τη βάση γνώσεών του, να αναγνωρίζει νέα αντικείμενα και να γενικεύει τις μαθησιακές εμπειρίες του, με τη βοήθεια της ανθρώπινης καθοδήγησης. Αυτή η μέθοδος μπορεί να είναι χρήσιμη στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών ρομπότ ή σε εφαρμογές όπου τα ρομπότ πρέπει να προσαρμόζονται σε νέα περιβάλλοντα και καταστάσεις μάθησης.

Το Mr. Saud ένα σύστημα το οποίο δημιουργήθηκε από τους Al-Khalifa, Alsalman, Alnuhait και Alkhalifah, χρησιμοποιεί ένα ρομπότ NAO για να ενισχύσει τη μάθηση, κυρίως σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Το ρομπότ NAO διαθέτει μια διεπαφή χρήστη που προσφέρει διάφορα παιχνίδια και δραστηριότητες για να κάνει τη μάθηση πιο ευχάριστη. Το σύστημα επίσης περιλαμβάνει τεστ για να μετρήσει την κατανόηση του μαθητή. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι το ρομπότ NAO επικοινωνεί με τους μαθητές μόνο προφορικά και σωματικά, προσομοιώνοντας την ανθρώπινη επικοινωνία. Επίσης, το σύστημα παρέχει μια διεπαφή ιστού που επιτρέπει στον εκπαιδευτή να παρακολουθεί την ανάπτυξη και την κατανόηση του μαθητή. Αυτό επιτρέπει στον εκπαιδευτή να παρακολουθεί την πρόοδο του μαθητή και να προσαρμόσει το μάθημα ανάλογα. Επιπλέον, ένα λογισμικό Android δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτή να ελέγχει το ρομπότ NAO από απόσταση, χειρίζοντας τις χειρονομίες, τη φωνή και τις εκφράσεις του προσώπου του ρομπότ. Αυτό επιτρέπει στον εκπαιδευτή να διαχειρίζεται αποτελεσματικά την αλληλεπίδραση με το ρομπότ και να το χρησιμοποιεί ως εργαλείο για την εκπαίδευση.

**2018** Η δημιουργία ενός ρομποτικού συστήματος μπορεί να αντιμετωπιστεί με προκλήσεις λόγω των αντιφατικών απαιτήσεων που εκφράζονται από τους προγραμματιστές και τους τελικούς χρήστες. Το άρθρο των Sutherland και MacDonald προσφέρει μια μελέτη για τη δημιουργία του NaoBlocks, ενός περιβάλλοντος προγραμματισμού βασισμένου σε μπλοκ, το οποίο επιτρέπει στα παιδιά να δημιουργούν προγράμματα για το ρομπότ NAO. Οι τρεις φάσεις της ανάπτυξης του NaoBlocks καθοδηγήθηκαν από τη συμβολή των τελικών χρηστών, δηλαδή των παιδιών. Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης, τονίστηκε η σημασία της διατήρησης ενός απλού επεξεργαστή, της ανθεκτικότητας του περιβάλλοντος, της δυνατότητας παράκαμψης λειτουργικότητας και της υποστήριξης προοδευτικής λειτουργικότητας, μεταξύ άλλων διδαγμάτων. Επιπλέον, η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για συχνή και έγκαιρη ανατροφοδότηση κατά την διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξης.

Η ανάγκη μετάβασης από την απλή χρήση ρομπότ στην ανάπτυξη ρομποτικών συστημάτων προκύπτει από την αναμενόμενη αύξηση της χρήσης ρομπότ που μπορούν να αλληλεπιδρούν με ανθρώπους σε πραγματικές συνθήκες. Στην μελέτη των Coronado, Mastrogiovanni και Venture, εξετάζεται πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα ανάπτυξης τελικού χρήστη

(EUD) συνδυάζοντας μια μεθοδολογία βασισμένη σε στοιχεία, μια διεπαφή βασισμένη σε μπλοκ και στον ιστό, καθώς και μια προσέγγιση δέντρου συμπεριφοράς για τη δημιουργία συμπεριφορών ρομπότ.

Το προτεινόμενο πλαίσιο χρησιμοποιεί κυρίως απλά εργαλεία στην εγκατάσταση, υποστηρίζει πολλές πλατφόρμες και αρθρωτά εργαλεία, είναι συμβατό με ROS, ZeroMQ και nanomsg, επιτρέπει τη δημιουργία ανεξάρτητων από πλατφόρμα εφαρμογών και είναι εύκολα επεκτάσιμο για την προσθήκη επιπλέον ρομπότ ή αισθητηριακών συσκευών. Παρέχεται και αναλύεται ένα παράδειγμα εφαρμογής αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ που χρησιμοποιεί ένα ρομπότ NAO, με σκοπό να αξιολογηθεί η προτεινόμενη αρχιτεκτονική λογισμικού.

Η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής (ER) έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στη μετάδοση επιστημονικών ιδεών. Στην έρευνα των Vrochidou, Najoua, Lytridis, Salonidis, Ferelis και Parakostas, χρησιμοποιείται μια μοναδική μέθοδος διδασκαλίας μαθηματικών σε παιδιά δημοτικού σχολείου, η οποία βασίζεται σε ένα κοινωνικό ρομπότ ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Η προτεινόμενη νέα μέθοδος αποτελεί μια άσκηση μάθησης που βασίζεται σε ένα ειδικά σχεδιασμένο παιχνίδι, συμβαδίζοντας με τα προγράμματα σπουδών K-12 και τις σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες μάθησης.

Ο στόχος αυτής της έρευνας είναι να εξετάσει τον τρόπο χρήσης των ρομπότ στην τάξη. Μέσω της πιλοτικής μελέτης της συνεργατικής διδασκαλίας μεταξύ ενός ρομπότ και ενός δασκάλου, προτείνεται ότι η παρουσία του ρομπότ μπορεί να αυξήσει τη συμμετοχή των μαθητών, να βελτιώσει την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών από τους μαθητές, να προωθήσει την υπολογιστική και λογική σκέψη και να βοηθήσει στην ανάπτυξη των γνωστικών δεξιοτήτων των παιδιών.

Η μελέτη των Lucas et al. ερευνά τον τρόπο με τον οποίο ο κοινωνικός διάλογος μπορεί να επηρεάζεται από την απώλεια εμπιστοσύνης που προκαλείται όταν τα ρομπότ καθίστανται υπεύθυνα για λάθη κατά τη διάρκεια των συνομιλιών. Στη μελέτη αυτή, χρησιμοποιείται ένα ρομπότ NAO που έχει προγραμματιστεί για να πείσει τους χρήστες να συμφωνήσουν με την αξιολόγησή του σε δύο διαφορετικές εργασίες. Διεξάγονται δύο είδη πειραμάτων. Παρατηρείται ο χρόνος των σφαλμάτων συνομιλίας - το ρομπότ κάνει λάθη είτε στην πρώτη εργασία, είτε στη δεύτερη, είτε καθόλου. Εξετάζεται η παρουσία κοινωνικού διαλόγου - μεταξύ των δύο εργασιών, οι χρήστες είτε αλληλεπιδρούν με το ρομπότ σε έναν κοινωνικό διάλογο, είτε ολοκληρώνουν μια εργασία από μόνοι τους.

Παρατηρείται ότι ο χρόνος των σφαλμάτων έχει σημασία: τα λάθη συνομιλίας μειώνουν την επίδραση του ρομπότ στη δεύτερη εργασία, αλλά όχι στην πρώτη. Ο κοινωνικός διάλογος αλληλεπιδρά με το χρονικό πλαίσιο των σφαλμάτων, λειτουργώντας ως ενισχυτής: ο κοινωνικός διάλογος βοηθά το ρομπότ να ανακάμψει από προηγούμενα λάθη και, γενικά, ενισχύει την επίδρασή του στη συνέχεια. Ωστόσο, ο κοινωνικός διάλογος αποτυγχάνει εάν ακολουθείται από σφάλματα, καθώς παρατείνει την περίοδο καλής απόδοσης και δημιουργεί μια ισχυρότερη αντίθεση με τα επόμενα σφάλματα. Ο σχεδιασμός των κοινωνικών ρομπότ θα πρέπει, επομένως, να είναι πιο προσεκτικός για την αποφυγή σφαλμάτων μετά από περιόδους καλής απόδοσης, περισσότερο από ό,τι στην αρχή ενός διαλόγου.

**2019** Σε περιβάλλοντα διαδραστικής μάθησης, αυτή η μελέτη των Racca, Oulasvirta και Kytki, ερευνά τεχνικές Ενεργής Εκμάθησης Ρομπότ που λαμβάνουν υπόψη την προσπάθεια των χρηστών. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η επιλογή ερωτήσεων βασιζόμενη στις επιδόσεις στην παραδοσιακή Ενεργητική Μάθηση μπορεί να επηρεάσει τις δραστηριότητες των εκπαιδευτών, με αποτέλεσμα να προκύψουν χειρότερης ποιότητας εκπαιδευτικές διαδικασίες και υψηλότερα ποσοστά σφαλμάτων. Προσφέρουν μια τεχνική εκμάθησης που μειώνει τον φόρτο των χρηστών λαμβάνοντας υπόψη τη ροή των ερωτήσεων. Συγκρίνουν αυτήν την προσέγγιση με μια υβριδική προσέγγιση, καθώς και με μια τυπική προσέγγιση Ενεργής Μάθησης που βασίζεται σε δειγματοληψία αβεβαιότητας. Η αποτελεσματικότητα αυτών των τακτικών αξιολογήθηκε μέσω μιας έρευνας χρηστών με τη συμμετοχή 26 ατόμων. Η υβριδική προσέγγιση παρείχε μια ικανοποιητική ισορροπία μεταξύ του φόρτου των χρηστών και της μαθησιακής απόδοσης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα. Εκτός από την απόδοση του ρομπότ, οι συγγραφείς προτείνουν μεθόδους για την ανάπτυξη ενεργών μεθοδολογιών εκμάθησης ρομπότ.

Η έρευνα των Hu και Zheng παρουσιάζει ένα σύστημα μίμησης ανθρώπινης δράσης που βασίζεται στο ρομπότ Nao. Η εκπαίδευση συνελκτικών νευρωνικών δικτύων (CNN) μπορεί να επιταχυνθεί χρησιμοποιώντας μια νέα τεχνική που συνδυάζει την ορμή με τη στοχαστική κλίση (SGD). Το CNN χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των 2D συντεταγμένων των αρθρώσεων ενός ανθρώπινου σώματος. Το ρομπότ NAO χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να αντιγράψει την ανθρώπινη συμπεριφορά. Σύμφωνα με τα πειράματα, ο ρυθμός εκπαίδευσης είναι πιο γρήγορος από τη συμβατική προσέγγιση εκπαίδευσης, και το ρομπότ μπορεί να αντιγράψει απόλυτα την ανθρώπινη δράση.

Στην μελέτη των Vital, Fonseca Ferreira, Valente, Filipe και Soares, χρησιμοποιείται το ρομπότ NAO, ένα ανθρωποειδές ρομπότ, για να προσφέρει έναν δημιουργικό και ενδιαφέρον τρόπο εκμάθησης των οπτικών συστημάτων. Οι φοιτητές, και ιδιαίτερα αυτοί που σπουδάζουν για τον τομέα των συστημάτων όρασης, ενδιαφέρονται ολοένα περισσότερο για αυτόν τον τομέα. Ο βασικός στόχος είναι να εκπαιδεύσουν τους φοιτητές στις βασικές μεθόδους της οπτικής αναγνώρισης αντικειμένων και της αναγνώρισης ανθρώπινων προσώπων χρησιμοποιώντας τεχνικές όρασης υπολογιστή. Αυτό το εκπαιδευτικό πρόγραμμα έχει σκοπό να τους προετοιμάσει για την ενσωμάτωση αυτών των γνώσεων σε ένα κοινωνικό ρομπότ που θα μπορεί να αλληλεπιδρά με ανθρώπους. Το ρομπότ NAO αποτελεί μια εκπαιδευτική πλατφόρμα προγραμματισμού που είναι εύκολη στην εκμάθηση, διαθέτει δύο κάμερες για τη λήψη φωτογραφιών προς επεξεργασία και διαθέτει υψηλή αισθητηριακή δυνατότητα.

Το Υπουργείο Δημόσιας Εκπαίδευσης του Μεξικού (SEP) έχει αναπτύξει ένα πρόγραμμα σπουδών στον τομέα των μαθηματικών, με στόχο την προώθηση της κριτικής σκέψης, της δημιουργικότητας και της γενικής γνώσης στους μαθητές του γυμνασίου. Παρά ταύτα, τα αποτελέσματα του Προγράμματος για την Παγκόσμια Αξιολόγηση Φοιτητών (PISA), μιας τριετούς παγκόσμιας μελέτης, έχουν τοποθετήσει συνήθως το Μεξικό χαμηλά στην



κατάταξη. Η έλλειψη ενθουσιασμού και συγκέντρωσης στην τάξη έχει οδηγήσει σε μειωμένες ακαδημαϊκές επιδόσεις των μαθητών.

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, δημιουργήθηκε μια πειραματική προσέγγιση που χρησιμοποιεί το ρομπότ NAO με σκοπό να ενισχύσει τη συγκέντρωση των μαθητών κατά τη διάρκεια των μαθηματικών μαθημάτων. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια: μια συμβατική τάξη με δάσκαλο, ένα μάθημα με τη συμμετοχή του ρομπότ και μια συνεργασία μεταξύ ρομπότ και δασκάλου. Τα δεδομένα από το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση της συγκέντρωσης των μαθητών, ενώ μια ομάδα φοιτητών ψυχολογίας χρησιμοποίησε ανάλυση της γλώσσας του σώματος για την παρακολούθηση της εξωτερικής συμπεριφοράς τους. Ο κύριος στόχος αυτής της προσέγγισης είναι η βελτίωση των ακαδημαϊκών επιδόσεων των μαθητών.

Στην μελέτη των Matić και Konačić, παρουσιάζεται η μοναδική έρευνα που αφορά τη χρήση ρομπότ για τη βοήθεια που παρέχεται από τους φυσικοθεραπευτές στη θεραπεία ασθενών με πρόσφατα επουλωμένα κατάγματα των χεριών. Διερευνήθηκαν 18 ασκήσεις, και δημιουργήθηκε μια χορογραφία για αυτές, χρησιμοποιώντας το εργαλείο προγραμματισμού Choregraphe για το ανθρωποειδές ρομπότ NAO.

Αρχικά, το ρομπότ NAO ενημερώνεται από τους ασθενείς για τον τρόπο ολοκλήρωσης μιας άσκησης, επαναλαμβάνει αυτές τις οδηγίες και στη συνέχεια καταγράφει πόσες φορές επαναλήφθηκε μια δραστηριότητα καθώς εκτελούνταν. Αυτό αυξάνει το κίνητρο των ασθενών να συνεχίσουν την άσκηση. Η βιωσιμότητα και η αποτελεσματικότητα του ρομπότ ως εργαλείου στη φυσικοθεραπεία επιβεβαιώνονται μέσω της ανάπτυξης του σε ρομπότ NAO και δοκιμών σε εργαστήριο. Στη συνέχεια, εξετάζονται οι προκλήσεις που προέκυψαν και προτείνονται πιθανές λύσεις.

Στην εργασία των Li, Imeokparia, Ketzner και Tsahai, παρουσιάζονται το υπόβαθρο και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη και εκπαίδευση του ανθρωποειδούς ρομπότ NAO, προκειμένου να συμμετάσχει σε παιχνίδι "Simon Says" με ανθρώπους παίκτες. Στην εργασία περιγράφεται η γενική λογική του παιχνιδιού, καθώς και οι αισθητηριακές ικανότητες του ρομπότ NAO, οι οποίες επιτεύχθηκαν μέσω χορογραφημένου προγραμματισμού.

Για την επεξεργασία των φωτογραφιών που συλλέχθηκαν από το NAO, χρησιμοποιήθηκαν οι αλγόριθμοι ανίχνευσης στάσης OpenPose και το API OpenCV για την ταξινόμηση των στάσεων. Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα Συνελικτικό Νευρωνικό Δίκτυο χρησιμοποιώντας τα API Keras για τον εντοπισμό και την κατηγοριοποίηση των στάσεων των παικτών.

Στην έρευνα των Vernaza και Murillo, παρουσιάζεται η δημιουργία ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων για το ρομπότ NAO, το οποίο ονομάζεται RACoN και στοχεύει στον ανταγωνισμό στο RoboCup Standard Platform League Penalty Shot Challenge. Το σύστημα αυτό εκτελεί χαρτογράφηση των καμερών, αισθητήρων και ενεργοποιητών σε όλο το περιβάλλον χρησιμοποιώντας το πλαίσιο εργασίας ROS (Robot Operating System) ως ξεχωριστούς πράκτορες. Ως αποτέλεσμα, η αρχιτεκτονική RaCoN επιτρέπει τη συνεργασία

και τον συντονισμό των ρομπότ, καθιστώντας το ένα είδος Τεχνητού Γνωστικού Συστήματος Pandemonium.

Τα ρομπότ που χρησιμοποιούν αυτήν την αρχιτεκτονική μπορούν να ανταγωνιστούν επιτυχώς σύμφωνα με τους κανονισμούς του πρωταθλήματος RoboCup. Αυτό είναι δυνατό επειδή τα ρομπότ μπορούν να ανιχνεύσουν και να αναγνωρίσουν τις συμπεριφορές των άλλων ρομπότ χρησιμοποιώντας ConvnNet (Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα).

**2020** Το Τμήμα Πληροφορικής του Κρατικού Πανεπιστημίου Vologda εξετάζει το ενδεχόμενο να ενσωματώσει το ανθρωποειδές ρομπότ NAO Evolution στα προπτυχιακά και μεταπτυχιακά προγράμματά του. Στο πλαίσιο αυτό, διερευνώνται διάφορα θέματα που καλύπτονται σε μια συλλογή εργαστηριακών μελετών. Η μελέτη των Shvetcov, Gorbunov, Dianov και Kinyakin, επικεντρώνεται στη δυνατότητα χειρισμού των μηχανισμών του ρομπότ στο πλαίσιο του λογισμικού Choregraphe, τεχνικές για τη δημιουργία καταστάσεων συμπεριφοράς σε πραγματικό χρόνο, και τη δυνατότητα δημιουργίας συνομιλίας με το ρομπότ σε φυσική γλώσσα. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών παρέχουν περιγραφές και τμήματα του προγράμματος που υλοποιούν αυτές τις επιλογές και τις τεχνικές που έχουν δοκιμαστεί και διερευνηθεί.

Παρότι υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα κοινωνικά ρομπότ στον τομέα της εκπαίδευσης, οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται στα αποτελέσματα της μάθησης. Μια πτυχή που δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς είναι η επίδραση της εμπιστοσύνης στους ρομποτικούς εκπαιδευτές. Σκοπός της μελέτης των Stower και Kappas, είναι να διερευνήσει πώς η εμπιστοσύνη επηρεάζει τη μάθηση των παιδιών κατά τη χρήση κοινωνικών ρομπότ. Σε αυτήν τη μελέτη, συμμετείχαν 33 παιδιά ηλικίας από 4 έως 9 ετών σε ένα πιλοτικό πείραμα που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια ενός Φεστιβάλ Επιστήμης. Τα παιδιά συνεργάστηκαν με ένα ρομπότ NAO για την επίλυση ενός προβλήματος υπολογιστικής σκέψης. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η κοινωνική σύνδεση και η αντιληπτή ικανότητα/αξιοπιστία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διακριθεί η εμπιστοσύνη των παιδιών στο ρομπότ σε δύο κατηγορίες.

Η επιτυχία της ομάδας στο Soccer 3D εξαρτάται σημαντικά από τη δειγματοληψία, τη βελτιστοποίηση και την ενσωμάτωση της συμπεριφοράς Keyframe (KSOBI). Το KSOBI είναι μια αποδεδειγμένα αποτελεσματική τεχνική για την εκπαίδευση του ρομπότ NAO στη δημιουργία λακτίσματος δράσης. Ωστόσο, ο KSOBI μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρη σύγκλιση και να περιορίσει τη διακύμανση της εξερεύνησης, εμποδίζοντας την ανάπτυξη και μπορεί ακόμη να οδηγήσει σε τοπικές βέλτιστες λύσεις λόγω της έλλειψης ισχυρής υπολογιστικής ικανότητας. Η έρευνα των Hu, Li, Sun και Fang προτείνει μια μέθοδο για την απόκτηση ικανοτήτων λακτίσματος μέσω επιδείξεων βασισμένη στη δειγματοληψία επιτάχυνσης (AS), η οποία συμπεριλαμβάνει τον υπολογισμό της αντικειμενικής γωνίας για κάθε άρθρωση ενώ παρακολουθεί την επιτάχυνση των αρθρώσεων ενός άλλου ρομπότ. Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές αυτής της στρατηγικής χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα προσομοίωσης RoboCup 3D αποκαλύπτουν σημαντική βελτίωση της απόδοσης με πολύ λίγες τροποποιήσεις στο KSOBI.

**2021** Η βιομηχανία διατηρεί σταθερό ενδιαφέρον για το ρομπότ NAO ως ένα νέο είδος ρομπότ. Παράλληλα, αυξάνεται η ακαδημαϊκή ενδιαφέρον για τη χρήση των ρομπότ NAO στον τομέα της εκπαίδευσης, ειδικά στον τομέα της εισαγωγής τους στην τάξη. Η έρευνα των Jia, Xie και Wang, παρέχει μια σύντομη ανασκόπηση της τρέχουσας κατάστασης στον τομέα αυτόν και προσδιορίζει τις τάσεις ανάπτυξης στην εκπαίδευση με τη χρήση ρομπότ.

Επιπρόσθετα, με τη χρήση της διδασκαλίας με τη βοήθεια ρομπότ, αυτή η έρευνα περιγράφει τη δημιουργία εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων βασισμένων στο διδακτικό υλικό του "C Programming Fundamentals" σε σχολεία δευτεροβάθμιας επαγγελματικής εκπαίδευσης. Αναμένουμε επίσης ότι αυτή η μελέτη θα συμβάλει στην προώθηση της χρήσης τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης στην τάξη, παρέχοντας μια πρακτική και πειραματική προσέγγιση στην υποστηριζόμενη διδασκαλία.

Η έρευνα των Farhan, Rahman Khan, Swaron, Saha Shukhon, Islam και Razzak, εξετάζει τα βασικά στοιχεία που παρέχουν τα παιδιά με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) κατά την αλληλεπίδρασή τους με το ανθρωποειδές ρομπότ NAO. Τέσσερα αυτιστικά παιδιά με διάφορες νευρολογικές και σωματικές αναπηρίες, γνωρίστηκαν όντας μέλη της ομάδας SWAC, και η νοημοσύνη τους αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας ένα τεστ νοημοσύνης που βασίζεται σε ερωτήσεις και απαντήσεις. Επιπλέον, υποβλήθηκαν σε διαγνωστικές παρατηρήσεις για τον αυτισμό και συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα που βασίζεται στην αλληλεπίδραση με ρομπότ. Για προκαταρκτική ανάλυση και ανατροφοδότηση, η αλληλεπίδραση καταγράφηκε μέσω ενός μικροσκοπικού καμερών στο ρομπότ και μιας βιντεοκάμερας σε ένα τηλέφωνο Android. Η συνεδρία αλληλεπίδρασης δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα χορογραφίας για το ανθρωποειδές ρομπότ NAO. Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να προωθήσει την καλύτερη επικοινωνία και δέσμευση ανάμεσα στα παιδιά με ΔΑΦ.

Η αναγνώριση ομιλίας είναι μια πειθαρχία που αφορά είτε τον ορισμό απλών ήχων, όπως τους ήχους ζώων ή οχημάτων, είτε τη μετατροπή προφορικής ομιλίας σε γραπτό κείμενο, όπως η αναγνώριση της ανθρώπινης ομιλίας. Αν και δεν υπάρχει ένας ενιαίος αλγόριθμος που καλύπτει όλες τις πτυχές αυτού του τομέα, χρησιμοποιούνται διάφορες μεθόδους, όπως νευρωνικά δίκτυα και μοντέλα N-grams. Για την επεξεργασία της φυσικής γλώσσας, χρησιμοποιούνται εργαλεία όπως η διάκριση ομιλητή (Speaker Diarization - SD), τα κρυφά μοντέλα Markov (Hidden Markov Models - HMM) και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing - NLP).

Μια καινοτόμα μέθοδος που έχει προταθεί από τους Younis, Mohamed, Wahab, Jamaludin και Salisu, αναπτύσσει την αναγνώριση ομιλίας σε τέσσερα στάδια: πρώτον, τη μετατροπή της φυσικής ομιλίας σε κείμενο, δεύτερον τη συμβολική ανάλυση του κειμένου, τρίτον την εξαγωγή χαρακτηριστικών ομιλίας από τα κείμενα, και τέλος την αναγνώριση της ομιλίας. Σε αυτά τα τέσσερα στάδια, χρησιμοποιούνται τρία μοντέλα αναγνώρισης οντοτήτων (Named Entity Recognition - NER) για τη διαχωρισμένη ανάλυση της ομιλίας. Για την αξιολόγηση αυτής της μεθόδου, χρησιμοποιήθηκε ένα ρομπότ NAO προκειμένου να εκτελέσει

αποτελεσματικά το προτεινόμενο μοντέλο σε ένα περιβάλλον μάθησης, παρέχοντας ακριβέστερα και πρακτικά αποτελέσματα.

**2022** Όταν διδάσκονται τα παιδιά προγραμματισμό, συχνά χρησιμοποιούνται γλώσσες προγραμματισμού που βασίζονται σε μπλοκ ως αφετηρία. Αυτές οι γλώσσες προγραμματισμού προσφέρουν έναν εύκολο τρόπο για να εισαγάγουν τα παιδιά στον κόσμο του προγραμματισμού και συχνά χρησιμοποιούνται για να τα διδάξουν πώς να προγραμματίζουν ρομπότ. Ωστόσο, αντί να εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο τα παιδιά ανακαλύπτουν ένα τέτοιο περιβάλλον προγραμματισμού βασισμένο σε μπλοκ, η πλειοψηφία της έρευνας έχει επικεντρωθεί στη συμμετοχή τους, την απόλαυση που αποκομίζουν από αυτό και τον τρόπο μάθησής τους. Στην μελέτη των Sutherland, παρουσιάζονται κάποια προκαταρκτικά ευρήματα από έρευνα που εξετάζει τη χρήση ενός περιβάλλοντος προγραμματισμού με ρομπότ NAO από παιδιά. Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι αρχικά, τα παιδιά επικεντρώνονται περισσότερο σε σύντομες και εξωτερικές δραστηριότητες, όπως η κίνηση και η ομιλία του ρομπότ, παρά στην πραγματική λειτουργικότητα που προσφέρει το περιβάλλον προγραμματισμού.

Η έρευνα των Luo, Tseng και Ding χρησιμοποιεί το ρομπότ NAO για να παρέχει μια σειρά από χαρακτηριστικά μεταφοράς που θα βοηθήσουν τους ανθρώπους στην καθημερινή τους ζωή. Αυτή η έρευνα εξετάζει τη βιβλιοθήκη Python που αντιστοιχεί στην πλατφόρμα Choregraphe και το ρομπότ NAO. Σχεδιάζει τις κινήσεις των χεριών και των ποδιών του ρομπότ, διερευνά την αναγνώριση αντικειμένων μέσω χρήσης της τεχνολογίας μηχανικής όρασης, ερευνά αλγόριθμους κλίμακας και αναγνώρισης χρωμάτων, δοκιμάζει την αποτελεσματικότητα της ανάπτυξης κάθε λειτουργίας και, τέλος, ενσωματώνει μια σειρά από λειτουργίες. Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι να συμβάλει στην εξέλιξη της τεχνολογίας του ρομπότ NAO και στην επίλυση προβλημάτων που αφορούν την καθημερινή ζωή.

Για κοινωνικές ή επικοινωνιακές δραστηριότητες, η παρακολούθηση του βλέμματος είναι μια σημαντική τεχνική για την αξιολόγηση των προγραμμάτων παρέμβασης. Συνήθως, χρησιμοποιούνται εγγραφές βίντεο σε θεραπείες που διαχειρίζονται ρομπότ για να αξιολογήσουν την αλληλεπίδραση. Η έρευνα των Rosly, Yussof, Shamsuddin, Zahari και Che Daud, προτείνει τη χρήση ενός ρομπότ NAO για την ποσοτικοποίηση της οπτικής επαφής και τη σύγκρισή της με τη συμβατική ανάλυση βίντεο. Κατά τη διάρκεια των συνεδριών θεραπείας, οι κάμερες του ρομπότ NAO καταγράφουν και αυτόματα αναλύουν τα δεδομένα επαφής με τα μάτια, ενώ το NAOqi PeoplePerception ALGazeAnalysis API ανιχνεύει την κατεύθυνση του βλέμματος του αναγνωρισμένου ατόμου. Για να γίνει μια πιο ακριβής αξιολόγηση, ο κώδικας έχει βελτιωθεί ώστε να λαμβάνει υπόψη την εξωγενή ανίχνευση κατά την φευγαλέα αποστροφή ή την επαφή με τα μάτια. Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, τα δεδομένα διαφοράς ON παρουσίασαν σημαντική συμφωνία μεταξύ των δύο μεθόδων. Δεν υπάρχει διακριτική διαφορά μεταξύ τους, όπως φαίνεται από τα διαστήματα εμπιστοσύνης 95 τοις εκατό, τα οποία βρίσκονται εντός της αποδεκτής μέγιστης απόκλισης. Αυτό υποδηλώνει ότι το ρομπότ NAO μπορεί να αντικαταστήσει με επιτυχία τις συμβατικές μεθόδους εγγραφής βίντεο, ή ότι οι δύο προσεγγίσεις είναι ισοδύναμες.

Για τη δημιουργία παρουσιάσεων που να προσομοιάζουν τις παρουσιάσεις ενός ανθρώπινου παρουσιαστή, η μελέτη των Mohan και Hosein ασχολείται με την ανάπτυξη ενός συστήματος παρουσίασης για το ρομπότ NAO, προσφέροντας έναν εντυπωσιακό τρόπο επικοινωνίας. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει μια βάση δεδομένων με εξουσιοδοτημένες χειρονομίες και χρησιμοποιεί μια γλώσσα σήμανσης παρουσίασης (PML), που επιτρέπει στους χρήστες να καθορίζουν στοιχεία της παρουσίασης, όπως κείμενο, χειρονομίες και πολυμέσα. Το σύστημα δημιουργεί αυτόματα ένα πρόγραμμα παρουσίασης, το οποίο καθοδηγεί το ρομπότ κατά τη διάρκεια της παρουσίασης. Για να εξασφαλιστεί η υψηλή ποιότητα των παρουσιάσεων, το σύστημα δοκιμάστηκε χρησιμοποιώντας εκατοντάδες κομμάτια ομιλίας, και οι αλγόριθμοι ομιλίας βελτιώθηκαν για να επιτευχθεί καλύτερος συγχρονισμός με τις χειρονομίες και τα πολυμέσα. Το σύστημα έχει επιτυχώς παρουσιάσει πειραματικά αποτελέσματα σε πραγματικές καταστάσεις, συμπεριλαμβανομένων και μη τυπικών αγγλικών ομιλιών, κερδίζοντας το ενδιαφέρον του κοινού από διάφορα πολιτιστικά υπόβαθρα.

**2023** Τόσο στη γενική όσο και στην ειδική εκπαίδευση, τα κοινωνικά ρομπότ και τα ανθρωποειδή έχουν βρεθεί ότι βελτιώνουν τις ακαδημαϊκές και κοινωνικο-συναισθηματικές ικανότητες μάθησης. Αυτό το δοκίμιο αξιολογεί την εκπαιδευτική χρησιμότητα του ανθρωποειδούς NAO και τις επιπτώσεις του στα γνωστικά αποτελέσματα των μαθητών και στα αποτελέσματα SEL (Social and Emotional learning). Στην μελέτη των Feidakis, Gkolompia, Marnelaki, Marathaki, Emmanouilidou και Agrianiti, δημιουργήθηκαν και τέθηκαν σε εφαρμογή πέντε προγράμματα που απευθύνονταν σε μαθητές K12 στην γενική και ειδική εκπαίδευση. Σε πιλοτικές ερευνητικές συνεδρίες, περισσότεροι από 115 μαθητές έλαβαν μέρος, επαληθεύοντας τις απαντήσεις. Τα αρχικά ευρήματα επιβεβαιώνουν τις ευεργετικές επιδράσεις του ρομπότ NAO στη γνωστική και συναισθηματική-κοινωνική ανάπτυξη των μαθητών. Για να παραχθούν ασφαλέστερα αποτελέσματα, η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί σε μια πιο μεθοδική και επιστημονική προσέγγιση. Ένα πιο «ζωντανό ρομπότ» θα μπορούσε να προκύψει από την ενσωμάτωση διαδικασιών μηχανικής μάθησης.

Το NAO έχει κερδίσει ευρεία αναγνώριση χάρη στο μικρό του μέγεθος και τις πολλές δυνατότητές του. Ωστόσο, η μέθοδος που χρησιμοποιεί για την αναγνώριση αντικειμένων είναι ακόμα περιορισμένη και επηρεάζεται από παράγοντες όπως ο φωτισμός και το περιβάλλον. Στη μελέτη των Sun, Wang, Zheng και Liu, για να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα, εισήχθη ο δημοφιλής ανιχνευτής ενός σταδίου (YOLOv5) στο σύστημα ανίχνευσης αντικειμένων του ρομπότ NAO. Πρόσθετα, αναπτύχθηκε ένα σύνολο μεθόδων για την εκσυγχρονισμένη ανάπτυξη αλγορίθμων ανίχνευσης αντικειμένων που είναι προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον του ρομπότ. Αυτές οι βελτιώσεις σημαίνουν ότι το ρομπότ NAO τώρα μπορεί να αναγνωρίζει έναν ευρύτερο φάσμα αντικειμένων, ξεπερνώντας τα προβλήματα που προκύπτουν από τις περιορισμένες συνθήκες. Η ικανότητά του να αντιλαμβάνεται και να αντιδρά σε αντικείμενα βελτιώνεται σημαντικά χάρη σε αυτήν τη μέθοδο αναβάθμισης.

Τέλος, η έρευνα των C. V. R, D. G, S. K. J, R. S. B. S και R. A εξετάζει την αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ (HRI) με τη χρήση του ανθρωποειδούς ρομπότ NAO και διερευνά πώς μπορούν να ανατεθούν εργασίες στο NAO μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Python. Η μελέτη αποδεικνύει ότι το ρομπότ NAO είναι σε θέση να ανιχνεύει και να αντιδρά στην ανθρώπινη ομιλία και χειρονομίες, επικεντρώνοντας στην αναγνώριση της ομιλίας και των χειρονομιών. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η Python, με μια ακρίβεια 95% στην επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLP), αποτελεί ένα ευέλικτο και αποτελεσματικό πλαίσιο προγραμματισμού για το NAO στο πλαίσιο της HRI. Αυτή η έρευνα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη ευφυών ρομπότ με τεχνητή νοημοσύνη, τα οποία είναι σε θέση να επικοινωνούν με τους ανθρώπους με φυσικό και διαισθητικό τρόπο. Αυτό ενδέχεται να επεκτείνει την εφαρμογή τους σε διάφορους τομείς, όπως η εκπαίδευση, η υγειονομική περίθαλψη και η ψυχαγωγία, και να προσφέρει νέες δυνατότητες για τη βελτίωση της ανθρώπινης εμπειρίας με την τεχνολογία.

## Κεφάλαιο 4

# Αποτελέσματα

### 4.1 Η στάση των μαθητών απέναντι στο ρομπότ ΝΑΟ και η χρήση του

Σύμφωνα με τα ευρήματα της έρευνας, οι μαθητές εξέφρασαν θετική αξιολόγηση για το ρομπότ ΝΑΟ ως ένα κατάλληλο εκπαιδευτικό εργαλείο στο μαθησιακό περιβάλλον. Επιπλέον, αναφέρθηκε ότι εκτίμησαν σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες που προσφέρει το ρομπότ, δηλώνοντας ότι τους άρεσε το μεγαλύτερο μέρος των λειτουργιών και των δυνατοτήτων που προσέφερε για την εκμάθηση και την ανάπτυξη δεξιοτήτων. Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι το ΝΑΟ μπορεί να αποτελέσει έναν ενδιαφέρον πόρο στην εκπαιδευτική διαδικασία, ενισχύοντας την ενασχόληση και την μάθηση των μαθητών σε ποικίλους εκπαιδευτικούς τομείς.

Από τις πειραματικές εφαρμογές που διεξήχθησαν σε σχολεία, προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

1. Το ΝΑΟ δείχνει εντυπωσιακή έξυπνη συμπεριφορά.
2. Το ΝΑΟ διαθέτει τη δυνατότητα να παρακολουθεί αποτελεσματικά.
3. Το ΝΑΟ είναι σε θέση να ακούει τη φωνή και το τραγούδι.
4. Το ΝΑΟ έχει τη δυνατότητα να πλησιάζει τους χρήστες.
5. Η εμφάνιση του ΝΑΟ είναι κατάλληλη για τη διαδικασία της μάθησης.
6. Το ΝΑΟ είναι αρκετά ευέλικτο και επιτρέπει ελεύθερη κίνηση σε μια τάξη.
7. Η έκφραση του προσώπου του ΝΑΟ αποπνέει φυσικότητα.
8. Η φωνή του ΝΑΟ είναι ευχάριστη και ευδιάκριτη.
9. Το ΝΑΟ δημιουργεί μια αίσθηση ασφάλειας.

Παρά το αρχικό θετικό υπόβαθρο που παρέχουν τα δεδομένα σχετικά με το ρομπότ, τα αποτελέσματα αναδεικνύουν μια πιο λεπτομερή και σύνθετη εικόνα. Κατά την ανάλυση, τα δεδομένα διακριτοποιούνται και ομαδοποιούνται σε πέντε διαφορετικές κατηγορίες, προσεγγίζοντας το θέμα με σκοπό την απλούστευση και την ευκολότερη κατανόηση των παρατηρούμενων αποτελεσμάτων. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την πιο σαφή και διαφανή ερμηνεία των συλλεγέντων πληροφοριών και αποκαλύπτει την πολυπλοκότητα που υπάρχει πίσω από την αρχική ευνοϊκή εντύπωση που δημιουργεί το ρομπότ.

#### **4.1.1 Το βλέμμα και οι εκφράσεις του ρομπότ ΝΑΟ**

Οι παρατηρήσεις από τους συμμετέχοντες, όπως η αναφορά στο ρομπότ ως “ενδιαφέρον” και “ελκυστικό”, ενισχύουν την εντύπωση ότι η εμφάνιση του είναι κατάλληλη για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Περαιτέρω, αναφέροντας ότι δεν αισθάνονται πίεση επειδή βρίσκονται αντιμέτωποι με το ρομπότ, αλλά αντίθετα νιώθουν άνετα, επιβεβαιώνεται η θετική αντίληψη που έχουν για το ρομπότ. Επίσης, πολλοί από τους συμμετέχοντες εκφράζουν ενδιαφέρον και ενθουσιασμό από τον τρόπο που το ρομπότ κινείται και χορεύει. Η παρατήρηση αυτή αντικατοπτρίζει τη νεοφυή και πρωτότυπη εμπειρία των χρηστών στη συνάντηση με το ρομπότ για πρώτη φορά. Τέλος, η πλειονότητα των μαθητών εξέφρασε θετική αντίδραση απέναντι στις εκφράσεις του προσώπου του ρομπότ ΝΑΟ και εκτίμησε την γενική εμφάνιση του ρομπότ.

#### **4.1.2 Οι δυνατότητες του ρομπότ ΝΑΟ για ομιλία και ακρόαση**

Αν και το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων δήλωσε ότι το ρομπότ μπορούσε να τους ακούσει, ορισμένοι από αυτούς που συμμετείχαν στις πιλοτικές εφαρμογές ανέδειξαν περιορισμούς στην λειτουργία αυτή. Συγκεκριμένα, ανέφεραν περιπτώσεις όπου η αναγνώριση της ομιλίας αντιμετώπισε προβλήματα λόγω της αδυναμίας του ρομπότ να αντιληφθεί τις φωνές των μαθητών ή λόγω της ασάφειας στην προφορά τους. Κάποιοι ανέφεραν προσωπικές δυσκολίες στην επικοινωνία με το ρομπότ, εξαιτίας προβλημάτων σχετικά με την ποιότητα του ήχου ή την ικανότητά του να κατανοήσει την ομιλία τους. υτά τα σχόλια αποδεικνύουν ότι υπάρχει τεχνικό ζήτημα σχετικά με την αναγνώριση της ομιλίας από το ρομπότ, ιδίως όταν έχει να κάνει με μαθητές που τίθενται σε μια αμφίβολη θέση, συχνά μιλούν σιγαλά ή έχουν χαμηλή αυτοεκτίμηση. Τα περιστατικά αναδεικνύουν την ανάγκη βελτίωσης της ικανότητας του ρομπότ στην ακρόαση και την αναγνώριση της ομιλίας, προκειμένου να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τέτοια ζητήματα.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα, μία λύση θα ήταν η χρήση του ρομπότ σε μικρότερες ομάδες καθώς η τεχνολογία αναγνώρισης της ομιλίας του ρομπότ μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική σε αυτές τις συνθήκες.

Από την άλλη, μεγάλο ποσοστό των συμμετεχόντων εκφράζει τη θετική τους αντίδραση όσον αφορά τη φωνή και την εκφραστικότητα του ρομπότ. Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές απόψεις σχετικά με τον ρυθμό ομιλίας του ρομπότ. Ορισμένοι τον θεωρούν κατανοητό και κατάλληλο, ενώ άλλοι τον βρίσκουν υπερβολικά γρήγορο, δυσκολεύοντας τους να παρακολουθήσουν την ομιλία του λόγω έλλειψης εξοικείωσης με τον γρήγορο ρυθμό της γλώσσας.

Συμπεραίνοντας από σχόλια, το λιγότερο κάποιοι αντιμετωπίζουν δυσκολία στην κατανόηση του ρομπότ. Αυτό οφείλεται στον υποτιθέμενο υψηλό ρυθμό ομιλίας του ομιλητή και τις ανεπαρκείς ακουστικές ικανότητες.



#### **4.1.3 Οι δυνατότητες βάρδισης και παρατήρησης του ρομπότ NAO**

Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων εκφράζει θετική αντίληψη όσον αφορά τη δυνατότητα του ρομπότ να περπατά. Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το περπάτημα του ρομπότ είναι ευχάριστο και εντυπωσιακό. Οι συνεντεύξεις επιβεβαίωσαν αυτήν την αντίληψη, καθώς πολλοί συμμετέχοντες ανέφεραν ότι είχαν γνώση της ικανότητας του ρομπότ να περπατά. Επιπλέον, πολλοί μαθητές εκφράζουν την άποψη ότι το ρομπότ μπορεί να τους παρατηρεί. Βάσει των αποτελεσμάτων, είναι ορατό ότι οι μαθητές αντιλαμβάνονται αυτές τις ικανότητες χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες.

#### **4.1.4 Η ασφάλεια του ρομπότ**

Βάσει των αποτελεσμάτων, η συμμετοχή των ατόμων στις πιλοτικές εφαρμογές οδήγησε στον καθορισμό του ρομπότ ως ένα έξυπνο, ασφαλές και μη απειλητικό μηχανήμα. Οι απόψεις των παιδιών επιβεβαιώνουν την αντίληψη για την ασφάλεια του ρομπότ, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη στη χρήση του. Σε πλήρη αντιστοιχία με τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των μαθητών, τα χαρακτηριστικά του ρομπότ φαίνεται να προσφέρουν ένα εξαιρετικά κατάλληλο εκπαιδευτικό εργαλείο. Το NAO δεν αποτελεί μόνο μια ευφυή και προηγμένη τεχνολογική λύση, αλλά επίσης ένα φιλικό και ασφαλές εργαλείο που μπορεί να προσφέρει επιπλέον αξία στη διαδικασία εκπαίδευσης.

Συνολικά, οι απαντήσεις που συγκεντρώθηκαν σχετικά με τη χρήση του ρομπότ NAO στην τάξη αξιολογήθηκαν ως ιδιαίτερα θετικές. Οι συμμετέχοντες στη μελέτη εξέτασαν διάφορους λόγους, και η ενσωμάτωση του ρομπότ στο εκπαιδευτικό περιβάλλον της τάξης αντιμετωπίστηκε ως πρακτική με περισσότερα πλεονεκτήματα παρά περιορισμούς. Αυτή η θετική αντίληψη υποδηλώνει ότι η χρήση του ρομπότ NAO θεωρήθηκε αποτελεσματική και επωφελής πρακτική που συνέβαλε στη βελτίωση της εκπαίδευσης και της εκπαιδευτικής διαδικασίας στην τάξη.

## Κεφάλαιο 5

# Δυνατότητες & περιορισμοί της έρευνας

### 5.1 Δυνατότητες του ρομπότ

Το NAO διακρίνεται συχνά για την ευρεία αποδοχή και χρήση της στον χώρο της ρομποτικής. Η μικροσκοπική του διάσταση και το ελαφρύ του βάρος το καθιστούν εύκολο να μεταφέρεται με συμβατικά μέσα όπως ένα αυτοκίνητο, επιτρέποντας έτσι τη μελέτη σε ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα ευέλικτα χαρακτηριστικά του NAO ανταποκρίνονται επίσης στις απαιτήσεις των διεθνών πολυεπιστημονικών ερευνητών. Αυτό οφείλεται κυρίως στο πολυεπίπεδο προγραμματιστικό πλαίσιο που παρέχεται στους ακαδημαϊκούς. Ενώ οι μηχανικοί μπορούν να αναπτύσσουν καινοτόμες τεχνικές συνεισφορές (όπως υπολογιστική όραση, έλεγχος κ.λπ.) και να τις ενσωματώνουν απευθείας στο ρομπότ μέσω του C++/Python API, οι ερευνητές από τις κοινωνικές επιστήμες μπορούν απλά να ενσωματώνουν νέες συμπεριφορές χρησιμοποιώντας το πλαίσιο προγραμματισμού βασισμένο σε μπλοκ του Choregraphe. Εξαιτίας της πολυεπιστημονικής φύσης του τομέα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ, το πλαίσιο προγραμματισμού της πλατφόρμας NAO ενισχύθηκε μέσω της αξιοποίησης του αντίστοιχου πλαισίου προγραμματισμού στον τομέα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ (HRI).

Ειδικά τα νεαρά παιδιά φαίνεται να αλληλεπιδρούν με το ρομπότ με μεγάλη επιτυχία, περισσότερο από ό,τι άτομα σε πιο προχωρημένες φάσεις ανάπτυξης. Σύμφωνα με την μελέτη [71], τα παιδιά με δυσκολίες στις επιδόσεις τους επωφελήθηκαν από το NAO, το οποίο τους βοήθησε να συμμετάσχουν σε μια μαθησιακή συνεδρία, υιοθετώντας έναν ειδικό κοινωνικό ρόλο ως μαθητές. Αυτή η προσέγγιση αυξάνει τις μετα-γνωστικές δεξιότητες, περιλαμβανομένης της αυτοπεποίθησης και της επίλυσης προβλημάτων, ενώ ενθαρρύνει επίσης την εξάσκηση σε σχολικά θέματα όπως φυσική και αριθμητική, αλλά και σε δεξιότητες όπως το χειρόγραφο και η εκμάθηση μιας δεύτερης γλώσσας.

Επίσης, στην αλληλεπίδραση με ανθρώπους που αντιμετωπίζουν κοινωνικές και ακαδημαϊκές δυσκολίες, το ρομπότ NAO μπορεί να προσφέρει τόσο γνωστικές όσο και συναισθηματικές δυνατότητες. Παρότι οι θεραπευτές και οι εκπαιδευτές παίζουν καίριο ρόλο ως κοινωνικοί παράγοντες που δεν μπορούν να αντικατασταθούν από ένα ρομπότ, το NAO μπορεί να δημιουργήσει ευχάριστες εμπειρίες μάθησης και θεραπείας. Μέσω αυτού του ρομπότ, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να επικεντρωθούν σε δημιουργικές και ποικίλες μεθόδους διδασκαλίας, αφού το NAO συμπληρώνει τη διαδικασία με τις τεχνολογικές του δυνατότητες και τη δυνατότητα να δημιουργεί ευχάριστα περιβάλλοντα για τη μάθηση και την ανάπτυξη.

Στο συνολικό πλαίσιο, το ρομπότ NAO προσφέρει συνεργατική και πολυδιάστατη προσέγγιση στην αλληλεπίδραση ανθρώπου-τεχνολογίας, ενισχύοντας την εκπαίδευση και τη θεραπεία μέσα από τη συνδυασμένη προσφορά τόσο της τεχνολογίας όσο και της ανθρώπινης εμπειρίας.

## 5.2 Περιορισμοί της έρευνας

Η συνεχής πρόοδος στον τομέα της ρομποτικής έχει οδηγήσει σε εντυπωσιακά επιτεύγματα, με το ρομπότ NAO να ξεχωρίζει ως ένα εντυπωσιακό παράδειγμα. Είναι αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι το NAO έχει τη δυνατότητα να εκτελεί ποικίλες δραστηριότητες με σχεδόν ανθρώπινο τρόπο, επιδεικνύοντας ευελιξία και ευκολία. Παρά το γεγονός ότι το ρομπότ είναι ικανό να πραγματοποιεί σχεδόν ανθρώπινες δραστηριότητες με σχετική άνεση, απαιτεί συχνά εισροές και εξοδούς από εξωτερικές συσκευές, όπως υψηλής ποιότητας κάμερες και μικρόφωνα, προκειμένου να λειτουργεί αποτελεσματικά. Παρόλο που διαθέτει δύο ενσωματωμένες κάμερες, το NAO αντιμετωπίζει προκλήσεις στην πραγματοποίηση περίπλοκων εργασιών οπτικής αναγνώρισης λόγω της περιορισμένης ανάλυσης. Για παράδειγμα, το ρομπότ εμφανίζει καλή απόδοση στην ανίχνευση συναισθημάτων στο πρόσωπο και άλλα οπτικά σήματα όταν το άτομο βρίσκεται πολύ κοντά, ενώ δυσκολεύεται να αναγνωρίσει ανθρώπους που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 2 μέτρων, όπως αναφέρεται σε έρευνα [72]. Για την αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών, συχνά εξετάζεται η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, όπως οθόνες αφής, ταμπλέτες ή φορητές συσκευές, όπως αναφέρει η μελέτη [73].

Σε σύγκριση με άλλα κοινωνικά ρομπότ (όπως η Pepper), το NAO παρουσιάζει μειονεκτήματα λόγω της περιορισμένης διάρκειας μπαταρίας και των προκλήσεων υπερθέρμανσης. Συγκεκριμένα, η μπαταρία του συνήθως αντέχει μόνο για 60 λεπτά εντατικής χρήσης ή 90 λεπτά κανονικής χρήσης. Αυτά τα ζητήματα ρίχνουν αμφιβολίες σχετικά με τη μακροπρόθεσμη αποδοτικότητα και αξιοπιστία του ρομπότ. Η παρούσα μελέτη αποκαλύπτει ότι οι περισσότερες δοκιμές με το NAO συχνά περιορίζονται σε σύντομες περιόδους διάρκειας, που σπάνια υπερβαίνουν τα 30 λεπτά. Κατά συνέπεια, οι δραστηριότητες και ο σχεδιασμός των πειραμάτων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την παραπάνω προβληματική πτυχή.

Επιπλέον, σε ένα απαιτητικό περιβάλλον με πολλή οχλαγωγία και θόρυβο, το NAO αντιμετωπίζει δυσκολίες στην αντίληψη της ανθρώπινης ομιλίας. Η ηλικία του χρήστη παίζει ρόλο στην αναγνώριση της φωνής, καθώς τα πρότυπα ομιλίας και η συνοχή της φωνητικής παραγωγής διαφέρουν ανάμεσα σε μικρά παιδιά και ενήλικες [74]. Ως εκ τούτου, το NAO αντιμετωπίζει δυσκολίες στη διάκριση της ομιλίας των παιδιών, σύμφωνα με την έρευνα [75]. Ενδεχομένως, μια εναλλακτική προσέγγιση θα μπορούσε να είναι η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων αναγνώρισης ομιλίας του Google Cloud, που επιτρέπουν στο NAO να κατανοεί πολλές γλώσσες και να βελτιστοποιεί τις λειτουργίες του.

Σχετικά με τις κινήσεις του NAO και τη σταθερή του θέση, είναι απαραίτητες σκληρές επιφάνειες. Αρχικά, το NAO δημιουργήθηκε από την Aldebaran ως ένα δίποδο ρομπότ ικανό να περπατά σε ανοιχτό βρόχο. Επιτυγχάνει κινήσεις προς όλες τις κατευθύνσεις μέσω του αλγορίθμου βαδίσματος κλειστού βρόχου [76, 77]. Παρά την ευελιξία του στην κίνηση σε επίπεδες και στερεές επιφάνειες, το NAO είναι ευάλωτο σε υλικά όπως χαλιά, λόγω της ιδιαίτερης τεχνικής βαδίσματός του [78].

Σε γενικές γραμμές, παρά τις εντυπωσιακές του δυνατότητες, το NAO αντιμετωπίζει ποικίλα τεχνικά και λειτουργικά προβλήματα που αναδεικνύουν την ανάγκη για συνεχή εξέλιξη και βελτίωση της τεχνολογίας του.

## Κεφάλαιο 6

# Συμπεράσματα - Μελλοντικές Έρευνες

### 6.1 Ερευνητικά Ερωτήματα - Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική στοχεύει να διερευνήσει τις δυνατότητες και τις πιθανές εφαρμογές του ρομπότ NAO μέσα από μια αναλυτική βιβλιογραφική επισκόπηση. Τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα που εξετάστηκαν ήταν:

- 1) Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες του ρομπότ NAO;
- 2) Ποιες είναι οι τρέχουσες εφαρμογές του ρομπότ NAO σε διάφορους τομείς;
- 3) Ποιες είναι οι προκλήσεις και οι περιορισμοί του ρομπότ NAO;
- 4) Πώς μπορεί να βελτιωθεί το ρομπότ NAO για να βελτιώσει την απόδοσή του και να επεκτείνει τις εφαρμογές του;

Μέσα από μια εκτενή ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, αποκτήθηκαν πολύτιμες γνώσεις για το ρομπότ NAO και τη σημασία του στον τομέα της ρομποτικής. Το ρομπότ NAO αναδεικνύεται ως ένα από τα πιο προηγμένα ρομποτικά συστήματα που υπάρχουν σήμερα. Με τη χρήση αισθητήρων, κινητήρων και ενσωματωμένων λειτουργιών, το NAO μπορεί να αλληλεπιδράσει με το περιβάλλον του και να εκτελέσει ποικίλες εργασίες. Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες και εφαρμογές του ρομπότ σε διάφορους τομείς, όπως η εκπαίδευση, η έρευνα, η θεραπεία, η ψυχαγωγία και η κοινωνική ρομποτική. Το NAO έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να βελτιώσει την αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ και να παρέχει ωφέλεια σε διάφορους χρήστες. Οι δυνατότητες του περιλαμβάνουν αναγνώριση προσώπων, φωνητική αλληλεπίδραση, κίνηση, αποτύπωση συναισθημάτων και εκφράσεων προσώπου, εκτέλεση κινήσεων και προγραμματισμό. Αυτές οι δυνατότητες καθιστούν το NAO πολύτιμο εργαλείο για την ανάπτυξη προηγμένων ρομποτικών εφαρμογών. Επιπλέον, η χρήση του NAO σε εκπαιδευτικό περιβάλλον έχει αποδειχθεί εξαιρετικά επωφελής. Το ρομπότ μπορεί να διδάξει παιδιά και ενήλικες προγραμματισμό, μαθηματικά, γλώσσες και άλλα μαθήματα, παρέχοντας ένα διασκεδαστικό και διαδραστικό περιβάλλον μάθησης. Ως κοινωνικό ρομπότ, το NAO μπορεί να παρέχει συντροφιά και ψυχαγωγία. Οι άνθρωποι μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το ρομπότ, να παίξουν παιχνίδια και να απολαύσουν διάφορες δραστηριότητες, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής τους.

Τα συμπεράσματά αναδεικνύουν το NAO ως μια σημαντική συμβολή στην πρόοδο της ρομποτικής, παρέχοντας ευκαιρίες για την εξερεύνηση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ και την ανάπτυξη εφαρμογών σε ποικίλους τομείς. Οι ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι το NAO αποτελεί ένα από τα πιο προηγμένα ρομποτικά συστήματα που υπάρχουν σήμερα. Με αισθητήρες, κινητήρες και ενσωματωμένες λειτουργίες, το NAO

μπορεί να αλληλεπιδράσει με το περιβάλλον του και να εκτελέσει ποικίλες εργασίες. Έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες και εφαρμογές του ΝΑΟ σε τομείς όπως η εκπαίδευση, η έρευνα, η θεραπεία, η ψυχαγωγία και η κοινωνική ρομποτική, αποδεικνύοντας την ικανότητά του να βελτιώσει την αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ και να παρέχει οφέλη σε διάφορες ομάδες χρηστών. Οι δυνατότητες του ΝΑΟ περιλαμβάνουν την αναγνώριση προσώπων, τη φωνητική αλληλεπίδραση, την κίνηση, την αποτύπωση συναισθημάτων και εκφράσεων προσώπου, καθώς και τη δυνατότητα εκτέλεσης κινήσεων και προγραμματισμού. Αυτές οι δυνατότητες καθιστούν το ΝΑΟ ένα πολύτιμο εργαλείο για την ανάπτυξη προηγμένων ρομποτικών εφαρμογών. Παρά τα επιτεύγματα του, προκύπτουν περαιτέρω προκλήσεις που απαιτούν περαιτέρω ανάπτυξη. Οι ερευνητές προβληματίζονται για την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, την αντίληψη και τις συνεργατικές ικανότητες του ΝΑΟ. Αντιμετωπίζοντας αυτές τις προκλήσεις, θα ενισχυθεί η απόδοσή του και θα ανοίξουν νέοι δρόμοι για την αξιοποίησή του σε μελλοντικές εφαρμογές.

## **6.2 Μελλοντικές Κατευθύνσεις Έρευνας**

Με βάση τα ευρήματα και τα συμπεράσματα αυτής της διπλωματικής, αναδύονται πολλές υποσχόμενες προοπτικές για μελλοντική έρευνα στον τομέα του ρομπότ ΝΑΟ. Ένας τρόπος είναι η ενσωμάτωση αναδυόμενων τεχνολογιών, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η μηχανική μάθηση και η όραση υπολογιστή, στο ρομπότ ΝΑΟ. Μια τέτοια ενοποίηση θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά την αντίληψη, τη λήψη αποφάσεων και την προσαρμοστικότητα του ρομπότ, εξερευνώντας παράλληλα πώς αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να βελτιώσουν την ικανότητά του να μαθαίνει από τις αλληλεπιδράσεις του με τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Οι ευρηματικές διαπιστώσεις παρέχουν τη δυνατότητα να προτείνουν ορισμένες κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα στον τομέα του ΝΑΟ. Μία από αυτές είναι η δημιουργία συμπεριφοράς βασισμένης σε δεδομένα. Παρά το γεγονός ότι οι τεχνικές που βασίζονται σε κανόνες για τη δημιουργία συμπεριφοράς έχουν επιδείξει αποτελεσματικότητα, συχνά είναι δαπανηρές, χρονοβόρες και εξαρτώνται από την ειδίκευση. Η πολυπλοκότητα και η ποικιλομορφία των παραγόμενων συμπεριφορών περιορίζονται από το κόστος ανάπτυξης κανόνων παραγωγής και την ανάγκη για χειροκίνητες ρυθμίσεις προκειμένου να δημιουργηθούν προηγμένες και ρεαλιστικές ανθρώπινες συμπεριφορές. Με βάση το γεγονός ότι τα πραγματικά δεδομένα από τις αλληλεπιδράσεις ανθρώπου-ανθρώπου μπορεί να παράσχουν περισσότερη ανθρώπινη και πολυποικίλη συμπεριφορά, η ανάπτυξη συστημάτων παραγωγής συμπεριφοράς βασισμένων σε δεδομένα, με τη χρήση μηχανικής μάθησης, αποτελεί μία ύψιστη προτεραιότητα για έρευνα [68]. Μέσω αυτής της προσέγγισης, θα μπορούσε να επιτευχθεί η δημιουργία πιο φυσικών, ευέλικτων και ρεαλιστικών συμπεριφορών για το ΝΑΟ, ενσωματώνοντας τις πτυχές της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης που μπορούν να αντληθούν από τα πραγματικά δεδομένα.

Παρά την επικράτηση της τρέχουσας έρευνας λόγω τεχνικών και μεθοδολογικών περιορισμών, είναι δυνατή η δέσμευση για μακροπρόθεσμους στόχους και η αξιολόγηση της

αποτελεσματικότητας και των δυνατοτήτων του ρομπότ. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για εκείνους που ασχολούνται με αποκλεισμένες κοινότητες. Οι μελέτες χρηστών σε εκπαιδευτικά και θεραπευτικά πλαίσια, με την χρήση ρομπότ, απαιτούν σαφή απόδειξη για την μακροπρόθεσμη χρησιμότητα του ρομπότ [69].

Στο πλαίσιο της πολυκομματικής αλληλεπίδρασης, είναι αναγκαίο να δοθεί έμφαση στην ανάλυση της αλληλεπίδρασης του ρομπότ με ομάδες ανθρώπων, καθώς η δυναμική αυτής της αλληλεπίδρασης παραμένει μέχρι στιγμής ανεξερεύνητη. Παρά το γεγονός ότι η ατομική αλληλεπίδραση έχει μελετηθεί εκτενώς, η συμπεριφορά του ΝΑΟ κατά την αλληλεπίδραση με ομάδες ανθρώπων παραμένει ένα ανοιχτό ερώτημα. Η διατήρηση της συνεργατικής αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ (HRI) απαιτεί ειδική προσοχή και προσαρμογή. Με στόχο τη διευκόλυνση των ανθρώπινων συνδέσεων, όπως αυτές μεταξύ μαθητών, μαθητών και δασκάλων, και παιδιών και γονέων, η λειτουργία του ρομπότ ως διαμεσολαβητής αποκτά κρίσιμη σημασία. Επίσης, μπορεί να εξεταστεί η δομή της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ρομπότ από ειδικούς σε συναφή πεδία, όπως η ψυχολογία και η εκπαίδευση. Για παράδειγμα, σε περιβάλλοντα μάθησης, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν βαθμολογικά συστήματα και παρατηρήσεις για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των αλληλεπιδράσεων.

Ακόμη στο πεδίο της φυσικής επικοινωνίας, αναδύονται εποικοδομητικές προκλήσεις που αφορούν τις κοινωνικές συνομιλίες. Κεντρικό σημείο ενδιαφέροντος αποτελεί η ανάγκη για εμπλουτισμένες συναισθηματικές αντιδράσεις, δίνοντας έμφαση στην αισιοδοξία και την ελκυστικότητα. Είναι δυνατό να εξεταστεί η βάση τους σε πραγματικές καταστάσεις αλληλεπίδρασης, όπου διάφορα άτομα αντιδρούν με ποικίλους τρόπους. Οι συμμετέχοντες χρήστες μπορούν να κατανοήσουν τους ρόλους που αναλαμβάνουν κατά τη διάρκεια της συνομιλίας ή να προμηθευτούν προηγουμένως τις σχετικές πληροφορίες. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας ανοιχτών μορφών αλληλεπίδρασης, στις οποίες το ρομπότ εκδηλώνει ανθρώπινα ελαττώματα ή προβαίνει σε λάθη, τα οποία μπορεί να διορθώσει αργότερα κατά τη διάρκεια της συνεδρίας. Ωστόσο, η διατήρηση μιας συνεργατικής φανταστικής αλληλεπίδρασης, η οποία βασίζεται σε πραγματικές καταστάσεις της ζωής, προσφέρει τακτική αξία. Οι έρευνες αναδεικνύουν ότι η χρήση φανταστικής αλληλεπίδρασης μπορεί να παρέχει στους ανθρώπους μια προοπτική συμπεριφοράς, ενισχύοντας την αυτοπεποίθηση τους και τα αισθήματα αυτο-αποτελεσματικότητας σε μελλοντικές αλληλεπιδράσεις [70].

Ειδικά όταν πρόκειται για κοινωνική αλληλεπίδραση, δεν υπάρχει μια προσέγγιση που να ταιριάζει σε όλους. Ως αποτέλεσμα, φαίνεται ότι η προσαρμογή και η προσαρμοστικότητα δεν έχουν λάβει αρκετή προσοχή, παρά την ευρεία χρήση του ρομπότ σε ποικίλες ομάδες και πολιτισμούς. Μια πιο απλή προσέγγιση για την προσαρμογή του ρομπότ είναι η ενσωμάτωση μοναδικών λεκτικών και μη λεκτικών ενδείξεων, προϋποθέτοντας παρεμβάσεις που λαμβάνουν υπόψη τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των χρηστών. Σε κάθε πείραμα, απαιτείται προσεκτική εξέταση των δημογραφικών και ερευνητικών στόχων προτού αποφασιστεί το επίπεδο προσαρμογής που θα εφαρμοστεί. Καθώς τα παιδιά με αυτισμό εμφανίζουν μοναδικά συμπτώματα που διαφέρουν, υπάρχει επείγουσα ανάγκη για

προσαρμοσμένες συμπεριφορές ρομπότ, ειδικά για μικρά παιδιά με αυτισμό. Σε αυτό το πλαίσιο, το ΝΑΟ μπορεί να επικεντρωθεί σε διάφορες δραστηριότητες που αναπτύσσουν κοινωνικές δεξιότητες, προτού αποφασίσει ποια προσέγγιση ταιριάζει καλύτερα σε κάθε παιδί. Ο βασικός στόχος είναι η ανάγνωση των ατομικών προτιμήσεων των παιδιών μέσα από διαδραστικές συνεδρίες και η προσαρμογή της συμπεριφοράς του ρομπότ ανάλογα με αυτές.

Επιπλέον, είναι ζωτικής σημασίας η επέκταση των εφαρμογών του ρομπότ ΝΑΟ. Η έρευνα θα πρέπει να εξετάσει την πιθανή ανάπτυξη του σε τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη, η θεραπεία, η υποστήριξη ατόμων με αναπηρίες και η εξυπηρέτηση πελατών. Επίσης, είναι σημαντικό να διερευνηθούν οι δυνατότητες του ρομπότ για συνεργατικές εργασίες, είτε αυτές είναι συνεργασία με ανθρώπους είτε με άλλα ρομπότ, σε τομείς όπως ο βιομηχανικός αυτοματισμός ή σενάρια αντιμετώπισης καταστροφών. Όλα αυτά έχουν σημαντικές δυνατότητες για περαιτέρω προόδους στον τομέα του ρομπότ.

Συμπερασματικά, αυτή η διπλωματική παρέχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση του ρομπότ ΝΑΟ, των δυνατοτήτων του, των εφαρμογών, των προκλήσεων και των πιθανών περιοχών βελτίωσης. Το ρομπότ αντιπροσωπεύει μια σημαντική πρόοδο στον τομέα της ρομποτικής και η περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη είναι ζωτικής σημασίας για να ξεκλειδώσει πλήρως τις δυνατότητές του. Αντιμετωπίζοντας τους περιορισμούς που έχουν εντοπιστεί και ακολουθώντας τις προτεινόμενες μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας, η ρομποτική μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην προώθηση του τομέα και να αξιοποιήσει τα οφέλη των ανθρωποειδών ρομπότ, όπως το ΝΑΟ, σε διάφορους τομείς.

## Βιβλιογραφία

- [1] ‘NAO the humanoid and programmable robot | Aldebaran’. Ημερομηνία πρόσβασης 26 Ιούnius 2023. <https://aldebaran.com/en/nao>
- [2] ‘Choregraphe Suite — Aldebaran 2.4.3.28-r2 documentation’. Ημερομηνία πρόσβασης 26 Ιούnius 2023. <http://doc.aldebaran.com/2-4/software/choregraphe/index.html>
- [3] Desideri, L.; Bonifacci, P.; Croati, G.; Dalena, A.; Gesualdo, M.; Molinario, G.; Gherardini, A.; Cesario, L.; Ottaviani, C. The Mind in the Machine: Mind Perception Modulates Gaze Aversion During Child-Robot Interaction. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, 13, 599–614.
- [4] Shiarlis, K.; Messias, J.; van Someren, M.; Whiteson, S.; Kim, J.; Vroon, J.; Englebienne, G.; Truong, K.; Evers, V.; Pérez-Higueras, N.; et al. TERESA: A Socially Intelligent SEmi-autonomous Telepresence System. In *Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation*, Seattle, WA, USA, 26–30 May 2015.
- [5] Huijnen, C.A.G.J.; Verreussel-Willen, H.A.M.D.; Lexis, M.A.S.; de Witte, L.P. Robot KASPAR as Mediator in Making Contact with Children with Autism: A Pilot Study. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, 13, 237–249.
- [6] Uluer, P.; Kose, H.; Gumuslu, E.; Erol Barkana, D. Experience with an Affective Robot Assistant for Children with Hearing Disabilities. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, 16, 1–8.
- [7] Ismail, L.I.; Hanapiah, F.A.; Belpaeme, T.; Dambre, J.; Wyffels, F. Analysis of Attention in Child-Robot Interaction Among Children Diagnosed with Cognitive Impairment. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, 13, 141–152.
- [8] Chung, E.Y.H. Robot-Mediated Social Skill Intervention Programme for Children with Autism Spectrum Disorder: An ABA Time-Series Study. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, 13, 1095–1107.
- [9] Engwall, O.; Lopes, J.; Ahlund, A. Robot Interaction Styles for Conversation Practice in Second Language Learning. *Int. J. Soc. Robot.* **2020**, 13, 251–276.
- [10] Vogt, P.; van den Berghe, R.; de Haas, M.; Hoffman, L.; Kanero, J.; Mamus, E.; Montanier, J.M.; Oranc, C.; Oudgenoeg-Paz, O.; Hernandez Garcia, D.; et al. Second language tutoring using social robots: L2TOR—The movie. In *Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, Daegu, Korea, 11–14 March 2019.



- [11] Obayashi, K.; Kodate, N.; Masuyama, S. Assessing the Impact of an Original Soft Communicative Robot in a Nursing Home in Japan: Will Softness or Conversations Bring more Smiles to Older People? *Int. J. Soc. Robot.* **2022**, *14*, 645–656.
- [12] Schicchi, D.; Pilato, G. A Social Humanoid Robot as a Playfellow for Vocabulary Enhancement. In *Proceedings of the Second IEEE International Conference on Robotic Computing*, Laguna Hills, CA, USA, 31 January–2 February 2018.
- [13] Iio, T.; Satake, S.; Kanda, T.; Hayashi, K.; Ferreri, F.; Hagita, N. Human-Like Guide Robot that Proactively Explains Exhibits. *Int. J. Soc. Robot.* **2020**, *12*, 549–566.
- [14] Reyes, G.E.B.; Lopez, E.; Ponce, P.; Mazon, N. Role Assignment Analysis of an Assistive Robotic Platform in a High School Mathematics Class, Through a Gamification and Usability Evaluation. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *13*, 1063–1078.
- [15] Hood, D.; Lemaignan, S.; Dillenbourg, P. When Children Teach a Robot to Write: An Autonomous Teachable Humanoid Which Uses Simulated Handwriting. In *Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, Portland, OR, USA, 2–5 March 2015.
- [16] Schrum, M.; Park, C.H.; Howard, A. Humanoid Therapy Robot for Encouraging Exercise in Dementia Patients. In *Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, Daegu, Korea, 11–14 March 2019.
- [17] Taheri, A.; Meghdari, A.; Mahoor, M.H. A Close Look at the Imitation Performance of Children with Autism and Typically Developing Children Using a Robotic System. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *13*, 1125–1147.
- [18] Mispa, T.A.; Sojib, N. Educational Robot Kiddo Learns to Draw to Enhance Interactive Handwriting Scenario for Primary School Children. In *Proceedings of the 3rd International Conference of Intelligent Robotic and Control Engineering (IRCE)*, Oxford, UK, 10–12 August 2020.
- [19] Mubin, O.; Stevens, C.J.; Shahid, S.; Al Mahmud, A.; Dong, J.J. A Review of the Applicability of Robots in Education. *Technol. Educ. Learn.* **2013**, *1*, 13.
- [20] Shimaya, J.; Yoshikawa, Y.; Palinko, O.; Ogawa, K.; Jinnai, N.; Ishiguro, H. Active Participation in Lectures via a Collaboratively Controlled Robot. *International Journal of Social Robotics* **2020**.
- [21] Reyes, G.E.B.; Lopez, E.; Ponce, P.; Mazon, N. Role Assignment Analysis of an Assistive Robotic Platform in a High School Mathematics Class, Through a Gamification and Usability Evaluation. *International Journal of Social Robotics* **2020**.

- [22] Mubin, O.; Alhashmi, M.; Baroud, R.; Alnajjar, F.S. Humanoid Robots as Teaching Assistants in an Arab School. In Proceedings of the Proceedings of the 31st Australian Conference on Human-Computer Interaction, 2019.
- [23] Hsieh, Y.Z.; Lin, S.S.; Luo, Y.C.; Jeng, Y.L.; Tan, S.W.; Chen, C.R.; Chiang, P.Y. ARCS-Assisted Teaching Robots Based on Anticipatory Computing and Emotional Big Data for Improving Sustainable Learning Efficiency and Motivation. Sustainability 2020, 12.
- [24] Keller, J. Development and use of the ARCS Model of Instructional Design. Journal of Instructional Development 1987.
- [25] Zenbo Global. ‘ASUS Zenbo - Your Smart Little Companion’. Ημερομηνία πρόσβασης 13 Αυγούστου 2023. <https://zenbo.asus.com/>
- [26] Vogt, P.; van den Berghe, R.; de Haas, M.; Hoffman, L.; Kanero, J.; Mamus, E.; Montanier, J.M.; Oranc, C.; Oudgenoeg-Paz, O.; Hernandez Garcia, D.; et al. Second Language Tutoring Using Social Robots: L2TOR – The Movie. In Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), 2019.
- [27] Schicchi, D.; Pilato, G. A Social Humanoid Robot as a Playfellow for Vocabulary Enhancement. In Proceedings of the Second IEEE International Conference on Robotic Computing, Laguna Hills, CA, USA, 31 January–2 February 2018.
- [28] ‘Pepper the humanoid and programmable robot |Aldebaran’. Ημερομηνία πρόσβασης 13 Αυγούστου 2023. <https://www.aldebaran.com/en/pepper>
- [29] Karar, A.; Said, S.; Beyrouthy, T. Pepper Humanoid Robot as a Service Robot: A Customer Approach. In Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Bio-Engineering for Smart Technologies (BioSMART), Paris, France, 24–26 April 2019; pp. 1–4.
- [30] Kabacinska, K.; Prescott, T.J.; Robillard, J.M. Socially Assistive Robots as Mental Health Interventions for Children: A Scoping Review. Int. J. Soc. Robot. **2021**, 13, 919–935.
- [31] Ismail, L.I.; Hanapiah, F.A.; Belpaeme, T.; Dambre, J.; Wyffels, F. Analysis of Attention in Child-Robot Interaction Among Children Diagnosed with Cognitive Impairment. Int. J. Soc. Robot. **2021**, 13, 141–152.
- [32] Moharana, S.; Panduro, A.E.; Lee, H.R.; Rick, L.D. Robots for Joy, Robots for Sorrow: Community Based Robot Design for Dementia Caregivers. In Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Daegu, Korea, 11–14 March 2019.
- [33] Schrum, M.; Park, C.H.; Howard, A. Humanoid Therapy Robot for Encouraging Exercise in Dementia Patients. In Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Daegu, Korea, 11–14 March 2019.

- [34] Uluer, P.; Kose, H.; Gumuslu, E.; Erol Barkana, D. Experience with an Affective Robot Assistant for Children with Hearing Disabilities. *Int. J. Soc. Robot.* 2021, 16, 1–8.
- [35] Rasouli, S.; Gupta, G.; Nilsen, E.; Dautenhahn, K. Potential Applications of Social Robots in Robot-Assisted Interventions for Social Anxiety. *Int. J. Soc. Robot.* 2022, ahead of printing.
- [36] Van der Putte, D.; Boumans, R.; Neerincx, M.; Rikkert, M.O.; De Mul, M. A Social Robot for Autonomous Health Data Acquisition among Hospitalized Patients: An Exploratory Field Study. In *Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, Daegu, Korea, 11–14 March 2019.
- [37] Chung, E.Y.H. Robot-Mediated Social Skill Intervention Programme for Children with Autism Spectrum Disorder: An ABA Time-Series Study. *Int. J. Soc. Robot.* 2021, 13, 1095–1107.
- [38] Huijnen, C.A.G.J.; Verreussel-Willen, H.A.M.D.; Lexis, M.A.S.; de Witte, L.P. Robot KASPAR as Mediator in Making Contact with Children with Autism: A Pilot Study. *Int. J. Soc. Robot.* 2021, 13, 237–249.
- [39] Wood, L.J.; Zarak, A.; Robins, B.; Dautenhahn, K. Developing Kaspar: A Humanoid Robot for Children with Autism. *Int. J. Soc. Robot.* 2021, 13, 491–508.
- [40] Cao, W., Song, W., Li, X., Zheng, S., Zhang, G., Wu, Y., . . . Chen, J. (2019). Interaction with social robots: Improving gaze toward face but not necessarily joint attention in children with autism spectrum disorder. *Frontiers in Psychology*, 10(1503), 1–10.
- [41] Cabibihan, J. J., Javed, H., Ang, M., & Aljunied, S. M. (2013). Why robots? A survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 5(4), 593–618.
- [42] Kumazaki, H., Yoshikawa, Y., Yoshimura, Y., Ikeda, T., Hasegawa, C., Saito, D. N., . . . Matsumoto, Y.(2018). The impact of robotic intervention on joint attention in children with autism spectrum disorders. *Molecular Autism*, 9(46), 1–10.
- [43] Castellano, G.; De Carolis, B.; D’Errico, F.; Macchiarulo, N.; Rossano, V. *PeppeRecycle: Improving Children’s Attitude Toward Recycling by Playing with a Social Robot.* *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, 13, 97–111.
- [44] Filippini, C.; Spadolini, E.; Cardone, D.; Bianchi, D.; Preziuso, M.; Sciarretta, C.; del Cimmuto, V.; Lisciani, D.; Merla, A. Facilitating the Child-Robot Interaction by Endowing the Robot with the Capability of Understanding the Child Engagement: The Case of Mio Amico Robot. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, 13, 677–689.

- [45] Striepe, H.; Donnermann, M.; Lein, M.; Lugin, B. Modeling and Evaluating Emotion, Contextual Head Movement and Voices for a Social Robot Storyteller. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *13*, 441–457.
- [46] Zheng, M.; She, Y.; Chen, J.; Shu, Y.; Xiahou, J. BabeBay—A Companion Robot for Children Based on Multimodal Affective Computing. In Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Daegu, Korea, 11–14 March 2019.
- [47] Reyes, G.E.B.; Lopez, E.; Ponce, P.; Mazon, N. Role Assignment Analysis of an Assistive Robotic Platform in a High School Mathematics Class, Through a Gamification and Usability Evaluation. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *13*, 1063–1078.
- [48] Anzalone, S.M.; Tilmont, E.; Boucenna, S.; Xavier, J.; Jouen, A.L.; Bodeau, N.; Maharatna, K.; Chetouani, M.; Cohen, D.; the MICHELANGELO Study Group. How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D + time) environment during a joint attention induction task with a robot. *Res. Autism Spectr. Disord.* **2014**, *8*, 814–826.
- [49] Desideri, L.; Bonifacci, P.; Croati, G.; Dalena, A.; Gesualdo, M.; Molinaro, G.; Gherardini, A.; Cesario, L.; Ottaviani, C. The Mind in the Machine: Mind Perception Modulates Gaze Aversion During Child-Robot Interaction. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *13*, 599–614.
- [50] Vogt, P.; van den Berghe, R.; de Haas, M.; Hoffman, L.; Kanero, J.; Mamus, E.; Montanier, J.M.; Oranc, C.; Oudgenoeg-Paz, O.; Hernandez Garcia, D.; et al. Second Language Tutoring using Social Robots: A Large-Scale Study. In Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Daegu, Korea, 11–14 March 2019.
- [51] Castellano, G.; De Carolis, B.; D’Errico, F.; Macchiarulo, N.; Rossano, V. PeppeRecycle: Improving Children’s Attitude Toward Recycling by Playing with a Social Robot. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *13*, 97–111.
- [52] Van der Putte, D.; Boumans, R.; Neerinx, M.; Rikkert, M.O.; De Mul, M. A Social Robot for Autonomous Health Data Acquisition among Hospitalized Patients: An Exploratory Field Study. In Proceedings of the 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Daegu, Korea, 11–14 March 2019.
- [53] Schicchi, D.; Pilato, G. A Social Humanoid Robot as a Playfellow for Vocabulary Enhancement. In Proceedings of the Second IEEE International Conference on Robotic Computing, Laguna Hills, CA, USA, 31 January–2 February 2018.
- [54] Uluer, P.; Kose, H.; Gumuslu, E.; Erol Barkana, D. Experience with an Affective Robot Assistant for Children with Hearing Disabilities. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *16*, 1–8.

- [55] Engwall, O.; Lopes, J.; Ahlund, A. Robot Interaction Styles for Conversation Practice in Second Language Learning. *Int. J. Soc. Robot.* **2020**, *13*, 251–276.
- [56] Mutlu, B.; Forlizzi, J.; Hodgins, J. A Storytelling Robot: Modeling and Evaluation of Human-like Gaze Behavior. In *Proceedings of the IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, Genova, Italy, 4–6 December 2006.
- [57] Shiarlis, K.; Messias, J.; van Someren, M.; Whiteson, S.; Kim, J.; Vroon, J.; Englebienne, G.; Truong, K.; Evers, V.; Pérez-Higueras, N.; et al. TERESA: A Socially Intelligent SEmi-autonomous Telepresence System. In *Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation*, Seattle, WA, USA, 26–30 May 2015.
- [58] McGinn, C.; Bourke, E.; Murtagh, A.; Cullinan, M.; Kelly, K. Exploring the application of design thinking to the development of service robot technology. In *Proceedings of the ICRA2018 Workshop on Elderly Care Robotics-Technology and Ethics (WELCARO)*, Brisbane, Australia, 21–25 May 2018.
- [59] Ismail, L.I.; Hanapiah, F.A.; Belpaeme, T.; Dambre, J.; Wyffels, F. Analysis of Attention in Child-Robot Interaction Among Children Diagnosed with Cognitive Impairment. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *13*, 141–152.
- [60] Vandeveld, C.; Wyffels, F.; Vanderborght, B.; Saldien, J. Do-It-Yourself Design for Social Robots: An Open-Source Hardware Platform to Encourage Innovation. *IEEE Robot. Autom. Mag.* **2017**, *24*, 86–94.
- [61] Wood, L.J.; Zaraki, A.; Robins, B.; Dautenhahn, K. Developing Kaspar: A Humanoid Robot for Children with Autism. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *13*, 491–508.
- [62] Mispa, T.A.; Sojib, N. Educational Robot Kiddo Learns to Draw to Enhance Interactive Handwriting Scenario for Primary School Children. In *Proceedings of the 3rd International Conference of Intelligent Robotic and Control Engineering (IRCE)*, Oxford, UK, 10–12 August 2020.
- [63] ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics. ‘Paro’. Ημερομηνία πρόσβασης 16 Αύγουστος 2023. <https://robotsguide.com/robots/paro/>
- [64] Ημερομηνία πρόσβασης 16 Αύγουστος 2023. <https://www.wevolver.com/specs/tega.robot>
- [65] MIT Media Lab. ‘Project Overview < Huggable: A social robot for pediatric care’. Ημερομηνία πρόσβασης 16 Αύγουστος 2023. <https://www.media.mit.edu/projects/huggable-a-social-robot-for-pediatric-care/overview/>
- [66] Wood, L.J.; Zaraki, A.; Robins, B.; Dautenhahn, K. Developing Kaspar: A Humanoid Robot for Children with Autism. *Int. J. Soc. Robot.* **2021**, *13*, 491–508.

- [67] ‘Robots Using ROS: Aldebaran Nao - ROS robotics news’. Ημερομηνία πρόσβασης 18 Αύγουστος 2023. <https://www.ros.org/news/2010/03/robots-using-ros-aldebaran-nao.html>
- [68] Liu, Y., Mohammadi, G., Song, Y., and Johal, W. (2021). “Speech-based Gesture Generation for Robots and Embodied Agents: A Scoping Review,” in 2021 9th International Conference on Human-Agent Interaction, Online, November 9–11, 2021 (New York City, NY: HAI ’21 ACM). doi:10.1145/3472307.3484167.
- [69] Rakhymbayeva, N., Amirova, A., and Sandygulova, A. (2021). A Long-Term Engagement with a Social Robot for Autism Therapy. *Front. Robot. AI* 8, 669972. doi:10.3389/frobt.2021.669972.
- [70] Kuchenbrandt, D., and Eyssel, F. (2012). “The Mental Simulation of a Human-Robot Interaction: Positive Effects on Attitudes and Anxiety toward Robots,” in Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, Paris, France, September 9–13, 2012, 463–468. doi:10.1109/ROMAN.2012.6343795.
- [71] Hood, D., Lemaignan, S., and Dillenbourg, P. (2015). “When Children Teach a Robot to Write,” in ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, Portland, OR, March 2–5, 2015, 83–90. doi:10.1145/2696454.2696479.
- [72] Bolotnikova, A., Demirel, H., and Anbarjafari, G. (2017). Real-time Ensemble Based Face Recognition System for NAO Humanoids Using Local Binary Pattern. *Analog Integr. Circ. Sig Process.* 92, 467–475. doi:10.1007/s10470-017-1006-3.
- [73] Johal, W. (2020). Research Trends in Social Robots for Learning. *Curr. Robot Rep.* 1, 75–83. doi:10.1007/s43154-020-00008-3.
- [74] Marin Vargas, A., Cominelli, L., Dell’Orletta, F., and Scilingo, E. P. (2021). Verbal Communication in Robotics: A Study on Salient Terms, Research fields and Trends in the Last Decades Based on a Computational Linguistic Analysis. *Front. Comput. Sci.* 2, 591164. doi:10.3389/fcomp.2020.591164.
- [75] Kennedy, J., Lemaignan, S., Montassier, C., Lavalade, P., Irfan, B., Papadopoulos, F., et al. (2017). “Child Speech Recognition in Human-Robot Interaction,” in Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, Vienna, Austria, March 6–9, 2017 (New York City, NY: Association for Computing Machinery), 82–90. doi:10.1145/2909824.3020229.
- [76] Kasari, M. M., Lau, N., and Pereira, A. (2019). A Fast and Stable Omnidirectional Walking Engine for the Nao Humanoid Robot. *CoRR* abs/1906.06932.
- [77] Gouaillier, D., Collette, C., and Kilner, C. (2010). “Omni-directional Closed-Loop Walk for Nao,” in 2010 10th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 448–454. doi:10.1109/ICHR.2010.568629.

[78] Shamsuddin, S., Ismail, L. I., Yussof, H., Ismarrubie Zahari, N., Bahari, S., Hashim, H., et al. (2011). “Humanoid Robot Nao: Review of Control and Motion Exploration,” in 2011 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, Penang, Malaysia, November 25–27, 2011, 511–516.

