



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αυτόματη Ανάλυση Προσώπου στην Πρώιμη Ανίχνευση και την
Αξιολόγηση Παιδιών με ΔΑΦ: Συστηματική Ανασκόπηση**

Δημήτριος Μ. Καβούκης (ΑΜ: 1403)

Επιβλέπουσα: Ευγενία Τόκη, Καθηγήτρια ΠΙ

Ιωάννινα, 2026

Automatic Facial Analysis in the Early Detection and Assessment of Children with ASD: A Systematic Review

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © (Καβούκης Δημήτριος, 2026)

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή μέρους ή του συνόλου της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για εκπαιδευτικό ή ερευνητικό σκοπό, μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας της παρούσας πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια που προσφέρθηκε στην εκπόνησή της αναγνωρίζεται και αναφέρεται στο κείμενο. Επιπλέον, αναφέρονται όλες οι βιβλιογραφικές πηγές που αξιοποιήθηκαν, πρωτογενείς και δευτερογενείς, είτε η συμβολή τους παρατίθεται επακριβώς ως απόσπασμα είτε ως παράφραση.

Ο συγγραφέας της πτυχιακής εργασίας

Καβούκης Δημήτριος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές και ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κα Ευγενία Τόκη, για την ουσιαστική επιστημονική καθοδήγηση, τη συνεχή υποστήριξη και τις πολύτιμες παρατηρήσεις της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Η εμπιστοσύνη, η διαθεσιμότητα και η επιστημονική της κατάρτιση συνέβαλαν καθοριστικά τόσο στη διαμόρφωση όσο και στην ολοκλήρωση της μελέτης.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω το εκπαιδευτικό προσωπικό του Τμήματος Λογοθεραπείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για τις γνώσεις, την επιστημονική κατάρτιση και τα πολύτιμα εφόδια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην οικογένειά μου για την αμέριστη αγάπη, την αδιάκοπη υποστήριξη, την υπομονή και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε όλη τη διάρκεια της ακαδημαϊκής μου πορείας. Η διαρκής ενθάρρυνσή της αποτέλεσε πηγή δύναμης και αποφασιστικότητας για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Περίληψη

Η Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) αποτελεί μία σύνθετη νευροαναπτυξιακή διαταραχή, η οποία χαρακτηρίζεται από επίμονες δυσκολίες στην κοινωνική επικοινωνία και αλληλεπίδραση, καθώς και από περιορισμένα και επαναλαμβανόμενα πρότυπα συμπεριφοράς, ενδιαφερόντων και δραστηριοτήτων. Η έγκαιρη αναγνώριση των χαρακτηριστικών της διαταραχής και η άμεση εφαρμογή κατάλληλων θεραπευτικών παρεμβάσεων συνδέονται με σημαντικά καλύτερη αναπτυξιακή πορεία και βελτιωμένη λειτουργικότητα των παιδιών. Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί στη διαγνωστική διαδικασία, οι συμβατικές μέθοδοι αξιολόγησης εξακολουθούν να βασίζονται κυρίως στην κλινική παρατήρηση και στη χρήση σταθμισμένων εργαλείων, γεγονός που συνεπάγεται αυξημένες απαιτήσεις σε χρόνο και εξειδίκευση, ενώ ενδέχεται να επηρεάζει την αντικειμενικότητα της αξιολόγησης.

Σκοπός της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης είναι η διερεύνηση της συμβολής της αυτόματης ανάλυσης προσώπου (Automated Facial Analysis) και των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης στην πρόωπη ανίχνευση και αξιολόγηση παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος. Επιπλέον, εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο οι τεχνικές υπολογιστικής όρασης και μηχανικής μάθησης μπορούν να υποστηρίξουν τη λογοθεραπευτική αξιολόγηση, παρέχοντας αντικειμενικά, ποσοτικά και αναπαραγώγιμα δεδομένα σχετικά με την κοινωνική επικοινωνία, τις εκφράσεις του προσώπου και τη μη λεκτική συμπεριφορά.

Η ανασκόπηση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες PRISMA 2020. Η βιβλιογραφική αναζήτηση διεξήχθη στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων PubMed, Scopus και ScienceDirect, καλύπτοντας τη χρονική περίοδο από το 2015 έως το 2026. Μετά την εφαρμογή προκαθορισμένων κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού, συμπεριλήφθηκαν οι μελέτες που πληρούσαν τις προϋποθέσεις της έρευνας και αξιολογήθηκαν ως προς τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων, τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν, τη διαγνωστική τους απόδοση, τις δυνατότητες κλινικής εφαρμογής και τους περιορισμούς τους.

Η σύνθεση των διαθέσιμων ερευνητικών δεδομένων καταδεικνύει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου, σε συνδυασμό με σύγχρονες τεχνικές υπολογιστικής όρασης, βαθιάς μάθησης και μηχανικής μάθησης, παρουσιάζει ενθαρρυντική διαγνωστική

ακρίβεια στην αναγνώριση μορφολογικών χαρακτηριστικών, προτύπων βλέμματος και εκφράσεων που σχετίζονται με τη ΔΑΦ. Παράλληλα, οι τεχνολογίες αυτές συμβάλλουν στην ανάπτυξη αξιόπιστων ψηφιακών βιοδεικτών, οι οποίοι μπορούν να ενισχύσουν την αντικειμενικότητα της κλινικής αξιολόγησης, να υποστηρίξουν τη λήψη κλινικών αποφάσεων και να διευκολύνουν τον σχεδιασμό εξατομικευμένων προγραμμάτων πρώιμης παρέμβασης.

Παρά τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές προκλήσεις που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα μεγάλων και αντιπροσωπευτικών συνόλων δεδομένων, τη γενικευσιμότητα των αλγορίθμων σε διαφορετικούς πληθυσμούς, την ερμηνευσιμότητα των μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης, καθώς και με ζητήματα προστασίας προσωπικών δεδομένων, ηθικής χρήσης και κλινικής αξιοπιστίας.

Συμπερασματικά, η αυτόματη ανάλυση προσώπου αναδεικνύεται ως μία υποσχόμενη, αντικειμενική και μη επεμβατική τεχνολογία, η οποία μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά προς τις καθιερωμένες κλινικές μεθόδους αξιολόγησης. Η αξιοποίησή της δύναται να συμβάλει στην έγκαιρη αναγνώριση της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος, στη βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας και στην αποτελεσματικότερη υποστήριξη του λογοθεραπευτικού σχεδιασμού και της πρώιμης παρέμβασης.

Λέξεις-κλειδιά: Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), Αυτόματη Ανάλυση Προσώπου, Τεχνητή Νοημοσύνη, Πρώιμη Ανίχνευση, Λογοθεραπευτική Αξιολόγηση.

Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a complex neurodevelopmental disorder characterized by persistent difficulties in social communication and interaction, as well as restricted and repetitive patterns of behavior, interests, and activities. Early identification of the characteristics of the disorder and the timely implementation of appropriate therapeutic interventions are associated with significantly better developmental outcomes and improved functioning in children. Despite the considerable progress that has been made in the diagnostic process, conventional assessment methods continue to rely mainly on clinical observation and the use of standardized tools. This requires substantial time and specialized expertise and may also affect the objectivity of the assessment.

The aim of the present systematic review is to investigate the contribution of Automated Facial Analysis and artificial intelligence technologies to the early detection and assessment of children with Autism Spectrum Disorder. In addition, the review examines how computer vision and machine learning techniques can support speech and language therapy assessment by providing objective, quantitative, and reproducible data related to social communication, facial expressions, and non-verbal behavior.

The review was conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines. The literature search was carried out in the electronic databases PubMed, Scopus, and ScienceDirect, covering the period from 2015 to 2026. Following the application of predefined inclusion and exclusion criteria, the studies that met the eligibility criteria were included and evaluated in terms of sample characteristics, technologies used, diagnostic performance, potential for clinical application, and limitations.

The synthesis of the available research evidence indicates that Automated Facial Analysis, in combination with modern computer vision, deep learning, and machine learning techniques, demonstrates promising diagnostic accuracy in identifying morphological features, gaze patterns, and facial expressions associated with ASD. At the same time, these technologies contribute to the development of reliable digital biomarkers, which can enhance the objectivity of clinical assessment, support clinical decision-making, and facilitate the design of individualized early intervention programs.

Despite these highly encouraging findings, important challenges remain regarding the availability of large and representative datasets, the generalizability of algorithms across different populations, the interpretability of artificial intelligence models, as well as issues related to personal data protection, ethical use, and clinical reliability.

In conclusion, Automated Facial Analysis emerges as a highly promising, objective, and non-invasive technology that can complement established clinical assessment methods. Its use may contribute to the early identification of Autism Spectrum Disorder, the improvement of diagnostic accuracy, and the more effective support of speech and language therapy planning and early intervention.

Keywords: Autism Spectrum Disorder (ASD), Automated Facial Analysis, Artificial Intelligence, Early Detection, Speech and Language Therapy Assessment.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
Περίληψη	6
Abstract	8
Εισαγωγή	12
Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό Υπόβαθρο της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος και της Αυτόματης Ανάλυσης Προσώπου.....	15
Εισαγωγή	15
1.1 Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ): Ορισμός και βασικά χαρακτηριστικά	15
1.2 Η σημασία της πρώιμης ανίχνευσης και παρέμβασης με παραδοσιακές τεχνικές	17
1.3 Ο ρόλος του λογοθεραπευτή στην αξιολόγηση των κοινωνικο-επικοινωνιακών ελλειμμάτων	19
1.4 Τεχνολογία και ανάδυση των Ψηφιακών Βιοδεικτών (Digital Biomarkers) στην Υγεία.....	21
1.4.1 Τι είναι η αυτόματη ανάλυση προσώπου (Automated Facial Analysis)	23
1.4.2 Τεχνολογίες Υπολογιστικής Όρασης (Computer Vision) και Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence).....	26
1.4.3 Κυριότερα λογισμικά και εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην έρευνα (π.χ. FaceReader, OpenFace).....	28
1.5 Σκοπός της εργασίας.....	31
Κεφάλαιο 2: Υλικό και Μέθοδος.....	32
Εισαγωγή	32
2.1 Ερευνητικά ερωτήματα	32
2.2 Στρατηγική αναζήτησης	32
2.3 Διαδικασία Επιλογής	36
Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα.....	38
3.1 Χαρακτηριστικά των συμπεριληφθεισών μελετών	43
3.2 Απάντηση στο Ερευνητικό Ερώτημα 1	46
3.3 Απάντηση στο Ερευνητικό Ερώτημα 2	50
3.4 Απάντηση στο Ερευνητικό Ερώτημα 3	53
3.5 Απάντηση στο Ερευνητικό Ερώτημα 4	56
Κεφάλαιο 4: Συζήτηση	59

4.1 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα	59
4.2 Ενσωμάτωση των Ψηφιακών Δεδομένων στη Λογοθεραπευτική Αξιολόγηση και Στοχοθεσία	62
4.3 Κλινικά Πλεονεκτήματα και Πρακτικοί Περιορισμοί της Μεθόδου	65
4.4 Ηθικά Ζητήματα και Προστασία Προσωπικών Δεδομένων Ανηλίκων	67
4.5 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....	70
Συμπερασματικά, η παρούσα συστηματική ανασκόπηση επιβεβαιώνει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου διαθέτει σημαντικές προοπτικές για την υποστήριξη της πρώιμης ανίχνευσης και της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης παιδιών με ΔΑΦ. Η περαιτέρω ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης, η δημιουργία περισσότερο αντιπροσωπευτικών ερευνητικών δεδομένων, η ενίσχυση της ερμηνευσιμότητας των αλγορίθμων και η διατήρηση μιας ανθρωποκεντρικής προσέγγισης στην κλινική πράξη αναμένεται να διαμορφώσουν το επόμενο στάδιο εξέλιξης των τεχνολογιών αυτών. Η τεχνητή νοημοσύνη δεν αποτελεί τον τελικό στόχο της αξιολόγησης, αλλά ένα μέσο που μπορεί να υποστηρίξει τον λογοθεραπευτή και τη διεπιστημονική ομάδα στην παροχή περισσότερο έγκαιρων, αξιόπιστων και εξατομικευμένων υπηρεσιών προς τα παιδιά με ΔΑΦ και τις οικογένειές τους.	73
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα.....	73
Βιβλιογραφία:	76

Εισαγωγή

Η Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) αποτελεί μία από τις συχνότερες και περισσότερο μελετημένες νευροαναπτυξιακές διαταραχές της παιδικής ηλικίας. Χαρακτηρίζεται από επίμονες δυσκολίες στην κοινωνική επικοινωνία και αλληλεπίδραση, καθώς και από περιορισμένα και επαναλαμβανόμενα πρότυπα συμπεριφοράς, ενδιαφερόντων και δραστηριοτήτων. Η κλινική εικόνα της ΔΑΦ παρουσιάζει ιδιαίτερη ετερογένεια, καθώς τόσο η βαρύτητα όσο και ο τρόπος εκδήλωσης των συμπτωμάτων διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των ατόμων. Η ετερογένεια αυτή καθιστά τη διαγνωστική διαδικασία απαιτητική και αναδεικνύει την ανάγκη για αξιόπιστες, αντικειμενικές και ευαίσθητες μεθόδους αξιολόγησης.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται συνεχής αύξηση του επιπολασμού της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος διεθνώς, γεγονός που έχει εντείνει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για την ανάπτυξη νέων εργαλείων έγκαιρης ανίχνευσης και αξιολόγησης. Η πρόωπη αναγνώριση των αναπτυξιακών δυσκολιών αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την έγκαιρη έναρξη εξατομικευμένων θεραπευτικών παρεμβάσεων, οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν ουσιαστικά την κοινωνική, γλωσσική, γνωστική και λειτουργική ανάπτυξη των παιδιών. Η αξιοποίηση του χρονικού διαστήματος κατά το οποίο ο εγκέφαλος εμφανίζει αυξημένη νευροπλαστικότητα μπορεί να επηρεάσει θετικά τη μακροπρόθεσμη πορεία του παιδιού και να ενισχύσει τη συμμετοχή του στην οικογενειακή, σχολική και κοινωνική ζωή.

Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει επιτευχθεί στον τομέα της διάγνωσης, η αξιολόγηση της ΔΑΦ εξακολουθεί να βασίζεται κυρίως στην κλινική παρατήρηση, στη λήψη αναπτυξιακού ιστορικού και στη χρήση σταθμισμένων διαγνωστικών εργαλείων. Εργαλεία όπως το ADOS-2 και το ADI-R αποτελούν διεθνώς αποδεκτά πρότυπα αξιολόγησης και χρησιμοποιούνται ευρέως στην κλινική πράξη. Ωστόσο, η εφαρμογή τους απαιτεί εξειδικευμένη εκπαίδευση, σημαντικό χρόνο αξιολόγησης και υψηλό βαθμό κλινικής εμπειρίας. Επιπλέον, η ερμηνεία των ευρημάτων βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην παρατήρηση της συμπεριφοράς, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την αντικειμενικότητα και την επαναληψιμότητα της αξιολόγησης.

Η εξέλιξη της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI), της Υπολογιστικής Όρασης (Computer Vision) και των τεχνικών Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) και Βαθιάς Μάθησης (Deep Learning) δημιουργεί νέες δυνατότητες στον χώρο της ψηφιακής υγείας. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν την ανάλυση μεγάλου όγκου οπτικών δεδομένων με υψηλή ακρίβεια, αναγνωρίζοντας πρότυπα τα οποία συχνά δεν είναι δυνατόν να ανιχνευθούν με την ανθρώπινη παρατήρηση. Ως αποτέλεσμα, αναπτύσσονται νέα υπολογιστικά εργαλεία που μπορούν να λειτουργήσουν υποστηρικτικά στη διαγνωστική διαδικασία, παρέχοντας αντικειμενικά και ποσοτικοποιημένα δεδομένα.

Ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η αυτόματη ανάλυση προσώπου (Automated Facial Analysis), η οποία αξιοποιεί εικόνες και βίντεο για την ανίχνευση μορφολογικών χαρακτηριστικών, μικροεκφράσεων, κινήσεων του προσώπου και προτύπων βλεμματικής συμπεριφοράς. Μέσω εξειδικευμένων αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, καθίσταται δυνατή η εξαγωγή ψηφιακών βιοδεικτών που σχετίζονται με τη Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος. Η τεχνολογία αυτή έχει τη δυνατότητα να παρέχει αντικειμενικές μετρήσεις της μη λεκτικής επικοινωνίας και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, στοιχεία που αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά της κλινικής εικόνας της ΔΑΦ.

Παράλληλα, ο ρόλος του λογοθεραπευτή στη διεπιστημονική αξιολόγηση των παιδιών με ΔΑΦ παραμένει καθοριστικός. Η αξιολόγηση της πραγματολογικής χρήσης της γλώσσας, της κοινωνικής επικοινωνίας, της βλεμματικής επαφής, των χειρονομιών και των εκφράσεων του προσώπου αποτελεί βασικό αντικείμενο της λογοθεραπευτικής εκτίμησης. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης δεν αποσκοπεί στην αντικατάσταση της κλινικής κρίσης του λογοθεραπευτή, αλλά στη συμπλήρωσή της μέσω της παροχής αντικειμενικών και επαναλήψιμων δεδομένων που μπορούν να ενισχύσουν την αξιοπιστία της αξιολόγησης και να υποστηρίξουν τον σχεδιασμό εξατομικευμένων προγραμμάτων παρέμβασης.

Παρά τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά ερευνητικά και κλινικά ζητήματα. Πολλές μελέτες βασίζονται σε σχετικά μικρά δείγματα, χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις και αξιολογούν ετερογενείς πληθυσμούς, γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, ζητήματα που σχετίζονται με την

προστασία προσωπικών δεδομένων, την ηθική χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, τη διαφάνεια των αλγορίθμων και την ερμηνευσιμότητα των μοντέλων εξακολουθούν να αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για τη μελλοντική ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών στην καθημερινή κλινική πρακτική.

Η παρούσα εργασία αποτελεί συστηματική ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας και αποσκοπεί στη διερεύνηση της εφαρμογής της αυτόματης ανάλυσης προσώπου στην πρώιμη αντίχνευση και αξιολόγηση παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος. Ειδικότερα, εξετάζονται οι τεχνολογίες και οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται, η διαγνωστική τους αποτελεσματικότητα, οι δυνατότητες ενσωμάτωσής τους στη λογοθεραπευτική αξιολόγηση, καθώς και οι περιορισμοί και οι ηθικές προεκτάσεις που συνοδεύουν την κλινική εφαρμογή τους. Μέσα από τη σύνθεση και την κριτική αποτίμηση των διαθέσιμων ερευνητικών δεδομένων, επιχειρείται η ανάδειξη του ρόλου της τεχνητής νοημοσύνης ως πολύτιμου συμπληρωματικού εργαλείου, το οποίο μπορεί να συμβάλει στην έγκαιρη διάγνωση, στη βελτίωση της κλινικής αξιολόγησης και στον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό λογοθεραπευτικών παρεμβάσεων.

Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό Υπόβαθρο της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος και της Αυτόματης Ανάλυσης Προσώπου

Εισαγωγή

Η Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) αποτελεί μια σύνθετη νευροαναπτυξιακή διαταραχή με υψηλά ποσοστά εμφάνισης στον παγκόσμιο πληθυσμό, καθιστώντας την έγκαιρη ανίχνευση και την πρώιμη παρέμβαση καθοριστικής σημασίας για την αναπτυξιακή πορεία του παιδιού. Ωστόσο, οι παραδοσιακές διαγνωστικές μέθοδοι και οι κλινικές αξιολογήσεις, όπως αυτές που πραγματοποιεί ο λογοθεραπευτής, βασίζονται στη συμπεριφορική παρατήρηση, μια διαδικασία χρονοβόρα που ενέχει στοιχεία υποκειμενικότητας και συχνά οδηγεί σε καθυστερημένες διαγνώσεις. Για την άμβλυνση αυτών των περιορισμών, η σύγχρονη έρευνα στρέφεται προς την Τεχνητή Νοημοσύνη, όπου τεχνολογίες όπως η αυτόματη ανάλυση προσώπου και η ιχνηλάτηση βλέμματος προσφέρουν αντικειμενικά, ποσοτικά δεδομένα. Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση εξετάζει τη συμβολή αυτών των καινοτόμων, υπολογιστικών εργαλείων στην πρώιμη, έγκυρη και μη επεμβατική αξιολόγηση των κοινωνικο-επικοινωνιακών ελλειμμάτων σε παιδιά με τη συγκεκριμένη διαταραχή.

1.1 Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ): Ορισμός και βασικά χαρακτηριστικά

Η Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) αποτελεί μία σύνθετη νευροαναπτυξιακή διαταραχή, η οποία επηρεάζει την ανάπτυξη του εγκεφάλου και χαρακτηρίζεται από επίμονες δυσκολίες στην κοινωνική επικοινωνία και κοινωνική αλληλεπίδραση, καθώς και από περιορισμένα και επαναλαμβανόμενα πρότυπα συμπεριφοράς, ενδιαφερόντων ή δραστηριοτήτων (American Psychiatric Association [APA], 2022). Ο όρος «φάσμα» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη σημαντική ετερογένεια που παρατηρείται τόσο ως προς τη βαρύτητα όσο και ως προς την κλινική έκφραση των συμπτωμάτων, καθώς τα άτομα με ΔΑΦ παρουσιάζουν διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας, γνωστικών ικανοτήτων και επικοινωνιακών δεξιοτήτων.

Σύμφωνα με το DSM-5-TR, η διάγνωση της ΔΑΦ βασίζεται σε δύο βασικούς άξονες. Ο πρώτος αφορά τα επίμονα ελλείμματα στην κοινωνική επικοινωνία και την κοινωνική αλληλεπίδραση, τα οποία εκδηλώνονται μέσω μειωμένης κοινωνικοσυναισθηματικής αμοιβαιότητας, δυσκολιών στη χρήση και κατανόηση της μη λεκτικής επικοινωνίας (βλεμματική επαφή, εκφράσεις προσώπου και χειρονομίες) και δυσκολιών στην ανάπτυξη και διατήρηση διαπροσωπικών σχέσεων. Ο δεύτερος άξονας περιλαμβάνει περιορισμένα και επαναλαμβανόμενα πρότυπα συμπεριφοράς, όπως στερεοτυπικές κινήσεις, επιμονή στη ρουτίνα, έντονα και περιορισμένα ενδιαφέροντα και άτυπες αισθητηριακές αντιδράσεις (APA, 2022).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται συνεχής αύξηση του επιπολασμού της ΔΑΦ διεθνώς. Σύμφωνα με τα πλέον πρόσφατα επιδημιολογικά δεδομένα του Centers for Disease Control and Prevention (CDC), η ΔΑΦ αναγνωρίζεται περίπου σε 1 στα 31 παιδιά ηλικίας οκτώ ετών, γεγονός που αναδεικνύει τη διαταραχή ως σημαντικό ζήτημα δημόσιας υγείας και ενισχύει την ανάγκη ανάπτυξης αξιόπιστων μεθόδων πρώιμης ανίχνευσης και αξιολόγησης.

Η έγκαιρη αναγνώριση της ΔΑΦ θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επιτρέπει την πρώιμη έναρξη εξατομικευμένων παρεμβάσεων κατά τη διάρκεια της περιόδου αυξημένης νευροπλαστικότητας του εγκεφάλου, με αποτέλεσμα καλύτερη γνωστική, γλωσσική και κοινωνική ανάπτυξη των παιδιών. Παράλληλα, η πρώιμη διάγνωση διευκολύνει την υποστήριξη της οικογένειας και τον αποτελεσματικό σχεδιασμό διεπιστημονικών θεραπευτικών παρεμβάσεων (Carpenter et al., 2021).

Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί στη διαγνωστική διαδικασία, η αξιολόγηση της ΔΑΦ εξακολουθεί να βασίζεται κυρίως στην κλινική παρατήρηση και στη χρήση σταθμισμένων εργαλείων, όπως τα ADOS-2 και ADI-R, τα οποία αποτελούν διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα αξιολόγησης. Ωστόσο, η εφαρμογή τους απαιτεί εξειδικευμένη εκπαίδευση, σημαντικό χρόνο και εμπειρία του εξεταστή, ενώ η ερμηνεία των αποτελεσμάτων ενδέχεται να επηρεάζεται από υποκειμενικούς παράγοντες (Zampella et al., 2020; Carpenter et al., 2021).

Η απουσία αντικειμενικών βιολογικών δεικτών έχει στρέψει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας στην ανάπτυξη ψηφιακών βιοδεικτών (digital biomarkers) και εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον

παρουσιάζουν η αυτόματη ανάλυση προσώπου, η παρακολούθηση της βλεμματικής συμπεριφοράς και η υπολογιστική ανάλυση των εκφράσεων του προσώπου, οι οποίες μπορούν να παρέχουν αντικειμενικά και ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τη μη λεκτική επικοινωνία και την κοινωνική αλληλεπίδραση των παιδιών με ΔΑΦ (Bangerter et al., 2020; Grossard et al., 2020; Nag et al., 2020; Said et al., 2026).

Η αξιοποίηση αυτών των τεχνολογιών δεν αποσκοπεί στην αντικατάσταση της κλινικής αξιολόγησης, αλλά στη συμπληρωματική υποστήριξή της, παρέχοντας αξιόπιστες, επαναλήψιμες και αντικειμενικές μετρήσεις που μπορούν να ενισχύσουν τόσο την πρόωμη ανίχνευση όσο και τη λήψη κλινικών αποφάσεων.

1.2 Η σημασία της πρόωμης ανίχνευσης και παρέμβασης με παραδοσιακές τεχνικές

Η πρόωμη ανίχνευση της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για τη βελτίωση της αναπτυξιακής πορείας των παιδιών. Η έγκαιρη αναγνώριση των πρώτων συμπτωμάτων επιτρέπει την άμεση έναρξη εξατομικευμένων θεραπευτικών παρεμβάσεων κατά τη διάρκεια της περιόδου αυξημένης νευροπλαστικότητας του εγκεφάλου, γεγονός που σχετίζεται με καλύτερα αποτελέσματα στη γλωσσική ανάπτυξη, στην κοινωνική επικοινωνία, στις γνωστικές δεξιότητες και στη συνολική λειτουργικότητα του παιδιού (Dawson et al., 2010; Carpenter et al., 2021).

Τα πρώτα αναπτυξιακά σημεία της ΔΑΦ μπορούν να εμφανιστούν ήδη από τον πρώτο χρόνο ζωής και περιλαμβάνουν μειωμένη βλεμματική επαφή, περιορισμένη κοινωνική ανταπόκριση, ελλιπή κοινή προσοχή (joint attention), μειωμένη χρήση χειρονομιών και καθυστέρηση στην ανάπτυξη της επικοινωνίας. Ωστόσο, η οριστική διάγνωση συχνά πραγματοποιείται αρκετά αργότερα, γεγονός που μπορεί να καθυστερήσει την έναρξη της θεραπευτικής παρέμβασης (Zwaigenbaum et al., 2015; Carpenter et al., 2021).

Στην κλινική πράξη, η αξιολόγηση της ΔΑΦ βασίζεται κυρίως στη συμπεριφορική παρατήρηση, στη λήψη αναπτυξιακού ιστορικού και στη χρήση σταθμισμένων διαγνωστικών εργαλείων. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι το Autism Diagnostic Observation Schedule – Second Edition (ADOS-2), το οποίο αξιολογεί άμεσα την κοινωνική επικοινωνία και τις συμπεριφορές του παιδιού μέσω δομημένων δραστηριοτήτων, και το Autism Diagnostic Interview – Revised (ADI-R), το οποίο

βασίζεται σε ημιδομημένη συνέντευξη με τους γονείς ή τους φροντιστές. Επιπλέον, για τον προσυμπτωματικό έλεγχο χρησιμοποιείται ευρέως το Modified Checklist for Autism in Toddlers – Revised with Follow-Up (M-CHAT-R/F), ιδιαίτερα σε παιδιά προσχολικής ηλικίας (Lord et al., 2012; Robins et al., 2014).

Μετά τη διάγνωση εφαρμόζονται εξατομικευμένα θεραπευτικά προγράμματα που στοχεύουν στην ανάπτυξη της επικοινωνίας, της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και της προσαρμοστικής συμπεριφοράς. Μεταξύ των περισσότερο τεκμηριωμένων παρεμβάσεων περιλαμβάνονται η Εφαρμοσμένη Ανάλυση Συμπεριφοράς (Applied Behavior Analysis – ABA), το πρόγραμμα TEACCH και το Picture Exchange Communication System (PECS), τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη θεραπευτική αντιμετώπιση παιδιών με ΔΑΦ (National Research Council, 2001; Schreibman et al., 2015).

Παρά την υψηλή κλινική τους αξία, οι παραδοσιακές διαγνωστικές και θεραπευτικές προσεγγίσεις παρουσιάζουν σημαντικούς περιορισμούς. Η αξιολόγηση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εμπειρία του εξεταστή, απαιτεί σημαντικό χρόνο, πραγματοποιείται σε ελεγχόμενο κλινικό περιβάλλον και βασίζεται κυρίως στην άμεση παρατήρηση της συμπεριφοράς. Επιπλέον, η μεγάλη φαινοτυπική ετερογένεια της ΔΑΦ μπορεί να δυσχεράνει τη διαγνωστική διαδικασία, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις ήπιας συμπτωματολογίας ή πολύ μικρών παιδιών (Zampella et al., 2020; Carpenter et al., 2021).

Ένα ακόμη σημαντικό εμπόδιο αφορά την αξιολόγηση της μη λεκτικής επικοινωνίας και ιδιαίτερα των εκφράσεων του προσώπου. Τα παιδιά με ΔΑΦ παρουσιάζουν συχνά δυσκολίες τόσο στην αναγνώριση όσο και στην έκφραση των συναισθημάτων, γεγονός που καθιστά δύσκολη την αντικειμενική αξιολόγηση αποκλειστικά μέσω της ανθρώπινης παρατήρησης. Οι αποκλίσεις αυτές μπορεί να είναι ιδιαίτερα λεπτές, να αφορούν μικροεκφράσεις, διαφοροποιήσεις στη βλεμματική συμπεριφορά ή μικρές αλλαγές στη δυναμική των μυών του προσώπου, οι οποίες συχνά δεν είναι εύκολα ανιχνεύσιμες από τον κλινικό εξεταστή (Grossard et al., 2020; Bangerter et al., 2020).

Οι περιορισμοί αυτοί έχουν οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη αντικειμενικών ψηφιακών μεθόδων αξιολόγησης. Η αξιοποίηση της υπολογιστικής όρασης, της τεχνητής νοημοσύνης, της αυτόματης ανάλυσης προσώπου και της

παρακολούθησης της βλεμματικής συμπεριφοράς προσφέρει τη δυνατότητα εξαγωγής ποσοτικών, αντικειμενικών και επαναλήψιμων δεδομένων, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά προς τις συμβατικές μεθόδους αξιολόγησης και να συμβάλουν στην πρόωμη ανίχνευση της ΔΑΦ (Nag et al., 2020; Said et al., 2026; Trevisan et al., 2022).

1.3 Ο ρόλος του λογοθεραπευτή στην αξιολόγηση των κοινωνικο-επικοινωνιακών ελλειμμάτων

Ο λογοθεραπευτής αποτελεί βασικό μέλος της διεπιστημονικής ομάδας που συμμετέχει στην αξιολόγηση και παρέμβαση παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ). Η συμβολή του επικεντρώνεται κυρίως στην αξιολόγηση της κοινωνικής επικοινωνίας, της πραγματολογικής χρήσης της γλώσσας, της μη λεκτικής επικοινωνίας και της λειτουργικής χρήσης των επικοινωνιακών δεξιοτήτων στην καθημερινή ζωή. Η εκτίμηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς οι δυσκολίες στην κοινωνική επικοινωνία αποτελούν τον βασικό πυρήνα της διαγνωστικής εικόνας της ΔΑΦ σύμφωνα με το DSM-5-TR (American Psychiatric Association [APA], 2022).

Κατά τη λογοθεραπευτική αξιολόγηση εξετάζονται πολλαπλές διαστάσεις της επικοινωνιακής λειτουργίας του παιδιού. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην πραγματολογία, δηλαδή στην ικανότητα χρήσης της γλώσσας σε κοινωνικά πλαίσια, στη διατήρηση της συζήτησης, στην εναλλαγή των συνομιλητών και στην κατανόηση κοινωνικών κανόνων επικοινωνίας. Παράλληλα αξιολογείται η μη λεκτική επικοινωνία, όπως η βλεμματική επαφή, οι χειρονομίες, οι εκφράσεις του προσώπου, η στάση του σώματος και η κοινή προσοχή (joint attention), στοιχεία που επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα της κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Paul et al., 2008; Tager-Flusberg et al., 2005).

Η αξιολόγηση επεκτείνεται επίσης στην κοινωνικοσυναισθηματική αμοιβαιότητα, δηλαδή στην ικανότητα του παιδιού να ξεκινά, να διατηρεί και να ανταποκρίνεται σε κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Παράλληλα εξετάζεται η κατανόηση και έκφραση των συναισθημάτων, η προσαρμογή της επικοινωνίας στο κοινωνικό πλαίσιο και η ικανότητα ανάπτυξης διαπροσωπικών σχέσεων, καθώς οι συγκεκριμένες δεξιότητες αποτελούν βασικούς δείκτες της κοινωνικής λειτουργικότητας των παιδιών με ΔΑΦ (APA, 2022).

Ένα από τα δυσκολότερα σημεία της κλινικής αξιολόγησης αφορά την παρατήρηση των εκφράσεων του προσώπου και της μη λεκτικής συμπεριφοράς. Τα παιδιά με ΔΑΦ εμφανίζουν συχνά διαφοροποιημένα πρότυπα βλεμματικής επαφής, μειωμένη κοινωνική προσοχή, άτυπη συναισθηματική εκφραστικότητα και διαφοροποιήσεις στη δυναμική των εκφράσεων του προσώπου. Οι διαφορές αυτές μπορεί να είναι ιδιαίτερα λεπτές και να μην γίνονται εύκολα αντιληπτές κατά την κλινική παρατήρηση, ειδικά όταν η αξιολόγηση πραγματοποιείται σε περιορισμένο χρονικό διάστημα (Grossard et al., 2020; Bangerter et al., 2020).

Παράλληλα, αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι τα παιδιά με ΔΑΦ παρουσιάζουν διαφορετικά πρότυπα οπτικής προσοχής σε σχέση με τα τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά. Συχνά αφιερώνουν λιγότερο χρόνο στην περιοχή των ματιών, παρουσιάζουν διαφορετική κατανομή της προσοχής μεταξύ ματιών και στόματος και εμφανίζουν διαφοροποιημένη αναγνώριση των συναισθηματικών εκφράσεων. Οι αποκλίσεις αυτές σχετίζονται άμεσα με τις δυσκολίες στην κοινωνική επικοινωνία και αποτελούν σημαντικό αντικείμενο της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης (Nag et al., 2020; Trevisan et al., 2022).

Οι παραδοσιακές μέθοδοι αξιολόγησης βασίζονται κυρίως στην άμεση παρατήρηση του κλινικού και στην ερμηνεία της συμπεριφοράς του παιδιού. Παρότι αποτελούν τον θεμέλιο λίθο της διαγνωστικής διαδικασίας, χαρακτηρίζονται από σημαντική εξάρτηση από την εμπειρία του αξιολογητή και από πιθανή διακύμανση μεταξύ διαφορετικών εξεταστών. Επιπλέον, η αξιολόγηση απαιτεί σημαντικό χρόνο, γεγονός που δυσχεραίνει την εφαρμογή της σε μεγάλης κλίμακας προγράμματα προσυμπτωματικού ελέγχου (screening) (Zampella et al., 2020).

Η ραγδαία ανάπτυξη της υπολογιστικής όρασης (Computer Vision) και της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence) δημιουργεί νέες δυνατότητες για τη λογοθεραπευτική αξιολόγηση. Μέσω της αυτόματης ανάλυσης προσώπου, της ανίχνευσης χαρακτηριστικών σημείων (facial landmarks), της παρακολούθησης του βλέμματος (eye-tracking) και της αναγνώρισης εκφράσεων προσώπου είναι πλέον δυνατή η εξαγωγή αντικειμενικών, ποσοτικών και επαναλήψιμων δεδομένων σχετικά με τη μη λεκτική επικοινωνία των παιδιών με ΔΑΦ (Bangerter et al., 2020; Grossard et al., 2020; Said et al., 2026).

Τα δεδομένα αυτά μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακοί βιοδείκτες (digital biomarkers), υποστηρίζοντας τον λογοθεραπευτή στη λήψη κλινικών αποφάσεων και στην παρακολούθηση της εξέλιξης του παιδιού κατά τη διάρκεια της θεραπευτικής παρέμβασης. Η αντικειμενική ποσοτικοποίηση της βλεμματικής συμπεριφοράς, της συναισθηματικής εκφραστικότητας και των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων μπορεί να συμβάλει τόσο στην αύξηση της αξιοπιστίας της αξιολόγησης όσο και στον σχεδιασμό περισσότερων εξατομικευμένων προγραμμάτων παρέμβασης (Carpenter et al., 2021; Said et al., 2026).

Ωστόσο, οι τεχνολογίες αυτές δεν προορίζονται να αντικαταστήσουν τη λογοθεραπευτική αξιολόγηση. Αντίθετα, λειτουργούν ως συμπληρωματικά εργαλεία υποστήριξης της κλινικής κρίσης, παρέχοντας πρόσθετες πληροφορίες που δεν μπορούν πάντοτε να καταγραφούν με την ανθρώπινη παρατήρηση. Η τελική ερμηνεία των ευρημάτων εξακολουθεί να βασίζεται στη διεπιστημονική αξιολόγηση και στην κλινική εμπειρία του λογοθεραπευτή.

1.4 Τεχνολογία και ανάδυση των Ψηφιακών Βιοδεικτών (Digital Biomarkers) στην Υγεία

Η ραγδαία εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας και της τεχνητής νοημοσύνης έχει μεταβάλει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η διάγνωση, η παρακολούθηση και η αξιολόγηση πολλών νευροαναπτυξιακών και νευρολογικών διαταραχών. Η ευρεία χρήση αισθητήρων, καμερών υψηλής ανάλυσης, φορητών συσκευών (wearables), έξυπνων κινητών τηλεφώνων και προηγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης επιτρέπει πλέον τη συνεχή συλλογή μεγάλου όγκου αντικειμενικών δεδομένων σχετικά με τη συμπεριφορά και τη λειτουργικότητα ενός ατόμου (Coravos et al., 2019).

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο αναπτύχθηκε η έννοια των ψηφιακών βιοδεικτών (digital biomarkers), οι οποίοι ορίζονται ως αντικειμενικά, ποσοτικά και μετρήσιμα φυσιολογικά ή συμπεριφορικά χαρακτηριστικά που συλλέγονται μέσω ψηφιακών τεχνολογιών και αναλύονται με υπολογιστικές μεθόδους. Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς βιοδείκτες, οι οποίοι βασίζονται συνήθως σε εργαστηριακές ή βιοχημικές εξετάσεις, οι ψηφιακοί βιοδείκτες επιτρέπουν τη συνεχή, μη επεμβατική και

συχνά απομακρυσμένη παρακολούθηση της υγείας του ατόμου στο φυσικό του περιβάλλον (Coravos et al., 2019).

Η αξιοποίηση των ψηφιακών βιοδεικτών έχει επεκταθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια στην έρευνα για τη Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ). Η κοινωνική επικοινωνία, η βλεμματική συμπεριφορά, οι εκφράσεις του προσώπου, οι κινήσεις του σώματος και τα πρότυπα αλληλεπίδρασης αποτελούν παραμέτρους που μπορούν να καταγραφούν ψηφιακά και να αναλυθούν μέσω τεχνικών υπολογιστικής όρασης (Computer Vision) και τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence), παρέχοντας αντικειμενικές πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά του παιδιού (Carpenter et al., 2021; Bangerter et al., 2020).

Στην κλινική πράξη οι ψηφιακοί βιοδείκτες μπορούν να συλλεχθούν μέσω διαφορετικών τεχνολογιών, όπως συστήματα παρακολούθησης βλέμματος (eye-tracking), αισθητήρες κίνησης, επιταχυνσιόμετρα, ηλεκτροεγκεφαλογράφηματα (EEG), φορητές συσκευές καταγραφής φυσιολογικών παραμέτρων και κυρίως μέσω εικόνων και βίντεο που καταγράφονται από συμβατικές ψηφιακές κάμερες. Η δυνατότητα χρήσης απλού εξοπλισμού, όπως μία κοινή κάμερα υπολογιστή ή ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο, καθιστά τις τεχνολογίες αυτές ιδιαίτερα ελκυστικές για εφαρμογές προσυμπτωματικού ελέγχου και τηλεϊατρικής (Said et al., 2026).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση της υπολογιστικής όρασης για την αυτόματη ανάλυση της μη λεκτικής επικοινωνίας. Μέσω προηγμένων αλγορίθμων είναι δυνατή η καταγραφή μορφολογικών χαρακτηριστικών του προσώπου, μικροεκφράσεων, βλεμματικής συμπεριφοράς, κινήσεων της κεφαλής και συναισθηματικής εκφραστικότητας. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να μετατραπούν σε ψηφιακούς βιοδείκτες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων πρόβλεψης της ΔΑΦ και για την αντικειμενική αξιολόγηση της κοινωνικής επικοινωνίας (Grossard et al., 2020; Nag et al., 2020).

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ψηφιακών βιοδεικτών είναι η δυνατότητα συνεχούς και επαναλαμβανόμενης αξιολόγησης του παιδιού χωρίς την ανάγκη συνεχούς παρουσίας του κλινικού εξεταστή. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η επίδραση της υποκειμενικότητας, αυξάνεται η αξιοπιστία των μετρήσεων και

καθίσταται δυνατή η παρακολούθηση μικρών αλλαγών στη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της θεραπευτικής παρέμβασης (Carpenter et al., 2021).

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα, η εφαρμογή των ψηφιακών βιοδεικτών συνοδεύεται από σημαντικές προκλήσεις. Η ανάπτυξη αξιόπιστων μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης απαιτεί μεγάλα και αντιπροσωπευτικά σύνολα δεδομένων, τα οποία συχνά δεν είναι διαθέσιμα στην έρευνα της ΔΑΦ. Επιπλέον, η σημαντική κλινική ετερογένεια των παιδιών με αυτισμό δυσκολεύει τη γενίκευση των αλγορίθμων σε διαφορετικούς πληθυσμούς, ηλικιακές ομάδες και πολιτισμικά περιβάλλοντα (Said et al., 2026; Trevisan et al., 2022).

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται επίσης σε ζητήματα δεοντολογίας και προστασίας προσωπικών δεδομένων. Η συλλογή εικόνων και βίντεο από ανήλικα παιδιά συνεπάγεται αυξημένες απαιτήσεις ως προς την ενημερωμένη συγκατάθεση των γονέων, την ασφαλή αποθήκευση των δεδομένων, την ανωνυμοποίηση και τη συμμόρφωση με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR). Παράλληλα, η διαφάνεια και η ερμηνευσιμότητα των αλγορίθμων αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την ασφαλή ενσωμάτωση των τεχνολογιών αυτών στην κλινική πράξη (Coravos et al., 2019; Said et al., 2026).

Συνεπώς, οι ψηφιακοί βιοδείκτες αναδεικνύονται ως ιδιαίτερα υποσχόμενα εργαλεία για την υποστήριξη της πρώιμης ανίχνευσης και αξιολόγησης της ΔΑΦ. Ωστόσο, η μελλοντική αξιοποίησή τους προϋποθέτει περαιτέρω ερευνητική τεκμηρίωση, ανάπτυξη περισσότερο γενικεύσιμων μοντέλων και στενή συνεργασία μεταξύ κλινικών επιστημόνων, μηχανικών και ειδικών τεχνητής νοημοσύνης.

1.4.1 Τι είναι η αυτόματη ανάλυση προσώπου (Automated Facial Analysis)

Η αυτόματη ανάλυση προσώπου (Automated Facial Analysis – AFA) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της Υπολογιστικής Όρασης (Computer Vision) και της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence) στον χώρο της ψηφιακής υγείας. Πρόκειται για μία υπολογιστική διαδικασία κατά την οποία εικόνες ή ακολουθίες βίντεο αναλύονται αυτόματα με σκοπό την εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με τη μορφολογία του προσώπου, τις εκφράσεις, τις κινήσεις, τη βλεμματική συμπεριφορά

και άλλα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη συναισθηματική και κοινωνική λειτουργία του ατόμου (Bangerter et al., 2020; Said et al., 2026).

Η διαδικασία της αυτόματης ανάλυσης προσώπου περιλαμβάνει διαδοχικά στάδια επεξεργασίας εικόνας. Αρχικά πραγματοποιείται ο εντοπισμός του προσώπου (face detection), ακολουθεί η ανίχνευση των χαρακτηριστικών σημείων του προσώπου (facial landmark detection) και στη συνέχεια εξάγονται μορφολογικά και δυναμικά χαρακτηριστικά, όπως οι κινήσεις των χειλιών, των φρυδιών, των βλεφάρων, της γνάθου και της κεφαλής. Τα χαρακτηριστικά αυτά μετατρέπονται σε αριθμητικά δεδομένα και αναλύονται μέσω αλγορίθμων μηχανικής μάθησης ή βαθιάς μάθησης με σκοπό την αναγνώριση συγκεκριμένων προτύπων συμπεριφοράς (Zampella et al., 2020; Grossard et al., 2020).

Είναι σημαντικό να διακρίνεται η αναγνώριση προσώπου (Face Recognition) από την ανάλυση προσώπου (Facial Analysis). Η αναγνώριση προσώπου έχει ως κύριο στόχο την ταυτοποίηση της ταυτότητας ενός ατόμου, ενώ η ανάλυση προσώπου επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών, των εκφράσεων, της συναισθηματικής κατάστασης, της βλεμματικής συμπεριφοράς και άλλων στοιχείων που σχετίζονται με την ανθρώπινη συμπεριφορά. Επομένως, στην έρευνα για τη Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος το ενδιαφέρον εστιάζεται κυρίως στη δεύτερη προσέγγιση και όχι στην ταυτοποίηση των ατόμων (Said et al., 2026).

Σημαντικό μέρος της αυτόματης ανάλυσης προσώπου βασίζεται στο Facial Action Coding System (FACS), το οποίο περιγράφει τις κινήσεις των μυών του προσώπου μέσω των λεγόμενων Action Units (AUs). Οι Action Units αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες μυϊκές ενεργοποιήσεις, όπως η ανύψωση των φρυδιών, το χαμόγελο ή η σύσπαση των χειλιών, επιτρέποντας την αντικειμενική καταγραφή των εκφράσεων του προσώπου. Η αυτοματοποιημένη αναγνώριση των Action Units αποτελεί σήμερα βασική τεχνική για την ποσοτικοποίηση της συναισθηματικής εκφραστικότητας και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Bangerter et al., 2020).

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη αλγορίθμων βαθιάς μάθησης έχει βελτιώσει σημαντικά την απόδοση των συστημάτων αυτόματης ανάλυσης προσώπου. Ιδιαίτερα τα Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (Convolutional Neural Networks – CNNs) μπορούν να εξάγουν αυτόματα πολύπλοκα μορφολογικά χαρακτηριστικά από εικόνες χωρίς να

απαιτείται χειροκίνητη επιλογή χαρακτηριστικών. Παράλληλα, η χρήση υβριδικών αρχιτεκτονικών που συνδυάζουν CNN με δίκτυα Long Short-Term Memory (LSTM) επιτρέπει την ανάλυση όχι μόνο στατικών εικόνων αλλά και δυναμικών μεταβολών των εκφράσεων κατά τη διάρκεια ενός βίντεο, βελτιώνοντας σημαντικά την αναγνώριση κοινωνικών και συναισθηματικών συμπεριφορών (Said et al., 2026).

Η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών στην έρευνα για τη ΔΑΦ έχει αναδείξει σημαντικές διαφοροποιήσεις στη μη λεκτική επικοινωνία των παιδιών. Μελέτες έχουν δείξει ότι παιδιά με ΔΑΦ εμφανίζουν διαφορετική ένταση και διάρκεια των εκφράσεων του προσώπου, διαφοροποιημένα πρότυπα βλεμματικής συμπεριφοράς και μειωμένη συγχρονικότητα μεταξύ εκφράσεων και κοινωνικών ερεθισμάτων. Οι διαφορές αυτές μπορούν να καταγραφούν με μεγαλύτερη ακρίβεια μέσω της αυτόματης ανάλυσης προσώπου σε σύγκριση με την αποκλειστική ανθρώπινη παρατήρηση (Grossard et al., 2020; Trevisan et al., 2022).

Επιπλέον, η αυτόματη ανάλυση προσώπου επιτρέπει την ανάπτυξη ψηφιακών βιοδεικτών, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη της πρώιμης ανίχνευσης, της παρακολούθησης της εξέλιξης του παιδιού και της αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των θεραπευτικών παρεμβάσεων. Η αντικειμενική ποσοτικοποίηση της συμπεριφοράς καθιστά τις μετρήσεις περισσότερο αξιόπιστες, επαναλήψιμες και συγκρίσιμες μεταξύ διαφορετικών κλινικών κέντρων (Carpenter et al., 2021).

Παρά τα ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αποτελέσματα, η κλινική εφαρμογή της αυτόματης ανάλυσης προσώπου εξακολουθεί να αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Η απόδοση των αλγορίθμων μπορεί να επηρεαστεί από τον φωτισμό, τη γωνία λήψης, την ποιότητα της εικόνας, την κίνηση του παιδιού και την ετερογένεια των διαθέσιμων συνόλων δεδομένων. Επιπλέον, απαιτείται περαιτέρω εξωτερική επικύρωση των μοντέλων σε διαφορετικούς πληθυσμούς, καθώς και μεγαλύτερη διαφάνεια και ερμηνευσιμότητα των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης πριν από την ευρεία ενσωμάτωσή τους στην καθημερινή κλινική πρακτική (Said et al., 2026).

1.4.2 Τεχνολογίες Υπολογιστικής Όρασης (Computer Vision) και Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence)

Η ανάπτυξη της αυτόματης ανάλυσης προσώπου βασίζεται στη συνδυαστική αξιοποίηση της Υπολογιστικής Όρασης (Computer Vision) και της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI). Η Υπολογιστική Όραση αποτελεί κλάδο της επιστήμης των υπολογιστών που επιτρέπει στα υπολογιστικά συστήματα να αποκτούν, να επεξεργάζονται και να αναλύουν οπτικές πληροφορίες από εικόνες και βίντεο, με στόχο την αναγνώριση αντικειμένων, προσώπων, κινήσεων και συμπεριφορών. Στον χώρο της υγείας, οι τεχνολογίες αυτές χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο για την ανάπτυξη εργαλείων υποστήριξης της διάγνωσης και της κλινικής αξιολόγησης (Carpenter et al., 2021; Said et al., 2026).

Η τεχνητή νοημοσύνη αξιοποιεί αλγορίθμους που έχουν τη δυνατότητα να μαθαίνουν από δεδομένα και να αναγνωρίζουν πολύπλοκα πρότυπα τα οποία είναι δύσκολο να εντοπιστούν μέσω της ανθρώπινης παρατήρησης. Στην έρευνα για τη Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), οι αλγόριθμοι αυτοί εκπαιδεύονται χρησιμοποιώντας μεγάλες συλλογές εικόνων και βίντεο παιδιών, προκειμένου να αναγνωρίζουν χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη μη λεκτική επικοινωνία, τη βλεμματική συμπεριφορά, τις εκφράσεις του προσώπου και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις (Grossard et al., 2020; Trevisan et al., 2022).

Οι εφαρμογές αυτές βασίζονται κυρίως στη Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) και στη Βαθιά Μάθηση (Deep Learning). Στη μηχανική μάθηση, οι αλγόριθμοι εκπαιδεύονται χρησιμοποιώντας προκαθορισμένα χαρακτηριστικά που εξάγονται από τις εικόνες, όπως αποστάσεις μεταξύ χαρακτηριστικών σημείων του προσώπου ή μορφολογικές αναλογίες. Αντίθετα, στη βαθιά μάθηση τα χαρακτηριστικά εξάγονται αυτόματα από τα ίδια τα νευρωνικά δίκτυα, επιτρέποντας την ανίχνευση ιδιαίτερα σύνθετων μορφολογικών και λειτουργικών προτύπων χωρίς την ανάγκη χειροκίνητης επιλογής μεταβλητών (LeCun et al., 2015; Said et al., 2026).

Τα Συνελκτικά Νευρωνικά Δίκτυα (Convolutional Neural Networks – CNNs) αποτελούν σήμερα την κυριότερη αρχιτεκτονική βαθιάς μάθησης για την επεξεργασία εικόνων. Τα CNN μπορούν να αναγνωρίζουν αυτόματα χαρακτηριστικά διαφορετικών επιπέδων πολυπλοκότητας, ξεκινώντας από απλές γραμμές και γωνίες

και καταλήγοντας σε πολύπλοκες μορφολογικές δομές του ανθρώπινου προσώπου. Η δυνατότητα αυτή τα καθιστά ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην αναγνώριση μικρών διαφοροποιήσεων στις εκφράσεις και στη γεωμετρία του προσώπου που σχετίζονται με τη ΔΑΦ (LeCun et al., 2015).

Στην πρόσφατη βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται συχνά προεκπαιδευμένα νευρωνικά δίκτυα (transfer learning), όπως τα VGG-16, ResNet50, InceptionV3, MobileNet και EfficientNet. Τα μοντέλα αυτά έχουν ήδη εκπαιδευτεί σε εκατομμύρια εικόνες και μπορούν να προσαρμοστούν (fine-tuning) σε μικρότερα κλινικά σύνολα δεδομένων, μειώνοντας σημαντικά τον απαιτούμενο χρόνο εκπαίδευσης και βελτιώνοντας την ακρίβεια των προβλέψεων (Said et al., 2026).

Εκτός από την ανάλυση στατικών εικόνων, η αξιολόγηση της συμπεριφοράς απαιτεί συχνά την επεξεργασία βίντεο. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται υβριδικά μοντέλα που συνδυάζουν CNN με ανακυκλούμενα νευρωνικά δίκτυα, όπως τα Long Short-Term Memory (LSTM) ή Bidirectional Gated Recurrent Units (BiGRU). Οι αρχιτεκτονικές αυτές επιτρέπουν την ανάλυση της χρονικής εξέλιξης των εκφράσεων του προσώπου, της βλεμματικής συμπεριφοράς και των κινήσεων της κεφαλής, προσφέροντας μια περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα της κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Said et al., 2026).

Τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι Vision Transformers (ViTs), οι οποίοι βασίζονται σε μηχανισμούς αυτοπροσοχής (self-attention). Σε αντίθεση με τα CNN, τα μοντέλα αυτά μπορούν να λαμβάνουν υπόψη ταυτόχρονα πληροφορίες από ολόκληρη την εικόνα, γεγονός που βελτιώνει την αναγνώριση σύνθετων χωρικών σχέσεων μεταξύ διαφορετικών περιοχών του προσώπου. Η χρήση τους στην έρευνα για τη ΔΑΦ βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη, αλλά τα πρώτα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά (Said et al., 2026).

Παρά τη σημαντική πρόοδο των τεχνολογιών αυτών, εξακολουθούν να υπάρχουν περιορισμοί που δυσχεραίνουν τη γενικευσιμότητα των μοντέλων. Η απόδοσή τους επηρεάζεται από το μέγεθος και την ποιότητα των διαθέσιμων συνόλων δεδομένων, τις διαφορές μεταξύ πληθυσμών, τον φωτισμό, τη θέση του προσώπου, τις κινήσεις του παιδιού και την παρουσία πιθανών μεροληψιών (bias) κατά την εκπαίδευση των αλγορίθμων. Για τον λόγο αυτό, η ανάπτυξη περισσότερο γενικεύσιμων και

ερμηνεύσιμων μοντέλων αποτελεί βασικό στόχο της σύγχρονης έρευνας (Trevisan et al., 2022; Said et al., 2026).

Επιπλέον, ιδιαίτερη σημασία αποκτά η Εξηγήσιμη Τεχνητή Νοημοσύνη (Explainable Artificial Intelligence – XAI). Η δυνατότητα κατανόησης των χαρακτηριστικών στα οποία βασίζεται μία πρόβλεψη ενισχύει την εμπιστοσύνη των κλινικών επαγγελματιών, διευκολύνει την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και υποστηρίζει την ασφαλή ενσωμάτωση των υπολογιστικών μοντέλων στην κλινική πράξη. Επομένως, η ανάπτυξη μοντέλων υψηλής ακρίβειας θα πρέπει να συνοδεύεται από αντίστοιχα υψηλό επίπεδο διαφάνειας και ερμηνευσιμότητας.

1.4.3 Κυριότερα λογισμικά και εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην έρευνα (π.χ. FaceReader, OpenFace)

Η συνεχής εξέλιξη της υπολογιστικής όρασης και της τεχνητής νοημοσύνης έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη εξειδικευμένων λογισμικών και ερευνητικών εργαλείων για την αυτόματη ανάλυση του ανθρώπινου προσώπου. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την αντικειμενική καταγραφή των μορφολογικών χαρακτηριστικών του προσώπου, των εκφράσεων, της βλεμματικής συμπεριφοράς και της κινητικότητας της κεφαλής, συμβάλλοντας σημαντικά στην ανάπτυξη ψηφιακών βιοδεικτών για τη Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) (Bangerter et al., 2020; Said et al., 2026).

Ένα από τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα εμπορικά λογισμικά είναι το FaceReader, το οποίο αναπτύχθηκε από τη Noldus Information Technology. Το FaceReader βασίζεται σε αλγορίθμους βαθιάς μάθησης και στο Facial Action Coding System (FACS), αναγνωρίζοντας αυτόματα τις βασικές εκφράσεις του προσώπου και υπολογίζοντας την ένταση των επιμέρους μυϊκών κινήσεων (Action Units). Παράλληλα, παρέχει ποσοτικές πληροφορίες σχετικά με τη συναισθηματική κατάσταση, την κατεύθυνση του βλέμματος, τη θέση της κεφαλής και τη χρονική εξέλιξη των εκφράσεων, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο στην έρευνα της κοινωνικής επικοινωνίας και της συναισθηματικής εκφραστικότητας παιδιών με ΔΑΦ (Bangerter et al., 2020).

Εξίσου σημαντική θέση στην ερευνητική κοινότητα κατέχει το OpenFace, μία εργαλειοθήκη ανοιχτού κώδικα (open-source) που χρησιμοποιείται ευρέως για την

αυτόματη ανάλυση προσώπου. Το OpenFace επιτρέπει τον εντοπισμό χαρακτηριστικών σημείων του προσώπου (facial landmarks), την εκτίμηση της στάσης της κεφαλής (head pose estimation), την παρακολούθηση της κατεύθυνσης του βλέμματος (eye gaze estimation) και την αναγνώριση των Action Units του συστήματος FACS. Λόγω της δυνατότητας προσαρμογής του από τους ερευνητές και της δωρεάν διάθεσής του, χρησιμοποιείται ιδιαίτερα συχνά σε ερευνητικά πρωτόκολλα που αφορούν παιδιά με ΔΑΦ και ανάπτυξη νέων αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης (Baltrušaitis et al., 2018).

Στη σύγχρονη βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται επίσης ολοκληρωμένες πλατφόρμες όπως το iMotions, το οποίο επιτρέπει τον συγχρονισμό πολλαπλών αισθητήρων (κάμερες, eye trackers, EEG, GSR, καρδιακός ρυθμός), προσφέροντας πολυτροπική αξιολόγηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Η δυνατότητα ταυτόχρονης καταγραφής διαφορετικών βιοσημάτων επιτρέπει τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ εκφράσεων προσώπου, προσοχής, φυσιολογικών αποκρίσεων και κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Said et al., 2026).

Ένα ακόμη ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα είναι το Affectiva Affectix, το οποίο αξιοποιεί τεχνικές βαθιάς μάθησης για την αναγνώριση συναισθημάτων σε πραγματικό χρόνο. Μέσω της αυτόματης ανάλυσης βίντεο υπολογίζει την πιθανότητα εμφάνισης βασικών συναισθημάτων, όπως χαρά, λύπη, φόβος, θυμός, έκπληξη και αηδία, καθώς και την ενεργοποίηση συγκεκριμένων Action Units. Το λογισμικό έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετές μελέτες που εξετάζουν την κοινωνική αντίληψη και τη συναισθηματική επεξεργασία σε άτομα με ΔΑΦ.

Η αξιολόγηση της βλεμματικής συμπεριφοράς πραγματοποιείται συχνά με εξειδικευμένα συστήματα eye-tracking, όπως το Tobii Pro Lab, το οποίο επιτρέπει την ακριβή καταγραφή των καθηλώσεων (fixations), των σακκαδικών κινήσεων (saccades) και της κατανομής της οπτικής προσοχής στις διαφορετικές περιοχές του προσώπου. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν δείξει ότι τα παιδιά με ΔΑΦ παρουσιάζουν διαφορετικά πρότυπα προσοχής σε σχέση με τα τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά, αφιερώνοντας συχνά λιγότερο χρόνο στην περιοχή των ματιών και περισσότερο σε άλλες περιοχές του προσώπου ή του περιβάλλοντος (Nag et al., 2020; Trevisan et al., 2022).

Τα τελευταία χρόνια, σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί και στην ανάπτυξη εξειδικευμένων ερευνητικών πλατφορμών που ενσωματώνουν τεχνικές υπολογιστικής όρασης και βαθιάς μάθησης για την αξιολόγηση παιδιών με ΔΑΦ. Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν εικόνες, βίντεο, ανάλυση εκφράσεων, βλεμματική συμπεριφορά και μορφολογικά χαρακτηριστικά του προσώπου, επιτρέποντας την ανάπτυξη περισσότερο ακριβών μοντέλων πρόωμης ανίχνευσης και παρακολούθησης της διαταραχής (Said et al., 2026).

Παράλληλα, ιδιαίτερη σημασία αποκτούν οι τεχνικές Explainable Artificial Intelligence (XAI), οι οποίες επιχειρούν να καταστήσουν περισσότερο κατανοητές τις αποφάσεις των αλγορίθμων. Μέθοδοι όπως το Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM) δημιουργούν θερμικούς χάρτες (heatmaps) που απεικονίζουν τις περιοχές του προσώπου στις οποίες επικεντρώνεται το μοντέλο κατά τη λήψη μιας απόφασης. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η ερμηνευσιμότητα των υπολογιστικών μοντέλων και αυξάνεται η εμπιστοσύνη των κλινικών επαγγελματιών στα αποτελέσματα της τεχνητής νοημοσύνης (Said et al., 2026).

Παρά την εντυπωσιακή πρόοδο των εργαλείων αυτών, εξακολουθούν να υπάρχουν περιορισμοί που δυσχεραίνουν την κλινική εφαρμογή τους. Η απόδοση των συστημάτων μπορεί να επηρεαστεί από τον φωτισμό, τη χαμηλή ανάλυση των καμερών, τις γωνίες λήψης, την κινητικότητα του παιδιού, τις διαφορές μεταξύ πληθυσμών και την περιορισμένη διαθεσιμότητα μεγάλων, αντιπροσωπευτικών συνόλων δεδομένων. Επιπλέον, πολλά μοντέλα παρουσιάζουν μειωμένη απόδοση όταν εφαρμόζονται σε παιδιά διαφορετικής ηλικίας, εθνικότητας ή πολιτισμικού υπόβαθρου από εκείνα στα οποία εκπαιδεύτηκαν, γεγονός που αναδεικνύει την ανάγκη για περαιτέρω εξωτερική επικύρωση και ανάπτυξη περισσότερο γενικεύσιμων αλγορίθμων (Trevisan et al., 2022; Said et al., 2026).

Συνολικά, τα σύγχρονα λογισμικά αυτόματης ανάλυσης προσώπου αποτελούν πολύτιμα ερευνητικά εργαλεία για την αντικειμενική αξιολόγηση της μη λεκτικής επικοινωνίας και της κοινωνικής συμπεριφοράς. Η συνδυαστική αξιοποίησή τους με την κλινική αξιολόγηση του λογοθεραπευτή μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της πρόωμης ανίχνευσης, της παρακολούθησης της εξέλιξης και του σχεδιασμού εξατομικευμένων προγραμμάτων παρέμβασης για παιδιά με ΔΑΦ.

1.5 Σκοπός της εργασίας

Κύριος σκοπός της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης είναι η χαρτογράφηση και κριτική αποτίμηση της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με την εφαρμογή συστημάτων αυτόματης ανάλυσης προσώπου (automated facial analysis) σε παιδιά με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ). Η εργασία εστιάζει στον τρόπο με τον οποίο οι τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και υπολογιστικής όρασης μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακοί βιοδείκτες για την πρόιμη και αντικειμενική ανίχνευση της διαταραχής. Παράλληλα, επιδιώκεται η γεφύρωση της τεχνολογίας με την κλινική πράξη, εξετάζοντας πώς η ψηφιακή καταγραφή των μορφολογικών χαρακτηριστικών και των εκφράσεων του προσώπου ενσωματώνεται στη λογοθεραπευτική διαδικασία. Στόχος είναι η αξιοποίηση αυτών των δεδομένων για την εις βάθος αξιολόγηση των κοινωνικο-επικοινωνιακών ελλειμμάτων, της μη λεκτικής συμπεριφοράς και της συναισθηματικής έκφρασης, υποστηρίζοντας τον λογοθεραπευτή στον σχεδιασμό εξατομικευμένων προγραμμάτων πρόιμης παρέμβασης.

Κεφάλαιο 2: Υλικό και Μέθοδος

Εισαγωγή

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες PRISMA 2020 (Page et al., 2021), οι οποίες διασφαλίζουν τη συστηματική, αξιόπιστη και διαφανή διεξαγωγή της ερευνητικής διαδικασίας. Η μελέτη επικεντρώνεται στην ανάλυση τεχνικών αναγνώρισης προσώπου (face recognition analysis) σε παιδιά με Autism Spectrum Disorder (ΔΑΦ), εξετάζοντας τη συμβολή των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης και υπολογιστικής όρασης στην ανίχνευση κοινωνικών και συναισθηματικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τη διαταραχή. Παράλληλα, αξιολογούνται οι εφαρμογές, η αποτελεσματικότητα και οι περιορισμοί των συστημάτων face recognition σε κλινικό και ερευνητικό επίπεδο.

2.1 Ερευνητικά ερωτήματα

Τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα αυτής της εργασίας αποτυπώνονται παρακάτω:

- Ερώτημα 1: Πώς γίνεται η αυτόματη ανάλυση προσώπου (Face Recognition Analysis) στην ανίχνευση βιοδεικτών που σχετίζονται με τη Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) σε παιδιά μικρής ηλικίας;
- Ερώτημα 2: Ποια είναι η διαγνωστική της ακρίβεια;
- Ερώτημα 3: Πώς μπορούν τα δεδομένα και οι μετρήσεις που προκύπτουν από την αυτόματη ανάλυση προσώπου να ενσωματωθούν στην κλινική στοχοθεσία της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης;
- Ερώτημα 4: Ποιοι είναι οι περιορισμοί και οι ηθικές προκλήσεις (π.χ. προσωπικά δεδομένα, χρήση καμερών σε ανήλικα παιδιά) που προκύπτουν από την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας στο πλαίσιο της κλινικής πράξης;

2.2 Στρατηγική αναζήτησης

Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας πραγματοποιήθηκε στις βάσεις δεδομένων PubMed, Scopus και ScienceDirect, με στόχο τον εντοπισμό μελετών που εξετάζουν την εφαρμογή τεχνικών αναγνώρισης προσώπου (face recognition analysis) σε παιδιά με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (Autism Spectrum Disorder, ΔΑΦ) και άλλες νευροαναπτυξιακές διαταραχές, για το χρονικό διάστημα 2015–2026, με τελευταία

ημερομηνία αναζήτησης την 11η Μαΐου 2026. Η συγκεκριμένη χρονική περίοδος επιλέχθηκε, καθώς περιλαμβάνει πρόσφατες και μεθοδολογικά εξελιγμένες ερευνητικές προσεγγίσεις που αφορούν την αξιοποίηση τεχνολογιών υπολογιστικής όρασης, αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης και συστημάτων face recognition analysis στην αξιολόγηση κοινωνικών, συναισθηματικών και επικοινωνιακών χαρακτηριστικών παιδιών με ΔΑΦ.

Κριτήρια ένταξης

Στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση συμπεριλήφθηκαν αγγλόφωνες μελέτες που εξετάζουν παιδιά ή εφήβους με διαγνωσμένη ή πιθανή Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος και χρησιμοποιούν αυτόματη ή υπολογιστικά υποβοηθούμενη ανάλυση προσώπου. Η ανάλυση αυτή μπορεί να βασίζεται σε εικόνες, βίντεο, χαρακτηριστικά του προσώπου, εκφράσεις, κινήσεις ή σημεία του προσώπου και να εφαρμόζει μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης, μηχανικής μάθησης, βαθιάς μάθησης ή υπολογιστικής όρασης. Οι μελέτες θα πρέπει να συνδέουν την τεχνολογία αυτή με την πρόωμη ανίχνευση, τον έλεγχο, την ταξινόμηση, την πρόβλεψη ή την αξιολόγηση της ΔΑΦ.

Κριτήρια αποκλεισμού

Θα αποκλειστούν μελέτες που δεν αφορούν παιδιά, δεν σχετίζονται με τη ΔΑΦ ή δεν χρησιμοποιούν αυτοματοποιημένη ανάλυση του προσώπου του ίδιου του παιδιού. Επίσης, θα αποκλειστούν μελέτες που εξετάζουν μόνο το πώς τα παιδιά αναγνωρίζουν συναισθήματα ή πρόσωπα άλλων ανθρώπων, χωρίς να γίνεται ανάλυση των δικών τους εκφράσεων ή χαρακτηριστικών προσώπου. Ανασκοπήσεις, άρθρα γνώμης, διατριβές και κεφάλαια βιβλίων δεν θα συμπεριληφθούν στην τελική ανάλυση, αλλά μπορούν να αξιοποιηθούν στο θεωρητικό μέρος της εργασίας.

Φράση Αναζήτησης

Οι τρόποι αναζήτησης της βιβλιογραφίας για τη διαμόρφωση του ερωτήματος αναζήτησης ήταν οι εξής: (PubMed, Scopus, ScienceDirect).

Οι όροι που χρησιμοποιήθηκαν για το PubMed ήταν:

Autism Spectrum Disorder"[Mesh]
OR "Autistic Disorder"[Mesh]
OR autism[tiab]

OR autistic[tiab]
 OR ASD[tiab]
 OR "autism spectrum disorder"[tiab]
 child*[tiab]
 OR infant*[tiab]
 OR toddler*[tiab]
 OR preschool*[tiab]
 OR pediatric*[tiab]
 OR paediatric*[tiab]
 OR adolescent*[tiab]
 OR "Child"[Mesh]
 OR "Infant"[Mesh]
 OR "Adolescent"[Mesh]
 Automated Facial Recognition"[Mesh]
 OR "automated facial analysis"[tiab]
 OR "automatic facial analysis"[tiab]
 OR "automated face analysis"[tiab]
 OR "facial image analysis"[tiab]
 OR "facial feature analysis"[tiab]
 OR "facial landmark"[tiab]
 OR "facial landmarks"[tiab]
 OR "automated facial expression analysis"[tiab]
 OR "facial expression recognition"[tiab]
 OR "facial emotion recognition"[tiab]
 OR "facial affective analysis"[tiab]
 OR "facial action unit"[tiab]
 OR "facial action units"[tiab]
 Artificial Intelligence"[Mesh]
 OR "Machine Learning"[Mesh]
 OR "Deep Learning"[Mesh]
 OR "Image Processing, Computer-Assisted"[Mesh]
 OR "Pattern Recognition, Automated"[Mesh]
 OR "computer vision"[tiab]
 OR "machine learning"[tiab]
 OR "deep learning"[tiab]
 OR "artificial intelligence"[tiab]
 OR algorithm*[tiab]
 OR classifier*[tiab]
 diagnos*[tiab]
 OR detect*[tiab]
 OR screen*[tiab]
 OR assess*[tiab]
 OR evaluat*[tiab]
 OR classif*[tiab]
 OR predict*[tiab]
 OR "early detection"[tiab]
 OR "early screening"[tiab]

Για το Scopus:

TITLE-ABS-KEY

autis* OR ASD OR "autism spectrum disorder" OR "autistic disorder"
child* OR infant* OR toddler* OR preschool* OR paediatric* OR pediatric* OR
adolescent*
automated facial recognition"
OR "automatic facial recognition"
OR "automated face recognition"
OR "automatic face recognition"
OR "automated facial analysis"
OR "automatic facial analysis"
OR "automated face analysis"
OR "automatic face analysis"
OR "facial image analysis"
OR "face image analysis"
OR "facial feature analysis"
OR "facial landmark*"
OR "facial expression recognition"
OR "facial emotion recognition"
OR "facial affect analysis"
OR "facial action unit*"
artificial intelligence"
OR "machine learning"
OR "deep learning"
OR "neural network*"
OR "convolutional neural network*"
OR CNN
OR "computer vision"
OR algorithm*
OR classifier*
OR "image processing"
OR "image analysis"
OR "pattern recognition"
diagnos*
OR detect*
OR screen*
OR assess*
OR evaluat*
OR identif*
OR classif*
OR predict*
OR "early detection"
OR "early screening"

Τέλος για το ScienceDirect ήταν:

autism "automatic facial" recognition analysis (early screening OR diagnosis)

Και:

autism "automated facial" recognition analysis (early screening OR diagnosis).

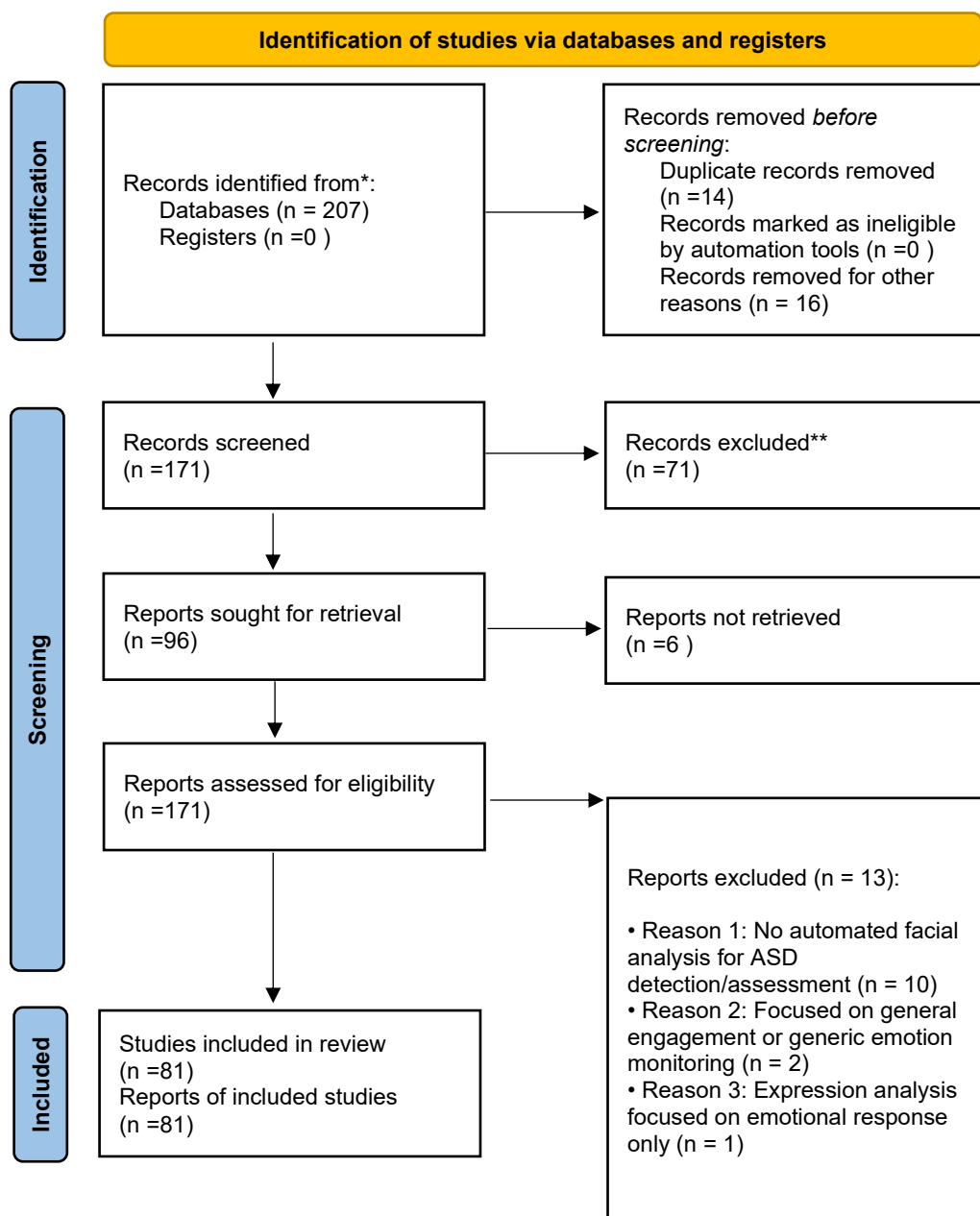
2.3 Διαδικασία Επιλογής

Κατά την επιλογή των άρθρων, το βασικό ερώτημα που τίθεται είναι το εξής: Χρησιμοποιεί η μελέτη αυτόματη ανάλυση του προσώπου του παιδιού για να βοηθήσει στην ανίχνευση, ταξινόμηση ή αξιολόγηση της ΔΑΦ;

Αν η απάντηση είναι θετική, τότε η μελέτη προχωρά σε πλήρη ανάγνωση. Αν, αντίθετα, η μελέτη αφορά μόνο το πώς το παιδί βλέπει ή αναγνωρίζει πρόσωπα άλλων ανθρώπων, τότε δεν θεωρείται κατάλληλη για την παρούσα ανασκόπηση.

Αρχικά εντοπίστηκαν συνολικά 207 μελέτες. Συγκεκριμένα, η αναζήτηση της βιβλιογραφίας όταν πραγματοποιήθηκε στις βάσεις δεδομένων βρέθηκαν στο PubMed: 28, Scopus: 178 και στο ScienceDirect: 55. Από τις συνολικά 207 μελέτες αφαιρέθηκαν τα διπλότυπα (n=14) και οι μελέτες που είχαν ανακληθεί (n=16).

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των τίτλων και των περιλήψεων των μελετών, από την οποία προέκυψαν 96 άρθρα κατάλληλα για πλήρη ανάγνωση.



Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής PRISMA 2020 – Συστηματική Ανασκόπηση

Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση περιέλαβε 81 μελέτες. Οι μελέτες που συμπεριλήφθηκαν παρουσιάζονται χρονολογικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Μελέτες που περιλαμβάνει η παρούσα συστηματική ανασκόπηση

A/A	Συγγραφείς	Τίτλος	Ημερομηνία
1	(Abdullah & AL-Allaf, 2021)	Facial Expression Recognition (FER) of Autism Children using Deep Neural Networks	2021
2	(Ahmed κ.ά., 2025)	Autism Detection in Children from Facial Landmarks and MRI images Using a Deep Learning Model	2025
3	(Alaa κ.ά., 2025)	Detecting Autism in Children Through Facial Image Analysis Using Transfer Learning	2025
4	(Alamgir κ.ά., 2026)	ASDnet: Classification model for individuals with autism spectrum disorder using facial grid-wise expressions features and dual-branch visual transformation	2026
5	(Alhakbani, 2024)	Facial Emotion Recognition-based Engagement Detection in Autism Spectrum Disorder	2024
6	(Aljbori κ.ά., 2025)	A Facial Emotion Recognition System for Children with Autism, Based on The Integration of 3D-CNN and LSTM	2025
7	(Alkahtani κ.ά., 2023)	Deep Learning Algorithms to Identify Autism Spectrum Disorder in Children-Based Facial Landmarks	2023
8	(Aruna κ.ά., 2025)	Automated Early Autism Detection through Facial Image Processing	2025
9	(B κ.ά., 2024)	Early Detection of Autism Spectrum Disorder in Pediatric Populations using Facial Feature Analysis	2024
10	(Babu κ.ά., 2023)	Exploring Complexity of Facial Dynamics in Autism Spectrum Disorder	2023
11	(Bangerter κ.ά., 2020)	Automated recognition of spontaneous facial expression in individuals with autism spectrum disorder: Parsing response variability	2020
12	(Banire κ.ά., 2021)	Face-Based Attention Recognition Model for Children with Autism Spectrum Disorder	2021
13	(Barua & Habib, 2025)	Attention-Based Deep Neural Network for Screening Autism Spectrum Disorder in Children Analyzing Facial Images	2025
14	(Bhargavi κ.ά., 2023)	AI-based Emotion Therapy Bot for Children with Autism Spectrum Disorder (ASD)	2023

15	(Bhise κ.ά., 2024)	Facial-Based Autism Spectrum Disorder Diagnosis Using Enhanced Deep Learning Models	2024
16	(Carpenter κ.ά., 2021)	Digital Behavioral Phenotyping Detects Atypical Pattern of Facial Expression in Toddlers with Autism	2021
17	(Chakroborty κ.ά., 2025)	Early Autism Diagnosis Using Facial Images: A Deep Ensemble Model for Feature Fusion	2025
18	(Chinwe & Herzog, 2025)	Autision: An AI-Based Hybrid System for Early Autism Risk Prediction	2025
19	(Dapogny κ.ά., 2019)	On Automatically Assessing Children's Facial Expressions Quality: A Study, Database, and Protocol	2019
20	(Darmiyati κ.ά., 2024)	Improving Autism Detection Using GridSearchCV for Severity Level Autism in Indonesian Children	2024
21	(Dia κ.ά., 2024)	Video-based continuous affect recognition of children with Autism Spectrum Disorder using deep learning	2024
22	(Dilshan κ.ά., 2025)	A Deep Learning-Based Hybrid Model for ASD Detection Using Visual Features and Questionnaires	2025
23	(Elmahalawy κ.ά., 2024)	AI-Powered Human-Computer Interaction Assisting Early Identification of Emotional and Facial Symptoms of Autism Spectrum Disorder in Children: “A Deep Learning-Based Enhanced Facial Feature Recognition System”	2024
24	(Grossard κ.ά., 2020)	Children with autism spectrum disorder produce more ambiguous and less socially meaningful facial expressions: an experimental study using random forest classifiers	2020
25	(Hamawy κ.ά., 2025)	facial emotional recognition using artificial intelligence for autistic children	2025
26	(Hosney κ.ά., 2024)	AutYOLO-ATT: an attention-based YOLOv8 algorithm for early autism diagnosis through facial expression recognition	2024
27	(Ibadi & Lakizadeh, 2025a)	A Computational Method for Early Diagnosis of Autism Spectrum Disorder in Children Using Deep Learning Approach	2025
28	(Ibadi & Lakizadeh, 2025b)	ASDvit: Enhancing autism spectrum disorder classification using vision transformer models based on static features of facial images	2025

29	(Iwauchi κ.ά., 2023)	Eye-movement analysis on facial expression for identifying children and adults with neurodevelopmental disorders	2023
30	(Jaffar & Abdulbaqi, 2022)	Facial Expression Recognition in Static Images for Autism Children using CNN Approaches	2022
31	(Jafri, 2024)	A Social Communication Support Application for Autistic Children Using Computer Vision and Large Language Models	2024
32	(Ji κ.ά., 2023)	A Humanoid Robot to Assess the Affective Imitative Expression Abilities of Children with Autism Spectrum Disorder	2023
33	(Jiang κ.ά., 2020)	Predicting Core Characteristics of ASD Through Facial Emotion Recognition and Eye Tracking in Youth	2020
34	(Johnson κ.ά., 2025)	Assistive facial expression recognition for children with autism using re-enactment	2025
35	(Juneja κ.ά., 2025)	SE-ViT: Channel-Aware Vision Transformer for Early Autism Spectrum Disorder Detection via Static Facial Image Analysis	2025
36	(Kavikeshawa, 2024)	AI-Based Early Intervention for Enhancing Facial Emotion Recognition in Children with Autism Spectrum Disorder in Sri Lanka	2024
37	(Kiejdo κ.ά., 2025)	Late Fusion Model for Emotion Recognition from Facial Expressions and Biosignals in a Dataset of Children with Autism Spectrum Disorder	2025
38	(Kumar κ.ά., 2025)	Comparative Analysis of Deep Learning Architectures for Neurological Disorder Detection Using Facial Features	2025
39	(Lakshmi Praveena & Muthu Lakshmi, 2020)	A Methodology for Detecting ASD from Facial Images Efficiently Using Artificial Neural Networks	2020
40	(Leo κ.ά., 2018)	Computational Assessment of Facial Expression Production in ASD Children	2018
41	(Leo κ.ά., 2015)	Automatic Emotion Recognition in Robot-Children Interaction for ASD Treatment	2015
42	(Li κ.ά., 2022)	Automatic classification of ASD children using appearance-based features from videos	2022
43	(Lin κ.ά., 2023)	Interactive Robot-Aided Diagnosis System for Children with Autism Spectrum Disorder	2023

44	(Madake κ.ά., 2023)	Autism Spectrum Disorder detection in children by calculating the distances between facial landmarks	2023
45	(Madhusoodanan κ.ά., 2025)	Facial Emotion Detection in Autistic Children: A Deep Learning Approach	2025
46	(Manelis-Baram κ.ά., 2025)	Comparing three algorithms of automated facial expression analysis in autistic children: different sensitivities but consistent proportions	2025
47	(Mayor Torres κ.ά., 2022)	Facial Emotions Are Accurately Encoded in the Neural Signal of Those With Autism Spectrum Disorder: A Deep Learning Approach	2022
48	(Melvin & Priya, 2025)	Deep Learning-Based Autism Detection from Pediatric Facial Images Using EfficientNet	2025
49	(Nag κ.ά., 2020)	Toward Continuous Social Phenotyping: Analyzing Gaze Patterns in an Emotion Recognition Task for Children With Autism Through Wearable Smart Glasses	2020
50	(Nakib κ.ά., 2024)	a fusion framework for early autism identification using transformer-based deep learning approach	2024
51	(Newlin, G, κ.ά., 2025)	Trio-DL: a novel deep learning framework for enhanced facial emotion recognition in autistic children	2025
52	(Newlin, N, κ.ά., 2025)	Facial emotion-based autism spectrum disorder identification using enhanced swin transformer and gannet optimization	2025
53	(Patel κ.ά., 2023)	Transfer Learning Approach for Detection of Autism Spectrum Disorder using Facial Images	2023
54	(Polavarapu κ.ά., 2026)	Explainable AI for autism spectrum disorder detection in children using facial images: a multi-scale feature extraction and transfer learning approach	2026
55	(Pontoh κ.ά., 2024)	Mobile-Based Serious Game for Learning Facial Expression Recognition in Children with Autism Spectrum Disorder Using MobileNet Model	2024
56	(Pradhan κ.ά., 2026)	CVAE-guided triage and modular classifiers for multimodal ASD detection	2026
57	(Prakash κ.ά., 2023)	Computer Vision-Based Assessment of Autistic Children: Analyzing Interactions, Emotions, Human Pose, and Life Skills	2023
58	(Prasath. T κ.ά., 2025)	ResNet-based Deep Learning Model for Autism Detection in Children using Facial Image Analysis	2025

59	(Ramírez-Duque κ.ά., 2019)	Robot-Assisted Autism Spectrum Disorder Diagnostic Based on Artificial Reasoning	2019
60	(Rezaee κ.ά., 2025)	A deep learning framework for classifying autism spectrum disorder from children's facial images using a multi-scale ViT architecture and edge computing	2025
61	(S κ.ά., 2022)	Artificial Intelligence and Face Emotion Prediction Based Training for Autism Kids	2022
62	(Said κ.ά., 2026)	Computational intelligence for emotion recognition in autism spectrum disorder: a systematic review of signal-based modeling, simulation, and clinical potential	2026
63	(Saleh κ.ά., 2019)	A deep learning approach in robot-assisted behavioral therapy for autistic children	2019
64	(Shaik κ.ά., 2025)	Hybrid Deep Learning Framework for Autism Detection in Children Using Facial Emotion Recognition	2025
65	(Shailja κ.ά., 2025)	Facial Expression and Image-Based Early Detection of Autism Spectrum Disorder Using Deep Learning Techniques	2025
66	(Talaat, 2023)	Real-time facial emotion recognition system among children with autism based on deep learning and IoT	2023
67	(Thamilselvan κ.ά., 2024)	Autism Spectrum Disorder Diagnosis using Deep Learning Techniques	2024
68	(Trevisan κ.ά., 2016)	Alexithymia, but not autism spectrum disorder, may be related to the production of emotional facial expressions	2016
69	(Tung κ.ά., 2026)	Improving efficiency of autism detection based on facial image landmarks	2026
70	(Turjya κ.ά., 2025)	Explainable Deep Learning Framework for Child Autism Detection via EEG and Facial Features with Confidence-Based Decision-Level Fusion	2025
71	(Ul Haque & Valles, 2019)	Facial Expression Recognition Using DCNN and Development of an iOS App for Children with ASD to Enhance Communication Abilities	2019
72	(Umamaheswari & Vignesh, 2023)	Face Emotion Detection for Autism Children Using Convolutional Neural Network Algorithms	2023
73	(Vani κ.ά., 2025)	Autism detection using facial images of children	2025
74	(Vedantham κ.ά., 2025)	Disorder Facial Emotion Recognition with Grey Wolf Optimized Gefficient-Net for Autism Spectrum	2025

75	(Venudhar κ.ά., 2026)	Deep Learning-Based Early Detection of Autism in Children	2026
76	(Wan κ.ά., 2022)	FECTS: A Facial Emotion Cognition and Training System for Chinese Children with Autism Spectrum Disorder	2022
77	(Wang κ.ά., 2025)	Applying a Convolutional Vision Transformer for Emotion Recognition in Children with Autism: Fusion of Facial Expressions and Speech Features	2025
78	(Yan κ.ά., 2020)	ARL-IL CNN for Automatic Facial Expression Recognition of Infants under 24 Months of Age	2020
79	(Zampella κ.ά., 2020)	Computer Vision Analysis of Reduced Interpersonal Affect Coordination in Youth With Autism Spectrum Disorder	2020
80	(Zhao, 2020)	Research and design of autism smart diagnosis information system based on Chinese children's facial expression data and deep convolution neural network	2020
81	(Zhao & Lu, 2020)	Research and development of autism diagnosis information system based on deep convolution neural network and facial expression data	2020

Για την αποτελεσματική ανάλυση των ερευνητικών ερωτημάτων αυτής της μελέτης, παρουσιάζεται μια συνεκτική ροή από τις ευρύτερες πληροφορίες σχετικά με την αυτόματη ανάλυση προσώπου στην πρώιμη ανίχνευση και την αξιολόγηση παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), προκειμένου να ακολουθήσει η αναλυτική παρουσίαση των χαρακτηριστικών των συμπεριληφθεισών μελετών της συστηματικής ανασκόπησης.

3.1 Χαρακτηριστικά των συμπεριληφθεισών μελετών

Στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση συμπεριλήφθηκαν πρωτογενείς ερευνητικές μελέτες και συστηματικές ανασκοπήσεις που διερεύνησαν την εφαρμογή τεχνικών αυτόματης ανάλυσης προσώπου (Automatic Facial Analysis), υπολογιστικής όρασης (Computer Vision) και τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence) στην πρώιμη ανίχνευση, αξιολόγηση και υποστήριξη παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ). Η πλειονότητα των δημοσιεύσεων αφορούσε την περίοδο 2020–2026, γεγονός που καταδεικνύει τη σημαντική ερευνητική ανάπτυξη του συγκεκριμένου γνωστικού

αντικειμένου κατά τα τελευταία έτη (Bangerter et al., 2020; Carpenter et al., 2021; Hosney et al., 2024; Juneja et al., 2025; Said et al., 2026).

Οι μελέτες προέρχονταν από ένα ευρύ φάσμα χωρών, μεταξύ των οποίων οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Καναδάς, η Κίνα, η Ιαπωνία, η Ινδία, η Σαουδική Αραβία, η Νότια Κορέα και αρκετές ευρωπαϊκές χώρες. Η γεωγραφική αυτή διασπορά υποδηλώνει ότι η αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης στην πρώιμη αναγνώριση της ΔΑΦ αποτελεί αντικείμενο διεθνούς ερευνητικού ενδιαφέροντος. Παράλληλα, αρκετές από τις πρόσφατες μελέτες αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο συνεργασιών μεταξύ πανεπιστημίων, νοσοκομείων και ερευνητικών κέντρων, γεγονός που ενισχύει τη διεπιστημονική διάσταση του πεδίου (Grossard et al., 2020; Zampella et al., 2020; Wang & Lu, 2020). Όσον αφορά τον ερευνητικό σχεδιασμό, οι περισσότερες μελέτες ήταν πειραματικές και επικεντρώνονταν στην ανάπτυξη και αξιολόγηση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης για την ταξινόμηση παιδιών με ΔΑΦ και παιδιών τυπικής ανάπτυξης. Επιπλέον, συμπεριλήφθηκαν κλινικές παρατηρησιακές μελέτες, εφαρμογές κινητών συσκευών, πολυτροπικά συστήματα αξιολόγησης, καθώς και συστηματικές ανασκοπήσεις που συνοψίζουν τις σύγχρονες εξελίξεις στον συγκεκριμένο ερευνητικό τομέα (Prakash et al., 2023; Jafri, 2024; Said et al., 2026).

Σημαντική ετερογένεια παρατηρήθηκε και ως προς τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων. Αρκετές μελέτες βασίστηκαν σε μικρά κλινικά δείγματα παιδιών με ΔΑΦ και ομάδων τυπικής ανάπτυξης, τα οποία αξιολογήθηκαν σε νοσοκομεία ή ερευνητικά εργαστήρια μέσω βιντεοσκοπημένων κοινωνικών αλληλεπιδράσεων. Αντίθετα, οι περισσότερες πρόσφατες μελέτες αξιοποίησαν μεγάλα δημόσια σύνολα δεδομένων εικόνων προσώπου, επιτρέποντας την εκπαίδευση σύνθετων μοντέλων βαθιάς μάθησης και τη σύγκριση διαφορετικών αρχιτεκτονικών τεχνητής νοημοσύνης (Hosney et al., 2024; Nakib et al., 2024; Newlin et al., 2025; Kumar et al., 2025; Polavarapu et al., 2026).

Οι ηλικίες των συμμετεχόντων επικεντρώνονταν κυρίως στη βρεφική και πρώιμη παιδική ηλικία, καθώς η έγκαιρη αναγνώριση της ΔΑΦ αποτελεί τον βασικό στόχο των περισσότερων εφαρμογών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μελέτη των Yan et al. (2020), στην οποία δημιουργήθηκε ειδικό σύνολο δεδομένων από βρέφη ηλικίας μικρότερης των 24 μηνών για την ανάπτυξη συστήματος αυτόματης αναγνώρισης εκφράσεων προσώπου. Παράλληλα, αρκετές μελέτες εξέτασαν παιδιά προσχολικής και

σχολικής ηλικίας κατά τη διάρκεια φυσικών κοινωνικών αλληλεπιδράσεων με γονείς ή θεραπευτές (Yan et al., 2020; Carpenter et al., 2021; Zampella et al., 2020).

Αναφορικά με τις τεχνολογίες που εφαρμόστηκαν, σχεδόν όλες οι μελέτες αξιοποίησαν τεχνικές υπολογιστικής όρασης για την ανάλυση εικόνων ή βίντεο προσώπου. Οι κυριότερες εφαρμογές περιλάμβαναν την ανάλυση μορφολογικών χαρακτηριστικών του προσώπου (facial morphology), την ανίχνευση χαρακτηριστικών σημείων (facial landmark detection), την αναγνώριση εκφράσεων προσώπου (facial expression recognition), την εκτίμηση της κατεύθυνσης του βλέμματος (eye gaze analysis), την αξιολόγηση της δυναμικής των κινήσεων του προσώπου (facial dynamics) και την ποσοτικοποίηση της κοινωνικοσυναισθηματικής αλληλεπίδρασης (Bangerter et al., 2020; Grossard et al., 2020; Jiang et al., 2020; Zampella et al., 2020).

Η συντριπτική πλειονότητα των αλγορίθμων βασίστηκε σε συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (CNNs), ενώ ιδιαίτερα συχνή ήταν η χρήση αρχιτεκτονικών όπως οι VGG16, VGG19, ResNet, MobileNet, EfficientNet, DenseNet και Inception. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σταδιακή μετάβαση προς Vision Transformers και υβριδικά μοντέλα βαθιάς μάθησης, τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλή διαγνωστική απόδοση. Επιπλέον, αρκετές πρόσφατες μελέτες ενσωμάτωσαν τεχνικές Explainable Artificial Intelligence (XAI), όπως οι Grad-CAM, SHAP και LIME, προκειμένου να καταστούν περισσότερο ερμηνεύσιμες οι αποφάσεις των αλγορίθμων και να ενισχυθεί η δυνατότητα αξιοποίησής τους στην κλινική πράξη (Ibadi & Lakizadeh, 2025; Juneja et al., 2025; Polavarapu et al., 2026; Turjya et al., 2025).

Παρά τη σημαντική πρόοδο που καταγράφεται στη βιβλιογραφία, οι συμπεριληφθείσες μελέτες παρουσιάζουν ορισμένους κοινούς μεθοδολογικούς περιορισμούς. Συγκεκριμένα, μεγάλο μέρος των ερευνών αξιολόγησε τους αλγορίθμους χρησιμοποιώντας τα ίδια δημόσια σύνολα δεδομένων, ενώ αρκετές βασίστηκαν σε μικρά μονοκεντρικά δείγματα και σε ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες. Η ετερογένεια ως προς τα πρωτόκολλα συλλογής δεδομένων, τις ηλικιακές ομάδες και τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία δυσχεραίνει την άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ διαφορετικών μελετών. Αντίστοιχοι περιορισμοί επισημαίνονται και στις πρόσφατες συστηματικές ανασκοπήσεις, οι οποίες υπογραμμίζουν την ανάγκη για μεγαλύτερες πολυκεντρικές κλινικές μελέτες και για ανάπτυξη κοινών πρωτοκόλλων αξιολόγησης (Said et al., 2026; Wang & Lu, 2020).

Συνολικά, η ανάλυση των χαρακτηριστικών των συμπεριληφθεισών μελετών καταδεικνύει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου αποτελεί έναν ταχέως εξελισσόμενο τομέα της τεχνητής νοημοσύνης με σημαντικές προοπτικές για την πρόωπη ανίχνευση και αξιολόγηση παιδιών με ΔΑΦ. Η σταδιακή μετάβαση από απλές τεχνικές ανάλυσης μορφολογικών χαρακτηριστικών σε πολυτροπικά, ερμηνεύσιμα και υψηλής ακρίβειας συστήματα τεχνητής νοημοσύνης αποτυπώνει τη σύγχρονη κατεύθυνση της έρευνας και δημιουργεί σημαντικές προοπτικές για την υποστήριξη της κλινικής αξιολόγησης από τους επαγγελματίες υγείας.

3.2 Απάντηση στο Ερευνητικό Ερώτημα 1

Πώς γίνεται η αυτόματη ανάλυση προσώπου (Face Recognition Analysis) στην ανίχνευση βιοδεικτών που σχετίζονται με τη Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) σε παιδιά μικρής ηλικίας;

Η πρόωπη ανίχνευση της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους στόχους της σύγχρονης παιδιατρικής και νευροαναπτυξιακής έρευνας, καθώς η έγκαιρη διάγνωση συνδέεται με την ταχύτερη έναρξη εξατομικευμένων παρεμβάσεων και τη βελτίωση της αναπτυξιακής πορείας των παιδιών. Τα τελευταία χρόνια, η ραγδαία εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI), της μηχανικής μάθησης (Machine Learning – ML) και της υπολογιστικής όρασης (Computer Vision) έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη συστημάτων αυτόματης ανάλυσης προσώπου (Automatic Facial Analysis), τα οποία επιχειρούν να εντοπίσουν αντικειμενικούς βιοδείκτες που σχετίζονται με τη ΔΑΦ μέσω της επεξεργασίας εικόνων και βίντεο προσώπου (Wang & Lu, 2020; Said et al., 2026).

Η βασική αρχή των συστημάτων αυτών είναι ότι το ανθρώπινο πρόσωπο αποτελεί μια πλούσια πηγή πληροφοριών σχετικά με τη νευροαναπτυξιακή κατάσταση ενός παιδιού. Οι αλγόριθμοι δεν αναγνωρίζουν απλώς την ταυτότητα του ατόμου, αλλά αναλύουν λεπτομερώς τη μορφολογία του προσώπου, τις μικροκινήσεις των μυών, τις εκφράσεις, τη βλεμματική επαφή και τη χρονική εξέλιξη των συναισθηματικών αντιδράσεων. Τα χαρακτηριστικά αυτά μετατρέπονται σε ποσοτικά δεδομένα (digital biomarkers), τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για την υποστήριξη της πρόωπης ανίχνευσης της ΔΑΦ (Grossard et al., 2020; Carpenter et al., 2021).

Η βιβλιογραφία δείχνει ότι οι τεχνικές αυτόματης ανάλυσης προσώπου μπορούν να ταξινομηθούν σε έξι βασικές κατηγορίες: ανάλυση μορφολογικών χαρακτηριστικών του προσώπου (Facial Morphology), ανίχνευση χαρακτηριστικών σημείων του προσώπου (Facial Landmark Detection), αναγνώριση εκφράσεων προσώπου (Facial Expression Recognition), ανάλυση της κατεύθυνσης του βλέμματος (Eye Gaze Analysis), δυναμική ανάλυση προσώπου μέσω βίντεο (Facial Dynamics) και πολυτροπικά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (Multimodal Artificial Intelligence). Οι τεχνικές αυτές δεν λειτουργούν ανεξάρτητα, αλλά συχνά συνδυάζονται, με στόχο την πληρέστερη αποτύπωση των κοινωνικών και επικοινωνιακών χαρακτηριστικών των παιδιών με ΔΑΦ.

Ανάλυση μορφολογικών χαρακτηριστικών του προσώπου

Η ανάλυση μορφολογικών χαρακτηριστικών αποτελεί μία από τις πρώτες εφαρμογές της υπολογιστικής όρασης στη μελέτη της ΔΑΦ. Οι σχετικές μελέτες διερευνούν κατά πόσο συγκεκριμένες ανατομικές διαφοροποιήσεις του προσώπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώιμοι βιοδείκτες της διαταραχής. Μέσω ειδικών αλγορίθμων εντοπίζονται χαρακτηριστικά σημεία του προσώπου, όπως τα μάτια, η μύτη, τα χείλη και η κάτω γνάθος, ενώ στη συνέχεια υπολογίζονται γεωμετρικές αποστάσεις, γωνίες και αναλογίες μεταξύ των σημείων αυτών (Dapogny et al., 2019; Banire et al., 2021). Ορισμένες μελέτες ανέφεραν ότι τα παιδιά με ΔΑΦ εμφανίζουν διαφοροποιήσεις σε συγκεκριμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά του προσώπου σε σύγκριση με παιδιά τυπικής ανάπτυξης. Ωστόσο, τα ευρήματα δεν είναι απόλυτα συνεπή μεταξύ των μελετών, γεγονός που πιθανόν σχετίζεται με διαφορές στα δείγματα, στην ηλικία των συμμετεχόντων και στις τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν. Για τον λόγο αυτό, οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι τα μορφολογικά χαρακτηριστικά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μοναδικό διαγνωστικό κριτήριο, αλλά αποκτούν μεγαλύτερη αξία όταν συνδυάζονται με συμπεριφορικούς και λειτουργικούς δείκτες (Said et al., 2026).

Ανίχνευση χαρακτηριστικών σημείων του προσώπου (Facial Landmark Detection)

Η ανίχνευση χαρακτηριστικών σημείων (facial landmarks) αποτελεί βασικό στάδιο της αυτόματης ανάλυσης προσώπου. Μέσω εξειδικευμένων αλγορίθμων εντοπίζονται με

μεγάλη ακρίβεια δεκάδες ή και εκατοντάδες ανατομικά σημεία του προσώπου, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός ψηφιακού γεωμετρικού μοντέλου.

Οι πληροφορίες αυτές επιτρέπουν την καταγραφή ακόμη και πολύ μικρών διαφοροποιήσεων στις κινήσεις των μυών του προσώπου, καθώς και την αντικειμενική αξιολόγηση της συμμετρίας, της μορφολογίας και των εκφράσεων. Σύμφωνα με τις μελέτες των Madake et al. (2023) και Hosney et al. (2024), η χρήση facial landmarks βελτιώνει σημαντικά την απόδοση των αλγορίθμων βαθιάς μάθησης, καθώς παρέχει δομημένα χαρακτηριστικά που διευκολύνουν την ταξινόμηση των εικόνων προσώπου.

Αναγνώριση εκφράσεων προσώπου (Facial Expression Recognition)

Η αναγνώριση εκφράσεων προσώπου αποτελεί την πλέον διαδεδομένη εφαρμογή της αυτόματης ανάλυσης προσώπου στη ΔΑΦ. Οι περισσότερες μελέτες αξιολόγησαν την ικανότητα των αλγορίθμων να αναγνωρίζουν βασικά συναισθήματα, όπως η χαρά, η λύπη, ο φόβος, ο θυμός, η έκπληξη και η ουδέτερη έκφραση.

Τα αποτελέσματα των μελετών έδειξαν ότι τα παιδιά με ΔΑΦ παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις κυρίως ως προς την ένταση, τη διάρκεια και τον χρονισμό των εκφράσεων του προσώπου. Οι διαφοροποιήσεις αυτές είναι ιδιαίτερα εμφανείς κατά τη διάρκεια φυσικών κοινωνικών αλληλεπιδράσεων με γονείς, θεραπευτές ή συνομηλίκους και μπορούν να καταγραφούν με αντικειμενικό τρόπο μέσω συστημάτων υπολογιστικής όρασης (Bangerter et al., 2020; Grossard et al., 2020; Leo et al., 2018; Manelis-Baram et al., 2025).

Οι περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιούν συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (Convolutional Neural Networks - CNNs), τα οποία εκπαιδεύονται σε μεγάλο αριθμό εικόνων προσώπου και μπορούν να αναγνωρίζουν αυτόματα συναισθηματικές εκφράσεις με υψηλή ακρίβεια. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει την αντικειμενική αξιολόγηση της κοινωνικής επικοινωνίας και μπορεί να υποστηρίξει την πρόιμη αναγνώριση παιδιών που εμφανίζουν χαρακτηριστικά συμβατά με τη ΔΑΦ.

Ανάλυση της κατεύθυνσης του βλέμματος (Eye Gaze Analysis)

Η κατεύθυνση του βλέμματος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους συμπεριφορικούς δείκτες που μελετήθηκαν στις συμπεριληφθείσες έρευνες. Τα παιδιά

με ΔΑΦ εμφανίζουν συχνά διαφορετικά πρότυπα οπτικής προσοχής, αποφεύγοντας τη βλεμματική επαφή ή εστιάζοντας λιγότερο στην περιοχή των ματιών κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας.

Με τη χρήση τεχνικών eye-tracking και υπολογιστικής όρασης, οι ερευνητές καταγράφουν την πορεία του βλέμματος και αναλύουν τη διάρκεια και τη συχνότητα της οπτικής εστίασης σε διαφορετικές περιοχές του προσώπου. Τα ευρήματα δείχνουν ότι οι πληροφορίες αυτές αποτελούν σημαντικούς ψηφιακούς βιοδείκτες για την πρόωμη ανίχνευση της ΔΑΦ, ιδιαίτερα όταν συνδυάζονται με την ανάλυση εκφράσεων προσώπου και κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Jiang et al., 2020; Nag et al., 2020).

Δυναμική ανάλυση προσώπου και πολυτροπικά συστήματα

Οι πιο πρόσφατες μελέτες μετατοπίζουν το ενδιαφέρον από τις στατικές εικόνες στην ανάλυση συνεχόμενων βίντεο, επιτρέποντας την αξιολόγηση της χρονικής εξέλιξης των εκφράσεων, της βλεμματικής επαφής και της κοινωνικής συμπεριφοράς. Παράλληλα, αναπτύσσονται πολυτροπικά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που συνδυάζουν δεδομένα προσώπου με ομιλία, βιοσήματα, κινήσεις σώματος και eye-tracking, προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση της κοινωνικής λειτουργικότητας του παιδιού (Pradhan et al., 2026; Turjya et al., 2025; Polavarapu et al., 2026).

Σύνοψη

Η σύνθεση των συμπεριληφθεισών μελετών δείχνει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου βασίζεται στη συνδυασμένη αξιοποίηση μορφολογικών χαρακτηριστικών, εκφράσεων προσώπου, βλεμματικής επαφής, δυναμικής των κινήσεων και πολυτροπικών δεδομένων για την αναγνώριση βιοδεικτών που σχετίζονται με τη ΔΑΦ. Παρότι καμία μεμονωμένη τεχνική δεν επαρκεί για την αυτόνομη διάγνωση, ο συνδυασμός πολλαπλών ψηφιακών βιοδεικτών παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές για την έγκαιρη αναγνώριση παιδιών υψηλού κινδύνου και για την υποστήριξη της κλινικής αξιολόγησης από διεπιστημονικές ομάδες.

3.3 Απάντηση στο Ερευνητικό Ερώτημα 2

Ποια είναι η διαγνωστική ακρίβεια της αυτόματης ανάλυσης προσώπου στην ανίχνευση της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος;

Η διαγνωστική ακρίβεια των συστημάτων αυτόματης ανάλυσης προσώπου αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους δείκτες αξιολόγησης της αποτελεσματικότητάς τους στην πρόωμη ανίχνευση της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ). Η βιβλιογραφία που συμπεριλήφθηκε στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση καταδεικνύει ότι οι σύγχρονες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης επιτυγχάνουν ιδιαίτερα υψηλές επιδόσεις στην ταξινόμηση παιδιών με ΔΑΦ και παιδιών τυπικής ανάπτυξης. Ωστόσο, η ερμηνεία των αποτελεσμάτων απαιτεί προσοχή, καθώς οι μελέτες διαφέρουν σημαντικά ως προς τα δείγματα, τα χρησιμοποιούμενα σύνολα δεδομένων (datasets), τις αρχιτεκτονικές των αλγορίθμων και τις μεθόδους αξιολόγησης (Said et al., 2026; Wang & Lu, 2020).

Η πλειονότητα των ερευνών αξιολόγησε τη διαγνωστική απόδοση χρησιμοποιώντας δείκτες όπως η ακρίβεια (accuracy), η ευαισθησία (sensitivity), η ειδικότητα (specificity), η ακρίβεια πρόβλεψης (precision), ο δείκτης F1 (F1-score) και το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη ROC (Area Under the Curve – AUC). Οι δείκτες αυτοί επιτρέπουν την αντικειμενική σύγκριση διαφορετικών αλγορίθμων και την αξιολόγηση της ικανότητάς τους να αναγνωρίζουν σωστά τα παιδιά με ΔΑΦ. Παρότι οι περισσότερες μελέτες αναφέρουν υψηλές τιμές accuracy, η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η συνολική αξιολόγηση πρέπει να βασίζεται σε συνδυασμό όλων των παραπάνω δεικτών και όχι αποκλειστικά στην ακρίβεια.

Οι περισσότεροι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν στις συμπεριληφθείσες μελέτες βασίζονται σε συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (Convolutional Neural Networks – CNNs), τα οποία αποτελούν την επικρατέστερη τεχνολογία στην ανάλυση εικόνων προσώπου. Οι αρχιτεκτονικές VGG16, VGG19, ResNet, MobileNet, EfficientNet, DenseNet και Inception χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς, παρουσιάζοντας υψηλές επιδόσεις στην αναγνώριση μορφολογικών και συμπεριφορικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τη ΔΑΦ. Ιδιαίτερα τα μοντέλα EfficientNet και MobileNet συνδύασαν υψηλή διαγνωστική ακρίβεια με χαμηλές υπολογιστικές απαιτήσεις, γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για εφαρμογές σε κινητές συσκευές και φορητά διαγνωστικά

συστήματα (Patel et al., 2023; Melvin & Priya, 2025; Kumar et al., 2025). Η εξέλιξη των τεχνικών βαθιάς μάθησης οδήγησε στην εφαρμογή Vision Transformers (ViTs), οι οποίοι αξιοποιούν μηχανισμούς προσοχής (attention mechanisms) για την αναγνώριση πολύπλοκων χωρικών χαρακτηριστικών του προσώπου. Μελέτες που ανέπτυξαν τα μοντέλα HyViT-ASD, ASDViT και SE-ViT ανέφεραν ιδιαίτερα υψηλές τιμές accuracy και AUC, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι transformers μπορούν να υπερτερούν έναντι των παραδοσιακών CNN σε ορισμένα σύνολα δεδομένων. Ωστόσο, οι συγγραφείς τονίζουν ότι η υψηλή απόδοση αυτών των μοντέλων εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα μεγάλων και αντιπροσωπευτικών datasets, καθώς οι transformers απαιτούν σημαντικά περισσότερα δεδομένα για αποτελεσματική εκπαίδευση (Ibadi & Lakizadeh, 2025; Juneja et al., 2025; Rezaee et al., 2025).

Ένα ακόμη σημαντικό εύρημα της ανασκόπησης είναι η αυξανόμενη χρήση υβριδικών και πολυτροπικών μοντέλων. Τα συστήματα αυτά συνδυάζουν διαφορετικές αρχιτεκτονικές τεχνητής νοημοσύνης ή πολλαπλές πηγές δεδομένων, όπως εικόνες προσώπου, βίντεο, eye-tracking, ομιλία και βιοσήματα. Η συνδυαστική αυτή προσέγγιση φαίνεται να βελτιώνει τη διαγνωστική απόδοση, καθώς επιτρέπει την ταυτόχρονη αξιολόγηση πολλαπλών βιοδεικτών της ΔΑΦ. Ενδεικτικά, τα μοντέλα που συνδυάζουν MobileNet με Vision Transformer ή δεδομένα προσώπου με ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) παρουσίασαν υψηλότερες επιδόσεις σε σύγκριση με τα μοντέλα που βασίζονται αποκλειστικά σε στατικές εικόνες (Nakib et al., 2024; Turjya et al., 2025; Pradhan et al., 2026).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης οι μελέτες που ενσωματώνουν τεχνικές Explainable Artificial Intelligence (XAI). Παρότι τα περισσότερα μοντέλα βαθιάς μάθησης επιτυγχάνουν υψηλή διαγνωστική ακρίβεια, η διαδικασία λήψης αποφάσεων παραμένει συχνά δυσνόητη για τους επαγγελματίες υγείας. Η εφαρμογή τεχνικών όπως οι Grad-CAM, SHAP και LIME επιτρέπει την οπτική αναπαράσταση των χαρακτηριστικών του προσώπου που επηρέασαν την απόφαση του αλγορίθμου, ενισχύοντας την αξιοπιστία και την αποδοχή των συστημάτων στην κλινική πράξη (Polavarapu et al., 2026; Tung et al., 2026; Turjya et al., 2025).

Παρά τις ιδιαίτερα υψηλές επιδόσεις που αναφέρονται σε πολλές δημοσιεύσεις, η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η διαγνωστική ακρίβεια των αλγορίθμων επηρεάζεται σημαντικά από τη σύνθεση των συνόλων δεδομένων. Πολλές μελέτες χρησιμοποίησαν

σχετικά μικρά ή δημόσια datasets, ενώ αρκετές αξιολόγησαν τα μοντέλα τους στα ίδια δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση. Η πρακτική αυτή ενδέχεται να οδηγεί σε υπερεκτίμηση της πραγματικής απόδοσης των συστημάτων και να περιορίζει τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε διαφορετικούς πληθυσμούς παιδιών. Για τον λόγο αυτό, οι πρόσφατες συστηματικές ανασκοπήσεις υπογραμμίζουν την ανάγκη εξωτερικής επικύρωσης (external validation) και ανάπτυξης μεγαλύτερων πολυκεντρικών βάσεων δεδομένων (Said et al., 2026; Wang & Lu, 2020). Παράλληλα, αρκετές μελέτες υποστηρίζουν ότι η διαγνωστική ακρίβεια αυξάνεται όταν η αυτόματη ανάλυση προσώπου δεν χρησιμοποιείται μεμονωμένα αλλά συνδυάζεται με άλλους ψηφιακούς βιοδείκτες, όπως η ανάλυση του βλέμματος, οι κινήσεις του σώματος, η ανάλυση της ομιλίας και τα νευροφυσιολογικά δεδομένα. Η πολυτροπική αυτή προσέγγιση φαίνεται να αποτυπώνει πληρέστερα τη σύνθετη φύση της ΔΑΦ και να μειώνει τον κίνδυνο λανθασμένων ταξινομήσεων, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις παιδιών με ήπια ή άτυπη συμπτωματολογία (Pradhan et al., 2026; Kiejdo et al., 2025).

Συνολικά, τα αποτελέσματα των συμπεριληφθεισών μελετών δείχνουν ότι οι σύγχρονες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης παρουσιάζουν πολύ υψηλή διαγνωστική απόδοση στην ανίχνευση της ΔΑΦ μέσω της αυτόματης ανάλυσης προσώπου. Παρόλα αυτά, η βιβλιογραφία συγκλίνει ότι τα συστήματα αυτά δεν πρέπει να θεωρούνται αυτόνομα διαγνωστικά εργαλεία, αλλά μέσα υποστήριξης της κλινικής αξιολόγησης. Η αξιοπιστία τους αναμένεται να ενισχυθεί περαιτέρω μέσω της ανάπτυξης μεγαλύτερων βάσεων δεδομένων, της χρήσης πολυτροπικών προσεγγίσεων και της ενσωμάτωσης ερμηνεύσιμων μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης, τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγαλύτερη ασφάλεια και διαφάνεια στην καθημερινή κλινική πράξη.

3.4 Απάντηση στο Ερευνητικό Ερώτημα 3

Πώς μπορούν τα δεδομένα και οι μετρήσεις που προκύπτουν από την αυτόματη ανάλυση προσώπου να ενσωματωθούν στην κλινική στοχοθεσία της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης;

Η λογοθεραπευτική αξιολόγηση των παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) βασίζεται στη διερεύνηση ενός ευρέος φάσματος δεξιοτήτων, όπως η κοινωνική επικοινωνία, η λεκτική και μη λεκτική αλληλεπίδραση, η κατανόηση και έκφραση συναισθημάτων, η βλεμματική επαφή και η πραγματολογική χρήση της γλώσσας. Η εφαρμογή τεχνικών αυτόματης ανάλυσης προσώπου (Automatic Facial Analysis) προσφέρει τη δυνατότητα αντικειμενικής καταγραφής πολλών από τα παραπάνω χαρακτηριστικά, παρέχοντας στους λογοθεραπευτές πρόσθετα δεδομένα που μπορούν να αξιοποιηθούν τόσο κατά την αξιολόγηση όσο και κατά τον σχεδιασμό της θεραπευτικής παρέμβασης (Said et al., 2026; Wang & Lu, 2020).

Η ανάλυση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι η σημαντικότερη συνεισφορά της αυτόματης ανάλυσης προσώπου αφορά την αντικειμενική ποσοτικοποίηση της μη λεκτικής επικοινωνίας. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή κλινική παρατήρηση, η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εμπειρία του αξιολογητή, τα συστήματα υπολογιστικής όρασης μπορούν να μετρούν με ακρίβεια τη συχνότητα της βλεμματικής επαφής, την ένταση των εκφράσεων του προσώπου, τη διάρκεια των συναισθηματικών αντιδράσεων και τον συγχρονισμό των εκφράσεων κατά τη διάρκεια της κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Οι μετρήσεις αυτές λειτουργούν ως αντικειμενικοί δείκτες της κοινωνικής επικοινωνίας και μπορούν να συμπληρώσουν τα ευρήματα της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης (Bangerter et al., 2020; Grossard et al., 2020).

Ένα από τα σημαντικότερα πεδία εφαρμογής αφορά την πρόωπη αξιολόγηση της κοινωνικής επικοινωνίας. Οι περισσότερες μελέτες συμφωνούν ότι τα παιδιά με ΔΑΦ εμφανίζουν μειωμένη βλεμματική επαφή, διαφορετικά πρότυπα προσοχής στο ανθρώπινο πρόσωπο και περιορισμένη αυθόρμητη έκφραση συναισθημάτων. Η αυτόματη καταγραφή αυτών των χαρακτηριστικών παρέχει στον λογοθεραπευτή πολύτιμες πληροφορίες για τον εντοπισμό των βασικών δυσκολιών του παιδιού και για τη διαμόρφωση εξατομικευμένων θεραπευτικών στόχων ήδη από την πρώτη αξιολόγηση (Carpenter et al., 2021; Jiang et al., 2020).

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη Facial Emotion Recognition (FER), καθώς η αναγνώριση και η έκφραση συναισθημάτων αποτελούν βασικούς άξονες της λογοθεραπευτικής παρέμβασης σε παιδιά με ΔΑΦ. Οι αλγόριθμοι αναλύουν τις εκφράσεις του προσώπου και καταγράφουν αντικειμενικά τη συχνότητα, την ένταση και τη διάρκεια των βασικών συναισθημάτων. Σύμφωνα με τις μελέτες των Leo et al. (2018), Grossard et al. (2020) και Manelis-Baram et al. (2025), οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν για την αξιολόγηση της συναισθηματικής κατανόησης, της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και της αποτελεσματικότητας των θεραπευτικών παρεμβάσεων.

Η βιβλιογραφία αναδεικνύει επίσης τη σημασία της παρακολούθησης της θεραπευτικής προόδου. Μέσω της καταγραφής επαναλαμβανόμενων συνεδριών, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να συγκρίνουν αντικειμενικά τις εκφράσεις του προσώπου, τη βλεμματική επαφή και τις κοινωνικές αντιδράσεις του παιδιού σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Με τον τρόπο αυτό, ο λογοθεραπευτής έχει τη δυνατότητα να αξιολογεί εάν οι θεραπευτικοί στόχοι επιτυγχάνονται και να προσαρμόζει έγκαιρα το θεραπευτικό πρόγραμμα στις ανάγκες του παιδιού (Dia et al., 2024; Li et al., 2022).

Ένα ακόμη σημαντικό εύρημα αφορά την ανάπτυξη ψηφιακών εφαρμογών και συστημάτων υποστήριξης της θεραπείας. Αρκετές μελέτες παρουσίασαν εφαρμογές κινητών συσκευών, εκπαιδευτικά παιχνίδια (serious games) και διαδραστικά λογισμικά που χρησιμοποιούν αυτόματη αναγνώριση προσώπου για την εξάσκηση της αναγνώρισης συναισθημάτων και της κοινωνικής επικοινωνίας. Τα συστήματα αυτά παρέχουν άμεση ανατροφοδότηση στο παιδί, επιτρέποντας την επαναλαμβανόμενη εξάσκηση σε ασφαλές και ελεγχόμενο περιβάλλον. Παράλληλα, διευκολύνουν τον λογοθεραπευτή στην παρακολούθηση της συμμετοχής και της προόδου του παιδιού (Ji et al., 2023; Pontoh et al., 2024).

Παράλληλα, η βιβλιογραφία παρουσιάζει εφαρμογές ρομποτικής υποβοηθούμενης θεραπείας (Robot-Assisted Therapy), στις οποίες ανθρωποειδή ρομπότ χρησιμοποιούν τεχνικές αναγνώρισης προσώπου και εκφράσεων για να αλληλεπιδρούν με παιδιά με ΔΑΦ. Οι εφαρμογές αυτές φαίνεται να ενισχύουν τη βλεμματική επαφή, την κοινή προσοχή και τη συμμετοχή του παιδιού στις θεραπευτικές δραστηριότητες, ιδιαίτερα στις μικρότερες ηλικίες. Παρότι τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, οι ερευνητές επισημαίνουν ότι τα ρομποτικά συστήματα δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τον

θεραπευτή, αλλά λειτουργούν ως συμπληρωματικά εργαλεία παρέμβασης (Saleh et al., 2019; Kavikeshawa et al., 2024).

Οι πιο πρόσφατες μελέτες στρέφονται προς πολυτροπικά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, τα οποία συνδυάζουν δεδομένα από την ανάλυση προσώπου με πληροφορίες από την ομιλία, τη στάση του σώματος, το eye-tracking και τα βιοσήματα. Η ολοκληρωμένη αυτή αξιολόγηση επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση του επικοινωνιακού προφίλ κάθε παιδιού και συμβάλλει στη διαμόρφωση εξατομικευμένων θεραπευτικών στόχων, προσαρμοσμένων στις ιδιαίτερες ανάγκες του. Η πολυτροπική προσέγγιση θεωρείται μία από τις σημαντικότερες μελλοντικές κατευθύνσεις της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης (Pradhan et al., 2026; Turjya et al., 2025; Kiejdo et al., 2025).

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι νέες τεχνολογίες, όλες σχεδόν οι μελέτες υπογραμμίζουν ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης δεν μπορούν να αντικαταστήσουν την κλινική κρίση του λογοθεραπευτή. Αντίθετα, ο ρόλος τους είναι να παρέχουν αντικειμενικά και ποσοτικοποιημένα δεδομένα που ενισχύουν τη διαδικασία αξιολόγησης και διευκολύνουν τη λήψη θεραπευτικών αποφάσεων. Η τελική εκτίμηση της επικοινωνιακής λειτουργικότητας του παιδιού πρέπει να βασίζεται στη σύνθεση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένης της άμεσης παρατήρησης, του αναπτυξιακού ιστορικού και της διεπιστημονικής συνεργασίας.

Συνοψίζοντας, τα ευρήματα της παρούσας ανασκόπησης δείχνουν ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο για τη λογοθεραπευτική αξιολόγηση παιδιών με ΔΑΦ. Η αντικειμενική καταγραφή της κοινωνικής επικοινωνίας, των εκφράσεων προσώπου, της βλεμματικής επαφής και της θεραπευτικής προόδου συμβάλλει στη διαμόρφωση περισσότερο εξατομικευμένων θεραπευτικών στόχων και ενισχύει την αποτελεσματικότητα της κλινικής παρέμβασης. Ωστόσο, η τεχνητή νοημοσύνη πρέπει να χρησιμοποιείται ως υποστηρικτικό μέσο και όχι ως υποκατάστατο της επιστημονικής κρίσης του λογοθεραπευτή.

3.5 Απάντηση στο Ερευνητικό Ερώτημα 4

Ποιοι είναι οι περιορισμοί και οι ηθικές προκλήσεις (π.χ. προσωπικά δεδομένα, χρήση καμερών σε ανήλικα παιδιά) που προκύπτουν από την εφαρμογή της αυτόματης ανάλυσης προσώπου στο πλαίσιο της κλινικής πράξης;

Η σημαντική πρόοδος που έχει σημειωθεί στην ανάπτυξη συστημάτων αυτόματης ανάλυσης προσώπου και τεχνητής νοημοσύνης για την υποστήριξη της πρώιμης ανίχνευσης της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) συνοδεύεται από σημαντικούς τεχνικούς, μεθοδολογικούς και ηθικούς προβληματισμούς. Παρότι τα περισσότερα ερευνητικά αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, η βιβλιογραφία συμφωνεί ότι η ευρεία εφαρμογή των συστημάτων αυτών στην καθημερινή κλινική πράξη απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς η χρήση βιομετρικών δεδομένων ανηλίκων δημιουργεί ζητήματα αξιοπιστίας, προστασίας προσωπικών δεδομένων και δεοντολογίας (Said et al., 2026; Wang & Lu, 2020).

Ένας από τους σημαντικότερους περιορισμούς που αναφέρονται στις συμπεριληφθείσες μελέτες αφορά το μέγεθος και την αντιπροσωπευτικότητα των συνόλων δεδομένων (datasets). Πολλά από τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης εκπαιδεύτηκαν σε σχετικά μικρό αριθμό εικόνων ή βίντεο, ενώ αρκετές μελέτες χρησιμοποίησαν τα ίδια δημόσια σύνολα δεδομένων για την ανάπτυξη και την αξιολόγηση των αλγορίθμων. Η πρακτική αυτή διευκολύνει τη σύγκριση διαφορετικών μοντέλων, ωστόσο περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων σε πραγματικούς κλινικούς πληθυσμούς και ενδέχεται να οδηγεί σε υπερεκτίμηση της διαγνωστικής απόδοσης των συστημάτων (Hosney et al., 2024; Nakib et al., 2024; Said et al., 2026).

Ένας δεύτερος σημαντικός περιορισμός σχετίζεται με την ετερογένεια των μελετών. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν διαφορετικές ηλικιακές ομάδες, διαφορετικές διαγνωστικές διαδικασίες, διαφορετικά πρωτόκολλα λήψης εικόνων και διαφορετικά μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης. Επιπλέον, οι συνθήκες συλλογής των δεδομένων ποικίλλουν σημαντικά, καθώς ορισμένες μελέτες πραγματοποιήθηκαν σε ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον, ενώ άλλες βασίστηκαν σε φυσικές κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Η ετερογένεια αυτή δυσχεραίνει την άμεση σύγκριση των

αποτελεσμάτων και περιορίζει την αναπαραγωγικότητα των ερευνητικών ευρημάτων (Wang & Lu, 2020; Said et al., 2026).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το ζήτημα της ερμηνευσιμότητας των αλγορίθμων (Explainability). Τα περισσότερα συστήματα βαθιάς μάθησης λειτουργούν ως «μαύρα κουτιά» (black box), καθώς παρέχουν μια τελική απόφαση χωρίς να είναι σαφές ποια χαρακτηριστικά του προσώπου επηρέασαν περισσότερο την ταξινόμηση. Η έλλειψη διαφάνειας δημιουργεί επιφυλάξεις ως προς την κλινική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για αποφάσεις που αφορούν μικρά παιδιά. Για τον λόγο αυτό, αρκετές πρόσφατες μελέτες προτείνουν την εφαρμογή τεχνικών Explainable Artificial Intelligence (XAI), όπως οι Grad-CAM, SHAP και LIME, οι οποίες επιτρέπουν την οπτική απεικόνιση των περιοχών του προσώπου που συνέβαλαν περισσότερο στην απόφαση του αλγορίθμου (Polavarapu et al., 2026; Turjya et al., 2025; Tung et al., 2026).

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που αναδεικνύονται στη βιβλιογραφία αφορά την προστασία των προσωπικών δεδομένων των παιδιών. Η αυτόματη ανάλυση προσώπου προϋποθέτει τη συλλογή, αποθήκευση και επεξεργασία εικόνων ή βίντεο, τα οποία αποτελούν ευαίσθητα βιομετρικά δεδομένα. Η χρήση τέτοιων πληροφοριών απαιτεί αυστηρή τήρηση των κανόνων προστασίας προσωπικών δεδομένων, ενημερωμένη συγκατάθεση των γονέων ή των νόμιμων κηδεμόνων και ασφαλείς διαδικασίες αποθήκευσης και διαχείρισης των αρχείων. Ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι διαδικασίες αυτές πρέπει να συμμορφώνονται με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (General Data Protection Regulation – GDPR), ο οποίος προβλέπει αυξημένες απαιτήσεις για την επεξεργασία βιομετρικών δεδομένων ανηλίκων (Said et al., 2026; Wang & Lu, 2020).

Εξίσου σημαντική είναι η πιθανότητα εμφάνισης αλγοριθμικής μεροληψίας (algorithmic bias). Η απόδοση ενός μοντέλου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα δεδομένα στα οποία εκπαιδεύτηκε. Εάν τα σύνολα δεδομένων δεν περιλαμβάνουν επαρκή αντιπροσώπευση διαφορετικών φύλων, ηλικιών ή εθνοτικών ομάδων, ο αλγόριθμος μπορεί να παρουσιάσει μειωμένη απόδοση σε συγκεκριμένους πληθυσμούς. Οι περισσότερες ανασκοπήσεις επισημαίνουν ότι η δημιουργία μεγαλύτερων και πολυκεντρικών βάσεων δεδομένων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη μείωση της μεροληψίας και τη βελτίωση της αξιοπιστίας των συστημάτων τεχνητής

νοημοσύνης (Wang & Lu, 2020; Said et al., 2026). Ένα ακόμη ζήτημα αφορά την κλινική αξιοπιστία των αυτοματοποιημένων συστημάτων. Παρά τα ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά ακρίβειας που αναφέρονται σε αρκετές δημοσιεύσεις, οι ίδιοι οι ερευνητές επισημαίνουν ότι οι αλγόριθμοι δεν μπορούν να αξιολογήσουν ολόκληρο το φάσμα των αναπτυξιακών χαρακτηριστικών ενός παιδιού. Η διάγνωση της ΔΑΦ απαιτεί τη συνεκτίμηση του αναπτυξιακού ιστορικού, της γλωσσικής ανάπτυξης, της κοινωνικής συμπεριφοράς, της αισθητηριακής λειτουργίας και της κλινικής εμπειρίας των επαγγελματιών υγείας. Επομένως, η τεχνητή νοημοσύνη πρέπει να λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης και όχι ως υποκατάστατο της διεπιστημονικής αξιολόγησης.

Παράλληλα, η βιβλιογραφία αναδεικνύει την ανάγκη ύπαρξης σαφούς ηθικού και νομοθετικού πλαισίου για τη χρήση των τεχνολογιών αυτών. Οι επαγγελματίες υγείας οφείλουν να ενημερώνουν πλήρως τους γονείς σχετικά με τον τρόπο συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων, τον σκοπό χρήσης των αλγορίθμων και τα όρια αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, είναι απαραίτητη η συνεχής εκπαίδευση των επαγγελματιών στη σωστή ερμηνεία των αποτελεσμάτων που παράγουν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, ώστε να αποφεύγονται λανθασμένες κλινικές αποφάσεις.

Συνολικά, η σύνθεση των συμπεριληφθεισών μελετών καταδεικνύει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου αποτελεί μία ιδιαίτερα υποσχόμενη τεχνολογία για την υποστήριξη της πρώιμης ανίχνευσης της ΔΑΦ, συνοδεύεται όμως από σημαντικές τεχνικές, ηθικές και νομικές προκλήσεις. Η ανάπτυξη μεγαλύτερων και περισσότερο αντιπροσωπευτικών βάσεων δεδομένων, η εφαρμογή ερμηνεύσιμων μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης, η αυστηρή προστασία των προσωπικών δεδομένων και η διατήρηση του κεντρικού ρόλου των επαγγελματιών υγείας αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την ασφαλή και αποτελεσματική ενσωμάτωση των τεχνολογιών αυτών στην κλινική πράξη.

Κεφάλαιο 4: Συζήτηση

4.1 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση είχε ως σκοπό τη διερεύνηση του ρόλου της αυτόματης ανάλυσης προσώπου (Automatic Facial Analysis) στην πρώιμη ανίχνευση και αξιολόγηση παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης, στη διαγνωστική ακρίβεια των προτεινόμενων μοντέλων, στη δυνατότητα ενσωμάτωσής τους στη λογοθεραπευτική αξιολόγηση και στις ηθικές προκλήσεις που συνοδεύουν τη χρήση τους. Η σύνθεση των συμπεριληφθεισών μελετών καταδεικνύει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου αποτελεί έναν ταχέως εξελισσόμενο τομέα της υπολογιστικής όρασης και της τεχνητής νοημοσύνης, με ιδιαίτερα σημαντικές προοπτικές για την υποστήριξη της πρώιμης αναγνώρισης της ΔΑΦ. Παράλληλα, όμως, αναδεικνύει ότι η τεχνολογία αυτή βρίσκεται ακόμη σε στάδιο ωρίμανσης και απαιτεί περαιτέρω επιστημονική τεκμηρίωση πριν από την ευρεία ενσωμάτωσή της στην καθημερινή κλινική πρακτική.

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα αφορούσε τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η αυτόματη ανάλυση προσώπου για την ανίχνευση βιοδεικτών που σχετίζονται με τη ΔΑΦ. Η ανάλυση των μελετών έδειξε ότι η σύγχρονη έρευνα δεν περιορίζεται πλέον στην απλή αναγνώριση μορφολογικών χαρακτηριστικών του προσώπου, αλλά αξιοποιεί ένα ευρύ φάσμα τεχνικών που περιλαμβάνει την ανίχνευση χαρακτηριστικών σημείων του προσώπου (facial landmarks), την αναγνώριση εκφράσεων προσώπου (Facial Expression Recognition), την ανάλυση της κατεύθυνσης του βλέμματος (eye gaze analysis), τη δυναμική ανάλυση βίντεο και την ανάπτυξη πολυτροπικών μοντέλων που συνδυάζουν δεδομένα εικόνας, ομιλίας και βιοσημάτων. Η μετάβαση αυτή αντικατοπτρίζει τη σύγχρονη αντίληψη ότι η ΔΑΦ δεν μπορεί να αποτυπωθεί μέσω ενός μόνο βιοδείκτη, αλλά απαιτεί την αξιολόγηση πολλαπλών πτυχών της κοινωνικής επικοινωνίας και της συμπεριφοράς, όπως επισημαίνουν οι Wang και Lu (2020) και η πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση των Said και συνεργατών (2026).

Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα της ανασκόπησης είναι ότι οι περισσότεροι αλγόριθμοι δεν αναζητούν σταθερές ανατομικές διαφοροποιήσεις στο πρόσωπο, αλλά εστιάζουν κυρίως στη δυναμική της κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Μελέτες όπως των

Bangerter et al., Grossard et al., Carpenter et al. και Jiang et al. έδειξαν ότι οι διαφορές μεταξύ παιδιών με ΔΑΦ και παιδιών τυπικής ανάπτυξης εντοπίζονται κυρίως στη βλεμματική επαφή, στη χρονική εξέλιξη των εκφράσεων του προσώπου, στη συναισθηματική ανταπόκριση και στη μη λεκτική επικοινωνία. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς συμφωνεί με τα διαγνωστικά κριτήρια της ΔΑΦ, τα οποία δίνουν έμφαση στις δυσκολίες κοινωνικής επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης και όχι αποκλειστικά σε μορφολογικά χαρακτηριστικά του προσώπου.

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα αφορούσε τη διαγνωστική ακρίβεια των συστημάτων αυτόματης ανάλυσης προσώπου. Η σύνθεση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η πλειονότητα των πρόσφατων μελετών αναφέρει ιδιαίτερα υψηλές τιμές ακρίβειας, ευαισθησίας και ειδικότητας, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται σύγχρονες αρχιτεκτονικές βαθιάς μάθησης, όπως τα Convolutional Neural Networks (CNNs), τα Vision Transformers (ViTs) και τα υβριδικά μοντέλα. Εργασίες των Hosney et al., Juneja et al., Rezaee et al. και Polavarapu et al. παρουσιάζουν εντυπωσιακές επιδόσεις, γεγονός που αποδεικνύει ότι η τεχνητή νοημοσύνη διαθέτει σημαντικές δυνατότητες στην ανάλυση εικόνων προσώπου.

Ωστόσο, η παρούσα ανασκόπηση ανέδειξε και μια σημαντική αντίφαση. Παρά τα υψηλά ποσοστά διαγνωστικής ακρίβειας που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, αρκετές μελέτες βασίζονται σε μικρά δείγματα ή σε δημόσια σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιούνται επανειλημμένα για την ανάπτυξη διαφορετικών αλγορίθμων. Ως αποτέλεσμα, η πραγματική δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων στον γενικό παιδιατρικό πληθυσμό παραμένει περιορισμένη. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με τις επισημάνσεις των Wang και Lu (2020) και των Said et al. (2026), οι οποίοι τονίζουν ότι απαιτούνται μεγαλύτερες πολυκεντρικές μελέτες και εξωτερική επικύρωση των μοντέλων πριν από την ευρεία εφαρμογή τους στην κλινική πράξη.

Αναφορικά με το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, τα αποτελέσματα της ανασκόπησης καταδεικνύουν ότι τα δεδομένα που παράγονται από την αυτόματη ανάλυση προσώπου μπορούν να αξιοποιηθούν ουσιαστικά στη λογοθεραπευτική αξιολόγηση. Η δυνατότητα αντικειμενικής καταγραφής της βλεμματικής επαφής, των εκφράσεων προσώπου, της αναγνώρισης συναισθημάτων και της κοινωνικής ανταπόκρισης προσφέρει στον λογοθεραπευτή πρόσθετες πληροφορίες που δύσκολα μπορούν να ποσοτικοποιηθούν με τη συμβατική κλινική παρατήρηση. Παράλληλα, η ανάλυση

συνεχόμενων βίντεο επιτρέπει την παρακολούθηση της θεραπευτικής προόδου με περισσότερο αντικειμενικό τρόπο, στοιχείο που μπορεί να συμβάλει στον επανασχεδιασμό των θεραπευτικών στόχων όταν αυτό απαιτείται.

Το εύρημα αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη λογοθεραπευτική πρακτική, καθώς αναδεικνύει μια σταδιακή μετάβαση από αποκλειστικά ποιοτικές αξιολογήσεις προς υβριδικά μοντέλα αξιολόγησης, στα οποία η κλινική εμπειρία του θεραπευτή συνδυάζεται με αντικειμενικές ψηφιακές μετρήσεις. Παρόλα αυτά, καμία από τις συμπεριληφθείσες μελέτες δεν υποστηρίζει ότι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να αντικαταστήσουν τον λογοθεραπευτή ή τη διεπιστημονική ομάδα. Αντίθετα, όλες συγκλίνουν ότι οι τεχνολογίες αυτές λειτουργούν ως εργαλεία υποστήριξης της κλινικής απόφασης (Clinical Decision Support Systems) και όχι ως αυτόνομα διαγνωστικά μέσα.

Το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα ανέδειξε ότι η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης συνοδεύεται από σημαντικές ηθικές και νομικές προκλήσεις. Η χρήση εικόνων και βίντεο ανηλίκων δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις ως προς την προστασία των προσωπικών δεδομένων, την ενημερωμένη συγκατάθεση των γονέων και τη συμμόρφωση με τις ισχύουσες νομοθετικές διατάξεις. Παράλληλα, αρκετές μελέτες επισημαίνουν τον κίνδυνο αλγοριθμικής μεροληψίας (algorithmic bias), ιδιαίτερα όταν τα συστήματα εκπαιδεύονται σε μη αντιπροσωπευτικά δείγματα. Επιπλέον, η περιορισμένη ερμηνευσιμότητα πολλών μοντέλων βαθιάς μάθησης («black box») αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την αποδοχή τους από τους επαγγελματίες υγείας, γεγονός που εξηγεί τη συνεχώς αυξανόμενη ερευνητική ενασχόληση με τεχνικές Explainable Artificial Intelligence (XAI).

Συνολικά, η παρούσα συστηματική ανασκόπηση επιβεβαιώνει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου μπορεί να αποτελέσει μία από τις πλέον ελπιδοφόρες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της πρώιμης ανίχνευσης της ΔΑΦ. Η δυνατότητα αντικειμενικής αξιολόγησης της κοινωνικής επικοινωνίας, της συναισθηματικής έκφρασης και της μη λεκτικής συμπεριφοράς δημιουργεί σημαντικές προοπτικές για την υποστήριξη της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης και της διεπιστημονικής κλινικής πρακτικής. Παράλληλα, όμως, τα αποτελέσματα της ανασκόπησης καταδεικνύουν ότι η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στη δημιουργία μεγαλύτερων και περισσότερο αντιπροσωπευτικών βάσεων δεδομένων,

στην ανάπτυξη ερμηνεύσιμων μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης και στην καθιέρωση διεθνών πρωτοκόλλων αξιολόγησης, ώστε οι τεχνολογίες αυτές να μπορέσουν να ενσωματωθούν με ασφάλεια και αξιοπιστία στις υπηρεσίες υγείας.

4.2 Ενσωμάτωση των Ψηφιακών Δεδομένων στη Λογοθεραπευτική Αξιολόγηση και Στοχοθεσία

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης και των τεχνολογιών υπολογιστικής όρασης έχει δημιουργήσει νέες δυνατότητες για την αξιολόγηση και την παρακολούθηση παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ). Τα ευρήματα της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης υποδεικνύουν ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου μπορεί να προσφέρει στους λογοθεραπευτές ένα σύνολο αντικειμενικών και ποσοτικοποιημένων δεδομένων, τα οποία συμπληρώνουν τις πληροφορίες που προκύπτουν από την κλινική παρατήρηση και τα σταθμισμένα εργαλεία αξιολόγησης. Η αξιοποίηση των δεδομένων αυτών δεν αποσκοπεί στην αντικατάσταση της κλινικής κρίσης, αλλά στην ενίσχυση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας της αξιολόγησης, ιδιαίτερα κατά την πρώιμη παιδική ηλικία (Wang & Lu, 2020; Said et al., 2026).

Η ανασκόπηση έδειξε ότι οι περισσότερες ερευνητικές εφαρμογές επικεντρώνονται στην καταγραφή χαρακτηριστικών της μη λεκτικής επικοινωνίας, όπως η βλεμματική επαφή, οι εκφράσεις του προσώπου, η κοινή προσοχή και η συναισθηματική ανταπόκριση. Οι παράμετροι αυτές αποτελούν βασικούς δείκτες της κοινωνικής επικοινωνίας και αξιολογούνται συστηματικά κατά τη λογοθεραπευτική εκτίμηση παιδιών με ΔΑΦ. Η δυνατότητα αυτόματης καταγραφής και ποσοτικοποίησής τους επιτρέπει στον θεραπευτή να βασίζεται τις αποφάσεις του σε αντικειμενικά δεδομένα και όχι αποκλειστικά στην υποκειμενική παρατήρηση. Μελέτες των Bangerter et al., Grossard et al. και Carpenter et al. έδειξαν ότι οι αλγόριθμοι μπορούν να αναγνωρίσουν διαφοροποιήσεις στη βλεμματική επαφή και στις εκφράσεις προσώπου που συχνά δεν είναι εύκολα ανιχνεύσιμες κατά τη διάρκεια μιας σύντομης κλινικής αξιολόγησης.

Η αξιοποίηση αυτών των πληροφοριών μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη διαμόρφωση εξατομικευμένων θεραπευτικών στόχων. Σύμφωνα με τη σύγχρονη λογοθεραπευτική προσέγγιση, η θεραπεία πρέπει να σχεδιάζεται με βάση τις ιδιαίτερες ανάγκες και τις δυνατότητες κάθε παιδιού. Η αυτόματη ανάλυση προσώπου μπορεί να εντοπίσει συγκεκριμένους τομείς δυσκολίας, όπως μειωμένη βλεμματική επαφή,

περιορισμένη χρήση εκφράσεων προσώπου ή δυσκολίες στην αναγνώριση και έκφραση συναισθημάτων. Οι πληροφορίες αυτές επιτρέπουν στον λογοθεραπευτή να θέσει πιο συγκεκριμένους, μετρήσιμους και λειτουργικούς θεραπευτικούς στόχους, προσαρμοσμένους στο επικοινωνιακό προφίλ κάθε παιδιού.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά η χρήση της αυτόματης ανάλυσης προσώπου στην παρακολούθηση της θεραπευτικής προόδου. Στη συμβατική κλινική πρακτική, η αξιολόγηση της προόδου βασίζεται συχνά στην παρατήρηση του θεραπευτή και στις αναφορές των γονέων. Αντίθετα, τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να καταγράφουν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις κατά τη διάρκεια της θεραπείας, επιτρέποντας τη σύγκριση δεδομένων σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Η δυνατότητα αυτή παρέχει αντικειμενικούς δείκτες σχετικά με τη βελτίωση της βλεμματικής επαφής, της συναισθηματικής έκφρασης και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, διευκολύνοντας την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης (Dia et al., 2024; Li et al., 2022).

Παράλληλα, η βιβλιογραφία αναδεικνύει τη συμβολή των τεχνολογιών αυτών στην ανάπτυξη ψηφιακών θεραπευτικών εργαλείων. Αρκετές μελέτες παρουσίασαν εφαρμογές κινητών τηλεφώνων, διαδραστικά εκπαιδευτικά παιχνίδια (serious games) και συστήματα εικονικής πραγματικότητας, τα οποία χρησιμοποιούν την αναγνώριση εκφράσεων προσώπου για την εκπαίδευση κοινωνικών δεξιοτήτων. Οι εφαρμογές αυτές παρέχουν άμεση ανατροφοδότηση στο παιδί, ενισχύοντας την ενεργό συμμετοχή του στη θεραπευτική διαδικασία και αυξάνοντας τα κίνητρα για εξάσκηση. Επιπλέον, επιτρέπουν στον θεραπευτή να παρακολουθεί εξ αποστάσεως την πορεία της θεραπείας και να προσαρμόζει τις δραστηριότητες σύμφωνα με την πρόοδο του παιδιού (Ji et al., 2023; Pontoh et al., 2024).

Ένα ακόμη σημαντικό εύρημα αφορά την ανάπτυξη ρομποτικών και πολυτροπικών συστημάτων παρέμβασης. Ανθρωποειδή ρομπότ, εξοπλισμένα με συστήματα αναγνώρισης προσώπου και εκφράσεων, χρησιμοποιούνται σε ορισμένες θεραπευτικές προσεγγίσεις για την ενίσχυση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και της κοινής προσοχής. Παράλληλα, πολυτροπικά συστήματα τεχνητής νοημοσύνης συνδυάζουν δεδομένα από το πρόσωπο, την ομιλία, τη στάση του σώματος και το eye-tracking, παρέχοντας μια περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα της λειτουργικότητας του παιδιού. Οι εφαρμογές αυτές θεωρούνται ιδιαίτερα ελπιδοφόρες, καθώς επιτρέπουν την

αξιολόγηση πολλαπλών διαστάσεων της κοινωνικής επικοινωνίας, οι οποίες αποτελούν βασικό αντικείμενο της λογοθεραπευτικής παρέμβασης (Pradhan et al., 2026; Turjya et al., 2025).

Παρόλα αυτά, η ανασκόπηση κατέδειξε ότι η ενσωμάτωση των ψηφιακών δεδομένων στην καθημερινή κλινική πρακτική εξακολουθεί να αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Οι περισσότερες μελέτες πραγματοποιήθηκαν σε ερευνητικά ή εργαστηριακά περιβάλλοντα και όχι σε πραγματικές συνθήκες θεραπείας. Επιπλέον, η χρήση των συστημάτων αυτών προϋποθέτει κατάλληλη τεχνολογική υποδομή, εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας και ανάπτυξη τυποποιημένων πρωτοκόλλων αξιολόγησης. Χωρίς αυτές τις προϋποθέσεις, η αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης ενδέχεται να παραμείνει περιορισμένη σε ερευνητικό επίπεδο.

Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης η ανάγκη ανάπτυξης διεπιστημονικής συνεργασίας. Η αποτελεσματική αξιοποίηση των ψηφιακών δεδομένων προϋποθέτει τη συνεργασία λογοθεραπευτών, παιδοψυχιάτρων, παιδονευρολόγων, ψυχολόγων και ειδικών στην τεχνητή νοημοσύνη. Η συνεργασία αυτή διασφαλίζει ότι τα αποτελέσματα των αλγορίθμων ερμηνεύονται σωστά και ενσωματώνονται στη συνολική κλινική εικόνα του παιδιού, χωρίς να οδηγούν σε λανθασμένες ή υπεραπλουστευμένες διαγνωστικές αποφάσεις.

Συνολικά, η παρούσα πτυχιακή εργασία μέσα από την συστηματική αυτή ανασκόπηση υποδεικνύει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο για τη λογοθεραπευτική αξιολόγηση και τη στοχοθεσία, παρέχοντας αντικειμενικά δεδομένα που ενισχύουν τη διαδικασία λήψης κλινικών αποφάσεων. Ωστόσο, η αποτελεσματική ενσωμάτωση των τεχνολογιών αυτών στην κλινική πράξη προϋποθέτει επιστημονική τεκμηρίωση, εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας και διατήρηση του κεντρικού ρόλου του λογοθεραπευτή στη συνολική αξιολόγηση και παρέμβαση. Η τεχνητή νοημοσύνη δεν αντικαθιστά την κλινική εμπειρία· λειτουργεί ως ένα σύγχρονο εργαλείο που μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα της αξιολόγησης και να υποστηρίξει την ανάπτυξη περισσότερο εξατομικευμένων και αποτελεσματικών θεραπευτικών παρεμβάσεων.

4.3 Κλινικά Πλεονεκτήματα και Πρακτικοί Περιορισμοί της Μεθόδου

Η ανάλυση των συμπεριληφθεισών μελετών ανέδειξε ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου αποτελεί μία από τις πλέον υποσχόμενες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην πρώιμη ανίχνευση και αξιολόγηση της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ). Η δυνατότητα αντικειμενικής καταγραφής χαρακτηριστικών της κοινωνικής επικοινωνίας, της βλεμματικής επαφής, των εκφράσεων του προσώπου και της συναισθηματικής ανταπόκρισης δημιουργεί νέες προοπτικές για τη βελτίωση της κλινικής αξιολόγησης. Παράλληλα, η χρήση προηγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης επιτρέπει την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων σε σύντομο χρονικό διάστημα, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη εργαλείων που μπορούν να υποστηρίξουν τους επαγγελματίες υγείας στη διαδικασία λήψης κλινικών αποφάσεων (Wang & Lu, 2020· Said et al., 2026).

Ένα από τα σημαντικότερα κλινικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η αντικειμενικότητα της αξιολόγησης. Η παραδοσιακή αξιολόγηση των παιδιών με ΔΑΦ βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην κλινική εμπειρία του αξιολογητή, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε διαφοροποιήσεις μεταξύ επαγγελματιών. Αντίθετα, τα συστήματα αυτόματης ανάλυσης προσώπου χρησιμοποιούν προκαθορισμένους αλγορίθμους για την ποσοτικοποίηση χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς, μειώνοντας την επίδραση της υποκειμενικής κρίσης. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αξιοπιστίας της αξιολόγησης και στη μεγαλύτερη ομοιομορφία μεταξύ διαφορετικών κλινικών δομών.

Επιπλέον, η βιβλιογραφία αναδεικνύει τη σημασία της πρώιμης ανίχνευσης. Πολλές από τις μελέτες που ανασκοπήθηκαν έδειξαν ότι οι αλγόριθμοι είναι σε θέση να αναγνωρίσουν λεπτές διαφοροποιήσεις στη μη λεκτική επικοινωνία ήδη από τις πρώτες ηλικίες, πριν ακόμη τα συμπτώματα γίνουν εύκολα αντιληπτά μέσω της συμβατικής κλινικής παρατήρησης. Η έγκαιρη αναγνώριση παιδιών υψηλού κινδύνου μπορεί να οδηγήσει σε ταχύτερη παραπομπή για εξειδικευμένη αξιολόγηση και πρώιμη παρέμβαση, γεγονός που έχει αποδειχθεί ότι σχετίζεται με καλύτερη αναπτυξιακή πρόγνωση.

Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα αφορά τη δυνατότητα συνεχούς παρακολούθησης της θεραπευτικής προόδου. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές αξιολογήσεις, οι οποίες

πραγματοποιούνται σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, τα συστήματα αυτόματης ανάλυσης προσώπου μπορούν να καταγράφουν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις κατά τη διάρκεια της θεραπείας. Η σύγκριση των δεδομένων διαχρονικά επιτρέπει στον λογοθεραπευτή να αξιολογεί αντικειμενικά την εξέλιξη του παιδιού, να εντοπίζει αλλαγές στη βλεμματική επαφή, στις εκφράσεις προσώπου και στην κοινωνική αλληλεπίδραση και να αναπροσαρμόζει τους θεραπευτικούς στόχους όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα, η ανασκόπηση ανέδειξε και μια σειρά από πρακτικούς περιορισμούς, οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν από την ευρεία εφαρμογή της μεθόδου στην καθημερινή κλινική πρακτική. Ένας από τους σημαντικότερους περιορισμούς αφορά το γεγονός ότι μεγάλο μέρος των διαθέσιμων ερευνητικών δεδομένων προέρχεται από μικρά δείγματα ή από δημόσια σύνολα δεδομένων (datasets), τα οποία χρησιμοποιούνται επανειλημμένα για την ανάπτυξη και αξιολόγηση διαφορετικών μοντέλων. Η πρακτική αυτή ενδέχεται να οδηγεί σε υπερεκτίμηση της πραγματικής διαγνωστικής απόδοσης των αλγορίθμων και να περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων σε διαφορετικούς πληθυσμούς παιδιών με ΔΑΦ.

Επιπλέον, η σημαντική ετερογένεια των ερευνητικών πρωτοκόλλων δυσχεραίνει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των μελετών. Οι διαφορές στην ηλικία των συμμετεχόντων, στα διαγνωστικά κριτήρια, στις συνθήκες λήψης εικόνων και βίντεο, καθώς και στις αρχιτεκτονικές των χρησιμοποιούμενων αλγορίθμων, επηρεάζουν τη δυνατότητα εξαγωγής γενικεύσιμων συμπερασμάτων. Ως εκ τούτου, η ανάγκη ανάπτυξης κοινών προτύπων συλλογής και ανάλυσης δεδομένων αναδεικνύεται ως βασική προϋπόθεση για τη μελλοντική αξιοποίηση της τεχνολογίας.

Ένας ακόμη πρακτικός περιορισμός σχετίζεται με την ερμηνευσιμότητα των αλγορίθμων. Αν και τα μοντέλα βαθιάς μάθησης επιτυγχάνουν υψηλή διαγνωστική ακρίβεια, πολλές φορές δεν είναι σαφές ποια χαρακτηριστικά του προσώπου ή της συμπεριφοράς οδήγησαν στην τελική απόφαση του συστήματος. Το πρόβλημα αυτό, γνωστό ως «black box», μπορεί να περιορίσει την εμπιστοσύνη των επαγγελματιών υγείας στα αποτελέσματα των αλγορίθμων. Για τον λόγο αυτό, οι πρόσφατες μελέτες δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη τεχνικών Explainable Artificial Intelligence

(ΧΑΙ), οι οποίες επιτρέπουν την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και ενισχύουν τη διαφάνεια των συστημάτων.

Επιπρόσθετα, η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών στην κλινική πράξη απαιτεί κατάλληλη τεχνολογική υποδομή, εξειδικευμένο εξοπλισμό και εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας. Πολλές δομές πρώιμης παρέμβασης και λογοθεραπείας δεν διαθέτουν ακόμη τα απαραίτητα τεχνικά μέσα ή προσωπικό με επαρκείς γνώσεις στην αξιοποίηση εργαλείων τεχνητής νοημοσύνης. Επομένως, η επιτυχής ενσωμάτωση των συστημάτων αυτών προϋποθέτει επενδύσεις τόσο σε τεχνολογικό εξοπλισμό όσο και στην επιμόρφωση των επαγγελματιών.

Σημαντικό είναι επίσης να τονιστεί ότι, παρά τις υψηλές επιδόσεις των σύγχρονων αλγορίθμων, καμία από τις μελέτες δεν υποστηρίζει την αντικατάσταση της κλινικής αξιολόγησης από αυτοματοποιημένα συστήματα. Η διάγνωση της ΔΑΦ βασίζεται στη συνολική εκτίμηση της αναπτυξιακής πορείας του παιδιού, στη λήψη αναλυτικού ιστορικού, στην άμεση παρατήρηση και στη διεπιστημονική συνεργασία. Ως εκ τούτου, η αυτόματη ανάλυση προσώπου έχει την προοπτική να αποτελέσει σημαντικό συμπληρωματικό εργαλείο που ενισχύει την αντικειμενικότητα της αξιολόγησης, χωρίς να υποκαθιστά την επιστημονική κρίση του λογοθεραπευτή ή των υπόλοιπων επαγγελματιών υγείας.

Συνολικά, τα ευρήματα της παρούσας ανασκόπησης υποδεικνύουν ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου διαθέτει σημαντικές προοπτικές για τη βελτίωση της πρώιμης ανίχνευσης και της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης παιδιών με ΔΑΦ. Παράλληλα, όμως, η ευρεία εφαρμογή της προϋποθέτει την αντιμετώπιση ουσιαστικών τεχνικών και πρακτικών περιορισμών, την ανάπτυξη περισσότερο αντιπροσωπευτικών κλινικών βάσεων δεδομένων, την ενίσχυση της ερμηνευσιμότητας των μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης και τη διατήρηση του κεντρικού ρόλου του επαγγελματία υγείας στη διαδικασία λήψης των τελικών κλινικών αποφάσεων.

4.4 Ηθικά Ζητήματα και Προστασία Προσωπικών Δεδομένων Ανηλίκων

Η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης και της αυτόματης ανάλυσης προσώπου στην πρώιμη ανίχνευση της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) δημιουργεί σημαντικές προοπτικές για τη βελτίωση της κλινικής αξιολόγησης, συνοδεύεται όμως

από σύνθετα ηθικά, νομικά και κοινωνικά ζητήματα. Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση κατέδειξε ότι, παρά τη συνεχή βελτίωση της διαγνωστικής απόδοσης των αλγορίθμων, η ασφαλής ενσωμάτωσή τους στην κλινική πράξη προϋποθέτει την αυστηρή προστασία των προσωπικών δεδομένων των παιδιών, τη διασφάλιση της διαφάνειας των συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης και τη διατήρηση του πρωτεύοντος ρόλου του επαγγελματία υγείας στη διαδικασία λήψης των κλινικών αποφάσεων (Wang & Lu, 2020· Said et al., 2026).

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα αφορά τη συλλογή και επεξεργασία βιομετρικών δεδομένων. Η αυτόματη ανάλυση προσώπου βασίζεται στην καταγραφή εικόνων ή βίντεο υψηλής ανάλυσης, από τα οποία εξάγονται μοναδικά χαρακτηριστικά του προσώπου και της συμπεριφοράς του παιδιού. Τα δεδομένα αυτά θεωρούνται ιδιαίτερα ευαίσθητα, καθώς επιτρέπουν την άμεση ταυτοποίηση του ατόμου και αποκαλύπτουν πληροφορίες σχετικά με τη νευροαναπτυξιακή του κατάσταση. Για τον λόγο αυτό, οι περισσότερες μελέτες υπογραμμίζουν ότι η χρήση των τεχνολογιών αυτών πρέπει να συνοδεύεται από αυστηρές διαδικασίες ασφάλειας, κρυπτογράφησης και ελεγχόμενης πρόσβασης στα δεδομένα.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά η εφαρμογή των αρχών του Γενικού Κανονισμού Προστασίας Δεδομένων (General Data Protection Regulation – GDPR) στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο, τα βιομετρικά δεδομένα αποτελούν ειδική κατηγορία προσωπικών δεδομένων και η επεξεργασία τους επιτρέπεται μόνο υπό αυστηρές προϋποθέσεις. Στην περίπτωση των παιδιών, απαιτείται η ενημερωμένη συγκατάθεση των γονέων ή των νόμιμων κηδεμόνων, καθώς και σαφής ενημέρωση σχετικά με τον σκοπό συλλογής των δεδομένων, τη διάρκεια αποθήκευσής τους, τον τρόπο χρήσης τους και τα δικαιώματα ανάκλησης της συγκατάθεσης. Η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις αυτές δεν αποτελεί μόνο νομική υποχρέωση, αλλά και βασική προϋπόθεση για την οικοδόμηση σχέσης εμπιστοσύνης μεταξύ των οικογενειών και των επαγγελματιών υγείας.

Παράλληλα, η ανασκόπηση ανέδειξε ως ιδιαίτερα σημαντικό το ζήτημα της διαφάνειας και της ερμηνευσιμότητας των αλγορίθμων. Τα περισσότερα μοντέλα βαθιάς μάθησης λειτουργούν ως «μαύρα κουτιά» (black box), καθώς παρέχουν ένα αποτέλεσμα χωρίς να εξηγούν με σαφή τρόπο ποια χαρακτηριστικά του προσώπου ή της συμπεριφοράς οδήγησαν στη συγκεκριμένη ταξινόμηση. Η περιορισμένη δυνατότητα ερμηνείας των

αποφάσεων αυτών μπορεί να μειώσει την εμπιστοσύνη των επαγγελματιών υγείας και να δυσχεράνει την αποδοχή των τεχνολογιών στην κλινική πράξη. Για τον λόγο αυτό, αρκετές από τις πρόσφατες μελέτες της βιβλιογραφίας προτείνουν την αξιοποίηση τεχνικών Explainable Artificial Intelligence (XAI), όπως οι Grad-CAM, SHAP και LIME, οι οποίες επιτρέπουν την οπτικοποίηση των χαρακτηριστικών που συνέβαλαν στη λήψη της απόφασης και ενισχύουν τη διαφάνεια των συστημάτων.

Ένα ακόμη σημαντικό ηθικό ζήτημα αφορά την πιθανότητα εμφάνισης αλγοριθμικής μεροληψίας (algorithmic bias). Η αξιοπιστία ενός μοντέλου τεχνητής νοημοσύνης εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα και την αντιπροσωπευτικότητα των δεδομένων εκπαίδευσης. Όταν τα σύνολα δεδομένων περιλαμβάνουν περιορισμένο αριθμό συμμετεχόντων ή δεν εκπροσωπούν επαρκώς διαφορετικά φύλα, ηλικιακές ομάδες ή εθνοτικές και πολιτισμικές ομάδες, υπάρχει ο κίνδυνος ο αλγόριθμος να παρουσιάζει διαφορετική απόδοση μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών. Η πιθανότητα αυτή μπορεί να οδηγήσει είτε σε ψευδώς θετικά είτε σε ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα, επηρεάζοντας την αξιοπιστία της πρώιμης ανίχνευσης και δημιουργώντας ανισότητες στην πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη μεγαλύτερων, πολυκεντρικών και δημογραφικά αντιπροσωπευτικών βάσεων δεδομένων αποτελεί βασική προτεραιότητα για τη μελλοντική έρευνα.

Η ανασκόπηση κατέδειξε επίσης ότι η χρήση της αυτόματης ανάλυσης προσώπου ενδέχεται να δημιουργήσει τον κίνδυνο υπερεξάρτησης από τις αυτοματοποιημένες αποφάσεις. Παρά τη σημαντική πρόοδο των αλγορίθμων, η διάγνωση της ΔΑΦ παραμένει μια σύνθετη κλινική διαδικασία που απαιτεί την αξιολόγηση πολλών διαφορετικών παραμέτρων, όπως το αναπτυξιακό ιστορικό, οι γλωσσικές και επικοινωνιακές δεξιότητες, η κοινωνική συμπεριφορά και η λειτουργικότητα του παιδιού στο φυσικό του περιβάλλον. Συνεπώς, τα αποτελέσματα των αλγορίθμων δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτόνομα διαγνωστικά κριτήρια, αλλά πρέπει να εντάσσονται σε μια ολοκληρωμένη διεπιστημονική αξιολόγηση. Η τελική κλινική απόφαση οφείλει να παραμένει ευθύνη των επαγγελματιών υγείας, οι οποίοι διαθέτουν την απαραίτητη επιστημονική γνώση για την ερμηνεία των ευρημάτων.

Εξίσου σημαντική είναι η ανάγκη διατήρησης της σχέσης εμπιστοσύνης μεταξύ θεραπευτή, παιδιού και οικογένειας. Η εισαγωγή προηγμένων τεχνολογικών συστημάτων δεν πρέπει να μειώνει τον ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα της

λογοθεραπευτικής παρέμβασης. Αντίθετα, η τεχνητή νοημοσύνη θα πρέπει να λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης του θεραπευτή, διευκολύνοντας τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, χωρίς να αντικαθιστά την προσωπική επαφή, την κλινική παρατήρηση και τη θεραπευτική σχέση, στοιχεία τα οποία αποτελούν βασικούς πυλώνες της αποτελεσματικής παρέμβασης στα παιδιά με ΔΑΦ.

Τέλος, τα ευρήματα της ανασκόπησης υποδεικνύουν ότι η ασφαλής αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης προϋποθέτει την ανάπτυξη σαφών κατευθυντήριων οδηγιών και δεοντολογικών πλαισίων για την κλινική εφαρμογή των συστημάτων αυτόματης ανάλυσης προσώπου. Η εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας στη σωστή χρήση και ερμηνεία των ψηφιακών εργαλείων, η τακτική αξιολόγηση της αξιοπιστίας των αλγορίθμων και η συνεχής αναθεώρηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την υπεύθυνη ενσωμάτωση των τεχνολογιών αυτών στις υπηρεσίες πρώιμης παρέμβασης.

Συνοψίζοντας, η παρούσα συστηματική ανασκόπηση αναδεικνύει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου διαθέτει σημαντικές δυνατότητες για τη βελτίωση της πρώιμης ανίχνευσης και της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης παιδιών με ΔΑΦ, υπό την προϋπόθεση ότι η ανάπτυξη και εφαρμογή της θα διέπεται από αυστηρές αρχές δεοντολογίας, προστασίας προσωπικών δεδομένων και επιστημονικής διαφάνειας. Η τεχνητή νοημοσύνη δεν μπορεί να αντικαταστήσει την κλινική εμπειρία και την ανθρώπινη κρίση· μπορεί, όμως, να αποτελέσει ένα πολύτιμο υποστηρικτικό εργαλείο, εφόσον χρησιμοποιείται με υπευθυνότητα, επιστημονική τεκμηρίωση και σεβασμό στα δικαιώματα των παιδιών και των οικογενειών τους.

4.5 Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση ανέδειξε ότι η εφαρμογή της αυτόματης ανάλυσης προσώπου (Automatic Facial Analysis) και της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI) στην πρώιμη ανίχνευση και αξιολόγηση της Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) αποτελεί έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς της σύγχρονης επιστημονικής έρευνας. Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια, η ανάλυση της διαθέσιμης βιβλιογραφίας κατέδειξε ότι εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά ερευνητικά κενά, τα οποία θα πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικών μελετών, ώστε οι τεχνολογίες αυτές να

μπορέσουν να ενσωματωθούν με ασφάλεια, αξιοπιστία και επιστημονική τεκμηρίωση στην καθημερινή κλινική πρακτική.

Μία από τις σημαντικότερες κατευθύνσεις της μελλοντικής έρευνας αφορά την ανάπτυξη μεγαλύτερων, πολυκεντρικών και περισσότερο αντιπροσωπευτικών βάσεων δεδομένων (datasets). Η πλειονότητα των μελετών που συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα ανασκόπηση βασίστηκε σε σχετικά μικρά δείγματα ή σε δημόσια σύνολα δεδομένων, τα οποία χρησιμοποιούνται επανειλημμένα από διαφορετικές ερευνητικές ομάδες. Η δημιουργία διεθνών συνεργασιών και κοινών βάσεων δεδομένων με συμμετοχή παιδιών διαφορετικών ηλικιών, φύλων, πολιτισμικών και εθνοτικών ομάδων θα επιτρέψει την εκπαίδευση περισσότερο αξιόπιστων αλγορίθμων και θα ενισχύσει τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων σε πραγματικούς κλινικούς πληθυσμούς.

Εξίσου σημαντική θεωρείται η ανάπτυξη διαχρονικών (longitudinal) ερευνητικών μελετών. Η πλειονότητα των διαθέσιμων ερευνών είναι διατομεακές (cross-sectional), αξιολογώντας τα παιδιά σε μία μόνο χρονική στιγμή. Αντίθετα, οι διαχρονικές μελέτες θα επιτρέψουν τη διερεύνηση της εξέλιξης των χαρακτηριστικών του προσώπου, της κοινωνικής επικοινωνίας και της συναισθηματικής έκφρασης κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, καθώς και την αξιολόγηση της επίδρασης της θεραπευτικής παρέμβασης στους ψηφιακούς βιοδείκτες που καταγράφουν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης. Παράλληλα, θα συμβάλουν στην καλύτερη κατανόηση της φυσικής πορείας της ΔΑΦ και στη διερεύνηση της προγνωστικής αξίας των τεχνολογιών αυτόματης ανάλυσης προσώπου.

Η ανασκόπηση ανέδειξε επίσης την ανάγκη ανάπτυξης πολυτροπικών (multimodal) συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης, τα οποία δεν θα βασίζονται αποκλειστικά στην ανάλυση εικόνων προσώπου, αλλά θα συνδυάζουν πληροφορίες από διαφορετικές πηγές δεδομένων. Η ενσωμάτωση στοιχείων από την ομιλία, τη γλώσσα, το eye-tracking, τις κινήσεις του σώματος, τα φυσιολογικά σήματα και τις πληροφορίες του αναπτυξιακού ιστορικού μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερο ολοκληρωμένα και αξιόπιστα συστήματα υποστήριξης της κλινικής αξιολόγησης. Δεδομένου ότι η ΔΑΦ αποτελεί μια σύνθετη νευροαναπτυξιακή διαταραχή με πολυπαραγοντικά χαρακτηριστικά, η αξιολόγηση πολλαπλών ψηφιακών βιοδεικτών αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά τόσο τη διαγνωστική ακρίβεια όσο και τη δυνατότητα εξατομίκευσης της θεραπευτικής παρέμβασης.

Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί και στην περαιτέρω ανάπτυξη ερμηνεύσιμων μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης (Explainable Artificial Intelligence – XAI). Παρότι οι σύγχρονες αρχιτεκτονικές βαθιάς μάθησης επιτυγχάνουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά διαγνωστικής ακρίβειας, η περιορισμένη δυνατότητα κατανόησης του τρόπου με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις εξακολουθεί να αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την κλινική αποδοχή των συστημάτων αυτών. Μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να εστιάσουν στην ανάπτυξη αλγορίθμων που, εκτός από την υψηλή απόδοση, θα παρέχουν σαφείς και εύκολα ερμηνεύσιμες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά που οδήγησαν στη διαγνωστική απόφαση. Η διαφάνεια αυτή είναι απαραίτητη για την ενίσχυση της εμπιστοσύνης των επαγγελματιών υγείας και την ασφαλή αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης στην κλινική πράξη.

Παράλληλα, ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η πραγματοποίηση πολυκεντρικών κλινικών μελετών εξωτερικής επικύρωσης (external validation). Πολλοί από τους αλγορίθμους που παρουσιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν αξιολογηθεί αποκλειστικά στα δεδομένα στα οποία εκπαιδεύτηκαν, γεγονός που ενδέχεται να υπερεκτιμά την πραγματική τους απόδοση. Η αξιολόγηση των μοντέλων σε ανεξάρτητους πληθυσμούς και σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας θα επιτρέψει την ακριβέστερη εκτίμηση της αξιοπιστίας τους και θα συμβάλει στην ανάπτυξη διεθνών προτύπων ποιότητας για τις εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στην πρόωμη ανίχνευση της ΔΑΦ.

Από λογοθεραπευτική σκοπιά, ιδιαίτερα σημαντική προτεραιότητα αποτελεί η ανάπτυξη ερευνών που θα διερευνήσουν την επίδραση της αυτόματης ανάλυσης προσώπου στην αποτελεσματικότητα της θεραπευτικής παρέμβασης. Μέχρι σήμερα, η πλειονότητα των μελετών εστιάζει κυρίως στη διαγνωστική αξιοποίηση της τεχνολογίας. Αντίθετα, περιορισμένος αριθμός ερευνών εξετάζει κατά πόσο η χρήση αντικειμενικών ψηφιακών δεδομένων μπορεί να βελτιώσει τον σχεδιασμό θεραπευτικών στόχων, την εξατομίκευση των παρεμβάσεων και την παρακολούθηση της θεραπευτικής προόδου. Η διερεύνηση αυτών των παραμέτρων αποτελεί σημαντική ερευνητική πρόκληση για τα επόμενα χρόνια και μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην αναβάθμιση της λογοθεραπευτικής πρακτικής.

Επιπλέον, η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στη δημιουργία τυποποιημένων πρωτοκόλλων κλινικής εφαρμογής των τεχνολογιών αυτόματης ανάλυσης προσώπου. Η ανάπτυξη κοινών οδηγιών σχετικά με τη

διαδικασία συλλογής δεδομένων, την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, την προστασία των προσωπικών δεδομένων και την ερμηνεία των ψηφιακών βιοδεικτών θα διευκολύνει την ασφαλή ενσωμάτωση των συστημάτων αυτών στις υπηρεσίες πρώιμης παρέμβασης και θα ενισχύσει τη συγκρισιμότητα των μελλοντικών ερευνητικών αποτελεσμάτων.

Τέλος, ιδιαίτερη σημασία έχει η περαιτέρω διερεύνηση των ηθικών, νομικών και κοινωνικών διαστάσεων της εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης στην παιδιατρική και στη λογοθεραπεία. Η συνεχής πρόοδος των τεχνολογιών δημιουργεί νέες προκλήσεις που σχετίζονται με την προστασία των προσωπικών δεδομένων, την αλγοριθμική μεροληψία, τη διαφάνεια των συστημάτων και τη διασφάλιση της ανθρώπινης εποπτείας κατά τη λήψη των κλινικών αποφάσεων. Η ανάπτυξη σαφών δεοντολογικών πλαισίων και η συνεργασία μεταξύ επιστημόνων υγείας, μηχανικών, νομικών και φορέων χάραξης πολιτικής θα αποτελέσουν βασικές προϋποθέσεις για την υπεύθυνη αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης στο μέλλον.

Συμπερασματικά, η παρούσα συστηματική ανασκόπηση επιβεβαιώνει ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου διαθέτει σημαντικές προοπτικές για την υποστήριξη της πρώιμης ανίχνευσης και της λογοθεραπευτικής αξιολόγησης παιδιών με ΔΑΦ. Η περαιτέρω ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης, η δημιουργία περισσότερο αντιπροσωπευτικών ερευνητικών δεδομένων, η ενίσχυση της ερμηνευσιμότητας των αλγορίθμων και η διατήρηση μιας ανθρωποκεντρικής προσέγγισης στην κλινική πράξη αναμένεται να διαμορφώσουν το επόμενο στάδιο εξέλιξης των τεχνολογιών αυτών. Η τεχνητή νοημοσύνη δεν αποτελεί τον τελικό στόχο της αξιολόγησης, αλλά ένα μέσο που μπορεί να υποστηρίξει τον λογοθεραπευτή και τη διεπιστημονική ομάδα στην παροχή περισσότερο έγκαιρων, αξιόπιστων και εξατομικευμένων υπηρεσιών προς τα παιδιά με ΔΑΦ και τις οικογένειές τους.

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ανέδειξε ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου, σε συνδυασμό με σύγχρονες εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, αποτελεί μία ιδιαίτερα υποσχόμενη τεχνολογία για την υποστήριξη της πρώιμης ανίχνευσης και αξιολόγησης

παιδιών με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος. Η σύνθεση των διαθέσιμων ερευνητικών δεδομένων έδειξε ότι οι τεχνικές υπολογιστικής όρασης, μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης μπορούν να συμβάλουν στην καταγραφή χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τη μη λεκτική επικοινωνία, τη βλεμματική επαφή, τις εκφράσεις προσώπου, τη συναισθηματική ανταπόκριση και την κοινωνική αλληλεπίδραση.

Τα ευρήματα δείχνουν ότι η αυτόματη ανάλυση προσώπου παρουσιάζει ενθαρρυντική διαγνωστική ακρίβεια και μπορεί να προσφέρει αντικειμενικά και ποσοτικά δεδομένα, τα οποία ενισχύουν τη διαδικασία της αξιολόγησης. Ωστόσο, με βάση τα σημερινά δεδομένα, οι τεχνολογίες αυτές δεν μπορούν να λειτουργήσουν ως αυτόνομα διαγνωστικά εργαλεία. Αντίθετα, η αξία τους εντοπίζεται κυρίως στη συμπληρωματική τους χρήση, ως εργαλεία υποστήριξης της κλινικής απόφασης, σε συνδυασμό με την κλινική παρατήρηση, τα σταθμισμένα διαγνωστικά εργαλεία και τη διεπιστημονική αξιολόγηση.

Από λογοθεραπευτική σκοπιά, η αξιοποίηση τέτοιων τεχνολογιών μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην καλύτερη κατανόηση της κοινωνικής επικοινωνίας των παιδιών με ΔΑΦ. Η αντικειμενική καταγραφή της βλεμματικής επαφής, των εκφράσεων του προσώπου και της συναισθηματικής ανταπόκρισης μπορεί να βοηθήσει τον λογοθεραπευτή στον σχεδιασμό περισσότερο εξατομικευμένων θεραπευτικών στόχων, καθώς και στην παρακολούθηση της θεραπευτικής προόδου. Παράλληλα, εφαρμογές όπως ψηφιακά παιχνίδια, κινητές εφαρμογές, συστήματα εικονικής πραγματικότητας και ρομποτικής υποβοήθησης μπορούν να λειτουργήσουν ενισχυτικά στη θεραπευτική διαδικασία, χωρίς όμως να αντικαθιστούν τη θεραπευτική σχέση.

Παρά τις σημαντικές δυνατότητες, η παρούσα ανασκόπηση ανέδειξε και ουσιαστικούς περιορισμούς. Οι διαθέσιμες μελέτες παρουσιάζουν ετερογένεια ως προς τα δείγματα, τις μεθόδους, τα σύνολα δεδομένων και τους αλγορίθμους που χρησιμοποιούνται. Επιπλέον, πολλά μοντέλα έχουν αξιολογηθεί σε μικρά ή μη αντιπροσωπευτικά δείγματα, ενώ συχνά απουσιάζει η εξωτερική επικύρωση σε πραγματικές κλινικές συνθήκες. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται και σε ζητήματα προστασίας προσωπικών δεδομένων, αλγοριθμικής μεροληψίας, ερμηνευσιμότητας των μοντέλων και ηθικής χρήσης των δεδομένων παιδιών.

Μελλοντικές έρευνες χρειάζεται να εστιάσουν στη δημιουργία μεγαλύτερων και αντιπροσωπευτικότερων βάσεων δεδομένων, στην ανάπτυξη πολυτροπικών και

ερμηνεύσιμων μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης, καθώς και στην κλινική επικύρωση των τεχνολογιών αυτών. Συμπερασματικά, η τεχνητή νοημοσύνη δεν αντικαθιστά τον λογοθεραπευτή ή τη διεπιστημονική ομάδα. Μπορεί, όμως, να αποτελέσει ένα πολύτιμο υποστηρικτικό εργαλείο, ενισχύοντας την αντικειμενικότητα της αξιολόγησης, την έγκαιρη αναγνώριση των δυσκολιών και την παροχή πιο εξατομικευμένων υπηρεσιών στα παιδιά με ΔΑΦ και στις οικογένειές τους.

Βιβλιογραφία:

- Abdullah, N. M., & Al-Allaf, A. F. (2021). Facial Expression Recognition (FER) of Autism Children using Deep Neural Networks. *2021 4th International Iraqi Conference on Engineering Technology and Their Applications (IICETA)*, 111–116.
<https://doi.org/10.1109/IICETA51758.2021.9717550>
- Ahmed, D., Hassan, M. A., Afshan, M., & Gilani, H. (2025). Autism Detection in Children from Facial Landmarks and MRI images Using a Deep Learning Model. *2025 Horizons of Information Technology and Engineering (HITE)*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/HITE68444.2025.11364008>
- Alaa, M., Hassanin, M., Usry, O., Ashraf, M., Abdelhamed, A., Ahmed, I., Ayman, E., Al-Shetairy, M., Abdelkader, T., & Siphocly, N. (2025). Detecting Autism in Children Through Facial Image Analysis Using Transfer Learning. *2025 Twelfth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS)*, 1–9.
<https://doi.org/10.1109/ICICIS66182.2025.11313206>
- Alamgir, F. M., Zaman, T., Hossain, Md. S., Hassan, Md. M., & Alam, Md. S. (2026). ASDnet: Classification model for individuals with autism spectrum disorder using facial grid-wise expressions features and dual-branch visual transformation. *Biomedical Signal Processing and Control*, 120, 109999.
<https://doi.org/10.1016/j.bspc.2026.109999>
- Alhakbani, N. (2024). Facial Emotion Recognition-based Engagement Detection in Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 15(3), 959–967. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150395>
- Aljbori, M. A., Makhlof, Amel. M., & Fakhfakh, A. (2025). A Facial Emotion Recognition System for Children with Autism, Based on The Integration of 3D-CNN and LSTM.

- Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications*, 16(3), 433–452. <https://doi.org/10.58346/JOWUA.2025.I3.026>
- Alkahtani, H., Aldhyani, T. H. H., & Alzahrani, M. Y. (2023). Deep Learning Algorithms to Identify Autism Spectrum Disorder in Children-Based Facial Landmarks. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/app13084855>
- Aruna, R., Bandhavi, M., Amulya, R., & Santhoshkumar, S. P. (2025). Automated Early Autism Detection through Facial Image Processing. *2025 1st International Conference on Advancement in Futuristic Technologies (ICAFT)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICAFT66710.2025.11452681>
- B, A. Yadav., Ch, Rupa., & K, S. Sri. (2024). Early Detection of Autism Spectrum Disorder in Pediatric Populations using Facial Feature Analysis. *2024 First International Conference on Innovations in Communications, Electrical and Computer Engineering (ICICEC)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICICEC62498.2024.10808445>
- Babu, P. R. K., Di Martino, J. M., Chang, Z., Perochon, S., Carpenter, K. L. H., Compton, S., Espinosa, S., Dawson, G., & Sapiro, G. (2023). Exploring Complexity of Facial Dynamics in Autism Spectrum Disorder. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 14(2), 919–930. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2021.3113876>
- Bangerter, A., Chatterjee, M., Manfredonia, J., Manyakov, N. V., Ness, S., Boice, M. A., Skalkin, A., Goodwin, M. S., Dawson, G., Hendren, R., Leventhal, B., Shic, F., & Pandina, G. (2020). Automated recognition of spontaneous facial expression in individuals with autism spectrum disorder: Parsing response variability. *Molecular Autism*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13229-020-00327-4>
- Banire, B., Al Thani, D., Qaraqe, M., & Mansoor, B. (2021). Face-Based Attention Recognition Model for Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of*

Healthcare Informatics Research, 5(4), 420–445. <https://doi.org/10.1007/s41666-021-00101-y>

Barua, S., & Habib, M. (2025). Attention-Based Deep Neural Network for Screening Autism Spectrum Disorder in Children Analyzing Facial Images. *2025 International Conference on Quantum Photonics, Artificial Intelligence, and Networking (QPAIN)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/QPAIN66474.2025.11172067>

Bhargavi, Y., D. B., & Prince, S. (2023). AI-based Emotion Therapy Bot for Children with Autism Spectrum Disorder (ASD). *2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, 1, 1895–1899. <https://doi.org/10.1109/ICACCS57279.2023.10112868>

Bhise, A., Gawade, S., Pawar, A., Singh, A., & Shiravale, S. (2024). Facial-Based Autism Spectrum Disorder Diagnosis Using Enhanced Deep Learning Models. *2024 IEEE International Conference on Contemporary Computing and Communications (InC4)*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.1109/InC460750.2024.10649230>

Carpenter, K. L. H., Hahemi, J., Campbell, K., Lippmann, S. J., Baker, J. P., Egger, H. L., Espinosa, S., Vermeer, S., Sapiro, G., & Dawson, G. (2021). Digital Behavioral Phenotyping Detects Atypical Pattern of Facial Expression in Toddlers with Autism. *Autism Research*, 14(3), 488–499. <https://doi.org/10.1002/aur.2391>

Chakroborty, P., Chowdhury, P., & Sikder, A. K. (2025). Early Autism Diagnosis Using Facial Images: A Deep Ensemble Model for Feature Fusion. *2025 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ECCE64574.2025.11013008>

D, L. S. (2025). Autision: An AI-Based Hybrid System for Early Autism Risk Prediction. *2025 10th International Conference on Research in Intelligent Computing in Engineering (RICE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/RICE67503.2025.11439961>

- Dapogny, A., Grossard, C., Hun, S., Serret, S., Grynszpan, O., Dubuisson, S., Cohen, D., & Bailly, K. (2019). On Automatically Assessing Children's Facial Expressions Quality: A Study, Database, and Protocol. *Frontiers in Computer Science*, 1. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2019.00005>
- Darmiyati, I., Soesanti, I., & Nugroho, H. A. (2024). Improving Autism Detection Using GridSearchCV for Severity Level Autism in Indonesian Children. *2024 7th International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS)*, 468–473. <https://doi.org/10.1109/ICICoS62600.2024.10636869>
- Dia, M., Khodabandelou, G., Sabri, A. Q. M., & Othmani, A. (2024). Video-based continuous affect recognition of children with Autism Spectrum Disorder using deep learning. *Biomedical Signal Processing and Control*, 89, 105712. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.105712>
- Dilshan, M., Wijayasooriya, A., Chamaleen, N., Perera, K., Tissera, W., & Dissanayaka, K. (2025). A Deep Learning-Based Hybrid Model for ASD Detection Using Visual Features and Questionnaires. *2025 5th International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICECET63943.2025.11472475>
- ElMahalawy, J., ElSwaify, Y. A., Elliboudy, D., Abbas, O. M., Moustafa, N., & Wael, N. (2024). AI-Powered Human-Computer Interaction Assisting Early Identification of Emotional and Facial Symptoms of Autism Spectrum Disorder in Children: “A Deep Learning-Based Enhanced Facial Feature Recognition System”. *2024 International Conference on Machine Intelligence and Smart Innovation (ICMISI)*, 87–93. <https://doi.org/10.1109/ICMISI61517.2024.10580320>
- Grossard, C., Dapogny, A., Cohen, D., Bernheim, S., Juillet, E., Hamel, F., Hun, S., Bourgeois, J., Pellerin, H., Serret, S., Bailly, K., & Chaby, L. (2020). Children with

- autism spectrum disorder produce more ambiguous and less socially meaningful facial expressions: An experimental study using random forest classifiers. *Molecular Autism*, 11(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s13229-020-0312-2>
- Hamawy, L., Imad, E., ElHabouche, A., AlHawat, M., Ali, M. A., & Diab, A. (2025). Facial emotional recognition using artificial intelligence for autistic children. *2025 Eighth International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICABME66883.2025.11211634>
- Hosney, R., Talaat, F. M., El-Gendy, E. M., & Saafan, M. M. (2024). AutYOLO-ATT: An attention-based YOLOv8 algorithm for early autism diagnosis through facial expression recognition. *Neural Computing and Applications*, 36(27), 17199–17219. <https://doi.org/10.1007/s00521-024-09966-7>
- Ibadi, H., & Lakizadeh, A. (2025a). A Computational Method for Early Diagnosis of Autism Spectrum Disorder in Children Using Deep Learning Approach. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 18(3), 312–321. <https://doi.org/10.22266/ijies2025.0430.21>
- Ibadi, H., & Lakizadeh, A. (2025b). ASDvit: Enhancing autism spectrum disorder classification using vision transformer models based on static features of facial images. *Intelligence-Based Medicine*, 11, 100226. <https://doi.org/10.1016/j.ibmed.2025.100226>
- Iwauchi, K., Tanaka, H., Okazaki, K., Matsuda, Y., Uratani, M., Morimoto, T., & Nakamura, S. (2023). Eye-movement analysis on facial expression for identifying children and adults with neurodevelopmental disorders. *Frontiers in Digital Health*, 5, 952433. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2023.952433>
- Jaffar, S. S., & Abdulbaqi, H. A. (2022). Facial Expression Recognition in Static Images for Autism Children using CNN Approaches. *2022 Fifth College of Science International*

- Conference of Recent Trends in Information Technology (CSCTIT)*, 202–207.
<https://doi.org/10.1109/CSCTIT56299.2022.10145689>
- Jafri, R. (2024). A Social Communication Support Application for Autistic Children Using Computer Vision and Large Language Models. Στο K. Miesenberger, P. Peñáz, & M. Kobayashi (Επιμ.), *Computers Helping People with Special Needs* (σελ. 217–223). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62849-8_27
- Ji, H.-Y., Chen, B.-W., Wang, Z.-Y., Ma, H.-W., Lin, R.-H., Sheng, Y.-X., & Liu, H.-H. (2023). A Humanoid Robot to Assess the Affective Imitative Expression Abilities of Children with Autism Spectrum Disorder. *2023 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)*, 352–357.
<https://doi.org/10.1109/ICMLC58545.2023.10327992>
- Jiang, M., Francis, S. M., Tseng, A., Srishyla, D., DuBois, M., Beard, K., Conelea, C., Zhao, Q., & Jacob, S. (2020). Predicting Core Characteristics of ASD Through Facial Emotion Recognition and Eye Tracking in Youth. *2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, 871–875.
<https://doi.org/10.1109/EMBC44109.2020.9176843>
- Johnson, G., Argyriou, V., Barman, S., & Politis, C. (2025). Assistive facial expression recognition for children with autism using re-enactment. *Computers in Human Behavior Reports*, 20, 100800. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100800>
- Juneja, S., Anand, M., Atwal, S., Verma, S., Walia, J., & Saxena, D. (2025). SE-ViT: Channel-Aware Vision Transformer for Early Autism Spectrum Disorder Detection via Static Facial Image Analysis. *2025 International Conference on Emerging Technologies in Electronics and Green Energy (ICETEG)*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/ICETEG66194.2025.11473271>

- Kavikeshawa, H. K. C. D. (2024). AI-Based Early Intervention for Enhancing Facial Emotion Recognition in Children with Autism Spectrum Disorder in Sri Lanka. *2024 9th International Conference on Information Technology Research (ICITR)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICITR64794.2024.10857750>
- Kiejdo, D., Depka Prądzinska, M., & Zawadzka, T. (2025). Late Fusion Model for Emotion Recognition from Facial Expressions and Biosignals in a Dataset of Children with Autism Spectrum Disorder. *Sensors*, 25(24), 7485. <https://doi.org/10.3390/s25247485>
- Kumar, N., Murmu, A., Singh, S., & Singh, S. (2025). Comparative Analysis of Deep Learning Architectures for Neurological Disorder Detection Using Facial Features. *2025 5th International Conference on Advancement in Electronics & Communication Engineering (AECE)*, 324–328. <https://doi.org/10.1109/AECE67531.2025.11386725>
- Lakshmi Praveena, T., & Muthu Lakshmi, N. V. (2020). A Methodology for Detecting ASD from Facial Images Efficiently Using Artificial Neural Networks. Στο S. Jyothi, D. M. Mamatha, S. C. Satapathy, K. S. Raju, & M. N. Favorskaya (Επιμ.), *Advances in Computational and Bio-Engineering* (σελ. 365–373). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46939-9_31
- Leo, M., Carcagnì, P., Distantè, C., Spagnolo, P., Mazzeo, P. L., Rosato, A. C., Petrocchi, S., Pellegrino, C., Levante, A., De Lumè, F., & Lecciso, F. (2018). Computational Assessment of Facial Expression Production in ASD Children. *Sensors*, 18(11), 3993. <https://doi.org/10.3390/s18113993>
- Leo, M., Del Coco, M., Carcagnì, P., Distantè, C., Bernava, M., Pioggia, G., & Palestra, G. (2015). Automatic Emotion Recognition in Robot-Children Interaction for ASD Treatment. *2015 IEEE International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW)*, 537–545. <https://doi.org/10.1109/ICCVW.2015.76>

- Li, J., Chen, Z., Li, G., Ouyang, G., & Li, X. (2022). Automatic classification of ASD children using appearance-based features from videos. *Neurocomputing*, 470, 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.10.074>
- Lin, S.-Y., Lai, Y.-P., Chiang, H.-C., Cheng, Y., & Chien, S.-Y. (2023). Interactive Robot-Aided Diagnosis System for Children with Autism Spectrum Disorder. Στο F. Nah & K. Siau (Επιμ.), *HCI in Business, Government and Organizations* (σελ. 41–52). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36049-7_4
- Madake, J., Venikar, I., Joshi, J., & Bhatlawande, S. (2023). Autism Spectrum Disorder detection in children by calculating the distances between facial landmarks. *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT56998.2023.10306430>
- Madhusoodanan, D., Sagar, N., Vismaya, R., Santhosh, H., & Palaniswamy, S. (2025). Facial Emotion Detection in Autistic Children: A Deep Learning Approach. *2025 International Conference on Electronics, Computing, Communication and Control Technology (ICECCC)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICECCC65144.2025.11063965>
- Manelis-Baram, L., Barami, T., Ilan, M., Meiri, G., Menashe, I., Soskin, E., Sofer, C., & Dinstein, I. (2025). Comparing three algorithms of automated facial expression analysis in autistic children: Different sensitivities but consistent proportions. *Molecular Autism*, 16(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s13229-025-00685-x>
- Mayor Torres, J. M., Clarkson, T., Hauschild, K. M., Luhmann, C. C., Lerner, M. D., & Riccardi, G. (2022). Facial Emotions Are Accurately Encoded in the Neural Signal of Those With Autism Spectrum Disorder: A Deep Learning Approach. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 7(7), 688–695. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2021.03.015>

- Melvin, R., & Priya, E. (2025). Deep Learning-Based Autism Detection from Pediatric Facial Images Using EfficientNet. *2025 International Conference on Emerging Trends in Signal Processing & Computational Intelligence (ICCSPCI)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICCSPCI68199.2025.11451552>
- Nag, A., Haber, N., Voss, C., Tamura, S., Daniels, J., Ma, J., Chiang, B., Ramachandran, S., Schwartz, J., Winograd, T., Feinstein, C., & Wall, D. P. (2020). Toward Continuous Social Phenotyping: Analyzing Gaze Patterns in an Emotion Recognition Task for Children With Autism Through Wearable Smart Glasses. *Journal of Medical Internet Research*, 22(4), e13810. <https://doi.org/10.2196/13810>
- Nakib, Md. F. N., Hasan, A. S., & Paul, M. K. (2024). A fusion framework for early autism identification using transformer-based deep learning approach. *2024 27th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*, 149–154. <https://doi.org/10.1109/ICCIT64611.2024.11022077>
- Newlin, D. R., G, R., S, A., & T, J. (2025). Trio-DL: A novel deep learning framework for enhanced facial emotion recognition in autistic children. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 48(6), 732–746. <https://doi.org/10.1080/02533839.2025.2479120>
- Newlin, D. R., N, L., G, R., & T, J. (2025). Facial emotion-based autism spectrum disorder identification using enhanced swin transformer and gannet optimization. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 0(0), 1–17. <https://doi.org/10.1080/02533839.2025.2587697>
- Patel, K., Ramanuj, A., Sakhiya, S., Kumar, Y., & Rana, A. (2023). Transfer Learning Approach for Detection of Autism Spectrum Disorder using Facial Images. *2023 10th IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and*

<https://doi.org/10.1109/UPCON59197.2023.10434861>

Polavarapu, B. L., Reddy, V. D., Morampudi, M. K., & Abdul, A. (2026). Explainable AI for autism spectrum disorder detection in children using facial images: A multi-scale feature extraction and transfer learning approach. *Evolutionary Intelligence*, 19(2), 53.

<https://doi.org/10.1007/s12065-026-01166-7>

Pontoh, S. H., Sholikah, R. W., Suryotrisongko, H., & Alimboyong, C. R. (2024). Mobile-Based Serious Game for Learning Facial Expression Recognition in Children with Autism Spectrum Disorder Using MobileNet Model. *2024 International Conference on Computer Engineering, Network, and Intelligent Multimedia (CENIM)*, 1–6.

<https://doi.org/10.1109/CENIM64038.2024.10882714>

Pradhan, S., Mukherjee, P., & Chakraborty, B. (2026). CVAE-guided triage and modular classifiers for multimodal ASD detection. *Computers in Biology and Medicine*, 210, 111706. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2026.111706>

Prakash, V. G., Kohli, M., Kohli, S., Prathosh, A. P., Wadhera, T., Das, D., Panigrahi, D., & Kommu, J. V. S. (2023). Computer Vision-Based Assessment of Autistic Children: Analyzing Interactions, Emotions, Human Pose, and Life Skills. *IEEE Access*, 11, 47907–47929. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3269027>

Prasath. T, A., Kumar Shukla, V., Pallikonda Rajasekaran, M., Krishnamoorthy, V., & Smerat, A. (2025). ResNet-based Deep Learning Model for Autism Detection in Children using Facial Image Analysis. *2025 International Conference on Sustainable Communication Networks and Application (ICSCN)*, 1148–1153.

<https://doi.org/10.1109/ICSCN67106.2025.11308327>

Ramírez-Duque, A. A., Frizera-Neto, A., & Bastos, T. F. (2019). Robot-Assisted Autism Spectrum Disorder Diagnostic Based on Artificial Reasoning. *Journal of Intelligent*

- and Robotic Systems: Theory and Applications*, 96(2), 267–281.
<https://doi.org/10.1007/s10846-018-00975-y>
- Rezaee, K., Javanmardi, T. S., & Heydari, A. M. (2025). A deep learning framework for classifying autism spectrum disorder from children's facial images using a multi-scale ViT architecture and edge computing. *Exploration of Medicine*, 6.
<https://doi.org/10.37349/emed.2025.1001376>
- S, G., B, D., & M, S. (2022). Artificial Intelligence and Face Emotion Prediction Based Training for Autism Kids. *2022 1st International Conference on Computational Science and Technology (ICCST)*, 344–349.
<https://doi.org/10.1109/ICCST55948.2022.10040418>
- Said, Y., Saidani, T., Atri, M., Alsheikhy, A. A., & Shawly, T. (2026). Computational intelligence for emotion recognition in autism spectrum disorder: A systematic review of signal-based modeling, simulation, and clinical potential. *Biomedical Signal Processing and Control*, 111, 108367. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2025.108367>
- Saleh, M. A., Marbukhari, N., & Hashim, H. (2019). A deep learning approach in robot-assisted behavioral therapy for autistic children. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(1.6 Special Issue), 437–443.
<https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/6381.62019>
- Shaik, J., Shekhar, R., & Shelke, C. J. (2025). Hybrid Deep Learning Framework for Autism Detection in Children Using Facial Emotion Recognition. *Ingenierie Des Systemes d'Information*, 30(10), 2595–2607. <https://doi.org/10.18280/isi.301007>
- Shailja, Soni, P., & Kumar, R. (2025). Facial Expression and Image-Based Early Detection of Autism Spectrum Disorder Using Deep Learning Techniques. *2025 Seventeenth International Conference on Contemporary Computing (IC3)*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/IC366947.2025.11290207>

- Talaat, F. M. (2023). Real-time facial emotion recognition system among children with autism based on deep learning and IoT. *Neural Computing and Applications*, 35(17), 12717–12728. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-08372-9>
- Thamilselvan, R., Kalpana, T., Natesan, P., Y, S. A., S, S., & Showket, S. (2024). Autism Spectrum Disorder Diagnosis using Deep Learning Techniques. *2024 International Conference on Cognitive Robotics and Intelligent Systems (ICC - ROBINS)*, 402–407. <https://doi.org/10.1109/ICC-ROBINS60238.2024.10533978>
- Trevisan, D. A., Bowering, M., & Birmingham, E. (2016). Alexithymia, but not autism spectrum disorder, may be related to the production of emotional facial expressions. *Molecular Autism*, 7, 46. <https://doi.org/10.1186/s13229-016-0108-6>
- Tung, N. T., Vinh, N. D., Toan, H. M., & Toan, D. N. (2026). Improving efficiency of autism detection based on facial image landmarks. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 15(1), 766–779. <https://doi.org/10.11591/ijai.v15.i1.pp766-779>
- Turjya, S. M., Kotha, J. M., Bhakta, T., Biswas, R., Parvez, M. S. H., & Nandi, S. (2025). Explainable Deep Learning Framework for Child Autism Detection via EEG and Facial Features with Confidence-Based Decision-Level Fusion. *2025 13th International Conference on Intelligent Systems and Embedded Design (ISED)*, 334–339. <https://doi.org/10.1109/ISED67359.2025.11405005>
- Ul Haque, M. I., & Valles, D. (2019). Facial Expression Recognition Using DCNN and Development of an iOS App for Children with ASD to Enhance Communication Abilities. *2019 IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 0476–0482. <https://doi.org/10.1109/UEMCON47517.2019.8993051>
- Umamaheswari, K. M., & Vignesh, M. T. (2023). Face Emotion Detection for Autism Children Using Convolutional Neural Network Algorithms. Στο A. Biswas, V. B.

- Semwal, & D. Singh (Επιμ.), *Artificial Intelligence for Societal Issues* (σελ. 181–196). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12419-8_10
- Vani, H. Y., Nikhil, K. R., & Subhashini, R. (2025). Autism detection using facial images of children. *Proc. - IEEE Int. Symp. Sustain. Energy, Signal Process. Cybersecur., iSSSC*. Proceedings - 2025 IEEE 3rd International Symposium on Sustainable Energy, Signal Processing and Cybersecurity, iSSSC 2025. <https://doi.org/10.1109/iSSSC66652.2025.11387790>
- Vedantham, R., Malladi, R., Bellamkonda, S., & Reddy, E. S. (2025). Disorder Facial Emotion Recognition with Grey Wolf Optimized Gefficient-Net for Autism Spectrum. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 17(1), 1–16. <https://doi.org/10.5815/ijigsp.2025.01.01>
- Venudhar, M., Karthik, K., Karuppasamy, S. G., Arumugam, S. R., Jaganraja, V., & Sivanesan, T. M. (2026). Deep Learning-Based Early Detection of Autism in Children. *2026 8th International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)*, 1016–1022. <https://doi.org/10.1109/ICISS67859.2026.11454038>
- Wan, G., Deng, F., Jiang, Z., Song, S., Hu, D., Chen, L., Wang, H., Li, M., Chen, G., Yan, T., Su, J., & Zhang, J. (2022). FECTS: A Facial Emotion Cognition and Training System for Chinese Children with Autism Spectrum Disorder. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/9213526>
- Wang, Y., Pan, K., Shao, Y., Ma, J., & Li, X. (2025). Applying a Convolutional Vision Transformer for Emotion Recognition in Children with Autism: Fusion of Facial Expressions and Speech Features. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/app15063083>

- Yan, S., Zheng, W., Tang, C., Zong, Y., Qiu, N., & Ke, X. (2020). ARL-IL CNN for Automatic Facial Expression Recognition of Infants under 24 Months of Age. *J. Phys. Conf. Ser.*, 1518(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1518/1/012027>
- Zampella, C. J., Bennetto, L., & Herrington, J. D. (2020). Computer Vision Analysis of Reduced Interpersonal Affect Coordination in Youth With Autism Spectrum Disorder. *Autism Research*, 13(12), 2133–2142. <https://doi.org/10.1002/aur.2334>
- Zhao, W. (2020). Research and design of autism smart diagnosis information system based on Chinese children's facial expression data and deep convolution neural network. *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, 2020-January, 3323–3332. <https://doi.org/10.24251/hicss.2020.406>
- Zhao, W., & Lu, L. (2020). Research and development of autism diagnosis information system based on deep convolution neural network and facial expression data. *Library Hi Tech*, 38(4), 799–817. <https://doi.org/10.1108/LHT-08-2019-0176>