

Bioethica

Vol 7, No 1 (2021)

Bioethica



Lie detection in the brain - Moral, social, legal and religious challenges

Chrysa G Poulou

doi: [10.12681/bioeth.26539](https://doi.org/10.12681/bioeth.26539)

Copyright © 2021, Chrysa G Poulou



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

To cite this article:

Poulou, C. G. (2021). Lie detection in the brain - Moral, social, legal and religious challenges. *Bioethica*, 7(1), 72-85. <https://doi.org/10.12681/bioeth.26539>

Η ανίχνευση του ψεύδους στον εγκέφαλο - Ηθικές, κοινωνικές, νομικές και θρησκευτικές προκλήσεις

Χρύσα Γ. Πούλου^{1,2}

¹ Φιλολόγος - Θρησκευολόγος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ), Αθήνα, Ελλάδα.

² MSc Ιστορία - Διδακτική, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, Ελλάδα.



xrysa79gr@yahoo.gr

Περίληψη

Η ανίχνευση - αναγνώριση του ψεύδους αποτελεί διακαή πόθο του ανθρώπου από αρχαιοτάτων χρόνων. Με τους αιώνες, διαφορετικές μέθοδοι έχουν επινοηθεί για την ανίχνευση της εξαπάτησης. Μερικές είναι χαμηλής τεχνολογίας, όπως η εξειδικευμένη αναγνώριση των εκφράσεων του προσώπου, ενώ άλλες υψηλότερης τεχνολογίας, με μέσα και μηχανήματα, όπως ο επονομαζόμενος πολυγράφος ή «ανιχνευτής ψεύδους», μια συσκευή που σχεδιάστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα για να εντοπίζει φυσιολογικές αλλαγές του ανθρώπινου οργανισμού, κυρίως μέσω καταγραφής της αύξησης της εφίδρωσης, του καρδιακού παλμού και της αρτηριακής πίεσης, με σκοπό την αναγνώριση του ψεύδους και εφαρμογή σε τομείς όπως, η δικαιοσύνη, ο στρατός και οι μυστικές υπηρεσίες.

Πρόσφατες προσπάθειες για την ανίχνευση του ψεύδους επικεντρώθηκαν σε μετρήσεις της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Η προσέγγιση αυτή, σε αντίθεση με τις προηγούμενες μεθόδους που ανίχνευαν τη συναισθηματική διέγερση, ανιχνεύει φυσιολογικές αλλαγές που σχετίζονται με γνωστικές διαδικασίες κατά τη διάρκεια της εξαπάτησης και επομένως, σύμφωνα με τους υπέρμαχους της τεχνικής, θα μπορούσε, κατ' αρχήν, να ανιχνεύσει τη διαδικασία της ίδιας της εξαπάτησης. Την πιο γνωστή μέθοδο για τον εντοπισμό μιας «νευροφυσιολογικής διαφοράς μεταξύ εξαπάτησης και αλήθειας» στον εγκέφαλο αποτελεί η Λειτουργική Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (ΛΑΜΣ) (functional Magnetic Resonance Imaging f-MRI), μια μαγνητική αποτύπωση, ουσιαστικά, του εγκεφάλου που δείχνει ότι, η εξαπάτηση βρίσκεται στον προμετωπιαίο φλοιό, ακριβώς πίσω από το μέτωπο.

Ωστόσο, αυτές οι προσεγγίσεις «χαρτογράφησης» του εγκεφάλου, πόσο ακριβείς και αξιόπιστες είναι για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την ανίχνευση του ψεύδους; Ποιες οι ηθικές, νομικές, θρησκευτικές και επιστημονικές προεκτάσεις του ζητήματος από την «εισβολή» των επονομαζόμενων νευρο-επιστημών για την αναγνώριση του ψεύδους σε προσωπικά δεδομένα, ατομικές ελευθερίες, στο δικαίωμα της σιωπής και μη αυτοενοχοποίησης και στην «ελευθέρα βούληση» του ανθρώπου;

Κρίσιμα ερωτήματα, που εξετάζονται στην παρούσα εργασία, σε μια προσπάθεια προσέγγισης της ανίχνευσης του ψεύδους στον εγκέφαλο και των προκλήσεων - προβληματισμών επί του ζητήματος που δύναται να καθορίσει μελλοντικά τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε την ανθρώπινη κοινωνία.

Λέξεις κλειδιά: Ανάγνωση εγκεφάλου, Λειτουργική Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (ΛΑΜΣ), ανίχνευση ψεύδους, εξαπάτηση, νευρο-ηθική.

Lie detection in the brain - Moral, social, legal and religious challenges

Chrysa G. Poulou^{1,2}

¹ Philologist - Religious Scholar, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece.

² MSc History - Didactics, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece.

Abstract

Lie detection and recognition has been an ardent human desire since ancient times. Over the centuries, various methods have been devised to detect fraud. Some methods are low-tech, like the recognition of specialized facial expressions, while others use devices, such as the polygraph or "lie detector" designed in the early 20th century, which measure changes in human body like sweating, heart rate and blood pressure, in order to detect the lie. These methods have various applications in areas such as justice, the military and the secret services.

Recent attempts to detect falsehood have focused on measuring brain activity. This approach, unlike previous emotional arousal methods, detects physiological changes associated with cognitive processes during deception and therefore, according to the proponents of the technique, could detect the process of deception itself. The most well-known method of detecting a "neurophysiological difference between deception and truth" in the brain is functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI), an MRI brain scan which reveals that deception is located in the prefrontal cortex, just behind the forehead.

However, how accurate and reliable are these "brain mapping" approaches to detect lies? What are the moral, legal, religious and social issues arising from the "invasion" of so-called neuroscience into personal data, individual freedom, and the right of non-self-incrimination and the "free will" of human beings? Critical questions, addressed in this paper, in an attempt to approach lie detection in the brain and the challenges - concerns that may determine the way we perceive human society in the future.

Keywords: Brain reading, functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI), lie detection, deception, neuro-ethics.

1. Εισαγωγή

Από τις πολλές φουτουριστικές προοπτικές που προσφέρει η νευροεπιστήμη, μία από τις πιο αμφιλεγόμενες είναι η «ανάγνωση του εγκεφάλου»: η χρήση λειτουργικής νευρο-απεικόνισης για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τις ψυχικές καταστάσεις ή τις σκέψεις των υποκειμένων (Messer, 2021). Αυτή η τεχνολογία έχει διάφορες πιθανές εφαρμογές όπως το «νευρομάρκετινγκ», όπου τα συναισθήματα και τα κίνητρα των καταναλωτών είναι ζωτικής σημασίας για τον καθορισμό εύρους αποφάσεων προώθησης αγαθών, από την ταυτότητα της μάρκας έως την τιμολόγηση, αλλά και την αναγνώριση του ψεύδους, μέσω χαρακτηρισμού των διαφορών στην ενεργοποίηση του εγκεφάλου κατά το ψέμα και την αλήθεια (Farah, 2012, p.577). Η ραγδαία αυτή εξέλιξη στον τομέα των νευροεπιστημών έχει επιτρέψει την κατανόηση σε μεγάλο βαθμό της εγκεφαλικής δομής και λειτουργίας, φωτίζοντας τα αίτια της ανθρώπινης συμπεριφοράς (Γκότση, 2016).

Ωστόσο, όπως εύλογα αναρωτιέται διττά ο Messer (2021), αυτές οι εφαρμογές παραβιάζουν τα δικαιώματα απορρήτου των θεμάτων και την ψυχική ιδιωτικότητα του ανθρώπου; Στον αντίποδα, εάν ο Θεός γνωρίζει και κρίνει όλες τις μυστικές μας σκέψεις, έχουν οι Χριστιανοί κανένα συμφέρον να υπερασπιστούν το δικαίωμα στην ψυχική ιδιωτικότητα αυτή;

Στην παρούσα εργασία γίνεται απόπειρα καταγραφής του ιστορικού πλαισίου, των εφαρμοστέων μεθόδων, αλλά και ανάλυσης της διακαούς προσπάθειας ανίχνευσης του ψεύδους στον ανθρώπινο εγκέφαλο, επισημαίνοντας τις επιστημονικές και κοινωνικές προκλήσεις, τα διλήμματα, τους κινδύνους και τις μελλοντικές προοπτικές επί του θέματος.

2. Ορισμός των Εννοιών της Εξαπάτησης και του Ψεύδους

Τι ορίζεται ως εξαπάτηση και ψέδος ειδικότερα; Σε ποιες περιπτώσεις αυτό δύναται να είναι ανιχνεύσιμο; Ορισμοί και έννοιες που χρήζουν αποσαφήνισης προτού πραγματοποιηθεί εμβάθυνση στο ουσιώδες ζήτημα «ερμηνείας»

του ανθρώπινου εγκεφάλου για την αναγνώριση του ψεύδους.

Λεξικολογικά, η εξαπάτηση ορίζεται ως το ξεγέλασμα, η κοροϊδία και προέρχεται από το ρήμα εξαπατώ που σημαίνει στήνω απάτη εις βάρος κάποιου, ξεγελάω, παραπλανώ, πιάνω κοροϊδο (Μπαμπινιώτης, 2002, σελ. 623) και ψεύδος καθετί που δεν είναι αληθινό, η εσκεμμένη παραποίηση, ο λόγος που σκοπίμως δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα ή η απόκρυψη της αλήθειας (Μπαμπινιώτης, 2002, σελ. 1984). Από τη σκοπιά της ψυχολογίας, σύμφωνα με τους Granhag & Strömwall (2004), το φαινόμενο της εξαπάτησης αφορά την σκόπιμη προσπάθεια δημιουργίας σε έτερο πρόσωπο πεποίθησης που γνωρίζεις πως δεν είναι αληθής. Οι Granhag και Strömwall διακρίνουν τα φαινόμενα εξαπάτησης σε: α) αποκρύψεις (concealments), που περιλαμβάνουν έννοιες όπως «δεν ξέρω» ή «δεν θυμάμαι», ενώ αυτά δεν ισχύουν και β) ψευδείς δηλώσεις (falsifications) επινοημένες και αντίθετες της αλήθειας ή παραλλαγές αυτής (distortions) που εξυπηρετούν κάποιον σκοπό. Το ψέδος αποτελεί έναν από αυτούς τους τύπους εξαπάτησης (Granhag & Strömwall, 2004).

Κατά τον Ekman (1992), τίθενται δυο κριτήρια για τη διάκριση του ψεύδους από λοιπές μορφές εξαπάτησης: η προειδοποίηση και η πρόθεση. Ο ψεύτης είναι γνώστης της διαφοράς μεταξύ ψέματος και αλήθειας και έχει δυνατότητα επιλογής ενός εξ αυτών. Δεν νοείται, συνεπώς, ψέμα δίχως πρόθεση ή χωρίς προειδοποίηση για τέτοια πρόθεση. Σύμφωνα, λοιπόν, με τα κριτήρια αυτά, δεν περιλαμβάνονται στους δράστες εξαπάτησης οι παθολογικοί ψεύτες που γνωρίζουν ότι ψεύδονται αλλά δεν μπορούν να το ελέγξουν αλλά ούτε και οι φυσικοί ψεύτες που μπορούν να υποδυθούν τον ρόλο και να πιστέψουν αυτό που λένε, επομένως η συμπεριφορά τους είναι απόλυτα φυσική. Συνεπώς, όπως αναφέρει ο Ekman (1996): «*Τρόποι για να ανιχνευτεί το ψέμα υπάρχουν, αλλά μόνο όταν ο ψευδόμενος γνωρίζει ότι ψεύδεται*».

Οι επεξηγήσεις - περί του τι θεωρείται ψέμα και τι όχι - κρίνονται απαραίτητες για την έρευνα ανίχνευσης του ψεύδους, διότι χωρίς πρόθεση και προειδοποίηση, η συμπεριφορά ενός ψευδόμενου ατόμου δεν θα διαφοροποιείται

από αυτή ενός ειλικρινούς ατόμου, συνεπώς δεν θα υφίστανται στοιχεία που να καθιστούν εφικτή την αναγνώριση του ψεύδους από μη λεκτική συμπεριφορά (Ekman, 1992, 1996).

3. Οι Διαχρονικές Προσπάθειες Αναγνώρισης του Ανθρώπινου Ψεύδους

Η προσπάθεια αναγνώρισης του ανθρώπινου ψεύδους δεν αποτελεί σύγχρονο φαινόμενο. Αντιθέτως, χάνεται στα βάθη των αιώνων. Στην αρχαία Κίνα, σύμφωνα με τον Schafer, όπως αναφέρεται στους Farah *et al* (2014), οι ύποπτοι ψεύτες αναγκάζονταν να γεμίσουν το στόμα τους με ξηρό ρύζι και μετά να το φτύσουν. Καθώς η συμπαθητική διέγερση κατέστρελλε τη σιελόρροια, το ρύζι προσκολλιόταν περισσότερο στα στόματα των ψευτών, οι οποίοι ως αποτέλεσμα χρειάζονταν περισσότερο χρόνο για να φτύσουν τους κόκκους.

Μία από τις πρώτες καταγεγραμμένες περιπτώσεις «επιστημονικής ανίχνευσης του ψεύδους» αφορά το «ερευνητικό» έργο του Έλληνα Ιατρού Ερασίστρατου (300-250 π.Χ.), ο οποίος κλήθηκε από τον Σέλευκο Α' το Νικάτωρα να θεραπεύσει τον γιο του Αντίοχο Α' τον Σωτήρα από μια άγνωστη ασθένεια (Kubis, 1943). Στον γιατρό η αιτία ήταν εμφανής και η διάγνωση απλή: η ένοχη γνώση και ο φόβος της ανακάλυψης πως ήταν ερωτευμένος με την μητριά του Στρατονίκη της Συρίας, αποτελούσαν τους «μολυσματικούς» παράγοντες της ασθένειάς του. Αυτό εντοπίστηκε εύκολα μέσω ενός μάλλον κοινού ιατρικού δείκτη, δηλαδή του ρυθμού και των χαρακτηριστικών του καρδιακού παλμού, ο οποίος αυξανόταν κατακόρυφα με την εμφάνιση της μητριάς του. Ως γιατρός, ο Ερασίστρατος είχε μια εξαιρετική ευκαιρία να εμπλέξει τον ασθενή σε μια φαινομενικά αθώα και κοινωνική συνομιλία, ενώ διεξήγαγε μια προφανώς ιατρική εξέταση ρουτίνας (Kubis, 1943).

Το σύγχρονο ενδιαφέρον για την αναγνώριση του ανθρώπινου ψεύδους λαμβάνει χώρα στις αρχές του 20^{ου} αιώνα με την μελέτη της ανθρώπινης συνείδησης και θεμελιωτές τους Γερμανούς Freud, Wundt, Klein, Jung, Vertheimer, όπου διαπιστώθηκε ότι η ψυχική προσπάθεια που καταβάλλει κάποιος όταν δίνει

ψευδείς απαντήσεις, προκαλεί βιολογικές αντιδράσεις, μεταξύ των οποίων η εφίδρωση, η ταχυκαρδία, το κοκκίνισμα του προσώπου, η επιτάχυνση της αναπνοής και οι αμήχανες κινήσεις (Παπανδρέου - Γιαννακάκη, 2012, σελ. 5). Πράγματι, *“Tout mouvement nous découvre”* δηλαδή «κάθε κίνηση μας αποκαλύπτει», έλεγε ο Michel de Montaigne, ενώ ο Freud υποστήριζε: *“If his lips are silent, he chatters with his fingertips; betrayal oozes out of him at every pore”*, ήτοι «Εάν τα χείλη του είναι σιωπηλά, μιλούν οι άκρες των δακτύλων. Η προδοσία εξέρχεται από κάθε πόρο» (Ekman, 1992, σελ. 328).

Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, ο Ιταλός εγκληματολόγος Cesare Lombroso (1835 - 1909) προσδιόρισε πειραματικά ότι η μεταβολή της κυκλοφορίας του αίματος ενός ατόμου, δύναται να αποκαλύψει τις εσωτερικές του συγκινήσεις, παρά την εξωτερική του φαινομενικά απάθεια (Ασημακοπούλου, 2005). Η αποτύπωση των βιολογικών αντιδράσεων είχε ως αποτέλεσμα την κατασκευή ψυχοδιαγνωστικών εργαλείων «αναγνώρισης του ψεύδους» για ανακρίσεις ατόμων, μέσω της καταγραφής «υποσυνείδητων» ψυχικών εκδηλώσεων, όπως αυτές μεταφράζονταν από τις μεταβολές του σφυγμού, της αναπνοής, του ιδρώτα ή της κίνησης των βλεφάρων (Παπανδρέου - Γιαννακάκη, 2012, σελ. 5).

Στις αρχές του εικοστού αιώνα, ο William Marston, φοιτητής ψυχολογίας του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ και δημιουργός των κόμικς *“Wonder Woman”*, διερεύνησε τη συστολική αρτηριακή πίεση και τη σχέση της με την εξαπάτηση (Farah, *et al*, 2014). Αργότερα, στην εφεύρεση του Marston προστέθηκαν και επιπλέον μετρήσεις, όπως του καρδιακού ρυθμού, της αναπνοής και της εφίδρωσης (Farah, *et al*, 2014), παίρνοντας την τελική της μορφή το 1949 από τον Leonard Keeler, ο οποίος έδωσε και το όνομα «πολυγράφος», γνωστός και ως «ανιχνευτής του ψεύδους» (lie detector), λόγω της δυνατότητας πολλαπλής και ταυτόχρονης εγγραφής ποικίλων βιολογικών αντιδράσεων του ανθρώπου (Ασημακοπούλου, 2005).

4. Αναγνώριση του Ψεύδους και Ανθρώπινος Εγκέφαλος

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας ανέδειξε νέες μεθόδους που επικεντρώθηκαν στην αναγνώριση του ψεύδους μέσω αλλαγών στη λειτουργία του εγκεφάλου, δηλαδή αλλαγές στη ροή του αίματος και στα επίπεδα οξυγόνωσης αυτού μεταξύ ειλικρινών και ψευδών αποκρίσεων (Παπανδρέου - Γιαννακάκη, 2012, σελ. 35). Σε αντίθεση με τις περισσότερες μεθόδους του παρελθόντος, οι οποίες ανίχνευαν τη συναισθηματική διέγερση που προέκυπτε από την εξαπάτηση, η προσέγγιση ανίχνευσης του ψεύδους στον εγκέφαλο στηρίζεται στη μέτρηση φυσιολογικών αλλαγών που σχετίζονται με γνωστικές διαδικασίες κατά τη διάρκεια της εξαπάτησης και επομένως θα μπορούσε, κατ' αρχήν, να ανιχνευτεί η διαδικασία της ίδιας της εξαπάτησης (Farah, *et al*, 2014). Με βάση την αρχή ότι η αναστολή της ειλικρινούς απάντησης αποτελεί βασικό συστατικό της σκόπιμης εξαπάτησης, οι ερευνητές υπέθεσαν ότι οι γνωστικές διαφορές μεταξύ ψεύδους και αλήθειας σχετίζονται με διαφορετικές νευρωνικές συνδέσεις (Παπανδρέου - Γιαννακάκη, 2012, σελ. 35).

Οι περισσότερες λειτουργικές απεικονιστικές προσπάθειες για διάκριση του ψεύδους από την αλήθεια χρησιμοποιούν τη Λειτουργική Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (ΛΑΜΣ) (functional Magnetic Resonance Imaging - fMRI) (Farah, *et al*, 2014), αν και μερικές μελέτες χρησιμοποιούν και τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων και άλλες μεθόδους που σχετίζονται με τη λειτουργική φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου για την ανίχνευση των κρυφών γνώσεων (Ganis *et al*, 2011; Heckman & Happel, 2006).

Από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με την τεχνική fMRI, διαπιστώθηκε αυξημένη δραστηριότητα κατά τις ψευδείς απαντήσεις στον πρόσθιο φλοιό του προσαγωγίου (cingulate cortex) καθώς και στις περιοχές του προμετωπιαίου και του βρεγματικού φλοιού του εγκεφάλου (Farah, 2012; Langleben *et al*, 2002). Σε άλλες μελέτες με χρήση fMRI παρατηρήθηκε πως, τα καλά προβαρισμένα ψέματα προκαλούν μεγαλύτερη ενεργοποίηση στο δεξιό άνω μετωπιαίο φλοιό σε σύγκριση με τα αυθόρμητα

ψέματα ενώ, και οι δύο τύποι ψεύδους, προκάλεσαν μεγαλύτερη δράση από την αληθινή δήλωση αμφίπλευρα στον πίσω προμετωπιαίο φλοιό και την παραίπποκάμπειο έλικα, την αριστερή παρεγκεφαλίδα και το δεξί προσφηνοειδές λόβιο (Ganis *et al*, 2003).

Σταδιακά, η εγκεφαλική δραστηριότητα και η τεχνική f-MRI χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για την αναγνώριση του ψεύδους, γεγονός που καθιστά αναγκαία την περαιτέρω εμβάθυνση επί της μεθόδου, ώστε να γίνει αντιληπτή η μεθοδολογία, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά της.

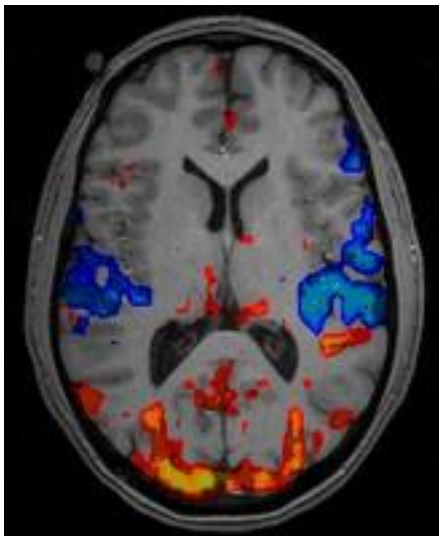
4.1. Η Ανίχνευση του Ψεύδους στον Εγκέφαλο με την Τεχνική f-MRI

Η λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού ή η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (ΛΑΜΣ - fMRI) μετρά τη δραστηριότητα του εγκεφάλου, ανιχνεύοντας αλλαγές που σχετίζονται με τη ροή του αίματος (European Magnetic Resonance Forum, 2017; Huettel *et al*, 2009). Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, η τεχνική fMRI έχει κυριαρχήσει στην έρευνα χαρτογράφησης εγκεφάλου επειδή δεν απαιτεί από τους ανθρώπους να υποβληθούν σε ενέσεις ή σε χειρουργική επέμβαση, να καταπιούν ουσίες ή να εκτεθούν σε ιονίζουσα ακτινοβολία (Huettel *et al*, 2009, p.4). Αυτή η τεχνική βασίζεται στο γεγονός ότι η εγκεφαλική ροή αίματος και η νευρωνική ενεργοποίηση συνδέονται. Όταν χρησιμοποιείται μια περιοχή του εγκεφάλου, αυξάνεται επίσης η ροή του αίματος προς αυτήν την περιοχή (Logothetis *et al*, 2001).

Η κύρια μορφή του fMRI χρησιμοποιεί την αντίθεση σε επίπεδο αίματος - οξυγόνου (Blood Oxygenation Level Dependent - BOLD) (Huettel *et al*, 2009, p.26), που ανακαλύφθηκε από τον Seiji Ogawa το 1990. Πρόκειται για έναν τύπο εξειδικευμένης σάρωσης του εγκεφάλου και σώματος που χρησιμοποιείται για τη χαρτογράφηση νευρικής δραστηριότητας στον εγκέφαλο ή στον νωτιαίο μυελό ανθρώπων ή άλλων έμβιων οργανισμών, απεικονίζοντας την αλλαγή της ροής του αίματος (αιμοδυναμική απόκριση) που σχετίζεται με τη χρήση ενέργειας από τα εγκεφαλικά κύτταρα (Huettel *et al*, 2009, p.26). Η απεικόνιση εξαρτώμενη από το επίπεδο οξυγόνωσης αίματος BOLD είναι επί του

παρόντος η τεχνική fMRI που χρησιμοποιείται πιο συχνά στη γνωστική νευροεπιστήμη (Kwong, *et al.*, 1992). Η τεχνική BOLD σύμφωνα με τον Gjedde, όπως αναφέρεται στους Langleben & Moriarty (2013), βασίζεται στη διαφορά των μαγνητικών ιδιοτήτων του περιεχομένου των αιμοφόρων αγγείων και του περίξ εγκεφαλικού ιστού, καθώς και στη μαγνητική διαφορά μεταξύ οξυγονωμένης και από-οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης. Για την εξαγωγή του υποκείμενου σήματος κατά τη διαδικασία BOLD-fMRI, δεδομένης της ύπαρξης θορύβου από διάφορες πηγές, χρησιμοποιούνται στατιστικές διαδικασίες (Langleben & Moriarty, 2013). Η προκύπτουσα ενεργοποίηση του εγκεφάλου μπορεί να αναπαρασταθεί γραφικά με χρώμα που κωδικοποιεί τη δύναμη ενεργοποίησης σε όλο τον εγκέφαλο ή τη συγκεκριμένη περιοχή που μελετήθηκε.

Εικόνα 1. Σάρωση Εγκεφάλου με Τεχνική fMRI



Πηγή: Devlin, 2018.

Η τεχνική μπορεί να εντοπίσει τη δραστηριότητα του εγκεφάλου σε χιλιοστά εντός χρονικού «παραθύρου» λίγων δευτερολέπτων με τις τυπικές μεθόδους, ωστόσο, είναι αρκετά γρήγορη για να παρατηρήσει αλλαγές στον περιφερειακό όγκο και τη ροή του αίματος που σχετίζονται με τη γνωστική δραστηριότητα (Langleben & Moriarty, 2013).

Το BOLD-fMRI δεν αποτυπώνει την απόλυτη περιφερειακή δραστηριότητα του εγκεφάλου. Αντίθετα, υποδεικνύει σχετικές

αλλαγές στην τοπική δραστηριότητα με την πάροδο του χρόνου (Langleben & Moriarty, 2013). Σύμφωνα με τους Aguirre & D'Esposito, όπως αναφέρεται στους Langleben & Moriarty (2013), για να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη φύση της περιφερειακής δραστηριότητας του εγκεφάλου, η τεχνική BOLD-fMRI βασίζεται στην αρχή της «γνωστικής αφαίρεσης». Αυτή η αρχή προϋποθέτει ότι η διαφορά σήματος fMRI μεταξύ δύο συνθηκών συμπεριφοράς που είναι πανομοιότυπες σε όλες εκτός από μία μόνο μεταβλητή, οφείλεται σε αυτήν τη μεταβλητή. Επομένως, μια κατάλληλη κατάσταση σύγκρισης είναι κρίσιμη για σημαντικά δεδομένα της τεχνικής BOLD fMRI, σύμφωνα με τον Gjedde, όπως αναφέρεται στους Langleben & Moriarty (2013). Μέσω αυτής της στατιστικής σύγκρισης μεταξύ των χαρτών δραστηριότητας fMRI και με το σκεπτικό ότι ισχύει η ίδια αρχή σε ένα πείραμα εξαπάτησης fMRI, μέσω κατάλληλων ερωτήσεων που θα μπορούσαν να επικαλεστούν ένα ψέμα ή μια αλήθεια, επιδιώκεται από τους ερευνητές ο χαρακτηρισμός των διαφορών στην ενεργοποίηση του εγκεφάλου μεταξύ ψεύδους και αλήθειας για την αναγνώριση του ψεύδους (Langleben & Moriarty, 2013).

4.2. Αξιοπιστία της Μεθόδου f-MRI για την Αναγνώριση του Ψεύδους

Τουλάχιστον δύο εταιρείες έχουν συσταθεί με σκοπό τη χρήση τεχνικής fMRI στην ανίχνευση του ψεύδους, μεταξύ αυτών η No Lie MRI και η Cephos Corporation (Sahito & Slany, 2012, p. 57). Μεταξύ των σκοπών για τους οποίους διαφημίζουν τις υπηρεσίες τους είναι η δικαίωση «εάν ο λόγος, η φήμη ή η ελευθερία σας είναι υπό αμφισβήτηση», η μείωση του «κινδύνου στις γνωριμίες» και ως υποκατάστατο του ελέγχου ναρκωτικών, καθώς και ελέγχων ιστορικού ασφαλείας στην απασχόληση (Farah, 2012).

Ωστόσο, υπάρχει ακόμη αρκετή διαμάχη σχετικά με το εάν αυτές οι τεχνικές είναι αρκετά αξιόπιστες για να χρησιμοποιηθούν νόμιμα (Sahito & Slany, 2012, p. 41). Ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι, ενώ υπάρχει μια συνολικά θετική συσχέτιση, υπάρχει μεγάλη διακύμανση μεταξύ των ευρημάτων και σε ορισμένες περιπτώσεις σημαντική δυσκολία στην

αναπαραγωγή των ευρημάτων (Narayan, 2009). Επιπρόσθετα, οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι η ικανότητα της μεθόδου fMRI να ανιχνεύει την εξαπάτηση σε πραγματικό περιβάλλον δεν έχει τεκμηριωθεί επιστημονικά (Langleben & Moriarty, 2013; Narayan, 2009). Σύμφωνα με τους Farah *et al* (2014), οι καταστάσεις στο εργαστήριο διαφέρουν σε σημαντικό βαθμό από τις καταστάσεις στις οποίες η ανίχνευση ψεμάτων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στον πραγματικό κόσμο. Στις εργαστηριακές μελέτες, τα θέματα βρίσκονται επειδή διδάσκονται, για ζητήματα μικρής προσωπικής σημασίας, σε πολύ περιορισμένες και επινοημένες καταστάσεις. Επιπλέον, η εξοικείωση με τις πληροφορίες που αποκρύπτονται και το επίπεδο των συναισθημάτων που σχετίζονται με αυτές είναι συνήθως πολύ χαμηλότερα στις εργαστηριακές μελέτες από ό, τι στην πραγματική ζωή (Farah, *et al*, 2014).

Πέραν των ανωτέρω, ορισμένοι ερευνητές έχουν επικρίνει τις μελέτες fMRI για προβληματικές στατιστικές αναλύσεις, οι οποίες συχνά βασίζονται σε μελέτες μικρού δείγματος και χαμηλής ισχύος (Vul *et al*, 2009). Άλλοι ερευνητές του fMRI υπερασπίστηκαν το έργο τους ως έγκυρο (Lieberman *et al*, 2009). Το 2018, ο Turner και οι συνεργάτες του, ανέφεραν ότι τα μικρά μεγέθη επηρεάζουν την ικανότητα αναπαραγωγής των μελετών fMRI και ισχυρίστηκαν ότι, ακόμη και σε σύνολα δεδομένων με τουλάχιστον 100 συμμετέχοντες, τα αποτελέσματα ενδέχεται να μην αναπαραχθούν καλά (Turner *et al*, 2018), αν και υπάρχουν συζητήσεις γι' αυτό (Nee, 2019; Turner *et al*, 2019).

Το 2015, ανακαλύφθηκε ένα στατιστικό σφάλμα στους υπολογισμούς fMRI, με τους ερευνητές να ισχυρίζονται ότι τα αποτελέσματα ορισμένων μελετών fMRI δεν μπορούν να είναι αξιόπιστα και μπορεί να έχουν μεγάλο αντίκτυπο στην ερμηνεία ασθενώς σημαντικών αποτελεσμάτων νευροαπεικόνισης (Correction for Eklund *et al*, 2016). Πέραν αυτού, αποδείχθηκε αργότερα ότι ο τρόπος με τον οποίο καθορίζονται οι παράμετροι στο λογισμικό, μπορεί να καθορίσουν το αποτέλεσμα της μελέτης (Mueller *et al*, 2017).

Επιπλέον, ακόμη και τα υψηλά ποσοστά ακρίβειας μελετών ανίχνευσης του ψεύδους με fMRI μπορεί να μειωθούν κατακόρυφα όταν τα άτομα χρησιμοποιούν «αντίμετρα», δηλαδή εσκεμμένες ενέργειες κατά την εξέταση για την παραποίηση των αποτελεσμάτων, όπως η ανεπαίσθητη κίνηση των δαχτύλων των ποδιών και των χεριών, σε μια απλή αλλά στρατηγική προσπάθεια απόκρυψης της εξαπάτησης (Farah, *et al*, 2014). Πέραν αυτών, οι γνωστικοί παράγοντες, η προσωπικότητα και παράγοντες του εγκεφάλου που σχετίζονται με ένα ευρύ φάσμα μεμονωμένων διαφορών μεταξύ των υποκειμένων, μπορεί επίσης να επηρεάσουν την εγκυρότητα του fMRI για την ανίχνευση ψεύδους (Farah, *et al*, 2014). Αλλαγές που παρατηρήθηκαν σε άτομα προχωρημένης ηλικίας, σε άτομα με μια σειρά διαφορετικών ψυχιατρικών καταστάσεων (για παράδειγμα, σχιζοφρένεια και διαταραχή μετατραυματικού στρες) ή με διάφορα ατομικά χαρακτηριστικά (για παράδειγμα, υψηλό άγχος), περιορίζουν τη δυνατότητα εφαρμογής των τεστ ανίχνευσης ψεύδους που δεν έχουν επικυρωθεί σε αυτούς τους πληθυσμούς (Farah, *et al*, 2014). Μπορεί επίσης να υπάρχουν σημαντικές ατομικές διαφορές στα νευρικά συστήματα που εμπλέκονται στην ίδια την εξαπάτηση που δεν έχουν ακόμη χαρακτηριστεί (Farah, *et al*, 2014). Ως προς την αξία, λοιπόν, των ψυχοδιαγνωστικών αυτών μέσων μπορούμε να πούμε ότι οι μετρήσεις με τις συγκεκριμένες συσκευές δεν εγγυώνται την απόδειξη ψεύδους, αλλά ούτε την απόδειξη αθωότητας (Ekman, 1992).

5. Προκλήσεις της Αναγνώρισης Ψεύδους στον Εγκέφαλο - Κίνδυνοι και Προοπτικές

Όπως γίνεται αντιληπτό, η πρόοδος στη χρήση της λειτουργικής απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού fMRI για την αξιολόγηση της εξαπάτησης και τη διαφοροποίηση του ψεύδους από την αφήγηση της αλήθειας, έχει δημιουργήσει προσδοκίες για μια σημαντική ανακάλυψη στην αναζήτηση μεθόδων αναγνώρισης του ψεύδους με βάση την τεχνολογία. Ωστόσο, όπως εύλογα αναφέρουν οι Langleben & Moriarty (2013), εγείρονται σοβαρά ζητήματα σχετικά με το παραδεκτό

τέτοιων αποδεικτικών στοιχείων, καθώς υφίστανται ελλείποντα κομμάτια του επιστημονικού πάζλ που πρέπει να συμπληρωθούν μελλοντικά, για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του ποσοστού σφάλματος και των περιορισμών της εν λόγω μεθόδου, προκειμένου αυτή να καταστεί επιστημονικά έγκυρη, να πληροί τα πρότυπα αξιοπιστίας και, παράλληλα, να καταστεί η συγκεκριμένη τεχνολογία ευρύτερης κοινωνικής αποδοχής.

Οι προκλήσεις που ανακύπτουν από την προσπάθεια των νευροεπιστημών για αναγνώριση του ψεύδους στον εγκέφαλο έχουν ηθικές, νομικές, κοινωνικές, αλλά και θρησκευτικές προεκτάσεις, μια προσέγγιση των οποίων πραγματοποιείται κατωτέρω.

5.1. Ηθικές και Κοινωνικές Προκλήσεις

Σύμφωνα με τους Farah *et al* (2014), τα πιο άμεσα ηθικά και κοινωνικά ζητήματα που ανακύπτουν από την ανίχνευση ψεύδους με βάση το fMRI προκύπτουν λόγω της έλλειψης αποδεδειγμένης ακρίβειας και εγκυρότητας της μεθόδου. Λαμβάνοντας υπόψη τα επιστημονικά και τεχνικά προβλήματα που αναφέρθηκαν, οι πιθανότερες ζημιές θα προκύψουν από ψευδείς προσδιορισμούς - ψέματα που αναγνωρίζονται λανθασμένα ως αλήθειες και αληθινές δηλώσεις εσφαλμένα αναγνωρισμένες ως ψεύδη. Σύμφωνα με τον Κωστόπουλο (2015), η άγνοια για το νευρικό μας σύστημα παραμένει τεράστια με την ακρίβεια και την αξιοπιστία να εξακολουθεί να είναι σε υστέρηση, με ότι αυτό συνεπάγεται στην ερμηνεία και στην επιλογή εφαρμογών των νευρο-επιστημονικών ευρημάτων και των αναπτυσσόμενων τεχνικών. Ως εκ τούτου, καθίσταται σχεδόν ανέφικτη η πρόβλεψη των επιπτώσεων μιας επέμβασης στη λειτουργία και δομή του νευρικού συστήματος του ανθρώπου, πόσο μάλλον η γενίκευση από ένα άτομο σε άλλο (Κωστόπουλος, 2015). Μάλιστα, ορισμένοι ερευνητές πρότειναν κατά το παρελθόν ακόμα και απαγόρευση ή μορατόριουμ για την ανίχνευση του ψεύδους με βάση το fMRI εν αναμονή καλύτερων στοιχείων σχετικά με την ακρίβειά του (Greely & Illes, 2007; Tonino, 2007).

Σημαντικά είναι επίσης τα ηθικά ζητήματα που σχετίζονται με ερωτήματα που εύλογα θέτει

ο Κωστόπουλος (2015) όπως, ποιος χρησιμοποιεί τις αντληθείσες πληροφορίες, πως (παθητικά για αποτύπωση συμπεριφοράς ή ενεργητικά για έλεγχο αυτής;), ποιον αφορούν οι εν λόγω πληροφορίες, δηλαδή γενικό πληθυσμό ή άτομα και για ποιό σκοπό, σε συνάρτηση με τον βαθμό της επεμβατικότητας και την ικανότητα κατανόησης και συναίνεσης του ελεγχόμενου. Ωστόσο, δεν εξαρτώνται όλα τα ηθικά ζητήματα σχετικά με την ανίχνευση ψεύδους στον εγκέφαλο μόνο από την ακρίβεια της μεθόδου fMRI. Σύμφωνα με τους Farah, *et al* (2014), ακόμα και ένας τεχνικά τέλειος ανιχνευτής ψεύδους θα εγείρει ηθικά ζητήματα που θα υπόκεινται σε κοινωνική συζήτηση και ρύθμιση. Πράγματι, σε περίπτωση επιτυχούς εντοπισμού ψεύδους με βάση το fMRI θα ασκηθεί κοινωνική πίεση, καθώς εγείρονται ζητήματα απορρήτου που απαιτούν κοινωνικό έλεγχο, όπως αντίστοιχα τίθενται όρια σε άλλες πρακτικές που παραβιάζουν το απόρρητο, από τη συλλογή DNA έως τις τηλεφωνικές υποκλοπές (Farah, *et al*, 2014). Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι, η ανακάλυψη ενδεχόμενης στατιστικής σχέσης μεταξύ βιολογίας και συμπεριφοράς δύναται - εντελώς αντιεπιστημονικά - να αποτελέσει δικαιολογία για μαζικούς «προληπτικούς» ελέγχους της εγκεφαλικής δραστηριότητας μεταναστών, υπαλλήλων ή ακόμα και παιδιών (Κωστόπουλος, 2015). Τα ευρήματα της έρευνας του εγκεφάλου δύναται να καταστήσουν αποτελεσματικές τις προσπάθειες ελέγχου των μαζών και της συμπεριφοράς τους και να οδηγήσουν στην επινόηση νέων όπλων, λαμβάνοντας υπόψη ότι, ήδη, προωθούνται προς κατανάλωση ευρέως, νέες επικίνδυνες νευροδραστικές ουσίες ως «ενισχυτικά» (Κωστόπουλος, 2015).

Αναμφισβήτητα, η δυνατότητα παροχής πληροφοριών για σκέψεις, συμπεριφορές, πεποιθήσεις, τάσεις και γνωρίσματα από την απεικόνιση του εγκεφάλου, ακόμα και χωρίς γνώση ή συγκατάθεση των υποκειμένων, αποτελεί μια νέα πρόκληση για την προστασία της ιδιωτικής ζωής (Farah, 2012). Σύμφωνα με τον Κωστόπουλο (2015), οι κίνδυνοι είναι υπαρκτοί, αντίστοιχα με κάθε επιστημονική πρόοδο. Δεδομένου όμως ότι, η πρόοδος δεν πρέπει και δεν μπορεί να φραγεί, οι ερευνητές οφείλουν να κοινοποιούν με τρόπο εύληπτο τα

ευρήματά τους. Η αντιμετώπιση των παραπάνω κινδύνων προϋποθέτει έγκαιρη, ευρεία και ορθή ενημέρωση της κοινωνίας, ώστε να υφίσταται λαϊκή στήριξη και κοινωνικός έλεγχος των εφαρμογών της έρευνας του εγκεφάλου. Σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο, θα ενισχυθεί η αυτογνωσία του πολίτη και θα απαλλαγεί η κοινωνία από τυχόν προκαταλήψεις (Κωστόπουλος, 2015).

Πιθανότατα, μια ορθή κοινωνική διαχείριση της αναγνώρισης ψεύδους με βάση το fMRI θα στοχεύει στην εξισορρόπηση του κόστους για την προστασία της ιδιωτικής ζωής έναντι των συλλογικών πλεονεκτημάτων του μειωμένου εγκλήματος, της αντιμετώπισης της τρομοκρατίας και των εξτρεμιστικών δράσεων σε όλο τον κόσμο, των βελτιωμένων διαδικασιών για την επιλογή προσωπικού και, ευρύτερα, την ενδεχόμενη αύξηση της τιμότητας μεταξύ των ανθρώπων, η οποία μπορεί να προκύψει από τη γνώση ότι οι αληθινές δηλώσεις κάποιου θα μπορούσαν να δοκιμαστούν (Farah, *et al*, 2014).

5.2. Νομικές Προκλήσεις

Η έλευση των τεχνολογιών που μπορούν να έχουν άμεση πρόσβαση σε εγκεφαλικές διεργασίες που ιστορικά ήταν κλειστές ή «σφραγισμένες» σε εξωτερικούς ελέγχους, θέτει πολλές προκλήσεις στις αντιλήψεις της ιδιωτικής ζωής που προηγουμένως θεωρούνταν δεδομένες (Stoller & Wolpe, 2007). Καθώς αυτές οι τεχνολογίες γίνονται πιο ισχυρές και η εγκυρότητα και η αξιοπιστία τους καθιερώνονται, πολλά ερωτήματα θα προκύψουν σχετικά με την ορθή χρήση τους στα δικαστήρια. Ωστόσο, υπάρχουν επιπλέον αρκετοί άλλοι τομείς στους οποίους τα δικαστήρια θα πρέπει να αντιμετωπίσουν αυτές τις εξελίξεις, συμπεριλαμβανομένου του γενικού παραδεκτού μιας ποικιλίας τεχνολογιών εξαπάτησης - ανίχνευσης, της αποδοχής αποδεικτικών στοιχείων απεικόνισης εγκεφάλου για τον προσδιορισμό υποκειμενικών καταστάσεων του νου και χρήσης της απεικόνισης εγκεφάλου για τον προσδιορισμό των επιπέδων ικανότητας ενός ατόμου (Stoller & Wolpe, 2007).

Φυσικά, η κοινωνία, όπως ισχυρίζονται οι Stoller & Wolpe (2007), δύναται να αφαιρέσει πολλές από αυτές τις αποφάσεις από τα δικαστήρια, απαιτώντας με επιτυχία τη θέσπιση

σχετικής Νομοθεσίας. Αντίστοιχα, όπως πίεσε και οδήγησε ορισμένα κράτη να ψηφίσουν νόμους κατά των γενετικών διακρίσεων, η κοινωνία μπορεί να απαιτήσει να μην τεθεί το μυαλό σε οποιονδήποτε εξωτερικό έλεγχο υπό οποιεσδήποτε συνθήκες, μόλις κατανοήσει τις επιπτώσεις αυτών των νέων τεχνολογιών (Stoller & Wolpe, 2007). Καθώς η νευροτεχνολογική ανίχνευση του ψέματος (NeuroTechnological Lie Detection -NTLD) μετατοπίζεται από το εργαστήριο στη δημόσια σφαίρα, οι νομοθέτες και τα δικαστήρια θα αναγκαστούν να αντιμετωπίσουν το ζήτημα αν και σε ποιο βαθμό το μυαλό μας πρέπει να παραμείνει προστατευμένο από την κρατική εισβολή (Stoller & Wolpe, 2007).

Σύμφωνα με τους Farah *et al* (2014), θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διαφορετικές πολιτικές για διαφορετικές εφαρμογές ανίχνευσης ψεύδους με βάση το fMRI και οι περιορισμοί να είναι ανάλογοι με τα διακυβευόμενα αποτελέσματα. Η μείωση του κινδύνου στην ανίχνευση ψεύδους για τις σχέσεις των ζευγαριών, προφανώς, απαιτεί διαφορετικά πρότυπα βεβαιότητας και διαφορετική προστασία των ατομικών δικαιωμάτων από την ανάκριση υπόπτων για τρομοκρατία (Farah, *et al*, 2014). Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση, απαιτούνται πρόσθετες διασφαλίσεις για την προστασία του δικαιώματος της σιωπής και μη αυτοενοχοποίησης ενός ατόμου, όπως ενσωματώθηκε στο Άρθρο 103Α του Κώδικα Ποινικής Δικονομίας με το Άρθρο 9 του Ν.4596/2019 (ΦΕΚ 32/Α/26-2-2019) περί προάσπισης των δικαιωμάτων του ανθρώπου και των θεμελιωδών ελευθεριών, όσο και για την αποτροπή του εξαναγκασμού, συμπεριλαμβανομένου του έμμεσου εξαναγκασμού που δύναται να προκύψει εάν η άρνηση συμμετοχής στη δοκιμή θεωρηθεί ένδειξη ενοχής (Farah, *et al*, 2014).

Πέραν των ανωτέρω, η χρήση νευροαπεικονιστικών τεχνικών στις ποινικές δίκες δημιουργεί εύλογα ερωτήματα αναφορικά με τον βαθμό στον οποίον μπορούν αυτές να συμβάλλουν στην εκτίμηση του καταλογισμού του κατηγορουμένου. Σύμφωνα με την Γκότση (2016), υφίστανται ορισμένοι περιορισμοί και δυσκολίες στην χρήση των τεχνικών αυτών για

την εκτίμηση του καταλογισμού, οι οποίες είναι νομικής, τεχνολογικής αλλά και εννοιολογικής - φιλοσοφικής φύσεως. Οι νευροεπιστημονικές αποδείξεις, όσο κι αν η αξιοπιστία τους βελτιωθεί, δεν παύουν να αποτελούν ένα μόνο μέρος της συνολικής ψυχιατρικής εκτίμησης, ένα στοιχείο που θα πρέπει να λειτουργεί συνδυαστικά ή σε αντιπαράθεση με λοιπά συλλεχθέντα αποδεικτικά στοιχεία σε διάφορα πεδία ανάλυσης, όπως το ψυχολογικό πεδίο, το οικονομικό, το κοινωνιολογικό κ.ά. (Γκότση, 2016).

Η αξίωση να λαμβάνονται αποφάσεις για ένα άτομο στα δικαστήρια, απλά κοιτάζοντας καταγραφές από τον εγκέφαλό του, σύμφωνα με τους Παπαδόπουλο και Κούβελα (2011), ισοδυναμεί με παραίτηση του καθενός από την αξίωση της ιδιωτικής συγκίνησης, τεκμαίροντας ότι θα πρέπει να γίνεται χρήση αντίστοιχων καταγραφών για να επιλεχθούν αυτοί που επιτρέπεται να γίνουν γονείς, επιστήμονες, καλλιτέχνες, ηγέτες, επιστήμονες, δικαστές ή ιερωμένοι. Εστιάζοντας περαιτέρω, δεν θα πρέπει να λησμονιέται ότι, τα επιμέρους τμήματα του εγκεφάλου υπάρχουν μόνο για να συγκροτούν το όλον του εγκεφάλου και, ως εκ τούτου, δεν μπορούν να αξιολογηθούν στην ίδια κλίμακα αξιών με την οποία λογίζεται και κρίνεται ο άνθρωπος και κατ' επέκταση δεν μπορεί να αναζητούνται αναγωγικά τα αίτια της συμπεριφοράς του (Παπαδόπουλος & Κούβελας, 2011).

Εν κατακλείδι, σύμφωνα με την Γκότση (2016), είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ της ικανότητας των νευροεπιστημών να επιλύσουν ένα νομικό ζήτημα και της δυνατότητας να συμβάλουν στην επίλυση ενός νομικού ζητήματος. Ενώ η πρώτη περίπτωση κρίνεται σπάνια, οι ευκαιρίες για τη δεύτερη είναι σταθερά αυξανόμενες και σημαντικές. Η πρόκληση σε αυτήν τη χρονική συγκυρία, είναι να χρησιμοποιηθούν οι νευροεπιστήμες όχι για διατύπωση απλουστευτικών και ελκυστικών συμπερασμάτων σχετικά με τις αιτίες της εγκληματικής συμπεριφοράς, αλλά για διαμόρφωση μιας πιο εποικοδομητικής ανάλυσης σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα μπορέσουν οι νευροεπιστήμες να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο των ποινικών διαδικασιών και να

εκσυγχρονίσουν το ποινικό δίκαιο (Γκότση, 2016).

5.3. Θρησκευτικές Προκλήσεις

Οι περισσότερες θρησκείες υποστηρίζουν μια άποψη δύο ή τριών μερών του ατόμου: σώμα και μυαλό ή ψυχή, ή σώμα, ψυχή και πνεύμα, η οποία συνάδει με τη διαίσθηση των περισσότερων ανθρώπων, βάσει της οποίας υπάρχει κάτι περισσότερο από την ανθρώπινη ύλη, την οποία βλέπουμε και αγγίζουμε (Farah, 2012). Στην παρούσα φάση, ωστόσο, τα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης προσωπικότητας, όπως ο νευρωτισμός, η υπερβολή, η ευσυνειδησία και η ενσυναίσθηση, τα οποία αποτέλεσαν το βασικό στοιχείο των μελετών αυτοαναφοράς για τις ατομικές διαφορές στην προσωπικότητα, έχουν γίνει ενεργά θέματα της έρευνας απεικόνισης του εγκεφάλου (Hamann & Canli, 2004). Όσο η νευροεπιστήμη αρχίζει να αποκαλύπτει τους μηχανισμούς της προσωπικότητας, της αγάπης, της ηθικής και της πνευματικότητας του ανθρώπου, τόσο θα ενισχύονται συγκρούσεις για έννοιες πέρα από την ύλη, καθώς η απεικόνιση του εγκεφάλου δείχνει ότι όλα αυτά τα χαρακτηριστικά έχουν φυσικές συσχετίσεις στη λειτουργία του και οι πτυχές ενός ατόμου γίνονται περισσότερο κατανοητές ως η λειτουργία ενός υλικού συστήματος (Farah, 2012).

Διαφαίνεται ότι, η νευροεπιστήμη θέτει θεμελιώδεις προκλήσεις σε πολλές θρησκείες, περισσότερες ακόμα και από την εξελικτική βιολογία καθώς, σύμφωνα με τον Farah (2012), η αφήγηση της Γένεσης της Παλαιάς Διαθήκης θεωρείται ως αληθής από έναν σχετικά μικρό αριθμό φονταμενταλιστών Χριστιανών ενώ, αντίθετα, η πίστη σε ένα άυλο μυαλό ή ψυχή είναι κοινή στις περισσότερες θρησκείες του κόσμου (Farah, 2012, p. 587).

Για τους Πατέρες της Εκκλησίας ο άνθρωπος είναι ένα θεολογικό όν (Παπαδόπουλος, 2017). Είναι πλασμένος από τον Θεό «κατ' εικόνα και καθ' ομοίωσίν» Του (Γέν. 1, 26). Σύμφωνα με τον Παπαδόπουλο (2017): «*Αν μπορούσαμε να δώσουμε έναν σύντομο ορισμό για τις δύο αυτές έννοιες (κατ' εικόνα - καθ' ομοίωση), θα λέγαμε ότι το κατ' εικόνα είναι η ελευθερία που έδωσε ο Θεός στον άνθρωπο να έχει τη δυνατότητα να*

αποκτήσει κατά χάρη, ό, τι έχει ο Θεός κατά φύση. Το καθ' εικόνα είναι η δυνατότητα του ανθρώπου να ενωθεί οντολογικά με τον Θεό, να γίνει κατά χάρη θεός και το καθ' ομοίωση είναι η εκπλήρωση αυτής της δυνατότητας». Ακριβώς όπως παραδοσιακά βλέπουμε τα άτομα ως διαφορετικά από άλλα αντικείμενα λόγω της ικανότητάς τους για ηθική ελευθερία και βούληση, τα έχουμε επίσης θεωρήσει ότι έχουν μια ιδιαίτερη ηθική αξία, ξεχωριστή από όλα τα άλλα είδη αντικειμένων (Farah, 2012). Ενώ εκτιμούμε τα αντικείμενα για αυτό που μπορούν να κάνουν - ένα αυτοκίνητο επειδή μας μεταφέρει, ένα βιβλίο επειδή περιέχει πληροφορίες, έναν πίνακα επειδή φαίνεται όμορφος - η αξία των ατόμων υπερβαίνει τις ικανότητες, τις γνώσεις ή την ελκυστικότητά τους. Τα άτομα έχουν αυτό που ο Immanuel Kant (1724-1804) ονόμαζε «αξιοπρέπεια», που σημαίνει ένα ιδιαίτερο τύπο εγγενούς αξίας που υπερβαίνει την λογική της χρησιμότητας (Kant, 1998). Αυτή η κατηγορηματική διάκριση μεταξύ ατόμων και άλλων πραγμάτων είναι δύσκολο να διατηρηθεί εάν όλα σχετικά με τα άτομα και τις προσωπικότητές τους προκύπτουν από φυσικούς μηχανισμούς (Farah & Heberlein, 2007). Όπως εύλογα αναρωτάται ο Farah (2012), εάν δεν είμαστε πραγματικά κάτι περισσότερο από φυσικά αντικείμενα, τότε έχει σημασία τι γίνεται από κανέναν από εμάς; Γιατί θα έπρεπε η μοίρα των αντικειμένων που περιέχουν ανθρώπινους εγκεφάλους να έχει μεγαλύτερη σημασία από την τύχη άλλων φυσικών ή τεχνητών αντικειμένων; Ο φυσικός Steven Weinberg (1993) έγραψε: «Όσο περισσότερο το σύμπαν φαίνεται κατανοητό, τόσο περισσότερο φαίνεται άσκοπο». Πλέον, αυτό φαίνεται να είναι ακόμη πιο οξύ πρόβλημα στη νευροεπιστήμη παρά στη φυσική (Farah, 2012).

Εν ολίγοις, σύμφωνα με τον (Farah, 2012), η νευροεπιστήμη αμφισβητεί την παλιά μας κατανόηση περί ανθρώπινης φύσης του ατόμου. Καθώς οι φυσικές επιστήμες έγιναν ο κυρίαρχος τρόπος κατανόησης του κόσμου γύρω μας τον 18ο αιώνα, έτσι η νευροεπιστήμη μπορεί να είναι υπεύθυνη για την αλλαγή της κατανόησης του εαυτού μας για τον 21ο αιώνα. Ένας τέτοιος μετασχηματισμός θα μπορούσε να μας μειώσει σε μηχανές στα μάτια του άλλου, απλά ρολόι χωρίς ηθική ελευθερία και ηθική αξία.

Εναλλακτικά, θα μπορούσε να συμβάλει στη δημιουργία μιας κοινωνίας πιο κατανοητής και ανθρώπινης, καθώς η συμπεριφορά των ανθρώπων θεωρείται μέρος της ευρύτερης εικόνας των αιτιωδών δυνάμεων που τους περιβάλλουν και ενεργούν μέσω αυτών (Farah, 2012).

Πιθανότατα, όπως ισχυρίζεται ο Κωστόπουλος (2015), τα συμπεράσματα της σύγχρονης έρευνας του εγκεφάλου να θλίβουν πολλούς ανθρώπους, διότι διαφαίνεται ότι αποστερούν τη προσωπικότητά μας από ανώτερα επίπεδα λειτουργίας της, όπως την ψυχή και το πνεύμα, χωρίς τα οποία ενστικτωδώς δεν μας αρκούν ως εικόνα του εαυτού μας. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Κωστόπουλο (2015), μια παραδοχή ενός αυτόματου εγκεφάλου με εξελιγμένες ιδιότητες διερμηνεία του σώματος, του περιβάλλοντος και των γύρω μας δεν ακρωτηριάζει την αξία της ανθρώπινης προσωπικότητας. Αρκεί να ληφθούν σοβαρά υπόψη και τα άλλα παράλληλα συμπεράσματα της έρευνας, που επισημαίνουν πόσο εύθραυστος, δυναμικός, πολύπλοκος και μοναδικός είναι ο κάθε άνθρωπος. Με αυτές τις επισημάνσεις ίσως οι έννοιες πνεύμα και ψυχή να μη εξαφανίζονται αλλά να μεταφέρονται σε ένα συγκεκριμένο τόπο, «...τον ερμηνεύοντα την σύνεσιν...», δίχως να χάσουν την μεγαλοπρέπεια και σημαντικότητά τους (Κωστόπουλος, 2015).

6. Συμπεράσματα - Συζήτηση για Περαιτέρω Έρευνα

Αναμφισβήτητα, όπως υποστηρίζει ο Farah (2012) και γίνεται αντιληπτό από την παρούσα εργασία, η απεικόνιση του εγκεφάλου εγείρει νέα σημαντικά ηθικά, νομικά, θρησκευτικά και κοινωνικά ζητήματα που προέρχονται άμεσα από την ειδική σχέση μεταξύ εγκεφάλου και μυαλού. Η δυνατότητα - ικανότητα της απεικόνισης του εγκεφάλου να παρέχει πληροφορίες για την αναγνώριση του ψεύδους αλλά και ευρύτερα σχετικά με τις ψυχές μας, για το ποιοι είμαστε και τι μπορεί να σκεφτόμαστε ή να αισθανόμαστε ενώ βρισκόμαστε υπό σάρωση στον μαγνητικό τομογράφο, ανοίγει μια σειρά ηθικών προκλήσεων με λίγα, αν υπάρχουν, άμεσα προηγούμενα (Farah, 2012). Αυτά τα σχετικά νέα νευροηθικά θέματα δύναται να

απασχολήσουν σε μεγάλο βαθμό την ανθρώπινη κοινωνία μελλοντικά.

Ωστόσο, αν και οι ανιχνευτές ψεύδους fMRI και ευρύτερα των νευροεπιστημών δεν είναι έτοιμοι ακόμη για νομικές ή άλλες εφαρμογές πιστεύεται πως, δύνανται να προσφέρουν μια θεωρητική βελτίωση σε σχέση με τα τρέχοντα μέσα αξιολόγησης της αξιοπιστίας και θα μπορούσαν να ικανοποιήσουν μελλοντικά τις ανεκπλήρωτες σήμερα ανάγκες της Νομικής κοινότητας, της Άμυνας και των υπηρεσιών επιβολής του Νόμου (NRC, 2009). Όπως ισχυρίζονται οι Langleben & Moriarty (2013), τα αντικειμενικά μέσα για την αναγνώριση του ψεύδους και τον εντοπισμό της εξαπάτησης έχουν υψηλό δυνητικό κοινωνικό όφελος. Ως εκ τούτου, είναι προς το δημόσιο συμφέρον να καθοδηγηθεί η ανάπτυξη της τεχνολογίας αναγνώρισης του ψεύδους στον εγκέφαλο, αντί να αφεθεί σε άλλους ενδιαφερόμενους, όπως οι εταιρείες κερδοσκοπικού χαρακτήρα (Langleben & Moriarty, 2013). Λαμβάνοντας υπόψη ένα πλήθος ενδιαφερομένων, τον κατηγορηματικό και αμφιλεγόμενο χαρακτήρα του θέματος και τον πιθανό κοινωνικό αντίκτυπο αυτής της τεχνολογίας, η οποία θα μπορούσε να απειλήσει ακόμα και την συνοχή της κοινωνίας (Κωστόπουλος, 2015), ενδέχεται να απαιτείται συνεργασία πολλών οργανισμών για τη δημιουργία ενός μηχανισμού χρηματοδότησης που θα μπορούσε να εκτιμήσει και να καθοδηγήσει την ανάπτυξη της τεχνολογίας fMRI (Langleben & Moriarty, 2013).

Στο παρόν στάδιο της ανάπτυξης, πιθανότατα, η πιο σημαντική πολιτική παρέμβαση στον τομέα των ανιχνευτών ψεύδους με βάση τον εγκέφαλο να είναι μια πρωτοβουλία δημόσιας χρηματοδότησης που να οδηγεί σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα από αξιολογητές - κριτές με ιδιαίτερη έμφαση σε μια σειρά από κλινικές δοκιμές για τον προσδιορισμό του ποσοστού σφάλματος της τεχνικής, της ευαισθησίας στα αντίμετρα, της επίδρασης των υψηλών αναλογιών οφέλους / κινδύνου, της σχετικής ακρίβειας σε σύγκριση με άλλες τεχνικές, όπως ο πολυγράφος, καθώς και των επιδράσεων της ηλικίας, του φύλου, διαφόρων φαρμακολογικών παραγόντων και της γνωστικής κατάστασης ενός ατόμου (Langleben & Moriarty, 2013).

Παρά ταύτα, σύμφωνα και με τους Farah *et al* (2014), θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι, καμία μέθοδος δεν θα είναι ποτέ γνωστό ότι παρέχει 100% ακρίβεια για οποιοδήποτε περιβάλλον στο οποίο μπορεί να αναπτυχθεί. Η απόφαση για το ποιο επίπεδο αβεβαιότητας είναι αποδεκτό εξαρτάται από τον τρόπο αξιολόγησης των διαφορετικών τύπων αποτελεσμάτων. Οι σωστές και εσφαλμένες ταυτοποιήσεις των ψεμάτων και της αλήθειας μπορεί να σταθμίζονται πολύ διαφορετικά υπό διαφορετικές συνθήκες και σε διαφορετικές κοινωνίες. Η ισχύς των δεσμεύσεων μιας κοινωνίας για αρχές, συμπεριλαμβανομένης της ατομικής ιδιωτικότητας, της αυτονομίας και της ελευθερίας, θα διαμορφώσει επίσης τις πολιτικές σχετικά με την ανίχνευση του ψεύδους στον εγκέφαλο (Farah, *et al*, 2014).

Σε κάθε περίπτωση, οι νευρο-επιστήμες θα αποτελέσουν γνώση απαραίτητη για τον μελλοντικό ενεργό πολίτη. Όπως ισχυρίζεται ο Κωστόπουλος (2015), η καινούργια γνώση για τον εγκέφαλο αναμένεται να έχει κοινωνικό αντίκτυπο πολύ μεγαλύτερο από αυτόν της ανακάλυψης του ανθρώπινου DNA και της πυρηνικής ενέργειας, ενώ η χρήση ή κατάχρηση της γνώσης αυτής θα θέσει υπό αμφισβήτηση, μεταξύ άλλων, παραδοσιακές αξίες, όπως η έννοια του «εαυτού» μας, η ελεύθερη βούληση και δύναται να απειληθούν βασικά ανθρώπινα δικαιώματα και τα πιο ουσιώδη προσωπικά δεδομένα, όπως είναι οι νοητικές και συναισθηματικές μας ικανότητες.

Ωστόσο, στις ουσιώδεις αυτές μελλοντικές προκλήσεις περί παραβίασης των δικαιωμάτων απορρήτου και ψυχικής ιδιωτικότητας του ανθρώπου αλλά και των θεμελιωδών θρησκευτικών προκλήσεων αναφορικά, μεταξύ άλλων, με το δικαίωμα υπεράσπισης της ψυχικής ιδιωτικότητας αυτής, αφού ο Θεός γνωρίζει και κρίνει όλες τις μυστικές μας σκέψεις, η παρούσα εργασία, σε εναρμόνιση με τον Messer (2021), υποστηρίζει ότι η γνώση του Θεού για τους ανθρώπους είναι διαφορετική όχι μόνο σε βαθμό αλλά και σε είδος από τις γνώσεις που αναζητούνται μέσω της «ανάγνωσης» του εγκεφάλου. Αυτή η οπτική της θεϊκής γνώσης, όπως αναφέρει ο Messer (2021), υποστηρίζει έναν θεολογικό απολογισμό της ιδιωτικής ζωής του ανθρώπου, πλουσιότερο και ευρύτερο σε

περιεχόμενο από τα τυπικά δικαιώματα απορρήτου, η οποία μπορεί να συνεισφέρει στην ηθική ανάλυση της χρήσης της τεχνολογίας ανάγνωσης εγκεφάλου για σκοπούς όπως το μάρκετινγκ και η ανίχνευση - αναγνώριση του ανθρώπινου ψεύδους.

Το μεν αληθές εν, το δε ψεύδος πολυσχιδές
Αγιος Γρηγόριος ο Ναζιανζηνός (329-390μ.Χ.)

Βιβλιογραφία

- Correction for Eklund *et al.* Cluster failure: Why fMRI inferences for spatial extent have inflated false-positive rates. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2016, 113 (33).
- Devlin H. What is Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)? *Psych Central* 2018. <https://psychcentral.com/lib/what-is-functional-magnetic-resonance-imaging-fmri/>.
- Eklund A, Nichols TH, Knutsson H. Cluster failure: Why fMRI inferences for spatial extent have inflated false-positive rates. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2016, 113 (28): 7900-7905.
- Ekman P. Why Don't We Catch Liars? *Social Research* 1996, 63(3): 801-817.
- Ekman, P. *Telling Lies: Clues to Deceit in the Marketplace, Politics, and Marriage*. New York - London: W.W.Norton & Company Inc, 1992.
- European Magnetic Resonance Forum. *Magnetic Resonance, a critical peer - reviewed introduction: functional MRI* 2017. <https://www.magnetic-resonance.org/ch/11-03.html>.
- Farah MJ, Hutchinson B, Phelps E, Wagner A. Functional MRI-based lie detection: Scientific and societal challenges. *Nature reviews, Neuroscience* 2014, 15: 123-131.
- Farah MJ. Neuroethics: The Ethical, Legal, and Societal Impact of Neuroscience. *Annual Review of Psychology* 2012, 63(1): 571-591.
- Farah MJ, Heberlein AS. Personhood and neuroscience: naturalizing or nihilating? *Am. J. Bioeth. Neurosci.* 2007, 7(1): 37-48.
- Ganis G, Rosenfeld JP, Meixner, J, Kievit RA., Schendan HE. Lying in the scanner: covert countermeasures disrupt deception detection by functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage*, 2011, 55(1): 312-319.
- Ganis G, Kosslyn SM, Stose S, Thompson WL, Yurgelun - Todd DA. Neural correlates of different types of deception: an fMRI investigation. *Cerebral Cortex*, 2003, 13(8): 830-836.
- Granhag P, Strömwall L. Research on deception detection: Past and present. In: *The Detection of Deception in Forensic Contexts*, Chapter: 1, Publisher: Cambridge University Press, Editors: Pär Anders Granhag, Leif Strömwall, 2004: 3-12.
- Greely HT, Illes J. Neuroscience-based lie detection: the urgent need for regulation. *Am. J. Law Med.* 2007, 33(2-3): 377-431.
- Hamann S, Canli T. Individual differences in emotion processing. *Curr. Opin. Neurobiol.* 2004, 14(2):233-238.
- Heckman KE, Happel MD. *Mechanical Detection of Deception: A Short Review in Educating information: Interrogation: Science and art—foundations for the future*, ed. by Swenson, R.. Washington, DC: National Defense Intelligence College Press, 2006: 63-94.
- Huettel SA, Song AW, McCarthy G. *Functional Magnetic Resonance Imaging* (2nd ed.), Massachusetts: Sinauer, 2009.
- Kant I. *Critique of Pure Reason*. The Cambridge Edition of the Works of Immanuel Kant. Translated and Edited by Guyer Paul & Wood Allen. Cambridge University Press, 1998.
- Kubis J. *Medicine and Lie-Detection*, The Linacre Quarterly: Vol. 11: No. 2, Article 2, 1943.
- Kwong KK, Belliveau JW, Chesler DA, Goldberg IE, Weisskoff RM, Poncelet BP, *et al.* Dynamic magnetic resonance imaging of human brain activity during primary sensory stimulation 1992, 89: 5675-5679.

- Langleben DD, Moriarty JC (2013). Using brain imaging for lie detection: where science, law and research policy collide. *Psychology, public policy, and law: an official law review of the University of Arizona College of Law and the University of Miami School of Law* 2013, 19(2), 222-234.
- Langleben DD, Schroeder L, Maldjian JA, *et al.* Brain activity during simulated deception: an event-related functional magnetic resonance study. *Neuroimage* 2002, 15: 727-732.
- Logothetis NK, Pauls J, Auguth M., Trinath, T., Oeltermann, A. A neurophysiological investigation of the basis of the BOLD signal in fMRI, *Nature* 2001, 412 (6843): 150-157.
- Lieberman MD, Berkman ET, Wager TD. Correlations in Social Neuroscience Aren't Voodoo: Commentary on Vul *et al.* *Perspectives on Psychological Science*, 2009, 4 (3): 299-307.
- Messer N. Judging the secret thoughts of all: Functional neuroimaging, 'brain reading,' and the theological ethics of privacy. *Studies in Christian Ethics* 2021, 34(1):17-35.
- Mueller K, Lepsien J, Möller HE, Lohmann G. Commentary: Cluster failure: Why fMRI inferences for spatial extent have inflated false-positive rates. *Frontiers in Human Neuroscience* 2017, 11:345.
- Narayan A. The fMRI brain scan: A better lie detector? *Time*, 2009. <https://content.time.com/time/health/article/0,8599,1911546-1,00.html>.
- National Research Council (NRC). *Strengthening forensic science in the United States: A path forward*. Washington, D.C: National Academy of the United States, 2009.
- Nee DE. fMRI replicability depends upon sufficient individual-level data. *Commun. Biol.* 2019, 2 (1): 130.
- Sahito F, Slany W. Functional Magnetic Resonance Imaging and the Challenge of Balancing Human Security with State Security, *Human Security Perspectives Journal* 2012, (1): 38-66.
- Stoller SE, Wolpe PR. Emerging Neurotechnologies for Lie Detection and the Fifth Amendment. Published in *American Journal of Law and Medicine* 2007, 33 (2/3) 359-375.
- Tovino SA. Imaging body structure and mapping brain function: a historical approach. *Am. J. Law Med.* 2007, 33(2-3) 193-228.
- Turner BO, Santander T, Paul EJ, *et al.* Reply to: fMRI replicability depends upon sufficient individual-level data. *Commun. Biol.* 2019, 2, 129.
- Turner BO, Paul EJ, Miller MB, *et al.* Small sample sizes reduce the replicability of task-based fMRI studies. *Commun Biol* 2018, 1, 62.
- Vul E, Harris C, Winkielman P, Pashler H. Puzzlingly High Correlations in fMRI Studies of Emotion, Personality, and Social Cognition. *Perspect Psychol Sci.* 2009, 4(3):274-290.
- Weinberg S. *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe - Updated*. New York: Basic Books, 1993.
- Ασημακοπούλου Ι. Ανιχνευτής Ψεύδους (Lie Detector). *Νομικές Μελέτες* on line. (1269), 2005.
- Γκότση Γ. Neuroscience and criminal law: promises and limitations for the assessment of criminal responsibility. *Bioethica* 2016, 2(2) 19-35.
- Κωστόπουλος, Γ. *Βιοηθική*, 2015.
- Μπαμπινιώτης, Γ. *Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας*. Αθήνα: Κέντρο Λεξικολογίας, 2002.
- Παπαδόπουλος Γ, Κούβελας Η. *Το σύμπαν των εγκεφάλων*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2011.
- Παπαδόπουλος Χ. *Η Αγιότητα ως Έκφραση της Ηθικής Αυτονομίας*. Πεμπτουσία, Θεσσαλονίκη, 2017.
- Παπανδρέου - Γιαννακάκη Χ. *Ανίχνευση Ψεύδους. Μη Λεκτική Συμπεριφορά. Διπλωματική Εργασία ΜΠΣ Γνωσιακή Επιστήμη, ΜΙΘΕ, ΕΚΠΑ*, 2012.