

Επισκόπηση των βασικών εννοιών

Περίληψη

Οι μέθοδοι της ηειτουργικής απεικονίσεως εφεύρονται σε κάποια αξιώματα, υποθέσεις και γεγονότα, η κατανόηση των οποίων είναι αναγκαία για την αποτίμηση του φάσματος των εφαρμογών και των ορίων τους. Ένας βασικός στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι η παράθεση αυτών των υποθέσεων και γεγονότων. Ένας δεύτερος, επίσης βασικός, στόχος του είναι η περιγραφή των κυριοτέρων σχετικών εννοιών, όπως «ηειτουργία», «εγκεφαλικός μηχανισμός», «νευρωνικό δίκτυο», «δραστηριότητα», «ενεργοποίηση», και η σκιαγράφηση του γενικού περιγράμματος των μεθόδων, της χωρικής και χρονικής ευκρινείας ή διακριτότητάς τους και του είδους των νευροφυσιολογικών συμβάντων τα οποία η κάθε μία εξ αυτών καταγράφει και απεικονίζει.

Λέξεις-κλειδιά: Νευροαπεικόνιση, νοητική ηειτουργία, εγκεφαλικοί μηχανισμοί, νευρωνικό δίκτυο, δραστηριότητα, ενεργοποίηση, ΗΜΤ, ΜΕΓ, ΤΕΠ, ΔΜΕ

Η φύση των απεικονιζομένων νευροφυσιολογικών διεργασιών

Συνήθως θεωρούμε τις παντός είδους εικόνες ως πιστές αναπαραστάσεις των αντιστοίχων αντικειμένων, παραβλέποντας το γεγονός ότι κάθε είδους απεικόνιση, αρχής γενομένης με την στιγμιαία φωτογραφία που σήμερα πραγματοποιείται με τα κινητά τηλέφωνα, δεν είναι καθόλου άμεση και ότι οι παντός είδους εικόνες δεν είναι παρά αναπαραστάσεις διαφορετικού βαθμού πιστότητας των απεικονιζομένων αντικειμένων. Τα ίδια ισχύουν με τις μεθόδους της λειτουργικής νευροαπεικονίσεως. Όλες αυτές οι μέθοδοι συνίστανται σε διαδικασίες καταγραφής ηλεκτρομαγνητικών σημάτων στην επιφάνεια της κεφαλής, τα οποία αντιστοιχούν σε ενδοκράνια συμβάντα, και διαδικασίες

αναδομήσεως αυτών των συμβάντων βάσει των καταγεγραμμένων σημάτων, καθώς και διαδικασίες μετατροπής τους σε εικόνες ή «λειτουργικούς χάρτες» και υπερθέσεώς τους σε στατικές ή δομικές εικόνες του εγκεφάλου.

Συνήθως απεικονίζονται πέντε διακριτές κατηγορίες ενδοκρανίων συμβάντων, κάθε μία εκ των οποίων σχετίζεται με διαφορετικό τύπο ηλεκτρομαγνητικού σήματος. Τρεις εξ αυτών των κατηγοριών είναι όψεις των φαινομένων τα οποία αποκαλούμε εγκεφαλική δραστηριότητα και ενεργοποίηση (οι ορισμοί έπονται): η πρώτη και βασικότερη είναι η ηλεκτροχημική ανταλλαγή σημάτων μεταξύ των νευρώνων. Η σηματοδότηση αυτή καταγράφεται με την μέθοδο της Μαγνητο-εγκεφαλογραφίας ή ΜΕΓ (Magnetoencephalography, MEG) και εμμέσως με την μέθοδο του Διακρανιακού Μαγνητικού Ερεθισμού

ή ΔΜΕ (Transcranial Magnetic Stimulation, TMS). Η δεύτερη είναι ο μεταβολισμός·ακριβέστερα, ο ρυθμός μεταβολισμού του οξυγόνου και της γλυκόζης στους νευρώνες. Ο ρυθμός του μεταβολισμού απεικονίζεται με την Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων ή ΤΕΠ (Positron Emission Tomography, PET). Η τρίτη είναι ο ρυθμός τοπικής αιματώσεως μέσω της οποίας αναπληρώνεται η γλυκόζη και το οξυγόνο τα οποία καταναλώνουν οι νευρώνες, διεργασία η οποία απεικονίζεται μέσω ΤΕΠ, αλλά συνηθέστερα μέσω της λειτουργικής Μαγνητικής Τομογραφίας ή λΜΤ (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI). Οι τρεις αυτές όψεις νευρωνικής δραστηριότητας και ενεργοποιήσεως σχετίζονται μεταξύ τους ως εξής: ο ρυθμός σηματοδοτήσεως των νευρώνων μιας εγκεφαλικής δομής είτε σε κατάσταση ηρεμίας είτε σε κατάσταση ενεργοποιήσεως τους για την διεκπεραίωση ενός έργου (δηλαδή την τέλεση μιας ψυχονητικής ή κινητικής λειτουργίας) προσδιορίζει (μαζί με άλλους παράγοντες) τον ρυθμό καταναλώσεως γλυκόζης και οξυγόνου από τους νευρώνες της δομής. Εν συνεχείᾳ, ο τοπικός ρυθμός μεταβολισμού καθορίζει (πάλι μαζί με άλλους παράγοντες) τον ρυθμό αιματώσεως της εν λόγω δομής. Επομένως, οι λειτουργικές εικόνες εγκεφαλικής δραστηριότητας και ενεργοποιήσεως οι οποίες αναπαριστούν τους ρυθμούς σηματοδοτήσεως, μεταβολισμού και αιματώσεως κάτω από τις ίδιες συνθήκες αναμένεται να είναι σε μεγάλο βαθμό παρόμοιες, ιδίως σε φυσιολογικά άτομα αλλά και σε άτομα με εγκεφαλικές βλάβες αν και σε μικρότερο βαθμό.

Τα ενδοκράνια δρώμενα της τετάρτης κατηγορίας μεταβάλλονται με ασυγκρίτως βραδύτερο ρυθμό από εκείνα των προηγουμένων κατηγοριών έτσι ώστε μπορεί να θεωρηθούν διαχρονικώς σταθερά και συνιστανται στην κατανομή των υποδοχέων για τους διαφόρους τύπους νευροδιαβιβαστών ανά τον εγκέφαλο. Απεικονίζονται δε με την μέθοδο ΤΕΠ. Η πέμπτη και τελευταία κατηγορία νευροφυσιολογικών φαινομένων τα

οποία επίσης συνιστούν προϋποθέσεις εγκεφαλικής δραστηριότητας και ενεργοποιήσεως είναι η επάρκεια διαχύσεως υγρών στους νευράδες, η οποία αντανακλά την λειτουργική ακεραιότητά τους. Εξετάζεται δε με την μέθοδο της «απεικονίσεως τανυστή διαχύσεως» (Diffusion Tensor Imaging, DTI).

Τι αντιπροσωπεύουν οι απεικονιζόμενοι σχηματισμοί

Η λειτουργική απεικόνιση αποβλέπει στην κατασκευή εικόνων της δραστηριότητας και ενεργοποιήσεως του εγκεφάλου, όπως αυτές εκφράζονται μέσω των διαφόρων κατηγοριών ενδοκρανίων φαινομένων. Ο όρος δραστηριότητα (ή βασική δραστηριότητα) αναφέρεται σε όλα εκείνα τα φαινόμενα όταν το απεικονιζόμενο άτομο ευρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας και δεν διεκπεραιώνει κανένα επιμέρους έργο, συμμορφούμενο με τις υποδείξεις του ερευνητή. Ακόμη και σε αυτή την κατάσταση ο εγκέφαλος παραμένει ενεργός διότι ελέγχει και ρυθμίζει αφενός τις βασικές βιολογικές λειτουργίες (π.χ. την θερμορυθμιστική) εντελώς αυτομάτως και ασυνειδήτως και αφετέρου την λειτουργία της συνειδητότητας, δεδομένου ότι ο απεικονιζόμενος διατελεί εν εγρηγόρσει και κατά πάσαν πιθανότητα αισθάνεται, φαντάζεται και ονειροπολεί έστω ασυναρτήτως. Το σύνολο των αδήλων αυτών λειτουργιών σε κατάσταση ηρεμίας αποτελεί την εγκεφαλική «δραστηριότητα», της οποίας η μορφή ή σχηματισμός καθώς και η σημασία της παρατίθενται στα Κεφάλαια 9 και 10.

Ο όρος ενεργοποίηση, από την άλλη πλευρά, αναφέρεται στην επιπρόσθετη και αναγκαία ενέργεια του εγκεφάλου για την τέλεση συγκεκριμένης λειτουργίας η οποία απαιτείται για την διεκπεραίωση συγκεκριμένου κινητικού, αισθητικού ή νοητικού έργου. Ο δε σχηματισμός της εκάστοτε ενεργοποιήσεως σχετίζεται με τα νευρωνικά δίκτυα (ή μέρος των δικτύων) τα οποία απαρτίζουν τον εγκεφαλικό μηχανισμό της τελουμένης

λειτουργίας και κατοπτρίζει την δραστηριότητά τους. Επομένως, κατά την διάρκεια τελέσεως μιας λειτουργίας κατ' ανάγκην καταγράφεται το σύνολο της εγκεφαλικής ενεργείας, δηλαδή η βασική της δραστηριότητα η οποία αντιστοιχεί στην αυτόματη τέλεση των βασικών λειτουργιών και στην ενεργοποίηση η οποία αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη ενσυνειδήτως τελούμενη λειτουργία. Ακολούθως, για να απομονώθει και να απεικονιστεί ο σχηματισμός ο οποίος αντιστοιχεί στην τελευταία, από το σύνολο της εγκεφαλικής ενεργείας, η οποία καταγράφεται κατά την τέλεσή της, αφαιρείται η δραστηριότητα του εγκεφάλου που κατεγράφη στην συνθήκη ελέγχου ή ηρεμίας. Από την αφαίρεση αυτή προκύπτει ο σχηματισμός της ενσυνειδήτως τελούμενης λειτουργίας. Αυτού του είδους οι σχηματισμοί, οι ενδεικτικοί του εγκεφαλικού μηχανισμού συγκεκριμένων λειτουργιών, απεικονίζονται κυρίως μέσω της λΜΤ αλλά και μέσω της ΜΕΓ και της ΤΕΠ. Σημειωτέον ότι οι σχηματισμοί αυτοί αντιστοιχούν όχι μόνο στην ενεργοποίηση των νευρωνικών δικτύων τα οποία απαρτίζουν τον μηχανισμό της λειτουργίας αλλά και στην ενεργοποίηση νευρωνικών κυκλωμάτων τα οποία εξ υποθέσεως αντιστοιχούν στα παράγωγα της λειτουργίας. Επί παραδείγματι, κατά την τέλεση της λειτουργίας ανακλήσεως βιωμάτων, ο σχηματισμός ενεργοποιήσεως θα αντιστοιχεί και στην ενεργοποίηση του εγκεφαλικού μηχανισμού της ανακλήσεως και στα ανακληθέντα βιώματα. Το γεγονός αυτός πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν για την ακριβή κατανόηση των ορίων των νευρωαπεικονιστικών μεθόδων (βλ. επίσης Κεφάλαιο 10).

Από την άλλη πλευρά, ο σχηματισμός βασικής δραστηριότητας ενδέχεται να εμπεριέχει στοιχεία τα οποία αντιστοιχούν σε βασικά χαρακτηριστικά των απεικονιζομένων όπως η ηλικία, το φύλο αλλά και ψυχονοητικά χαρακτηριστικά ή δεξιότητες. Ως εκ τούτου, έχει μελετηθεί με απότερο στόχο την χρήση τους στην διαφορική διάγνωση δυσλειτουργιών όπως ο αυτισμός και άλλων

ψυχικών δυσχερειών των οποίων η ταυτοποίηση βάσει μόνον των συμπτωμάτων παραμένει προβληματική. Για τις εφαρμογές αυτές ενδείκνυται η μέθοδος DTI αλλά και η ΤΕΠ (κυρίως για την απεικόνιση της κατανομής υποδοχέων νευροδιαβιβαστών), η ΜΕΓ και η λΜΤ. Έχουμε αναφερθεί επανειλημμένως στο γεγονός ότι ένας βασικός στόχος της εφαρμογής των νευρωαπεικονιστικών μεθόδων είναι η ταυτοποίηση των μηχανισμών των διαφόρων ψυχονοητικών λειτουργιών. Άλλα τι ακριβώς συνιστά μια λειτουργία και σε τι διαφέρει από τον μηχανισμό της; Ο όρος «λειτουργία», λοιπόν, αναφέρεται στο σύνολο υποθετικών διεργασιών αναγκαίων για την γένεση μιας πράξεως ή μιας εμπειρίας. Νοούνται δε ως κάτι ανάλογο των αλγορίθμων ή των προγραμμάτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών τα οποία έχουν σχεδιαστεί με σκοπό να παραγάγουν συγκεκριμένα αποτελέσματα. Οι μηχανισμοί των λειτουργιών, από την άλλη πλευρά, είναι το σύνολο των νευρωνικών δικτύων τα οποία διέπονται από τους αλγορίθμους αλλά και τους υλοποιούν. Η δε πρακτική διαφορά λειτουργιών (αλγορίθμων) και μηχανισμών (δικτύων) είναι η εξής: Θεωρητικώς, ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα, φερ' επείν μια κίνηση ή ένα αισθημα, είναι δυνατόν να προκύψει από εναλλακτικά σύνολα αλγορίθμων (δηλ., λειτουργιών). Άλλα στον άνθρωπο, συγκεκριμένα οπτικά, επί παραδείγματι, αισθήματα είναι αναμφιβόλως τα αποτελέσματα μίας και μόνον οπτικής λειτουργίας, της λειτουργίας που εκφράζεται μέσω των συγκεκριμένων νευρωνικών δικτύων του οπτικού συστήματος, τα οποία έχουν εξελιχθεί διά μέσου της ιστορίας του είδους για την επαρκή παραγωγή οπτικών εμπειριών. Είναι, επομένως, εύλογο να υποθέσουμε ότι σε κάθε διακριτή λειτουργία αντιστοιχεί ένα επίσης (δυνάμει) διακριτό σύστημα νευρωνικών δικτύων, εξειδικευμένων για την εν λόγω λειτουργία.

Στο σημείο αυτό πρέπει να διαφοροποιηθούν οι έννοιες «λειτουργία» και «στρατηγι-

κή», οι οποίες ενίστε χρησιμοποιούνται (αδοκίμως) ως συνώνυμες. Η στρατηγική αναφέρεται στην χρήση εναλλακτικών επιμέρους λειτουργιών (επομένως μηχανισμών) για την επίτευξη του ίδιου σκοπού. Επί παραδειγματι, το άγγιγμα ενός αντικειμένου μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε εκτείνοντας το χέρι είτε πλησιάζοντάς το ένα βήμα. Παρομοίως, το ερώτημα πόσα οχήματα χρειάζονται για την μεταφορά 100 ατόμων αν το κάθε όχημα μεταφέρει μόνον πέντε απαντάται με εναλλακτικές στρατηγικές, η απλούστερη των οποίων είναι η νοητική λειτουργία της διαιρέσεως.

Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι η έννοια «μηχανισμός» δεν είναι συνώνυμη της εννοίας του εγκεφαλικού «κέντρου» η οποία ήταν κεντρική στις θεωρίες των φρενολόγων και των «διαγραμματοποιών» του παρελθόντος (βλ., π.χ. Head, 1926). Εν αντιθέσει προς το κάθε «κέντρο» (π.χ., το κέντρο της δράσεως, της μνήμης, του λόγου, κ.λπ.), μηχανισμός νοείται το σύνολο των νευρωνικών κυκλωμάτων συνήθως αλλά όχι αναγκαστικά κατανεμημένων ανά τον εγκέφαλο τα οποία απαρτίζουν το δίκτυο μιας λειτουργίας αλλά συνήθως αποτελούν εξαρτήματα και άλλων λειτουργικών δικτύων – γεγονός, παρεμπιπόντως, στου οποίου την αναγνώριση συνέτειναν τα μέγιστα οι νευροαπεικονιστικές μέθοδοι.

Για πρακτικούς λόγους, είναι δυνατόν και θεμιτό να διακρίνουμε διάφορες κατηγορίες λειτουργιών. Ονομάζουμε βιολογικές ή φυσιολογικές λειτουργίες, όπως η θερμορρύθμιση, εκείνες οι οποίες τελούνται αυτομάτως ή ασυνείδητως και διαρκώς· συμπεριφορικές τις λειτουργίες κινητικών δεξιοτήτων και «ψυχολογικές» ή «ανάτερες» τις λειτουργίες οι οποίες είναι αναγκαίες για την γένεση νοητών αντικειμένων και θυμικών εμπειριών εκ των οποίων οι πρώτες αντιστοιχούν σε σχηματισμούς ενεργοποιήσεως και οι δεύτερες συνήθως σε σχηματισμούς βασικής δραστηριότητας. Οι νοητικές λειτουργίες χωρίζονται συνήθως σε αντιληπτικές, γλωσσικές, μνημονικές και επιτελικές και έχουν μελετη-

θεί εκτεταμένα μέσω των νευροαπεικονιστικών μεθόδων – πράγμα που αντανακλάται στα περιεχόμενα του ανά χείρας εγχειριδίου.

Γεγονότα και αξιώματα στην βάση των απεικονιστικών μεθόδων

Για να αποτιμήσουμε σωστά το εύρος του φάσματος των εφαρμογών αλλά και τα όρια των νευροαπεικονιστικών μεθόδων είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τα δεδομένα και τις υποθέσεις στα οποία αυτές βασίζονται. Όπως προανεφέρθη, η δυνατότητα απεικόνισεως του μηχανισμού μιας λειτουργίας ή του σχηματισμού των παραγώγων της προϋποθέτει αποκλειστική αντιστοιχία ψυχονοητικών φαινομένων και σχηματισμών εγκεφαλικής ενεργοποιήσεως:

1. Σε κάθε συνειδητή ή ασυνειδητη πράξη και σε κάθε ψυχονοητική εμπειρία αντιστοιχεί ένας ειδικός σχηματισμός ενεργοποιήσεως.

Η πρόταση αυτή εκφράζει ένα αίτημα ή αξίωμα και όχι ένα εμπειρικώς τεκμηριωμένο γεγονός. Το αίτημα, όμως, αυτό είναι γενικώς αποδεκτό. Χωρίς την αποδοχή του, η εφαρμογή των μεθόδων λειτουργικής απεικόνισεως θα στερείτο νοήματος. Ένα παρεμφερές και επίσης θεμελιώδες αξίωμα είναι ότι η εν λόγω σχέση δεν εκφράζει μια απλή σύμπτωση:

2. Τα ενδοκράνια δρώμενα τα οποία κατοπτρίζονται στον σχηματισμό ενεργοποιήσεως είναι αναγκαία για το αντιστοιχο ψυχονοητικό συμβάν

και

3. Σε κάθε όψη ή χαρακτηριστικό το οποίο διαφοροποιεί, έστω ελάχιστα, δύο όμοιες πράξεις ή εμπειρίες, αντιστοιχεί και μια έστω ελάχιστη διαφορά μεταξύ των αντιστοιχών σχηματισμών

Δηλαδή, αυτά τα ποιοτικά ή ποσοτικά στοιχεία τα οποία διαφοροποιούν δύο όμοιες πράξεις ή εμπειρίες εξαρτώνται από όψεις

των αντιστοίχων σχηματισμών ενεργοποιήσεως και αντιστρόφως; διαφορές μεταξύ των σχηματισμών εξαρτώνται από τις αντιστοιχες ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές μεταξύ ομοίων πράξεων ή μεταξύ ομοίων εμπειριών.

Με αυτόν τον τρόπο το αξίωμα δεν περιλαμβάνει μεταφυσικές αναφορές και χαίρει γενικής αποδοχής, με πιθανή εξαίρεση μόνον τους θιασώτες του οντολογικού δυσμού.

Μια τετάρτη, επίσης γενικώς αποδεκτή πρόταση, είναι ότι:

4. Κάθε πράξη και κάθε εμπειρία είναι ανεπανάληπτες ως προς όλα τα επιμέρους χαρακτηριστικά τους και προκύπτουν στην ολότητά τους μία μόνον φορά στην ιστορία του σύμπλαντος.

Παρόλον ότι η πρόταση αυτή φαίνεται να έχει μεταφυσικό περιεχόμενο, εκφράζει μια μάλλον απλή και προφανή αλήθεια. Το γεγονός, δηλαδή, ότι η δεύτερη μεταξύ δύο φαινομενικών πανομοίων εμπειριών ή πράξεων ή απλών κινήσεων καθώς και οι αντιστοιχοί τους σχηματισμοί εγκεφαλικής ενεργοποιήσεως είναι προϊόντα ενός έστω απειροελαχίστως αρχαιοτέρου ψυχονοητικού συστήματος και προϊόντα ενός έστω απειροελαχίστως αρχαιοτέρου εγκεφαλικού μηχανισμού. Επομένως, διαφέρουν από τις πρώτες στο μέτρο που το σύστημα το οποίο τις παράγει αλλοιώνεται (γερνά) από την μία στηγμή στην άλλη. Ότι όντως διαφέρουν προκύπτει από το γεγονός ότι αναγνωρίζονται ως διακριτές και δεν βιώνονται ως μία εμπειρία ή ως μία πράξη. Ομοίως απλό και αδιαμφισβήτητο είναι το γεγονός ότι:

5. Η εμφάνιση του σχηματισμού ο οποίος αντιστοιχεί στην ενεργοποίηση του μηχανισμού μιας λειτουργίας καίτοι εξ υποθέσεως χρονικώς πρότερη του σχηματισμού ο οποίος αντιστοιχεί στο παράγωγο της λειτουργίας (δηλ., σε συγκεκριμένη πράξη ή λειτουργία), οι δύο σχηματισμοί εξελίσσονται εκ παραλλήλου στον χρόνο, επομένως καταγράφονται ως ένας, ενιαίος σχηματισμός.

Παρόλον ότι η πρόταση αυτή είναι αληθής, ο διαχωρισμός των δύο σχηματισμών – αυτού ο οποίος αντιστοιχεί στην λειτουργία και εκείνου που αντιστοιχεί στα παράγωγα της λειτουργίας είναι δυνάμει εφικτός, όπως θα περιγραφεί στο Κεφάλαιο 10. Ένα επιπλέον γεγονός ουσιαστικής σημασίας για την κατανόηση των δυνατοτήτων και των ορίων των νευροαπεικονιστικών μεθόδων είναι ότι:

6. Τα ενδοκράνια δρώμενα τα οποία κατοπτρίζονται στους σχηματισμούς δραστηριότητας και ενεργοποιήσεως είναι ποιοτικώς απολύτως ομοιογενή (ηλεκτροχημικά σήματα) ανεξαρτήτως της λειτουργίας ή των παραγώγων της (πράξεις, εμπειρίες) στην οποία αντιστοιχούν.

Επί παραδείγματι, οι σχηματισμοί των ενδοκρανίων ηλεκτροχημικών σημάτων οι οποίοι αντιστοιχούν σε μια οπτική και ακουστική εμπειρία είναι, ποιοτικώς, απολύτως ομοιογενείς –απαρτίζονται από αυτά τα σήματα- και διαφέρουν μόνον ως προς την τοπογραφική κατανομή των ηλεκτροχημικών σημάτων που τους απαρτίζουν (επομένως και των νευρωνικών κυκλωμάτων) και ως προς την ένταση και την διάρκεια δραστηριότητας των επιμέρους κυκλωμάτων. Αυτές δε οι ποσοτικές διαφορές μεταξύ σχηματισμών καθιστούν εφικτό τον διαχωρισμό τους και την ξεχωριστή απεικόνισή τους, όπως θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια.

Ένα τελευταίο βασικό γεγονός το οποίο διέπει τις μεθόδους λειτουργικής νευροαπεικονίσεως είναι ότι:

7. Άνα πάσα στιγμή και χρονική περίοδο ένας αστάθμητος αλλά μεγάλος αριθμός λειτουργιών (οι περισσότερες εκ των οποίων είναι ποσηνείδητες) τελούνται εκ παραλλήλου. Επομένως, κάθε καταγραφή κατ' ανάγκην περιλαμβάνει έναν άγνωστο αριθμό δυνάμει διακριτών σχηματισμών δραστηριότητας και ενεργοποιήσεως.

Με γνώμονα τις επτά αυτές προτάσεις, το ερώτημα των δυνατοτήτων και ορίων των