

# Φωτεινοί σηματοδότες ρυθμίζουν τη ζωή μας

Κόκκινο, πράσινο ή πορτοκαλί; Κάθε μας κίνηση είναι αποτέλεσμα μιας επιλογής που έχει αναγκαστεί να κάνει ο εγκέφαλός μας, συχνά σε κλάσματα δευτερολέπτου. Φαίνεται πως οι αποφάσεις μας ρυθμίζονται από νευρωνικά φανάρια...

ΤΗΣ ΛΑΛΙΝΑΣ ΦΑΦΟΥΤΗ

**Μ**όλις γυρίσατε σελίδα ή μετακινήσατε τον κέρσορα στην οθόνη για να διαβάσετε αυτό το κείμενο. Τώρα ίσως φέρνεται το φλιτζάνι στα χείλη και πίνετε μια γουλιά από τον καφέ σας. Οι κινήσεις αυτές σας φαίνονται τόσο φυσιολογικές, γίνονται σχεδόν αυτόματα, χωρίς καν να το συνειδητοποιείτε. Για να τις εκτελέσετε όμως ο εγκέφαλός σας έχει αναγκαστεί να προχωρήσει σε μια σειρά από «ζυγίσματα» και επιλογές ώστε να λάβει τις σωστές αποφάσεις.

Πώς το καταφέρνει, και μάλιστα τόσο γρήγορα; Αν και κάποιες θεωρίες έχουν προταθεί, κανένας ως τώρα δεν γνωρίζει με βεβαιότητα. Ερευνητές του Κέντρου Νευροβιολογίας και Νευροφυσιολογίας του Πανεπιστημίου του Φράϊμπουργκ παρουσίασαν πρόσφατα μια καινούργια προσέγγιση που φαίνεται να υπερέρχει σε ταχύτητα και απλότητα των προηγούμενων. Υποστηρίζουν ότι όλα γίνονται με έναν μηχανισμό ο οποίος λειτουργεί όπως τα φανάρια των οδικών δικτύων για να ρυθμίσει την κυκλοφορία των σημάτων ανάμεσα στους νευρώνες και στις περιοχές του εγκεφάλου.

## Σύγκρουση δεδομένων

Στο συμπεριφορικό επίπεδο το να κουνήσει κανείς το χέρι του από τα δεξιά προς τα αριστερά είναι μια απλή κίνηση. Στο νευρωνικό επίπεδο όμως τα πράγματα είναι πολύ πιο πολύπλοκα. «Για εμάς αυτή είναι μια κατάσταση σύγκρουσης στην οποία πολλαπλές διαδικασίες, πολλαπλές διαφορετικές νευρωνικές δραστηριότητες επιδιώκουν πρόσβαση στην ίδια πηγή. Ο εγκέφαλος πρέπει να διαλέξει μία από αυτές. Πώς κάνει αυτή την επιλογή;» λέει εκθέτοντας τον βασικό προβληματισμό της επιστήμης στο «Βήμα» ο **Αρβιντ Κούμαρ**, ο οποίος διεξήγαγε την έρευνα μαζί με τους συναδέλφους του **Γενς Κρέμκο** και **Αντ Ερτσεν**.

Ξεκάθαρη απάντηση στο ερώτημα αυτό δεν έχει βρεθεί ακόμη και οι δύο επικρατέστερες θεωρίες που έχουν προταθεί παρουσιάζουν κενά. Ενα από τα σημαντικότερα είναι ο χρόνος: πειράματα σε ζώα έχουν δείξει ότι συχνά οι επιλογές του είδους γίνονται μέσα σε χιλιοστά του δευτερολέπτου και κανένας από τους προτεινόμενους μηχανισμούς δεν μπορεί να λειτουργήσει τόσο γρήγορα. Το κενό αυτό έρ-

χεται να καλύψει η έρευνα των επισημόνων του Πανεπιστημίου του Φράϊμπουργκ.

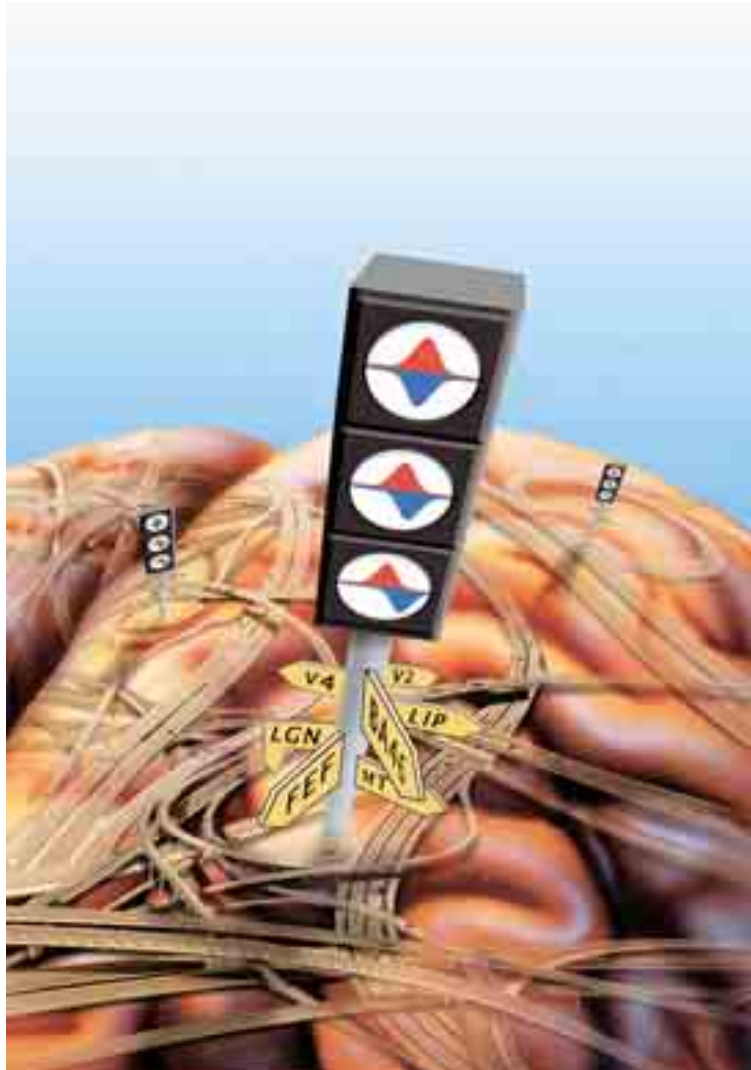
## Ποιος θα υπερिσχύσει;

«Εμείς προτείνουμε στην ουσία έναν καινούργιο μηχανισμό ο οποίος βασίζεται στις υπάρχουσες γνώσεις γύρω από την ανατομία και την ηλεκτροφυσιολογία του εγκεφάλου και τη διέγερση και την καταστολή των νευρώνων» εξηγεί ο κ. Κούμαρ. Στον μηχανισμό αυτόν η διέγερση και η καταστολή αποτελούν δύο διαφορετικά είδη δεδομένων που διοχετεύονται στους νευρώνες και η ισορροπία μεταξύ τους είναι αυτή που τελικά καθορίζει την ενεργοποίησή τους. «Αυτό το οποίο έχει σημασία δεν είναι μόνο το πόσο ισχυρά είναι τα σήματα, αλλά και το πότε φθάνουν» τονίζει. Αν το σήμα της διέγερσης, το θετικό δεδομένο, φθάσει πριν από το σήμα της καταστολής, το αρνητικό δεδομένο, τότε ο νευρώνας θα αντιδράσει, αν όμως το σήμα της καταστολής φθάσει πριν από αυτό της διέγερσης δεν θα αντιδράσει.

«Δείξαμε ότι πρόκειται για έναν πολύ γρήγορο μηχανισμό, ότι η ισορροπία ανάμεσα στην εισροή των θετικών και των αρνητικών δεδομένων της διέγερσης και της καταστολής μπορεί να αλλάξει πολύ γρήγορα και αυτό επηρεάζει τη διαδικασία της επιλογής σε ένα επόμενο στάδιο» λέει ο κ. Κούμαρ. Όπως ανακάλυψαν σε προσομοιώσεις στον υπολογιστή, η χρονική διαφορά με την οποία φθάνουν τα δύο αντίθετα σήματα σε «κομβικές» ομάδες νευρώνων είναι αυτή που καθορίζει τη συνέχεια της πορείας τους: είναι σαν να κυκλοφορούν σε ένα αόρατο εγκεφαλικό οδικό δίκτυο και να συναντούν «κόκκινα», «πράσινα» ή «πορτοκαλί» φανάρια που τους επιτρέπουν ή τα εμποδίζουν να φθάσουν στον τελικό προορισμό τους.

## Καταστολή στο κόκκινο

«Δημιουργήσαμε κάτι σαν αντε-



Ένα αόρατο οδικό δίκτυο με φωτεινούς σηματοδότες σε κομβικά σημεία ίσως κατευθύνει τη λήψη των αποφάσεων από τον εγκέφαλό μας

στραμμένο κύκλωμα με δύο τύπους νευρώνων, τους νευρώνες της διέγερσης, το «συν» στο δίκτυο, και τους νευρώνες της καταστολής, το «μείον» λέει ο κ. Κρέμκο, εξηγώντας πώς έγινε η έρευνα. Η προσομοίωση, η οποία αντιπροσώπευε ένα τμήμα του φλοιού του εγκεφάλου με 50.000 νευρώνες, ήταν οργανωμένη σε δίκτυα των περίπου 100 νευρώνων. Αυτά αποτελούνταν από τρεις ομάδες: τους «αποστολείς» του μηνύματος (είτε το «συν» είτε το «μείον» της διέγερσης και της καταστολής), τις «θύρες», κομβικά σημεία που επέτρεπαν κάθε φορά να

περάσει μόνο το ένα από τα δύο σήματα, και τους δέκτες, στους οποίους κατέληγαν τα μηνύματα. Οι ερευνητές μετέδιδαν πρώτα τα σήματα της διέγερσης και μετά αυτά της καταστολής αλλάζοντας τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούσαν μεταξύ τους.

Το πρώτο πράγμα που παρατήρησαν ήταν ότι η καθυστέρηση με την οποία έφθαναν τα σήματα στις θύρες έπαιζε καθοριστικό ρόλο. «Όταν η χρονική διαφορά ήταν μεγάλη, περίπου δέκα μιλισεκόντ, η δραστηριότητα διαδιδόταν ομαλά, σαν να ήξερε ότι η θύρα θα ήταν

ανοιχτή, όπως γίνεται όταν το φανάρι στον δρόμο είναι πράσινο» εξηγεί ο ερευνητής. Όταν η χρονική διαφορά άρχισε να γίνεται πιο μικρή, το σήμα σταματούσε, σαν να είχε βρεθεί σε κόκκινο φανάρι. «Όταν η διαφορά ήταν μηδενική, η διέγερση και η καταστολή ήταν απολύτως εξισορροπημένες και τίποτε δεν διαδιδόταν. Εν τω μεταξύ όμως υπήρχε ένα μεταβατικό διάστημα στο οποίο κάποιες φορές η δραστηριότητα διαδιδόταν και άλλες όχι, σαν το φανάρι να ήταν πορτοκαλί. Γι' αυτό κάναμε αυτόν τον παραλληλισμό με τους φωτεινούς σηματοδότες».

## Πώς λαμβάνονται οι αποφάσεις;

Οι δύο βασικές θεωρίες που έχουν προταθεί για τον μηχανισμό της λήψης αποφάσεων του εγκεφάλου παρουσιάζουν, κατά την άποψη των ερευνητών, μειονεκτήματα. Η πρώτη εξ αυτών βασίζεται στην υπόθεση ότι ο εγκέφαλος απαρτίζεται από νευρωνικά δίκτυα τα οποία βρίσκονται σε σταθερή κατάσταση και η διέγερση ενεργοποιεί σε αυτά συγκεκριμένους νευρώνες κάθε φορά. Σε μια περίπτωση, π.χ., μπορεί να ενεργοποιηθούν μόνο οι νευρώνες 1, 5 και 7, σε μια άλλη οι νευρώνες 3, 9 και 12. Αυτοί οι διαφορετικοί συνδυασμοί νευρώνων ονομάζονται ελκυστές και η λήψη των αποφάσεων εξαρτάται από τον ελκυστή στον οποίο θα καταλήξει το σήμα. «Φαίνεται να είναι σαν ένα τοπίο όπου υπάρχουν κοιλάδες και σε κάθε κοιλάδα βρίσκεται μια διαφορετική απόφαση» εξηγεί ο κ. Κούμαρ. «Αυτή είναι μια ιδέα, είναι όμως προβληματική γιατί απαιτεί πολύ εξειδικευμένες ιδιότητες σε αυτά τα δίκτυα».

Η δεύτερη θεωρία είναι γνωστή ως «ο νικητής τα παίρνει όλα» και υποστηρίζει ότι οι νευρώνες ανταγωνίζονται μεταξύ τους για να επικρατήσουν. «Αυτός ο ανταγωνισμός γίνεται βεβαίως μέσω της καταστολής, ο καθένας προσπαθεί να καταστείλει τους άλλους και φυσικά ο ισχυρότερος βγαίνει νικητής» λέει ο κ. Κούμαρ τονίζοντας ότι και εδώ υπάρχει ένα μειονέκτημα, αυτό του χρόνου. «Το πρόβλημα εδώ είναι ότι δεν μπορείς να πάρεις μια απόφαση πολύ γρήγορα. Και στους ανθρώπους, αν αρχίσουν να ανταγωνίζονται μεταξύ τους, χρειάζεται χρόνος για να βγει ένας νικητής. Το ίδιο ισχύει και στα νευρωνικά δίκτυα. Εδώ ερχόμαστε εμείς και δίνουμε μια απλή λύση η οποία πολύ γρήγορα οδηγεί σε μια απόφαση».

lalina@tovima.gr

## ΟΛΑ ΕΙΝΑΙ ΘΕΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Πώς γίνεται και, παρ' ότι αστραπιαία, ο εγκέφαλός μας καταλήγει τις περισσότερες φορές στη σωστή απόφαση, επιτρέποντάς μας για παράδειγμα να πιάσουμε το τηλέφωνο ή να αποκρούσουμε ένα μπαλάκι; Αυτό οφείλεται κυρίως στην εκμάθηση και στην εκπαίδευση, τονίζουν οι ερευνητές. «Σε πολύ βασικό επίπεδο η ορθότητα των αποφάσεων βασίζεται στον τρόπο με τον οποίο έχετε εκπαιδευτεί το σύστημά σας ώστε να παράγει ορισμένα

επίπεδα διέγερσης και καταστολής όταν εκτελείτε συγκεκριμένα έργα» λέει ο κ. Κούμαρ. «Έχετε για παράδειγμα εκπαιδευτεί τα χέρια σας να κινούνται αριστερά όταν συμβαίνει κάτι: σε αυτή την περίπτωση τα κυκλώματα είναι συντονισμένα ώστε να μεταδίδουν δραστηριότητα μόνο στο τμήμα του δικτύου που θα δώσει αυτή την εντολή. Η ορθότητα των αποφάσεων εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την εκπαίδευση».