

Τεχνητή Νοημοσύνη I

Ευφυείς πράκτορες

Διδάσκων: Τσούρος Δήμος

Εισαγωγή στους ευφυείς πράκτορες (agents)

Στόχος ΤΝ: Δημιουργία ευφυών πρακτόρων

- Το να δρα κάποιος **λογικά** σημαίνει να δρα έτσι ώστε να πετύχει τους στόχους του (*goals*) με δεδομένες τις **αντιλήψεις** του.
- Σε αυτή την προσέγγιση το βασικό πρόβλημα είναι ο **σχεδιασμός λογικών πρακτόρων** (*rational agents*).
- Ένας **πράκτορας** είναι ένα σύστημα που αντιλαμβάνεται και δρα.
- Η μελέτη της ΤΝ ως σχεδιασμός λογικών πρακτόρων είναι:
 - Πιο “εύκολη” από τις προσεγγίσεις που βασίζονται στην ανθρώπινη σκέψη και συμπεριφορά.

Τι είναι ένας Πράκτορας;



Δεν εννοούμε αυτό!

Πράκτορας (*Agent*) είναι οτιδήποτε μπορεί να θεωρηθεί ότι

- **αντιλαμβάνεται** το περιβάλλον του μέσα από αισθητήρες (*sensors*) και
- **δρα** σε αυτό το περιβάλλον μέσα από μηχανισμούς δράσης (*effectors* ή *actuators*).

Τι είναι ένας Πράκτορας;

Ο πράκτορας μπορεί να είναι φυσικό ή ψηφιακό σύστημα.

- Μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα και να λαμβάνει αποφάσεις βασισμένος σε παρατηρήσεις και στόχους.

1. Ανθρώπινοι Πράκτορες (Human Agents) – Ή απλά άνθρωποι

- **Sensors:** μάτια, αυτιά, δέρμα, άλλες αισθήσεις
- **Effectors:** χέρια, πόδια, φωνή, άλλες κινήσεις

2. Ρομποτικοί Πράκτορες (Robotic Agents)

- **Sensors:** κάμερες, μικρόφωνα, αισθητήρες πίεσης, υπερηχογραφικά αισθητήρια
- **Effectors:** ρομποτικά άκρα, κινητήρες, εργαλεία

3. Λογισμικοί Πράκτορες (Software Agents)

- **Sensors:** δεδομένα από APIs, βάσεις δεδομένων, αισθητήρες IoT
- **Effectors:** εντολές λογισμικού, ειδοποιήσεις, αλληλεπίδραση με άλλες εφαρμογές

Τι είναι ένας Πράκτορας;

Οι πράκτορες πρέπει να δρουν **ορθολογικά**:

- να εκτελούν τις ενέργειες που προσφέρουν τη μεγαλύτερη επιτυχία.

Για κάθε πιθανή ακολουθία αντίληψης, ένας ορθολογικός πράκτορας θα πρέπει να διαλέξει όποια διαθέσιμη πράξη αναμένεται να μεγιστοποιήσει το μέτρο της απόδοσης, με βάση τη γνώση που προκύπτει από την ακολουθία αντίληψης και όποια προηγούμενη γνώση έχει ο πράκτορας

Τυπικός κύκλος:

- αντιλαμβάνομαι → ενημερώνω εσωτερική κατάσταση → επιλέγω πράξη → δρω → (μαθαίνω).

online vs offline:

- πράκτορας online: ενεργεί σε πραγματικό χρόνο
- πράκτορας offline: σχεδιάζει πριν δράσει

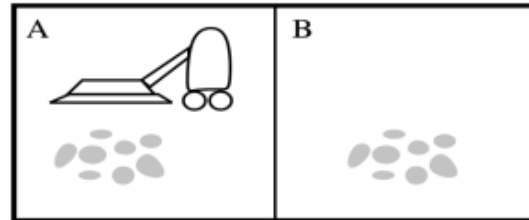
Προδιαγραφές πρακτόρων

Μοντέλο PEAS: performance, environment, actuators, sensors

- Το **μέτρο της απόδοσης** που ορίζει το βαθμό επιτυχίας.
(performance)
 - Ποιος το καθορίζει αυτό;
- Την **προηγούμενη γνώση** του περιβάλλοντος (environment)
 - Που του είχε δώσει ο σχεδιαστής.
- Τις **πράξεις** που είναι διαθέσιμες στον πράκτορα (actuators)
 - Δεν μπορεί να κάνει τα πάντα
- Όλα όσα έχει (η μπορεί να) **αντιληφθεί** ο πράκτορας (sensors)
 - Πχ μέσα από αισθητήρες!
 - Ακολουθία αντιλήψεων: το ιστορικό όλων των αντιλήψεων μέχρι τώρα

Ορθολογικοί πράκτορες: Παράδειγμα

Ο κόσμος της ηλεκτρικής σκούπας



Διαθέσιμες ενέργειες

Αριστερά
Δεξιά
Αναρρόφηση

Ακολουθία αντιλήψεων	Ενέργεια
[A, Καθαρό]	Δεξιά
[A, Σκονισμένο]	Αναρρόφηση
[B, Καθαρό]	Αριστερά
[B, Σκονισμένο]	Αναρρόφηση
[A, Καθαρό], [A, Καθαρό]	Δεξιά
[A, Καθαρό], [A, Σκονισμένο]	Αναρρόφηση
[A, Καθαρό], [A, Καθαρό], [A, Καθαρό]	Δεξιά
[A, Καθαρό], [A, Καθαρό], [A, Σκονισμένο]	Αναρρόφηση

Μέτρο απόδοσης

- Πρέπει να επιβάλλεται από τον σχεδιαστή του πράκτορα.
- Κατά κανόνα, είναι καλύτερο να σχεδιάζει κανείς τα μέτρα της απόδοσης σύμφωνα με το **τι θέλει να συμβεί στο περιβάλλον**, και όχι σύμφωνα με το πώς νομίζει ότι θα πρέπει να συμπεριφέρεται ο πράκτορας.
- Πιθανές παράμετροι μέτρου απόδοσης στον κόσμο της ηλεκτρικής σκούπας:
 - Καθαρά τετράγωνα επί μονάδες χρόνου
 - Σύνολο μετακινήσεων
 - Κατανάλωση ενέργειας

Χρήση μοντέλου PEAS

- Δομημένη προδιαγραφή: αποσαφηνίζει τι μετράμε και πώς δρούμε
- Μειώνει ασάφεια απαιτήσεων και βοηθά στην αξιολόγηση.
- Συνδέει μέτρο απόδοσης με τεχνικές αποφάσεων/μάθησης.
- Όχι όσο εύκολο φαίνεται!

Προτείνετε μέτρο απόδοσης για πράκτορα εξυπηρέτησης πελατών.

PEAS – Βήμα προς Βήμα

- **Απόδοση (P):** ορίστε μετρήσιμα κριτήρια επιτυχίας.
- **Περιβάλλον (E):**
 - Οντότητες
 - φυσικές/λογικές συνθήκες
 - κανόνες.
- **Πράξεις (A):** διαθέσιμες ενέργειες στο περιβάλλον.
- **Αισθητήρες (S):** τι μπορεί να παρατηρήσει ο πράκτορας.

PEAS – Αυτόνομος Ταξιτζής

- Απόδοση: ασφάλεια, συμμόρφωση σε κανόνες, χρόνος διαδρομής, άνεση, κατανάλωση.
- Περιβάλλον: οδοδίκτυο, καιρός, κίνηση, πεζοί, σήματα, άλλοι οδηγοί.
- Πράξεις: τιμόνι, επιτάχυνση/φρένο, φλας, σήματα.
- Αισθητήρες: κάμερες, LIDAR, ραντάρ, GPS/IMU, χάρτες.

PEAS – Ιατρικός Διαγνωστικός Πράκτορας

- Απόδοση: ακρίβεια, ευαισθησία/ειδικότητα, χρόνος ανταπόκρισης, κόστος, εξηγησιμότητα.
- Περιβάλλον: ηλεκτρονικοί φάκελοι, πρωτόκολλα, όρια δεοντολογίας.
- Πράξεις: προτάσεις διάγνωσης/θεραπείας, ειδοποιήσεις.
- Αισθητήρες: εργαστηριακές εξετάσεις, απεικονίσεις, συμπτώματα, κείμενα.

Ορθολογισμός vs. Πλήρους Γνώσης

- Ένας πράκτορας **πλήρους γνώσης** (*omniscient agent*) γνωρίζει το πραγματικό αποτέλεσμα κάθε πιθανής πράξης και μπορεί να δράσει ανάλογα:
 - Χρειάζεται απλά μια ακολουθία κανόνων για να δράσει σωστά
 - Αυτό δεν είναι δυνατό στον πραγματικό κόσμο.
- Η **ορθολογική συμπεριφορά** μεγιστοποιεί την αναμενόμενη απόδοση ενώ η πλήρης γνώση μεγιστοποιεί την πραγματική απόδοση.
- Η πλήρης γνώση είναι μια ιδιότητα που δε απαιτούμε να έχουν οι πράκτορες μας.

Περιβάλλοντα πρακτόρων

- Ένας πράκτορας δρα σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα
 - Με συγκεκριμένες υποθέσεις για αυτά
- Είναι το περιβάλλον
 - Πλήρως παρατηρήσιμο;
 - Αιτιοκρατικό;
 - Επεισοδιακό;
 - Δυναμικό;
 - Διακριτό;
 - Μονοπρακτορικό;

Πλήρως και μερικώς παρατηρήσιμο περιβάλλον

Πλήρως παρατηρήσιμο

- Αν οι αισθητήρες ενός πράκτορα του δίνουν πρόσβαση στη πλήρη κατάσταση του περιβάλλοντος του, την κάθε χρονική στιγμή, το περιβάλλον ονομάζεται **πλήρως παρατηρήσιμο** (*fully observable*).
- Παράδειγμα: Σκάκι (όλες οι απαραίτητες πληροφορίες είναι ορατές)

Μερικώς Παρατηρήσιμο:

- Ο πράκτορας έχει περιορισμένη ή ατελή πληροφορία.
- Παράδειγμα: Οδήγηση αυτοκινήτου
 - δεν γνωρίζει τις προθέσεις των άλλων οδηγών ή τι υπάρχει πίσω από μια στροφή.
 - Περίπτωση ομίχλης

Σημασία: Σε μερικώς παρατηρήσιμα περιβάλλοντα απαιτείται *μοντελοποίηση πεποιθήσεων* ή *εκτίμηση κατάστασης*.

Αιτιοκρατικό vs Στοχαστικό περιβάλλον

Αιτιοκρατικό (Ντετερμινιστικό) Περιβάλλον:

- Η επόμενη κατάσταση καθορίζεται πλήρως από την τρέχουσα κατάσταση και την ενέργεια του πράκτορα.
- Παράδειγμα: σκάκι (δεν έχει τυχαιότητα).

Στοχαστικό Περιβάλλον:

- Η επόμενη κατάσταση εξαρτάται και από **τυχαίους** παράγοντες.
- Παράδειγμα: Παιχνίδια με ζάρια, πραγματικά περιβάλλοντα ρομποτικής.

Σημασία: Οι πράκτορες σε στοχαστικά περιβάλλοντα χρειάζονται πιθανοκρατική συλλογιστική και σχεδιασμό υπό αβεβαιότητα.

Επεισοδιακό vs Διαδοχικό περιβάλλον

Επεισοδιακό Περιβάλλον:

- Κάθε απόφαση είναι ανεξάρτητη από τις προηγούμενες.
- Παράδειγμα: Σύστημα αναγνώρισης εικόνας (κάθε εικόνα είναι ανεξάρτητο επεισόδιο).

Διαδοχικό Περιβάλλον:

- Οι τωρινές ενέργειες επηρεάζουν τις μελλοντικές.
- Παράδειγμα: Οδήγηση, σκάκι, γενικά στρατηγικά παιχνίδια.

Σημασία: Στα διαδοχικά περιβάλλοντα ο πράκτορας πρέπει να σχεδιάζει μακροπρόθεσμα.

Στατικό vs Δυναμικό περιβάλλον

Στατικό:

- Το περιβάλλον δεν αλλάζει όσο ο πράκτορας σκέφτεται.
- Παράδειγμα: Επιλύτης Sudoku.

Δυναμικό:

- Το περιβάλλον μπορεί να αλλάζει κατά τη διάρκεια της δράσης ή σκέψης.
- Παράδειγμα: Αυτόνομο όχημα σε κυκλοφορία.

Σημασία: Σε δυναμικά περιβάλλοντα, η αντίδραση σε πραγματικό χρόνο είναι κρίσιμη.

Διακριτό vs Συνεχές περιβάλλον

Διακριτό:

- Ο αριθμός πιθανών καταστάσεων και ενεργειών είναι πεπερασμένος.
- Παράδειγμα: Σκάκι, παζλ 8 πλακιδίων.

Συνεχές:

- Οι καταστάσεις ή οι ενέργειες ανήκουν σε συνεχή χώρο τιμών.
- Παράδειγμα: Ρομπότ που κινείται στο χώρο, αυτόνομη πτήση drone.

Σημασία: Σε συνεχή περιβάλλοντα ο πράκτορας πρέπει να ελέγχει συνεχείς μεταβλητές (όπως θέση ή ταχύτητα) και να συνδυάζει δεδομένα από πολλούς αισθητήρες για να εκτιμήσει σωστά την κατάσταση του περιβάλλοντος.

Ενός Πράκτορα vs Πολλαπλών Πρακτόρων

Ενός Πράκτορα:

- Ο πράκτορας δρα μόνος, το περιβάλλον δεν περιλαμβάνει άλλους ενεργούς πράκτορες.
- Παράδειγμα: Λύτης σταυρολέξου

Πολλαπλών Πρακτόρων:

- Το περιβάλλον περιλαμβάνει άλλους πράκτορες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα.
- Παράδειγμα: σκάκι.

Σημασία: Σε αυτά απαιτείται *συνεργασία, ανταγωνισμός ή συλλογιστική θεωρίας παιγνίων.*

Ανταγωνιστικά περιβάλλοντα

Ορισμός:

- Πολλαπλοί πράκτορες που επιδιώκουν **αντικρουόμενους στόχους**: η επιτυχία του ενός συνεπάγεται την αποτυχία του άλλου (ή μείωση της απόδοσής του).
- **Παράδειγμα**:
 - Σκάκι ή Go: κάθε παίκτης προσπαθεί να νικήσει τον άλλον.
 - Διαπραγματεύσεις: κάθε πράκτορας προσπαθεί να μεγιστοποιήσει το δικό του όφελος.

Χαρακτηριστικά:

- Οι στρατηγικές λαμβάνουν υπόψη **τις ενέργειες και τις πεποιθήσεις των άλλων**.
- Ο πράκτορας χρειάζεται να κάνει **αντίστροφη συλλογιστική** (*opponent modeling*): “αν ο αντίπαλος κάνει X, ποια είναι η βέλτιστη απάντησή μου;”

Συναγωνιστικά/Συνεργατικά περιβάλλοντα

Ορισμός:

- Οι πράκτορες επιδιώκουν κοινούς ή ευθυγραμμισμένους στόχους και ωφελούνται από τη συνεργασία.
- **Παράδειγμα:**
 - Ομάδα ρομπότ που μεταφέρει μαζί ένα αντικείμενο.

Χαρακτηριστικά:

- Απαιτείται επικοινωνία και συντονισμός.
- Οι πράκτορες μοιράζονται ή ανταλλάσσουν πληροφορίες, π.χ. μέσω multi-agent communication protocols.

Ο Ρόλος του Περιβάλλοντος στο Σχεδιασμό του Πράκτορα

Ο τύπος του περιβάλλοντος καθορίζει:

- Την αναπαράσταση της γνώσης (state representation)
- Την αρχιτεκτονική του πράκτορα
- Την ανάγκη για μάθηση, μνήμη ή πρόβλεψη
- Τον τρόπο αξιολόγησης απόδοσης

Παράδειγμα πράκτορα – Ρομπότ καθαρισμού

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	
Ντετερμινισμός	
Επεισοδιακότητα	
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Ρομπότ καθαρισμού

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (αισθητήρες περιορισμένου εύρους)
Ντετερμινισμός	
Επεισοδιακότητα	
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Ρομπότ καθαρισμού

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (αισθητήρες περιορισμένου εύρους)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (το πάτωμα μπορεί να μη καθαριστεί πλήρως)
Επεισοδιακότητα	
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Ρομπότ καθαρισμού

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (αισθητήρες περιορισμένου εύρους)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (το πάτωμα μπορεί να μη καθαριστεί πλήρως)
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό (οι ενέργειες επηρεάζουν τις επόμενες)
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Ρομπότ καθαρισμού

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (αισθητήρες περιορισμένου εύρους)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (το πάτωμα μπορεί να μη καθαριστεί πλήρως)
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό (οι ενέργειες επηρεάζουν τις επόμενες)
Στατικότητα	Δυναμικό (άνθρωποι κινούνται, αλλάζει το περιβάλλον)
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Ρομπότ καθαρισμού

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (αισθητήρες περιορισμένου εύρους)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (το πάτωμα μπορεί να μη καθαριστεί πλήρως)
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό (οι ενέργειες επηρεάζουν τις επόμενες)
Στατικότητα	Δυναμικό (άνθρωποι κινούνται, αλλάζει το περιβάλλον)
Διακριτότητα	Συνεχές (θέση, ταχύτητα, χρόνος)
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Ρομπότ καθαρισμού

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (αισθητήρες περιορισμένου εύρους)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (το πάτωμα μπορεί να μη καθαριστεί πλήρως)
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό (οι ενέργειες επηρεάζουν τις επόμενες)
Στατικότητα	Δυναμικό (άνθρωποι κινούνται, αλλάζει το περιβάλλον)
Διακριτότητα	Συνεχές (θέση, ταχύτητα, χρόνος)
Πράκτορες	Πολλαπλών πρακτόρων (ανθρώπινος πράκτορας στο χώρο, ή συνεργατικό περιβάλλον με στόλο ρομπότ)

Παράδειγμα πράκτορα – Chatbot

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	
Ντετερμινισμός	
Επεισοδιακότητα	
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Chatbot

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο: Γνωρίζει μόνο το κείμενο που παρέχει ο χρήστης, όχι τις πραγματικές του προθέσεις ή το πλαίσιο εκτός συζήτησης.
Ντετερμινισμός	
Επεισοδιακότητα	
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Chatbot

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο: Γνωρίζει μόνο το κείμενο που παρέχει ο χρήστης, όχι τις πραγματικές του προθέσεις ή το πλαίσιο εκτός συζήτησης.
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό: το “περιβάλλον” (δηλαδή ο χρήστης και οι συνθήκες της συνομιλίας) δεν είναι πλήρως προβλέψιμο, οπότε η ίδια ερώτηση μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με το πλαίσιο.
Επεισοδιακότητα	
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Chatbot

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο: Γνωρίζει μόνο το κείμενο που παρέχει ο χρήστης, όχι τις πραγματικές του προθέσεις ή το πλαίσιο εκτός συζήτησης.
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό: το “περιβάλλον” (δηλαδή ο χρήστης και οι συνθήκες της συνομιλίας) δεν είναι πλήρως προβλέψιμο, οπότε η ίδια ερώτηση μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με το πλαίσιο.
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό — κάθε ανταλλαγή εξαρτάται από το ιστορικό της συζήτησης και επηρεάζει τα επόμενα μηνύματα.
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Chatbot

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο: Γνωρίζει μόνο το κείμενο που παρέχει ο χρήστης, όχι τις πραγματικές του προθέσεις ή το πλαίσιο εκτός συζήτησης.
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό: το “περιβάλλον” (δηλαδή ο χρήστης και οι συνθήκες της συνομιλίας) δεν είναι πλήρως προβλέψιμο, οπότε η ίδια ερώτηση μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με το πλαίσιο.
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό — κάθε ανταλλαγή εξαρτάται από το ιστορικό της συζήτησης και επηρεάζει τα επόμενα μηνύματα.
Στατικότητα	Δυναμικό — το περιβάλλον αλλάζει με κάθε είσοδο του χρήστη και μπορεί να επηρεαστεί από εξωτερικές πληροφορίες (π.χ. πρόσβαση στο web).
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Chatbot

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο: Γνωρίζει μόνο το κείμενο που παρέχει ο χρήστης, όχι τις πραγματικές του προθέσεις ή το πλαίσιο εκτός συζήτησης.
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό: το “περιβάλλον” (δηλαδή ο χρήστης και οι συνθήκες της συνομιλίας) δεν είναι πλήρως προβλέψιμο, οπότε η ίδια ερώτηση μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με το πλαίσιο.
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό — κάθε ανταλλαγή εξαρτάται από το ιστορικό της συζήτησης και επηρεάζει τα επόμενα μηνύματα.
Στατικότητα	Δυναμικό — το περιβάλλον αλλάζει με κάθε είσοδο του χρήστη και μπορεί να επηρεαστεί από εξωτερικές πληροφορίες (π.χ. πρόσβαση στο web).
Διακριτότητα	Διακριτό — η επικοινωνία γίνεται μέσω ακολουθιών διακριτών λέξεων
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Chatbot

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο: Γνωρίζει μόνο το κείμενο που παρέχει ο χρήστης, όχι τις πραγματικές του προθέσεις ή το πλαίσιο εκτός συζήτησης.
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό: το “περιβάλλον” (δηλαδή ο χρήστης και οι συνθήκες της συνομιλίας) δεν είναι πλήρως προβλέψιμο, οπότε η ίδια ερώτηση μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με το πλαίσιο.
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό — κάθε ανταλλαγή εξαρτάται από το ιστορικό της συζήτησης και επηρεάζει τα επόμενα μηνύματα.
Στατικότητα	Δυναμικό — το περιβάλλον αλλάζει με κάθε είσοδο του χρήστη και μπορεί να επηρεαστεί από εξωτερικές πληροφορίες (π.χ. πρόσβαση στο web).
Διακριτότητα	Διακριτό — η επικοινωνία γίνεται μέσω ακολουθιών διακριτών λέξεων
Πράκτορες	Πολλαπλοί (ο χρήστης είναι ανεξάρτητος πράκτορας).

Παράδειγμα πράκτορα – Αυτοκινούμενο αυτοκίνητο

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	
Ντετερμινισμός	
Επεισοδιακότητα	
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Αυτοκινούμενο αυτοκίνητο

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (περιορισμένη οπτική, αβεβαιότητα για προθέσεις άλλων οδηγών)
Ντετερμινισμός	
Επεισοδιακότητα	
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Αυτοκινούμενο αυτοκίνητο

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (περιορισμένη οπτική, αβεβαιότητα για προθέσεις άλλων οδηγών)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (απρόβλεπτη συμπεριφορά ανθρώπων, καιρικές συνθήκες)
Επεισοδιακότητα	
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Αυτοκινούμενο αυτοκίνητο

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (περιορισμένη οπτική, αβεβαιότητα για προθέσεις άλλων οδηγών)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (απρόβλεπτη συμπεριφορά ανθρώπων, καιρικές συνθήκες)
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό (οι αποφάσεις επηρεάζουν τις επόμενες καταστάσεις)
Στατικότητα	
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Αυτοκινούμενο αυτοκίνητο

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (περιορισμένη οπτική, αβεβαιότητα για προθέσεις άλλων οδηγών)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (απρόβλεπτη συμπεριφορά ανθρώπων, καιρικές συνθήκες)
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό (οι αποφάσεις επηρεάζουν τις επόμενες καταστάσεις)
Στατικότητα	Δυναμικό (το περιβάλλον αλλάζει διαρκώς)
Διακριτότητα	
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Αυτοκινούμενο αυτοκίνητο

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (περιορισμένη οπτική, αβεβαιότητα για προθέσεις άλλων οδηγών)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (απρόβλεπτη συμπεριφορά ανθρώπων, καιρικές συνθήκες)
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό (οι αποφάσεις επηρεάζουν τις επόμενες καταστάσεις)
Στατικότητα	Δυναμικό (το περιβάλλον αλλάζει διαρκώς)
Διακριτότητα	Συνεχές (ταχύτητα, θέση, κατεύθυνση)
Πράκτορες	

Παράδειγμα πράκτορα – Αυτοκινούμενο αυτοκίνητο

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Παρατηρησιμότητα	Μερικώς παρατηρήσιμο (περιορισμένη οπτική, αβεβαιότητα για προθέσεις άλλων οδηγών)
Ντετερμινισμός	Στοχαστικό (απρόβλεπτη συμπεριφορά ανθρώπων, καιρικές συνθήκες)
Επεισοδιακότητα	Διαδοχικό (οι αποφάσεις επηρεάζουν τις επόμενες καταστάσεις)
Στατικότητα	Δυναμικό (το περιβάλλον αλλάζει διαρκώς)
Διακριτότητα	Συνεχές (ταχύτητα, θέση, κατεύθυνση)
Πράκτορες	Πολλαπλών (άλλα οχήματα, πεζοί, συστήματα ελέγχου)

Διαδικασία Σχεδιασμού Πράκτορα

➤ Βήματα:

- 1) Ορισμός PEAS,
- 2) Ανάλυση ιδιοτήτων περιβάλλοντος,
- 3) Σχεδιασμός αισθητήρων/πράξεων,
- 4) Υλοποίηση/εκπαίδευση,
- 5) Αξιολόγηση/δοκιμές,
- 6) Παρακολούθηση/αναβάθμιση.

Κατηγορίες Πρακτόρων

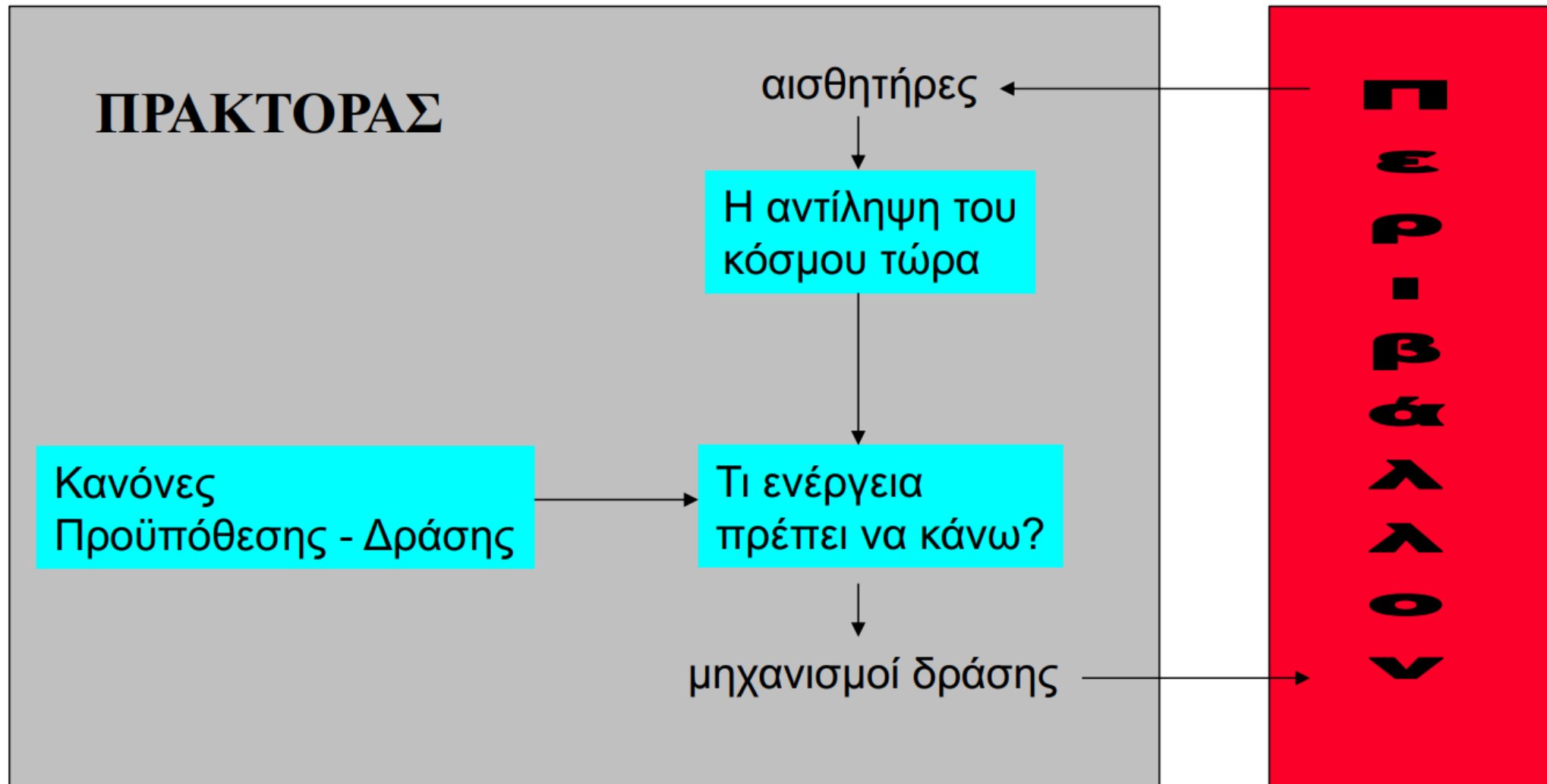
Κατηγορίες Πρακτόρων

- Οι πράκτορες μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το πώς λαμβάνουν αποφάσεις και πόση πληροφορία διατηρούν για το περιβάλλον τους.
- Η ταξινόμηση αυτή βοηθά στο να κατανοήσουμε την πολυπλοκότητα της συμπεριφοράς τους και ποιες τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης εφαρμόζονται σε κάθε περίπτωση.
- Αντιδραστικοί πράκτορες
- Αντιδραστικοί Πράκτορες με εσωτερικό Μοντέλο
- Πράκτορες βασισμένοι σε στόχους
- Μαθαίνοντες Πράκτορες

Αντιδραστικοί Πράκτορες (Reflex Agents)

- **Ορισμός:** Αντιδρούν άμεσα στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος χωρίς να λαμβάνουν υπόψη ιστορικό ή μέλλον.
- **Μηχανισμός:** Χρησιμοποιούν κανόνες τύπου *if condition* → *action*.
- **Πλεονεκτήματα:** Απλοί, γρήγοροι, κατάλληλοι για ντετερμινιστικά και πλήρως παρατηρήσιμα περιβάλλοντα.
- **Μειονεκτήματα:** Δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν περιβάλλοντα όπου οι ενέργειες έχουν μακροπρόθεσμες συνέπειες.
- **Παράδειγμα:** Αυτόματο σύστημα φρένων αυτοκινήτου που ενεργοποιείται άμεσα μόλις ανιχνεύσει εμπόδιο.

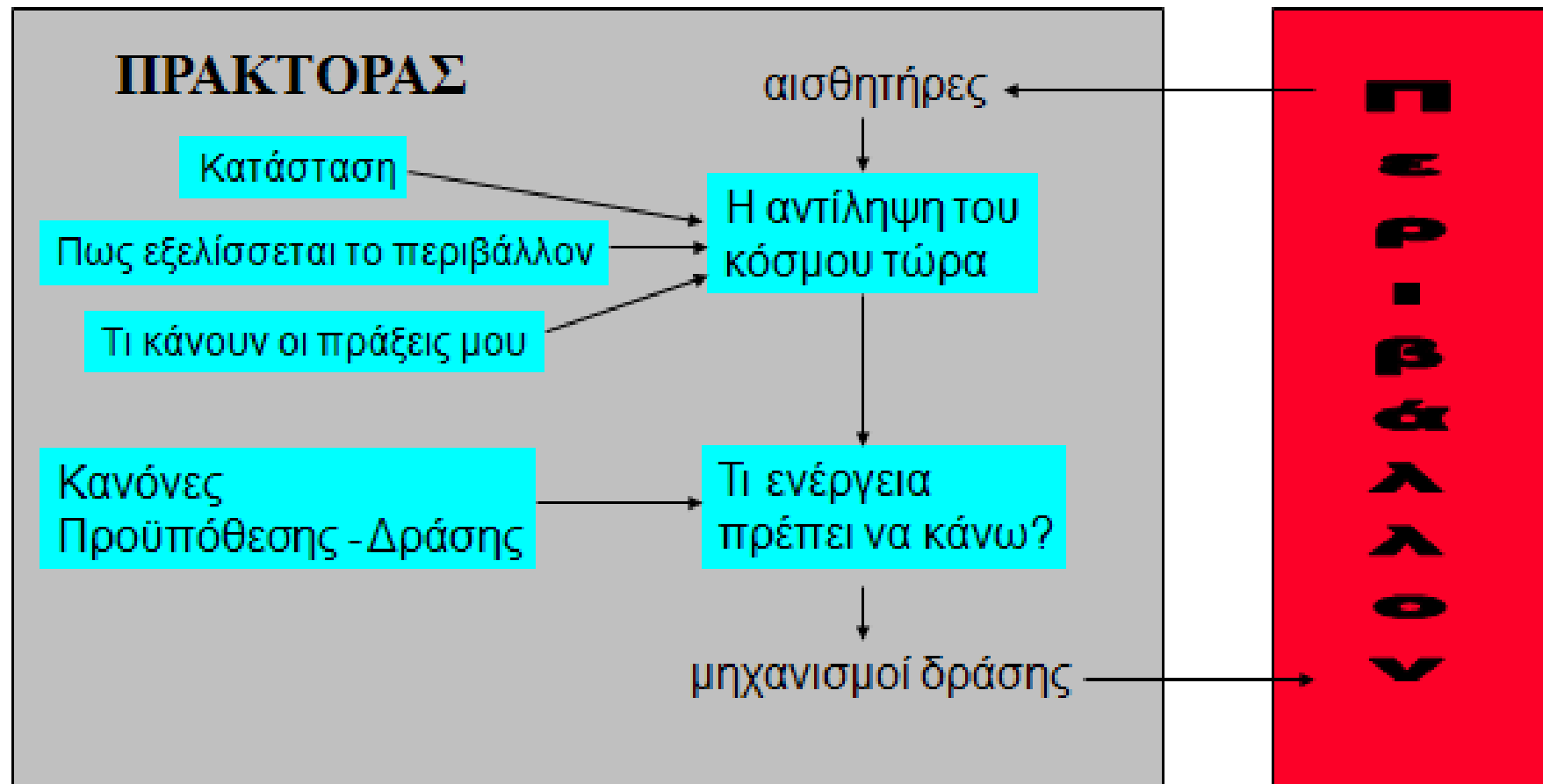
Αντιδραστικοί Πράκτορες (Reflex Agents)



Αντιδραστικοί Πράκτορες με εσωτερικό Μοντέλο (*Model-based Reflex Agents*)

- **Ορισμός:** Κρατούν ένα εσωτερικό μοντέλο του περιβάλλοντος για να αποφασίζουν καλύτερα.
- **Μηχανισμός:** Συνδυάζουν κανόνες ανακλαστικού τύπου με πληροφορία από προηγούμενες καταστάσεις.
- **Πλεονεκτήματα:** Μπορούν να χειριστούν μερικώς παρατηρήσιμα περιβάλλοντα και σύνθετες αλληλουχίες ενεργειών.
- **Παράδειγμα:** Ρομπότ καθαρισμού που θυμάται ποια δωμάτια έχει ήδη καθαρίσει.

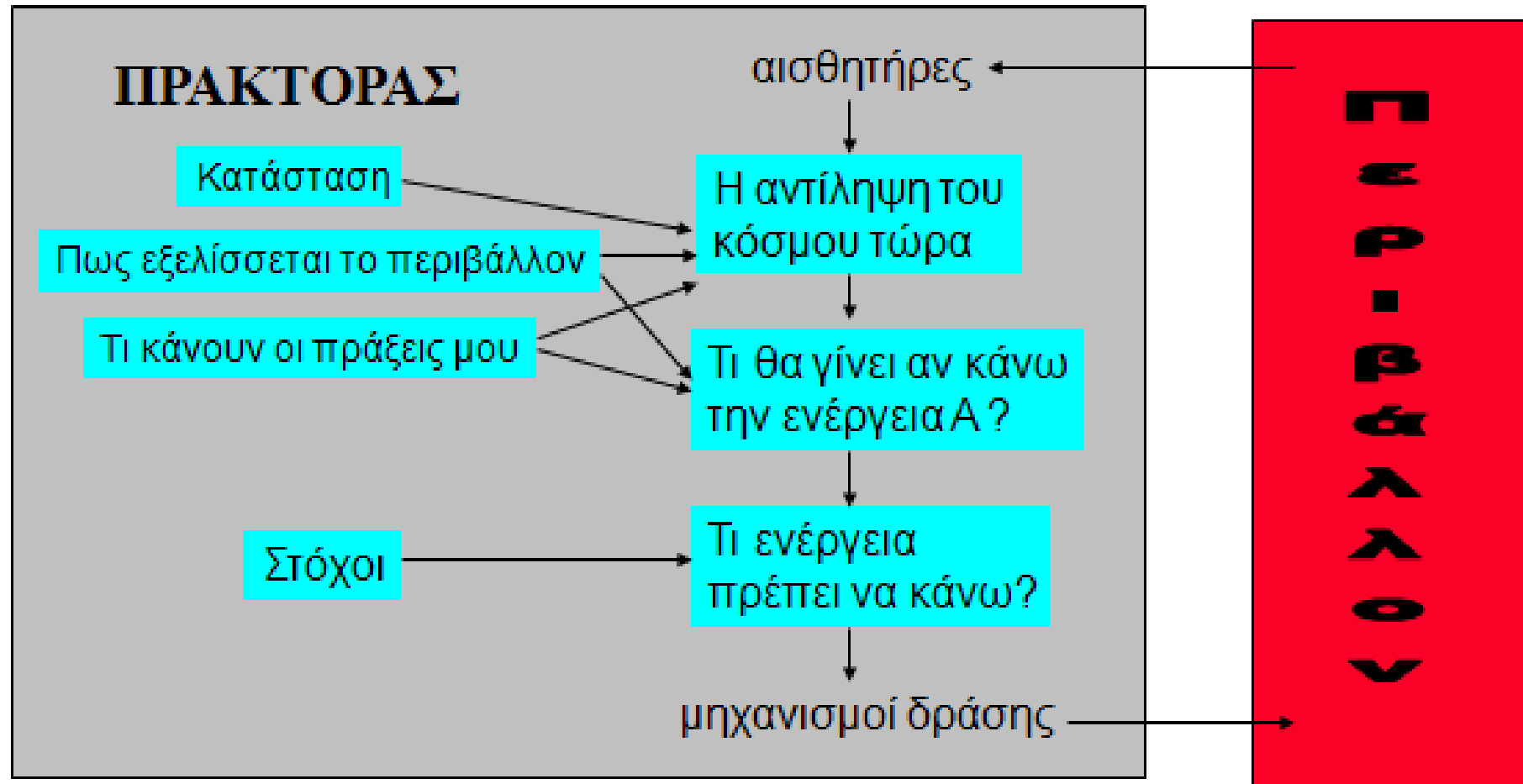
Αντιδραστικοί Πράκτορες με εσωτερικό Μοντέλο (*Model-based Reflex Agents*)



Πράκτορες βασισμένοι σε στόχους (Goal-based Agents)

- **Ορισμός:** Επιλέγουν ενέργειες με βάση τη σύγκριση με ένα στόχο που θέλουν να πετύχουν.
- **Μηχανισμός:** Χρησιμοποιούν διαδικασίες λήψης αποφάσεων και αναζήτησης για να φτάσουν στον στόχο.
- **Πλεονεκτήματα:** Ευέλικτοι, μπορούν να αντιμετωπίσουν διαφορετικά σενάρια και εμπόδια.
- **Παράδειγμα:** Αυτοκινούμενο αυτοκίνητο που σχεδιάζει πορεία για να φτάσει σε προορισμό

Πράκτορες βασισμένοι σε στόχους (Goal-based Agents)



Goal-based Agents vs. Reflex Agents

- Η συλλογιστική που βασίζεται σε στόχους **διαφέρει ουσιαστικά** από την συλλογιστική που βασίζεται στην αντίδραση με βάση κανόνες.
- Η συλλογιστική που βασίζεται σε στόχους σημαίνει συλλογισμό για το μέλλον.
 - Τι θα γίνει αν κάνω την πράξη A;
- Στη συλλογιστική που βασίζεται στην αντίδραση με βάση κανόνες ο σχεδιαστής έχει προϋπολογίσει τη σωστή πράξη για μερικές ενδιαφέρουσες περιπτώσεις.
- Η συλλογιστική που βασίζεται σε στόχους είναι υπολογιστικά πιο δύσκολη αλλά πολύ πιο λειτουργική.



Πράκτορες βασισμένοι στη χρησιμότητα (Utility-based Agents)

- **Ορισμός:** Επιλέγουν ενέργειες που μεγιστοποιούν μια συνάρτηση χρησιμότητας, δηλαδή το πόσο “καλή” είναι μια κατάσταση για τον πράκτορα.
- **Μηχανισμός:** Υπολογίζουν την αναμενόμενη χρησιμότητα κάθε πιθανής ενέργειας και επιλέγουν αυτή με τη μέγιστη τιμή.
- **Πλεονεκτήματα:** Λαμβάνουν υπόψη αβεβαιότητα, ρίσκο και προτιμήσεις, επιτρέπουν πιο ευέλικτη και βέλτιστη συμπεριφορά.
- **Παράδειγμα:** Έξυπνο σύστημα θέρμανσης που ρυθμίζει τη θερμοκρασία ώστε να ισορροπεί ανάμεσα σε άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας, μεγιστοποιώντας τη συνολική χρησιμότητα για τον χρήστη.

Μαθαίνοντες Πράκτορες (Learning Agents)

- **Ορισμός:** Πράκτορες που **βελτιώνουν τη συμπεριφορά τους με βάση την εμπειρία**. Μαθαίνουν από την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον.
- **Μηχανισμός:** Χρησιμοποιούν τεχνικές μάθησης για να βελτιστοποιήσουν τις ενέργειες τους.
- **Πλεονεκτήματα:** Μπορούν να λειτουργήσουν σε απρόβλεπτα ή στοχαστικά περιβάλλοντα.
- **Παράδειγμα:** Αυτοκινούμενο όχημα, που βελτιώνει την απόδοσή του μέσω ενισχυτικής μάθησης.

Σημείωση: Συστήματα όπως το ChatGPT είναι **προϊόντα μάθησης**, αλλά **όχι μαθαίνοντες πράκτορες**, αφού δεν προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους κατά τη λειτουργία τους.