



Πολυτεχνείο
Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

*Εισαγωγή στην Τεχνητή
Νοημοσύνη*

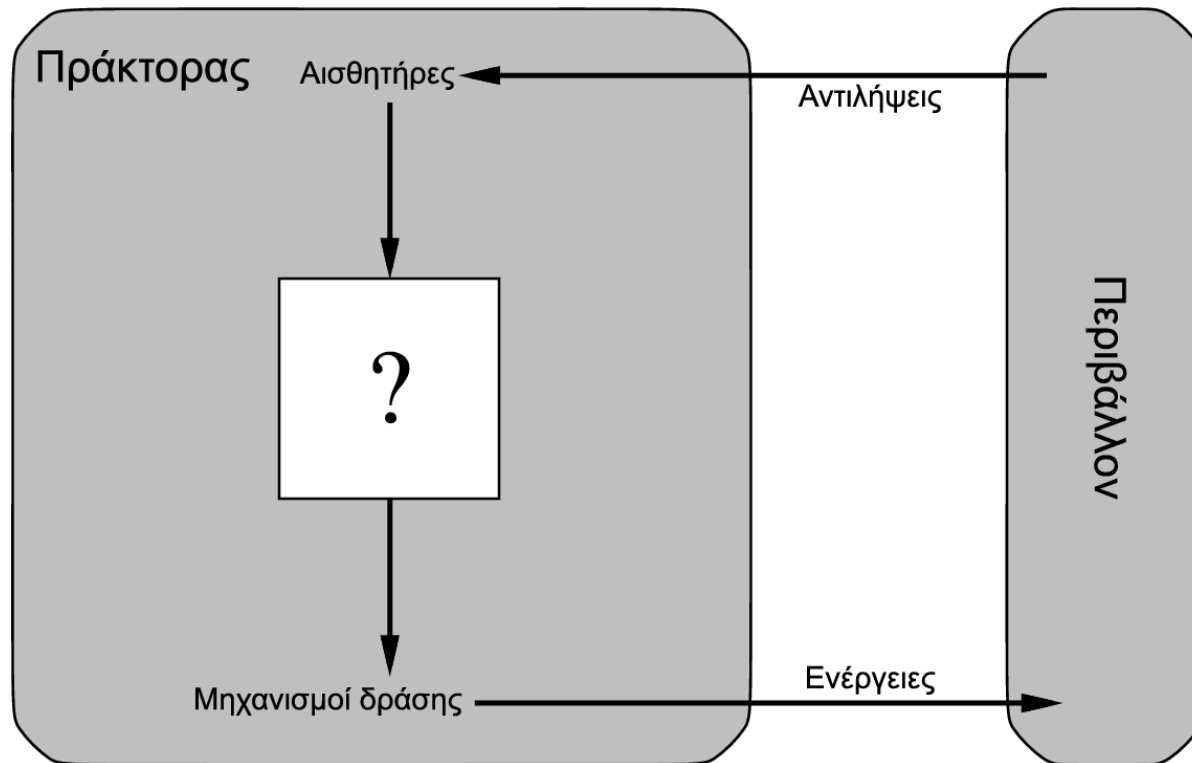
Πράκτορες

Τσαφράκης Στέλιος

Πράκτορες

- Πράκτορας είναι οτιδήποτε μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιλαμβάνεται το **περιβάλλον** του (environment) μέσω **αισθητήρων** (sensors), και επενεργεί σε αυτό το περιβάλλον μέσω **μηχανισμών δράσης** (actuators).
- Άνθρωπος:
 - μάτια, αυτιά (αισθητήρες), χέρια, πόδια, στόμα (μηχανισμοί δράσης)
- Ρομποτικός πράκτορας:
 - κάμερες, ανιχνευτές υπέρυθρων (αισθητήρες), κινητήρες (μηχανισμοί δράσης)
- Λογισμικός πράκτορας:
 - πατήματα πλήκτρων, περιεχόμενα αρχείων, πακέτα δικτύου (αισθητηριακές είσοδοι), εμφάνιση στοιχείων στην οθόνη, εγγραφή σε αρχεία, αποστολή πακέτων δικτύου (δράσεις)

Πράκτορες και Περιβάλλοντα

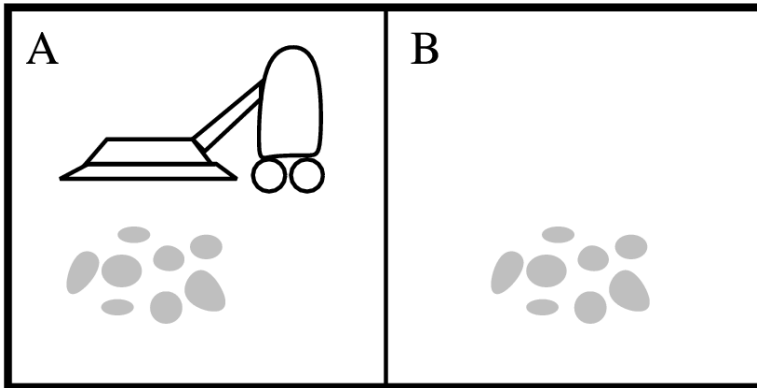


- Γενική παραδοχή: κάθε πράκτορας μπορεί να αντιλαμβάνεται τις δικές του ενέργειες (αλλά όχι πάντα τις επιπτώσεις τους)

Αντιλήψεις

- Αντιλήψεις: οι αντιληπτικές είσοδοι που δέχεται ο πράκτορας οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή.
- Ακολουθία αντιλήψεων: το πλήρες ιστορικό όλων όσων έχει αντιληφθεί ο πράκτορας
- Συμπεριφορά πράκτορα περιγράφεται από τη συνάρτηση πράκτορα:
 - Ακολουθίες αντιλήψεων → Ενέργειες
- Πίνακας (εξωτερικός προσδιορισμός)
- Εσωτερικό πρόγραμμα (εσωτερικά)

Ο κόσμος της ηλεκτρικής σκούπας



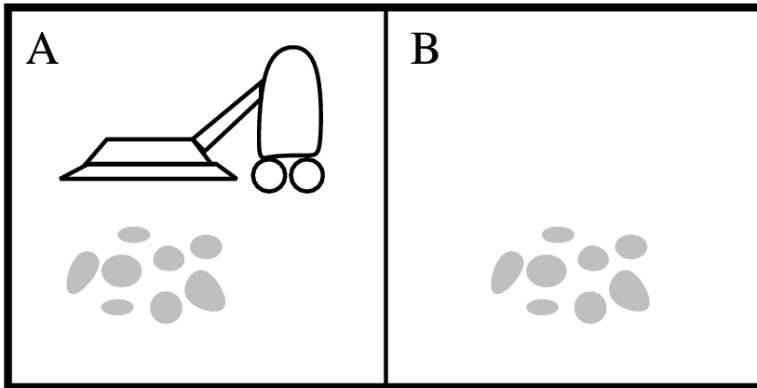
Διαθέσιμες ενέργειες
Αριστερά
Δεξιά
Αναρρόφηση

Συνάρτηση:

- Αν το τρέχον τετράγωνο είναι σκονισμένο τότε αναρρόφησε
- αλλιώς μετακινήσου στο άλλο τετράγωνο

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

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 (performance measure)

- Το κριτήριο για την επιτυχημένη συμπεριφορά του πράκτορα.
- Εξαρτάται από την ακολουθία ενεργειών του πράκτορα.
- Πρέπει να επιβάλλεται από τον σχεδιαστή του πράκτορα.
- Πιθανές παράμετροι μέτρου απόδοσης στον κόσμο της ηλεκτρικής σκούπας:
 - Πόση σκόνη καθαρίστηκε σε συγκεκριμένο χρόνο
 - Καθαρά τετράγωνα επί μονάδες χρόνου
 - Σύνολο μετακινήσεων
- 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.

Ορθολογικότητα

- Το τι είναι ορθολογικό σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή εξαρτάται από τέσσερα πράγματα:
 - Από το μέτρο της απόδοσης που ορίζει το κριτήριο της επιτυχίας.
 - Από την προηγούμενη γνώση του πράκτορα για το περιβάλλον.
 - Από τις ενέργειες που μπορεί να πραγματοποιήσει ο πράκτορας.
 - Από την ακολουθία αντιλήψεων του πράκτορα μέχρι στιγμής.
- **Ορισμός ορθολογικού πράκτορα:**
 - *Για κάθε δυνατή ακολουθία αντιλήψεων, ένας ορθολογικός πράκτορας θα πρέπει να επιλέγει μια ενέργεια που αναμένεται να μεγιστοποιήσει το μέτρο της απόδοσής του, με δεδομένα τα τεκμήρια που παρέχονται από την ακολουθία αντιλήψεων και την οποιαδήποτε ενσωματωμένη γνώση έχει ο πράκτορας.*

Ορθολογικότητα, Μάθηση, Αυτονομία

- Η ορθολογικότητα δεν απαιτεί παντογνωσία.
 - Μεγιστοποιούμε την *αναμενόμενη* χρησιμότητα, βάσει της ακολουθίας αντιλήψεων *μέχρι στιγμής*.
- Συλλογή πληροφοριών με σκοπό την τροποποίηση μελλοντικών αντιλήψεων
- Εξερεύνηση του περιβάλλοντος
- Ο πράκτορας πρέπει όχι μόνο να συλλέγει πληροφορίες αλλά & να μαθαίνει από αυτά που αντιλαμβάνεται.
- Μάθηση: Αυτόματη επαύξηση της προηγούμενης γνώσης.
- Αυτονομία: Βασίζεται στη μάθηση.
 - Μετά από αρκετή εμπειρία του περιβάλλοντός του, η συμπεριφορά ενός ορθολογικού πράκτορα μπορεί να γίνει ουσιαστικά *ανεξάρτητη* από την προηγούμενη γνώση του.

Μηχανική μάθηση

- Περιοχή της τεχνητής νοημοσύνης
- Αφορά αλγορίθμους και μεθόδους που επιτρέπουν στους υπολογιστές να «μαθαίνουν»:
 - κατασκευή προσαρμόσιμων (adaptable) προγραμμάτων
- Επικαλύπτεται σημαντικά με τη στατιστική (ασχολούνται με ανάλυση δεδομένων)
- Κατηγορίες μάθησης:
 - μάθηση με επίβλεψη (supervised learning), όπου ο αλγόριθμος κατασκευάζει μια συνάρτηση που απεικονίζει δεδομένες εισόδους σε γνωστές, επιθυμητές εξόδους (σύνολο εκπαίδευσης), με απώτερο στόχο τη γενίκευση της συνάρτησης αυτής και για εισόδους με άγνωστη έξοδο (σύνολο ελέγχου).
 - μάθηση χωρίς επίβλεψη (unsupervised learning), όπου ο αλγόριθμος κατασκευάζει ένα μοντέλο για κάποιο σύνολο εισόδων χωρίς να γνωρίζει επιθυμητές εξόδους για το σύνολο εκπαίδευσης.
 - Μάθηση με μερική επίβλεψη

Περιβάλλοντα εργασιών (1/2)

- Είναι ουσιαστικά τα «προβλήματα» για τα οποία οι ορθολογικοί πράκτορες είναι οι «λύσεις»
- Μέτρο απόδοσης, εξωτερικό περιβάλλον, μηχανισμοί δράσης, αισθητήρες - PEAS (Performance, Environment, Actuators, Sensors)
- 1^ο βήμα στο σχεδιασμό πράκτορα: καθορισμός περιβάλλοντος εργασιών
- π.χ. **Τύπος πράκτορα:** Αυτόματος οδηγός ταξί

Μέτρο Απόδοσης: Σωστό, ασφαλές, γρήγορο, νόμιμο, άνετο δρομολόγιο, μεγιστοποίηση των κερδών

Περιβάλλον: Δρόμοι, άλλα οχήματα, πεζοί, πελάτες

Μηχανισμοί δράσης: Τιμόνι, γκάζι, φρένο, κόρνα, οθόνη

Αισθητήρες: Κάμερες, σόναρ, υπέρυθρες, ταχύμετρο, GPS, αισθητήρες κινητήρα, Πληκτρολόγιο

Περιβάλλοντα εργασιών (2/2)

Τύπος πράκτορα	Μέτρο απόδοσης	Περιβάλλον	Μηχανισμοί δράσης	Αισθητήρες
Συστήματα ιατρικής διάγνωσης	Υγιής ασθενής, ελαχιστοποίηση κόστους και μηνύσεων	Ασθενής, νοσοκομείο, προσωπικό	Εμφάνιση ερωτήσεων, εξετάσεων, διαγνώσεων, θεραπειών, παραπομπών	Πληκτρολόγηση συμπτωμάτων, ευρημάτων, απαντήσεων ασθενή
Ρομπότ διαλογής εξαρτημάτων	Ποσοστό εξαρτημάτων στα σωστά κουτιά	Ζώνη μεταφοράς με τα εξαρτήματα κουτιά	Αρθρωτός βραχίονας και λαβή	Κάμερα, αισθητήρες με στρεφόμενη άρθρωση.
Ελεγκτής διυλιστηρίου	Μεγιστοποίηση καθαρότητας, απόδοσης, ασφάλειας	Διυλιστήριο, χειριστές	Βαλβίδες, αντλίες, θερμαντήρες, οθόνες	Θερμοκρασία, πίεση, χημικοί αισθητήρες
Αλληλεπιδραστικός εκπαιδευτής Αγγλικής γλώσσας	Μεγιστοποίηση βαθμολογίας σπουδαστών στις εξετάσεις	Σύνολο σπουδαστών, υπηρεσία εξετάσεων	Εμφάνιση ασκήσεων, υποδείξεων, διορθώσεων	Πληκτρολόγηση
Σύστημα ανάλυσης δορυφορικών εικόνων	Σωστή κατάταξη εικόνων σε κατηγορίες	Σύνδεση με δορυφόρο που είναι σε τροχιά	Εμφάνιση κατηγοριοποίησης σκηνής	Διατάξεις έγχρωμων εικονοστοιχείων

Ιδιότητες περιβαλλόντων εργασιών (1/2)

- Πλήρως παρατηρήσιμο / Μερικώς παρατηρήσιμο
- Αιτιοκρατικό / Στοχαστικό
 - Στρατηγικό: Αιτιοκρατικό, με εξαίρεση τις ενέργειες των άλλων πρακτόρων.
- Επείσοδιακό / Ακολουθιακό
- Στατικό / Δυναμικό
 - Ημιδυναμικά: Η «βαθμολογία» του πράκτορα εξαρτάται από το χρόνο.
- Διακριτό / Συνεχές
 - Όσον αφορά: κατάσταση περιβάλλοντος, αντιμετώπιση του χρόνου, αντιλήψεις ή ενέργειες του πράκτορα.
- Μονοπρακτορικό / Πολυπρακτορικό
 - Ανταγωνιστικά, συνεργατικά
 - Επικοινωνία

Ιδιότητες περιβαλλόντων εργασιών (2/2)

Περιβάλλον εργασιών	Παρατηρήσιμο	Αιτιοκρατικό / Στοχαστικό	Επείσοδιακό/ Ακολουθιακό	Στατικό/ Δυναμικό	Διακριτό/ Συνεχές	Πράκτορες
Σταυρόλεξο	Πλήρως	Αιτιοκρατικό	Ακολουθιακό	Στατικό	Διακριτό	Ένας
Σκάκι με χρονόμετρο	Πλήρως	Στρατηγικό	Ακολουθιακό	Ημι	Διακριτό	Πολλοί
Πόκερ	Μερικώς	Στοχαστικό	Ακολουθιακό	Στατικό	Διακριτό	Πολλοί
Τάβλι	Πλήρως	Στοχαστικό	Ακολουθιακό	Στατικό	Διακριτό	Πολλοί
Οδήγηση ταξί	Μερικώς	Στοχαστικό	Ακολουθιακό	Δυναμικό	Συνεχές	Πολλοί
Ιατρική διάγνωση	Μερικώς	Στοχαστικό	Ακολουθιακό	Δυναμικό	Συνεχές	Ένας
Ανάλυση εικόνων	Πλήρως	Αιτιοκρατικό	Επείσοδιακό	Ημι	Συνεχές	Ένας
Ρομπότ διαλογής εξαρτημάτων	Μερικώς	Στοχαστικό	Επείσοδιακό	Δυναμικό	Συνεχές	Ένας
Ελεγκτής διυλιστηρίου	Μερικώς	Στοχαστικό	Ακολουθιακό	Δυναμικό	Συνεχές	Ένας
Αλληλεπιδραστικός εκπαιδευτής Αγγλικής	Μερικώς	Στοχαστικό	Ακολουθιακό	Δυναμικό	Διακριτό	Πολλοί

Η δομή των πρακτόρων

Προγράμματα πρακτόρων

- Πράκτορας = αρχιτεκτονική (συσκευή με αισθητήρες & μηχανισμούς δράσης) + πρόγραμμα
- Πρόγραμμα πράκτορα:
 - Είσοδος: Τρέχουσα αντίληψη (αν οι ενέργειες του πράκτορα εξαρτώνται από ολόκληρη την ακολουθία αντιλήψεων, ο πράκτορας θα πρέπει να θυμάται τις αντιλήψεις)
 - Έξοδος: Μια ενέργεια
- Η πιο απλή προσέγγιση:
 - **function** Table-Driven-Agent(*αντίληψη*) **returns** *ενέργεια*
static: *αντιλήψεις* (ακολουθία αντιλήψεων, αρχικά κενή)
πίνακας (πίνακας ενεργειών ευρετηριασμένος κατά ακολουθία αντιλήψεων)
προσάρτησε *αντίληψη* στο τέλος της ακολουθίας *αντιλήψεις*
ενέργεια ← Lookup(*αντιλήψεις*, *πίνακας*)
return *ενέργεια*

Απλοί αντανεκλαστικοί πράκτορες (1/2)

- **function** *Reflex-Vacuum-Agent*([θέση, κατάσταση]) **return** μια ενέργεια

if κατάσταση = Σκονισμένο **then return** Αναρρόφηση
else if θέση = A **then return** Δεξιά
else if θέση = B **then return** Αριστερά

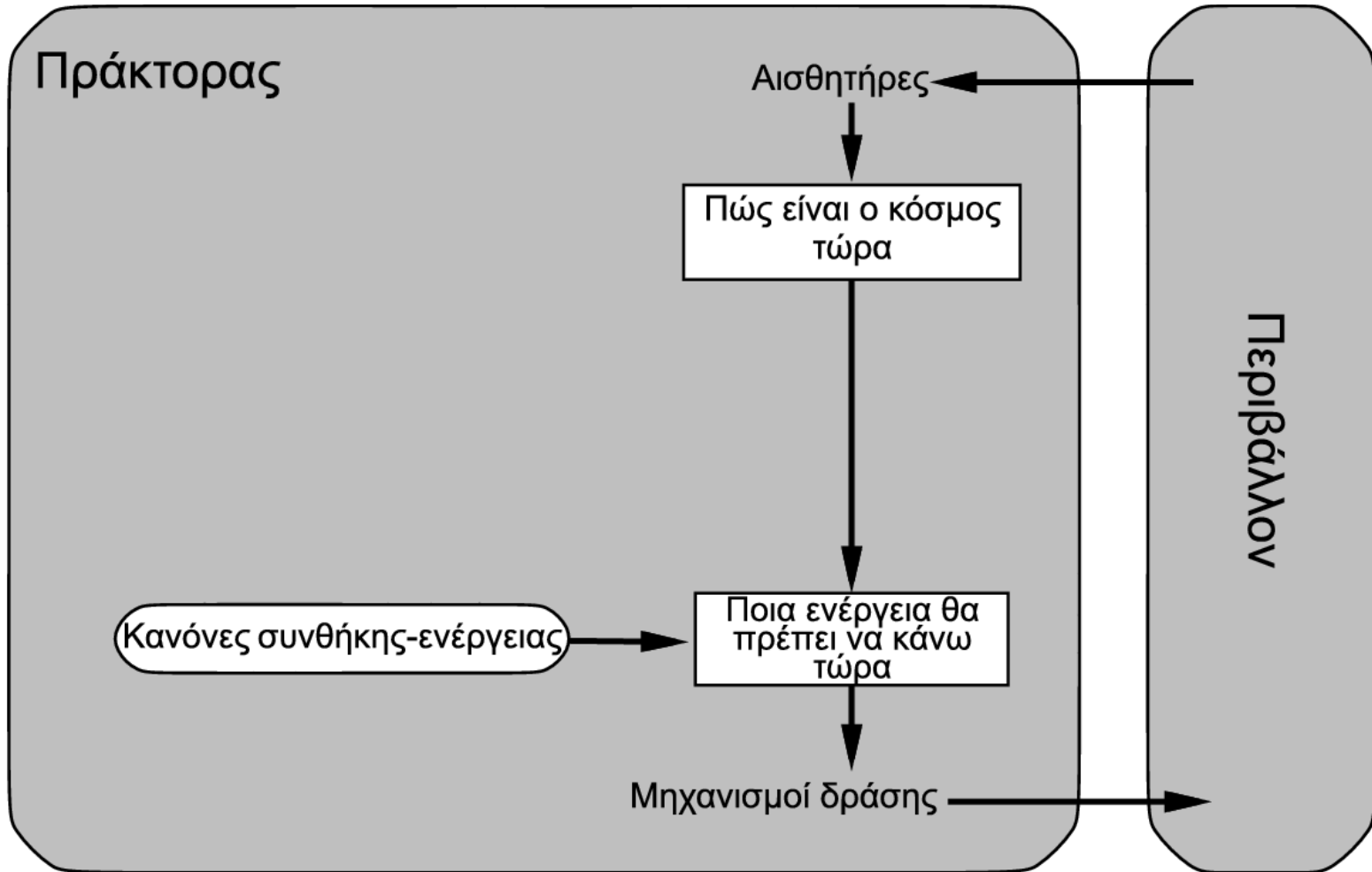
- Κανόνες συνθήκης-ενέργειας:

– *if* προπορευόμενο-όχημα-φρενάρει **then** άρχισε-να-φρενάρεις

- **function** *Simple-Reflex-Agent*(αντίληψη) **returns** μια ενέργεια
static: κανόνες (ένα σύνολο κανόνων συνθήκης–ενέργειας)

κατάσταση $\leftarrow$ *Interpret-Input*(αντίληψη)
κανόνας $\leftarrow$ *Rule-Match*(κατάσταση, κανόνες)
ενέργεια $\leftarrow$ *Rule-Action*[κανόνας]
return ενέργεια

Απλοί αντανεκλαστικοί πράκτορες (2/2)



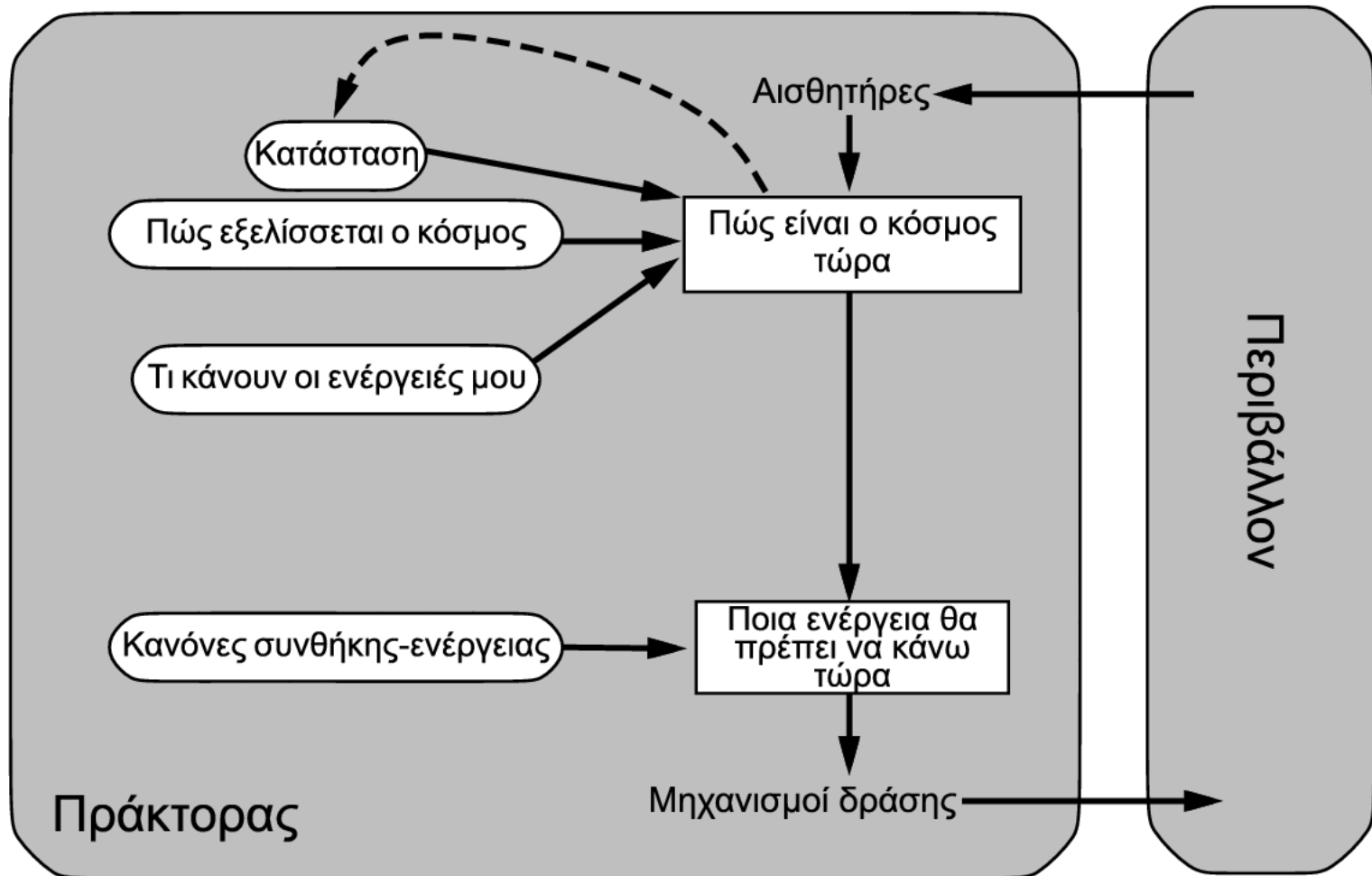
*if προπορευόμενο-όχημα-φρενάρει
then άρχισε-να-φρενάρεις*

Αντανακλαστικοί πράκτορες με μοντέλο (1/2)

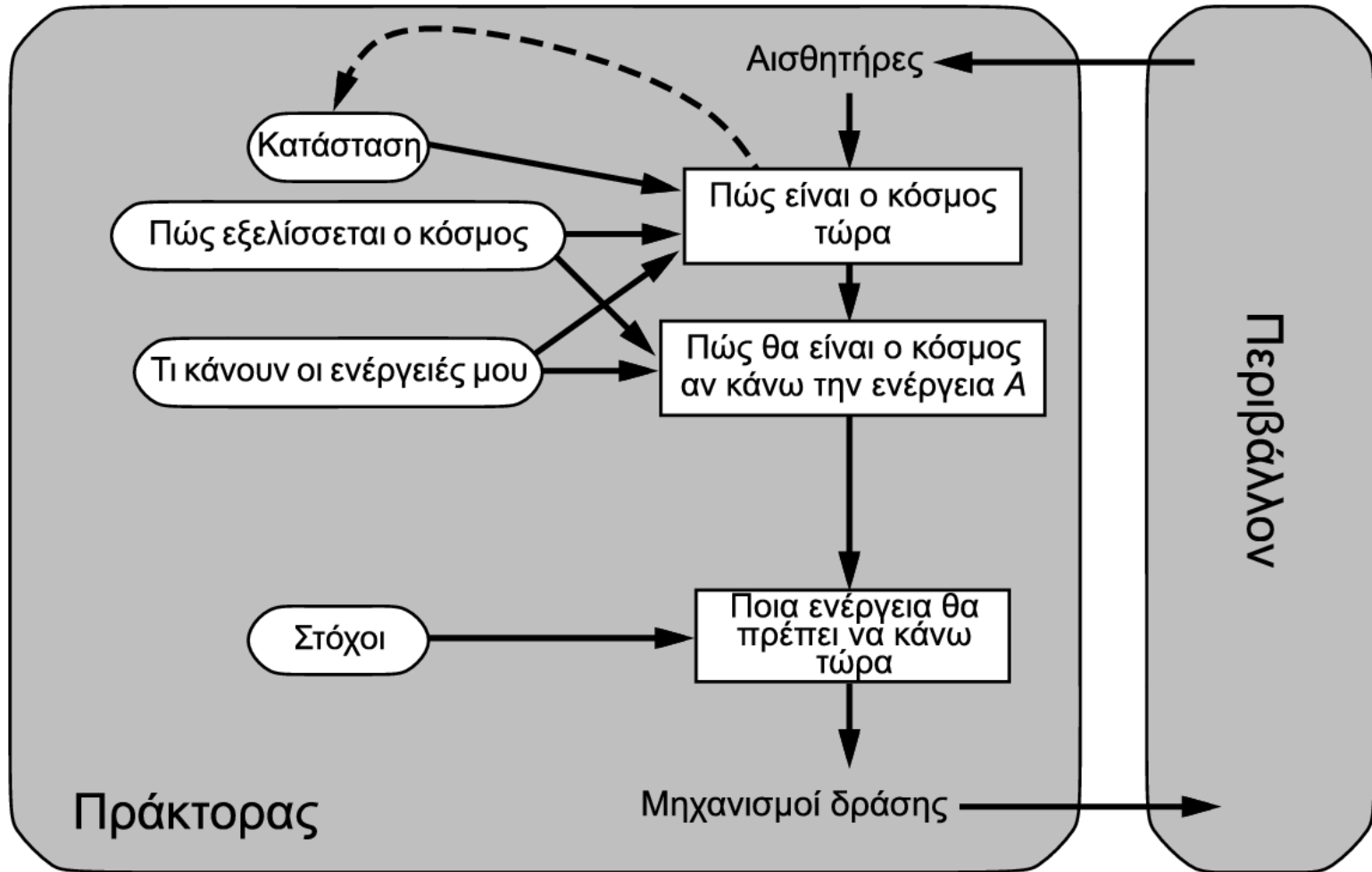
- Εσωτερική κατάσταση: Ο πράκτορας να παρακολουθεί το τμήμα του κόσμου που δεν μπορεί να δει τώρα.
- Ο οδηγός ταξί παρακολουθεί που βρίσκονται τα άλλα οχήματα πριν αλλάξει λωρίδα
- Μοντέλο: Γνώση για το πώς λειτουργεί ο κόσμος.
- **function** Reflex-Agent-With-State(*αντίληψη*) **returns** μια ενέργεια
static: *κατάσταση* (περιγραφή της τρέχουσας κατάστασης του κόσμου)
κανόνες (ένα σύνολο κανόνων συνθήκης–ενέργειας)
ενέργεια (η πιο πρόσφατη ενέργεια, αρχικά καμία)

κατάσταση ← Update-State(*κατάσταση*, *ενέργεια*, *αντίληψη*)
κανόνας ← Rule-Match(*κατάσταση*, *κανόνες*)
ενέργεια ← Rule-Action[*κανόνας*]
return *ενέργεια*

Αντανακλαστικοί πράκτορες με μοντέλο (2/2)

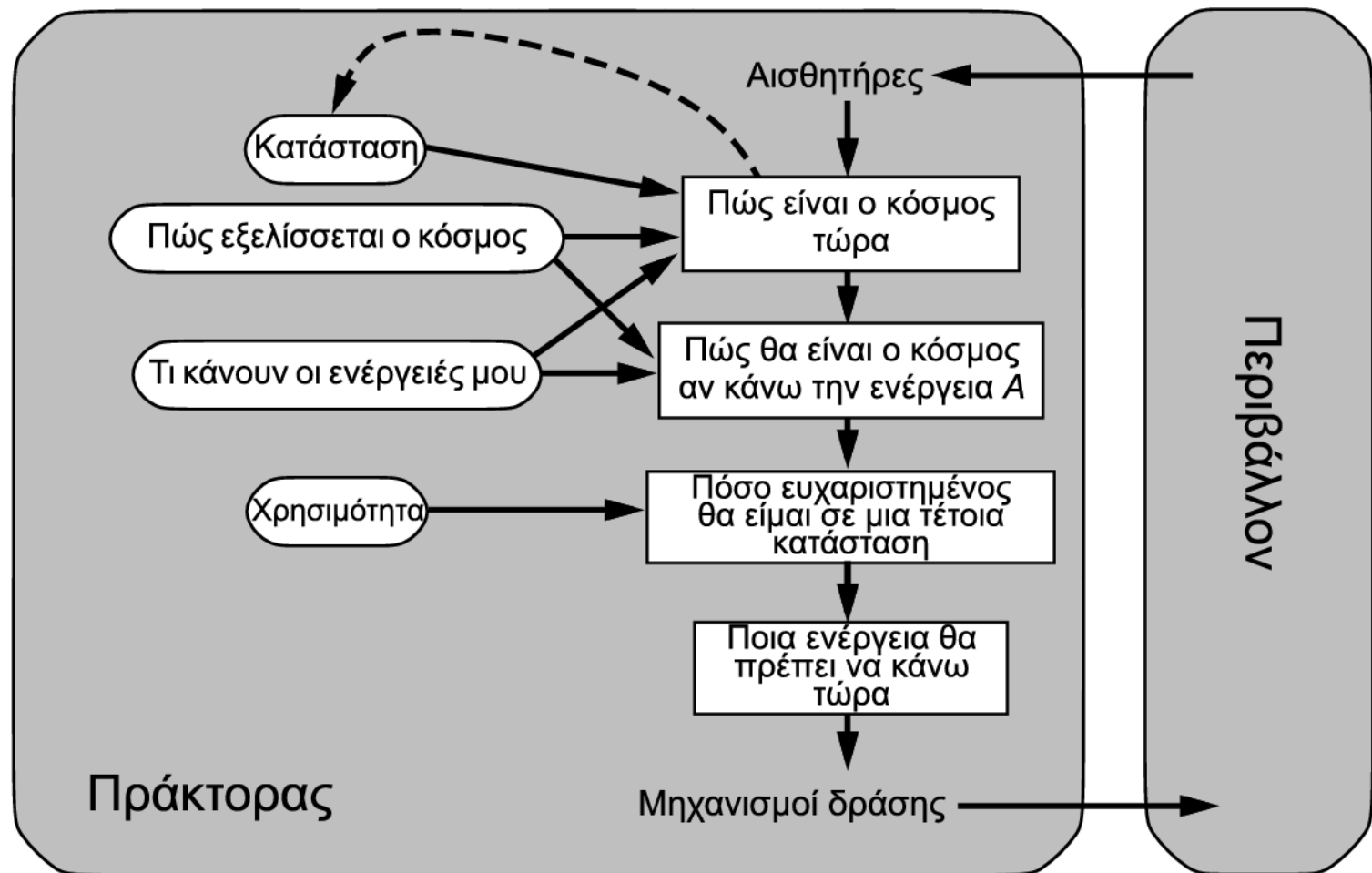


Πράκτορες βασισμένοι στο στόχο



- Που θα στρίψω σε ένα σταυροδρόμι για να φτάσω στον προορισμό
- Όταν η επίτευξη του στόχου δεν προκύπτει άμεσα από μία μόνο ενέργεια:
 - αναζήτηση, σχεδιασμός (εύρεση ακολουθιών ενεργειών για επίτευξη στόχων)

Πράκτορες βασισμένοι στη χρησιμότητα



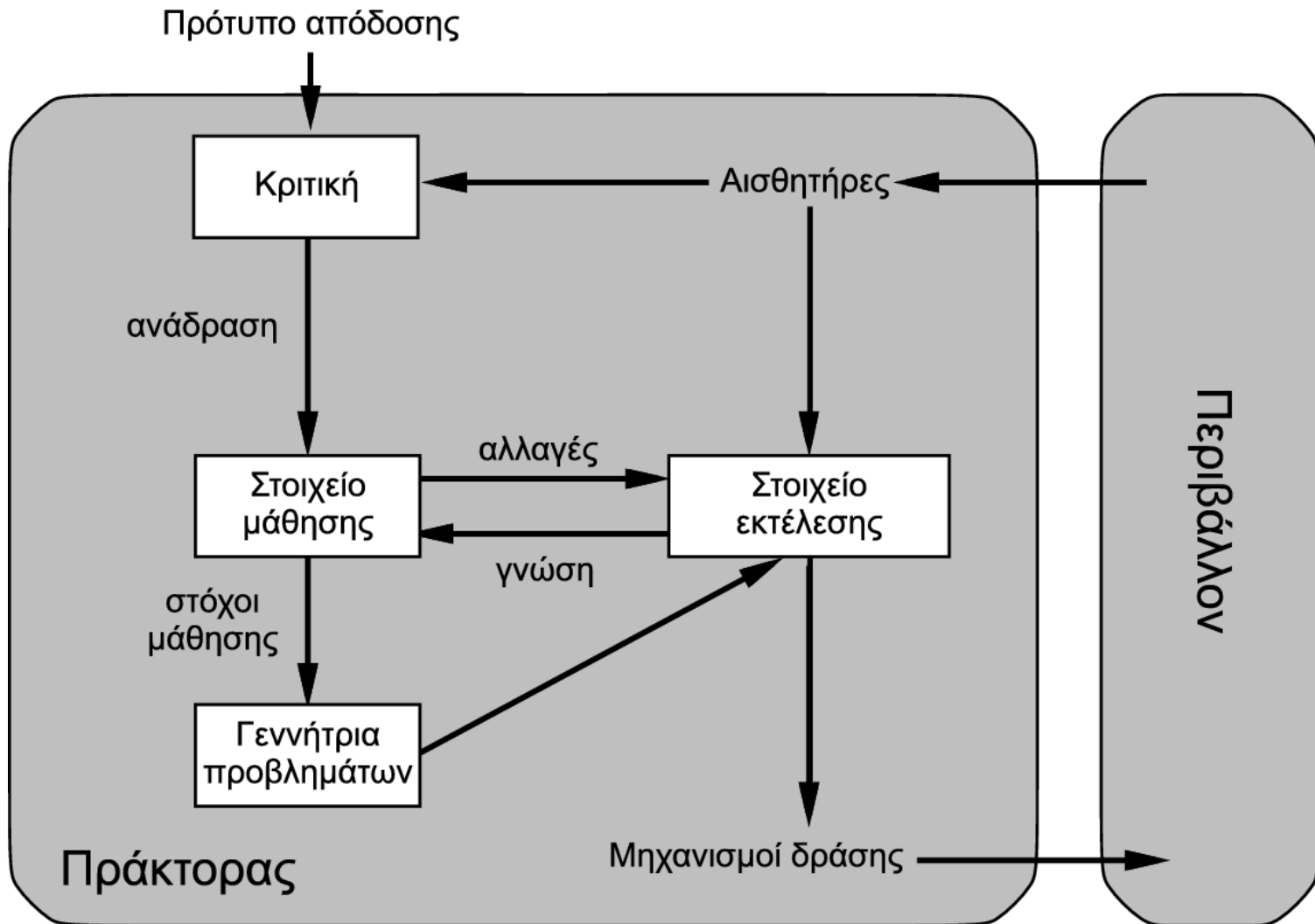
- Συνάρτηση χρησιμότητας: αντιστοιχίζει μια κατάσταση (ή ακολουθία καταστάσεων) σε ένα βαθμό ικανοποίησης (χρησιμότητα)
- Ποια είναι η πιο ελκυστική διαδρομή για να φτάσω στον προορισμό

Πράκτορες που μαθαίνουν (1/3)

Ένας πράκτορας που μαθαίνει διαθέτει 4 μέρη:

- **Στοιχείο εκτέλεσης** - είναι υπεύθυνο για την επιλογή των εξωτερικών ενεργειών
- **Στοιχείο μάθησης** - είναι υπεύθυνο για τις βελτιώσεις:
 - Χρησιμοποιεί ανάδραση από την **κριτική** για το πως τα καταφέρνει ο πράκτορας
 - Προσδιορίζει το πως θα πρέπει να τροποποιηθεί το **στοιχείο εκτέλεσης** για να τα καταφέρνει καλύτερα στο μέλλον
- **Κριτική** – πληροφορεί το στοιχείο μάθησης πόσο καλά τα καταφέρνει ο πράκτορας σε σχέση με ένα *σταθερό πρότυπο απόδοσης* (έξω από τον πράκτορα)
 - Είναι απαραίτητη επειδή οι αντιλήψεις δεν παρέχουν καμία ένδειξη για την επιτυχία του πράκτορα
- **Γεννήτρια προβλημάτων** – υποδεικνύει ενέργειες που οδηγούν σε νέες και διδακτικές εμπειρίες (π.χ. δοκιμή φρένων σε διαφορετικά οδοστρώματα & καιρικές συνθήκες)

Πράκτορες που μαθαίνουν (2/3)



Πράκτορες που μαθαίνουν (3/3)

- Το στοιχείο μάθησης μπορεί να κάνει αλλαγές σε οποιαδήποτε από τα στοιχεία γνώσης.
- Η παρατήρηση διαδοχικών καταστάσεων του περιβάλλοντος μπορεί να επιτρέπει στον πράκτορα να μαθαίνει «πως εξελίσσεται ο κόσμος».
 - π.χ. όταν αρχίσει να βρέχει σύντομα το οδόστρωμα γίνεται ολισθηρό
- Η παρατήρηση των αποτελεσμάτων των ενεργειών του μπορεί να επιτρέπει στον πράκτορα να μαθαίνει «τι κάνουν οι ενέργειές μου»
 - π.χ. αν στρίψω απότομα αριστερά πάνω από τρεις λωρίδες κυκλοφορίας αυτό θα ενοχλήσει τους άλλους οδηγούς.