

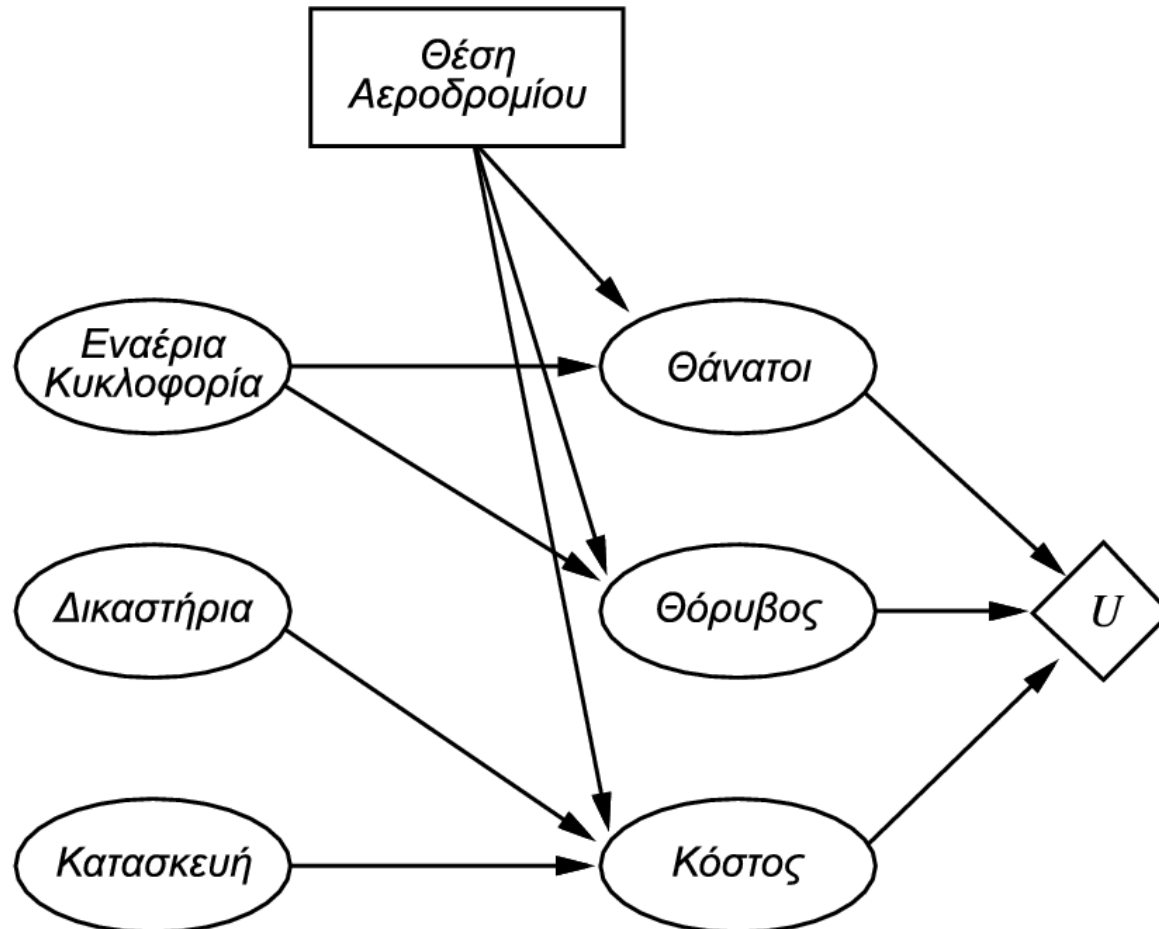
Δίκτυα αποφάσεων

Δίκτυα αποφάσεων

Τα δίκτυα αποφάσεων (decision network) συνδυάζουν τα δίκτυα Bayes με πρόσθετους τύπους κόμβων για τις ενέργειες και τις χρησιμότητες.

Δίκτυα αποφάσεων (1/3)

- Χωροθέτηση αεροδρομίου



Δίκτυα αποφάσεων

- ❖ Οι **κόμβοι τύχης** (chance nodes) — με οβάλ σχήμα — αναπαριστούν τυχαίες μεταβλητές.
Με κάθε κόμβο τύχης συσχετίζεται μια υπό συνθήκη κατανομή η οποία δεικτοδοτείται από την κατάσταση των γονικών κόμβων. Στα δίκτυα αποφάσεων οι γονικοί κόμβοι μπορούν να περιλαμβάνουν τόσο κόμβους τύχης όσο και κόμβους απόφασης.

Ο καθένας από τους κόμβους τύχης της τρέχουσας κατάστασης θα μπορούσε να αποτελεί τμήμα ενός μεγάλου δικτύου Bayes για την αποτίμηση του κόστους κατασκευής, των επιπτώσεων εναέριας κυκλοφορίας.

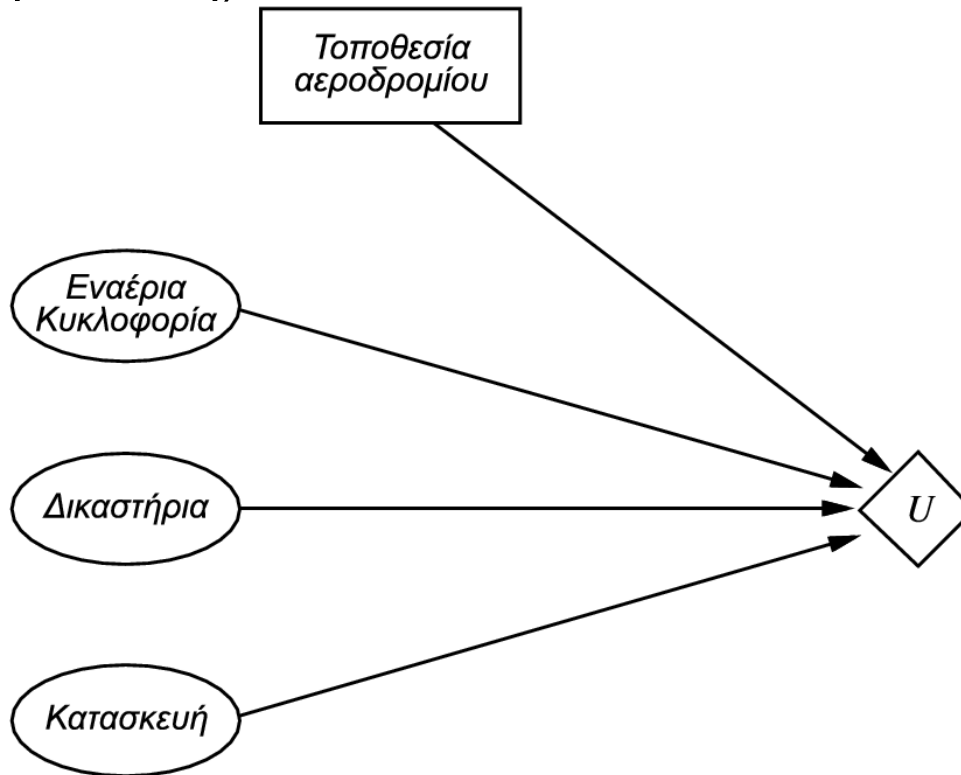
Δίκτυα αποφάσεων

- ❖ Οι **κόμβοι απόφασης** (decision nodes) — με ορθογώνιο σχήμα — αναπαριστούν σημεία όπου αυτός που λαμβάνει την απόφαση έχει επιλογή ενεργειών.
- ❖ Οι **κόμβοι χρησιμότητας** (utility nodes), — με σχήμα ρόμβου — αναπαριστούν τη συνάρτηση χρησιμότητας του πράκτορα.

Ο κόμβος χρησιμότητας έχει ως γονείς όλες τις μεταβλητές που περιγράφουν το αποτέλεσμα το οποίο επηρεάζει άμεσα τη χρησιμότητα. Με τον κόμβο χρησιμότητας είναι συσχετισμένη μια περιγραφή της χρησιμότητας του πράκτορα, με τη μορφή συνάρτησης των γονικών κριτηρίων. Ο κόμβος χρησιμότητας αναπαριστά την *αναμενόμενη* χρησιμότητα που σχετίζεται με κάθε ενέργεια.

Δίκτυα αποφάσεων (2/3)

- Απλοποιημένη μορφή
 - Πίνακες ενέργειας-χρησιμότητας (λιγότερο ευέλικτη αναπαράσταση)



- Έχουν απαλειφθεί οι κόμβοι τύχης που αντιστοιχούν σε καταστάσεις αποτελέσματος

Δίκτυα αποφάσεων (3/3)

- Αποτίμηση δικτύων αποφάσεων
 1. Καθορισμός των μεταβλητών μαρτυρίας για την τρέχουσα κατάσταση.
 2. Για κάθε δυνατή τιμή του κόμβου απόφασης:
 - (α) Απόδοση αυτής της τιμής στον κόμβο απόφασης.
 - (β) Υπολογισμός των εκ των υστέρων πιθανοτήτων για τους γονικούς κόμβους του κόμβου χρησιμότητας, με χρήση ενός συνήθους αλγόριθμου πιθανοτικού συμπερασμού.
 - (γ) Υπολογισμός της προκύπτουσας χρησιμότητας της ενέργειας.
 3. Επιστροφή της ενέργειας με την υψηλότερη χρησιμότητα.

Η Αξία των Πληροφοριών

Ένα από τα σημαντικότερα τμήματα της λήψης αποφάσεων είναι να γνωρίζει κανείς τι ερωτήσεις πρέπει να κάνει.

Η απόκτηση πληροφοριών επιτυγχάνεται από τις **ενέργειες αίσθησης**.

Η συνάρτηση χρησιμότητας του πράκτορα σπανίως αναφέρεται στο περιεχόμενο της εσωτερικής του κατάστασης, ενώ ο συνολικός σκοπός των ενεργειών αίσθησης είναι ο επηρεασμός της εσωτερικής κατάστασης, θα πρέπει να αποτιμούμε τις ενέργειες αίσθησης με βάση την επίδρασή τους στις επακόλουθες "πραγματικές" ενέργειες του πράκτορα.

Η Αξία των Πληροφοριών

Ένα απλό παράδειγμα

Έστω ότι μια πετρελαϊκή εταιρεία ελπίζει να αγοράσει ένα από τα n μη διακριτά δικαιώματα για εξόρυξη σε ωκεάνια θαλάσσια τμήματα. Ας υποθέσουμε επίσης ότι ακριβώς ένα από τα τμήματα περιέχει πετρέλαιο αξίας C δολαρίων και ότι η τιμή κάθε τμήματος είναι C/n δολάρια. Εάν η εταιρεία είναι ουδέτερη ως προς το ρίσκο, τότε δεν θα την ενδιαφέρει εάν θα αγοράσει ή όχι ένα τμήμα.

Η Αξία των Πληροφοριών

Ας υποθέσουμε τώρα ότι ένας σεισμολόγος παρέχει στην εταιρεία τα αποτελέσματα μιας έρευνας για το τμήμα με αριθμό 3, τα οποία δείχνουν ξεκάθαρα αν το τμήμα περιέχει πετρέλαιο. Πόσα χρήματα θα ήταν πρόθυμη η εταιρεία να πληρώσει για την πληροφορία αυτή; Ο τρόπος απάντησης σε αυτή την ερώτηση είναι να εξετάσουμε τι θα έκανε η εταιρεία εάν είχε την πληροφορία:

- Με πιθανότητα $1/n$ η έρευνα θα έδειχνε ύπαρξη πετρελαίου στο τμήμα 3. Σε αυτή την περίπτωση η εταιρεία θα αγόραζε το τμήμα 3 για C/n δολάρια και θα αποκόμιζε κέρδος $C - C/n = (n - 1)C/n$ δολάρια.
- Με πιθανότητα $(n - 1)/n$ η έρευνα θα έδειχνε ότι το τμήμα δεν περιέχει πετρέλαιο, οπότε η εταιρεία θα αγοράσει ένα άλλο τμήμα. Τώρα η πιθανότητα εύρεσης πετρελαίου σε ένα από τα άλλα τμήματα αλλάζει από $1/n$ σε $1/(n - 1)$, έτσι η εταιρεία θα έχει αναμενόμενο κέρδος $C/(n - 1) - C/n = C/n(n - 1)$ δολάρια.

Η Αξία των Πληροφοριών

Μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε το αναμενόμενο κέρδος με δεδομένη την πληροφορία της έρευνας:

$$\frac{1}{n} \times \frac{(n-1)C}{n} + \frac{n-1}{n} \times \frac{C}{n(n-1)} = C/n$$

Άρα η εταιρεία θα πρέπει να είναι πρόθυμη να πληρώσει στο σεισμολόγο μέχρι και C/n δολάρια για την πληροφορία: δηλαδή η πληροφορία αξίζει όσο και το ίδιο το τμήμα.

Η αξία της πληροφορίας προκύπτει από το γεγονός ότι με την πληροφορία ο τρόπος ενεργειών μας μπορεί να αλλάξει ώστε να προσαρμοστεί σύμφωνα με την *πραγματική* κατάσταση. Μπορούμε πλέον να κάνουμε διάκριση ανάλογα με την περίπτωση, ενώ χωρίς την πληροφορία θα πρέπει να κάνουμε αυτό που είναι καλύτερο κατά μέσο όρο για το σύνολο των δυνατών καταστάσεων. **Γενικά, η αξία ενός δεδομένου τμήματος πληροφορίας ορίζεται ως η διαφορά στην αναμενόμενη αξία ανάμεσα στις βέλτιστες ενέργειες πριν και μετά την απόκτηση της πληροφορίας.**

Η Αξία των Πληροφοριών

- Ενέργειες αίσθησης
 - Αποτίμηση με βάση την επίδρασή τους στις επακόλουθες πραγματικές ενέργειες
- Παράδειγμα:
 - n μη-διακριτά δικαιώματα εξόρυξης πετρελαίου
 - Αξία κοιτάσματος: C
 - Κόστος αγοράς ενός δικαιώματος: C/n
 - Αξία πληροφορίας για ύπαρξη ή όχι κοιτάσματος σε συγκεκριμένο τμήμα:

$$\frac{1}{n} \times \frac{(n-1)C}{n} + \frac{n-1}{n} \times \frac{C}{n(n-1)} = C/n$$

Αξία της τέλειας πληροφόρησης

(Value of perfect information, VPI)

Υποθέτουμε ότι λαμβάνονται ακριβείς μαρτυρίες για την τιμή μιας τυχαίας μεταβλητής E_j , έτσι χρησιμοποιείται η φράση **αξία της τέλειας πληροφόρησης** (value of perfect information, VPI).

Έστω ότι η τρέχουσα γνώση του πράκτορα είναι η E . Στην περίπτωση αυτή η αξία της τρέχουσας βέλτιστης ενέργειας α ορίζεται:

- Πριν τη λήψη μαρτυρίας,
- Μετά τη λήψη της μαρτυρίας

Αξία της τέλειας πληροφόρησης (Value of perfect information, VPI)

- Πριν τη λήψη μαρτυρίας για τη μεταβλητή E_j :
 - $EU(a | E) = \max_A \sum_i U(\text{Αποτέλεσμα}_i(A)) P(\text{Αποτέλεσμα}_i(A) | \text{Εκτέλεση}(A), E)$
- Μετά τη λήψη μαρτυρίας για τη μεταβλητή E_j :
 - $EU(a_{E_j} | E, E_j) = \max_A \sum_i U(\text{Αποτέλεσμα}_i(A)) P(\text{Αποτέλεσμα}_i(A) | \text{Εκτέλεση}(A), E, E_j)$

Επειδή η E_j είναι τυχαία μεταβλητή, η τιμή της είναι άγνωστη, οπότε βρίσκουμε το μέσο όρο των δυνατών τιμών e_{j_k} που μπορεί να ανακαλύψουμε για την E_j

- Αξία της ανακάλυψης E_j , με δεδομένη την τρέχουσα μαρτυρία E :

$$VPI_E(E_j) = \left(\sum_k P(E_j = e_{j_k} | E) EU(a_{e_{j_k}} | E, E_j = e_{j_k}) \right) - EU(a | E)$$

Αξία της τέλειας πληροφόρησης

(Value of perfect information, VPI)

Έστω έχουμε 2 ενέργειες A_1 και A_2 που πρέπει να επιλέξουμε.

Οι τρέχουσες αναμενόμενες χρησιμότητές τους είναι U_1 και U_2 .

Η πληροφορία E_j θα δώσει κάποιες νέες αναμενόμενες χρησιμότητες U'_1 και U'_2 για τις ενέργειες, αλλά πριν βρούμε το E_j θα έχουμε κάποιες κατανομές πιθανοτήτων ως προς τις δυνατές τιμές των U'_1 και U'_2 (οι οποίες θα υποθέσουμε ότι είναι ανεξάρτητες).

Αξία της τέλει πληροφόρησης

(Value of perfect information, VPI)

Έστω ότι οι A_1 και A_2 αντιπροσωπεύουν δύο διαφορετικές πορείες μέσα από μια ορεινή περιοχή το χειμώνα.

Το A_1 είναι μια ωραία, ευθεία λεωφόρος σε χαμηλό υψόμετρο και η A_2 είναι ένας χωματόδρομος με στροφές που διέρχεται από την κορυφή.

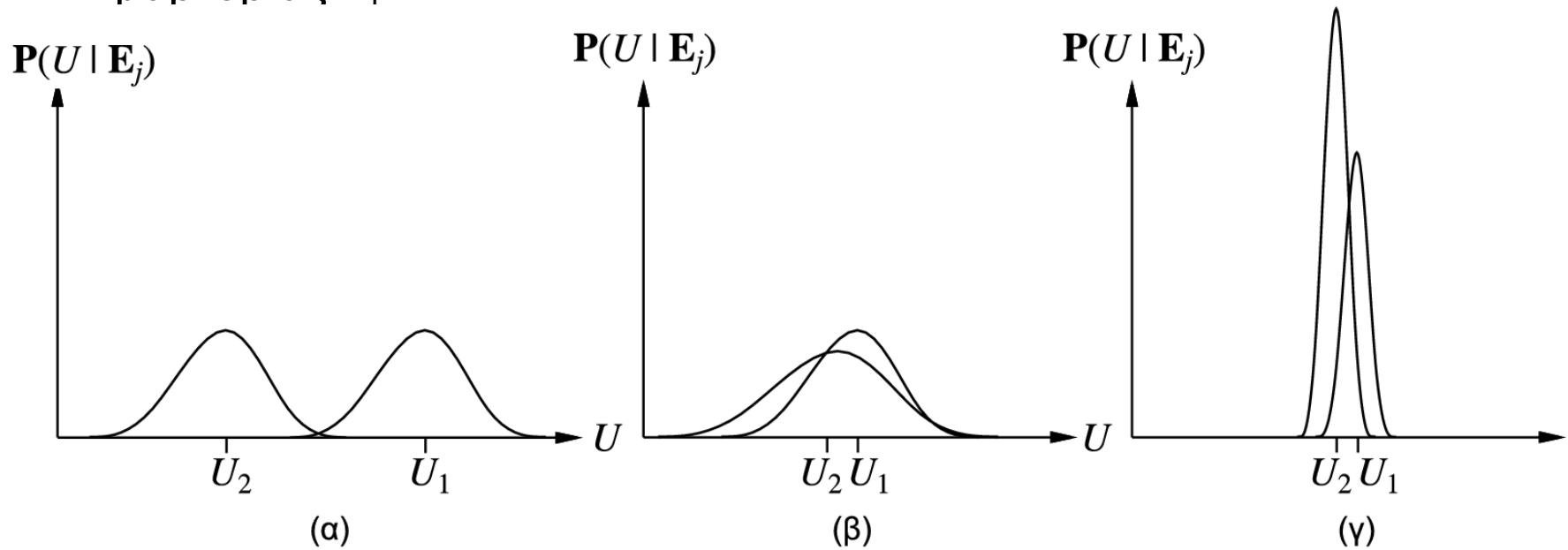
Μόλις πάρουμε αυτές τις πληροφορίες, είναι σαφές ότι θα θεωρήσουμε προτιμότερη τη διαδρομή A_1 , επειδή είναι πολύ πιθανό να κλείσει η δεύτερη διαδρομή από τις χιονοστιβάδες ενώ είναι αρκετά απίθανο να κλείσει η πρώτη διαδρομή από την κίνηση.

Συνεπώς το U_1 είναι σαφώς υψηλότερο από το U_2 .

Μπορούμε όμως να λάβουμε δορυφορικές αναφορές E_j για την πραγματική κατάσταση του κάθε δρόμου, οι οποίες θα μας έδιναν τις νέες αναμενόμενες αξίες U'_1 και U'_2 για τις δύο διαβάσεις. Οι κατανομές για αυτές τις αναμενόμενες αξίες παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα α. Προφανώς σε αυτή την περίπτωση δεν αξίζει η δαπάνη για την απόκτηση αναφορών από δορυφόρο, επειδή δεν είναι πιθανό να αλλάξουμε το πρόγραμμά μας εξαιτίας των πληροφοριών που θα αποκτηθούν.

Παράδειγμα

- Έστω δύο διαθέσιμες ενέργειες A_1 και A_2 , και U_1 και U_2 οι κατανομές πιθανότητας της χρησιμότητας εκτέλεσής τους μετά την λήψη της μαρτυρίας E_i :



Οι κατανομές προκύπτουν από τις διαφορετικές πιθανότητες εμφάνισης των διαφόρων τιμών της E_j .

Στο α, η επιλογή A_1 είναι ανώτερη της A_2 , η πληροφορία δεν χρειάζεται

Στο β, η επιλογή δεν είναι σαφής και η πληροφορία είναι κρίσιμη

Στο γ, η επιλογή δεν είναι σαφής αλλά κάνει μικρή διαφορά, η πληροφορία έχει μικρότερη αξία

Αξία της τέλειας πληροφόρησης (Value of perfect information, VPI)

Ας υποθέσουμε τώρα ότι πρέπει να επιλέξουμε μεταξύ δύο διαφορετικών χωματοδρόμων με στροφές οι οποίοι έχουν ελαφρώς διαφορετικό μήκος και ότι μεταφέρουμε έναν σοβαρά τραυματισμένο επιβάτη.

Στην περίπτωση αυτή, ακόμα και όταν τα U_1 και U_2 είναι πολύ κοντά, οι κατανομές U'_1 και U'_2 έχουν ιδιαίτερα μεγάλο εύρος. Υπάρχει μια σημαντική πιθανότητα ότι η δεύτερη διαδρομή θα αποδειχθεί καθαρή ενώ η πρώτη θα είναι φραγμένη, και σε αυτή την περίπτωση οι χρησιμότητες θα είναι πολύ υψηλές.

Ο τύπος VPI υποδεικνύει ότι μπορεί να αξίζει να λάβουμε τις αναφορές από δορυφόρο. Μια τέτοια περίπτωση παρουσιάζεται στο σχήμα β.

$$VPI_E(E_j) = \left(\sum_k P(E_j = e_{jk} | E) EU(a_{e_{jk}} | E, E_j = e_{jk}) \right) - EU(a | E)$$

Αξία της τέλειας πληροφόρησης

(Value of perfect information, VPI)

Ας υποθέσουμε τώρα ότι πρέπει να επιλέξουμε μεταξύ των δύο χωματόδρομων το καλοκαίρι, όταν δεν είναι πιθανό να έχουν κλείσει από τις χιονοστιβάδες.

Σε αυτή την περίπτωση οι αναφορές από το δορυφόρο μπορεί να δείξουν ότι η μια διαδρομή είναι πιο όμορφη από την άλλη λόγω των αλπικών λιβαδιών που ανθίζουν, ή ίσως πιο υγρή λόγω των ρυακιών.

Είναι συνεπώς πολύ πιθανό να αλλάζαμε το σχέδιο μας αν είχαμε αυτή την πληροφορία. Σε αυτή την περίπτωση, όμως, η διαφορά στην αξία μεταξύ των δύο διαδρομών είναι ακόμη πιθανό να είναι πολύ μικρή, έτσι δεν θα ασχοληθούμε με την απόκτηση των αναφορών.

Αυτή η περίπτωση παρουσιάζεται στο σχήμα γ.

Ιδιότητες της Αξίας των Πληροφοριών

- Είναι μη-αρνητική:

$$\forall j, E \quad VPI_E(E_j) \geq 0$$

- Δεν είναι προσθετική:

$$- \quad VPI_E(E_j, E_k) \neq VPI_E(E_j) + VPI_E(E_k) \quad (\text{γενικά})$$

- Είναι ανεξάρτητη από τη διάταξη:

$$- \quad VPI_E(E_j, E_k) = VPI_E(E_j) + VPI_{E, E_j}(E_k) = VPI_E(E_k) + VPI_{E, E_k}(E_j)$$

Υλοποίηση ενός πράκτορα συλλογής πληροφοριών

- Ένας συνετός πράκτορας θα πρέπει να κάνει ερωτήσεις στο χρήστη με μια εύλογη σειρά, θα πρέπει να αποφεύγει να θέτει άσχετα ερωτήματα, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη σπουδαιότητα κάθε τμήματος πληροφορίας σε σχέση με το κόστος του, και θα πρέπει όταν χρειάζεται να σταματά τις ερωτήσεις. Μπορούμε να επιτύχουμε όλες αυτές τις ικανότητες χρησιμοποιώντας ως οδηγό την αξία των πληροφοριών.
- Για κάθε παρατηρήσιμη μεταβλητή μαρτυρίας E_j υπάρχει ένα συσχετισμένο κόστος, $\text{Κόστος}(E_j)$, το οποίο αντανακλά το κόστος απόκτησης της μαρτυρίας μέσω δοκιμών, συμβούλων, ερωτήσεων, ή με οποιοδήποτε άλλο μέσον. Ο πράκτορας ζητά να μάθει αυτή που φαίνεται να είναι η πιο πολύτιμη πληροφορία σε σύγκριση με το κόστος της.
- Θεωρούμε ότι το αποτέλεσμα της ενέργειας $\text{Αίτημα}(E_j)$, είναι ότι η επόμενη αντίληψη θα παρέχει την αξία του E_j . Εάν καμία παρατήρηση δεν αξίζει το κόστος της, ο πράκτορας επιλέγει μια "πραγματική" ενέργεια.

Υλοποίηση ενός πράκτορα συλλογής πληροφοριών

Ο αλγόριθμος του πράκτορα που περιγράψαμε εφαρμόζει μια μορφή συλλογής πληροφοριών που ονομάζεται μυωπική (myopic). Αυτό συμβαίνει επειδή χρησιμοποιεί τον τύπο VPI με κοντόφθαλμο τρόπο, υπολογίζοντας την αξία των πληροφοριών σαν να επρόκειτο να αποκτηθεί μόνο μία μεταβλητή μαρτυρίας.

Υλοποίηση ενός πράκτορα συλλογής πληροφοριών

Ο μυωπικός έλεγχος βασίζεται στην ίδια ευρετική ιδέα όπως και η άπληστη αναζήτηση, και συχνά αποδίδει καλά στην πράξη. Ένας απολύτως ορθολογικός πράκτορας συλλογής πληροφοριών θα έπρεπε να εξέταζε όλες τις δυνατές ακολουθίες αιτημάτων πληροφοριών που τερματίζονται σε μια εξωτερική ενέργεια, καθώς και όλα τα δυνατά αποτελέσματα αυτών των αιτημάτων. Επειδή η αξία του δεύτερου αιτήματος εξαρτάται από το αποτέλεσμα του πρώτου, ο πράκτορας αυτός θα πρέπει να εξερευνήσει το χώρο των υπό συνθήκη πλάνων.

Πράκτορας συλλογής πληροφοριών

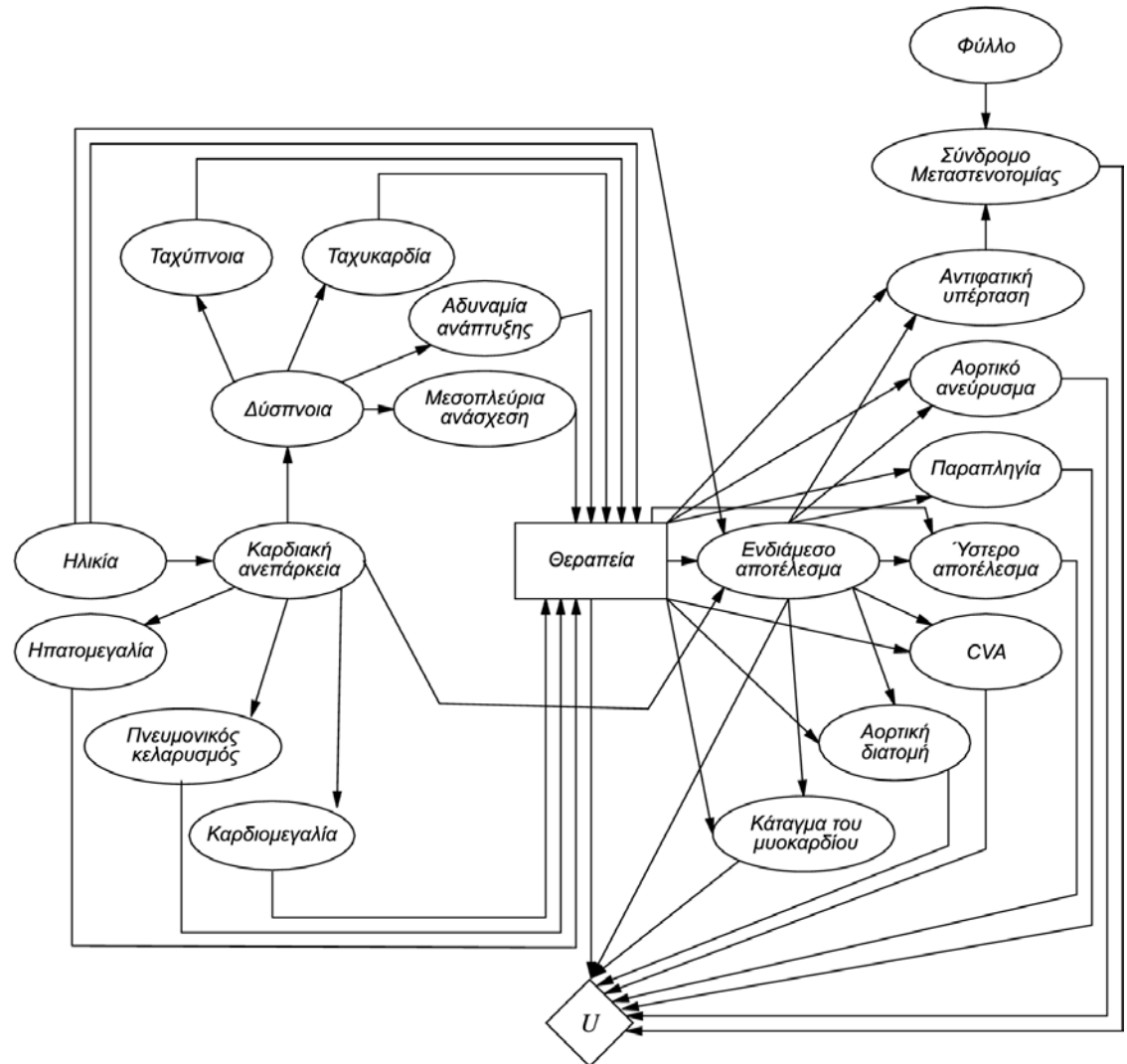
- Συνάρτηση πράκτορα:
 - **function** Information-Gathering-Agent(*αντίληψη*), **returns** μια *ενέργεια*
 - **static:** D , ένα δίκτυο αποφάσεων
 - ενσωμάτωσε *αντίληψη* στο D
 - $j \leftarrow$ η τιμή που μεγιστοποιεί το $VPI(E_j) - \text{Κόστος}(E_j)$
 - **if** $VPI(E_j) > \text{Κόστος}(E_j)$
 - **then return** $\text{Αίτημα}(E_j)$
 - **else return** η καλύτερη ενέργεια από το D
- Μυωπική συμπεριφορά: Δεν εξετάζει ακολουθίες παρατηρήσεων.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Στην ανάλυση αποφάσεων συνηθίζεται να αναφερόμαστε σε δύο ρόλους: ο **λήπτης αποφάσεων** (decision maker) δηλώνει τις προτιμήσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων, και ο **αναλυτής αποφάσεων** (decision analyst) απαριθμεί τις δυνατές ενέργειες και τα αποτελέσματα και αποσπά προτιμήσεις από το λήπτη αποφάσεων για να προσδιορίσει τη βέλτιστη σειρά ενεργειών.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων (1/2)

- Στένωση αορτής σε νεογέννητα.



Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

ΣΤΕΝΩΣΗ ΑΟΡΤΗΣ

Περίπου το 0,8% των παιδιών γεννιούνται με μια καρδιακή ανωμαλία, με την πλέον συνηθισμένη να είναι η **στένωση αορτής** (μια απόφραξη της αορτής). Αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί χειρουργικά, με αγγειοπλαστική (επέκταση της αορτής με ένα μπαλόνι το οποίο τοποθετείται μέσα στην αρτηρία), ή με φαρμακευτική αγωγή. Το πρόβλημα είναι να αποφασίσουμε τη θεραπεία που θα χρησιμοποιηθεί και το χρόνο εφαρμογής της: όσο νεώτερο είναι το βρέφος, τόσο μεγαλύτεροι είναι οι κίνδυνοι συγκεκριμένων αντιμετωπίσεων, αλλά δεν συνίσταται και η μεγάλη αναμονή.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Μπορεί να κατασκευαστεί ένα έμπειρο σύστημα της θεωρίας αποφάσεων για αυτό το πρόβλημα, από μια ομάδα που αποτελείται από έναν τουλάχιστον ειδικό του τομέα (έναν παιδοκαρδιολόγο) και ένα μηχανικό γνώσης. Η διαδικασία μπορεί να αναλυθεί στα παρακάτω βήματα.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Δημιουργία αιτιολογικού μοντέλου (causal model).

Προσδιορισμός των δυνατών συμπτωμάτων, διαταραχών, θεραπειών, και αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια σχεδίαση τόξων μεταξύ τους, τα οποία δείχνουν ποιες διαταραχές προκαλούν το κάθε σύμπτωμα και ποιες θεραπείες καταπραΰνουν την κάθε διαταραχή. Κάποια από αυτά θα είναι πολύ γνωστά για τον ειδικό του πεδίου, και μερικά θα προέλθουν από τη βιβλιογραφία. Συχνά το μοντέλο θα ταιριάζει ικανοποιητικά με τις άτυπες περιγραφές σε μορφή γραφήματος που δίνονται στα ιατρικά βιβλία.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Απλοποίηση σε ποιοτικό μοντέλο λήψης αποφάσεων.

Αφού χρησιμοποιούμε το μοντέλο για να λάβουμε αποφάσεις θεραπείας, και όχι για άλλους λόγους (όπως ο προσδιορισμός της συνδυασμένης πιθανότητας συγκεκριμένων συνδυασμών συμπτωμάτων και διαταραχών), συχνά μπορούμε να το απλοποιήσουμε αφαιρώντας τις μεταβλητές που δεν σχετίζονται με τις αποφάσεις θεραπείας.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Μερικές φορές οι μεταβλητές πρέπει να χωριστούν ή να ενωθούν έτσι ώστε να ταιριάζουν με τις απόψεις του ειδικού. Για παράδειγμα, το αρχικό μοντέλο στένωσης αορτής είχε μια μεταβλητή *Θεραπεία* με τιμές *εγχείρηση*, *αγγειοπλαστική*, και *αγωγή*, και μια ξεχωριστή μεταβλητή για το *Χρόνο* της θεραπείας. Όμως ο ειδικός δυσκολευόταν να τα σκεφθεί αυτά ξεχωριστά, έτσι τα συνδύασε ώστε η *Θεραπεία* να παίρνει τιμές όπως *εγχείρηση σε 1 μήνα*.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Απόδοση πιθανοτήτων. Οι πιθανότητες μπορούν να προέρχονται από βάσεις δεδομένων ασθενών, μελέτες της βιβλιογραφίας, ή υποκειμενικές εκτιμήσεις του ειδικού. Στις περιπτώσεις στις οποίες η βιβλιογραφία παρέχει εσφαλμένο είδος πιθανοτήτων, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τεχνικές όπως ο κανόνας του Bayes και η περιθωριοποίηση για να υπολογίσουμε τις επιθυμητές πιθανότητες. Έχει διαπιστωθεί ότι οι ειδικοί έχουν καλύτερη δυνατότητα εκτίμησης της πιθανότητας ενός αποτελέσματος με δεδομένο το αίτιο (για παράδειγμα P (δύσπνοια\καρδιακή ανεπάρκεια), παρά το αντίστροφο.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Απόδοση χρησιμότητων. Όταν υπάρχει μικρός αριθμός δυνατών αποτελεσμάτων, τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να απαριθμηθούν και να εκτιμηθούν μεμονωμένα. Θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε μια κλίμακα από το βέλτιστο προς το χειρότερο αποτέλεσμα και να δώσουμε σε κάθε αποτέλεσμα μια αριθμητική τιμή, για παράδειγμα -1000 για το θάνατο και 0 για την πλήρη ανάρρωση. Στη συνέχεια θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε τα υπόλοιπα αποτελέσματα σε αυτή την κλίμακα.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Αυτό μπορεί να γίνει από τον ειδικό, αλλά είναι καλύτερο εάν ο ασθενής (ή, στην περίπτωση βρεφών, οι γονείς του ασθενή) μπορούν να συμμετάσχουν, δεδομένου ότι οι διάφοροι άνθρωποι μπορεί να έχουν διαφορετικές προτιμήσεις. Εάν υπάρχουν εκθετικά πολλά αποτελέσματα, χρειαζόμαστε έναν τρόπο συνδυασμού τους με χρήση πολυκριτηριακών συναρτήσεων χρησιμότητας. Για παράδειγμα, μπορούμε να πούμε ότι η αρνητική χρησιμότητα των διαφόρων επιπλοκών είναι προσθετική.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Χρυσό πρότυπο

Επιβεβαίωση και βελτίωση του μοντέλου. Για να αξιολογήσουμε το σύστημα, θα χρειαστούμε ένα σύνολο σωστών ζευγών (είσοδος, έξοδος)

αυτό ονομάζεται **χρυσό πρότυπο** (gold standard) για τη σύγκριση. Για τα έμπειρα ιατρικά συστήματα αυτό συνήθως σημαίνει να συγκεντρώσουμε τους καλύτερους διαθέσιμους γιατρούς, να τους παρουσιάσουμε μερικές περιπτώσεις, και να τους ζητήσουμε τη διάγνωσή τους και το προτεινόμενο πρόγραμμα θεραπείας.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Στη συνέχεια εξετάζουμε με πόση ακρίβεια ταιριάζει το σύστημα με τις προτάσεις τους. Εάν δεν αποδώσει καλά το σύστημα, προσπαθούμε να απομονώσουμε τα τμήματα που παρουσιάζουν σφάλμα και τα διορθώνουμε. Μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο να εκτελέσουμε το σύστημα "αντίστροφα". Αντί να εφοδιάσουμε το σύστημα με συμπτώματα και να του ζητήσουμε μια διάγνωση, μπορούμε να το δώσουμε μια διάγνωση όπως "καρδιακή ανεπάρκεια", να εξετάσουμε την προβλεπόμενη πιθανότητα των συμπτωμάτων, όπως η ταχυκαρδία, και να την συγκρίνουμε με την ιατρική βιβλιογραφία.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Εκτέλεση ανάλυσης ευαισθησίας. Αυτό το σημαντικό βήμα ελέγχει εάν η βέλτιστη απόφαση είναι ευαίσθητη σε μικρές μεταβολές των αποδιδόμενων πιθανοτήτων και χρησιμοτήτων, τροποποιώντας συστηματικά αυτές τις παραμέτρους και εκτελώντας εκ νέου την αξιολόγηση. Εάν οι μικρές αλλαγές οδηγούν σε σημαντικά διαφορετικές αποφάσεις, τότε μπορεί να αξίζει να καταναλώσουμε περισσότερους πόρους έτσι ώστε να συλλέξουμε περισσότερα δεδομένα. Εάν όλες οι παραλλαγές οδηγούν στην ίδια απόφαση, τότε ο χρήστης θα έχει μεγαλύτερη εμπιστοσύνη ότι αυτή είναι η σωστή απόφαση.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων

Η ανάλυση ευαισθησίας είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή μία από τις κύριες κριτικές για τις πιθανοτικές προσεγγίσεις στα έμπειρα συστήματα είναι ότι είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν οι απαιτούμενες αριθμητικές πιθανότητες. Η ανάλυση ευαισθησίας συχνά αποκαλύπτει ότι πολλοί από τους αριθμούς χρειάζεται να προσδιοριστούν μόνο πολύ προσεγγιστικά. Για παράδειγμα, μπορεί να είμαστε αβέβαιοι για την εκ των προτέρων πιθανότητα του P (ταχυκαρδία), αλλά εάν δοκιμάσουμε πολλές διαφορετικές τιμές για αυτή την πιθανότητα και κάθε φορά η προτεινόμενη ενέργεια του διαγράμματος επιρροών είναι η ίδια, τότε μπορούμε να ανησυχούμε λιγότερο για την άγνοιά μας.

Έμπειρα Συστήματα της Θεωρίας Αποφάσεων (2/2)

- Βήματα ανάπτυξης:
 - Δημιουργία αιτιολογικού μοντέλου
 - Απλοποίηση σε ποιοτικό μοντέλο λήψης αποφάσεων
 - Απόδοση πιθανοτήτων
 - Απόδοση χρησιμότητων
 - Επιβεβαίωση και βελτίωση του μοντέλου
 - Χρυσό πρότυπο
 - Εκτέλεση ανάλυσης ευαισθησίας