



Γνωστική Ψυχολογία II (ΨΧ 05)

Λύση Προβλημάτων (2)



Η λύση προβλημάτων ως αναζήτηση
Η Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών

Προσομοίωση

- Οι υπολογιστές μπορούν να λύσουν προβλήματα συλλογιστικής, όπως έχουμε αναφέρει ήδη...
- Η προϋπόθεση είναι τα προβλήματα που τους δίνουμε να είναι **επαρκώς προσδιορισμένα...**
- Προβλήματα ΚΙΝΗΣΕΩΝ (MOVE)
- Για τον προγραμματισμό του υπολογιστή χρειαζόμαστε λεκτικά πρωτόκολλα ανθρώπων που έλυσαν τα σχετικά προβλήματα
- Έτσι φτάσαμε στο 1997, οπότε ο Deep Blue υπολογιστής της IBM, εφοδιασμένος με πρόγραμμα για σκάκι και με ταχύτητα διακοσίων εκατομμυρίων κινήσεων στο δευτερόλεπτο, νίκησε σε παιχνίδι έξι αγώνων τον μεγαλύτερο σκακιστή της εποχής μας Γκάρι Κασπάροβ με σκορ 3,5 προς 2,5...
- https://www.ted.com/talks/garry_kasparov_don_t_fear_intelligent_machines_work_with_them

Υπολογιστής εναντίον ανθρώπου (?)

- Χωρίς να πολυλέγεται, αυτό που συνήθως καταλαβαίνει ο μη ειδικός διαβάζοντας τη νίκη του υπολογιστή είναι ότι η μηχανή σκέφτεται, και σκέφτεται καλύτερα από τον καλύτερο άνθρωπο (?)
- Μια τέτοια αντίληψη απλά απέχει έτη φωτός από την αλήθεια...
- Γιατί κανένας δεν εντυπωσιάζεται από μια αριθμομηχανή χειρός των 3 € που κάνει πολλαπλασιασμούς και διαιρέσεις σε κλάσμα του δευτερολέπτου, απείρως πιο γρήγορα από τον πιο γρήγορο άνθρωπο;
- Σε τι διαφέρει ο υπολογιστής που παίζει σκάκι από την αριθμομηχανή;

Υπολογιστής εναντίον ανθρώπου (?)

- Η επόμενη λογική ερώτηση είναι αν οι επόμενες γενιές των υπολογιστών, εξελισσόμενες, θα μπορούν να αναπτύξουν «σκέψη» γενικώς και πέρα από τους στενούς ορίζοντες μιας σκακιέρας. Εδώ τα πράγματα είναι αμφίβολα.
- Υπάρχουν οι οπαδοί της σχολής της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence, AI) που υποστηρίζουν ότι όλα είναι θέμα εξέλιξης και οι επόμενες γενιές υπολογιστών θα πλησιάσουν και κάποτε θα καταφέρουν να σκέφτονται σαν άνθρωποι.
- Υπάρχει και η αντίθετη σχολή, του μαθηματικού Roger Penrose, ο οποίος στηριζόμενος σε μια σειρά μαθηματικά δεδομένα και παρατηρήσεις πάνω στη φυσιολογία του εγκεφάλου, υποστηρίζει ότι η σκέψη είναι κβαντομηχανικό φαινόμενο και άρα δεν μαθηματικοποιείται έτσι ώστε να μπορεί ποτέ να κατασκευαστεί σκεπτόμενη μηχανή. Η θεωρία του Penrose στηρίζεται στα μαθηματικά, στη φυσική και στη βιολογία, χωρίς ίχνος θρησκευτικών ή πολιτικών δοξασιών, και βάζει ένα πολύ σημαντικό ερώτημα στο οποίο η επιστήμη δεν έχει ακόμη τις απαντήσεις.

Newell & Simon, 1972

DONALD
+ GERALD

ROBERT

Αντικαταστήστε κάθε γράμμα με έναν αριθμό λαμβάνοντας υπόψη ότι το $D = 5$ και κάθε αριθμητικό ψηφίο από το 0 ως το 9 αντιστοιχεί σε ένα μόνο γράμμα

Το πρόβλημα αυτό παρουσίασε πρώτος ο Bartlett (1958)

Newell & Simon, 1972

5ONAL5
+ GERAL5

ROBERT

Αυτό γνωρίζουμε... Άρα... $T = 0$

Παρατηρώντας τους συμμετέχοντες στον τρόπο με τον οποίο επιχειρούσαν να επιλύσουν το πρόβλημα, διαπίστωσε ότι πολλοί από αυτούς, αφού αντικαθιστούσαν το D με το 5 και το T με 0, δυσκολεύονταν να προχωρήσουν δηλώνοντας αδυναμία επίλυσης του προβλήματος. Ο Bartlett απέδωσε τη δυσκολία των συμμετεχόντων στη συνήθειά τους να λύνουν τις κάθετες προσθέσεις ξεκινώντας από τα δεξιά προς τα αριστερά (αρνητική μεταφορά).



Ορισμός της σκέψης (Simon, 1978, 1979)

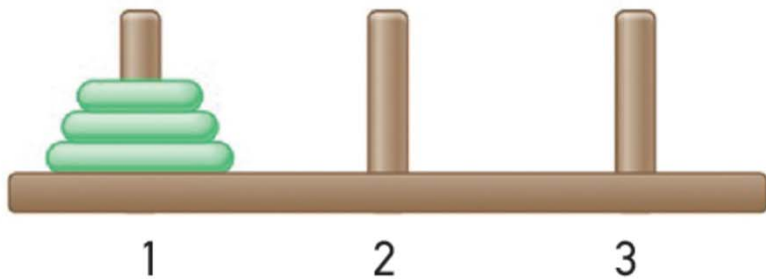
- Ο λύτης (το σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών) εφαρμόζει «χειρισμούς» (operators) στα προβλήματα
- Ο χειρισμός είναι μια κίνηση που θεωρείται ότι θα μας φέρει πιο κοντά στην επίλυση.
- Το πρόβλημα (problem state) παρουσιάζεται σε μια αρχική κατάσταση και αναζητείται η κατάσταση-στόχος.
- Η λύση προβλήματος συμβαίνει όταν ο λύτης μεταφράζει το πρόβλημα σε μια εσωτερική αναπαράσταση και αναζητεί το μονοπάτι που οδηγεί από την αρχική κατάσταση στο στόχο...

Υπολογιστική Θεωρία των Newell & Simon (1972)

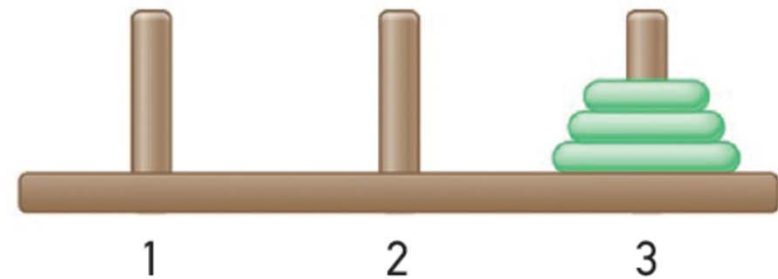
- Σύμφωνα με τους Newell & Simon: “it is possible to produce systematic computer simulations of human problem solving”
- Ο **Χώρος Προβλήματος** (Problem space) περιλαμβάνει: 1) το αρχικό στάδιο, 2) το τελικό στάδιο – στόχο, και 3) τους πιθανούς νοητικούς τελεστές (π.χ., κινήσεις)
- **Ευρετικές στρατηγικές** (heuristics) - Λύσεις:
 - **Ανάλυση Μέσων-Στόχων** (Means-ends analysis)
 - α. Επισημαίνει τη διαφορά ανάμεσα στην παρούσα κατάσταση (current state) του προβλήματος και στην τελική κατάσταση (goal state)
 - β. Διαμόρφωση ενδιάμεσου στόχου ο οποίος μειώνει την απόσταση μεταξύ της παρούσας και της τελικής κατάστασης
 - γ. Επιλογή νοητικού τελεστή για την πραγματοποίηση του ενδιάμεσου στόχου
 - Η στρατηγική **Hill Climbing**: Αλλάζει την παρούσα κατάσταση μέσα στο πρόβλημα με σκοπό την προσέγγιση του στόχου. Ενδείκνυται σε περιπτώσεις όπου ο λύτης δεν έχει ξεκάθαρη εικόνα της δομής του προβλήματος

Το πρόβλημα των πύργων του Ανόι

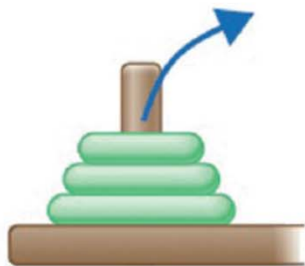
Αρχική κατάσταση



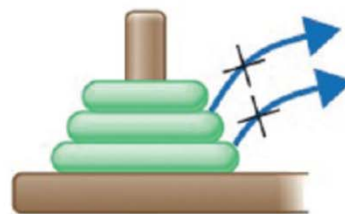
Κατάσταση στόχου



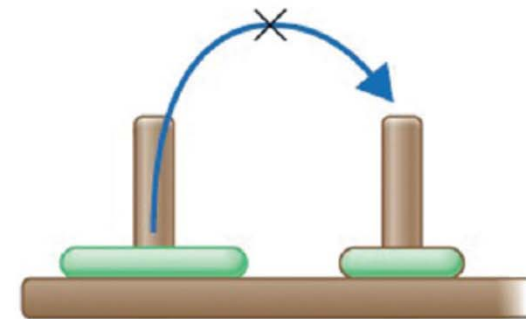
(a)



Κανόνας 1: Μετακίνησε 1 κρίκο κάθε φορά από το ένα ξυλάκι στο άλλο



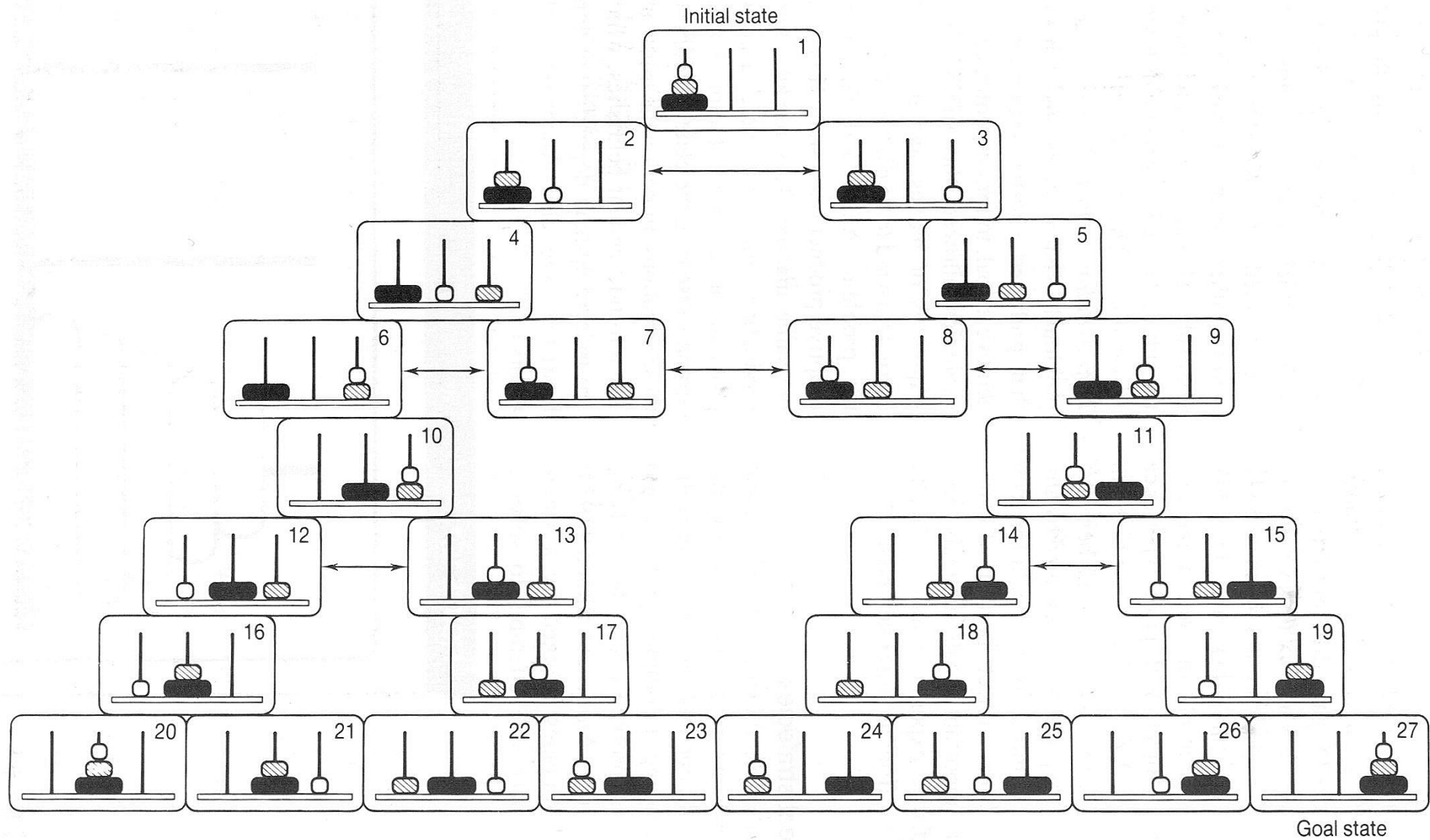
Κανόνας 2: Μπορείς να μετακινήσεις έναν κρίκο μόνο όταν δεν υπάρχει κρίκος επάνω του



Κανόνας 3: Ένας μεγαλύτερος κρίκος δεν μπορεί να τοποθετηθεί επάνω σε μικρότερό του

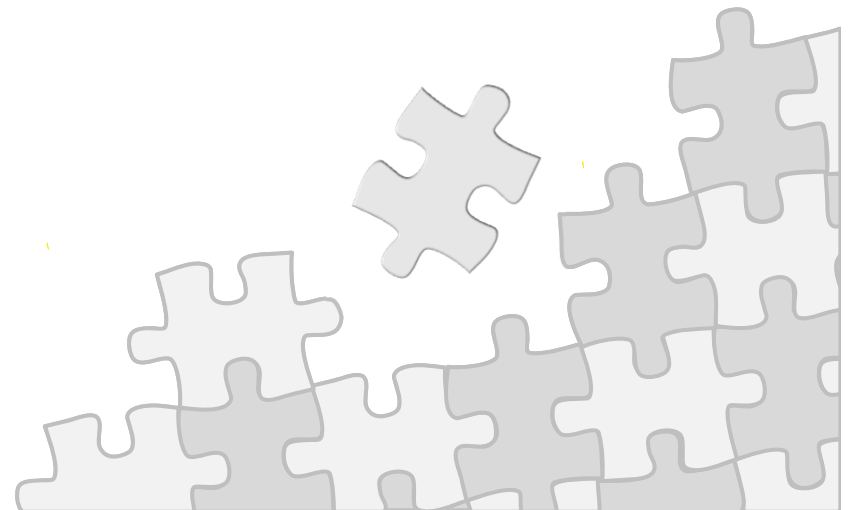
(β)

Χώρος προβλήματος



Η αναπαράσταση του προβλήματος

- Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της ευκολίας με την οποία μπορεί να λυθεί ένα πρόβλημα, ή ακόμη και να μη λυθεί καθόλου, είναι ο τρόπος με τον οποίο ο λύτης κατασκευάζει τη νοητική αναπαράσταση του προβλήματος.



Εκτίμηση



- + Προσέγγιση για επαρκώς δομημένα προβλήματα
- + Έλεγχος κινήσεων μεταξύ αρχικής και τελικής κατάστασης
- + Άμεση παρατήρηση των λαθών των υποκειμένων (how & when)
- + Χρήση ευρετικών στρατηγικών λόγω περιορισμένης ικανότητας της μνήμης εργασίας παρά αλγόριθμων
- Σχεδιασμός μελλοντικών κινήσεων: κατώτερος στο G.P.S. σε σχέση με τον άνθρωπο
- Μερικώς δομημένα προβλήματα (ill-defined problems) στην καθημερινή ζωή
- Εφαρμογή προσέγγισης σε προβλήματα που απαιτούν σειριακή διαδικασία. Ίσως όχι η κατάλληλη μέθοδος για προβλήματα με ενόραση
- Δε δόθηκε η απαραίτητη έμφαση στις ατομικές διαφορές (Handley et al. (2002): ατομικές διαφορές στη χωρική μνήμη εργασίας - μεταβλητή για το πρόβλημα των Πύργων του Ανόι – ενώ όχι δεδομένα για τη λεκτική μνήμη εργασίας

Ετεραρχικά μοντέλα



- Ο Γενικός Λύτης Προβλημάτων ήταν **ιεραρχικός** και **μονοδιάστατος** – ένας κεντρικός επεξεργαστής έδινε την εντολή εκκίνησης για τις διάφορες διεργασίες
- Τα πιο σύγχρονα μοντέλα είναι **ετεραρχικά** (ο έλεγχος μπορεί να κατανεμηθεί σε όλο το σύστημα (Hayes-Roth, 1979))
- **Δαίμονες λήψης αποφάσεων** – υπεύθυνοι για τον ετεραρχικό έλεγχο (Selfridge, 1959)

Αναλογική λύση προβλημάτων



- Η διαδικασία κατά την οποία η λύση σε ένα παρόμοιο πρόβλημα (πηγή) καθοδηγεί την αναζήτηση της λύσης σε ένα νέο πρόβλημα (στόχος).
- Αναγνώριση της αναλογίας
- Χαρτογράφηση των αντιστοιχιών

Το πρόβλημα των Ιεραποστόλων και των Κανιβάλων

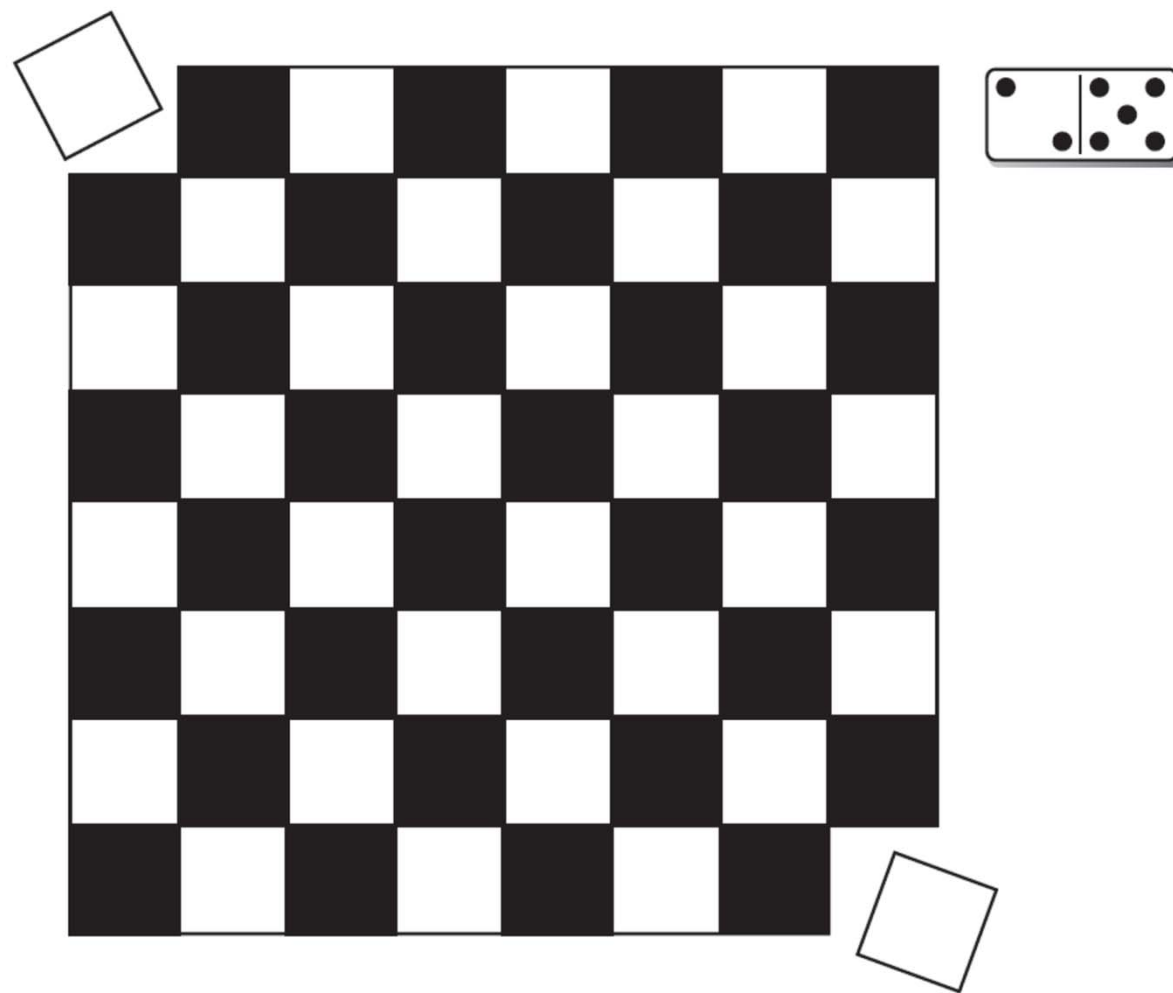
Τρεις ιεραπόστολοι και τρεις κανίβαλοι πρέπει να περάσουν από τη μία όχθη ενός ποταμού στην άλλη. Έχουν στη διάθεσή τους μία βάρκα, η οποία όμως μπορεί να μεταφέρει μόνο δύο άτομα κάθε φορά. Και οι έξι μπορούν να κυβερνήσουν τη βάρκα και σε κάθε διαδρομή πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένα άτομο στη βάρκα. Αν σε οποιαδήποτε στιγμή και σε οποιαδήποτε όχθη οι κανίβαλοι υπερβούν σε αριθμό τους ιεραποστόλους, τότε οι κανίβαλοι θα τους φάνε. Θεωρήστε ότι μετά από κάθε διαδρομή της βάρκας όλοι οι επιβάτες αποβιβάζονται στην όχθη προτού ξεκινήσει η επόμενη διαδρομή. Βρείτε τον μικρότερο αριθμό μετακινήσεων που θα επιτρέψουν σε όλους τους ιεραποστόλους και τους κανίβαλους να περάσουν με ασφάλεια τον ποταμό.



Το πρόβλημα των Ιεραποστόλων και των Κανιβάλων

- Οι συμμετέχοντες θέτουν 3-4 υποστόχους / παύση μεταξύ υποστόχων
- Από τη στρατηγική της εξισορρόπησης (ίδιος αριθμός ιεραπόστολων και κανιβάλων) (balancing strategy) στην Ανάλυση Μέσων-Στόχων (μεταφορά περισσότερων ανθρώπων στην όχθη-στόχο) (Means-Ends Analysis) και στην Ευρετική του Αντι-βρόχου (αποφυγή επιστροφής σε προηγούμενη κίνηση) (Anti-looping heuristic)
- Ο G.P.S. το έλυσε σχετικά εύκολα (11 κινήσεις) σε αντίθεση με τους συμμετέχοντες (~30 κινήσεις)
- Το πρόβλημα των ζηλιάρηδων συζύγων...

Το πρόβλημα της σκακιέρας Hayes (1978)



Το πρόβλημα του προξενητή Hayes (1978)

Ας υποθέσουμε ότι είστε ένας προξενητής και έχετε προσκληθεί σε ένα μακρινό χωριό που έχει ακριβώς 64 ανύπαντρους νέους, 32 άνδρες και 32 γυναίκες. Το έργο σας είναι να ζευγαρώσετε όλους αυτούς τους νέους ώστε να πραγματοποιηθούν και οι 32 γάμοι σε δύο ημέρες, ένα πρωί Σαββάτου. Εργάζεστε συνεχώς και τις δύο αυτές ημέρες έως το βράδυ της Παρασκευής, οπότε και καταφέρνετε να ταιριάξετε τα ζευγάρια έτσι ώστε να είναι όλοι ευχαριστημένοι. Εκείνο το βράδυ όμως, κατά τη διάρκεια του γλεντιού που προηγείται των γάμων, δύο από τους άνδρες τσακώνονται, αρχίζουν να παλεύουν και αλληλοσκοτώνονται. Μπορούν όλα τα υπόλοιπα 62 νεαρά άτομα να παντρευτούν το επόμενο πρωί έτσι όπως είναι προγραμματισμένο;

Η αναπαράσταση του προβλήματος (2)

- Το ζήτημα της αναπαράστασης του προβλήματος μελετήθηκε από τους Simon και Hayes (1976), οι οποίοι ερεύνησαν τις συνέπειες διαφορετικών προφορικών διατυπώσεων ενός προβλήματος, προκειμένου να κατανοήσουν κάπως τον τρόπο με τον οποίο οι λύτες αντιλαμβάνονται αρχικά τις εκφωνήσεις των προβλημάτων.
- Οι παραλλαγές των προβλημάτων επηρέασαν σημαντικά τις αναπαραστάσεις που έκαναν τα υποκείμενα στην προσπάθειά τους να λύσουν τα προβλήματα (όπως αποκαλύφθηκε από τα σχόλιά τους κατά τη διάρκεια της επίλυσης του προβλήματος).
- Μια αναπαράσταση των προβλημάτων που χρησιμοποίησαν θα βρείτε στη διεύθυνση:

<http://www.gocognitive.net/demo/monsters-and-globes-problem>

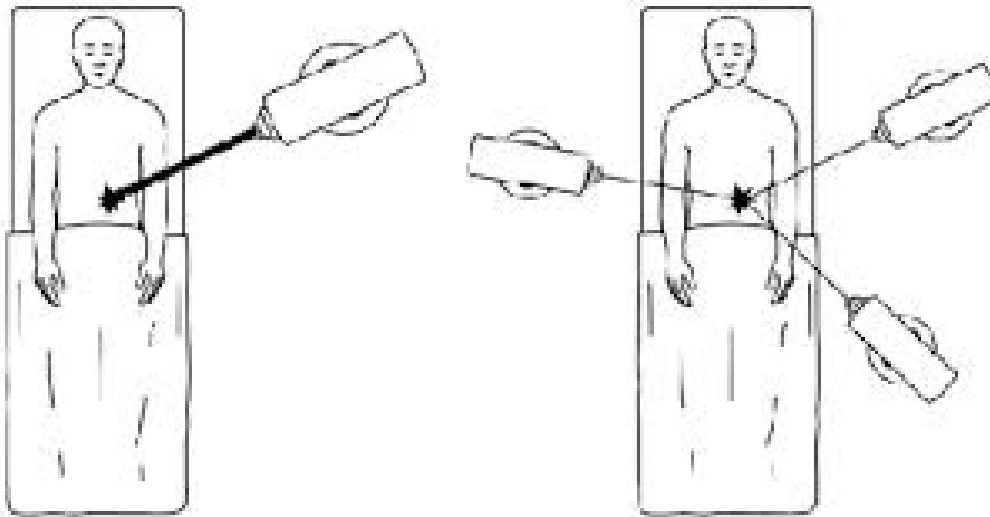
Το πρόβλημα της ακτινοβολίας Duncker, 1945



Υποθέστε ότι είστε ένας γιατρός που έχει έναν ασθενή με κακοήθη όγκο στο στομάχι του. Ο ασθενής δεν είναι δυνατόν να εγχειριστεί, αλλά, αν δεν καταστραφεί ο όγκος, θα πεθάνει. Υπάρχει ένα είδος ακτινοθεραπείας που μπορεί να εφαρμοστεί για να καταστραφεί ο όγκος. Αν οι ακτινοβολίες φτάσουν στον όγκο με την ικανοποιητική ένταση, τότε ο όγκος θα καταστραφεί. Δυστυχώς, όμως, στην ένταση αυτή θα καταστραφούν και οι υγιείς ιστοί από τους οποίους θα περάσουν οι ακτίνες για να φτάσουν τον όγκο. Σε μικρότερη ένταση οι ακτινοβολίες είναι αβλαβείς για τον υγιή ιστό, αλλά και αναποτελεσματικές για τη θεραπεία του όγκου. Τι είδους διαδικασία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την καταστροφή του όγκου με τις ακτινοβολίες, αποφεύγοντας συγχρόνως την καταστροφή των υγιών ιστών;

Το πρόβλημα της ακτινοβολίας (2)

- Η λύση στο πρόβλημα είναι η διαίρεση των ακτίνων και η εφαρμογή πολλών ακτινοβολιών μικρής έντασης από πολλές πηγές και κατευθύνσεις ταυτόχρονα προς τον όγκο.



Το πρόβλημα του κάστρου Gick και Holyoak (1980, 1983)

Σε μια μικρή χώρα εγκαθιδρύθηκε από έναν δικτάτορα μια σκληρή δικτατορία. Ο δικτάτορας κυβερνούσε τη χώρα από ένα ισχυρό κάστρο. Το κάστρο βρισκόταν στο κέντρο της χώρας, τριγυρισμένο από αγροκτήματα και χωριά. Πολλοί δρόμοι ξεκινούσαν από το κάστρο ακτινωτά, όπως ακριβώς οι ακτίνες ενός τροχού. Ένας μεγάλος στρατηγός συγκέντρωσε έναν πολυπληθή στρατό στα σύνορα της χώρας και ορκίστηκε να καταλάβει το κάστρο και να ελευθερώσει τη χώρα από την τυραννία του δικτάτορα. Ο στρατηγός γνώριζε ότι, αν ολόκληρος ο στρατός του μπορούσε να επιτεθεί στο κάστρο συγχρόνως, αυτό θα έπεφτε. Τα στρατεύματά του βρίσκονταν στην αρχή ενός από τους δρόμους που οδηγούσαν στο κάστρο και περίμεναν το σήμα της επίθεσης. Όμως, ένας κατάσκοπος έφερε στο στρατηγό μια αναφορά που τον προβλημάτισε. Ο σκληρός δικτάτορας είχε τοποθετήσει νάρκες σε όλους τους δρόμους. Οι νάρκες είχαν τοποθετηθεί έτσι ώστε να επιτρέπουν το ασφαλές πέρασμα μόνο μικρών ομάδων ανδρών, καθώς ο δικτάτορας ήθελε να μπορεί να μετακινεί εργάτες και στρατιώτες από και προς το κάστρο. Ωστόσο, μια οποιαδήποτε μεγάλη δύναμη ανθρώπων θα προκαλούσε την έκρηξη των ναρκών. Αυτό όχι μόνο θα κατέστρεφε το δρόμο και θα τον έκανε αδιάβατο, αλλά ο δικτάτορας θα κατέστρεφε πολλά χωριά προβαίνοντας σε αντίποινα. Έτσι, μια καθολική κατευθείαν επίθεση στο κάστρο φάνταζε αδύνατη. Ο στρατηγός, όμως, δεν τα έχασε.

Το πρόβλημα του κάστρου (2)

Μοίρασε το στρατό του σε μικρές ομάδες και έστειλε την καθεμιά στην αρχή ενός διαφορετικού δρόμου. Όταν όλοι ήταν έτοιμοι, έδωσε το σύνθημα και κάθε ομάδα επιτέθηκε μέσω ενός διαφορετικού δρόμου. Όλες οι ομάδες πέρασαν με ασφάλεια από τα ναρκοπέδια, και ο στρατηγός επιτέθηκε στο κάστρο με όλες του τις δυνάμεις. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο στρατηγός μπόρεσε να καταλάβει το κάστρο και να ανατρέψει τον δικτάτορα.



Η λύση προβλημάτων από τους ειδήμονες (1)

- Οι ειδήμονες συνήθως διατυπώνουν την καλύτερη λύση στο πρόβλημα, ακόμη και κάτω από περιορισμούς χρόνου (deGroot, 1965)
- Είναι ταχύτεροι και πιο ακριβείς από τους μη ειδικούς (Klein, 1993)
- Μπορούν να εντοπίσουν χαρακτηριστικά του προβλήματος που οι μη ειδικοί δεν είναι σε θέση να εντοπίσουν (Lesgold et al., 1988) όπως και τη βαθύτερη δομή ενός προβλήματος (Chi, Feltovich & Glaser, 1981)
- Αφιερώνουν συγκριτικά περισσότερο χρόνο στην ανάλυση του προβλήματος και στην κατασκευή της αναπαράστασής του (Simon & Simon, 1978. Voss, Greene, Post & Penner, 1983)
- Έχουν πιο ακριβείς δεξιότητες αυτεπίβλεψης και, έτσι, μπορούν ευκολότερα να εντοπίσουν σφάλματά τους καθώς και τον βαθμό της κατανόησης του προβλήματος (Chi, Glaser & Rees, 1982)

Η λύση προβλημάτων από τους ειδήμονες (2)

- Είναι καλύτεροι στην επιλογή της κατάλληλης κάθε φορά στρατηγικής επίλυσης ενός προβλήματος (Larkin, McDermott, Simon & Simon, 1980)
- Χρησιμοποιούν τις στρατηγικές αυτές με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα (Lemaire & Siegler, 1995)
- Είναι καλύτεροι στο να χρησιμοποιούν κάθε πρόσφορο μέσο ή διαθέσιμη πληροφορία για την επίλυση του προβλήματος (Gilhooly et al., 1997).
- Μπορούν να ανασύρουν από τη μνήμη τους πληροφορίες και στρατηγικές σχετικές με το πεδίο της ειδίκευσής τους με την ελάχιστη γνωστική προσπάθεια (Alexander, 2003),
- να εκτελούν ένα έργο με μεγαλύτερο αυτοματισμό (Schneider, 1985), και
- να ασκούν μεγαλύτερο γνωστικό έλεγχο σε εκείνες τις διαστάσεις της επίδοσης στο γνωστικό έργο όπου ο έλεγχος είναι περισσότερο απαραίτητος (Ericsson, 2006)

Είναι πάντοτε πλεονέκτημα η ειδικευση;

- Οι ειδήμονες έχουν την τάση να υπερεκτιμούν τις ικανότητές τους ή τις κρίσεις τους σχετικά με θέματα που αφορούν στο πεδίο της ειδικεισής τους (Chi, 1978. Glenberg & Epstein, 1987. Oskamp, 1965).
- Αν και οι ειδήμονες υπερτερούν στην κατανόηση και στην ανάσυρση πληροφοριών που αφορούν στη βαθύτερη δομή ενός προβλήματος, ορισμένες φορές δείχνουν να μη συγκρατούν τόσες λεπτομέρειες ή επιφανειακά χαρακτηριστικά του προβλήματος όσα οι μη ειδικοί (Adelson, 1984. Schmidt & Boshuizen, 1993. Voss, Vesonder & Spilich, 1980), σαν να αδιαφορούν για λεπτομέρειες που δεν είναι συναφείς με τα λιγότερο σημαντικά χαρακτηριστικά του προβλήματος.
- Επίσης, φαίνεται πως οι σημαντικότερες αδυναμίες των ειδημόνων είναι η ακαμψία, δηλαδή η δυσκολία να προσαρμόζονται στις διαφορές μεταξύ του προβλήματος που έχουν να λύσουν και των τυπικών προβλημάτων της γνωστικής περιοχής (Sternberg & Frensch, 1992), καθώς και η προκατάληψη, η τάση, δηλαδή, να εκδηλώνουν σε μεγαλύτερο βαθμό λειτουργική παγίωση με αποτέλεσμα να προτείνουν λιγότερες δημιουργικές λύσεις από τους μη ειδικούς (Wiley, 1998).
- Ίσως αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο νεότεροι και λιγότερο έμπειροι επιστήμονες είναι αυτοί που κάνουν τις πιο επαναστατικές ανακαλύψεις (Simonton, 1984).

Newell & Simon, 1972

$$\begin{array}{r} 526485 \\ + 197485 \\ \hline 723970 \end{array}$$

