

Σχεδιασμός με αναζήτηση στο χώρο πλάνων

Σχεδιασμός με αναζήτηση στο χώρο καταστάσεων (σύνοψη)

- Τα πλάνα παράγονται είτε προσθέτοντας νέες ενέργειες στο τέλος τους (ορθή διάσχιση) είτε προσθέτοντας νέες ενέργειες στην αρχή τους (ανάστροφη διάσχιση).
- Για την παραγωγή πλάνων με **ορθή διάσχιση** ελέγχεται η εφαρμοσιμότητα κάθε ενέργειας σε κάθε κατάσταση (δηλαδή το σύνολο προϋποθέσεων της).
- Για την παραγωγή πλάνων με **ανάστροφη διάσχιση** ελέγχεται κατά πόσο η κατάσταση που προκύπτει από κάθε ενέργεια είναι συμβατή με την κατάσταση-στόχο, οδηγείται δηλαδή η παραγωγή του πλάνου κατ'αρχήν από το σύνολο πρόσθεσης/αφαίρεσης κάθε ενέργειας.
- Τα πλάνα είναι **γραμμικά**: οι ενέργειές τους είναι πλήρως διατεταγμένες.

Σχεδιασμός με αναζήτηση στο χώρο πλάνων

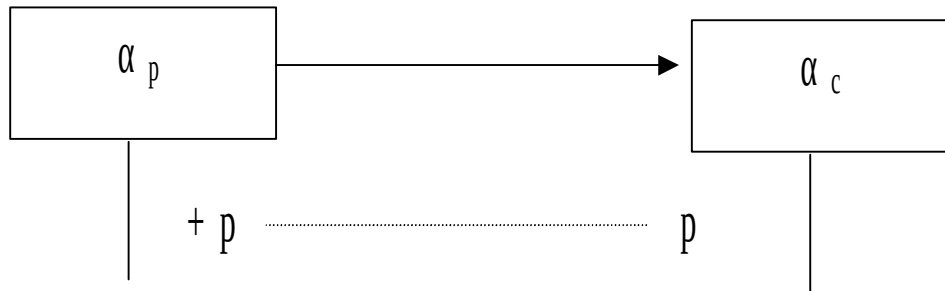
- Ο **χώρος των πλάνων** περιέχει όλα τα δυνατά πλάνα, όλα τα πλάνα που μπορούν να κατασκευαστούν από το δεδομένο ρεπερτόριο ενεργειών.
- Το ζητούμενο (για ένα δεδομένο πρόβλημα) πλάνο μπορεί να βρεθεί με **αναζήτηση στο χώρο των πλάνων**, χρησιμοποιώντας τους γνωστούς αλγόριθμους αναζήτησης, αλλά
 - Το σύνολο αναζήτησης και το κλειστό σύνολο δεν περιέχουν καταστάσεις, περιέχουν ημιτελή πλάνα
 - Η αναζήτηση ξεκινά με το κενό πλάνο και καταλήγει με το τελικό πλάνο σαν λύση
- Τα **ημιτελή πλάνα** είναι μη-γραμμικά: σύνολα από ενέργειες οι οποίες δεν είναι πλήρως διατεταγμένες και πιθανά δεν έχουν όλες τις μεταβλητές τους δεσμευμένες.

Αναπαράσταση μη-γραμμικών πλάνων

- Ένα **μη-γραμμικό πλάνο** αναπαρίσταται ως η τριάδα (A, O, L) όπου
 - A είναι ένα σύνολο ενεργειών
 - O είναι ένα σύνολο περιορισμών διάταξης
 - L είναι ένα σύνολο αιτιολογικών συνδέσεων
- **Παράδειγμα:** για $A=\{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}$ και $O=\{\alpha_1 < \alpha_2, \alpha_1 < \alpha_3\}$ μπορούν να προκύψουν δύο δυνατά γραμμικά πλάνα:
 - $\langle \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \rangle$ και
 - $\langle \alpha_1, \alpha_3, \alpha_2 \rangle$
- Μια **αιτιολογική σύνδεση** ορίζεται ως μια τριάδα (α_p, p, α_c) όπου
 - Τα α_p και α_c είναι ενέργειες του πλάνου (ανήκουν στο A , παραγωγός και καταναλωτής της σύνδεσης, αντίστοιχα)
 - Το p ανήκει στο $Add(\alpha_p)$ και στο $Pre(\alpha_c)$
 - Μια αιτιολογική σύνδεση σημαίνει ότι κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ της εκτέλεσης της ενέργειας-παραγωγού και της εκτέλεσης της ενέργειας-καταναλωτή, το p πρέπει να αληθεύει συνεχώς.
 - Για κάθε αιτιολογική σύνδεση εισάγεται ένας περιορισμός διάταξης $\alpha_p < \alpha_c$ στο O .

Διαγραμματική αναπαράσταση αιτιολογικών συνδέσεων

$$a_p \overset{p}{\dashrightarrow} a_c$$



Χρήση αιτιολογικών συνδέσεων

Οι αιτιολογικές συνδέσεις χρησιμοποιούνται για να εντοπίζουν αν μια νέα ενέργεια που εισάγεται στο πλάνο έρχεται σε αντίθεση με παλαιότερες αποφάσεις, δηλαδή τις απειλεί.

Για μια αιτιολογική σύνδεση $a_p \dashv^p a_c$, μια ενέργεια $a_t \in A$ αποτελεί απειλή αν:

- Το σύνολο $O \cup \{a_p < a_t < a_c\}$ είναι συνεπές και
- $p \in Del(a_t)$

Αντιμετώπιση απειλών

Μια απειλή για μια αιτιολογική σύνδεση αντιμετωπίζεται είτε

- Μεταθέτοντας την νέα ενέργεια, που συνιστά την απειλή, πριν την ενέργεια παραγωγό της αιτιολογικής σύνδεσης: **προβιβασμός**
- Μεταθέτοντας την νέα ενέργεια, που συνιστά την απειλή, μετά την ενέργεια καταναλωτή της αιτιολογικής σύνδεσης: **υποβιβασμός**

Διατύπωση αναζήτησης στο χώρο πλάνων

- Η αρχική κατάσταση αναπαρίσταται με το **μηδενικό πλάνο** που αναπαρίσταται ως
$$(\{START, END\}, \{START < END\}, \emptyset)$$
- Οι ενέργειες START, END είναι υποθετικές και για αυτές ισχύουν:

$Pre(START) = Del(START) = \emptyset$
 $Add(START) = Initial$

$Del(END) = Add(END) = \emptyset$
 $Pre(END) = Goal$

- Όλες οι (πραγματικές) ενέργειες του πλάνου θα εισαχθούν ανάμεσα σε αυτές.
- Κάθε **τοπολογική διάταξη** ενός **πλήρους πλάνου** αποτελεί λύση.

Πλήρες πλάνο

Ένα μη-γραμμικό πλάνο λέγεται **πλήρες** όταν

- Κάθε ενέργεια που εμφανίζεται είτε σε αιτιολογική σύνδεση του συνόλου L είτε σε περιορισμό διάταξης του συνόλου O , ανήκει στο σύνολο ενεργειών A .
- Για κάθε ενέργεια $a \in A$ και για κάθε προϋπόθεση $p \in Pr\ e(a)$ υπάρχει μια αιτιολογική σύνδεση της μορφής $b \dashv^p \rightarrow a$ στο L , όπου $b \in A$.
- Αν το πλάνο περιέχει αιτιολογική σύνδεση $b \dashv^p \rightarrow a$ και μια ενέργεια $c \in A$ που την απειλεί, τότε το σύνολο O περιέχει διάταξη $c < b$ ή $a < c$.

Τοπολογική διάταξη μη-γραμμικού πλάνου

Μια τοπολογική διάταξη ενός μη-γραμμικού πλάνου είναι μια γραμμική ακολουθία των ενεργειών του, τέτοια ώστε

- Η πρώτη ενέργεια της ακολουθίας είναι η START
- Η τελευταία ενέργεια της ακολουθίας είναι η END
- Για κάθε αιτιολογική σύνδεση $b \dashrightarrow^p a$ η ενέργεια b προηγείται της ενέργειας a .
- Για κάθε περιορισμό διάταξης $b <_a$ του συνόλου O , η ενέργεια b προηγείται της ενέργειας a .

Αλγόριθμος παραγωγής μερικώς διατεταγμένων πλάνων (POP)

1. Εάν $Agenda = \emptyset$ επέστρεψε το πλάνο (A, O, L)
2. Έστω $(q, a_{need}) \in Agenda$
3. Έστω a_{add} μια ενέργεια τέτοια ώστε $q \in Add(a_{add})$. Η a_{add} μπορεί είτε να ανήκει στο A και να μπορεί να διαταχθεί πριν την a_{need} , είτε να είναι νέα ενέργεια. Αν δεν υπάρχει a_{add} τέτοια, επέστρεψε αποτυχία.
 - α. Θέσε $L' = L \cup \{a_{add} \dashv \dashv^q \rightarrow a_{need}\}$
 - β. Αν η a_{add} είναι νέα τότε θέσε $A' = A \cup \{a_{add}\}$ και $O' = O \cup \{a_{add} < a_{need}, START < a_{add} < END\}$
 - γ. Αν η a_{add} δεν είναι νέα τότε $A' = A$ και $O' = O \cup \{a_{add} < a_{need}\}$
4. Θέσε $Agenda' = Agenda - \{(q, a_{need})\}$ και αν η a_{add} είναι νέα τότε για κάθε $q_i \in Pre(a_{add})$ πρόσθεσε το στοιχείο (q_i, a_{add}) στην $Agenda'$.
5. Για κάθε ενέργεια $a_i \in A'$ που μπορεί να απειλεί κάποια αιτιολογική σύνδεση $(a_p \dashv \dashv^q \rightarrow a_c) \in L'$ υπολόγισε νέους συνεπείς περιορισμούς διάταξης O' είτε ως $O' = O' \cup \{a_i < a_p\}$ είτε ως $O' = O' \cup \{a_c < a_i\}$. Εάν και με τους δύο τρόπους προκύπτει ασυνεπές σύνολο περιορισμών διάταξης, επέστρεψε αποτυχία.
6. Επανέλαβε με (A', O', L') και $Agenda'$

Αρχική κλήση POP

- Αρχικό πλάνο το μηδενικό πλάνο
- Η Agenda αρχικοποιείται με τις προϋποθέσεις της END.