Τεχνητή Νοημοσύνη ΙΙ

Παύλος Πέππας

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών

και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Γνωστική Οχύρωση

Η Γαλλία ανήκει στην ΕΕ.

Τα BMM κατασκευάζονται στην Γαλλία

Όλα αμάξια κατασκευάζονται στην ΕΕ παίρνουν αμόλυβδη.

Το αμάξι του Γιάννη είναι BMM.

Γνωστική Οχύρωση

Η Γαλλία ανήκει στην ΕΕ.

VI

Τα BMM κατασκευάζονται στην Γαλλία

VI

Όλα αμάξια κατασκευάζονται στην ΕΕ παίρνουν αμόλυβδη.

VI

Το αμάξι του Γιάννη είναι BMM.

Γνωστική Οχύρωση

Το αμάξι του Γιάννη παίρνει αμόλυβδη.

↓ –

Η Γαλλία ανήκει στην ΕΕ.

VI

Τα ΒΜΜ κατασκευάζονται στην Γαλλία

VI

Όλα αμάξια κατασκευάζονται στην ΕΕ παίρνουν αμόλυβδη.

VI

Το αμάξι του Γιάννη είναι ΒΜΜ.

Γνωστική Οχύρωση

Το αμάξι του Γιάννη παίρνει αμόλυβδη.

$\downarrow$ -

Η Γαλλία ανήκει στην ΕΕ.

VI

Τα ΒΜΜ κατασκευάζονται στην Γαλλία

VI

Όλα αμάξια κατασκευάζονται στην ΕΕ παίρνουν αμόλυβδη.

VI

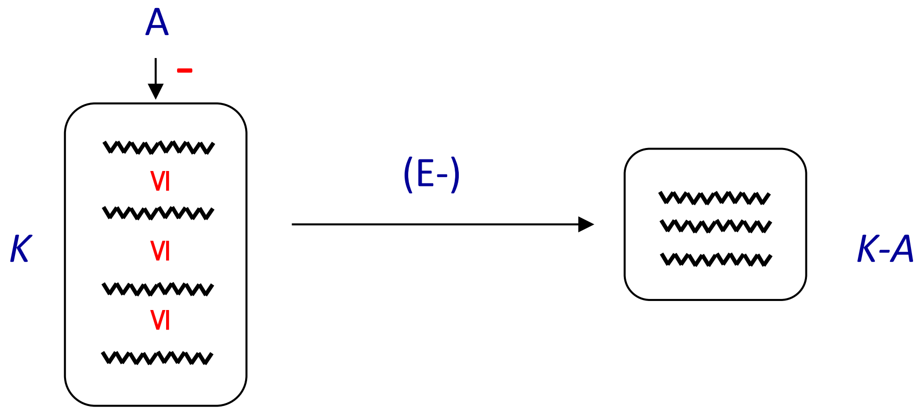
Το αμάξι του Γιάννη είναι ΒΜΜ.

Η Γαλλία ανήκει στην ΕΕ.

Τα ΒΜΜ κατασκευάζονται στην Γαλλία

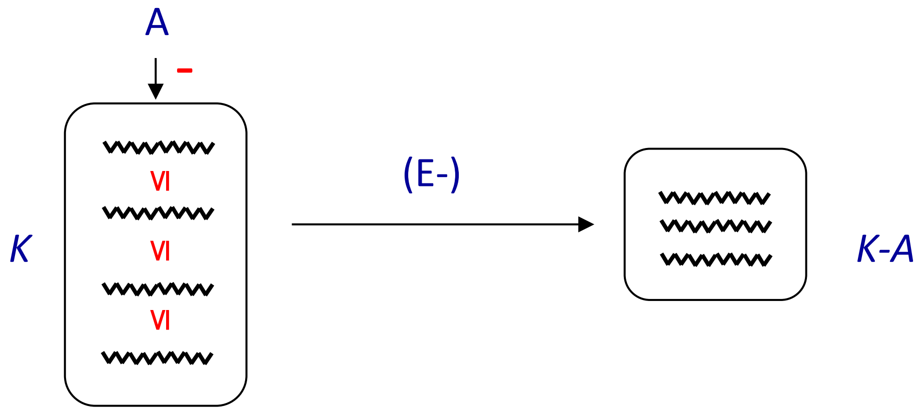
Όλα αμάξια κατασκευάζονται στην ΕΕ παίρνουν αμόλυβδη.

Γνωστική Οχύρωση



(EE1) Αν $A \leq B$ και $B \leq C$, τότε $A \leq C$.

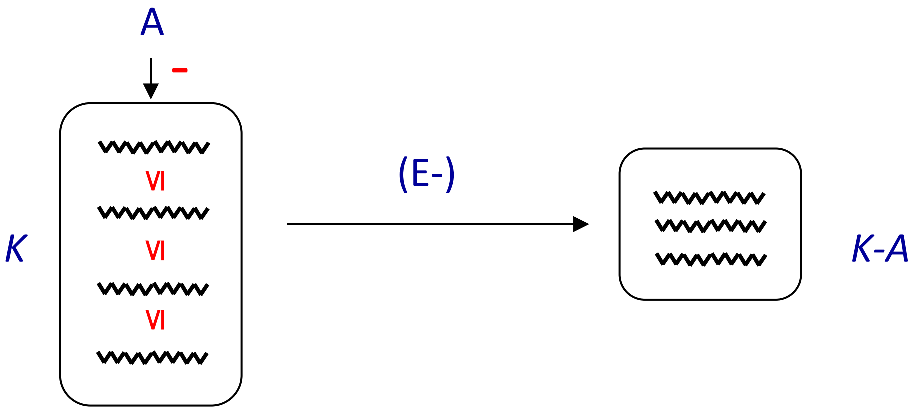
Γνωστική Οχύρωση



(EE1) Αν $A \leq B$ και $B \leq C$, τότε $A \leq C$.

(EE2) Αν $A \vDash B$ τότε $A \leq B$.

Γνωστική Οχύρωση

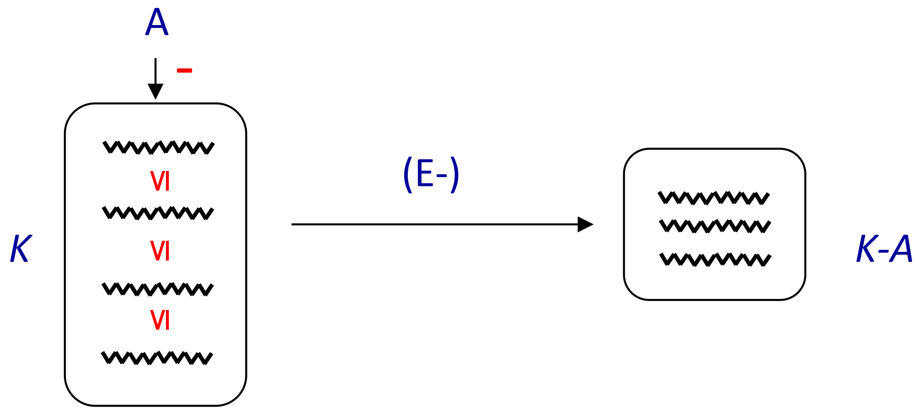


(EE1) Αν $A \leq B$ και $B \leq C$, τότε $A \leq C$.

(EE2) Αν $A \vDash B$ τότε $A \leq B$.

(EE3) $A \leq A \wedge B$ ή $B \leq A \wedge B$.

Γνωστική Οχύρωση



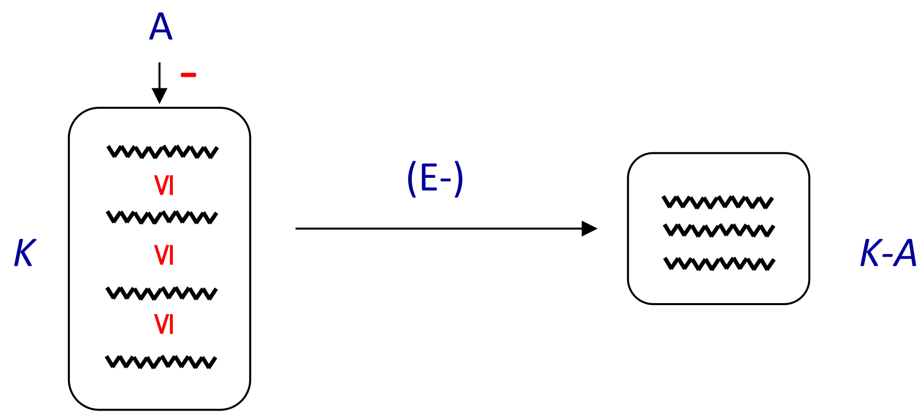
(EE1) Αν $A \leq B$ και $B \leq C$, τότε $A \leq C$.

(EE2) Αν $A \vDash B$ τότε $A \leq B$.

(EE3) $A \leq A \wedge B$ ή $B \leq A \wedge B$.

(EE4) Αν $K \nvDash \perp$, τότε $A \notin K$ ανν $A \leq B$, για κάθε $B \in L$.

Γνωστική Οχύρωση



(EE1) Αν $A \leq B$ και $B \leq C$, τότε $A \leq C$.

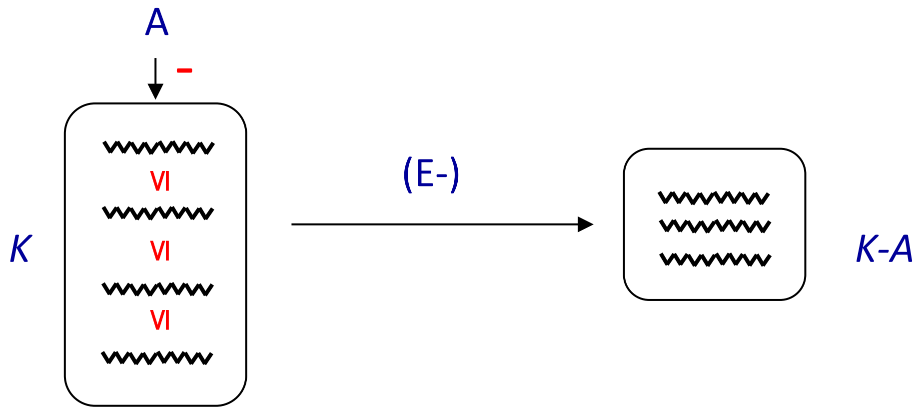
(EE2) Αν $A \vDash B$ τότε $A \leq B$.

(EE3) $A \leq A \wedge B$ ή $B \leq A \wedge B$.

(EE4) Αν $K \nvDash \perp$, τότε $A \notin K$ ανν $A \leq B$, για κάθε $B \in L$.

(EE5) Αν $A \leq B$ για κάθε $A \in L$, τότε $\vDash B$

Γνωστική Οχύρωση



(EE1) Αν $A \leq B$ και $B \leq C$, τότε $A \leq C$.

(EE2) Αν $A \vDash B$ τότε $A \leq B$.

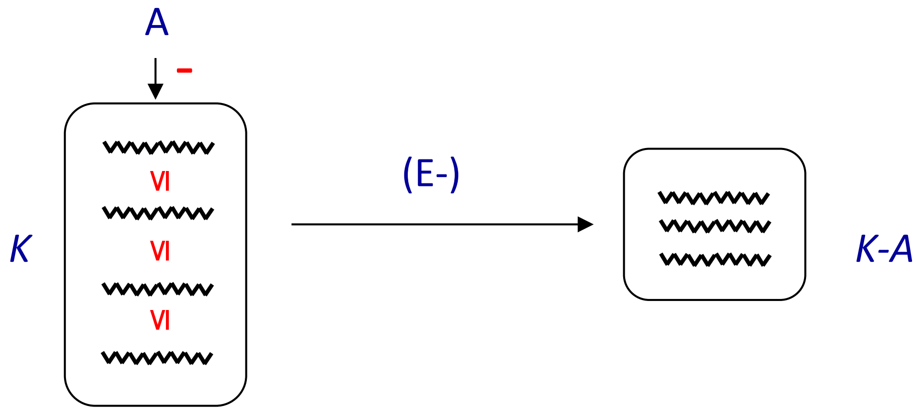
(EE3) $A \leq A \wedge B$ ή $B \leq A \wedge B$.

(EE4) Αν $K \nvDash \perp$, τότε $A \notin K$ ανν $A \leq B$, για κάθε $B \in L$.

(EE5) Αν $A \leq B$ για κάθε $A \in L$, τότε $\vDash B$

(C-) $A \leq B$ ανν $A \notin K\text{-}(A \wedge B)$

Γνωστική Οχύρωση



(EE1) Αν $A \leq B$ και $B \leq C$, τότε $A \leq C$.

(EE2) Αν $A \vDash B$ τότε $A \leq B$.

(EE3) $A \leq A \wedge B$ ή $B \leq A \wedge B$.

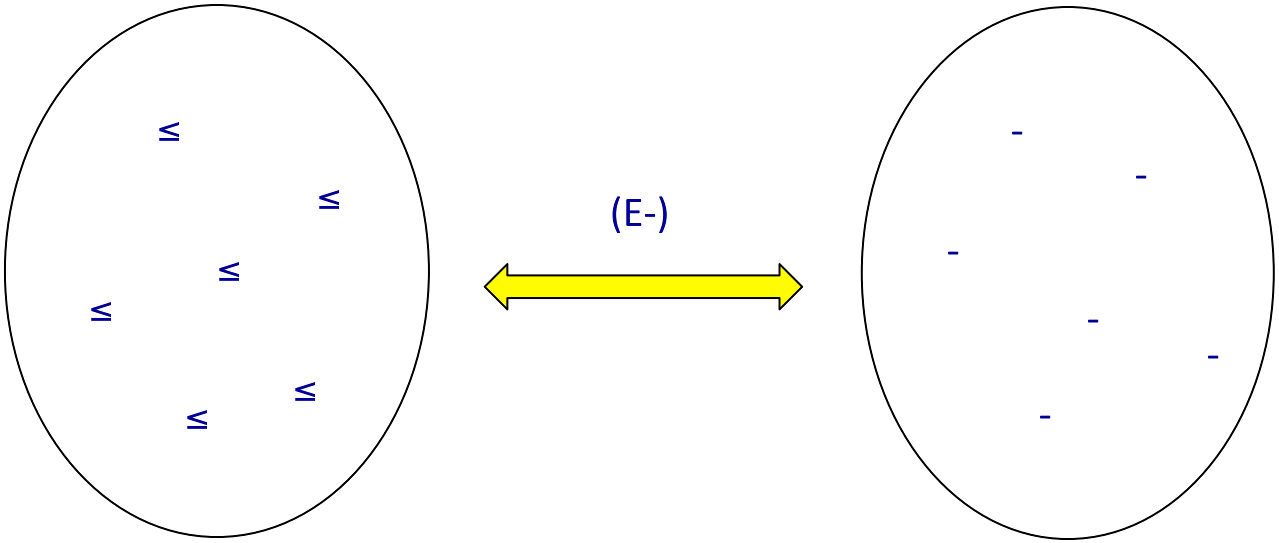
(EE4) Αν $K \nvDash \bot$, τότε $A \notin K$ ανν $A \leq B$, για κάθε $B \in L$.

(EE5) Αν $A \leq B$ για κάθε $A \in L$, τότε $\vDash B$

(C-) $\mathbf{A \leq B}$ **ανν** $\mathbf{A \notin K\text{-}(A \wedge B)}$

(E-) $\mathbf{B \in (K\text{-}A)}$ **ανν** $\mathbf{B \in K}$ **και** $\mathbf{A < A \vee B}$ **or** $\mathbf{\vDash A}$

Θεώρημα Αναπαράστασης



Γνωστικές Οχυρώσεις
(ΕΕ1) - (ΕΕ5)

Συναρτήσεις Συστολής
(Κ-1) - (Κ-8)

Υπόλοιπα Θεωριών

q

r

$q \lor r \Rightarrow p$

.
.
.

K

Υπόλοιπα Θεωριών

q
r
$q \vee r \Rightarrow p$
.
.
.

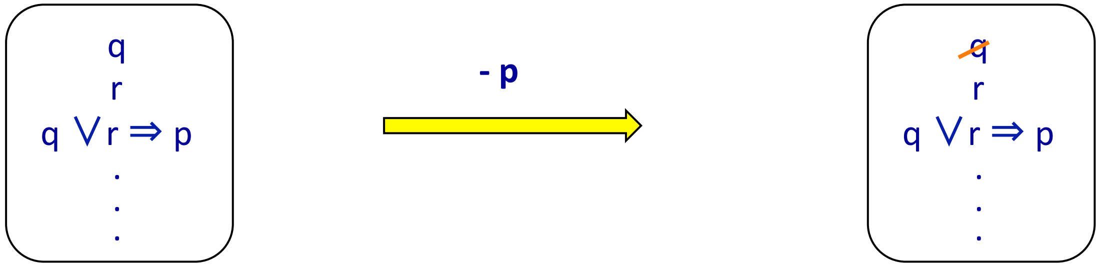
K

$\xrightarrow{\textbf{- p}}$

$\cancel{q}$
r
$q \vee r \Rightarrow p$
.
.
.

Ορισμός: Το K’ είναι **υπόλοιπο** του K ως προς p ανν K’ $\not\models$ p, και επιπλέον, για κάθε K’’ τέτοιο ώστε K’ $\subset$ K’’ $\subseteq$ K, K’’ $\models$ p.

Υπόλοιπα Θεωριών

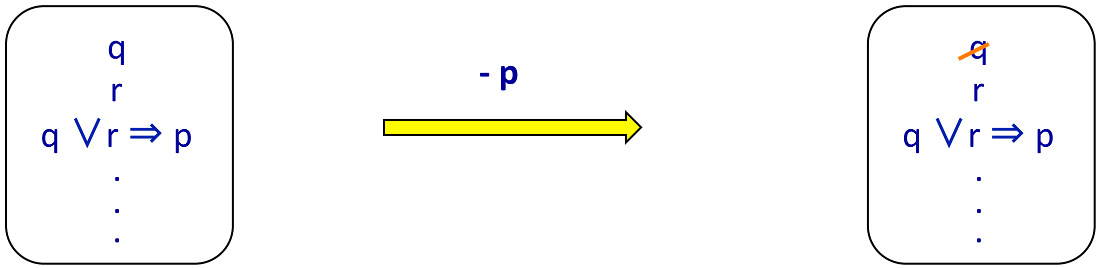


K

Ορισμός: Το K' είναι **υπόλοιπο** του K ως προς p ανν $K' \not\models p$, και επιπλέον, για κάθε K'' τέτοιο ώστε $K' \subset K'' \subseteq K$, $K'' \models p$.

Λήμμα: Το υπόλοιπο μιας θεωρίας είναι θεωρία.

Υπόλοιπα Θεωριών



K

Ορισμός: Το K’ είναι **υπόλοιπο** του K ως προς p ανν K’ $\not\models$ p, και επιπλέον, για κάθε K’’ τέτοιο ώστε K’ $\subset$ K’’ $\subseteq$ K, K’’ $\models$ p.

Λήμμα: Το υπόλοιπο μιας θεωρίας είναι θεωρία.

Λήμμα: Η τομή δύο θεωριών είναι θεωρία.

Υπόλοιπα Θεωριών

q
r
$q \vee r \Rightarrow p$
.
.
.

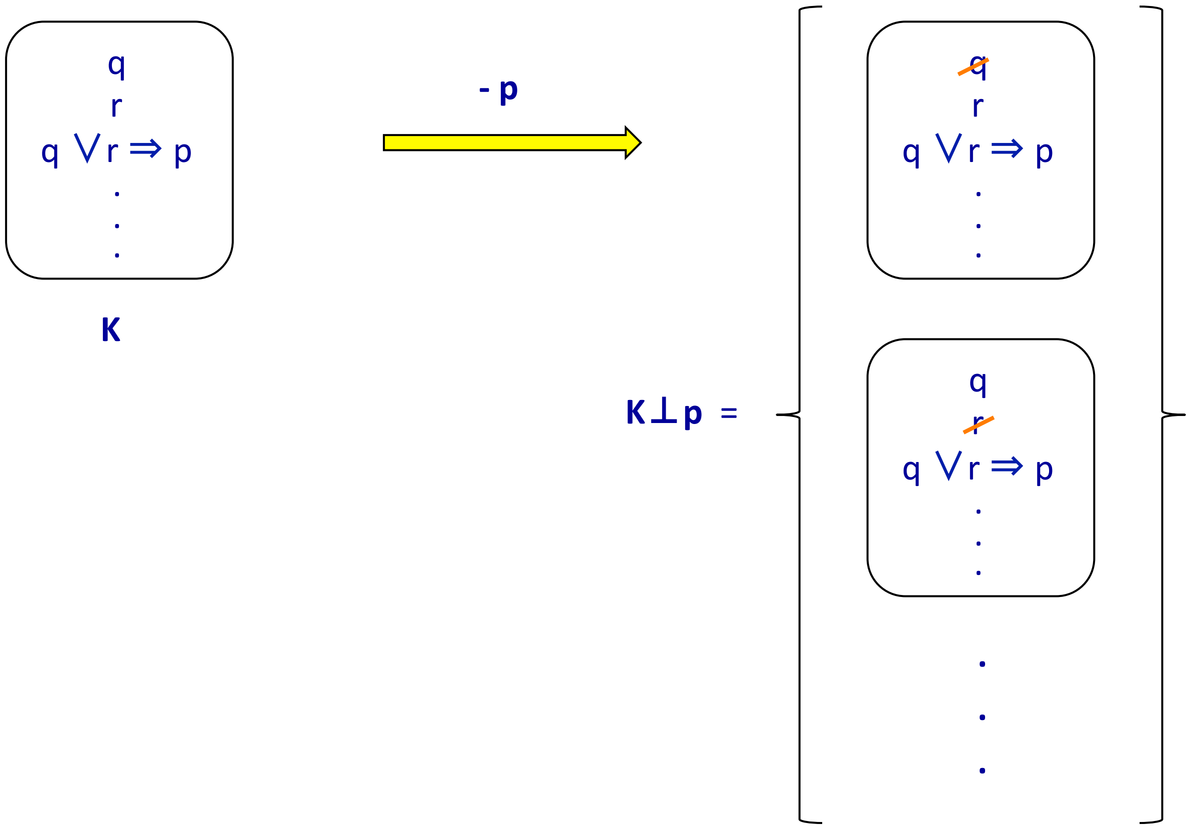
K

$\xrightarrow{-\,p}$

$\cancel{q}$
r
$q \vee r \Rightarrow p$
.
.
.

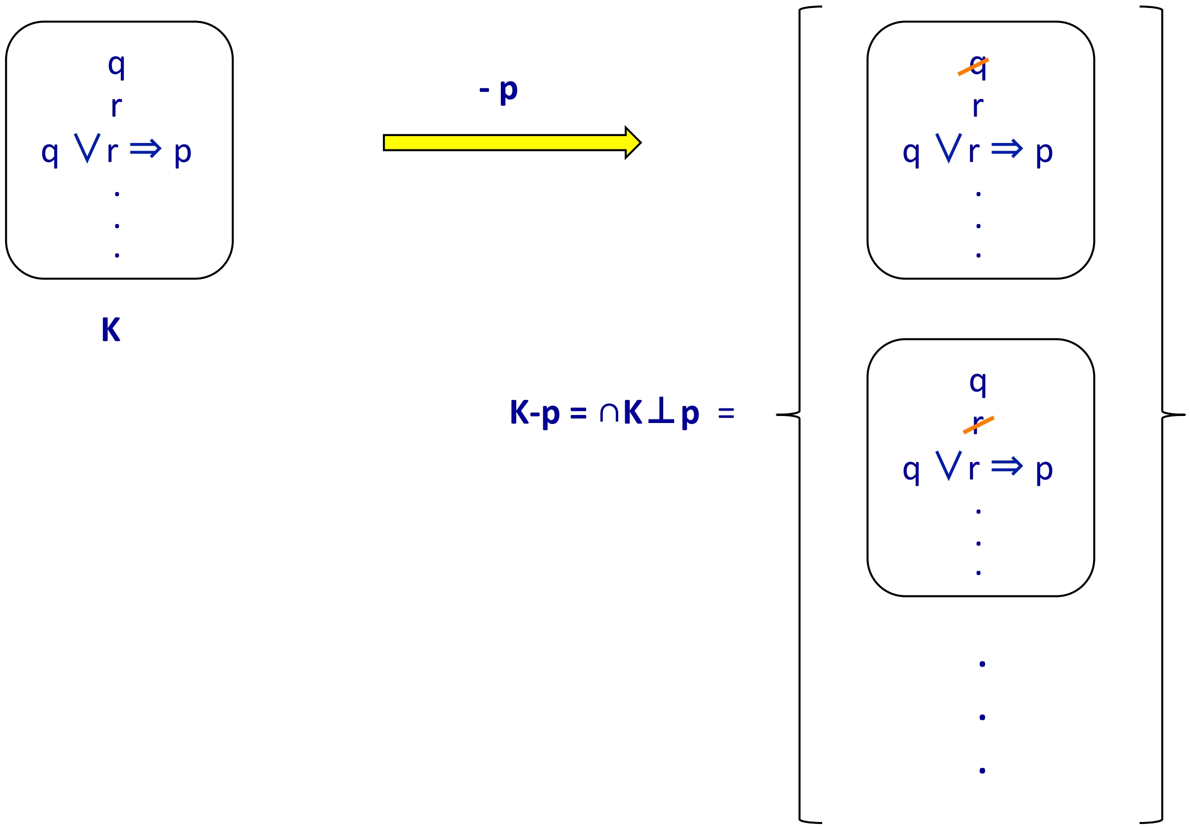
q
$\cancel{r}$
$q \vee r \Rightarrow p$
.
.
.

Υπόλοιπα Θεωριών



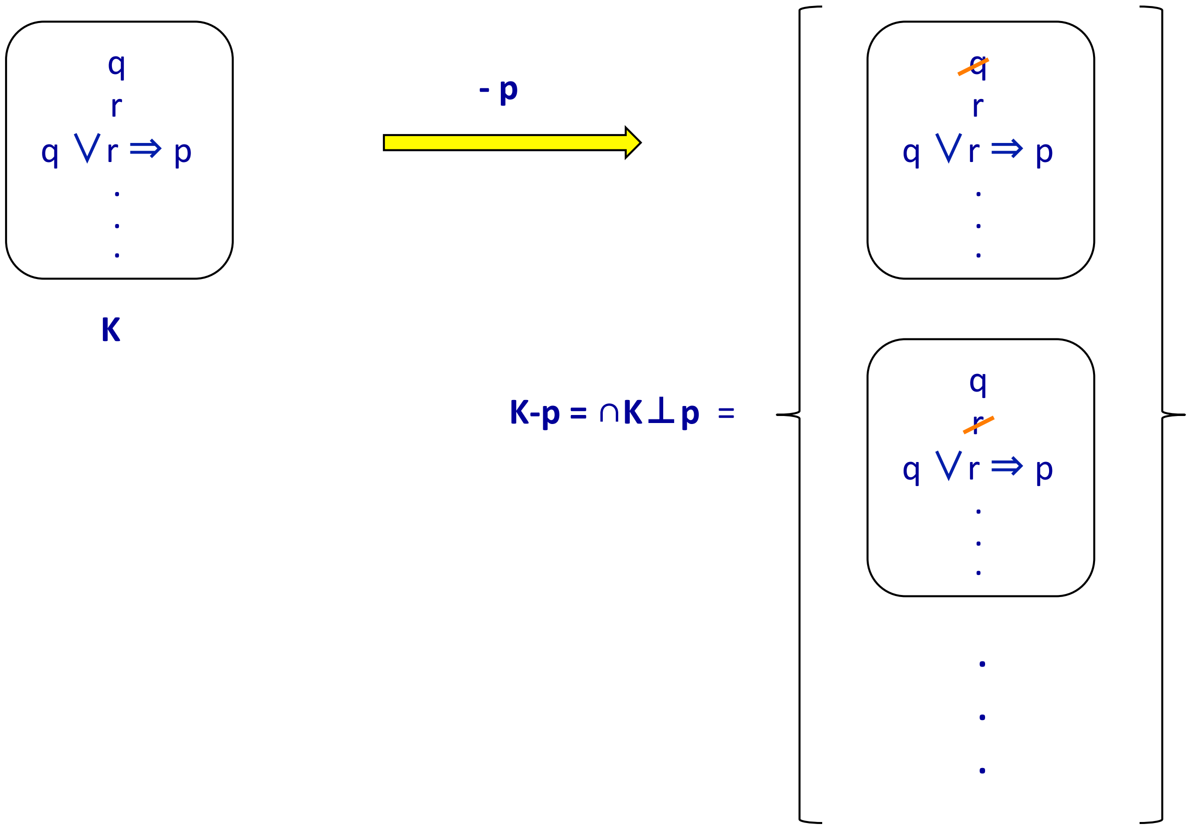
Με **K⊥p** συμβολίζουμε το σύνολο όλων των υπολοίπων του K ως προς p.

Full-Meet Συστολή



Θεώρημα: Η full-meet συστολή ικανοποιεί τα αξιώματα (K-1) – (K-8).

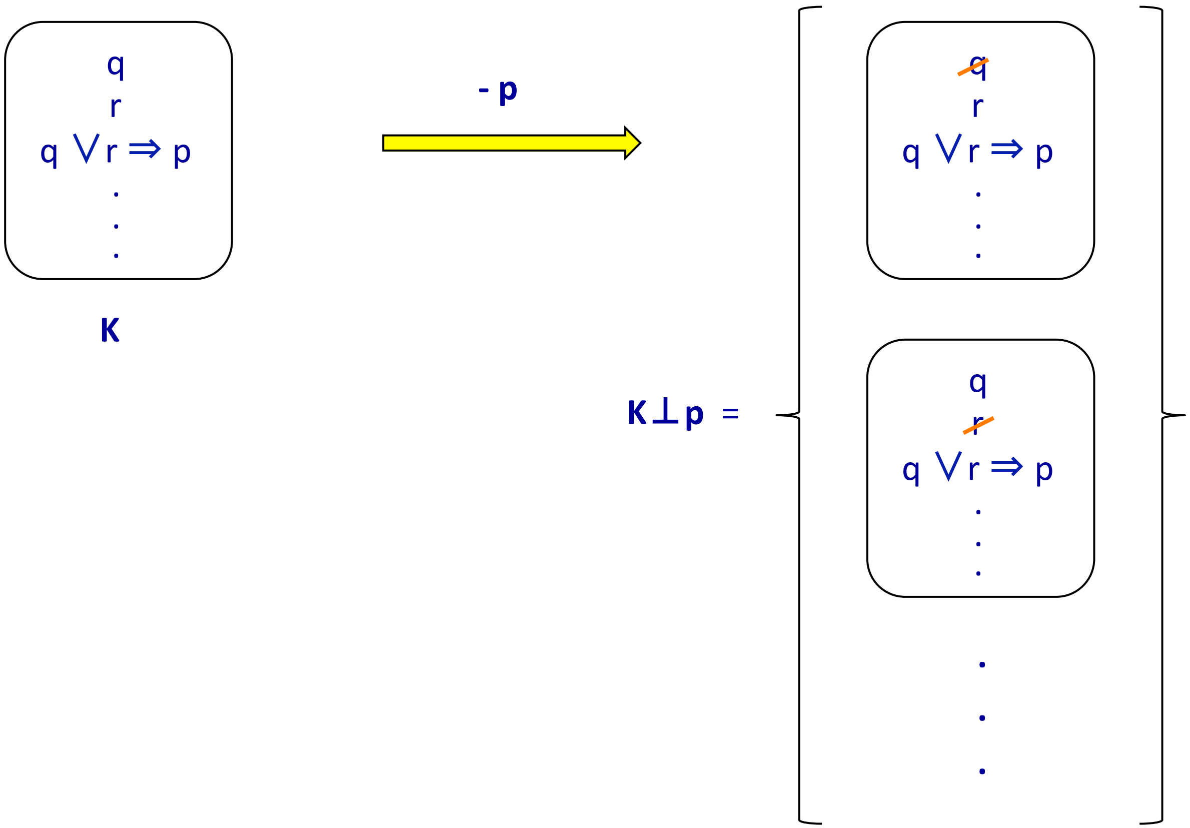
Full-Meet Συστολή



Θεώρημα: Η full-meet συστολή ικανοποιεί τα αξιώματα (K-1) – (K-8).

Θεώρημα: Έστω – η full-meet συστολής, και * η συνάρτηση που προκύπτει από την – μέσω Levi Identify (δηλ. $K^*\phi = (K - \neg\phi) + \phi$). Τότε για κάθε πρόταση ψ τέτοια ώστε $\neg\psi \in K$, $K^*\psi = \{ x : \psi \models x \}$.

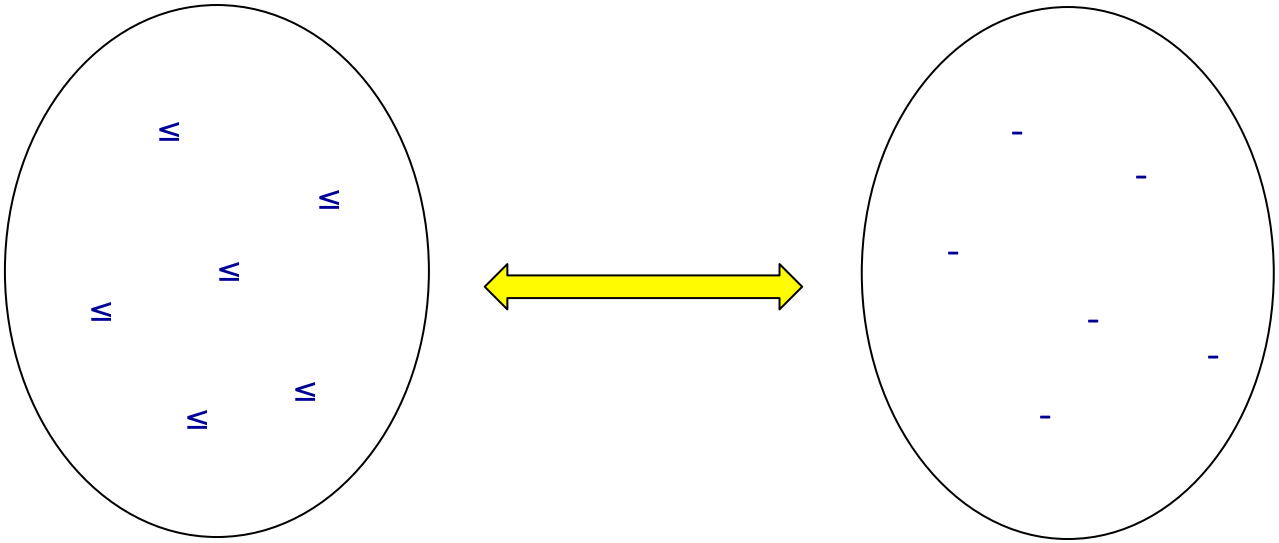
Partial Meet Συστολή



Έστω ≤ μια οποιαδήποτε προ-διάταξη σε θεωρίες. Ορίζουμε την partial meet συστολής – με βάση την ≤ ως

$$\mathbf{K{-}\phi = \cap\{\, K' \in K\bot\phi :\ \text{για κάθε } K'' \in K\bot\phi\,,\ \ K'' \leq K' \,\}}.$$

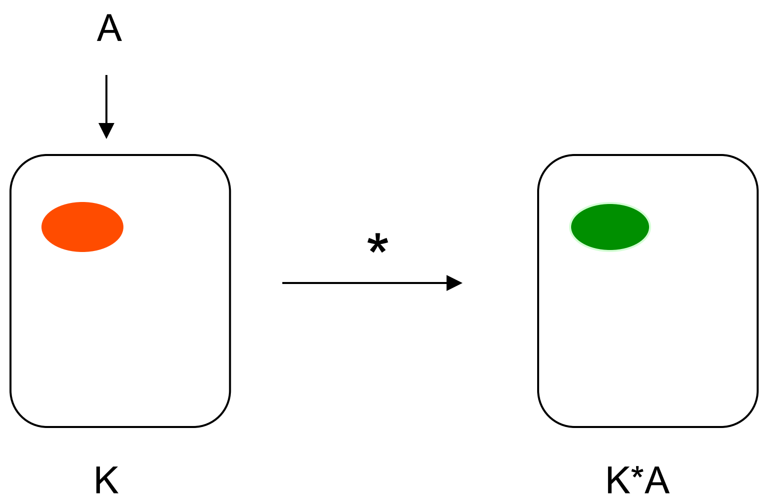
Θεώρημα Αναπαράστασης



Προ-διατάξεις σε θεωρίες

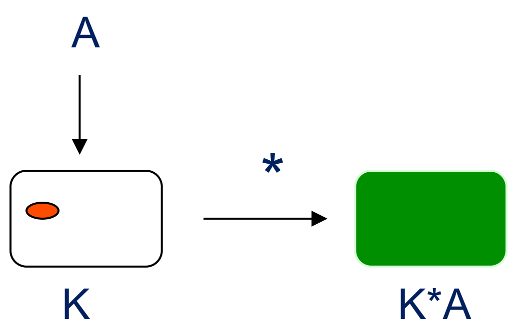
Συναρτήσεις Συστολής
(Κ-1) - (Κ-8)

Relevance-Sensitive Belief Revision



<u>Μια μη-διαισθητική συνάρτηση AGM:</u>

$$K{*}A = \begin{cases} K{+}A, & \text{αν } \neg A \notin K \\ \{x:\ A \models x\}, & \text{αν } \neg A \in K \end{cases}$$



Μοντελοποίηση της Συσχέτισης κατά τον Parikh

$a \rightarrow c$

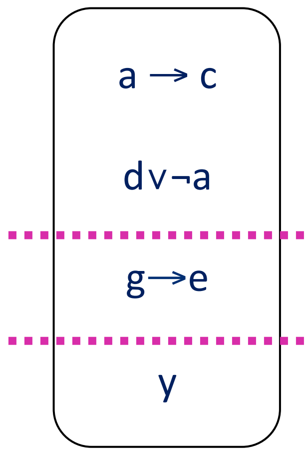
$d \vee \neg a$

$g \rightarrow e$

y

K

Μοντελοποίηση της Συσχέτισης κατά τον Parikh



K

Μοντελοποίηση της Συσχέτισης κατά τον Parikh

$A = (a \wedge b \wedge e) \vee (a \wedge \neg b \wedge e)$

$\downarrow$

$a \rightarrow c$

$d \vee \neg a$

$g \rightarrow e$

y

K

Μοντελοποίηση της Συσχέτισης κατά τον Parikh

$A = (a \wedge b \wedge e) \vee (a \wedge \neg b \wedge e) \quad = a \wedge e$

$a \rightarrow c$

$d \vee \neg a$

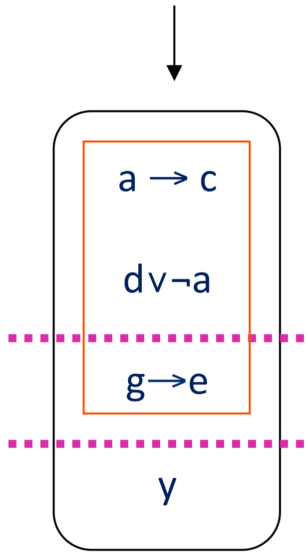
$g \rightarrow e$

y

K

Μοντελοποίηση της Συσχέτισης κατά τον Parikh

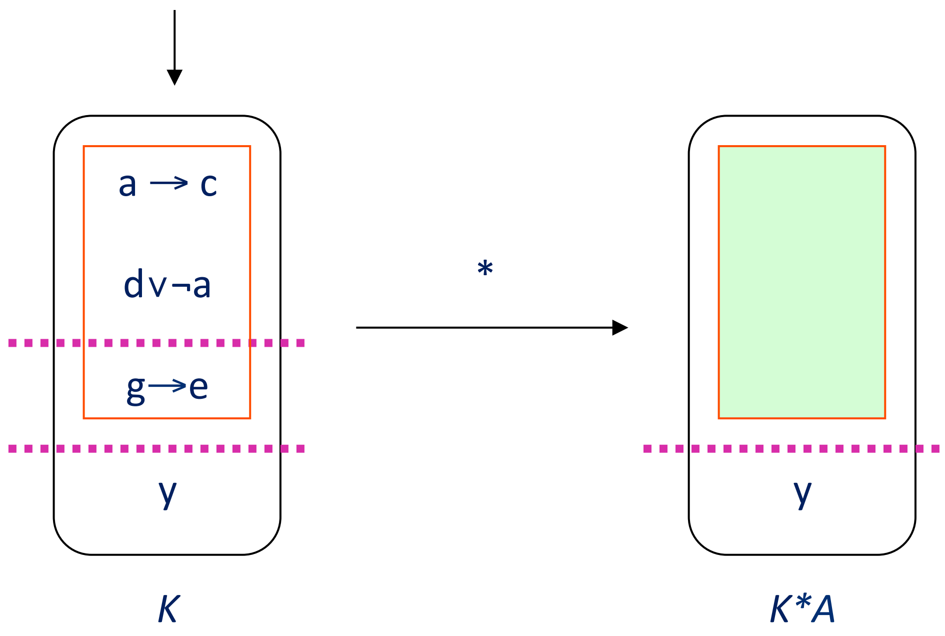
$A = (a \wedge b \wedge e) \vee (a \wedge \neg b \wedge e) \quad = a \wedge e$



K

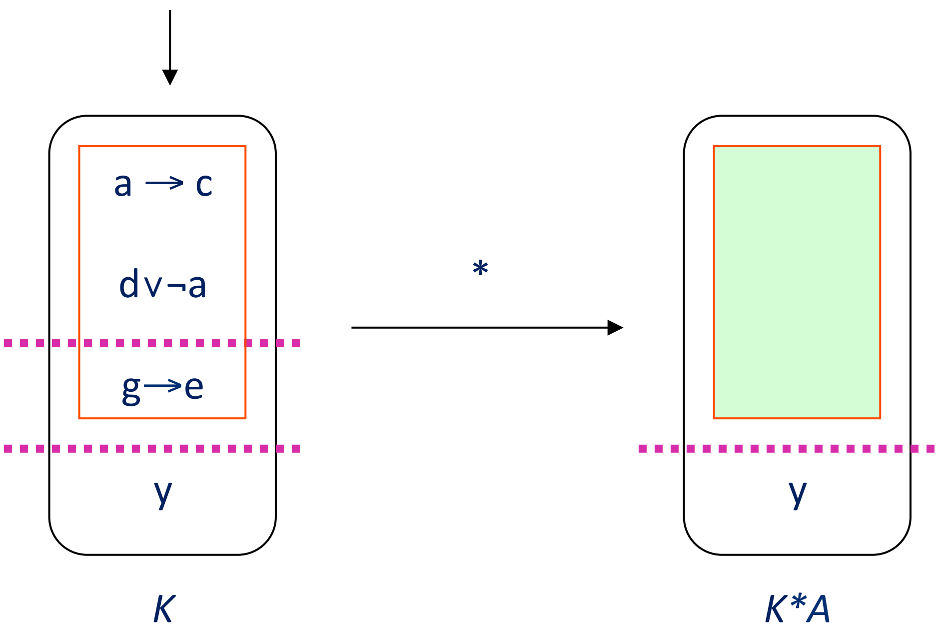
Μοντελοποίηση της Συσχέτισης κατά τον Parikh

$A = (a \wedge b \wedge e) \vee (a \wedge \neg b \wedge e) \ = a \wedge e$



Μοντελοποίηση της Συσχέτισης κατά τον Parikh

$A = (a \wedge b \wedge e) \vee (a \wedge \neg b \wedge e) \;\; = a \wedge e$



(P) If $K = Cn(X,Y)$, $L_X \cap L_Y = \varnothing$ and $A \in L_X$, then $(K{*}A) \cap L_Y = K \cap L_Y$.

Διαφορές μεταξύ Πιθανών Κόσμων

Diff(w,r) = το σύνολο των μεταβλητών με διαφορετικές αποτιμήσεις στους w και r.

e.g. , Diff(¬abc, a¬bc) = {a, b}

Διαφορές μεταξύ Πιθανών Κόσμων

Diff(w,r) = το σύνολο των μεταβλητών με διαφορετικές αποτιμήσεις στους w και r.

e.g. , Diff(¬abc, a¬bc) = {a, b}

(SP) If Diff(w,r) $\subset$ Diff(w,z) then r < z.

Διαφορές μεταξύ Πιθανών Κόσμων

Diff(w,r) = το σύνολο των μεταβλητών με διαφορετικές αποτιμήσεις στους w και r.

e.g. , Diff(¬abc, a¬bc) = {a, b}

(SP) If Diff(w,r) ⊂ Diff(w,z) then r < z.

e.g.

abc	≤	a¬bc ab¬c	≤	¬abc	≤	a¬b¬c ¬ab¬c ¬a¬bc	≤	¬a¬b¬c

Διαφορές μεταξύ Πιθανών Κόσμων

Diff(w,r) = το σύνολο των μεταβλητών με διαφορετικές αποτιμήσεις στους w και r.

e.g. , Diff(¬abc, a¬bc) = {a, b}

(SP) If Diff(w,r) ⊂ Diff(w,z) then r < z.

e.g.

abc	≤	a¬bc ab¬c	≤	¬abc	≤	a¬b¬c ¬ab¬c ¬a¬bc	≤	¬a¬b¬c

(P) If K = Cn(X,Y), $L_X \cap L_Y = \varnothing$ and $A \in L_X$, then $(K*A) \cap L_Y = K \cap L_Y$.

Διαφορές μεταξύ Θεωρίας και Πιθανού Κόσμου

$a \rightarrow c$

$d \lor \neg a$

$g \rightarrow e$

$b \lor f$

K

$r = \{ a, b, \neg c, d, g, e, f \}$

Διαφορές μεταξύ Θεωρίας και Πιθανού Κόσμου

$a \rightarrow c$

$d \vee \neg a$

$g \rightarrow e$

$b \vee f$

K

$r = \{ a, b, \neg c, d, g, e, f \}$

Διαφορές μεταξύ Θεωρίας και Πιθανού Κόσμου

$a \rightarrow c$

$d \vee \neg a$

$g \rightarrow e$

$b \vee f$

K

r = { a, b, ¬c, d, g, e, f } ⇒ Diff(K, r) = {a, c, d}

Διαφορές μεταξύ Θεωρίας και Πιθανού Κόσμου

$a \rightarrow c$

$d \vee \neg a$

$g \rightarrow e$

$b \vee f$

K

$r = \{ a, b, \neg c, d, g, e, f \}$ $\Rightarrow$ $Diff(K, r) = \{a, c, d\}$

(SP) If $Diff(w,r) \subset Diff(w,z)$ then $r < z$.

Διαφορές μεταξύ Θεωρίας και Πιθανού Κόσμου

$a \rightarrow c$

$d \vee \neg a$

$g \rightarrow e$

$b \vee f$

K

$r = \{ a, b, \neg c, d, g, e, f \}$ $\Rightarrow$ $Diff(K, r) = \{a, c, d\}$

~~**(SP) If $Diff(w,r) \subset Diff(w,z)$ then $r < z$.**~~

(Q1) If $Diff(K,r) \subset Diff(K,z)$ and $Diff(K,r) \cap Diff(r,z) = \varnothing$ then $r < z$.

(Q2) If $Diff(K,r) = Diff(K,z)$ and $Diff(K,r) \cap Diff(r,z) = \varnothing$ then $r \approx z$.

Διαφορές μεταξύ Θεωρίας και Πιθανού Κόσμου

$a \rightarrow c$

$d \vee \neg a$

$g \rightarrow e$

$b \vee f$

K

$r = \{ a, b, \neg c, d, g, e, f \} \quad \Rightarrow \quad Diff(K, r) = \{a, c, d\}$

~~**(SP) If Diff(w,r) ⊂ Diff(w,z) then r < z.**~~

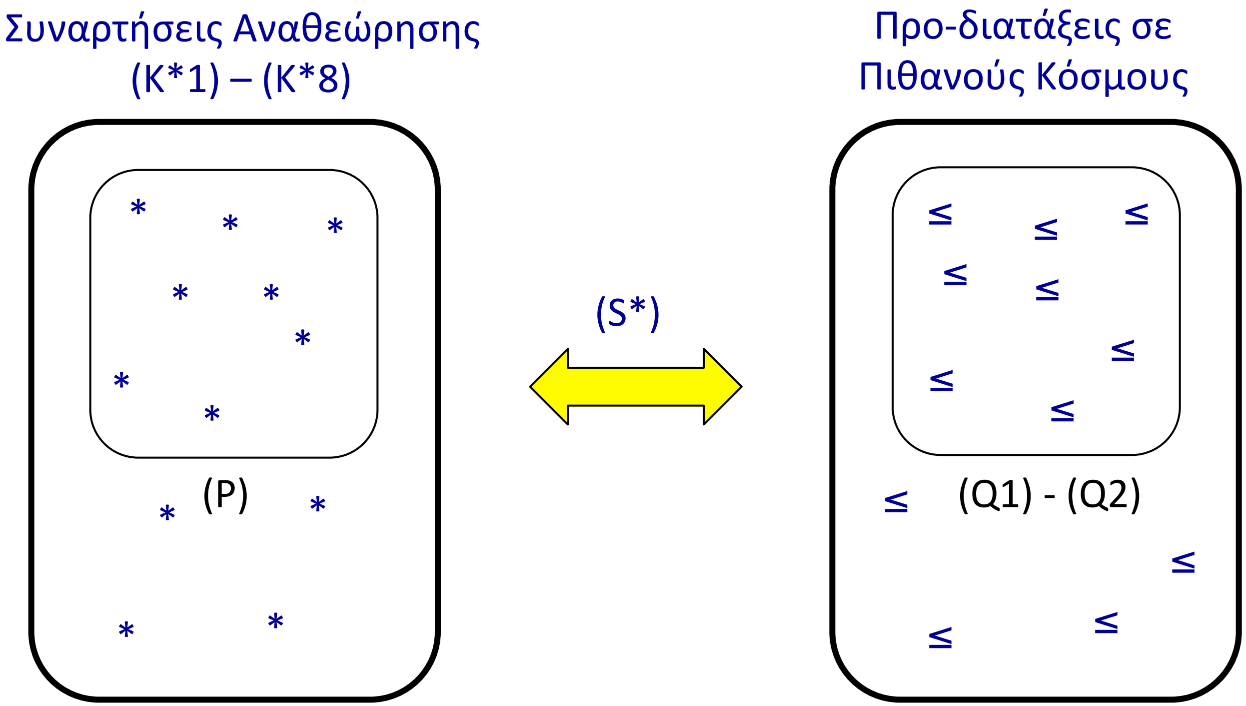
(Q1) If $Diff(K,r) \subset Diff(K,z)$ **and** $Diff(K,r) \cap Diff(r,z) = \varnothing$ **then** $r < z$.

(Q2) If $Diff(K,r) = Diff(K,z)$ **and** $Diff(K,r) \cap Diff(r,z) = \varnothing$ **then** $r \approx z$.

abc $\neg a \neg bc$	$\leq$	$ab\neg c$ $\neg a \neg b \neg c$	$\leq$	$\neg abc$	$\leq$	$a\neg bc$	$\leq$	$a\neg b\neg c$ $\neg ab\neg c$

$K = Cn(a \equiv b, c)$

Θεώρημα Αναπαράστασης



P. Peppas, “Belief Revision”, Handbook of Knowledge Representation, 2008.