

Μη Πλήρη Πληροφορία σε Συστήματα Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων

Βησσαρίων Φυσικόπουλος

17 Ιουλίου, 2008

Περίληψη

Η έλλειψη πλήρους πληροφορίας σε πραγματικά προβλήματα είναι πολύ συχνό και φυσικό φαινόμενο. Στην παρούσα εργασία ασχολούμαστε με ζητήματα αναπαράστασης και διαχείρισης μη πλήρους πληροφορίας σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Παρουσιάζουμε μεθόδους διαχείρισης της μη πλήρους πληροφορίας όπως έχει μελετηθεί στο [3] και αναφέρουμε τρόπους αναπαράστασης από την βιβλιογραφία εμπλουτισμένους με παραδείγματα. Στο τέλος αναφέρουμε κάποια θέματα πολυπλοκότητας σχετικά με την αναπαράσταση και διαχείριση της μη πλήρους πληροφορίας και συγκεντρώνουμε κάποια γενικότερα συμπεράσματα.

1 Περιγραφή του Προβλήματος

Σε πραγματικά προβλήματα είναι συχνό το φαινόμενο της ατελούς (*imperfect*) γνώσης ή πληροφορίας. Η ατελής γνώση εμφανίζεται σε δύο κατηγορίες. Η μη πλήρης (*incomplete*) πληροφορία προκύπτει όταν έχουμε μερική γνώση των πραγματικών καταστάσεων. Όταν η γνώση που έχουμε δεν είναι σίγουρο ότι ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα τότε έχουμε *αβέβαιη* (*uncertain*) πληροφορία. Σε αυτή την εργασία θα ασχοληθούμε με την μη πλήρη πληροφορία.

Έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα για την διαχείριση μη πλήρους πληροφορίας. Μια λύση είναι χρήση κενών τιμών (*null values*) σε γνωρίσματα μιας σχέσης των οποίων οι τιμές δεν μπορούν να αναπαρασταθούν. Οι δύο πιο σημαντικές κατηγορίες χρήσης κενών τιμών είναι οι *άγνωστες* και οι *ανεφάρμοστες*. Μια άγνωστη τιμή αναπαριστά το γεγονός ότι η τιμή είναι είτε άγνωστη είτε λείπει. Για παράδειγμα «η ώρα που παίζεται το έργο “Άγριες Φράουλες” του Μπέργκμαν είναι άγνωστη». Οι ανεφάρμοστες τιμές χρησιμοποιούνται όταν η τιμή ενός γνωρίσματος δεν μπορεί να αποδοθεί ή δεν υπάρχει.

Ταινίες	Τίτλος	Σκηνοθέτης
	Η έβδομη σφραγίδα x	Μπέρκιμαν Χίτσκοκ

Πρόγραμμα	Κινηματογράφος	Τίτλος
	Άστυ y	Η έβδομη σφραγίδα Ψυχώ

Σχήμα 1: Μη πλήρεις σχέσεις Ταινίες και Πρόγραμμα

Για παράδειγμα «η αίθουσα που παίζεται το έργο “Τα Πουλιά” του Χίτσκοκ είναι μη εφαρμόσιμη αφού αυτό το έργο δεν παίζεται στους κινηματογράφους».

Ένας άλλος τρόπος αναπαράστασης της μη πλήρους πληροφορίας είναι η *διαζευκτική πληροφορία (disjunctive information)*. Η διαζευκτική πληροφορία η πληροφορία αναπαρίσταται από διαζευτικές προτάσεις της μορφής «η αίθουσα που παίζεται το έργο “Τα Πουλιά” του Χίτσκοκ είναι η 3 ή η 5» και είναι άγνωστο το αν ισχύει το πρώτο ή το δεύτερο γεγονός.

Μια βάση δεδομένων που αναπαριστά μη πλήρη πληροφορία στην ουσία αναπαριστά ένα σύνολο πιθανών καταστάσεων που ονομάζεται σύνολο *πιθανών κόσμων*. Ένας πιθανός κόσμος είναι μια υποθετική κατάσταση του πραγματικού κόσμου που μπορεί να αναπαρασταθεί από μια βάση δεδομένων πλήρους πληροφορίας.

Οι προσεγγίσεις μελέτης της μη πλήρους πληροφορίας είναι η *αλγεβρική* [3] και η *λογική* δηλαδή μια διαδικαστική και μια δηλωτική προσέγγιση. Θέματα σχετικά με την υπολογιστική πολυπλοκότητα των επερωτήσεων σε μια μη πλήρους πληροφορίας βάση δεδομένων μελετώνται στο [2]. Στα [5, 4] παρουσιάζεται με λεπτομέρεια η γενικότερη περίπτωση της ατελούς πληροφορίας. Τέλος, μια σύντομη εισαγωγή στο θέμα της μη πλήρους πληροφορίας γίνεται και στο κεφάλαιο 19 του [1].

2 Διαχείριση και αναπαράσταση μη πλήρους πληροφορίας

Στα πλαίσια ύπαρξης μη πλήρους πληροφορίας είναι μια βάση δεδομένων είναι απαραίτητο να την αναπαριστά και να τη διαχειρίζεται. Για την αναπαράσταση και τη διαχείριση της μη πλήρους πληροφορίας είναι αρχικά απαραίτητη η επέκταση του σχεσιακού μοντέλου. Στην παρούσα εργασία θα παρουσιάσουμε κάποια θέματα σχετικά με την επέκταση του σχεσιακού μοντέλου καθώς και

Τίτλος	Σκηνοθέτης	Κινηματογράφος	Τίτλος
Η έβδομη σφραγίδα Πουλιά	Μπέρκμαν Χίτσκοκ	Άστυ Αττικόν	Η έβδομη σφραγίδα Ψυχώ
Η έβδομη σφραγίδα Πουλιά	Μπέρκμαν Χίτσκοκ	Άστυ Ιντεάλ	Η έβδομη σφραγίδα Ψυχώ
Η έβδομη σφραγίδα Ψυχώ	Μπέρκμαν Χίτσκοκ	Άστυ Αττικόν	Η έβδομη σφραγίδα Ψυχώ
Η έβδομη σφραγίδα Ψυχώ	Μπέρκμαν Χίτσκοκ	Άστυ Ιντεάλ	Η έβδομη σφραγίδα Ψυχώ

Σχήμα 2: Πιθανοί κόσμοι $Rep(\langle \text{Ταινίες, Πρόγραμμα} \rangle)$.

τη αλληλοσυσχέτιση μιας πλούσιας αναπαράστασης με μια αποδοτική διαχείριση μη πλήρους πληροφορίας.

2.1 Πιθανοί κόσμοι

Μια βάση δεδομένων που αναπαριστά πλήρη πληροφορία μοντελοποιεί ένα μέρος του πραγματικού κόσμου. Μια βάση δεδομένων που αναπαριστά μη πλήρη πληροφορία στην ουσία αναπαριστά ένα σύνολο πιθανών καταστάσεων του πραγματικού κόσμου που ονομάζεται σύνολο πιθανών κόσμων (possible worlds). Ένας πιθανός κόσμος είναι μια υποθετική αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου και μπορεί να αναπαρασταθεί από μια βάση δεδομένων πλήρους πληροφορίας. Στα πλαίσια της μαθηματικής λογικής αν ο κόσμος αναπαριστάται από μια θεωρία τότε οι πιθανοί κόσμοι είναι τα μοντέλα της θεωρίας.

Για την αναπαράσταση άγνωστων τιμών σε μια βάση δεδομένων μη πλήρους πληροφορίας χρησιμοποιούμε τις κενές τιμές (*null values*). Με την εισαγωγή κενών τιμών η ερμηνεία των σχέσεων εξαρτάται από την ερμηνεία των κενών τιμών και την ερμηνεία των σχέσεων καθεαυτών. Για να αποδίδουμε ερμηνεία σε σχέσεις θα χρησιμοποιούμε δύο υποθέσεις: την *υπόθεση ανοικτού κόσμου* και την *υπόθεση κλειστού κόσμου*. Στην ερμηνεία με βάση την υπόθεση κλειστού κόσμου τα γεγονότα που δεν αναπαρίστανται ρητά στην βάση θεωρούνται ψευδή ενώ στον ανοικτό κόσμο τα γεγονότα της βάσης είναι σίγουρα αληθή αλλά μπορεί να αληθεύουν και γεγονότα που δεν αναπαρίστανται ρητά στην βάση.

Σχετικά με τη σημασιολογία των βάσεων δεδομένων μη πλήρους πληροφορίας, η *συνάρτηση αναπαράστασης* Rep αντιστοιχίζει στη βάση δεδομένων το σύνολο των πιθανών κόσμων ως εξής: έστω R μια σχέση τότε $Rep(R)$ είναι ο πιθανός κόσμος που αναπαριστά η σχέση R .

Σκηνοθέτης	Κινηματογράφος	Τίτλος
Μπέρκμαν	Άστυ	Η έβδομη σφραγίδα
Μπέρκμαν Χίτσκοκ	Άστυ Αττικόν	Η έβδομη σφραγίδα Ψυχώ
Μπέρκμαν Χίτσκοκ	Άστυ Ιντεάλ	Η έβδομη σφραγίδα Ψυχώ

Σχήμα 3: Το αποτέλεσμα της πράξης Ταινίες \bowtie Πρόγραμμα σε όλους τους πιθανούς κόσμους.

Παράδειγμα 1. Έστω οι σχέσεις Ταινίες (Τίτλος, Σκηνοθέτης), Πρόγραμμα (Κινηματογράφος, Τίτλος) και ένα στιγμιότυπο όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Οι x, y δηλώνουν τις κενές τιμές και μπορούν να αντιπροσωπεύουν ακριβώς μια η τουλάχιστον μια τιμή του πεδίου τιμών. Έστω για παράδειγμα η x έχει για πιθανές τιμές { Πουλιά, Ψυχώ } και η y { Ιντεάλ, Αττικόν } και κάθε x, y παίρνει μόνο μια τιμή. Τότε σε αναπαράσταση κλειστού κόσμου οι πιθανοί κόσμοι που δίνονται από την συνάρτηση αναπαράστασης $Rep(\langle \text{Ταινίες, Πρόγραμμα} \rangle)$ απεικονίζονται στο σχήμα 2.1. Αν έχουμε υπόθεση ανοικτού κόσμου τότε αν $\langle t, p \rangle$ είναι οι πιθανοί κόσμοι του σχήματος 2.1 για τους πιθανούς κόσμους $\langle t', p' \rangle$ που δίνονται από την συνάρτηση αναπαράστασης $Rep(\langle \text{Ταινίες, Πρόγραμμα} \rangle)$ ισχύει $t \subseteq t', p \subseteq p'$.

2.2 Επερωτήσεις σε βάσεις δεδομένων μη πλήρους πληροφορίας

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως για τη διαχείριση της μη πλήρους πληροφορίας είναι απαραίτητη η επέκταση του σχεσιακού μοντέλου δηλαδή η επέκταση των τελεστών της σχεσιακής άλγεβρας. Για τη βάση του παραδείγματος 1 αν θέλουμε να μάθουμε τι ταινίες παίζουν οι κινηματογράφοι τότε πρέπει να εφαρμόσουμε τον τελεστή (natural) join σε όλους τους πιθανούς κόσμους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 2.5.

Έστω f είναι κάποια έκφραση σε σχεσιακή άλγεβρα και R μια ακολουθία σχέσεων τότε ορίζουμε την επέκταση $\bar{f}(R)$ έτσι ώστε να ικανοποιεί την σχέση

$$Rep(\bar{f}(R)) = f(Rep(R)) = \{f(r) | r \in Rep(R)\}$$

η οποία αναφέρεται στο [3] ως ισχυρό κριτήριο ορθότητας και παρουσιάζεται σχηματικά στο σχήμα 2.2. Στην πράξη όμως το ισχυρό κριτήριο ορθότητας είναι δύσκολο να ικανοποιηθεί οπότε αρκούμαστε σε πιο ασθενή κριτήρια ορ-

θότητας όπου η \bar{f} αναπαριστά την ελάχιστη πληροφορία τέτοια ώστε να περιέχει σίγουρα την $f(\text{Rep}(R))$. Δηλαδή υπάρχει \bar{f} αλλά δεν υπάρχει R' τέτοια που:

$$\begin{aligned} \text{Rep}(\bar{f}(R)) &\supseteq f(\text{Rep}(R)) \\ \text{Rep}(\bar{f}(R)) &\supset \text{Rep}(R') \supseteq f(\text{Rep}(R)) \end{aligned}$$

Στη συνέχεια θέτουμε δύο κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται από κάθε επέκταση σχεσιακού τελεστή και παρουσιάζουμε ένα παράδειγμα όπου η επέκταση του σχεσιακού τελεστή δεν είναι δυνατή. Αρχικά, ορίζουμε κάποιες βασικές έννοιες. *Ορθό σύνολο* είναι το σύνολο των πλειάδων που είναι ορθές σε κάθε πιθανό κόσμο. Στο παράδειγμα 1 οι πλειάδα $\langle \text{Μπέρχμαν}, \text{Άστυ}, \text{Η έβδομη σφραγίδα} \rangle$ ανήκει στο ορθό σύνολο του στιγμιοτύπου. Παρατηρούμε όταν τα ορθά σύνολα είναι η τομή όλων πιθανών κόσμων. Ορίζουμε ως *εικόνες* (views) τα ενδιάμεσα αποτελέσματα σε μια ακολουθία σχεσιακών τελεστών σε κάποιο στιγμιότυπο βάσης.

Τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται από κάθε επέκταση σχεσιακού τελεστή είναι:

1. Διατήρηση των ορθών συνόλων. Κάθε αλγεβρική σχεσιακή έκφραση f πρέπει να ικανοποιεί την σχέση

$$\cap \text{Rep}(\bar{f}(R)) = \cap f(\text{Rep}(R))$$

2. Αναδρομή.

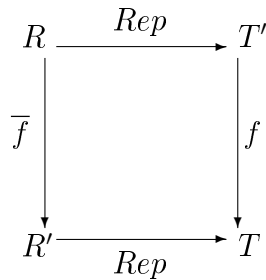
$$\bar{f}(\bar{g}(R)) = (\bar{f}\bar{g})(R)$$

Το κριτήριο αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούμε εικόνες για την αποθήκευση των ενδιάμεσων αποτελεσμάτων.

Μια επέκταση του σχεσιακού μοντέλου είναι τα or-sets. Οι πλειάδες είναι της μορφής $\langle \text{Μπέρχμαν}, \{ \text{Άστυ}, \text{Ιντεάλ} \}, \text{Η έβδομη σφραγίδα} \rangle$ όπου το σύνολο $\{ \text{Άστυ}, \text{Ιντεάλ} \}$ είναι ένα or-set. Η σημασιολογία τους φυσική και κάθε πιθανός κόσμος δημιουργείται αν αντικαθιστούμε το or-set με μια από τις τιμές του. Στο [3] αποδεικνύεται ότι δεν υπάρχει καμία επέκταση για τους τελεστές join και projection που να ικανοποιεί τις συνθήκες 1,2 με βάση τα or-sets.

2.3 Αναπαράσταση μη πλήρους πληροφορίας

Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε με την αναπαράσταση μη πλήρους πληροφορίας με τη χρήση κενών τιμών. Όμως ακόμα και σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν πολλές υποπεριπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα το ANSI/X3/SPARC

Σχήμα 4: Ισχυρό κριτήριο ορθότητας της f

standard για συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων παρουσιάζει 14 πιθανές εκδηλώσεις των κενών τιμών. Παραθέτουμε συνοπτικά τις κατηγορίες στις οποίες εμπίπτουν οι περισσότερες των περιπτώσεων.

- **Υπαρξιακές κενές τιμές.** Όταν γνωρίζουμε την ύπαρξη ενός γνωρίσματος αλλά δεν ξέρουμε κάτι πιο συγκεκριμένο. Υποδιαιρείται σε ατομικές υπαρξιακές κενές τιμές για παράδειγμα όταν ο σκηνοθέτης ενός έργου δεν είναι γνωστός και σε σύνολα υπαρξιακών κενών τιμών για παράδειγμα όταν κάποιοι ηθοποιοί δεν είναι γνωστοί για ένα έργο.
- **Ανύπαρκτη ή μη εφαρμόσιμη κενή τιμή.** Όταν το γνώρισμα δεν μπορεί να έχει τιμή, για παράδειγμα για έναν κινηματογράφο που δεν λειτουργεί η τιμή "Τίτλος ταινίας" είναι «ανύπαρκτη».
- **Ανοιχτές ή χωρίς πληροφορία κενές τιμές.** Όταν δεν γνωρίζουμε την ύπαρξη ενός γνωρίσματος, για παράδειγμα αν το για κάποιο ηθοποιό δεν είναι γνωστό σε ποιές ταινίες έχει παίξει τότε η τιμή "ταινίες που έχει παίξει" είναι «χωρίς πληροφορία».
- **Καθολικές κενές τιμές.** Όταν το αντικείμενο αναπαράστασης ικανοποιεί την ζητούμενη ιδιότητα για όλες τις πιθανές τιμές του γνωρίσματος αν για παράδειγμα ένας ηθοποιός παίζει σε όλες τις ταινίες κάποιου σκηνοθέτη.
- **Προκαθορισμένες κενές τιμές.** Όταν η τιμή του γνωρίσματος είναι προκαθορισμένη, για παράδειγμα «το Άστυ παίζει σινεφίλ ταινίες εκτός από τα Σάββατα».

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε περισσότερο την περίπτωση των ατομικών υπαρξιακών κενών τιμών. Οι αναπαράσταση των ατομικών υπαρξιακών κενών τιμών γίνεται με τους λεγόμενους Codd - πίνακες. Ανάλογα με τους περιορισμούς της αναπαράστασης έχουμε 5 περιπτώσεις Codd - πινάκων.

table Στην πιο απλή περίπτωση ένας Codd - πίνακας είναι μια σχέση με σταθερές και μεταβλητές όπου καμία μεταβλητή δεν εμφανίζεται πάνω από μια φορά.

i-table Στην περίπτωση αυτή έχουμε μια σύζευξη ανισοτήτων στην κορυφή του πίνακα.

e-table Στην περίπτωση αυτή έχουμε μια σύζευξη ισοτήτων που αντικαθίστανται κατευθείαν στον πίνακα. Είναι σαν να έχουμε ένα απλό table με επανάληψη μεταβλητών.

g-table Στην περίπτωση αυτή έχουμε μια σύζευξη ανισοτήτων στην κορυφή του πίνακα αλλά και σύζευξη ισοτήτων. Είναι στην ουσία συνδυασμός των i-table και e-table.

c-table Στην πιο γενική περίπτωση έχουμε ένα g-table αλλά επιτρέπουμε και τοπικές συνθήκες (ανισότητες ή ισότητες), δηλαδή κάθε πλειάδα μπορεί να έχει μια σύζευξη ανισοτήτων ή ισοτήτων.

2.4 Πολυπλοκότητα αναπαράστασης και διαχείρισης μη πλήρους πληροφορίας

Σχετικά με τα ζητήματα πολυπλοκότητας της αναπαράστασης και της διαχείρισης μη πλήρους πληροφορίας σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων θα αναφέρουμε εν συντομία τα βασικά ερωτήματα όπως παρουσιάζονται στο [2].

- Αναπαράσταση

containment «Δοσμένων δύο συνόλων πιθανών κόσμων, είναι το ένα σύνολο πιθανών κόσμων υποσύνολο του άλλου;»

membership «Δοσμένων μιας βάσης δεδομένων πλήρους πληροφορίας και ενός συνόλου πιθανών κόσμων, ανήκει η βάση δεδομένων στο δοσμένο σύνολο πιθανών κόσμων;»

uniqueness «Δοσμένων μιας βάσης δεδομένων πλήρους πληροφορίας και ενός συνόλου πιθανών κόσμων, είναι το σύνολο πιθανών κόσμων ίδιο με τη δοσμένη βάση δεδομένων;»

- Διαχείριση

possibility «Δοσμένων ενός συνόλου πλειάδων και ενός συνόλου πιθανών κόσμων (ως εικόνα - view), υπάρχει κάποιος πιθανός κόσμος (από το δοσμένο σύνολο) όπου όλες οι πλειάδες είναι αληθής;»

certainty «Δοσμένων ενός συνόλου πλειάδων και ενός συνόλου πιθανών κόσμων (ως εικόνα - view), είναι όλες οι πλειάδες αληθής σε όλους τους πιθανούς κόσμους του δοσμένου συνόλου;»

Παρατηρήσεις. Το membership πρόβλημα είναι ειδική περίπτωση του containment αφού μια βάση δεδομένων πλήρους πληροφορίας είναι τετριμμένα ένα μονοσύνολο πιθανών κόσμων. Επιπλέον, το uniqueness λυθεί χρησιμοποιώντας το membership και κάνοντας μια containment ερώτηση για το αν το δοσμένο σύνολο πιθανών κόσμων είναι υποσύνολο της δοσμένης βάσης. Τέλος, τα possibility και certainty δεν ανάγονται στο containment.

Η πολυπλοκότητα των ερωτημάτων - προβλημάτων έχει άμεση σχέση με το είδος του Codd πίνακα που αναπαριστά την μη πλήρη πληροφορία και ποικίλει από πολυωνυμική και NP μέχρι P_2^P και Σ_2^P δηλαδή στα δύο πρώτα επίπεδα της πολυωνυμικής ιεραρχίας. Αναλυτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στο [2] με τους αντίστοιχους αλγόριθμους σε περίπτωση που τα προβλήματα ανήκουν στο P ή την αντίστοιχη αναγωγή από γνωστό πρόβλημα διαφορετικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αντίστοιχα ερωτήματα ανήκουν στην κλάση πολυπλοκότητας P για σχεσιακές βάσεις δεδομένων πλήρους πληροφορίας. Παρατηρούμε την μεγάλη διαφορά στην πολυπλοκότητα πλήρους και μη πλήρους πληροφορίας η οποία διαισθητικά οφείλεται στο μεγάλο πλήθος αποτιμήσεων των Codd πινάκων στην περίπτωση της μη πλήρους πληροφορίας οι οποίες μπορεί να είναι και εκθετικές στο μέγεθος της εισόδου.

2.5 Συμπεράσματα

Παρουσιάσαμε συνοπτικά το θέμα της αναπαράστασης της μη πλήρους πληροφορίας καθώς και το θέμα της διαχείρισης της σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Η επιλογή της αναπαράστασης εξαρτάται από την ιδιαιτερότητα της πληροφορίας, το πλήθος των πιθανών κόσμων που μπορεί η βάση δεδομένων να αναπαραστήσει, τα είδη των επιτρεπόμενων μεταβάσεων στους πιθανούς κόσμους και την απόκριση των μεταβάσεων σε σχέση με τις αλλαγές στη βάση. Επιπλέον για την διαχείριση της μη πλήρους πληροφορίας είναι σημαντικό το ζήτημα της υπολογιστικής πολυπλοκότητας το οποίο αναφέρθηκε περιληπτικά σε προηγούμενη παράγραφο και που λόγω έκτασης δεν θα αναφερθούμε περισσότερο στην παρούσα εργασία.

Γενικά πρέπει να παρατηρηθεί ότι η αποδοτικότητα της διαχείρισης της πληροφορίας είναι αντιστρόφως ανάλογη με μια πλούσια αναπαράσταση. Οπότε μπορούμε να σχεδιάσουμε συστήματα σχεσιακών βάσεων δεδομένων μη πλήρους πληροφορίας που εστιάζουν περισσότερο στην αποδοτικότητα της διαχείρισης είτε περισσότερο σε μια πλούσια αναπαράσταση ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

Σκηνοθέτης	Κινηματογράφος	Τίτλος	
Μπέρκμαν	Άστυ	Η έβδομη σφραγίδα	
Μπέρκμαν	x	Φανή και Αλέξανδρος	
Χίτσοκ	Αττικόν	y	
Χίτσοκ	Ιντεάλ	z	
<i>table</i>			
Μπέρκμαν	Άστυ	Η έβδομη σφραγίδα	
Μπέρκμαν	x	Φανή και Αλέξανδρος	
Χίτσοκ	Αττικόν	y	
Χίτσοκ	Ιντεάλ	z	
$x \neq y \wedge z \neq$ "Τα Πουλιά"			
<i>i-table</i>			
Μπέρκμαν	Άστυ	Η έβδομη σφραγίδα	
Μπέρκμαν	x	Φανή και Αλέξανδρος	
Χίτσοκ	Αττικόν	y	
Χίτσοκ	Ιντεάλ	y	
<i>e-table</i>			
Μπέρκμαν	Άστυ	Η έβδομη σφραγίδα	
Μπέρκμαν	x	Φανή και Αλέξανδρος	
Χίτσοκ	Αττικόν	y	
Χίτσοκ	Ιντεάλ	y	
$x \neq y \wedge y \neq$ "Τα Πουλιά"			
<i>g-table</i>			
Μπέρκμαν	Άστυ	Η έβδομη σφραγίδα	
Μπέρκμαν	x	Φανή και Αλέξανδρος	
Χίτσοκ	Αττικόν	y	$y =$ "Τα πουλιά"
Χίτσοκ	Ιντεάλ	y	$y \neq$ "Τα πουλιά"
$x \neq y \wedge z \neq$ "Τα Πουλιά"			
<i>c-table</i>			

Σχήμα 5: Αναπαράσταση Codd πινάκων.

Αναφορές

- [1] S. Abiteboul, R. Hull, and V. Vianu. *Foundations of Databases*. Addison-Wesley, 1995.
- [2] S. Abiteboul, P. Kanellakis, and G. Grahne. On the representation and querying of sets of possible worlds. *Theor. Comput. Sci.*, 78(1):159–187, 1991.
- [3] T. Imielinski and W. L. Jr. Incomplete information and dependencies in relational databases. In D. J. DeWitt and G. Gardarin, editors, *SIGMOD'83, Proceedings of Annual Meeting, San Jose, California, May 23-26, 1983*, pages 178–184. ACM Press, 1983.
- [4] A. Motro. Imprecision and incompleteness in relational databases: survey. *Inf. Softw. Technol.*, 32(9):579–588, 1990.
- [5] E. Zima'nyi. *Incomplete and Uncertain Information in Relational Databases*. PhD thesis, Universite' Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium, October 1992.