



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

# Ηλεκτρομαγνητική Προσομοίωση ενός Electron Beam Scanner για Μικρές Δέσμες

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΟΡΦΕΑ ΑΝΤΩΝΙΟΥ

**Επιβλέπων:** Νικόλαος Κανταρτζής  
Αναπληρωτής Καθηγητής Α.Π.Θ.

Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2017



# Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Νικόλαο Κανταρτζή για την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας. Επίσης ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Dr. Adam Jeff, επιβλέποντα καθηγητή μου στο CERN, για την καθοδήγησή του και την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την καθοδήγηση και την ηθική συμπαράσταση που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.



# Περίληψη

Η περίληψη θα συμπληρωθεί αργότερα. Αυτή είναι μια περίληψη άλλης εργασίας:

Ένα σύστημα ομότιμων κόμβων αποτελείται από ένα σύνολο αυτόνομων υπολογιστικών κόμβων στο Διαδίκτυο, οι οποίοι συνεργάζονται με σκοπό την ανταλλαγή δεδομένων. Στα συστήματα ομότιμων κόμβων που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα, η αναζήτηση πληροφορίας γίνεται με χρήση λέξεων κλειδιών. Η ανάγκη για πιο εκφραστικές λειτουργίες, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού, οδήγησε στα συστήματα ομότιμων κόμβων βασισμένα σε σχήματα. Στα συστήματα αυτά κάθε κόμβος χρησιμοποιεί ένα σχήμα με βάση το οποίο οργανώνει τα τοπικά διαθέσιμα δεδομένα. Για να είναι δυνατή η αναζήτηση δεδομένων στα συστήματα αυτά υπάρχουν δύο τρόποι. Ο πρώτος είναι όλοι οι κόμβοι να χρησιμοποιούν το ίδιο σχήμα κάτι το οποίο δεν είναι ευέλικτο. Ο δεύτερος τρόπος δίνει την αυτονομία σε κάθε κόμβο να επιλέγει όποιο σχήμα θέλει και απαιτεί την ύπαρξη κανόνων αντιστοίχισης μεταξύ των σχημάτων για να μπορούν να αποτιμώνται οι ερωτήσεις. Αυτός ο τρόπος προσφέρει ευελιξία όμως δεν υποστηρίζει την αυτόματη δημιουργία και τη δυναμική ανανέωση των κανόνων, που είναι απαραίτητες για ένα σύστημα ομότιμων κόμβων.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος ομότιμων κόμβων βασισμένο σε σχήματα το οποίο (α) θα επιτρέπει μια σχετική ευελιξία στην χρήση των σχημάτων και (β) θα δίνει την δυνατότητα μετασχηματισμού ερωτήσεων χωρίς την ανάγκη διατύπωσης κανόνων αντιστοίχισης μεταξύ σχημάτων, χρησιμοποιώντας κόμβους με σχήματα RDF που αποτελούν υποσύνολα-όψεις ενός βασικού σχήματος (καθολικό σχήμα).

## Λέξεις Κλειδιά

Σύστημα ομότιμων κόμβων, Σύστημα ομότιμων κόμβων βασισμένο σε σχήματα, Σημασιολογικός Ιστός, RDF/S, RQL, Jxta



# Abstract

The Compact Linear Collider (CLIC) will use a novel acceleration scheme in which energy extracted from a very intense beam of relatively low-energy electrons (the Drive Beam) is used to accelerate a lower intensity Main Beam to very high energy. The high intensity of the Drive Beam, with pulses of more than  $10^{15}$  electrons, poses a challenge for conventional profile measurements such as wire scanners. Thus, new non-invasive profile measurements are being investigated.

One candidate is the Electron Beam Scanner. A probe beam of low-energy electrons crosses the accelerator beam perpendicularly. The probe beam is deflected by the space-charge fields of the accelerator beam. By scanning the probe beam and measuring its deflection with respect to its initial position, the transverse profile of the accelerator beam can be reconstructed.

Analytical expressions for the deflection exist in the case of long bunches, where the charge distribution can be considered constant during the measurement. In this paper we consider the performance of an electron beam scanner in an accelerator where the bunch length is much smaller than the probe-beam scanning time. In particular, the case in which the bunch length is shorter than the time taken for a particle of the probe beam to cross the main beam is difficult to model analytically. We have developed a simulation framework allowing this situation to be modelled.

## Keywords

Fill in





# Περιεχόμενα

|   |    |
|---|----|
| Ευχαριστίες   | 1  |
| Περίληψη  | 3  |
| Abstract  | 5  |
| Περιεχόμενα   | 7  |
| 1 Εισαγωγή  | 9  |
| 1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής                        | 9  |
| 1.2 Οργάνωση του τόμου                                  | 9  |
| 2 Θεωρητικό υπόβαθρο                                    | 11 |
| 2.1 Το CERN   | 11 |
| 2.2 Ο επιταχυντής CLIC                                  | 12 |
| 2.3 Το Electron beam scanner                            | 13 |
| 3 Μέθοδοι προσομοίωσης                                  | 17 |
| 3.1 Προσομοίωση με το CST Particle Studio               | 17 |
| 3.2 Προσομοίωση με το CST Particle Studio και το MATLAB | 17 |
| 4 Αποτελέσματα προσομοίωσης                             | 19 |
| 5 Επίλογος  | 21 |
| 5.1 Συμπεράσματα  | 21 |
| 5.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις                              | 21 |
| Βιβλιογραφία  | 22 |
| Α' Μεταφράσεις Ξένων όρων                               | 25 |
| Β' Το μοντέλο στο CST Particle Studio                   | 27 |
| Γ' Ο κώδικας MATLAB                                     | 29 |



# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

1. about CERN
2. about CLIC

Το CERN μπλα μπλα μπλα.

Το CLIC μπλα μπλα μπλα.

Μέχρι στιγμής οι τρόποι ανίχνευσης μπλα μπλα μπλα. Μη επεμβατικοί τρόποι πρέπει να πάρουν θέση. Ένας είναι το Electron Beam Scanner. Παρόλα αυτά μικρή δέσμη στο CLIC.

### 1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Σκοπός είναι να δούμε αν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον Electron Beam Scanner για να πάρουμε την εικόνα της δέσμης του CLIC.

### 1.2 Οργάνωση του τόμου

Η εργασία αυτή είναι οργανωμένη σε πέντε κεφάλαια: Στο Κεφάλαιο 2 δίνεται το θεωρητικό υπόβαθρο των βασικών τεχνολογιών που σχετίζονται με τη διπλωματική αυτή. Αρχικά περιγράφονται ..., στη συνέχεια το ... και τέλος ... . Στο Κεφάλαιο 3 αρχικά παρουσιάζεται ανάλυση και η σχεδίαση του συστήματος ... .. Τέλος στο Κεφάλαιο 5 δίνονται τα συμπεράσματα, η συνεισφορά αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και μελλοντικές επεκτάσεις.



## Κεφάλαιο 2

# Θεωρητικό υπόβαθρο

- περιγραφή πειράματος και
- Για να καταλάβει ο κόσμος τι σημαίνει
- Γιατί είναι χρήσιμο
- Φωτογραφίες
- Τι χρειάζεται να ξέρω
- Το πείραμα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά οι

### 2.1 Το CERN

Το CERN, διατηρώντας το ακρωνύμιο της αρχικής Γαλλικής ονομασίας του “Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire”, είναι το μεγαλύτερο σε έκταση πειραματικό κέντρο πυρηνικών ερευνών και ειδικότερα επί της σωματιδιακής φυσικής στον κόσμο. Βρίσκεται δυτικά της Γενεύης, στα σύνορα Ελβετίας και Γαλλίας και ιδρύθηκε το 1954 από 12 ευρωπαϊκές χώρες. Σήμερα αριθμεί 20 κράτη-μέλη, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, η οποία είναι και ιδρυτικό μέλος.



Σχήμα 2.1: Το λογότυπο του CERN

Η βασική λειτουργία του CERN είναι η παροχή επιταχυντών σωματιδίων και άλλων υποδομών απαραίτητων για την έρευνα στον τομέα της φυσικής υψηλών ενεργειών και ως αποτέλεσμα έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμα πειράματα στο CERN μέσω διεθνών συνεργασιών.

Επίσης, το CERN αποτελεί τη γενέτειρα του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web). Στην κύρια τοποθεσία του στο Meyrin βρίσκεται μεγάλη εγκατάσταση ηλεκτρονικών υπολογιστών με ισχυρές υποδομές επεξεργασίας δεδομένων, κυρίως για την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων. Λόγω της ανάγκης να καταστούν αυτές διαθέσιμες σε εξωτερικούς ερευνητές, υπήρξε ιστορικά ένας σημαντικός κόμβος δικτύου ευρείας περιοχής (Wide Area Network).

Αρκετά σημαντικά επιτεύγματα στο πεδίο της φυσικής των σωματιδίων έγιναν μέσω πειραμάτων στο CERN. Αυτά περιλαμβάνουν:

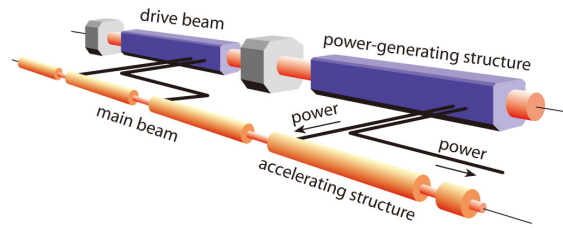
- 1973: Ανακάλυψη των ουδέτερων ρευμάτων στο θάλαμο φυσαλίδων Gargamelle.
- 1983: Ανακάλυψη των μποζονίων  $W$  και  $Z$  στα πειράματα UA1 και UA2.
- 1995: Πρώτη δημιουργία ατόμων αντιυδρογόνου στο πείραμα PS210.
- 1999: Ανακάλυψη της άμεσης παραβίασης CP στο πείραμα NA48.
- 2010: Απομόνωση 38 ατόμων αντιυδρογόνου.
- 2011: Διατήρηση αντιυδρογόνου για πάνω από 15 λεπτά.
- 2012: Ένα μποζόνιο με μάζα περίπου  $125 \text{ GeV}/c_0^2$  συνάδει με τον πολυπόθητο μποζόνιο Higgs.

## 2.2 Ο επιταχυντής CLIC

Ο CLIC – Compact Linear Collider – αποτελεί μια μελέτη για ένα μελλοντικό επιταχυντή που θα φτάσει σε πρωτοφανή επίπεδα ενέργειας ηλεκτρόνια και αντισωματίά τους, ποζιτρόνια. Όταν θα έρχονται σε επαφή μέσω σύγκρουσης, θα καταστρέφουν το ένα το άλλο, απελευθερώνοντας όλη τους την ενέργεια για την παραγωγή νέων σωματιδίων.

Τα ηλεκτρόνια και τα ποζιτρόνια είναι θεμελιώδη σωματίδια και οι συγκρούσεις τους μπορούν να προσφέρουν εξαιρετικά λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τους νόμους της φύσης. Έτσι ο CLIC θα προσφέρει σημαντικές θεμελιώδεις γνώσεις φυσικής, πέρα από αυτές που είναι διαθέσιμες από το Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων (Large Hadron Collider – LHC) ή από ένα γραμμικό επιταχυντή ηλεκτρονίων/ποζιτρονίων χαμηλότερης ενέργειας, λόγω του μοναδικού συνδυασμού πειραματικής ακρίβειας και υψηλής ενέργειας.

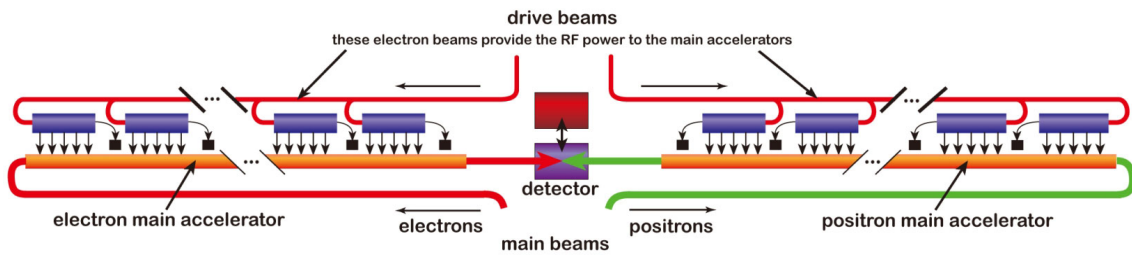
Σε αυτές τις υψηλές ενέργειες, τα ηλεκτρόνια και ποζιτρόνια θα έχαναν ένα τεράστιο μέρος της ενέργειάς τους επιταχυνόμενα σε έναν κυκλικό επιταχυντή σαν τον LHC. Έτσι, τα σωματίδια πρέπει να επιταχυνθούν σε δύο γραμμικούς επιταχυντές που αντικρίζουν ο ένας τον άλλο, έτσι ώστε οι δέσμες να συγκρούονται στον κεντρικό ανιχνευτή. Αυτό συνεπάγεται ότι τα σωματίδια πρέπει να αποκτήσουν την ενέργειά τους από ένα και μόνο πέρασμα τους μέσα από τις κοιλότητες επιτάχυνσης.



Σχήμα 2.2: Το σύστημα δύο δεσμών του CLIC

Ο CLIC έχει σχεδιαστεί για να κατασκευαστεί σε στάδια αυξανόμενης ενέργειας για σύγκρουση: ξεκινώντας από 360 GeV, περίπου 1.4 TeV, και μέχρι την τελική ενέργεια των 3 TeV. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η ενέργεια με ένα ρεαλιστικό και οικονομικά αποδοτικό τρόπο, η αύξηση της επιτάχυνσης πρέπει να είναι πολύ υψηλή. Ο CLIC αποσκοπεί σε επιτάχυνση των 100 MV/m, 20 φορές υψηλότερη από αυτή του LHC.

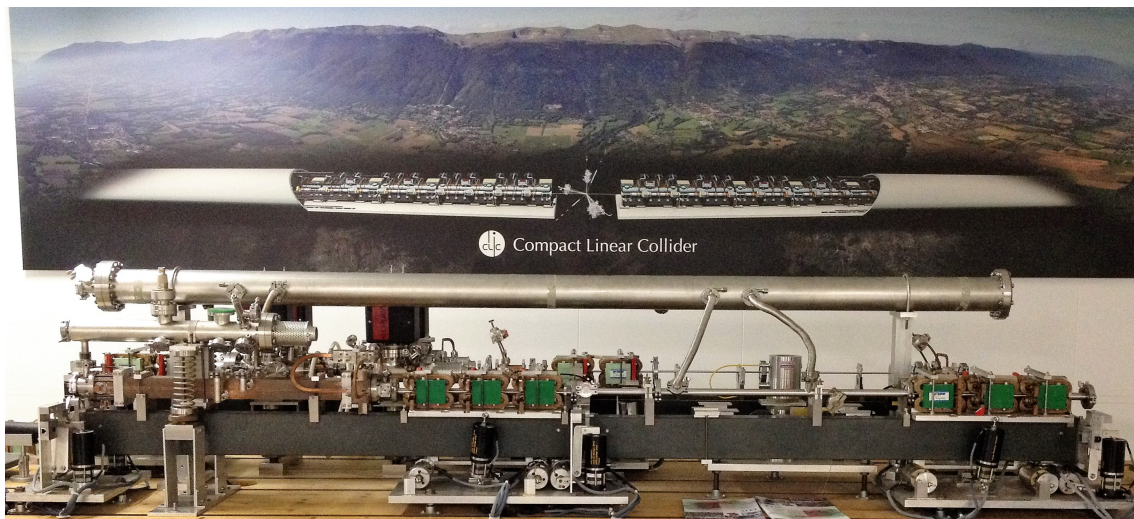
Αυτή η δέσμη-οδηγός (drive beam) επιβραδύνεται σε ειδικές Διατάξεις Εξαγωγής και Μεταφοράς Ισχύος – Power Extraction and Transfer Structures (PETS), και η παραγόμενη RF ισχύς μεταφέρεται στην κύρια δέσμη. Αυτό οδηγεί σε μια πολύ απλή διάταξη σήραγγας χωρίς ενεργά RF μέρη (δηλ. klystrons).



Σχήμα 2.3: Το σχεδιάγραμμα του CLIC

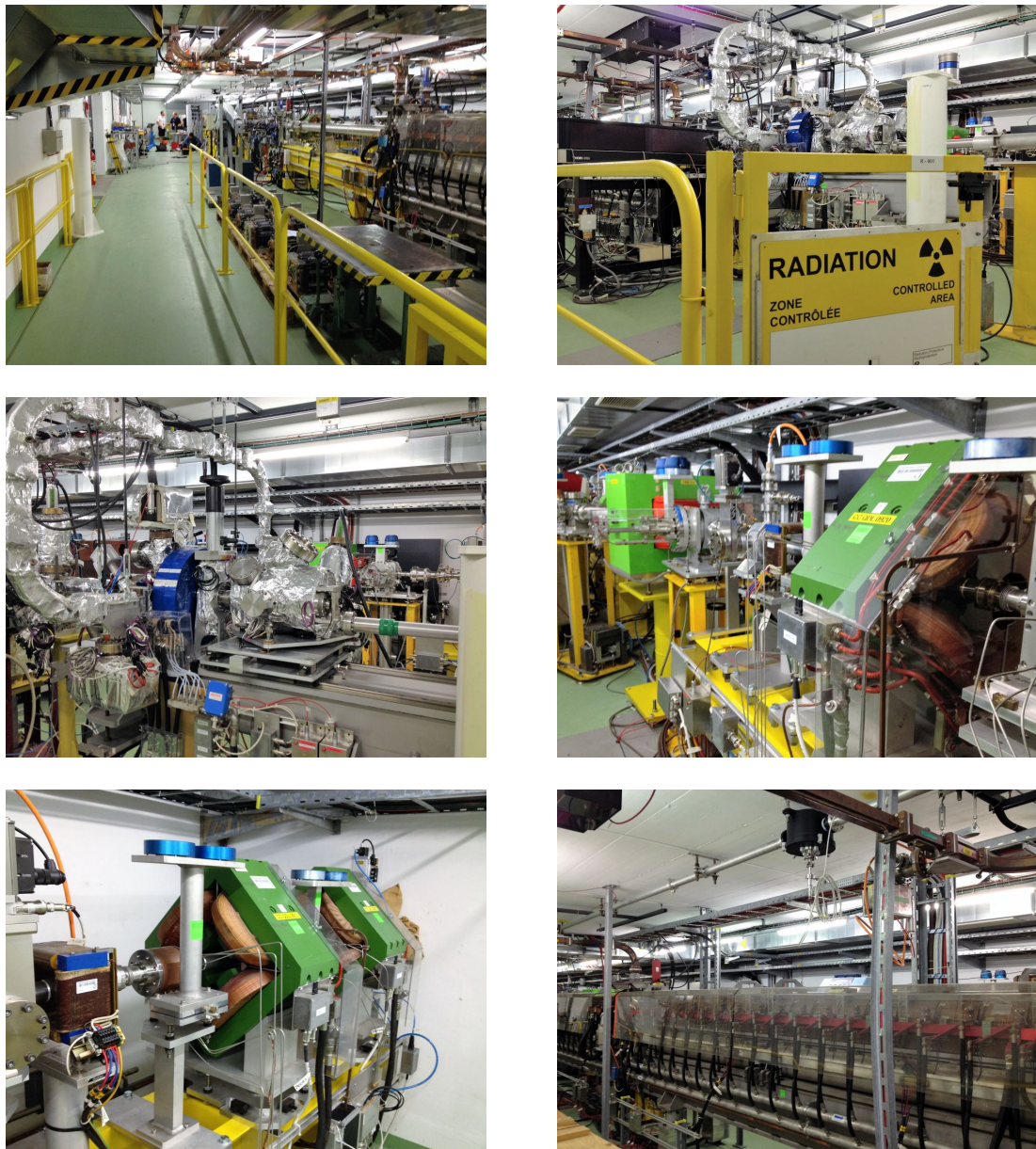
Ο CLIC είναι μία από τις επιλογές για έναν μελλοντική επιταχυντή κατασκευασμένο στο CERN. Η τελική απόφαση κατασκευής θα εξαρτηθεί από τα μελλοντικά αποτελέσματα του LHC.

## 2.3 To Electron beam scanner



Σχήμα 2.4: Η μακέτα του CLIC που βρίσκεται στο κτήριο δοκιμών CLIC Test Facility 3 (CTF3) του CERN





Σχήμα 2.5: Εικόνες από το CLIC Testing Facility 3 (CTF3), όπου γίνονται δοκιμές για το CLIC. Λόγω της φύσης των δοκιμών, το CTF3 θεωρείται “radiation controlled zone” και για την είσοδο κάποιου στο χώρο απαιτείται να έχει περάσει 7-ωρη εκπαίδευση (radiation training) και να φέρει ειδικό δοσίμετρο κατά την επίσκεψη



## Κεφάλαιο 3

# Μέθοδοι προσομοίωσης

Κεφάλαια 3 και 4

- Αποτέλεσμα και σχόλια
- Περιγραφή του CST Particle Studio
- Screenshots

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η υλοποίηση του συστήματος, με βάση τη μελέτη που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αρχικά παρουσιάζεται η πλατφόρμα και τα προγραμματιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν. Στη συνέχεια δίνονται οι λεπτομέρειες υλοποίησης για τους βασικούς αλγόριθμους του συστήματος καθώς και η δομή του κώδικα.

### 3.1 Προσομοίωση με το CST Particle Studio

Το CST Particle Studio μπλα μπλα μπλα.

### 3.2 Προσομοίωση με το CST Particle Studio και το MATLAB



## Κεφάλαιο 4

# Αποτελέσματα προσομοίωσης

Στο κεφάλαιο αυτό δεν περιγράφεται κάτι (ακόμα)

Some examples illustrating the dependence on bunch intensity, bunch length and transverse size, plus at least on example from the multi-bunch simulations.



## Κεφάλαιο 5

# Επίλογος

### 5.1 Συμπεράσματα

Συμπεράσματα κλπ

### 5.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Το σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας θα μπορούσε να βελτιωθεί και να επεκταθεί περαιτέρω, τουλάχιστον ως προς τρεις κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα, αναφέρονται τα ακόλουθα:

- Ένα
- Δύο
- Τρία





## Βιβλιογραφία



## Παράρτημα Α΄

### Μεταφράσεις Ξένων όρων

#### Μετάφραση

αδερφός  
αμεταβλητότητα  
ανάκτηση πληροφορίας  
αντιμεταθετικότητα  
απόγονος  
απορρόφηση  
βάση δεδομένων  
γνώρισμα  
διαπροσωπεία  
διαφορά  
δικτυακός κατάλογος  
δικτυωτή δομή  
δομικές επερωτήσεις  
δομικές σχέσεις  
δομικό σχήμα  
εγκυρότητα  
ένωση

#### Αγγλικός όρος

sibling  
idempotency  
information retrieval  
commutativity  
descendant  
absorption  
database  
attribute  
interface  
difference  
portal catalog  
lattice  
structural queries  
structural relationships  
schema  
validity  
union



Παράρτημα Β΄

## Το μοντέλο στο CST Particle Studio



Παράρτημα Γ΄

Ο κώδικας MATLAB





