

Συγχρονισμός στο OpenMP για συστήματα πάρα πολλών πυρήνων

Γεώργιος Ζ. Ζάχος

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής
Πολυτεχνική Σχολή
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Ιούλιος 2021

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

Η σελίδα αυτή είναι προαιρετική και περιέχει αφιέρωση σε κάποιο σημαντικό πρόσωπο.

Προτεινόμενο: 1-2 γραμμές.

Μέγιστο: 1 σελίδα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η σελίδα αυτή είναι προαιρετική και περιέχει ευχαριστίες σε άτομα που βοήθησαν με οποιονδήποτε τρόπο τον συγγραφέα της διατριβής.

Προτεινόμενο: 10-15 γραμμές.

Μέγιστο: 1 σελίδα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος Σχημάτων	iii
Κατάλογος Πινάκων	iv
Κατάλογος Αλγορίθμων	v
Γλωσσάρι	vi
Περίληψη	vii
Abstract	viii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Στόχοι	1
1.2 Δομή της διπλωματικής εργασίας	1
2 Οδηγίες για τη μορφή της διπλωματικής εργασίας	2
2.1 Διαμόρφωση κειμένου	2
2.1.1 Βασικές οδηγίες	2
2.1.2 Κεφάλαια	3
2.1.3 Παραρτήματα	4
2.2 Σχήματα	4
2.3 Πίνακες	6
2.4 Αλγόριθμοι	7
2.5 Μαθηματικά	8
2.6 Διαχείριση βιβλιογραφίας	10
A Τίτλος πρώτου παραρτήματος	11

Βιβλιογραφία	11
Β Τίτλος δεύτερου παραρτήματος	12
B.1 Τίτλος πρώτης ενότητας	12
B.2 Τίτλος δεύτερης ενότητας	12
Γ Τίτλος τρίτου παραρτήματος	13
Ευρετήριο	14

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

2.1	Η εκθετική συνάρτηση.	4
2.2	Τρία γραφήματα.	6
Γ.1	Εικόνα Παραρτήματος.	13

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

2.1 Ένας Πίνακας.	7
A.1 Πίνακας Παραρτήματος.	11

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

2.1	Υπολογισμός $y = x^n$	8
-----	---------------------------------	---

ΓΛΩΣΣΑΡΙ

Η σελίδα αυτή είναι προαιρετική. Περιέχει ορισμούς και επεξηγήσεις εννοιών, όρων, συντομεύσεων, και συμβολισμών. Αν η έκτασή τους είναι μεγαλύτερη από δύο σελίδες τότε πρέπει να πάει στο τέλος της διπλωματικής εργασίας, αμέσως μετά τα παραρτήματα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Γεώργιος Ζ. Ζάχος, Δίπλωμα, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής, Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιούλιος 2021.

Συγχρονισμός στο OpenMP για συστήματα πάρα πολλών πυρήνων.

Επιβλέπων: Βασίλειος Β. Δημακόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής.

Περίληψη της εργασίας στην ίδια γλώσσα με το κείμενο. Αν το κείμενο είναι στα Ελληνικά τότε και αυτή η σελίδα πρέπει να είναι στα Ελληνικά. Αν το κείμενο είναι στα Αγγλικά τότε και αυτή η σελίδα πρέπει να είναι στα Αγγλικά.

Προτεινόμενο: 1 σελίδα.

Μέγιστο: 2 σελίδες.

ABSTRACT

Georgios Z. Zachos, Diploma, Department of Computer Science and Engineering,
School of Engineering, University of Ioannina, Greece, July 2021.

Diploma Thesis Title.

Advisor: Vassilios V. Dimakopoulos, Associate Professor.

Εκτεταμένη περίληψη της εργασίας στην αντίθετη γλώσσα από αυτήν του κειμένου.
Αν το κείμενο είναι στα Ελληνικά τότε αυτή η σελίδα πρέπει να είναι στα Αγγλικά.
Αν το κείμενο είναι στα Αγγλικά τότε αυτή η σελίδα πρέπει να είναι στα Ελληνικά.

Προτεινόμενο: 2 σελίδες.

Μέγιστο: 4 σελίδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Στόχοι

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μία εισαγωγή στο αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας, η οποία είναι απαραίτητη. Στο περιεχόμενό του πρέπει να συμπεριλαμβάνονται και οι επί μέρους στόχοι της διπλωματικής εργασίας:

- Να αναλυθεί η συμπεριφορά...
- Η ανάπτυξη...
- Να κατηγοριοποιηθούν...
- Να επιβεβαιωθούν...

1.2 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία περιέχει ν κεφάλαια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Οδηγίες για τη μορφή της διπλωματικής εργασίας

2.1 Διαμόρφωση κειμένου

2.1.1 Βασικές οδηγίες

Η διπλωματική εργασία πρέπει να είναι τυπωμένη σε μονή όψη, ενώ το κείμενο πρέπει να είναι εντός των εξής περιθωρίων:

- Top: 2.5 cm.
- Bottom: 3 cm.
- Left: 2.5 cm.
- Right: 2.5 cm.

Σε όλη τη διπλωματική εργασία εκτός από τα Σχήματα και τους Πίνακες (συμπεριλαμβανομένων των λεζάντων όμως) πρέπει να χρησιμοποιείται γραμματοσειρά μεγέθους 12 στιγμών. Οι όροι μπορούν να είναι σε πλάγια γράμματα, χρησιμοποιώντας την εντολή `\textit{πλάγια γράμματα}`, συνήθως την πρώτη φορά που χρησιμοποιούνται. Τα **έντονα γράμματα** πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο στην περίπτωση που είναι απαραίτητα για την κατανόηση του κειμένου, χρησιμοποιώντας την εντολή `\textbf{έντονα γράμματα}`.

Το κύριο αρχείο είναι το `SampleThesis.tex`. Στο αρχείο αυτό θα πρέπει να συμπληρώσετε τα στοιχεία σας στις αντίστοιχες εντολές, αφαιρώντας την εντολή `\colorbox{gray}{}`.

Ειδικότερα, τα στοιχεία που θα πρέπει να συμπληρώσετε είναι ο τίτλος της διπλωματικής εργασίας, το ονοματεπώνυμο του φοιτητή, ο μήνας και το έτος αποφοίτησης, καθώς και το ονοματεπώνυμο και τη βαθμίδα του επιβλέπων καθηγητή. Τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να τα συμπληρώσετε και στα Ελληνικά και στα Αγγλικά προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στη σελίδα περίληψης στα Αγγλικά. Αν κάποια τμήματα της διπλωματικής εργασίας σας είναι σκιασμένα, είτε δεν έχετε συμπληρώσει τα αντίστοιχα στοιχεία σας είτε δεν αφαιρέσατε την εντολή `\colorbox{gray}{}{}` όταν τα συμπληρώσατε.

2.1.2 Κεφάλαια

Για να ορίσετε τον τίτλο ενός κεφαλαίου, πρέπει να χρησιμοποιήσετε την εντολή `\chapter{Τίτλος κεφαλαίου}`. Παρόμοια, για τους τίτλους ενότητων χρησιμοποιείτε την εντολή `\section{Τίτλος ενότητας}`, ενώ για τίτλους υποενότητων την εντολή `\subsection{Τίτλος υποενότητας}`. Είναι επιθυμητό να εισάγετε και μία ετικέτα κάθε φορά που χρησιμοποιείτε τις παραπάνω εντολές, το οποίο γίνεται με την εντολή `\label{Ετικέτα}`, προκειμένου να μπορείτε να αναφέρεστε στο αντίστοιχο σημείο του κειμένου με την εντολή `\ref{Ετικέτα}`.

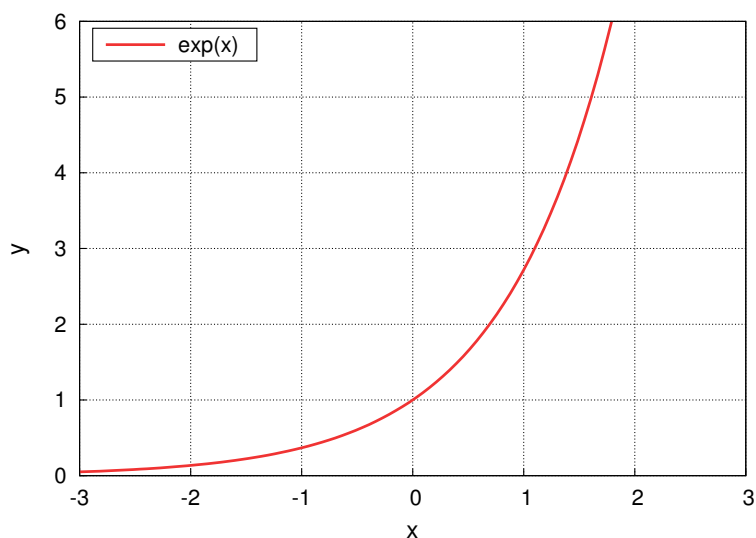
Το πακέτο `xgreek`¹ ορίζει διάφορες χρήσιμες μακροεντολές, οι οποίες επιτρέπουν την εύκολη χρήση χαρακτήρων που είναι δύσκολα προσβάσιμοι από το πληκτρολόγιο. Μερικές από αυτές τις μακροεντολές είναι οι εξής:

- Άνω τόνος ('): `\anwtonos`.
- Άνω τελεία (·): `\anoteleia`.
- Σύμβολο του Ευρώ (€): `\euro`.
- Σύμβολο τοις χιλίοις (‰): `\permill`.

Όταν θεωρείτε ότι είναι απολύτως απαραίτητο, μπορείτε να εισάγετε μία υποσημείωση με την εντολή `\footnote{Αυτή είναι μία υποσημείωση.}`, η οποία εμφανίζεται στο κάτω μέρος της αντίστοιχης σελίδας². Αν θέλετε να εισάγετε έναν νέο όρο στο ευρετήριο, θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε την εντολή `\index{νέος όρος}`. Για κάθε υποόρο που θέλετε να προστεθεί σε έναν προηγούμενο όρο, θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε την εντολή `\index{νέος όρος!υπόόρος}`.

¹<https://www.ctan.org/pkg/xgreek?lang=en>.

²Αυτή είναι μία υποσημείωση.



Σχήμα 2.1: Η εκθετική συνάρτηση.

2.1.3 Παραρτήματα

Προαιρετικά, μπορείτε να εισάγετε ένα ή περισσότερα παραρτήματα, τα οποία θα βρίσκονται μετά τη βιβλιογραφία και πριν το ευρετήριο. Σε αντίθεση με τα κεφάλαια της διπλωματικής εργασίας, η αρίθμηση των παραρτημάτων γίνεται με κεφαλαίους χαρακτήρες.

2.2 Σχήματα

Τα σχήματα και οι λεζάντες τους πρέπει να είναι πάντα κεντραρισμένα και εντός των περιθωρίων του κειμένου. Για να εισάγουμε ένα σχήμα στο κείμενο, χρησιμοποιούμε τις παρακάτω εντολές:

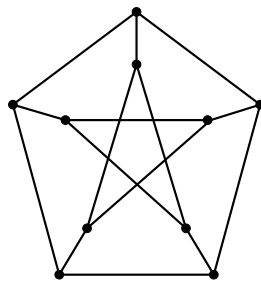
```
\begin{figure}[t]
\centering
\includegraphics[width=0.65\textwidth]{Figures/ExponentialFunction.pdf}
\caption{Η εκθετική συνάρτηση.}
\label{fig:ExponentialFunction}
\end{figure}
```

Το αποτέλεσμα των παραπάνω εντολών φαίνεται στο Σχήμα 2.1, ενώ σε περίπτωση που θέλουμε να αναφερθούμε σε αυτό μέσα στο κείμενο, χρησιμοποιούμε

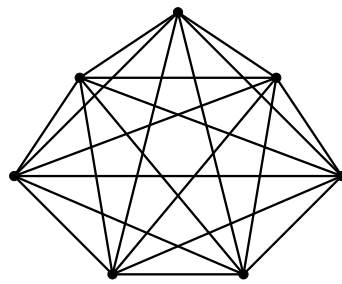
την εντολή `\ref{fig:ExponentialFunction}`. Αν θέλουμε να εισάγουμε σε ένα σχήμα πολλές εικόνες μαζί, τότε χρησιμοποιούμε τις παρακάτω εντολές:

```
\begin{figure}[t]
\centering
\begin{subfigure}[t]{0.3\textwidth}
\centering
\includegraphics[height=0.15\textheight]{Figures/GraphA.pdf}
\caption{}
\label{subfig:GraphA}
\end{subfigure}
\hfill
\begin{subfigure}[t]{0.3\textwidth}
\centering
\includegraphics[height=0.15\textheight]{Figures/GraphB.pdf}
\caption{}
\label{subfig:GraphB}
\end{subfigure}
\hfill
\begin{subfigure}[t]{0.3\textwidth}
\centering
\includegraphics[height=0.15\textheight]{Figures/GraphC.pdf}
\caption{}
\label{subfig:GraphC}
\end{subfigure}
\caption{Τρία γραφήματα.}
\label{fig:ThreeGraphs}
\end{figure}
```

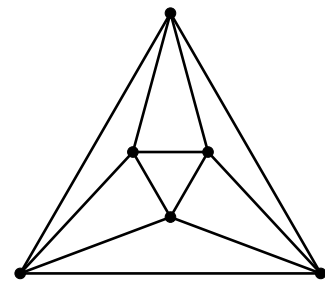
Με τις παραπάνω εντολές εισάγαμε στο Σχήμα 2.2 τρία υποσχήματα, στα οποία μπορούμε να αναφερθούμε και ξεχωριστά αν θέλουμε, χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες ετικέτες που τους αναθέσαμε.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 2.2: Τρία γραφήματα.

2.3 Πίνακες

Με παρόμοιες εντολές μπορούμε να εισάγουμε και πίνακες. Για παράδειγμα, με τις παρακάτω εντολές δημιουργούμε τον Πίνακα 2.1.

```
\begin{table}[t]
\centering
\caption{Ένας Πίνακας.}
\label{tab:Example}
\begin{tabular}{| l || l | l | l |}
\hline
κελί 1 & κελί 2 & κελί 3 & κελί 4\\
\hline
\hline
κελί 5 & κελί 6 & κελί 7 & κελί 8\\
\hline
κελί 9 & κελί 10 & κελί 11 & κελί 12\\
\hline
κελί 13 & κελί 14 & κελί 15 & κελί 16\\
\hline
κελί 17 & κελί 18 & κελί 19 & κελί 20\\
\hline
\end{tabular}
\end{table}
```

Πίνακας 2.1: Ένας Πίνακας.

κελί 1	κελί 2	κελί 3	κελί 4
κελί 5	κελί 6	κελί 7	κελί 8
κελί 9	κελί 10	κελί 11	κελί 12
κελί 13	κελί 14	κελί 15	κελί 16
κελί 17	κελί 18	κελί 19	κελί 20

2.4 Αλγόριθμοι

Για τη στοιχειοθεσία αλγορίθμων σε μορφή ψευδοκώδικα, όπως φαίνεται στον Αλγόριθμο 2.1 για παράδειγμα, χρησιμοποιούμε τις παρακάτω εντολές:

```
\begin{algorithm}[t]
\caption{Υπολογισμός  $y = x^n$ .}
\label{alg:Example}
\begin{algorithmic}[1]
\REQUIRE  $n \geq 0 \vee x \neq 0$ 
\ENSURE  $y = x^n$ 
\STATE  $y \leftarrow 1$ 
\IF{ $n < 0$ }
\STATE  $X \leftarrow 1 / x$ 
\STATE  $N \leftarrow -n$ 
\ELSE
\STATE  $X \leftarrow x$ 
\STATE  $N \leftarrow n$ 
\ENDIF
\WHILE{ $N \neq 0$ }
\IF{ $N$  is even}
\STATE  $X \leftarrow X \times X$ 
\STATE  $N \leftarrow N / 2$ 
\ELSE[ $N$  is odd]
\STATE  $y \leftarrow y \times X$ 
\STATE  $N \leftarrow N - 1$ 
\ENDIF
\ENDIF
```

Αλγόριθμος 2.1 Υπολογισμός $y = x^n$.

Require: $n \geq 0 \vee x \neq 0$ **Ensure:** $y = x^n$

```
1:  $y \leftarrow 1$ 
2: if  $n < 0$  then
3:    $X \leftarrow 1/x$ 
4:    $N \leftarrow -n$ 
5: else
6:    $X \leftarrow x$ 
7:    $N \leftarrow n$ 
8: end if
9: while  $N \neq 0$  do
10:  if  $N$  is even then
11:     $X \leftarrow X \times X$ 
12:     $N \leftarrow N/2$ 
13:  else { $N$  is odd}
14:     $y \leftarrow y \times X$ 
15:     $N \leftarrow N - 1$ 
16:  end if
17: end while
```

```
\ENDWHILE
\end{algorithmic}
\end{algorithm}
```

2.5 Μαθηματικά

Για τη στοιχειοθεσία μαθηματικών εκφράσεων χρησιμοποιούμε με παρόμοιο τρόπο τα παρακάτω περιβάλλοντα:

- Εξίσωση: `\begin{equation} ... \end{equation}`.

$$S_n = 1 + \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^2 + k}, \quad n \in \mathbb{N}. \quad (2.1)$$

- **Θεώρημα:** `\begin{theorem} ... \end{theorem}`.

Θεώρημα 2.1. *The square of the hypotenuse (the side opposite the right angle) is equal to the sum of the squares of the other two sides.*

- **Λήμμα:** `\begin{lemma} ... \end{lemma}`.

Λήμμα 2.1. *If a prime divides the product of two numbers, it must divide at least one of those numbers.*

- **Πόρισμα:** `\begin{corollary} ... \end{corollary}`.

Πόρισμα 2.1. *In any right triangle, the hypotenuse is greater than any one of the other sides, but less than their sum.*

- **Γεγονός:** `\begin{fact} ... \end{fact}`.

Γεγονός 2.1. *It takes 8 minutes 17 seconds for light to travel from the Sun's surface to the Earth.*

- **Σημείωση:** `\begin{remark} ... \end{remark}`.

Σημείωση 2.1. This is a remark.

- **Ορισμός:** `\begin{definition} ... \end{definition}`.

Ορισμός 2.1. Addition is bringing two or more numbers (or things) together to make a new total.

- **Παρατήρηση:** `\begin{observation} ... \end{observation}`.

Παρατήρηση 2.1. *This is an observation.*

- **Απόδειξη:** `\begin{proof} ... \end{proof}`.

Θεώρημα 2.2 (Fermat's Last Theorem). *There are no positive integers x , y , and z that satisfy the equation $x^n + y^n = z^n$ for any integer value of $n > 2$.*

Απόδειξη. "I have discovered a truly marvellous proof of this, which this margin is too narrow to contain." □

2.6 Διαχείριση βιβλιογραφίας

Για τη δημιουργία της βιβλιογραφίας χρησιμοποιούμε το πακέτο BibTeX. Για αυτό απαιτείται μία βιβλιογραφική βάση δεδομένων, η οποία αποθηκεύεται ως ένα απλό αρχείο κειμένου με κατάληξη bib. Το αρχείο αυτό περιέχει καταχωρήσεις της παρακάτω μορφής:

```
@article{Newman2003a,  
  author = {Newman, Mark E. J.},  
  title = {The Structure and Function of Complex Networks},  
  journal = {SIAM Review},  
  volume = {45},  
  number = {2},  
  pages = {167--256},  
  year = {2003},  
  doi = {10.1137/S003614450342480}  
}
```

Κάθε καταχώρηση ξεκινά με τη δήλωση του τύπου της αναφοράς. Το παραπάνω παράδειγμα αποτελεί αναφορά σε ένα άρθρο περιοδικού, επομένως η καταχώρηση ξεκινά με τη δήλωση `@article`. Στη συνέχεια αναθέτουμε ένα μοναδικό κλειδί στην καταχώρηση, π.χ. `Newman2003a`, το οποίο χρησιμοποιούμε στο κείμενο της διπλωματικής εργασίας για να αναφερθούμε σε αυτή με την εντολή `\cite{Newman2003a}`. Τέλος, συμπληρώνουμε τα πεδία του αντίστοιχου τύπου αναφοράς, μερικά από τα οποία είναι υποχρεωτικά. Για παράδειγμα, στις καταχωρήσεις άρθρων είναι υποχρεωτική η συμπλήρωση των πεδίων `author`, `title`, `journal`, και `year`.

Η βιβλιογραφία της διπλωματικής εργασίας στοιχειοθετείται αυτόματα μετά το τέλος των κεφαλαίων, με κάθε καταχώρηση να έχει έναν χαρακτηριστικό αριθμό. Ο χαρακτηριστικός αριθμός της κάθε καταχώρησης εμφανίζεται μεταξύ αγκυλών στα σημεία του κειμένου της διπλωματικής εργασίας όπου αναφερθήκαμε σε αυτή την καταχώρηση. Για παράδειγμα, σε αυτήν την πρόταση αναφερόμαστε σε ένα άρθρο περιοδικού [?], σε μία εργασία συνεδρίου [?], σε μία τεχνική αναφορά [?], και σε ένα βιβλίο [?].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Τίτλος πρώτου παραρτήματος

Εδώ είναι ο χώρος του πρώτου Παραρτήματος.

Πίνακας Α.1: Πίνακας Παραρτήματος.

	Sample Mean	95% Confidence Interval
1 process	3.640966	0.100136
4 processes	1.053655	0.037212
8 processes	0.610223	0.023470
16 processes	0.357321	0.014783
32 processes	0.227180	0.016923

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Τίτλος δεύτερου παραρτήματος

B.1 Τίτλος πρώτης ενότητας

Εδώ είναι ο χώρος της πρώτης ενότητας του δεύτερου Παραρτήματος.

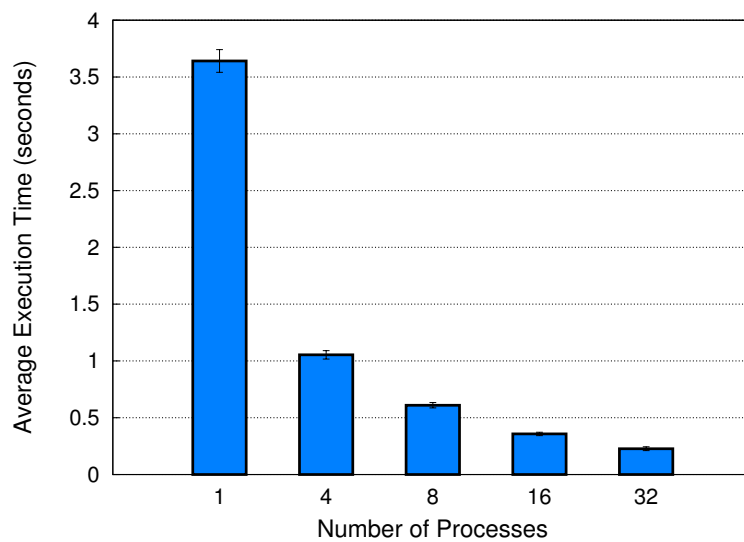
B.2 Τίτλος δεύτερης ενότητας

Εδώ είναι ο χώρος της δεύτερης ενότητας του δεύτερου Παραρτήματος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Τίτλος τρίτου παραρτήματος

Εδώ είναι ο χώρος του τρίτου Παραρτήματος.



Σχήμα Γ.1: Εικόνα Παραρτήματος.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

νέος όρος, 3

υποόρος, 3