

Αναλυτικό Περίγραμμα Μαθήματος

10. Παράλληλη Επεξεργασία και Υπολογιστικά Πλέγματα

Διδάσκοντες: Κωνσταντάρας Αντώνιος, Αν. Καθηγητής
Μπαρμπουνάκης Ιωάννης, Επ. Καθηγητής
Παπαδάκης Στυλιανός, Καθηγητής

1. ΓΕΝΙΚΑ

ΣΧΟΛΗ	ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
ΤΜΗΜΑ	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	10	ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	1 – 3
ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Παράλληλη Επεξεργασία και Υπολογιστικά Πλέγματα		
ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	
Διάφορες μορφές διδασκαλίας	4	7,5	
ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Επιστημονικής Περιοχής, Ανάπτυξης Δεξιοτήτων		
ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:			
ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:	Ελληνική		
ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS	ΝΑΙ		
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ			

2. ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Παράλληλη Επεξεργασία

Στόχος του πρώτου σκέλους του μαθήματος είναι η εκμάθηση και εξοικείωση του μεταπτυχιακού φοιτητή με γλώσσες, βιβλιοθήκες και τεχνικές παράλληλου προγραμματισμού σε συστήματα βασισμένα σε ετερογενείς πολυπύρηνους επεξεργαστές.

Το μάθημα δίνει έμφαση σε νέες μεθόδους παράλληλου προγραμματισμού που αποσκοπούν στη βελτίωση της επίδοσης του συστήματος, καθώς και στη βελτίωση της παραγωγικότητας του προγραμματιστή, εστιάζοντας στα χαρακτηριστικά της οργάνωσης πολυπύρηνων επεξεργαστών με ετερογενείς πυρήνες που συνεργάζονται αλλά διαφέρουν ουσιαστικά από τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά συμβατικών πολυπύρηνων επεξεργαστών με ομοιογενείς πυρήνες.

Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές εκπαιδεύονται στη διάκριση μεταξύ σειριακών και παράλληλων διεργασιών και κατανοούν τις έννοιες του καταμερισμού και δρομολόγησης εργασιών μεταξύ ομοιογενών και ετερογενών πυρήνων, της υποκρυπτόμενης και ρητής επικοινωνίας μεταξύ πυρήνων, της τοπικότητας της πρόσβασης στα δεδομένα, καθώς και του συγχρονισμού των εργασιών πολυπύρηνων επεξεργαστών της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPUs) και αυτών των ετερογενών πυρήνων των μονάδων επεξεργασίας γραφικών (GPUs).

Πέραν από την επισκόπηση των σύγχρονων πολυπύρηνων αρχιτεκτονικών και κατηγοριοποίησή τους με βάση την αρχιτεκτονική και ομοιογένεια των πυρήνων, την ιεραρχία μνήμης και τους μηχανισμούς επικοινωνίας και συγχρονισμού που διαθέτουν, το μάθημα εστιάζει στη μελέτη και εφαρμογή μοντέλων προγραμματισμού για ετερογενείς αρχιτεκτονικές (CUDA). Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές εξοικειώνονται στη χρήση της γλώσσας «CUDA C» και αναπτύσσουν κώδικες παράλληλου προγραμματισμού με ταυτόχρονη εκτέλεση της εργασίας αυτών από πολλαπλούς πυρήνες μονάδων επεξεργασίας γραφικών (GPUs). Για το σκοπό αυτό οι μεταπτυχιακοί φοιτητές εξοικειώνονται επίσης στη συνεργία κεντρικών μονάδων επεξεργασίας (CPUs) και μονάδων επεξεργασίας γραφικών (GPUs) και τον έλεγχο με ανάπτυξη κώδικα «CUDA C» της κατανομής μνήμης και διακίνησης δεδομένων μεταξύ CPU και GPU.

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος οι μεταπτυχιακοί φοιτητές θα είναι σε θέση να:

- διακρίνουν διεργασίες που μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα από τις σειριακές διεργασίες.
- κατανέμουν μνήμη σε CPUs και GPUs.
- μεταφέρουν δεδομένα από τα CPUs στα GPUs και αντίστροφα.
- αναπτύσσουν κώδικα CUDA C για τα παραπάνω.
- υπολογίζουν τον βέλτιστο δυνατό αριθμό πυρήνων, νημάτων και ψηφίδων για την εκτέλεση μιας παράλληλης εργασίας.
- αναπτύσσουν Kernels - κώδικες σε CUDA C για την εκτέλεση της παράλληλης εργασίας από του πυρήνες του GPU.
- απελευθερώνουν τις δεσμευμένες μνήμες μετά το τέλος της παράλληλης εργασίας.
- εκμεταλλεύονται το σύνολο των δυνατοτήτων που παρέχονται από υπερυπολογιστικές διατάξεις.
- αξιοποιούν την χρήση πινάκων στη σχεδίαση παράλληλων αλγορίθμων τεχνικού προγραμματισμού.
- εναρμονιστούν με τη σύγχρονη μετάβαση της φιλοσοφίας των υπολογιστών από την ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτέλεσης μίας διεργασίας από ένα πυρήνα (latency) στην εκτέλεση πολλαπλών ταυτόχρονων διεργασιών από πολλαπλούς πυρήνες (throughput).

Υπολογιστικά Πλέγματα

Στόχος αυτού του σκέλους του μαθήματος είναι η εξοικείωση των φοιτητών με τις τεχνολογίες των υπολογιστικών πλεγμάτων ξεκινώντας από τις ρίζες τους, τα παράλληλα και κατανεμημένα συστήματα, και συνεχίζοντας με τα συστατικά μιας υποδομής Grid Computing, τα υπολογιστικά συστήματα διαχείρισης φορτίου καθώς και μια λεπτομερή περιγραφή των διαδικασιών, των οποίων ο χρήστης υπολογιστικών πλεγμάτων κάνει χρήση. Με την επιτυχή ολοκλήρωση αυτού του μαθήματος, ο σπουδαστής θα είναι σε θέση να:

1. Διακρίνει μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών υπολογιστικών πλεγμάτων που αναπτύσσονται και υποστηρίζονται από ερευνητικά και αναπτυξιακά προγράμματα διεθνώς.
2. Αποσαφηνίζει έννοιες σχετικές με τα υπολογιστικά πλέγματα, όπως Ψηφιακά Πιστοποιητικά και πληρεξούσια, Εικονικοί Οργανισμοί, Κόμβοι Υπολογισμών και Αποθήκευσης.
3. Κάνει χρήση υπολογιστικών πλεγμάτων μέσα από περιβάλλον γραμμής εντολών (CLI).
4. Υποβάλλει απλές και σύνθετες εργασίες στα υπολογιστικά πλέγματα για διεκπεραίωση.
5. Συντάσσει εργασίες σε ειδική γλώσσα και με συγκεκριμένη δομή για υποβολή σε υπολογιστικά πλέγματα.
6. Υποβάλλει εργασίες μέσω κατάλληλης φιλικής διεπαφής web και να παρακολουθεί την εξέλιξή τους κατά την διάρκεια της εκτέλεσής τους.
7. Δημιουργεί ροές εργασιών μέσα από κατάτμηση εφαρμογών καθώς και μετα-χρονοπρογραμματισμό.

Γενικές Ικανότητες

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών
 Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις
 Λήψη αποφάσεων
 Αυτόνομη εργασία
 Ομαδική εργασία
 Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
 Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
 Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Παράλληλη Επεξεργασία

- Εισαγωγή στον Ετερογενή Παράλληλο Προγραμματισμό, Φορητότητα (Portability) και Επεκτασιμότητα (Scalability) στον Ετερογενή Παράλληλο Προγραμματισμό
- Επισκόπηση της CUDA C,
 - α) Παράλληλισμός Δεδομένων (Data Parallelism) και Νήματα (Threads),
 - β) Κατανομή μνήμης και διακίνηση δεδομένων με συναρτήσεις διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών (application programming interface-API)
- Πολυπύρνοι επεξεργαστές με ομοιογενείς πυρήνες, Πολυπύρνοι επεξεργαστές με ετερογενείς πυρήνες, Μονάδες επεξεργασίας γραφικών
- Μεθοδολογία Παράλληλου Προγραμματισμού βασισμένου σε πυρήνες (Kernel-based),
 - α) Ενιαίος κώδικας πολλαπλών δεδομένων (single program, multiple data - SPMD) Παράλληλου Προγραμματισμού βασισμένου σε πυρήνες (Kernel-based),
 - β) Πολυδιάστατη Ρύθμιση του Πυρήνα,
 - γ) Εφαρμογή σε Απλό Πολλαπλασιασμό Πινάκων,
 - δ) Χρονοδρομολόγηση Νημάτων
- Μοντέλο μνήμης, Τοπικότητα, και μνήμες CUDA
- Χρήση Ψηφίδων (Tiling) για Εξοικονόμηση στο Εύρος Ζώνης της Μνήμης (Memory Bandwidth),
 - α) Παράλληλοι Αλγόριθμοι με Ψηφίδες,
 - β) Εφαρμογή Πολλαπλασιασμού Πινάκων με χρήση Ψηφίδων,
 - γ) Σχεδίαση κώδικα πυρήνα για Πολλαπλασιασμό Πινάκων με χρήση Ψηφίδων,
- Διαχείριση Συνοριακών Συνθηκών, Διαχείριση Συνοριακών Συνθηκών στη χρήση Ψηφίδων, Σχεδίαση κώδικα πυρήνα με χρήση ψηφίδων για τη διαχείριση Πινάκων τυχαίων διαστάσεων
- Εξέταση Απόδοσης, Εύρος ζώνης δυναμικής μνήμης τυχαίας πρόσβασης (DRAM bandwidth), Ενοποίηση μνήμης (Memory Coalescing)

Υπολογιστικά Πλέγματα

Μέρος 1. Εισαγωγή στα Υπολογιστικά Πλέγματα

- ο Ιστορική αναδρομή της εξέλιξης των παράλληλων και κατανεμημένων υπολογιστικών συστημάτων
- ο Ανατομία μιας υπολογιστικής υποδομής πλέγματος
- ο Εξελισσόμενες τεχνολογίες πλέγματος
- ο Εθνικά & Ευρωπαϊκά ερευνητικά έργα σε υπολογιστικά πλέγματα
- ο Ελληνική Υποδομή Πλέγματος: HellasGrid

Μέρος 2. Στοιχεία μιας Υπολογιστικής Υποδομής Πλέγματος

- ο Ψηφιακά Πιστοποιητικά στην χρήση Υπολογιστικών Πλεγμάτων
- ο Εικονικοί Οργανισμοί και ο ρόλος τους
- ο Περιγραφή της υποδομής σε υλικό και λογισμικό
- ο Αρχιτεκτονική μιας υποδομής πλέγματος
- ο Διεπαφή Χρήστη (User Interface)
- ο Πληρεξούσιο Πιστοποιητικού και απλά παραδείγματα χρήσης

<ul style="list-style-type: none"> ο Συστήματα Διαχείρισης Υπολογιστικού Φόρτου ο Διαχειριστές Υπολογιστικών & Αποθηκευτικών Πόρων ο Διαδικασίες εκτέλεσης εργασιών και αποθήκευσης πληροφοριών ο Διαχείριση Εφαρμογών ο Γλώσσες Περιγραφής Εργασιών για Υπολογιστικά Πλέγματα ο Κατάτμηση Εφαρμογών και Μετα-χρονοπρογραμματισμός ο Υπηρεσίες Ιστού ο Ιστοθύρες Υπολογιστικών Υποδομών <p>Μέρος 3. Πρόσβαση στην Υποδομή του Πλέγματος</p> <ul style="list-style-type: none"> ο Διαδικασία πρόσβασης σε υπολογιστικά πλέγματα ο Υποδομή Ασφάλειας Πλέγματος (GSI) ο Μηχανισμοί παράλληλης/μερικής/μεταξύ τρίτων μεταφοράς αρχείων ο Πρωτόκολλο GridFTP ο Χρήση Διεπαφής Εντολών (CLI) ο Υποβολή και Εκτέλεση Εργασιών διαφόρων τύπων σε υπολογιστικές υποδομές.
--

4. ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ	<p>Πρόσωπο με πρόσωπο θεωρητική διδασκαλία. Εργασίες σε μικρές ομάδες φοιτητών. Εργαστηριακές ασκήσεις εφαρμογών ετερογενούς παράλληλου προγραμματισμού σε μικρές ομάδες φοιτητών. Εργαστηριακή εκπαίδευση σε υπολογιστές που θα φέρουν κατάλληλο λογισμικό. Εξάσκηση στην εθνική υποδομή HellasGrid.</p>												
ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	<p>Χρήση λογισμικού παρουσιάσεων διαφανειών. Επικοινωνία με τους φοιτητές μέσω ηλεκτρονικής πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης. <u>Παράλληλη Επεξεργασία</u> - Χρήση λογισμικού CUDA C για την ανάπτυξη παράλληλων αλγορίθμων. - Χρήση νέων πολυπύρηνων επεξεργαστών με ετερογενείς πυρήνες (GPUs). <u>Υπολογιστικά Πλέγματα</u> - Χρήση λογισμικού υπολογιστικών πλεγμάτων. - Χρήση κατάλληλα διαμορφωμένης διεπαφής web για υποβολή-διαχείριση εργασιών.</p>												
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><i>Δραστηριότητα</i></th> <th style="text-align: center;"><i>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Διαλέξεις</td> <td style="text-align: center;">52</td> </tr> <tr> <td>Εκπόνηση Ασκήσεων Εφαρμογών σε Μικρές Ομάδες</td> <td style="text-align: center;">18</td> </tr> <tr> <td>Συγγραφή Ατομικών Εργασιών Ομαδικών Ασκήσεων Εφαρμογών και Εξετάσεις</td> <td style="text-align: center;">36</td> </tr> <tr> <td>Ατομική Μελέτη</td> <td style="text-align: center;">104</td> </tr> <tr> <td>Σύνολο Μαθήματος</td> <td style="text-align: center;">210</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Δραστηριότητα</i>	<i>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</i>	Διαλέξεις	52	Εκπόνηση Ασκήσεων Εφαρμογών σε Μικρές Ομάδες	18	Συγγραφή Ατομικών Εργασιών Ομαδικών Ασκήσεων Εφαρμογών και Εξετάσεις	36	Ατομική Μελέτη	104	Σύνολο Μαθήματος	210
<i>Δραστηριότητα</i>	<i>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</i>												
Διαλέξεις	52												
Εκπόνηση Ασκήσεων Εφαρμογών σε Μικρές Ομάδες	18												
Συγγραφή Ατομικών Εργασιών Ομαδικών Ασκήσεων Εφαρμογών και Εξετάσεις	36												
Ατομική Μελέτη	104												
Σύνολο Μαθήματος	210												
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ	<p>Παράλληλη Επεξεργασία (50% της συνολικής βαθμολογίας) I. Γραπτή τελική εξέταση (ΓΕ) (50%) - Επίλυση προβλημάτων/υπολογισμοί - Συγκριτική αξιολόγηση στοιχείων θεωρίας - Ανάπτυξη και ανάλυση παράλληλου κώδικα σε CUDA C II. Δοκιμασίες Πολλαπλής Επιλογής (ΠΕ) (20%) - Δύο δοκιμασίες πολλαπλών επιλογών (10% και 10%, αντίστοιχα) III. Εργασίες Εφαρμογών (ΕΕ) (30%) - Τρεις εργασίες εφαρμογών (5%, 10% και 15%, αντίστοιχα) Ο βαθμός του μαθήματος ($ΓΕ*0,5 + ΠΕ*0,2 + ΕΕ*0,3$) πρέπει να είναι τουλάχιστον 5. Ο βαθμός καθενός από τα I, II, III πρέπει να είναι τουλάχιστον τρία (3). Υπολογιστικά Πλέγματα (50% της συνολικής βαθμολογίας) I. Γραπτή τελική εξέταση (ΓΕ) (50%) - Επίλυση προβλημάτων - Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης. II. Εργαστηριακή εξέταση (ΕΕ) (25%) - Εργαστηριακές ασκήσεις - Υποβληθείσες ατομικές και ομαδικές εργασίες (25%) - Γραπτές αναφορές για εργασίες πρακτικής εξάσκησης Ο βαθμός του μαθήματος ($ΓΕ*0,5 + ΕΕ*0,25 + ΑΠ*0,25$) πρέπει να είναι τουλάχιστον 5. Συνολική Βαθμολογία = Βαθμός σε “Παράλληλη Επεξεργασία” + Βαθμός σε “Υπολογιστικά Πλέγματα”</p>												

Τα κριτήρια αξιολόγησης είναι προσβάσιμα στους φοιτητές από την ηλεκτρονική σελίδα του μαθήματος και ανακοινώνονται στο πρώτο μάθημα.

5. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Προτεινόμενη Βιβλιογραφία:

Ξερόγλωσσα διδακτικά συγγράμματα:

- Programming Massively Parallel Processors, A Hands-on Approach, David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu, Εκδότης: Elsevier Science & Technology, Έκδοση: 2 Rev ed, ISBN10: 0124159923, ISBN13: 9780124159921, Αρ. Σελίδων: 514, Έτος Έκδοσης: 20 Δεκεμβρίου 2012
- Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach (Applications of GPU Computing Series) - 2nd Edition , by David Kirk and Wen-mei Hwu, published by Morgan Kaufmann (Elsevier), ISBN 0123814723, 2010
- CUDA by Example, An Introduction to General-Purpose GPU Programming, Jason Sanders, Edward Kandrot, Εκδότης: Pearson Education (US), ISBN10: 0131387685, ISBN13: 9780131387683, Αρ. Σελίδων: 312, Έτος Έκδοσης: 16 Ιουλίου 2010
- The CUDA Handbook, A Comprehensive Guide to GPU Programming, by Nicholas Wilt, Εκδότης: Pearson Education (US), ISBN10: 0321809467, ISBN13: 9780321809469, Αρ. Σελίδων: 528, Έτος Έκδοσης: 12 Ιουνίου 2013
- Multicore and GPU Programming, An Integrated Approach, by Gerassimos Barlas, Εκδότης: Elsevier Science & Technology, ISBN10: 0124171370, ISBN13: 9780124171374, Αρ. Σελίδων: 608, Pub date: Jan 02, 2015
- CUDA Application Design and Development, by Rob Farber, Εκδότης: Elsevier Science & Technology, ISBN10: 0123884268, ISBN13: 9780123884268, Αρ. Σελίδων: 336, Έτος Έκδοσης: 13 Δεκεμβρίου 2011
- CUDA Programming, A Developer's Guide to Parallel Computing with GPUs, Shane Cook, Εκδότης: Elsevier Science & Technology, ISBN10: 0124159338, ISBN13: 9780124159334, Αρ. Σελίδων: 600, Έτος Έκδοσης: 7 Δεκεμβρίου 2012
- GPU Computing GEMs - Jade Edition, by Wen-Mei Hwu, 2011
- GPU Computing Gems Emerald Edition, by Wen-Mei Hwu, 2011
- Frederic Magoules, Jie Pan, Kiat-An Tan, Abhinav Kumar, "Introduction to Grid Computing", CRC Press, 2009.
- Barry Wilkinson, "Grid Computing: Techniques and Applications", CRC Press, 2009
- Berman F., Fox G., Hey T., "Grid Computing", John Wiley and Sons Ltd, 2003.
- Stuart Robbins, "Lessons in Grid Computing", John Wiley and Sons Ltd, 2006.
- Cunha, Jose Cardoso, Rana, Omer F., "Grid Computing - Software Environments and Tools", Springer London Ltd, 2005.

Ελληνικά ή μεταφρασμένα διδακτικά συγγράμματα:

- Προγραμματισμός μαζικά παράλληλων επεξεργαστών, David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu, επιμέλεια: Δημήτρης Γκιζόπουλος, μετάφραση: Κώστας Καρανικολός, Γεώργιος Στάμου, Δημήτρης Καρτσακλής, Εκδότης: Κλειδάριθμος, 2010, 340 σελ. ISBN 978-960-461-423-3, Κωδ. Κλειδάριθμος: 39022
- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ, Στέλιος Παπαδάκης, Κώστας Διαμαντάρας, Εκδότης: Κλειδάριθμος, ISBN: 978-960-461-446-2, Κωδ. Εύδοξος: 12532275, Κωδ. Κλειδάριθμος: 39025
- Προγραμματισμός σε σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα, MPI, OPENMP, PTHREADS, CUDA, Γ. Γραββάνης, Κ. Μ. Γιαννουτάκης, Χ. Παπαδόπουλος – Φιλέλης, Εκδότης: Παπασωτηρίου, ISBN10: 9604910582, ISBN13: 9789604910588, Αρ. Σελίδων: 336, Δεκ. 2012, Αρ. Προϊόντος: 2000501843

- Συναφή επιστημονικά περιοδικά:

- IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 5 year Impact Factor 2.03
- IET Computers & Digital Techniques, 5 year Impact Factor 0.45
- Springer Journal of Grid Computing