

Σχολή  
Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
και  
Μηχανικών Υπολογιστών

Παράλληλα Συστήματα Επεξεργασίας

---

Τελική αναφορά 1ης άσκησης

---

Κουτσούκος Δημήτριος  
(ΑΜ: 03110078)  
Χαρισόπουλος Βασίλειος  
(ΑΜ: 03110046)

20 Ιανουαρίου 2015

## Γενικά στοιχεία

Η παρούσα αναφορά έχει ως σκοπό την παρουσίαση των μετρήσεών μας στα 6 προγράμματα τα οποία γράφτηκαν αλλά και το σχολιασμό των αποτελεσμάτων για τα 6 προγράμματα τα οποία γράψαμε. Τα προγράμματά μας είχαν ως σκοπό να παραλληλοποιήσουν τις μεθόδους Jacobi, Gauss-Seidel, Red-Black SOR με 2 τεχνικές παραλληλοποίησης. Η πρώτη από αυτές ήταν το MPI, δηλαδή παραλληλοποίηση με μηνύματα και οι δεύτερη από αυτές ήταν το OpenMP που χρησιμοποιούσε κοινή μνήμη.

## MPI

Μετρήσεις με έλεγχο σύγκλισης

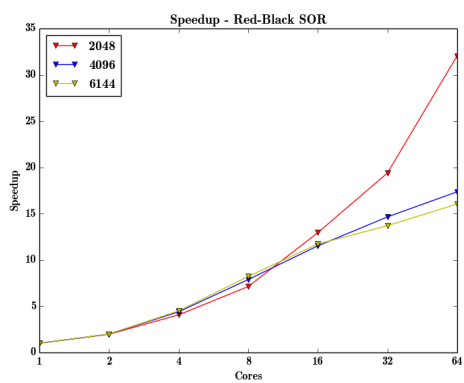
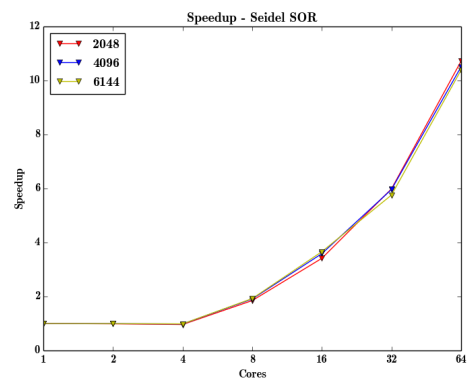
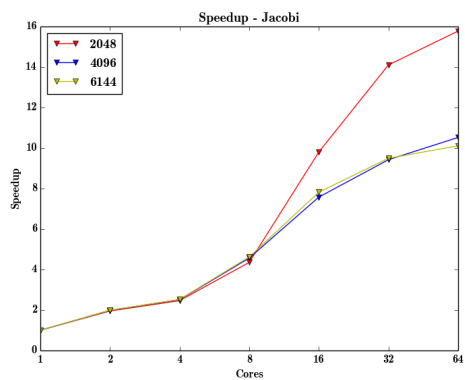
Method	Total Time	Computation Time	Iterations
Jacobi	259.519487	39.457911	798201
Seidel Sor	4.846189	0.750132	3201
Red Black Sor	1.949184	0.507192	2501

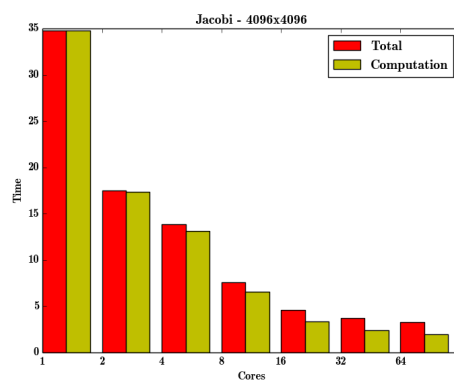
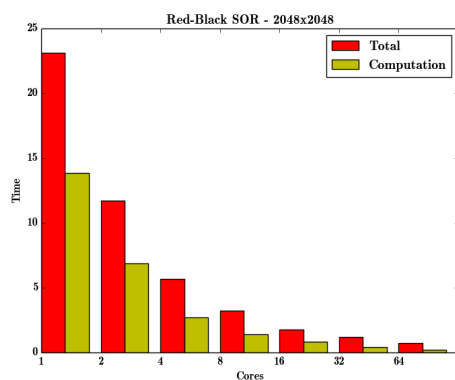
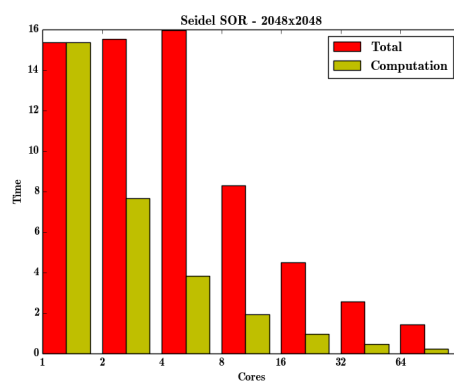
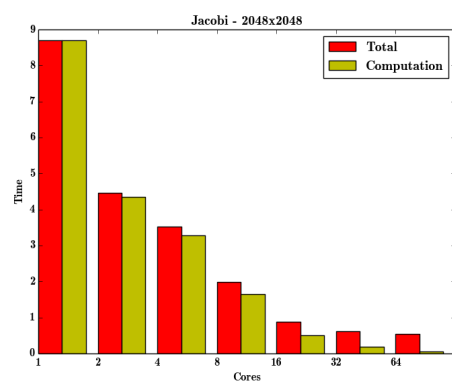
Πίνακας 1: Μετρήσεις για κάθε μέθοδο με έλεγχο σύγκλισης

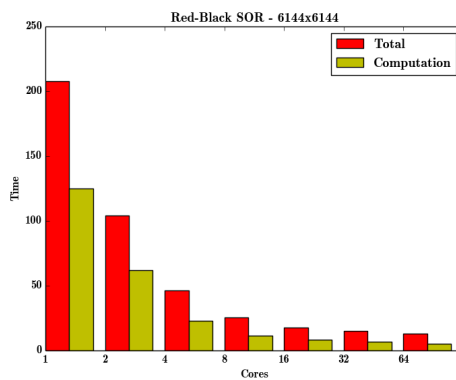
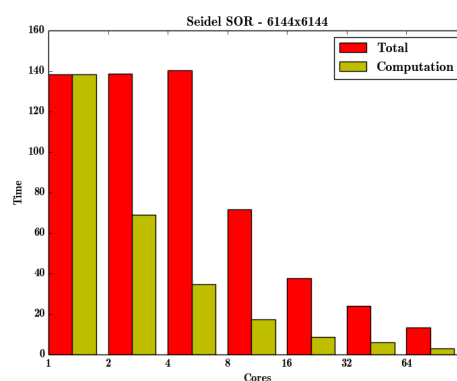
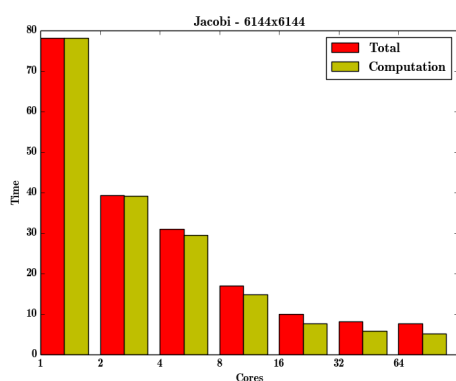
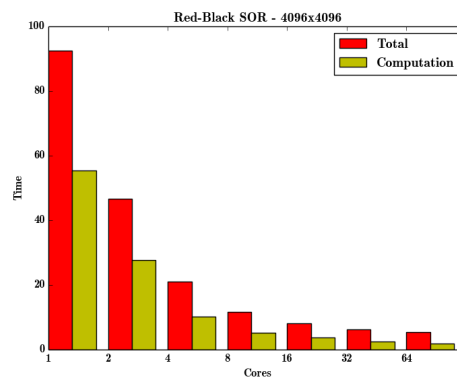
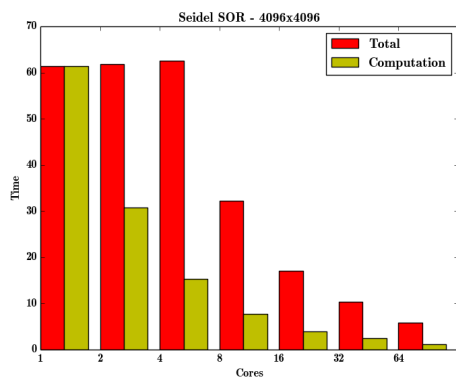
Αρχικά μας ζητήθηκε να τρέξουμε καθέναν από τους 3 αλγορίθμους με έλεγχο σύγκλισης για μέγεθος πίνακα 1024x1024 για 64 MPI διεργασίες. Παρατηρούμε ότι η μέθοδος Jacobi αργεί πολύ να συγκλίνει και κάνει περίπου 800000 επαναλήψεις. Επίσης συγκρίνοντας τον χρόνο υπολογισμών με το συνολικό χρόνο του προγράμματος βλέπουμε ότι πολύ μεγάλο ποσοστό του χρόνου καταναλώνεται στην επικοινωνία. Βέβαια αυτό είναι λογικό, καθώς έχουμε υλοποιήσει και τους τρεις αλγορίθμους με blocking send/ receive. Βέβαια το speedup στις επόμενες μεθόδους είναι τεράστιο καθώς η Seidel συγκλίνει σε 3000 επαναλήψεις περίπου ενώ η Red Black SOR σε 2500. Παρατηρούμε ότι και πάλι το ποσοστό υπολογισμού είναι μικρό κομμάτι του συνολικού χρόνου του προγράμματος αν και η ποσότητα χρόνου που τρέχουν τα προγράμματα έχει μειωθεί πολύ. Συμπερασματικά σε ένα σύστημα κατανεμημένης μνήμης θα επιλέγαμε τη μέθοδο Red Black SOR λόγω της ταχύτητας της μεθόδου αλλά και των λίγου χρόνου που κάνει η μέθοδος προκειμένου να τρέξει. Ακολουθεί το ζητούμενο διάγραμμα:

### Μετρήσεις χωρίς έλεγχο σύγκλισης

Στο δεύτερο κομμάτι της εργασίας τρέξαμε για διάφορα μεγέθη πινάκων καθεμία από τις 3 μεθόδους για διαφορετικό συνολικό αριθμό MPI διεργασιών. Ακολουθούν τα ζητούμενα διαγράμματα:







## Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Παρατηρούμε φυσιολογική συμπεριφορά για όλα τα διαγράμματα. Όσο αυξάνουμε τον αριθμό των διεργασιών τόσο περισσότερο μειώνεται ο χρόνος. Πιο συγκεκριμένα για την Jacobi βλέπουμε ότι μετά τις 8 MPI διεργασίες έχουμε μεγάλο speedup. Για 2048 μέγεθος πίνακα το speedup είναι πολύ μεγάλο σε όλες τις μεθόδους, αλλά αυτό είναι κάτι που το παρατηρούμε σε όλες τις μεθόδους και είναι πιθανόν να οφείλεται στο μέγεθος της cache και στο πως μπορεί να επιταχυνθεί η διαδικασία όταν δεν έχουμε πολλά misses. Στην Seidel Sor έχουμε τετραγωνική συμπεριφορά ενώ στην Red Black Sor έχουμε γραμμική συμπεριφορά. Στην Jacobi παρατηρούμε ότι το speedup είναι λιγότερο από γραμμικό κάτι που οφείλεται στο αλγοριθμικό κομμάτι.

Όσον αφορά το κομμάτι που ξοδεύεται σε κάθε κομμάτι του προγράμματος βλέπουμε ότι αρκετά μεγάλο κομμάτι του χρόνου για πολλές διεργασίες ξοδεύεται στην επικοινωνία, και μάλιστα μερικές φορές είναι τόσο μεγάλο που μπορεί το κομμάτι του υπολογισμού να θεωρηθεί αμελητέο. Πολύ μεγάλη διαφορά φαίνεται κυρίως στην Seidel Sor για 4 αλλά και για 8 διεργασίες διότι τότε είναι που πραγματικά εκμεταλλευόμαστε τον παραλληλισμό στους υπολογισμούς. Στην Jacobi παρότι η διαφορά είναι αρκετή δεν είναι τόσο μεγάλη καθώς γίνονται αρκετοί υπολογισμοί ενώ στην Red Black Sor οι διαφορές είναι μέσα σε φυσιολογικά πλαίσια.

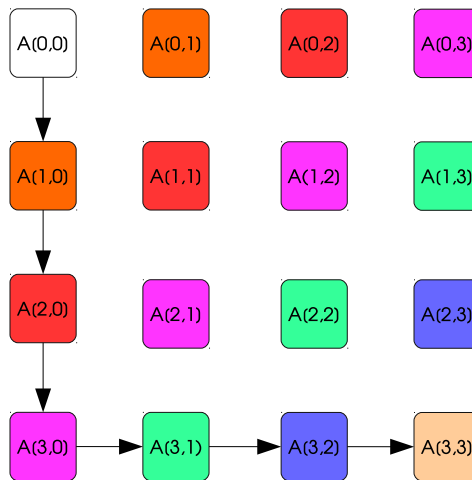
## OpenMP

Στο δεύτερο κομμάτι της άσκησης μας ζητήθηκε να τρέξουμε και τους 3 αλγορίθμους πάλι με έλεγχο σύγκλισης για 8 threads και μέγεθος πίνακα 512x512. Τα αποτελέσματά μας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Η μέθοδος Jacobi έχει γίνει με tiled τρόπο. Χωρίζουμε κάθε γραμμή

Method	Total Time	Computation Time	Iterations
Jacobi	0.159	0.158	236000
Seidel Sor	0.725	0.255	1500
Red Black Sor	0.310	0.309	1900

Πίνακας 2: Μετρήσεις για κάθε μέθοδο με έλεγχο σύγκλισης

ανάλογα με το πόσα threads υπάρχουν και στη συνέχεια κάθε thread υπολογίζει την αποκάτω γραμμή (πάντα στο κομμάτι που πρέπει) από αυτή που υπολόγισε την προηγούμενη χρονική στιγμή. Για τη μέθοδο Seidel παραθέτουμε μία εικόνα για τη ροή της μεθόδου. Με ίδιο χρώμα απεικονίζονται τα στοιχεία που υπολογίζονται στην ίδια φάση. Βλέπουμε ότι η Seidel Sor κά-

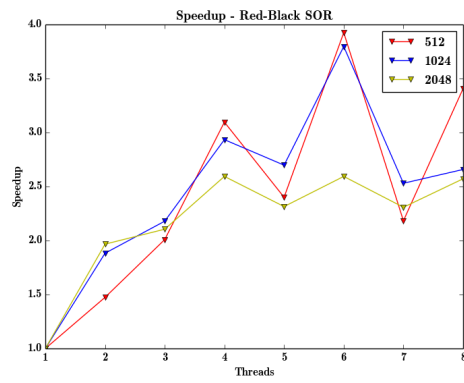
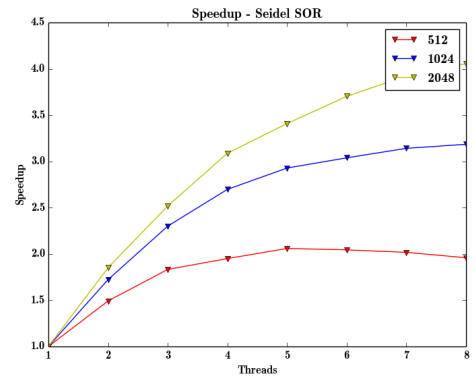
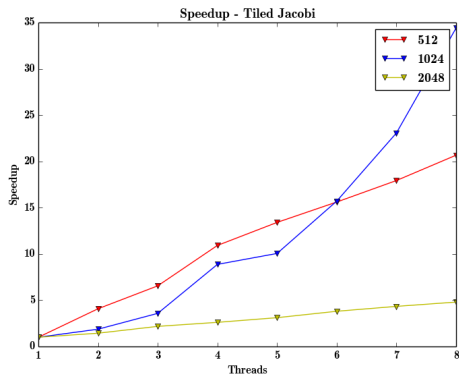


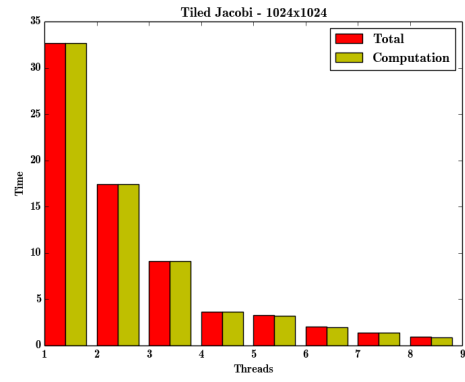
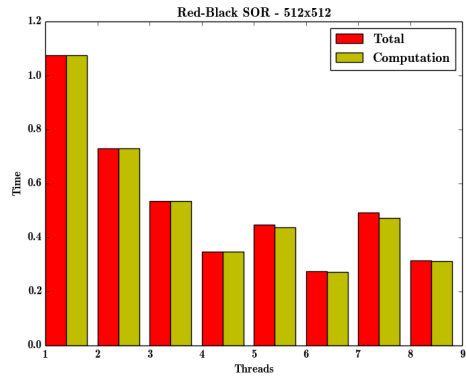
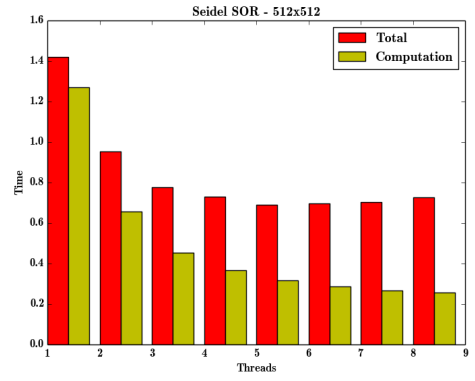
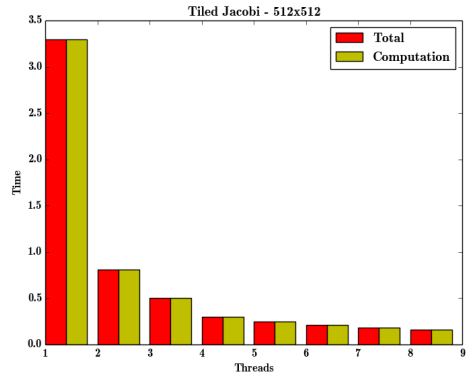
νει πολύ μεγάλο χρόνο σε σχέση με τις άλλες 2 μεθόδους κάτι που οφείλεται στον τρόπο που έχουμε επιλέξει να υλοποιήσουμε τον παραλληλισμό αλλά και στο γεγονός ότι περιμένει αρκετές "μελλοντικές" τιμές σε σχέση με την Jacobi πχ. Κοιτώντας τους χρόνους για ένα μοντέλο καταναεμημένης μνήμης θα διαλέγαμε τη μέθοδο Jacobi με tiles λόγω του μικρού χρόνου που κάνει.

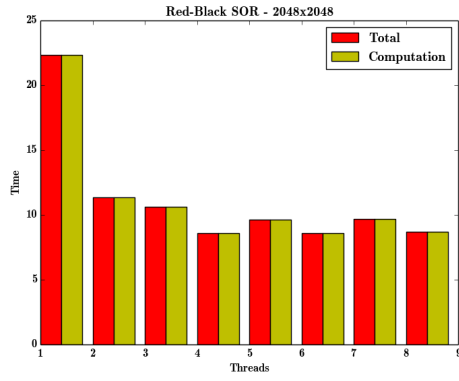
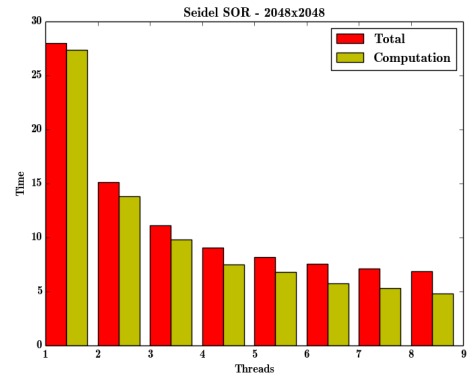
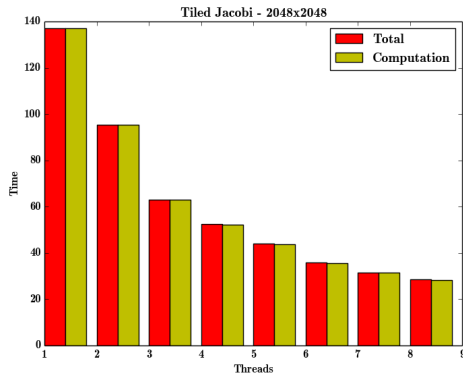
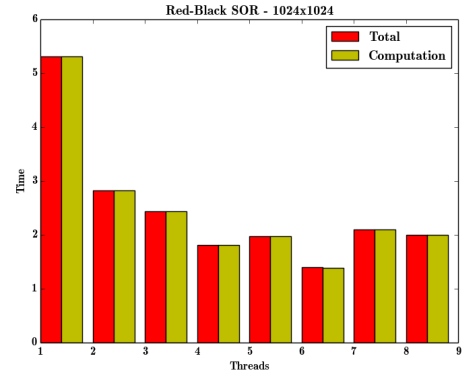
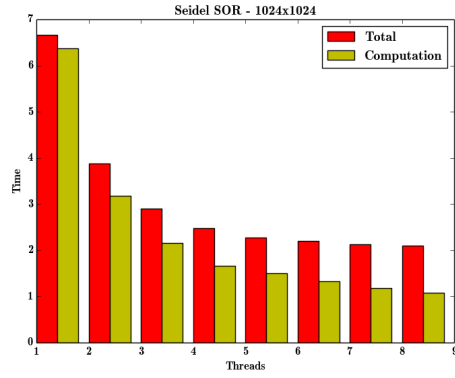
### Μετρήσεις χωρίς έλεγχο σύγκλισης

Στο δεύτερο κομμάτι της εργασίας τρέξαμε για διάφορα μεγέθη πινάκων καθεμία από τις 3 μεθόδους για διαφορετικό συνολικό αριθμό OpenMP threads. Ακολουθούν τα ζητούμενα διαγράμματα:









## Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Στην tiled jacobi βλέπουμε ότι το speedup είναι περίπου γραμμικό εκτός από το μέγεθος 1024 που είναι σχεδόν τετραγωνικό διότι τότε τα tiles μας ταιριάζουν καλύτερη στην μνήμη. Στην Seidel Sor έχουμε υπογραμμικό speedup και παρατηρούμε κορεσμό στο τέλος πράγμα που φαίνεται και στα παρακάτω διαγράμματα διότι τρώμε πολύ χρόνο στο συγχρονισμό των διεργασιών. Τέλος στην Red Black Sor δεν έχουμε tiles άρα δεν μπορούμε να κρίνουμε το speedup διότι ανάλογα με τον αριθμό των threads μπορούμε να έχουμε καλύτερη συμμετρία ή να έχουμε καλύτερο διαμοιρασμό εργασιών αφού χωρίζουμε "οριζόντια" και "κάθετα" σε ορθογώνια ανάλογα με τα threads που εισάγουμε σε κάθε διάσταση.

Όσον αφορά το χρόνο υπολογισμών σε σχέση με το συνολικό χρόνο του προγράμματος βλέπουμε ότι πέρα από την Seidel SOR δεν έχουμε πολύ σημαντικές διαφορές. Η μεγάλη διαφορά στην Seidel SOR οφείλεται στον διαγώνιο συγχρονισμό που πρέπει να έχει το πρόγραμμά μας. Οι άλλες 2 μέθοδοι έχουν η καθεμία το δικό της φόρτο και η επικοινωνία γίνεται σχεδόν άμεσα.