

Εργασία MPI 2017-18: Συνέλιξη Εικόνων

Παράλληλα Συστήματα

Κανελλόπουλος Στέφανος
(Α.Μ. 1115201200050)

Χανιωτάκης-Ψύχος Χαρίδημος
(Α.Μ. 1115201200194)

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή	3
Μεταγλώττιση και Εκτέλεση	4
• MPI.....	4
• MPI/OMP.....	4
Σχεδιασμός – Υλοποίηση	5
• MPI.....	5
• MPI/OMP.....	6
Μετρήσεις.....	7
• MPI.....	7
• MPI_OMP	13
Αποτελέσματα επεξεργασίας εικόνων	19
• GREY.....	19
• RGB	20
Συμπεράσματα.....	21

Εισαγωγή

Όπως μάθαμε μια πολύ χρήσιμη πράξη στα Γραφικά και στην Επεξεργασία Εικόνας είναι η συνέλιξη μιας δισδιάστατης εικόνας με ένα φίλτρο συνέλιξης. Η διακριτή συνέλιξη μιας εικόνας εισόδου I_i με το φίλτρο h για την παραγωγή μιας εικόνας εξόδου I_o ορίζεται ως εξής:

$$I_o(i, j) = \sum_{p=-s}^s \sum_{q=-s}^s I_i(i-p, j-q) * h(p, q)$$

όπου h είναι το εφαρμοζόμενο δισδιάστατο διακριτό φίλτρο, το οποίο για να μην δημιουργηθούν χρωματικές αλλοιώσεις στην εικόνα, θα πρέπει να κανονικοποιηθεί. Έτσι προκύπτει:

$$h = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \longrightarrow h' = \begin{bmatrix} \frac{1}{16} & \frac{2}{16} & \frac{1}{16} \\ \frac{2}{16} & \frac{4}{16} & \frac{2}{16} \\ \frac{1}{16} & \frac{2}{16} & \frac{1}{16} \end{bmatrix}$$

(α) Αρχικό φίλτρο *Blur*

(β) Κανονικοποιημένο φίλτρο *Blur*

Σκοπός λοιπόν αυτής της εργασίας είναι να παραλληλοποιήσουμε τον παραπάνω αλγόριθμο με τις τεχνολογίες του MPI και MPI/OMP (hybrid) και να τον αξιολογήσουμε με βάση συγκεκριμένες μετρικές χρόνου, επιτάχυνσης και αποδοτικότητας.

Μεταγλώττιση και Εκτέλεση

Για την μεταγλώττιση του προγράμματος περιλαμβάνεται αρχείο makefile και πραγματοποιείται με την εντολή “./make” στον τρέχοντα κατάλογο. Με την εντολή “./make clean” γίνεται ο καθαρισμός των αρχείων αντικειμένων.

- **MPI**

Το πρόγραμμα εκτελείται με την παρακάτω εντολή:

```
mpirun -f <machines file> -np <processors> ./mpi -i <image> -h  
<height> -w <width> -l <loops> -t { GREY, RGB }
```

- **MPI/OMP**

Το πρόγραμμα εκτελείται με την παρακάτω εντολή:

```
mpirun -f <machines file> -np <processors> ./mpi_omp -i <image> -h  
<height> -w <width> -l <loops> -t { GREY, RGB }
```

Σχεδιασμός – Υλοποίηση

- MPI

Το MPI είναι μία βιβλιοθήκη η οποία μας επιτρέπει να γράψουμε παράλληλα προγράμματα τα οποία τρέχουν σε πολλούς επεξεργαστές. Η επικοινωνία μεταξύ των επεξεργαστών γίνεται με μηνύματα που αποστέλλουν ο ένας στον άλλο, χωρίς την χρήση κοινής μνήμης.

Στην δική μας περίπτωση διαχωρίζουμε την αρχική εικόνα σε μικρότερα blocks, όσες είναι και οι διεργασίες. Κάθε μια αναλαμβάνει να επεξεργαστεί και να εφαρμόσει συνέλιξη σε ένα από τα blocks της εικόνας. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε διαμερισμό ίσου φόρτου εργασίας και κατά συνέπεια μείωση του συνολικού χρόνου επεξεργασίας.

Για τις αποστολές και λήψεις μηνυμάτων χρησιμοποιήσαμε non-blocking συναρτήσεις, `ISend()` και `IRecv()` της βιβλιοθήκης MPI, καταφέροντας με αυτόν τον τρόπο να κάνουμε συνέλιξη για τα εσωτερικά σημεία (inner pixels) του block και αφήνοντας για αργότερα τον υπολογισμό των ακριανών σημείων (border pixels). Αυτό δίνει την δυνατότητα σε μια διεργασία να ασχολείται με μια εργασία όσο περιμένει να λάβει τα δεδομένα από τις γειτονικές διεργασίες.

Για την αποθήκευση των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε ειδικές δομές της βιβλιοθήκης MPI, `Datatypes(vector, contiguous)` για τις σειρές (rows) και στήλες (columns) της εικόνας αντίστοιχα.

- MPI/OMP

Το OpenMP είναι ένας τρόπος να παραλληλοποιήσουμε ένα πρόγραμμα με χρήση κοινής μνήμης, σε επίπεδο οδηγίας προς τον μεταγλωττιστή. Ο προγραμματιστής έχει την δυνατότητα μέσω ενός συνόλου οδηγιών, που ενσωματώνονται στον κώδικα ενός προγράμματος και σύμφωνα με τις παραμέτρους που θα θέσει, ο μεταγλωττιστής μπορεί να επιτύχει παραλληλισμό στο πρόγραμμα.

Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση threads μέσω του OpenMP, όπου τοπικά κομμάτια κώδικα πλέον μπορούν να εκτελούνται παράλληλα. Ειδικότερα κατά το συνδυασμό του με το MPI, σε υβριδικό πρόγραμμα, παρατηρείται ακόμα μεγαλύτερη βελτίωση του χρόνου επεξεργασίας.

Υστέρα από δοκιμές, το σημείο του κώδικα στο οποίο είδαμε βέλτιστα αποτελέσματα, είναι κατά τις επαναλήψεις στον τοπικό πίνακα κάθε διεργασίας, όπου πραγματοποιείται η συνέλιξη.

Επίσης υπάρχουν και άλλες επαναλήψεις στον κώδικα που θα μπορούσαν να προστεθούν οδηγίες, όπως στην εξωτερική επανάληψη για το πόσες φορές θα εφαρμοστεί το φίλτρο. Ωστόσο αυτό δημιουργούσε πρόβλημα κατά την επικοινωνία μεταξύ των διεργασιών και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τους.

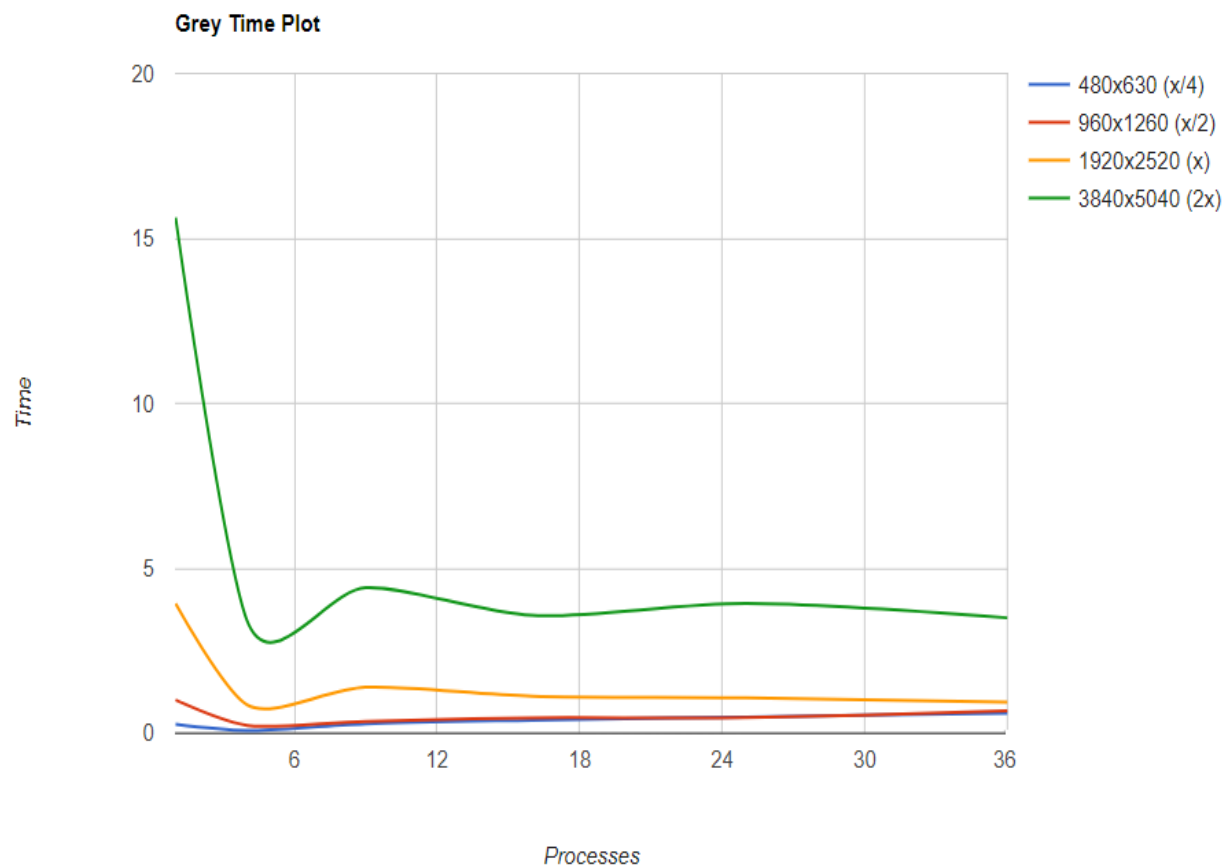
Μετρήσεις

- MPI

Χρόνος

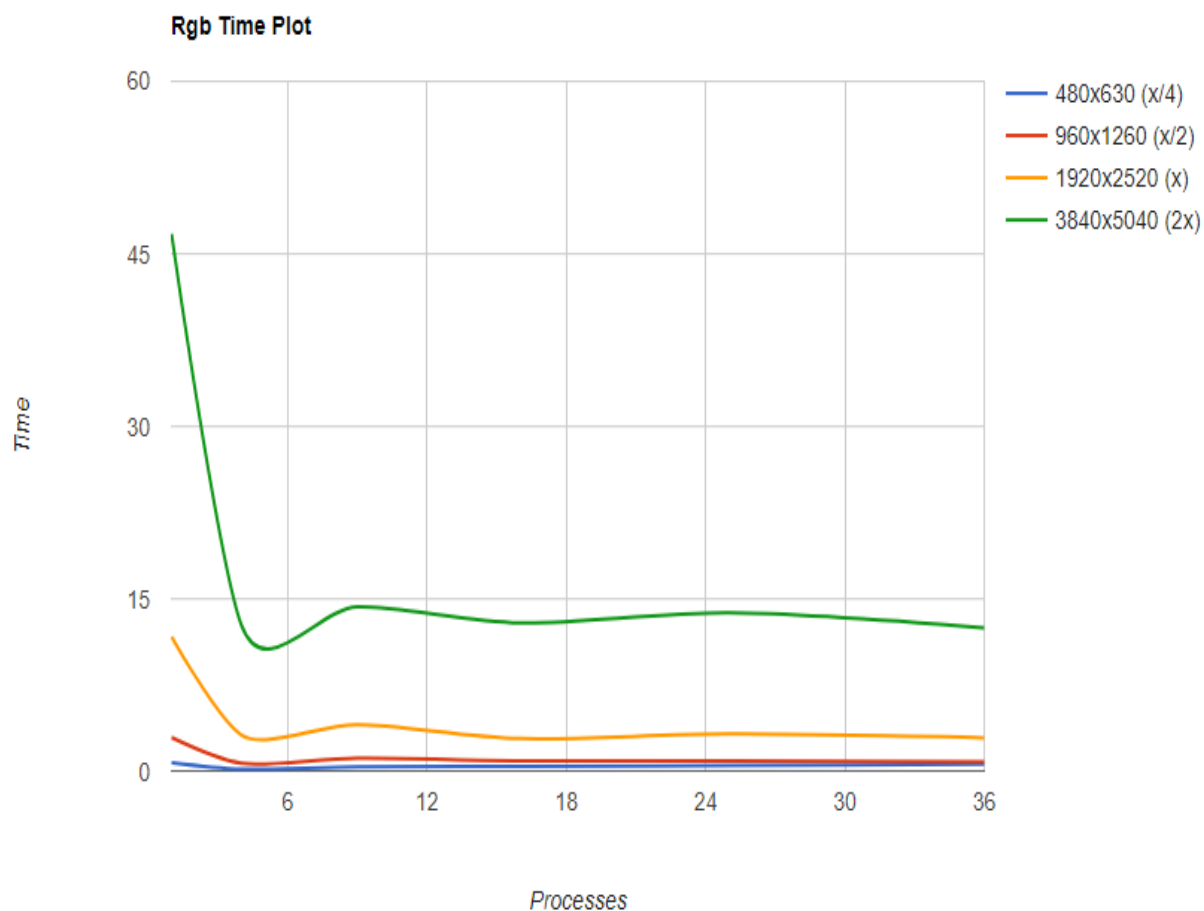
Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	0.273784	0.083902	0.289526	0.39602	0.492024	0.61201
960x1260 (x/2)	1.006522	0.237037	0.356038	0.465521	0.471697	0.680044
1920x2520 (x)	3.929823	0.859547	1.392624	1.123324	1.072552	0.93933
3840x5040 (2x)	15.633022	3.423364	4.410033	3.571709	3.934004	3.497801

GREY (waterfall_grey_1920_2520.raw)



Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	0.760672	0.195325	0.396039	0.444676	0.524027	0.633017
960x1260 (x/2)	2.951479	0.70401	1.15342	0.941181	0.902197	0.822486
1920x2520 (x)	11.708897	3.189713	4.082262	2.870132	3.258697	2.929626
3840x5040 (2x)	46.740431	12.759495	14.322626	12.922859	13.787686	12.498782

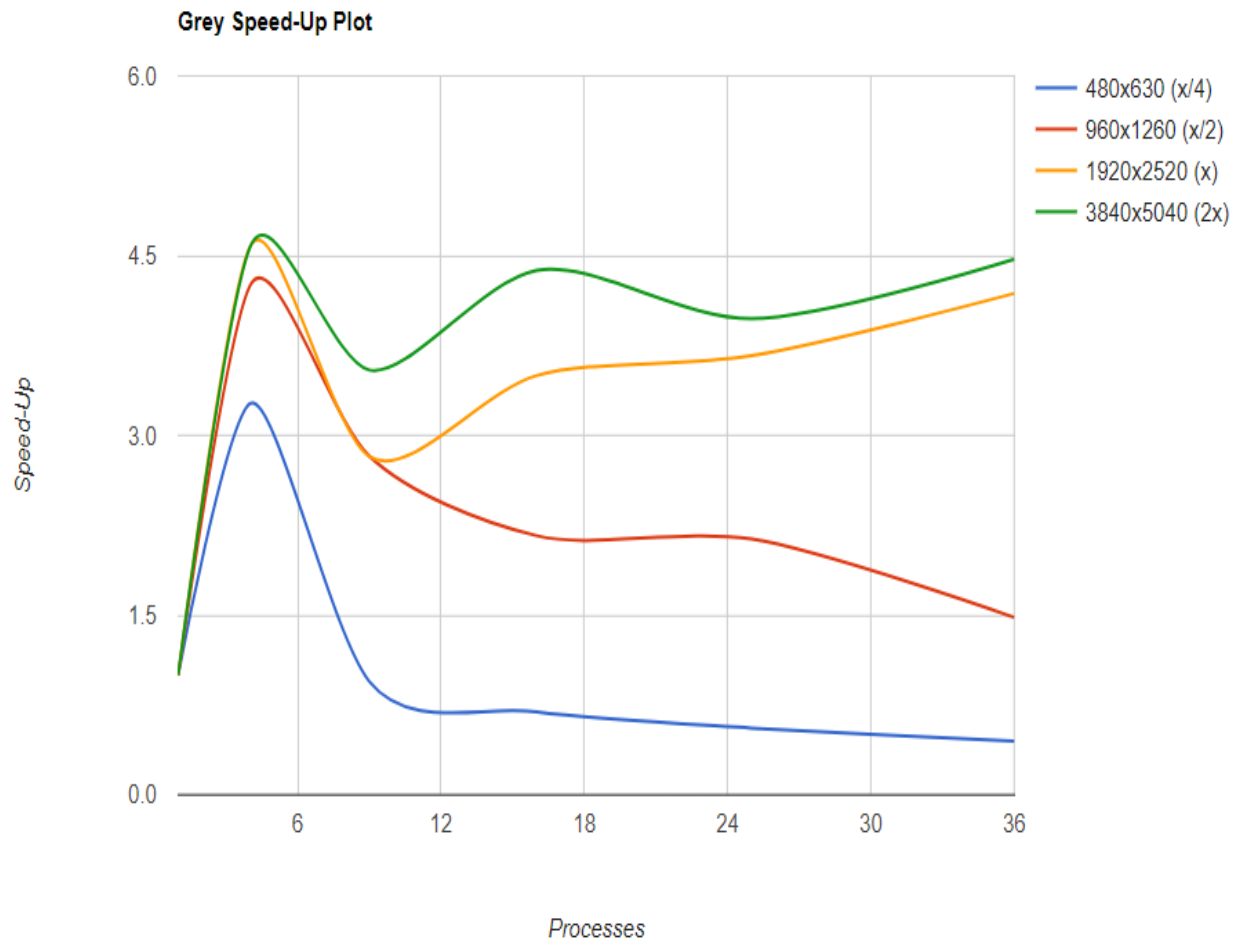
RGB (waterfall_1920_2520.raw)



Επιτάχυνση

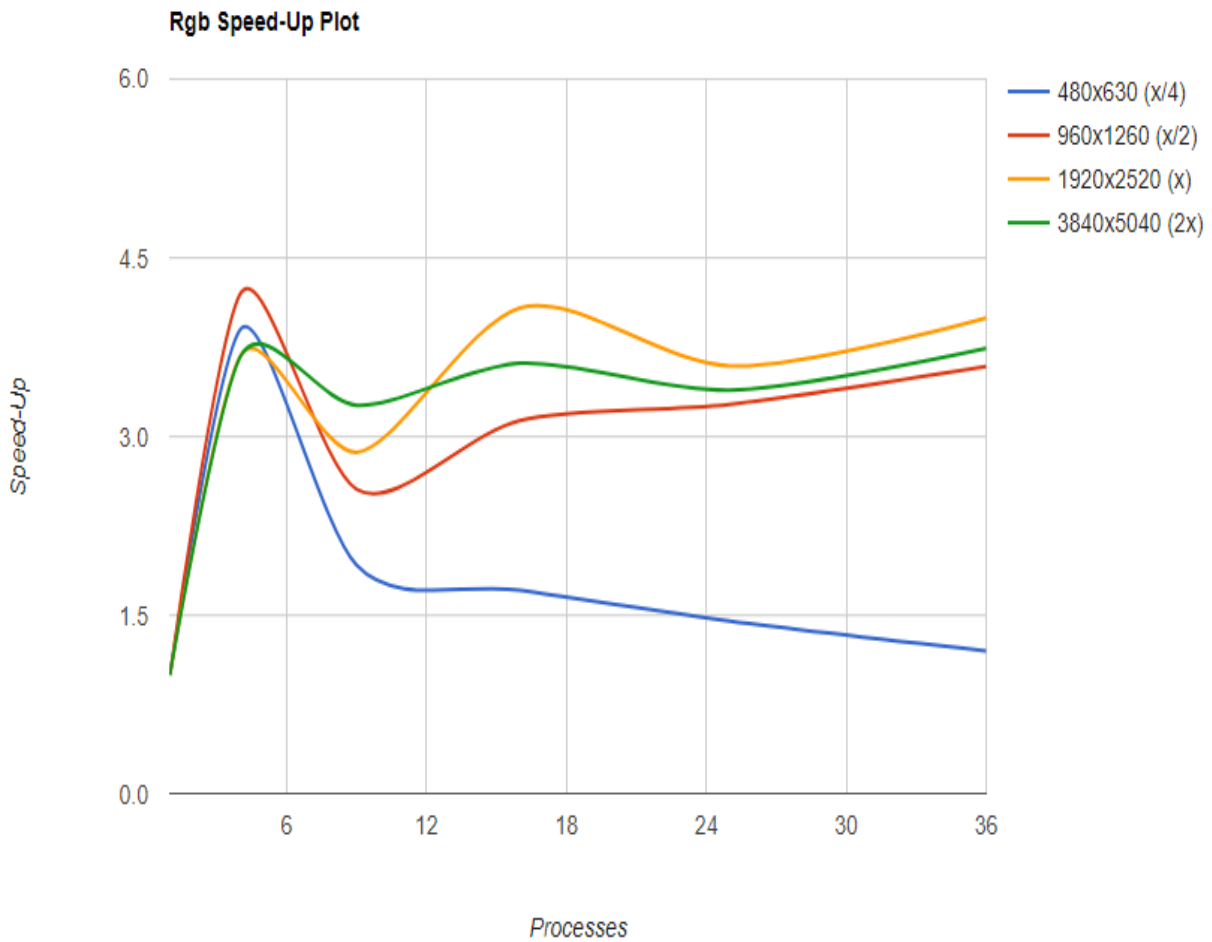
Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	1	3.263141	0.945629	0.691339	0.556445	0.447353
960x1260 (x/2)	1	4.246266	2.827008	2.162141	2.133832	1.480084
1920x2520 (x)	1	4.57197	2.821884	3.498388	3.663993	4.183645
3840x5040 (2x)	1	4.566568	3.544877	4.376903	3.97382	4.469386

GREY (waterfall_grey_1920_2520.raw)



Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	1	3.894392	1.9207	1.710621	1.45159	1.201662
960x1260 (x/2)	1	4.192383	2.558894	3.135932	3.271436	3.588486
1920x2520 (x)	1	3.670831	2.868238	4.079568	3.593123	3.996721
3840x5040 (2x)	1	3.663189	3.263399	3.616881	3.390013	3.739599

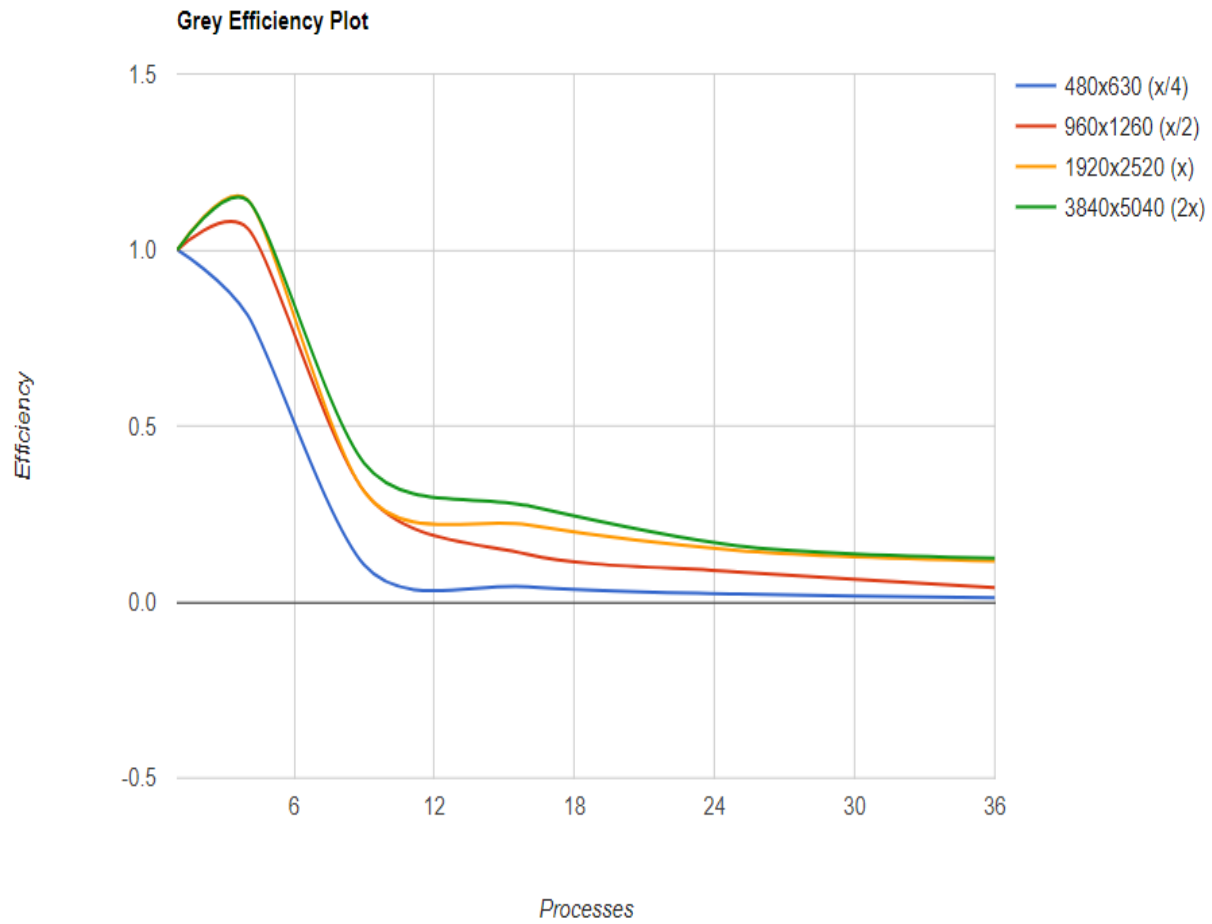
RGB (waterfall_1920_2520.raw)



Απόδοση

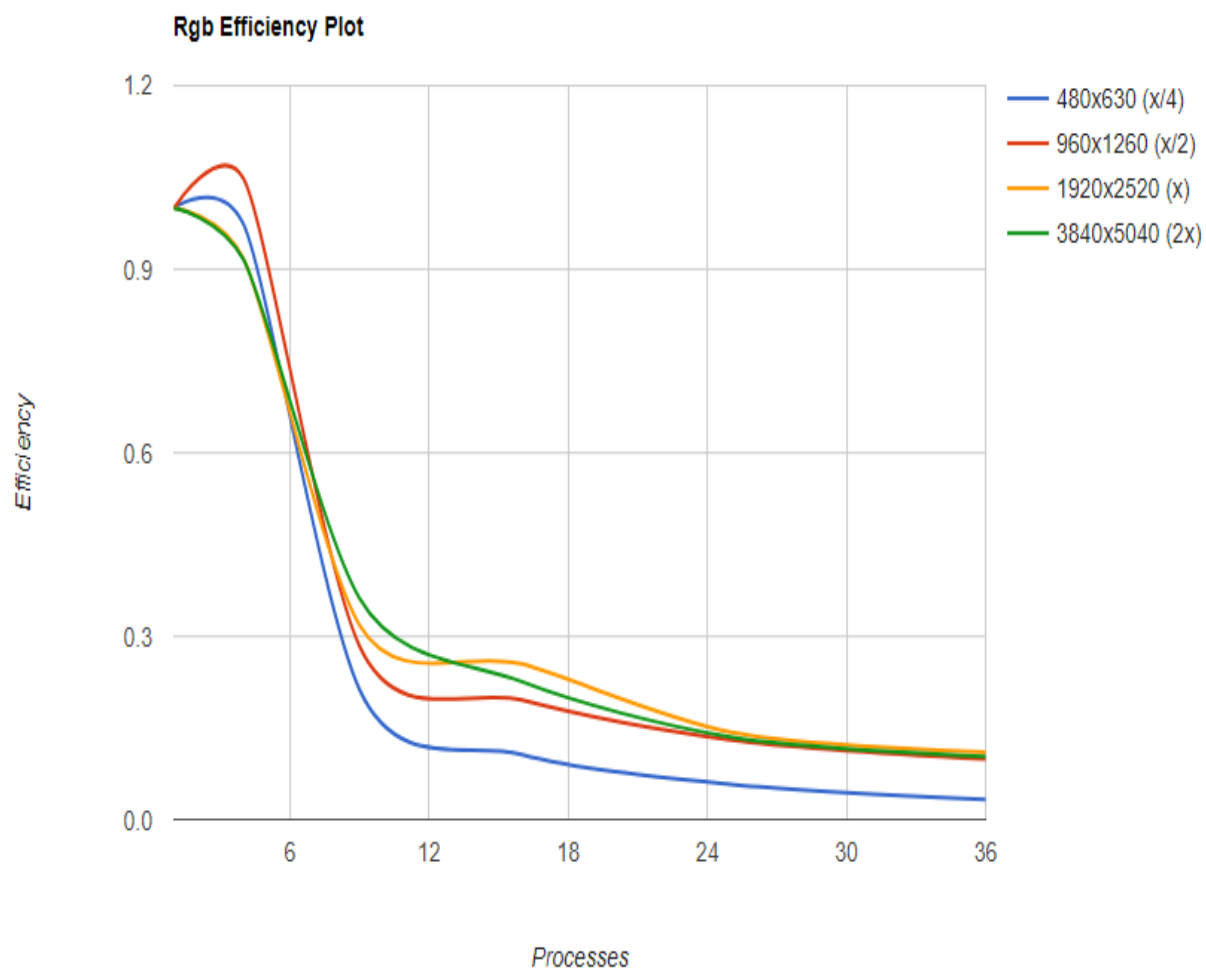
Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	1	0.815786	0.10507	0.043209	0.022258	0.012427
960x1260 (x/2)	1	1.061567	0.314112	0.135134	0.085354	0.041114
1920x2520 (x)	1	1.142993	0.313543	0.21865	0.14656	0.116213
3840x5040 (2x)	1	1.141642	0.393876	0.273557	0.158953	0.12415

GREY (waterfall_grey_1920_2520.raw)



Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	1	0.973598	0.213412	0.106914	0.058064	0.03338
960x1260 (x/2)	1	1.048096	0.284322	0.195996	0.130858	0.099681
1920x2520 (x)	1	0.917708	0.318694	0.254973	0.143725	0.111021
3840x5040 (2x)	1	0.915798	0.3626	0.226056	0.135601	0.103878

RGB (waterfall_1920_2520.raw)

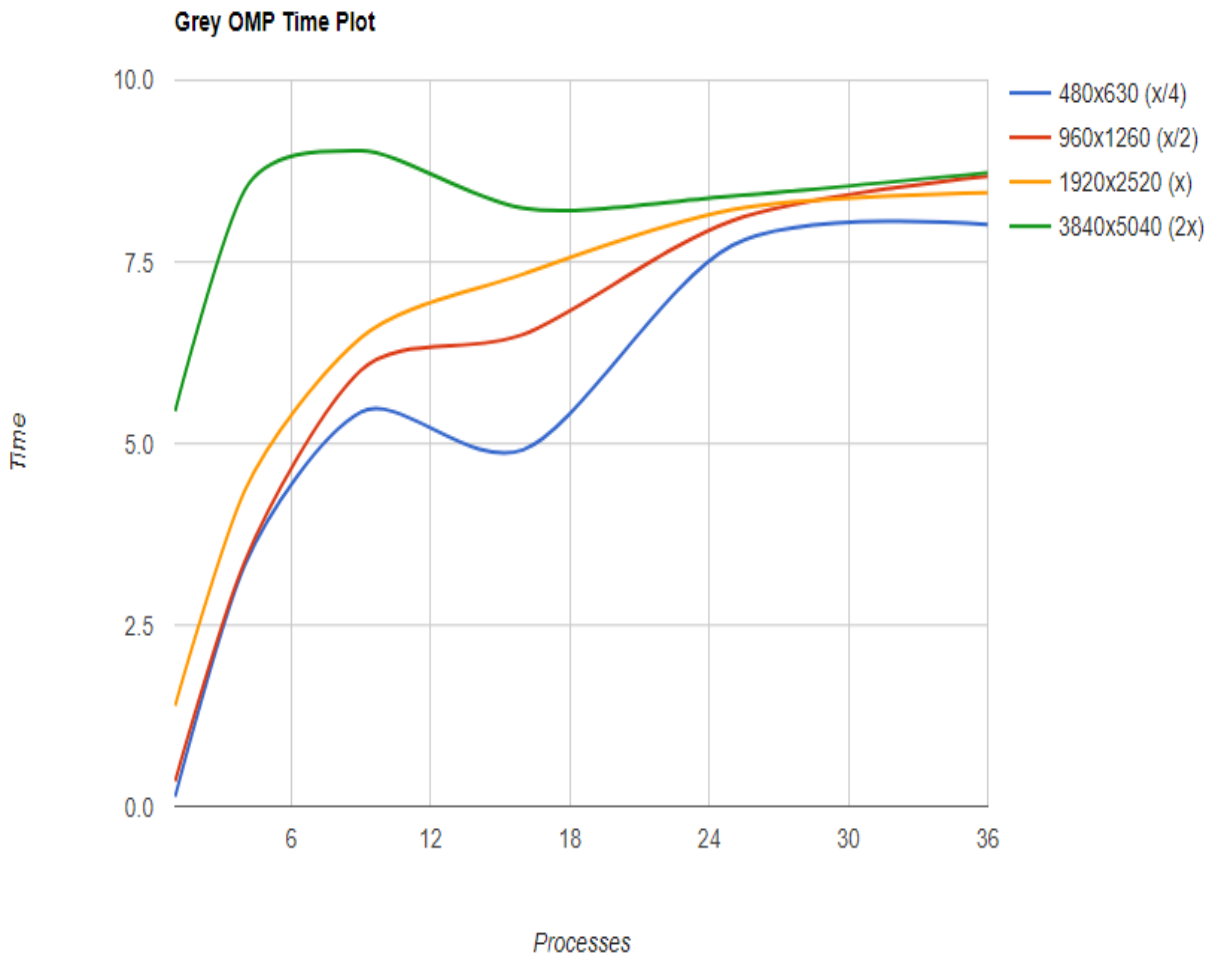


- MPI_OMP

Χρόνος

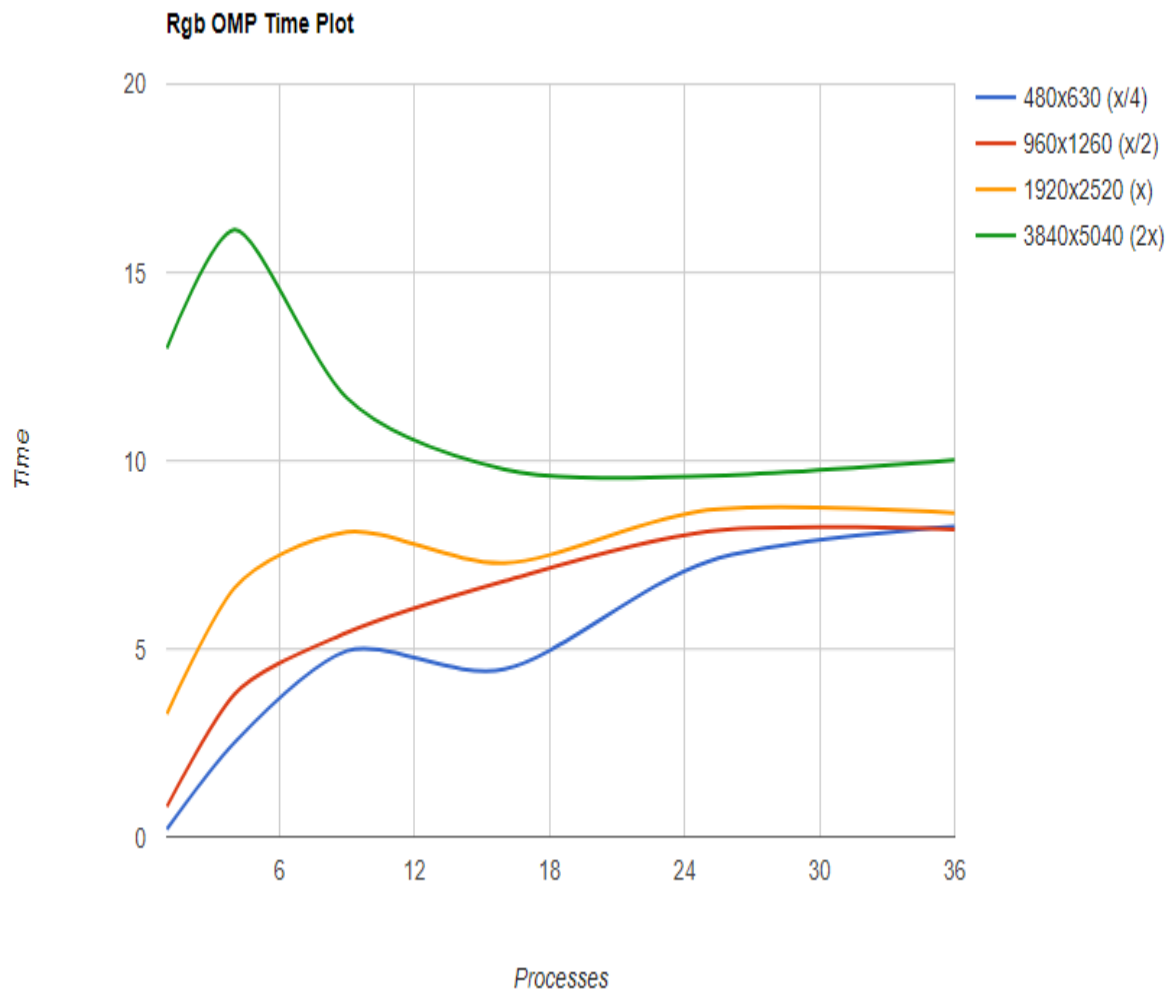
Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	0.138942	3.323836	5.431641	4.914147	7.728209	8.012187
960x1260 (x/2)	0.351628	3.37982	6.007672	6.502624	8.069629	8.681317
1920x2520 (x)	1.390546	4.351928	6.455448	7.334234	8.22065	8.454956
3840x5040 (2x)	5.44688	8.489233	9.031754	8.241346	8.408756	8.72923

GREY (waterfall_grey_1920_2520.raw)



Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	0.213221	2.514711	4.951478	4.465852	7.315666	8.251826
960x1260 (x/2)	0.815408	3.795907	5.436786	6.807812	8.124935	8.180825
1920x2520 (x)	3.278123	6.618776	8.109272	7.288883	8.687506	8.611541
3840x5040 (2x)	12.985767	16.1346	11.667648	9.766656	9.598202	10.016867

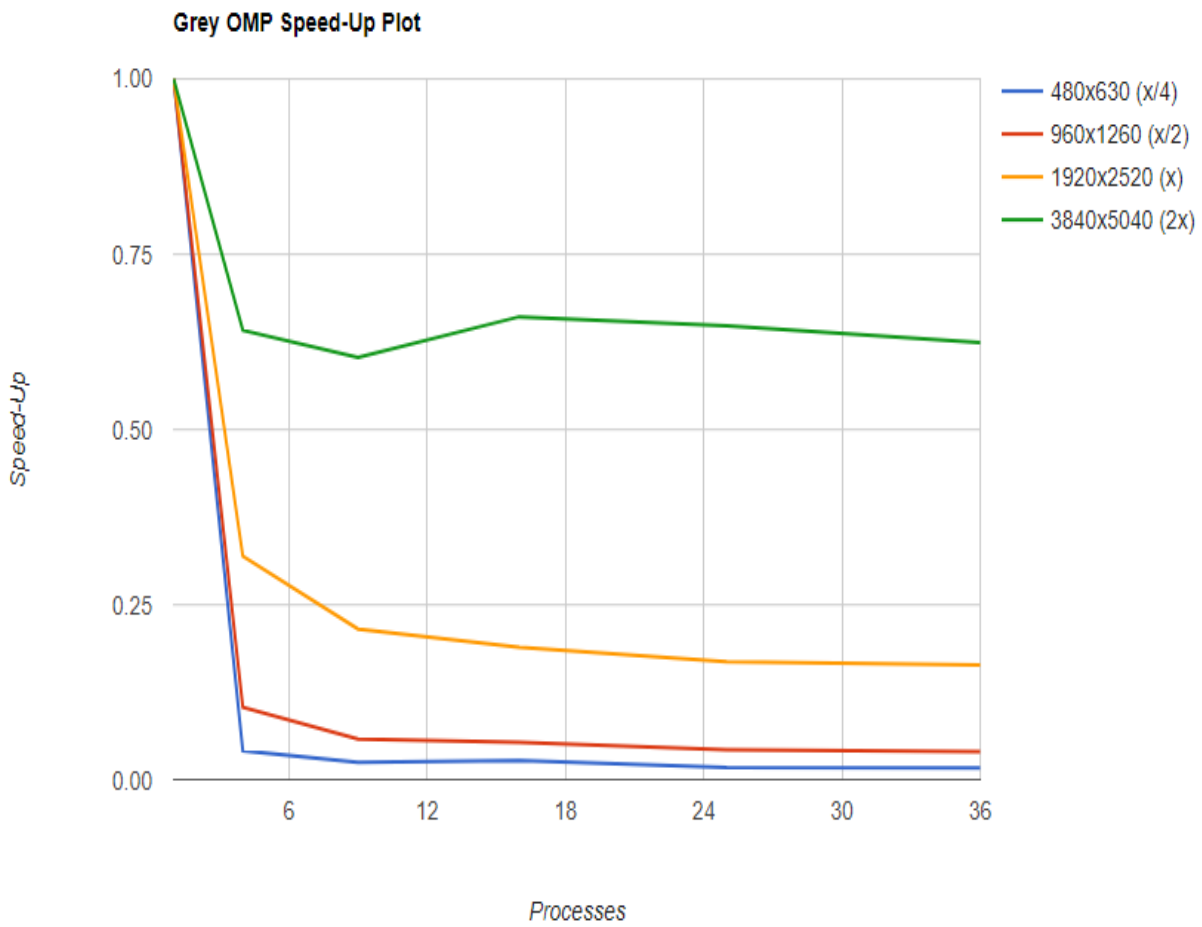
RGB (waterfall_1920_2520.raw)



Επιτάχυνση

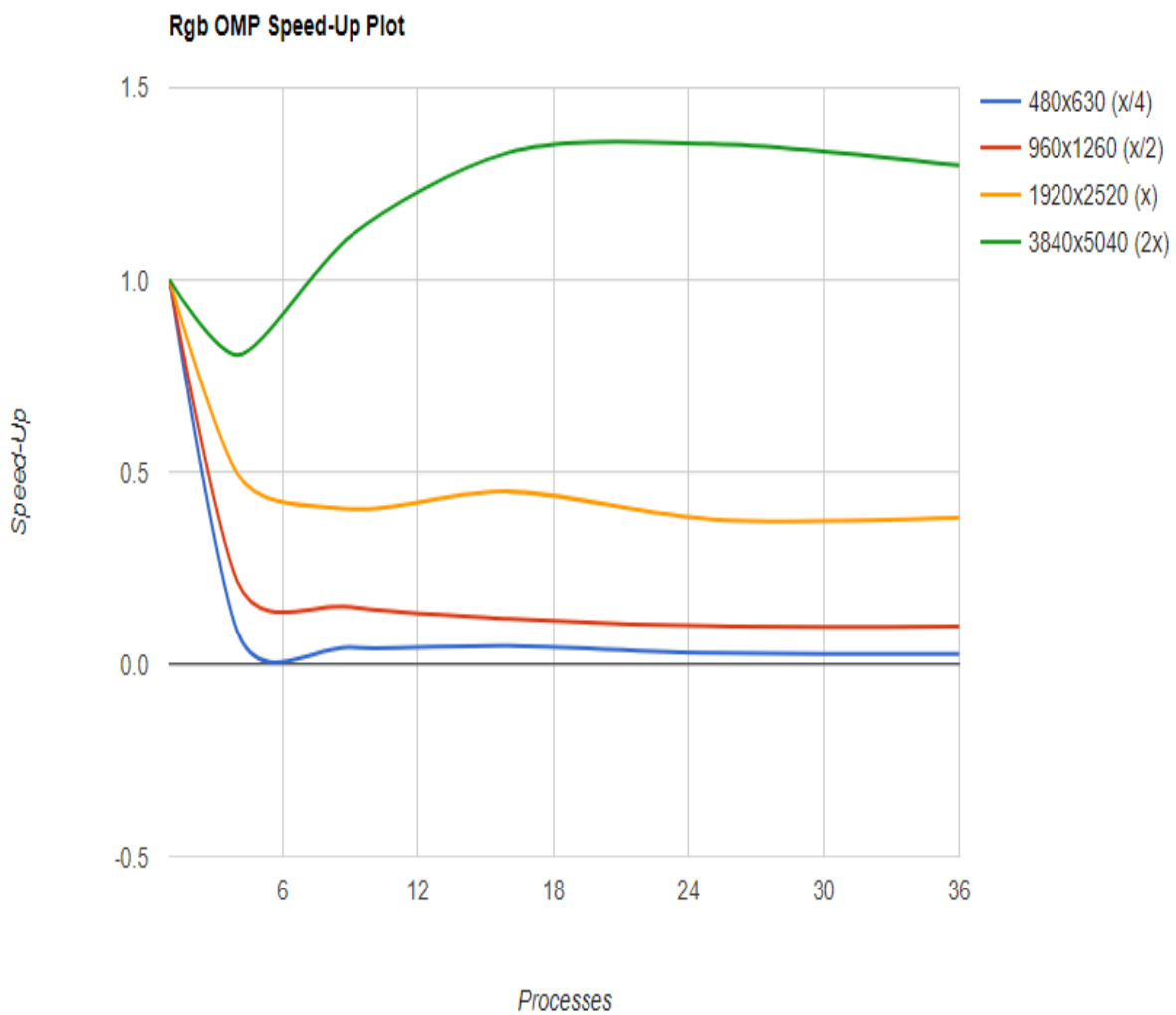
Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	1	0.041802	0.025581	0.028274	0.017979	0.017342
960x1260 (x/2)	1	0.104038	0.05853	0.054075	0.043575	0.040504
1920x2520 (x)	1	0.319525	0.215407	0.189597	0.169153	0.164466
3840x5040 (2x)	1	0.641623	0.603082	0.660922	0.647763	0.623982

GREY (waterfall_grey_1920_2520.raw)



Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	1	0.08479	0.043063	0.047745	0.029146	0.02584
960x1260 (x/2)	1	0.214813	0.14998	0.119776	0.100359	0.099674
1920x2520 (x)	1	0.495277	0.404244	0.449743	0.377338	0.380667
3840x5040 (2x)	1	0.80484	1.112973	1.329603	1.352938	1.296391

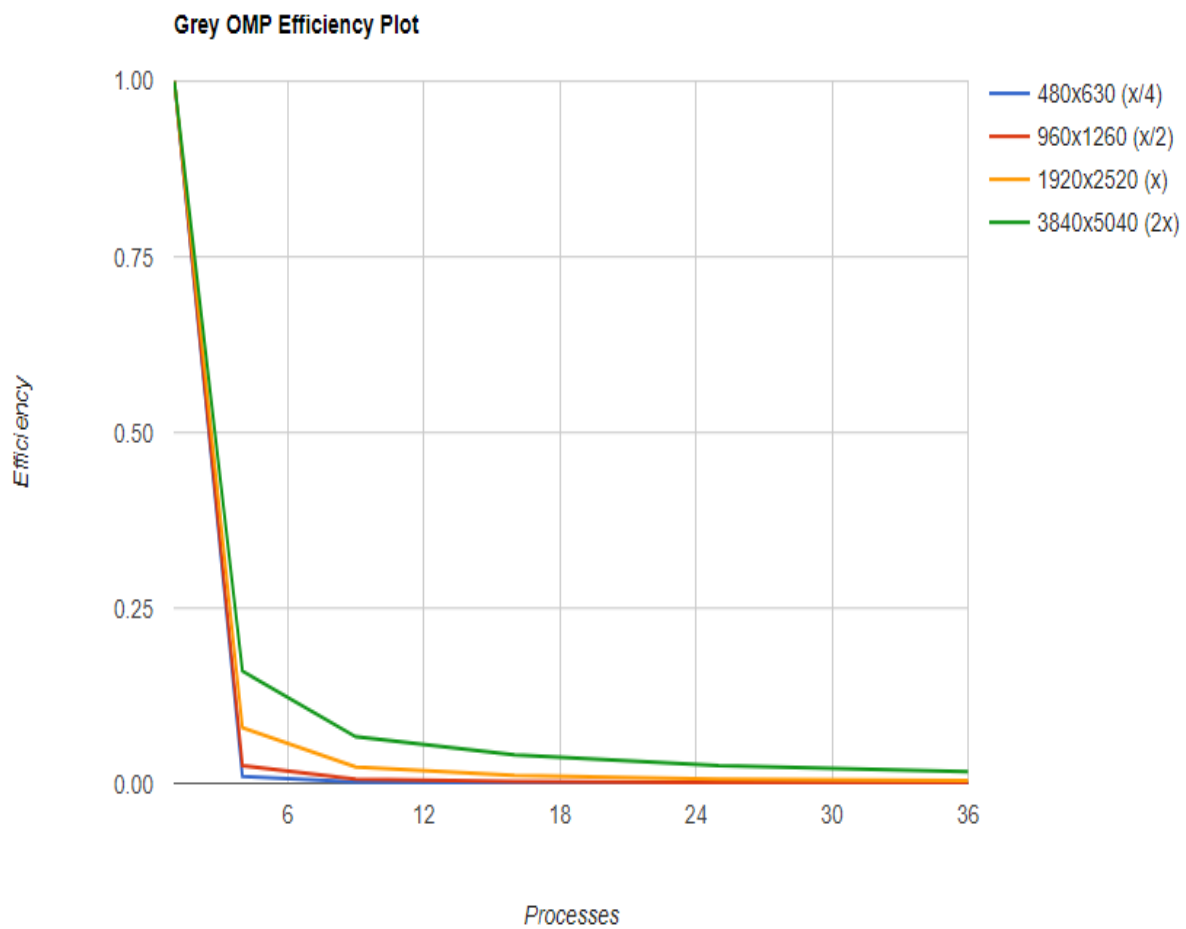
RGB (waterfall_1920_2520.raw)



Απόδοση

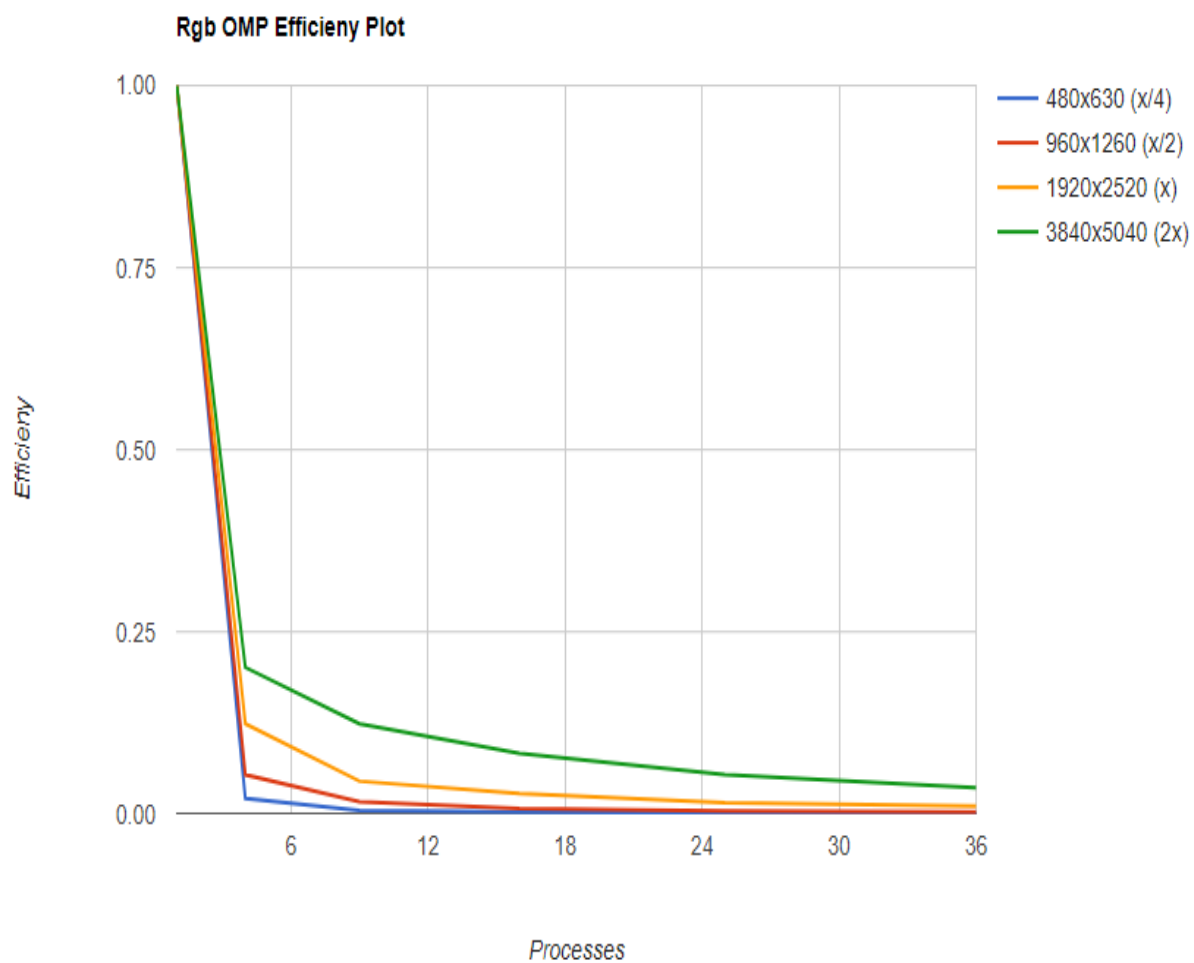
Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	1	0.010451	0.002843	0.001768	0.00072	0.000482
960x1260 (x/2)	1	0.02601	0.006504	0.00338	0.001743	0.001126
1920x2520 (x)	1	0.079882	0.023935	0.01185	0.006767	0.004569
3840x5040 (2x)	1	0.160406	0.06701	0.041308	0.025911	0.017333

GREY (waterfall_grey_1920_2520.raw)



Resolution/Processes	1	4	9	16	25	36
480x630 (x/4)	1	0.021198	0.004785	0.002985	0.001166	0.000718
960x1260 (x/2)	1	0.053704	0.016665	0.007486	0.004015	0.002769
1920x2520 (x)	1	0.12382	0.044916	0.028109	0.015094	0.010575
3840x5040 (2x)	1	0.20121	0.123664	0.083101	0.054118	0.036011

RGB (waterfall_1920_2520.raw)



Αποτελέσματα επεξεργασίας εικόνων

- GREY



GREY Original (waterfall_grey_1920_2520.raw)



GREY 50 iterations (Filtered_waterfall_grey_1920_2520.raw)

- RGB



RGB Original (waterfall_1920_2520.raw)



RGB 50 iterations (Filtered_waterfall_1920_2520.raw)

Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα είναι προφανές ότι ενδείκνυται η χρήση παράλληλου κώδικα για το πρόβλημα της συνέλιξης. Με την χρήση τόσο MPI όσο και του MPI/OMP, οι χρόνοι μειώθηκαν δραματικά σε σχέση με τη χρήση ενός μονοπύρηνου συστήματος.

Επίσης φαίνεται ότι σε μικρά μεγέθη φωτογραφίας αρκούν λίγες διεργασίες γιατί όσο μεγαλώνει ο αριθμός τους, αυξάνει το κόστος κατασκευής τους, αυτό ισχύει τόσο για MPI όσο και για MPI/OMP. Επιπρόσθετο πρόβλημα εμφανίζεται, κατά την χρήση πολλών διεργασιών, όπου υπάρχει καθυστέρηση στην μεταξύ τους επικοινωνία, και παρατηρείται ένα κάτω φράγμα στον χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος.

Κατά την χρήση MPI/OMP παρατηρούμε, από τις παραπάνω μετρήσεις, ότι υπάρχει σημαντική μείωση του επεξεργαστικού χρόνου, ειδικότερα στο ένα process. Ωστόσο σε πολλά μηχανήματα δεν λειτούργησε αποδοτικά, πράγμα το οποίο δεν ήταν αναμενόμενο. Αίτια του παραπάνω συμπεράσματος, πιστεύουμε πως είναι ο αυξημένος φόρτος στα μηχανήματα της σχολής, καθώς οι μετρήσεις συν έπεσαν με ημερομηνίες λήξης πολλών διοριών εργασιών, από διάφορα προγραμματιστικά μαθήματα.