# ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΡΓΑΡΙΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
Αρχοντής-Εμμανουήλ Κωστής | ics21044

*ΕΡΓΑΣΙΑ 3*
*Ανάλυση Χρόνου Εκτέλεσης*

Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων, εκτελέσαμε κάθε πρόγραμμα 10 φορές στο ίδιο σύστημα. Τόσο η ακολουθιακή όσο και η παράλληλη έκδοση εκτελέστηκαν υπό όσο το δυνατόν πιο πανομοιότυπες συνθήκες. Στην συνέχεια καταγράφηκαν οι χρόνοι εκτέλεσης για κάθε υλοποίηση και υπολογίστηκαν οι αντίστοιχοι μέσοι χρόνοι.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που κάναμε σχετικά με την επιτάχυνση των προγραμμάτων χρησιμοποιώντας παράλληλη εκτέλεση αναμέναμε ότι οι παράλληλες εκδόσεις να τρέξουν 4 φορές πιο γρήγορα από ότι η ακολουθιακή. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται στο πλήθος των Threads που χρησιμοποιούμε και στην εξειδανικευμένη υπόθεση ότι ο φόρτος εργασίας κατανέμεται τέλεια μεταξύ των νημάτων και δεν υπάρχει overhead που να σχετίζεται με την παράλληλη επεξεργασία. Όταν το πετυχαίνουμε αυτό ονομάζεται γραμμική επιτάχυνση, αλλά πρακτικά στα προγράμματα μας είναι σχεδόν απίθανο να πετύχουμε τέτοιου τύπου επιτάχυνση καθώς η δημιουργία και διαχείριση των νημάτων θα επιφέρει σίγουρα κάποιες καθυστερήσεις (overhead), κάτι που φαίνεται και στα παρακάτω πειράματα.

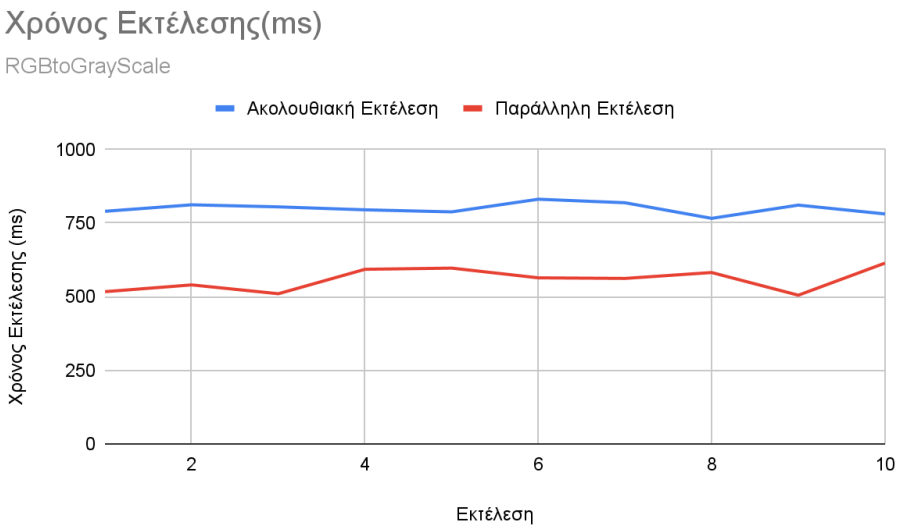
**Πρόγραμμα `RGBtoGrayScale`:**
Μέγεθος Εικόνας: 1000 x 1000 pixels
Χρόνος επεξεργασίας 1 pixel = 1ms
Πλήθος Threads = 4

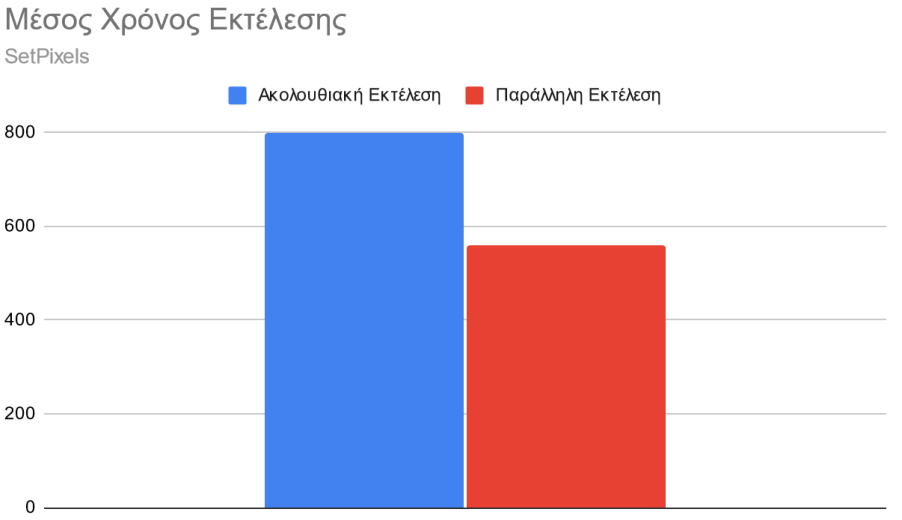
| A/A | Χρόνος Εκτέλεσης Ακολουθιακά (ms) | Χρόνος Εκτέλεσης Παραλληλα (ms) |
|---|---|---|
| 1 | 790 | 517 |
| 2 | 812 | 540 |
| 3 | 805 | 510 |
| 4 | 795 | 593 |
| 5 | 788 | 597 |
| 6 | 831 | 564 |
| 7 | 819 | 562 |
| 8 | 766 | 582 |
| 9 | 811 | 505 |
| 10 | 781 | 614 |
| **Μ.Ο.** | **799,8** | **558,4** |

Με βάση τον χρόνο εκτέλεσης των πειραμάτων βλέπουμε ότι κατα μέσο όρο η ακολουθιακή έκδοση του προγράμματος είχε χρόνο εκτέλεσης ≈800 ms, ενώ η ταυτόχρονη έκδοση του προγράμματος είχε χρόνο εκτέλεσης ≈557 ms. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση του προγράμματος που είναι ίση με:

$$\text{Επιτάχυνση} = \frac{\text{Μ.Ο. Ακολουθιακής Εκτέλεσης}}{\text{Μ.Ο. Παράλληλης Εκτέλεσης}} = \frac{800}{557} = 1,436ms$$

Παρατηρούμε πως οι πειραματικοί χρόνοι εκτέλεσης είναι μικρότεροι από τη θεωρητική εκτίμηση κάτι που υποδηλώνει ότι ο θεωρητικός χρόνος επεξεργασίας του 1ms που επιλέξαμε για τους υπολογισμούς μας μάλλον είναι μεγάλος. Όσον αφορά την επιτάχυνση βλέπουμε ότι η πραγματική επιτάχυνση είναι χαμηλότερη από τη θεωρητική κάτι όπως αναφέραμε είναι αναμενόμενο λόγω του overhead που εισάγεται από την παράλληλη επεξεργασία. Παρακάτω ακολουθούν κάποια γραφήματα που συγκρίνουν τους πραγματικούς χρόνους εκτέλεσης της ακολουθιακής και παράλληλης έκδοσης:



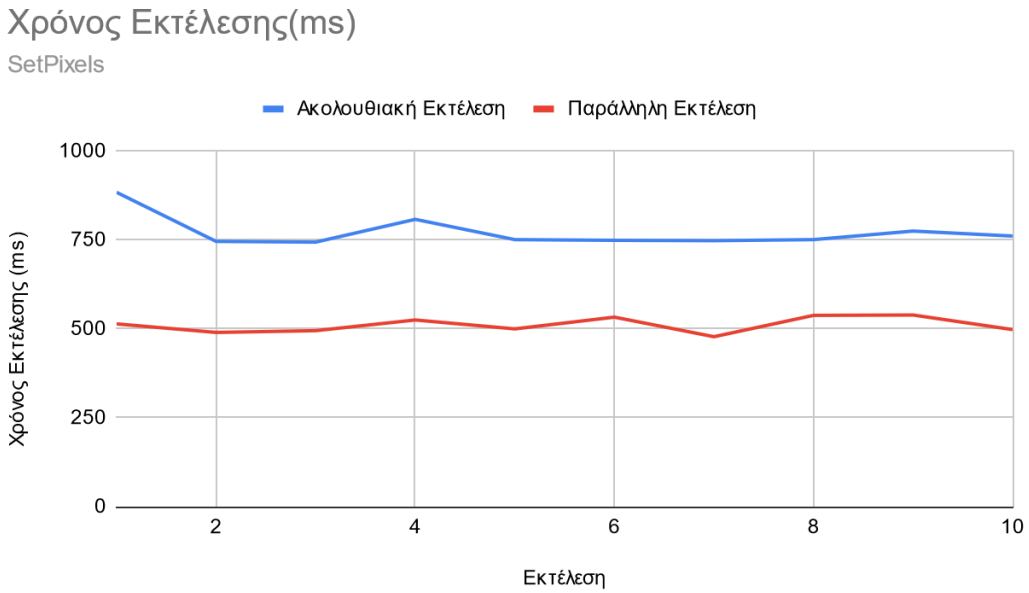
**Πρόγραμμα `SetPixels`:**
Μέγεθος Εικόνας: 1000 x 1000 pixels
Χρόνος επεξεργασίας 1 pixel = 1ms
Πλήθος Threads = 4

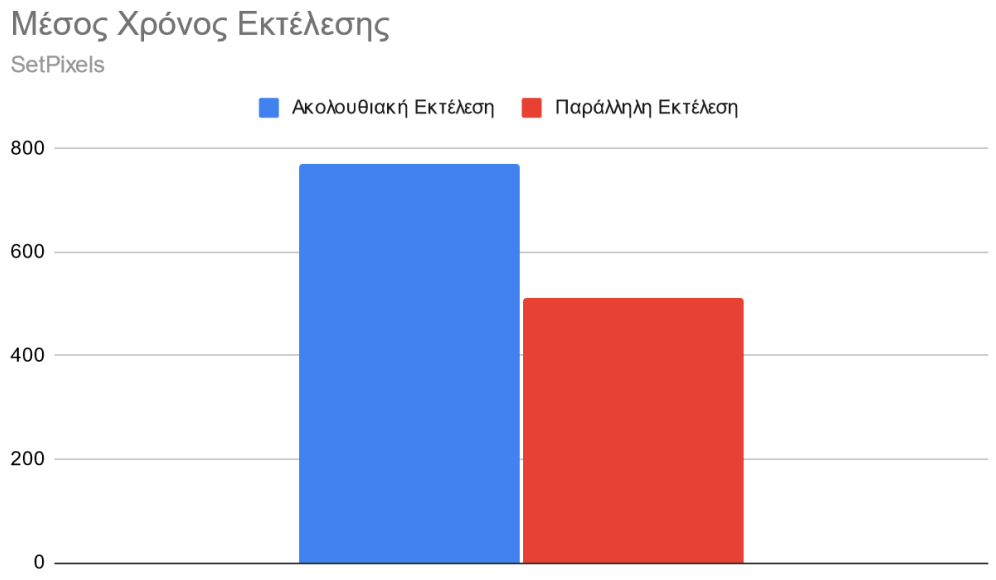
| A/A | Χρόνος Εκτέλεσης Ακολουθιακά (ms) | Χρόνος Εκτέλεσης Παραλληλα (ms) |
|---|---|---|
| 1 | 884 | 514 |
| 2 | 746 | 490 |
| 3 | 744 | 495 |
| 4 | 808 | 525 |
| 5 | 751 | 500 |
| 6 | 749 | 533 |
| 7 | 748 | 478 |
| 8 | 751 | 538 |
| 9 | 775 | 539 |
| 10 | 761 | 498 |
| **ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ** | **771,7** | **511** |

Με βάση τον χρόνο εκτέλεσης των πειραμάτων βλέπουμε ότι κατα μέσο όρο η ακολουθιακή έκδοση του προγράμματος είχε χρόνο εκτέλεσης ≈772 ms, ενώ η ταυτόχρονη έκδοση του προγράμματος είχε χρόνο εκτέλεσης ≈511 ms. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση του προγράμματος που είναι ίση με:

$$\text{Επιτάχυνση} = \frac{\text{Μ.Ο. Ακολουθιακής Εκτέλεσης}}{\text{Μ.Ο. Παράλληλης Εκτέλεσης}} = \frac{722}{511} = 1,41ms$$

Βλέπουμε ότι το πρόγραμμα είναι 1.4 φορές πιο γρήγορο χρησιμοποιώντας παράλληλο προγραμματισμό. Σύμφωνα με τα πειράματα παρατηρούμε πως ενώ ο χρόνος εκτέλεσης του παράλληλου προγράμματος είναι πιο γρήγορος, δεν συνάδει με την εκτιμώμενη επιτάχυνση που υπολογίσαμε (4) και οι πειραματικοί χρόνοι εκτέλεσης είναι μικρότεροι από τη θεωρητική εκτίμηση. Αυτή η απόκλιση υποδηλώνει ότι ο θεωρητικός χρόνος επεξεργασίας του 1 ms που επιλέξαμε για τους υπολογισμούς μας μπορεί να είναι μεγάλος (όπως και πριν).
Όσον αφορά την επιτάχυνση και εδώ παρατηρούμε ότι η πραγματική είναι χαμηλότερη από τη θεωρητικη. Αυτό, όπως αναφέραμε και πρίν θα μπορούσε να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως το overhead που εισάγεται από τη δημιουργία νημάτων ή το context switch του ΛΣ. Όπως είπαμε η θεωρητική επιτάχυνση οτι το παράλληλο πρόγραμμα είναι κατά 4 φορές πιο γρήγορο από το ακολουθιακό πρόγραμμα βασίζεται σε μια εξιδανικευμένη υπόθεση ότι ο φόρτος εργασίας κατανέμεται τέλεια μεταξύ των νημάτων και δεν υπάρχει overhead. Ακόμη αξίζει να αναφερθεί ότι παρόλο που τα νήματα επεξεργάζονται ίσα κομμάτια (chunks), μικρές διαφορές στους χρόνους επεξεργασίας των pixels μπορεί να οδηγήσουν σε ανισορροπία του φόρτου εργασίας, κάτι που μπορεί να εισάγει επιπλέον καθυστερήσεις. Παρακάτω ακολουθούν κάποια γραφήματα που συγκρίνουν τους πραγματικούς χρόνους εκτέλεσης της ακολουθιακής και παράλληλης έκδοσης:




---

**Πρόγραμμα `SimpleSat`:**
Συνολικό Μέγεθος Κυκλώματος = 28
Χρόνος Ανάλυσης Κυκλώματος = 1ms
Πλήθος Threads: 4

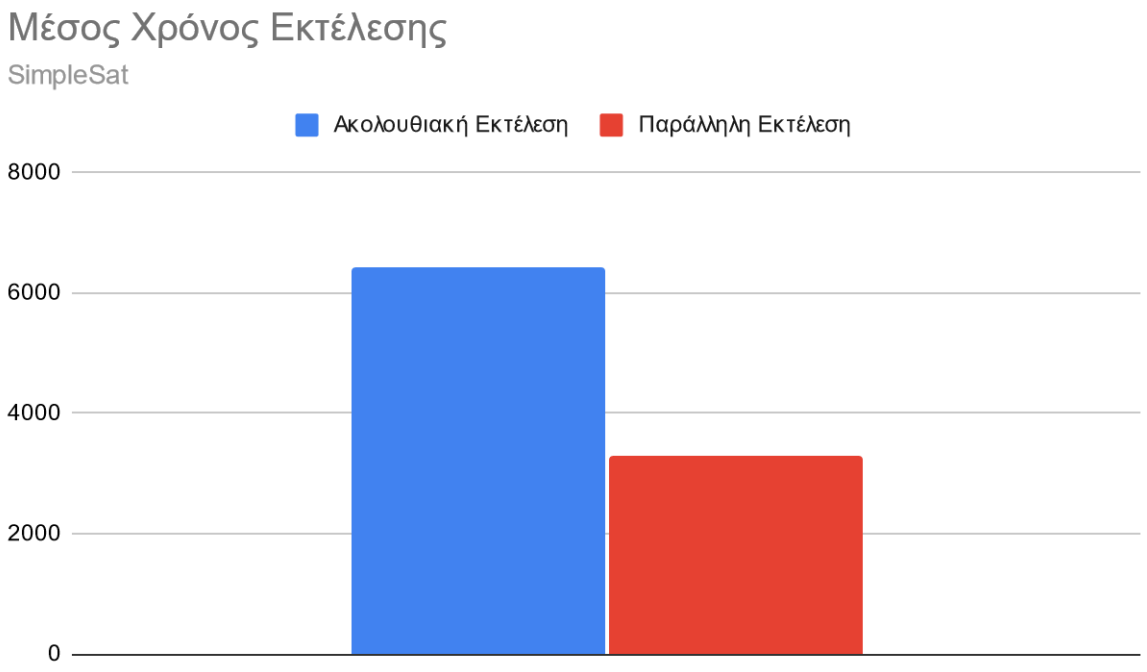
| A/A | Χρόνος Εκτέλεσης Ακολουθιακά (ms) | Χρόνος Εκτέλεσης Παραλληλα (ms) |
|---|---|---|
| 1 | 6290 | 3504 |
| 2 | 6589 | 3373 |
| 3 | 6107 | 3339 |
| 4 | 6924 | 3213 |
| 5 | 6377 | 2965 |
| 6 | 6452 | 3325 |

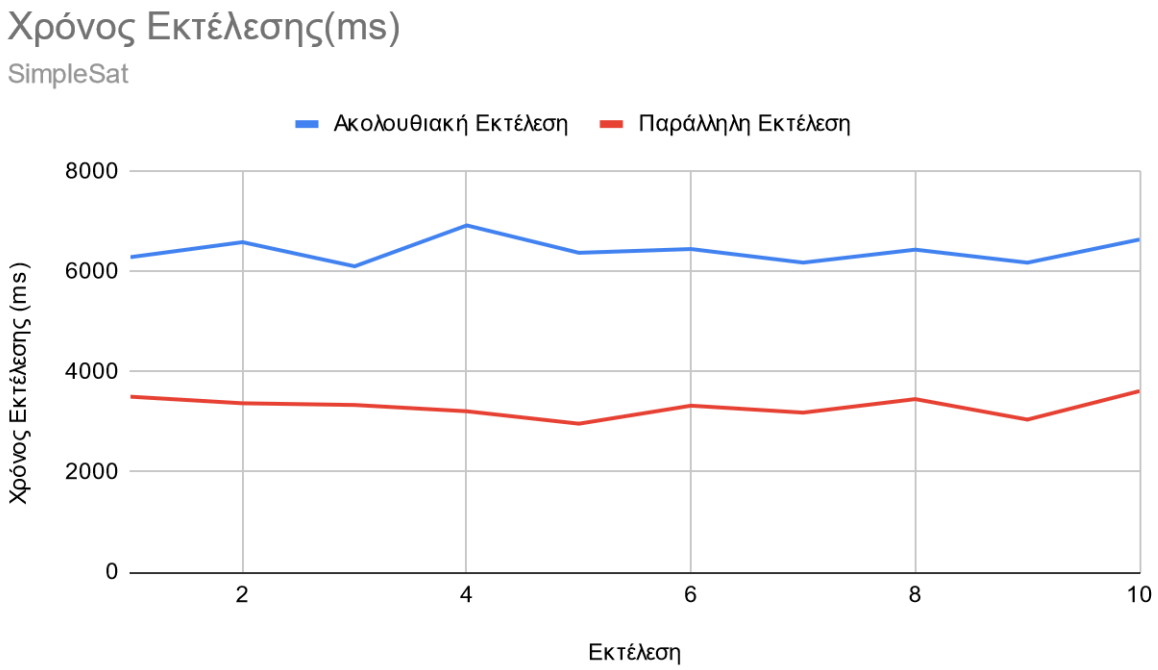
| | | |
|---|---|---|
| 7 | 6181 | 3186 |
| 8 | 6440 | 3456 |
| 9 | 6180 | 3047 |
| 10 | 6642 | 3616 |
| **ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ** | **6418,2** | **3302,4** |

Με βάση τον χρόνο εκτέλεσης των πειραμάτων βλέπουμε ότι κατα μέσο όρο η ακολουθιακή έκδοση του προγράμματος είχε χρόνο εκτέλεσης ≈6.218 ms, ενώ η ταυτόχρονη έκδοση του προγράμματος είχε χρόνο εκτέλεσης ≈3.302 ms. Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση του προγράμματος που είναι ίση με:

$$\text{Επιτάχυνση} = \frac{\text{Μ.Ο. Ακολουθιακής Εκτέλεσης}}{\text{Μ.Ο. Παράλληλης Εκτέλεσης}} = \frac{6418}{3302} = 1,94$$

Όπως και στα προηγούμενα πειράματα, το πρόγραμμα SimpleSat παρουσιάζει επιτάχυνση που είναι μικρότερη από το θεωρητικό 4, υποδεικνύοντας και εδώ την παρουσία overhead. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η δημιουργία και διαχείριση νημάτων εισάγει επιβάρυνση που μπορεί να μειώσει την πραγματική επιτάχυνση.




Χρόνος Εκτέλεσης(ms)
SimpleSat
Ακολουθιακή Εκτέλεση
Παράλληλη Εκτέλεση
8000
6000
4000
2000
0
Χρόνος Εκτέλεσης (ms)
2
4
6
8
10
Εκτέλεση