

II. Ακολουθιακό Πρόγραμμα

Αρχικά, το ακολουθιακό πρόβλημα τρέχει για 0.875 δευτερόλεπτα για το μέγεθος πίνακα 840x840. Μεταφέροντας το σώμα της συνάρτησης `one_jacobi_iteration` στο εσωτερικό του βρόχου `while`, και μεταφέροντας τον υπολογισμό των `cx`, `cy`, `cs` ακριβώς έξω από αυτόν, παίρνουμε χρόνο 0.838 δευτερολέπτων. Άλλος περιττός επαναυπολογισμός είναι αυτός των fX^2 , fY^2 και f . Η βελτιστοποίηση που επιλέξαμε ήταν η εξής: κρατήσαμε τα fX^2 και fY^2 σε δύο διανύσματα μήκους `1xn` και `1xm` αντίστοιχα. Ιδανικά, θα θέλαμε να κρατούσαμε το f για κάθε θέση του `nxm` πίνακα, όμως αυτό είναι ασύμφορο από πλευράς μνήμης, αφού χρειάζεται ένας ακόμη `nxm` πίνακας και αυτό είναι αδύνατον να συμβεί για το μεγαλύτερο μέγεθος προβλήματος. Μόνο με τα δύο διανύσματα αυτά πετυχαίνουμε και πάλι εξαιρετική μείωση στην απόδοση. Η αρχικοποίησή τους και η πρώτη επανάληψη της Jacobi SOR γίνονται ταυτόχρονα. Κατόπιν, ο βρόχος `while` κάνει 39 επαναλήψεις, στις οποίες χρησιμοποιούνται τα στοιχεία από τα διανύσματα `fXsquared` και `fYsquared`.

Οι χρόνοι για όλα τα μεγέθη προβλήματος ακολουθούν:

Μέγεθος Προβλήματος	Χρόνος
840x840	0.486 sec
1680x1680	1.802 sec
3360x3360	7.064 sec
6720x6720	28.085 sec
13440x13440	112.305 sec
26880x26880	449.683 sec

Δοκιμάσαμε ο υπολογισμός της f να μην ανατίθεται σε ενδιάμεση μεταβλητή, και αντί αυτού να γίνεται μέσα στον υπολογισμό της `updateVal`. Για το μικρότερο μέγεθος πίνακα είχαμε αύξηση από τα 0.486 στα 0.504 δευτερόλεπτα, επομένως δεν συνεχίσαμε τις μετρήσεις για τα μεγαλύτερα μεγέθη και απορρίψαμε την αλλαγή.

III. Σχεδιασμός MPI Παραλληλοποίησης

IV. Βελτιστοποίηση MPI Κώδικα

V. Μετρήσεις MPI Κώδικα

A) Με την MPI_Allreduce ενεργοποιημένη

1) Μέγεθος προβλήματος: 840x840

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(msec)	132	71	55	64	90	71	52	87
Challenge(msec)	222	119	104	97	97	111	108	108

2) Μέγεθος προβλήματος: 1680x1680

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(msec)	513	241	162	128	120	95	80	116
Challenge(msec)	865	422	279	217	219	221	218	326

3) Μέγεθος προβλήματος: 3360x3360

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(sec, msec)	1,989	1,179	0,926	0,560	0,423	0,257	0,194	0,190
Challenge(sec)	3,413	1,631	1,054	0,762	0,596	0,543	0,503	0,505

4) Μέγεθος προβλήματος: 6720x6720

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(sec, msec)	7,838	4,656	3,549	2,168	1,640	1,153	0,956	0,801
Challenge(sec)	13,580	6,398	4,033	2,796	2,265	2,002	1,768	1,614

5) Μέγεθος προβλήματος: 13440x13440

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(sec, msec)	31,204	18,430	14,023	8,428	6,308	4,356	3,597	2,897
Challenge(sec)	54,220	25,418	15,840	10,841	8,570	7,593	6,650	5,913

6) Μέγεθος προβλήματος: 26880x26880

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(sec, msec)	126,594	73,795	55,917	33,360	24,914	17,192	14,083	11,314
Challenge(sec)	216,962	101,604	63,314	42,723	33,665	29,507	25,767	22,914

Η επιτάχυνση και η αποδοτικότητα του προγράμματος με την εντολή Allreduce ενεργοποιημένη για όλα τα μεγέθη προβλήματος, έχει ως εξής:

Επιτάχυνση								
# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Problem Size								
840x840	3,68	6,84	8,83	7,59	5,4	6,84	9,34	5,58
1680x1680	3,51	7,47	11,12	14,07	15,01	18,96	22,50	15,53
3360x3360	3,55	5,99	7,62	12,61	16,69	27,48	36,41	37,17
6720x6720	3,58	6,03	7,91	12,95	17,12	24,35	29,37	35,06
13440x13440	3,59	6,09	8,00	13,32	17,80	25,78	31,22	38,76
26880x26880	3,55	6,09	8,04	13,47	18,04	26,15	31,93	39,74

Αποδοτικότητα								
# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Problem Size								
840x840	0,92	0,76	0,55	0,30	0,15	0,13	0,14	0,06
1680x1680	0,87	0,83	0,69	0,56	0,41	0,38	0,35	0,19
3360x3360	0,88	0,66	0,47	0,50	0,46	0,56	0,56	0,46
6720x6720	0,89	0,67	0,49	0,51	0,47	0,49	0,45	0,43
13440x13440	0,89	0,67	0,50	0,53	0,49	0,52	0,48	0,48
26880x26880	0,88	0,67	0,50	0,53	0,50	0,53	0,49	0,49

Το πρόγραμμα δεν κλιμακώνει. Ας πάρουμε το εξής παράδειγμα: Για 4 διεργασίες και για μέγεθος προβλήματος 3360x3360, έχουμε αποδοτικότητα ίση με 0,88. Διπλασιάζοντας την πλευρά του τετραγώνου, τετραπλασιάζουμε το μέγεθος του προβλήματος, άρα το μέγεθος 6720x6720 είναι 4 φορές μεγαλύτερο από το προηγούμενο. Τετραπλασιάζοντας και τον αριθμό των διεργασιών, παρατηρούμε ότι η απόδοση πέφτει στο 0,49. Όμως, για μέγεθος προβλήματος 13440x13440 και 64 διεργασίες, παρατηρούμε ότι η αποδοτικότητα παρουσιάζει σχεδόν αμελητέα πτώση, πηγαίνοντας στο 0,48. Επομένως, παρατηρούμε κάποιο weak scaling για μεγαλύτερα μεγέθη προβλήματος και περισσότερες διεργασίες, αλλά για τα περισσότερα μεγέθη προβλήματος, ο τετραπλασιασμός των διεργασιών δεν διατηρεί την απόδοση σε σταθερά επίπεδα. Ένα ακόμη παράδειγμα προς αυτή την κατεύθυνση είναι η πτώση της απόδοσης από 0,92 σε 0,69 από 4 διεργασίες για 840x840 σε 16 διεργασίες για 1680x1680.

B) Με την MPI_Allreduce απενεργοποιημένη

1) Μέγεθος προβλήματος: 840x840

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(msec)	122	63	54	55	51	42	42	61
Challenge(msec)	222	119	104	97	97	111	108	108

2) Μέγεθος προβλήματος: 1680x1680

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(msec)	502	231	144	101	91	79	64	75
Challenge(msec)	865	422	279	217	219	221	218	326

3) Μέγεθος προβλήματος: 3360x3360

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(sec, msec)	1,982	1,127	0,885	0,522	0,378	0,214	0,154	0,147
Challenge(sec)	3,413	1,631	1,054	0,762	0,596	0,543	0,503	0,505

4) Μέγεθος προβλήματος: 6720x6720

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(sec, msec)	7,830	4,567	3,526	2,115	1,597	1,083	0,888	0,716
Challenge(sec)	13,580	6,398	4,033	2,796	2,265	2,002	1,768	1,614

5) Μέγεθος προβλήματος: 13440x13440

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(sec, msec)	31,190	17,513	14,000	8,410	6,253	4,282	3,523	2,834
Challenge(sec)	54,220	25,418	15,840	10,841	8,570	7,593	6,650	5,913

6) Μέγεθος προβλήματος: 26880x26880

# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Time(sec, msec)	126,513	71,254	55,762	33,300	24,796	16,922	13,955	11,168
Challenge(sec)	216,962	101,604	63,314	42,723	33,665	29,507	25,767	22,914

Η επιτάχυνση και η αποδοτικότητα του προγράμματος με την εντολή Allreduce απενεργοποιημένη για όλα τα μεγέθη προβλήματος, έχει ως εξής:

Επιτάχυνση								
# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Problem Size								
840x840	3,98	7,71	9,00	8,83	9,52	11,57	11,57	8,10
1680x1680	3,58	7,80	12,51	17,84	19,80	22,81	28,15	24,02
3360x3360	3,56	6,26	7,98	13,53	18,68	33,00	45,87	48,05
6720x6720	3,58	6,14	7,96	13,27	17,58	25,93	31,62	54,78
13440x13440	3,60	6,41	8,02	13,35	17,96	26,22	31,87	39,62
26880x26880	3,55	6,31	8,06	13,50	18,13	26,57	32,22	40,26

Αποδοτικότητα								
# Proc.	4	9	16	25	36	49	64	80
Problem Size								
840x840	0,99	0,85	0,56	8,83				
1680x1680	0,89	0,86	0,78	17,84				
3360x3360	0,89	6,26	0,49	13,53				
6720x6720	0,89	0,69	0,49	13,27				
13440x13440	0,90	0,71	0,50	13,35				
26880x26880	0,88	0,70	0,50	13,50				