Παράλληλα συστήματα - Χειμερινό ‘22

Εργασία 2/11-1-2022

Ομάδα:

sdi2000064 Κωνσταντίνος Κανελλάκης

sdi2000212 Μιχάλης Χατζησπύρου

Ο κώδικας αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε στο υπολογιστικό σύστημα linux. Τα scripts της bash επίσης έτρεξαν στα μηχανήματα λινουξ της σχολής ωστόσο τα python scripts έτρεξαν σε προσωπικό υπολογιστή με έδοση 3.6.13 όπου εγκαταστήθηκαν και οι απαιτούμενες βιβλιοθήκες. Να σημειωθεί ότι οι πίνακες και τα δεδομένα που παρουσιάζονται πιο πάνω μπορεί να παρουσιάσουν μερικές μικρές αλλοιώσεις σε σχέση με την θεωρία (αυτά που δηλαδή θα περιμέναμε να βγουν) καθώς στο μηχάνημα που τρέχαμε τα προγράμματα συχνά ήταν και άλλοι συνδεδεμένοι. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα με αριθμό 25 του οποίου τα χαρακτηριστηκά είναι τα εξής:

Operating system: VERSION="18.04.6 LTS (Bionic Beaver)"

Architecture: x86_64

CPU op-mode(s): 32-bit, 64-bit

CPU(s): 4

Thread(s) per core: 1

Core(s) per socket: 4

Socket(s): 1

Model name: Intel(R) Core(TM) i5-6500 CPU @ 3.20GHz

Cache line size: 64

Compiler version: gcc version 7.5.0

Άσκηση 2.1

Για τον υπολογισμό των βελών εντός του κύκλου αναπτύχθηκε μία συνάρτηση η οποία καλείται από την υλοποίηση με threads. Για τον υπολογισμό των τυχαίων μεταβλητών χρησιμοποιήσαμε τον δοσμένο κώδικα εξασφαλίζοντας ότι για κάθε thread το seed είναι διαφορετικό. Επίσης, κάναμε τις απαραίτητες μετατροπές για τον υπολογισμό τυχαίων αριθμών στο διάστημα (-1,1). Παρατηρήσαμε ότι η συνάρτηση my_drand στο αρχείο my_rand.c καθυστερούσε την εκτέλεση του προγράμματος οπότε την επιστρέψαμε στην αρχική της μορφή και πλέον διπλασιάζουμε την τιμή που επιστρέφει και αφαιρώντας 1 παίρνουμε έναν αριθμό στο διάστημα (-1,1).

Για τις πειραματικές τιμές της σειριακής υλοποίησης χρησιμοποιήσαμε αυτές που είχαμε υπολογίσει στην άσκηση 1.1 καθώς τα πειράματα καθυστερούσα αρκετά.

Για τον παράλληλο αλγόριθμο κάθε νήμα υπολογίζει με την βοήθεια της συνάρτησης υπολογισμού των βελών εντός του κύκλου ένα μέρος του συνολικού αθροίσματος το οποίο και προσθέτει στην global μεταβλητή arrows αν και μόνο αν κανένα άλλο νήμα δεν γράφει

σε αυτή. Αφού όλα τα νήματα τερματίσουν η συνάρτηση main κάνει τους υπολογισμούς για το π.

Για τον παράλληλο αλγόριθμο με OpenMP υλοποιήσαμε μία συνάρτηση η οποία υπολογίζει και επιστρέφει τον συνολικό αριθμό των βελών εντός του κύκλου. Το pragma omp parallel χωρίζει το workload στον αριθμό των thread που υποδεικνύει η μεταβλητή thread_count. Το pragma omp for διεκπεραιώνει τους υπολογισμούς για τα βέλη παράλληλα.

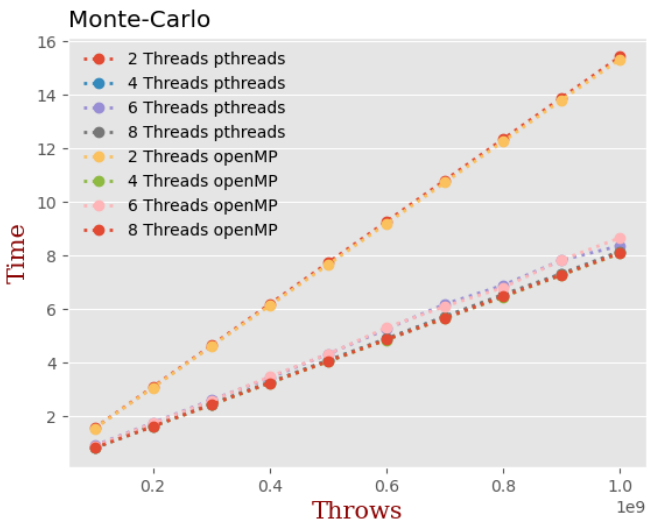
Για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων των δύο αλγορίθμων δημιουργήθηκαν δύο επιπλέον αρχεία. Το script.sh παίρνει ως ορίσματα τον αριθμό των ρίψεων και τον αριθμό των νημάτων από τον οποίο θα ξεκινήσει. Για κάθε αριθμό ρίψεων εκτελείται το πρόγραμμα 4 φορές και υπολογίζει τον μέσο όρο εκτέλεσης του προγράμματος. Στην συνέχεια αυξάνεται ο αριθμός των ρίψεων κατά τον αριθμό των ρίψεων που δόθηκαν ως όρισμα. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για 10 φορές και στη συνέχεια αυξάνεται ο αριθμός των νημάτων ανά 2 και εκτελείται όλη η προηγούμενη διαδικασία. Αυτό εκτελείται για 4 διαφορετικές τιμές νημάτων. Στη συνέχεια το παραγόμενο αρχείο “averages.txt”(στον φάκελο υπάρχουν τα αρχεία averages8 και averages9 τα οποία περιέχουν πειραματικές τιμές με εύρος 10^8-10^9 και 10^9-10^{10} αντίστοιχα για να εκτελέσετε το script plots.py σε περίπτωση που θέλετε) χρησιμοποιείται από το plots.py για την δημιουργία γραφικής παράστασης και πίνακα με τα δεδομένα όπως φαίνεται παρακάτω:

Για αριθμό ρίψεων 10^8 – 10^9 και 2,4,6,8 νήματα έχουμε:

	1.00E+08	2.00E+08	3.00E+08	4.00E+08	5.00E+08	6.00E+08	7.00E+08	8.00E+08	9.00E+08	1.00E+09
Serial	3.141474	3.141467	3.141497	3.1415	3.141535	3.141536	3.141526	3.141568	3.141561	3.141587
Pthreads										
2 Threads	3.141882	3.141784	3.141774	3.141691	3.141703	3.141662	3.14162	3.141606	3.141607	3.141597
4 Threads	3.141732	3.141844	3.141848	3.141726	3.141719	3.141712	3.141676	3.141657	3.14165	3.141667
6 Threads	3.141684	3.141627	3.141768	3.141789	3.141749	3.141696	3.141696	3.141691	3.141693	3.141651
8 Threads	3.141733	3.141743	3.141685	3.141768	3.141757	3.141806	3.141763	3.141714	3.141718	3.141702
OpenMP										
2 Threads	3.141855	3.141813	3.141764	3.141712	3.141678	3.141662	3.141649	3.141651	3.141655	3.141631
4 Threads	3.141771	3.141713	3.141757	3.141736	3.141691	3.141684	3.141658	3.14165	3.141633	3.14165
6 Threads	3.14167	3.141554	3.141591	3.141635	3.141645	3.141644	3.141648	3.141622	3.141606	3.141584
8 Threads	3.141748	3.141678	3.14158	3.141635	3.141676	3.141701	3.141686	3.141658	3.141665	3.141639

	1.00E+08	2.00E+08	3.00E+08	4.00E+08	5.00E+08	6.00E+08	7.00E+08	8.00E+08	9.00E+08	1.00E+09
Serial	4.107479	8.200755	12.29332	16.3885	20.47286	24.57439	28.67477	32.78002	36.90504	40.95253
Pthreads										
2 Threads	1.55262000	3.09494375	4.63859175	6.18147875	7.73150050	9.26727900	10.80573650	12.34853050	13.88801250	15.41961000
4 Threads	0.81890225	1.63227200	2.44788825	3.25441850	4.08363850	4.87687650	5.72231150	6.50262500	7.31217150	8.13026400
6 Threads	0.90115425	1.75295875	2.60119075	3.43547975	4.31843500	5.25427400	6.18137100	6.89073875	7.82654450	8.36329475
8 Threads	0.82328050	1.65295750	2.46267600	3.26659450	4.08239550	4.89833050	5.71887275	6.54701700	7.32342500	8.15615200
OpenMP										
2 Threads	1.53981375	3.06887200	4.60704025	6.12944300	7.65908475	9.18818700	10.72172000	12.25912400	13.80420175	15.32571575
4 Threads	0.81618175	1.61858275	2.42268000	3.23972625	4.04019375	4.85045050	5.64992050	6.45441875	7.26902875	8.07489450
6 Threads	0.87669275	1.73669100	2.57367325	3.47453025	4.31921750	5.30356375	6.10363125	6.80331425	7.83171875	8.66060700
8 Threads	0.81548250	1.61836375	2.43334750	3.24373425	4.04966475	4.85869575	5.66073475	6.47379925	7.28095100	8.09275350

Όπως φαίνεται, από το διάγραμμα και τα δεδομένα του πίνακα, όσο αυξάνονται οι ρίψεις της συνάρτησης monte carlo τόσο αυξάνεται και ο χρόνος των υλοποιήσεων μας. Ωστόσο ο σειριακός αλγόριθμος αυξάνεται με πολύ μεγαλύτερο ρυθμό σε σχέση με τις πολυνηματικές υλοποιήσεις όπως και περιμέναμε. Τόσο στην υλοποίηση με pthreads όσο και στην υλοποίηση με OpenMP όσο αυξάνεται ο αριθμός των νημάτων παρατηρούμε όλο και μικρότερη βελτίωση στον χρόνο. Όταν πια ο αριθμός των νημάτων ξεπερνά τα 4 είναι φανερό ότι η βελτίωση στον χρόνο είναι σχεδόν μηδαμινή. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο επεξεργαστής μας είναι 4 πυρήνων. Παρόλα αυτά η υλοποίηση με Pthreads είναι πιο αργή από την υλοποίηση με OpenMP, γεγονός το οποίο αναμέναμε. Το OpenMP κατανέμει καλύτερα το φόρτο εργασίας μεταξύ των νημάτων σε σχέση με τα phtreads. Αυτό γίνεται αντιληπτό αφού βάσει των στοιχείων του πίνακα, η διαφορά στον χρόνο εκτέλεσης των δυο αλγορίθμων (με OpenMP και με Pthreads) αυξάνεται όσο αυξάνονται οι ρίψεις των βελών. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα, η αύξηση στον αριθμό των ρίψεων παρέχει καλύτερη εκτίμηση του π(ακρίβεια 7 σημαντικών ψηφίων). Ωστόσο, ο σειριακός αλγόριθμος προσεγγίζει καλύτερα την τιμή του π μέχρι και 10^9 ρίψεις σε σχέσει με τις πολυνηματικές υλοποιήσεις. Τέλος, με εξαίρεση τα 2 νήματα η υλοποίηση με OpenMP φαίνεται να προσεγγίζει καλύτερα το π από ότι η υλοποίηση με pthreads.

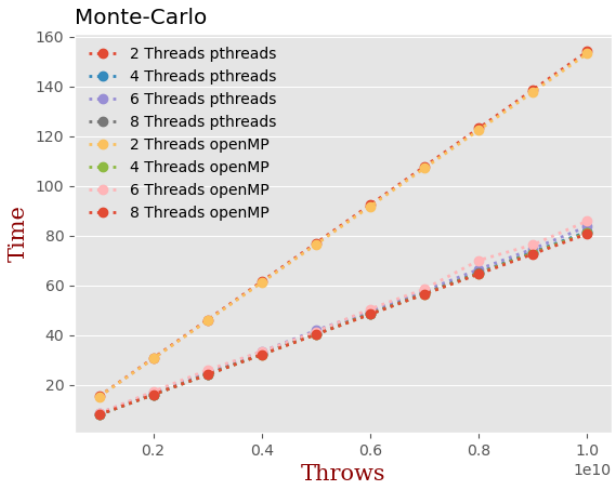


Για αριθμό ρίψεων 10^9 – 10^{10} και 2,4,6,8 νήματα έχουμε:

	1.00E+09	2.00E+09	3.00E+09	4.00E+09	5.00E+09	6.00E+09	7.00E+09	8.00E+09	9.00E+09	1.00E+10
Serial	3.141587	3.141554	3.141575	3.141588	3.141584	3.141589	3.141588	3.141583	3.14159	3.141592
Pthreads										
2 Threads	3.141597	3.141582	3.141593	3.141591	3.141596	3.141594	3.141591	3.141592	3.141597	3.141594
4 Threads	3.141667	3.141577	3.141591	3.141593	3.141597	3.141592	3.14159	3.141587	3.141599	3.141595
6 Threads	3.141651	3.141636	3.14159	3.141597	3.141598	3.141592	3.141591	3.141596	3.141592	3.141591
8 Threads	3.141702	3.141675	3.14163	3.14161	3.141606	3.141601	3.141602	3.141597	3.141594	3.141597
OpenMP										
2 Threads	3.141631	3.141626	3.141614	3.141605	3.1416	3.141601	3.141605	3.1416	3.141598	3.141598
4 Threads	3.14165	3.141588	3.141589	3.141598	3.14161	3.141597	3.141598	3.141597	3.1416	3.141595
6 Threads	3.141584	3.14161	3.141587	3.141594	3.141591	3.141595	3.141606	3.14161	3.141602	3.141595
8 Threads	3.141639	3.141617	3.14159	3.141589	3.141585	3.141581	3.141585	3.141591	3.141599	3.141605

	1.00E+09	2.00E+09	3.00E+09	4.00E+09	5.00E+09	6.00E+09	7.00E+09	8.00E+09	9.00E+09	1.00E+10
Serial	42.42681	84.68907	126.9811	170.5107	215.0225	253.8154	296.2896	338.6576	381.0079	423.5081
Pthreads										
2 Threads	15.44005850	30.85268450	46.23434750	61.64317050	77.06407500	92.48458550	107.86077300	123.24553700	138.68368880	154.08678230
4 Threads	8.14777200	16.25384675	24.37318975	32.47435925	40.66248325	48.81389300	56.89924550	65.18816550	73.53764325	81.66997225
6 Threads	8.65606225	16.88844250	25.36775150	33.43418625	41.99583075	49.73987175	57.91930875	66.53064075	74.77851400	83.77593300
8 Threads	8.13594050	16.26251575	24.38102500	32.46940425	40.61286675	48.72151025	56.89325875	65.05362350	73.19058275	81.29863950
OpenMP										
2 Threads	15.33139425	30.64310450	45.94201950	61.23870725	76.55097375	91.89124350	107.20493500	122.50940280	137.81717930	153.25875800
4 Threads	8.10396900	16.17493900	24.21073975	32.31070550	40.43228050	48.56362275	56.59202975	64.87730075	73.10220925	81.17459700
6 Threads	8.62439875	17.41982850	26.04391700	33.51160975	41.45797925	50.59232450	58.61390400	70.14029875	76.41143650	85.94926950
8 Threads	8.08559275	16.17042425	24.20437450	32.26629100	40.36071425	48.46862275	56.56086025	64.65235975	72.70858450	80.80542375

Σύμφωνα με τα δεδομένα για ρίψεις 10^9-10^{10} παρατηρούμε αρκετά μεγαλύτερη της διαφοράς στον χρόνο εκτέλεσης της κάθε υλοποιήσης με την υλοποιήση σε OpenMP να γίνεται όλο και πιο αποδοτική, χρονικά, καθώς αυξάνονται οι ρίψεις. Τέλος, παρατηρούμε ακόμα καλύτερες εκτιμήσεις για το π συγκρίνοντας και τον πίνακα για το εύρος τιμών 10^8-10^9 με τον σειριακό αλγόριθμο να προσεγγίζει περισσότερο την τιμή του π(3.14159265359...) σε σχέση με τις πολυνηματικές υλοποιήσεις, οι οποίες βρίσκουν επίσης αρκετά καλές προσεγγίσεις σε σχέση με την σειριακή.



Άσκηση 2.2

Για την υλοποίηση των προσεγγίσεων μας χρησιμοποιήσαμε το δοσμένο αρχείο omp_mat_vect_rand_split.c και το τροποποιήσαμε καταλλήλως προκειμένου να ελέγχονται οι είσοδοι για τέλεια διαίρεση μεταξύ m και αριθμού νημάτων.

Η μοναδική παραμετροποίηση που έγινε στο αρχείο που μας δόθηκε, είναι η αλλαγή της συνάρτησης Gen_matrix για να παράγει άνω τριγωνικό πίνακα.

Στο αρχείο της πρώτης προσέγγισης τροποποιήθηκε ο δείκτης εκκίνησης της εμφωλευμένης for προκειμένου να αγνοεί τα μηδενικά στοιχεία κάτω από την κύρια διαγώνιο.

Στο αρχείο της δεύτερης προσέγγισης χρησιμοποιούμε 2 επιπλεόν command line arguments εκ των οποίων το πρώτο είναι το schedule type και το δεύτερο είναι το chunk size για τα οποία θα εκτελεστεί η πολυνηματική υλοποίηση. Έχουν επίσης αλλαχθεί οι συναρτήσεις οι οποίες δέχονται τα υπόλοιπα command line arguments για έλεγχο των εισόδων. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι η αντιστοιχία μεταξύ αριθμών και schedule type γίνεται ως εξής:

```
typedef enum omp_sched_t {
  // schedule kinds
  omp_sched_static = 0x1,
  omp_sched_dynamic = 0x2,
  omp_sched_guided = 0x3,
  omp_sched_auto = 0x4,
} omp_sched_t;
```

Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν 2 επιπλέον αρχεία script.sh και table.py. Το script.sh παίρνει ως όρισμα τον αριθμό των νημάτων από το οποίο θα ξεκινήσει να εκτελεί και για τις τρεις υλοποιήσεις (αρχική, προσέγγιση1 και προσέγγιση2) τα προγράμματα για τις διαστάσεις πινάκων που δίνονται στην εκφώνηση. Προκειμένου να προκύψει ο μέσος χρόνος εκτέλεσης της κάθε υλοποίησης για κάθε συνδυασμό διαστάσεων πίνακα όπου δίνεται στην εκφώνηση, τρέχουμε 4 φορές το κάθε πρόγραμμα και λαμβάνουμε τον μέσο όρο του χρόνου εκτέλεσης. Συγκεκριμένα για την δεύτερη υλοποίηση τρέχει πειράματα για κάθε αριθμό νημάτων και κάθε συδυασμό διαστάσων πίνακα, διαφορετικά schedule type(static,dynamic,auto,guided) και chunk size(1,4,8,100). Ύστερα, εξάγει τα αποτελέσματα σε αρχείο txt το οποίο το λαμβάνει ως είσοδο το script table.py και τα αποθηκεύει σε έναν πίνακα 3 διαστάσεων. Τέλος, επεξεργάζεται τα αποτελέσματα,υπολογίζει ποιος συνδυασμός schedule type και chunk size είναι ο πιο αποδοτικός και τα αποθηκεύει σε ένα αρχείο excel με τη μορφή πινάκων(παραδείγματα περιλαμβάνονται στον φάκελο της εργασίας).

Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων μορφοποιήσαμε το excel που λαμβάνουμε από το script table.py, προκειμένου να γίνεται πιο εύκολα η σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τα μορφοποιμένα αποτελέσματα παραθέτονται παρακάτω:

	8000000*8	8000*8000	8*8000000	8*80000000	schedule	chunk
Original						
2 Threads	0.1320235	0.108845	0.2534043	2.6836465	-	-
4 Threads	0.075403	0.0652175	0.328816	3.4084045	-	-
8 Threads	0.0734158	0.0621058	0.333875	3.5388758	-	-
Approach 1						
2 Threads	0.0175253	0.0864275	0.2843295	2.484656	-	-
4 Threads	0.0095133	0.0526375	0.3048468	3.2769183	-	-
8 Threads	0.0096298	0.0358445	0.2958348	2.9510835	-	-

Tables for approach 2

Chunk size 1	8000000*8	8000*8000	8*8000000	8*80000000	schedule	chunk
2 Threads	0.0798535	0.0550595	0.2547935	2.8323093	static	1
4 Threads	0.0521915	0.0304078	0.3498105	3.25874	static	1
8 Threads	0.052557	0.0353878	0.3518803	3.2625175	static	1
Chunk size 1						
2 Threads	0.2632313	0.1248673	0.265161	2.7050928	dynamic	1
4 Threads	0.2627458	0.141337	0.3388383	3.0292363	dynamic	1
8 Threads	0.269121	0.1401025	0.3507035	3.5468265	dynamic	1

Chunk size 1	8000000*8	8000*8000	8*8000000	8*80000000	schedule	chunk
2 Threads	0.0174908	0.078975	0.278959	2.6544245	guided	1
4 Threads	0.0095173	0.04844	0.330199	3.1444518	guided	1
8 Threads	0.0106443	0.0332388	0.353096	3.5070848	guided	1
Chunk size 1						
2 Threads	0.0175603	0.0790348	0.287441	2.2031973	auto	1
4 Threads	0.0264468	0.0482963	0.349972	3.327408	auto	1
8 Threads	0.0100788	0.034345	0.327045	3.4780635	auto	1

Chunk size 4						
2 Threads	0.0406585	0.0557298	0.2613368	2.523067	static	4
4 Threads	0.0307533	0.0306308	0.2444075	2.649618	static	4
8 Threads	0.0313413	0.0310168	0.251967	2.7749325	static	4
Chunk size 4						
2 Threads	0.0908348	0.109006	0.2639655	2.4672098	dynamic	4
4 Threads	0.0854855	0.089352	0.2910925	2.304415	dynamic	4
8 Threads	0.0859768	0.101437	0.2637443	2.835428	dynamic	4

Chunk size 4						
2 Threads	0.0175878	0.079108	0.281634	2.5692363	guided	4
4 Threads	0.0095213	0.0483818	0.263186	2.6050005	guided	4
8 Threads	0.0181083	0.05664	0.263971	2.6124348	guided	4
Chunk size 4						
2 Threads	0.0179535	0.0788438	0.262727	2.454067	auto	4
4 Threads	0.0095083	0.0484035	0.329985	3.513979	auto	4
8 Threads	0.0121575	0.0419245	0.340901	3.1893008	auto	4

Chunk size 8						
2 Threads	0.0333723	0.0554065	0.214712	2.0873985	static	8
4 Threads	0.0271105	0.0307768	0.2155488	2.082752	static	8
8 Threads	0.0281568	0.030737	0.209025	2.0899203	static	8

Chunk size 8						
2 Threads	0.0174603	0.0793398	0.207226	2.1077198	guided	8
4 Threads	0.0095288	0.048283	0.210088	2.0993598	guided	8
8 Threads	0.0101093	0.0341745	0.211054	2.0896098	guided	8

Chunk size 8

2 Threads	0.0589123	0.0680815	0.209525	2.0777185	dynamic	8
4 Threads	0.0556108	0.042987	0.2093953	2.110059	dynamic	8
8 Threads	0.0554613	0.0428285	0.2096845	2.0968225	dynamic	8

Chunk size 8

2 Threads	0.017602	0.0793853	0.281267	2.3026135	auto	8
4 Threads	0.0095143	0.0482135	0.357855	3.351385	auto	8
8 Threads	0.0097285	0.0321233	0.367081	2.9961753	auto	8

Chunk size 100

2 Threads	0.028031	0.0545465	0.2079655	2.0887688	static	100
4 Threads	0.0248903	0.0293408	0.2080088	2.0732018	static	100
8 Threads	0.0184205	0.030721	0.2069988	2.0714608	static	100

Chunk size 100

2 Threads	0.0176405	0.079846	0.207741	2.085497	guided	100
4 Threads	0.0094998	0.0481093	0.209441	2.0749755	guided	100
8 Threads	0.0105225	0.034066	0.206988	2.0717755	guided	100

Chunk size 100

2 Threads	0.0293073	0.053908	0.2086658	2.094596	dynamic	100
4 Threads	0.0279338	0.0283643	0.2080943	2.1392405	dynamic	100
8 Threads	0.0281108	0.028824	0.2070785	2.070001	dynamic	100

Chunk size 100

2 Threads	0.0179383	0.0801453	0.266986	2.4980915	auto	100
4 Threads	0.009529	0.0483578	0.332449	3.170463	auto	100
8 Threads	0.0097628	0.0338373	0.317778	3.2929103	auto	100

Fastest schedule type and chunk size	8000000*8	8000*8000	8*8000000	8*80000000		
2 Threads	0.01746025 guided 8	0.053908 dynamic 100	0.20722625 guided 8	2.0777185 dynamic 8	-	-
4 Threads	0.00949975 guided 100	0.02836425 dynamic 100	0.20800875 static 100	2.07320175 static 100	-	-
8 Threads	0.0097285 auto 8	0.028824 dynamic 100	0.20698825 guided 100	2.070001 dynamic 100	-	-

Παρατηρώντας τα δεδομένα του πίνακα συμπεραίνουμε ότι τόσο η πρώτη όσο και η δεύτερη προσέγγιση για μεγάλες τιμές διάστασης του διανύσματος y (8000000*8,8000*8000) είναι πιο αποδοτικές από την αρχική. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι παραλείπονται αρκετοί περιττοί υπολογισμοί. Συγκεκριμένα για την δεύτερη προσέγγιση παρατηρούμε ότι ανάλογα το schedule type και το chunk size για το οποίο επιλέγουμε να την εκτελέσουμε λαμβάνουμε πληθώρα αποτελεσμάτων.

Αρχικά, είναι αναγκαίο να αναφέρουμε ότι το default schedule type της OpenMP είναι το static ενώ για το chunk size η προεπιλεγμένη τιμή είναι 1. Συνεπώς, οι τιμές αυτές χρησιμοποιούνται στην εκτέλεση της πρώτης προσέγγισης.

Λαμβάνοντας υπόψην την θεωρία πριν την εκτέλεση των πειραμάτων με την χρήση των script περιμέναμε να δούμε μικρή βελτίωση με την χρήση dynamic,guided και auto όταν το διάνυσμα y έχει μικρό μέγεθος (8*8000000,8*80000000). Αντίστοιχα όταν το διάνυσμα y έχει μεγάλο μέγεθος (8000000*8,8000*8000) περιμένουμε να δούμε αισθητή διαφορά χρησιμοποιώντας schedule type dynamic,guided και auto. Οι δύο αυτοί ισχυρισμοί βασίζονται στο γεγονός ότι εφόσον η εμφωλευμένη for ξεκινάει από i, δηλαδή από διαφορετική τιμή για κάθε νήμα, τότε το φόρτο εργασίας δεν θα κατανέμεται ομοιόμορφα μετεξύ των νημάτων. Συνεπώς, για μικρή διάσταση πίνακα y δεν θα υπάρχει σημαντική διαφορά στην απόδοση χρησιμοποιώντας διαφορετικό schedule type, ενω για μεγάλη διάσταση πίνακα θα είναι σημαντική.Τόσο ο πρώτος όσο και ο δεύτερος ισχυρισμός επιβεβαιώνονται από τα πειραματικά δεδομένα που παραθέτονται παραπάνω.

Παρατηρώντας τον τελευταίο πίνακα, ο οποίος έχει τους αποδοτικότερους schedule type και chunk size, είναι φανερό ότι για διαστάσεις πίνακα 8*8000000 και 8*80000000 υπάρχουν αντίστοιχοι συνδυασμοί static και chunk size που είναι αρκετά κοντά στις αποδοτικότερες αυτές τιμές. Για παράδειγμα για 8 νήματα και διαστάσεις 8*8000000 με static 100 το πρόγραμμα τρέχει σε 0.2069988(ανατρέξτε στον αντίστοιχο πίνακα για να δείτε την τιμή) το οποίο βρίσκεται αρκετά κοντα στο 0.20698825 για guided 100 το οποίο (από τον πίνακα «Fastest schedule type and chunk size») είναι το αποδοτικότερο από όλους τους άλλους συνδυασμούς.

Αντίστοιχα παίρνοντας την τιμή για 8 threads και διαστάσεις πίνακα 8000000*8 παρατηρούμε ότι κάθε χρονική πειραματική τιμή του static με οποιοδήποτε από τα chunk size του πειράματος είναι σημαντικά λιγότερο αποδοτική. Το ίδιο ισχύει και για τους υπόλοιπους συνδυασμούς νημάτων και διαστάσεων 8000000*8,8000*8000.

Επιπρόσθετα περιμέναμε το dynamic ή το guided να είναι πιο αποδοτικό καθώς ευνοεί τα προγράμματα στα οποία οι επαναλήψεις δεν λαμβάνουν τον ίδιο χρόνο για να εκτελεστούν λόγω της τροποποίησης που έχει γίνει για την παράλειψη τον μηδενικών στοιχείων κάτω από την κύρια διαγώνιο του πίνακα. Όντως τοσο το dynamic όσο και το guided κυριαρχούν στον πίνακα των πιο αποδοτικών χρονικών πειραματικών τιμών («Fastest schedule type and chunk size»). Το guided είναι λογικό να είναι πάντα αρκετά κοντά με το dynamic και κάποιες φορές καλύτερο καθώς κάνει πιο «δυναμικά» την χρήση του chunk size με αποτέλεσμα κάποιες φορές να είναι αρκετά πιο αποδοτικό.

Το auto επίσης φαίνεται να είναι αρκετά κοντά στις πιο αποδοτικές πειραματικές τιμές καθώς επιλέγεται από τον μεταγλωτιστή ή το σύστημα χρόνου εκτέλεσης με διάφορα κριτήρια που στόχο έχουν την αποδοτική εκτέλεση του αλγορίθμου.