

ΔΙΑΔΙΚΑΣΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ 2023

ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ v. 3

Τα βήματα 1 και 2 είναι παραδοτέα κατά το δώρο του εργαστηρίου.

Το βήμα 3 είναι παραδοτέο σε δύο εβδομάδες.

Βήμα 1: Δίνεται ο κάτωθι κώδικας:

```
#include <stdio.h>
#define N 10

int main( ) {
    int i;
    double data[N];
    double prod = 1.0 ;

    for (i=0; i<N; i++) {
        data[i] = ((double) i+N ) / N ;
    }

    for (i=0; i<N; i++) {
        printf(" %g ", data[i]);
    }

    /*      add here your code to
           compute the product of the array elements
    */
    printf("\n%g\n", prod);

    return 0;
```

- A) Να προσθέσετε κώδικα για τον υπολογισμό του γινομένου των στοιχείων του πίνακα data (όνομα αρχείου: lab02_step01_a).
- B) Σε νέο αρχείο (όνομα αρχείου: lab02_step01_b) να αλλάξετε τον κώδικα ώστε:
- (α) Να δηλώνεται ένας πίνακας δύο διαστάσεων data[N][M]
 - (β) Να λαμβάνει το κάθε στοιχείο data[i][j] του πίνακα την τιμή ((double) i+j+N) / N.
 - (γ) Να υπολογίζεται και να εκτυπώνεται το γινόμενο prod όλων των στοιχείων του πίνακα.
 - (δ) Να τυπώνονται όλα τα στοιχεία του πίνακα ανά γραμμή

Βήμα 2: Δίνεται ο κάτωθι κώδικας:

```
#include <stdio.h>
#define N 10
int load(double x[N]) ;
int print(double x[N]) ;

int main( ) {
    double data[N];
    double prod = 1.0 ;

    load(data);
    print(data);
    prod = computeprod(data);
    printprod(prod);

    return 0;
}
```

```
int print(double x[N]) {
    int i;
    for (i=0; i<N; i++) {
        printf(" %g ", x[i]) ;
    }

    return 0;
}

int load(double x[N]) {
    int i;
    for (i=0; i<N; i++) {
        x[i] = ((double) i+N) / N
        ;
    }

    return 0;
}
```

- (A) Σε νέο αρχείο, (όνομα αρχείου: lab2_step02_a) να υλοποιήσετε κατάλληλες συναρτήσεις `computeprod` και `printprod` και να συμπληρώσετε ό,τι άλλο χρειάζεται στον ανωτέρω κώδικα ώστε να λειτουργεί σωστά.
- (B) Σε νέο αρχείο, (όνομα αρχείου: lab2_step02_b) να υλοποιήσετε κατάλληλες συναρτήσεις `computeprodsum` και `printprodsum` και να συμπληρώσετε ό,τι άλλο χρειάζεται στον ανωτέρω κώδικα ώστε να υπολογίζει το άθροισμα και το γινόμενο των στοιχείων του πίνακα. Το πρότυπο της συνάρτησης `computeprodsum` θα πρέπει να είναι ως εξής

`double computeprodsum(double x[N], double * sum);`

- (C) Σε νέο αρχείο (αρχείο: lab2_step2_c) να αλλάξετε τον κώδικα, χωρίς να τροποποιήσετε την οργάνωσή του σε συναρτήσεις, ώστε:
- (α) Να χρησιμοποιείται ένας πίνακας δύο διαστάσεων `data[N][M]`
- (β) Να λαμβάνει το κάθε στοιχείο `data[i][j]` του πίνακα την τιμή
 `((double) i+j+N)/N`.
- (γ) Να υπολογίζεται και να εκτυπώνεται το γινόμενο `prod` όλων των στοιχείων του πίνακα.
- (δ) Να τυπώνονται όλα τα στοιχεία του πίνακα ανά γραμμή
- (ε) Να γράψετε νέα συνάρτηση, η οποία να δημιουργεί από τον πίνακα `data`, τον νέο πίνακα `dataT`, ο οποίος θα είναι ο ανάστροφος (transpose) του `data`. **Αυτό σημαίνει ότι το στοιχείο `data[i][j]` θα πρέπει να αντιγραφεί στο στοιχείο `dataT[j][i]`. Προσέξτε τις διαστάσεις που θα πρέπει να δηλώσετε για τον πίνακα `dataT`.**
- (στ) Να τυπώνονται όλα τα στοιχεία του νέου πίνακα ανά γραμμή

Βήμα 3 (παραδοτέο σε δύο εβδομάδες): Ζητείται να γράψετε ένα πρόγραμμα το οποίο θα υπολογίζει και θα τυπώνει την θερμοκρασία σε σημεία μιας μεταλλικής πλάκας και σε διαδοχικές χρονικές στιγμές, όταν στις τέσσερις πλευρές της εφαρμόσουμε χρονικά αμετάβλητες θερμοκρασίες, οι οποίες μπορεί να είναι διαφορετικές μεταξύ τους. Αρχικά η θερμοκρασία στο εσωτερικό της πλάκας είναι παντού ίδια. Η πλάκα χωρίζεται σε 10×20 μικρά υπο-τμήματα (στοιχεία) στο εσωτερικό των οποίων θεωρούμε ότι η θερμοκρασία είναι ομοιόμορφη. Στα στοιχεία που βρίσκονται στα όρια της πλάκας η θερμοκρασία παραμένει αμετάβλητη. Ο υπολογισμός της θερμοκρασίας κάθε στοιχείου της πλάκας δίνεται ως συνάρτηση των θερμοκρασιών του ίδιου και γειτονικών στοιχείων του κατά την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή. Το χρονικό βήμα είναι 1 s.

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΒΗΜΑ 3

Να κατασκευάσετε πρόγραμμα σε γλώσσα C99 το οποίο θα τοποθετεί μία διαφορετική θερμοκρασία στις τέσσερις πλευρές της πλάκας. Στα γωνιακά στοιχεία τοποθετείστε τη μέση τιμή των προσκείμενων πλευρών. Οι θερμοκρασίες θα τοποθετηθούν σε πίνακα πραγματικών αριθμών 10×20 στοιχείων. Στην υπόλοιπη πλάκα, δηλ. στα υπόλοιπα στοιχεία του πίνακα, θα τοποθετήσετε μια διαφορετική θερμοκρασία. Στη συνέχεια να τυπώσετε στην οθόνη του τερματικού σας την εκτιμώμενη τιμή θερμοκρασίας κάθε στοιχείου της πλάκας για κάποια χρονική περίοδο, δηλ. για διαδοχικές τιμές του χρόνου που διαφέρουν κατά κατάλληλο βήμα, διατηρώντας **σταθερές** τις θερμοκρασίες στα όρια της πλάκας και αλλάζοντας τη θερμοκρασία των υπόλοιπων στοιχείων της πλάκας σύμφωνα με τον ακόλουθο νόμο:

$$\begin{aligned} \Theta_{t+1}(i,j) = & 0.1 * \left(\Theta_{t-1}(i-1,j-1) + \Theta_{t-1}(i-1,j) + \Theta_{t-1}(i-1,j+1) + \Theta_{t-1}(i,j-1) + 2 * \Theta_{t-1}(i,j) \right. \\ & \left. + \Theta_{t-1}(i,j+1) + \Theta_{t-1}(i+1,j-1) + \Theta_{t-1}(i+1,j) + \Theta_{t-1}(i+1,j+1) \right). \end{aligned} \quad (1)$$

***** Προσέξτε ότι για να αναφερθούμε στο στοιχείο i, j ενός πίνακα x , γράφουμε $x[i][j]$.**

Για την ανάπτυξη του προγράμματος ζητείται να υλοποιήσετε τις ακόλουθες εκδόσεις:

A) **Έκδοση 0:** (αρχείο: lab2_step3_0) Να οργανώσετε και να ελέγξετε τη συνάρτηση `main` ώστε να χρησιμοποιεί συναρτήσεις που αντιστοιχούν στις ανωτέρω ενέργειες. Στην έκδοση 0 να υλοποιηθούν πλήρως μόνο οι συναρτήσεις για την αρχικοποίηση των θερμοκρασιών της πλάκας και για την εκτύπωση των θερμοκρασιών με ευανάγνωστο τρόπο. Οι υπόλοιπες συναρτήσεις να αναπτυχθούν μόνο στον βαθμό που απαιτείται για τη δημιουργία εκτελέσιμου. (Για παράδειγμα τυπώνουν απλώς το όνομά τους, αλλά δεν υπολογίζουν αλλαγές θερμοκρασίας).

Με ποια μέθοδο ορίσατε τις συναρτήσεις που απαρτίζουν το πρόγραμμά σας;

Να περιλάβετε τη λεκτική περιγραφή σε προστακτική μορφή σε ξεχωριστό αρχείο, το οποίο θα περιλάβετε στα παραδοτέα (pdf).

B) **Έκδοση 1:** (αρχείο: lab02_step3_1) Να επεκτείνετε την έκδοση 0 υλοποιώντας τη συνάρτηση που θα υπολογίζει τις θερμοκρασίες για την επόμενη χρονική στιγμή, χρησιμοποιώντας τον νόμο που περιγράφεται από την ανωτέρω εξίσωση (1). (Η συνάρτηση αυτή προφανώς δεν είχε υλοποιηθεί πλήρως στην έκδοση 0). Το πρόγραμμά σας στην

Γ) **Έκδοση 2:** (αρχείο: lab02_step3_2) Να επεκτείνετε την έκδοση 1, προσθέτοντας τη δυνατότητα να τυπώνει την κανονικοποιημένη θερμοκρασία κάθε στοιχείου της πλάκας χρησιμοποιώντας μια κλίμακα ακεραίων από 0 έως και 9. Αυτό γίνεται ως εξής:

- Η εκτύπωση θα εμφανίζει τον ακέραιο που αντιστοιχεί στην περιοχή τιμών θερμοκρασίας (0 η περιοχή με τις μικρότερες τιμές θερμοκρασίας, 9 η περιοχή με τις μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας) για κάθε στοιχείο της πλάκας.

Δ) **Τελική έκδοση βήματος 3:** (αρχείο: lab02_step3_0) Να επεκτείνετε την έκδοση 2, προσθέτοντας κατάλληλες συναρτήσεις, έτσι ώστε το πρόγραμμά σας να υπολογίζει και να τυπώνει τον αριθμό των στοιχείων της πλάκας που έχουν την ίδια κλίμακα θερμοκρασιών (ιστόγραμμα θερμοκρασιών) στο x δευτερόλεπτο (ο ακέραιος x θα δίνεται από το πληκτρολόγιο) και τη θερμοκρασία των στοιχείων της πλάκας στη μόνιμη κατάσταση. Εδώ θεωρούμε ως μόνιμη την κατάσταση στην οποία καταλήγει η πλάκα όταν η αθροιστική μεταβολή των θερμοκρασιών των στοιχείων της, δεν υπερβαίνει τον 1° Κελσίου. *Αθροιστική μεταβολή: άθροισμα των απολύτων τιμών των διαφορών των θερμοκρασιών σε διαδοχικές στιγμές σε κάθε στοιχείο, για όλα τα στοιχεία.*

Παραδοτέα είναι τα προγράμματα των τεσσάρων εκδόσεων, πηγαίος κώδικας και εκτελέσιμα. Συγκεκριμένα, κάθε έκδοση θα πρέπει να αντιστοιχεί σε ξεχωριστό αρχείο το οποίο να βρίσκεται σε δικό του φάκελο (folder).

Ενδεικτικά αποτελέσματα διάδοσης θερμότητας. Εμφανίζονται ο αρχικός πίνακας θερμοκρασιών και ο πίνακας θερμοκρασιών μετά την πρώτη επανάληψη για μια συγκεκριμένη περίπτωση.

```
Explanations/courses/Principles1314/lab02/heat/heat.exe
```

```
time: 0  
3.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 -1.50  
4.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -5.00  
4.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -5.00  
4.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -5.00  
4.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -5.00  
4.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -5.00  
4.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -5.00  
3.50 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 -1.00  
  
time: 1  
3.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 -1.50  
4.00 2.00 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 1.30 -0.25 -5.00  
4.00 1.90 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -0.80 -5.00  
4.00 1.90 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -0.80 -5.00  
4.00 1.90 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -0.80 -5.00  
4.00 1.90 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -0.80 -5.00  
4.00 1.90 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 -0.80 -5.00  
4.00 1.90 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 -0.80 -5.00  
3.50 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 -1.00  
  
Press any key to continue . . . █
```

Θα πρέπει να ελέγξετε την ορθότητα των αποτελεσμάτων του προγράμματός σας. Δείτε όλες τις τιμές! Για την πρώτη επανάληψη, δώστε ιδιαίτερη προσοχή στις τιμές της δεύτερης και της προτελευταίας γραμμής και στήλης! Παρατηρήστε πώς αλλάζουν τα αποτελέσματά με τις επαναλήψεις και προβληματιστείτε αν συμπεριφέρονται λογικά ή όχι.

Για τις ανωτέρω τιμές, πίνακας στη μόνιμη κατάσταση και αντίστοιχος κανονικοποιημένος. Το format είναι ενδεικτικό για σκοπούς debugging και όχι ως υπόδειξη για το τι πρέπει να εμφανίζεται.

```
"C:\Users\palu\OneDrive - University of Patras\courses\PP1\2021\lab02\temp3\lab02\bin\Debug\lab02.exe"
time: 37
total abs diff: 0.981969
3.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 2.00 -1.50
4.00 2.96 2.50 2.29 2.17 2.09 2.04 2.00 1.97 1.94 1.90 1.85 1.78 1.68 1.52 1.27 0.89 0.21 -1.39 -5.00
4.00 3.35 2.85 2.53 2.33 2.19 2.09 2.01 1.95 1.89 1.83 1.74 1.61 1.41 1.11 0.67 -0.00 -1.07 -2.77 -5.00
4.00 3.49 3.05 2.71 2.46 2.28 2.15 2.05 1.97 1.89 1.80 1.68 1.50 1.24 0.85 0.28 -0.55 -1.71 -3.23 -5.00
4.00 3.56 3.16 2.83 2.57 2.37 2.23 2.12 2.03 1.94 1.84 1.70 1.50 1.20 0.76 0.12 -0.76 -1.94 -3.39 -5.00
4.00 3.60 3.23 2.92 2.67 2.48 2.34 2.23 2.14 2.05 1.95 1.81 1.61 1.31 0.86 0.22 -0.68 -1.88 -3.35 -5.00
4.00 3.61 3.26 2.98 2.76 2.60 2.47 2.38 2.30 2.22 2.13 2.01 1.83 1.56 1.17 0.58 -0.28 -1.59 -3.12 -5.00
4.00 3.59 3.25 3.01 2.85 2.72 2.63 2.56 2.50 2.45 2.38 2.29 2.15 1.95 1.65 1.19 0.48 -0.67 -2.54 -5.00
4.00 3.43 3.16 3.02 2.93 2.86 2.81 2.77 2.74 2.71 2.68 2.63 2.56 2.45 2.28 2.03 1.61 0.87 -0.92 -5.00
3.50 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 -1.00
min : -5.00
max : 4.00
width : 9.00
step : 0.90
limits: -5.00 -4.10 -3.20 -2.30 -1.40 -0.50 0.40 1.30 2.20 3.10
8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 3
9 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 6 6 5 4 0
9 9 8 8 8 7 7 7 7 7 7 7 6 6 5 4 3 1 0
9 9 9 8 8 8 8 7 7 7 7 7 6 6 5 4 3 1 0
9 9 9 8 8 8 8 8 7 7 7 7 6 5 4 3 1 0
9 9 9 8 8 8 8 8 8 7 7 7 6 6 5 3 2 0
9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 7 7 6 6 4 2 0
9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 7 7 6 4 0
9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 4
0 #####
1 ###
2 ###
3 #####
4 #####
5 #####
6 #####
7 #####
8 #####
9 #####
Process returned 0 (0x0)   execution time : 9.089 s
Press any key to continue.
```

Περιλαμβάνεται και είδος ιστογράμματος, ενδεικτικά. Περαιτέρω ενασχόληση: Πώς μπορείτε να τυπώσετε κάθετο ιστόγραμμα; Μπορείτε να μετρήσετε το πλήθος των εμφανίσεων του κάθε ακεραίου στον κανονικοποιημένο πίνακα χωρίς να κάνετε συγκρίσεις και διατρέχοντας μια φορά τον πίνακα;