

Μια πολύ χρήσιμη πράξη στα Γραφικά και στην Επεξεργασία Εικόνων είναι η συνέλιξη μιας διδιάστατης εικόνας με ένα φίλτρο συνέλιξης. Χρησιμοποιείται π.χ. για αντιστάθμιση και εξομάλυνση εικόνων. 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 το διδιάστατο διακριτό φίλτρο  $h$  αποτελείται από  $(s+2)(s+2)$  στοιχεία, π.χ. για  $s=1$ . Στην πράξη το φίλτρο πρέπει να είναι κανονικοποιημένο ώστε να μην δημιουργούνται χρωματικές αλλοιώσεις στην εικόνα. Έτσι έχουμε ένα πιο σωστό φίλτρο όταν διαιρέσουμε κάθε στοιχείο το  $h$  με το άθροισμα των στοιχείων του (για το ανωτέρω παράδειγμα 16):

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

Η συνέλιξη μπορεί να εφαρμοστεί πολλαπλές φορές πάνω σε μια εικόνα. Ζητείται να σχεδιάσετε, να υλοποιήσετε και να αξιολογήσετε παραμετροποιημένο παράλληλο αλγόριθμο συνέλιξης με  $s=1$  πολλαπλών φορών σε περιβάλλον MPI. Επίσης να ελέγχετε για σύγκλιση (όταν δεν έχει μεταβληθεί η εικόνα μετά την εφαρμογή του φίλτρου) μετά από έναν αριθμό επαναλήψεων.

#### Δομή εργασίας

1. Εισαγωγή
2. ΠΜΣ+ΗΑ. Παραλληλοποίηση και παραμετροποίηση (με βάση την μεθοδολογία Foster κεφ 2) με ανάλυση θεωρητικής απόδοσης - speedup, efficiency, isoefficiency (Foster κεφ 3)
3. Δομή κώδικα (επιλογές MPI επικοινωνίας, επικάλυψη επικοινωνίας με υπολογισμούς, χρήση datatypes αποφεύγοντας αντιγραφές, κλπ)
4. Ανάπτυξη Κώδικα
5. Μετρήσεις, επιδόσεις (Foster κεφ 3) Κλιμάκωση (δεδομένων και επεξεργαστών).
6. ΠΜΣ+ΗΑ. Σύγκριση ανάλυσης με πραγματικές μετρήσεις
7. Πιθανές Επεκτάσεις
8. Συμπεράσματα

Διαμερισμός σε blocks. Τρέξτε το πρόγραμμά σας για 1, 4, 9, 16, 25, 36, ... διεργασίες, για τις 2 εικόνες που δίνονται (ασπρόμαυρη και RGB). Επαναλάβετε για  $\frac{1}{4}$  και  $\frac{1}{2}$  της εικόνας περίπου, επιλέγοντας κατάλληλο τμήμα της αρχικής εικόνας, καθώς επίσης για πολλαπλάσιες εικόνες (X2, X4, X8, ...) της αρχικής. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις δικές σας εικόνες. Οι εικόνες παραδείγματα έχουν μέγεθος 2520 X 1920 και δίνονται σε μορφή RAW. Κάθε pixel της ασπρόμαυρης εικόνας raw αποτελείται από ακεραίους 1 byte (waterfall\_grey\_1920\_2520), ενώ η έγχρωμη (waterfall\_1920\_2520.raw) από 3 bytes (R,G,B). Στην έγχρωμη ο τύπος της συνέλιξης εφαρμόζεται χωριστά για κάθε χρωματικό κανάλι. Για τον υπολογισμό της συνέλιξης σε οριακά σημεία της εικόνας που δεν έχουν γείτονες, χρησιμοποιήστε την τιμή του εκάστοτε σημείου σαν τιμή των γειτόνων που δεν υπάρχουν.

Σε επόμενη στάδιο θα παραλληλοποιήσετε τους εσωτερικούς βρόχους με OpenMp (νήματα) σε υβριδικό πρόγραμμα MPI+OpenMp. Και τέλος σε cuda.

Επιτρέπεται η συνεργασία μέχρι 2 ατόμων. Η ημερομηνία παράδοσης συμπίπτει με την ημερομηνία της γραπτής εξέτασης του μαθήματος είτε την περίοδο Φεβρουαρίου είτε Σεπτεμβρίου.

Περισσότερες Πληροφορίες για την συνέλιξη

<http://matlabtricks.com/post-5/3x3-convolution-kernels-with-online-demo>

<http://setosa.io/ev/image-kernels/>

<https://docs.gimp.org/en/plugin-convmatrix.html>