

Άσκηση 3

Παράλληλα & Κατανεμημένα Συστήματα Υπολογιστών

27 Δεκεμβρίου 2017

Να υλοποιήσετε σε CUDA¹ τον αλγόριθμο *Mean shift* [1, 2]. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται για μη-παραμετρική ανάλυση δεδομένων, εντοπίζοντας τοπικά μέγιστα στη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας. Εφαρμογές του αλγορίθμου είναι η αποθορυβοποίηση, η κατάρτιση εικόνων και η ομαδοποίηση δεδομένων.

Στα πλαίσια της εργασίας, θα υλοποιήσετε την συνάρτηση πυκνότητας Gaussian, $k(x) = \exp(-\frac{x}{2\sigma^2})$. Ο αλγόριθμος λειτουργεί επαναληπτικά, υπολογίζοντας σε κάθε βήμα το διάνυσμα από κάθε σημείο προς το μέγιστο, ως εξής:

$$\mathbf{y}_i^{[k+1]} = \frac{\sum_{j=1}^N k\left(\left\|\mathbf{y}_i^{[k]} - \mathbf{x}_j\right\|_2\right) \mathbf{x}_j}{\sum_{j=1}^N k\left(\left\|\mathbf{y}_i^{[k]} - \mathbf{x}_j\right\|_2\right)}, \quad (1)$$

όπου $\mathbf{x}_j \in \mathbb{R}^d$ το σημείο j στον d -διάστατο χώρο, $\mathbf{y}_i^{[k+1]} \in \mathbb{R}^d$ η νέα θέση του σημείου \mathbf{y}_i , ύστερα από την k επανάληψη και N το συνολικό πλήθος των σημείων. Αν δύο σημεία απέχουν περισσότερο από σ^2 , τότε δεν λαμβάνονται υπόψιν στον υπολογισμό της (1).

Κατά την αρχικοποίηση, τα $\mathbf{y} \in \mathbb{R}^{N \times d}$ έχουν την ίδια τιμή με τα δοθέντα σημεία $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^{N \times d}$. Σε κάθε επανάληψη μετακινούνται όλα τα σημεία, ανάλογα με το διάνυσμα $\mathbf{m}_i^{[k]} = \mathbf{y}_i^{[k+1]} - \mathbf{y}_i^{[k]}$, το οποίο ονομάζεται *mean shift*. Ο αλγόριθμος συγκλίνει όταν $\|\mathbf{m}(\mathbf{y})\|_2 < \epsilon$, όπου ϵ μια ικανά μικρή σταθερά.

Το πρόγραμμά σας θα πρέπει να:

- δέχεται ως είσοδο έναν πίνακα $N \times d$ με τα αρχικά δεδομένα \mathbf{x} .
- εκτελεί την επαναληπτική διαδικασία στην κάρτα γραφικών, έως την σύγκλιση.
- αξιοποιεί την *shared memory*, για να επιταχύνει την διαδικασία υπολογισμού.

Παραδώστε:

- Αναφορά 3–4 σελίδων που να περιγράφει τη μέθοδο του παραλληλισμού καθώς και τους ελέγχους ορθότητας που χρησιμοποιήσατε.
- Σχόλια και συμπεράσματα για την ταχύτητα υπολογισμών με και χωρίς χρήση *shared memory* και σύγκριση με τον χρόνο του κώδικα που δίνεται σε MATLAB. Επιλέξτε dataset από το διαδίκτυο για να δείξετε την ταχύτητα της υλοποίησής σας για μεταβλητό πλήθος σημείων και αριθμό διαστάσεων. Δεν συμπεριλαμβάνουμε στον χρόνο σύγκρισης το χρόνο μεταφοράς των δεδομένων από και προς την GPU.
- Τον κώδικα του προγράμματος (μέσω συνδέσμου). **Μόνο το pdf στο elearning!**

Δεοντολογία: Εάν χρησιμοποιήσετε κώδικες από το διαδίκτυο ή αλλού, να αναφέρετε την πηγή και τις αλλαγές που κάνατε.

Σημείωση: Ομαδικές εργασίες γίνονται δεκτές. Ο μέγιστος αριθμός φοιτητών που μπορούν να συνεργαστούν σε μία ομάδα είναι δύο, αρκεί κανένα ζευγάρι να μην έχει συνεργαστεί σε προηγούμενη εργασία.

Αναφορές

- [1] Dorin Comaniciu and Peter Meer. Mean shift: A robust approach toward feature space analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(5):603–619, 2002.
- [2] Keinosuke Fukunaga and Larry Hostetler. The estimation of the gradient of a density function, with applications in pattern recognition. *IEEE Transactions on Information Theory*, 21(1):32–40, 1975.

¹ <http://docs.nvidia.com/cuda/>