



دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر

درس پردازش موازی

تمرین شماره‌ی ۴  
مسئله‌ی ذرات در کهکشان دورشدگان

موعد تحویل: یک‌شنبه ۱۴۰۰/۰۳/۲۱

استاد: دکتر محمد قدسی

تیم دستیاران درس - نیم‌سال دوم ۰۱ - ۰۰

۲۴ خرداد ۱۴۰۱

## توضیحات

برای انجام این تمرین نیاز به سیستمی دارید که دارای سیستم عامل<sup>۱</sup> های مبتنی بر یونیکس<sup>۲</sup>، مانند انواع توزیع لینوکس<sup>۳</sup> ها باشد. تنها نرم افزار مورد نیاز برای انجام این تمرین، کامپایلر<sup>۴</sup> gcc می باشد. توجه داشته باشید که علاوه بر درستی کد، سرعت اجرای آن نیز در این تمرین دارای نمره می باشد و به نوعی یک مسابقه میان دانشجویان برگزار می شود. با بهره گیری از تکنیک های معرفی شده در جلسات حل تمرین می توانید کارایی<sup>۵</sup> برنامه ی خود را ارتقا دهید.

## شبیه سازی حرکت ذرات در کهکشان دوردستان

دانشمندان سازمان ناسا به تازگی موفق به کشف کهکشانی جدید شدند که در آن ذرات رفتار عجیب و متفاوتی نسبت به کهکشان ما دارند. این کهکشان که آن را **دوردستان** نامیدند، به موضوع جذابی برای پژوهش دانشمندان به خصوص فیزیک دانان بدل شده است. در این کهکشان، ذرات به طور مداوم در حال جابه جایی هستند، به طوری که اگر رفتار آن ها را در یک فضای دوبعدی بررسی کنیم، به طور گسسته در زمان، از محلی به محل دیگر جابه جا می شوند. اولین بار دانشمندی به نام ماری کلیر متوجه وجود این پدیده شد. پروفیسور کلیر کشف کرد که این ذرات دارای معادلات حرکتی در دوبعد هستند و با گذشت هر واحد زمانی، با توجه به معادلاتی که دارند در فضای دوبعدی جابه جا می شوند. به طور مثال ذره ای در مختصات (2, 3) با معادلات حرکتی به شکل:

$$\begin{cases} x' = 2x + 1 \\ y' = y - 1 \end{cases}$$

پس از گذشت یک ثانیه از نقطه ی (2, 3) به نقطه ی (5, 2) جابه جا می شود. پروفیسور کلیر نشان داده است که تمام ذرات این کهکشان به دسته ی ذرات آبی و قرمز دسته بندی می شوند. از دیگر نتایج بدست آمده ی ایشان این است که از برخورد ذرات آبی با قرمز، انرژی تولید می شود. هر ذره ی آبی در هنگام برخورد با ذره و یا ذره های قرمز ۵ واحد انرژی تولید می کند و بالعکس. به طور مثال اگر در نقطه ای ۲ ذره ی آبی با ۳ ذره ی قرمز

<sup>۱</sup> Operating Systems  
<sup>۲</sup> Unix-based  
<sup>۳</sup> Linux  
<sup>۴</sup> Compiler  
<sup>۵</sup> Performance

برخورد کنند، ذرات آبی ۱۰ واحد و ذرات قرمز ۱۵ واحد انرژی تولید می کنند. همچنین اگر در نقطه ای تنها ذرات آبی و یا قرمز با یکدیگر برخورد کنند، هیچ انرژی تولید نمی شود. زمانی که ذرات در یک نقطه با یکدیگر برخورد می کنند، معادلات حرکتی آنان تغییر می کند. نتایج پروفیسور کلیر نشان می دهد که اگر ذره ای به نام  $t$  در مختصات  $(i, j)$  با معادلات حرکتی زیر

$$\begin{cases} x' = ax + b \\ y' = cy + d \end{cases}$$

وجود داشته باشد، و پس از گذشت یک ثانیه به نقطه ای  $(i', j')$  جابه جا شود و در آن نقطه با ذره ای دیگر برخورد کند، معادلات حرکتی ذره ی  $t$  بدین شکل تغییر می کند.

$$\begin{cases} x' = a'x + b' \\ y' = c'y + d' \end{cases}$$

ضرایب و ثابت های معادلات فوق را می توان بدین شکل محاسبه کرد :

$$a' = \begin{cases} (i - j') \% 10 & i - j' < 0 \wedge (i - j') \% 10 \neq 0 \\ -((i - j') \% 10) & i - j' > 0 \wedge (i - j') \% 10 \neq 0 \\ a & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$b' = \begin{cases} (i - j) \% 30 & i - j < 0 \wedge (i - j) \% 30 \neq 0 \\ -((i - j) \% 30) & i - j > 0 \wedge (i - j) \% 30 \neq 0 \\ b & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$c' = \begin{cases} (j - i') \% 10 & j - i' < 0 \wedge (j - i') \% 10 \neq 0 \\ -((j - i') \% 10) & j - i' > 0 \wedge (j - i') \% 10 \neq 0 \\ c & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$d' = \begin{cases} (i' - j') \% 30 & i' - j' < 0 \wedge (i' - j') \% 30 \neq 0 \\ -((i' - j') \% 30) & i' - j' > 0 \wedge (i' - j') \% 30 \neq 0 \\ d & \text{Otherwise} \end{cases}$$

حال که تا حد خوبی با رفتار ذرات در کپکشان دورشدگان آشنا شدیم، می‌خواهیم یک نمونه از محیط این کپکشان را در قالب یک برنامه‌ی کامپیوتری شبیه‌سازی کنیم. فرض کنید در یک فضای دوبعدی به اندازه‌ی  $n \times n$ ، به مقدار  $\frac{n^2}{2}$  ذره داریم. فضای دو بعدی ما حلقوی است و هیچ ذره‌ای با جابه‌جا شدن از محیط مزبور خارج نمی‌شود. در ابتدای کار هیچ دو ذره‌ای در یک نقطه قرار ندارند و تعداد ذرات آبی و قرمز با یکدیگر برابرند. اطلاعات این ذرات شامل، مختصات اولیه و معادلات حرکتی آن‌ها در قالب یک فایل CSV به نام input.txt به شما داده می‌شود. برنامه‌ی شما باید این اطلاعات را بخواند و محیط تعریف شده را به اندازه‌ی گذر ۱۵ هزار ثانیه شبیه‌سازی کند و در پایان تعداد کل برخوردها، تعداد کل برخورد مهره‌های آبی با هم، تعداد کل برخورد مهره‌های قرمز با هم، میزان انرژی تولید شده توسط ذرات قرمز، میزان انرژی تولید شده توسط ذرات آبی، مختصات نهایی و معادلات حرکتی ذرات با همان فرمت فایل ورودی، در قالب یک فایل به نام output.txt را مشخص کند. (ما مسئله را برای  $N = 1000$ ، گذر ۱۵۰۰۰ قدم<sup>۶</sup> بررسی می‌کنیم)

سوالاتی که باید در طی این تمرین به آن‌ها پاسخ دهید به قرار زیر می‌باشد.

- الف) مشخصات پردازنده<sup>۷</sup>ی خود را با استفاده از دستور lscpu مشخص کنید.
- ب) مسئله‌ی توصیف شده را به شکل ترتیبی<sup>۸</sup> با استفاده از زبان C/C++ پیاده‌سازی نمایید.
- ج) مسئله‌ی توصیف شده را به شکل چند هسته‌ای<sup>۹</sup> با استفاده از واسط OpenMP، موازی‌سازی<sup>۱۰</sup> نمایید.

<sup>۶</sup>Step

Processor<sup>۷</sup>  
Sequential<sup>۸</sup>  
Multi-core<sup>۹</sup>  
Parallelize<sup>۱۰</sup>

- (د) زمان اجرای نسخه‌ی ترتیبی و نسخه‌ی چندهسته‌ای برنامه‌ی خود را مشخص نموده و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.

## نحوه‌ی ارسال پاسخ

دانشجویان می‌بایست به عنوان پاسخ این تمرین، فایل مربوط به کدهای پیاده‌سازی، فایل output.txt و پاسخ سوالات مشخص شده را به همراه تصویر خروجی اجرای برنامه‌ها در قالب یک فایل گزارش که در آن درباره‌ی پیاده‌سازی انجام شده نیز توضیح داده‌اند، در قالب یک فایل zip بر صفحه‌ی درس در سایت درس‌افزار بارگذاری نمایند.