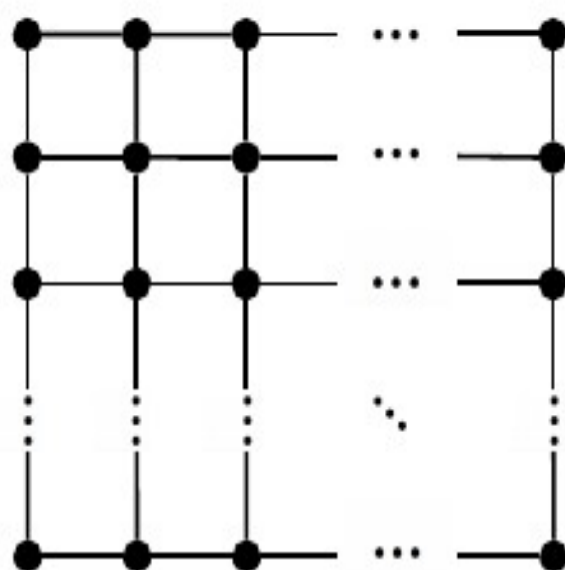


۱- تشریح مسئله

شرکت ارتباطات زیرساخت قصد دارد جهت تسهیل دسترسی مردم به اینترنت پرسرعت نسل جدید، تعدادی دکل مخابراتی را در چند نقطه از شهر اصفهان نصب کند. فرض کنید شهر اصفهان از ۴۰۰ محله (block) تشکیل شده است که در قالب یک ساختار توری (grid) متقارن به ابعاد 20×20 مانند شکل ۱ قرار گرفته‌اند و فاصله هر محله از محله‌های مجاور افقی و عمودی ۱ (واحد اندازه‌گیری) است.



شکل ۱: نحوه قرارگیری محله‌ها در شهر

هر محله که به صورت یک نقطه در این توری در نظر گرفته شده است (پراکنندگی کاربران در سطح محله نادیده گرفته می‌شود) دارای تعداد مشخصی کاربر است (برای محله x تعداد کاربران آن با $|b_x|$ نشان داده می‌شود) و پهنای باند (ظرفیت) اختصاص داده شده به هر محله $(BW(b_x))$ به صورت یکسان بین کاربران موجود در آن محله تقسیم می‌شود که در رابطه (۱) نشان داده شده است.

$$\forall u_i \in b_x, \quad BW(u_i) = \frac{BW(b_x)}{|b_x|} \quad (1)$$

پهنای باند در نظر گرفته شده برای هر دکل مخابراتی ($BW(t_y)$) که برحسب مگابیت بر ثانیه (MB/s) تعیین می‌شود برای خدمت‌رسانی به کاربران محله‌هایی استفاده می‌شود که به آن دکل اختصاص داده شده‌اند ($Blocks(t_y)$). پهنای باند اسمی هر محله ($BW'(b_x)$) تنها توسط یک دکل مخابراتی پشتیبانی می‌شود که با توجه به کل جمعیت کاربران پوشش داده شده توسط آن دکل بر اساس رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$\forall b_j \in t_y, \quad BW'(b_j) = \frac{|b_j| \times BW(t_y)}{\sum_{t \in Blocks(t_y)} |b_t|} \quad (2)$$

دقت کنید که یک دکل می‌تواند به چند محله اختصاص یابد ولی یک محله فقط توسط یک دکل خدمت‌رسانی می‌شود. چون قدرت پوشش شبکه با افزایش فاصله محله‌ها از دکل کاهش می‌یابد همه محله‌های اختصاص داده شده به یک دکل پهنای باند یکسانی دریافت نمی‌کنند. بنابراین بر اساس فاصله هر محله از دکل پهنای باند واقعی اختصاص داده شده به آن به صورت یک تابع شبه گاوسی کاهش می‌یابد (مطابق با روابط (۳) و (۴)).

$$\forall b_x \in t_y, \quad BW(b_x) = cov(t_y, b_x) \times BW'(b_x) \quad (3)$$

$$cov(t_y, b_x) = \exp\left(-\frac{1}{2}(x-y)\Sigma^{-1}(x-y)^T\right), \quad \Sigma = \begin{pmatrix} 0 & 8 \\ 8 & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

در رابطه (۴) متغیرهای x و y به ترتیب مختصات محله و دکل در شهر را نشان می‌دهد. روش محاسبه معکوس یک ماتریس 2×2 در شکل ۲ نشان داده شده است.

If $A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ then

$A^{-1} = \frac{1}{ad - bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$

Inverse of A
Determinant of A
Adjoint of A

Note: A^{-1} exists only when $ad - bc \neq 0$

شکل ۲: نحوه محاسبه معکوس یک ماتریس 2×2

هزینه اولیه ساخت و نیز هزینه نگهداری هر دکل مخابراتی برای اساس پهنای باند آن تعیین می‌شود. هدف در این مسأله تعیین تعداد دکل‌های مورد نیاز، مختصات قرارگیری هر دکل در شهر و پهنای باند مورد نیاز برای آن، و چگونگی اختصاص هر محله به دکل‌هاست تا علاوه بر افزایش رضایت‌مندی کاربران، هزینه برپایی (هم ساخت و هم نگهداری) شبکه نیز کاهش یابد.

از شما به عنوان متخصص هوش مصنوعی خواسته شده است که راه‌حل مناسبی را با استفاده از یک الگوریتم تکاملی برای این مسئله به دست آورید. الگوریتم تکاملی مورد استفاده می‌تواند به دلخواه بر حسب نیازهای مسأله طراحی و پیاده‌سازی شود. به عنوان ورودی برنامه، تعداد کاربران موجود در هر محله به صورت یک ماتریس 20×20 در فایلی به نام

blocks_population.txt مشخص می‌شود که سطرهای آن نمایانگر سطرهای ماتریس بوده و عناصر ماتریس با یک ویرگول از یک دیگر جدا شده‌اند. همچنین سایر مشخصات مسأله به صورت یک دیکشنری پایتون در فایل *problem_config.txt* به عنوان ورودی به برنامه داده می‌شود. توضیح اطلاعات این دیکشنری در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات مسئله

نام فیلد	توضیح فیلد
<i>tower_construction_cost</i>	هزینه اولیه ساخت هر دکل
<i>tower_maintenance_cost</i>	هزینه نگهداری هر دکل به ازای ارائه هر یک <i>MB/s</i> از پهنای باند
<i>user_satisfaction_levels</i>	سطوح مختلف رضایت کاربر براساس میزان پهنای باند دریافتی
<i>user_satisfaction_scores</i>	امتیاز رضایتمندی کاربر در هر سطح

سطوح مختلف و میزان رضایتمندی کاربر به صورت یک آرایه از مقادیر در دیکشنری مشخص شده‌اند. به عنوان مثال اگر سطوح مختلف رضایتمندی [۰.۲، ۱، ۳] بوده و امتیاز رضایتمندی متناظر با آنها با آرایه [۱۰، ۲۰، ۴۰] مشخص شده باشد نحوه محاسبه رضایتمندی کاربر مانند جدول ۲ قابل محاسبه است.

جدول ۲: رضایتمندی کاربر بر اساس میزان پهنای باند دریافتی

سطوح مختلف پهنای باند دریافتی یک کاربر	امتیاز رضایتمندی
کمتر از ۰/۲ مگابیت بر ثانیه	۰
بین ۰/۲ تا ۱ مگابیت بر ثانیه	۱۰
بین ۱ تا ۳ مگابیت بر ثانیه	۲۰
بالاتر از ۳ مگابیت بر ثانیه	۴۰

دقت کنید برنامه نوشته شده توسط شما باید قابلیت اجرا به ازای مقادیر مختلف مشخصات مسأله را داشته باشد (مثلاً اگر هزینه ساخت دکل مقدار دیگری باشد). بنابراین باید توضیحات کافی در سرتاسر برنامه نوشته شود تا کد شما خوانایی بالایی برای اجرای دوباره به ازای ورودی‌های دیگر و امکان اجرا براساس مقادیر دیگر فایل‌های ورودی را داشته باشد.

الگوریتم‌های تکاملی دارای ابرپارامترهای متعددی هستند که در هنگام طراحی الگوریتم برای حل یک مسأله باید مقادیر آنها تعیین شود. در جدول ۳ برخی از این ابرپارامترها به همراه مقادیری که باید برای آنها در نظر گرفته شود آورده شده است. شما باید مسئله را با تمام ترکیب مقادیر ممکن از این ابرپارامترها اجرا کرده و بهترین ترکیب مقدار ممکن را شناسایی کنید. چهار ترکیب مقدار ممکن در جدول ۳ عبارتند از: (۱) احتمال جهش ۰.۱ و بازترکیب ۰.۱؛ (۲) احتمال جهش ۰.۹ و بازترکیب ۰.۱؛ (۳) احتمال جهش ۰.۹ و بازترکیب ۰.۹؛ و (۴) احتمال جهش ۰.۱ و بازترکیب ۰.۹ که باید جداگانه مورد بررسی قرار گیرند.

جدول ۳: ابرپارامترهای الگوریتم

مقدار	ابروپارامتر
۵۰	اندازه جمعیت
۲۰۰	حداکثر تعداد نسل‌ها
۰.۹ و ۰.۱	احتمال جهش
۰.۱ و ۰.۹	احتمال بازترکیب