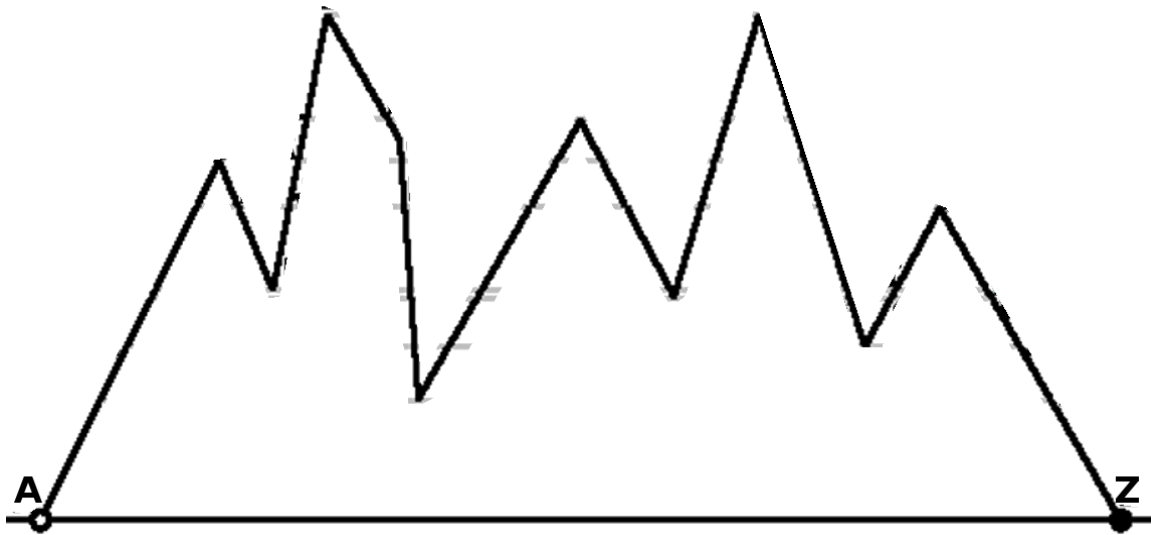


Os dois rovers em Marte

Dois rovers (robôs autônomos) estão explorando Marte e encontram-se em lados opostos de uma cadeia de montanhas e a uma mesma altitude, de fato, estão nas bases opostas da cadeia: rover_1 está em A e rover_2 em Z.



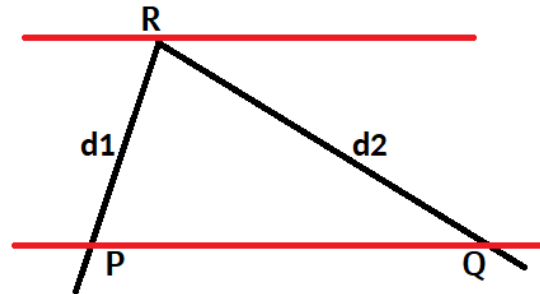
É necessário que os rovers:

1. Troquem amostras de solo entre si, as quais originalmente foram coletadas pelo rover_1 no ponto A e pelo rover_2 no ponto Z;
2. Troquem suas posições em relação aos pontos A e Z, ou seja, o rover_2 deve seguir para A e o rover_1 para Z.

Existem algumas restrições e características dos rovers:

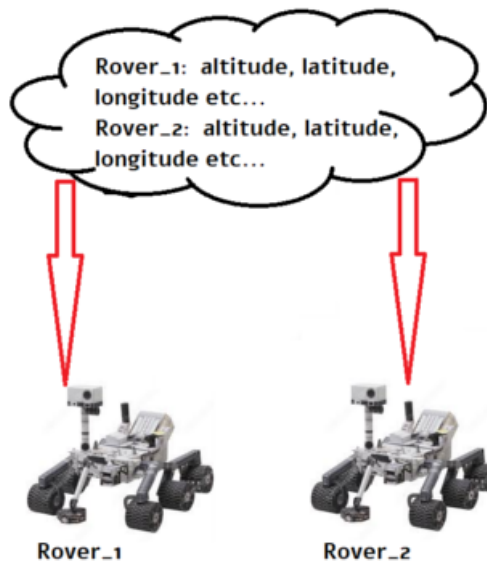
- a) Eles precisam forçosamente "caminhar" ao longo da cadeia de montanhas até que se encontrem;
- b) Até que se encontrem para a permuta, os rovers sempre estarão em movimento. Portanto, um deles não pode simplesmente aguardar até que o outro o alcance, isso não é possível;
- c) O mecanismo de troca de amostras de solo exige que os rovers operem a permuta de amostras em um dos picos ou em um dos vales da cadeia de montanhas. Se eles se encontrarem em um ponto de auge ou declive, a permuta não poderá ser operada e toda a missão fracassará;
- d) Eles apresentam a mesma tecnologia de movimento, normalmente se deslocam a passos iguais. Porém, caso a declividade do terreno seja muito desigual, entre duas linhas de nível (veja a figura abaixo), as velocidades dos rovers podem ser ajustadas diferencialmente para permitir que ambos

alcancem a mesma linha de nível ao mesmo tempo (lembre-se que eles se movem continuamente quando estão escalando, um não espera pelo outro);



O deslocamento $d1$ é mais curto do que o $d2$, é permitido que rover_2 acelere para poder cobrir $d2$ ao mesmo tempo que o rover_1 cobre $d1$.

e) Os rovers estão conectados a um sistema de comunicação e geolocalização bastante robusto e preciso. Dessa forma, cada um deles sabe não apenas a sua localização espacial como também a localização do outro, sendo capazes de identificar aclives/declives e, inclusive, a altitude (elevação) em relação à base da cadeia de montanhas.



Em suma, os rovers precisam sincronizar seus passos de maneira que seu encontro ocorra em um ponto de mesma elevação em um pico ou vale. Para tanto, eles precisam "caminhar" buscando posições em que ambos estejam na mesma elevação: eles precisam se orientar por linhas de nível de elevação.

Grafo:

Os cientistas precisam programar os rovers com um grafo que modele a trajetória até o ponto de encontro. Pede-se a construção desse grafo de acordo com o problema descrito.

Complemente o grafo de forma que os rovers alcancem as posições trocadas na base da cadeia de montanhas

Dica: cada vértice do grafo é uma dupla de pontos ($P_{\text{rover1}}, P_{\text{rover2}}$). Os rovers se encontrarão em uma posição adequada para a permuta quando P_{rover1} for igual a P_{rover2} , dois vértices são adjacentes (fazem parte da caminhada) se a partir de um deles for possível alcançar o outro sem pular vértices intermediários. Grafo é ordenado: (A, Z) ; ...

