

# Ülesanne: TOW

## Torn



BOI 2025, Päev 1. Mälulimiit: 256 MB.

2025.04.26

ToruŇi viltuse torni kohta on palju legende. Torni sein on ring, milles on  $N \geq 3$  ühtlaste vahedega ust (teisistõnu on ukseid korrapärase  $N$ -nurga tippudes). Uksed on nummerdatud arvudega 0 kuni  $N - 1$  **suvalises järjekorras**. See on täpsemalt kirjeldatud hindamise alapeatükis.

Üks vähemtuntud legendidest kirjeldab seda, kuidas torni iga uus asukas pidi teatud väljakutse läbima. Väljakutse eesmärk oli järjestada ukseid, alustades mingist uksest ja liikudes edasi ringis (päripäeva või vastupäeva), igat ust täpselt ühe korra külastades.

Seda tuleb aga teha ilma torni ennast nägemata. Selle asemel saab uus asukas küsida järgmises vormis küsimusi: “Antud on kolm erinevat ust  $x, y, z$ . Milline paar neist on üksteisele kõige lähemal:  $\{x, y\}$ ,  $\{y, z\}$ , või  $\{z, x\}$ ?” Vastus sellele küsimusele on kõik paarid ( $\{x, y\}$ ,  $\{y, z\}$  ja  $\{z, x\}$  hulgast) udest, mille vaheline eukleidiline kaugus on minimaalne. See kaugus on lihtsalt lühima lõigu pikkus, mis antud uksi ühendab. Sinu ülesanne on kirjutada programm, mis küsib väikese arvu küsimusi ja leiab uste järjekorra.

## Suhtlus

See on interaktiivne ülesanne. Sul tuleb kirjutada programm, mis leiab ülesandele korrektse lahenduse ja suhtleb hindamisprogrammiga, lugedes standardsisendist ja kirjutades standardväljundisse.

Interaktsiooni alguses peab programm lugema standardsisendist kaks täisarvu  $t$  ja  $k$  ( $1 \leq t \leq 100$ ,  $1 \leq k \leq 12000$ ), mis tähistavad vastavalt testijuhtude arvu ja maksimaalset lubatud keskmist päringute arvu. Viimast on täpsemalt kirjeldatud hindamise alapeatükis.

Iga testijuhu jaoks peab programm kõigepealt lugema standardsisendist ühe täisarvu  $n$  ( $3 \leq n \leq 500$ ), mis tähistab tornis olevate uste arvu.

Edasi peab programm esitama küsimusi järgmisel viisil:

- Programm peab standardväljundisse kirjutama ühe rea kujul

?  $x$   $y$   $z$

kus  $x, y$ , ja  $z$  on erinevad täisarvud ( $0 \leq x, y, z \leq n - 1$ ). See rida tähistab küsimust uste  $x, y$  ja  $z$  kohta.

- Vastus antakse kuhul:

$r$   
 $a_1$   $b_1$   
...  
 $a_r$   $b_r$

kus  $r$  on täisarv ( $1 \leq r \leq 3$ ), mis tähistab seda, kui mitmel uste paaril oli vähim omavaheline kaugus. Iga selline paar on kirjeldatud kahe täisarvuga  $a_i$  ja  $b_i$  ( $a_i, b_i \in \{x, y, z\}$  ja  $a_i < b_i$ ).

Kui programm on uste järjekorra kindlaks teinud, tuleb standardväljundisse väljastada üks rida kujul

!  $x_0$   $x_1$  ...  $x_{n-1}$

kus  $x_0, x_1, \dots, x_{n-1}$  on uste järjekord, nagu ülesande tekstis kirjeldatud. Pange tähele, et on täpselt  $2n$  võimalikku õiget vastust, kuna järjekorda võib väljastada alustades ükskõik millisest uksest ja liikudes ükskõik kummas suunas. Igaüks neist loetakse õigeks.

**Pange tähele, et pärast igat küsimust või vastust tuleb väljundipuhver tühjendada, kasutades käsklust `cout.flush()` (või `fflush(stdout)` kui kasutada `printf-i`) keeles C++ või käsklust `sys.stdout.flush()` keeles Python.** Muidu võib lahendus saada tulemuseks Time Limit Exceeded (“ajalimiit ületatud”).

Pärast vastuse hindamisprogrammi kirjutamist peab programm koheselt järgmise testijuhu juurde liikuma, või interaktsiooni lõpetama, kui kõik testijuhud on töödeldud.

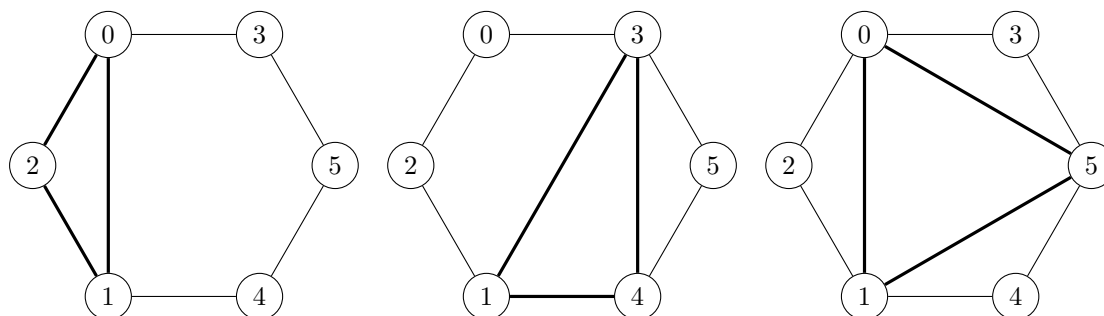
Programm ei tohi avada ühtegi faili ega kasutada muid ressursse. Programm tohib silumise otstarbel kasutada veaväljundit (“standard error”), kuid pange tähele, et sinna kirjutamine võtab ka aega.

Lisaks pange tähele, et hindamisprogramm ei ole adaptiivne, mis tähendab, et uste esialgne järjekord igas testijuhus on varem fikseeritud ja ei muutu interaktsiooni ajal.

## Näidisinteraktsioon

Olgu meil vaid üks testijuht, kus  $n = 6$ , ja olgu uste järjekord 5, 3, 0, 2, 1, 4. Interaktsioon võib välja näha selline:

Hindamisprog.	Lahendusprog.	Kommentaar
1 100		$t = 1$ ja $k = 100$ .
6		Hindamisprogramm annab uste arvu esimeses testijuhus.
	? 0 1 2	Lahendus küsib, millised ukse on üksteisele kõige lähemal.
2 0 2 1 2		Uste paarid $\{0, 2\}$ ja $\{1, 2\}$ on kõige lähemad.
	? 4 1 3	Lahendus küsib, millised ukse on üksteisele kõige lähemal.
1 1 4		Paar $\{1, 4\}$ on kõige lähem.
	? 0 5 1	Lahendus küsib, millised ukse on üksteisele kõige lähemal.
3 0 5 0 1 1 5		Paarid $\{0, 5\}$ , $\{0, 1\}$ , ja $\{1, 5\}$ on kõige lähemad.
	! 4 5 3 0 2 1	Lahendus tagastab korrektse uste järjekorra.



**Näite selgitus:** Joonised näitavad ukse nende numbritega mööda torni seina. Vasakult esimesel pildil on moodustatud kolmnurk udest numbritega 0, 1, 2, vastavalt lahenduse esimesele päringule. Näeme, et paarid  $\{0, 2\}$  ja  $\{1, 2\}$  on üksteisele lähimad. Keskmisel pildil on moodustatud kolmnurk udest 1, 4, 3, vastavalt lahenduse teisele päringule. On näha, et paar  $\{1, 4\}$  on üksteisele lähim. Vasakult kolmandal pildil on moodustatud kolmnurk udest 0, 1, 5, vastavalt lahenduse kolmandale päringule. On näha, et kõik uste paarid on üksteisest sama kaugel.

Pange tähele, et järjendid 0, 2, 1, 4, 5, 3 või 5, 4, 1, 2, 0, 3 (ja paar muud) oleksid selles olukorras ka õiged vastused.

## Hindamine

Selles ülesandes on hindamine jagatud alamülesanneteks. Igas alamülesandes on täpselt üks test ja selles testis on täpselt  $t = 100$  testijuhtu. Iga testi jaoks arvutatakse keskmine kasutatud päringute arv nii, et lahendusprogrammi poolt kokku tehtud päringute arv jagatakse testis oleva testijuhtude arvuga. Kui see keskmine on antud alamülesande jaoks suurem kui  $k$ , siis saab lahendus selle alamülesande eest 0 punkti. Vastasel korral saab alamülesannete 1 kuni 4 eest täispunktid.

Viimases alamülesandes arvutatakse lahenduse punktisumma järgnevalt. Olgu  $k^*$  tegelik programmi poolt tehtud keskmine päringute arv. Saadav punktide arv arvutatakse järgmise valemiga:

$$\left\lceil 56 \cdot \min \left( 1, \frac{12000 - k^*}{7800} \right) \right\rceil,$$

ehk punktisumma kasvab lineaarselt 0-st kuni 56-ni, kui  $k^*$  kahaneb 12000-st 4200-ni.

Pane tähele, et kui lahendusprogramm annab ühegi testijuhu jaoks vale vastuse, saab see terve alamülesande eest 0 punkti, hoolimata kasutatud päringute arvust.

Igas alamülesandes kehtivad lisatingimused on toodud järgnevas tabelis.

Alamülesanne	Piirangud	Punkte
1	$k = 8000, 3 \leq n \leq 9$	6
2	$k = 4500, 40 \leq n \leq 50$	7
3	$k = 3000, 90 \leq n \leq 100$	9
4	$k = 4500, n = 400$ , leidub õige vastus $x_0, \dots, x_{n-1}$ , kus $x_i = i$ , kui $200 \leq i \leq 399$	22
5	$k = 12\,000, n = 500$	kuni 56

Lisaks võib eeldada, et iga testijuht on genereeritud nii, et kõigepealt valitakse  $n$  **ühtlase jaotusega suvaliselt** kõigist võimalike  $n$  väärtuste seast, mis antud alamülesande tingimusi rahuldavad, ja seejärel valitakse uste järjekord **ühtlase jaotusega suvaliselt** kõigi võimalike  $n$  ukse järjestuste seast, mis antud alamülesande tingimusi rahuldavad.