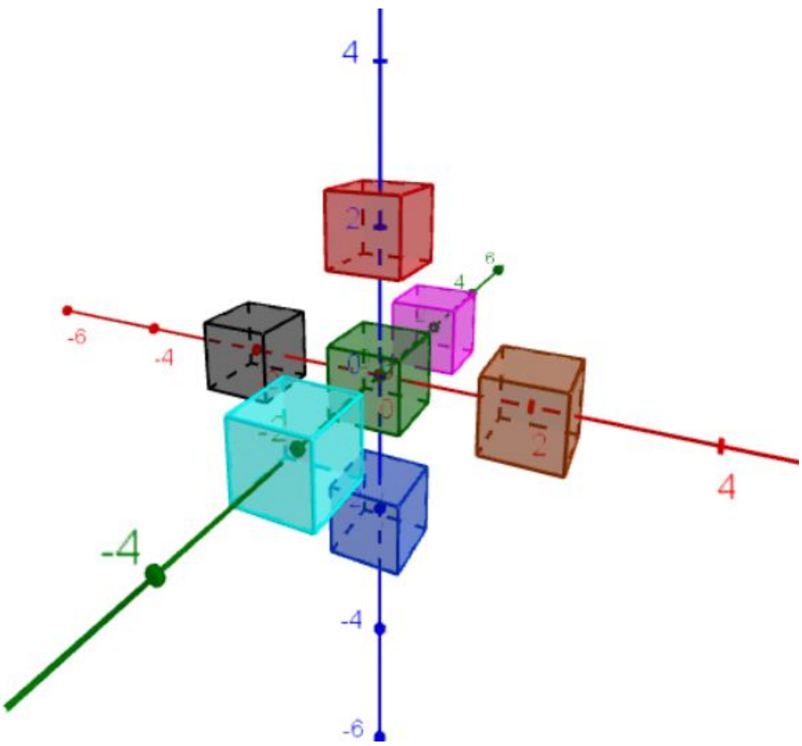
A hatodik, egyben utolsó feladatban egy kockákból alkotott jelenetet kell tudnunk szemlélni centrális vetítés mellett, bizonyos megszorításokkal mozgatható kamerával, láthatóság szerint helyesen.

A jelenet

A jelenetet hét darab egyedi színű egységkocka fogja alkotni (lásd 1. ábra), a következők szerint. Az alapkockánk, azaz az origó középpontú egységkocka most is megmarad, viszont körbepakoljuk hat másik kockával, melyek közül kettő-kettő középpontja az egyes koordináta-tengelyeken van úgy, hogy lapjai párhuzamosak az origó középpontú egységkockánkkal, méretük megegyezik annak méretével, s közéjük még pont beférne egy ugyanilyen kocka. Az alábbi ábráról talán jobban látszik, miről is van szó.

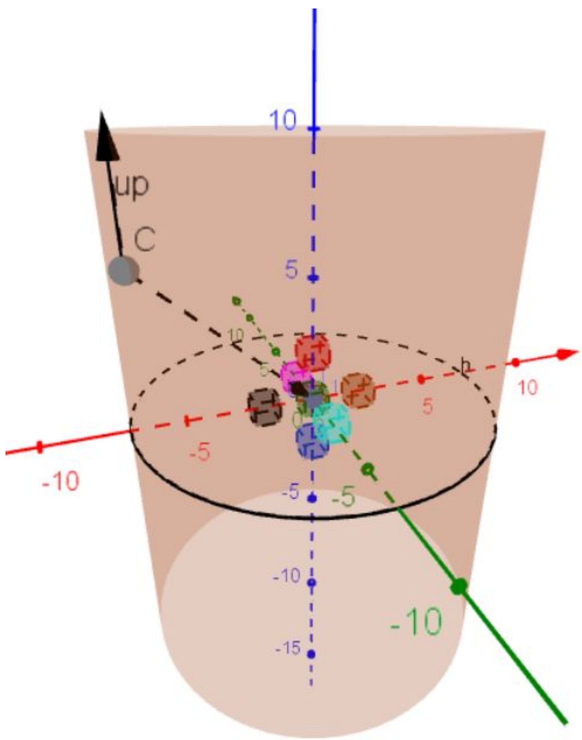


1. ábra A jelenetet alkotó kockák

A kamera helyzete és mozgatási pályája

A kamerát úgy fogjuk elhelyezni, hogy mindig az origóba nézzen, az úgynevezett *up* vektorunk pedig a (0,0,1) vektor legyen (azaz mintha a talpunk az [x,y] síkkal párhuzamosan lenne, és úgy állnánk egyenesen).

A kamera annak konkrét térbeli helyzetét tekintve egy hengerfelületen lesz mozgatható (lásd 2. ábra), ennek pontjai lehetnek potenciális kamerapozíciók. A henger forgástengelye a z-tengely lesz, egyenes körhengerről van szó. Legyen alapkörének sugara *r*. Egy ilyen hengeren úgy tudunk hivatkozni egy pontot, hogy előállítunk egy pontot az [x,y] síkon fekvő, origó középpontú *r* sugarú körön (ezt csináltuk félév elején is, szokásos r×cos(t), r×sint(t) formában kell gondolkodni, az ábrán feketével van kirajzolva ez a kör), ez lesz a kameránkat meghatározó térbeli pontunk x és y koordinátája.



2. ábra A lehetséges kamerapozíciókat tartalmazó henger, a kamera egy lehetséges helyzete (C pont), látszik, hogy az origóba tekint, illetve az **up** vektor is szemléltetve van.

Már csak egy tetszőleges magasságot kell mondanunk hozzá, és ilyen módon bárhová eljuthatunk a hengeren. Az ábrán -10 és 10 az a magasság, amivel még a kirajzolt hengerre érkezünk. Pl. (5×cos(PI), 5×sin(PI), 9) egy 9 magasságban lévő hengerpont lesz a 180 fokos elforgáshoz tartozva, azaz koordinátái (-5, 0, 9) lesznek. 8-as sugárértékre, 0 fokra és 7 magasságra a (8×cos(0), 8×sin(0), 7), azaz (8, 0, 7) kamerapozíció adódik.

Billentyűpárral lehessen változtatni (növelni vagy csökkenteni) a szöget, ezzel biztosítjuk a körbejárhatóságot (zárójeles előző megjegyzésemben *t*-vel jelöltem ezt a szöget, példáinkban ez volt 180, illetve 0 fok), hogy csökkenjen vagy nőjön egy kis értékkel, illetve egy **másik billentyűpárra pedig azt lehessen elérni, hogy felfelé, vagy lefelé mozogjunk a z-tengely mentén a hengeren a kamerával**, azaz míg a szögérték az első két koordinátát változtatja és ezzel mehetünk körbe az alakzaton, addig a másik említett billentyűpár egyszerűen a z-koordinátát fogja növelni vagy csökkenteni, ezzel elérve, hogy magasabbról vagy alacsonyabbról szemlélhessük a jelenetet.

Mivel megint alkalmazni fogunk WTV transzformációt, ezért **a kockáinkhoz hasonlóan a kameránkat is a „minivilágban" hagyjuk, azaz a henger alapkörének sugara csak maximum olyan 10–20 egység lesz, és a rajta kapott képet majd tetszőleges viewportban mutatjuk meg.**

Láthatóság és vetítés

A programnak láthatóság szerint kell mutatni a képernyő közepén a kamera által látott képet, láthatóság szerint helyesen, centrális vetítést feltételezve.

Ahogy érzékelhettük, a jelenetet nem egyetlen konvex és zárt alakzat alkotja, hanem hét kockánk van összesen. Itt nem fog az működni, hogy csak azokat a lapokat rajzoljuk ki, amelyek esetében a testből kifelé mutató normálvektor a vetítés előtt megfelelő tulajdonságú. Hiába néz ugyanis felénk egy lap, ha azt egy másik, hozzánk közelebb elhelyezkedő kocka éppen eltakarja. Emiatt azt kell tennünk, hogy azokat a lapokat, amelyek biztosan nem látszanak, eldobjuk, majd a maradékot a szemünktől számolt távolságuk szerint rendezve rajzoljuk ki, ami legmesszebb van, azt legelőször. Lássuk ezt kicsit részletesebben.

Ahogy tanultuk is, egy lap akkor nem látszik biztosan zárt alakzatok esetén centrális vetítésnél, ha a vetítés előtti pillanatban a testből kifelé mutató normálvektornak és a lap egy pontjából a centrumba (0,0,s) mutató vektornak a skaláris szorzata negatív, azt is megtanultuk, hogy miért is van ez így. Az ilyen tulajdonságú lapokat először el fogjuk dobni, azaz nem terheljük a rendszert feleslegesen azzal, hogy olyan lapokat is rendezzen, amik garantáltan nem látszanak. A lapok rendezéséhez beépített rendezést nyugodtan lehet használni, javaslom a qsort-ot, aminél egy comparator függvény segítségével meg lehet adni, hogy mi jelentse azt, hogy valami nagyobb egy másik valaminél, ez esetünkben a lapok rendezésénél pont a centrumtól vett távolságuk lesz.

A vetítés előtti normálvektor állásokat úgy kaphatjuk meg, ha a mátrixszorzási láncban a vetítés előttig szorozzuk csak össze a mátrixokat, és ezt engedjük rá a kiindulási adatokra. Az így nyert térbeli pozíciók alapján a tanultak szerint meg tudjuk csinálni minden kocka minden lapjának normálvektorát (sok lap normálvektora megegyezik majd, ezt akár ki is lehet használni, de nem muszáj), s ezen normálvektorok alapján dönteni tudunk, hogy eldobhatjuk-e az illetőt, avagy sem. A megmaradt lapokat rendezés után megfelelő sorrendben kirajzolva helyes eredményt kapunk. Azt, hogy egy lap milyen messze van a centrumtól, számolhatjuk úgy esetünkben, hogy a lapot alkotó pontok átlagát számoljuk (ez az adott lap középpontja, súlypontja lesz) és ettől mérjük a centrum távolságát, azt mondjuk, hogy ilyen messzire van a lap a centrumtól. Még egyszer, megbeszéltük, hogy akkor dobhatjuk el, ha a testből kifelé mutató normálvektornak a vizsgált lap egy pontjából a vetítési centrumba (ami a (0,0,s)) mutató vektorral vett skaláris szorzata negatív.

A kockák látható lapjainak éleit külön is rajzoljuk meg a jobb szemléltetés érdekében, ez az ábrán a kockához hasonló, kissé sötétebb színnel jelenik meg, de választhatunk mindegyikhez feketét is, mint élrajzoló színt.

A mátrixokról

Most a láncunk csak egyszerűen $W_{tv} \times V \times K$ áll elő, azaz a „minivilágban" vannak a kockák (egységnyi oldalhosszak) és a kamera is (maximum 20 egység sugárral bír a hengerünk alapköre). Ezt azt jelenti, hogy a centrális vetítés mátrixánál se vegyük túlságosan messze a centrumot, elég 3–10 között hagyni valahol.
Ahogy korábban szerepelt, a láthatóság eldöntéséhez meg kell állnunk a láncukban. Ez most csak annyit jelent, hogy a K-val való szorzás után kell egyből megállni, s az ekkor kijövő csúcskoordinátákkal leírt lapokra végrehajtani a tesztet, hogy mit dobhatunk el. Aztán rendezünk a már leírt módon, s vagy továbbszorozva a maradék mátrixok által meghatározott egyetlen N mátrixszal ($N = W_{tv} \times V$), vagy az eredeti pozíciókra ráengedve a korábban M-nek hívott, mindent tartalmazó mátrixot kaphatjuk meg a végső, rajzolási pozíciókat.

A megállás után nem lehet még két mátrixszorzás a végső rajzolási pozíció eléréséhez, az itt egy mondattal korábban leírt módszerek valamelyikét válasszuk!

Videó

Az alábbi linken található egy demonstráló videó a feladathoz.

https://youtu.be/XzyvgMCLJbk

Mindenkinek jó munkát kívánunk!