3D-s animációt lejátszó és objektum-poligonszámot csökkentő alkalmazás

Erdős Zoltán

Budapest

2017.

NYILATKOZAT

a pályamű eredetiségéről

Alulírott ERDŐS ZOLTÁN, a Gábor Dénes Főiskola MÉRNÖK INFORMATIKUS szakos hallgatója, felelősségem tudatában kijelentem, hogy a jelen 3D-S ANIMÁCIÓT LEJÁTSZÓ ÉS OBJEKUM POLIGONSZÁMOT CSÖKKENTŐ ALKALMAZÁS című, pályamű a saját, önálló munkám eredménye.

A nyomtatott vagy elektronikus forrásokból idézett, átvett vagy átfogalmazva felhasznált részeket megjelöltem, azok hivatkozási adatait az irodalomjegyzékben megadtam.

Budapest, 2017. 10. 28

Erdős Zoltán

aláírás

GÁBOR DÉNES FŐISKOLA

1119 Budapest, Fejér Lipót u. 70.
Tel: 36-1-203-0283

KONZULENSI LAP

1. **A konzulens neve:** Berecz Antónia
   munkahelye: Gábor Dénes Főiskola
2. **A dolgozat készítőjének neve:** Erdős Zoltán
3. **A dolgozat címe:** 3D-s animációt lejátszó és objektum-poligonszámot csökkentő alkalmazás

A konzulens nyilatkozata

Alulírott, Berecz Antónia, a dolgozatot eredetiség szempontjából átvizsgáltam, plagizált tartalommal nem találkoztam.

A dolgozat a TDK házi versenyre beadható.

Budapest, 2015. november 3.

.....

konzulens aláírása

GÁBOR DÉNES FŐISKOLA

1119 Budapest, Fejér Lipót u. 70.
Tel: 36-1-203-0283

KIVONAT

Erdős Zoltán

Gábor Dénes Főiskola, mérnök-informatikus szak, II. évfolyam

Konzulens: Berecz Antónia
főiskolai adjunktus

3D-S ANIMÁCIÓT LEJÁTSZÓ ÉS OBJEKTUM-POLIGONSZÁMOT CSÖKKENTŐ ALKALMAZÁS

Dolgozatomban egy megoldást mutatok arra, hogyan lehet betölteni fájlból 3D-s animációt tartalmazó fájlt, majd megjeleníteni OpenGL segítségével, C# nyelven, alkalmazásablakban, illetve hogyan lehet magas felbontású (sok háromszög poligonból álló) modellek poligonszámát viszonylag rövid időn belül csökkenteni.

A projekt C#-os forráskódja letölthető innen: https://github.com/ezszoftver/Zarovizsga. A modelleket, illetve animációt tartalmazó fájl .smd kiterjesztésű kell legyen.

GÁBOR DÉNES FŐISKOLA

1119 Budapest, Fejér Lipót u. 70.
Tel: 36-1-203-0283

ABSTRACT

Zoltán Erdős

Dennis Gabor College, engineer-informatics, II[nd] year

Consultant: Antónia Berecz

College senior lecturer

3D-ANIMATION PLAYER AND OBJECT'S POLYGON NUMBER REDUCER APPLICATION

The thesis introduces a solution to load 3D animation files, then display them with OpenGL. The program has been writen in C# language, and runs in an application window. The other funcion of the program is the polygon number reducing of the high resolution (multi-triangle polygon) models within a relatively short time.

The C# source code for this project can be downloaded from https://github.com/english/Zarovizsga. The file, which contains the models and animation need to be .smd.,

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés

Dolgozatomban egy megoldást mutatok arra, hogyan lehet betölteni fájlból 3D-s animációt tartalmazó fájlt, majd megjeleníteni OpenGL segítségével, C# nyelven, alkalmazásablakban, illetve hogyan lehet magas felbontású (sok háromszög poligonból álló) modellek poligonszámát viszonylag rövid időn belül csökkenteni.

A projekt C#-os forráskódja letölthető innen: https://github.com/ezszoftver/Zarovizsga [5].

A modelleket, illetve animációt tartalmazó fájl `.SMD` kiterjesztésű kell legyen.

Manapság a számítógépes játékok nagyon gépigényesek, egy 3D-s modell megjelenítése sok erőforrást használ. Operatív memóriából (RAM-ból) egyre több van a számítógépben, és ezt kihasználva egy-egy modellt több részletezettségben is beletölthetünk. Ekkor kirajzoláskor kiválaszthatjuk, hogy melyik részletezettségűt jelenítjük meg. Így például, ha a modellből sok pixel látszik, mert közel van a kamerához, akkor célszerű azt részletesebben kirajzolni. Míg ha távol van a kamerától, például 100 m-re, akkor csak pár pixel látszik belőle, ezért elegendő valamelyik alacsony részletezettségű verzióját kirajzolni – így gyorsabb lesz a megjelenítése.

A modellek részletezettsége alatt a felületüket borító háromszögpoligonok darabszámát értem. Minél részletezettebb egy modell, annál több háromszögből áll. Animált modelleknél is hasznos a részletezettséget csökkentő program. Dolgozatom a hozzá csatolt forráskóddal egy megoldást mutat a poligonszám-csökkentésre, illetve az animációk betöltésére.

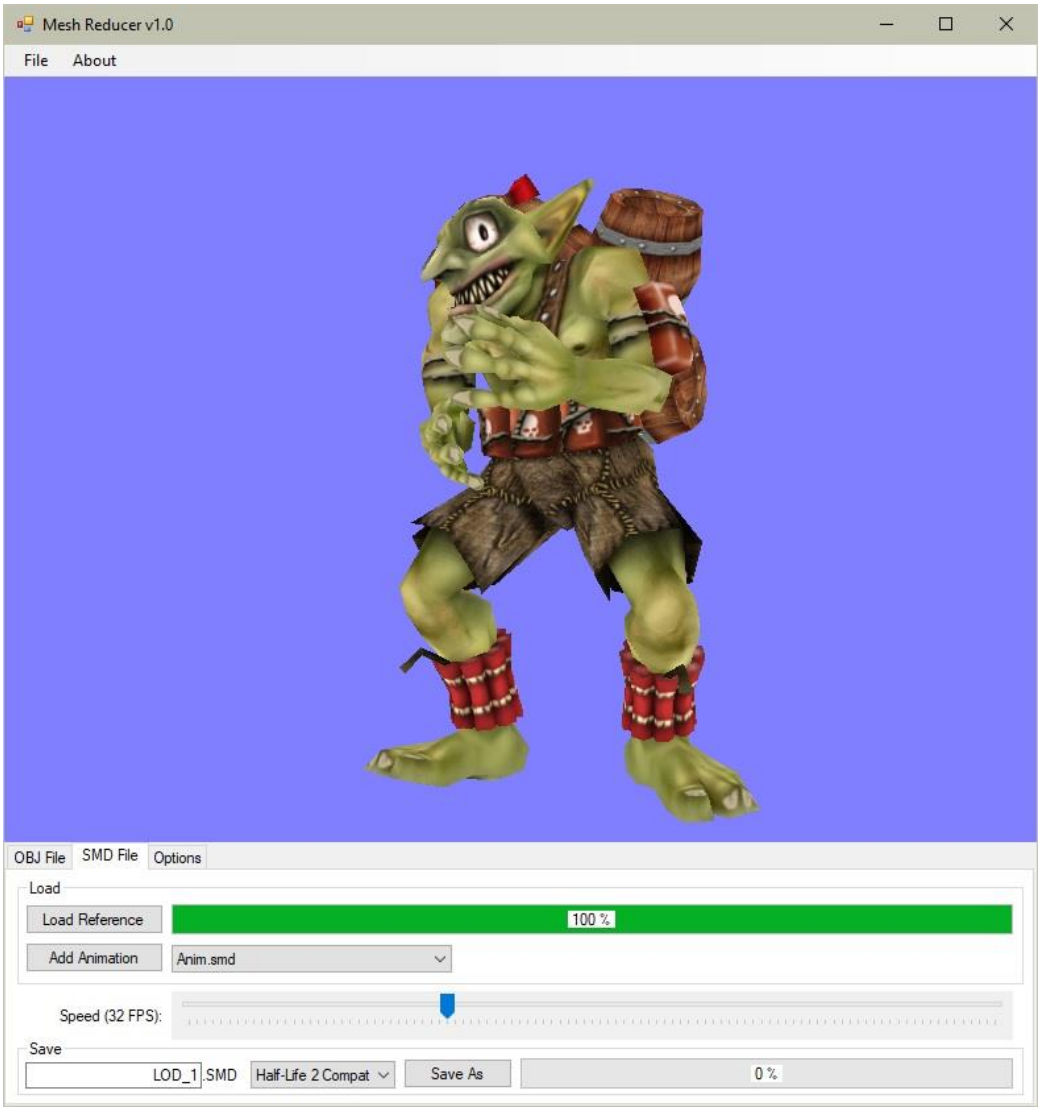
Azért választottam dolgozatom témájának ezt, mert:

- Érdekel a játékfejlesztés. Bár a modellszerkesztő programokban (például a nyílt forráskódú, általános modellező Blenderben, a profi felhasználásra szánt 3D Studio Maxban vagy Maya-ban) lehet poligonszámot csökkenteni, de bonyolult a használatuk.
- Viszonylag újszerű ez a téma. Kb. 20 éve, azóta, hogy megjelentek a 3D-s játékok, léteznek optimalizáló eljárások a játékokban. Szinte minden játékban, játékszerkesztő programban megtalálható ez a funkció, mert nagyobb játékélményt nyújtanak, ha gyorsabban jelennek meg a képek, és kisebb erőforrásigénnyel futnak.

- Ezek ellenére a megvalósításához szükséges elméleti tudás, vagyis hogy hogyan működik az animáció-lejátszás és a háromszögek számának csökkentése, csak a játékfejlesztők azon körében ismert, akik megírják hozzá a programokat.
- Dolgozatommal segítséget kívánok nyújtani azoknak a programozóknak, akiket a számítógépes grafikán belül a játékfejlesztés, illetve a sebesség-optimalizáció érdekel. Magyar nyelven kevés irodalmi forrást lehet találni ezen a területen, ezért bízom benne, hogy örömmel fogadják honlapomon [5] megosztva írásomat.

A poligonszám-csökkentő és animáció-megjelenítő algoritmusomat teljesen kidolgoztam. A `MeshReducer.exe` nevű programban valósítottam meg, amely [5]-ről érhető el. Az 1. ábra a kezelői felületét mutatja a `Goblin.smd` modellel [11].

A program már a bétatesztelés fázisában van, és csak néhány hiba fordul elő benne.



1. ábra: A MeshReducer program felülete [saját termék]

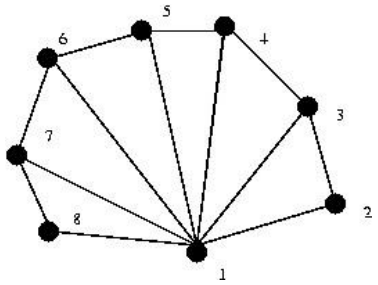
Dolgozatom további fejezeteiben először áttekintést adok a 3D objektumok szerkezetéről, majd a 3D szoftverekben megvalósított poligonszám-csökkentésről. Ezután ismertetem saját algoritmusomat a háromszögpoligonok darabszámának csökkentésére, amelyben módszerem a legrövidebb él megkeresése és törlése. Az algoritmusom szoftveres megvalósításának, a MeshReducer programnak a bemutatása előtt röviden kitérek az `.OBJ` és az `.SMD` fájlok kezelésére a projektben általam használt C# nyelven. Az utolsó fő tartalmi fejezetben egy fejlettebb, mások által készített poligonszám-csökkentő algoritmust mutatok be, amely a közel egy irányba néző normálvektorú háromszögek közös élének keresésén alapul. A dolgozat az eredmények összefoglalása után a MeshReducer felhasználói kézikönyvével, majd mellékletben a saját készítésű játékaim szájtjainak bemutatásával zárul.

2. A 3D objektumok szerkezetének áttekintése

Vector: Egy x, y, z számhármas. A három szám egy-egy lebegőpontos szám, amelyek együtt egy pontot jelölnek ki a térben.

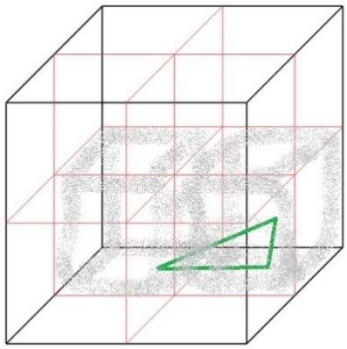
Háromszög: Három vektorból áll. A, B, C vel jelöljük őket. Fontos a háromszög három vektorjának a sorrendje.

Poligon: Minimum 3 vertexből áll (azaz háromszögpoligon). Ha több vertex van megadva, akkor az alábbi ábra mutatja, hogy hogyan alakul a poligon kinézete.



2. ábra: Sok vertexből álló poligon [saját ábra]

Térfelosztás: Feldaraboljuk a teret kis kockákra például 2x2x2-es darabszámú kis kockákra. Egy-egy kis kocka háromszögeket tartalmazó listából áll. Majd a zöld színű háromszöget azokba a kiskockákba másoljuk bele, amelyeket elmetsz. Ha meg akarunk keresni a térben egy háromszöget, akkor elég csak abban a kiskockákban keresni, ahol a zöld színű háromszög található.



3. ábra: Térfelosztás poligon kereséséhez [saját ábra]

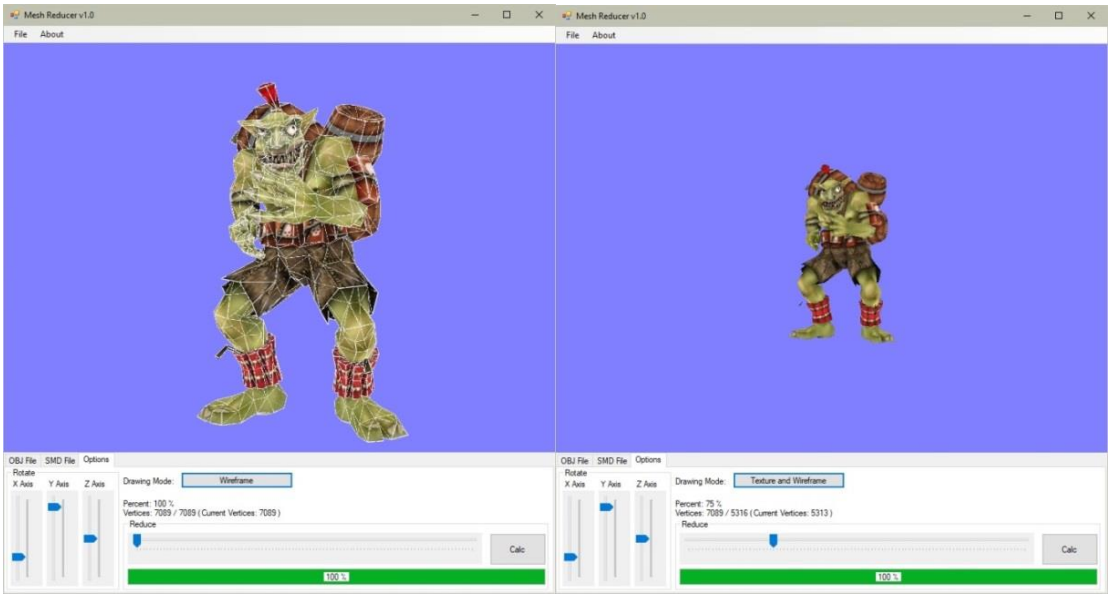
3. A 3D szoftverekben megvalósított poligonszám-csökkentés áttekintése

Animációt lejátszani és poligonszámot csökkenteni más programokkal (például Blenderrel, 3D Studio Maxszal, Maya-val) is lehet, de azok használata bonyolult, nagy tudást igényel. Ebben a fejezetben áttekintünk néhány algoritmust, amelyet ingyenesen használható, nyílt forráskódú programokban alkalmaznak.

…

4. Saját algoritmus a háromszögpoligonok darabszámának csökkentésére: legrövidebb él megkeresése és törlése

Ebben a fejezetben azt mutatom be, hogyan lehet csökkenteni a modellek háromszögpoligonjainak darabszámát. Az alábbi ábrákon látjuk az algoritmus eredményét a MesReducer program felületén.



4. ábra: Bal oldalon a 100%-os, jobb oldalon 75%-os poligonszámú modell [saját termék]

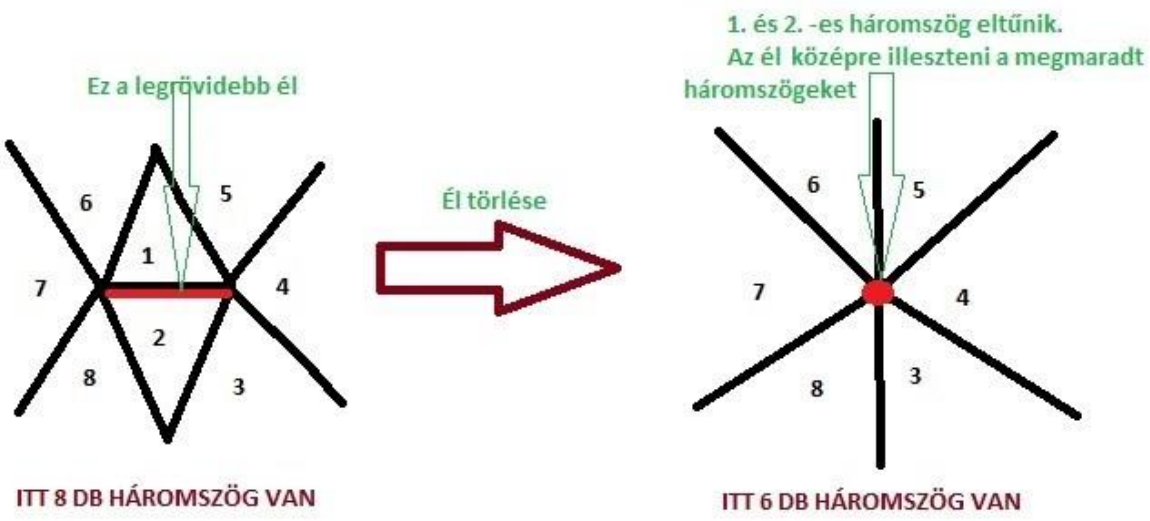
Először a háromszögpoligonokat alakítsuk ilyen formára:

```
class Triangle
{
     public Vector3 vA, vB, vC;
     public Vector2 tA, tB, tC;
     public int texture_id,
}
List<Triangle> triangles;
```

Így háromszögekkel kell dolgoznunk. A `List<Triangle> triangles` lista eltakarja az `.OBJ` és az `.SMD` fájlok felépítését. Most már csak ezzel a `triangles` listával fogunk foglalkozni. Ezt a listát lehetséges visszaalakítani `.OBJ` vagy `.SMD` struktúrára.

A háromszögek darabszámának csökkentésének a lépései, a következők:

1. A legrövidebb él megkeresése a `triangles` listában.
2. Azoknak a háromszögeknek, amelyek egy csúccsal metszik ezt az élt, a metsző csúcsát az él két csúcsának a számtani közepére kell állítani. A textúra-koordinátákat is hozzá kell igazítani.
3. Töröljük azokat a háromszögeket, amelyek két csúcsukkal is metszik a legrövidebb élt.
4. Ismétlés az 1. ponttól, ha a `triangles` lista még túl sok háromszöget tartalmaz.



5. ábra: Legrövidebb él törlése [saját ábra]

Most nézzük részletesen a négy lépés algoritmusát.

1. Legrövidebb él megkeresése a `triangles` listában

„for” ciklussal járjuk végig a háromszögeket, és mérjük meg minden egyes háromszög csúcsai között a távolságokat. Ha találtunk rövidebbet az eddigi legrövidebbtől, akkor tároljuk el azt az élet.

```
class Edge
{
    public Vector3 A;
    public Vector3 B;
    public int texture_id;
}
```

Ha több millió háromszögből áll a lista, akkor az él keresése sok időt fog igénybe venni. Tehetjük azt, hogy nem egyesével járjuk be a listát, hanem például véletlenszerűen 1000-

szer `int id`-t generálunk, ami `[0 .. (triangles.Count - 1)]` értékeket veheti fel, majd csak azokkal a háromszögekkel számolunk. Hozzávetőlegesen jó eredményt ad ez a megoldás is, és sokkal gyorsabb. A véletlen szerű `int id` a jó megoldás. Ha például 10 000 háromszög van, és minden 10. háromszöget vizsgálnánk mindig, az azért nem lenne jó megoldás, mert akkor nagyrészt mindig ugyanazokat a háromszögeket vizsgálnánk. Például a 3., 7., 9. sohasem lenne vizsgálva. Tehát ezért jobb választás a véletlen szám generálása.

2. Azoknak a háromszögeknek, amelyek egy csúccsal metszik ezt az élt, a metsző csúcsát az él két csúcsának a számtani közepére kell állítani. A textúra-koordinátákat is hozzá kell igazítani.

Ha megvan a legrövidebb él, akkor ki kell számolni az él két csúcsának a közepét: `Vector3 P = ((edge.A + edge.B) / 2.0f);`, majd meg kell keresni azokat a háromszögeket, amelyek pontosan egy csúccsal metszik el az `edge.A`-t vagy az `edge.B`-t. Ezeknek a háromszögeknek az élt metsző csúcsa legyen egyenlő a kiszámolt `Vector3 P` ponttal.

Majd számoljuk ki az élen lévő két csúcs textúra-koordinátáinak is a számtani közepét. Ez legyen `Vector2 tP`. Ha az él `texture_id`-je egyenlő az egy csúccsal metsző háromszög `texture_id`-jével, akkor a háromszöget metsző csúcsnak a textúra-koordinátáját is le kell cserélni a `Vector2 tP`-re. Ha nem ugyanaz az él `texture_id`-je, mint a háromszög `texture_id`-je, akkor nem csinálunk a háromszög textúra koordinátájával semmit.

3. Töröljük azokat a háromszögeket, amelyek két csúcsukkal is metszik a legrövidebb élt.

Ha a háromszög két metsző csúcsát lecserélnénk az él közepére, akkor a háromszög két ugyan olyan csúcsot tartalmazna, az már nem egy háromszög, hanem egy egyenes lenne. Az nem látszik, törölni kell a listából.

4. Ismétlés az 1. ponttól, ha a „`triangles`” lista még túl sok háromszöget tartalmaz.

A fenti lépésekkel kevesebb háromszög lesz a listában. Ha még kevesebbet szeretnénk, akkor futtassuk újra az algoritmust az 1. ponttól.

Sebesség optimalizálása

Amikor egy élnek keressük a szomszédos háromszögeit, amelyek tartalmazzák az élt, akkor ezt nem csak a teljes `triangles` lista bejárásával tehetjük meg. Daraboljuk fel a háromszögeket tartalmazó teret 10x10x10-es kockákra. Minden egyes kocka egy kicsi `List<Triangle> triangles` lista. Inicializáláskor járjuk be a fő `triangles` listát, minden egyes háromszögére számoljuk ki az őt metsző kockákat, majd másoljuk a megfelelő kockába a háromszögeket. Így amikor találunk egy élt, elég csak a környezetében lévő kockáknak a háromszögeivel elvégezni a metszésvizsgálatot. Ez akár 10-100-szoros sebességnövekedést is jelenthet.

Egy háromszög több kockába is kerülhet.

Amikor vissza akarjuk állítani a 10x10x10-es kockák kis `triangles`-eiből a fő (nagy) `triangles` listát, akkor egy megoldás lehet az, hogy csak azokat a háromszögeket másoljuk a kockákból a fő `triangles` listába, amelyek még nem szerepelnek a fő (nagy) listában. Ez jó megoldás, de ha a fő `triangles` lista tartalmaz már például 20 000 háromszöget, akkor sok időbe telik (kb. 0,5 másodpercbe) a listában való keresés, amelynek az ideje folyamatosan növekedne.

Én itt azt a megoldást választottam, hogy mindig csak a lista utolsó 10 000 háromszögével hasonlítok össze. Amelyek régebbi háromszögek a listában, azok valószínűleg távolabbi kockához tartoztak a mostani kockához képest, így kicsi a valószínűsége, hogy ott is elhelyezkedik ugyanaz a háromszög. Így az összehasonlítás ideje jelentősen csökken.

Normálvektorok számítása.

A normálvektorok számításánál is jól jönnek a 10x10x10-es kockák. Egy csúcs normálvektora a csúcsot metsző háromszögek normálvektorainak az átlaga. Amikor keressük a csúcsot metsző háromszögeket, akkor is jól jön az, hogy csak abban a kockában kell keresni a metsző háromszögeket, ahol a csúcs található. A normálvektorokat elég a 10x10x10-es tömb listává alakítása (visszaalakítása) előtt elvégezni. Amikor csökkentjük a háromszögek számát, nincs szükség normálvektorra, nem kell számolni azokat, elég csak a végén.

5. .OBJ és .SMD fájlok kezelése C# nyelven

Ebben a fejezetben egy megoldást mutatok az `.OBJ` és az `.SMD` fájlok kezelésére C# nyelven: hogyan lehet megnyitni azokat, hogyan lehet animációt kiszámolni, megjeleníteni. A modell fájlba írását nem mutatom be, mivel ugyanazon az elven működik, mint a beolvasás. A fejezet elkészítéséhez [1] [2] [3] mintakódjait használtam fel.

5.1. Az .OBJ fájlok fontosabb kulcsszavai

Az `.OBJ` fájl viszonylag elterjedt, minden 3D-s szerkesztőben megtalálható. Ez a fájl nem támogatja az animációt. Az `.OBJ` mellett általában szokott lenni egy `.MTL` fájl is, amely a textúrákat és az anyagok tulajdonságait írja le.

Az alábbi kulcsszavak szerepelnek egy `.OBJ` fájlban:

- Megjegyzés:

```
# ez egy sornyi megjegyzés a fájlban, nem kerül értelmezésre
```

- Egy csúcspont:

```
v 2.963193 1.167374 -0.431719
```

Ha `v` szöveggel kezdődik egy sor, akkor utána három lebegőpontos szám következik, amelyek egy pontot adnak meg a térben. Ezeket gyűjtsük össze egy `List<Vector3> vertices;` listába.

- Egy textúra koordináta:

```
vt 0.875000 0.035000
```

Ha `vt` szöveggel kezdődik egy sor, akkor utána két lebegőpontos szám következik, amelyek egy textúra-koordinátát adnak meg. Ezeket gyűjtsük össze egy `List<Vector2> textcoords;` listába.

- Egy normál vektor:

```
vn 0.704114 0.480790 0.522556
```

Ha `vn` szöveggel kezdődik egy sor, akkor utána három lebegőpontos szám következik, amelyek egy, a felületre merőleges vektort adnak meg. Ezeket is gyűjtsük össze egy `List<Vector3> normals;` listába.

- Háromszögek:

```
f 1/2/3 1821/1924/2 609/712/3
```

Ha `f` szöveggel kezdődik egy sor, akkor utána szóközökkel elválasztva minimum három vertex következik. Az első vertex `1/2/3` jelentése: Az aktuális csúcs az 1. elem a `vertices` listából, a csúcshoz tartozó textúra-koordináta a 2. elem a `textcoords` listából, és a csúcshoz tartozó normálvektor a 3. elem a `normals` listából. Ne felejtsük el, hogy a lista indexelése 0-tól kezdődik, tehát az `1/2/3` azt jelenti, hogy egy vertex így néz ki:

```
class Vertex
{
      public Vector3 v = vertices[0];
      public Vector2 vt = textcoords[1];
      public Vector3 n = normals[2];
}
```

Így van egy vertexünk. Egy háromszöghöz három vertex kell. Ha több vertex szerepel egy sorban, akkor a 4. vertex a 3. és az 1. vertexszel alkot egy háromszöget. Az 5. vertex a 4. és az 1. vertexel alkot egy háromszöget, és így tovább.

- Materiál kijelölése:

  `usemtl Texture_0`

Ha `usemtl` szöveggel kezdődik egy sor, akkor az utána szereplő materiál-azonosítóval úgymond megmondom, hogy a most következő f-ekre (háromszögekre) ezt a textúrát kell ráhúzni.

- Textúrák és tulajdonságaik:

  `mtllib cottage.mtl`

Ha `mtllib` szöveggel kezdődik egy sor, akkor utána az `.MTL` materiálfájl neve szerepel, amely a textúrákat és azok tulajdonságait írja le. Az `.MTL` fájlban a legfontosabb kulcsszavak az alábbiak:

  - `newmtl Texture_0`: Új materiált hoz létre, amelyre a `Texture_0` névvel hivatkozhatunk. Most ez az aktuális materiál.
  - `mmap_Kd alma.bmp` vagy `map_Kd alma.bmp`: Az aktuális materiál textúrája az `alma.bmp`. Ez nem mindig szerepel.
  - `Kd 1.0 0.5 0.0`: Az aktuális materiál színe red: 1.0, green: 0.5, blue: 0.0. Ha nincs textúra, akkor a színt kell használni.

- **.OBJ fájl kirajzolása:**

```
foreach(Material material in materials)
{
     glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, material.texture_id);
     glBegin(GL_TRIANGLES);
     foreach(Vertex vertex in material.vertices)
     {
          Vector3 v = vertex.v;
          Vector2 tc = vertex.tc;
          Vector3 n = vertex.n;
          glTexCoord2f(tc.X, tc.Y);
          glNormal3f(n.X, n.Y, n.Z);
          glVertex3f(v.X, v.Y, v.Z),
     }
     glEnd();
}
```

5.2. Az .SMD fájlok betöltése

Geometriát és animációt tároló .SMD fájlok

Az `.SMD` kiterjesztésű fájlt a Valve Corporation, 1996-ban alapított, videojátékokat fejlesztő amerikai vállalat hozta létre [9]. A Half-Life 1-2 Half-Life tudományos-fantasztikus belső nézetű lövöldözős (First Person Shooter, FPS) számítógépes játék is ezeket használja ahhoz, hogy animált modelleket jelenítsen meg.

Ez az `.SMD` kiterjesztésű fájl egy szöveges fájl. Két féle `.SMD` fájl létezik. Az egyikben mozdulatlan geometriát tárolunk (háromszögek), míg a másik típusban csak az animációt tároljuk. Mind a két féle fájlnak a kiterjesztése `.SMD`.

Miért kell külön tárolni a geometriát a hozzá tartozó animáció(k)tól? Azért, mert ha mi csak például a „futás” animációt szeretnénk betölteni, akkor elég csak ezt az egy animációt betölteni. Ha egy fájlban lenne a geometria és az összes animáció, akkor olyan animációt is betöltene a program, amelyre nincs szükség. Így tudunk válogatni, hogy mit töltsünk be, és mit ne.

Legelőször a geometriát kell betölteni – ezt kötelező. Utána töltjük be az animáció(ka)t. A geometriát tartalmazó fájlt szokás `Reference.smd`-nek nevezni, míg az animáció(kat)t tartalmazó fájl(oka)t pedig például `Anim.smd`-nek. Az `.SMD` kiterjesztésű fájl létrehozható 3D-s szerkesztőprogramokkal, például MilkShape3D-vel, 3DStudioMaxszal vagy Blenderrel (ehhez be kell kapcsolni a pluginját).

Az alábbi kódban példát látunk a `Reference.smd` fájl tartalmára:

```
version 1
nodes
0 "joint1" -1
1 "joint2" 0
2 "joint3" 1
end
skeleton
time 0
0 -0.750000 0.000000 0.500000 1.577046 0.000000 1.570796
1 0.000000 0.000000 40.000790 0.013222 0.000300 3.141593
2 0.000000 0.000000 59.751438 0.000000 -0.000000 0.000000
end
triangles
Kep1.bmp
0 19.250000 -20.500000 20.500000 0.000000 -1.000000 0.000000
0.000000 1.000000
0 19.250000 -20.500000 -20.500000 0.000000 -1.000000 0.000000
0.000000 0.000000
0 60.250000 -20.500000 20.500000 0.000000 -1.000000 0.000000
1.000000 1.000000
Kep1.bmp
0 19.250000 -20.500000 -20.500000 0.000000 -1.000000 0.000000
0.000000 0.000000
0 60.250000 -20.500000 -20.500000 0.000000 -1.000000 0.000000
1.000000 0.000000
0 60.250000 -20.500000 20.500000 0.000000 -1.000000 0.000000
1.000000 1.000000
end
```

Az alábbi kód példa az `Anim.smd` fájl tartalmára:

```
version 1
nodes
0 "joint1" -1
1 "joint2" 0
2 "joint3" 1
end
skeleton
time 0
0 -0.750000 0.000000 0.500000 1.577046 0.000000 1.570796
1 0.000000 0.000000 40.000790 0.013222 0.000300 3.141593
```

```
2 0.000000 0.000000 59.751438 0.000000 -0.000000 0.000000
time 1
0 -0.750000 0.000000 0.500000 0.791647 0.000000 1.570796
1 -0.000000 -0.000003 40.000549 0.798618 0.000212 -3.141380
2 0.000000 0.000000 59.751438 0.000000 -0.000000 0.000000
time 2
0 -0.750000 0.000000 0.500000 0.006249 0.000000 1.570796
1 -0.000000 -0.000002 39.999920 1.584001 0.000000 -3.141292
2 0.000000 0.000000 59.751438 0.000000 -0.000000 0.000000
end
```

. SMD fájlok kulcsszavai

Az alábbiakban az `.SMD` fájlok kulcsszavait mutatom be.

- `nodes`: Jelentése csomópontok. A csomópontok felsorolása `end`-ig tart.

```
nodes
0 "joint1" -1
1 "joint2" 0
2 "joint3" 1
end
```

Minden sor egy csomópont. Például `1 "joint2" 0` jelentése: ennek a csomópontnak az azonosítója: `1`, neve: `joint2`, a szülejének azonosítója: `0`. Célszerű tömbben (listában) tárolni ezeket az adatokat. Ha az `i`. azonosítójú elemre vagyunk kíváncsiak, akkor a `nodes[i]` visszaadja az `i`. azonosítójú csomópont adatait. Ha a szülő azonosítója `-1`, azt jelenti, hogy ennek a csomópontnak nincs szülője, tehát ez a csomópont a gyökér. Fel lehet rajzolni fagráfban ezeket a csomópontokat, hiszen szülő–gyerek kapcsolat van a csomópontok között.

```
class Node
{
public:
	string name;
	public int parent_id;
};
List < Node > nodes;
```

- `bone:` Jelentése csont. Egy modell, például az ember mozgatásához csontvázrendszer van létrehozva. Ha mozgatjuk például a törzsünket, akkor vele mozog a hozzá kapcsolt fejünk, karunk. Tehát a csontok között hierarchia van, szülő–gyerek kapcsolat. Sok csont határoz meg egy csontvázat, angolul skeletont. Egy csont lokális transzformációval forogni tud az X, Y, Z tengelyek mentén, és eltolható a szülejéhez képest. Az alábbi kódrészletek egy csontra és egy csontvázra adnak példát.

```
// egy csont
class Bone
{	// lokális transzformációk. Eltérés a szülőhöz képest
	public Vector3 translate;
	public Vector3 rotate;
};
// egy csontváz csontok listájából áll
class Skeleton
{
public:
	public List < Bone > bones;
};
```

Illetve egy animáció sok csontvázból áll:

```
// egy animáció
class Animation
{
	public string name; // az aktuális animáció neve
(Anim.smd)
	public float fps; // 1 sec alatt, hány skeleton
játszódik le
	public List < Skeleton > times;
};
// sok animáció egy listában
List < Animation > animations;
```

- `time`: **J**elentése idő.

```
time 0
0 -0.750000 0.000000 0.500000 1.577046 0.000000 1.570796
1 0.000000 0.000000 40.000790 0.013222 0.000300 3.141593
2 0.000000 0.000000 59.751438 0.000000 -0.000000 0.000000
```

Az animációban vannak a csomópontok (csontok) lokális transzformációi. Például a `0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0` jelentése: a 0. csomópont lokális mátrixa ez:

```
Matrix4 local = Matrix4.Translate(1.0, 2.0, 3.0) *
Matrix4.RotateXYZ(4.0, 5.0, 6.0);
```

Vagyis forgatás a tengelyek mentén 4.0, 5.0, 6.0 radiánnal, majd eltolás 1.0, 2.0, 3.0 egységgel. Ha egy modellben például 25 csomópont van, akkor egy time-ban 25 db transzformáció van felsorolva egymás után. Egy time egy pillanatot ábrázol. Ahhoz hogy ebből animáció legyen, ahhoz sok time kell egymás után. 1 másodperc alatt kb. 4-30 time jeleik meg a képernyőn. Két time között kb. 0,2 másodperc telik el. A két time közötti pillanatnyi eltolást lineáris interpolációval, a forgást előjeles szögelfordulással lehet kiszámolni:

```
times[0].bones[0].translate = new Vector3(1,0,0);
times[0].bones[0].rotate = new Vector(1,0,0);
times[1].bones[0].translate = new Vector(2,0,0);
times[1].bones[0].rotate = new Vector(2,0,0);
```

Ha például `t = 0.2` (t = [0.0 .. 1.0]), akkor a pillanatnyi transzformáció ez:

```
float t = 0.2;
current_skeleton.bones [0].translate =
(times[0].bones[0].translate * (1 - t)) +
(times[1].bones[0].translate * t); // lineáris interpoláció
// rotate X
float rotate_x = GetSignedRad(times[0].bones[0].rotate.X,
times[1].bones[0].rotate.X);
current_skeleton.bones[0].rotate.X = start.bones[0].rotate.X
+ (rotate_x * dt);
// rotate Y …
// rotate Z …
```

Forgásnál fontos, hogy merre forgatunk. Például ha a kezdő szög 0,1 radián, a vég szög pedig 6,27 radián, akkor -0,2 radiánnal kell forogni az óra járásával megegyező irányba. Itt nem lehet lineáris interpolációval számolni, mert 6,26 radiánnal forogna az óra járásával ellentétes irányba.

- `skeleton`**: J**elentése csontváz. `time`-ok vannak benne `end` végjelig:

```
skeleton
time 0
0 -0.750000 0.000000 0.500000 1.577046 0.000000 1.570796
1 0.000000 0.000000 40.000790 0.013222 0.000300 3.141593
2 0.000000 0.000000 59.751438 0.000000 -0.000000 0.000000
time 1
0 -0.750000 0.000000 0.500000 0.791647 0.000000 1.570796
1 -0.000000 -0.000003 40.000549 0.798618 0.000212 -3.141380
2 0.000000 0.000000 59.751438 0.000000 -0.000000 0.000000
time 2
0 -0.750000 0.000000 0.500000 0.006249 0.000000 1.570796
1 -0.000000 -0.000002 39.999920 1.584001 0.000000 -3.141292
2 0.000000 0.000000 59.751438 0.000000 -0.000000 0.000000
end
```

Például egy `time 0` leírja a 0. időben a csomópontok transzformációit, vagyis az aktuális csontváz csontjainak helyét és forgási szögeit. A `Reference.smd` fájlban csak egy `time` szerepel, ez a kezdeti beállása a modellnek. Míg az `Anim.smd` fájlban sok `time` szerepel, mindegyik leírja hogy az i. `time`-ban mi az aktuális csontváz, vagyis az aktuális transzformációk.

Egy csomópontnak úgy tudjuk kiszámolni a globális koordináta-rendszerben a transzformációját a lokális transzformációból, hogy vesszük a lokális transzformációt, majd rekurzívan összeszorozzuk a szülejének a lokális transzformációjával, azután a szülő szülejének a lokális transzformációjával addig, amíg el nem jutunk a gyökérig. A gyökér csomópont transzformációja az egység mátrix.

Itt egy példakód erre:

```
Matrix4 GetMatrix(int bone_id)
{
	if (bone_id == -1) return Matrix4.Identity; //
egységmátrix, ha a gyökérben vagyunk

	// lokális transzformáció. Eltérés a szülőhöz képest
	Vector3 r = currBones[bone_id].rotate;
	Vector3 t = currBones[bone_id].translate;
	Matrix4 local = Matrix4.Translate(t.X, t.Y, t.Z) *
Matrix4.RotateXYZ(r.X, r.Y, r.Z);

	// szülő transzformáció kiszámítása, rekurzívan
	Matrix4 parent = GetMatrix(nodes[bone_id].parent_id);

	// visszatérünk az aktuális transzformációval
	return Matrix4.Mult(parent, local);
}
```

- `triangles`: A triangle jelentése háromszög poligon. Háromszögek felsorolva `end` végjelig. Egy háromszög így néz ki:

```
texture.bmp
1 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0
2 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0
3 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0
```

Ez azt jelenti, hogy erre a háromszögre a `texture.bmp`-t kell illeszteni. Utána szerepel három sor. Minden sor egy csúcsot ír le. Az első sor ez: `1 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0`. Ez azt jelenti, hogy a háromszög egyik csúcsa [1.0, 2.0, 3.0], normálvektora [4.0, 5.0, 6.0], textúra-koordinátája [7.0, 8.0]. Az első szám az 1-es azt jelenti, hogy ehhez a csúcshoz az első indexű csomópont tartozik. Így már hozzá van rendelve egy csúcs egy transzformációhoz.

Amikor animációt akarunk megjeleníteni, elég csak kiszámítani a pillanatnyi transzformációkat, majd a megfelelő csúcsokra alkalmazni.

5.3. Animáció kiszámítása és megjelenítése

Végigjárjuk a `materials` listát, kijelöljük az aktuális textúrát, majd a material minden egyes csúcspontját transzformáljuk, majd kirajzoljuk OpenGL segítségével:

```
void Draw()
{
	glPushMatrix();
	for(int i = 0; i < materials.Count; i++)
	{
		Material mat = materials[i];
		glBindTexture(gl.GL_TEXTURE_2D, mat.texture_id);
		glBegin(GL_TRIANGLES);

		for(int j = 0; j < mat.vertices.Count; j++)
		{
			Vertex in = mat.vertices[j];

			Matrix4 T = transform[in.id] *
transformInverse[in.id]; // transzformáció kiszámítása
			Vector3 v = T * Vector4(in.position, 1);
			Vector3 n = T * Vector4(in.normal  , 0);
// itt nincs eltolás, csak forgás van
			Vector3 t = in.texCoord;

			glTexCoord2f(t.X, t.Y);
			glNormal3f(n.X, n.Y, n.zZ);
			glVertex3f(v.X, v.Y, v.Z);
		}
		glEnd();
	}
	glPopMatrix();
}
```

Mit is jelent a kirajzolásnál az alábbi sor?

```
Matrix4 T = transform[in.id] * transformInverse[in.id]; // transzformáció kiszámítása
```

Ez azt jelenti, hogy két listánk van. Egy `List < Matrix4 > transform;` és egy `List < Matrix4 > transformInverse;`.

A `transform` lista a pillanatnyi csontváz transzformációit tartalmazza. Ezt minden képkockán (frame-en) ki kell számítani:

```
for(int i = 0; i < currBones.size(); i++)
{
	transform[i] = GetMatrix(i);
}
```

A `transformInverse` lista pedig a `Reference.smd` fájlban található egyetlen csontváz transzformációinak inverzét tartalmazza. Ez mit is jelent? A `Reference.smd` fájlban található egyetlen csontváz adott, és a csúcspontok is adottak. Nevezzük el a `Reference.smd` fájlban található csontváz i. transzformációját `T`-nek, és a `Reference.smd` fájlban található egyik háromszög egyik csúcsát `out`-nak. Ha elképzeljük, akkor: `Vector3 out = T * ?;` Tehát adott az `out` vektor és a `T` mátrix a `Reference.smd` fájlban. A `?` az ismeretlen, amire szükségünk lesz, ezért ki kell számítani.

Amikor a pillanatnyi animációt akarom megjeleníteni, akkor azt így kell: `Vector3 v = transform[i] * ?;`

Tehát fejezzük ki a ?-et: `Vector3 out = T * ?; // átalakítás (fejezzük ki a ?-et)`

1. egyenlet: `Vector3 ? = Matrix4.Inverse(T) * out;`

Ha megvan a `?`, akkor:

2. egyenlet: `Vector3 v = transform[i] * ?;`

Egybe a két egyenlet: `Vector3 v = transform[i] * inverse(T) * out;`

Így `Vector3 v` az aktuális animáció egyik csúcspontja.

Ezért szerepel a `Draw()` metódusban a fenti megoldás.

A `transformInverse` listát elég egyszer kiszámítani, például a `Reference.smd` fájl betöltése után:

```
Matrix4 GetRefMatrix(int bone_id)
{
	if (bone_id == -1) return Matrix4.Identity; //
egységmátrix, ha a gyökérben vagyunk

	// lokális transzformáció. Eltérés a szülőhöz képest
	Vector3 r = referenceSkeleton.bones[boneId].rotate;
	Vector3 t = referenceSkeleton.bones[boneId].translate;
	Matrix4 local = Matrix4.Translate(t.X, t.Y, t.Z) *
Matrix4.RotateXYZ(r.X, r.Y, r.Z);

	// szülő transzformáció kiszámítása, rekurzívan
	Matrix4 parent =
GetRefMatrix(nodes[bone_id].parent_id);

	// visszatérünk az aktuális transzformációval
	return Matrix4.Mult(parent, local);
}
for(int i = 0; i < referenceSkeleton.bones.Count; i++)
{
	transformInverse[i] =
Matrix4.Inverse(GetRefMatrix(i));
}
```

A `SetTime(float time)` metódusban pedig a pillanatnyi csontvázat kell kiszámolni, amelyet majd később kirajzolunk.

```
// dt = [0.0 .. 1.0]
void CalcNewSkeleton(Skeleton start, Skeleton end, float dt)
{
	for(int i = 0; i < current_skeleton.bones.Count; i++)
	{
		// translate
```

```
            current_skeleton.bones[i].translate =
(start.bones[i].translate * (1.0f - dt)) +
(end.bones[i].translate * dt);
            // rotate
            float rotate_x =
GetSignedRad(start.bones[i].rotate.X, end.bones[i].rotate.X);
            current_skeleton.bones[i].rotate.X =
start.bones[i].rotate.X + (rotate_x * dt);
            // rotate Y …
            // rotate Z …
      }
}
// Az "int anim_id"-edik animáció, "float time" másodpercének
(pl. 6.5 mp), a pillanatnyi transzformációjának kiszámítása
void SetTime(int anim_id, float time)
{
      // aktuális animáció lekérdezése
      Animation *anim = animations[anim_id];

      // Get Skeleton
      int start = (int)Math.Floor(time * anim.fps);
      int end = (int)Math.Ceil(time * anim.fps);

      if (start == end)
      {
            CalcNewSkeleton(times[start], times[end], 0.0f);
      }
      else
      {
            float skeletonTime1 = (float)start / anim->fps;
            float skeletonTime2 = (float)end / anim->fps;
            float timeDiff1 = skeletonTime2 - skeletonTime1;
            float timeDiff2 = time - skeletonTime1;
```

```
                float dt = timeDiff2 / timeDiff1;
                CalcNewSkeleton(times[start], times[end], dt);
// dt = [0.0 .. 1.0]
        }

        // Update Matrices (transforms)
        for(int i = 0; i < currBones.size(); i++)
        {
                transform[i] = GetMatrix(i);
        }
}
```

- Érdekesség: A régi, Half-Life 1 `.SMD` fájlban, a háromszög egy csúcsához pontosan egy transzformáció (csont) tartozott. Az új, Half-Life 2 `.SMD` fájlban a háromszög egy csúcsához 1-3 transzformáció (csont) tartozhat. A csontok súlyozva vannak. A súlyok összege 1,0. Ez az újítás azért van, mert például egy ember könyökénél egy csúcs félig a felkarhoz, félig az alkarhoz tartozik. A súly mondja meg, hogy melyikhez tartozik jobban.

  A Half-Life 2-es `.SMD` fájlban így szerepel egy háromszög:

```
Kep1.bmp
0 19.250000 -20.500000 20.500000 0.000000 -1.000000 0.000000
0.000000 1.000000 1 0 1.0
0 19.250000 -20.500000 -20.500000 0.000000 -1.000000 0.000000
0.000000 0.000000 2 0 0.6 1 0.4
0 60.250000 -20.500000 20.500000 0.000000 -1.000000 0.000000
1.000000 1.000000 3 0 0.4 1 0.3 2 0.3
```

Itt az **`1 0 1.0`** azt jelenti, hogy egy súlyozott transzformáció tartozik ehhez a csúcshoz. A transzformáció azonosítója a `0`, súlya `1.0`.

```
Matrix4 T = Matrix4.Mult(GetMatrix(0), 1.0);
```

A **`2 0 0.6 1 0.4`** azt jelenti, hogy két súlyozott transzformáció tartozik ehhez a csúcshoz. Az első transzformáció azonosítója `0`, súlya `0.6`. A második transzformáció azonosítója `1`, súlya `0.4`.

```
Matrix4 T = Matrix4.Mult(GetMatrix(0), 0.6) +
Matrix4.Mult(GetMatrix(1), 0.4);
```

A **3 0 0.4 1 0.3 2 0.3** azt jelenti, hogy három súlyozott transzformáció tartozik ehhez a csúcshoz. Az első transzformáció azonosítója 0, súlya 0.4. A második transzformáció azonosítója 1, súlya 0.3. A harmadik transzformáció azonosítója 2, súlya 0.3.

```
Matrix4 T = Matrix4.Mult(GetMatrix(0), 0.4) +
Matrix4.Mult(GetMatrix(1), 0.3) + Matrix4.Mult(GetMatrix(2),
0.3);
```

A súlyok összege mindenhol 1.0.

6. A saját szoftver elkészítése

6.1. Feladatspecifikáció

Amikor kirajzolunk egy modellt a képernyőre, jó lenne, ha minél rövidebb lenne a kirajzolás ideje. Így gyengébb teljesítményű gépeken is futna a játék, szélesebb lenne a célközönség, többen használhatnák, vásárolnák meg a programot.
Animációt lejátszani és poligonszámot csökkenteni más programokkal (például Blenderrel, 3D Studio Maxszal, Maya-val) is lehet, de azok használata bonyolult, nagy tudást igényel.

6.2. A program használatának forgatókönyve

A program először betölt egy `.OBJ` (nem animált modellt tartalmazó) fájlt vagy `.SMD` (animált modellt tartalmazó) fájlt. Megjeleníti a modellt vagy lejátsza az animációt. Majd csúszka segítségével a felhasználó kiválaszthatja százalékban a kívánt a részletezettségi szintet. Például, ha 10%-ot választ, az azt jelenti, hogy az eredeti modell háromszögeinek száma (100%) az új modellben az 1/10-e lesz (10%). A program elvégzi a kívánt számításokat, majd a felhasználó kimentheti a csökkentett poligonszámú modellt `.OBJ` vagy `.SMD` formátumba.

6.3. A számolási hardveregység és a fájlformátumok kiválasztása

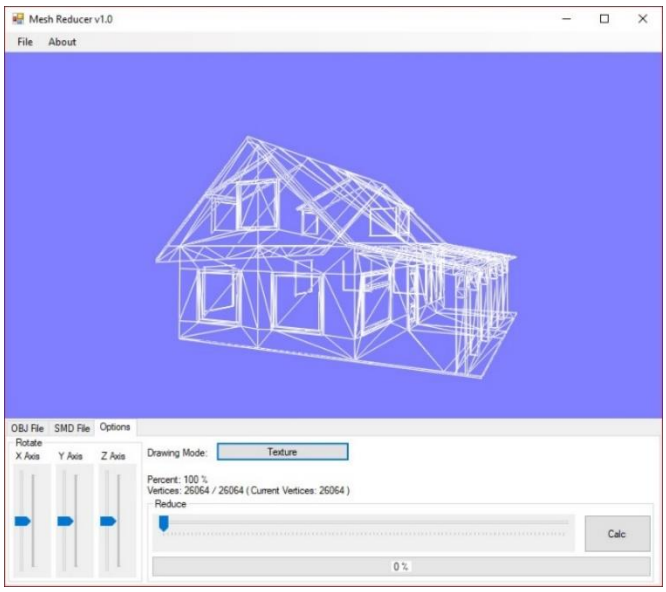
Az én megoldásom a CPU segítségével számolja az animációt és a háromszögek csökkentését. A program egy szálon fut.
Az animáció megjelenítését (mátrix-vektor szorzás) a videokártya is végezhetné. A videokártyát épp azért hozták létre, hogy az ilyen számításokat elvégezze a CPU helyett, tehermentesítse azt.
A poligonszám-csökkentésnél a legrövidebb él megkeresését, párhuzamos számítással is lehetne megoldani. Az egyik megoldás, ha több szálon számolna a CPU. Lehetne OpenCL segítségével is számolni, így a CPU vagy GPU is végezhetné a számolást.
Én azért maradtam a CPU-nál, mert így egyszerűbb elkészíteni a programot. Animáció megjelenítésénél csak egy modellt kell megjeleníteni, aminek számításait a mai CPU-k elbírják végezni. Ha több, 10-1000 modellt kellene megjeleníteni, akkor az animációt GPU-val számolnám ki.

Mivel a poligonszám-csökkentés feladatban csak egy kis részen lehet párhuzamosítani, a legrövidebb él keresésénél, úgy gondoltam, nem éri meg bonyolultabbá tenni a programot a többszálúsítással. Csak kb. fél perc lenne a nyereségünk.

Azért választottam az `.OBJ` és `.SMD` fájlformátumokat, mert ezeket a legkönnyebb megérteni, feldolgozni. Ezek a kiterjesztésű fájlok nem bináris, hanem szöveges fájlok, könnyebb az értelmezésük, illetve általánosan elterjedtek, használtak a számítógépes grafikában.

6.4. Felület és tesztelés megtervezése

A felületet egyszerűre akartam megtervezni, füles szerkezetűre. Szükség van ***OBJ File*** fülre, ahol az `.OBJ` fájlok kezelése történik: betöltésük és kimentésük. Valamint szükség van ***SMD File*** fülre az `.SMD` fájlokhoz: betöltésük és kimentésük. A modellek kezeléséhez külön fülre kerültek a funkciók, neve ***Options*** lett. Itt lehet forgatni a modellt, csúszka segítségével csökkenteni a részletezettségét, illetve a kirajzolás típusát lehet beállítani. Más grafikai elemre nincs szükség.

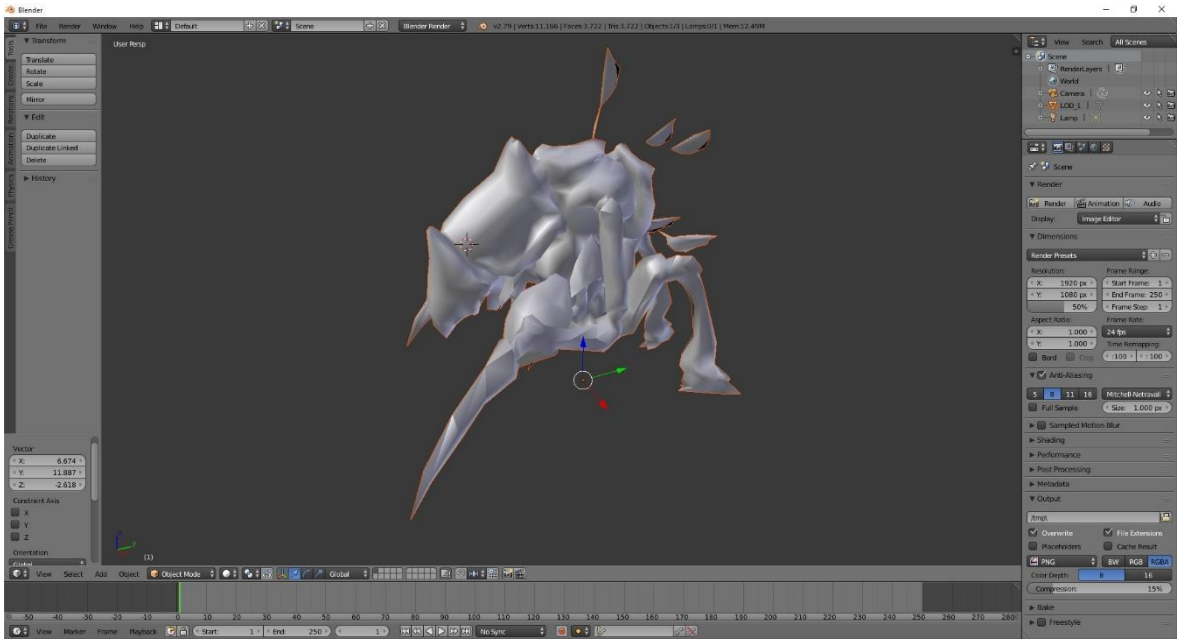


6. ábra: A MeshReducer program felületének terve [saját termék]

Programozás közben debuggolással teszteltem a programot. Illetve, amikor elkészült az alkalmazás, fontossá vált, hogy a kivételeket jól leteszteljem, és mindet megfelelően kezeljem. „Ne szálljon el a program”, ha a felhasználó például nem megfelelő fájltípust választ ki. Viszont ha pl. `.ZIP` fájlt átnevez `.OBJ` kiterjesztésűre, majd azt akarja

betölteni, akkor baj van. (Az `.OBJ` fájlnak nincs speciális fejléce, nem lehet azonosítani, hogy ő egy `.OBJ` fájl).

A programban kiszámolt normálvektorok megfelelőségét úgy ellenőriztem, hogy az exportált modellt megnyitottam Blenderben (7. ábra).



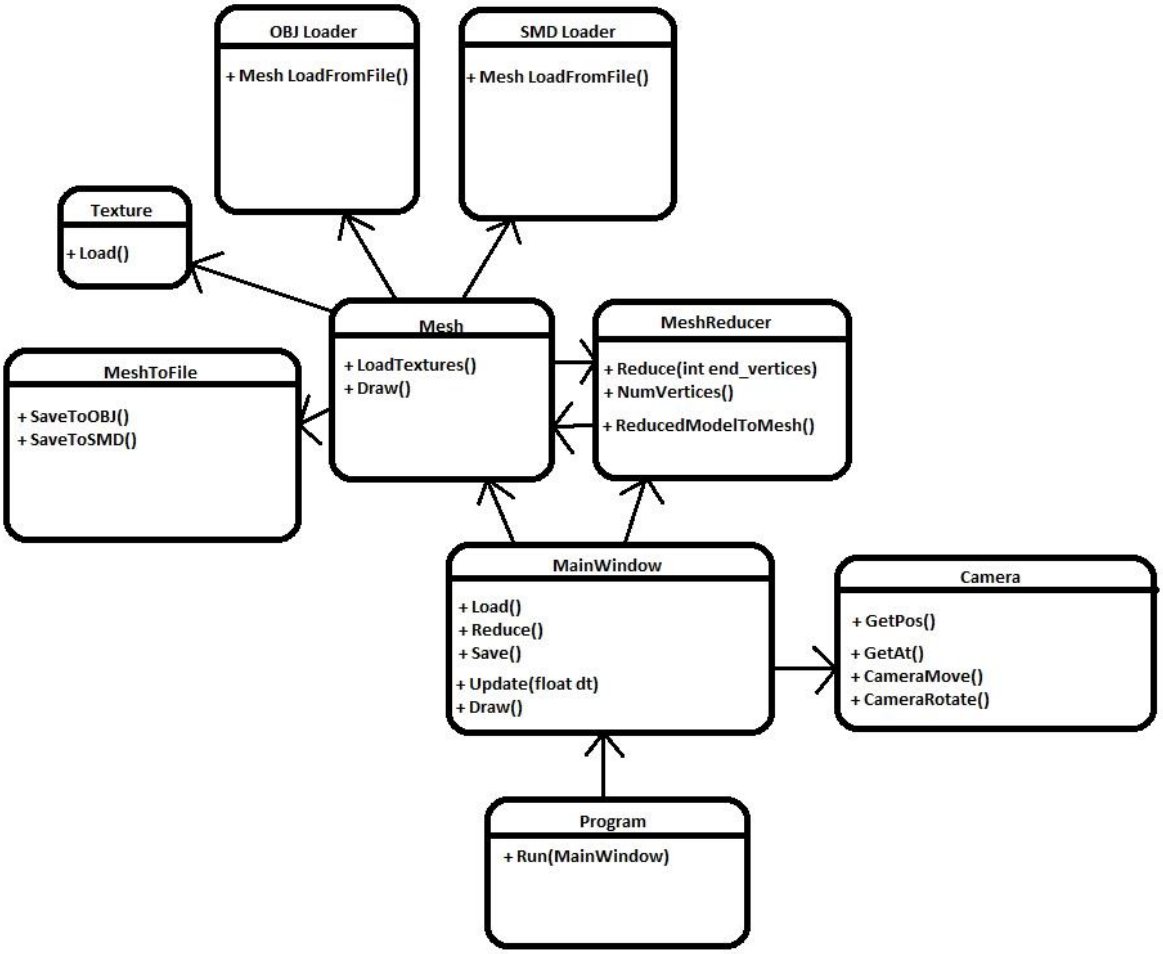
7. ábra: Kiszámolt normálvektorok megfelelőségének tesztelése: exportált fáj megnyitása Blenderben [saját ábra]

6.5. A program logikai terve

A programkészítés során megvalósítandó legfontosabb funkciók az alábbiak:

1. `.OBJ` vagy `.SMD` fájl betöltése, amelyek tartalmából `Mesh` objektum lesz. A `Mesh` objektummal lehet textúrákat betölteni.
2. Ha a `MainWindow` ablakban a `Reduce` gombra kattintva az aktuális `Mesh` objektumból `MeshReducer` készítése, és poligonszámának csökkentése
3. A lecsökkentett poligonszámú modell visszaalakítás `Mesh` objektumra. Ezt ki lehet rajzolni, és ki lehet menteni `.OBJ` vagy `.SMD` fájlba.

A 8. ábra a MeshReducer program objektumai közötti kapcsolatokat mutatja.



8. ábra: A MeshReducer program objektumai közötti kapcsolat diagramja [saját ábra]

7. Fejlettebb, mások által készített poligonszám-csökkentő algoritmus: közel egy irányba néző normálvektorú háromszögek közös élének keresése

Létezik olyan megoldás is, ahol nem a legrövidebb élt kell megkeresni és törölni, hanem azt az élt, amely arra a két háromszögre illeszkedik, amelyek normálvektorai közel egy irányba néznek.

Ilyenkor, ha két szomszédos háromszög úgymond egy síkban van, akkor erről a síkról lehet törölni háromszögeket, hiszen úgysem vesszük észre, ha egy nagy síkot például nem 5, hanem 2 darab háromszög alkot.

Ez a gondolatmenet egy továbbfejlesztése az én megoldásomnak.

9. ábra: Példamodell a közel egy irányba néző normálvektorú háromszögek közös élének keresésével végzett poligonszám-csökkentésre [10]

8. Az eredmények összefoglalása, önálló vélemény, javaslattétel

A MeshReducer programmal most már tudunk

- `.OBJ` és `.SMD` fájlt betölteni,
- `.SMD` fájlból animációt lejátszani,
- modell poligonszámát csökkenteni,
- exportálni a modellt `.OBJ` vagy `.SMD` fájlba.

Véleményem szerint az animációt megjelenítő algoritmust lehetne árnyalóval (shaderrel) is számolni, úgy gyorsabb lenne a megjelenítés. Most egy csúcs kirajzolása egy OpenGL függvény hívás. Ha 10 000 darab csúcsunk van, az 10 000 darab függvényhívás.

Viszont a CPU-s megoldás az érthetőbb, egyszerűbb. CPU-val könnyebb elvégezni egy matrix-vektor szorzást, majd kirajzolni vertexenként egyesével a modellt, mint vertexet tartalmazó tömböt létrehozni, transzformációkat tartalmazó tömböt létrehozni, átadni a VGA-nak, majd shaderben megírni a mátrix-vektor szorzást.

Lehetne megvilágítást is számolni, az bizonyítaná, hogy a program által kiszámolt normálvektorok valóban jók. De ha megnyitom az exportált fájlokat például Blenderben, akkor a megvilágítás rendben van, tehát jók a normálvektorok.

9. Felhasználói kézikönyv

Ez a fejezet a MeshReducer program felhasználói kézikönyvét tartalmazza.

9.1. Letöltés

A program és a hozzá tartozó forráskód ingyenes.

Az alkalmazást innen lehet letölteni: https://github.com/ezszoftver/Zarovizsga.

9.2. Telepítés

Telepíteni nem kell, de a program futtatásához szükséges minimum

- Windows 7 64 bites operációs rendszer,
- .NET 4.6,
- Visual Studio 2015 Redistributable x64,
- Opengl 2.0 videokártya.

Ha a videokártya DirectX9-es, akkor ismeri az OpenGL2.0-t is. Fennt kell lennie a VGA driverjének.

A programot elindítani a MeshReducer\MeshReducer\bin\x64\Release\MeshReducer.exe-vel lehet.

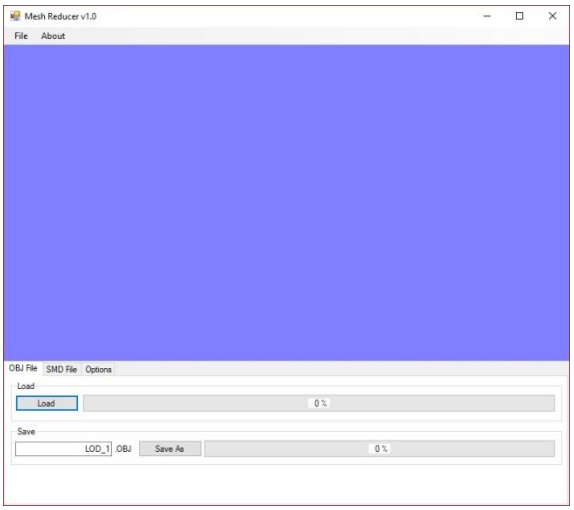
9.3. A program használata

9.3.1. Munka `.OBJ` fájllal

Ha elindítjuk a `MeshReducer.exe`-t, akkor először az 10. ábra által mutatott ablak fogad minket.

Itt a felső nagy, kék részen fog megjelenni a modell.

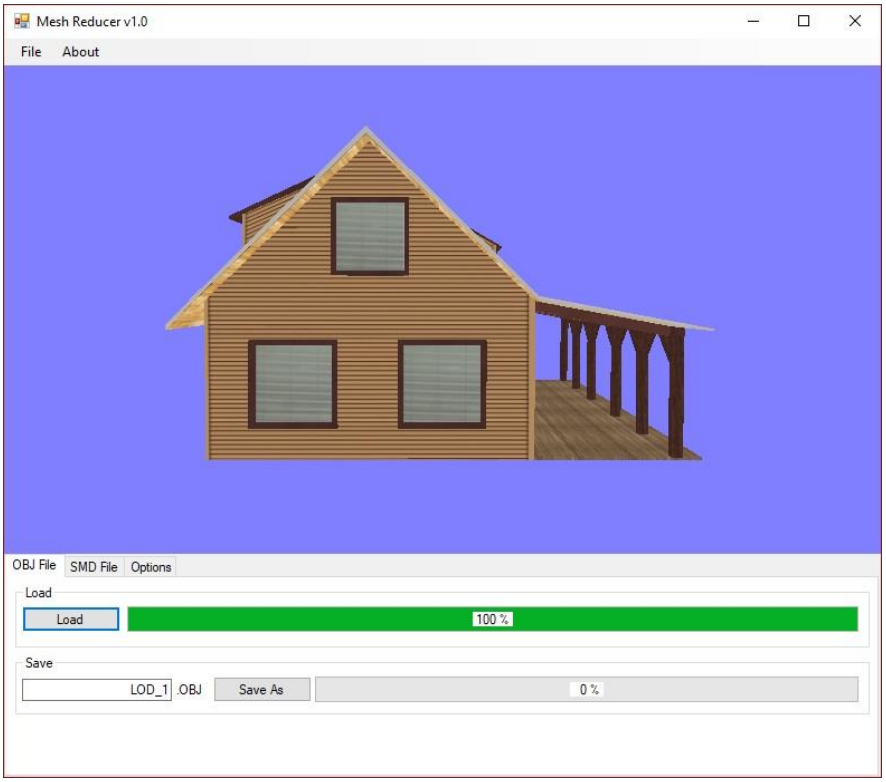
Alatta füleket találunk. Ha `.OBJ` fájlt akarunk betölteni, az ***OBJ File*** fülön kattintsunk a ***Load*** gombra.



10. ábra: A MeshReducer program képernyője induláskor [saját termék]

Ha kitallóztunk egy fájlt, például a `Zarovizsga\OBJ\OBJ_export\cottage.obj` `.OBJ` fájlt, akkor ez a kép fogad minket (a házikó letölthető innen: http://www.3DRT.com).

Jobb alul ***folyamatjelző sáv*** (ProgressBar) mutatja a modell betöltésének állását. A 11. ábra modelljének betöltöttsége már 100%.



11. ábra: A cottage.obj mejelenése a MeshReducer programban [saját termék]

A kamerát a billentyűzet nyilaival és az egér mozgatásával lehet mozgatni (az egér jobb gombja legyen lenyomva mozgatás közben). Így lehet körbejárni a modellt.

A modellt az X, Y és Z tengelyek mentén az ***Options*** fülre (lásd 12. ábra) átkattintva tudjuk forgatni.

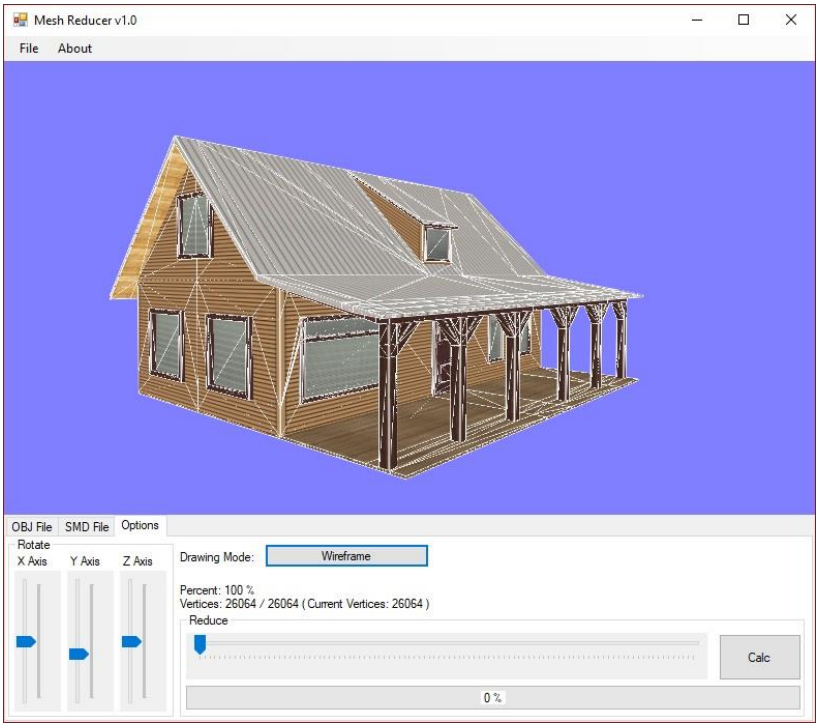
Az ***Options*** fülön rajzolási stílust is választható:

- Csak az élek kirajzolása (huzalváz, wireframe).
- Csak a textúrázott háromszögpoligonok kirajzolása.
- Mindkettőt kirajzolása (élek + textúrázott háromszögpoligonok).

Az ***Options*** fülön a ***Reduce*** csúszkájával válasszuk ki a nekünk megfelelő részletezettségi szintet. A poligonszámcsökkentés elindításához kattintsunk az ablak jobb alsó sarkában elhelyezkedő ***Calc*** gombra. Ekkor alul egy ***folyamatjelző sáv*** (ProgressBar) elkezd 0%-ról,

100%-ra menni. Ha a konvertálás elérte a 100%-ot, a képernyőn megjelenik a kiválasztott részletezettségű modell.

A program a ***Reduce*** csúszka felett nem csak százalékban, hanem vertexszámban is kiírja, hogy hány csúcsból áll a modell.

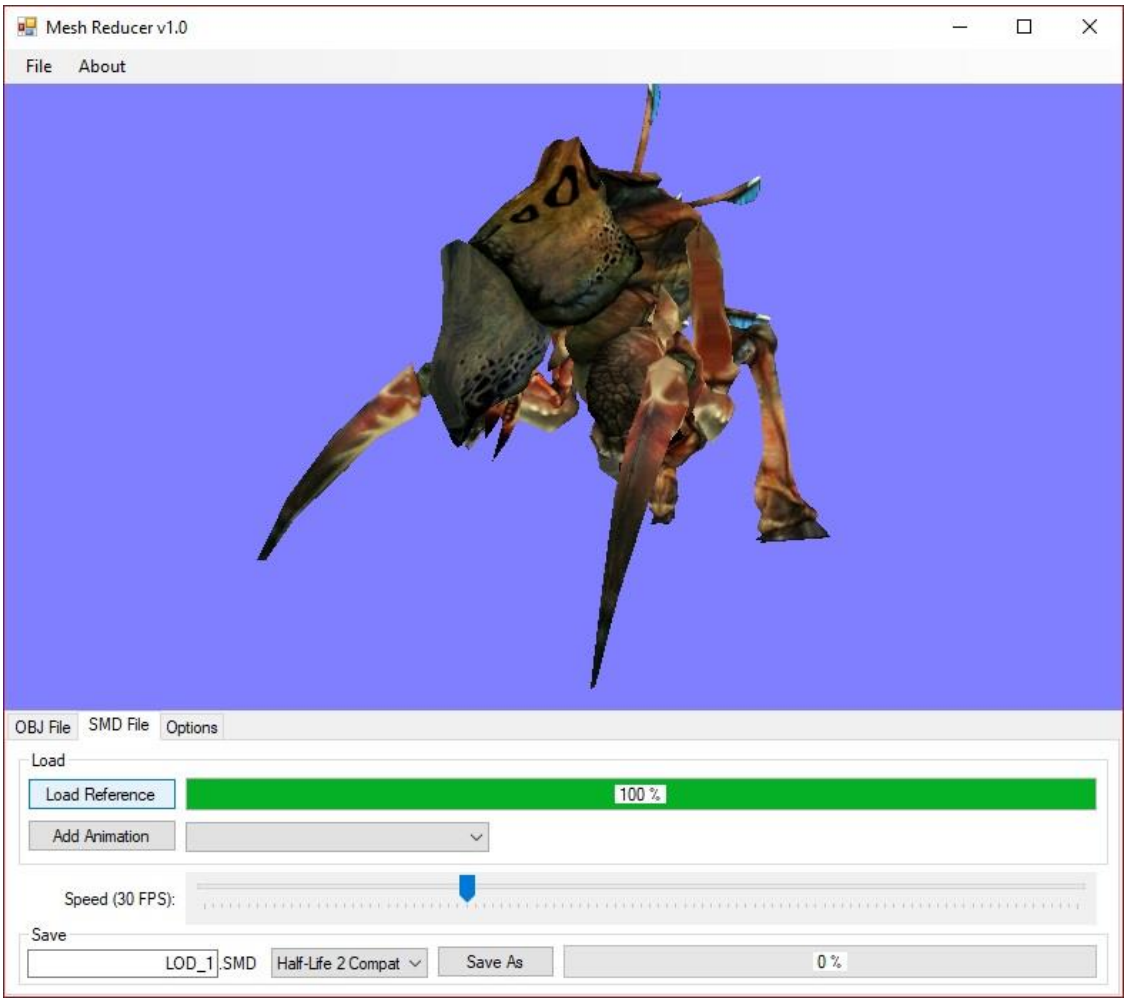


12. ábra: A MeshReducer Options füle [saját termék]

9.3.2. Munka `.SMD` fájllal

Ha `.SMD` modellt akarunk betölteni, akkor válasszuk az ***SMD File*** fület, majd ott kattintsunk a ***Load Reference*** gombra. Fontos hogy itt a geometriát tartalmazó `.SMD` fájlt tallózzuk ki.

Ez például a `Zarovizsga\SMD\HL2\Antlion\Antlion_guard_reference.smd` fájl (ez a modell egy Half-Life 2-ből kiszedett modell) Ekkor ismét elindul a ***folyamatjelző sáv***, és ha felért 100%-ra, megjelenik a mozdulatlan modell (lásd 13. ábra).



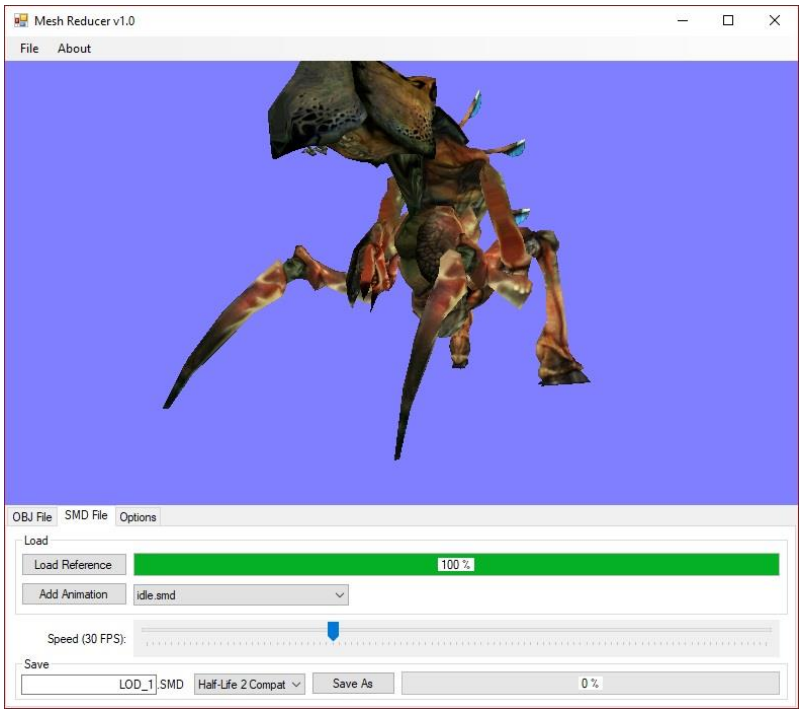
13. ábra: A betöltött Antlion_guard_reference.smd a MeshReducer ablakban [saját termék]

Majd az ***Add Animation*** gombra kattintva töltsünk be egy animációt. Fontos, hogy itt azt az `.SMD` fájlt válasszuk ki, amely nem a geometriát, hanem a sok csontvázat tartalmazza. Ez például a `Zarovizsga\SMD\HL2\Antlion\idle.smd` lehet.

Majd válasszuk ki a ***kombinált listában*** (ComboBoxban) az animációt, például az `idle.smd` fájlt (lásd 14. ábra), és az automatikusan elindul.

Az animáció sebességét a ***Speed*** csúszkával lehet változtatni.

Fontos, hogy a geometria `.SMD` fájl, és a hozzá tartozó animáció `.SMD` fájl összetartozik. Ne tallózzunk ki más geometriához tartozó `.SMD` animáció fájlt.

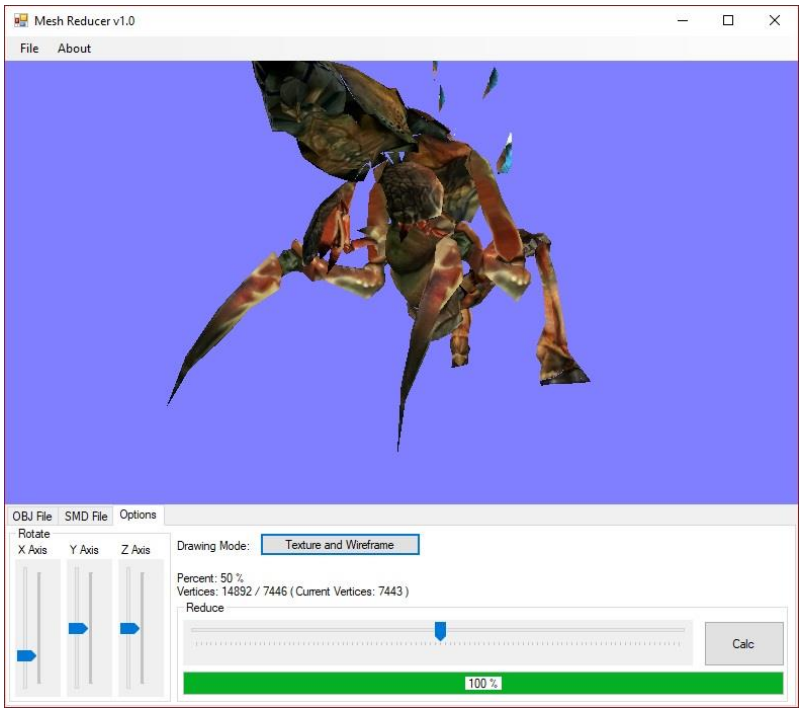


14. ábra: Az idle.smd kiválasztása a MeshReducer felületén [saját termék]

A kameramozgás ugyan az, mint ha `.OBJ` fájlt töltöttünk volna be.

A ***Reduce*** csúszka is ugyanúgy működik, mint az `.OBJ` leírásánál.

A 15. ábra azt mutatja, hogy hogyan néz ki az animáció, ha 50% a részletezettség az eredetihez képest.



15. ábra: Animáció az 50%-os részletezettségű Antlion guarddal [saját termék]

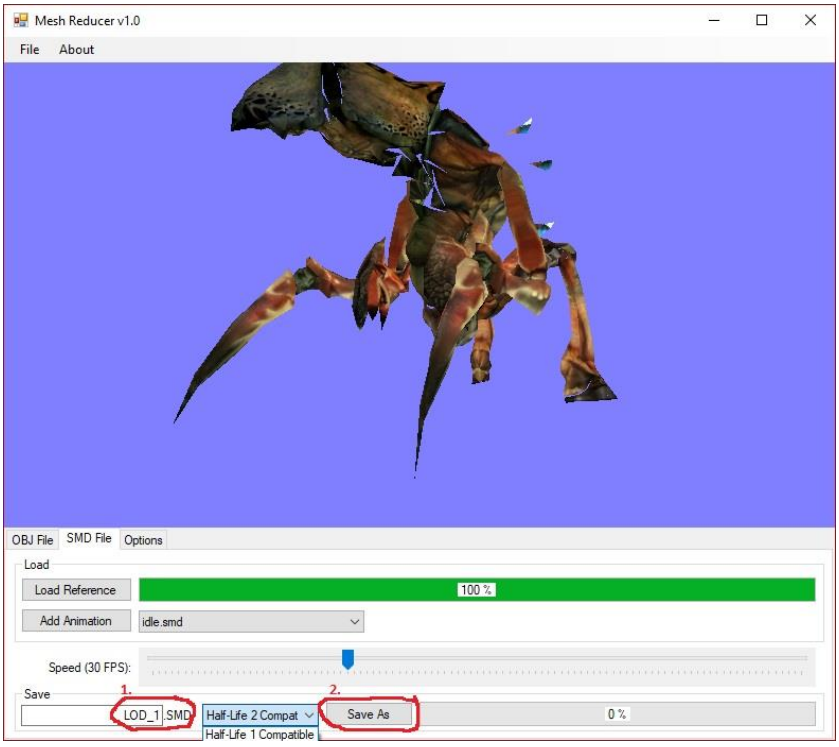
9.3.3. Poligonszám-csökkentett modell mentése

Ha kiválasztottuk a megfelelő részletezettséget, akkor a modellt kimenthetjük `.SMD` vagy `.OBJ` fájlba.

Először nézzük az `.SMD` mentését:

- Kattintsunk az ***SMD File*** fülre.
- Adjunk nevet a kimeneti fájlnak. Ez most a `LOD_1.SMD`. Csak a fájl nevet kell megadni, a kiterjesztést nem.
- Válasszuk ki a ***kombinált listában***, hogy Half-Life 1 vagy Half-Life 2 kompatibilitású `.SMD` fájlt akarunk-e létre hozni.
- Kattintsunk a ***Save As*** gombra.

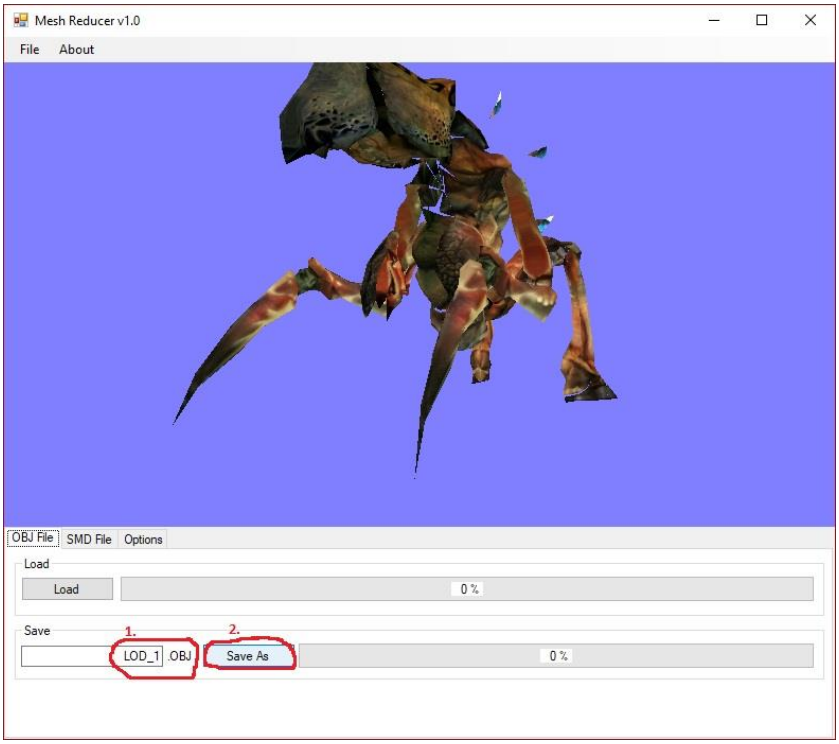
Ha ***folyamatjelző sáv*** felmegy 100%-ra, sikeres volt a mentés. A fájlt abba a mappába hozza létre a program, ahol a geometriát tartalmazó `.SMD` fájl található.



16. ábra: Ploligonszám csökkentett SMD fájl mentése [saját termék]

Ha `.OBJ` formátumba akarjuk kimenteni az aktuális részletezettségű modellt, akkor:

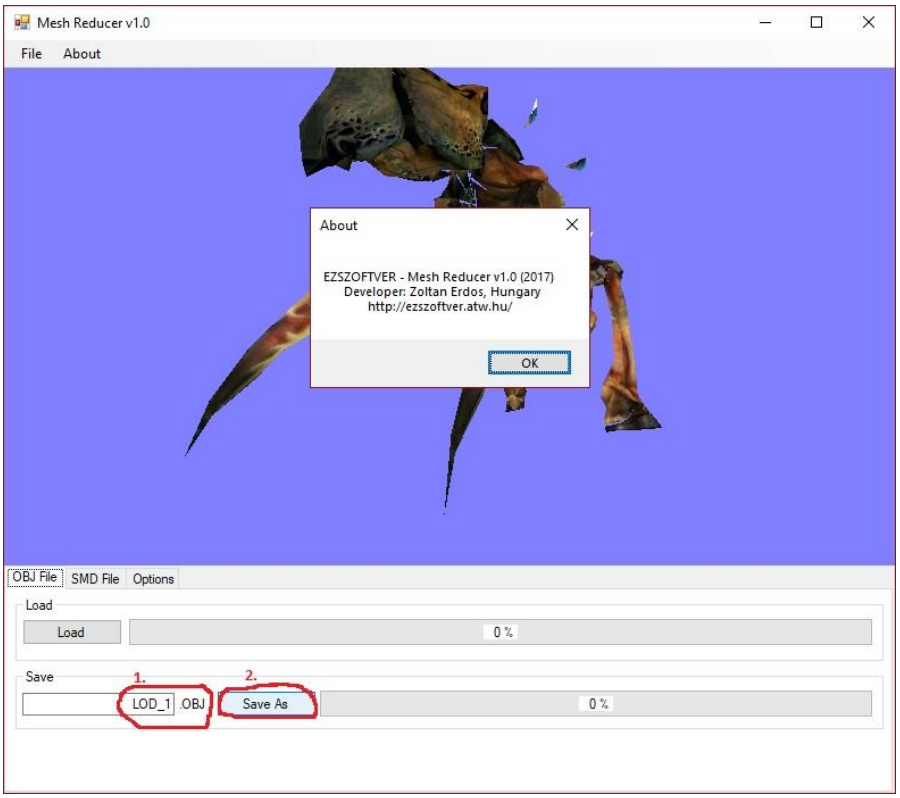
- Kattintsunk az ***OBJ File*** fülre.
- Adjunk nevet a kimeneti fájlnak. Ez most a `LOD_1.OBJ`. Csak a fájlnevet kell megadni, a kiterjesztést nem.
- Kattintsunk a ***Save As*** gombra.
- Ha a folyamatjelző sáv felmegy 100%-ra, sikeres volt a mentés. A fájlt abba a mappába hozza létre, ahol a betöltött OBJ fájl található.



17. ábra: Poligonszám csökkentett OBJ fájl bentése [saját termék]

9.3.4. About ablak, kilépés

Ha a ***menüsoron*** (MenuBar) az ***About*** menüpontra kattintunk, előjön egy kis leírás, hogy Mikor, ki készítette a programot. ***OK***-val zárhatjuk be az ***About*** ablakot.



18. ábra: A MeshReducer About ablaka [saját termék]

A programból kilépni a jobb felső sarokban található ***X*** gombbal lehet vagy a ***menüsoron*** a ***File/Exit*** menüpontra kattintva.

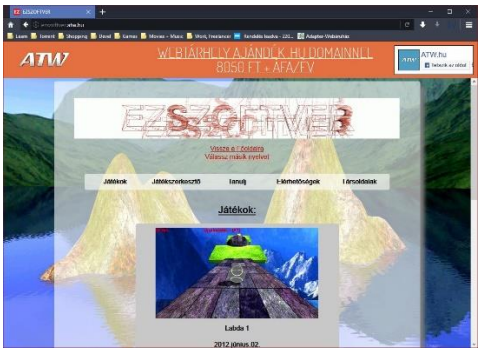
10. Irodalomjegyzék

1. Szirmai-Kalos László, Csonka György, Csonka Ferenc: *Háromdimenzós grafika animáció és játékfejlesztés*, Computerbooks, 2005. pp. 486, ISBN: 9636183031.
2. Nyisztor Károly: *Grafika és játékprogramozás DirectX -szel*, SZAK kiadó, 2005
3. Nyisztor Károly: *Shaderprogramozás (Grafika és játékfejlesztés DirectX -szel)*, SZAK kiadó, 2009
4. OpenGL 1.5, in *3D C/C++ tutorials*, http://www.3dcpptutorials.sk/index.php?id=14, 2017.10.28
5. Erdős Zoltán honlapja, utolsó módosítás: 2016.06.06., http://ezszoftver.atw.hu/, látogatva: 2017.10.28.
6. Erdős Zoltán: EZ Szoftver lapja a GitHubon: http://github.com/ezszoftver, látogatva: 2017.10.28
7. Christopher G. Healey: *3D Modeling and Parallel Mesh Simplification*, frissítve: 2015.01.01. https://software.intel.com/en-us/articles/3d-modeling-and-parallel-mesh-simplification, látogatva: 2017.10.28.
8. Erdős Zoltán: 3D-s animációt lejátszó és objektum-poligonszámot csökkentő alkalmazás forráskódja, https://github.com/ezszoftver/Zarovizsga, látogatva: 2017.10.28.
9. Valve Corporation honlapja, http://www.valvesoftware.com/, látogatva: 2017.10.28.
10. He Zhao: Progressive Meshes. 2008.04. http://hezhao.net/projects/progressive-meshes/, látogatva: 2017.10.28.
11. 3DRT: Goblin.smd, http://www.3DRT.com, látogatva: 2017.10.28.

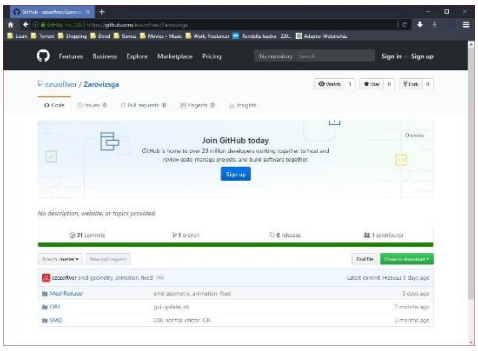
11. Ábrajegyzék

12. Mellékletek: saját készítésű játékaim szájtjai

Saját készítésű ingyenes játékaimat és azok forráskódját saját weboldalamon, a http://ezszoftver.atw.hu/-n osztom meg.



A http://ezszoftver.atw.hu/ weboldal játékainak forráskódjai és a legfrissebb, még be nem felyezett fejlesztéseim a http://github.com/ezszoftver-en érhetők el.



A Facebookon a http://facebook.com/ezszoftver lapon tájékoztatom az érdeklődőket a weboldal legfrissebb újdonságairól.