

SAYISAL ORTAMLARDA ÜÇ BOYUTLU NESNELERİN SINIR TEMSİLİ VE ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

İpek Fatma Çevik ¹

1 Dr. Öğr. Üyesi, Iğdır Üniversitesi, ipek.fatma.cevik@igdir.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4917-6675

Çevik, İpek Fatma. "Sayısal Ortamlarda Üç Boyutlu Nesnelerin Sınır Temsili ve Örnek Bir Çalışma". idil, 69 (2020 Mayıs): s. 727-737. doi: 10.7816/idil-09-69-01

ÖZ

1960'lı yıllarda bir odayı kaplayan ve dört işlem yapabilen bilgisayarlar ile aralanan bilişim çağının kapısı, yaşadığımız gerçek dünyayı taklit eden üç boyutlu sayısal ve sanal ortamlar ile ardına dek açılmıştır. 1972 yılında döneminin zorluklarına meydan okuyan Edwin Catmull'un sayısal ortamda ürettiği, harekete sahip ilk üç boyutlu el modeli ile hızlanan araştırmalar neticesinde, bu sayısal ortamlardaki üç boyutlu nesnelerin tanımlanması, amaç ve gereksinimleri doğrultusunda çok sayıda sayısal tasarım yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu tasarım yöntemleri kullanılarak nesnelerin sayısal ortamda oluşturmanın yolu, sınırlarını oluşturan yüzeyleri tanımlamaktır. Bu bağlamdan hareketle, sayısal ortamlarda oluşturulan üç boyutlu nesnelerin sınır temsili Maya programında çokgen modelleme yöntemiyle hazırlanan örnek bir çalışma ile bu araştırmada açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üç boyutlu tasarım, çokgen modelleme, sınır temsili

Makale Bilgisi

Geliş: 20 Ocak 2020

Düzeltilme: 15 Şubat 2020

Kabul: 3 Mart 2020

Giriş

1960'lı yıllarda hayatımıza girmeye başlayan bilgisayar teknolojisi, günümüzde sahip olduğu kullanım kolaylığına erişmeden önce, boyutları bir odayı kaplayacak kadar büyük ve dört işlem yapabilen bir hesap makinesine benzemektedir. Amerika Uzay ve Havacılık Dairesi NASA'nın amaçları çerçevesinde geliştirilen bilgisayar programları ile grafik üretimi ve yazı sayısal ortamda yerini almış, bilgisayar destekli tasarımlar daha iyi bir görüntü elde edebilmek amacıyla ortaya çıkmıştır (McCartney, 1999). Bir odayı kaplayan boyutları küçülerek 1970 yılında masaüstü bilgisayar olarak adlandırdığımız halini alarak üretilmeye başlamış ve Douglas Engelbart'ın geliştirdiği bilgisayara bağlanan fare (mause) yönlendiricisi (Pang, 2002) ile kullanıcıları için kullanım kolaylığı sağlamıştır. Teknolojideki bu yenilik sinemada ilk örneklerini soyut canlandırma denemeleriyle vermiştir. 1972 yılında Edwin Catmull'un Utah Üniversitesi'nde birlikte çalıştığı Frederic Ira Parke (Fred Parke) ile ortaya koyduğu üç boyutlu el çalışması, dönemin ilk kaplamaya sahip ve bir dakika boyunca hareket eden üç boyutlu modeli olmuştur (Thalmann ve Thalmann 1990:19-40). "A Computer Animated Hand" ismini verdikleri film, Catmull'un kendi elinin kalıbını alarak çıkarttığı alçı kopyası üzerinde hareket noktaları belirleyerek ve bir kalem ile 350 adet çokgene bölerek bir yüzey haritası oluşturması temeline dayanır (Utterson, 2011). Sonrasında ortaya çıkan yüzey haritasının x, y, x düzlemi ile çalışan sayısal ortama aktarılması ile başlayan nesnelerin sayısal ortamdaki temsili, günümüzde kullanılmakta olan 3D Scanner'in (üç boyutlu tarayıcı) de ilk örnekleridir.

Engelbart ve Catmull'un bu çabaları ile hız kazanan bu süreç, sayısal ortamda üretim süresini kısaltmış, sinemada kullanılan maketlerin yerini daha gerçekçi görünüme sahip üç boyutlu modellemeler ile canlandırmalar almaya başlamış ve bu gelişim süreci katlanarak günümüze kadar gelmiştir. Gelişiminde gösterdiği yükselen ivmeye bağlı olarak hayatımızda daha fazla yer almaya başlayan üç boyutlu tasarımları, tıp, astronomi, oyun ve eğlence, mühendislik, sanat ve tasarım, sinema, televizyon, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi çok sayıda farklı alanda kullanılır. Bilgisayar ve sayısal ortamların oluşturulabildiği üç boyutlu az sayıda yazılımın yaygınlaşmaya başladığı 1990'lı yıllarda dünya genelinde birkaç bin kullanıcıyı geçmeyen üç boyutlu tasarım, 90'ların sonuna doğru yazılım ve kullanıcı bağlamında yükselen bir ivme gösterir. 2020 yılı itibarı ile üç boyutlu sayısal ortamların üretimi için kullanılan yazılımlar güçlü fonksiyonları ile herkesin farklı ihtiyaçlarını karşılayabilen çeşitlilikte ve bir kısmı açık kaynak kodlu, bir kısmı da ücretsiz deneme sürümleri ile kolay ulaşılabilir bir hale gelmiş, bu durum ise üç boyutlu tasarım üretimini artırmıştır. Bu süreç içerisinde sayısal ortamlardaki üç boyutlu nesnelere amaç ve gereksinimlerine göre tanımlayan birçok tasarım yöntemi geliştirilmiştir. Bu bağlamda öncelikle üç boyutlu modelleme konusunun incelenmesi, üç boyutlu nesnelerin tanımlanması ve sınır temsili anlaşılmaması noktasında önem teşkil eder.

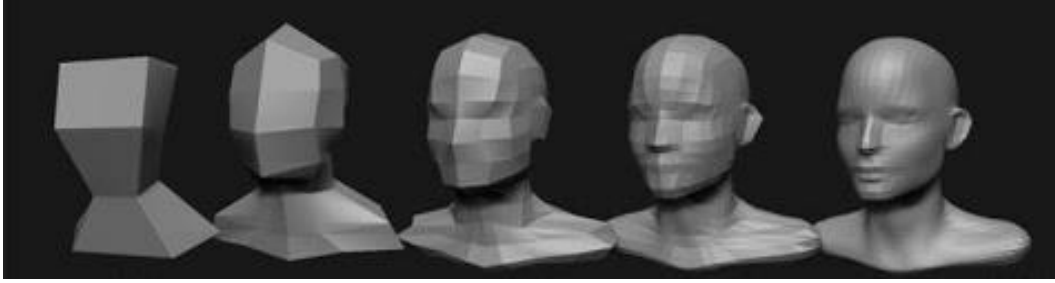
1. Üç Boyutlu Modelleme

Gerçek dünyada var olan ya da hayali bir nesnenin sayısal bir ortamda temsili oluşturulma işlemine üç boyutlu modelleme, bu süreç sonucunda ortaya çıkan nesne ise üç boyutlu model olarak ifade edilebilir (Çevik, 2019). Bir yazılım aracılığı ile sayısal ortamda oluşturulan bu üç boyutlu modeller, gerçek dünyadaki nesnelerin sahip olduğu üç boyutlu yazılımlara tanımlanmış bir genişlik, yükseklik ve derinliği taklit eder. Nesnenin sayısal ortamda üç boyutlu temsili oluşturulma işlemi nokta (vertex), kenar (edge) ve yüzeylerin (face) nasıl bağlandığını gösteren topolojik ve ölçü, şekil, pozisyon gibi geometrik veriler ile belirlenir (Xiong vd., 2006). Topolojik ve geometrik veriler, Çokgen Nesnelerin Sınır Temsili başlığı altında detaylandırılmıştır. Bu topolojik ve geometrik veriler doğrultusunda oluşturulan nesnelere renk, doku, parlaklık, şeffaflık gibi dokuya ilişkin özelliklerin eklenmesiyle gerçek olan nesnelerin görüntüsünü taklit eden görseller elde edilebilir. Sayısal ortamda üretilen üç boyutlu modellerin buldukları konumu tanımlayan sayısal değerler sayesinde anahtar kare yöntemi kullanılarak belirlenen bir zaman içerisinde hareket edebilmektedirler (Pearce vd., 1986). Üç boyutlu modelleme yöntemleri kişilerin tercihleri, amaç ve bilgisayar donanımlarına göre farklılık gösterebilir. Çokgen (polygon) modelleme yöntemi günümüzde tasarımcılar tarafından en çok kullanılan üç boyutlu modelleme yöntemi olması ve bu araştırmanın sonuca ulaşmasında sağlayacağı katkı sebebi ile tercih edilmiştir.

1.1. Çokgen (Polygon) Modelleme

Sayısal ortamlarda üç boyutlu modelleme üretimi için çokgen modelleme, Nurbs (Non-Uniform Rational B-Spline) modelleme, fırça tabanlı modelleme, üç boyutlu tarayıcı gibi birçok farklı yöntem kullanılarak aynı sonuca ulaşılabilir. Bu farklı modelleme yöntemlerinin kendi içerisinde ve birbirlerine zaman, kolaylık, zorluk ve tasarımcının el becerilerine göre üstün ya da eksik yönleri bulunabilir. Nesnelerin tam ve belirli bir temsili sayısal ortamda oluştururken, modele ait nokta, kenar, yüzey gibi veri miktarlarının istenilen farklı oranlarda ayarlanmasına imkân sağlaması, şekillerin kolayca tanımlanabilmesi ve render (görüntüleme) süresinin kısılması vb. bakımından kolay bir kullanım sağlayan çokgen modelleme,

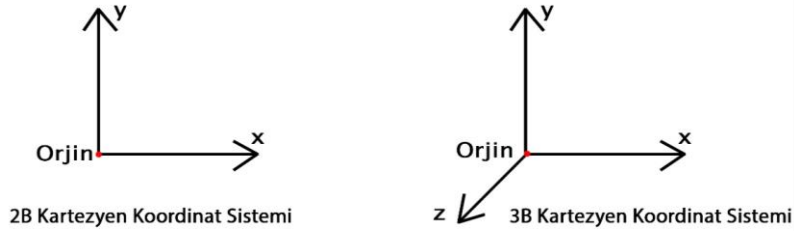
diğer modelleme yöntemlerine göre kullanımı daha yaygındır. Sayısal ortamda çokgenin temel birleşenleri olan noktaların (vertex) birbirine bağlanarak oluşturduğu kenarların (edge) yine birbirine bağlanması ile oluşturduğu yüzeylerin (face) ileri geri, öne arkaya ve sağa sola çekiştirilerek, silerek ya da ihtiyaç dâhilinde yenilerini ekleyerek istenilen üç boyutlu nesne oluşturulur. Oluşturulan üç boyutlu nesnelerin gerçek dünyadakine benzer şekilde sayısal ortamda da bir koordinat sisteminde konumlanır. Sayısal ortamdaki koordinat sistemini anlamak, üç boyutlu nesnelerin tanımı için önem arz etmektedir.



Resim 1. Çokgen modelleme.

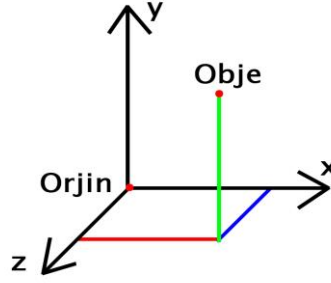
1.2. Koordinat Sistemi

Üç boyutlu modelleme yapılarak oluşturulan yapay nesnelerin tanımlarının yapılması gözlemlenmelerini kolaylaştırır. Bu tanımlama için sayısal ortamda kullanılan üç boyutlu koordinat sistemi kullanılır. Üç boyutlu koordinat sistemini iki boyutlu Kartezyen koordinat sistemini inceleyerek çözümlenmek daha kolaydır. İki boyutlu Kartezyen koordinat sisteminde başlangıç noktasını belirleyen Orjin (başlangıç noktası, sıfır noktası) noktasından başlayarak, birbirine 90 derece dik olan, (Resim 2.) yatayda x eksen ve dikeyde y eksen bulunmektedir.



Resim 2. İki ve üç boyutlu Kartezyen koordinat şeması.

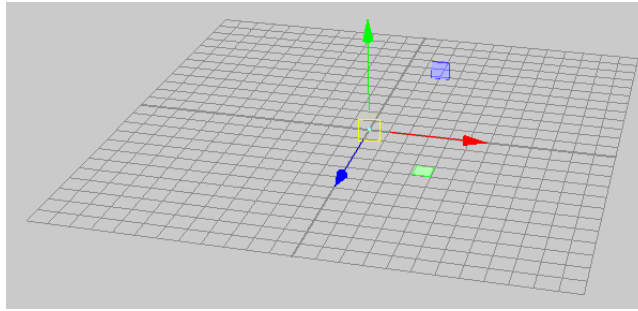
Bu koordinat sistemi ile iki boyutlu yüzey üzerindeki herhangi bir nokta ve bulunduğu yer tanımlanabilir. Üç boyutlu Kartezyen koordinat sisteminde ise iki boyutlu Kartezyen koordinat sistemi genişletilerek x eksen ve y ekseninin oluşturdukları düzleme dik olan derinliği ifade eden z eksen eklenmiştir. Pozitif x eksen sağa, pozitif y eksen yukarı ve pozitif z eksen i çalışma alanından öne doğru (sağ el koordinat sistemi) konumlanmıştır. Sayısal ortamdaki üç boyutlu Kartezyen koordinat sistemi üzerine yerleşen bir nesnenin tanımı (Resim 3.) ve sınır temsili net bir şekilde ortaya çıkması kolaylaşacaktır.



Resim 3. Üç boyutlu Kartezyen koordinat sisteminde obje.

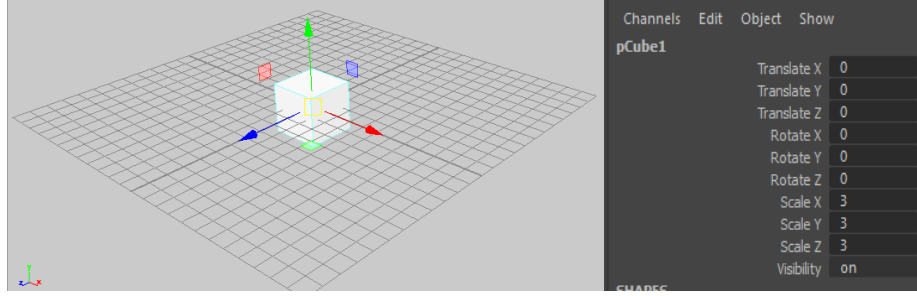
2. Çokgen Nesnelerin Sınır Temsili

Çokgen modelleme ve koordinat sisteminin anlaşılması ile üç boyutlu nesnelerin sınır temsili açıklanabilir. Üç boyutlu nesnelerin sınırlarını oluşturan yüzeyleri tanımlamak, nesnenin modellenmesinde bir yoldur. Sayısal ortamda oluşturulan üç boyutlu nesnelerin sınırları, nesnenin sahip olduğu formunun yanında iç ve dış bölgelerini de tanımlar. Bu durum nesnenin kenar çizgileri ile nesnenin hangi yüzeylere sahip olduğunu da anlaşılmasını sağlar. Basit bir küp, onu oluşturan yüzeyler ile kesin bir şekilde sınırlandırılmıştır. Aynı durum eğrisel yüzeylere sahip olan küre ve organik formlarda nesneyi tanımlayan çok sayıda yüzeye ihtiyaç duyması nedeni ile daha karmaşıklaşır (Ellson ve Cox, 1988). Tüm üç boyutlu yazılımlarda sayısal ortamın sonsuzluğu içerisinde herhangi bir başlangıç yeri üzerine modellemeyi ve hizalamayı kolaylaştırmak için yatay ve dikey çizgilerden oluşan nesneye ait noktaları yakalamamızı sağlayan ızgara/kafes (grid) bulunur. Izgaranın yatay ve dikey çizgi ölçü aralıkları veya ortamın nokta yoğunluğu kullanım amacına göre değişebilir. Üç boyutlu Kartezyen koordinat sistemine göre hareket eden manipülatör (Resim 4.) ise bu ızgaraya ait yatay ve dikey çizgilerinin kesişim noktasında x, y, z koordinatları 0 (sıfır) kabul edilen başlangıç noktasında bulunur.



Resim 4. Izgara üzerinde bulunan manipülatör.

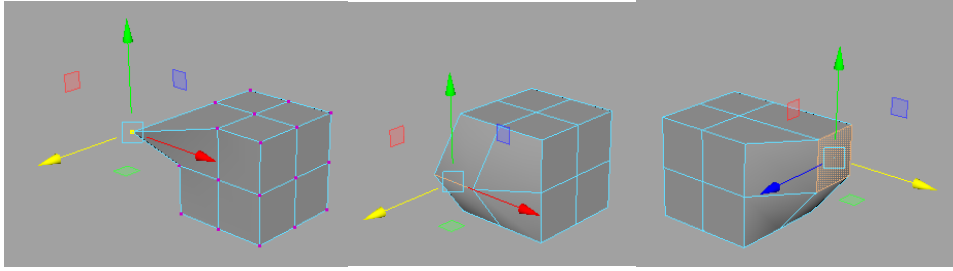
Izgara üzerinde oluşturulan Scale (ölçü) x:3, y:3, z:3 birim değerindeki primitif küp obje örneğinde olduğu gibi (Resim 5.), koordinatları başlangıç noktası tasarımcı tarafından değiştirilmediği sürece Translate (yer değiştirme/pozisyon) ve Rotate (döndürme) x:0, y:0, z:0 olarak yazılım tarafından belirlenir. Üç boyutlu nesnelere ait sınır temsili, nesnenin nokta, kenar ve yüzeylerini birleştiren yerel bir temsildir. Bu durumun bir uzantısı olarak, ölçü, döndürme, pozisyon gibi geometrik veriler incelenebilir.



Resim 5. Izgara üzerinde bulunan küp ve manipülâtör.

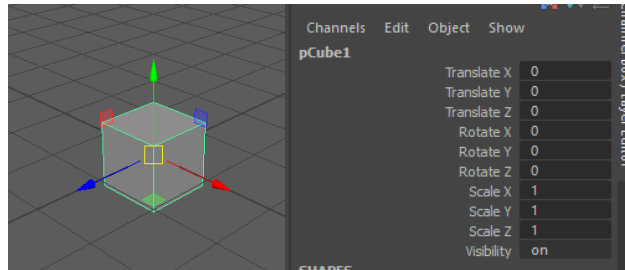
2.1. Sınır Temsilinde Geometrik Veriler

Çokgen yüzey ve koordinat listesinde üç boyutlu nesne hareket ettirildikçe nesnenin koordinatlarına ait pozisyon x , y , z , değerleri pozitif ya da negatif olarak değişim gösterecektir. Bu durum üç boyutlu nesnelerin geometrik yapısına ait pozisyon bilgilerini temsil etmektedir. Bunun yanı sıra seçilen her nokta, kenar ve yüzey çekiştirilerek (Resim 6.) koordinat sistemine göre hareket edecek ve bu harekete bağlı olarak pozisyon x , y , z , değerleri, çokgen yüzey ve koordinat listesinde pozitif ya da negatif olarak değişerek üç boyutlu nesnenin geometrik yapısına ait şekil bilgilerinin temsili yapacaktır.



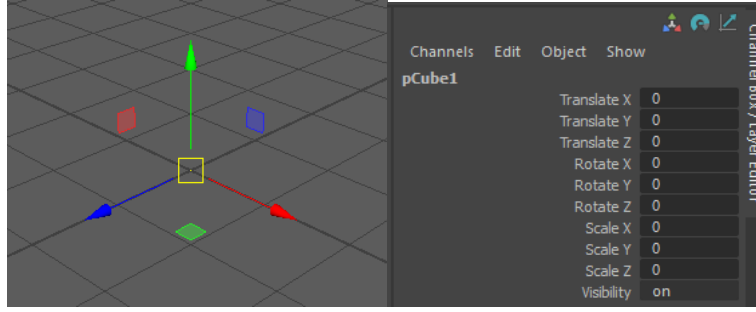
Resim 6. Nokta, kenar ve yüzeye ait manipülâtör.

Nesnenin ızgara üzerindeki hareketinin yanı sıra büyütülmesi ya da küçültülmesi de nesneye ait ölçü (Scale) x , y , z , değerleri de nesnelere ait çokgen yüzey ve koordinat listesinde değişim göstererek, üç boyutlu nesnenin geometrik yapısındaki ölçü verilerinin temsili yapar. Oluşturulan ilk nesnenin kendine ait ölçü (Scale) x , y , z , değeri 1 (bir) olarak sistem tarafından tanımlanmıştır (Resim 7.).



Resim 7. Scale (ölçü) $x:1$, $y:1$, $z:1$.

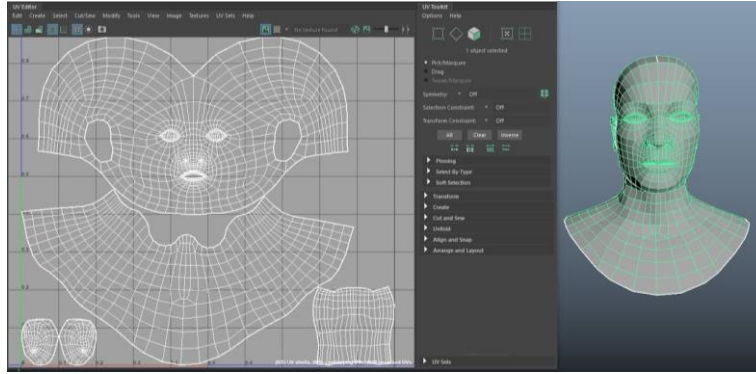
Ölçü olarak (Scale) değerinin 0 (sıfır) olması halinde, obje ızgara üzerinde oluşturulsa bile orjin (0-sıfır) noktasından Kartezyen koordinat sistemine göre x , y , z yönünde pozitif ya da negatif hacim ifade eden bir değer taşımadığı için tanımlanamayacaktır (Resim 8.).



Resim 8. Scale (ölçü) x:0, y:0, z:0.

2.2. Sınır Temsilinde Topolojik Veriler

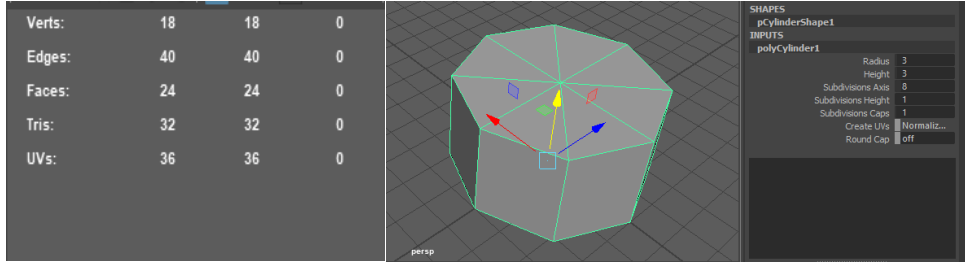
Sayısal ortamlarda oluşturulan üç boyutlu nesnelere ait noktalar (vertex), kenar (edge) ve yüzeyler (face) modellenen her nesnede farklılık gösterir. Üç boyutlu her nesnenin kendine ait topolojik bir yapısı vardır. Topolojik bilgi tasarımcıya nokta, kenar ve yüzeylerin birbirine nasıl bağlandığına dair sınır temsili yapan verileri içerir. Üç boyutlu bir nesneyi oluşturan temel birleşenler (nokta, kenar, yüzey) ne kadar doğru yerleştirilirse, topolojik olarak bu doğru yerleştirme ile ortaya çıkan üç boyutlu model ve kaplaması o kadar kusursuz görünecektir. Topolojisi doğru olan bir üç boyutlu model, canlandırma (animasyon) aşamasında da teknik bir hata vermeyecektir. Bunun yanı sıra doğru topoloji ile üç boyutlu modellemesi yapılan nesnenin haritalandırılması (UV) ile gerçeğe yakın bir doku giydirme (texture/kaplama) yapılabilir.



Resim 9. Topoloji ve UV.

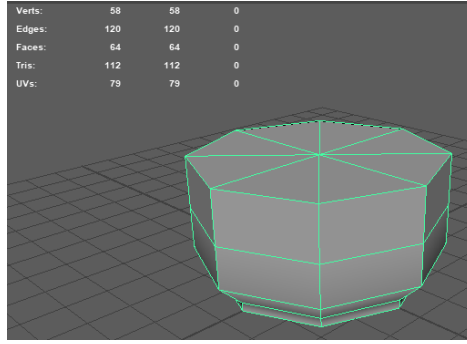
3. Örnek Uygulama

Üç boyutlu nesnelerin sınır temsili için yapılacak örnek uygulamada tercih edilen Maya, esnek ve sürekli geliştirilen üç boyutlu yazılım programıdır. Hedeflenen sonuca tasarımcıların tercih edebileceği farklı yöntemlerle ulaşılabilir. Bu araştırma konusu için uygulamada basit bir kase modellenmiştir. Başlangıç için poligon primitif obje olan silindir tercih edilmiştir. PolyCylinder Inputs değerleri Radius:3, Height:3, Subdivisions Axis:8 olarak belirlenmiştir (Resim 10.). Oluşturulan bu üç boyutlu silindire ait sayısal verileri Verts: 18, Edges: 40, Faces:24 olarak görülmektedir. Modelleme süresinde objeye ait bu değerlerde ihtiyaca göre artma ve azalma görülecektir.

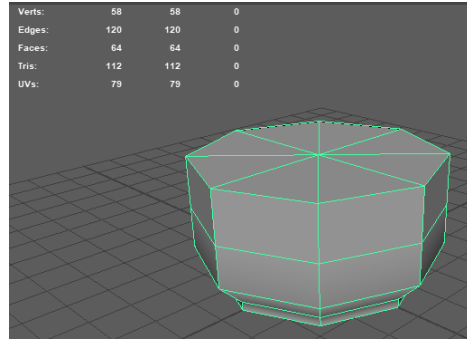


Resim 10. PolyCylinder Inputs değerleri

Oluşturulan üç boyutlu obje, ekrana yaklaştırılıp uzaklaştırıldıkça boyutunda büyüme veya küçülme oluşarak kullanıcıya perspektif bakış olanağı sağlayacak; Rotate (döndürme) işleminin doğru bir eksende yapılabilmesi için objeye ait orjin (merkez noktası) bulunarak topolojik eksen merkezine yerleştirilmesi sağlanmıştır. Bu ilk aşamadan sonra üç boyutlu silindir nesne üzerinde yeni yüzey noktaları eklenerek şekil verilmeye başlanır. İkinci aşamada modelleme sırasında üç boyutlu silindire ait sayısal verilerin Verts: 58, Edges: 120, Faces: 64 olarak arttığı (Resim 11.); modellemenin son aşamasında ise sayısal verilerin Verts: 162, Edges: 328, Faces:168 olarak arttığı görülmektedir (Resim 12.).



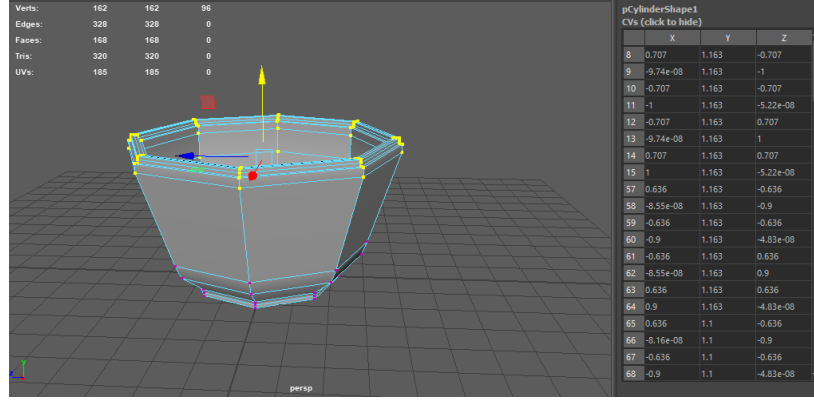
Resim 11. PolyCylinder sayısal verileri.



Resim 12. PolyCylinder sayısal verileri.

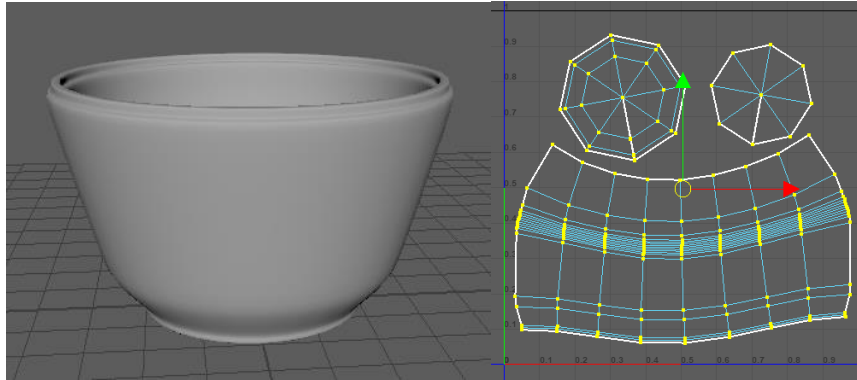
Maya sayısal üç boyutlu yazılımında gelişmiş görüntüleme ile tasarımcılar objeye ait büyütme ve küçültme, döndürme, yaklaştırma ve uzaklaştırma gibi işlemleri etkileşimli olarak kontrol edebilir. Her üç boyutlu obje, sahip olduğu noktalar (vertex) ile tanımlanır. Böylece uzayda bulunan bir noktanın konumu x, y, z verileri ile koordinatlanır. Her üç boyutlu objenin konumunu belirleyen Translate, Rotate ve Scale x, y, z verileri olduğu gibi, üç boyutlu objelere

ait noktaların da x, y, z verileri bulunmaktadır. Noktalara ait bu veriler sayesinde objenin sahip olduğu formun üç boyutlu Kartezyen koordinat sistemindeki konumu temsil edilir. Görsel 13.'de uygulama bölümünde modellenen üç boyutlu kâse formuna ait noktaların, üç boyutlu Kartezyen koordinat sistemindeki x, y, z sayısal verileri görülmektedir. Üç boyutlu objenin noktalarına ait bu sayısal veriler modellenen bu objenin tanımını yaparak, geometrik sınır temsili de göstermektedir.



Resim 13. Nokta (vertex) x, y, z sayısal verileri

Resim 14.'te modellenen üç boyutlu kâse formunun iki boyutlu UV haritalandırması görülmektedir. Objeye ait 162 adet olan nokta sayısı, UV haritalandırmasında da 162 adet noktanın kenarlar ile nasıl bağlandığına dair sınır temsili iki boyutlu düzlemde göstermektedir. Üç boyutlu objenin noktalarına ait bu sayısal veriler modellenen bu objenin UV haritalanmasında da tanımını yaparak, topolojik sınır temsili göstermektedir.



Resim 14. Nokta (vertex) x, y, z sayısal verileri

Sonuç

Gerçek ya da hayali nesnelerin sayısal ortamda matematiksel değerlere dönüştürülerek temsili oluşturma

işlemi, üç boyutlu modelleme olarak ifade edilir. Herhangi bir varlığın dijital bir formunun oluşturularak gerçeğe yakın görüntüler elde etme amacı taşıyan üç boyutlu modelleme, tasarım ve oyun sektöründen, sinemaya, tıp ve mimariden, mühendislik ve bilimsel çalışmalara kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Sinema sektöründe vazgeçilmez bir hale gelen üç boyutlu modelleme, çağımızda önemli ölçüde yaygınlaşan video oyun sektörünün de üretim aşamasının ana objesi durumundadır. Mühendislikte üretimden önce prototipin oluşturulmasında kullanılan üç boyutlu modelleme, kimyasal bileşiklerin canlandırılmasında, yer bilimlerinde yapılan incelemelerde ya da eğitimin bir çok aşamasında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Üç boyutlu modelleme, üç boyutlu tasarımdan farklı olarak fiziksel bir varlık olarak kabul edilen objenin geometric bir uzayda belirlenen noktalarla tanımlanması amacını taşımaktadır. Modelin oluşum aşamasında, çember, doğru, üçgen ve çokgenler kullanılabilir. Modellemenin oluşturulma aşamasında bir teknik kullanmak mümkündür. Bu tekniklerin kullanılmasına imkan veren oldukça fazla yazılım kullanmak mümkündür. Bu yazılımlar arasında Maya, Cinema 4D, Max, Blender ve Solid Thinking programları önemli bir yer tutmaktadır. Daha çok reklam, sinema ya da oyun tasarımında kullanılan bu programların yanında mühendislik ve mimari tasarımlarda kullanılan AutoCAD, SolidWorks ya da Rhino gibi programlar da etkin olarak kullanılmaktadır. Çalışmada üç boyutlu modelleme yöntemleri arasında en fazla kullanım alanına sahip olan çokgen modelleme tarzı üzerinden değerlendirilmelerde bulunulmuştur. Çokgen modelleme yönteminde modellenen nesne, çokgenin temel birleşenleri olan nokta (vertex), kenar (edge) ve yüzey (face) bilgileri ile tanımlanır. Bir nokta başka bir nokta ile birleşerek kenarı, oluşan bu kenar ise diğer kenarlar ile birleşerek yüzeyleri ve son olarak bir yüzey diğer yüzeyler ile birleşerek nesnenin sayısal temsili oluşturur. Yapılan objelerin bilgisayarlarca kolay algılanması çokgen modelleme tekniğinin daha fazla tercih edilmesini sağlamaktadır. Bu modelleme tekniğinde elde edilen ürün düzlemsel olduğu için eğrisel kullanılan üç boyutlu sayısal yazılım içerisinde bulunan listeleme sistemi ile modellenen nesneye ait her bir nokta, kenar ve yüzeyin bilgileri tutulur. Modellenen üç boyutlu nesneye ait nokta listesi, modelin sahip olduğu her bir noktanın tanımını Kartezyen koordinat sisteminde bulunan x, y, z üzerinde sayısal veri olarak tutulur. Bu yöntem ile objeye ait her noktanın sayısal ortamdaki koordinatları tanımlanmış, objenin sahip olduğu formun da sınırları temsil edilmiş olur. Sayısal ortamlardaki üç boyutlu nesnelerin sınırlarını oluşturan yüzeyleri tanımlamak ve nesnelerin sınır temsili için üç boyutlu yazılım olarak bu çalışmada Maya tercih edilmiş; çokgen modelleme yöntemiyle primitif silindir ile basit bir kâse modellenmiştir. Modelin başlangıcında 8 adet noktaya sahip olan silindirin, istenen form verilmeye devam edildikçe sahip olduğu nokta sayılarında artış ve x, y, z koordinatlarında sayısal verilerin değişimi gözlemlenmiştir. Modellenen objenin sahip olduğu tüm noktalara ait x, y, z sayısal veriler, bu objenin üç boyutlu ortamda sayısal tanımını ve sınır temsili yapmaktadırlar; bu örnek uygulama ile çokgenin temel birleşeni olan noktalar ile bir objenin sınır temsili yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Çevik, İ. F. (2019). *Üç Boyutlu Tasarım ve Sanal Gerçeklik Kullanımı (Göbeklitepe Çalışması)*. Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi. İstanbul Arel Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ellson, R. ve Cox, D. (1988). Visualization of injection molding. *Simulation*, 51(5), 184-188.
<https://doi.org/10.1177/003754978805100504>
- McCartney, S. (1999). ENIAC: The triumphs and tragedies of the world's first computer. Walker & Company. ISBN:978-0-8027-1348-3
- Pang, A. S. K. (2002). The making of the mouse. *American Heritage of Invention and Technology*, 17(3), 48-54.
<https://www.lri.fr/~mbl/ENS/FONDIHM/2012/papers/MakingOfTheMouse.pdf>
- Pearce, A., Wyvill, B., Wyvill, G. ve Hill, D. (1986). Speech and expression: A computer solution to face animation. In *Graphics Interface (Vol. 86, pp. 136-140)*. <http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~hill/papers/speech-and-expression-86.pdf>
- Thalmann, N. M. ve Thalmann, D. (1990). The Development of Computer Animation in Various Organizations. In *Computer Animation (pp. 19-40)*. Springer, Tokyo. DOI: https://doi.org/10.1007/978-4-431-68105-2_4

Utterson, A. (2011). A Computer Animated Hand. Andrew Utterson is Assistant Professor of Screen Studies at Ithaca College, NY and is the author of From IBM to MGM: Cinema at the Dawn of the Digital Age.

https://www.loc.gov/static/programs/national-film-preservation-board/documents/computer_hand2.pdf

Xiong, F., Xing, Z. ve Youhua, Z. /2006). Animation and Virtual Reality. Management and Decision Support Systems. in CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International. USA. Editörleri, Ç., Tarhan, S., & Özgüven, M. M. 6.6 3D Animasyon ve Sanal Gerçeklik.

http://tarmakbir.org/haberler/Kitap/31_6.6%203D%20Animasyon%20ve%20Sanal%20Ger%C3%A7eklik.pdf

BOUNDARY REPRESENTATION OF THREE DIMENSIONAL OBJECTS IN DIGITAL ENVIRONMENTS AND A CASE STUDY

İpek Fatma Çevik

Abstract

In the 1960s, the door of the IT era, which occupies one room and is interconnected with computers capable of four operations, was opened in the 21st century with three-dimensional digital and virtual environments that imitate the real world in which we live. In 1972, Edwin Catmull's first three-dimensional hand model with a coating and movement produced in the digital environment, which challenged the challenges of his time, accelerated the research and developed a number of design methods for the identification, purpose and needs of three-dimensional objects in these digital environments. One way to create objects in a digital environment is to define the surfaces that make up their boundaries. In this context, the boundary representation of three-dimensional objects created in digital environments will be explained in this research with a sample study prepared by polygonal modeling method in Maya program.

Keywords: Three Dimensional Design, polygon modeling, boundary representation