

Ürün Tasarımında Parametrik Yüzey Modelleme: Alias ve Dynamo Entegrasyonu ile A Sınıfı Yüzey Modelleme Örneği

Güven MERAL^{1*} , Sema GÖVEÇ ER¹ 

¹Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı, Ankara, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 10/08/2024
Düzeltilme: 05/09/2024
Kabul: 11/09/2024

Anahtar Kelimeler

A Sınıfı Yüzey Modelleme
Parametrik Tasarım
Bilgisayar Destekli
Endüstriyel Tasarım

Article Info

Research article
Received: 10/08/2024
Revision: 05/09/2024
Accepted: 11/09/2024

Keywords

A- Class Surface Modeling
Parametric Design
Computer- Aided Industrial
Design

Grafik Özet (Graphical/Tabular Abstract)

Elektrikli süpürge tasarımı, A sınıfı yüzey modelleme yöntemlerine göre oluşturulup; elde edilen yüzeyler için parametrik bir desen kurgulanmıştır. Bu süreç için modelleme yazılımı Alias ve yazılıma parametrik algoritma programlayan Dynamo yazılımlarından faydalanılmıştır. Çalışma, modelleme sürecinde pürüzsüz ve kesintisiz yüzeyler elde etmek için, bilgisayar destekli endüstriyel tasarım teknolojisinin kullanımı ile ilgili bilgiler sunar. / The vacuum cleaner design was created according to class A surface modeling methods and a parametric pattern was constructed for the obtained surfaces. For this process, Alias modeling software and Dynamo software, which programs parametric algorithms to the software, were used. The study provides information about the use of computer-aided industrial design technology to obtain smooth and seamless surfaces in the modeling process.



Şekil A: Grafik özet / Şekil A: Graphical abstract

Önemli noktalar (Önemli noktalar)

- Bilgisayar destekli endüstriyel tasarım araçlarının kullanımına odaklanılmıştır. / The focus is on the use of computer-aided industrial design tools.
- A sınıfı yüzey modelleme yöntemi, geleneksel modelleme yönteminin yeterli olmadığı yüzey kalitesi ve üretilebilirlik gibi konularda çözüm sunmaktadır. / The class A surface modeling method offers solutions for issues such as surface quality and manufacturability where conventional modeling methods are not sufficient.
- Parametrik modelleme yöntemi, daha fazla tasarım seçeneğine ulaşarak tasarımların hızlı test edilmesi ve yinelenmesini sağlar. / The parametric modeling method enables rapid testing and iteration of designs by accessing more design options.

Amaç (Aim): Yapılan çalışma da amaçlanan, A sınıfı yüzey modelleme ile estetik kalite de pürüzsüz yüzeyler elde etmek ve oluşturulan yüzeylerin parametrik tasarım araçları ile ürün çeşitliliğini sağlamaktır. / The aim of the study is to obtain smooth surfaces in aesthetic quality with class A surface modeling and to provide product diversity with parametric design tools of the created surfaces.

Özgünlük (Originality): Alias-Dynamo iş akışı, tasarımcıların modellemesi uzun süreler alacak yüzeyler için fayda sağlayacaktır. / The Alias-Dynamo workflow will benefit designers for surfaces that would otherwise take a long time to model.

Bulgular (Results): Elde edilen verilerle birlikte, ürün tasarımında A sınıfı modellemenin ilerleme süreci ve parametrik yöntemin avantajları ile ilgili çeşitli saptamalarda bulunulmuştur. / With the data obtained, various conclusions have been made about the progress of Class A modeling in product design and the advantages of the parametric method.

Sonuç (Conclusion): Yüzey modelleme işlemleri genellikle tekrarlar bir döngüde gerçekleşir. Gerekli olduğunda oluşturulan yüzeyler iyileştirilmeli, kontrol noktaları yeniden ayarlanmalı veya eğrilik süreklilikle tekrar değerlendirilmelidir. / Surface modeling operations are usually performed in an iterative cycle. When necessary, the created surfaces must be improved, control points readjusted, or curvature must be re-evaluated with continuity.



Ürün Tasarımında Parametrik Yüzey Modelleme: Alias ve Dynamo Entegrasyonu ile A Sınıfı Yüzey Modelleme Örneği

Güven MERAL^{1*} , Sema GÖVEÇ ER¹

¹Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı, Ankara, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 10/08/2024
Düzeltilme: 05/09/2024
Kabul: 11/09/2024

Anahtar Kelimeler

A Sınıfı Yüzey Modelleme
Parametrik Tasarım
Bilgisayar Destekli
Endüstriyel Tasarım

Öz

Ürün tasarım süreçleri; bilgisayar destekli yazılımlar, kodlama teknolojileri ve 3B ölçüm teknolojilerinin etkisi altında evrim geçirmektedir. Bu teknolojik gelişmeler, tasarımcılara fikirlerini bilgisayar ortamına hızlı bir şekilde aktarma ve karmaşık modelleri kısa sürede oluşturma imkânı sağlamaktadır. Gelişmiş görselleştirme için etkili 3B modeller kullanılarak, tasarımcılar A sınıfı yüzey modelleme yöntemleriyle verimli üretimi destekleyen ürünler tasarlamaktadır. Tasarımcılardan bir fikri oluşturmanın yanısıra, tüm tasarım alternatiflerini değerlendirmeleri de beklenmektedir. Bu aşama da birçok tasarımcı, tasarım sürecini etkin bir şekilde kontrol etmek amacıyla parametrik tasarım araçlarına başvurmaktadır. Parametrik tasarım yöntemi; karmaşık geometriler ve bileşenler üzerinde dinamik kontrol sağlayarak, tasarımcıların modellerini belirli değişkenler ve kısıtlamalar üzerinden yönetmelerine olanak tanımaktadır. Bu yöntem aynı zamanda tasarım sürecini hızlandırmakla kalmayıp, ürün varyasyonlarını keşfetme konusunda tasarımcılara bilgi sağlamaktadır. Bu çalışmada, yüzey formu gereği; yüzey birleşim noktalarının detaylı incelenmesi, ardından yeniden düzenlenmesi ve gerektiğinde yüzeylerin en baştan tekrar üretilmesi için elektrikli süpürge örneği seçilmiştir. Yüzey formu oluşturma ve analizinde Alias ve Dynamo yazılımları kullanılmıştır. Çalışmadaki amaç, A sınıfı modelleme ile estetik kaliteye sahip pürüzsüz yüzeyler elde etmek ve parametrik tasarım araçlarıyla, ürün çeşitliliğini sağlamaktır. Elde edilen veriler ile, A sınıfı modellemenin hangi aşamada kullanılması gerektiği ve parametrik yöntem hakkında araştırmacılara ışık tutacak kılavuz niteliğinde bir çalışma yapılmıştır.

Parametric Surface Modeling in Product Design: A Case Study of Class-A Surface Modeling with Alias and Dynamo Integration

Article Info

Research article
Received: 10/08/2024
Revision: 05/09/2024
Accepted: 11/09/2024

Keywords

A-Class Surface Modeling
Parametric Design
Computer-Aided
Industrial Design

Abstract

The field of product design is undergoing a period of significant transformation, driven by the advent of computer-aided software, coding technologies, and 3D measurement technologies. These technological advances permit designers to rapidly computerize their ideas and create intricate models in a relatively short period of time. By employing efficient three-dimensional models for enhanced visualization, designers are developing products that facilitate efficient manufacturing through the utilization of Class A surface modeling techniques. It is expected that designers will evaluate all potential design alternatives, rather than merely conceptualizing an idea. At this juncture, a considerable number of designers have recourse to parametric design tools with a view to exerting effective control over the design process. The parametric design method provides designers with dynamic control over complex geometries and components, allowing them to manage their models through specific variables and constraints. This method not only accelerates the design process but also furnishes designers with information to explore product variations. In this study, a vacuum cleaner example was selected for detailed examination of surface joints, subsequent reorganization, and, when necessary, reproduction of surfaces from scratch. Alias and Dynamo software were employed for surface form generation and analysis. The objective of the study is to obtain smooth surfaces with aesthetic quality through class A modeling and to produce a variety of products with parametric design tools.

1. INTRODUCTION (GİRİŞ)

Geçmişten günümüze, tasarımın grafik temsili bilgisayar destekli tasarımın (CAD) kullanılmaya başlanmasıyla birlikte gelişmiştir. Bilgisayar

grafikleri ve görüntüleme teknolojisinin hızla gelişmesiyle birlikte, 3B modelleme alanında da önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Genel olarak; iki boyutlu (2B) geometrik eğri modelleme ve üç

boyutlu (3B) geometrik yüzey modelleme, bilgisayar destekli tasarımın ilerlemesinde önemli unsurlardır. Yeni nesil bilgisayar programları; yaratıcı tasarımları gerçekleştirmek için yüksek teknoloji araçlarını kullandıklarından, kişinin isteklerini ifade etme ve tasarımlarını sergileme özgürlüğü gibi avantajlar da sunmaktadır [1]. 1980'lerin sonlarına dek, bilgisayar destekli tasarım (CAD) sistemleri, teknik çizim verilerinin bilgisayara aktarımında etkin bir şekilde kullanılıyordu. Ancak, bu dönemin bitiminde, tasarım sürecinin her aşamasını kapsayabileceğini belirten bilgisayar destekli endüstriyel tasarım (CAID) yazılımları, Alias gibi ürünlerle piyasaya girdi. Bu gelişme, form oluşturma konusunda tasarımcılara yeni olanaklar sundu.

CAID sistemlerinin geliştirilmesi, ürün tasarımcılarının fikirlerini bilgisayar ortamında daha hızlı bir şekilde ifade etmelerine olanak tanımış ve karmaşık 3B modellerin daha kısa sürede oluşturulmasını sağlamıştır. Günümüz dijital tasarım araçları ile tasarımcılar; ürününü yapılandırmaya yönelik olarak kâğıt üzerindeki eskizlerini bilgisayarda detaylandırmak için, eğrileri kullanarak 2B modeller oluşturmakta, ardından bu eğrilerden 3B yüzeyler elde etmektedirler. Estetik açıdan yüksek kalitede pürüzsüz yüzeyler elde etmek veya organik formlar oluşturmak için A sınıfı modelleme tekniklerine başvurulmaktadır. "A sınıfı" terimi, genellikle bir yüzeyin kalitesini, sürekliliğini veya belirli bir nesneyi üretmek için kullanılan bir dizi yöntemi belirtmek için tercih edilmektedir. A sınıfı yüzey modelleme, özellikle otomotiv endüstrisi dahil olmak üzere birçok sektörde estetik açıdan kaliteli ürünler tasarlanmasının temel gereksinimlerinden biridir [2].

Teknolojik gelişmelerin tasarım süreçlerini ve tasarımcıların kullandığı araçları dönüştürdüğü bir çağda, parametrik tasarım yöntemi olarak tanımlanan bilgisayar destekli tasarım sistemi önem kazanmaktadır. Parametrik modellemede, doğrudan modellemenin tersine, mantıksal araçlar kullanılarak parametrik bir yapı oluşturulmaktadır. Tasarım seçeneklerinin değerlendirilmesinde alınan kararlar, sayısal veriler ve pratik gözlemlere dayanan sezgisel ve rasyonel bir değerlendirme süreci ile şekillendirilmektedir. [3]. Tasarımcı, parametrik değerler ve kurallar arasındaki ilişkileri değiştirme yetisine sahiptir; bu sayede sistemin algoritmik kodunu ve 3B geometrinin görsel temsilini yönetme imkânı elde etmektedir. [4]. Bu çerçevede, çalışmamızda ürün tasarımcılarının tasarım süreçlerinde kullandıkları A sınıfı modelleme ve parametrik tasarım yönteminin rolü

incelenmiştir. Bu yöntemlerin, süreçteki nitelikleri, dezavantajları ve farklı aşamalardaki önemi üzerinde durulmuştur.

2. A SINIFI YÜZEY VE SÜREKLİLİK KAVRAMLARI (CLASS-A SURFACE AND CONTINUITY CONCEPTS)

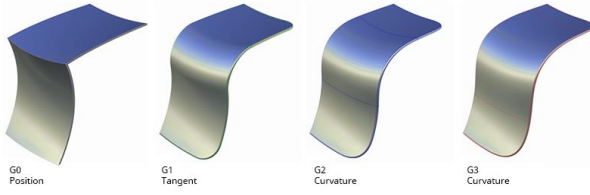
Tasarımcılar, nihai ürün tasarımını gerçekleştirmenin ötesinde; kullanıcılarda belirli bir duygu meydana getiren bir ürün tasarlamayı da amaçlarlar [5]. Endüstrideki birçok ürünün görünüm modellemeleri oldukça karmaşık olduğundan, genellikle tek bir yüzeyle ifade edilmeleri mümkün değildir. Bu nedenle, bitişik yüzeylerin kullanılması gerekmektedir. Belirli pürüzsüzlük kısıtlamalarına sahip çok sayıda yüzey parçası arasındaki sürekli geçiş sağlandığında, karmaşık yüzeyler görsel olarak küresel bir pürüzsüzlük elde etmektedir [6].

"A Sınıfı" ifadesi, dış ve iç kısımlardaki görünür serbest biçimli yüzeyleri tanımlar. Günümüzde A sınıfı yüzeyler, tüm yüzeylerin geometrik ifadesini temsil etmektedir. Müşterinin talep ettiği teknolojik ve estetik gereksinimlerin iç ve dış yüzeylerde uygulanması ile elde edilir. A sınıfı yüzeyler, en az G2 sürekliliği ile tanımlanır [7]. Genel anlamda A sınıfı; iç ve dış alanlarda müşterinin görebileceği tüm yüzeylerin geometrik temsili olup, teknik ve estetik gereksinimlerin tamamını göz önünde bulundurur [8]. A sınıfı veriler; mühendislik süreçlerine aktarılmadan önce, CAID sisteminde yüzeylerin geometrik sürekliliği, boşluklar ve taslak açıları gibi belirlenen gereksinimlere uygunluğu açısından kontrol edilir. CAID sistemleri; yansımaların analizi, yüzeylerin kendi kendine kesişme analizi ve boşluk tespiti gibi performans kontrol işlevlerini gerçekleştirme yeteneğine sahiptir. A sınıfı veriler; CAID yazılımında kalite açısından manuel olarak denetlenir, CAD formatına dönüştürülür ve ardından tasarım, simülasyon ve yüksek kaliteli görselleştirme gibi sonraki mühendislik alanlarına aktarılır [9].

2.1. Modellemede Süreklilik Düzeyleri (Continuity Levels in Modeling)

Eğri, endüstriyel ürünlerin form ve silüetlerini yaratmada temel bir tasarım unsuru olarak öne çıkar. Bu nedenle, tasarımcılar eğrileri estetik hale getirerek, şekil tasarımının kalitesini artırmayı amaçlarlar. Estetik bir eğrinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken en önemli faktör ise eğrilik dağılımıdır [10]. Bir eğrinin kalitesi, eğrinin sürekliliği ile belirlenir; süreklilik, eğriler veya yüzeyler arasındaki yumuşak geçişin derecesini,

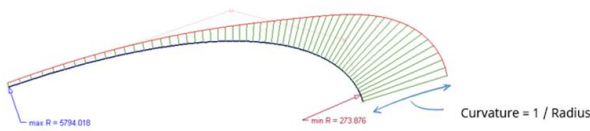
yani pürüzsüz bağlantıyı ifade eder. Eğrinin süreklilik düzeyi ne kadar yüksekse, o eğrinin kalitesi de o kadar iyi olacaktır. [11]. Eğriler arasındaki sürekliliği tanımlamak için genellikle G0, G1, G2 gibi notasyonlar kullanılır. A sınıfı modelleme için çoğu zaman G2 sürekliliği yeterli olur ve genellikle G3 veya G4 süreklilik seviyelerine ihtiyaç duyulmaz. Görsellik açısından, G3 ve G4 süreklilik ile G2 sürekliliği arasındaki fark, gözle belirgin bir şekilde ayırt edilemez. [11]. Süreklilik seviyeleri fillet komutu kullanılarak Şekil 1'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Modelleme aşamasında süreklilik seviyelerinin fillet komutu ile gösterimi [12] (Representation of continuity levels in the modeling phase with the fillet command)

2.2. Modellemede Süreklilik Analizleri (Continuity Analysis in Modeling)

Eğriler arasındaki sürekliliği tespit etmek için uygun araçlar kullanılabilir; bunlar arasında en yaygın olarak tercih edilen, eğrilerin içsel sürekliliğini ya da eğriler arasındaki sürekliliği eğri saçı biçiminde gösteren eğrilik grafiğidir. Tasarımcı, iki eğri arasındaki bağlantının sürekliliğini değerlendirmek amacıyla eğrilerin uç noktalarındaki eğrilik grafiklerinin yönünü ve yüksekliğini inceleyebilir [11]. Eğrilik tarakları, bir nesnenin belirli bir noktasındaki eğrilik seviyesini gösteren ve 3D modelleme yazılımlarıyla ilişkilendirilmiş grafik öğeleridir. Bu araçlar; çizimlerde meydana gelen sorunlu bölgeleri belirlemek amacıyla, özellikle karmaşık yüzeyler oluşturmak için kullanılan spline'ların değerlendirilmesinde kullanılır [13]. Şekil 2'deki grafikte eğrilik tarak grafiği görülmektedir.



Şekil 2. Eğrilik tarak grafiği (Curvature comb graph)

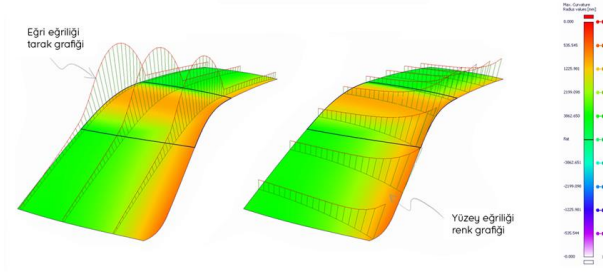
Yansıma çizgileri, bir yüzeyin değerlendirilmesi için kullanılan ve nihai tasarım çıktısının üretildiğinde nasıl bir görünüm sergileyeceğine dair bir öngörü sağlayan bir tekniktir. Bu yöntem, yüzeylerdeki yansımaların ve gölgelerin kalitesini analiz etmeye yardımcı olur. Değerlendirme genellikle yansıma çizgileri (eş açılar) ve izo açı eğrileri olarak kategorize edilir. Yansıma çizgileri analizi dinamik bir süreçtir; bu nedenle yazılım, her an için yüzeylerin görüş açısı normlarını hesaplar ve görünüm hattının konumuna göre çizgi diyagramını günceller. Yansıma çizgileri elde etmenin iki ana yöntemi, zebra analizi ve ışık tüneli tekniğidir. [14].

Zebra geçişi, bir yüzeyin kalitesinin iyi veya kötü olduğunu ayırt etmek amacıyla kullanılan bir tekniktir. Bu geçişin kesintisiz olması, yüzeyin sürekliliğinin yüksek olduğunu gösterir [15]. Süreklilik, eğriler veya yüzeyler arasındaki akışın ne kadar düzgün olduğunu matematiksel olarak ifade eden bir göstergedir [7]. Zebra çizgileri, bilgisayar grafiklerinde düzgün yüzeylerdeki eğrilikleri görselleştirmek amacıyla uygulanan bir tanı koyma gölgeleme tekniğidir [16]. Zebra çizgileri, bir yüzeyin kalitesini görsel olarak analiz etmeye yardımcı olur. Sürekli yüzeylerdeki eğrilikler, akıcı ve düzgün çizgiler olarak temsil edilirken, kırık teğetikler, çizgilerin yönünde ani değişiklikler olarak görünür (şekil 3) [13]. Zebra şerit analizi, bir modelin krom kaplı bir malzemeden üretildiğini ve düzenli çizgilerin bulunduğu bir silindirin içine yerleştirildiğini simüle eden bir yöntemdir.



Şekil 3. G0, G1 ve G2 yüzey birleşimleri arasındaki sürekliliğin değerlendirilmesi [17] (Evaluation of continuity between surface joints G0, G1 and G2)

Yüzey eğriliği analizi, yüzey üzerindeki eğrilik değerlerini renk kodlarıyla grafiksel bir şekilde sunar. Bu analiz, aşağıda gösterildiği gibi (şekil 4), u veya v yönündeki eğriliği ya da her iki yönün birleşimini gösterecek şekilde yapılandırılabilir.



Şekil 4. Tarak grafiği ve eğrilik renk haritası (Comb chart and curvature color map)

3.YÖNTEM (METHOD)

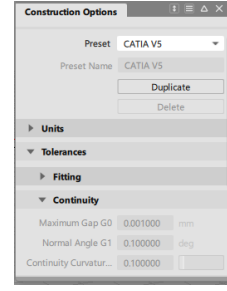
Bu çalışmanın ana hedefi, ürün tasarım süreçlerinde estetik açıdan kaliteli yüzeylerin elde edilmesi için A sınıfı modelleme tekniklerinin uygulanabilirliğini göstermek ve ürün tasarımcılarına parametrik uygulama süreçlerini vurgulamaktır.

Autodesk Alias 3B modelleme ortamında bir elektrikli süpürge modeli tasarlanmış, ardından modeldeki belirli yüzeyler için Dynamo grafik algoritma editörü kullanılarak parametrik tasarım önerileri geliştirilmiştir. Alias yazılımında; süreklilik kontrolü gerçekleştirilerek, A sınıfı modelleme tekniklerine uygun yüzeyler oluşturulmuştur. Dynamo'da ise; bağlantılar ve değişkenler aracılığıyla parametre değişiklikleri yapılarak, yüzeye uygulanacak desen alternatifleri üzerinden bir tasarım oluşturulmuş ve görselleştirilmiştir.

3.1.Süpürge Yüzeylerinin Modellenmesi ve

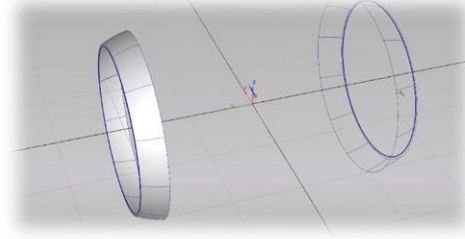
Analizi (Modeling and Analysis of Sweeper Surfaces)

Modelleme işlemlerine başlamadan önce atılması gereken ilk adım, tasarım toleranslarının yapılandırılmasıdır. Bu çalışma için "CATIA V5" toleransları tercih edilmiştir (şekil 5). Seçilen bu ayarlar, standart hale getirilmiş ve endüstride en yaygın olarak kullanılan seçenekler arasındadır. CAD sistemleri arasında veri transferi gerçekleştirilirken en kritik ayarlardan biri, yüzeylerin birleşiminde göz önünde bulundurulması gereken maksimum boşluk toleransıdır.



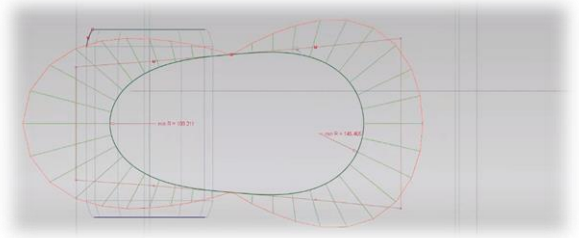
Şekil 5. CATIA V5 tolerans ayarları (CATIA V5 tolerance settings)

Elektrikli süpürge için eskiz çalışmasına, gerçek bir elektrikli süpürge için tekerlek çapı referans alınarak başlanmıştır. Daha sonra, iki tekerlek arasındaki mesafe tanımlanarak, Şekil 6'da gösterilen tekerlek muhafazası oluşturulmuştur. Taslak model tamamlandıktan sonra, süpürge kırımları ve yüzeyleri üzerinde genel iyileştirme işlemlerine geçilmiştir.



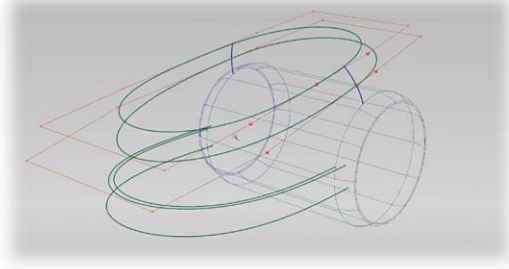
Şekil 6. Tekerlek muhafazasının oluşturulması (Creation of the wheel housing)

Süpürge perspektif görünümü temel alınarak, her bir yüzeyin ait olduğu üç boyutlu uzaydaki düzlemsel konumları sırasıyla tespit edilmiştir. Süreçte, süpürge en üst yüzeyini temsil eden bir eğri oluşturulmuş ve kontrol noktalarının sayısı ile konumları iteratif olarak ayarlanarak Şekil 7'deki hedef geometriye ulaşılmıştır. İki eğri arasındaki hizalama sağlandıktan sonra, eğrinin düzgünlüğü ve şekil değişimlerinin dağılımı, eğrilik tarak grafiği ile detaylı bir şekilde incelenmiştir.



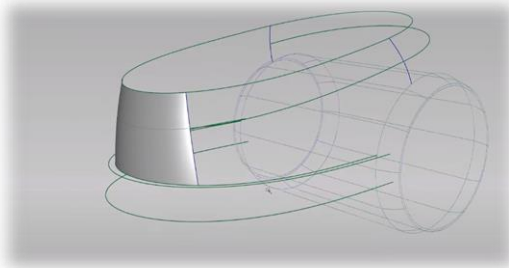
Şekil 7. Üst görünümünden eğri oluşturma ve eğrilik tarak grafiği analizi (Curve generation from top view and curvature comb plot analysis)

Diğer hatların oluşması için çizilen eğriler, ilgili düzlemlere yansıtılmıştır. Şekil 8'de görüldüğü gibi, yüzey oluşturma komutlarının çalışabilmesi için, Z ekseninde destek eğrileri oluşturulmuştur.



Şekil 8. Yüzey oluşturma işlemi öncesi kontrol noktalarının düzenlenmesi ile nihai eğrilerin oluşturulması (Creating final curves by editing control points before the surface creation process)

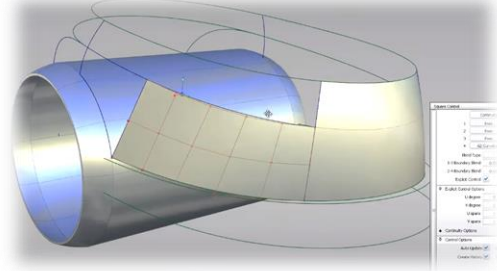
Modelleme sürecinde, yüzeylerin hiyerarşik bir yaklaşımla, büyükten küçüğe doğru sıralı ve iteratif olarak oluşturulması stratejisi benimsenmiştir. Bu yaklaşım, detayların son aşamaya bırakılarak, genel geometriden başlayıp daha spesifik bölümlere doğru ilerlemeyi sağlar. Belirli bir aşamada devam edip etmeyeceğin kararlaştırılması için; düzenli olarak değerlendirme ve analizler yapılmış, gerekli durumlarda önceki adımlara dönülerek düzeltmeler yapılmıştır. Küçük yüzeyler; genellikle büyük yüzeyler arasındaki boşlukları doldurarak, daha karmaşık geometrilerin oluşturulmasını sağladığından, bu küçük yüzeylerin yerleşeceği büyük yüzeylerin önceden belirlenmesi önemlidir. Bu bağlamda, süpürge modelinde simetri merkezi, birincil yüzey olarak kabul edilerek modelleme sürecine başlanmış ve Şekil 9'da gösterildiği gibi tanımlanmıştır.



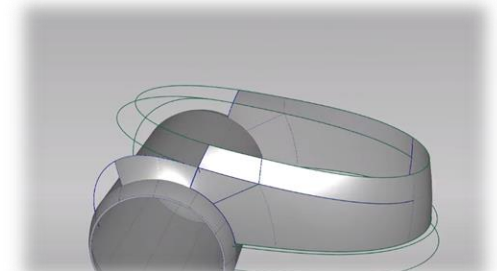
Şekil 9. Süpürgeye ait simetri merkezindeki yüzeyin modellenmesi (Modeling the surface at the center of symmetry of the vacuum cleaner)

Şekil 10 ve 11'de sunulan modellemede, simetri merkezindeki birincil yüzeye göre ikincil ve üçüncül yüzeylerin nasıl oluşturulduğu

gösterilmektedir. Birincil yüzeyler, genellikle sınırlı sayıda veya hiç kenar kısıtlaması içermediğinden, kontrol noktaları üzerinde yüksek düzeyde esneklik sağlanmakta ve istenen geometrik şekiller daha kolay elde edilmektedir. Buna karşın; ikincil yüzeyler, çoğunlukla dörtgenel yapıya sahip olup iki kenardan kısıtlanmaları nedeniyle daha karmaşık bir geometriye sahiptir. Bu kısıtlamaları karşılamak amacıyla, daha fazla kontrol noktası kullanılması ve bu noktaların daha sık yerleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 10. Süpürge yan yüzeylerinin oluşturulması (Creation of broom side surfaces)



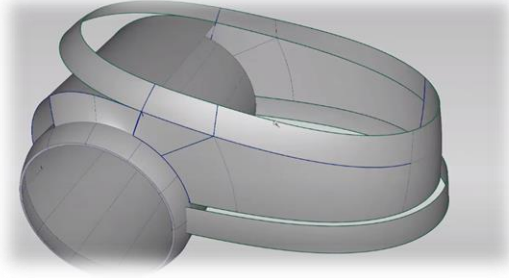
Şekil 11. İkincil ve üçüncül yüzeylerin modellenmesi ve birleşme yüzeyleri (Modeling of secondary and tertiary surfaces and merging surfaces)

Modelleme sürecinde, üçüncül yüzeyler, dört kenarında da süreklilik koşullarına sahip olması nedeniyle "kapanış yüzeyleri" olarak adlandırılmıştır. Bu yüzeyler; daha karmaşık geometrilerle sahip olduklarından, istenen şekli elde etmek için daha fazla kontrol noktasına ve daha sıkı bir düzenlemeye ihtiyaç duymuştur. Çoğunlukla, bu yüzeyleri oluşturmak için "kare yüzey oluşturma" aracı tercih edilmiştir. Bu aracın en önemli özelliği, yüzeyin her bir kenarı için farklı süreklilik türleri tanımlama imkânı sunmasıdır. Ancak, istenen sonuç elde edilemediğinde, yüzeyin matematiksel parametreleri üzerinde değişiklikler yaparak modelleme işlemi tamamlanmıştır.

Modelleme sürecinde; yüzey tipi ve eğri seçim sırasının, her zaman istenilen düzgünlükte ve

kesintisiz yüzeyler oluşturmayabileceği gözlemlenmiştir. Alias yazılımındaki yüzey oluşturma araçları, kullanıcıya yüzeylerin kenarları için istenen eğrilik türünü belirleme imkânı sunan esnek bir yapıya sahiptir. Ancak, elde edilen yüzeylerin istenilen kalitede olmaması durumunda, manuel veya otomatik yüzey yeniden oluşturma algoritmaları kullanılarak iyileştirme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Bu iyileştirme sürecinde, yüzeylerin farklı araçlarla veya farklı bir sırada oluşturulması gibi deneme yanılma yöntemlerine başvurulmuştur. Sonuç olarak; elde edilen yüzeyler, detaylı bir analizden geçirilerek iyileştirilmiş ve nihai taslak model oluşturulmuştur. Şekil 12’de, süpürge için alt kısımlarındaki eksik yüzeylerin tamamlanması ve üst yüzeyin kapatılması işlemleri görsel olarak sunulmuştur.

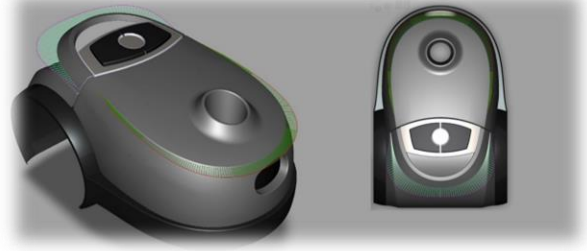


Şekil 12. Süpürgeye ait üst yüzeyin seçimi ve kapatılması (Selection and sealing of the top surface of the vacuum cleaner)

Tuş takımı ve ana gövde hortum bağlantısı gibi karmaşık geometrilere sahip bileşenlerin yüzey modellemesi, çeşitli yüzey oluşturma araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tuş takımı için ayrılan alanda istenilen kesimin yapılabilmesi amacıyla, öncelikle eğri yüzeye bir projeksiyon işlemi uygulanmıştır. Daha sonra, yüzey oluşturma araçları kümesinden "kesme" (trim) komutu kullanılarak, istenilen şekillerde kesimler yapılmıştır.

Bu sayede, tuş takımının yerleştirileceği alan hassas bir şekilde oluşturulmuştur. Şekil 13’te sunulan modelde, üst yüzeyin eğriliği detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda, yüzeydeki geçişlerin tasarım gereksinimlerine uygun olduğu ve istenilen estetik görünüme ulaşıldığı doğrulanmıştır.

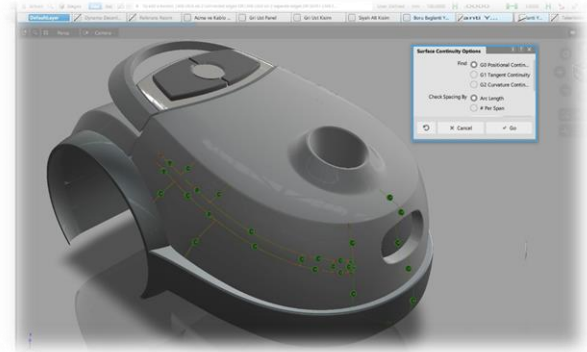
Böylece, tasarım sürecinin bu aşamasında nihai model elde edilmiş ve modelleme işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 13. Bağlantı yüzeylerinin oluşturulmasından sonra modelin durumu ve eğrilik analizi (Model state and curvature analysis after the creation of the connection surfaces)

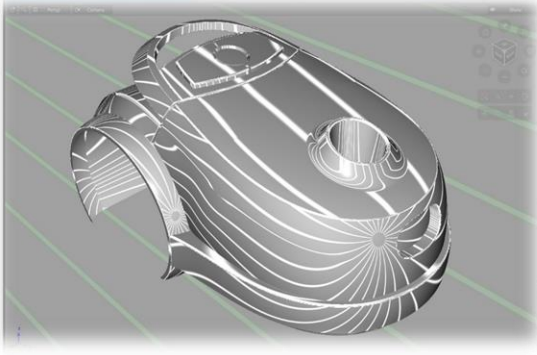
Şekil 14’te yüzey sürekliliği analiz sonuçlarına göre, modeldeki yüzey birleşimlerinde yaygın olarak G1 ve G2 sürekliliklerinin tercih edildiği görülmektedir.

Yüzey değerlendirme aracı tarafından kullanılan P, T ve C sembolleri sırasıyla G0, G1 ve G2 sürekliliklerini temsil etmektedir. Bu bulgu, modelin geometrik bütünlüğünü ve estetik kalitesini artırmak için bu süreklilik seviyelerinin önemini vurgulamaktadır.



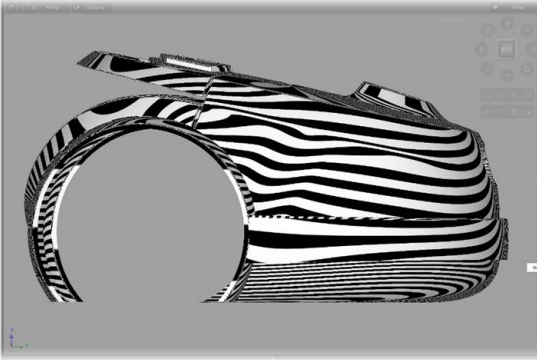
Şekil 14. Yüzeyler arasındaki süreklilik seviyeleri analizi (Analysis of continuity levels between surfaces)

Şekil 15’te sunulan görselde, modelin ışık tüneli altındaki davranışı incelendiğinde, yüzeylerin eğrilik karakteristikleri net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Beyaz ışık şeritlerinin yüzeylere yansıma şekli incelendiğinde, bu şeritlerin yüzeyler üzerinde düzgün ve sürekli bir dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, yüzeyler arasındaki geçişlerin oldukça yumuşak ve kesintisiz olduğunu göstermekte olup, modelin estetik kalitesini artıran önemli bir faktördür.



Şekil 15. Işık tüneli analizi altında model görünümü (Model view under light tunnel analysis)

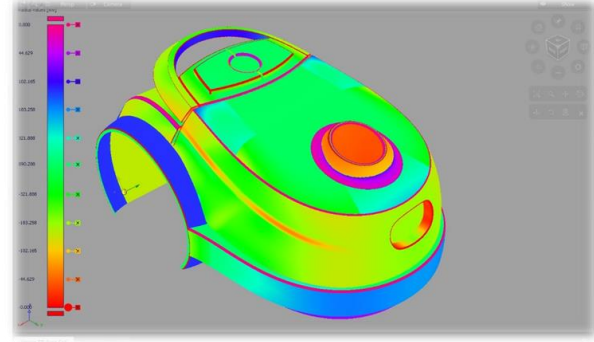
Zebra analizi, birden fazla yüzeyin birleştiği noktalardaki eğriliğin sürekliliğini değerlendirerek, yüzeyler arasında kesintisiz bir görünüm elde edilmesini sağlar. Bu analiz yöntemi, özellikle yüzey geçişlerinin görsel olarak kontrol edilmesi ve uygun sürekliliğin sağlanması açısından büyük önem taşır. Modelin simetrisini kontrol ederken de zebra analizi sıklıkla kullanılır. Şekil 16'da sunulan örnekte, süpürge'nin orta kısmındaki görsel kırılma ve tekerlek ile yüzey birleşim noktası, zebra analizi ile daha net bir şekilde ortaya konmuştur.



Şekil 16. Final model üzerinde zebra analizi (Zebra analysis on the final model)

Renk haritaları, bir tasarımın yüzeylerindeki eğrilik değişimlerini görselleştirerek, potansiyel tasarım hatalarının tespit edilmesinde kritik bir role sahiptir. Şekil 17'de sunulan yüzey eğriliği analizi, ışık yansımalarındaki ani değişimlerin nedenlerini daha iyi anlamamızı sağlamaktadır. Genel olarak; renk haritalarında yeşil, sarı ve mavi tonlarındaki yumuşak geçişler, yüzeylerin düzgün bir eğriliğe sahip olduğunu ve tasarımda herhangi bir sorun bulunmadığını gösterir. Ancak, kırmızı renklerin yoğun olduğu bölgeler, yüzeyde yüksek eğrilik değerlerinin veya istenmeyen keskin köşelerin varlığını işaret eder. Özellikle süpürge modeli gibi karmaşık geometrilere sahip tasarımlarda, kırmızı

renkli bölgeler genellikle tasarımın zayıf noktalarını belirtmektedir.



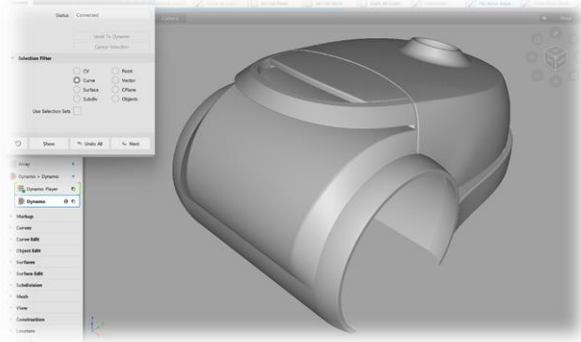
Şekil 17. Tam model yüzey eğriliği analizi (Full model surface curvature analysis)

3.2. Süpürge Modeli Üzerinde Parametrik Tasarım Uygulaması (Application of Parametric Design on Vacuum Cleaner Model)

Parametrik tasarım; tasarım süreçlerine algoritmik bir yaklaşım getirerek, nesnel arasındaki ilişkileri matematiksel formüller ve kurallar aracılığıyla tanımlayan bir yöntemdir. Bu sayede, tasarımın tüm bileşenleri arasında güçlü bir bağ kurulur ve tasarımın her bir parçası, belirlenen parametrelerdeki değişikliklere göre otomatik olarak güncellenir. Bu yaklaşım, tasarımın esnekliğini artırır, farklı varyasyonların hızlı bir şekilde üretilmesini sağlar ve tasarım sürecindeki karar verme mekanizmasını güçlendirir [19]. Geleneksel dijital tasarım süreçlerinde; bir kez oluşturulan modelde herhangi bir değişiklik yapmak istendiğinde, tasarımın başından sonuna kadar olan tüm adımların tekrarlanması gerekmektedir. Bu durum, tasarım süreçlerini uzatmakta ve verimsiz kılmaktadır. Parametrik tasarım ise bu sorunu kökten çözerek, tasarımcıya daha esnek bir çalışma ortamı sunar. Parametrik tasarımda; tasarımın tüm bileşenleri birbirleriyle ilişkili parametreler üzerinden tanımlandığı için, bir parametredeki herhangi bir değişiklik, tasarımın tamamında otomatik olarak ve anında güncellenir. Bu yöntemle tasarımcılar, tasarım sürecinin herhangi bir aşamasına geri dönerek, farklı senaryoları hızlıca test edebilir ve en uygun çözüme ulaşabilirler [20]. Parametrik tasarımda, tasarımcılar geleneksel geometrik modellemenin ötesine geçerek, tasarımın temelini oluşturan kuralları ve ilişkileri belirlerler. Bu yaklaşım, tasarımcıya, sadece nesnelere görsel özelliklerini değil, aynı zamanda bu nesnelere arasındaki bağlantıları ve etkileşimleri de kontrol etme imkânı sunar. Böylece, tasarımcılar, karmaşık

geometriler ve sistemler oluştururken daha fazla esneklik ve yaratıcılık sergileyebilirler. [21].

Modelleme yazılımında oluşturulan geometrik model, Dynamo gibi görsel programlama ortamına aktarılarak daha karmaşık ve özelleştirilebilir hale getirilebilir. Tasarımcılar, geometrik modelin temel parametrelerini Dynamo'da tanımlayarak, bu parametreleri değiştirerek farklı tasarım varyasyonları elde edebilirler. Şekil 18'de gösterildiği gibi, elektrikli süpürge modelinin üzerinde desen uygulanacak yüzeyler, Alias ortamından Dynamo'ya aktarılmış ve bu yüzeylere ait parametreler Dynamo ortamında tanımlanmıştır. Tasarımcı, Dynamo üzerindeki parametreleri değiştirerek süpürge modelindeki desenlerin boyutlarını, yerleşimini ve diğer özelliklerini kolayca değiştirebilir.



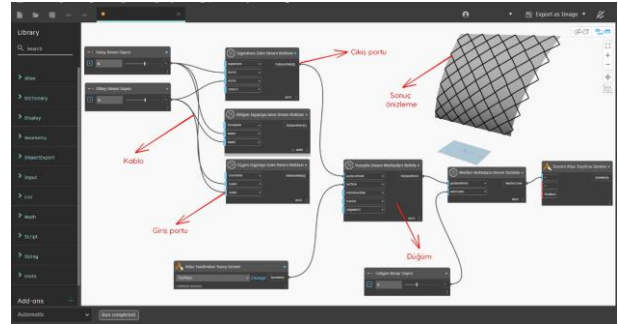
Şekil 18. Model üzerinde desen yerleştirilecek alanların seçimi (Selection of areas to place the pattern on the model)

Dynamo, kullanıcı dostu bir arayüze sahip, görsel programlama platformudur. Tipik bir bilgisayar uygulamasında olduğu gibi; üst kısımda menü çubuğu, sol tarafta ise arama ve düğüm kütüphanesi yer alır. Çalışma alanı olarak adlandırılan ana pencerede; görsel programlar, birbirine bağlanan düğümler ve kablolar yardımıyla oluşturulur. Bu düğümler, çeşitli işlemleri temsil ederken, kablolar ise; bu işlemler arasındaki veri akışını tanımlar. Programın çalıştırılması, genellikle soldan sağa doğru ilerleyen bir akışla gerçekleşir. Düğümlerin durumu, renklerle ifade edilir: Aktif ve doğru çalışan düğümler turuncu, hatalı durumdaki düğümler kırmızı, aktif olmayan düğümler ise gri renkte görüntülenir. Başarılı bir çalıştırmanın ardından, oluşturulan programın çıktısı, arka planda bir önizleme penceresinde gösterilir.

Dynamo'daki düğümler, farklı veri türlerini işleyebilen ve bu veri türlerine uygun giriş ve çıkış portlarına sahiptir. Bu portlar, belirli bir veri tipini

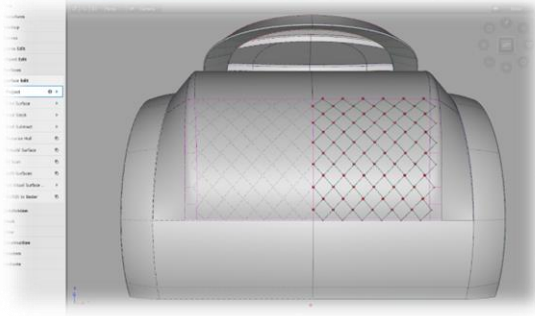
bekler ve kablolarla birbirine bağlanarak veri akışı oluşturur. Böylece, farklı düğümler bir araya getirilerek karmaşık hesaplamalar ve işlemler gerçekleştiren görsel bir program oluşturulur. Bu esnek yapı, tasarımcıların ihtiyaçlarına göre yeni işlevler tanımlamasına ve karmaşık geometrik problemleri çözmesine olanak tanır. [22].

Şekil 19'da sunulan parametrik tasarım çalışmasında, elektrikli süpürge modelindeki desenlerin çeşitli özellikleri, Dynamo ortamında tanımlanan parametreler aracılığıyla kontrol altına alınmıştır. Bu parametreler arasında desenin köşe sayısı, desenin yüzey üzerindeki yatay ve dikey yerleşimi ve desenin merkez noktasının konumu gibi geometrik özellikler yer almaktadır. Her bir parametre için minimum ve maksimum değerler belirlenerek, tasarımcıya geniş bir tasarım alanı sunulmuştur. Bu sayede, farklı parametre kombinasyonları ile üretilen çok sayıda tasarım varyasyonu elde edilmiş ve bu varyasyonlar, tekrarlayan, simetrik veya orantılı yapılar oluşturmak üzere düzenlenmiştir. Oluşturulan bu parametrik model, Dynamo'dan Alias ortamına aktararak doğrudan görselleştirilmiş ve böylece tasarım sürecinde hızlı ve etkili bir geri bildirim döngüsü oluşturulmuştur.



Şekil 19. Dynamo uygulamasında düğümlerin yerleşimi (Placement of nodes in the Dynamo application)

Kontrol paneli içerisindeki proje aracı ile desenin simetri eksenini belirlenerek, oluşturulan desenin simetrik bir şekilde yansıtılması sağlanmıştır. Şekil 20'de görüldüğü üzere, desenin kesme işlemi öncesinde bir simetri düzlemine göre yansıtılması gerçekleştirilmiştir. Yansıtılan desenin yüzey üzerindeki yayılımını sınırlamak amacıyla, projeksiyon sınırlama özelliği kullanılmıştır. Bu özellik, desenin belirlenen alana sığdırılması için otomatik bir ayarlama yapar. Ancak, bu yöntem beklenen sonuçları vermeyince, daha kesin sonuçlar elde etmek için kesme araçlarına başvurulmuştur.

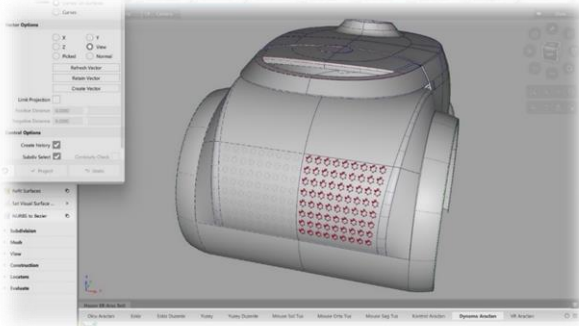


Şekil 20. Oluşturulan desenin simetrik düzlemlere yansıtılması (Projection of the created pattern onto symmetrical planes)

Desenin yüzey üzerindeki dağılımını sınırlamak amacıyla, tasarımcılar çeşitli araçlardan yararlanır. Bu araçlar sayesinde, desenin istenilen bölge dışında kalan kısımları kolaylıkla çıkarılabilir. Dynamo gibi görsel programlama platformlarında yer alan "yüzeyden çıkarma" (surface subtract) düğümü, bu işlemi gerçekleştirmek için sıklıkla tercih edilir. Bu düğüm sayesinde, belirli bir yüzeyden başka bir yüzeyin çıkarılması ve böylece desenin istenen bölgeye sınırlandırılması sağlanır.

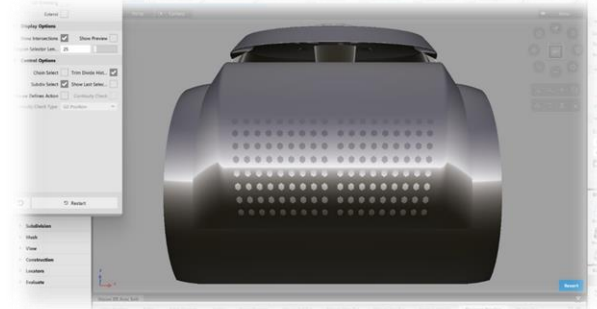
Temel yüzey; kenar sayısı ve göreceli boyutları tanımlamanın mümkün olduğu, çokgen aracı kullanılarak elde edilmiştir. Bu çokgenler, kaydırıcılar (kablolar) aracılığıyla düzenlenerek altıgen bir desen örüntüsü elde edilmiştir.

Oluşturulan bu altıgen desen, Şekil 21'de gösterildiği gibi temel yüzeye aktarılmıştır. Şekil 22' de ise elde edilen desenin daha detaylı görsel temsilini sunmaktadır. Bu sayede, tasarımcı, desenin geometrik özelliklerini parametreler aracılığıyla kolayca kontrol edebilmekte ve farklı tasarım varyasyonları üretebilmektedir.



Şekil 21. Altıgen desenin yüzeydeki yönünün ayarlanması ve kesim işlemleri (Adjusting the direction of the hexagonal pattern on the surface and cutting operations)

Dynamo ortamında oluşturulan parametrik bağlantılar sayesinde, yüzeyler üzerindeki desenler için çok sayıda alternatif üretilmiş ve bu alternatifler hızlı bir şekilde görselleştirilmiştir. Değişkenler, bileşenler ve tasarım kısıtlamaları kullanılarak oluşturulan bu parametrik model, tasarım sürecinde esneklik sağlayarak farklı tasarım seçeneklerinin kolayca incelenmesine olanak tanımıştır. Bu sayede, tasarımın performans ve estetik açıdan optimize edilmesi ve en uygun çözüme ulaşılması sağlanmıştır.



Şekil 22. Görselleştirme ve sonuçları dışa aktarma (Visualization and exporting results)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Parametrik modelleme, tasarım süreçlerinde tasarımcıların sezgilerini destekleyen ve yönlendiren güçlü bir araçtır. Basit geometrik işlemlerden karmaşık optimizasyonlara kadar geniş bir yelpazede kullanılabilen parametrik modeller, malzeme verimliliği, aerodinamik performans gibi çeşitli tasarım hedeflerine yönelik analizler sunar. Süpürge modeli örneğinde olduğu gibi, parametrik modelleme, karmaşık yüzeylerin incelenmesi, düzenlenmesi ve optimize edilmesi süreçlerinde tasarımcılara önemli avantajlar sağlar.

Parametrik modellemenin sunduğu esneklik, tasarımcıların yüzey birleşim noktalarını detaylı bir şekilde inceleyerek, pürüzlü yüzeyleri düzeltme ve tasarım kalitesini artırma imkanı verir. Bu sayede, A sınıfı yüzey modellerine ulaşmak daha kolay hale gelir. Ancak, parametrik modelleme sadece bir araçtır ve tasarımcının yaratıcılığı ve deneyimiyle birleştiğinde gerçek potansiyelini ortaya çıkarır.

Gelecekte, tasarımcıların bilişsel ihtiyaçlarına cevap veren bilgisayar ve yapay zeka destekli uygulamaların sayısı artacaktır. Yapay zeka, tasarım süreçlerini otomatikleştirerek, tasarımcıların daha yaratıcı ve stratejik görevlere odaklanmasını sağlayacaktır. Yapay zeka

algoritmaları, tasarım parametrelerini optimize ederek, karmaşık geometrik problemleri çözecek ve tasarım hatalarını tespit ederek düzeltme önerileri sunacaktır. Özellikle büyük ve karmaşık modellerde, yapay zeka destekli tasarım araçları, tasarımcıların iş yükünü azaltarak daha verimli çalışmalarını sağlayacaktır.

Sonuç olarak, parametrik modelleme ve yapay zeka teknolojilerinin bir araya gelmesiyle endüstriyel endüstriyel tasarım alanında önemli gelişmeler yaşanacaktır. Bu entegrasyon, tasarımcıların daha iyi ve daha hızlı ürünler geliştirmelerine olanak sağlayacak, aynı zamanda endüstriyel tasarımın daha standart hale gelmesine ve daha geniş kitlelere ulaşmasına katkıda bulunacaktır.

ETİK STANDARTLAR BEYANI

(DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları, çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

The author of this article declares that the materials and methods they use in their work do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Bu çalışmada tüm yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

All authors contributed equally to this study

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Ülker, E. (2007). Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Yüzey Modelleme. [Yüksek lisans tezi /, Selçuk Üniversitesi].
- [2] İnternet: Autodesk. URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/alias-products/getting-started/caas/>.
- [3] Green, H. (2017). Form Finding of Grid Shells a Parametric Approach Using Dynamic Relaxation. [Yüksek lisans tezi, KTH Royal Institute of Technology].
- [4] Oxman, R. (2017). Thinking Difference: Theories and Models of Parametric Design Thinking. *Design Studies*, 52, 4–39.

- [5] Giannini, F., Monti, M., & Podehl, G. (2006). Aesthetic-Driven Tools for Industrial Design. *Journal of Engineering Design*, 17(3), 193–215.
- [6] Hu, G., Cao, H., Wang, X., & Qin, X. (2017). G2 Continuity Conditions for Generalized Bézier-like Surfaces with Multiple Shape Parameters. *Journal of Inequalities and Applications*, 2017.
- [7] Tecklenburg, G. F. K. (2010). Design of Automotive Body Assemblies with Distributed Tasks under Support of Parametric Associative Design (PAD). [Doktora tezi, University of Hertfordshire].
- [8] Vasold, M. (2015). Entwicklung einer wissensbasierten Methodik zur Prüfung von Class-A Daten in der Fahrzeugentwicklung. [Yüksek lisans tezi, Technischen Universität Graz].
- [9] Stadler, S., & Hirz, M. (2016). A knowledge-based Framework for Integration of Computer Aided Styling and Computer Aided Engineering. *Computer-Aided Design and Applications*, 13(4), 558–569.
- [10] Crăciun, I., Popa, D., Serdean, F., & Tudose, L. (2020). On Approximate Aesthetic Curves. *Symmetry*, 12(9).
- [11] Zhao, B., Ai, P., & Han, J. (2012). Study on the Control Method of NURBS Curve Quality for Computer Aided Industrial Design. *ICCSE 2012 - Proceedings of 2012 7th International Conference on Computer Science and Education, Iccse*, 658–661.
- [12] <https://help.autodesk.com/view/ALIAS/2024/ENU/?guid=GUID-E1BDFBD0-33CC-44C4-866D-5F367105A050>
- [13] Mathias, M., Velay, X., & Wade, R. (2008). The Challenges of Assessing Digital Product Design. *Proceedings of E&PDE 2008, the 10th International Conference on Engineering and Product Design Education*.
- [14] Vinuesa Rosa, P. (2021). Diseño con superficies de clase A. Metodología de trabajo, propuesta de manual y aplicación práctica en Autodesk Alias.
- [15] Xiyuan, W., Yingjie, L., Xiaomwen, X., & Jianchen, H. (2013). Application and Research of the Design Process of Concept a-Surface. *Advanced Materials Research*, 628, 229–239.
- [16] Vukašinović, N., & Duhovnik, J. (2019). "Explicit, Parametric, Free-form CAD and Re-engineering. *Springer Tracts in Mechanical Engineering*.
- [17] <https://help.autodesk.com/view/ALIAS/2024/ENU/?guid=GUID-FDAFFC3D-A327-46E4-8AED-739043E175A7>

- [18] <https://help.autodesk.com/view/ALIAS/2024/ENU/?guid=GUID-E44AB3A3-18DF-42F4-B4D4-870EFB42534A>
- [19] Woodbury, R., Aish, R., & Kilian, A. (2007). Some Patterns for Parametric Modeling. *Expanding Bodies: Art, Cities, Environment - Proceedings of the ACADIA 2007 Conference*, 222–229.
- [20] Eltaweel, A., & Su, Y. (2017). Parametric Design and Daylighting: A Literature Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 1086–1103.
- [21] Gu, N., Yu, R., & Behbahani, P. A. (2018). Parametric Design: Theoretical Development and Algorithmic Foundation for Design Generation in Architecture. *Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences*. Springer International Publishing, 1–22.
- [22] Vogt, T. M. (2016). Current application of graphical programming in the design phase of a BIM project: Development opportunities and future scenarios with “Dynamo”. [Yüksek lisans tezi, University of Northumbria at Newcastle].