

## PARAMETRİK TASARIM VE BIM

Şeyda KAÇMAZ

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimari ve Kentsel Enformatik

e-posta:osanmaz.seyda@gmail.com

### ÖZET

Parametrik tasarımın mimari tasarım sürecinde BIM (Building Information Technology) in proje yönetimine, parametrik tasarım sonucunda elde edilen ürün veya mimari yapının uygulamasında, projelendirmesinde BIM' in avantajları ve dezavantajları incelenmiştir. Akıllı nesnelerin (smart object) içerisindeki parametrelerin ve hesaplamalı tasarım parametrelerinin birlikte kullanılmasıyla ortaya çıkan hesaplamalı BIM kavramı ele alınmıştır. Bazı hesaplamalı tasarım araçlarının; serbest yüzeyli formların oluşumuna, form üzerinde yapılan analizlere ve proje yönetim sürecine sağladığı katkılar anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Parametrik tasarım; Üç boyutlu modelleme araçları; Bina Bilgi Modelleme (BIM) ; Akıllı Nesne

### ABSTRACT

At architecture design process of parametric design, effects of BIM(Building Information Technology) to project management, product of parametric design and construction of architecture design or projecting of architecture construction had been observed. Computational BIM concept which occurring with using together parametrics of smart objects and computational design parametrics had been handled. It had been told that benefits of some computational design instruments to formation of free-surface forms, analyzing about forms and project management process.

**Keywords:**Parametric design; 3D modelling tools; BIM(Building Information Technology); Smart objects

### 1.GİRİŞ

İnsanların geometrilerle daha kompleks ilişkileri bütünleştirebileceği ve bunları tasarlayabileceği ortamların eksikliği hissedilmiş, bilgisayar destekli parametrik modelleme araçlarının geliştirilmesiyle bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır (Ma, 2012).

Parametrik Tasarım; Türk Dil Kurumu sözlüğü 'nde parametre, cebirde bir denklemin katsayılarına giren değişken nicelik olarak tanımlanmaktadır . Bilgisayar biliminde parametre, bir dizi komutun,

sisteme girilmesiyle farklı veriler üzerinde işlem yapmasıyla ilgili bir terimdir .

Günümüzde, sayısal tasarım araçları bir çok tasarımcı tarafından tercih edilmiş ve böylece serbest formlara sahip projeler ortaya çıkmıştır. Bu yapılara örnek olarak Haydar Aliyev Kültür Merkezi (Zaha Hadid) (Resim 1), Guggenheim Bilbao Müzesi (Gehry Partners) (Resim 2) gösterilebilir.



Resim 1. (Zaha Hadid) – (Eri im-1, 2017)



Resim 2- (Gehry Partners)- (Gehry, 1997)

Hesaplamalı tasarımda süreci ve ürünü etkileyecek verilerin birer parametre olarak belirlenmesi ve organizasyonu esastır. Verilerin bir diğeriyle olan ilişkisi ve nasıl bir bağlantısı sayısal ve geometrik olarak tanımlandığı ve kısıtlamaların belirtildiği bir tasarım planı yapılıdır. Bu tür bir ilişki model ortaya çıkarılmasıyla yalnızca parametre değerleri değiştirilerek olası tüm durumlar araştırılabilir ya da türetilir. Geleneksel tasarım sürecinde karar verme mekanizması tasarımcıdır, bununla birlikte parametrik tasarımda başlangıç durumuna ve izlenecek yola tasarımcı karar vermesine rağmen sonuçta ortaya çıkan ürün onun kontrolünde olmamaktadır. Sonuç ürün tasarımcının sınırlarını belirlediği ve tanımladığı parametre girdileriyle belirlenir. Parametrik tasarım sürecinde, proje konseptinin oluşumu, formun biçimlendirilmesi ve proje uygulama detaylarının çözümlenmesi gibi aşamalarda kullanılmaktadır. Parametrik bir sistemde verilerde değişiklik yapma kolaylığı ve parametre değerleri değiştirilerek birçok alternatifin

değerlendirilmesi özelliği vardır. Hesaplamalı tasarım detay çözümleri ve struktur tasarımı için de kullanılmaktadır. Tek bir ilişkisel model oluşturulur; ölçü, açı, kalınlık değişimlerinin gerektiği yerlerde, parametrelerin değerleri değiştirilerek oluşturulan ilişkisel modele bağlı detay çözümleri türetilir.

## 2. MİMARİDE SAYISAL TASARIM

‘Sayısal tasarım araçları mimarlar için proje tasarımında önemli bir rol oynamaktadır ve bu araçlar geleneksel el çiziminin eksikliklerini kapatmak için sürekli değişim ve gelişim içerisinde. Bu değişim, 1963’te bilgisayar destekli iki boyutlu ilk modelleme aracı olan ve günümüz kullanıcı ara yüzlerinin öncülü sayılabilecek Sketchpad’in mucidi Ivan Sutherland tarafından başlatılmıştır’ (Davis, 2013). ‘Sutherland, sanal modelleme ortamının hatasız ve yenilenebilir çizimlere ev sahipliği yaptığını, böylece geleneksel çizim tekniklerine göre çok daha hızlı sonuçlar alınabileceğini belirtmiştir’. (Computer-aided design-2014)

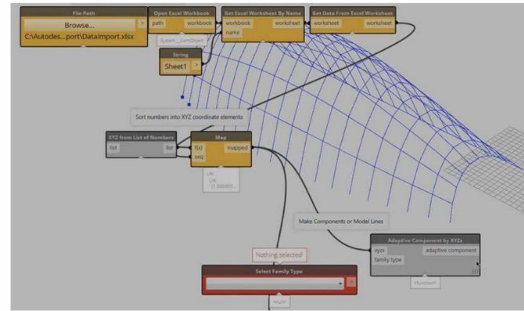
‘Sayısal tasarım alanı bilimsel çalışmalarla sürekli zenginleşmekle birlikte, bu alandaki çalışmaların daha çok konunun teknik yönlerine (yeni araç ve ders geliştirme gibi) odaklandığı görülmektedir’ (Pektaş & Erkip, 2006; Pektaş, 2010). Sayısal tasarımın temel unsurlarının kullanıcı, tasarım aracı ve süreç olduğunu göz önüne aldığımızda tasarım aracı için yapılan çalışmalar kadar kullanıcı ve süreç için de çalışmaların yapılmasına gereksinim duyulduğu anlaşılmaktadır.

Parametrik tasarım süreci ile ilgili yeterli çalışma yapılmamış olmakla birlikte parametrik tasarımın aşamalarını genel olarak; parametrelerin belirlenmesi, parametreler arası ilişkinin tanımlanması, tahmini geometrinin belirlenmesi, alternatiflerin türetilmesi ve sonuç ürünün test edilmesi olarak sıralanabilir.

## 3. PARAMETRİK TASARIM ARAÇLARI

Geleneksel geometri modelleme araçları çoğunlukla “tasarla ve değiştir” mantığıyla çalışan ve tasarımcının serbest biçimli formları basit geometrilerin oluşturduğu bir sonuç ürün ortaya çıkarmasını sağlayan araçlardır. Bu sayısal tasarım araçlarına; AutoCAD, Sketchup, ve Rhino, Autodesk Dynamo Studio örnek gösterilebilir. ‘Parametrik modelleme araçları ise tasarımcının ilişkisel düşünerek tasarım parametreleri arasındaki ilişkileri modellemesine ve kurduğu algoritma yoluyla tasarım alternatifleri oluşturmasına olanak veren araçlardır’ (Woodbury, 2010). Bunlara örnek olarak da Generative Components, Grasshopper, 3D ve Maya Script ve Dynamo gösterilebilir.

Parametrik modelleme araçları yazılı ve görsel algoritma düzenleyiciler olarak ikiye ayrılır (Şekil 1)-(Şekil 2). Her iki ortamda da kullanıcılara iki farklı modelleme penceresi sunar. Bunlardan biri algoritmanın yaratılması ve düzenlenmesini sağlar, diğer ise algoritma sonucu oluşan geometrinin görüntülenmesi için kullanılır. Yazılı algoritma düzenleyici içeren parametrik ortamlara örnek olarak Rhinoscript (McNeel), Generative Components (Bentley) ve Mayascript (Autodesk) gibi programlar örnek gösterilebilir. Fakat bu yazılım programları, Java gibi ayrıntılı kodlama bilgisi gerektirdiği için mimarlar gibi görsel işlerle uğraşan kullanıcılar için (Stouffs, Janssen, Roudavski, & Tunçer, 2013; Yu, Gu, & Ostwald, 2013) uygun olmadıkları gerekçesiyle eleştirilmiş, görsel algoritma düzenleyici içeren parametrik modelleme araçları önerilmiştir (Çinici, Akipek, & Yazar, 2008). Oluşturulan ilişkisel modellemenin görsel olarak tanımlandığı parametrik tasarım ortamlarına örnek olarak Grasshopper (McNeel) ve Dynamo (Autodesk) gösterilebilir. Kod öğrenmeye gerek kalmadan, görsel mantık ile kodların birbirine bağlanmasıyla herhangi bir form tasarlanabilir.

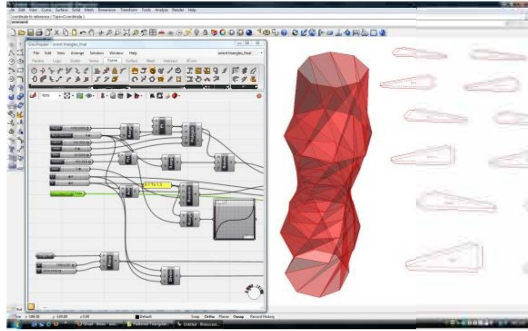


Şekil 1. Yazılı kodların birbirine bağlanmasıyla oluşan yapı (Autodesk.com)

Örneğin; parametrik üç boyutlu modelleme aracı olarak Rhino ile entegre çalışan Grasshopper kullanılan bir ortamda, tanımlanan parametreler görsel bileşenlerden oluşurken, yazılı algoritmalar bu bileşenler arasındaki bağlantılarla görselleştirilmektedir. Bileşenler tanımlanan verilerin girdi ve çıktısı mantığıyla çalışır. Parametreler arasında ilişkisel bir sistem oluşturmak için bir parametrenin çıktısının başka bir parametrenin girdisine ağ sistemi ile bağlantısı oluşturulmaktadır. Ayrıca, parametreler veya yazılı algoritmaların herhangi bir değişimi sonucunda oluşacak formlar anlık olarak güncellenip kullanıcıya sunulmaktadır.



Şekil 2. Yazılı algoritma düzenleyici (orta)-Görsel algoritma düzenleyici (sol)



Şekil 3. Grasshopper 3D ortamında bir çalışma (Eri im-2, 2017)

Hesaplamalı tasarım ortamlarını tanımak ve elde edilen sonuç ürünün üretilebilmesi konusunu tartışmak amacıyla Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde düzenlenen "Parametrik Düşey Limitler" adlı çalışmaya 16 mimarlık ve 1 endüstri ürünleri tasarım öğrencisi katılmıştır. Katılan öğrencilerin düşey eksende geliştirdikleri konseptler doğrultusunda daha önce tecrübe sahibi olmadıkları parametrik tasarım uygulama araçları olan Rhino ve Grasshopper programları aracılığıyla çeşitli formlar üretilmiştir. Her canlı için düşeyde mekan arayışı konseptinden yola çıkılan, farklı fütürist yaklaşımlarla sonuçlanan çalışmada, deniz canlıları için yeraltı yaşam alanları, geleceğin rüzgar türbinleri, robotik gökdelen eklenti birimleri, parametrik minare tasarımı gibi birçok fikir geliştirilmiştir. Katılımcılar, bu fikirleri sayısal görselleştirme teknolojilerini kullanarak, sabit fotogerçekçi görseller, lineer hareketli görüntüler ya da üç boyutlu etkileşimli ortamlar şeklinde olmuştur. (Arkitera). Sonuç ürünler aşağıdaki gibi



Resim 3. Çalıştay sonuç ürünlerinden örnekler (Eri im-3, 2017)



Resim 4. Çalıştay sonuç ürünlerinden örnekler (Eri im-4, 2017)

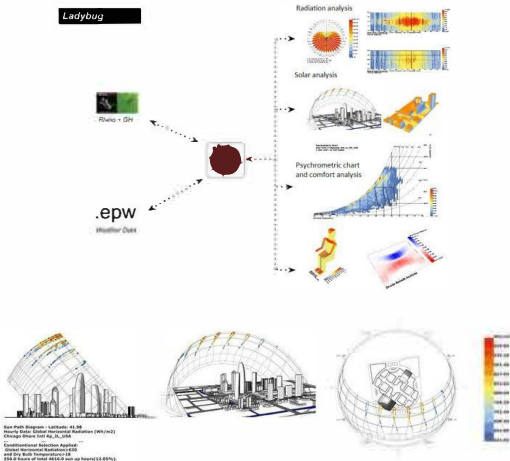
#### 4. PARAMETRİK TASARIM VE YAPI ANALİZLERİ

Hesaplamalı tasarım için kullanılan yazılım araçları yalnızca yapıya form vermek veya yeni bir form üretmek amaçlı kullanılmamaktadır. Var olan yapının analizlerini (çevre, enerji, strüktür vb.) yapmak için de kullanılır. Bu yazılımlar içerisinde farklı eklentilerle, açık kaynaklı kod yazılımı ile oluşturulan yazılımlar ile analizleri sonuçlandırmak mümkün olmaktadır. Aşağıda sıralanan örnekler bahsedilen yazılımlara eklenti olarak tasarlanmıştır.

##### 1. Ladybug( Çevre Analizi)

Rhinoceros/Grasshopper Interface içinde açık kaynak kod yazılımlı çevre analizini desteklemek için kullanılır. Ladybug, "enerji hava durumunu" dosyalarını (.EPW), Grasshopper 3D içine getirerek, 2D ve 3D interaktif grafikler halinde geniş bir yelpazede çevresel çalışmalar yaparak binanın doğru bir form kazanması için kullanılabilir. Bu analiz tasarım sürecini kolaylaştırırken, Grasshopper 3D modellemesinin arayüzdeki grafik görselleştirmesini anlamak için kolaylık sunarken hesaplamaları otomatik hale getirir.

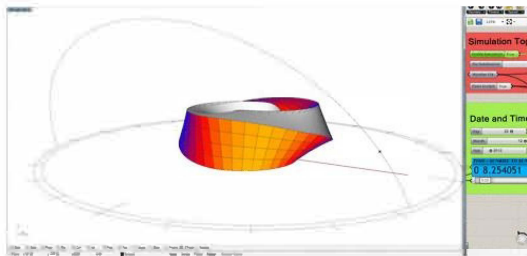




Şekil 4. Ladybug ile yapılan çevre analiz sonucu  
(Eri im-5, 2017)

## 2. Geco (Çevre Analizi)

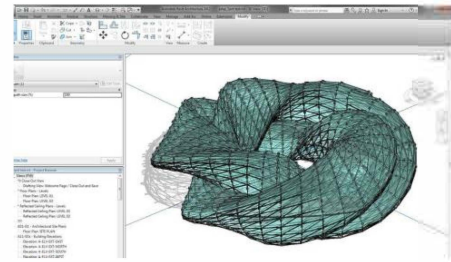
Geco Grasshopper içinde geri bildirim gibi sonuçları almayı mümkün kılan çeşitli performans verilerine sahip kişinin tasarımını değerlendirmek ve, Ecotect denilen başka bir yazılım ile etkili işbirliği içinde kullanımına izin verir. Ecotect binaları daha yeşil ve verimli parametrik olarak tasarlamak için çeşitli çevre ve iklim koşulları, çevresel performans sorunları ile test etmek ve simüle etmek isteyen mimarlar için görsel yazılım içerir.



Şekil 5. Geco ile yapılan çevre analiz sonucu  
(Eri im-6, 2017)

## 3. Hummingbird (Strüktür Analizi)

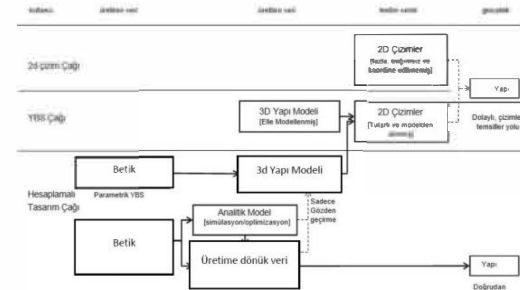
Eklenti Rhino ile modellenmiş dosya için geometrik algoritmalarla desteklenen Revit dosyaların dönüşümü ve oluşturulmasında yardımcı bileşenleri ekleyerek Grasshopper yeteneklerini genişletir. Diğer bir deyişle, geometri ile tasarlanmış karmaşık bir parametrik yapıyı çok daha pratik yapmak için, bir BIM yazılımı dizayn edilebilir. Hummingbird temelde referans nesnelere oluşturmak için ihtiyacı ortadan kaldırarak, Revit ile Rhinoceros 3D arasında iki yönlü bir iş akışı sağlar. Bu aynı zamanda görselleştirme için yapısal bileşenler analizine daha iyi yardımcı olur.



Şekil 6. Hummingbird ile yapılan strüktür analizi (Eri im-7, 2017)

## 5. BIM VE PARAMETRİK TASARIM

Çağdaş mimariyle birlikte gelen yapıda ve formda karmaşıklığın artmasıyla, tasarımda veya bina yönetiminde sürece yardımcı olması için bazı araçlara daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarımda kullanılan sayısal araçların sayısı arttıkça, farklı tasarım araçları arasında birlikte çalışabilirlik gereksinimi de artmaktadır. Aynı parametre ve algoritmaları kullanmayan yazılımlar arasında veri aktarımı bir engel oluşturmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım sisteminin tasarım sürecinde yetersiz kalması ile bazı verilerin bu sisteme dahil edilmesi düşüncesi ve BIM in ortaya çıkmasıyla proje yönetim süreci değişmiştir.



Şekil 7. Hesaplamalı tasarım çağında tasarım süreci

Bina Bilgisi Modelleri (Yapı Bilgi Modeli), verilerin aktarılması için fazla bilgi içeren zengin bir modele sahip olan farklı disiplinler arasında bilgi transferi yapılmasını sağlayan bir yöntemdir.



Şekil 8. BIM kavramıyla değişen tasarım süreci  
(Eri im-8, 2017)

'Bina bilgisi modellemesinde bilgi transferini kolay sağlayabilmek için açık kaynak veri satandardı IFC kullanılmaktadır. IFC ile amaç, farklı yazılım şirketleri tarafından geliştirilen farklı programlar

arasındaki bilgi alışverişini kolaylaştırmaktır' (Building SMART, 2011). IFC (Industry Foundation Classes) uluslararası işbirliği ortaklığı (International Alliance for Interoperability-IAI) tarafından düzenlenmiştir.

Bilgisayar destekli tasarım araçlarının kullanımı 'büyük veri' (Big Data) kavramının ortaya çıkmasından sonra sadece yazılı algoritmalarla (betik) (script) geometrik form tasarlamak olmadığı analizlerle tasarım sürecini yönetmek olduğu görülmüştür. Sayısal tasarım araçlarını kullanarak geometrik formlar üretilmiş, parametrelerle alternatifleri oluşturulmuştur, ancak bu tasarım araçları proje yönetiminde maliyet analizi gibi süreçlerde yetersiz kalmıştır. Tasarım araçları ile yapılan strüktür analizleri, aydınlatma veya maliyet analizleri ile tasarımın geometrik form değişikliklerinin aynı ortam üzerinden yapılması BIM kavramının temelini oluşturmaktadır.

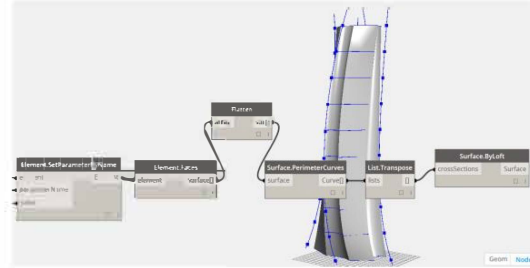
Günümüzde kullanılan BIM platformları nesne tabanlı bir programlama dili gibi çalışır. Gelişen araçlarla, nesne tabanlı farklı dillerde betik (kod bütünü) oluşturma sürecinin içerisine girdi. Örneğin, processing, python gibi diller ve ara yüzler de tasarım araçları olarak kullanılmaya başlandı (AISH, 2013).

Kullanıcıların kodlarını yazdıkları ortamlar Tümüleşik Geliştirme Ortamları (Integrated Development Environment-IDE) python gibi yeni başlayanlar için öğrenilmesi kolay programlama dillerinde kod yazarken yapılan hataları ortaya çıkararak editör görevini gömektedir. Python kendi editörünü içeren kolay bir programlama dilidir ve hesaplamalı tasarım için açık kaynak kod yazılımında kullanılır. Grasshoper bu kod yazılımlarını kullanan bir programdır. Rhino' da oluşturulan konsept tasarım modeli Revit' e katı model olarak aktarıldığında veri alışverişi sırasında Revit'te karşılığı olmayan girdiler Rhino programından geldiğinde yapılan model Revit'te ki elemanlar gibi görülmekte ve Revit' te kullanılacak parametreler için bir anlam ifade etmemektedir. Modelde yapılması planlanan değişiklik iş programına, yapı analizleri gibi analizlere de etkisi olmaktadır, tüm süreç yeniden revize edilmesi tasarımcılar için zaman kaybı anlamına gelmektedir. Tüm bunların önüne geçmek için hesaplamalı tasarımda programların birbiri arasında veri kaybı olmadan çalışması gerekmektedir. Özellikle BIM'in bu tutarsızlıkları ortadan kaldırmayı amaçladığını göz önüne alırsak böyle bir iş akışının düzgün çalışmadığı görülmektedir.

BIM ortamında hesaplamalı tasarım için python gibi nesne tabanlı program dillerini kullanarak yeni yazılımlar ara yüzler (API) oluşturulmaktadır. Bunun sebebi hesaplamalı tasarımda geometrik form için kullanılan programların BIM ortamında da aynı işlevi görmesi ayrıca tüm proje yönetiminin de içinde bulunduğu parametreleri de içermesi

gerekliği tasarımcılar için zorunlu hale gelmiştir. Zorunluluk hale gelmesinin sebeplerinden biri süreç yönetimini azaltarak katkı sağlaması ve uluslar arası bazı artık yönetimlerin BIM kullanımını zorunlu hale getirmesidir.

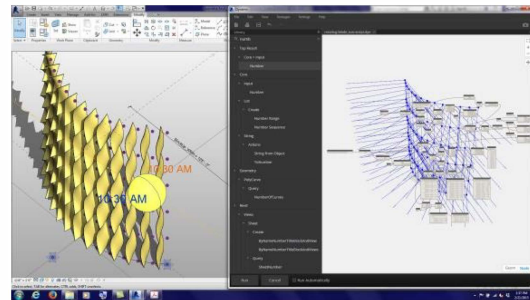
Kullanıcıları tarafından oluşturulan algoritmalarla serbest yüzeyli formlar oluşturmasının yanı sıra ve hesaplamalı tasarım araçlarını BIM ortamına getirmesi ile hesaplamalı BIM kavramına yeni bir kapı açan Dynamo'nun algoritma motoruna Autodesk tarafından Design Script yerleştirilmiştir. Tasarım prensiplerinden etkilenecek oluşturulan programlama dili olan Design Script Robert Aish tarafından Autodesk bünyesinde geliştirilmiştir. Yeni nesil programlama dillerinden olan Design Script, kullanıcılar tarafından anlaşılması kolay ve noktaları kodlara bağlayarak parametrelerle oluşturulan formlar ve objeler yaratır.



Resim 5. Dynamo yüzey tasarımı

Kule formunun cephe örneği Revit ile birlikte çalışan Dynamo' da üretilen bir betik(kod bütünü) ile tanımlanmıştır. Dynamo betiği Revit araçlarını, "uygulama programlama arayüzü" (API-Application Programming Interface) izin verdiği çerçevede içerisinde kontrol edilmektedir. Cephe de tasarlanan pencere boyutları, kat yükseklikleri gibi parametreler Revit ortamında veri tabanına tanımlanmış bulunmaktadır. Dolayısıyla tanımlanmış her veri- elemanların boyutu- gibi veri tabanından sorgulanabilmektedir.

Resim 5 te görülen kat izleri kulenin Revit' te referansı verilen kat yükseklikleri ile Dynamo ortamında kesitirilerek ortaya çıkmıştır.



Resim 6. Dynamo yüzey tasarımı

Dynamo'nun Revit veri tabanında sorgulama yapmamıza olanak sağlayan grafik programlama elemanları sayesinde, kullanıcı tarafından yapılmakta olan bir eylemi tanımlanan betik yardımıyla kısa sürede gerçekleştirebiliriz. Örnek olarak bir bina modelinde her bir katın yirmişer santim yükseltilmesi talep edildiğinde kullanıcının katları teker teker yükseltmesine gerek kalmadan Dynamo' da yazılan bir betik sayesinde bu sorgulama yapılır ve kat yüksekliklerinin değişimi zaman kaybı olmadan gerçekleştirilen eylem son bulur. Ve proje sürecinde değişikliğe uğraması ihtimali olan durumlarla karşılaşıldığında değişikliğe uğrayan bileşenlerin projeye tutarlılığını koruması BIM açısından önemi artmaktadır.

Revit platformunda modelde bulunan bileşenler gibi paftalar da veri tabanı içerisinde bulunmaktadır, sonuç olarak paftalar da parametrik çalışan bir başka Revit elemanıdır. Dynamo ile parametreler üzerinden farklı algoritma işlemleri yapılabilmektedir. Dynamo da yazılan bir betik ile paftaların üzerinde kullanıcı tarafından elle girilen bazı parametrelerin kontrol edilmesi ve hatalı veya boş olanların doğru parametrelerle değiştirilmesi sağlanmıştır. Yine paftaların hazırlanıp görünüşlerin ve kesitlerin yerleştirilmesi, paftada ki isimlerinin düzeltilmesi gibi farklı işlemler de yapılabilmektedir.

Dynamo BIM platformuyla hesaplamalı tasarım süreçlerini bütünleştirmenin de ötesinde , BIM sürecinin kendisinin de bir otomasyona dönüşmesini sağlamaktadır. Dynamo öncesinde de kod yazarak ve ya eklentilerle, tekil süreçler yönetilebilmekteydi fakat Dynamo hem sürece bütün kullanıcılar tarafından erişilmesini sağlamıştır hem de her türlü süreç için bir grafik programlama alt yapısı sağlamıştır. Bu yüzden bütün tasarım süreci hesaplamalı BIM olarak adlandırılmaktadır.

## 6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu makale de parametrik tasarım da kullanılan yazılımlara örnekler verilerek resimlerle konuya açıklık getirmek istenmiştir. Programlarda kullanılan yazılı algoritma bilgisi zamanla Python gibi açık kaynak kod yazılımı ile desteklenerek kullanıcıların oluşturduğu topluluklarda hazır kodların kullanımı ile desteklense de basit kod yazılımı bilgisi tasarımda etkin rol oynamaktadır. Hesaplamalı tasarım programları ile BIM ortamının uyum sağlayabilmesi için tasarlanan arayüzlerden biri olan Dynamo Revit' te tanımlı elemanların eksikliklerini sayısal verilerle kapatabilmektedir.

Mimari tasarım sürecinde, tasarımın geliştirilmesi için kullanılan teknik ve araçlar, mimari düşüncelerin birleştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bilgisayar destekli temsil, tasarım ve

üretim imkânları, mimarlara yeni araç, tasarım ortamı ve üretim modeli sunmaktadır. Parametrik tasarım; karmaşık tasarımın basit bir kompozisyon haline getirilerek alternatiflerinin türetilebilmesidir. Bu alternatiflerin BIM ortamıyla birleştirilerek geometrik formun oluşturulmasından, yapısal formun yeniden gözden geçirilmesini sağlayacak analizlere ve proje yönetimine kadar tanımlanan bir süreç haline gelmektedir.

Parametrik tasarımın sadece form ve mekan üretmek için değil üretilen model üzerinden gerekli analizleri yaparak ( strüktür, çevre analizi vb.) modele yeni formlar veya çevresine göre yeni yönelimler sağladığı görülmektedir. Parametrik modelleme çoğunlukla geometrik formlar yaratmak için kullanılmaktadır, ancak tasarlanan formların uygulama aşamasına geçebilmesi için tasarımda kullanılan yapı birimlerinin detaylarının (malzeme, maliyet vs. ) verilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler disiplinler arası çalışmayı kolaylaştıracaktır ve inşaat sürecinde çok önemli detaylar olacaktır.

## 7.KAYNAKLAR

Alvarado, R. G., & Munoz, J. J. (2012). The control of shape: origins of parametric design in architecture in Xenakis, Gehry and Grimshaw. METU JFA, 1, 107.

Çinici, Ş. Y., Akipek, F. Ö., & Yazar, T. (2008). Computational design, parametric modelling and architectural education, *Arkitekt*, (518), 16–23.

Davis, D. (2013). A history of parametric. Alınan tarih : Aralık 5,2017, <http://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>

Ma, Z. (2012). The Realization of Nonlinear Architectural on the Parametric Model. *Physics Procedia*, 25, 1470– 1475. Elsevier Srl.

Parametrik Düşey Limitler, Alınan tarih : Kasım 21,2017, *Arkitera*. <http://www.arkitera.com/haber/21078/parametrik-dusey-limitler>.

Parametrik Eklentiler , Alınan Tarih: Aralık 5, 2017 <https://www.icmimarlikdergisi.com/2016/04/28/9957/> ,

Pektaş, Ş. T., & Erkip, F. (2006). Attitudes of Design Students Toward Computer Usage in Design. *International Journal of Technology and Design Education*, 16(1), 79–95. Kluwer Academic Publishers.

Woodbury, R. (2010). Elements of parametric design. Taylor and Francis.

Ghery'nin Walt Disney Konser Salonu [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Disney\\_Concert\\_Hall\\_by\\_Carol\\_Highsmith\\_edit2.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Disney_Concert_Hall_by_Carol_Highsmith_edit2.jpg) - Alındığı tarih 8 Aralık 2017

Eri im-1, 2017. <https://www.bbc.com/news/entertainment-arts-28087139> Al nan tarih : Aral k 5 , 2017

Eri im-2, 2017. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Disney\\_Concert\\_Hall\\_by\\_Carol\\_Highsmith\\_edit2.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d9/Disney_Concert_Hall_by_Carol_Highsmith_edit2.jpg)

Eri im-3, 2017. <https://www.icmimarlikdergisi.com/2016/04/28/9957/> Al nan tarih : Aral k 5 , 2017

Eri im-4, 2017. Parametrik Eklentiler , Al nan Tarih: Aral k 5, <https://www.icmimarlikdergisi.com/2016/04/28/9957/>

Eri im-5, 2017. Parametrik Eklentiler , Al nan Tarih: Aral k 5, <https://www.icmimarlikdergisi.com/2016/04/28/9957/>

Eri im-6, 2017. Parametrik Eklentiler , Al nan Tarih: Aral k 5, <https://www.icmimarlikdergisi.com/2016/04/28/9957/>

Eri im-7, 2017. Parametrik Eklentiler , Al nan Tarih: Aral k 5, <https://www.icmimarlikdergisi.com/2016/04/28/9957/>

Eri im-8, 2017. <http://www.arkitera.com/haber/21078/parametrik-dusey-limitler>