

**T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAYISAL GÖRÜNTÜ VE SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN
TASARIMA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sertaç KARSAN

Bilgisayar Ortamında Sanat ve Tasarım Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim H. ATAÇ

MAYIS 2008

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x

1. GİRİŞ	1
1.1. AMAÇ	1
1.2. KAPSAM	2
1.3. YÖNTEM.....	2
2. TEKNOLOJİ VE BİLGİSAYAR ORTAMINDA GÖRÜNTÜ	3
2.1. TEKNOLOJİ VE BİLGİSAYARA GEÇİŞ	3
2.2. GÖRÜNTÜ	3
2.2.1. Örnekse (Analog) Görüntü	3
2.2.2. Sayısal (Dijital) Görüntü	4
2.2.3. Raster Vektör Dönüşümleri	13
2.2.4. Vektör Raster Dönüşümleri	15
2.3. SAYISAL GÖRÜNTÜLERİN KULLANIM ALANLARI	17
2.3.1. Fraktal Görüntüler	17
2.3.2. Render Görüntüleri	22
2.4. ÖRNEKSELDEN SAYISALA DÖNÜŞTÜRME İŞLEMİ	24
2.6. GÖRÜNTÜ SIKIŞTIRMA VE SAKLAMA	25
2.6.1. Kayıplı Sıkıştırma	25
2.6.2. Kayıpsız Sıkıştırma	27
2.6.3. Vektör Görüntü Formatları	28
2.6.4. Raster Görüntü Formatları	29
3. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN TASARIMA ETKİSİ.....	32
3.1. BİLGİSAYAR ORTAMINDA ÇİZİM VE TASARIM	34
3.2. GRAFİK TASARIMDA SAYISAL GÖRÜNTÜ	35
3.3. MİMARİ TASARIMDA SAYISAL GÖRÜNTÜ	38
3.4. TEKSTİL TASARIMDA SAYISAL GÖRÜNTÜ	48
3.5. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN SANATSAL AMAÇLI KULLANIMI	50
3.6. SAYISAL RASTER GÖRÜNTÜNÜN DÜZENLENMESİ (MODİFİKASYONU)	52
3.6.1. Sayısal Görüntü İşleme (Digital Image Processing)	52
3.6.2. Gölgeleme	53
3.6.3. Çentik Giderme (Anti Aliasing)	54
3.6.4. En-Boy Oranı (Aspect Ratio)	54
3.6.5. Titreme (Dithering)	55
3.6.6. Kaçış Noktası (Vanishing Point)	55
3.6.7. Doku Eşleme	57
3.6.8. Gri Azaltma	57
3.6.9. Keskinlik	57
3.6.10. Renklendirme	58
3.6.11. Maskeleye	59
3.6.12. Zoom Lens	59
3.6.13. Enlargement	60
3.6.14. Alfa kanalları	60
3.6.15. Karışım (Blending)	61
3.6.16. Eşik belirleme (Threshold)	62

3.6.17. Sayısal Görüntü İşlemenin Temel Basamakları	62
3.6.18. Küçük bir Algoritma Örneği.....	63
3.6.19. Görüntü İşleme Yazılımları.....	64
3.7. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN MESLEKİ KULLANIMA ETKİSİ.....	66
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÖZET

Bu çalışmada sayısal görüntü ve bağlantılı olarak sayısal görüntü işlemenin tasarıma etkisi araştırılmıştır. Tezin birinci bölümünde çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi, ikinci bölümünde sayısal görüntü ve sayısal görüntü ile ilgili temel kavramlar, sayısal görüntü ile yapılabilecek işlemler, sayısal görüntülerin saklanması ve üçüncü bölümünde sayısal görüntünün tasarım üzerindeki etkisi açıklanmıştır.

Sayısal görüntü olarak ele alınan kavram hem sıfırdan sayısal ortamda oluşturulan görüntü hem de örnekse görüntünün çeşitli yöntemlerle sayısal ortama aktarılması ile oluşan görüntüdür. Sayısal görüntü işleme bu konumda devreye girmektedir. Genel kanının aksine sayısal görüntü işleme sadece fotoğrafçılık sektöründe yaygın kullanıma sahip olmayıp mimariden sinemaya, tekstilden haritacılığa kadar tüm alanlarda kullanılmaktadır.

Günümüze kadar sayısal görüntü kullanılarak yapılmış örnek görüntüler üzerinden konu ortaya konmuş, teknoloji ve sayısal görüntüler olmadan yapılamayacak eserler incelenmiştir. Bu görüntülerde kullanılan bazı tekniklere ve bu tekniklerin önemine değinilmiştir. Bu tekniklerin kullanımı için hem teknoloji kullanma becerisinin hem de tasarım eğitimi alt yapısının olması gerektiği kanısına varılmıştır.

Sonuç olarak tasarım alt yapısı ile birlikte iyi teknoloji kullanımının iyi işler çıkarılmasına olanak sağladığı, bu iki etkenden sadece bir tanesinin yeterli olmadığı gözlenmiştir.

Disiplinler arası çalışmanın tasarımda etkin olduğu ve tasarımcının birlikte çalışacağı kişilerin farklı alanlardan seçilmesinin tasarıma yeni boyut katacağı ve bakış açısını değiştireceği düşünülmektedir. Birlikte çalışma sonucu tasarımda karşılaşılan ortak sorunların her defasında çözümlenmesi işlemi de ortadan kaldırılmış olur. Tasarım eğitimi veren okullarda geleneksel tasarım yöntemleri eğitimi ile birlikte yeni tasarım yöntemlerinin anlatılması ve buna bağlı olarak çizim ve tasarım yazılımları eğitiminin verilmesi gereklidir.

Anahtar kelimeler: Sayısal görüntü, sayısal görüntü işleme

SUMMARY

The principal subject of this study is the digital image and the effect of digital image processing in design. The first chapter describes the scope and method, the second chapter describes the digital image and basic concepts about the digital image and processes which can be made using digital images, the storage of digital images and the third chapter describe and effects of digital image on designs respectively.

The concept handled as a digital image is both the image created on a digital media and the transferring of exempling image to digital media using various methods. Digital image processing is discussed in this chapter. Contrary to the common belief, digital image processing is not just a part of photography but a common technique used in various fields such as from architecture to movies and from textile to cartography.

The topic is presented over the exempling image using digital imaging to date and some works which could not be made without digital imaging are examined. Some techniques used in these images and the importance of such techniques are emphasized. It is understood that competence in using technology and design training background are both needed for the use of such techniques.

Finally, use of advanced technology with a design background allows the creation of good works however either factors are not solely sufficient.

Interdisciplinary studies are effective in design and selection of coworkers from various fields will add new dimensions to the design and will change the way we look at the design. The repetitive issues for solving common problem will be automatically eliminated through the cooperation. In design schools, new design methods should be thought together with traditional design methods as well as with an adequate training of digital drawing, design and image processing.

Keywords: Digital image, digital image processing

ÖNSÖZ

Eğitimim ve tez çalışmam boyunca büyük bir sabırla destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. İbrahim Hamit ATAÇ'a, bilgi ve tecrübelerini paylaşan Yrd. Doç. Dr. M. Turgay GÖKÇEN'e, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Enformatik Bölümü değerli hocalarıma, manevi desteğinden dolayı kardeşim Sedef KARSAN'a, ilgiyle yardımcı olan babama ve her zaman yanımda olan bütün arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Mayıs 2008

Sertaç KARSAN

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Sayısal görüntüden sayısal görüntü işlemeye geçiş.....	4
Şekil 2.2. Vektörel görüntüyü oluşturan esas şekiller.....	5
Şekil 2.3. Örnek piksel görüntüsü	7
Şekil 2.4. Örnek piksel görüntüleri zoom yapılmış haliyle.....	7
Şekil 2.5. Piksellerin matematiksel matris olarak ifadesi	8
Şekil 2.6. Küçük bir morfoloji örneği	8
Şekil 2.7. Piksellerin dizilişi.....	9
Şekil 2.8. Toplamsal renk modeli	11
Şekil 2.9. Çıkarımsal renk modeli.....	11
Şekil 2.10. RGB modunda sayısal görüntü	12
Şekil 2.11. Renk kontrolü yapılmış sayısal görüntü	12
Şekil 2.12. CMYK modunda sayısal görüntü	12
Şekil 2.13. Harita örneği	14
Şekil 2.14. Dönüşümün CBS uygulaması	14
Şekil 2.15. Raster görüntü	14
Şekil 2.16. Vektörel görüntüye dönüşüm.....	15
Şekil 2.17. Vektörel yazılımla hazırlanmış vektör görüntü	15
Şekil 2.18. JPG formatlı görüntü	16
Şekil 2.19. EPS formatlı görüntü	16
Şekil 2.20. Raster görüntünün dönüşümden sonra doku atanmış görüntüsü	16
Şekil 2.21. Cantor kümesi	18
Şekil 2.22. Kar tanesi oluşumu 1. adım	19
Şekil 2.23. Kar tanesi oluşumu 2. adım	19
Şekil 2.24. Kar tanesi oluşumu 3. adım	19
Şekil 2.25. Kar tanesi oluşumu 4. adım	19
Şekil 2.26. Yukarıdaki formüle göre üretilmiş Mandelbrot ve Julia kümeleri	21
Şekil 2.27. Örnek malzeme klasörü	22
Şekil 2.28. Render görüntüsünün renklerini düzeltme.....	23
Şekil 2.29. Tarama sayfası örneği.....	24
Şekil 2.30. Sıkıştırma oranı en yüksek görüntü örneği	26
Şekil 2.31. Sıkıştırma oranı orta görüntü örneği	26
Şekil 2.32. Sıkıştırma oranı en düşük görüntü örneği.....	27
Şekil 2.33. Sıkıştırılmamış haliyle görüntü.....	27

Şekil 2.34. Görüntünün sayısal ifadesi.....	28
Şekil 2.35. Sıkıştırılmış haliyle görüntünün sayısal ifadesi	28
Şekil 2.36. TIFF formatlı raster görüntü	30
Şekil 3.1. Küçük bir arşivleme dosyasının görünümü	33
Şekil 3.2. Örnek kütüphane görüntüsü.....	33
Şekil 3.3. Elde yapılan render örneği	35
Şekil 3.4. Şekil 3.3.'ün sayısal render görüntüsü	35
Şekil 3.5. Örnek yazı efektleri.....	36
Şekil 3.6. Grafik tasarım örneği	36
Şekil 3.7. Grafik tasarım örneği	37
Şekil 3.8. Grafik tasarım örneği	37
Şekil 3.9. Grafik tasarım örneği	37
Şekil 3.10. Şelale evi.....	39
Şekil 3.11. Mediateque Binası	40
Şekil 3.12. Mediateque Binası	40
Şekil 3.13. Petronas Towers'ın geometrik şekillerden oluşmuş kule tasarımı	41
Şekil 3.14. Petronas Towers'ın 3B sayısal vektörel görüntüsü.....	41
Şekil 3.15. Turning Turso	42
Şekil 3.16. Milwaukee Art Museum	42
Şekil 3.17. Kwan Tong Town Center	43
Şekil 3.18. Arka plan ekleme örneği.....	43
Şekil 3.19. Render görüntüsünün gerçek fotoğraf üzerine yerleştirilmesi örneği.....	44
Şekil 3.20. Chu'nun kullandığı doğal renkli desen örneği.....	44
Şekil 3.21. Chu'nun sayısal kodlar yardımı ile elde edilmiş ekolojik tasarım örneği	44
Şekil 3.22. Guggenheim Müzesi	45
Şekil 3.23. Frank Gehry'nin bir otel çalışması	45
Şekil 3.24. Walt Disney Concert Hall	46
Şekil 3.25. Rasin Building (Dancing Building)	46
Şekil 3.26. Fotoğraf üzerinden çizim örneği.....	47
Şekil 3.27. Raster görüntü ve sayısal ifadesi.....	48
Şekil 3.28. Nude 1966.....	50
Şekil 3.29. Simetrik desen örnekleri	51
Şekil 3.30. Fraktal sanat örnekleri.....	51
Şekil 3.31. Gouraud shade gölgelendirme yapılmamış görüntü	53
Şekil 3.32. Gouraud shade gölgelendirme yapılmış görüntü	53

Şekil 3.33. Gölgeleme örneği	54
Şekil 3.34. Çentik giderme örneği	54
Şekil 3.35. Aspect ratio örneği	55
Şekil 3.36. Vanishing point örneği	56
Şekil 3.37. Doku eşleme örneği	57
Şekil 3.38. Posterize örneği	57
Şekil 3.39. Eskizin kamera ile çekilmiş görüntüsü	57
Şekil 3.40. Keskinlik ayarı yapılmış görüntüsü	58
Şekil 3.41. Renklendirme örneği	58
Şekil 3.42. Örnek renk çalışmaları	59
Şekil 3.43. Zoom örnekleri	59
Şekil 3.44. Düşük çözünürlüklü render görüntüsü	60
Şekil 3.45. Çözünürlük artırma işlemi	60
Şekil 3.46. Alfa kanalı görüntüsü	61
Şekil 3.47. Alfa kanallı görüntünün vektör görüntü üzerine kaplanması	61
Şekil 3.48. Karışım örneği	62
Şekil 3.49. Görüntü üzerindeki istenmeyen görüntülerin yok edilmesi	65
Şekil 3.50. Tarama sonucu ortaya çıkan parazitlerin giderilmesi	65
Şekil 3.51. Işık efektleri eklemek	65
Şekil 3.52. Warp ile bozulma	65
Şekil 3.53. Tasarımın elde yapılmış görüntüsü	66
Şekil 3.54. Tasarımın bilgisayarla oluşturulmuş sayısal görüntüsü ve deseni	66
Şekil 3.55. Desenlerin uygulanması	67
Şekil 3.56. Parçaların birleştirilmesi ile oluşan bir kompozisyon örneği	67
Şekil 3.57. Bursa Uludağ Ski Resort çevre şartları görüntü örneği	68
Şekil 3.58. Farklı açılardan render görüntüsüne bakış	69
Şekil 3.59. Farklı açılardan render görüntüsüne bakış	70

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1. Bazı vektörel yazılımların kayıt formatları.....	6
Tablo 2.2. 8-bit renk bilgisine sahip pikselin içindeki renk değerleri.....	10
Tablo 2.3. 24-bit renk bilgisine sahip pikselin içindeki renk değerleri.....	10
Tablo 2.4. 32-bit renk bilgisine sahip pikselin içindeki renk değerleri.....	10

KISALTMALAR LİSTESİ

RGB	: Red, Green, Blue
CMYK	: Cyan, Magenta, Yellow, Black
2B	: İki Boyut
3B	: Üç Boyut
CRT	: Tüplü monitör (Cathode Ray Tube)
LCD	: Sıvı kristal ekran (Liquid Crystal Display)
ICC	: International Color Consortium
PS	: Post Script (Page Description Language)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CAD	: Computer Aided Design
CAM	: Computer Aided Manufacturing
BMP	: Bitmap
RIFF	: Raster Image File Format
JPG	: Joint Photographers Experts Group
TGA	: Truvision Targa
TIFF	: Tagged Image File Format
OCR	: Optical Character Recognition
KB	: Kilobyte
MB	: Megabyte
GIF	: Graphics Interchange Format
EPS	: Encapsulated Post Script
PNG	: Portable Network Graphics
PC	: Personel Computer
PDF	: Portable Document
CGA	: Computer Generated Art
CGA	: Computer Graphics Application
IT	: Information Technologies

1. GİRİŞ

1.1. AMAÇ

Bu çalışmada bilgisayar teknolojilerinin kapsamında sayısal görüntü ve sayısal görüntü işlemenin kullanımının tasarıma katkısı irdelenmektedir. Çalışmaya tasarıma katkısı yerine tasarımı ifadeye etkisi teriminin daha uygun düşeceği düşünüldük başlanmıştır. Tezin amacı sayısal görüntü ve sayısal görüntü işlemenin tasarım sürecine etkisini incelemektir. Günümüz teknolojisinde çoğu alanda sayısal görüntüyü ve sayısal görüntü işlemeyi kullanmak tasarımcıya yeni bakış açıları kazandıracak ve tasarıma bakış yönünü değiştirecektir.

Sayısal görüntü ile tasarım yapan tasarımcı tasarım sürecinin düşünme aşamasına daha fazla zaman ayırabilir. Düşünme süresinin artması ve tasarımın hemen ortaya çıkarılması tasarımcıya büyük avantaj sağlar. Çalışma yöntemi olarak deneme yanılma kullanılabilir. En büyük avantaj olarak da tasarımın sunumunda başarılı çalışmalar yapar.

Tasarım süreci tanımlaması “ihtiyaçların belirlenmesi, sorunun ortaya konması, sentez, analiz, geliştirme ve sunum”¹ olarak ele alınırsa sayısal görüntünün bu kavramlar arasındaki yeri sentez aşamasında karşımıza çıkar. Bu aşamada geleneksel yöntemlerle elde yapılacak çalışmaların tamamı araç olarak bilgisayar kullanılarak ekranda sayısal olarak oluşturulur. Eser 2B veya 3B olarak ortaya konur.

Tasarım sonucu ortaya çıkacak eserin veya ürünün sanal ortamda başlangıç aşamasından son aşamasına kadar bütün evreleriyle görülebilmesi gelişen teknoloji ile mümkündür. Teknoloji sayesinde eserin veya ürünün çeşitlemeleri de yapılabilmekte ve alternatifler doğrultusunda yeni tasarımlar da ortaya çıkarılabilmektedir. Her aşamada geri dönüş şansı verdiğinden teknolojinin kullanılması kaçınılmaz olmaktadır.

¹ Tokman, L. Y., 1999. Bilgisayar Teknolojisinin Mimarlık Lisans Öğretimine Etkilerinin Araştırılması, *Doktora tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı, İstanbul, 74,75.

1.2. KAPSAM

Görüntü olarak ele alınan kavram hareketsiz durağan görüntü olduğundan hareketli görüntüler ele alınmamıştır. Hareketsiz görüntüler işlenirken arka planda çalışan script kodların² bir kısmı incelenerek özellikle sözü edilen alanlarda amorf şekillerin oluşumunda ve renklendirilmesi işleminde nasıl çalıştığı açıklanmıştır. Bu bağlamda fraktal görüntüler ve yapılan işlemlere de değinilmiştir. Hareketsiz görüntülerin bir kısmı sıfırdan bilgisayar yardımı ile oluşturulan görüntüler olup bir kısmı da daha önceden elde edilmiş görüntülerin bilgisayara aktarılması ile oluşturulmuş görüntülerdir.

1.3. YÖNTEM

Literatür araştırması yapılarak şu ana kadar bu konu ile ilgili olarak yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu elden geçirilmiş, bunlardan çıkarılan sonuçlar da dikkate alınarak eklemeler yapılmıştır. Konu genel kavramları ile açıklanmış, ilgili örneklerle ortaya konmuştur. Mimarlık ve grafik sanatların sayısal görüntü ile ilişkisi irdelenerek teknoloji olmadan elde edilemeyecek eserler bulunmuş ve açıklanmıştır. Tezde ele alınan sayısal görüntüler daha çok AutoCAD, Maya, CorelDRAW ve 3ds MAX vektörel yazılımları ile çizilmiş ve modellenmiş, Adobe Photoshop ve Corel PHOTO-PAINT yazılımları ile işlenmiştir.

² Script kod programlamada kullanılan komutların genel ismi

2. TEKNOLOJİ VE BİLGİSAYAR ORTAMINDA GÖRÜNTÜ

2.1. TEKNOLOJİ VE BİLGİSAYARA GEÇİŞ

Paul Saettler *History of Instructional Technology* isimli kitabında teknolojiyi şu şekilde tanımlar: "**Teknoloji (Latince *texere* fiilinden türetilmiştir; örnek, oluşturmak (construct) anlamına gelir) birçoklarının düşündüğü gibi makine kullanmak değildir. Teknoloji, bilimin uygulamalı bir sanat dalı haline dönüşmesidir**".³ Bu tanımla ile tasarımla uğraşan mesleklerdeki kişilerin teknoloji ile ne kadar iç içe olduğu görülmektedir. Çoğu alanda çizim ve tasarım aşamasında kullanılan en büyük teknoloji, bilgisayar ve sanal ortamdır. Bilgisayar ortamında elde edilen veya bilgisayar ortamına aktarılan sayısal görüntülerle, bu görüntülerin işlenmesi sayesinde tasarımın boyutu değişmiş ve tasarıma farklı bakış açıları kazandırılmıştır.

2.2. GÖRÜNTÜ

John BERGER'in "Görme Biçimleri" adlı eseri "Görme konuşmadan önce gelmiştir" diye başlar. Etrafımıza baktığımızda bize ulaşan, bizi etkileyen çok fazla görüntü vardır. Gözümüzün algıladığı hareketli, hareketsiz herşey görüntü olarak tanımlanır. Bu görüntüler, doğal görüntülerin dışında, bizim tarafımızdan sayısal ortamda sayısal tekniklerle oluşturulmuş ve afişler, reklam panoları, mimari projeler, sanal ortamdaki çizim ve tasarımlar gibi yine bize sunulmuş görüntüler de olabilirler.⁴

2.2.1. Örnekse (Analog) Görüntü

Bu terim daha çok hareketli görüntüler için kullanılsa da "kaynağındaki biçimiyle kaydedilebilen, saklanabilen ve iletilebilen"⁵ görüntü olarak tanımlanabilir. Hareketsiz örnekse görüntü; fotoğraf, afiş, resim gibi basılı olan ve bilgisayar ortamında yer almayan görüntülerdir. Bu görüntüler sayılarla ifade edilmezler.

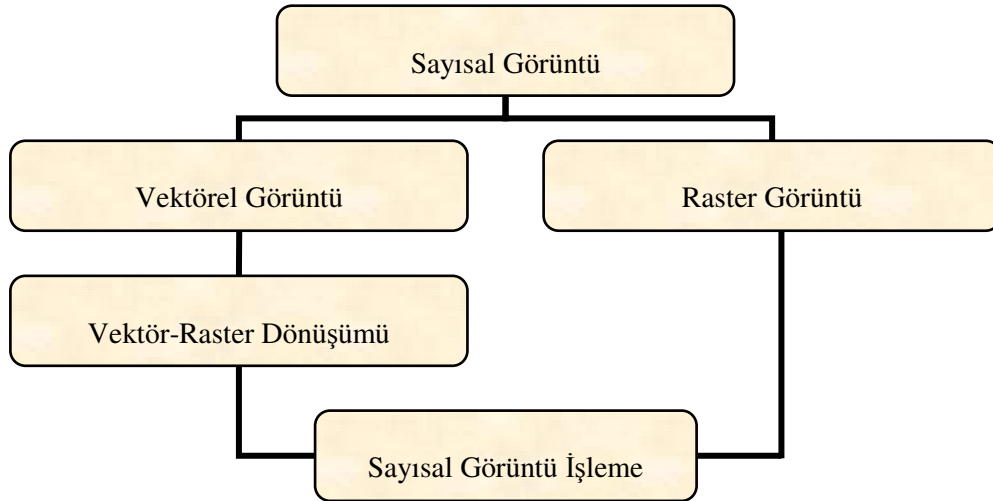
³ www.bote.odtu.edu.tr, 28 Ocak 2007.

⁴ **Barnard, M.**, 2002. *Sanat, Tasarım ve Görsel Kültür*, Ütopya, Ankara.

⁵ **Cotton, B. and Richard, O.**, 1997. *Siberuzay Sözlüğü*, Yapı Kredi Yayınları.

2.2.2. Sayısal (Dijital) Görüntü

Çeşitli tekniklerle sayısal ortama aktarılmış görüntüler ve sanal ortamda çeşitli yazılımlar yardımı ile oluşturulmuş çizim ve tasarımlar sayısal görüntü olarak adlandırılır. Bu görüntüler fotoğraf gibi durağan, video gibi hareketli görüntüler de olabilirler. Sayısal görüntüler isminden de anlaşılacağı gibi sayılarla ifade edilen görüntülerdir. Bilgisayarın temelini oluşturan ikili sayı sistemi kullanılarak oluşturulmuşlardır. Sayısal görüntüler bitlerle⁶ ifade edilen görüntülerdir. Tezde sayısal görüntü olarak ele alınan görüntüden, durağan hareketsiz 2B (İki Boyutlu) görüntü anlaşılmaktadır. Bu görüntü, kullanıcı tarafından bilgisayar ortamında sıfırdan vektörel veya raster olarak oluşturulup, gerektiğinde vektör-raster dönüşümü yapıp sayısal görüntü işlemeye hazır hale getirilmiş görüntüdür.



Şekil 2.1. Sayısal görüntüden sayısal görüntü işlemeye geçiş

Bir nesneyi tanımlarken boy (length), en (width) ve yükseklik (height) parametreleri kullanılır. Bu parametreler oluşturulurken nesnenin uzay boşluğundaki yeri de dikkate alınır. Matematikte bu işlemler koordinat sistemi sayesinde yapılır. Nesnenin yeri koordinatları gösteren x,y,z parametreleri ile ifade edilir. Düzlem üzerinde bir nesne tanımlanırken veya bir harita üzerinde bir fotoğraf üzerinde bir mimari projede görüntü tanımlanırken sadece en ve boy parametreleri verilir. Bu durumda tanımladığımız nesne ve görüntü 2B olarak adlandırılır.

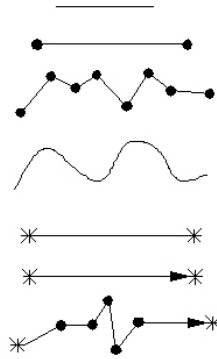
Sayısal görüntü olarak tanımladığımız görüntüler bilgisayar grafiklerinin temelini oluştururlar. Son 30 yıldır etkin olarak kullanılan bu görüntüler tel kafes (wireframe)

⁶ BIT: (Binary Digit) İkili sayı sisteminde kullanılan 0 ve 1 sayılarının her biri

görüntülerden günümüzdeki dolgulu ve malzemeli görüntülere kadar uzanmıştır. Bu sayede tasarımın her alanında kullanılan vazgeçilemez bir araç olmuştur.

2.2.2.1. Vektörel Görüntüler

Vektörel görüntüler matematiksel formüllere dayalı görüntülerdir. Her defasında formül yinelenmesi olduğundan bu görüntüler hiçbir boyutta bozulmaya uğramazlar ve her boyutta net görüntü verirler. Bu nedenle animasyonda daha fazla tercih edilirler. Çizim teknikleri kullanılarak oluşturulan noktasal çizime dayanan görüntülerdir. Çizgi, nokta ve dokuların birleşimi ile ortaya çıkan görüntüler de denebilir. Vektörel görüntülerde esas olan nokta (point), doğru (line) ve eğri (curve) şekilleridir.



Şekil 2.2. Vektörel görüntüyü oluşturan esas şekiller⁷

Çalışma prensibi koordinat sistemine dayalı olduğu için çizime veya tasarıma en, boy parametreleri yanında yükseklik parametresi de verilirse 3B (Üç Boyutlu) görüntü elde edilir. Bu durumda çizimin ve tasarımın kütlesi de oluşturularak modele geçiş sağlanır. Vektörel görüntüler ve grafikler 2B çizim ve 3B model hazırlama (modeling), hazırlanan bu modeli düzlemlerle tanımlama amacıyla kullanılır. Vektörel çizimler çeşitli kayıt formatlarında kaydedilirler. Vektörel görüntü yazılımlarının ve kayıt formatlarının bazıları aşağıda tabloda verilmiştir.

⁷ Akbulut, R., *Coğrafi Bilgi Sistemleri Ders Notları*, İstanbul.

Yazılım	Kayıt formatı	Kayıt Formatının Niteliği
AutoCAD	DWG	Yazılıma özel
CorelDRAW	CDR	Yazılıma özel
Adobe Illustrator	AI	Yazılıma özel
Flash	FLA	Yazılıma özel
3 ds Max	3ds	Yazılıma özel
Maya	PLE	Yazılıma özel
ArchiCAD	PLN	Yazılıma özel
RhinoCeros	3dm	Yazılıma özel

Tablo 2.1 Bazı vektörel yazılımların kayıt formatları

Tablodaki yazılımlar hem çizim hem de tasarım ağırlıklı olarak kullanılan sayısal görüntü üreten yazılımlardır. Bu yazılımların kendilerine has dosya kayıt formatları olduğu gibi, kendi aralarında geçişi sağlayacak dosya kayıt formatları da vardır. Bu da çizim ve tasarım sürecinde farklı yazılımlar kullanan kişilerin yazılımlar arası veri alışverişini kolaylaştıran önemli bir faktördür. Özellikle çizim ve tasarım sonucu elde edilen verinin veya dosyanın işlenmesi söz konusu olduğunda ortak kayıt formatlarının önemi daha da fazla ortaya çıkar.

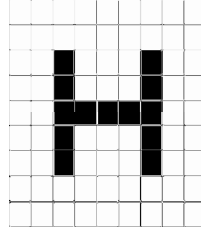
2.2.2.2. Raster Görüntüler

Piksel tabanlı görüntülerdir. Sayılarla ifade edilirler ancak arka planda çalışan matematiksel formüller yoktur. Bu nedenle raster görüntüler piksel sayılarına ve formatlarına bağlı olarak büyütme küçültme işlemlerinde bozulmaya uğrarlar.

Sayısal kamera görüntüleri, tarayıcıdan ekrana alınan görüntüler, video kamera ile kaydedilen hareketli veya hareketsiz görüntüler raster görüntülerdir.

Sayısal ortama aktarılmış bir raster görüntünün yapıtaşları piksellerdir.⁸ Piksel bir sayısal görüntüyü oluşturan en küçük karesel öğedir.

⁸ Pixel:Picture element



Şekil 2.3. Örnek piksel görüntüsü



Şekil 2.4. Örnek piksel görüntüleri zoom yapılmış haliyle⁹

Raster görüntülerde de piksellerin en ve boy parametreleri olduğundan bu görüntüler de 2B olarak nitelendirilebilir.

Piksellerin içinde görüntüye ait renk bilgileri yer alır. Görüntünün kalitesi piksellerin sayısına ve dolayısıyla piksellerin sahip olduğu renk bilgilerine bağlıdır. Piksel sayısının artması görüntünün kalitesini artırır, piksel sayısının azalması görüntünün kalitesini düşürür. Monokrom gri görüntülerde her pikselin alacağı renk değeri 0 ve 255 arasında tek değerdir. Piksellerdeki parlaklık değeri ile görüntü elde edilir ve gri renk farkları ortaya çıkar. En parlak bölge beyazdır ve değeri 255'tir. En koyu bölge siyahtır ve değeri 0'dır. Renkli görüntülerde ise RGB modunda üç ana rengin karışımı ile görüntü oluşur.¹⁰

Piksel sayısına bağlı olarak görüntünün kapladığı yer de görüntünün kalitesi gibi doğru orantılı şekilde artar ve azalır. Piksel sayısı fazla olan görüntülerin kapladıkları yer yani dosya boyutu (file size) fazla, piksel sayısı az olan görüntülerin kapladıkları yer ise daha azdır.

⁹ <http://en.wikipedia.org/wiki/Pixel>, 10 Nisan 2008.

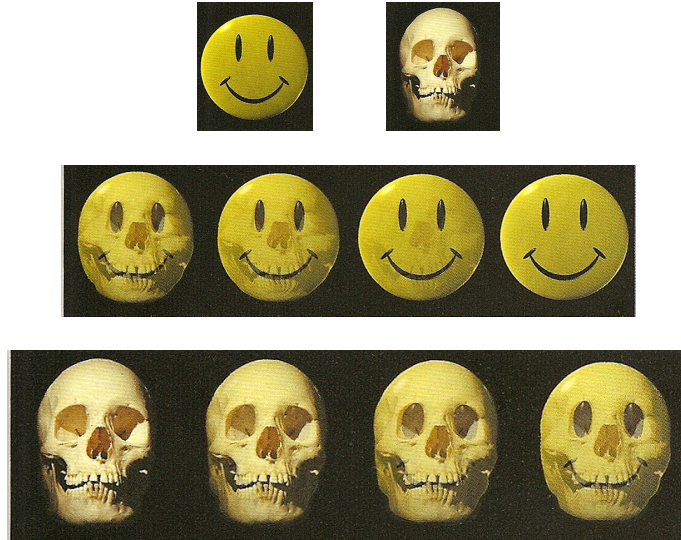
¹⁰ http://www.goruntuisleme.org/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=2, 25 Ağustos 2006.

0	1	2	.	
1				
2				

Şekil 2.5. Piksellerin matematiksel matris olarak ifadesi

Matematiksel olarak bir görüntüyü oluşturan pikseller matrislerle ifade edilir. Satır ve sütun sayıları piksellerin sayısını gösterir. Buna bağlı olarak da görüntünün çözünürlüğü ortaya çıkar. Matristeki her hücre pikselin adresini gösterir. Sayısal görüntü işlemede kullanılan tüm teknikler bu adreslemeye bağlı olarak yapılır. Genellikle Delphi, C++ veya C#¹¹ programlama dilleri kullanılarak yapılan bu işlemlerde adresleme önemlidir. Piksel analizi, zoom işlemleri vb. işlemler bu temele göre çalışmaktadır.

Sayısal haldeki görüntü yani adreslenmiş haliyle görüntü yapay zeka uygulamalarından yüz tanıma, parmak izi analizi gibi alanların ve başkalaştırma tekniğinin (Morfoloji¹²) temelini ve fraktal görüntüler için de zemini oluşturur.



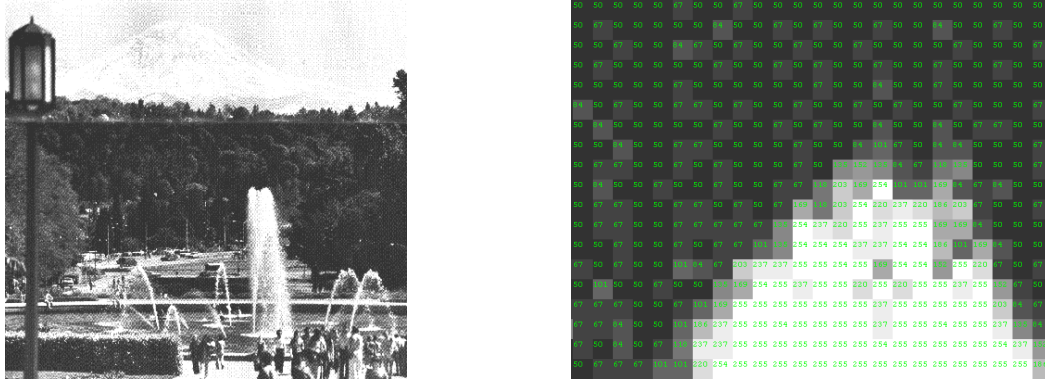
Şekil 2.6. Küçük bir morfoloji örneği¹³

¹¹ Microsoft firmasının geliştirdiği nesne yönelimli programlama dilleri

¹² Morfoloji kelime anlamı olarak bir nesnenin formu ve yapısı olarak tanımlanır. Bu nesnenin bütün parçaları ile olan ilişkilerini de içine alır. Sayısal morfoloji genellikle raster görüntülerle ilgilidir. Sanal ortamda pratik olarak yapılan işlemlerin arka planında matematiksel formüller çalışmaktadır.

¹³ **Brinkmann, R.**, 1999. *The Art And Science Of Digital Compositing*, Morgan Kaufmann, San Diego.

Bir görüntüdeki inç başına düşen piksel sayısı çözünürlük (resolution) olarak isimlendirilir. Görüntüde çıktı alınması durumunda ise, ölçü birimi başına düşen mürekkep noktası olarak tanımlanabilir. Çözünürlük görüntü kalitesini ve dolayısıyla bellek kullanımını etkileyen bir kavramdır. Sayısal görüntüler çoğaltılırken veya paylaşılırken çözünürlük azalması dolayısıyla görüntü kalitesinde azalma sorunu ile karşılaşılır. Ancak gelişen görüntü işleme teknikleri sayesinde, görüntü kalitesi azalan bir raster görüntünün piksel sayısı değiştirilerek görüntü kalitesi yükseltilebilir. Görüntünün ifadesi için renk önemlidir. Renk görsel anlatımın en önemli parçalarından birisidir. Sayısal görüntü işlemenin de temellerinden birisidir. Renk oyunları ile hem tasarım zenginleştirilir hem de yansılama görüntüler elde edilir. Aynı zamanda gölgelendirme ile 2B görüntülere 3B görüntü etkisi de verilebilir. Renklerdeki düzenleme işlemleri render görüntüleri üzerinde çeşitli yazılımlar kullanılarak yapılır. Bir görüntüde ışık varsa renk de vardır. Nesnelerden yansıyan ışığın gözümüz ve beynimizdeki algısıdır.



Şekil 2.7. Piksellerin dizilişi¹⁴

Şekil 2.7.'de görüldüğü gibi küçük kare bölgelerin yani piksellerin oluşturduğu 2B diziliş sayısal görüntüyü ifade eder. Gri ölçekli (grayscale) görüntülerde her pikselin içinde barındırdığı brightness değeri sayısal bir değere karşılık gelir.

Bir görüntüdeki renkleri tanımlamak için renk modelleri kullanılır. Baskıda CMYK, ekran modunda RGB renk modelleri kullanılır. RGB (Red: Kırmızı, Green: Yeşil, Blue: Mavi) modelinde üç ana rengin dışındaki renkler bu renklerin karışımı ile CMYK (Cyan: , Magenta: , Yellow: Sarı, Black: Siyah) modelinde renkler emilme ve yansılma yoluyla elde edilirler. RGB renk modelinde her pikselin taşıdığı renk bilgisi R, G, B renklerinin herhangi birisiyle veya bu renklerin belli oranlarda

¹⁴ <http://www.cs.washington.edu/research/metip/about/digital.html>, 8 Haziran 2007.

karışımı ile ifade edilir. Bu oran 0-100 aralığındadır ve sayısal olarak 0-255 aralığı belirlenmiştir. Yani %0'ın karşılığı 0 değerine, %100'ün karşılığı 255 değerine eşittir.

8-bit bir renk bilgisine sahip bir pikselin içindeki renk değerleri aşağıdaki şekildedir:

1.bit	2.bit	3.bit	4.bit	5.bit	6.bit	7.bit	8.bit
R	R	R	G	G	G	B	B

Tablo 2.2. 8-bit renk bilgisine sahip pikselin içindeki renk değerleri

24-bit bir renk bilgisine sahip bir pikselin içindeki renk değerleri aşağıdaki şekildedir:

1.bit-8.bit	9.bit-16.bit	17.bit-24.bit
R	G	B

Tablo 2.3. 24-bit renk bilgisine sahip pikselin içindeki renk değerleri

32-bit bir renk bilgisine sahip bir pikselin içindeki renk değerleri aşağıdaki şekildedir:

1.bit-8.bit	9.bit-16.bit	17.bit-24.bit	25.bit-32.bit
R	G	B	renksiz bilgi

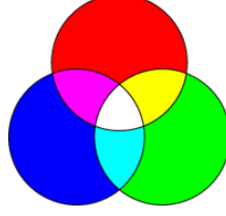
Tablo 2.4. 32-bit renk bilgisine sahip pikselin içindeki renk değerleri

Tablo 2.4.'te 25.bit ve 32. bit arasında gösterilen 8 bitlik renksiz veri **alfa** kanalları için ayrılmıştır. Alfa kanalları sayısal görüntü işlemede saydamlık işlemleri için gereklidir ve sadece 32-bit raster görüntülerde yer alır. Render görüntüleri üzerinde düzenleme işlemleri için 32-bit resimler tercih edilir. Bazı komutlar bu esasa göre çalışır. Sayısal görüntü işleminin tasarımı en etkili olduğu konulardan birisidir. Alfa kanallarının kullanımı ve saydamlık işlemlerinin yapılması tasarım sonucunu etkileyen önemli bir özelliktir.

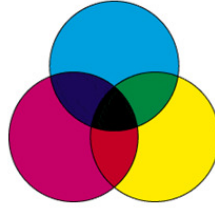
Aslında fizik biliminin bir konusu olan rengin sayısal ortamda ve baskıda doğadaki şekliyle görüntülenemediği durumlar da oluşabilmektedir. Bu durumda ışık kavramı da önem kazanır. Toplamsal¹⁵ (Additive) renk modeline göre üç ana rengin birleşimi ile beyaz ışığın oluşum sistemi CRT, LCD, plazma televizyonların ve ekranların

¹⁵ Renklerin kırmızı, yeşil ve mavinin karışımı ile elde edildiği renk modeli

Çalışma prensipleriyle aynıdır.¹⁶ ıkarımsal (Subtractive) renk modeline göre ise; tüm renklerin karışımı ile siyah elde edilir. Bu modele göre üç ana renk sarı (yellow), mavi (cyan), (magenta) dır.¹⁷



Şekil 2.8. Toplamsal renk modeli



Şekil 2.9. Çıkarımsal renk modeli

Rengin üç temel özelliğı vardır. Bunlar temel renk (hue), doygunluk (saturation) ve parlaklık özellikleridir. Bu özelliklerden doygunluk rengin beyaz ışık miktarını, parlaklık ise rengin ışığı yansıtma miktarını belirler. Bu zellikler sayısal ortamda görüntü işleme yazılımları ile istenilen şekilde düzenlenip ayarlanabilirler. Renk düzenleme işlemleri özellikle render sonucu istenilen şekilde çıkmadığında kullanılır ve tasarımda önemli bir yeri vardır.

Sayısal raster görüntünün sayısal ortamda renk katmanlarına ayrılması işlemi renk ayrımı olarak tanımlanır. Renk katmanlarına ayrılmış görüntü, görüntü işleme teknikleri kullanılarak düzeltme veya rtşlama işlemlerine tabi tutulur. Baskıya veya yayına hazır hale getirilir.

Sayısal ortamda çalışırken kullanılan renk modu RGB'dir. Baskı aşamasında ise bu modun CMYK olarak düzenlenmesi gerekir. Ancak ekranda gördüğümüz renklerin baskı sonucunun aynı olmasını bekleyemeyiz. Yazıcıların alışma esası da CMYK renk modu üzerine kurulmuştur. Yazıcı kartuşlarının üzerindeki renkler bu renk modunu destekleyen renklerdir.

¹⁶ Uçar,T.F., 2004. *Görsel İletişim ve Grafik. Tasarım, İnkılap.*

¹⁷ Uçar,T.F., 2004. *Görsel İletişim ve Grafik. Tasarım, İnkılap.*

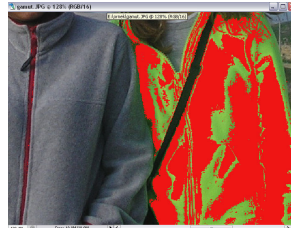
Tasarımdan üretim aşamasına kadar orijinal renklerin elde edilebilmesi için bir takım düzenlemeler yapmak gerekir. Bu düzenlemeler uluslararası standartlarla belirlenmiştir.

Bu işlem için genellikle ICC (International Color Consortium) profilleri olarak tanımlanan dosyalar kullanılır. Bu dosyalar ikili sistem (binary) dosyalarıdır ve görüntü işleme yazılımlarında ve baskı cihazlarına ait yazılımlarda otomatik olarak açılırlar. Bu tür bir sistemle çalışan firmalarda bu profiller cihazlarla birlikte gelirler ve teknik elemanlar tarafından kurulumları yapılır.

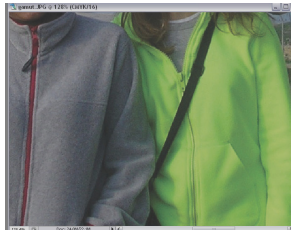
Aşağıdaki örneklerde sayısal ortamda Adobe Photoshop yazılımı kullanılarak RGB modu ile çalışılan bir görüntünün baskıya gönderilmeden CMYK dönüşümü yapılmamış ve baskıya gönderilmeden CMYK dönüşümü yapılmış halleriyle alınacak çıktı görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 2.10. RGB modunda sayısal görüntü



Şekil 2.11. Renk kontrolü yapılmış sayısal görüntü



Şekil 2.12. CMYK modunda sayısal görüntü

Şekil 2.10.a.'daki RGB renk modunda sayısal görüntü ekranda renkleri bozulmamış durumdadır. Şekil 2.11.'de aynı sayısal görüntü çıkış alınmadan önce renk kontrolü

yapılarak hangi renklerin baskıda çıkmayacağı işaretlenmiştir. Bu işlem görüntü işleme yazılımlarında Gamut Warning¹⁸ olarak geçer. Şekil 2.12.'de aynı görüntünün baskıda olacak bozulmaları önlemek amacıyla CMYK moduna dönüştürülüp Gamut Warning kontrolünün uygulanması sonucu elde edilen görüntü yer alır.

Çıkış alınacağı zaman dökümanın PS (Page Description Language) olarak kaydedilmesi de kaliteyi artırmaktadır. PS formatı genelde yazıcılar için Adobe firması tarafından oluşturulmuş sayfa tanımlama formatıdır.¹⁹ Genelde grafik eklenen dökümanlar için kullanılır ve kaliteli baskı almayı sağlar. Ancak PS destekleyen yazıcı olursa eğer baskı daha hızlı olur. Değilse PS yorumlayıcı (interpreter) ile çıkış alma işlemi sağlanır.

Sayısal ortamda yapılan görüntü işleme işleri oldukça kolaylaştırmış alternatifler üretilmesine yardımcı olmuştur. Buna bağlı olarak sayısal ortamda oluşturulan görüntüler sanatsal amaçlarla da kullanılır hale gelmiştir. Bu tür görüntülere en iyi örnek fraktal görüntülerdir.

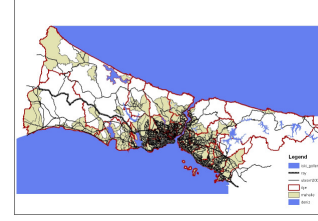
Sayısal raster görüntünün ve sayısal görüntü işlemenin temelini oluşturan öğelerden birisi yukarda da anlatıldığı gibi ışıktır. Yani görüntünün oluşabilmesi için ışık gereklidir. Işıkla birlikte gölge etkisi de görüntünün 2B veya 3B olarak algılanmasını sağlar. Örneksel görüntü olarak bile düşündüğümüzde ışığın etkisi daha da fazla ortaya çıkacaktır.

2.2.3. Raster Vektör Dönüşümleri

Sayısal görüntü işlemenin sıklıkla kullanıldığı alanlarda, haritalar, mimari ve mekanik çizimler için raster-vektör dönüşümü oldukça önemlidir. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve CAD-CAM uygulamalarında çeşitli yazılımlar sayesinde bu işlem gerçekleştirilir. Bu yazılımların temel özelliği piksellerin altlık olarak kullanılmasına izin vermesi ve dönüşümün bu altlık üzerinden yapılabilmesidir. Grafik uygulamalarda ise bu işlem keskin renk ayırımına göre yapılır.

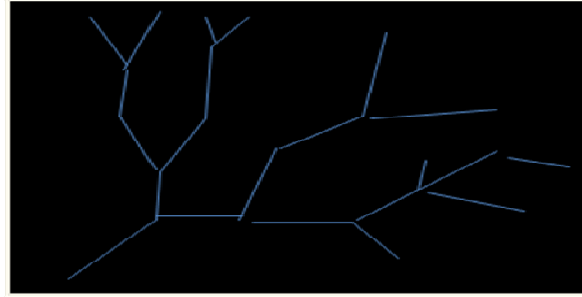
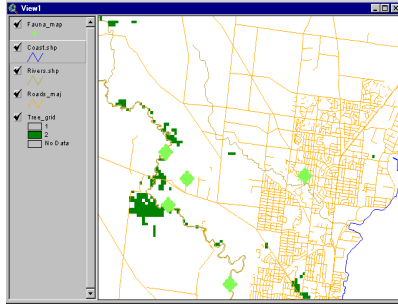
¹⁸ Sayısal görüntünün renk modu değiştirildiğinde tanımlanamayan renklerin işaretlenmesi için görüntü işleme yazılımlarında bulunan renk kontrol komutu

¹⁹ Cotton, B. and Richard O., 1997. *Siberuzay Sözlüğü*, Yapı Kredi Yayınları.



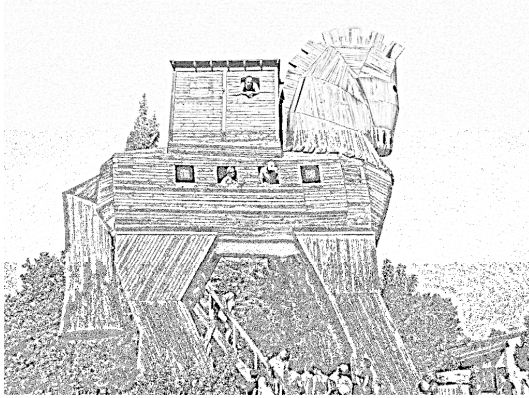
Şekil 2.13. Harita örneği

Şekil 2.13.'de²⁰ görülen uydu fotoğrafı görüntü işleme teknikleri kullanılarak sayısal haritaya dönüştürülür. Sonrasında kullanılan özel yazılımlarla haritanın çizgi, nokta veya eğrilerden oluşan vektör görüntüye dönüşmesi sağlanır. Üzerinde tekrar çizim yapılması olanaklı hale gelir. Şekil 2.14.²¹



Şekil 2.14. Dönüşümün CBS uygulaması

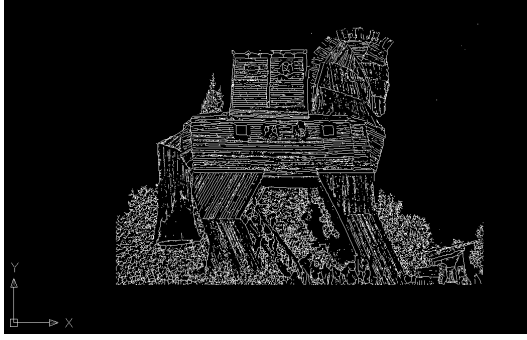
Şekil 2.15.'teki taranmış raster görüntünün, görüntü işleme yazılımı ile çizgi kalınlıkları eşitlenmiş ve raster vektör dönüşümü yapılmıştır. Elde edilen vektör görüntü DXF formatında kaydedilerek vektörel yazılımlarda okunması sağlanmıştır.



Şekil 2.15. Raster görüntü

²⁰ Akbulut, R., Coğrafi Bilgi Sistemleri Ders Notları, İstanbul.

²¹ Akbulut, R., Coğrafi Bilgi Sistemleri Ders Notlar, İstanbul.

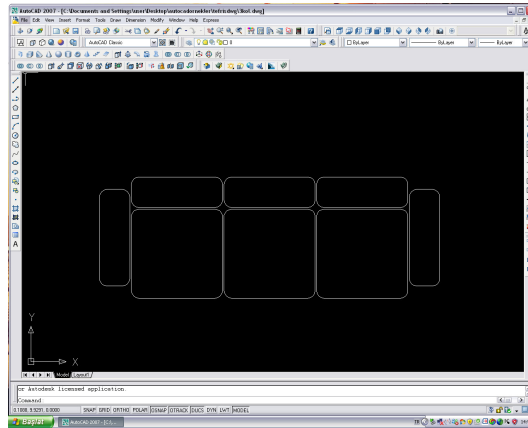


Şekil 2.16.'da görülen vektör görüntü vektör yazılımlarda yeniden çizilebilir veya üzerinde değişiklik yapılabilir durumdadır.

Şekil 2.16. Vektörel görüntüye dönüşüm

2.2.4. Vektör Raster Dönüşümleri

Vektör çizimlerin raster görüntüye dönüştürülmesi görüntü işlemeye hazırlık olarak tanımlanabilir. Genellikle son aşama olarak kabul edilen Render görüntüsü elde etme işlemi de kısmen raster dönüşüm olarak adlandırılabilir. Asıl dönüşüm ise noktaların ve çizgilerin formül formatlarından çıkarılıp piksel formatına dönüştürülmesidir.



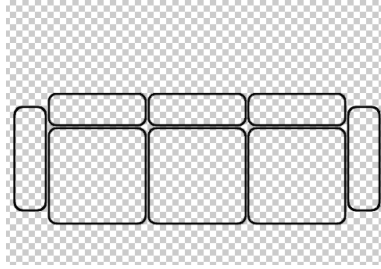
Şekil 2.17. Vektörel yazılımla hazırlanmış vektör görüntü

Şekil 2.17.'deki vektörel görüntü Şekil 2.18.'de JPG kayıt formatı, Şekil 2.19.'da EPS kayıt formatı ile raster görüntüye dönüştürülür.

İki dönüşüm de görüntü işleme yazılımları ile işlenebilir durumdadır. Ancak aralarındaki en belirgin fark EPS olarak dönüşüm yapıldığında çizgilerin daha net görülerek işlemleri kolaylaştırmasıdır.

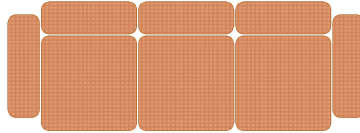


Şekil 2.18. JPG formatlı görüntü



Şekil 2.19. EPS formatlı görüntü

Dönüşüm yapıldıktan sonra görüntü işleme yazılımı kullanılarak renklendirme veya doku atama işlemi yapılır. Şekil 2.20.



Şekil 2.20. Raster görüntünün dönüşümden sonra doku atanmış görüntüsü

2.3. SAYISAL GÖRÜNTÜLERİN KULLANIM ALANLARI

Sayısal ortam görüntüleri ister raster tabanlı, ister vektörel tabanlı olsun tıptan fotoğrafcılığa, haritacılıktan sinemaya, grafikten mimarlığa kadar çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptirler.

2.3.1. Fraktal Görüntüler

Fraktal kelimesi Latince “**fractus**” kelimesinden gelmektedir ve parçalanmış veya kırılmış anlamını taşımaktadır.²² Aynı zamanda “**kendi kendine benzerlik**”²³ anlamı ile de özdeşleşmiştir.

Fraktal görüntü, bilimsel olarak “*Denklemlerle oluşturulup çok ileri ayrını düzeyinde uzaklaştırılıp yakınlaştırılarak sonsuz miktarda görsel bilginin sonlu bir formülde kodlanmasını sağlayan görüntüdür*”²⁴ şeklinde tanımlanır.

Fraktal kavramını matematiğe taşıyan kişi olarak Mandelbrot tanınmaktadır. Bu kavram çok önceden 1861 yılında **Karl Weierstrass** adındaki matematikçi tarafından ortaya atılmış ancak o zaman tam olarak tanımlanamamıştır. Weierstrass diferansiyel denklem²⁵ haline getirilemeyen eğrilerle ilgili çalışma yaparken bu eğriler üzerinde bulunan noktaların hiçbirinde değişme oranı olmadığını görmüş ve fraktal kavramını bu tür eğriler için kullanmıştır.

Matematiksel olarak üzerinde çalışılan ilk fraktal “Cantor Fraktalı”dır ve kümeler kuramının kurucusu sayılan matematikçi Cantor tarafından 1883 yılında sonsuz sayılar ve süreklilik ile ilgili yapılan çalışmada tanımlanmıştır.²⁶ Alman matematikçi **Georg Ferdinand Ludwig Philipp Cantor** (3 Mart 1845 – 6 Ocak 1918), kümeler arasında birebir eşlemenin önemini ortaya koymuş, sonsuz küme kavramına matematiksel bir tanım getirmiş ve gerçel sayıların sonsuzluğunun doğal sayıların

²² <http://fraktal.tr.ogarnij.pl/>, 21 Mart 2006

²³ <http://www.fizikvizyon.bz.tc/kaos.html>, 10 Nisan 2006

²⁴ **Cotton, B. and Richard O.**, 1997. *Siberuzay Sözlüğü*, Yapı Kredi Yayınları.

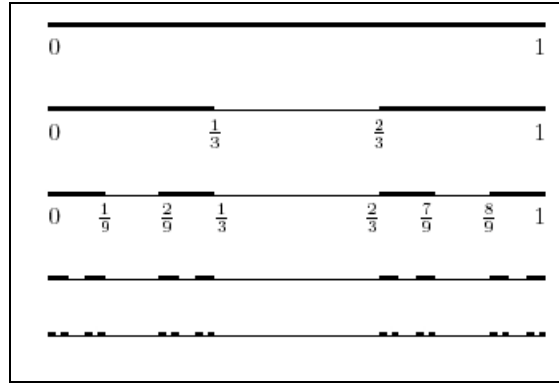
²⁵ Bazı bilim dallarında sorunların çözümü için matematiksel modellerden yararlanılır. Bu modellerden en çok kullanılanı diferansiyel denklem modelleridir. Diferansiyel denklemler birbirlerine bağlı olarak veya birbirlerinden bağımsız olarak değişen değerler arasındaki bağıntıyı incelemek için kullanılır ve bu denklemler sonucu bilinmeyen değerler elde edilir. Pek çok bilim dalı sorun çözümünde matematiksel model olarak diferansiyel denklemleri kullanırlar.

²⁶ <http://matematikci.org/akademi/kucukler.htm>, 10 Nisan 2006.

sonsuzluğundan daha büyük olduğunu ispatlamıştır. Ayrıca kardinal²⁷ sayı ve ordinal²⁸ sayı kavramlarını ortaya atmış ve bu sayıların aritmetiğini tanımlamıştır.

Cantor'un üçte birlik kümesi adı verilen dizisi şu şekilde oluşur:

[0-1] kapalı aralığı evrensel küme olarak alınır, bu aralık 3 eşit parçaya bölünür, aralığın tam ortasındaki $1/3$ 'lük parça çıkartılır, geriye kalan $1/3$ 'lük 2 adet kapalı aralık $[0,1/3]$ ve $[2/3,1]$ tekrar 3 eşit parçaya bölünür. Bu işlemler tekrarlandıkça Cantor kümesi ortaya çıkar.



Şekil 2.21. Cantor kümesi

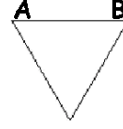
Fraktallerin gelişiminde Cantor, Sierpinski, Von Koch, Peano gibi matematikçilerin önemli rolü olmuştur. Cantor ve Peano nokta kümelerinden oluşan şekilleri, Sierpinski kendi adıyla anılan eleği ve halıyı, Von Koch ise kar tanesini tanımlamıştır. Bu matematikçilerin isimleriyle anılan fraktallerden Cantor'un fraktali daha sade olmasına rağmen diğerlerine göre daha fazla alanda kullanılmış ve Mandelbrot'un fraktalleri için model olmuştur.²⁹ Bu fraktal hiçbir yerde yoğun olmayan Fraktallerin en iyi örneğidir.

Matematiksel olarak oluşturulan en basit fraktal görüntü kar tanesidir ve Von Koch tarafından tanımlandığından onun adıyla anılmaktadır. Kar tanesinin kullanım oluşumu aşağıdaki gibidir.

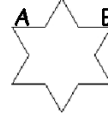
²⁷ Miktar belirten sayıların her biri

²⁸ Nitelik belirten sayıların her biri

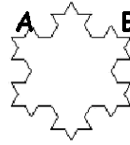
²⁹ <http://www.matder.org.tr/bilim/hhfg.asp?ID=70>, 21 Mart 2006.



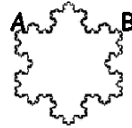
Şekil 2.22. Kar tanesi oluşumu 1. adım



Şekil 2.23. Kar tanesi oluşumu 2. adım



Şekil 2.24. Kar tanesi oluşumu 3. adım



Şekil 2.25. Kar tanesi oluşumu 4. adım

Bir eşkenar üçgenin her kenarı 3 eşit parçaya bölünerek ortadaki parça çıkarılır, çıkarılan bu parçanın uzunluğu kadar 2 parça, kalan parçalarla 60° lik açı yapacak şekilde eklenir. Bu işlem Cantor kümesinde olduğu gibi tekrarlanır. Ortaya çıkan yapının uzunluğu hesaplanarak fraktal boyutu belirlenir. Şekil 2.22.'de A noktasından B noktasına gitmek için $|AB|$ uzunluğunda tek adım yeterli olurken, Şekil 2.23.'te $|AB|/3$ uzunluğunda 4 adım, Şekil 2.24.'te $|AB|/9$ uzunluğunda 16 adım, Şekil 2.25.'te $|AB|/27$ uzunluğunda 64 adım gereklidir. Bu ifadelerden anlaşıldığı gibi fraktal boyut kavramı görecelidir. “Bir objenin fraktal boyutu bize o objenin çıkıntılı, kıvrımlı yapısı ve bu yapının karmaşıklığı hakkında bilgi verir.”³⁰

20. yüzyılın başında Maurice Julia adlı matematikçi polinom denklemlerinin tekrarı ile oluşmuş şekilleri tanımlamış, rasyonel bir f fonksiyonu için $f^n(x) = f(f(\dots f(x)\dots))$ değerlerini incelemiş, $\{f^n(x): n=0,1,2,3,\dots\}$ yörüngesi sonlu olan

³⁰ <http://www.odtumd.org.tr/calismagr/yayin/bulten/119/fraktal.htm>, 27 Mart 2006.

noktaları araştırmıştır.³¹³² Bu araştırma sonucu ortaya çıkan kümeye **Julia Dolgusu** adını vermiş ve bu dolgu kümesinin bağlantılı (connected) veya bir Cantor Kümesi olduğunu da ispatlamıştır.

Julia'nın öğrencisi olan Mandelbrot 70'li yıllarda veri iletimi işinde çalışırken veri ile birlikte iletilen parazitleri ve gürültüleri yok etmek için Cantor'un tanımladığı diziyi esas alarak işlem yapmıştır. O güne kadar parazitleri önlemek için kullanılan yöntem sinyali güçlendirmektir. Bu yolla yapılan parazit giderme işlemi çok başarılı sonuçlar vermiyordu. Mandelbrot bu parazitleri gidermek için şöyle bir matematiksel model kullandı; bir günlük veri iletimini birer saatlik periyotlara ayırdı; bu periyotlar içinde de parazitlerin gözlemlendiği periyotları alıp bu periyotları yirmi dakikalık parçalara böldü, parazitli bu periyotların içinde parazitsiz periyotların olduğunu gördü. Parazitli periyotları daha kısa zaman aralıklarına bölmeye devam etti ve her defasında parazitli periyotların içinde parazitsiz periyotların da var olduğunu gösterdi. Bu işlemler sırasında parazitli periyotların parazitsiz periyotlara oranının periyodun uzunluğundan bağımsız olarak sabit bir değerde kaldığını gördü. Mandelbrot bu durumu, Cantor'un çalışmasında kullandığı matematik ifade ile aynı yapıda olduğu için **Cantor Dizisi** olarak adlandırdı.

Bu matematiksel modellemenin, doğal biçimlerle birlikte endüstriyel ürünlerin tanımlanmasında kullanılabileceğini görerek, fraktal objeler kavramını ortaya attı. Öklid geometrisinin tanımlayamadığı bu düzensiz objelerle ilgili kavram matematik için önemli bir gelişmenin başlangıcı sayıldı.³³

Fraktal görüntüler karmaşık sayılardan oluşan polinomların yinelenmesi (iteration) ile oluşur. Bu yönüyle Dinamik Sistemler Teorisi kapsamına girer. Bu teoriye göre; z ve c karmaşık sayılar olmak üzere;

$$z_{n+1} = z_n^2 + c$$

polinomu bu görüntüleri ifade eder.

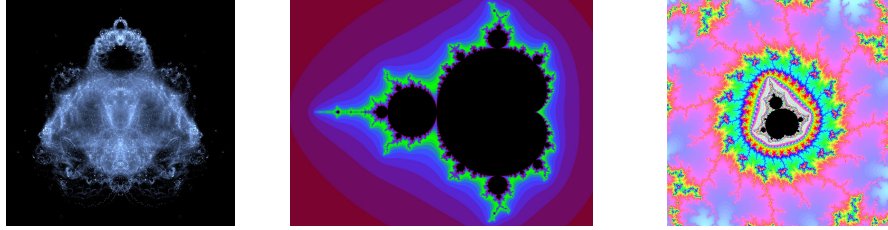
Bu formüle göre üretilmiş fraktal görüntüler sonsuza gidildiğinde toz haline dönüşmüş veya nokta boyutuna inmiş olabilir. Bu durumda başlangıcı bilmeyen kişi bu görüntünün tekrarlardan oluştuğunu fark edemeyebilir ve ispatlayamayabilir. Bu

³¹ **Karaçay, T.**, 21-24 Eylül 2004. *Mantık, Matematik ve Felsefe II. Ulusal Sempozyumu*, Başkent Üniversitesi, Ankara.

³² <http://www.odtumd.org.tr/calismagr/yayin/bulten/119/fraktal.htm>, 27 Mart 2006.

³³ <http://fraktal.tr.ogarnij.pl/>, 21 Mart 2006.

gibi durumlara matematikte tersinme (inverse) problemi denir ve genelde her problemin ayrı bir çözümü vardır. Bu çözümler matematiksel modellemede böl ve yönet olarak isimlendirilebilir.³⁴ Mandelbrot'un İngiltere sahil şeridini ölçerken kullandığı yöntem budur.



Şekil 2.26. Yukarıdaki formüle göre üretilmiş Mandelbrot ve Julia kümeleri³⁵

Fraktal geometriden yararlanılan konular: endüstriyel tasarım, yapay sinir ağları ve fraktal görüntü işlemedir. Bu konular üniversitelerin elektronik mühendisliği, jeofizik mühendisliği bölümlerinde ders olarak okutulmaktadır. Son yıllarda matematik eğitmenleri öğrencilerin matematiksel modellemeyi, fraktal geometriden yararlanarak daha kolay yapacaklarını düşünmektedirler.

Son dönemde bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte doğadaki objelerle aynı özellikleri gösteren fraktal görüntüler bilgisayar ortamında Tierazon, Fractint, Fractal eXtreme, XaoS, Fractal Domains veya Ultrafractal gibi çeşitli yazılımlar sayesinde oluşturulabilmektedir. Oluşturulan görüntülerin renklendirme işlemi ise Open GL³⁶ desteği ile sağlanmaktadır.

Günümüzde fraktal görüntülerin tasarım amaçlı olarak desenlerle birlikte kullanılması oldukça yaygınlaşmıştır.

³⁴ **Karaçay, T.**, 21-24 Eylül 2004. *Mantık, Matematik ve Felsefe II.Ulusal Sempozyumu*, Başkent Üniversitesi, Ankara.

³⁵ http://scienceblogs.com/goodmath/2007/07/the_mandelbrot_set_1.php, 22 Nisan 2008.

³⁶ **Open Graphics Library (OpenGL)**, 2 veya 3 boyutlu grafik çizdirmek için kullanılan bir kitaplıktır. Bu kitaplık yazılım geliştiricilere grafik donanımını yönetme şansı verir. OpenGL sayesinde grafik kartının modeli veya işlemcinin mimarisi gibi donanımsal etkenlerden ve işletim sisteminden bağımsız programlama yapılır. Renk kodlaması RGBA (Kırmızı-Yeşil-Mavi-Alpha) modundadır.

2.3.2. Render Görüntüleri

Tasarımın son aşaması olarak ortaya çıkan eser veya ürünün bilgisayar ortamında görüntülenen son hali **render** görüntüsüdür. Yani eserin veya ürünün 2B resim görüntüsüdür. Bu görüntü raster görüntü olup, üzerinde değişiklik yapılarak hem alternatif görüntü ve tasarımlar elde edilebilir hem de farklı bakış açılarından tasarıma yaklaşılabılır. Render görüntüleri sıklıkla mimaride, endüstriyel tasarımda, güzel sanatlarda çok kullanılan ve tasarımın son aşamasını ifade eden görüntülerdir. Modellemeden 2B resim görüntüsüne dönüş amacı ile kullanılır. Kullanıcılar tarafından tasarımın en uzun süren kısmı olarak da adlandırılır. Render süresi modelin karmaşık geometrik yapısına ve kullanılan bilgisayarın hızına bağlı olarak birkaç dakikadan birkaç saate hatta güne kadar sürebilir. İşlem sırasında görüntü üzerindeki her nokta tek tek işlenir. İyi bir bilgisayar ve iyi bir renk ışık bilgisine ihtiyaç duyar. Verilen ışık ve atanan malzemenin gerçeğe uygunluğu render işlemi sonucu ortaya çıkan sayısal resim görüntüsü ile anlaşılır. Bu görüntü sayısal görünüş işleme teknikleri kullanılarak amaca daha da uygun hale getirilir. Render görüntüsünün diğer avantajı tasarımcıyı kâğıt kalabalığından ve karmaşasından kurtarmasıdır. Render işlemi hala elde renkli kalemlerle de yapılmaktadır ancak en ufak bir değişiklikte hem maliyet artmakta hem de zaman kaybedilmektedir.



3B modelleme sonucu elde edilen görüntünün gerçeğe uygun olması için ışık ve malzeme ayarları yapılır. Malzemeler yazılımlara önceden yüklenmiş JPG veya TGA kayıt formatlı görüntü dosyalarıdır. Özellikle yer döşemeleri ve desen döşemeleri içeren görüntülerde uygulanmadan önce üzerinde değişiklikler yapılabilir.

Şekil 2.27. Örnek malzeme klasörü

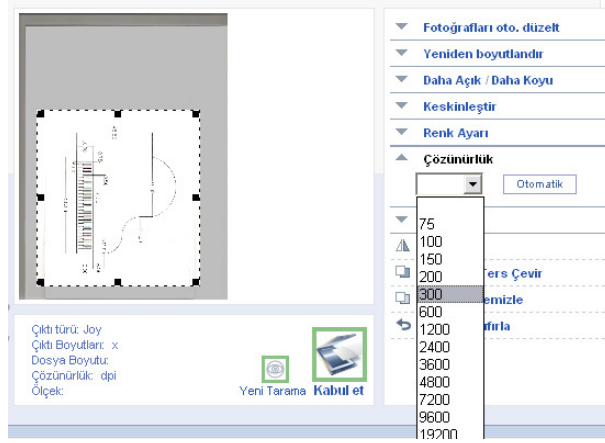
Render sonucu istenilen görüntünün ve rengin elde edilememesi durumunda sayısal görüntü işleme teknikleri yardımı ile düzenlemeler yapılarak sonuç değiştirilir. Şekil 2.28.'de render sonucu oluşan raster görüntüdeki ışık patlaması ve renk açıklığı görüntü işleme ile düzeltilerek sunuma hazır hale getirilir.



Şekil 2.28. Render görüntüsünün renklerini düzeltme

2.4. ÖRNEKSELDEN SAYISALA DÖNÜŞTÜRME İŞLEMİ

Bir örneksel görüntünün işlem görebilmesi için öncelikle sayısal hale dönüştürülmesi gerekir. Sayısala dönüştürme işlemi görüntüye bağlı olarak çeşitli yöntemlerle yapılabilir. Bu dönüşüm işlemi yapan cihazlara genel olarak sayısallaştırıcı (digitizer) ismi verilir. Hareketsiz 2B ve 3B görüntüleri (fotoğraf, resim, çizim, heykel, obje vb.) sayısal ortama aktarma işlemi 2B veya 3B tarayıcılar ve kameralar, hareketli görüntüleri aktarma işlemi ise sadece kameralar sayesinde yapılır. Sayısal dönüşümü yapılmış görüntü, çeşitli yazılımlar sayesinde tanımlanır, görüntüleme birimleri ve yazılımları sayesinde görüntülenir ve sayısal ortamda işlem görecektir duruma gelirler. Tarama sonucu elde edilen sayısal görüntünün net olmaması durumunda netlik ayarı yapmak için sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılır.



Şekil 2.29'da görüldüğü gibi tarama sonucunu etkileyen en büyük etken tarama çözünürlüğüdür. Bu çözünürlük değeri arttıkça görüntü daha ayrıntılı ve anlaşılır olur. Dolayısıyla da tarama süresi ile bellekte kaplayacağı alan da artar.

Şekil 2.29. Tarama sayfası örneği

Sayısal ortama aktarılan görüntüyü sayısal veri olarak adlandırabiliriz. Bunun nedeni sayısal verinin örnekselden farklı olarak sayılarla ifade edilmesidir. Sayılarla ifade edilebildiği için de bu verilerin üzerinde sayısal tekniklerle istenilen değişiklikler yapılabilmektedir. Genelde bu işlem sırasını algılama-tanımlama-işlem olarak sıralayabiliriz.

Tarama sonucu bilgisayar ekranına alınan yazılar da Optik Karakter Tanıma (OCR) yazılımları olmadan önce raster görüntü olarak ifade ediliyordu. Bu yazı görüntüsünün üzerinde kelime işlem yazılımları ile değil de görüntü işleme yazılımları ile değişiklikler yapılabiliyordu. Gelişen OCR yazılımları sayesinde artık kitap veya yazı görüntüsü otomatik olarak kelime işlem yazılımlarında düzenlenebilir (edit edilebilir) konuma gelmiştir.

Vektörel bir görüntünün ise sayısal ortama aktarılması söz konusu değildir. Vektörel görüntü zaten sayısal ortamda oluşturulan bir görüntüdür. Tablet veya mouse yardımı ile yapılan çizimler eş zamanlı olarak ekrana aktarılır.

2.5. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN SAKLANMASI VE İŞLENMESİ

İster vektör tabanlı ister raster tabanlı olsun her sayısal görüntü elde edildikten sonra işlem görebilmesi, iletilebilmesi, paylaşılabilmesi için saklanmak zorundadır. Vektörel görüntülerin saklanması sırasında herhangi bir kayıp söz konusu olmadığından tezde raster görüntülerin saklanması kısmına ağırlık verilmiştir.

2.6. GÖRÜNTÜ SIKIŞTIRMA VE SAKLAMA

Sayısal ortama aktarılan raster görüntülerin piksel sayısına dolayısıyla çözünürlüklerine bağlı olarak kapladıkları bir alan vardır. Bu alan görüntünün dosya boyutudur. Gelişen teknoloji ile birlikte yüksek dosya boyutuna sahip görüntü dosyalarının saklanması büyük ölçüde çözüme kavuşturulduysa da bu görüntülerin sayısal ortam aracılığı ile paylaşılması, iletilmesi sırasında hala sorunlarla karşılaşabilmektedir. Bu yüzden dosya boyutunun azaltılması gerekmektedir. Bunun için görüntünün çözünürlüğünü düşürmek, dosyaları sıkıştırmak, kayıt formatını değiştirmek gibi bir takım ek işlemler yapılabilir. Ancak en iyi çözüm raster görüntü dosyaları için sıkıştırma (compression) tekniklerini kullanmaktır. Sıkıştırma teknikleri kendi aralarında kayıplı sıkıştırma teknikleri ve kayıpsız sıkıştırma teknikleri olarak ikiye ayrılırlar. Son dönemde fraktal sıkıştırma olarak ifade edilen bir başka sıkıştırma tekniği de geliştirilmiştir ve bu teknikte görüntü küçük birimlere parçalanarak sıkıştırılır. Matematiksel denklemlerle yapılan bu sıkıştırma işlemi arşivleme ve iletişim alanlarında kullanılır.

2.6.1. Kayıplı Sıkıştırma

Yapılan araştırmalar ve çalışmalar sonucu insan gözünün ayırt edemeyeceği düzeyde sıkıştırma işlemi için JPEG (Joint Photographers Expert Group) sıkıştırma algoritması yazılmıştır. JPEG'in sıkıştırma algoritması genel olarak, dosya boyutunu azaltmak için, birbirine çok yakın renkleri harmanlayarak renk sayısını azaltma mantığıyla çalışır. Bu algoritma kayıplı olduğu için bazı verilerin kaybolma ve bir

daha geri alınamama riski vardır. Azalan renk sayısı daha az saklanacak bilgi demektir. Bu da doğal olarak daha az bellek ihtiyacı anlamına gelir.³⁷

Genel yapı olarak incelemek gerekirse JPEG sıkıştırma işleminde öncelikle piksellerin RGB bilgileri parlaklık bilgisi (luminance) ve renklilik bilgisi (chrominance) bilgilerine dönüştürülür. İnsan gözü parlaklık bilgisine daha duyarlı olduğu için, renklilik bilgisi komşu pikseller için aynı değer kullanılmak üzere yarı yarıya azaltılır.³⁸ Bu işlem görüntü üzerinde gözümüzün ayırt edemeyeceği kayıp görüntülere yol açar. Ancak sıkıştırma oranı değiştirilebilir olduğundan görüntü kayıplarının en aza indirilmesi sağlanabilir. Sıkıştırma oranı düştükçe kayıplar azalır, görüntü kalitesi ve buna bağlı olarak da dosya boyutu artar.



Şekil 2.30. 'da ele alınan görüntü 800X600 çözünürlüktedir. Kayıt edilirken sıkıştırma oranı en yüksek olarak ayarlanmıştır. 21,3 KB dosya boyutuna sahiptir.

Şekil 2.30. Sıkıştırma oranı en yüksek görüntü örneği



Şekil 2.31. 'de ele alınan görüntü 800X600 çözünürlüktedir. Kayıt edilirken sıkıştırma oranı orta olarak ayarlanmıştır. 26,2 KB dosya boyutuna sahiptir.

Şekil 2.31. Sıkıştırma oranı orta görüntü örneği

³⁷ http://www.eniyidijital.com/course/DC_Basics.php, 10 Mart 2006.

³⁸ <http://www.iyte.edu.tr/~hakankutucu/stegano.doc>, 23 Mart 2006.



Şekil 2.32. 'de ele alınan görüntü 800X600 çözünürlüktedir. Kayıt edilirken sıkıştırma oranı en düşük olarak ayarlanmıştır. 34,7 KB dosya boyutuna sahiptir

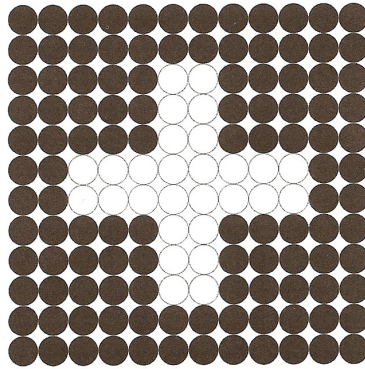
Şekil 2.32. Sıkıştırma oranı en düşük görüntü örneği

Yukarda ele alınan üç örnek incelendiğinde en düşük sıkıştırma oranı ile kaydedilen görüntünün dosya boyutunun ve görüntü kalitesinin en yüksek olduğu görülür.

Sıkıştırılmış görüntü dosyaları açıldıklarında tam veya yaklaşık olarak orijinal şekilleriyle görüntülenirler.

2.6.2. Kayıpsız Sıkıştırma

Kayıpsız sıkıştırma tekniğinde temel mantık gereksiz bilgilerin atılması ve en çok kullanılan bilginin az sayıda, az kullanılan bilginin de çok sayıda bit kullanılarak ifade edilmesidir. Bu tekniği ilk kullanan kişinin Morse alfabesini bulan Samuel Morse olduğu sanılmaktadır.³⁹ En çok kullanılan teknik **run-lenght encoding** tekniğidir.



Şekil 2. 33. Sıkıştırılmamış haliyle görüntü

³⁹ <http://www.msakademik.net>, 13 Mart 2006.

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

Şekil 2.34. Görüntünün sayısal ifadesi

```

12:0
12:0
5:0, 2:1, 5:0
5:0, 2:1, 5:0
5:0, 2:1, 5:0
2:0, 8:1, 2:0
2:0, 8:1, 2:0
5:0, 2:1, 5:0
5:0, 2:1, 5:0
5:0, 2:1, 5:0
12:0
12:0

```

Şekil 2.35. Sıkıştırılmış haliyle görüntünün sayısal ifadesi

Bu teknikle görüntüyü oluşturan karakter sayıları azaltılır ve dolayısıyla kapladığı alan azaltılır. Şekil 2.33.'deki görüntünün sayısal ifadesi Şekil 2.34.'te görülmektedir. Bu görüntüde kullanılan karakter sayısı 144'tür. Şekil 2.35.'te aynı görüntünün sıkıştırılmış ifadesi yer alır. Bu görüntüde karakter sayısı 104'tür. Yaklaşık olarak %30 daha az karakterle aynı görüntü kayıpsız olarak ifade edilmiştir.⁴⁰

2.6.3. Vektör Görüntü Formatları

CDR, Corel firmasının ürettiği CorelDRAW vektörel yazılımına ait dosya formatıdır. Sadece kendi yazılımı ile çalışır. Başka yazılımlarda kayıt veya açılma özelliği yoktur.

DWG, Autodesk firmasının ürettiği AutoCAD yazılımına ait dosya formatıdır. CorelDRAW, 3dsMAX, Microstation, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları gibi diğer vektörel yazılımlarla da çalışır.

⁴⁰ **Brinkmann, R.,** 1999. *The Art And Science Of Digital Compositing*, Morgan Kaufmann, San Diego.

DXF, ortak vektörel yazılım formatıdır. Vektörel yazılımların çoğunda çalışır. Farklı türde verilerin işlenmesinde büyük avantaj sağlar.

2.6.4. Raster Görüntü Formatları

BMP (Bitmap), bir görüntüyü oluşturan her pikselin renk bilgilerinin tutulduğu Windows ve IBM-OS işletim sistemi için standart resim formatıdır. Ancak dosya boyutu olarak çok yer kapladığından pek tercih edilmez.

Görüntü dosyasındaki renk sayısı 256 ise GIF (Graphics Interchange Format) formatı kullanılabilir. GIF, COMPUSERVE'in geliştirdiği bir resim formatıdır. Sıkıştırma algoritması kullandığı için kapladığı bellek miktarı azdır. Bu nedenle GIF, internet ortamında en sık kullanılan resim formatlarından birisidir.

EPS formatı hemen hemen bütün çizim ve sayfa düzenleme yazılımları tarafından desteklenir. Adobe Photoshop yazılımında, döküman BMP modunda kaydedilirken Transparen Whites (Beyazları saydam yap) seçeneği işaretlenerek kayıt yapıldığında dosyada beyaz alanlar şeffaf tanımlanabilir. Renkli bir döküman EPS olarak kaydedilecekse olası baskı problemlerini önlemek için CMYK moduna geçirilmiş olmalıdır.⁴¹

JPG formatı tüm raster yazılımlarda ortak kullanılan, en çok kullanılan ve en avantajlı kayıt formatıdır. Bilgisayara aktarım hızı yüksektir. Ancak JPG dosyaların her açılış ve kayıt işlemi sırasında aynı sıkıştırma işleminden geçtiği ve yeni kayıpların oluştuğu da unutulmamalıdır. JPG formatının diğer tercih edilme nedeni ise bu formattaki görüntülerin hemen hemen bütün görüntü işleme yazılımlarında işlenebilir olmasıdır. Bütün görüntü işleme yazılımları JPG görüntülerin açılabilmesi ve işlenebilmesi için gereken script kodları içerirler.

Son dönemlerde kullanılmaya başlayan hem sıkıştırma algoritması hem de çok fazla renk seçeneği sunan PNG (Portable Network Graphics) resim formatı eski tarayıcıların (browser) desteklememesi nedeniyle henüz yaygınlaşamamıştır.

JPG'e alternatif olarak kullanılan kayıt formatlarından biri olan TIFF (Tagged Image File Format:Yönlendirme İmli Dosya) hem PC hem de Macintosh sistemler için rahatlıkla kullanılacak resim formatıdır. Genelde masaüstü yayıncılık ve tarayıcı uygulamalarında tercih edilir. Taranmış verileri kayıpsız olarak tutar. Sıkıştırma

⁴¹ www.cse.unr.edu/~bebis/CS308/PowerPoint/IP_Fundamentals.ppt, 08 Haziran 2007.

işlemi kayıpsız yapıldığı için görüntü kaybı yoktur. Bu yüzden dosya boyutu çok büyüktür ve bilgisayara aktarım süresi uzundur. Dosya boyutundan dolayı web ortamında yaygın olarak kullanılmamakla birlikte TIFF formatlı dosyalar JPG formatlı dosyalara oranla baskıda daha iyi sonuç verirler.



Şekil 2.36. TIFF formatlı raster görüntü

Şekil 2.36.'da ele alınan görüntü 800X600 çözünürlüğe sahip bir TIFF dosyasıdır, kapladığı alan 1,39 MB büyüklüğündedir.

Yine son dönemlerde daha da popüler ve gerekli hale gelen RAW formatı sayısal fotoğrafçılıkta kullanılmaktadır. Profesyonel sayısal fotoğrafçılıkla uğraşan kişiler RAW olarak çekilen görüntüleri fotoğraf olarak değil de data (veri) olarak adlandırmaktadırlar. RAW formatındaki fotoğraflarda görüntüler renk hücrelerinden gelen tüm değerleri ile kaydedilirler. Bu durum dosya boyutunun epeyce büyük olmasına yol açar. RAW, görüntünün sayısal negatifi olarak da tanımlanabilir. RAW dosyaları kaliteye önem veren sayısal fotoğrafçılar arasında giderek yaygınlık kazansa da, JPG kadar kullanımı yoktur. Bu formatta çekim yapmak kolay olmakla birlikte görüntülerin işlenmesi zordur. Genel amaçlı bir resim görüntüleyicisi bir RAW dosyasını tanımayabilir. Bu durumda yazılım, RAW biçimindeki görüntünün işlenmemiş resim verilerini dönüştürmek için gereken bilgileri içermez ve RAW biçimindeki görüntüyü görüntülemeyi başaramaz veya yalnızca küçük resim görünümünü görüntüler.⁴² RAW formatında kaydedilen görüntüler ancak RAW editör yazılımlarıyla işlem görebilirler. Bu editörler yardımıyla ışık, karşıtlık ve renk seviyeleri düzenlenerek gerçek görüntü ortaya çıkarılır. Her makinenin sensör (algılayıcı) yapısı farklı olduğundan çekilen fotoğrafın içeriğinde de ufak tefek farklılıklar görülebilir. Bu yüzden RAW formatı ile çekim yapan makinelerle birlikte

⁴² <http://www.microsoft.com/turkiye/WindowsXP/digitalphotography/gopro/organize/rawfiles.asp>, 10 Mart 2007.

en uygun editör yazılımı verilmektedir. Son dönemde yaygınlaşması nedeniyle görüntü işleme yazılımlarına da RAW modül eklenmeye başlanmıştır

Tasarım sonucu oluşan render görüntüsü genelde JPEG formatında saklanmakta ve herhangi bir görüntü işleme yazılımı sayesinde işlenebilmektedir. Ancak bazı özel durumlarda renk konusunda anlatıldığı gibi alfa kanallarının kullanılması gereken durumlarda görüntünün TARGA kayıt formatı ile saklanması yararlı olur. Genellikle 32-bit çalışması gereken durumlarda TARGA kayıt formatı kullanılır. Saydamlık seçeneği sunması modellemede malzeme atama işleminde önemlidir.

Gri ölçekli görüntülerde daha ayrıntılı düzenlemeyi sağlayan RIFF(Raster Image File Format) formatı kullanılır. TIFF formatında olduğu gibi taranmış tüm verileri kayıpsız olarak tutabilir. Bazı durumlarda TIFF'den daha başarılı sonuçlar verdiği de görülmüştür.⁴³

HDR panoramik görüntülerin elde edilmesinde ve sürekli görünümde karşımıza çıkan bir dosya formatıdır. Gerçek görüntülerle render görüntülerinin bir arada kullanılacağı tasarımlarda kullanılır.

Hem resim, hem yazı hem de grafiklerin aynı dosyada görüntülenmesi gerektiği durumlarda PDF (Portable Document Format) dosya formatı kullanılır. Belge alışverişini hızlı ve kolay yoldan yapar. Yazılımlar arası bilgi paylaşımı için de PDF formatı kullanılır.

PDF dönüşümü için Adobe PDF Writer, Adobe Distiller vb.özel yazılımların yanı sıra bazı yazılımlar PDF formatında kayıt yapmayı da sağlarlar. Örn: Adobe Photoshop, CorelDRAW, Indesign, AutoCAD, Microsoft Office vb.

EPS formatı da hem raster yazılımların görüntülerini kaydetmek için hem de vektörel yazılımlarda oluşturulan görüntüleri raster görüntüye çevirmek için kullanılır. Bazı durumlarda JPG'den daha kaliteli sonuçlar verir.

⁴³ Cotton, B. and Richard O., 1997. *Siberuzay Sözlüğü*, Yapı Kredi Yayınları.

3. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN TASARIMA ETKİSİ

Tasarımcının kâğıt, kalem veya tuval yerine sayısal ortamda sayısal görüntüler kullanması başlangıçta tasarımcıya soğuk ve sanal ortamda belirsizlik duygusu verebilir. Kafasındaki düşünceyi tam olarak yansıtamadığı durumlara düşebilir. Sayısal görüntü işleme yazılımları ile sanal ortam, sanal kâğıt istenilen dokuda istenilen ölçülerde ayarlanır. Işığın yönü ve şiddeti değiştirilerek tasarımın gerçekçi ve sıcak bir görünüme kavuşması sağlanır. Kalemle yapılamayacak veya yapılması uzun süre gerektirecek gölgelendirmeler kolay ve kısa sürede yapılır.⁴⁴

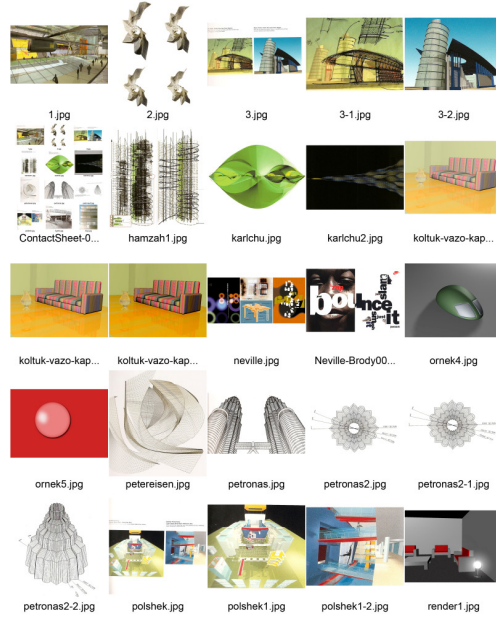
Bilgisayar destekli tasarımda sayısal görüntü tasarımcının mekân sınırlamasını da ortadan kaldırır. Kolaylıkla çoğaltılabilen ve paylaşılabilen tasarımlar tasarımcının gerekli bilgi işlem donanımı ve erişimi olduğu sürece her yerden tasarımına ulaşip çalışmasını devam ettirmesini sağlar. Aynı anda ürünün herkesle paylaşılmasını sağlar.

“McCoy’a göre tasarımcı teknolojinin yorumcusudur”.⁴⁵ Tasarımcı teknolojiyi en etkin araç olarak kullanılmalıdır. Tasarımcının kişisel yetenekleri günümüzde tasarım için yeterli olmamaya başlamış ve teknolojik gelişmelere uyum sağlaması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Arşivleme de tasarımcı için önemlidir. Tasarımların biriktirilmesi gerektiğinde hemen ulaşılabilirliği arşivlemeyi daha da önemli kılmaktadır.

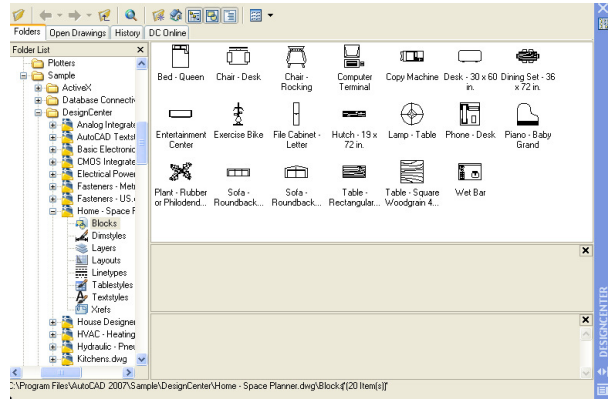
⁴⁴ **Bıyıkloğlu, S.**, 1992. Grafik Tasarımın Yeni Görsel Dilinin Şekillenmesinde Bilgisayar Tekniklerinin Etkileri. *Yüksek Lisans Tez*, Mimar Sinan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Grafik Anasanat Dalı Grafik Tasarımı Programı, İstanbul.

⁴⁵ **Bayrakçı, O., S. Bıyıkloğlu’ nun Grafik Tasarımı**, 2004. *Çağdaş İletişim Kuramları açısından Tasarımda İletişimsel Modeller*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.



Şekil 3.1. Küçük bir arşivleme dosyasının görünümü

Sürekli kullanılan bazı tasarımların kütüphane sistemi ile depolanıp tasarımlarda kullanılması tasarım zamanını kısaltması açısından yararlıdır. Hem raster tabanlı görüntü işleme yazılımları hem de vektör tabanlı tasarım yazılımları kütüphane esaslı çalışır.



Şekil 3.2. Örnek kütüphane görüntüsü

3.1. BİLGİSAYAR ORTAMINDA ÇİZİM VE TASARIM

“Tasarım süreçlerini bilgisayarlaştırma girişimleri 1957’de Christopher Jones’un (d 1927) Dizgesel Tasarım (Systematic Design) makalesine dayanır”.⁴⁶

1962’de Ivan Sutherland’ın geliştirdiği SketchPAD (Çizim Levhası) sistemi bilgisayarlı gerçek zamanlı (real-time) etkileşimli ilk sayısal grafik çizim sistemi olarak teknolojiye yerini almıştır. Bu sistemde kullanıcının elindeki ışık kalemi ile doğrudan ekranda çizim yapılması sağlanmıştır.⁴⁷ Vektör görüntülerin ilk örnekleri bu sayede elde edilmiştir.

Günümüzde bilgisayarlı çizim ve tasarım adı altında toplanan konular grafikten modaya, web tasarımından eğlenceye, mimariden iletişime kadar farklı disiplinlerde kullanılır. CAD uygulamaları başlangıçta sadece mühendislik hesaplarında kullanılmasına rağmen günümüzde tasarımın her aşamasını kontrol eden etkin bir araç olarak yer almaktadır.

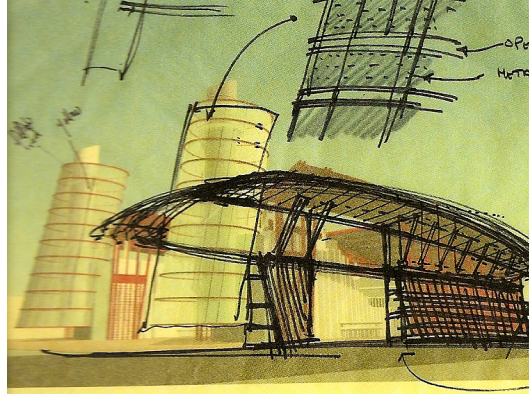
Tasarım sonucu elde edilen ürün veya eser teknik olabildiği gibi sanatsal amaçlı da olabilir. Yani işlevsel olmayan sadece estetik olarak güzel bir ürün de tasarım olarak sayılır.⁴⁸ Özellikle plastik sanatlarda bu durum söz konusudur. Görüntü işleme ile estetik kaygıların çoğu önceden belirlenerek giderilir ve tasarımcıya alternatif üretme şansı verir. Görüntü işleme yazılımları mantığını anlayan ve kavrayan tasarımcılar bir eser oluştururken daha fazla alternatif üretebilirler.

Bilgisayar ortamında çizim ve tasarım yaparken sayısal görüntünün elde edilmesi için kullanılacak yazılım firmadan firmaya değişiklik gösterebileceği gibi tasarımcının yapacağı işe bağlı olarak da farklılık gösterebilir. Bazen tek bir yazılım yeterli olmayabilir. Farklı yazılımların kullanımı söz konusu olduğunda sayısal görüntünün kayıt formatı devreye girer. Bu formatın ortak kullanımda olan bir format olması önemlidir. Veri aktarımında kayıpların ve bozulmaların olmaması için format doğru seçilmelidir.

⁴⁶ Sarıkavak, N.K., 2005. *Sayısal Tipografi*, Başkent Üniversitesi, Ankara.

⁴⁷ Cotton, B. and Richard O., 1997. *Siberuzay Sözlüğü*,. Yapı Kredi Yayınları.

⁴⁸ Tunali, İ., 2002. *Tasarım Felsefesine Giriş*, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul.



Şekil 3.3. Elde yapılan render örneği ⁴⁹



Şekil 3.4. Şekil 3.3.'ün sayısal render görüntüsü ⁵⁰

Yukarıdaki iki örnekte tasarım sonucu ortaya çıkacak eserin el çizimi ve render görüntüsü yer almaktadır. El çizimindeki renkler ve doku alternatifsiz olarak sunulur, oysa render görüntüsünde hem renkler hem de doku alternatifli olarak sunulabilir. Bakış açısı değiştirilerek farklı yönlerden eser incelenebilir.

3.2. GRAFİK TASARIMDA SAYISAL GÖRÜNTÜ

Grafik tasarımın en önemli iki unsuru resim ve yazıdır. Her ikisi de sayısal görüntü ile oluşturulan ve sayısal görüntü işleme ile düzenlenen unsurlardır. Yazılar, sayısal görüntü işleme ile yazı (text) formatından çıkarılıp raster görüntü haline getirilir ve sonrasında görüntü işleme tekniklerinin hepsi uygulanabilir. Işık ve gölge ile 3B

⁴⁹ Steele, J., 2001. *Architecture and Computer*, Laurence King Publishing, London, 203.

⁵⁰ Steele, J., 2001. *Architecture and Computer*, Laurence King Publishing, London, 203.

görünümüne dönüştürülebilir. Fotomontaj işlemleri çok kısa sürede ve yine çok kolay şekilde yapılır.⁵¹

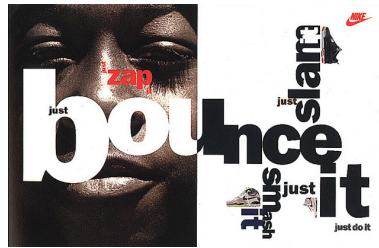


Şekil 3.5. Örnek yazı efektleri

Rasterize işleminden geçirilmiş yazı filtrelenebilir ve geçişli dolgu uygulanabilir Şekil 3.5.

1980'lerden sonra yavaş yavaş evlere giren bilgisayarlar ve sayısal teknoloji grafik tasarımı uzman kullanımından çıkarıp herkesin kullanımına açık araçlar haline getirmiş gibi gözükse de işin gerçeği eğitim alınmadan yapılan denemelerin başarılı sonuçlar vermeyeceğidir.⁵²

Grafik tasarımın en önemli isimlerinden biri olan Neville Brody'nin⁵³ aşağıdaki çalışmaları sayısal görüntünün grafik tasarımdaki yerini ortaya koymaktadır.



Şekil 3.6. Grafik tasarım örneği⁵⁴

⁵¹ Bıyıkhoğlu, S., 1992. Grafik Tasarımın Yeni Görsel Dilinin Şekillenmesinde Bilgisayar Tekniklerinin Etkileri., *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Grafik Anasanat Dalı Grafik Tasarımı Programı, İstanbul.

⁵² Sarıkavak, N.K., 2005. *Sayısal Tipografi 1*. Başkent Üniversitesi, Ankara.

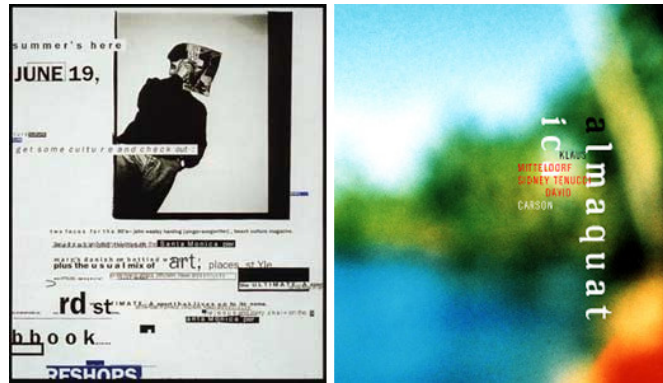
⁵³ 1957 Londra doğumlu dünyaca ünlü İngiliz grafik tasarımcı, sanat yönetmeni.

⁵⁴ www.3dtemple.com.au/images/Neville-Brody002.jpg, 18 Mart 2008.



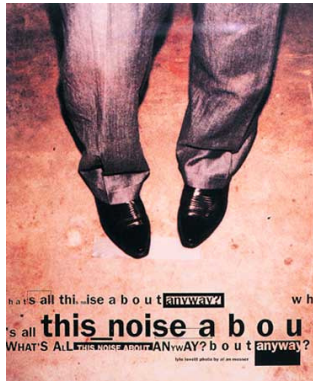
Şekil 3.7. Grafik tasarım örneği⁵⁵

Yine dünyanın en iyi grafik tasarımcılarından biri sayılan David Carson'un tasarımlarına bakıldığında da 90'ların teknolojik yapısından etkilendiği görülür.



Şekil 3.8. Grafik tasarım örneği⁵⁶

Şekil 3.8.'de David Carson'un yaptığı afişte kullanılan fotoğraf üzerindeki bulanıklaştırmanın görüntü işleme ile yapıldığı açıktır.



Şekil 3.9. Grafik tasarım örneği⁵⁷

⁵⁵ <http://www.3dtemple.com.au/images/Neville-Brody.jpg>, 18 Mart 2008.

⁵⁶ <http://www.3dtemple.com.au/images/carson-003.jpg>, 4 Nisan 2008.

⁵⁷ <http://cache.eb.com/eb/image?id=72720&rendTypeId=4>, 4 Nisan 2008.

Şekil 3.9.'da yine David Carson'un tasarladığı afişte kullanılan arka plan görüntüsü parazit ekleme yöntemi ile eskitilmiş ve renk değişikliği yapılmıştır.

3.3. MİMARİ TASARIMDA SAYISAL GÖRÜNTÜ

Bilgisayardaki sayısal görüntü mimarlık mesleğine de yeni açılımlar kazandırmış, mesleğin hem uygulanabilir olmasını artırmış hem de düşünce sınırlarını genişletmiştir. Hız ve zaman kazanmanın yanı sıra sayısal görüntüler beraberinde sanal mimarlığı da getirmiştir. Bu durumu tespit eden bir ifadeye göre; “Sanal mimarların çalışacağı kişiler inşaat ve elektrik mühendisleri değil, bilgisayar mühendisleri, matematikçiler ve IT uzmanları olacaktır”.⁵⁸ Sayısal görüntünün avantajı olarak sadece hız ve zaman kavramlarını ele almak yeterli değildir. Tasarlanan mekânların 3B açılımları sayesinde her açıdan eseri görebilmek tasarımcıya esneklik kazandırmış ve sunumu kolaylaştırmıştır. Tasarlanan bu mekânlarda sanal olarak eş zamanlı yaşamak mümkündür. “Sanallık genelde gerçekliğin karşısında bir kavram olarak görülür aslında gerçek olan ama somut olmayanı tanımlar”.⁵⁹ Ancak küçük bir olumsuzluk olarak tasarımların birbirlerine benzemesi olasılığı da vardır. Genellikle kullanılan yazılımların aynı olması bu olasılığı oluşturmaktadır.

A. Schwanzer bir mimari yapıyı “Dört duvar ve başımızın üzerinde bir damdan fazlası olan şey” olarak tanımlar. Bu tanıma göre **daha fazla** olarak ifade edilen şey çeşitli sosyal olguların birleşimidir.⁶⁰

Mimarlık alanında özellikle modern binalarda sayısal görüntü ve sayısal görüntü işlemenin yararları kolaylıkla görülebilir.

ABD Pennsylvania'daki Şelale Evi'ni (Falling Water House) dünyanın en iyi mimarlarından biri sayılan Frank Lloyd Wright tasarlamıştır. 1867-1959 yılları arasında yaşamış olan mimar “**Organik Mimarlık**” adı verilen, doğal biçimlerden yola çıkarak iç ve dış mekanın bütünleşmesini temel alan bir mimarlığın ilkelerini ortaya koymuştur. New York'ta tasarladığı Guggenheim Modern Sanat Müzesi mimari gücünü tüm dünyaya kanıtlamıştır”.⁶¹

⁵⁸ Togay, N., Dizi sor., 2002. *Mimarlık ve Sanallık*, Boyut Yayıncılık, İstanbul, 27.

⁵⁹ Togay, N., Dizi sor., 2002. *Mimarlık ve Sanallık*, Boyut Yayıncılık, İstanbul, 27.

⁶⁰ Tunali, İ., 2002. *Tasarım Felsefesine Giriş*, İstanbul, Yapı Endüstri Merkezi.

⁶¹ <http://www.kimkimdir.gen.tr/kimkimdir.php?id=3004>, 04 Nisan 2008.

Frank Lloyd'un 1939 yılında Edgar J. Kaufmann için inşa ettiği yapı günümüz bilgisayar teknolojisi ile modellendiğinde inşasına gerek kalmadan somut olarak her açıdan görülebilir.



Şekil 3.10. Şelale evi

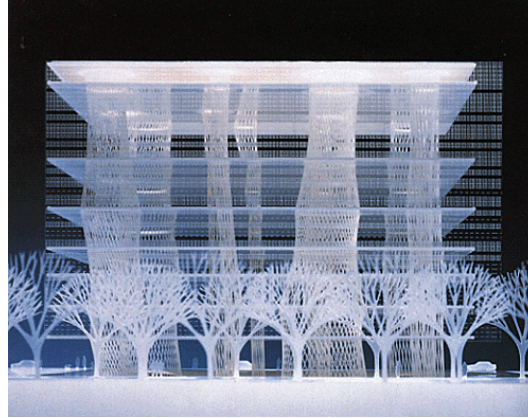
CAD (Computer Aided Design: Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımları ile modellenen ve render görüntüleri alınan ev görüntü işleme yazılımları sayesinde de istenilen platforma oturtularak çeşitli alternatifler üretilebilir, çevre düzenlemesi tekrar yapılabilir. İnşa edilmeden önce her yönden görüntü alınarak gerçeğe yakın sonuç görüntüsü elde edilebilir.

Bilgisayarların mimariye girişi ile daha eğrisel ve amorf şekillerde mekânlar, binalar yapılmaya başlanmıştır. İnsanın hayal dünyasında oluşturduğu her görüntünün sanal ortama aktarılabilir olması olanağı sağlanmıştır. Desen çalışmaları da kolaylıkla yapılabilir olmuştur. Son dönemde desen olarak fraktal görüntüler kullanılmaya başlanmıştır. Elde çizimde görülemeyecek bazı detaylar bilgisayar ve 3B modelleme yazılımları ile görünür ve anlaşılır hale getirilmiştir.



Şekil 3.11. Mediateque Binası⁶²

Yukarıdaki örnekte mimarlığın en prestijli ödülllerinden **Royal Gold Medal**'in sahibi Japon mimar Toyo Ito'nun⁶³ bir eseri olan Mediateque binasının plan ve modeli görülmektedir. Bu binadaki boşluklar ancak 3B bir modelleme ve sonucunda oluşan sayısal render görüntüsü ile anlaşılır olmaktadır. Bu görüntü işlenerek boşlukların renk ve ışık ayarları daha gerçekçi yapılmıştır.



Şekil 3.12. Mediateque Binası⁶⁴

Aynı şekilde vektörel sayısal görüntüler sayesinde karmaşık yapıya sahip geometrik şekiller de kolayca elde edilip anlaşılır olarak sunulabilir. Formüller sayesinde oluşturulan bu geometrik şekiller bazen desen olarak da kullanılır. **Cesar Pelli**'nin⁶⁵ Kuala Lumpur'da yaptığı **Petronas Towers** geometrik şekillerle desen oluşturma

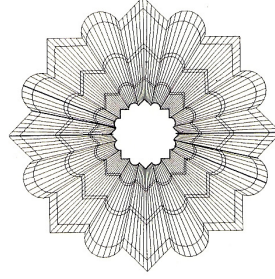
⁶² <http://www.ninanoor.co.uk>, 11 Mart 2008.

⁶³ Toyo Ito 1941 doğumlu olup dünyada yenilikçi olarak bilinen etkili mimarlardan biridir.

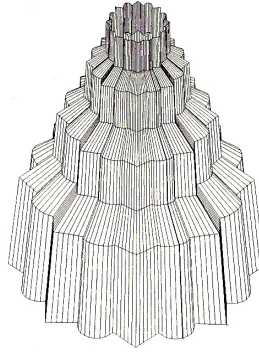
⁶⁴ <http://www.smt.city.sendai.jp>, 11 Mart 2008.

⁶⁵ Dünyanın en uzun binalarının tasarımcısı olarak bilinen mimar 1926 Arjantin doğumludur. Eserlerinde eğilen yüzeyler ve metalik öğelere ağırlık vermiştir.

konusunda iyi örneklerden biridir. Bu kulenin çiziminde bilgisayar grafiklerinden yararlanılmıştır. Şekil 3.13.⁶⁶, Şekil 3.14.⁶⁷



Şekil 3.13. Petronas Towers'ın geometrik şekillerden oluşmuş kule tasarımı



Şekil 3.14. Petronas Towers'ın 3B sayısal vektörel görüntüsü

Geleceğin teknolojisi olarak nitelendirilen ve gerçekleşmesi ancak hayal ürünü olabilecek tasarımlar bile sayısal görüntüler sayesinde görsel hale getirilebilmişlerdir.

⁶⁶ Steele, J., 2001. *Architecture and Computers*, Laurence King Publishing. 111.

⁶⁷ Steele, J., 2001. *Architecture and Computers*, Laurence King Publishing, 111.



Şekil 3.15. Turning Torso

Şekil 3.15.'de⁶⁸ **Santiago Calatrava** tarafından tasarlanmış **Turning Torso** binası görülmektedir. Bu bina sayısal görüntü sayesinde gerçeğe dönüştürülebilmıştır. **Calatrava Valls** (1951) mimarlık ve mühendislik disiplinlerini birleştirdiği ve alışılmamış biçimler kullandığı yapılarıyla tanınan dünyaca ünlü ve ödüllü İspanyol mimar, mühendis ve heykeltıraştır.⁶⁹ Turning Torso binasının yanısıra Milwaukee Sanat Müzesi en ünlü eserlerindendir. Şekil 3.16.⁷⁰



Şekil 3.16. Milwaukee Art Museum

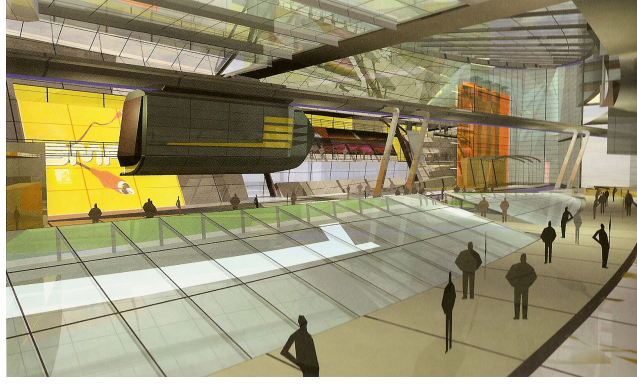
Geleneksel boyama yöntemleri ile oldukça zor görselleştirilebilen cam yüzeyler render sayesinde gerçek gibi gösterilir. Şekil 3.17.'deki Kwan Tong Center binasının render görüntüsünde camlar gerçeğe yakın gösterilmiştir.⁷¹

⁶⁸ http://www.turningtorso.com/html/grafik_ny/bildarkiv/perspektiv2_li.jpg, 01 Mayıs 2008.

⁶⁹ <http://www.mimarlikmuzesi.org/biyografi.asp?id=315>, 04. Nisan 2008.

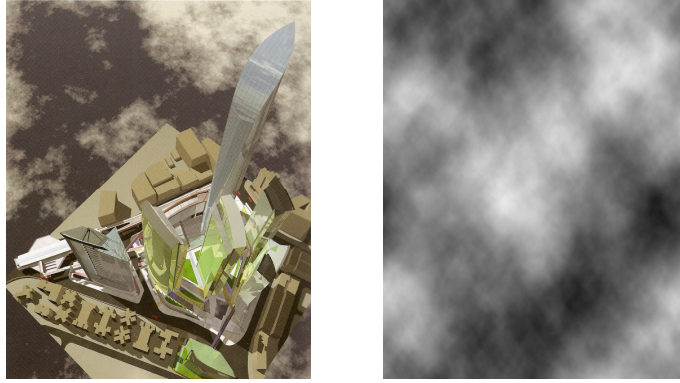
⁷⁰ <http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/mam3.jpg>, 04 Nisan 2008.

⁷¹ **Steele, J.**, 2001. *Architecture and Computer*, Laurence King Publishing, London, 34.



Şekil 3.17. Kwan Tong Town Center

Şekil 3.18.'de⁷² aynı tasarım farklı perspektiften arka plan görüntüsü değiştirilerek kullanılmıştır. Render görüntüsünün yerleştirildiği arka plan görüntüsü görüntü işleme yazılımı ile oluşturulmuştur.



Şekil 3.18. Arka plan ekleme örneği

Sayısal görüntü işleme ile render görüntüsü gerçek dünyada olması gereken yere yerleştirilerek sunum yapılır. Bu tür sunumlara bir örnek olarak Şekil 3.19.⁷³'da, Şekil 3.3. ve Şekil 3.4.'te gösterilen elde yapılan çizim ile sayısal ortamda elde edilen render görüntüsünün bulunduğu binanın fotoğraf üzerindeki yerleşimi gösterilmektedir.

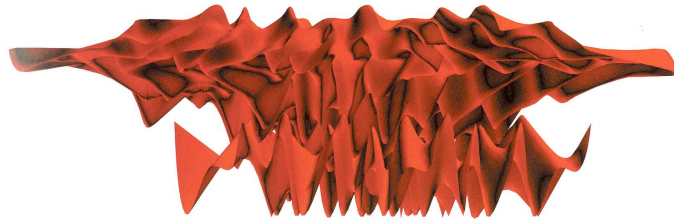
⁷² Steele, J., 2001. *Architecture and Computer*, Laurence King Publishing, London, 82.

⁷³ Steele, J., 2001. *Architecture and Computer*, Laurence King Publishing, London, 202.



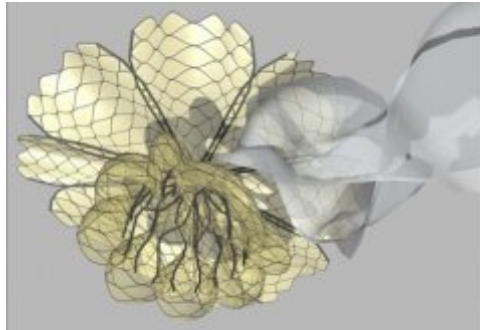
Şekil 3.19. Render görüntüsünün gerçek fotoğraf üzerine yerleştirilmesi örneği

İleri matematik, genetik bilimi ve bilişim teknolojileri, yeni mimari tasarım tekniklerini doğurmuştur. Genetik mimarlık olarak adlandırılan bu tekniğin öncü isimlerinden sayılan Karl Chu'nun eserlerinde sayısal teknolojinin özellikle görüntü işlemenin ağırlığı hissedilir. Chu'nun bazı tasarımlarındaki evrimsel çoğalmayı anlatan desenlerinde doğal renkler kullanılmıştır. Şekil 3.20.⁷⁴



Şekil 3.20. Chu'nun kullandığı doğal renkli desen örneği

Bu düşünce içinde yer alan morfolojik benzerlikler kavramının gelişimi ile ekolojik tasarımın anlamı da değişime uğramıştır. Sayısal kodlar ve algoritmalar yardımı ile yapılan tasarımlar popüler olmaya başlamıştır. Şekil. 4.21.⁷⁵



Şekil 3.21. Chu'nun sayısal kodlar yardımı ile elde edilmiş ekolojik tasarım örneği

⁷⁴ Steele, J., 2001. *Architecture and Computer*, Laurence King Publishing, London, 39.

⁷⁵ http://ecx.images-amazon.com/images/I/51PK8T4MADL._AA240_.jpg, 18 Mart 2008.

Bilbao’da bulunan ve mimar Frank Gehry’nin en iyi tasarımlarından biri sayılan Guggenheim Müzesi de spiral geometrik yapısıyla bilgisayar destekli tasarımla yapılabilecek en iyi örneklerden biridir. 1929 yılında Kanada’nın Toronto kentinde dünyaya gelen mimarın eserlerinde teknolojinin etkisi oldukça görülmektedir. Yaşayan en iyi mimarlardan sayılan Frank Gehry’nin çalışmaları mimarı ile tasarımı ya da sanatı birleştiren çarpıcı bir örnek olarak değerlendirilmektedir.⁷⁶

Aşağıda Frank Gehry’ye ait tasarımlarda sayısal görüntünün yerinin çok fazla olduğu ve bilgisayarın tasarımı ne derece yönlendirdiği görülür.



Şekil 3.22. Guggenheim Müzesi⁷⁷



Şekil 3.23. Frank Gehry’nin bir otel çalışması⁷⁸

⁷⁶ http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/Frank_Gehry, 18 Nisan 2008.

⁷⁷ [http://www.itea.arcelor.com/imagenes/edificios/estado/223-126-Guggenheim%20\(Large\).jpg](http://www.itea.arcelor.com/imagenes/edificios/estado/223-126-Guggenheim%20(Large).jpg), 01 Mayıs 2008.

⁷⁸ <http://www.achievement.org/.../achievers/geh0-030>, 20 Mart 2008.



Şekil 3.24. Walt Disney Concert Hall⁷⁹



Şekil 3.25. Rasin Building (Dancing Building)⁸⁰

Sayısal raster görüntüler altlık olarak kullanılıp tasarımın bu görüntü üzerinden şekillendirilmesi mümkündür. Bu işlem mouse veya tablet yardımı ile yapılır. Şekil 3.26.’de **Eric Owen Moss**⁸¹ tarafından yapılan Boulevard Theatre çalışması bu konuda iyi bir örnektir.⁸²

⁷⁹ www.achievement.org/.../achievers

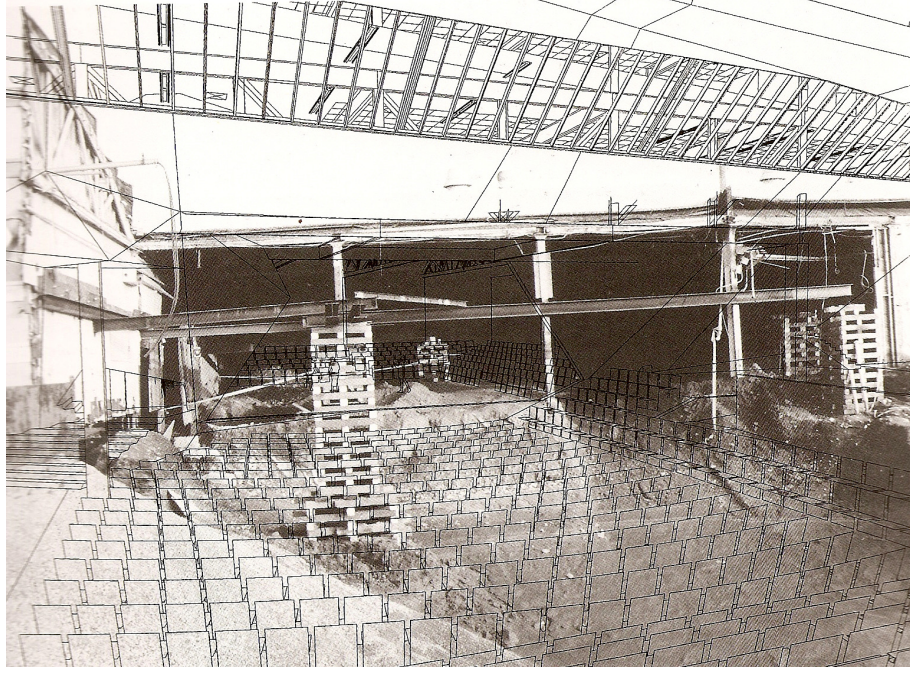
20 Mart 2008

⁸⁰ www.achievement.org/.../achievers

20 Mart 2008

⁸¹ 1943 Los Angeles doğumlu mimar.

⁸² **Steele, J.**, 2001. *Architecture and Computer*, Laurence King Publishing, London, 179.



Şekil 3.26. Fotoğraf üzerinden çizim örneği

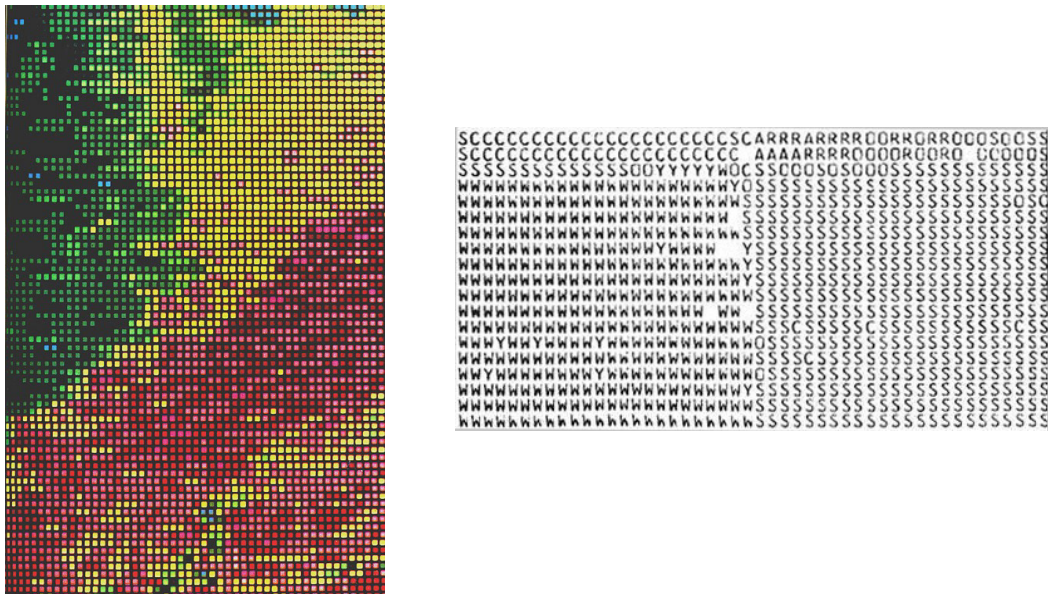
Genel kavramlar bölümünde anlatıldığı gibi render görüntüsü üzerinde yapılacak işlemlerde dosya formatının önemi bir kez daha karşımıza çıkmaktadır. Dosya formatı TGA olan dosyalarda **alfa** kanalları görülebilir olduğundan renk ve ışık işlemleri yapılabilir ve kaliteli görüntüler elde edilir. Şeffaflık gerektiren durumlarda da aynı dosya formatının kullanılması önerilir.

Yine yukarda anlatıldığı gibi HDR dosya formatı ile de bazı görüntü işlemlerinin yapılabilmesi sağlanır. Panoramik görüntüler ve sürekli görüntüler gibi.

Tasarımcı her zaman gerçek dünyada uygulanabilir olan tasarımlar yapmaz. Bazen oyunlar ve sanal dünya için sanal mekânlar sanal karakterler oluşturmak durumundadır. Hayal gücüne dayalı bu tasarımlar ancak sayısal görüntü ve görüntü işleme ile mümkündür.

Eski eserlerin kaybolan kısımlarının veya tamamlanamayan kısımlarının yeniden yapılmasında bilgisayar ve görüntü etkin olarak kullanılır. Öncelikle eserin fotoğrafı çekilir ve bilgisayara aktarılır. Fotoğraf üzerinde kalem kullanılarak elde yapılamayacak düzenlemeler görüntü işleme kullanılarak yapılır. Kontrast değiştirmek, doku eklemek, bazı bölgelerin bulanıklaştırılması, renk değişikliği vb. Filtre uygulamak da iyi sonuç verir, ayrıntıları ortaya çıkarır. Elde edilen görüntüye uyum sağlayacak şekilde eksik veya kayıp parça oluşturulur.

Kentsel tasarımda kullanılan yöntemlerden birisi olan görüntü işlemede uzaktan algılama (Remote Sensing) ile kentlerin yerleşim düzenleri incelenir. Yeni yerleşim bölgeleri için uygun zeminler bulunur. Bu işlemler sayısal görüntü işleme ile yapılır. Isı ve renk farkına göre piksellere dönüştürülen görüntüler yapılacak tasarımlar için altlık görevi görürler.



Şekil 3.27.‘de⁸⁴ sayısal algılayıcılardan elde edilen ısı, renk, boyut vb. değerlerini içeren harita sayısal dönüşüm teknikleri ile raster görüntüye çevrilmiş ve navigasyon⁸⁵ sistemlerinin kullanımına hazır hale getirilmiştir.

Tekstil tasarımının pek çok aşamasında sayısal görüntüden ve sayısal görüntü işlemeden yararlanılır. Bu aşamalar tasarım, çoğaltma (raportlama), renk ayrımı, çeşitlilik (varyasyon) olarak düşünüldüğünde görüntü işleminin gerekliliği görülür. Raportlama işleminde desenin kenarlarının belli olmaması ve sürekliliğin sağlanması

⁸⁵ Yön bulma sistemlerinin genel ismi

çok önemlidir. Çoğaltılacak desen üzerinde yapılacak en ufak bir değişiklik otomatik olarak çoğaltılan görüntüye de yansıyacak ve tasarımcının zaman kazanmasına neden olacaktır. Ölçek kullanımı ile istenilen ebatlarda desenler kullanıma hazır hale getirilecektir.

Varyasyon aşamasında sayısal görüntünün kayıt formatı önemlidir. Renkler üzerinde değişiklik yapılacağı zaman Alfa kanallarının kullanımı devreye girer. Bu renk kanalı sadece 32-bit görüntülerde ve TGA formatına sahip görüntülerde çalışır. Tekstil tasarımın önemli bölümünü oluşturan renk çalışmaları nedeniyle görüntü işlemeden fazlaca yararlanılır.

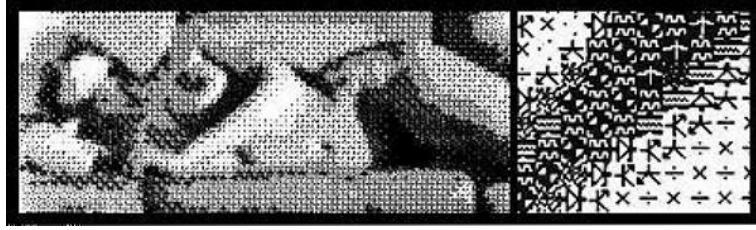
Elde edilen veya sıfırdan sayısal tekniklerle oluşturulan desenin model üzerine giydirme aşaması maskeleme yöntemi ile kolaylıkla yapılır. Giydirme işleminden sonra istenilen renk değişikliği çalışmaları ürünün üretilmeden müşteri tarafından görülmesini sağlar.

Üretim aşamasında da kumaşlar üzerindeki hataların tespiti için görüntü işleme yöntemleri kullanılır.

Ayrıca kullanılan bütün teknikler ve değişiklik işlemleri ev tekstili, halı vb. gibi tekstilin her alanına uyarlanabilir.

3.5. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN SANATSAL AMAÇLI KULLANIMI

1963 yılında Computer and Auto Motion dergisinin “Bilgisayar Sanatı” yarışmasını desteklemesi ile bilgisayarlar ve sayısal görüntü sanat alanına girmeye başlamıştır.⁸⁶ Bu alanda ilk araştırmaları yapan Kenneth Knowlton’un⁸⁷ çalışmaları sanatsal amaçlı çalışmalara ilk örnek olarak gösterilir.



Şekil 3.28. Nude 1966⁸⁸

Kenneth Knowlton “görüntünün ışık ve gölgesini betimlemek için karakter ve imlecin ardışık ve üst üste konulması yoluyla”⁸⁹ çalışmasını gerçekleştirmiştir.

Sayısal görüntünün sanatsal amaçlı kullanımında en büyük etken bu görüntülerin esnek olmasıdır. Her türlü renk, boyut, form, desen değişikliği olasıdır.

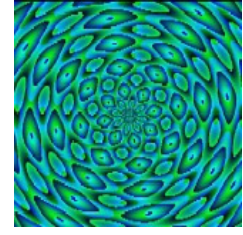
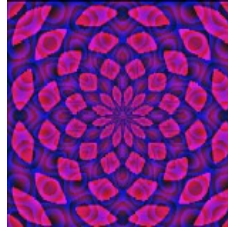
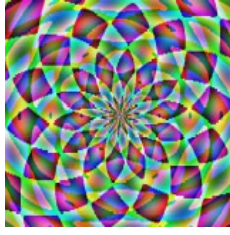
Bilgisayarla sayısal görüntü kullanılarak yapılan sanatı ikiye ayırmak gerekir. Birincisi bilgisayarın araç olarak kullanıcı tarafından kontrollü şekilde kullanılması sonucu sayısal görüntüyü oluşturmalarıdır. İkincisi ise matematiksel formüllere göre verilen parametre değerlerini bilgisayarın işleyip kontrolü kullanıcıda olmayan şekillerin üretilmesidir. Bu yöntem olarak tanımlanır. Birincisi ise Computer Aided Art olarak isimlendirilir. Computer Generated Art’da algoritmalar ve formüller sonucu ortaya çıkacak eserin tam olarak belirlenmesi kullanıcı tarafından zordur. Ancak yazılmış kodların okunması ile mümkündür. Bilgisayar mühendislerinin ve matematik mühendislerinin ortak çalışmaları ile ortaya konan yazılımlar sayesinde oluşturulurlar. Bu tanımlamalara göre fraktal sanatı da içine alır. Genellikle simetrik şekillerin oluşmasında kullanılan bu yöntemde Visual Basic programlama dili kullanılır. Şekil 3.29.

⁸⁶ Sarıkavak, N.K., 2005. *Sayısal Tipografi 1*. Başkent Üniversitesi, Ankara.

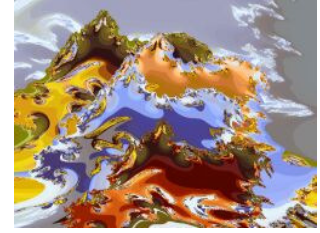
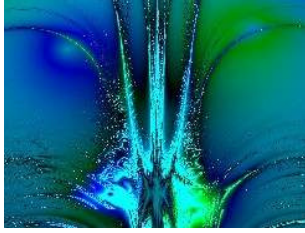
⁸⁷ 1931’de Springville, New York’ta doğan Kenneth C. Knowlton bilgisayar grafiklerinde öncü, portre ve mozaik sanatçısıdır.

⁸⁸ <http://www.kenknowlton.com/pages/04portrait.htm>, 13 Nisan 2008.

⁸⁹ Sarıkavak, N.K., 2005. *Sayısal Tipografi 1*. Başkent Üniversitesi, Ankara.



Şekil 3.29. Simetrik desen örnekleri⁹⁰



Şekil 3.30. Fraktal sanat örnekleri⁹¹

“Doğadaki objeler de tasarım varlığı olarak adlandırılabilir ve bu tasarımlar fizik kanunları ile açıklanırlar”.⁹² Bu tasarımlara en önemli örnek sahil şeritleri, dağların yapısı ve brokolidir. Bu objeleri tanımlayabilmek için fraktal geometriden yararlanılır.

Fraktal görüntüler de sayısal görüntü sınıfına girerler ve görüntü işleme yazılımları ile işlenebilir haldedirler. Bu görüntüler daha önceden açıklandığı üzere desen olarak kullanılabilirdiği gibi tek başına sanal ortamda sanat olarak da yorumlanırlar. Şekil 3.30.

Sayısal görüntülerde bazı öğelerin belirgin, bazı öğelerin silik olarak görünebilmesi bilgisayar ortamında kolaylıkla yapılabilir. Bu ve bunun gibi işlemler sanatsal çalışmalara kolaylıkla uyarlanabilirler.

Gruplama işlemleri de klasik yöntemlerdeki gibi yapılabilir. Yakınlık, benzerlik, süreklilik vb.

Genellikle çizim ve tasarım yazılımları ile birlikte verilen telif hakkı gerektirmeyen hazır çizimler de tasarımcı için kolaylık sağlar. Bu çizimler clip art olarak tanımlanır ve tasarımcının üzerinde düzenleme veya değişiklik yapılmasına uygun şekilde kaydedilmiştir.

⁹⁰ <http://www.soban-art.com/short-symmetry05.asp>, 05 Haziran 2006.

⁹¹ <http://www.soban-art.com/cgenart.asp>, 05 Eylül 2006.

⁹² **Tunali, İ.**, 2002. *Tasarım Felsefesine Giriş*. İstanbul, Yapı Endüstri Merkezi.

Sayısal görüntü ile oluşmuş eser çıktı alınmadığı sürece sanal olarak görülür. Tasarımı ifade eden yazıcı çıktısı ve buna bağlı olarak sunum çok önemlidir. Yazıcı görüntüsünün istenilen kalitede olması yazıcı ile birlikte görüntünün saklanması sırasında kullanılan kayıt formatına bağlıdır. Vektörel görüntülerde bozulma söz konusu olmadığından kayıt formatının önemi yoktur. Raster görüntüler de verim alınması için bir takım düzenlemeler yapmak gerekebilir. Bu düzenlemeler sayısal görüntü işlemenin özelliği olarak karşımıza çıkar.

Görüntü işlemede sayısal boyama işleminde mouse yerine grafik tablet kullanmak daha avantajlı olmaktadır. Basınca bağlı olarak fırça ucunu kalınlaştırıp inceltmek istendiğinde tabletin avantajı ortaya çıkmakta, Mouse yardımı ile bu işlem dolaylı olarak yapılabilmektedir.

Son dönemlerde gerçek mekân görüntüleri veya gerçek sahne görüntüleri üzerine sonradan sayısal boyama veya filtreleme ile eklenen sayısal çalışmalar oldukça yaygınlaşmıştır. Bu çalışmalar **matte painting** olarak adlandırılır. Tamamında sayısal görüntü işleme kullanılır. Mekân tasarımından sinema sahnesi hazırlamaya kadar çok alanda etkilidir.

3.6. SAYISAL RASTER GÖRÜNTÜNÜN DÜZENLENMESİ (MODİFİKASYONU)

3.6.1. Sayısal Görüntü İşleme (Digital Image Processing)

Sayısal görüntü işlemenin teknik tanımı, görüntünün sayısal ortam tarafından algılanarak tanımlanması sonucu elde edilen verinin işlem görerek ortaya çıkarılmasıdır. Görüntünün çoğaltılması, değiştirilmesi, filtreleme, renklendirme, renk ayarları ile oynama, ışıklandırma, doku atama, doku oluşturma, gölgelendirme görüntü işlemenin temel teknikleridir.

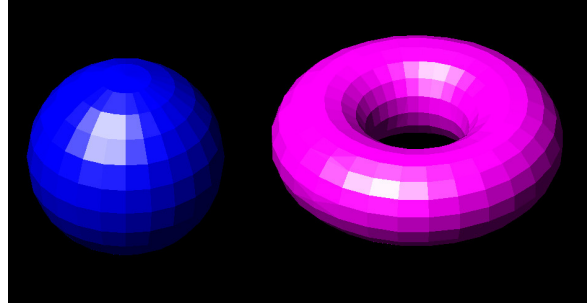
Sayısal görüntü işleme; sayısal ortamda fotoğraf, resim, video veya 3-boyutlu modeller üzerinde yapılan modifikasyon (değişim) işlemleri olarak da tanımlanabilir. Bu işlemleri yaparken kullanılan yazılımlar da, görüntü işleme yazılımları olarak adlandırılır.

Sayısal görüntü işlemenin temelini matematik formüller ve denklemler oluşturur. Bu denklemler Laplace Kuramı ve Fourier Dönüşümleri'dir. Burada piksellerin sayıları ve derinlikleri önemlidir.⁹³

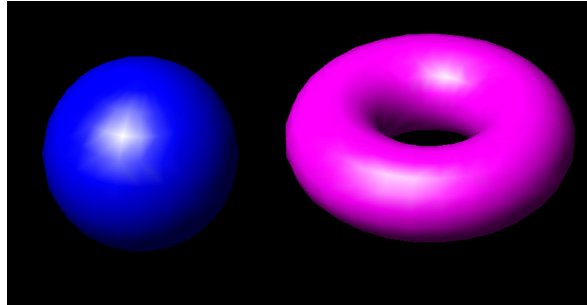
Bu tanımla Sayısal Sanat(Digital Art) adı altında yapılan işleri de kapsar.

3.6.2. Gölgeleme

Modeller gölgeleme teknikleri ile gerçek görünüme kavuşurlar. Bu sayede daha yumuşak hatlı bir görüntü elde edilebilir. En çok kullanılan teknik Gouraud Shading gölgeleme tekniğidir. Yüzeylerin kesişme noktalarındaki ışık miktarı dengelenerek bu işlem yapılır. Gölgeleme karışımı ile iyi kenarların belirginleşmesi sağlanır.



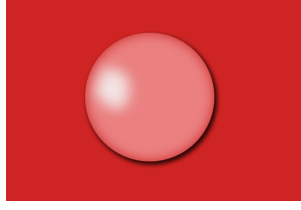
Şekil 3.31. Gouraud shade gölgeleme yapılmamış görüntü



Şekil 3.32. Gouraud shade gölgeleme yapılmış görüntü

Şekil 3.33'te yukarıdaki gölgeleme tekniğinden farklı olarak tasarımcının soğuk olarak algıladığı bilgisayar ortamında yapılan 2B çizim çalışmaları gölgeleme oyunları ile 3B görünüme kavuşturulur.

⁹³ Agoston, Max K., 2005. *Computer graphics and geometric modeling*. Springer, London.

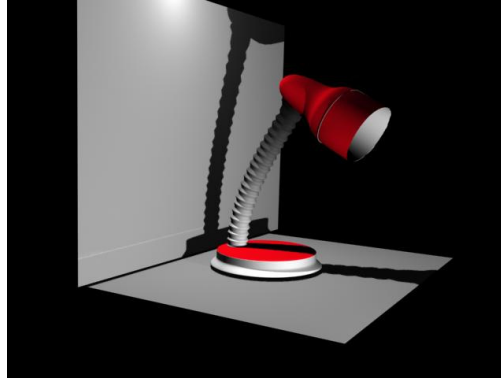


Şekil 3.33. Gölgeleme örneği

3.6.3. Çentik Giderme (Anti Aliasing)

Şekil 3.34.'teki render görüntüsünde lambanın yere düşen gölgesindeki kırıklıkları yok etmek için görüntü işleme teknikleri kullanılır ve daha düzgün görüntü elde edilir. Bu örnekte görüldüğü gibi görüntülerde oluşan bu kırıklıklar genelde düşük çözünürlükte oldukları için ortaya çıkarlar. Çentik giderme⁹⁴ tekniği bu tür işlemler için uygundur.

Render işlemi sonrasında ışığın iyi ayarlanamamasından kaynaklanan çentikler de aynı teknikle giderilirler.

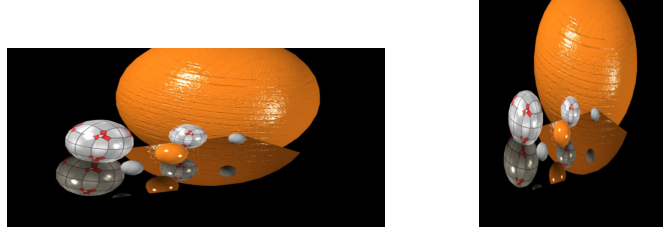


Şekil 3.34. Çentik giderme örneği

3.6.4. En-Boy Oranı (Aspect Ratio)

Görüntülerde bozulma (deformasyon) olmaması için en-boy oranına dikkat etmemiz gerekir. Bu durumda da görüntü işlemede en-boy oranı ayarlamasını yapmamız yeterlidir.

⁹⁴ Cotton, B. and Richard O., 1997. *Siberuzay Sözlüğü*, Yapı Kredi Yayınları.



Şekil 3.35. Aspect ratio örneği

3.6.5. Titreme (Dithering)

Katman mantığı ile çalışan sayısal görüntü işleme yazılımlarında katmanlar arası renk geçişlerinin düzenlenmesi ve bu geçişlerin yanlısına şeklinde olması için titreme (dithering) tekniği kullanılır. Bu teknik, birden fazla rengi birleştirerek yeni renk oluşturma veya gözün algılayamayacağı şekilde renkler arasında yumuşak geçişler sağlayan teknik olarak tanımlanabilir. Bu teknik genellikle GIF formatında kaydedilen görüntülerin baskısı sırasında istenilen rengin elde edilememesi durumunda kullanılır. Geçişli dolgu kullanılan görüntülerde de geçişin bant şeklinde değil de yumuşak olması ve fark edilmemesi için kullanılır.

3.6.6. Kaçış Noktası (Vanishing Point)

Perspektif görüntünün en zor kısımlarından birisi kaçış noktasını bulmak ve bu noktaya göre düzenleme işlemleri yapmaktır. Son dönemde kullanılan görüntü işleme yazılımları bu büyük sorunu kolay yoldan çözüme kavuşturmuştur. Aşağıda Şekil 3.36.'da yolun üzerindeki taş döşemelerinin perspektife göre dizilerek yeni düzen oluşturulması vanishing point filtresi kullanılarak aşama aşama yapılmıştır.



Şekil 3.36. Vanishing point örneği

Bu teknik özellikle mimaride, mimari restorasyonda yer ve yol döşemelerinde sıkça kullanılan bir yöntemdir.

3.6.7. Doku Eşleme

Doku eşleme 2 boyutlu raster görüntülerle 3 boyutlu vektörel görüntülerde yer alan yüzeylerle veya modellerle eşleşmesini sağlayan grafik tekniği olarak tanımlanır.⁹⁵

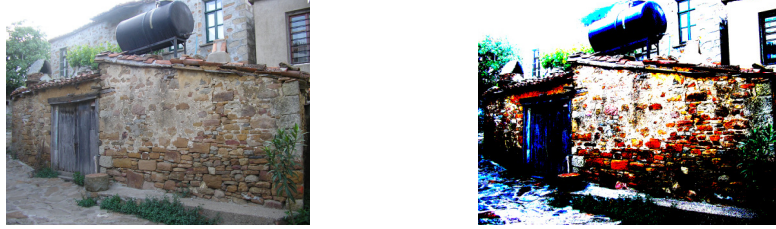


Şekil 3.37. Doku eşleme örneği

Malzeme görüntüsünün model üzerine uygulanmasından sonra eşleme için mapping tekniği kullanılır.

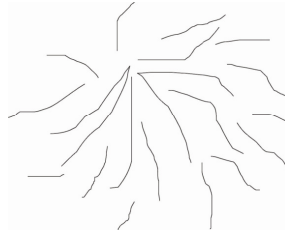
3.6.8. Gri Azaltma

Posterize işlemi olarak geçen bu teknik raster görüntünün renk sayısını azaltmaya dayalı bir sayısal görüntü işleme tekniğidir.



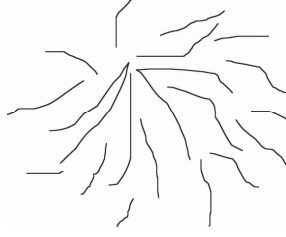
Şekil 3.38. Posterize örneği

3.6.9. Keskinlik



Şekil 3.39. Eskizin kamera ile çekilmiş görüntüsü

⁹⁵ Cotton, B. and Richard O., 1997. *Siberuzay Sözlüğü*, Yapı Kredi Yayınları.



Şekil 3.40. Keskinlik ayarı yapılmış görüntüsü

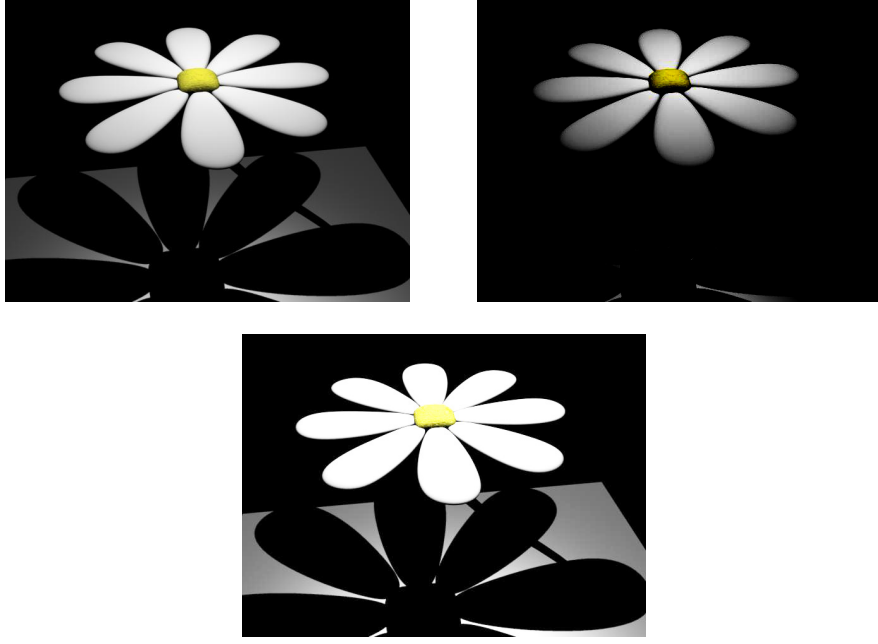
Eskiz olarak yapılan çizimlerin taranarak bilgisayara aktarılması sonucu elde edilen görüntüde bütün detaylar görülemiyorsa veya bazı çizgiler bulanık çıktıysa yapılacak en iyi işlem keskinleştirme işlemidir. Aynı zamanda sayısal kamera ile çekilmiş görüntülerde de keskinlik ayarı yapılır. Şekil 3.39.'da kamera ile çekilmiş bir görüntünün Şekil 3.40.'da keskinlik ayarı yapıldıktan sonraki görüntüsü görülmektedir.

3.6.10. Renklendirme



Şekil 3.41. Renklendirme örneği

Raster görüntülerde bölgesel renklendirme yapılabildiği gibi render sonucu elde edilen görüntülerde de yapılabilir. Seçim bölgesine bağlı olarak renkler düzenlenir veya görüntünün tamamına uygulanır. Görüntünün tamamına uygulanması durumunda görüntüyü oluşturan renklerin değerlerini içeren eğriler kullanılır.

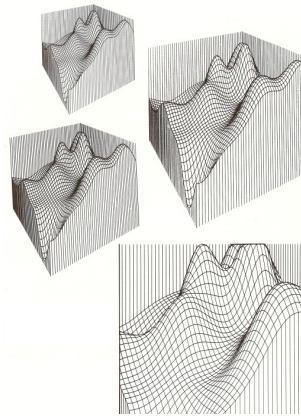


Şekil 3.42. Örnek renk çalışmaları

3.6.11. Maskeleme

Üzerinde çalışılan sayısal görüntünün bazı kısımlarının korunması ve işlemlere katılmaması veya tam tersi sadece bazı bölgelerin işlemlere katılması için kullanılan bir yöntemdir. Raster görüntülerde bazı bölgelerde yapılacak değişiklik işlemleri, özellikle ayırma için de kullanılır. Vektör görüntülerde bazı yazılımlarda bu tekniğe benzer komutlar vardır.

3.6.12. Zoom Lens

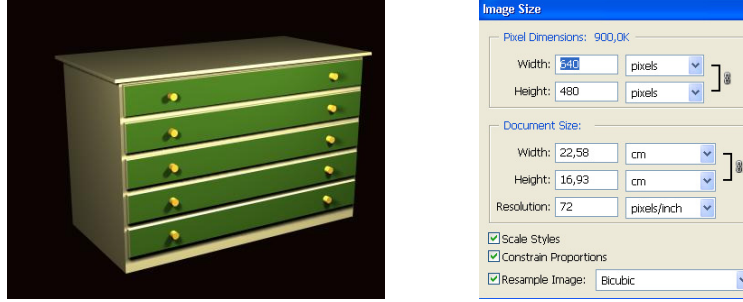


Şekil 3.43. Zoom örnekleri⁹⁶

⁹⁶ Prueitt, M.L., 1975. *Computer Graphics*, Dover Publications, New York.

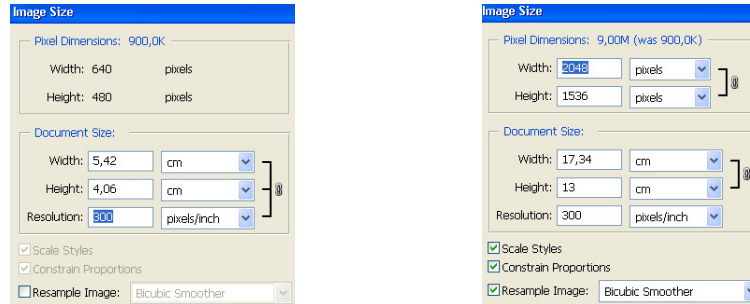
Çizim ve tasarım üzerinde alçaklı yüksekli görünümün gerekli olduğu durumlarda kullanılan bir tekniktir. Piksellerin adreslenmesi esasına göre çalışır. Algoritma ve matematiksel formül gerektirir.

3.6.13. Enlargement



Şekil 3.44. Düşük çözünürlüklü render görüntüsü

Şekil 3.44'te elde edilen render görüntüsünün çözünürlüğü görüldüğü gibi çok düşük olduğu için baskı işleminde verimli sonuç alınamayacaktır. Düzeltmek için sayısal görüntü işleminin piksel sayısı değiştirerek genişletme tekniği (enlargement) uygulanır.

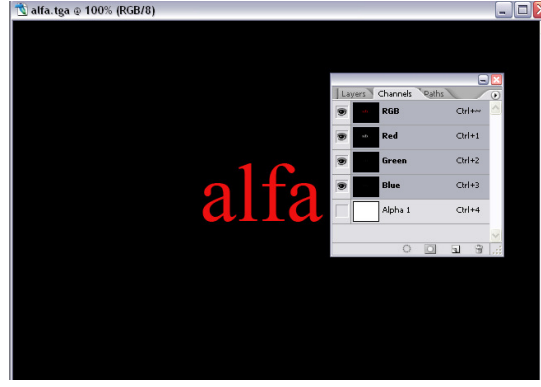


Şekil 3.45. Çözünürlük artırma işlemi

Şekil 3.45'te resample image (örnekleme) bicubic smoother olarak ayarlanır ve resolution (çözünürlük) artırılır. İstenilen piksel sayısı değeri yazılır. Bu teknik Adobe Photoshop CS3 yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

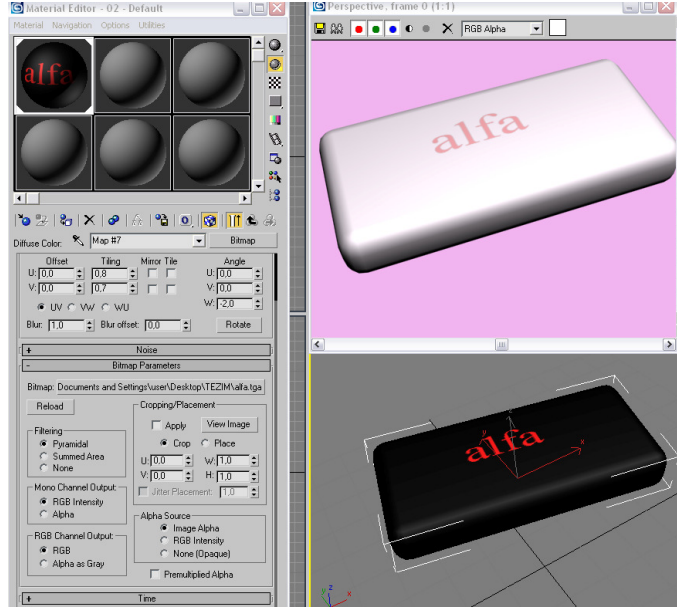
3.6.14. Alfa kanalları

32-bit raster görüntülerin alfa kanalları saydam bir görüntü olarak başka bir render görüntüsüne veya bir sayısal raster görüntüye uyarlanmasını sağlar.



Şekil 3.46. Alfa kanalı görüntüsü

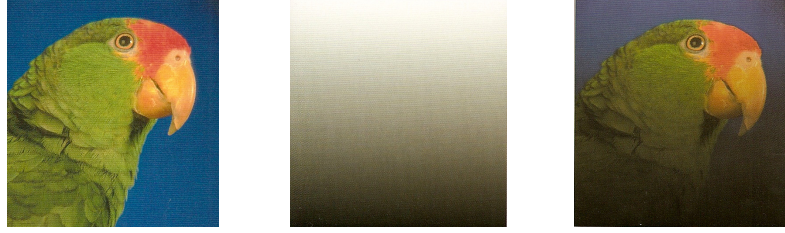
Şekil 3.46.'de alfa kanalları açık olarak 32-bit TARGA formatında kaydedilmiş görüntü Şekil 3.47.'de modellenmiş bir vektörel görüntünün üzerine kaplanarak saydam etiket görevi görmektedir.



Şekil 3.47. Alfa kanallı görüntünün vektör görüntü üzerine kaplanması

3.6.15. Karışım (Blending)

Karışım teknikleri kullanmak renklerle oynamanın diğer yoludur. Bu teknikle tasarımın alternatifleri üretilebildiği gibi sanatsal amaçlı görüntüler de elde edilir. İki farklı görüntünün üst üste çakıştırılması ile elde edilir. Her iki görüntünün de görülebilir olmasını sağlar.



Şekil 3.48. Karışım örneği⁹⁷

3.6.16. Eşik belirleme (Threshold)

Gri ölçekli raster görüntünün işlenmesi için ikili sisteme (binary)dönüştürülürken piksellerin renk değerlerinin tek tek okunması gerekir. Gri görüntülerde her pikselin 0-255 arası renk değeri vardır. 0 siyaha, 255 ise beyaza karşılık gelir. İkili sisteme çevrilirken 0-255 arasında 128 orta değeri parlaklık değeri olarak alınır ve bu değer eşik değeri olarak atanır. Değeri 128'den küçük pikseller 0'a, değeri 128'den büyük pikseller 255'e çekilerek görüntünün siyah ve beyaz piksellerden oluşması sağlanır. Bu haliyle görüntü kentsel tasarım ve grafik tasarım uygulamalarında kullanılır. Thresholding tekniğinde bu eşik değeri kullanıcı tarafından belirlenir. Görüntüdeki piksellerin eşitlenmesi bu eşik değerine göre yapılır.⁹⁸

3.6.17. Sayısal Görüntü İşlemenin Temel Basamakları

Görüntü işlemede kullanılan pek çok işlem basamağı vardır. Bunların birincisi görüntüyü fiziksel ortamdan ayırıp sayısal ortama aktarmaktır. Örnekselden sayısala dönüştürme başlığı altında anlatıldığı gibi bu işlem çeşitli yollarla yapılabilir.

Dönüştürme işleminden sonra görüntü üzerinde ilk yapılması gereken işlem tarama sonucu ortaya çıkabilen parazitleri (noise) temizlemek ve gerekirse kontrastı⁹⁹ değiştirerek görüntüyü net hale getirmektir. Bu aşamada görüntünün saklama formatı daha da önem kazanmaktadır.

Görüntü işleme programlama dillerinde kullanılan algoritmalar¹⁰⁰ göre yazılmış yazılımlar sayesinde yapılmaktadır.

⁹⁷ Brinkmann, R., 1999. *The Art And Science Of Digital Compositing*, Morgan Kaufmann, San Diego.

⁹⁸ http://www.goruntuisleme.org/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=2, 25 Ağustos2006.

⁹⁹ Bir görüntüdeki en parlak bölüm ile en karanlık bölüm arasındaki fark, kullanıcı tarafından sayısal görüntü işleme yazılımları ile değiştirilerek renk konusunda esneklik sağlayan bir parametre, zıtlık

¹⁰⁰ Bir sorunu çözmek için izlenen süreç

3.6.18. Küçük bir Algoritma Örneği

Renkli bir sayısal görüntüyü gri tonlamalı sayısal görüntüye çeviren algoritma aşağıda verilmiştir. Kodlar C# ile yazılmıştır.¹⁰¹

```
f(pictureBox1.Image==null)
{
    MessageBox.Show("Önce bir resim Seçin");
}
else
{
    progressBar1.Visible=true;
    int i,j;
    Color renk;//Color sınıfından bir renk nesne tanımlıyoruz.
    Bitmap bmp=new Bitmap(pictureBox1.Image);
    //int r,g,b;
    progressBar1.Maximum=bmp.Width*bmp.Height;//İşlem çubuğunun
    maksimum olduğu yer for döngüsünün sonundaki piksel değerine erişmemiz
    durumundadır.
    for(i=0;i<=bmp.Width-1;i++)//dikey olarak görüntümüzü tarıyoruz.
    {
        for(j=0;j<=bmp.Height-1;j++)//yatay olarak görüntümüzü tarıyoruz.
        {
            renk=bmp.GetPixel(i,j);
            renk=Color.FromArgb((byte)((renk.R+renk.G+renk.B)/3),(byte)((renk.R+renk.G+
            renk.B)/3),(byte)((renk.R+renk.G+renk.B)/3));
            bmp.SetPixel(i,j,renk);
            if((i%10)==0)//her on satırda bir göstergeyi güncelle
            {
                progressBar1.Value=i*bmp.Height+j;
                Application.DoEvents();
            }
        }
    }
}
```

¹⁰¹ http://www.csharpnedir.com/makale_yazdir.asp?MId=657, 23 Ağustos 2006

```

}
pictureBox2.Image=bmp;
progressBar1.Visible=false;
} //else sonu

```

Kod okunmaya başlandığında ilk adım olarak yapılan işlemin bir resim veya görüntü seçme işlemi olduğu görülür. Eğer resim veya görüntü seçilmemişse ekrana uyarı mesajı verilerek resim veya görüntü seçilmesi istenir. Bu işlem if-else döngü kodu ile sağlanır. Resim veya görüntü seçildikten sonra her bir pikselin adreslenebilmesi için görüntüyü tanımlayan matrisin satır ve sütun değerleri olarak tamsayı değişkenler tanımlanır (i,j). Görüntünün piksel sayısı okunarak alan hesabı yapılır. Yatay ve dikey olarak adreslenen piksellerdeki renk değerleri okunarak yeni bir class¹⁰² açılır ve bu değerler classın içine yazılır. Adreslenen renk değerleri matematiksel dönüşüm formülü ile gri tonlara dönüştürülür ve yeni resim görüntüsü olarak classa yazılır.

3.6.19. Görüntü İşleme Yazılımları

Sayısal raster görüntüler üzerinde değişiklik yapan veya yeni raster görüntü üreten yazılımlar görüntü işleme yazılımları olarak adlandırılır. 1990 yılında ortaya çıkmaya başlayan genel amaçlı görüntü işleme yazılımlarının ilk örneği Macintosh için üretilen Adobe Photoshop yazılımıdır.

Sayısal teknoloji kullanılarak yapılan görüntü işleme kullanıcıya esneklik kazandırdığı gibi geri dönüş şansı da tanımakta ve hata yapma korkusunu en aza indirmektedir. Orijinalde değişiklik olmadan yapılan çalışmaların her aşaması kontrol edilebilmektedir. Katman Mantığı¹⁰³ ile istenilen aşamada işlem kesilebilmekte veya istenmeyen aşama silinebilmektedir.



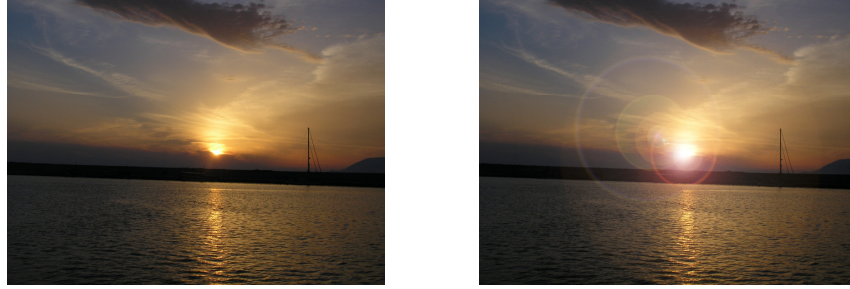
¹⁰² Programlamada verilerin ve verilere uygulanacak işlemlerin tutulduğu birim

¹⁰³ Hem vektörel hem de raster yazılımlarda temel olarak kullanılan kavram, görüntünün tabakalar halinde kullanımı

Şekil 3.49. Görüntü üzerindeki istenmeyen görüntülerin yok edilmesi



Şekil 3.50. Tarama sonucu ortaya çıkan parazitlerin giderilmesi



Şekil 3.51. Işık efektleri eklemek



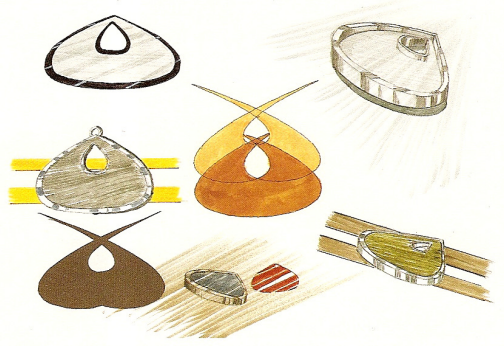
Şekil 3.52. Warp ile bozulma¹⁰⁴

¹⁰⁴ **Brinkmann, R.**, 1999. *The Art And Science Of Digital Compositing*, Morgan Kaufmann, San Diego.

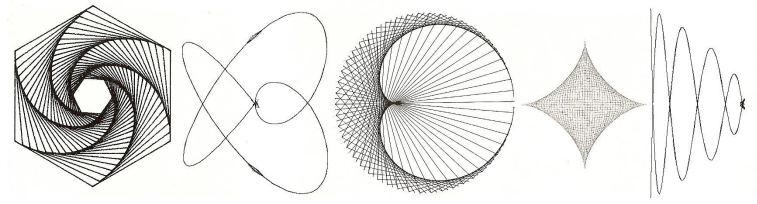
3.7. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN MESLEKİ KULLANIMA ETKİSİ

Sayısal görüntü işlemenin temel işlevleri olarak, renkli, gri tonlu veya tek renk görüntülerin birbirlerine dönüşümleri, ton ayarlamaları, çeşitli transformasyon işlemleri, görüntü detaylarının belirginleştirilmesi veya saklanması sayılabilir. Bu işlevler tıptan mühendisliğe, mimarlıktan plastik sanatlara hemen hemen tüm alanlarda kullanılabilir. Özellikle görsel sanatlarla bağlantılı olan alanlarda en ufak bir değişikliğin bütün tasarımı etkileyeceği göz önünde bulundurulduğunda mesleki kullanımda sayısal görüntünün etkisi ortaya çıkar.

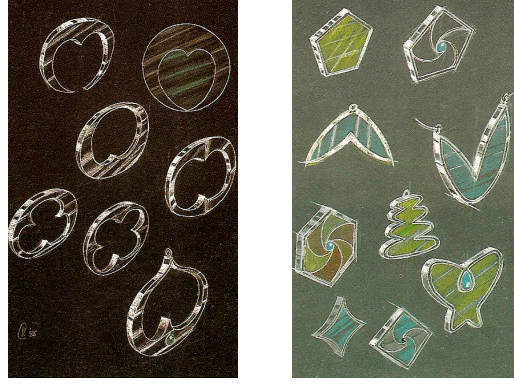
Ayrıca bilgisayarla üretilen görüntülerin tasarımda desen olarak kullanılması da önemlidir.



Şekil 3.53. Tasarımın elde yapılmış görüntüsü



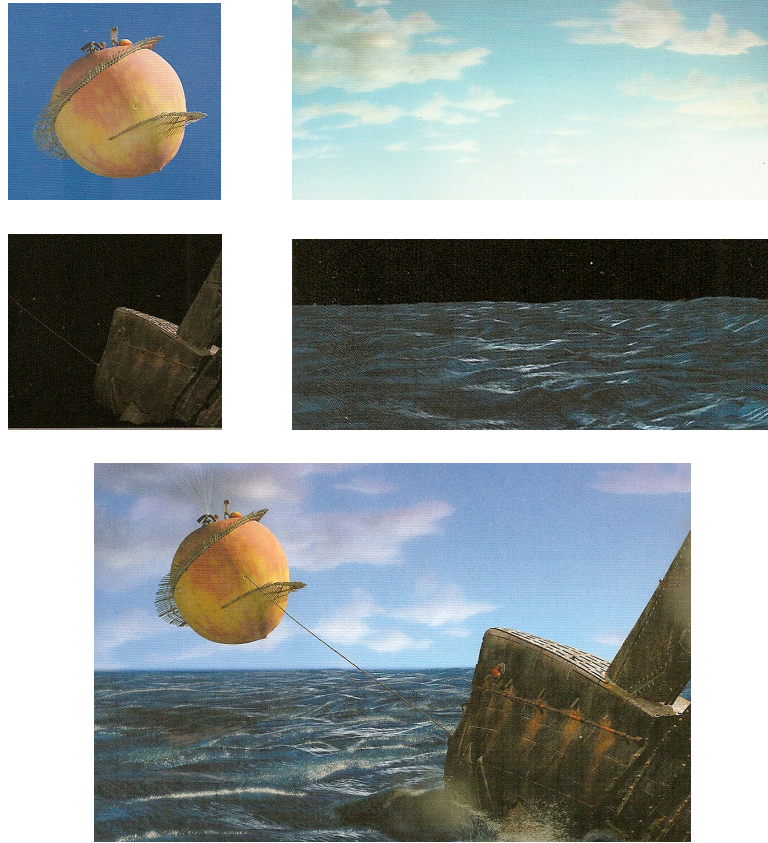
Şekil 3.54. Tasarımın bilgisayarla oluşturulmuş sayısal görüntüsü ve deseni



Şekil 3.55. Desenlerin uygulanması¹⁰⁵

Şekil 3.53.'te el çizimleri yer alan mücevherlerin desenleri bilgisayarla üretilmiş, modellere uygulanmış ve sonuç Şekil 3.55.'te görülmektedir.

Kolâj veya kompozisyon oluşturma görselliğe dayalı mesleklerde büyük yer tutar.



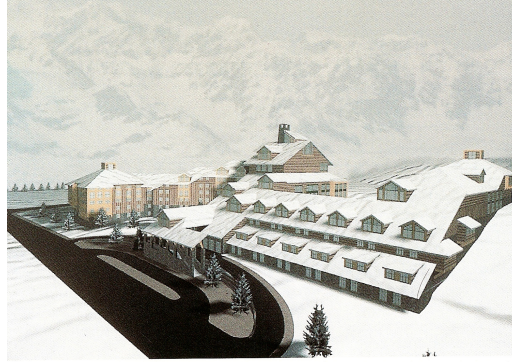
Şekil 3.56. Parçaların birleştirilmesi ile oluşan bir kompozisyon örneği¹⁰⁶

¹⁰⁵ **Cater, R.**, *Computer Graphics: For Craft, Design and Technology*, Longman.

¹⁰⁶ **Brinkmann, R.**, 1999. *The Art And Science Of Digital Compositing*, Morgan Kaufmann, San Diego.

Sunum işin içine girdiğinde etkin olarak sayısal görüntü ve görüntü işlemeden yararlanıldığı görülür. Geleneksel yöntemlerle yapılan tasarım ve sunum sonucu istenilen eserin ortaya konulamaması bütün çalışmaların boşa gitmesine bile neden olabilir. Her aşamada geri dönüş şansı ve esneklik mesleklerin uygulanmasında önemli faktörlerdir. Bu faktörlerin sayısal görüntü ile sağlanabilir olduğu açıktır. Zaman ve para açılarından düşünüldüğünde aynı sonuç karşımıza çıkar. Meslek çalışmalarının kısa sürelerde ve az bütçelerle gerçekleştirilmesi istenilen bir durumdur. Bu durumda yine sayısal görüntünün avantajı ortaya çıkar.

Sayısal görüntülerden yararlanarak sunum yapmak mesleki kullanım ve ifade için önemlidir. Mimari tasarımda sonuç olarak elde edilen eser geleneksel sunum teknikleri dışında bilgisayar ortamında sunulur. Bu sunumda kullanılacak görüntüler vektör tabanlı çizim görüntüleri, render sonucu oluşmuş raster görüntüler veya her ikisinin bir arada olduğu görüntüler olabilir. Pafta düzeni oluşturulması, render görüntüsüne gerçek insan veya çevre elemanları ekleme yapılacak düzenleme işlerinden bazılarıdır.



Şekil 3.57. Bursa Uludağ Ski Resort çevre şartları görüntü örneği

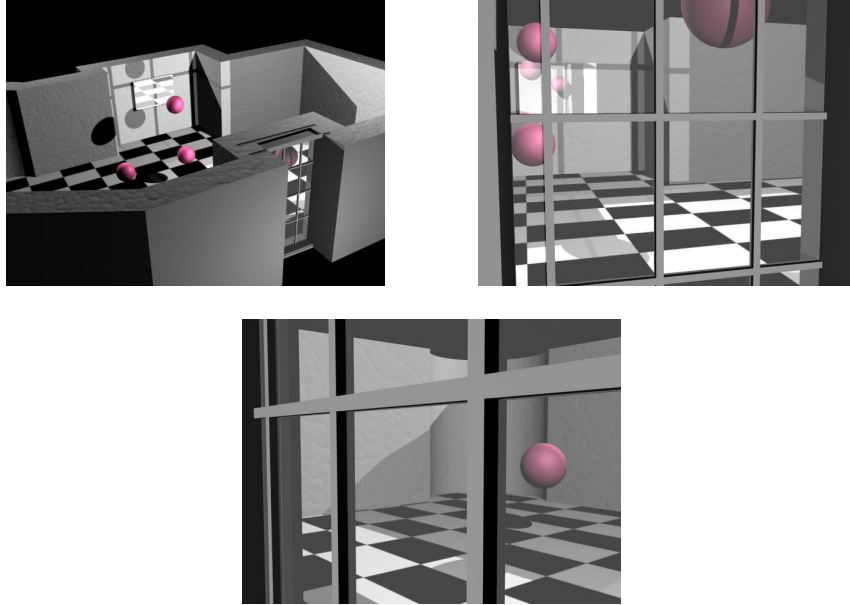
Hava ve çevre şartlarının render görüntülerine yansıtılabilmesi sunum açısından avantajlı bir durumdur. Özellikle yapının bulunacağı çevre şartlarının dikkate alınarak sunum yapılması etkiyi daha da artıracaktır. Şekil 3.54. 'te¹⁰⁷ Uludağ' daki bir kayak merkezinin çevre şartlarını gösteren render görüntüsü sunuma hoşluk ve gerçekçilik katmaktadır.

Genellikle meslekle ilgili sayısal görüntülerle çalışırken katman mantığı kullanılır. Tasarımın veya çizimin her parçası ayrı katmanlara çizilerek tasarımın tamamı

¹⁰⁷ Steele, J., 2001. *Architecture and Computer*,. Laurence King Publishing, London, 198.

üzerinden işlem yapılması ve tasarımın istenmeyen şekilde bozulması engellenir. Ancak özellikle vektör görüntülerde çizimin katmanlı oluşturulması sonraki adımda raster dönüşümde katmanların kaybolmasına neden olabilir. Vektörel görüntü oluşturan yazılımlara esneklik kazandırması için ve özelleştirilebilmesi için programlanabilirlik özelliği eklenmiştir. Visual Basic¹⁰⁸ tabanlı bu özellik kullanıcının bazı durumlarda yazılıma müdahale etmesini sağlar. Katmanlı vektörel görüntülerin raster görüntüye dönüştürülürken kayba uğramaması için kullanılır.¹⁰⁹

Tasarımcılar genellikle pek çok farklı bakış açısından tasarımlarına bakmak ve bu sayede sunum için en uygun, en etkili, en açıklayıcı bakış açısını yakalamak isterler. Farklı bakış açıları ile aynı pafta üzerinde veya sanal ortamda sunum yapmak tasarımcının eserini daha iyi tanıtmaya yardımcı olur.¹¹⁰ Çünkü tasarımcı kendinden çok eserini veya ürününü ifade eder.¹¹¹ Tek bir çizim veya tek bir görüntü tasarımı veya eseri tam olarak anlatamaz.



Şekil 3.58. Farklı açılardan render görüntüsüne bakış

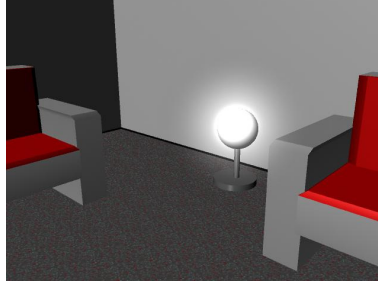
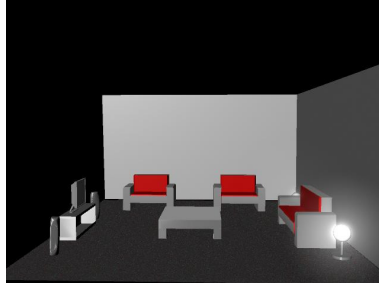
Şekil 3.58. ve Şekil 3.59.'da aynı mekânın farklı bakış açılarından elde edilmiş sayısal render görüntüleri yer alır. Bu görüntüler sadece mouse yardımıyla farklı açılarda elde edilirler.

¹⁰⁸ Microsoft'un geliştirdiği ileri uygulamalı bir programlama dili

¹⁰⁹ Onstott, S., 2005. *Enhanced CAD Drawings with Photoshop*, Sybex.

¹¹⁰ Novitski, B. J., 1998. *Rendering Real and Imagined Buildings*, Rockport Publishers

¹¹¹ Bayrakçı, O., S. Bıyıkhoğlu' nun *Grafik Tasarımı*, 2004. *Çağdaş İletişim Kuramları açısından Tasarımda İletişimsel Modeller*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul



Şekil 3.59. Farklı açılardan render görüntüsüne bakış

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde bilgisayarın amaca uygun verimli kullanıldığında, yararlı ve vazgeçilmez bir araç olduğu tartışmasız kabul edilen bir gerçektir. Tasarımcının tasarımlarının hem hayal ettiği şekliyle ortaya konmasına olanak verir, hem de gerçek dünyada üretiminden ve inşasına kadar tüm aşamaların kontrol edilmesini sağlar. Bugünün dünyasında birçok meslek ve disiplinle işbirliği içinde olmayı gerektirir.

Bilgisayar ve teknoloji sayesinde tasarım eğitimi almamış kişiler tasarım adı altında işler yapmaya başlamıştır. Ancak ortaya konanlardan anlaşılabileceği üzere bir eğitim mutlaka gerekmektedir. Sadece işletmen olarak bilgisayarı çok iyi kullanmak verimli işler üretilmesine yetmez. Alt yapısı olmayan kişilerin iyi teknoloji kullanım becerisi ile bu işin altından kalkabilecekleri de düşünülemez.

Görüntü işleme tekniklerini iyi bilmek, ancak bu teknikleri sayısal ortamda uygulayamamak, tasarımın sonucunu etkileyecektir. Aynı bağlamda sayısal teknolojiyi iyi kullanmak ancak görüntü işleme tekniklerini bilmemek de tasarım sonucunda belirleyici olacaktır.

Üniversitelerdeki sayısal görüntü işleme eğitimi de buna paralel olarak temel sanat ile birlikte teknik resim, perspektif eğitimi almış öğrencilere verilmelidir. Böylece daha başarılı çalışmalar yapacak olan bu öğrenciler kendi bölümlerinde aldıkları temel eğitimi sayısal teknoloji becerisi ile bir arada geliştirerek kolaylıkla uygulamaya sokabileceklerdir. Farklı türlerdeki veriler de işlenerek sonuca ulaşma kolaylaştırılacaktır. Bu da, kaliteyi artırma yönünde daha kısa sürede çalışmayı sağlayacaktır. Bu eğitimlerden sonra alınacak yazılım eğitimi ile başarılı çalışmalar yapılmasına olanak sağlanacak, görüntü işleme yazılımlarının işleyişini algılayan öğrenciler daha kolay ve çok alternatifli eserler ortaya koyacaklardır.

Hassasiyet gerektiren çizim ve tasarımlarda bilgisayarın kullanılması kaçınılmaz olmaktadır. Geleneksel yöntemlerle yapılacak hassas çizimler ve bu çizimlere bağlı olarak yapılacak görselleştirmeler çok uzun süren tecrübeler ve el becerisi gerektirir. Araç olarak bilgisayarı kullanmak ve görselleştirme için oluşan bu sayısal

görüntülerden yararlanmak eğitim ve el becerisinin yanında teknoloji kullanma becerisini de beraberinde getirir. Bu üç etken birleştğinde ancak ortaya iyi eserler çıkacaktır.

Genellikle tasarımın sadece güzellik ve estetik olduğu zannedilir. Oysa ki; tasarımın kullanılabilirliği, gerçek hayata uygulanabilirliği ve fonksiyonel olması da önemlidir. Bütün bu özellikleri ile tasarımı bir süreç olarak algılayıp sayısal görüntülerden olabildiğince yararlanıp hesaplamaları, sunumu bu görüntüler üzerinden yapmak tasarımcıyı rahatlatan ve işini kolaylaştıran bir unsurdur. Ancak sayısal görüntülerle de uğraşırken temel (fundamental) tasarım, ilkelerini aynen uygulamak önemlidir. Görsellik önemli bir etken olarak karşımızdadır. Dolayısıyla görselliği oluştururken temel ilkelere de sadık kalınmalıdır.

2B tasarımın temel ilkeleri olarak tekrarlama, form, yapı, benzerlik-similarity, gradation, radiation, anomaly, contrast, concentration, doku elemanları sayılır. Bütün yazılımların temeli bu ilkelere dayanır. Sayısal görüntüyü oluştururken kullandığımız çoğu komutun arka planında bu ilkeler vardır. Geleneksel temel tasarım eğitimi almış öğrencilerin bilgisayarda aynı görüntüleri sayısal olarak oluştururken veya düzenlerken daha başarılı olmalarının nedeni budur.

Tasarım eğitimi veren okullarda geleneksel tasarım yöntemleri eğitimi ile birlikte yeni tasarım yöntemlerinin anlatılması ve buna bağlı olarak çizim ve tasarım yazılımları eğitiminin verilmesi önerilmektedir.

Tasarım dünyasında çalışan kişilerin matematik, bilgisayar bilimleri ile ortaklaşa çalışmalar yapmaları da gerekir. Farklı disiplinler farklı bakış açılarını ve tekniklerini de beraberinde getirir. En güzel örneği **Design Pattern** uygulamalarıdır. Tasarımın artık algoritma şeklinde izlenebilen bir süreç haline dönüştürülmesi ve bu sürecin gerektiği yerde, gerektiği kadarıyla kullanılması esasına dayanır. Yazılım mühendisliğine ait olan ve **Tasarım Örüntüleri** olarak Türkçeleştirilen bu kavram modellemenin profesyonelce ve başarıyla tasarlanmasını sağlayacak çeşitli desenlerin oluşturulmasını sağlar. Aynı zamanda oluşturulan bu desenlerin başka modellemelerde de kullanılmasına olanak sağlar. Bir tasarımın şekillenirken gerçeğe uygun, sanatsal yönü başarılı tasarım olmasını sağlayacak yöntemlerden oluşur.

Genel bir tanımlama yaparsak “Bir tasarım problemini en basit ve en efektif bir şekilde çözüme kavuşturacak yöntemdir”.¹¹²

Tasarım örüntüleri konusunun öncülerinden sayılan matematikçi mimar “Christopher Alexander’ın kitabı **Bir kalıp\desen\örüntü problem kümemizde yer alan ve yüzlerce defa karşılaştığımız problemlere çözümler sunar ve böylelikle aynı problemleri çözmek için her seferinde en baştan başlamayız** cümlesi ile başlar”.¹¹³ Bu örüntülerin kullanılma nedenlerinin başında her defasında kullanılabilir olması gelir. Bunu sağlayan ise nesneye dayalı programlama tekniğinin esnekliğidir. Klasik programlama yöntemlerinden farklı olarak tekrar tekrar kullanma şansı verir.

Tasarım örüntülerinin ortaya çıkışı, disiplinler arası ortak çalışmanın gerekliliğini bir kez daha ortaya koyar. Yazılım mühendisleri ve tasarımcıların birlikte çalışmaya başlaması iyi tasarımların ortaya çıkmasını sağlamakla birlikte tasarımda karşılaşılan ortak sorunların her defasında çözümlenmesi işlemini de ortadan kaldırmış olur.

Gelecekte kullanılacak tasarım şekli olarak görülen bu kavram, sayısal görüntülerin algoritmalar ve yöntemlerle oluşturularak sürekliliğin sağlanmasına katkıda bulunacaktır. Design Patterns, üniversitelerin Bilgisayar ve Elektronik Mühendisliği bölümlerinde ders olarak okutulmaktadır. Tasarımcılara da modellemede önemli kolaylıklar sağlayacak, sorunlarını çözmede zaman kazandıracaktır.

¹¹² <http://www.csharpnedir.com/makalegoster.asp?Mid=134>, 18 Nisan 2008.

¹¹³ <http://www.bidb.itu.edu.tr/?d=369>, 18 Nisan 2008.

KAYNAKLAR

Akbulut, R., *Coğrafi Bilgi Sistemleri Ders Notları*, İstanbul.

Agoston, M.K., 2005. *Computer Graphics And Geometric Modeling*, London. Springer.

Akçadoğan, I.İ., 2006. *Temel Sanat Eğitimi ve Dijital Ortam*, Epsilon, İstanbul.

Barnard, M., 2002. *Sanat, Tasarım ve Görsel Kültür*,. Ütopya, Ankara.

Bayrakçı, O., S. Bıyıkhoğlu' nun Grafik Tasarımı, 2004. *Çağdaş İletişim Kuramları açısından Tasarımda İletişimsel Modeller*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Berger, J., Ekim 2006. *Görme Biçimleri*, Metis, İstanbul.

Bıyıkhoğlu, S., 1992. Grafik Tasarımın Yeni Görsel Dilinin Şekillenmesinde Bilgisayar Tekniklerinin Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Grafik Anasanat Dalı Grafik Tasarımı Programı, İstanbul.

Brinkmann, R., 1999. *The Art And Science Of Digital Compositing*, Morgan Kaufmann, San Diego.

Cater, R., *Computer Graphics: For Craft, Design and Technology*, Longman.

Cotton, B. and Richard O., 1997. *Siberuzay Sözlüğü*, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul.

Çetin, A., 2003. *Bilgisayar Grafikleri*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Togay, N., Dizi sor., 2002. *Mimarlık ve Sanallık*, Boyut Yayıncılık, İstanbul, 27.

Karaçay, T., 21-24 Eylül 2004. *Mantık, Matematik ve Felsefe II.Ulusal Sempozyumu*, Başkent Üniversitesi, Ankara.

Karamustafa, S., 2003. 21. Yüzyıl Türkiye'sinde Görsel İletişim Tasarımı Eğitimi : Gelişmiş İletişim Teknolojileri Çağında, Türkiye'deki Grafik Tasarım Eğitiminin Geleceğine İlişkin Bir Model Önerisi, *Sanatta Yeterlik Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Grafik Anasanat Dalı Grafik Tasarımı Programı, İstanbul.

Kılıç, L., 2003. *Görüntü Estetiği*. İnkılapYayınevi.

- Mealing, S.**, 1997. *Computers&Art*. Intellect.
- Nesin, Ali.**,2002. *Matematik ve Doğa*. İstanbul Bilgi Üniversitesi, İstanbul.
- Novitski, B. J.**, 1998. *Rendering Real and Imagined Buildings*, Rockport Publishers.
- Onstott, S.**, 2005. *Enhanced CAD Drawings with Photoshop*, Sybex.
- Prueitt, M.L.**, 1975. *Computer Graphics*. Dover Publications, New York.
- Robins,K.**, 1996. *İmaj Görmenin Kültür ve Politikası*. Routledge.
- Rogers, David F. and Adams, J.A.**, 1976. *Mathematical Elements for Computer Graphics*, McGraw-Hill, New York.
- Sarıkavak,N.K.**, 2005. *Sayısal Tipografi 1*. Başkent Üniversitesi, Ankara.
- Steele, J.**, 2001. *Architecture and Computer*, Laurence King Publishing, London, 34,39,82,111,179,198,202,203.
- Tokman, L.Y.**, 1999. Bilgisayar Teknolojisinin Mimarlık Lisans Öğretimine Etkilerinin Araştırılması, *Doktora tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı, İstanbul, 74,75.
- Tunalı, İ.**, 2002. *Tasarım Felsefesine Giriş*, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul.
- Uçar, T.F.**, 2004. *Görsel İletişim ve Grafik Tasarım*, İnkılap.
- Weaver, K.F.**, January 1969.Remote Sensing, *National Geographic*, 59,61.
- Wong,W.**, 1972. *Principles Of Two-Dimensional Design*, Wiley, New York.
- Yamık,H.**, Nisan 2004. *Masaüstü Yayıncılık*, Dönence Basım.
- URL-1, <http://fraktal.tr.ogarnij.pl/>, 21 Mart 2006.
- URL-2, http://tr.wikipedia.org/wiki/Dijital_veri, 04 Haziran 2007.
- URL-3, http://tr.wikipedia.org/wiki/Georg_Cantor, 03 Eylül 2007.
- URL-4, <http://www.bote.odtu.edu.tr>, 28 Ocak 2007.
- URL-5, http://www.cse.unr.edu/~bebis/CS308/PowerPoint/IP_Fundamentals.ppt, 08 Haziran 2007.
- URL-6, http://www.eniyidijital.com/course/DC_Basics.php, 10 Mart 2006.
- URL-7, <http://www.fizikvizyon.bz.tc/kaos.html>, 10 Nisan 2006.

- URL-8, <http://www.ieee.metu.edu.tr/~teke/>, 01 Mayıs 2006.
- URL-9, <http://www.iyte.edu.tr/~hakankutucu/stegano.doc>, 23 Mart 2006.
- URL-10, <http://www.matder.org.tr/bilim/hhfg.asp?ID=70>, 21 Mart 2006.
- URL-11, <http://www.memocal.com/bgvh/BilimTeknolojiHaftasi-Teknoloji.asp>, 28 Ocak 2007.
- URL-12, <http://www.msakademik.net>, 13 Mart 2006.
- URL-13, <http://www.odtumd.org.tr/calismagr/yayin/bulten/119/fraktal.htm>, 27 Mart 2006.
- URL-14, <http://en.wikipedia.org/wiki/Pixel>, 10 Nisan 2008.
- URL-15, <http://www.cigdemmatbaa.com/sozluk.asp>, 09 Mayıs 2006.
- URL-16, http://forum.donanimhaber.com/m_2394449/tm.htm, 09 Mayıs 2006.
- URL-17, <http://matematikci.org/akademi/kucukler.htm>, 10 Nisan 2006.
- URL-18, <http://www.microsoft.com/turkiye/WindowsXP/digitalphotography/gopro/organize/rawfiles.asp>, 10 Mart 2007.
- URL-19, <http://www.arkitera.com>, 11 Mart 2008.
- URL-20, <http://www.architectureweek.com>, 11 Mart 2008.
- URL-21, <http://www.daimi.au.dk>, 18 Mart 2008.
- URL-22, <http://www.achievement.org/.../achievers/geh0-030>, 20 Mart 2008.
- URL-23, http://tr.wikipedia.org/wiki/Tasar%C4%B1m_desenleri, 18 Nisan 2008.
- URL-24, <http://www.csharpnadir.com/makalegoster.asp?Mid=134>, 18 Nisan 2008.
- URL-25, <http://www.bidb.itu.edu.tr/?d=369>, 18 Nisan 2008.
- URL-26, http://scienceblogs.com/goodmath/2007/07/the_mandelbrot_set_1.php, 22 Nisan 2008.
- URL-27, <http://www.3dtemple.com.au/images/Neville-Brody002.jpg>, 18 Mart 2008.
- URL-28, <http://www.3dtemple.com.au/images/Neville-Brody.jpg>, 18 Mart 2008.
- URL-29, <http://www.3dtemple.com.au/images/carson-003.jpg>, 4 Nisan 2008.

- URL-30, http://www.goruntuisleme.org/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=2, 25 Ağustos 2006.
- URL-31, http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/Frank_Gehry, 18 Nisan 2008.
- URL-32, <http://www.cs.washington.edu/research/metip/about/digital.html>, 8 Haziran 2007.
- URL-33, <http://cache.eb.com/eb/image?id=72720&rendTypeId=4>, 4 Nisan 2008
- URL-34, <http://www.kimkimdir.gen.tr/kimkimdir.php?id=3004>, 04 Nisan 2008.
- URL-35, <http://www.ninanoor.co.uk>, 11 Mart 2008.
- URL-36, <http://www.smt.city.sendai.jp>, 11 Mart 2008.
- URL-37, http://www.turningtorso.com/html/grafik_ny/bildarkiv/perspektiv2_li.jpg, 01 Mayıs 2008.
- URL-38, <http://www.mimarlikmuzesi.org/biyografi.asp?id=315>, 04. Nisan 2008.
- URL-39, <http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/mam3.jpg>, 04 Nisan 2008.
- URL-40, http://ecx.images-mazon.com/images/I/51PK8T4MADL_AA240.jpg, 18 Mart 2008.
- URL-41, [http://www.itea.arcelor.com/imagenes/edificios/estado/223-126-Guggenheim%20\(Large\).jpg](http://www.itea.arcelor.com/imagenes/edificios/estado/223-126-Guggenheim%20(Large).jpg), 01 Mayıs 2008.
- URL-42, <http://www.kenknowlton.com/pages/04portrait.htm>, 13 Nisan 2008.
- URL-43, <http://www.soban-art.com/short-symmetry05.asp>, 05 Haziran 2006.
- URL-44, <http://www.soban-art.com/cgenart.asp>, 05 Eylül 2006.
- URL-45, http://www.csharpnedir.com/makale_yazdir.asp?Mid=657, 23 Ağustos 2006

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini bitirdim. 1992-1999 yılları arasında özel sektörde çalıştım. Halen Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Enformatik Bölümü'nde öğretim görevlisi olarak çalışmakta ve Bilgisayar I-I, Bilgisayar Destekli 2-Boyut, Bilgisayar Destekli 3-Boyut, Görüntü İşleme Teknikleri I-II derslerini yürütmekteyim.