

KENTSEL MEKAN ORGANİZASYONUNDAKİ FARKLILIKLARIN FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

H. Serdar KAYA,¹ Fulin BÖLEN²

ÖZET

Kentler planlı ve zaman içinde kendiliğinden gelişim olmak üzere iki farklı evrim süreci izleyebilmektedir. Bu iki sürecin fiziksel çevreye yansımaları farklı mekansal organizasyonların oluşumu şeklinde olmaktadır. Bu farklılıklar, aynı ölçekteki fiziksel çevre bileşenlerinin birbirleri ve farklı ölçeklerdeki bileşenlerle etkileşimleri açısından irdelendiğinde, tümdengelim yöntemi ile planlama yaklaşımında yerleşme bütününde düzen sağlanırken alt ölçekteki ilişkilerin ihmal edildiği, veya farklı ölçeklerdeki sistemler arasında olması gereken hiyerarşik sistemin yeterince kurulmadığı görülmektedir. Diğer yandan tamamen kendiliğinden gelişen yerleşmelerde ise bütünsel bir sistemden söz etmek mümkün olamamaktadır. Kentsel fiziksel çevreyi oluşturan sistem ve alt sistemlerin birbirleri ile, kullanıcı ile ve kent bütünü ile kurduğu ilişkiler sonucu oluşan karmaşık sistemi bileşenlerine ayırarak ayrı incelemek yerine mekansal organizasyonun farklı ölçeklerde sahip olduğu karmaşıklık düzeyini incelemek, sistemin anlaşılması açısından önemli katkılar sunmaktadır. Kentlerin kompleks ve yüksek derecede organize olan yapısının anlaşılmasına yönelik çalışmalar incelendiğinde, kentlerin kompleks yapısının anlaşılması ve matematiksel yöntemlerle nesnel sonuçlar alınması açısından kaos teorisi ve fraktal geometrinin uygun bir taban oluşturduğu görülmektedir. Kaos teorisi kompleks, açık sistemlerin açıklanmasına yardımcı olurken, fraktal geometri yöntemi hem biçimsel farklılıklardan bağımsız olarak karmaşıklık derecesini ölçmekte hem de mekan öğeleri arasındaki etkileşimler ve oluşum sürecinin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Kentlerin mekansal yapısı ile fraktal geometri yöntemi üç açıdan paralellik göstermektedir:

Fraktal Boyut/ Mekansal Boyut Kavramları:

Mekanın fiziksel yapısını oluşturan elemanlar -arkadlar, saçak ve tenteler, cumba ve çıkmalarda olduğu gibi- geometrileri, içerdikleri doluluk-boşluklu yapıları ile fraktal boyut değerlerine sahiptir.

Fraktal Hiyerarşi/ Mekansal Hiyerarşi Kavramı:

Fraktal hiyerarşi, bir sistemin farklı ölçeklerde benzer özellikler gösterdiği ve sistem işleyişi için bu ölçekler arasında güçlü bağların olması gerektiğini ifade etmektedir. Kentsel sistemin varlığını sağlıklı şekilde sürdürebilmesi için farklı ölçekler arasında hiyerarşik bir düzen olması gerekmektedir. Modern kentlerde görülen, konut yanında üst kademe yol bulunması durumu, çok büyük kütlelere ve düzgün yüzeylere sahip bloklar ise hiyerarşik bağların koptuğu, ara ölçeklerin kaybedildiği örneklerdir.

Fraktal Oluşum/ Mekansal Evrim Süreçleri:

Kentlerin gelişim süreçleri başlangıç koşullarına bağlılık gösterir ve zaman içinde bulunduğu bir durumun tekrar etmemesi nedeniyle tersinmez yapıya sahiptirler. Ayrıca belirli kırılma noktalarında insan faktörünün etkisi ve kent sistemini etkileyen güçler arasındaki kompleks organizasyon sonucu önceki koşulların aynı olmasına rağmen birbirinden çok farklı gelişim süreçleri izlenmesi olasıdır.

Bu kapsamda İstanbul'da geleneksel ve modern olmak üzere farklı karaktere sahip iki örnek alanında farklı ölçeklerde fraktal boyut analizi yapılarak birbiriyle karşılaştırılmış, kentsel açık alan kullanımı ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir.

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi, Taşkılla Binası, 34437 Taksim/İstanbul, Tel: 0212-2492834, Faks: 0212 2517831, e-posta: hserdarkaya@yahoo.com

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi, Taşkılla Binası, 34437 Taksim/İstanbul, Tel: 0212-2931300, e-posta: bolen@itu.edu.tr

Giriş

Kentlerin gelişim süreçleri, kullanıcıların bina ölçeğinde üretim yapması yolu ile alt ölçekten kent bütününe doğru veya tasarımcı tarafından kent bütünü planlanarak gerçekleştirilmektedir. Bu iki süreç kentin strüktürel yapısının farklılaşmasına neden olmaktadır. Kendiliğinden gelişim olarak adlandırılabilir süreçte alt ölçekteki ilişkiler güçlü bağlar şeklinde gerçekleşmekte ve kent sisteminin bütünlüğünü sağlamakta, işleyişini kolaylaştırmaktadır. Bu sürecin yönü alt ölçekten kent bütününe doğru olduğundan çevresel faktörlerdeki değişime tepki olarak gelişen evrim süreci daha kolay ve hızlı olmaktadır. Mevcut problemlerin çözülmesi şeklinde meydana gelen evrim sonucu birtakım "Pattern"ler (Kalıplar) geliştirilmektedir. Bu patternlerin sistemle etkileşerek problemlere cevap verebilmesi geometrisinden daha önemli olduğundan basit Öklid geometrisiyle tanımlanamayacak denli karmaşık geometriler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle geometrileri basit düzene sahip olmasa da kullanıcı ile etkileşime girerek benimsenmeleri yaşam zenginliğine katkıda bulunmaları olanaklı olmaktadır.

Planlanan kentlerin gelişim sürecinde ise temel yaklaşım üst ölçekte kenti düzenli ve anlaşılabilir düzeyde basit bir mekansal yapı haline getirmek şeklindedir. Üst ölçekten başlayarak planlama kent bütünüdür. Kentin düzenli olması, sağlık problemlerinin önlenmesi, yaşam standartlarının geliştirilmesi açısından büyük öneme sahip olmakla beraber, toplumsal ve ekonomik gelişme ile ihtiyaçlar hiyerarşisinde üst seviyelere erişilmesi ile kullanıcının bireysel gereksinimlerini karşılama açısından yetersiz kalmaktadır. Günümüzde net bir şekilde düzenlenen konut formları, yaşayanların özellikleri bilinmeden ihtiyaçlara cevap verecek şekilde tasarlanmaya çalışılmaktadır. Mekan, tüm kentliler yerine belirli kişi veya gruplar tarafından, tasarlandığından kent içindeki tüm mekanların niteliği orada yaşayanlar kadar iyi bilinemeyeceğinden plan üzerinde düzenli görünen fakat strüktürel bağları zayıflamış bir yapı oluşmaktadır. Günümüz kentlerinde karşılaşılan mekansal problemler bu sürecin bir sonucudur.

Endüstrileşme sonrası kentlerde meydana gelen değişimlerin beraberinde getirdiği problemlerin birçoğunun günümüzde de devam ettiği görülmektedir. Geleneksel yerleşmeler ve günümüzdeki kentler karşılaştırıldığında bugün çok daha üstün bir teknolojiye sahip olunması gelişime katkıda bulunurken teknolojinin beraberinde getirdiği hız ve yaygınlaşma, gelişmelerle birlikte problemlerin de daha büyük kitleleri etkilemesine yol açmaktadır. Teknolojinin ön plana çıkmasıyla insan için mekan üretmek yerine çoğunlukla teknik problemlerin dikkate alındığı bazı kalıplar çerçevesinde mekanı oluşturarak insanları burada yaşamaya zorlamanın yaygın bir yöntem haline gelmesi, mekansal problemlere zemin oluşturmaktadır. Bu anlayışın sonucu olarak, kullanıcıların temel ihtiyaçlarından biri olan barınma ihtiyacını karşılamaları gerektiğinden üretilen konutları kullanmak zorunda kalsalar da kamusal açık alanların kullanılmayan ölü mekanlar haline gelmesi mekan üretiminde bir takım problemler olduğunu göstermektedir. Endüstri sonrasında sadece teknoloji, malzeme, mekansal özellikler değil yeni bir yaşam biçimi tanımlanmaktadır fakat bu dönemde gelişen yaşam biçimi ile beraber, kamusal alanların kullanımının azaldığı gözlenmektedir.

Modern mimarinin 'Form fonksiyonu izler' anlayışıyla yapılan yapıların içten dış doğru gelişen tasarım sürecinde, fonksiyonun gerektirdiği sirkülasyonun çözümüne verilen önem yapının dış mekanla ilişkisinde görülmektedir. Bunun sonucunda da kentsel açık alanlar ve çocuk oyun alanlarının düzenlenmesi SLOAP (Space Left Over After Planning) olarak adlandırılan, planlamadan geri kalan alanların düzenlenmesi veya çocuklara bırakılması anlayışını yansıtmaktadır. Bu tür açık alanlar genellikle kullanılmamaktadır (Alexander,1977).



Şekil: Marmara Evleri toplukonut alanında açık alan düzenlemesi

Kentsel açık alanların ve genel olarak mekanların kullanımındaki bu değişimde sosyo-kültürel, ekonomik, teknolojik nedenler yanında mekanların morfolojik özelliklerindeki değişimin de önemli bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Ölçek, oran, geometri, doku vb. birçok özellikteki değişimin insan algısı ile etkileşimi nedeni ile mekan kullanımını etkilenmektedir.

Kentsel açık alanların kullanımında etkili olduğu düşünülen morfolojik farklılıkların matematiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi gözlem yolu ile algılanamayan birtakım özellikler hakkında bilgi vermesi ve nesnel değerlendirme yapılabilmesi açısından önem taşımaktadır. Kentsel mekan analizi genelde kentte etkili olan üst sistemlerin analizi (kent ekonomisi, kent makro formu gibi) veya kenti bileşenlerine ayırma (farklı fonksiyonları ayrı ayrı inceleme, farklı sistemleri ayrı ayrı inceleme, farklı ölçekleri birbirinden ayrı olarak ele alma vb.) şeklinde yapılmaktadır.

Geleneksel yaklaşım olarak adlandırılabilir bu yaklaşımda, sistemler statik, kapalı, determinist sistemler olarak değerlendirilip basitleştirilerek veya parçalarına ayrılarak anlaşılmaya çalışılmaktadır. Geleneksel sistemlerden farklı olan bir yaklaşım da kentin kompleks yapısını anlamaya çalışarak kentsel yaşamın zenginleştirilmesinde etkili olan faktörlerin araştırılmasıdır. Bu noktada sistemlerin özellikleri ve değişim süreçleri ile ilgili olarak matematik, fiziki ekonomi gibi diğer disiplinlerdeki gelişmeler büyük önem kazanmaktadır.

Fizik biliminden çıkan sonuçlar olan "Complexity Theory", "Hierarchy Theory", "Systems Analysis", "Computer Science", "Artificial Intelligence", "Fuzzy Logic" ve "Fractal" ler, evrenin yeni ve son derece karmaşık bir resmini oluşturmak üzere bir noktada birleşmişlerdir. Bu resim 20. yy mimari ve kent planlamasının büyük kısmında görülenin karşıtı bir anlayışı temsil etmektedir (Şen, 2001, Salingaros, 2000). Bu gelişmelere paralel olarak bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler de Hücresel otomata (Cellular Automata; C.A), space syntax, fractal geometry gibi kentsel dinamiklerin simülasyonu için kullanılan yöntemlerin geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır.

Klasik Öklid geometrisinin mimari ve sanattaki yansımaları olan Bauhaus akımı ve Joseph Albers'in renkli karelerinde görülen minimal, düzenli geometrik karelerin kentsel mekana katkıları tartışılmaktadır. Seagram Binası gibi blok halinde gökdelenlerin kentsel mekan açısından olumsuz yönleri görülmüş, insanlar Almanya'da Bauhaus tarzında inşa edilen apartman blokları zamanla terk etmişlerdir. Mandelbrot'a ve onun izinden gidenlere göre bunun nedeni gayet açıktır: Basit şekiller doğanın kendini organize ediş biçimiyle yada insanın dünyayı algılayış biçimiyle aynı dalga boyunda değildir. Düzgün geometriler, kompleks sistemler için yaşamsal olan süreçlerin devamlılığını olumsuz etkilemekte, etkileşimlere kapalı yüzeyler oluşturmaktadır (Peitgen ve diğ. , 1993, Gleick, 1997, Salingaros, 2000).

Basit geometrik bir şeklin; bir ölçeği, kendine özgü bir büyüklüğü vardır. Mandelbrot'a göre, insanın gözünü okşayan sanatta ölçek yoktur; yani, içerdiği önemli unsurlar her büyüklükte olabilir. Mandelbrot, Seagram Binasına karşı, Beaux-Arts'ın heykelleri ve çörtlenleri, köşe taşları ve söve taşları, oymalı kıvrımlarla süslenmiş sütun başlıkları, üstü saraklı ve kenarları çentikli saçak silmeleri ile bezenmiş mimarisini örnek göstermiştir. Paris Opera binası gibi bir Beaux-Arts şaheserinin ölçeği yoktur, çünkü bütün ölçekleri içermektedir. Binaya hangi uzaklıktan bakılırsa bakılsın mutlaka bazı ayrıntılar bulunmaktadır. Yaklaştıkça bu ayrıntıların kompozisyonu değişir ve yapının yeni elemanları görülmeye başlar (Gleick, 1997).

FRAKTAL GEOMETRİNİN MEKANSAL ANALİZ, DEĞERLENDİRME VE TASARIMDA KULLANIMI

Farklı geometrik boyutu ifade eden nokta, çizgi, alan ve hacim her alanda kullanıldığı gibi, mekan tanımlamada da kullanılmaktadır:

Gerçek dünya sadece 0, 1, 2 ve 3 boyutlu nesnelere oluşan basit ve statik bir yapıda değil, aksine son derece kompleks ve dinamik bir yapıya sahiptir. Sadece doğal sayılarla değil, rasyonel sayılarla ifade edilmesi gereken boyutlar söz konusudur. Buçuklu, kırıklı boyutlar anlamına gelen fraktal boyutlu cisimler bulunmaktadır. Bunların bir kısmı bina elemanı, yapı grubu veya daha büyük ölçekte, ulaşım sistemi gibi kentin özelleşmiş bir parçası veya bir yerleşme bütününe kompleks yapısı olarak ortaya çıkar.

Yerleşmenin kompleks yapısı farklı ölçeklerde varlığını sürdürmektedir. Mimari ve planlama ölçeklerinde kullanıcı, plancı veya mimar tarafından yapılan tasarımın temelinde; hareketin organize edilerek, insanın bireysel veya topluluk olarak davranışları yada ölçeğe bağlı olarak araçların hareketine göre mekanın organizasyonu bulunmaktadır. Yapı biriminden, metropoliten kent ve hatta ülke ölçeğine kadar, insan veya taşıt gibi yine insanın kontrol ettiği nesnelere hareketinde ölçek farklılığından kaynaklanan hareket hızının değişmesi gibi bazı nicelikler değişmekle beraber hareketin temel yapısı benzerliğini korumaktadır. Tek bir yapı, hatta yapı elemanından bütün bir kent ölçeğine kadar olan hiyerarşik yapının tamamında fraktal boyut varlığını sürdürmektedir.

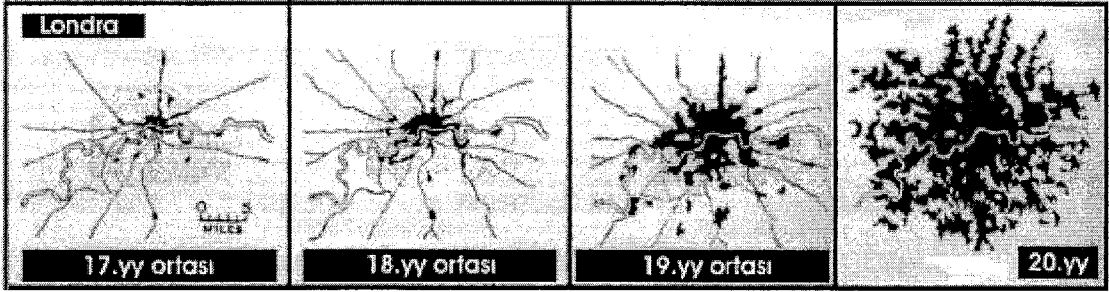
Ayrıca fraktal boyutu zaman içerisinde değişen nesnelere de söz konusudur. Jaluziler, güneş kırıcılar gibi hareketli elemanlar veya daha büyük ölçekli hareketli yapı parçaları boyutu değişken nesnelere örnek olarak gösterilebilir.

Mekanın kaotik yapısı ve fraktal özellikleri farklı ölçeklerde incelenerek anlaşılmasına çalışılmaktadır:

1. Kent Bütünü Ölçeğinde

Kent ölçeğinde, kent morfolojisi, fonksiyonların dönüşümü ve birbirleri ile etkileşimi, çekim alanı oluşturan fonksiyonlar, geçekondü alanları üzerinde araştırmalar yapılmaktadır.

Kent morfolojisinin değişimi ve farklı dönemlerdeki fraktal yapısının incelenmesi kent mekanının değerlendirilmesine farklı bir yaklaşım getirmektedir. Üst ölçekten bakıldığında kent gelişiminin süreklilik gösterdiği ve başlangıç koşullarının kentin gelişimini etkilediği görülmektedir.



Şekil: Londra'nın Fraktal Gelişimi

Batty ve Xie tarafından kuzeydoğu Amerika'da bulunan altı kent üzerin de yapılan araştırmalar sonucunda Albany, Columbus, Buffalo, Pittsurgh, Cleveland ve Syracuse adlı kentlerin fraktal boyutlara sahip olduğu görülmüştür (Batty ve Xie, 1996).

Kentin mekansal organizasyonunda çekicilerin önemi üzerinde yapılan çalışma başarılı bir örnek oluşturmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular şöyle özetlenebilir:

Bu çekiciler kenti organize ederek kullanıcıların kent içinde yönlenmelerini kolaylaştırır. Kent, çekim bölgelerinden oluşur ve bu çekim zonları içerisinde daha küçük ölçekli çekicilerin oluşturduğu çekim zonları vardır.

Genel olarak çekiciler ayrı dinamik formlara sahiptir :

- i. Durağan, sabit noktalar
- ii. Sınırlı dairesel çekiciler
- iii. Yarı periyodik çekici bölgeleri

Tokyo'nun kentsel gelişiminde ayırt edilen temel çekiciler şunlardır:

- i. Sabit, durağan çekiciler: Imperial Palace
- ii. Sınırlı dairesel çekiciler: Tapınak ve dini yapılar
- iii. Kaotik veya garip çekiciler: Tren istasyonları, ticari bölgeler, eğlence bölgeleri
- iv. Donmuş, ölü çekiciler: Kent planlama komitesince çekici olmasına çalışılan fakat gereğinden fazla çekici hale getirilerek aşırı yüklenen bölgeler (Rodin ve Rodina, 2000).

Moon tarafından Kore'de yapılan bir çalışmada Kitakyushu kenti ve Chingu Machi kırsal bölgesinin fraktal boyutları GIS programından faydalanılarak araştırılmış Kitakyushu kent bütününde 1.6579.; kent merkezinde, 1.7590; Chingu Machi'de 1.1997 değerleri elde edilmiştir (Moon, 2002).

2. Kentsel tasarım ölçeğinde

Kentsel tasarımda üç ayrı bileşen bağlantılarla bir araya getirilir: doğal elemanlar, insan aktivite odakları ve mimari elemanlar.

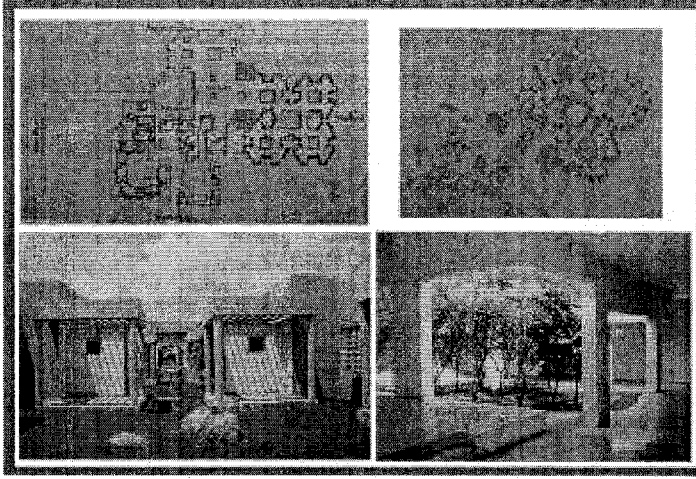
Kentsel açık alanların mekansal yapısı, özel-yarı özel-kamusal alan hiyerarşisi ve bu hiyerarşiye katılan bileşenlerin özellikleri, mimari ve kent ölçeği arasındaki etkileşim konuları üzerinde çalışılmaktadır.

Williams, zemin kaplaması gibi detayların kullanıcı ile yapısal çevre arasındaki bağı güçlendirdiğini vurgulamaktadır (Williams, 2000).

3. Bina ve bina elemanı ölçeğinde

Alt ölçekteki geometrik kompleks yapıları yöneten birçok süreç kent bütününe katkıda bulunmaktadır. Tek yapı ve yapı elemanının geometrik özellikleri, malzeme, renk, doku, ölçek, harmoni gibi kavramlar fizik ve matematik ile ilişkilendirilerek değerlendirilmektedir.

Bovill, fraktal geometrinin mimari tasarıma yardımcı bir araç olarak kullanılabileceğini belirtmekte, aynı zamanda mevcut yapıların analizinde de kullanmaktadır (Bovill, 2000).

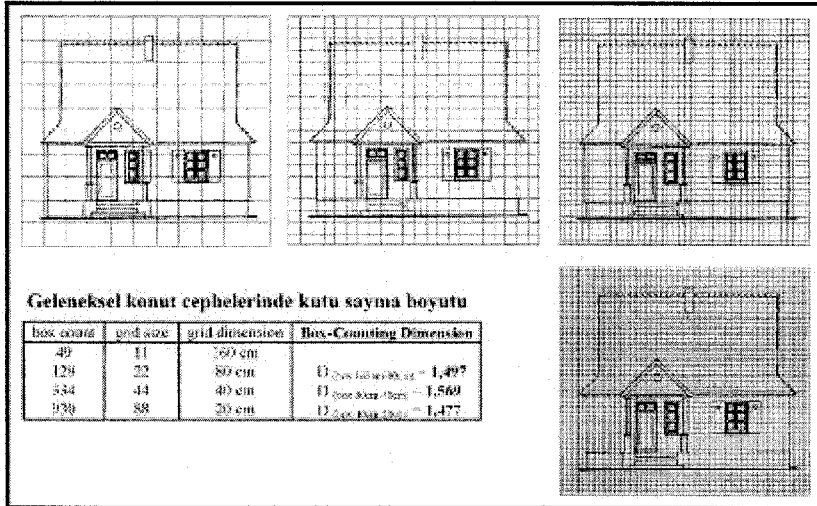


Şekil: Fraktal Boyutlu Mimari Tasarım Örneği (Correa, 1996)

Fraktal geometrinin mekan elemanı olarak ifadesi Charles Correa'nın tasarımlarında görülebilir. Kendine benzerlik özelliğinin görüldüğü plandaki fraktal yapı, mekana arayüzler şeklinde yansımaktadır.

Bu tasarımlarda plan üzerinde görülen kendine benzerlik yolu ile üretilebilen geometri, mekana yine fraktal özelliğe sahip boşluklu yüzeyler olarak yansımıştır.

Zarnowiecka'nın Polonya'daki geleneksel konut cephelerinin değişimi konusunda yapmış olduğu çalışmada bina cepheleri üzerinde fraktal boyut analizleri yapılarak tasarıma yardımcı araç olarak değerlendirilmektedir (Zarnowiecka, 2001).



Şekil: Konut cepheleri üzerinde fraktal boyut analizi

Özetle kaos teorisi ve fraktal geometri çok yönlü ve dinamik yapıları ile, kentsel sistemlerle benzeşmektedirler. Bu nedenle kentsel sistemin farklı yönlerden değerlendirilmesi, bütünsellikten uzaklaşmadan yapılabilir. Kaotik süreç kentsel dinamiklerin işleyişinin

anlaşılmasına yardım ederken, fraktal geometri ile mekanın boyutu, hiyerarşik yapı, karmaşıklık derecesi, oluşum özellikleri değerlendirilebilmektedir. Kent bütünü, kentsel tasarım ve bina ölçeğinde yapılmış olan çalışmalar da bu görüşleri desteklemektedir.

Eğer başarılı bir kente havadan bakılırsa, görüntünün fraktal olduğu açıkça görülür (Batty and Longley,1994). Aksine yapay, ölü bir kent planında yüksek derecede düzen görülürken alt ölçekli strüktürlerin yokluğu dikkat çekmektedir. Başarılı bir kentte ilk bakışta kentsel ağın hiyerarşik yapısı ve otoyoldan patikaya kadar farklı ölçeklerde tamamının karşılıklı ilişki içinde olduğu görülür. Alt ölçekteki strüktür, sonuçta kentin yaşanabilirliğini garanti etmektedir. Üst ölçekli bağlantılar ise daha büyük ölçekli hareketi kolaylaştırmaktadır.

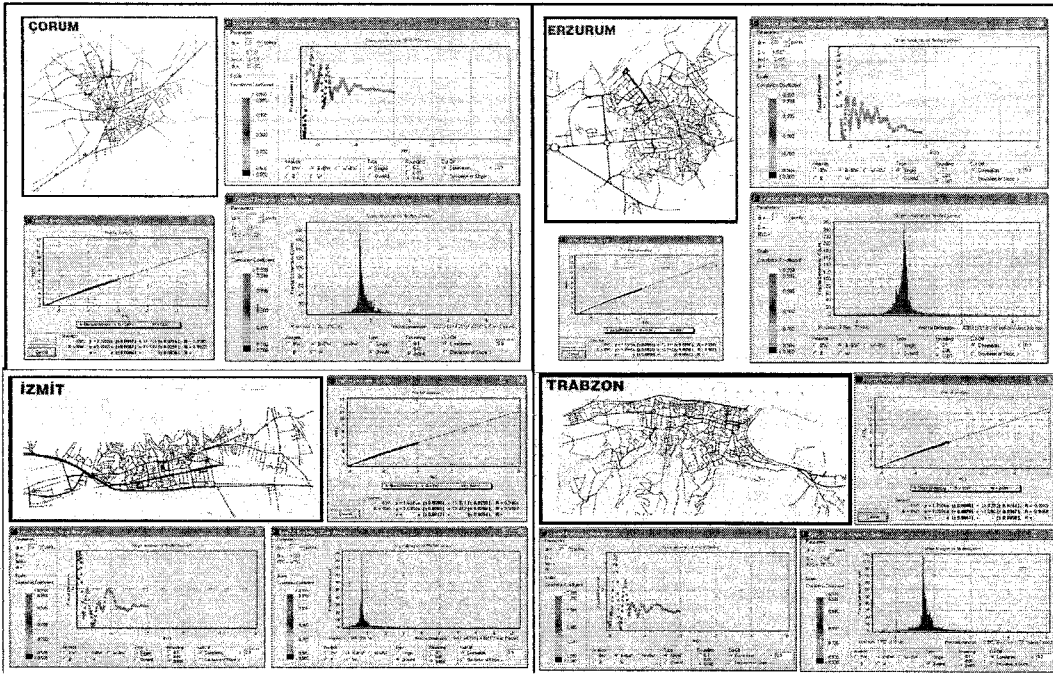
YÖNTEMİN UYGULANMASI

Örnekleme alanlarında yapılan çalışmada, kutu sayma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde farklı "r" kutu boyutlarında gridler şekille çakıştırılmakta ve nesne ile çakışan kutuların sayısı "N" bulunmaktadır. $\log N(r) = D[\log(1/r)] + \log k$ fonksiyonunun lineer kısmının eğimi "D", fraktal boyutu vermektedir. "k" ise fraktal ölçüdür.

Araştırma süreci iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle Türkiye'deki bazı geleneksel kent dokuları üzerinde fraktal yapı analizleri yapılmış, daha sonra örnekleme alanlarından elde edilen veriler üzerinde analizler yapılmıştır. Alan çalışmasının iki kademeli olması, Türkiye'deki geleneksel kent dokularının fraktal boyuta sahip olup olmadığının belirlenmesi, farklı kent dokularının benzer karmaşıklık düzeyi sergileyip sergilemediklerinin görülmesi, bu değerlerin örnekleme alanlarından elde edilen verilerle karşılaştırılması açısından önemlidir.

Türkiye'deki Bazı Geleneksel Kent Dokularının Fraktal Boyutlarının Hesaplanması

Belirlenen yöntem, ilk olarak Çorum, Erzurum, Giresun, İzmit, K.Maraş, Mardin, Siirt, Sivas ve Trabzon kentlerinin geleneksel dokuları üzerinde kullanılarak fraktal değerler elde edilmiştir. Geleneksel kentler üzerinde yapılan çalışma, Türkiye'deki geleneksel kent dokularının benzer karmaşıklık derecesine sahip olup olmadıklarının belirlenmesi açısından önemlidir. Ayrıca bu kentlerin fraktal değerlerinin hesaplanması, belirlenen örnekleme alanlarının komplekslik derecelerini yansıtan fraktal değerlerinin karşılaştırılabileceği birer örnek oluşturması ve geleneksel Türk kent dokusunun fraktal değeri hakkında fikir vermesi açısından önemlidir. Yöntemin Türkiye'deki geleneksel yerleşme dokuları üzerinde uygulanması sonucu şu değerlere ulaşılmıştır:



Şekil : Türkiye’deki bazı geleneksel Kent yol dokularının fraktal boyutu

Tablo: Geleneksel Yerleşimler ve Örneklem Alanlarının Yol Dokusu Fraktal Değerleri

Çorum	1.726
Erzurum	1.886
Giresun	1.493
İzmit	1.666
Maraş	1.749
Mardin	1.672
Siirt	1.76
Sivas	1.85
Trabzon	1.707

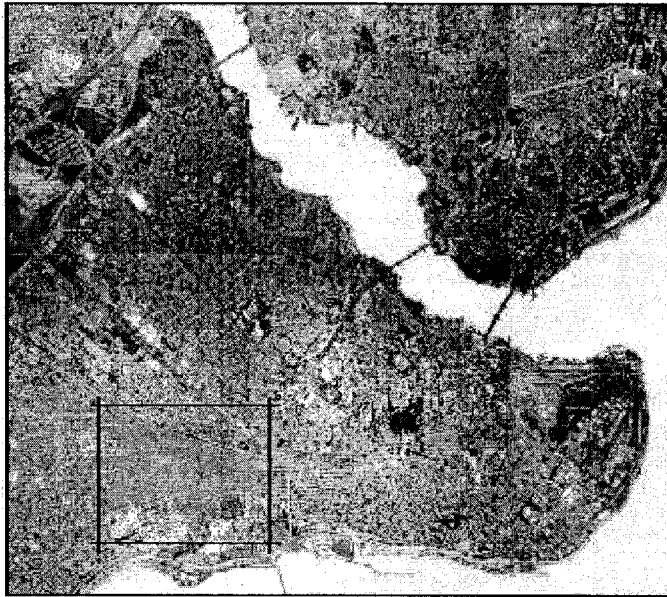
Geleneksel kent dokularının hesaplanan fraktal boyutları incelendiğinde, kentlerin çoğunda yaklaşık 1,7 değeri görülmektedir.

Örneklem Alanlarında fraktal boyut analizi

Yöntemin sınanması için birbirinden farklı karaktere sahip iki örneklem alanı belirlenmiştir. Bu alanların seçimindeki amaç biri modern dönem karakteri taşıyan ve ülkemizde yaygın olan toplukonut anlayışı ile her ne kadar tamamıyla korunmuş olmasa da geleneksel yapıların bulunduğu tarihi bir bölgenin mekansal yapılarının karşılaştırılabilmesidir. Seçilen alanlardan biri son yıllarda yapılmış olan ve ikinci etabının inşası sürmekte olan, E5 Ambarlı kavşağı ile Ambarlı Limanı arasında bulunan Marmara Evleri' nin birinci etabıdır. Diğer örneklem alanı ise Tarihi yarımada'da Fatih ilçesi sınırları içerisinde, Millet caddesi, Namık kemal Caddesi, Kızıl Elma Caddesi, Kocamustafa Paşa Caddesi, Küçük Langa caddesi ve Yokuşçeşme Sokak tarafından sınırlanan;Cerrahpaşa, Çakırağa, Keçihatun, Kürkübaşı ve Nevbahar mahallelerini içeren alandır.

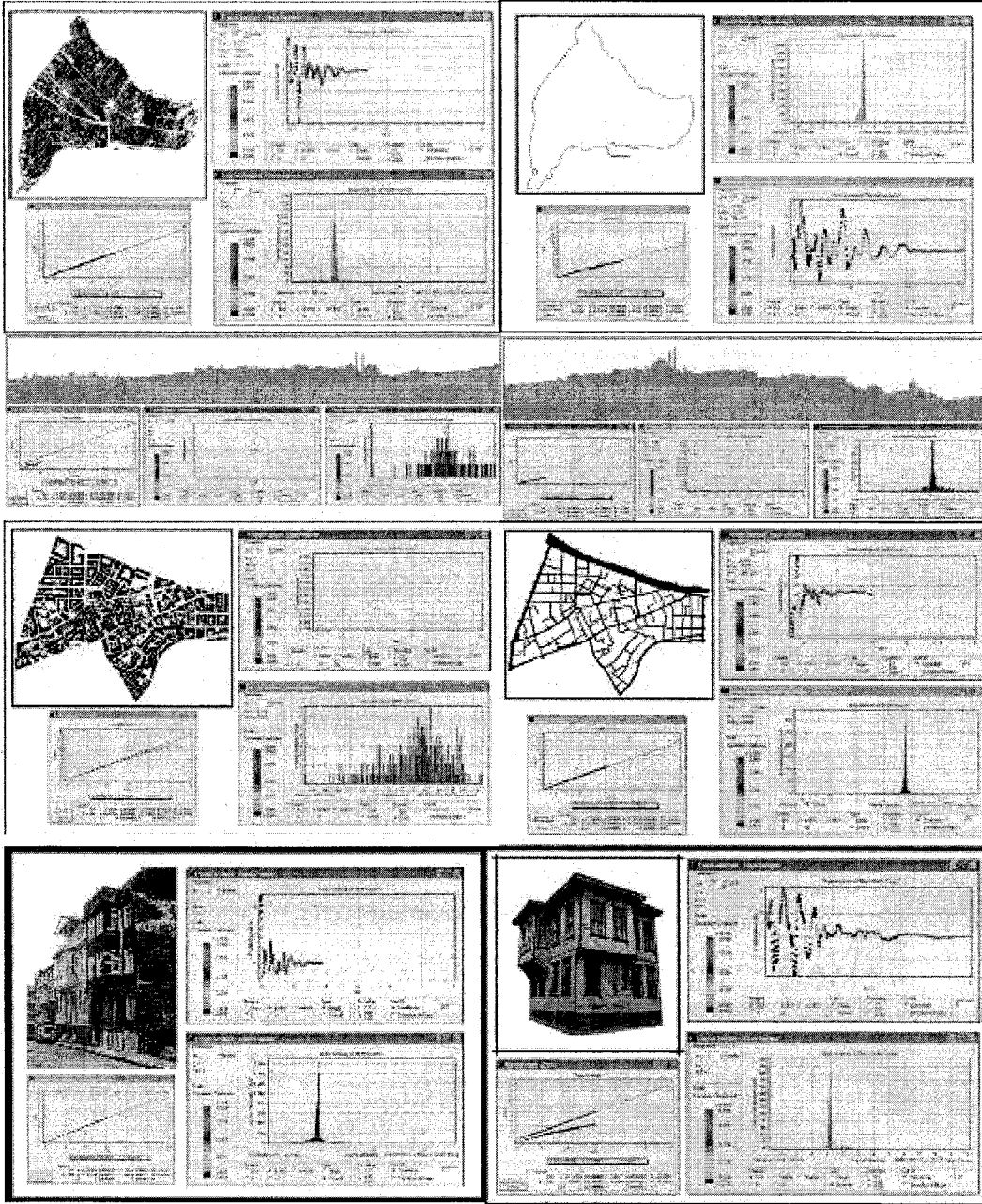
Örneklem Alanı 1: Cerrahpaşa Bölgesi

Örneklem alanlarından Cerrahpaşa bölgesi,Tarihi yarımada içerisinde konumlanmış olup fiziksel özellikleri açısından çevresiyle bütünlük göstermektedir. Bu nedenle Cerrahpaşa bölgesinin fraktal yapısının belirlenmesi sürecinde tarihi yarımada ölçeğinden başlanıp örneklem alanı içerisindeki yapı elemanı detayına kadar farklı ölçeklerde hesaplar yapılmış, bu değerler ve aralarındaki ilişki irdelenmiştir.



Şekil: Cerrahpaşa örneklem alanının kent içindeki konumu

Tarihi yarımada bütünüünün fraktal değeri hesaplandığında geleneksek Türk kent dokularından elde edilen değerlerle paralellik gösteren 1.773 değeri bulunmuştur. Daha sonra örneklem alanı olarak belirlenen Cerrahpaşa bölgesi bütünüünde kütle organizasyonu ve ulaşım sistemine göre fraktal değerler hesaplanmış, alandaki tüm yapı adalarının fraktal değerleri belirlenmiştir.



Tarihi yarımada kütle organizasyonunun fraktal değeri olarak belirlenen 1.773 değeri geleneksel Türk kentlerinden elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir. Bu sonuç, tarihi yarımada ile geleneksel dokuların benzer komplekslik derecesinde oldukları anlamına gelmektedir.

Tarihi yarımada sınır çizgisinin fraktal boyutu incelendiğinde İngiltere kıyı sınırının fraktal değere sahip olması gibi fraktal bir değerle karşılaşılmaktadır. Elde edilen 1.2 değeri, kıyı sınırının uzayda basit tek boyutlu bir çizgiden daha fazla bir yer kapladığı ve farklı ölçeklerde kırıklık özelliğini koruduğunu ifade etmektedir.

Tarihi yarımada silüetinde ufuk çizgisini oluşturan hattın hareketliliğine bağlı olarak

farklı fraktal değerler elde edilmiştir. Bu değerler 1.05, 1.12 ve 1.43 olmak üzere üç farklı değer almaktadır. Topografyadaki hareketlilik, doğal elemanların varlığı ve dini yapıların girintili çıkıntılı ve eğrisel sınırları ufuk çizgisinin fraktal değerinin artmasına katkıda bulunan unsurlardır.

Cerrahpaşa kütle organizasyonunun fraktal değeri:

Cerrahpaşa kütle organizasyonunun fraktal değeri 1.827 olarak hesaplanmıştır ve bu değer hem geleneksel Türk kent dokuları hem de Tarihi yarımada kütle organizasyonu fraktal değerlerine oldukça yakındır. Tarihi yarımada kütle organizasyonunun fraktal boyutu olan 1.773 değerine olan yakınlığı, Cerrahpaşa bölgesi mekan organizasyonu ile benzerlik gösterdiği ve uyumlu olduğu yönünde ipucu vermektedir. Alanda yapılan analizler ve plan üzerinde yapılan incelemeler de bu benzerliği doğrulamaktadır. Örneklem alanında üçüncü boyuttaki süreklilik nedeniyle alan sınırı kısmen yoğunluğu fazla olan yollar dikkate alınarak belirlenmiştir.

Cerrahpaşa ulaşım sisteminin fraktal değeri:

Çıkma sokaklar, eğrisel hatlı yolların görüldüğü Cerrahpaşa bölgesinde ulaşım sisteminin fraktal boyutu 1.718 olarak hesaplanmıştır.

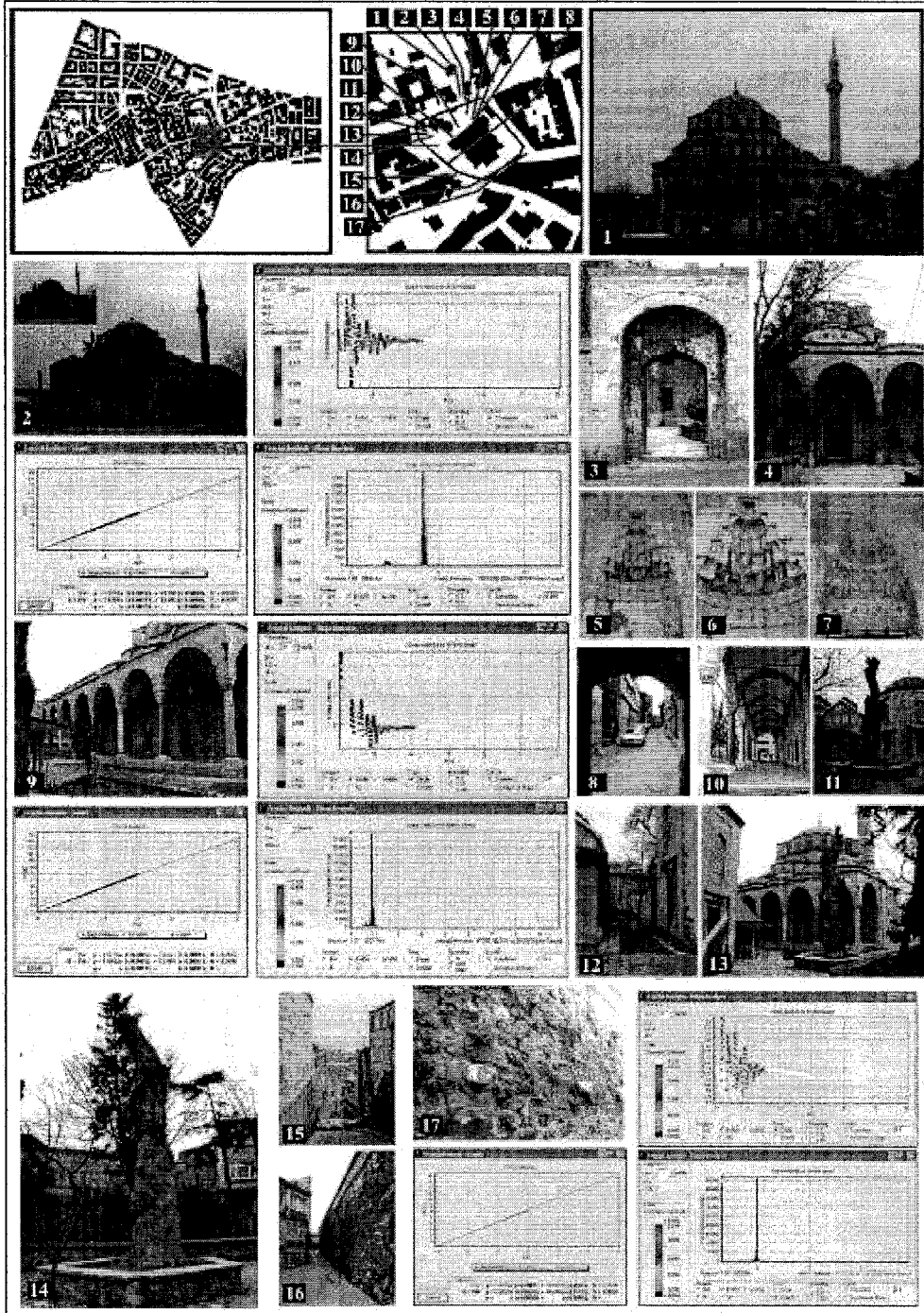
Cerrahpaşa bölgesi sokak ölçeğinde fraktal değerler:

Sokak ölçeğinde yapılan araştırmalarda da fraktal değerlerle karşılaşılmıştır. Bu ölçekte yapılan çalışmada 1.900-1.945 gibi oldukça yüksek değerler elde edilmiştir. Analiz yapılan sokaklardaki yapılar; cumba, çıkma gibi cephede hareketlilik sağlayan elemanlara sahiptirler. Geometrideki bu hareketliliğin yanı sıra ahşap, taş gibi doğal malzemelerin kazandırdığı doku ve detay zenginliği fraktal değeri artırmaktadır.

Sokak ölçeğinde, yan yana gelen binaların çatı formlarındaki farklılıklar ufuk çizgisinde hareketlilik sağlamaktadır. Düşeyde ise farklı düzlemler ayırt edilir. Bunlar: Cumba ve çıkmaların oluşturduğu en öndeki düzlem, bina cephesi ve merdivenli girişlerin oluşturduğu yapı içine giren düzlem olarak algılanmaktadır. Bu düzlemler birbirleriyle bağlantılı olarak iç-dış mekan arasındaki ilişkiyi kuvvetlendirmektedirler. Cumba ve çıkmalar bina içinden dış mekanın daha geniş bir perspektifle algılanmasını sağlarken, merdivenli girişler, bina iç mekanıyla görsel bağlantı kurarlar. Yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerlerde görüldüğü gibi, tek bir düzlem üzerindeki düz-keskin hatlar yerine farklı düzlemler arasında geçişler yaparak oluşturulan bu mekanlar plan üzerinde ve üçüncü boyutta kompleks geometrileriyle fraktal yapı sergilemektedirler.

Cerrahpaşa bölgesi bina ve bina elemanı ölçeğinde fraktal değerler:

Bina ve bina elemanı ölçeğinde yapılan analizler sonucunda değerlerin büyük kısmının 1.9'un üzerinde olduğu görülmüştür. Benzer fraktal değerler; ölçekler arası hiyerarşik bağlantı, etkileşim ve uyum olması anlamına gelmektedir. Fraktal boyutun yüksek olması ise mekan kurgusu, yapı geometrisi ve malzeme dokusunun zenginliğini yansıtmaktadır. Alanda yapılan görsel analizler, sokak ve bina ölçeğinde bahçe duvarları, kırık yollar, cumba ve çıkmalar olarak görülen çeşitlilik, daha detay ölçekte malzeme ve malzemeye bağlı olarak görülen doku farklılaşması olarak ortaya çıkmaktadır. Ahşap, taş gibi doğal malzeme kullanımı, detay ölçekte de geometrinin daha hareketli olmasını sağlamaktadır.



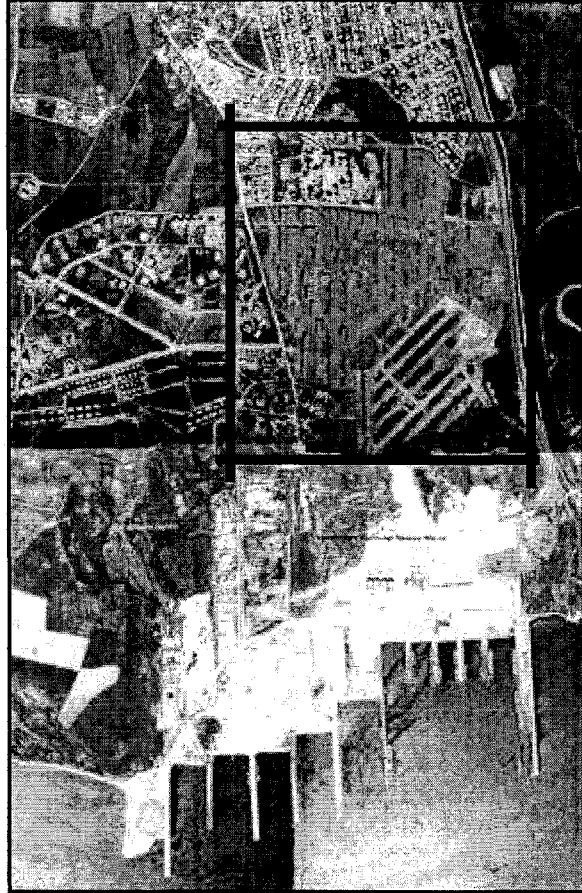
Şekil: Bina ve bina elemanı ölçeğinde fraktal değerler

Bina ve bina elemanı ölçeğinde yapılan ilk üç alanda yapı adası çevresi ve içinde hareket edilerek farklı ölçeklerde analiz yapılmıştır. Yapı adasına yaklaşılrken ilk önce sokak ölçeği, sonra bina ölçeği algılanmakta; daha sonra yapı elemanı ölçeğinde gözlem yapmak mümkün olabilmektedir. Bu alanlarda arkatlar, bitkiler gibi doğal öğeler, duvarlarda nişler, taş ve ahşap gibi doğal yapı malzemeleri fraktal boyut değerlerini arttıran mekansal

öğelerdir. Yapılan analizde bu mekanlarda kullanıcı sayısının arttığı gözlenmiştir. Kullanıcı sayısındaki bu değişim, 1.8-1.9 gibi yüksek fraktal değerlerle mekan zenginliği arasında ilişki bulunduğu şeklindeki varsayımı desteklemektedir.

Örneklem alanı 2: Marmara Evleri

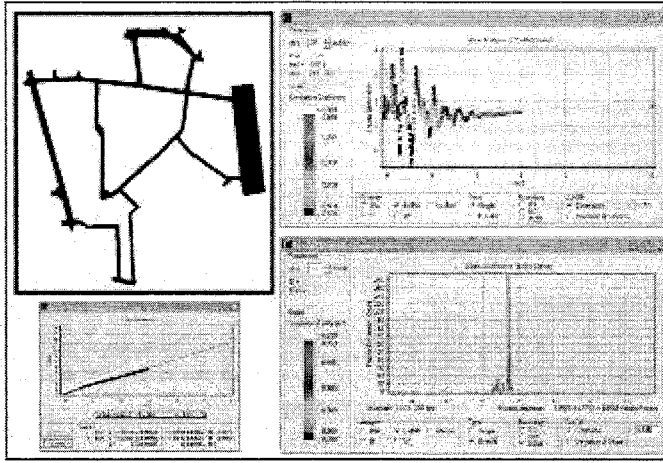
Marmara Evleri -genelde toplukonutlarda olduğu gibi- çevresinden kopuk bir durumdadır. Çevresiyle olan kopukluk sadece mülkiyet ve yollarla sınırlı olmayıp üçüncü boyutta fiziksel ayırıcılar ve mekansal yapı özelliklerini de kapsamaktadır. Bu nedenle Marmara evlerinin üst ölçekle ilişkisinden söz etmek mümkün olmamaktadır. Marmara evlerinin çevresinden kopuk yapısı nedeniyle fraktal yapı analizi üst ölçekte toplukonut alanı ile sınırlandırılmıştır. Marmara evlerinde yapılan çalışmada alan bütününe kütle organizasyonu ve ulaşım sisteminin fraktal yapısı, sokak ölçeğinde ve bina ölçeğinde fraktal yapılar incelenmiştir. Alt ölçeğin binalarla sınırlandırılmasının nedeni bina düzeyinde detay bulunmaması, binaların düz sınırlara ve homojen yüzeylere sahip olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil: Marmara evleri örneklem alanının İstanbul içindeki konumu

Marmara Evleri Ulaşım Sistemi Fraktal Değeri:

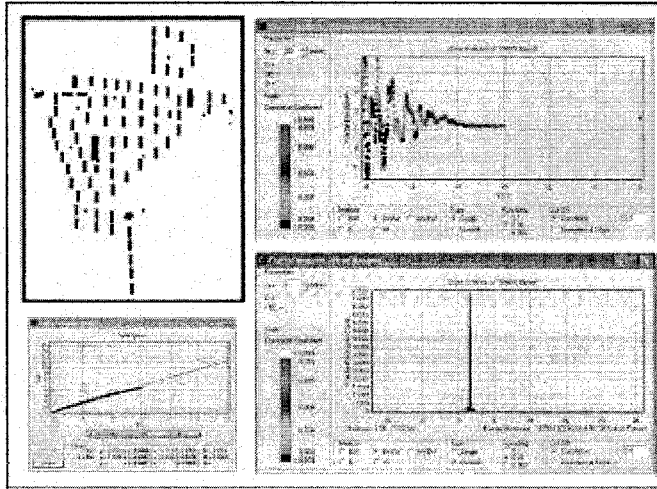
Marmara evlerinin ulaşım sisteminin fraktal boyutu 1.402 olarak hesaplanmıştır. Şekilde görüldüğü gibi toplukonut alanında yollar diğer örneklem alanına göre daha az hareketlidir. Bu nedenle Cerrahpaşa bölgesinin hareketli ve çıkmaz sokaklarla girintili çıkıntılı geometrisinin beraberinde getirdiği yüksek fraktal değer burada görülmemektedir.



Şekil: Marmara Evleri Ulaşım sistemi fraktal boyutu

Marmara evleri kütle organizasyonunun fraktal değeri:

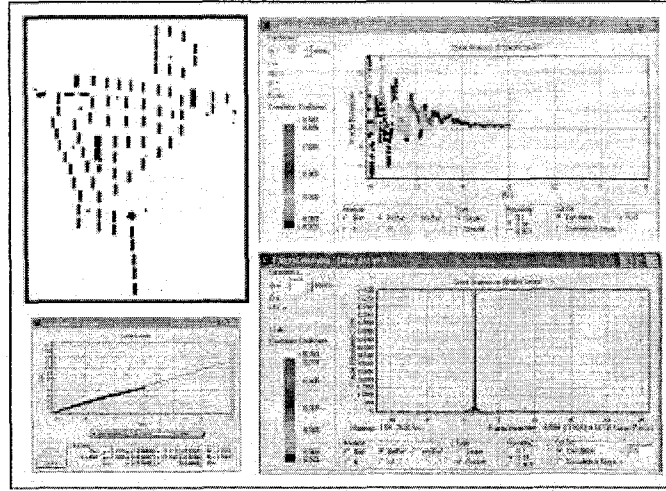
Marmara evlerinde kütleler düzenli görünmekle birlikte tanımsız açık alanlarla çevrelenmiş prizmalar şeklindedir. Benzer basit geometrilerin tekrarı şeklinde tasarlanmış olan toplukonut alanında mekan organizasyonunun fraktal boyutu da Cerrahpaşa bölgesindekiinden daha küçüktür: Cerrahpaşa'da bu değer 1.718 iken Toplukonut alanında 1.402 dir.



Şekil: Marmara Evleri Kütle Organizasyonunun Fraktal Boyutu

Marmara evleri sokak ölçeğinde fraktal değerler:

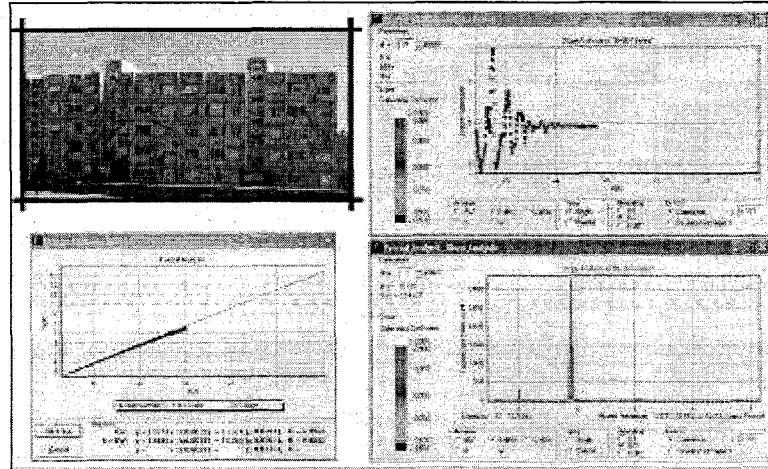
Toplukonut alanında gerek binaların geometri ve malzemesindeki tekdüzelik gerekse kütlelerin konumlanış şekilleri, sokak ölçeğindeki fraktal değerlerin artmasını engelleyici yöndedir. Sokak ölçeğinde fraktal boyut değeri 1.1 olarak hesaplanmıştır. Sadece bir sokağın fraktal değerinin hesaplanma nedeni de binaların tüm alana homojen bir şekilde yayılmış olmasından ve benzer sokak silüetleri oluşturmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil: Marmara Evleri Sokak Ölçeğinde Fraktal Boyut

Marmara evleri bina ölçeğinde fraktal değerler:

Bina ölçeğinde yapılan analizde elde edilen fraktal değerler diğer ölçeklerdeki analizlere kıyasla oldukça yüksektir. Cerrahpaşa bölgesindeki değerlere yakın olan bu değerlerde analiz edilen ön cephedeki hareketlilik ve pencerelerde kullanılan panjur gibi elemanların etkisi önemlidir.



Şekil: Marmara Evleri Bina Ölçeğinde Fraktal Boyut: Örnek 1

Alan Araştırması Sonuçları

Örnekleme alanlarından elde edilen verilerle bilgisayar ortamında gerekli işlemler yapılarak mekanların farklı ölçeklerde olmak üzere fraktal boyutları hesaplanmıştır. Bu sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo: Örneklem Alanları Fraktal Değerlerinin Karşılaştırılması; Cerrahpaşa

ÖRNEKLEM ALANI	ÖLÇEK		FRAKTAL BOYUT	
CERRAHPAŞA	Üst Ölçek (Tarihi Yarımada)	Kütle Organizasyonu	1.773	
		Tarihi Yarımada Sınırı	1.2	
		Silüet 1	1.05	
		Silüet 2	1.43	
		Silüet 3	1.06	
	Cerrahpaşa Bölgesi	Ulaşım Sistemi	1.718	
		Kütle Organizasyonu	1.827	
	Yapı Adası	Yapıadası Alanları (min.)	1.32	
		Yapıadası Alanları (ort.)	1.589	
		Yapıadası Alanları (maks.)	1.79	
		Yapıadası Sınırları (min.)	0.97	
		Yapıadası Sınırları (ort.)	1.04	
		Yapıadası Sınırları (maks.)	1.58	
	Sokak Ölçeği	Sokak 1	1.903	
		Sokak 2	1.945	
		Sokak 3	1.936	
	Bina ve Bina Elemanı Ölçeği	Bina Sınır Çizgisi: Örnek 1	1.106	
		Bina Sınır Çizgisi: Örnek 2	1.184	
		Bina Sınır Çizgisi: Örnek 3	1.25	
		Bina ve Bina Elemanı: Örnek 1		1.94
				1.49
				1.87
		Bina ve Bina Elemanı: Örnek 2		1.82
				1.87
				1.98
		Bina ve Bina Elemanı: Örnek 3		1.905
				1.99

Tablo: Örneklem Alanları Fraktal Değerlerinin Karşılaştırılması; Marmara Evleri

ÖRNEKLEM ALANI	ÖLÇEK		FRAKTAL BOYUT	
MARMARA EVLERİ	Üst Ölçek	Kütle Organizasyonu	----	
		Alan Sınırı	----	
		Silüet	----	
	Toplunot Alanı	Ulaşım sistemi		1.402
		Kütle Organizasyonu		1.56
	Yapı Adası	Yapı adası alanı, ada no. 1		1.67
		Yapı adası alanı, ada no. 2		1.75
		Yapı adası alanı, ada no. 3		1.68
		Yapı adası alanı, ada no. 4		1.67
		Yapı Adası sınırı, ada no. 1		1.13
		Yapı Adası sınırı, ada no. 2		0.98
		Yapı Adası sınırı, ada no. 3		0.98
		Yapı Adası sınırı, ada no. 4		1.03
	Sokak Ölçeği	Örnek 1		1.1
	Bina Ölçeği	Bina Sınır Çizgisi: Örnek 1		1.049
		Bina Sınır Çizgisi: Örnek 2		0.97
		Bina Cephesi: örnek 1		1.91
		Bina Cephesi: örnek 2		1.89

Hesaplanan veriler incelendiğinde Cerrahpaşa örneklem alanının tarihi yarımada ölçeğinden bina elemanı ölçeğine kadar hiyerarşik yapıyı sürdürdüğü görülürken Marmara evlerinde aynı durum söz konusu değildir. Çevresinden fiziksel sınırlarla ayrılmakta ve izole bir yapı sergilemektedir. Cerrahpaşa örneklem alanının plandaki doluluk boşluk ilişkisini yansıtan kütlelerin fraktal değeri ile tarihi yarımada ölçeğindeki değerin birbirine yakınlığı mekanın kompleks organizasyonunun devamlılığının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Belirlenen örneklem alanı, tarihi yarımada bütününe bir parçası olmakla birlikte yollar gibi ikinci boyuttaki ayırıcılar tarafından sınırları tanımlanmıştır. Üçüncü boyutta belirgin bir ayırım bulunmamakta, devamlılık görülmektedir. Marmara Evleri ise çevresinden üçüncü boyuttaki elemanlarla ayrılmış olup, fiziksel açıdan çevresinden farklı karaktere sahip bir alan tanımlamaktadır.

Ulaşım sistemlerinin analizi ile elde edilen fraktal değerler karşılaştırıldığında organik yol dokusunun görüldüğü Cerrahpaşa'da fraktal boyut, 1.718 iken, Marmara Evlerinde bu değer 1.402'dir. Bu değerler Cerrahpaşa alanında ulaşım sisteminin daha kompleks bir yapıya sahip olduğunun ve aynı alanda daha fazla etkileşim yüzeyi sağlayabildiğinin göstergesidir. Üçüncü boyuttaki organizasyonla desteklenmesi durumunda kompleks doku, mekan zenginliğini artırarak kentsel aktiviteleri desteklemektedir. Alanda yapılan gözlemler bu tür mekanlarda kullanım yoğunluğunun arttığı yönündedir.

Sokak, bina ve bina elemanı düzeylerinde hesaplanmış olan fraktal değerler de örneklem alanında yapılan gözlemlerle paralellik göstermektedir. Örneklem alanında arkadlar, duvarlardaki açıklıklar, kot farkları olarak karşılaşılan fiziksel öğeler, fraktal boyut hesaplarına yüksek değerler olarak yansımaktadır. Bu ölçeklerdeki fraktal değerlerle mekan zenginliği ve kullanıcıya farklı alternatifler sunma potansiyeli arasındaki ilişki alanda yapılan gözlemlerle desteklenmektedir. Cerrahpaşa bölgesinde yer alan açık alanlar yapılarla çevrelenmiş oldukları için toplukonuttakinden daha güçlü mekan etkisine sahiptir. Bu durum kullanıma da yansımaktadır: Cerrahpaşa bölgesindeki açık alanlar yoğun bir şekilde kullanılırken toplukonut alanında aynı kullanım yoğunluğu görülememektedir.



Şekil: Cerrahpaşa ve Marmara Evleri toplukonut alanından açık alan örnekleri

Toplukonut alanında, tasarlanmış olan oyun alanları kullanılmazken, apartman girişlerinde bitkilerle ve giriş saçağı ile sınırlanan mekanlar oyun alanı olarak tercih edilmektedir. Tasarlan oyun alanları ile binalar birbirinden bağımsız ve düz-keskin sınırlarla ayrılmışken, apartman girişindeki doğal elemanlar, küçük kot farkları, saçaklar, açık alan-kapalı mekan arasında geçiş mekanı ve bağlantı elemanı görevi üstlendiklerinden daha yoğun kullanılan mekanlar haline gelmişlerdir.

SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER

Sonuç olarak modern anlayışın bir örneği olan Marmara evleri ve Geleneksel karakter gösteren Cerrahpaşa bölgesinin fiziksel yapısı birbirinden farklıdır ve bu farklılık hesaplanan fraktal değerlerde de görülmektedir. Kompleks yapıları ile yüksek fraktal değerlere sahip olan kentsel mekanlar, kullanıcıya daha fazla alternatif sunarken, basit geometrilere dönüşen mekan organizasyonlarında bu durum söz konusu değildir.

Cerrahpaşa bölgesinde kütlelerin yoğunluğu ve birbirlerine bitişerek süreklilik sağladığı ve açık mekanları çevreleyerek güçlü bir şekilde tanımladığı görülmektedir. Ayrıca Cerrahpaşa alanının tarihi yarımadaının kütle organizasyonu ile benzer bir yapıda olduğu gözlemlenebilmektedir.

Marmara Evleri ise çevresinden sınırlarla ayrılmakta, çevresinden farklılaşan yapısı ile üst ölçek kütle organizasyonu ile bütünleşmemektedir. Alan içindeki mekan organizasyonuna bakıldığında ise kütlelerin birbirinden bağımsız şekilde, açık alanların ortasına konumlandığı, kendi aralarında da etkileşimlerinin olmadığı görülmüştür.

Cerrahpaşa bölgesi kütle organizasyonunun fraktal değeri 1.827 iken Marmara Evlerinde bu değer 1.56'dır. Bu değerler Cerrahpaşa bölgesinin daha kompleks bir yapıya sahip olduğu, kullanıcı ile etkileşim potansiyelinin daha fazla olduğu anlamına gelmektedir.

Bina ve Bina elemanı: Cerrahpaşa alanında yapılar gerek geometrileri gerekse kullanılan malzeme ve detay açısından zengin bir karakter göstermektedir. Cerrahpaşa'da sokak bütününden bina elemanı ölçeğine kadar bir bütünlük olduğu ve farklı ölçeklerdeki mekan elemanlarının 1.8-1.9 gibi birbirine yakın fraktal değerlere sahip oldukları görülmüştür. Marmara evleri toplukonut alanında ise yapılar, malzeme ve renk çeşitlenmemekte, detay zenginliğinden söz edilememektedir. Farklı ölçekler arası bütünleşme sağlanamamaktadır.

Özet olarak kentlerin kompleks sistemler oldukları ve bu sistemlerin daha iyi anlaşılabilmesi için basitleştirme yöntemi yerine daha kompleks yaklaşımlar geliştirilmesi yararlı olmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda kentlerin gelişiminin kaotik bir yapıda olduğu ve kentsel mekanların fraktal özellik gösterdiği ve özellikle kendiliğinden gelişen kentlerin yüksek fraktal değerlere sahip oldukları gözlemlenmiştir. Fraktal yapıların boyut, hiyerarşi ve fraktal oluşum özelliklerine, kent mekanında mekansal boyut, mekan hiyerarşisi ve kent mekanının evrimsel süreci kavramları olarak karşılaşılmaktadır. Mevcut kentsel mekanların fraktal yapılarının incelenmesi ile farklı ölçeklerdeki etkileşim incelenirken

farklı kentsel mekanların karşılaştırılması da mümkün olmakta, fraktal yapı özellikleri yeni tasarımlarda da mekan zenginliği sağlamak için bir tasarım aracı olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Alexander, C.** , 1966. Notes on The Synthesis of Form, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts
- Alexander, C.** , 1977. A Pattern Language, Oxford University Press, New York
- Alexander, C.** , 1997. The Nature of Order, Oxford University Press, New York
- Arû, K. A.** , 1998. Türk Kenti, YEM Yayınları, İstanbul
- Atkin, R. H.** , 1974. Mathematical Structure in Human Affairs, Heinemann, London
- Banathy, H. B.** , The evolution of systems inquiry: www.İss.org/primer/004evsys.
- Batty, M.** , 2000. The VENUE Project: Virtual Environments for Urban Environments, www.casa.ucl.ac.uk/newvenue
- Batty, M. /Xie Y.** , 1996. Preliminary Evidence for a Theory of the Fractal City, Environment and Planning A, vol. 28,s. 1745-1762
- Bertalanffy, L.** , 1968. General System Theory, Allen Lane The Penguin Press, New York
- Bourke, P.** Fractal Landscapes, www.astronomy.swin.edu.au/~pbourke
- Bovill, C.** , 2000, "Fractal Geometry as Design Aid", Journal for Geometry and Graphics, vol. 4, No. 1, s. 71-78
- Broadbent, G.** , 1990. Emerging Concepts In Urban Space Design, Van Nostrand Reinhold Co. Ltd.
- Bunde, A. / Havlin, S.** , 1994. Fractals in Science, Springer-Verlag Press, New York
- Casti, L. J.** , 1994. Complexification, Explaining a Paradoxical World Through the Science of Surprise, Little, Brown and Company, London
- Elert, G.** , 2000. About Dimension, www.Hypertextbook.com/chaos/,
- Falconer, K.** , 1997. Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications, John Wiley and Sons Ltd, Chichester
- Feder, H.** , 1988. Fractals, Plenum Publishing Corp. , New York
- Gleick, J.** , 1997. Kaos, Tübitak yayınları, Ankara
- Green, D. G.** , 1995. Fractals and Scale, www.life.csu.edu.au/pub/complex/fractals
- Hoffman, A.** , 2003. Why They Built The Pruitt-Igoe Project, Joint Center for Housing Studies, Harvard Univ. <http://www.soc.iastate.edu/soc415a/PruittIgoe.html>
- Kirshbaum, D.** , Introduction to complex systems, www.calresco.org/intro.htm#def
- Klinger, A. ,Salingaros, N. A.** , 2000. A Pattern Measure, Environment and Planning B; Planning and Design, Vol. 27, s. 537-547
- Klir, G. J.** , 1972. Trends in General Systems Theory, John Wiley and Sons, Inc, New York,
- Lanius, C.** , Fractal Dimension, <http://math.rice.edu/~lanius/fractals/>
- Lauwerier, H.** , 1991. Fractals, Images of Chaos, Penguin Books Ltd. , New York
- Lynch, K.** , 1984. Good City Form, Cambridge, MIT. Press.
- Mesarovic, M. D. / Macko, D.** , 1969. Foundations for a Scientific Theory of Hierarchical Systems, American Elsevier Publishing Company, Inc. , New York
- Moon, T. H.** , 2002. "Fractal Nature of City and Its Morphological Measurement", www.regionplan.gsnu.ac.kr/research/data/fractal_paper.doc
- Peitgen, H. O. / Jürgens, H. / Saupe, D.** ; 1993. Chaos and Fractals, New frontiers of Science, Springer-Verlag Press, New York
- Rapaport, Anatol**, 1972. Trends in General Systems Theory; The Uses of Mathematical Isomorphism in General System Theory, John Wiley and Sons, Inc, New York
- Rapoport, A.** , 1977. Human Aspects of Urban Form, Pergamon Press, Oxford

Rodin, V. A. , Rodina, E. V. , Typology and Conformity to Natural Laws of “Chaotic City” Development, http://www.urbanchaosresearch.com/article_japan.doc

Salingaros, N. A. , 1998. "A Scientific Basis for Creating Architectural Forms", Architectural and Planning Research, 15, s. 283-293

Salingaros, N. A. , 2000. Principles of Urban Structure, www.math.utsa.edu/sphere/salingar

Şen, Z. , 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme ilkeleri, Bilge Kültür Sanat yay. , İstanbul

Zarnowiecka, J. C. , 2001. Chaos, Databases and Fractal Dimension of Regional Architecture, <http://www.fch.vutbr.cz/lectures>,