

CELLULAR AUTOMATA TABANLI LUCAM MODELİ İLE İSTANBUL'UN GELİŞİM VE DÖNÜŞÜMÜNE İLİŞKİN MAKRO FORM SİMÜLASYONLARI

Mehmet Ali YÜZER¹, Şebnem YÜZER²

ÖZET

Yeni bilgi ve telekomünikasyon teknolojileri, metropoliten alanda ekonomik fonksiyonların yer seçiminde daha serbest ortam yaratmaktadır. Bu teknolojiler sadece metropoliten alan sınırları içinde değil aynı zamanda ülkenin herhangi bir bölgesinde yeni yatırımların lokasyonuna olanak tanımaktadır. İstanbul gibi tarihsel olarak bazı bölgeler yığılma ekonomilerinden, ulaşım ve doğal kaynaklara yakın yerleşimlerinden ve son dönemlerde ileri telekomünikasyon altyapısından doğan tekeli avantajlara sahiptir. Ancak bilgi teknolojilerinin, belli mesafede rekabetçi avantajları (hava seyahati, ulaşım, işgücü gibi yeterli dış ekonomilere sahip düşük maliyetli bölgeler gibi) azaltmaya veya büyümeye yönelik etkileri artmaktadır. İleri telekomünikasyon altyapısının yayılması metropoliten alanların doğasında olan avantajları kısmen azalmaktadır. Bu durumda özellikle batı ülkelerinde bazı daha yüksek maliyetli metropoliten alanların sahip olduğu avantajlar düşmekte ve çok sayıda daha küçük metropoliten alanlara doğru yoğun dağılımlar görülmektedir. Ancak bu dağılımlarda yatırımcılar çok seçici davranmakla birlikte düzensiz bir davranış da sergilemektedir. Bir kısım yatırımcılar gelişmelere paralel olarak daha modern ve daha ekonomik alanlara yönelirken özellikle daha eski imalat sanayi ve geleneksel hizmetlerde faaliyet gösteren yatırımcılar çoğu zaman ekonomik zorlukları tecrübe etmeye devam etmektedir. Dünyadaki teknolojik gelişmeler, sanayide işleri rutin ve düzenli hale getirirken, hizmet sektöründe yeni ürünlerin oluşumuna neden olmuştur. Yeni mallar üreten imalat sanayi kuruluşları, yer seçimi eğiliminde şehirleşmiş alanları tercih ederken, özellikle Ar-Ge si bulunan ve teknolojiyi yoğun kullanan sanayi tesisleri ise metropoliten alan etkisi altındaki yakın çevrede ve yere çok bağlı olmayan alanları tercih etme eğilimlerine girmişlerdir.

İstanbul Metropoliten Alanında yukarıda açıklanan gelişmelere paralel olarak mekansal farklılıklar ortaya çıkmıştır. Özellikle üretim aktiviteleri ile yönetim merkezlerinin konumu, yeni yer seçimi eğilimleri ve gelişen ulaşım modelleri ve aksları, kentin makro formunun şekillenmesini yönlendiren önemli araçlar olmuştur. Yeni yasa ve yönetmeliklerle uygulanması zorunluluk haline gelen stratejik planlama eylemi için yapılan çalışmalara katkıda bulunmak üzere bir taraftan kentin makro formunda ortaya çıkabilecek değişim, dönüşüm ve yeni gelişme alanları eğilimlerinin belirlenmesi diğer taraftan metropoliten kentin makro formunun şekillenmesindeki en önemli araçlardan biri olan sanayi alanlarının yer seçimi eğilimlerindeki farklılaşmalar bu makale kapsamında incelenmiştir.

Bu makalede, fiziki verilerin yanı sıra sosyo-ekonomik veriler kullanılarak ve yerleşmelerin fraktal yapısına bağlı olarak en küçük hücresel fonksiyon ile diğer fonksiyonlar arası ilişkiler baz alınarak geliştirilen ve yerleşmelerin olası gelişimleri ile mevcut dokudaki değişim ve dönüşümlerin simülasyonunu gerçekleştirmeyi amaçlayan hücresel otomata tabanlı LUCAM MODELİ'nin temel özellikleri açıklanmakta ve modelin İstanbul 2023 yılı simülasyon sonuçları ile ileri teknoloji kullanan sanayi yatırımlarının yer seçimi eğilimleri karşılaştırılmakta ve Stratejik Planı yönlendirebilecek öngörüler ve riskler açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İstanbul 2023, İstanbul Makro Formu, Fraktal, Cellular Automata, LUCAM Modeli İstanbul Simülasyonu, Sanayi Yer Seçimi, Dönüşüm,

1. Hücresel Otomatanın (Celluar Automata) Tanımlanması

Hücresel otomata (C.A.) çok sayıda homojen etkileşimli çalışmada, olayların veya tanımlanan konuların hücreler şeklinde bölünmesi ve her bir hücrenin, yanındaki diğer hücrelerin durumuna bağlı olarak gelecekteki durumunun belirlenmesinde kullanılan bir işletim sistemi ve bir geri dönüşüm mekanizmasıdır. Sierpinski Hücresel otomatayı bilimin geçmişinin başlangıç noktası olarak kabul etmektedir. Bir anlamda Paskal üçgeni ilk hücresel otomatadır. Son dönem-

¹İTÜ Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, Taşkışla, İstanbul yuzerm@itu.edu.tr

²İBB Şehir Planlama Müdürlüğü, Nuhkuyusu Cad. No.56 Pazarbaşı/Üsküdar 81150 İstanbul syuzer@ibb.gov.tr

lere gelene kadar Konrad Zuse, Stonislaw Ulam, John Van Neumann tarafından hücresel otomata üzerine yapılan çalışmalar ilk hesaplama makinalarının üretilmesiyle yakından ilgilidir. Günümüzde hücresel otomata, fizik, kimya ve biyolojiden uçak ve gemi dizaynındaki hesaplanabilir sıvı dinamiklerine, filozofi ve sosyolojiden, coğrafyaya ve şehir planlamaya kadar birçok bilim ve teknolojiye önemli bir modelleme ve simulasyon aracı olarak kullanılmaktadır. Hücresel otomata, geleneksel tek merkezli şehirlerin, post-modern çağda (Bilgi çağı) çok merkezli olarak planlanmasına da olanak tanımaktadır (Wu, 1998).

1.1. Hücresel Otomata'nın (C.A.) Çalışma Prensipleri

Bir hücresel otomata aşağıdaki temel özelliklerle karakterize edilir:

- Düzenli hücre kafeslerinden oluşur,
- Gelişim zaman etaplarında meydana gelir,
- Her hücre bir durumla karakterize edilir,
- Her hücre, sadece hücrenin durumuna ve sonlu komşu hücre sayısına bağlı olan aynı kurala göre gelişir,
- Komşuluk ilişkisi lokal ve birbirine benzerdir.

Uyarıya cevap verme aracı olan Greenberg-Hastings modeli, basit bir hücresel otomata modellemesi örneğidir. Uyarıya cevap verme aracı, çok farklı durumlarda ortaya çıkar. Bir örneği istirahat durumunda sinir veya kas dokusu, uyarılma durumu tarafından takip edilir. Bu sıra, uyarma dalgasının her kalp atışında kalbe yolculuk ettiği kalp kasında ortaya çıkar. Diğer bir örnek orman yada bozkır yangınıdır. Bu modelde her orman paçası, birçok durumun birinde olabilir: yanıyor, yanmış, büyüyor yada sonuçta yeniden tutuşturulabilen bir durumda olabilir. Uyarıya cevap verme davranışı ortaya çıkaran bir çeşit oto kataliz biçimini içeren birçok kimyasal sistemler de vardır.

Böyle bir sistem hücresel otomata ile 3 durumda modellenir: dinlenme (O), uyarılma (2) ve normale dönme (1). Gelişme düzenli bir kafeste yer alır, ilk durumda bir kafes kullanılır.

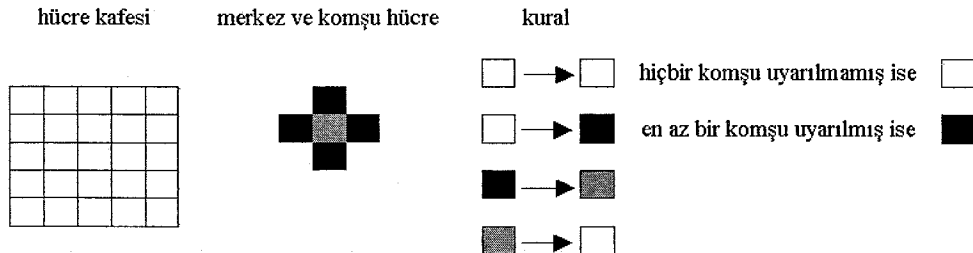
Hücrelerin gelişimi aşağıdaki kurallar tarafından karakterize edilir: bir komşu tarafından uyarılmadıkça dinlenme halindeki hücre dinlenmede kalır. Bu durumda hücre uyarılır. Uyarılmış hücre bir sonraki etapta normale döner. Normale dönen hücre dinlenmeye geçer özetlemek gerekirse,

0->0hiçbir komşu uyarılmamış ise ($kh \neq 2$)

0->2en azından bir komşu uyarılmış ise ($kh=2$)

2->1;bir süre sonra uyarılan hücre normale döner

1->0;normale dönen hücre dinlenmeye geçer



Şekil 1. Hücresel Otomata Kurallarının Uygulandığı Örnek Şema (Weimar, 2000).

Bu örnekte komşuluk ilişkisi için en yakın 4 komşu hücre alınmaktadır. Şekil 3.24, hücresel otomata tanımının önemli parçasını özetlemekte olup hücresel otomata gelişimi her zaman için ilk duruma bağlılık göstermektedir (Weimar, 2000).

1.2. Hücresel Otomatanın (C.A.) İşletim Sistemi

Hücresel otomataya dayalı modellerin işletim sisteminde iki temel kavram ve bu kavramlar arasındaki ilişki önem kazanmaktadır. Bu kavramlar, gerçek dünya ile (gözlenen olayların dünyası-modellenecek olay) kesin dünya (modellenen olay dünyası) arasında tümevarım ve tümdengelim yaklaşımlarıdır.

Tümevarım: Gözlenen olaylardan başlayan tümevarımlı etap (olaylardan yada kurallardan yola çıkarak yeni bir modelin teorik oluşumuna gitme), olayın “zihinsel modelini” oluşturmayı sağlar.

Tümdengelim: Tümdengelim etabı (daha önce oluşturulmuş olan modelle çözüme gitme), zihinsel modeli “kesinleştirilmiş model” e dönüştürür. Bu durum genellikle matematiksel bir dille açıklanır.

Sonuçta, tümevarım veya tümdengelim etabı (modelin yorumlanması, zekanın yaratıcı ve yapıcı bileşenlerinin gerekli olduğu) belirlenmiş olan modeli gözlenen olayla karşılaştıran aşamalar (Colonna, Stefano, Lombardo, Papini, Rabino, 1998).

Son yıllarda, C.A. şehir planlama modellerinde bir araç olarak kullanılmaktadır. Planlama çalışmalarında C.A.’nın kullanılmasının başlıca nedenleri şu şekilde sıralanabilir.

- Şehir planlıları için sayısal (niceliksel) sunuma nazaran daha alışılmış ve daha kolay anlaşılabilen niteliksel ve harita formundaki girdi ve çıktılar; özellikle 1990’lı yıllardan sonra şehir modelleme aracı olarak cellular automatanın kullanılmasını daha yaygın hale getirmiştir.
- Hücresel otomatanın çalışma (dönüşüm) mekanizması basittir; Hücresel otomatanın temelini, ana hücrenin kendisinin ve komşuluğundaki diğer hücre veya hücrelerin durumuna bağlı olarak ana hücrenin bir durumundan diğer duruma dönüşümü için gerekli olan kurallar oluşturur. Bu basit ilişki, dönüşümü sağlayabilecek kuralların tanımlanması ile modeli işlemsel olarak daha anlaşılabilir ve basit hale getirir.

Hücresel otomatanın planlama çalışmalarında kullanılması ile fraktal yapı gösterebilen şehirlerin cellular automatic şehir olarak da temsil edilmesini sağlamaktadır.

Hücresel otomata, sadece yerleşmenin hücreler şeklinde tanımlanmasında değil aynı zamanda, yerel olarak tanımlanan kurallar ve özelliklerin yerleşmenin bütününe taşınmasını da sağlar. Hücresel otomata ile benzetilen yerleşmeler, planlama çalışmalarında şehir ve bölgesel modelleme için umut verici bir gündem oluşturmaktadır (Batty, 1997).

1.3. Klasik Hücresel Otomatanın (C.A.) Çalışma Prensipleri

- Territoria’ya uygun zoning yoluyla (genellikle düzenli bir ızgara) bölgeler hücrelere bölünür.
- Bu hücrelerin her birinin “durumu” tanımlanır. Şehir planlama çalışmalarında arazi kullanımını temsil eden fonksiyonlar (konut, ticaret vb.) örnek olarak verilebilir.
- Dönüşüm için kurallar (ilişkilere bağlı kabuller) tanımlanır.
- Şehir planlamaya yönelik modellerde, ana hücrenin kendi durumuna bağlı olarak komşuluktaki diğer durumlara (genel arazi kullanımı gibi) ve analiz edilen yerleşmenin lokal veya global karakteristiğine bağlı olarak bir durumdan diğerine dönüşümleri için ilişkilerin ortaya çıkartacağı kurallar (yada dönüşüm olasılıkları) tanımlanır (Rietman, 1992).

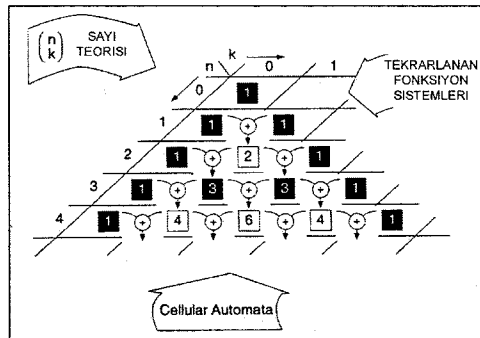
C.A.'nın temelini ve çıkış noktasını oluşturan bu son prensip yukarıda bahsedilen kuralların belirlenmesinin önemini artırmaktadır.

Kuralların belirlenmesinde iki temel unsur vardır.

- a) Mevcut durumun ortaya konması ve mevcut olanakların tanımlanması: İlişkilerin kurulup değerlendirilmesi için mevcut durumu ortaya koyan materyalin tanımlandığı harita. Bu harita, doğal çevrenin yapısal durumunun ortaya konduğu bir harita olabileceği gibi, yapay çevredeki fonksiyonların belirlendiği bir harita da olabilir. Hatta bu harita eğer amaçlanan ilişkiler sistemi, tıbbi bir alanda ise hasta hücreler ile sağlıklı hücrelerin belirlendiği bir haritada olabilir. Özetle, çalışılan konunun özelliğine bağlı olarak amaçlanan hedefe ulaşmak için kabul edilen ilişkiler sisteminde, verilerin sistematik bir şekilde harita üzerine aktarılması gerekir. Bu haritanın bir özelliği de dönüşüm kuralları yardımıyla otomasyonun işleyişine olanak tanıyacak nitelikte olmasıdır.
- b) Otomasyonun işlemesi için gerekli olan kurallar ve kurallar arasındaki ilişkiyi sağlayabilecek prensiplerin veya yöntemlerin belirlenmesi gerekir.
 - Kuralların belirlenmesi: Çalışılan konuda zaman içinde yapılmış kabuller veya prensiplerin yönlendirdiği kurallar olabileceği gibi konunun özel durumuna bağlı olarak kurallar, çeşitli yöntemler ve modeller kullanılarak da belirlenebilir.
 - Temel harita (mevcut durum) ve amaçlanan harita (beklenen durum) arasındaki uyumun değerlendirildiği yöntem ve kriterler belirlenmelidir.
- c) Tekrar sayısının ve dönüşüm süreçlerinin saptanması için prensip ve kriterlerin belirlenmesi: Bu durum tıbbi bir çalışmada hasta hücrelerin toplam hücre içindeki oranının belirli bir sınıra kadar ulaşması olabileceği gibi, şehir planlama çalışmalarında yerleşmelerde doğal ve yapay çevre dikkate alınarak, gelişme üst sınırlarının belirlenmesi olabilir veya tekrar sayısı o yerleşme için belirlenen projeksiyona bağlı olarak hedeflenen nüfusa ulaşılması da olabilir.

1.4. Paskal Üçgeni ve Hücresel Otomata (C.A.)

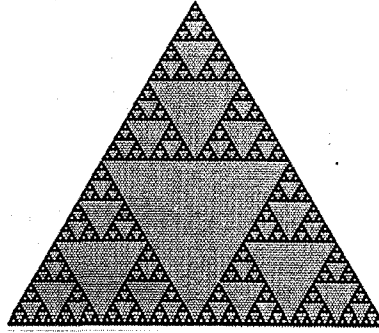
Bir çok matematiksel araştırmanın temeli, Paskal Üçgeninde bulunan geometrik model ve temel sayı teorisi arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Fraktal şekillerin tanımlanması, hücresel otomata kurallarının oluşturulması gibi konularda da paskal üçgeninden yararlanılmaktadır. Paskal üçgeni ile fraktal yapı ve hücresel otomata arasındaki ilişki, Paskal Üçgeninin genel yapısını gösteren Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Paskal Üçgeninin Adımları (Rietman, 1992).

- Bütün tek girişleri siyah
- Bütün çift girişleri beyaz boyayarak,

Sierpinski contasıyla yakından ilişkili geometrik bir model elde edilir. Bu şekildeki ilk 5 sıra Sierpinski modeli formasyonunun başlangıcını göstermektedir. Şekildeki ilk siyah hücreler Sierpinski modelindeki üçgenleri ifade etmektedir. Şekil 3'de ise modelin ilk 128 sırasını verilmiştir. Sıraların sayısı artırıldıkça Sierpinski üçgeninin detayları geometrik modelde daha görülebilir olmaktadır.



Şekil 3 Paskal Üçgeninin İlk 128 Sırası (Rietman, 1992).

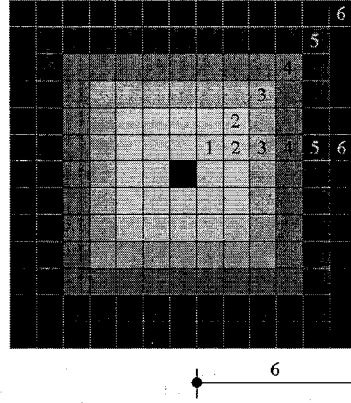
Bu gözlem hücresel otomata'ya bağlantı sağlamaktadır. Bu, Paskal üçgenine başka bir yaklaşım olarak kabul edilebilir ve Paskal üçgenindeki bölünebilirlik modelinin gelişimi, hücresel otomata ile açıklanabilir.

2. Cellular Autuma Tabanlı LUCAM Arazi Kullanımı Tahmin Modeli

Şehirsels alanlarda arazi kullanım tahminine yönelik olarak geliştirilen bu modelin amacı, şehir gelişiminin bire bir oranda saptanmasından ziyade, planlama çalışmaları sürecinin sentez aşamasında arazi kullanım verileri ve kullanıcı istekleri baz alınarak gelişme eğilimlerinin oluşumuna katkı sağlayacak veriler elde edilmesidir. G.Engelen ve R.White tarafından geliştirilen C.A. ile yerleşme arazi kullanım tahmini simülasyonu modeli, bu modelin gelişmesinde önemli katkı sağlamıştır. Modelin temel özelliklerinde ve kurgusunda Engelen ve White tarafından geliştirilen yöntem baz olarak alınmışsa da, veri oluşturmada ve değerlendirme yönteminde ayrı bir yaklaşım oluşturulmuştur. Bu modelde her bir hücre şehirde yer alan bir çeşit arazi kullanımını (konut, sanayi, ticaret, donatı gibi) temsil etmektedir. Modelde bu fonksiyonlar şehir gelişimiyle (büyümesine) birlikte yapısal değişime uğramakta ve dönüşüm kurallarına bağlı olarak bir durumdan diğer bir duruma dönüşmektedir (Engelen, White, Uljee, 1997; White, Engelen, 1997-a, White, Engelen, 1993, Yüzer, 2001).

Modelin Temel Özellikleri

- Otomasyon 500x500 m ızgara şeklinde hücrelere ayrılır. Her bir hücre Boş-yapılaşmamış (B), Konut (K), Sanayi (S), Ticaret (T), Donatı (D) olarak belirlenen 5 durumdan birinde olmalıdır.
- Bir hücrenin komşuluk birimi, merkez hücreden 6 hücre mesafede bir alan içinde kalan bütün hücreler olarak tanımlanmaktadır. Merkez hücre ile komşu son hücreler arasında kalan alanda toplam 168 hücre bulunmaktadır. (Şekil 4).



Şekil 4: Merkez Hücre ve 6 Zone Mesafedeki Komşu Hücreler

- Arazi değerleri ve ekonomik etkenlere bağlı olarak, arazi kullanımı modelde en düşük durum ile en yüksek durum arasında hiyerarşi şu şekilde olmalıdır.

En düşük durum	: Boş (yapılaşmamış) alanlar
	: Konut alanları
	: Sanayi alanları
	: Ticaret alanları
En yüksek durum	: Donatı alanları

Bu hiyerarşide boş bir hücre başka bir fonksiyona dönüştürülebilir ancak bir sanayi hücresi sadece ticaret ve hizmet fonksiyonuna dönüştürülebilir. Şehirlerin büyüyebileceği kabulüyle en yüksek durumdan en düşük duruma doğru bir dönüşüm olmaz (White, Engelen, 1993, White, Engelen, 1997-b, Yüzer 2001).

- Her tekrarda dönüşüm potansiyelleri mümkün olan bütün dönüşümler için hesaplanmaktadır. Bir hücre için dönüşüm potansiyelleri toplam olarak hesaplanır (Tablo 1).

Boş hücrelerin ağırlığı yoktur ve dönüşüm potansiyeline doğrudan katkı sağlar. Donatı alanları değişmeyen fonksiyon alanları olarak yerleşmelerde bulunurlar. Kamu yararı için ayrılan bu alanlar olağanüstü bir durum olmadıkça konut, ticaret veya sanayi alanları gibi fonksiyonlara dönüşemezler. Ancak donatı alanlarının dönüşümü, kamu yararına yönelik olarak bir başka donatı ihtiyacı söz konusu olduğunda gerçekleşir. Bu bakımdan modelde donatı olarak tanımlanan hücreler modele olduğu gibi girerler, diğer hücrelere herhangi bir etkide bulunmazlar ve bu hücreler herhangi bir dönüşüme uğramazlar.

Tablo 1. Hücre Dönüşüm Potansiyeli Hesaplama Yöntemi

$P_{ij} = (\sum_{k,d} m_{kd}) / \sum h$	P_{ij} : i'den j durumuna geçiş potansiyeli
	m_{kd} : d zon mesafesinde k durumunda hücrelere uygulanan ağırlık parametresi
	$\sum h$: Merkez hücre ve komşu hücreler toplamı

Tablo 2'de boşluklar altındaki her dört sütunluk blok modelde kullanılan parametreleri ifade etmektedir. Tablodaki her blokta ilk sütun 1-6 mesafe zonlarında ticaret hücrelerine uygulanan ağırlıkları, ikinci sütun sanayi hücrelerine uygulanan ağırlıkları ve üçüncü sütun konut hücrelerine uygulanan ağırlıkları belirtmektedir.

Tablo 2. Her Bir Hücreye, Dönüşüm Potansiyelinin Hesaplanması İçin Uygulanacak Ağırlık Parametresi (White, Engelen, 1994, Yüzer, 2001).

				Boş ↓ Ticaret		Boş ↓ Sanayi		Boş ↓ Konut		Sanayi ↓ Ticaret		Sanayi ↓ Sanayi		Sanayi ↓ Konut		Konut ↓ Ticaret		Konut ↓ Sanayi		Konut ↓ Konut	
				Boş Sanayi Konut Donatı		Boş Sanayi Konut Donatı		Boş Sanayi Konut Donatı		Boş Sanayi Konut Donatı		Boş Sanayi Konut Donatı		Boş Sanayi Konut Donatı		Boş Sanayi Konut Donatı		Boş Sanayi Konut Donatı		Boş Sanayi Konut Donatı	
Merkez Hücreye Uzaklık (d) ve m_{kd}	1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,05	0,05	0,0	0,0
	3	0,8	0,0	0,3	-	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02	0,02	0,0	0,0	-
	4	0,6	0,0	0,2	-	0,6	0,1	-	-	0,5	0,02	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,05	0,02	0,01	-	-
	5	0,6	0,0	0,2	-	0,6	0,2	-	-	0,5	0,03	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01	0,02	0,02	-	-
	6	0,4	0,0	0,1	-	0,4	0,3	-	-	0,2	0,05	0,1	0,05	0,0	0,0	0,0	0,02	0,01	0,05	0,0	0,0

Her tekrarda yeterli sayıdaki hücre yukarıda belirlenen hiyerarşik düzene bağlı olarak her kullanıma dönüştürülür. Her durumu test eden hücre, durum hiyerarşisi izin verdiği sürece o durum için en yüksek potansiyeldedir. Şöyle ki her durumu test eden hücrenin, durum hiyerarşisine bağlı olarak almış olduğu nihai durumu, o hücrenin alabileceği en yüksek potansiyeli yansıtmaktadır. İşlem tüm hücrelere uygulanarak dönüşüm sonrası şema elde edilmiş olur (White, Engelen, 1994). Dönüşüm parametreleri kullanılarak elde edilmiş olan bu şema daha önce ortaya konan nüfus projeksiyonuna veya yerleşmenin kapasite büyüklüğüne ulaşmadığı durumlarda ikinci kez modele altlık oluşturularak işletilir. Model ortaya konan büyüklük elde edilinceye kadar çalıştırılır (Yüzer, 2001).

Modelde tekrar sayısı belirlenirken iki yöntem uygulanır. Bunlar;

Yöntem MT-I: Yerleşmenin mekansal gelişme üst sınırı belirlenir ve model tekrar sayısı mevcut yerleşmenin belirlenen üst sınıra ulaşılıncaya kadar devam eder. Bu yöntemle yerleşmenin kapasite gelişme alanları ve yerleşmede maksimum ne kadar büyümenin olacağı saptanır.

Yöntem MT-II: Yerleşmenin nüfus ve sektörel projeksiyonları yapılır, Projeksiyonlara bağlı fonksiyonlara göre ayrı ayrı mekansal alan ihtiyacı belirlenir. Her bir fonksiyon için belirlenen bu ihtiyacı karşılayabilecek alan büyüklükler elde edilinceye kadar model çalıştırılır.

3. İstanbul Metropoliten Alanının Sanayi Yapısı

LUCAM Modeli İstanbul simülasyonu öncesinde İstanbul'un sanayi yapısı ele alınmaktadır. Simülasyon sonrası oluşan yeni sanayi alanları İstanbul'un mevcut sanayi yapısı karşılaştırılmaktadır. Türkiye'de sanayi tesislerinin kuruluş yeri etmenlerine bakıldığında, girişimcilerin tesislerini genellikle mevcut tesislerin hemen bitişiğinde yada pek yakınında kurmayı tercih ettikleri görülmektedir. Bunun sonucunda da İstanbul başta olmak üzere Batı Anadolu'da aşırı yığılmalar ortaya çıkmıştır. Türkiye'de 1980'lere kadar "ithal ikameci sanayileşme politikası" izlenirken, 1980'lerden itibaren "dışa açık sanayileşme politikası" benimsenmiş ve beraberinde sanayileşme sorunlarıyla karşılaşmıştır. Hemen hemen her dönemde yatırımlar için cazibe merkezi konumunda olan İstanbul cumhuriyetten buyana Türkiye'nin en büyük ve sanayi yatırımlarının en fazla yoğunlaştığı bölge haline gelmiştir. Niteliksel ve niceliksel verilerin tümü bu gerçeği doğrulamaktadır.

3.1. İstanbul Metropoliten Alanının Türkiye İçindeki Yeri

5512 km²'lik bir alanda 32 ilçe ve 41 ilk kademe belediyesine sahip olan İstanbul, yaklaşık 10 000 000 nüfusuyla Türkiye'nin en büyük metropolüdür.(DİE 2000)

Türkiye topraklarının %0.71'ini kapsamına karşın İstanbul Metropolünün Türkiye nüfusu içindeki payı, sanayileşme ve tarımda makinalaşma ile göç olgusunun ivme kazanmasıyla birlikte 1950'de % 5.6 iken, 1970'de % 8.48'e, 1980'lerde % 10.60'a, 2000 yılında %14,8'e yükselmiştir.

Yıllık nüfus artış hızı %4.4 olan İstanbul, 226.000 firma sayısı ile Türkiye sanayi işgücünün %20'sini, sanayi alanlarının %38'ini, Türkiye ticaretinin %55'ini, Türkiye finansal kurumlarının %75'ini, Türkiye'de toplanan verginin yaklaşık %42'sini, Türkiye GSMH'nin %22'ini oluştururken, Türkiye'deki yüksek öğrenim kurumlarının %50'si İstanbul'da yer almaktadır.

Türkiye'den yapılan toplam ihracatın %43.4'ü (sektörler itibarıyla tekstil sektörünün %80'i, metal eşya sektörünün %67'si) İstanbul'dan yapılmaktadır. Türkiye'ye yapılan ithalatın %40'ı (kimya sektörü ithalatının %94'ü) İstanbul'a yapılmaktadır. (DİE, 2000; İBB, 2001).

İstanbul sınırları içinde sektörlerin dağılımında hizmetler sektörü yaklaşık %71 gibi bir değer ile ilk sırada yer alırken sanayi sektörü %28'lik oranla ikinci sıradadır.

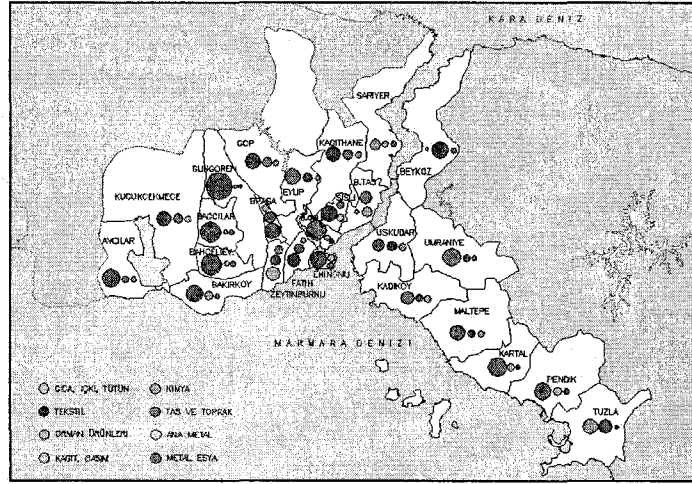
3.2. İstanbul'un Sanayi Yapısı

1997 yılı itibarıyla İstanbul'da yerleşen sanayi tesislerin sektörlere göre dağılım düzeni irdelendiğinde %44,57 oranında dokuma sektörünün hakim sektör olarak ilk sıradaki yerini koruduğu görülür. Dokuma sektörünü ikinci sırada %26,49'luk bir oranla metal eşya sanayi, üçüncü sırada ise %10,15'lik bir oranla kimya sanayi izlemektedir. Bu değerlere bakıldığında önceki dönemlere göre sektörler arasındaki dağılımın fazla değişmediği görülmektedir.

1997 verilerine göre İstanbul bütününde imalat sanayi sektörlerinde faaliyet gösteren işyeri (İSO'ya kayıtlı 10'dan fazla işçi çalıştıran) sayısı 3.814 bu işyerlerinde çalışan işçi sayısı ise 323.858 kişi olarak saptanmıştır. İstanbul'da faaliyet gösteren imalat sanayi işyerlerinin sayısı, Türkiye toplam imalat sanayi işyeri sayısının yaklaşık %33,5'i oranındayken işçi sayısında bu oran %28,4'tür. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi her dönemde İstanbul Türkiye'de yatırımcıları için çekim merkezi olma özelliğini korumaktadır.

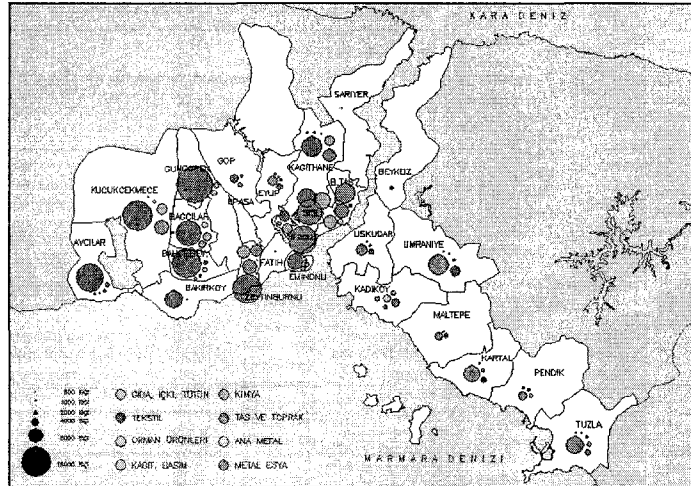
Sektörlere göre işyeri sayısının ilçeler itibarıyla dağılımına bakıldığında, doğu yakasında metal eşya sektörünün ilk sırada, kimya sektörünün ikinci sırada ve tekstil sektörünün üçüncü sırada olduğu görülebilir. Sektör olarak makina yoğun kullanıma sahip

metal eşya ve kimya sektörü doğu yakasında bulunmakta ve ağırlıklı olarak Ümraniye, Kartal, Pendik ve Tuzla ilçelerinde yer almaktadır. Batı yakasındaki işyeri sayısının sektörlere göre dağılımına bakıldığında ise özellikle tekstil sektörünün bu yakada hakim sektör olduğu görülür. Tekstil sektörü hemen hemen batı yakasındaki tüm ilçelerde bulunmaktadır, Güngören, Şişli, Küçükçekmece, Bağcılar ve Bahçelievler İlçelerinde ise yoğunlaşmaktadır. Batı yakasında ikinci sırada hakim sektör metal eşya, üçüncü sırada hakim sektör ise kimya sektörüdür. Kimya sektöründe işyeri sayısı bakımından doğu yakasında Tuzla, batı yakasında ise Zeytinburnu ilk sıralarda bulunmaktadır. İstanbul bütünde metal eşya sektörü Ümraniye ve Beyoğlu ilçelerinde yoğunlaşmıştır .



Şekil 5. İSO'ya Bağlı İşyeri Sayısının İlçelerdeki Oranları İlk Üç Sektör (Yüzer, 2002)

İlçelerdeki işyerlerinin sektörlere göre dağılımına bakıldığında; doğu yakasındaki ilçelerdeki ilk üç sektör sıralamasında metal eşya sektörünün diğer sektörlere göre çok yoğun olduğu görülmektedir. Tuzla'da bu sektörün yanısıra kimya sektörü de benzer orandadır. Batı yakasında ise ilçelerin tamamına yakın kısmında hakim sektör tekstildir. Beşiktaş, Eyüp ve Beyoğlu'nda metal eşya, Zeytinburnu ve Sarıyer ilçelerinde ise kimya sektörü hakim sektörlerdir (Şekil 5).



Şekil 6. İSO'ya Bağlı İşçi Sayısının İlçelerdeki Oranları İlk Üç Sektör (Yüzer, 2002)

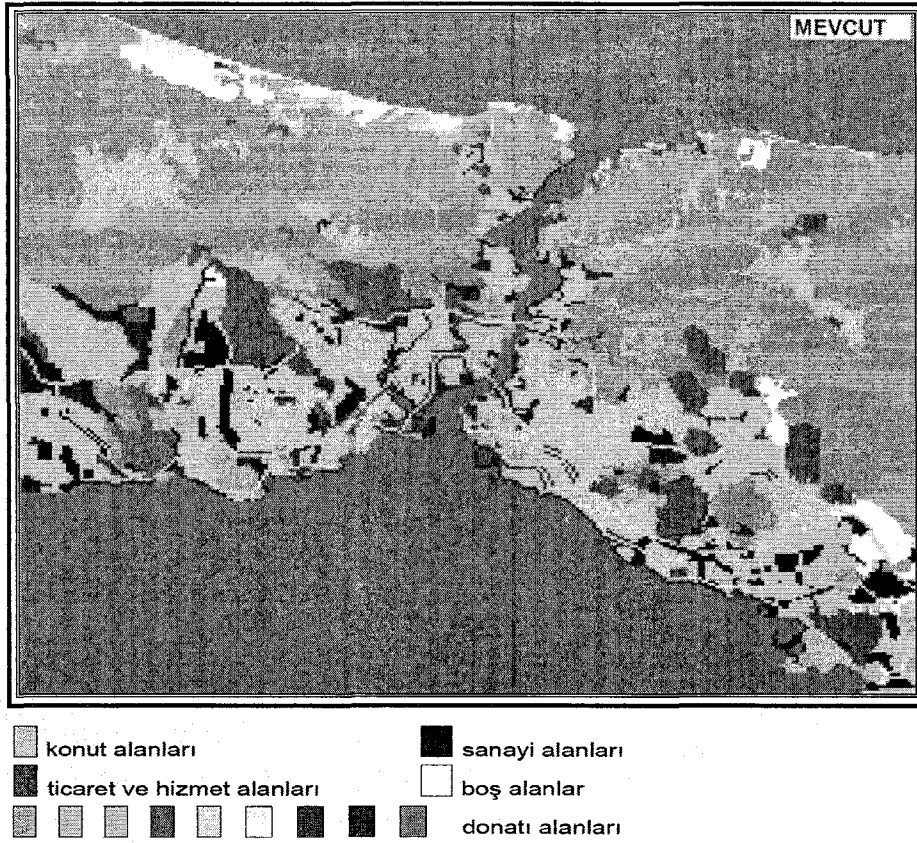
İstanbul bütününde imalat sanayi sektörlerinde çalışan işgücünün doğu ve batı yakasındaki dağılımları farklı karakterdedir. Sektörlere göre doğu yakası işgücünün dağılım oranları irdelendiğinde Ümraniye, Kartal ve Tuzla İlçelerinde metal eşya sektöründe çalışan işgücün yoğunlaştığı görülmektedir. Doğü yakasında alan yoğun sanayilerin bulunmasından dolayı işgücü dağılımında doğu yakası işgücü sayısı bakımından batı yakasına göre oldukça düşük düzeydedir. Batı yakasında ilçelerin önemli kısmında emek yoğun sanayilerin yer aldığı tekstil sektöründeki işgücü sayısı İstanbul bütünündeki işgücü sayısı içinde önemli orandadır. Tekstil sektöründen sonra işgücünün yoğunlaştığı diğer sektör metal eşya sektörüdür. Tekstil sektöründeki işgücü Güngören, Bahçelievler, Bağcılar, Zeytinburnu ve Avcılar ilçelerinde yoğunlaşmıştır. Metal eşya sektöründe ise yoğunlaşma Şişli, Beşiktaş ve Beyoğlu ilçelerindedir. Sarıyer ve Fatih ilçelerinde sanayi tesisleri bulunmasına rağmen işgücü oranı İstanbul bütünü içinde önemsenmeyecek düzeydedir. İlçelerdeki işgücünün ilk üç sektörlerdeki dağılımında; doğu yakasında Beykoz hariç tüm ilçelerde metal eşya sektöründe yoğunlaşma gerçekleşmiştir. Beykoz ilçesinde ise işgücünü ilçe içindeki dağılımı oranına göre tekstil sektörü hakim sektördür. Batı yakasında ise ilçelerin büyük kısmında işgücü bakımından hakim sektör tekstildir. Beşiktaş, Eyüp, Sarıyer, Şişli, Fatih ve Beyoğlu'nda metal eşya, Zeytinburnu ilçesinde ise gıda sektörü işgücünün dağılım oranı bakımından hakim sektörlerdir (Şekil 6).

Farklı dönemlerde farklı özellik ve mekansal eğilimler gösteren sanayi alanları özellikle 1995 Onanlı İstanbul Metropöiten Alanı Alt Bölge Nazım Planında da öngörüldüğü gibi merkezlerden desantalarizasyon eğilimine girmiştir. Merkezlerde arazi değerlerinin artması, ulaşım, işgücü, hammadde ve Pazar ilişkilerine ve benzeri nedenlere bağli olarak Kartal, Maltepe, Zeytinburnu vd. merkezlerde desantalarizasyon kaçınılmaz bir durum oluşturmuştur. Bir taraftan bu değışim ve dönüşümlerin simülasyonunun belirlenmesi diğer taraftan İstanbul'un gelecekte mekansal olarak nasıl bir gelişme gösterebileceğinin tahmini için LUCAM Modeli İstanbul için çalıştırılmıştır.

4. LUCAM Modeli İstanbul Simülasyonları

Mevcut durum baz alınarak İstanbul Metropöiten Alanının gelecekteki durumun ortaya konması için LUCAM Arazi Kullanımı Değışim, Dönüşüm ve Gelişim Tahmin Modeli İstanbul bütününde sınanmıştır. 2000 yılı verileri ve 3030 sınırları kıstas alınarak çalıştırılan model için mevcut arazi kullanımı 2,5 ha'lık alanlara ayrılmış, her bir hücre ağırlıklı kullanımları dikkate alınarak 5 temel fonksiyona göre (boş/yapılaşmamış, konut, sanayi, ticaret ve donatı) sınıflandırılmıştır.

Tablo 1 de belirtilen formüle göre model İstanbul Metropöiten Alanı için 3 aşamalı olarak çalıştırılmıştır. Bu Makalede mevcut arazi kullanımı ile Simülasyon 3 sonuçları karşılaştırılacaktır.



Şekil 7. İstanbul Metropoliten Alanı 2000 Yılı Mevcut Arazi Kullanımı

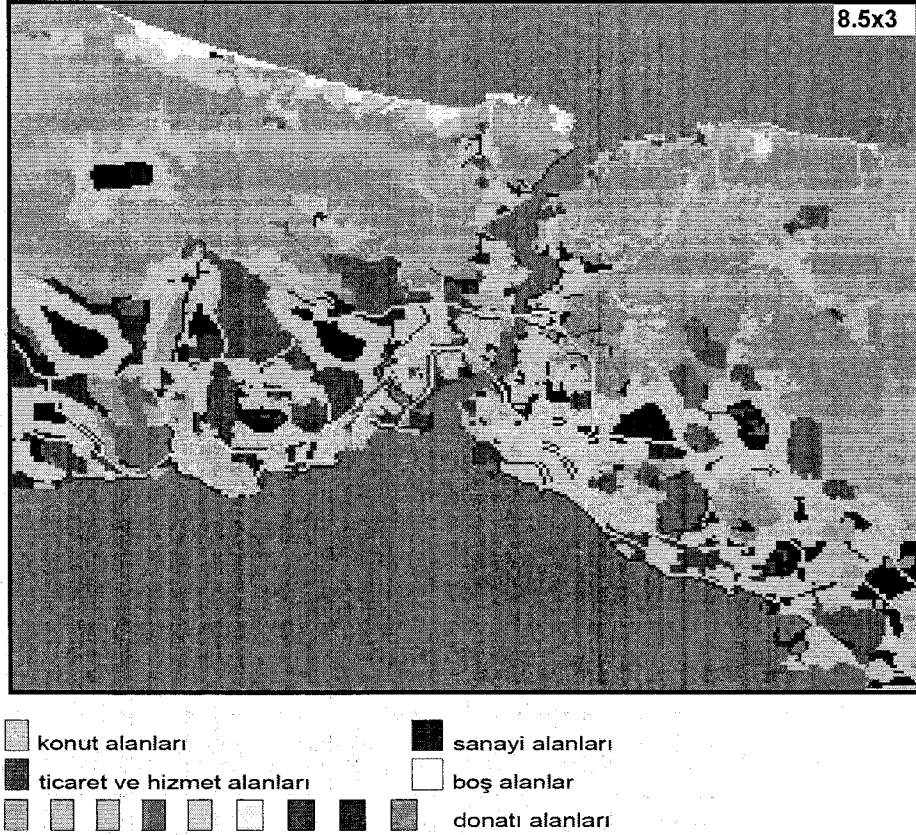
İstanbul metropoliten alan sınırları içinde konut alanları tüm alan içinde önemli bir oran oluşturmaktadır. Konut alanlarını fonksiyon bölgeleri olarak sanayi alanları izlemektedir. Sanayi alanı olarak metropoliten alan ölçeğinde tanımlı büyüklük oluşturan alanlar arazi kullanımına girilmiştir. Merkezlerde veya diğer bölgelerde yer alan konut altı sanayi alanlarının bir kısmı arazi tespit çalışmalarındaki zorluk nedeniyle modelde kullanılamamıştır.

İstanbul'da gelecekte gelişim ve dönüşümün nasıl ve nerelerde olabileceğinin belirlenmesi için LUCAM Modeli çalıştırıldıktan sonra 1., 2. ve 3. simülasyon (SML.-) sonuçlarına ulaşılmıştır.

Tablo 3. LUCAM Modeli İstanbul Simülasyon Sonuçları

FONK.	ALAN BÜYÜKLÜKLERİ (ha)				
	2000 ARAZİ KULLANIMI	SML. 1	SML. 2	SML. 3	DEĞİŞİM %
BOŞ	6363	2720	600	0	-250
KONUT	69793	72725	72263	68000	-6
SANAYİ	6905	6550	7813	10150	115
TİCARET	3280	4350	5669	8194	375
DONATI	286458	286458	286458	286458	-

Tablo 3'te de görülebileceği gibi, simülasyon sonrası konut alanları önemli oranda değişmezken, sanayi alanları 1,5 katına, ticaret ve hizmet alanları ise 2,5 katına çıkmıştır. Modelin esasları gereği donatı alanlarında bir değişiklik olmamıştır.



Şekil 8. İstanbul Metropolis Alanı LUCAM Simülasyonu 1

Tablo 4. Simülasyon 3'ten Sonra Fonksiyonların Dönüştükleri Fonksiyonlara Göre Dağılımı

FONKSİYON	DÖNÜŞÜLEN FONKSİYON (ha)		
	KONUT	SANAYİ	TİCARET
BOŞ	5994	369	0
KONUT	-	5831	1956
SANAYİ	-	-	2956
TOPLAM	5994	6200	4913

Simülasyon 3'ün sonunda 6363 ha yapılaşmamış alanın %95'i konuta, %5'i sanayiye dönüşmüştür. Dönüşüme uğrayan 7787 ha'lık konut alanının %75'ü sanayiye, %25'ü ticarete dönüşmüştür. 2956 ha'lık sanayi alanı ise ticarete dönüşmüştür. Toplamda 5994 ha konut alanına, 6200 ha sanayi alanına, 4913 ha ise ticaret alanına dönüşmüştür.

5. SONUÇ

Farklı ekonomist ve sanayi alanı yer seçimi kuramcıları tarafından 19.yy'da geliştirilen yer seçimi yaklaşımlarında yatırımcılar, ağırlıklı olarak yatırım maliyetlerini minimize eden doğal etkenler üzerinde yoğunlaşmışlardır. Yatırım maliyetini minimize eden faktörler sıralanırken çoğunlukla ucuz arazi sunusu, enerji, altyapı, ulaşım ve hammaddeye erişebilirlik olanakları ön planda tutulmuştur. Ancak sonraki dönemlerde özellikle teknolojik gelişmelere, haberleşme ve ulaşım olanaklarına bağlı olarak bu etkenlerde farklılaşmalar olmuş ve karı maksimize eden yaklaşımlar ön plana çıkmıştır. Bu durumda pazar imkanları, kalifiye işgücü sunusu, kredi olanakları, dışsal ekonomiler ve sermaye gibi faktörler sanayi yer seçiminde etkili hale gelmiştir. Yatırımcıların bir kısmının, yeni üretim birimlerini mevcut fabrikalar üzerinde geliştirmeleri, bir taraftan kuruluş yeri maliyetini azaltılmasında diğer taraftan mevcut pazar olanaklarının avantaj olarak kullanılması ve yeni yatırım kararlarının sağlam zemine oturtulmasında önemli rol oynamıştır.

Ekonomik gelişme veya değişimlerin yanı sıra politik, toplumsal ve diğer olaylar, yeni yatırımların planlanmasını, sanayi alanları tahsisini ve sanayileşmenin hızını, önemli şekilde etkilemiştir. Özellikle dünyadaki ekonomik durgunluklar, krizler veya gelişmeler bu yatırımların yönlendirilmesinde etkili olurken dünya savaşları, ülkelerin iç düzen tutarlılıkları, siyasi kararlar ve bölgesel ekonomik kararlar da yatırımların dalgalı şekilde organizasyonuna neden olmuştur. Dünyadaki teknolojik gelişmeler, sanayide işleri rutin ve düzenli hale getirirken, özellikle hizmet sektöründe yeni ürünlerin oluşumuna neden olmuştur. Yeni mallar üreten imalat sanayi kuruluşları, yer seçimi eğiliminde şehirleşmiş alanları tercih ederken, özellikle Ar-Ge si bulunan ve teknolojiyi yoğun kullanan sanayi tesisleri ise metropoliten alan etkisi altındaki yakın çevrede ve yere çok bağlı olmayan alanları tercih etme eğilimlerine girmişlerdir.

Teknolojinin bir başka etkisi ise, yatırımcılara ekonomik aktivitelerin yer seçiminde serbestlik getirici avantajlar sunmasında ortaya çıkmıştır. Teknolojik gelişmeler ekonomik ilişkilerde bağlantıların güçlendirmesini sağlamakta, fiziksel olarak uzaklığın dezavantajını ortadan kaldırmakta, tıkanmış şehirselle alanlarda yer seçme zorunluluğunu azaltmakta, çalışanlara ve yatırımcılara nerede yaşayacak ve çalışacaklarını konusunda daha fazla seçme özgürlüğü tanımaktadır. İlk yatırım maliyetini minimize eden yatırımcılar, bir taraftan metropolitenin verdiği avantajları kullanırken, diğer taraftan mevcut altyapı olanaklarını da kullanarak pazara kısa sürede erişebilmekte ve üretilen ürünleri kolay pazarlama imkanı bulabilmektedirler. Bu durum özellikle İstanbul gibi büyük metropolitenin çekim hızını arttırmakta ve metropoliten kentler hızla büyümektedir. İstanbul metropoliten alanında da planlı gelişmeyen sanayi yatırımlarının dağılım düzeni zaman içinde merkez ve alt merkezlerde problemlere neden olmuş, bir taraftan teknolojik gelişmelerin etkisi, diğer taraftan metropoliten kentin büyümesi ile özellikle merkezlerde arazi değerlerinin hızla artması, sanayi yatırımlarının bu merkezlerden desantralizasyonunu kaçınılmaz hale getirmiştir.

LUCAM Modeli simülasyon sonuçlarından da anlaşılacağı gibi İstanbul'da hemen hemen yerleşme için boş alan kalmamıştır. Mevcut boş alanların değerlendirilmesi yeni gelişmeler için havza veya orman alanlarının yerleşmeye açılmaması gerekmektedir. Sanayi yatırımları için Marmara Bölgesi dışında yatırımcıyı çekecek politika, teşvik ve araçların sağlanamaması durumunda metropoliten alanda sanayi yatırımlarının artacağı görülmektedir. Bu yatırımların bir kısmının kırsal özellik gösteren bölgelerde bir kısmı ise halihazırda bir arada bulunma ekonomilerinden kaynaklanan ve işgücü potansiyel bakımından çekim gücü oluşturan sanayi bölgelerine yakın alanlarda konuşlanacağı açıktır. Simülasyon sonuçları

diğer araştırma sonuçları ile benzerlikler göstermektedir. Özellikle metropoliten merkez özelliği gösteren bölgelerde yer alan ve teknoloji yoğun üretim yapan, AR-GE birimlerine sahip büyük işletmelerin merkezden desantralize olacağı ve bu alanların ticaret ve hizmet sektörüne dönüşeceği beklenmektedir.

Cellular Automata tabanlı, arazi kullanımının gelişimi ve dönüşümünü tahmin etmede bir araç olarak kullanılabilecek LUCAM Modeli ve bu modele benzer diğer modeller, planlama çalışmalarındaki kantitatif yaklaşımları daha kullanılabilir duruma getirmektedir. Özellikle bu modeller planlama çalışmalarının sentez aşamasında planıcıyı yönlendirmesi açısından önemlidir. LUCAM gibi modellerin yerleşmelerin karakteristiklerine göre farklı sonuçlar üretmesi ve en küçük hücre etkileşiminin tümevarım prensibiyle yerleşmenin bütünü bir şekilde etkilemesi sonuçların hassasiyetini arttırmaktadır. Yerleşmelerde hızlı gelişim ve değişime bağlı olarak planlama çalışmalarında geleceğe yönelik kestirimler yapmada LUCAM Modeli önemli bir araç olarak kullanılabilir. Türkiye’de Fraktal ve Cellular Automa kavramlarının son dönemlerde popülerite kazanması ve bu kavramların farklı disiplinlerdeki uygulama olanaklarının bilimsel ortamlarda tartışılması ile yakın gelecekte LUCAM Modeli’ne benzer diğer modellerin geliştirilmesi daha etkin hale gelecektir.

Kaynaklar

- Batty M., 1997, The Computable City, International Planning Studies 2, 155-173
- Colonna A., Stefano V.D., Lombardo S.T., Papini L. Rabino G.A., 1998, Learning Automata for Urban Development Exploration The Case Study of Rome Urban System, 38th ERSA Congress, Vienna
- DİE, 2000, İstanbul İli 2000 Genel Nüfus Sayımı Geçici Sonuçları 23/10/2000, İstanbul İl Müdürlüğü
- İBB, 2001, Sayılarla İstanbul, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Araştırma Müdürlüğü, İstanbul
- İSO, 1981, İstanbul Metropoliten Alanında Sanayi Yerleşim Planlaması, 150sh, İstanbul Sanayi Odası Yayınları, İstanbul.
- Rietman E., 1992, Creating Artificial Life Self Organization, Windcrest
- Weimar J., Simulation with Cellular Automata, <http://www.tu-bs.de/institute/WiR/weimar/Zascriptnew/intro.html>
- White R., Engelen, G., 1993, Fractal Urban Land Use Patterns: A Cellular Automata Approach, Environment and Planning A 25, Page 1175-1199.
- White R., Engelen, G., 1994, "Urban Systems Dynamics and Cellular Automata: Fractal Structures Between Order and Chaos". *Chaos, Solitons, and Fractals* 4, Page 563-583.
- White R., Engelen G., 1997-a, Cellular Automata as the Basis of Integrated Dynamic Regional Modelling, *Environment and Planning B* 24, Planning and Desing, Pages 235-246
- White R., Engelen G., 1997-b, Multi-Scale Spatial Modelling of Self-Organizing Urban Systems, F. And Haken, H. (eds.): Self Organization of Complex Structures: From Individual to Collective Dynamics; Gordon and Brech, Pages 519-353,
- Wu F., 1998, An experiment on The Generic Polcentricity of urban Growth in A Cellular Automatic City, Environment and Planning B 25, Page 731-752.
- Yüzer M.A., 2001, Şehirselle Yerleşmelerde Fraktal ve Hücresel Otomata Yöntemi İle Gelişme Alanlarının Belirlenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlaması Anabilim Dalı, Şehir Planlama Programı, İstanbul
- Yüzer, A.Ş. 2002, Planlamada Sanayi Alan Tahsisleri ve Değişimi, Sanayi Alanları Yer Seçimi Eğilimlerine Bağlı Yeni Düzenleme Stratejileri, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlaması Anabilim Dalı, Şehir Planlama Programı Doktora tezi, İstanbul.