

KENTSEL DOKU-ULAŞIM SİSTEMİ İLİŞKİLERİ

Fikret ZORLU

Alındı: 15.08.2007; **Son Metin:** 08.04.2008

Anahtar Sözcükler: dolaşım sistemi; kentsel doku, yol ağı; ilingesel özellikler; ağ tasarımı.

1. Bu çalışma, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Tasarım programında yazar tarafından hazırlanan ve Doç.Dr.Baykan Günay tarafından yönetilen "The Role of Traffic Network Design in the Formation of Circulation Systems and Urban Patterns" adlı yüksek lisans tezine dayanmaktadır.

Ulaşım planlaması ve kentsel tasarım yazınında kentsel dokuların tasarımı, oluşumu ve özellikleri konusunda yaygın çalışmalar bulunmasına rağmen, yol ağlarının kentsel trafiğin işleyişi üzerindeki etkilerini inceleyen az sayıda çalışma vardır (1). Bu çalışmada kentsel dokular ile ulaşım sistemleri arasındaki ilişki irdelenmektedir. Bunun için kentsel tasarım yazınında tanımlanmış bazı temel dokulardan yola çıkılarak kavramsal yol ağları oluşturulmakta ve bu yol ağlarının öngörülen bazı yolculuk istemleri altında nasıl işledikleri araştırılmaktadır. Tanımlanan yol ağları ilingesel (*topological*) ve çizge-kuramsal (*graph-theoretical*) yöntemlerden yararlanılarak sınıflandırılmıştır. Kavramsal düzeyde yapılan sorgulama sonucunda yol ağlarının göreceli üstünlükleri veya sorunları sıralanmaktadır. Yolların işleyişindeki farklılaşmanın gerisinde dokuların ve yol ağlarının ilingesel özelliklerinin etkili olduğu savunulmaktadır. Kentsel çevrenin, özelde kentsel dokuların tasarlanması aşamasında doğrudan veya dolaylı olarak dolaşım mekanları (yol ağı) da oluşturulmaktadır. Çalışmanın sonucunda kentsel dokuların, farklı zamanlarda gerçekleşecek trafik için yeterli olmaması veya gereğinden fazla yol mekanı sunulması gibi sorunların aşılmasına yönelik değerlendirmeler yapılmaktadır.

GİRİŞ

Bu çalışmada kentsel dokular ile ulaşım sisteminin işleyişi arasındaki ilişkiler araştırılmaktadır. Birinci aşamada yol ağlarının tasarımında temel alınan dokular araştırılmakta, ikinci aşamada ise tanımlanan bazı yol ağlarının dolaşım sistemlerinin göreceli üstünlükleri ve sorunları irdelenmektedir. Kentsel dokuların oluşumu ve özellikleri konusunda yaygın çalışmalar bulunmasına karşın yol ağlarının kentsel trafiğin işleyişi üzerindeki etkilerini inceleyen az sayıda çalışma bulunmaktadır (Magnanti and Wong, 1984; Hillier, 1987; Hillier, 1999; Southworth and Ben-Joseph, 2003; Drezner and Wesolowsky, 2003; Marshall, 2005). Öte yandan, son yıllarda trafik planlaması alanında akıllı ulaşım sistemleri ve ileri trafik

yönetim sistemleri yaygın olarak kullanılmakta, yapılan çalışmalarda bu sistemlerin işleyişinde yol ağı özelliklerinden yararlanılmaktadır. (Ran and Boyce, 1996; Feitelson and Salomon, 2000; Lo and Tung, 2003; Nepal and Park, 2005; Buhl et al., 2006). Bu çalışmada ise kentsel tasarım yazınında tanımlanan (Newel, 1980; Lynch, 1981, Marshall, 2005) temel dokulardan (ızgara, altıgen, ışınsal-dairesel) yola çıkılarak kavramsal yol ağları oluşturulmakta ve bu yol ağlarının ilingesel (*topological*) özelliklerinin trafiğin işleyişi üzerindeki etkisi irdelenmektedir.

Gerek trafik planlaması ve gerekse kentsel tasarım alanında kentsel dokular ile dolaşım sistemleri arasındaki ilişki kimi yazarlarca yol ağlarının ilingesel çözümlemesi yapılarak irdelenmiştir. (Wright et al., 1989, 1995a, 1995b, Feitelson and Salomon, 2000; Buhl et al., 2006). Kentsel çevrenin, özelde kentsel dokuların tasarlanması aşamasında doğrudan veya dolaylı olarak dolaşım mekanları (yol ağı) da oluşturulmaktadır. Ancak oluşturulan dokuların, farklı zamanlarda gerçekleşecek trafik için yeterli olmaması sorunu, veya gereğinden fazla yol mekanı sunulması gibi sorunlar da ortaya çıkabilmektedir. Planlama ve tasarım sürecinde kentsel mekânın, özelde ulaşım mekânlarının, biçimlenmesinde genellikle iki yöntemden biri tercih edilmektedir. Bunlardan birincisi yol ağına öncelik verilerek oluşturulan birimlerin düzenlenmesini, ikinci yöntem ise belirli bir temel dokunun tercih edilerek bu temel dokudan birimler üretilmesini öngörmektedir. Birinci yöntem yapı alanlarının tasarımında, ikinci yöntem ise ulaşım sisteminin işleyişinde kısıtlamalara neden olabilmektedir.

Ulaşım planlaması alanında arazi kullanım planlanması yolu ile ulaşım sorunlarının aşılmasına yönelik yaklaşımlar 1950'li yıllardan bu yana dile getirilmektedir (Mitchell and Rapkin, 1954; Meyer and Miller, 1984; Dimitriou, 1992). Etkili ve yapısal çözümler içermekle beraber, otomobil kullanımının yaygın olduğu kentlerde, özellikle kent merkezlerindeki trafik sorunlarının aşılması için bu yöntemin tek başına yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Diğer bir deyişle, ulaşım sorununun aşılması, dolaylı olarak trafik sorunlarının azaltılmasını sağlamakla beraber yeterli olamamaktadır. Son yıllarda trafik yönetimi konusundaki çalışmaların yoğunluğu bu sorunun kalıcılığına işaret etmektedir. Diğer yandan, yol kapasitelerinin artırılması veya yeni yollar inşa edilmesini içeren seçeneklerin de trafik sorununu azaltmadığı, aksine yol ağı üzerindeki taşıt kullanımının artmasına neden olduğu görülmüştür (Parthasarathi et al., 2003). Bu çalışmada, kent parçalarının tasarımında oluşturulan veya yeniden düzenlenen yol ağlarının yapısal özelliklerinin (doku, kademelenme, parçaların biraraya gelişi) trafik sorununun aşılmasına yönelik uygulamalarda önemli bir etken olduğu savunulmaktadır.

Son yıllarda "akıllı ulaşım sistemleri" ve "akıllı trafik yönetim sistemleri" geliştirilmekte ve uygulanmaktadır (Ran and Boyce, 1996; Levinson, 2003). Bu sistemler yol ağında dolaşımın sürekliliğinin sağlanması için sürücüleri bilgilendirme, ışıklandırma ve yönlendirme uygulamalarını içermektedir. Söz konusu uygulamaların başarılı biçimde uygulanabilmesi için yol ağının uygun sistem özelliklerine, geometrik özelliklere ve taşıma kapasitesine sahip olması gerektiği bilinmektedir. Uygulamalar sonucu yeterli başarının sağlanıp sağlanmadığı konusunda trafik mühendisliği alanında çok sayıda çalışma yapılmıştır; ancak elde edilen sonuçlar trafik yönetim sistemlerinin geliştirilmesine yönelik olarak kullanılmaktadır (Emmerink et al., 2003, Levinson, 2003). Yol ağının fiziki olanaklarının geliştirilmesine yönelik yaklaşımlar içinde kapasite arttırımı dışındaki seçenekleri irdelleyen çalışmalar ise sınırlı düzeydedir. Bu çalışmada yol ağı kapasiteleri arttırılmaksızın farklı dolaşım sistemlerinin uygulanmasına olanak verecek

yol ağları da araştırılmıştır. Böylece trafik planlaması ve yönetimi alanında öngörülen sistemlerin uygulanabilirliğinin ve verimliliğinin artırılacağı iddia edilmektedir.

YOL AĞLARININ İLİNGESEL VE ÇİZGE-KURAMSAL ÇÖZÜMLEMESİ

Yol ağlarının düzeninin (geometrik yapısı ve dokusu) ve kademelenme biçiminin, sistemi oluşturan temel birimlerin (yol kesitleri) yapısının, erişim olanaklarının, ağ üzerindeki sürekliliğin ve ağdaki birim sıklığının incelendiği alan “ağ ilingesi” (*network topology*) olarak tanımlanmaktadır (Taaffe et al., 1998). Bu tanım matematikte çizge-kuramı (*graph-theory*) alanında kullanılmakta iken ulaşım sistemlerinin ağ özellikleri, *topolojinin* yöntem ve ölçütleriyle değerlendirilmektedir (Harget and Chlorgey, 1997). Bu yöntemde yol ağının bağlantı sıklığı (*connectivity*) *alfa*, *beta* ve *gamma* göstergeleri olarak adlandırılan ve yol ağındaki bağlantı sayısının (*link*) kesişme sayısına oranını temel alan göstergeler ile ölçülmektedir. Yol ağlarının tasarımında kullanılan geometrik birimler, kavşak biçimleri, bağlantı sıklıkları gibi ölçütler *ilingesel özellikler* olarak tanımlanmaktadır.

Bu konuda yapılan ilk çalışmalardan biri Newel (1980) in kare ızgara plan (*square-grid*), üçgen ızgara (*triangular-grid*) plan ve ışınsal-halka (*radial-ring*) sistemlerinin karşılaştırılmasına ilişkin kavramsal değerlendirme çalışmasıdır. Newel’in araştırmasında kent içinde farklı bölgeler arasındaki yolculuk mesafesi, yol ağlarının sundukları güzergah seçeneklerinin sayısı ve yolculukların başlangıç ve bitiş noktaları arasında katedilen mesafe ölçüt alınmıştır. Çalışmada farklı açılar ile birleşen yol elemanlarının oluşturduğu ağların ilingesel farklılıkları ile bu yol ağlarının sürücüler için sağladığı güzergah seçenekleri arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Magnanti ve Wong (1984), ağ tasarımı ve işleyişini sınamaya yönelik *model* ve işlem yollarını (*algorithms*) irdelemiş ve ağ üzerindeki farklı güzergahların kullanılabilirliğini sınamıştır. Araştırmacıların geliştirdiği “ağ atama yöntemi” (*network assignment method*), ulaşım ağlarının yeterlilik çözümlerinde (*network efficiency analysis*) sınanmıştır. Bununla birlikte, yüksek kamu maliyeti gerektiren ulaşım altyapısının planlanması ve tasarımında, yol ağının uygun ölçekte ve dengeli bir yayılımda sunulabilmesi için esas alınması gereken ölçütler sunulmaktadır. Magnanti ve Wong tarafından geliştirilen yöntem, kapasite kullanım oranlarının, ortalama yolculuk zamanın ve ortalama yolculuk mesafesinin en düşük düzeyde olduğu, bunun yanında en az ulaşım maliyeti gerektiren ağ türlerinin tespitine yönelik sınamalarda kullanılmıştır. Bunun yanında bu ağların uzun erimde kullanılabilirliklerine ilişkin ölçütler de tanımlanmıştır. Szö konusu çalışmada, karşılaştırmalı değerlendirme yapmak için olasılık kuramına dayalı bir “yolculuk atama modeli” kullanılmıştır. Araştırmacılar çalışmalarında zamansal değişiklikler nedeniyle ortaya çıkan kullanım farklılaşmasını dikkate alan ve belirsizlikleri azaltmayı amaçlayan esnek ağlar geliştirmeye çalışmışlardır. Burada “esneklik”, ağ üzerindeki trafiğin farklı yoğunluklarda eşdeğer dağılımına olanak verebilmeyi, ağ üzerine yeni yollar eklenebilmesini veya bazı yolların kapatılması durumlarında ağın işleyebilirliğinin sağlanmasını işaret etmektedir. Çalışmanın sonucunda esnek ağ oluşturabilme ve bunun farklı düzeylerdeki istemi karşılayabilmesi için ağ atama yönteminin de aynı düzeyde esnek olabilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Feitelson ve Salomon (2000) ulaşım ağlarına ilişkin esneklik ölçütlerini, ağın yapısal özellikleri, arazi kullanımı ve kentsel kullanımın yere seçimleri ile ilişkili olarak tanımlamışlardır. Çalışmalarında

vurguladıkları esneklik kavramı, erişim kolaylığı, ulaşım maliyetlerinin (zaman ve parasal maliyet) korunabilirliği, dolaşım hızı, ağ üzerinde farklı kullanımların konumlandırılabilirliği, ağın yapısal özelliklerinin zamana uyumlanabilirliği ve sürdürülebilirliği gibi ölçütler ile tanımlanmıştır. Esneklik, ağ üzerindeki düğümlerin özellikleri (yolların birleşme biçimleri), bağlantılar (yol enkesitleri, uzunluklar ve kademelenme) ve zamansal değişimlere uyum gösterebilme gibi üç temel etkene göre belirlenmektedir. Düğüm esnekliği, ağ üzerine yeni düğüm noktaları eklenebilme olanağını; bağlantı esnekliği, yol ağına yeni yollar eklenebilme olanağını; zamansal esneklik ise farklı dönemlerde taşıt yoğunluğunun değişmesi durumunda ağın işleyebilirlik olanağını ifade etmektedir. Her üç esneklik türü de ağın ilingsel yapısına bağlı olarak değişen bir etken olarak tanımlanmış ve ulaşım ağları için “esneklik ölçme yöntemi” geliştirilmiştir. Bu yöntemle göre ulaşım ağları en esnek olandan en az esnek olana kadar farklı derecelendirmelerle ayrıştırılmaktadır.

Ulaşım ağlarının esnekliği yanında ağın toplam erişilebilirliğini ifade eden “dayanaklılık” (*robustness*) da yol ağı tasarımında dikkate alınması gereken önemli bir etken olarak görülmektedir (Morris et al., 1978, Sakakibara et al., 2004). Sakakibara et al., (2004) yol ağına belirli bir kesimin trafiğe kapanması durumunda sistemin işleyebilirliğini kentsel afetler örneği üzerinden irdelemişlerdir. Yazarlar çalışmalarında “dayanaklılığı” yüksek olan yol ağlarının afet nedeniyle oluşabilecek kesintilerde (bazı yolların kapanması) işlevini daha az aksama ile sürdürebildikleri sonucuna varmışlardır. Yol ağının belirli kesimlerinin trafiğe kapanması veya sistem üzerinde yüksek yoğunlukta trafik oluşması durumunda trafiğin akışının kesintisiz veya en az etki ile işleyebilmesi, ağın dayanıklılığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu tanımlamaya göre yol ağının çok sayıda güzergah seçenekleri sunması ağın dayanıklılığını arttıran bir etken olmaktadır. Yol ağı dayanıklılığının ve erişilebilirlik olanaklarının ölçülebilmesi için ilk aşamada çalışma kapsamındaki alan bölgelere ayrılmakta, bir yolculuğun başladığı bölge “kaynak”, yolculuğun varış bölgesi “hedef” olarak tanımlanmaktadır. İkinci aşamada yol ağı bağlantı kesimleri (*links*) ve düğümler (*nodes*) ayrılmakta yol ağının bağlantı sıklığı bu elemanlar üzerinden hesaplanmaktadır. Dolayısıyla, dayanıklılık aynı zamanda ağ üzerindeki “hedef-kaynak çiftleri” arasındaki erişilebilirliğin toplamını ifade etmektedir. Bu etken “ilingsel gösterge” (*topological index*) olarak adlandırılan ve yol ağının yoğunluğuna göre ölçülen bir gösterge olarak tanımlanmaktadır. Yol ağına kesim sayısının düğüm noktalarına oranı yoğunluğu, dolayısıyla “ilingsel gösterge”yi belirlemektedir. Göstergenin yüksek olması, iki nokta çifti arasındaki güzergah seçeneklerini arttırmakta, dolayısıyla toplam erişilebilirlik ve dayanıklılık artmaktadır. Bu tanımlamaya göre ağaç tipi ağların dayanıklılığı en düşük düzeydedir.

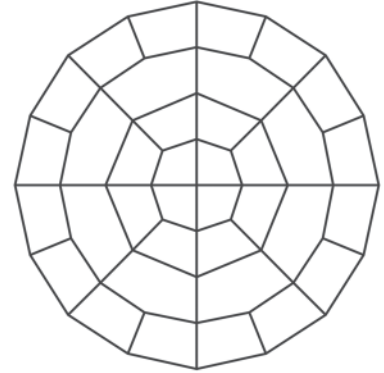
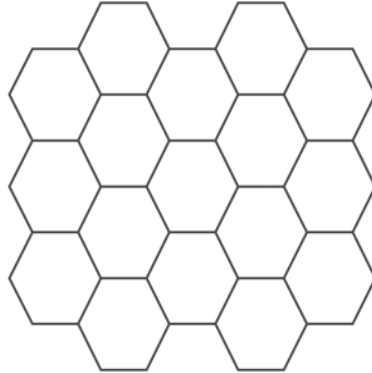
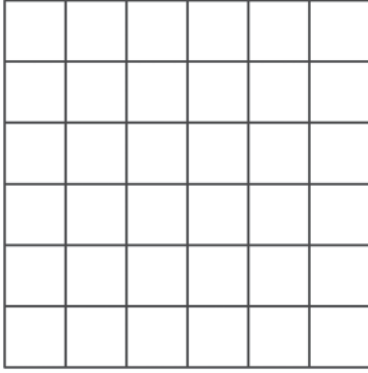
Xiong ve Schneider (1995) bir ağ üzerine yeni yollar eklenmesi veya yol iyileştirmeleri yapılması durumunda ağ üzerindeki dolaşımın nasıl etkilenebileceğini sinir-ağları (*neural-networks*) yöntemiyle irdelemişlerdir. Araştırmacılar farklı yol yatırımı ve güzergah seçeneklerinin karşılaştırılmasında kullanılabilecek etkenleri tanımlamış ve “sinir-ağları” mantığından uyarlanmış yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Chien ve Fellow (1997) karmaşık kentsel arazi kullanımı ve türdeş olmayan ızgara tipi ağlarda toplu ulaşım sisteminin en uygun güzergahlar biçiminde tasarımını hedefleyen bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemin dayandığı yaklaşıma göre istemin mekansal dağılımıyla örtüşen, ulaşım yatırımı için gerekli maliyetini, yolculuk mesafesini ve süresini en aza düzeyde

tutacak güzergahlar arasında tercih yapılmasına yardımcı olacak bir denge noktası bulunabilir. Yazarlar kavramsal örnekler üzerinden farklı ağların işleyişini bu ölçütlere göre sınamakta ve ızgara sistemi üzerinde en uygun güzergahları saptamaya yönelik bir yöntem sunmaktadır.

Drezner ve Wesolowsky (2003) yaptıkları çalışmada, yol ağına yeni bir yol eklemek, yolların belirli kesimlerini genişletmek ve tek yön uygulaması gibi seçenekleri olumlu ve olumsuz yönleriyle birlikte karşılaştırmıştır. İlgili çalışma yol ağının ilingsel özelliklerine müdahalenin ve tek yön uygulamalarının yolların fiziki kapasitelerini arttırmaktan daha düşük maliyetli ve daha verimli sonuçlar sağladığını göstermektedir. Lo ve Tung (2003) yol ağındaki belirli birimlerin (yol kesimleri) eksilmesi, trafiğe kapanması veya deprem vb. durumlarda kullanılamaz hale gelmesi durumunda yol ağının işleyişini irdelemiş, kapanan yollar nedeniyle trafiğin ağın diğer kesimlerdeki akışını ve yolların yeterlilik durumlarının kestirimi için olasılık kuramına dayanan bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemi kullanarak yol ağı tasarımında dikkat edilmesi gereken öncelikleri (örneğin, yüksek bağlantı düzeyi ve kesintisiz trafik akışına uygunluk) önermektedirler. Yerra ve Levinson (2004) yol kademelenmesinin trafiğin işleyişi üzerindeki etkisini irdelemiş ve yol ağındaki kademelenmenin yolculukların mekandaki dağılımına uygun biçimde tasarlanmasının önemine değinmiştir. Yazarlar ızgara plan örneği üzerinde sınamalar yapmış, yol ağından bazı elemanların (yol kesimleri) çıkarılması veya yeni yollar eklenmesi durumlarında ağ üzerindeki yolculuk dağılımını, kapasite kullanım oranı ve sıklık üzerindeki etkilerini irdelenmişlerdir. Nepal ve Park (2005) ulaşım ağı planlanması ve tasarımında çok sayıda etkenin dikkate alınması gerektiği kabulünden yola çıkarak bu etkenlerden biri olan en düşük maliyetli güzergahlara olanak verebilme olanaklarını sınamakta kullanılabilecek bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, en kısa güzergah belirleme yöntemi üzerinden ağın işleyişi ve diğer seçeneklerin zamansal ve parasal maliyetler yönünden karşılaştırılması yapılmıştır. Yazarlar en uygun seçenek yanında diğer seçeneklerin tercih edilebilmesi için, ağın çok sayıda güzergaha olanak verecek nitelikte tasarlanmış olması gerektiğini belirtmektedirler. Dolayısıyla ağın ilingsel özellikleri, trafiğin akışı, trafik yönetimi ve planlamasında temel belirleyici olmaktadır.

Ulaşım ağlarından biri olan yol ağları temelde dolaşım sistemlerinin kentsel dokular üzerinde uygulanmasıyla elde edilmektedir. Dolaşım sistemleri hareket biçimleri, yönlenme, kademelenmeyi ifade eden kavramsal akışları ifade etmektedir. Kentin temel biçimlenmesinde kullanılan ve özdeş birimlerden oluşan sistemi kentsel dokuyu tanımlamaktadır. Yol ağı ise üzerinde hareketin gerçekleştiği fiziksel altyapıyı ifade etmektedir. Bu çalışmada taşıt yollarının oluşturduğu ağlar irdelenmektedir. Kentin biçimlenmesinde kullanılan temel dokular ile bu dokular üzerinde oluşturulan yol ağlarının ilingsel çözümlemesi, temelde yol kesimlerinin bir araya geliş biçimlerinin matematiksel ifadesine dayanmaktadır. Uygulanmış olan kentsel dokular üç temel oluşum biçimi üzerinden kavramsallaştırılmaktadır: kare ızgara, altıgen ve dairesel-ışınsal (Newel 1980; Lynch, 1981). Bu üç dokunun elverdiği yol ağları ise ilingsel olarak farklılaşmaktadır. Kare ızgara, dörtlü birleşimler ve kolları 90 derece açılarda birleşen oluşan düğümlerden; altıgen, üçlü birleşimler ve kolları 120 derecelik açılarla birleşen düğümlerden; dairesel ışınsal ise daire parçalarının ışınlarla birleşmesi ile oluşmaktadır (**Resim 1**).

Dolaşım sistemleri, bir kent parçasının tasarımına uygun olarak trafiğin akışını kolaylaştırmak, en az maliyetle en fazla alana erişim sağlamak



Resim 1. Yol ağlarının oluşturulmasında altlık olarak kullanılan temel dokular.

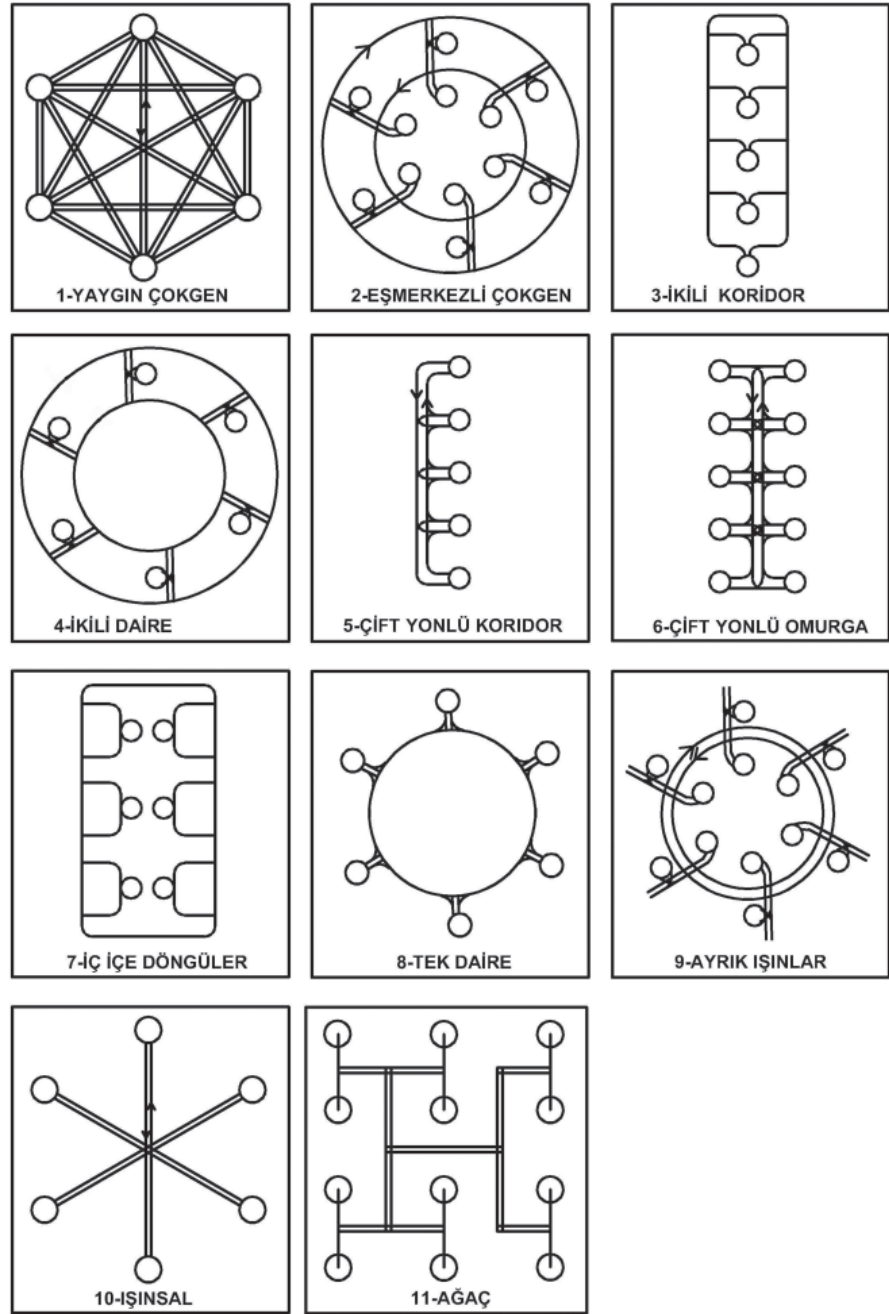
amacıyla kurgulanan kavramsal düzenlemeleri tarif etmektedir (**Resim 2**). Araştırmacıların bulgularına göre bu sistemlerin bir kısmında yolculuk mesafesi en aza indirgenirken çakışma sayısı azaltılmaktadır (Wright et al., 1989). Bazılarında ise tersi durum tercih edilmektedir. Dolayısıyla bu sistemler, düzenleme yapılacak alanın kent içindeki konumu, yoğunluğu, işlevi ve kullanıcı kitle önceliklerine göre tasarlanmaktadır.

DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Ulaşım planlamasında dolaşım ağı tasarımı aşamasında öngörülen yol altyapısının yeterliliği yolculuk istem kestirimi ve yolculuk atama yöntemleri ile değerlendirilmektedir. 1970'li yıllardan bu yana yolculukların ağ üzerindeki dağılımı ve yolların yeterlilik durumları yolculuk benzetim yöntemleri ile kestirilmektedir (Ortuzar and Willumsen, 2001). Bu çalışmada ilingesel sınıflama ile yolculuk atama yöntemi birlikte kullanılarak farklı yol ağlarının aynı istem koşullarında göreceli üstünlükleri araştırılmaktadır. Böylece farklı dokuların trafik düzenlemeleri ve akışlar için sağladığı olanaklar ortaya çıkarılarak yol ağı tasarımının trafiğin işleyişindeki rolü tartışılmaktadır.

Benzer çalışmalardan biri Buhl ve diğerleri (2006) tarafından, var olan kent dokuları üzerinden kavramsal düzeyde ve sınırlı örnek üzerinden yapılmıştır. Kullanılan yöntem, canlıların vücut yapısından esinlenerek geliştirilmiş, irdelenen örnekler bağlantı geometrisi, bağlantı yoğunluğu ve sistemin alt birimlerinin özellikleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Diğer çalışmalardan farklı olarak ağın bağlantı düzeyi (*connectivity*), ağ üzerindeki birimlerin sıkı biçimde bağlantı sağlama olanakları (*meshedness*) ile açıklanmaktadır. Kademelenme ise ağ üzerinde eşdeğer birimlerle bağlantı sağlama düzeyi (*assortivity*) ile açıklanmakta ve bu kavramlar ile tanımlanan gösterge ve ölçütler ile ölçülmektedir. Lord ve Persaud (2004) ise yol ağı ilingesi ile göre taşıtların çarpışma tehlike düzeyleri arasındaki ilintiyi irdelemektedir. Araştırmacıların önerisi yol ağı tasarımında taşıtların en düşük olasılıkla ve en düşük tehlike ile hareket etmesini sağlayacak bir geometrik düzenleme yapılmasıyla sınırlı bırakılmıştır.

Bu konuda yapılan çalışmalarda tekil örnekler üzerinden, veya birkaç varsayımsal örneğin karşılaştırmasına dayanan, irdelemeler yapılmıştır. Bu çalışmada ise dolaşım sistemleri yapısal olarak farklılaşan dokular üzerinde uygulanmış ve uygulanabilecek yol ağı örnekleri elde edilerek ilingesel ve benzetim temelli yöntemlerle karşılaştırılmaktadır. Bunun yanında belirli geometrik olasılıklar üzerinden oluşturulan yol ağları yukarıda sıralanan ölçütler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sınıflama,



Resim 2. Yol ağlarının oluşturulmasında kullanılan dolaşım sistemleri (Wright et al., 1989).

Wright ve diğerlerinin (1989) tanımladığı onbir dolaşım sisteminin Lynch'in (1981) tanımladığı üç temel doku üzerinde uygulanması ile elde edilen toplam otuz üç yol ağı üzerinden yapılmaktadır. Bütün ağlar ilingsel özelliklere göre gruplandırılmakta ve çizge kuramsal üstünlükleri yönünden karşılaştırılmaktadır. Buna göre yol ağları yüksek bağlantılı (tümleşik), orta derecede bağlantılı (kısmen tümleşik/ayırksı) ve ağaç türevleri olmak üzere üç alt gruba ayrılmıştır.

Her alt gruptaki ağ verimlilik, dayanıklılık, esneklik ve erişilebilirlik ölçütlerine göre karşılaştırılmaktadır. Verimlilik, ortalama yolculuk mesafesinin ve süresinin azaltılması, kapasite kullanım oranının bütün yollarda eşdeğer olması, trafik sıkışıklığının azaltılması gibi göstergeler ile ölçülmektedir. Ağ içindeki bazı yollar yüksek yoğunlukta kullanılırken

diğerlerinin çok az kullanılması gibi sorunlar, ağın ilingesel özelliklerinden kaynaklanan bir verimsizlik göstergesi olarak görülmektedir. Kurgulanan ağların eş koşullarda karşılaştırılabilmesi için kavramsal hedef-kaynak yolculuk dağılım matrisleri (yolculuk başlangıç ve bitiş bölgeleri arasındaki yolculuk dağılımını gösteren tablolar) kullanılmıştır. Bu matrisler uygulama alanlarındaki hedef-kaynak çiftleri arasındaki yolculuk yoğunluklarına göre farklılaşmaktadır. Değerlendirme aşamasında farklı yolculuk dağılım koşullarında sınanan ağların yukarıdaki ölçütlere göre göreceli üstünlükleri araştırılmaktadır. Bu ölçütler, Temel Birimlerin Yapısı, Bağlantı Yoğunluğu, Dayanıklılık, Esneklik, Kademelenme, Süreklilik ve Erişilebilirlik olarak sıralanmıştır.

Oluşturulan sistemlerin eş koşullarda karşılaştırılabilmesi için her üç temel dokuda kullanılan toplam yol uzunlukları eşittir. Kare ızgara sisteminde her bir yol kesiminin uzunluğu 300m. iken altıgen sistemde 350m. dir. Dairesel ırsal sistemde merkez çeperindeki yol kesimleri 237m. iken çeperde 466 metredir. Her üç sistemde toplam yol uzunluğu 25.200m. dir. Böylece eş miktarda yol kullanılması durumunda her üç temel dokudan üretilen yol sistemlerinin yolculuk istemlerine uygunluğu, dayanıklılığı ve esnekliği üzerinden değerlendirme (ilingisel ve çizge-kuramsal) yapılması sağlanmaktadır. Birinci aşamada bütün hedef kaynak çiftleri (49*49) arasında eşit sayıda yolculuk (20) olduğu varsayılmış, dolayısıyla toplam 48030 yolculuk her bir yol ağı üzerine ayrı ayrı atanmıştır.

Tablo 1. Yol ağı üzerinde trafik ataması modelinin uygulanmasında kullanılan eşdeğer dağılımlı hedef-kaynak yolculukları matrisi.

O-D	1	2	3	.	.	.	.	49	TOPLAM
1	20	20	20					20	980
2	20	20	20					20	980
3	20	20	20					20	980
.									
.									
.									
.									
49	20	20	20						
TOPLAM	980	980	980						48020

Tablo 2. Yol ağı üzerinde trafik ataması modelinin uygulanmasında kullanılan merkez odaklı hedef-kaynak yolculuklarının dağılımı.

O-D	1	2	3	.	.	.	.	49	TOPLAM
1	245	245	245					245	12005
2	245	10	10					10	725
3	245	10	10					10	725
.									
.									
.									
.									
49	245	10	10						
TOPLAM	12005	725	725						48030

Değerlendirme bölümünde sunulan şekiller bu matrisin uygulandığı yol ağlarını göstermektedir. İkinci aşamada oluşturulan yol ağlarının bulunduğu kent parçasının tek merkezli olduğu varsayılarak, merkez ile diğer bölgeler arasında yoğun yolculuk ilişkisi, diğer bölgeler arasında daha az yolculuk akımları tanımlanmıştır. Buna göre bütün hedef kaynak çiftleri arasında her bölge ile merkez arasında karşılıklı 245 yolculuk, diğer bölgeler arasında ise 10 yolculuk olmak üzere toplam 48020 yolculuk yol ağları üzerine atanmıştır. Bu aşamanın sonuçları ekteki sonuçlar tablosunda sunulmaktadır.

Yolculuk atama işlemi sonucunda her yol sistemi için yollar üzerinde oluşan trafik hacimleri karşılaştırılarak yeterlilik ve verimlilik çözümlenmeleri yapılmıştır. Birinci aşamada iki ölçüt kullanılmıştır; birincisi yol kesimleri üzerinde hareket eden taşıt sayısının ortalaması, ikincisi yol kesimleri arasında taşıt hacimleri yönünden oluşan farklılık düzeyidir. Birinci ölçüt ortalama taşıt hacmi, ikinci ölçüt standart sapma ile ölçülmektedir. Ortalama taşıt yoğunluğunun yüksek olması, iki nokta arasında erişim için ağın yeterli sayıda güzergah seçenekleri sunmadığı, dolayısıyla az sayıda güzergahın kullanıldığı, toplam yolculuk mesafesinin arttığı ve yol kesimlerinde trafik yoğunluğunun arttığı anlamına gelmektedir. Standart sapmanın yüksek olması ağ üzerinde belirli kesimlerin yoğun kullanıldığı diğer kesimlerin ise kapasitelerine göre daha az kullanıldığı, dolayısıyla ağın esnekliğinin, dayanıklılığının ve veriminin düşük olduğu anlamına gelmektedir. İkinci aşamada ise ortalama yolculuk mesafeleri ve ortalama yolculuk süreleri üzerinden karşılaştırma yapılmıştır.

DEĞERLENDİRME

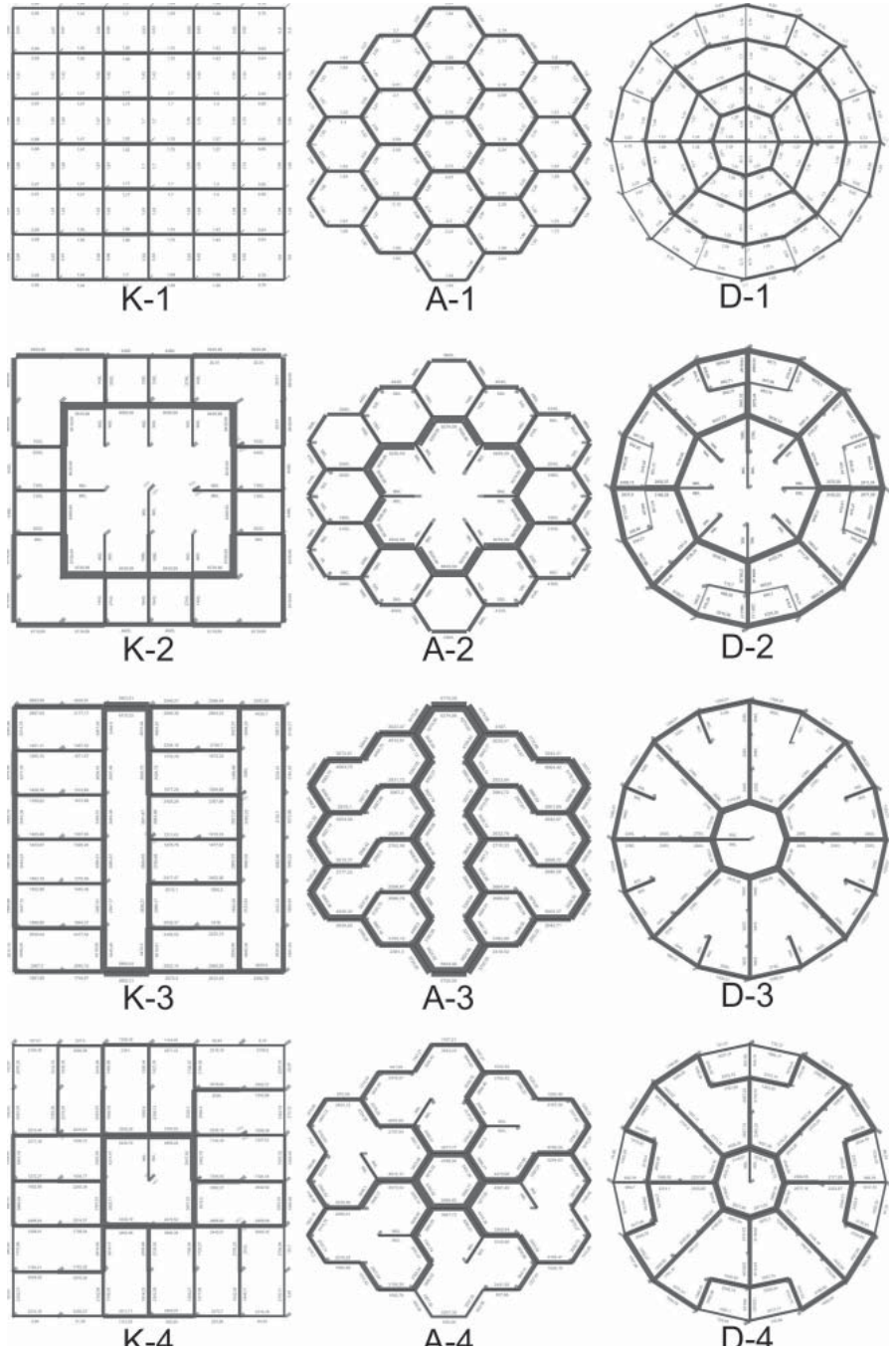
Üçüncü bölümde açıklanan yöntem kullanılarak kurgulanan 33 yol ağı ilingsel özelliklerine göre üç alt grupta sınıflandırılmıştır. Bunlar, tümleşik, yarı tümleşik (ayrık) ve ışınsal-ağaç sistemler olarak adlandırılmıştır. Bu sınıflama yol ağlarının bağlantı yoğunluğuna göre yapılmıştır. Değerlendirme aşamasında bu üç alt grup içerisindeki yol ağları temel alınan doku ve uygulanan sistemlere göre alt sınıflara ayrılarak karşılaştırılmıştır.

TÜMLEŞİK YOL AĞLARI

Bu grup, dört dolaşım sisteminin türevi olan yol ağlarını kapsamaktadır. Bunlar yaygın çokgen (*convex polygon*), eşmerkezli çokgen (*concentric polygon*), ikili koridor (*two corridors*) ve ikili daire (*two rings*) dolaşım sistemlerine dayalı ağlar olarak sıralanmaktadır. Hedef-kaynak yolculuk dağılımını ifade eden matrisin (**Tablo 1**) bu ağların üzerine atanması sonucunda yol ağları üzerindeki taşıt yoğunluklarının dağılımı elde edilmiştir (**Resim 3**).

Yaygın Çokgen sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

Yaygın Çokgen dolaşım sisteminin her üç doku üzerinde uygulanması üç adet yol ağı kurgulanmıştır (**Resim 3**, K1, D1 ve A1). Buna göre yaygın çokgen sistemi her üç doku üzerine uygun biçimde uygulanabilmektedir. Kare ızgara çokgen ağ üzerindeki ortalama taşıt yoğunluğu hem de standart sapma diğer sistemlere kıyasla hem düşük çıkmıştır. Altıgen yol ağında ortalama taşıt yoğunluğu ve standart sapma yüksek bulunmuştur. Bu durum yol ağının kapasite eşliğinde işlediğini, birim alanda taşıt yoğunluğunun fazla olduğunu ve bütün yolların eşdeğer düzeyde trafik sıklığı yaşayacağını göstermektedir. Dairesel ışınsal ağ üzerinde ise



Resim 3. Kurgulanan tümleşik yol ağlarında yolculuk dağılımı.

(Şekilde Izgara Yaygın Çokgen (K-1), Altıgen Yaygın Çokgen (A-1), Dairesel Yaygın Çokgen (D-1), Izgara Eşmerkezli Çokgen (K-2), Altıgen Eşmerkezli Çokgen (A-2), Işnsal Eşmerkezli Çokgen (D-2), Izgara İkili Koridor (K-3), Altıgen İkili Koridor (A-3), Işnsal İkili Koridor (D-3), Izgara İkili Daire (K-4), Altıgen İkili Daire (A-4), Işnsal İkili Daire (D-4) yol ağları görülmektedir.)

ortalama taşıt yoğunluğu orta düzeyde ancak standart sapmanın ortalama taşıt hacmine oranı görece olarak yüksek düzeydedir. Her üç ağ, tüm ağlar içinde ortalama yolculuk mesafesi ve ortalama yolculuk süresi en kısa olan grupta yer almaktadır. Oluşturulan yol ağları arasında kare ızgara çokgen daha verimli ve daha dengeli biçimde işleyebilmektedir. Her üç yol ağı, uygulanan yolculuk istemine göre belirgin bir kademelenme olmaksızın işleyebilmektedir. Standart sapmanın yüksek olması nedeniyle dairesel-ışnsal sistemde kısmen kademelenme gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Aksi durumda sistemin merkez çeperindeki yol kesimlerinde aksamalar oluşmaktadır. Her üç ağ üzerinde, ortalama yolculuk mesafesi ve süresi ortalamanın altında bulunmuştur.

Eşmerkezli çokgen sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

Bu sistemin dokular üzerinde uygulanması aşamasında iki tek yönlü ana yol ve dağıtıcı yollar kurgulanmıştır (**Resim 3**, K2, D2 ve A2). Bu sistemden türetilen her üç yol ağında ortalama taşıt yoğunluğu ve standart sapma ortalama düzeyindedir. Altıgen türevi yol ağında ortalama yolculuk mesafesi ve süresi görece olarak daha yüksek bulunmuştur. Buna göre dairesel koridor sistemi her üç doku üzerine uygun biçimde uygulanabilmekte, oluşan yol sistemleri arasında dairesel ışınsal koridor ağ daha verimli ve daha dengeli biçimde işleyebilmektedir. Her üç ağ için belirgin bir kademelenme gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Uygun biçimde kademelenme sağlanmadan bu sistemlerin işleyişi sorunlu olmaktadır. Her üç ağ üzerinde, ortalama yolculuk mesafesi ve süresi ortalamanın altında bulunmuştur.

İkili Koridor sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

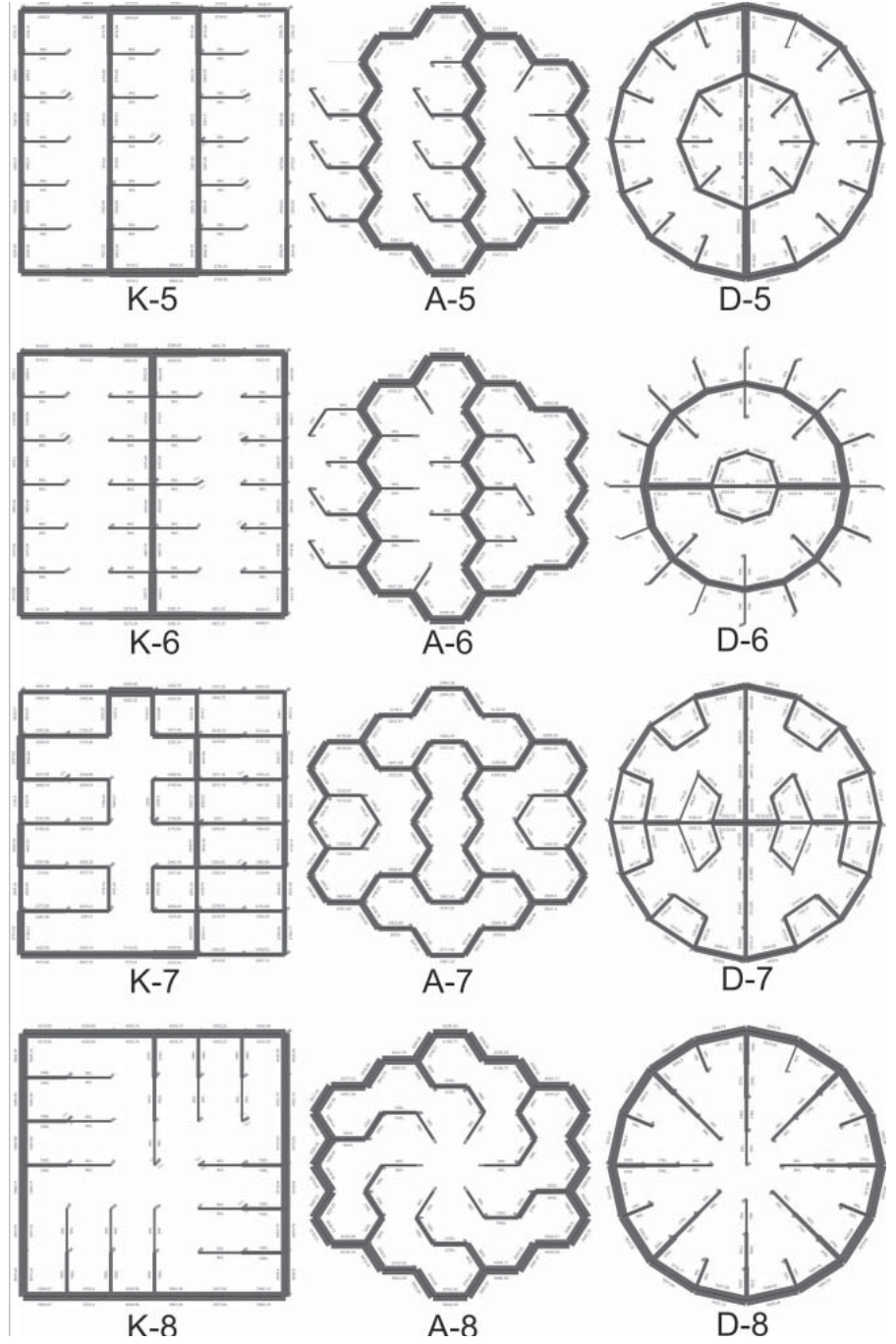
Bu sistem üç temel doku üzerinde uygulanabilmekle beraber dairesel-ışınsal dokunun ilingsel yapısı sistemin tam anlamıyla uygulanmasına olanak sağlayamamaktadır (**Resim 3**, K3, D3 ve A3). Altıgen doku ise sınırlı sayıda tasarım seçenekleri sunmaktadır. Kare ızgara dokudan oluşan yol ağında, diğer ağlara kıyasla hem ortalama taşıt yoğunluğu hem de standart sapma düşüktür. Altıgen sistemde ortalama taşıt yoğunluğu yüksek, standart sapma ise orta düzeydedir. Dairesel ışınsal ağda ortalama taşıt yoğunluğu orta düzeyde ancak standart sapma yüksek düzeydedir. Buna göre ikili tek yön koridor sistemi her üç doku arasında kare ızgara üzerinde daha iyi uygulanabilmekte, oluşan yol ağları içinde kare ızgara ikili koridor daha verimli ve daha dengeli biçimde işleyebilmektedir. Her üç yol ağı, uygulanan yolculuk istemine göre belirli düzeyde bir kademelenme gerektirmektedir. Dairesel-ışınsal ağda kademelenme gerekliliği daha belirgin iken altıgen ağın bütün yol kesimlerinin yüksek kapasiteli tasarlanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Altıgen türevi yol ağında ise ortalama yolculuk mesafesi ve süresi yüksek bulunmuştur.

İkili Daire sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

Bu sistem üç temel doku üzerinde uygulanmaya elverişlidir (**Resim 3**, K-4, A4 ve D4). Her üç yol ağında hem ortalama taşıt yoğunluğu hem de standart sapma düşüktür. Altıgen ağ üzerinde ortalama taşıt yoğunluğu ve standart sapma diğer ağlara kıyasla yüksek düzeydedir. Dairesel ışınsal ağ üzerinde ortalama taşıt yoğunluğu ve standart sapma orta düzeydedir. Buna göre ikili daire sistemi her üç doku arasında kare ızgara üzerinde daha iyi uygulanabilmekte, oluşan yol sistemleri arasında kare ızgara ikili koridor yol ağı daha verimli ve daha dengeli biçimde işleyebilmektedir. Her üç sistem, uygulanan yolculuk istemine göre belirli düzeyde bir kademelenme gerektirmektedir. Altıgen ağ için daha belirgin biçimde gerekli olmaktadır. Bölgeler arasındaki yolculuk isteminin eşdeğer düzeyde olması durumunda bu ağın verimli işleyebileceği saptanmıştır. Tek merkez yönelimli yolculuk istemi durumunda ağların merkezlerindeki yol kesimlerinde aksamalar oluşmaktadır. Her üç sistemde ortalama yolculuk mesafesi ve süresi ortalamanın altında bulunmuştur.

YARITÜMLEŞİK (AYRIKSI) YOL AĞLARI

Bu grupta çift yönlü koridor (*two corridors*), çift yönlü omurga (*spine*), iç içe döngüler (*nested loops*) ve tek daire (*ring*) sistemlerinin üç temel doku üzerinde uygulanmasıyla kurgulanan yol ağları irdelenmiştir. Hedef-kaynak yolculuk dağılımını ifade eden matrisin (**Tablo 1**) bu ağların



Resim 4. Kurgulanan yarı tümleşik yol ağlarında yolculuk dağılımı.

(Şekilde Izgara Koridor (K-5), Altıgen Koridor (A-5), Işınsal Koridor (D-5), Izgara Omurga (K-6), Altıgen Omurga (A-6), Işınsal Omurga (D-6), Izgara Döngü (K-7), Altıgen Döngü (A-7), Işınsal Döngü (D-7), Izgara Daire (K-8), Altıgen Daire (A-8), Işınsal Daire (D-8) yol ağları görülmektedir.)

üzerine atanması sonucunda yol ağları üzerindeki taşıt yoğunluklarının dağılımı elde edilmiştir (Resim 4).

Çift Yönlü Koridor sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

Bu sistem daha çok ızgara doku üzerinde uygulanmaya elverişlidir (Resim 4, K5, D5 ve A5). Işınsal dairesel dokunun ilingsel yapısı sisteme uygun bir yol ağı oluşturulmasına olanak vermemektedir. Izgara koridor yol ağı üzerinde hem ortalama taşıt yoğunluğu hem de standart sapma düşüktür. Altıgen ağ üzerinde ise ortalama taşıt yoğunluğu ve standart sapma yüksek düzeydedir. Benzer biçimde her üç yol ağı üzerinde ortalama yolculuk

mesafesi ve süresi yüksek düzeydedir. Bu sisteme göre kurgulanan yol ağının yüksek yolculuk istemi olan kentsel alanlara uygun olmadığı anlaşılmaktadır. Her üç ağ üzerinde ortalama yolculuk mesafesi ve ortalama yolculuk süresi ortalamadan biraz yüksek düzeydedir. Buna göre kare ızgara koridor yol ağı üzerindeki ortalama yolculuk mesafesi ve süresi görece olarak kısa olup, bu yol ağı daha dengeli biçimde işleyebilmektedir. Her üç ağ, uygulanan yolculuk istemine göre kısmen kademelenme gerektirmektedir. Kademelenme, altıgen ağ için daha belirgin biçimde gerekli olmaktadır.

Çift Yönlü Omurga sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

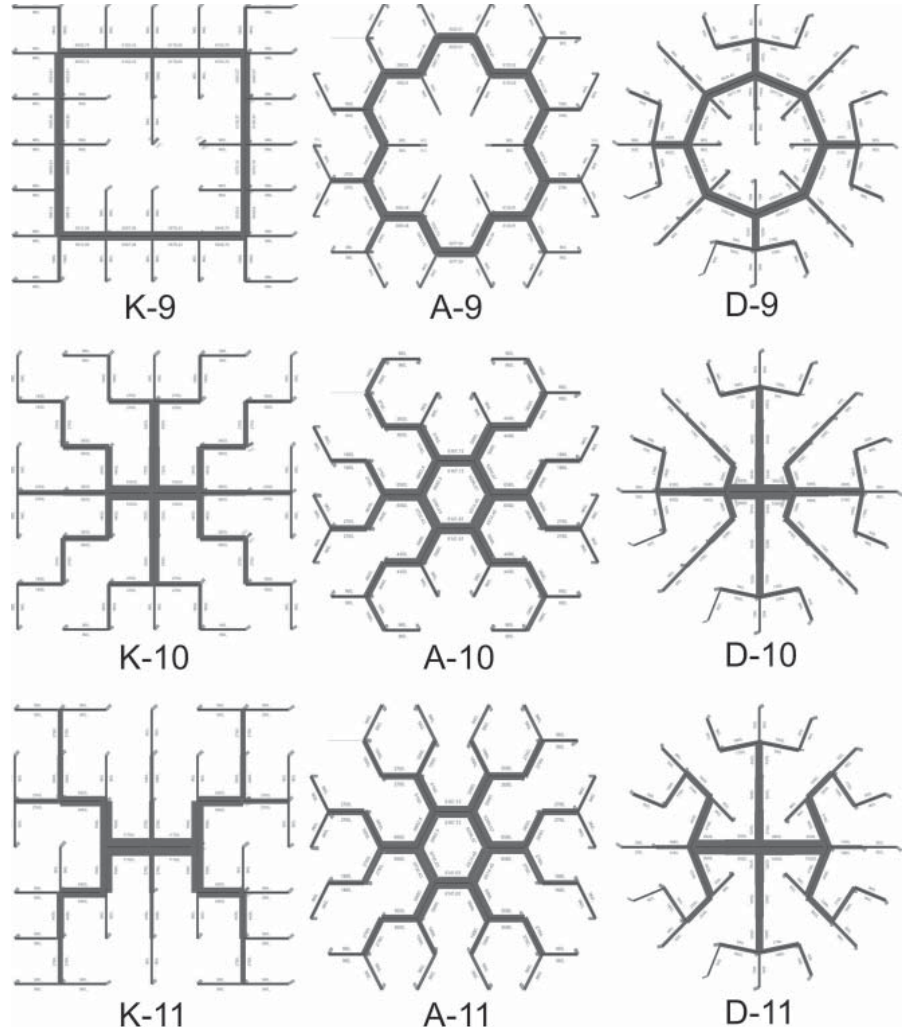
Bu sistemin dokulara uygulanması ile elde edilen yol ağları çift yönlü koridor türevi ağlar ile benzerlik göstermektedir (**Resim 4**, K6, D6 ve A6). Buna göre çift yönlü omurga sistemi her üç doku arasında kare ızgara üzerinde daha iyi uygulanabilmekte, elde edilen ağ daha verimli biçimde işleyebilmektedir. Her üç sistem, uygulanan yolculuk istemine göre kısmen kademelenme gerektirmektedir. Kademelenme, altıgen ağ için daha belirgin biçimde gerekli olmaktadır. Her üç yol ağı üzerinde ortalama yolculuk mesafesi ve süresi yüksek düzeydedir. Bu durum her üç ağın yüksek yolculuk istemi olan alanlar için elverişli olmadığını göstermektedir.

İç İçe Döngüler (Loop) sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

Temel alınan her üç dokunun ilingsel yapısı bu sistemin uygulanmasına yeterli düzeyde olanak sağlayamamaktadır (**Resim 4**, K7, D7 ve A7). Diğer dokulara kıyasla altıgen doku çok az sayıda tasarım seçeneği sunmasına rağmen kurgulanan yol ağında altıgen dokudan türetilen yol ağında, diğer ağlara kıyasla hem ortalama taşıt yoğunluğu hem de standart sapma düşük bulunmuştur. Altıgen sistemde ortalama taşıt yoğunluğu çok yüksek, standart sapma ise orta düzeydedir. Dairesel Işınsal ağda ortalama taşıt yoğunluğu orta düzeyde ancak standart sapma yüksek düzeydedir. Buna göre döngü sistemi her üç doku arasında kare ızgara üzerinde daha iyi uygulanabilmekte, oluşan yol ağları içinde kare ızgara döngü daha verimli ve daha dengeli biçimde işleyebilmektedir. Bu ağı dairesel ışınsal Her üç yol ağı, uygulanan yolculuk istemine göre belirli düzeyde bir kademelenme gerektirmektedir. Dairesel-ışınsal ağda kademelenme gerekliliği daha belirgin iken altıgen ağın bütün yol kesimlerinin yüksek kapasiteli tasarlanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Her üç sistemde ortalama yolculuk mesafesi ve süresi ortalama düzeyindedir.

Tek Daire sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

Bu sistem üç ağ üzerinde de kolaylıkla uygulanabilmektedir ancak kurgulanan yol ağları başarı sıralamasında son sırada yer almaktadır (**Resim 4**, K8, D8 ve A8). Bu sistem çoğunlukla kent merkezlerinde yaya öncelikli alanlarda uygulanmaktadır. Ağların merkez alanlarında taşıt girişinin kısıtlanması ve yaya mekanları oluşturulması amacıyla uygulanan bu sistemin dış çeperindeki taşıyıcı yollar yüksek kapasiteli olarak tasarlanmaktadır. Her üç ağda ortalama taşıt yoğunluğu ve standart sapma çok yüksek düzeydedir. Tek daire sistemin uygulanmasıyla oluşan yol ağlarında çok belirgin bir kademelenme olması gerektiği anlaşılmaktadır. Her üç ağ üzerinde, güzergah seçenekleri son derece kısıtlı olduğundan ortalama yolculuk mesafesi ve süresi yüksek olmaktadır. Bu nedenle her üç ağ üzerindeki trafiğin akışında aksamaların ortaya çıkması kaçınılmazdır. Merkez kesiminin taşıtlardan arındırılması sonucu çeperde trafiğin



Resim 5. Kurgulanan ışınsal ve ağaç türü yol ağlarında yolculuk dağılımı.

(Şekilde Izgara Ayrık Işın (K-9), Altıgen Ayrık Işın (A-9), Dairesel Ayrık Işın (D-9), Izgara Işın (K-10), Altıgen Işın (A-10), Dairesel Işın (D-10), Izgara Ağaç (K-11), Altıgen Ağaç (A-11), Dairesel Ağaç (D-11) yol ağları görülmektedir.)

yoğunlaşması sorunu bulunmaktadır. Güzergah seçenekleri kısıtlı olan bu ağların esnekliği ve dayanıklılığı da düşük olmaktadır.

İŞINSAL VE AĞAÇ TÜRÜ YOL AĞLARI

Ayrık ışınlar, ışınsal ve ağaç sistemlerin temel dokulara uygulanmasıyla kurgulanan yol ağları bu grupta irdelenmiştir. Diğer iki gruba kıyasla bu gruptaki ağların bağlantı yoğunluğu düşüktür. Kurgulanan yolculuk istemlerinin yol ağlarına atanması sonucu elde edilen yoğunluk dağılımları **Resim 5'**te görülmektedir.

Ayrık Işınlar sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

Ayrık ışınlar sistemi her üç doku üzerine uygun biçimde uygulanabilmekte, oluşan yol ağlarında belirgin bir kademelenme olması koşuluyla sistemin verimli biçimde işleyebileceği anlaşılmaktadır (**Resim 5**, K9, D9 ve A9). Diğer iki dokuya kıyasla ızgara doku bu sistemin uygulanması için daha az elverişlidir. Her üç ağ üzerinde ortalama taşıt yoğunluğu ve standart sapma ortalamasının altında bir düzeydedir. Her üç ağ üzerinde ortalama yolculuk mesafesi ve süresi görece olarak yüksek olduğundan sadece taşıt yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde uygulanmak için elverişlidir. Güzergah seçenekleri son derece kısıtlı olan bu ağların esnekliği ve dayanıklılığı da düşük olmaktadır. Bu

ağlar üzerindeki yoğunluk dağılımı dengesiz olduğundan belirgin bir kademelenme gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Yüksek yoğunluklu yolculuk isteminin olduğu koşullarında bu ağların işleyebilirliği zayıflamakta, tek merkez odaklı yolculuk istemi olan alanlarda ise bu sistemden üretilen yol ağları daha iyi işleyebilmektedir. Her iki durumda merkez çevresinde yoğunlaşma ortaya çıkmaktadır.

İşinsal sistemin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

Bu sistem üç dokuya uyarlanabilmekte ancak tasarımda farklı seçenekler elde edilememektedir (**Resim 5**, K10, D10 ve A10). Her üç ağ üzerinde ortalama taşıt yoğunluğu ve standart sapma yüksek düzeydedir. Buna göre işinsal sistemden üretilen yol ağlarında belirgin bir kademelenme gerekli olmaktadır. Üç ağ arasında altıgen işinsal yol ağı görece olarak daha verimli işlemektedir. Bu yol ağında ortalama yolculuk mesafesi ve süresi diğer iki ağa göre daha düşük düzeydedir. Bu ağ türleri yolculuk isteminin düşük olması ve yolculukların merkez odaklı olması durumunda işleyebilmekte, aksi durumda ortalama taşıt hacmi ve standart sapması en yüksek grupta yer almaktadırlar. Her üç ağ üzerinde, ortalama yolculuk mesafesi ve süresi yüksek olduğundan sadece taşıt yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde uygulanmak için elverişlidir. Ayrıca farklı güzergah seçenekleri sunmayan bu ağların esnekliği ve dayanıklılığı düşüktür. Dairesel türevi ağ diğer iki dokudan üretilen ağa kıyasla daha iyi işleyebilmektedir.

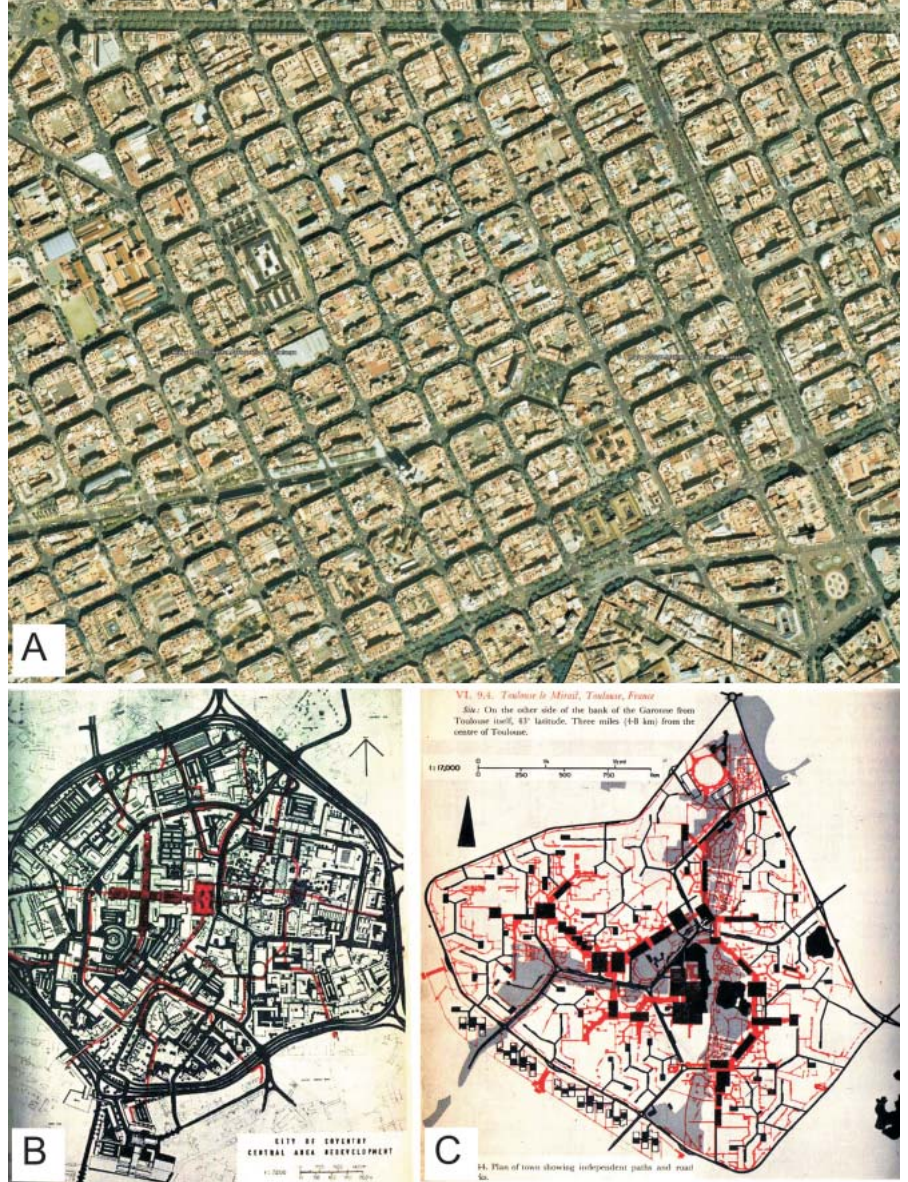
Ağaç sisteminin temel dokular üzerinde uygulanışı ve işleyişi:

Bu sistemin uygulandığı yol ağlarının işleyişi işinsal sistemdekilere benzer sonuçlar vermektedir (**Resim 5**, K11, D11 ve A11). Sistem üç dokuya da uyarlanabilmekte ancak tasarımda farklı seçenekler elde edilememektedir. Her üç ağ üzerinde ortalama taşıt yoğunluğu ve standart sapma yüksek düzeydedir. Altıgen ağaç yol ağı diğerlerine kıyasla daha verimli işleyebilmektedir. Farklı güzergah seçenekleri sunmayan bu ağların esnekliği ve dayanıklılığı düşüktür. Bu sorun ağların işleyişine yansımakta; ortalama taşıt hacmi ve standart sapma çok yüksek çıkmaktadır. Her üç ağ üzerinde, ortalama yolculuk mesafesi ve süresi yüksek olduğundan sadece taşıt yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde uygulanmaya elverişli görülmektedir.

Çalışmanın yöntem bölümünde kurgulanan 33 yol ağı farklı ölçütlere göre irdelenmiş ve görece üstünlükleri sıralanmıştır. Bu yol ağlarının bir kısmı farklı kentlerde uygulanmıştır (**Resim 6**). Barselona kentinde uygulanan yol sistemi kare ızgara doku üzerinde yaygın çokgen sisteminin uygulanması ile kurgulanmıştır. Coventry kentinde uygulanan ağ, kent merkezinde yaya ve taşıt dolaşımında bir dengeyi amaçlayan bir çözüm olup daireysel işinsal doku üzerine eşmerkezli çokgenin uygulanması ile kurgulanmıştır. Toulouse la Mirail bölgesi için tasarlanan yol ağı ağaç sistemin altıgen doku üzerine uygulanmasıyla elde edilmiştir. Yerleşim alanının çevresindeki yollar ise tek daire sisteminden oluşmaktadır. Bu çalışmada irdelenen ağlar içinde olup uygulanmayan ağ türleri ise uygulanması düşünülen kentin fiziksel yapısı ve tasarım kurgusuna ve seçilecek sisteme dayalı olarak sıranabilir. Değerlendirme aşamasında da değinildiği üzere yol ağı tasarımı, kentsel mekanın biçimlenmesi sürecinde dolaşım sistemlerinin uygun biçimde işleyişini amaçlayan bir tasarım sorunudur.

SONUÇ

Bu çalışmada 11 dolaşım sistemi üç temel doku üzerine uygulanarak toplam 33 yol ağı kurgulanmıştır. Yol ağlarının karşılaştırılabilmesi



Resim 6. Belirli sistemlere göre kurgulanmış yol ağı örnekleri.

A: Barcelona, İspanya (Institut Cartografic de Catalunya, Google Earth: 14.03.2008)

B: Coventry, İngiltere (Ritter, 1964)

C: Toulouse la Mirail, Fransa (Ritter, 1964, 126)

için iki farklı yolculuk istem matrisi kurgulanmış ve bu yolculuklar 33 ayrı yol ağına atanmıştır. Bu iki matris, uygulama alanı için tanımlanan birimler (bölgeler) arasında eşdeğer yolculuk dağılımı ve tek merkez yönelimli yolculuk dağılımı varsayımlarına dayalı olarak kurgulanmıştır. Yolculuklar, yol ağları üzerine atanarak yol kesimleri üzerindeki yolculuk yoğunlukları elde edilmiştir. Sınama çıktıları olan ortalama yolculuk mesafeleri, yol kesitlerindeki trafik hacimleri, hacim/kapasite oranları ve ortalama yolculuk süreleri esas alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırılan 11 dolaşım sistemi arasında tümleşik sistemlerin ızgara dokular üzerinde, ağaç sistemlerin ise altıgen dokular üzerinde uygulanmaya ve daha verimli işlemeye elverişli oldukları görülmüştür. Yarı-tümleşik (ayrık) sistemlerin işleyişindeki üstünlükler yolculuk istemine bağlı olarak değişmektedir. Bölgeler arasında eşdeğer yolculuk dağılımı olması durumunda ızgara dokuların, merkez odaklı yolculuk dağılımı olması durumunda ise dairesel-ışın dokuların yarı tümleşik sistemlerin uygulanması için daha elverişli olduğu gözlenmiştir.

Çalışmada irdelenen yol ağları arasında birinci grupta yer alan tümleşik ağlarda (yaygın çokgen, dairesel koridor, ikili koridor ve ikili daire sistemi türevleri) toplam yolculuk mesafesi, yol ağı üzerindeki taşıt hacmi ortalaması ve standart sapma düşük olmakta buna bağlı olarak toplam yolculuk süreleri bütün ağlar içinde en düşük düzeyde kalmaktadır. İkinci grupta yer alan yarı-tümleşik yol ağları (çift yönlü koridor, çift yönlü omurga, iç içe döngüler ve tek daire sistemi türevleri) üzerinde toplam yolculuk mesafesi, yol ağı üzerindeki taşıt hacmi ortalaması ve standart sapma görece olarak artmakta, taşıtların toplam yolculuk süreleri ortalama düzeyde seyretmektedir. Bu grupta yer alan tek daire sisteminden türetilen ağlar ise iki ayrı yolculuk istemi koşulunda en kötü işleyen ağlar olduğu görülmüştür. Üçüncü grupta yer alan ağaç ve ışınsal sistemlerde (ayrık ışınlar, ışınsal ve ağaç sistemi türevleri) toplam yolculuk mesafesi, yol ağı üzerindeki taşıt hacmi ortalaması ve standart sapma yüksek olmakta buna bağlı olarak toplam yolculuk süreleri artmaktadır. Bölgeler arasında eşdeğer yolculuk istemleri olması durumunda ağaç ve ışınsal yol ağları üzerinde yolculuk hacimleri dağılımında belirgin dengesizlikler ortaya çıkmakta sistemlerin işleyişinde verimlilik oranı düşmektedir.

Tek yönlü işleyen ağlarda toplam yolculuk mesafeleri ve kesitte ortalama yolculuk hacimleri artmasına rağmen ağ üzerindeki kesişme sayısının az olması nedeniyle ortalama yolculuk süreleri görece olarak azalmaktadır. Merkez yönelimli yolculukların ağırlıklı olduğu koşullarda ağaç ve ışınsal yol ağları için belirgin bir kademelenme gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Bu ağlar üzerinde taşıt hacimlerinin yol kapasitelerine oranları eşdeğer düzeylerde olmakta, dolayısıyla ağların verimliliği artmaktadır. Tümleşik yol ağlarının ise tek merkez yönelimli yolculuklar için yeterince elverişli olmadığı görülmüştür.

Sınama sonuçlarına göre, yol ağı tasarımında temel alınan dokuların yol ağlarının işleyişinde önemli düzeyde etkili olduğu, yol ağı tasarımının diğer önemli girdilerinden birinin ise ulaşım istemi olduğu anlaşılmıştır. Ulaşım istemine (yolculukların yoğunluğuna ve mekansal dağılımına) göre tercih edilecek dolaşım sistemleri üç ayrı doku üzerinde uygulanabilmekte, böylece farklı yol ağları oluşturulabilmektedir. Temel dokular arasında ızgara türevlerinin diğer dokulara kıyasla daha fazla sayıda sistemin uygulanmasına daha fazla olanak sağladığı görülmekle beraber altıgen türevi dokular düşük yoğunluklu ve tek merkezli yolculuk isteminin olduğu koşullar için daha elverişli olmaktadır. Bu doku ağaç türevi ağlar oluşturmaya daha uygun bulunmuştur. Dairesel-ışınsal türevi dokular ise sınama sonuçlarına göre diğer türlere göre ortalama düzeylerde kalmakta, tek merkezli yolculuk talebi uygulandığında bu dokuların belirgin üstünlükleri ortaya çıkmamaktadır. Bu doku üzerinden tümleşik yol ağları oluşturmak daha kolay olmakta, elde edilen tümleşik ağların verimliliği görece olarak artmaktadır.

Kentsel dokular yol ağlarının temelini oluşturduğundan trafik planlaması, trafik yönetimi ve trafik mühendisliği çözümlerinin geliştirilmesinde ve dolaşım sistemlerinin tercih edilmesinde önemli bir etken olmaktadır. Temel dokuların ilingsel özellikleri ve yolculuk istemi ise yol ağlarına yönelik tasarım seçenekleri geliştirme aşamasında belirleyicidir. Bu çalışmada irdelenen yol ağları, uygulanabilirlik, verimlilik, dayanıklılık, esneklik ve taşıma kapasiteleri yönünden karşılaştırılmış, yol ağı tasarımı ve tercihine yönelik bir değerlendirme yöntemi sunulmuştur. Kentlerde planlama ve tasarım aşamalarında yol ağı ile arazi kullanımı eşzamanlı olarak ve karşılıklı etkileşim içerisinde düzenlenmektedir. Bunlardan birine öncelik verilmesi durumunda diğerine yönelik kısıtlamalar

ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmada yol ağı tasarımının salt bir mekansal tasarım sorunu olmadığı, aynı zamanda işlevsel çözümler gerektiren bir ulaşım planlama ve ulaşım sistem tasarımı sorunu olduğu vurgulanmaktadır.

KAYNAKLAR

- BUHL, J., GAUTRAIS, J., REEVES, N., SOLE, R.V., VALVERDE, S., KUNTZ, P. and THEORAU LAZ G. (2006) Topological Patterns in Street Networks of Self-Organized Urban Settlements, *The European Physical Journal B*, 49; 513-522.
- CHIEN, S. and FELLOW, P.S. (1997) Optimization of Grid Transit System in Heterogenous Urban Environment, *Journal of Transportation Engineering*, January / February; 28-35.
- DIMITRIOU, (1992) *Urban Transportation Planning*, Routledge, London.
- DREZNER, Z. and WESOLOWSKY, G. (2003) Network Design: Selection and Design of Links and Facility Location. *Transportation Research Part A*, 37; 241-256.
- EMMERINK, R.H.M., AXHAUSEN, K.W., RIETVELD, P. (1995) Effects of Information in Road Transport Networks With Recurrent Congestion, *Transportation* 22; 21-53.
- FEITELSON, E., and SALOMON I. (2000) The Implications of Differential Network Flexibility for Spatial Structures, *Transportation Research a* 34; 459-479.
- HARGET, P. and CHORLEY, J.C. (1969) *Network Analysis in Geography*, Butler and Tanner Ltd., London.
- HILLIER, B. (1987) The Morphology of Urban Space: The Evolution of a Systactic Approach, *Architecture and Behaviour*, 3(3) 205-216.
- HILLIER, B. (1999) The Hidden Geometry of Urban Grids: or Why Space Syntax Works, When It Looks as Though It Shoul'n't, *Environment and Planning B: Planning And Design*, 26; 169-191.
- LEVINSON D. (2003) The Value of Advanced Traveler Information Systems for Route Choice, *Transportation Research II*, 75-87.
- LO, H. K. and TUNG Y.K. (2003) Networks With Degredable Links: Capacity Analysis and Design, *Transportation Research Part B*, 37; 345-363.
- LORD, D. And PERSAUD B.N. (2004) Estimating the Safety Performance of Urban Road Transportation Networks, *Accident Analysis and Prevention*, 36; 609-620.
- LYNCH, K. (1981) *A Theory of Good City Form*, The MIT Press.
- MAGNANTI T.L. and WONG R.T. (1984) Network Design and Transportation Planning: Models and Algorithms, *Transportation Science*, v: 18, n:1, 1-55.
- MARSHALL, S. (2005) *Street Patterns*, Spon Press, New York.
- MEYER D. MICHAEL and E. J. MILLER (1984) *Urban Transportation Planning: A Decision Oriented Approach*, Mc Gray-Hill Publishing Company, U.S.

- MITCHELL, R.B., and C. RAPKIN (1954) *Urban traffic: A function of Land Use*, New York: Columbia University Press.
- MORRIS, J.M., DUMBLE, O.L., and WIGAN, M.R. (1979) Accesibility and Indicators for Transport Planning, *Transportation Research*, Part A, 13A; 91-109.
- NEPAL, K.P. and PARK D. (2005) Solving the Median Shortest Path Problem in the Planning and Design of Urban Transportation Networks Using a Vector Labeling Algorithm, *Transportation Planning and Technology*, v: 28, n: 2; 113-133.
- NEWEL, G. F. (1980) *Traffic Flow on Transportation Networks*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- OECD (2002) *Road Travel Demand: Meeting the Challenge*, Annual Report.
- PARTHASARATHI, P. LEVINSON, D.M. and R. KARAMALAPUTI (2003) Induced Demand: A Microscopic Perspective, *Urban Studies*, v:40, n: 7; 1335-51.
- RAN, B. and BOYCE, D. (1996) *Modeling Dynamic Transport Networks*, Chicago.
- RITTER, P. (1964), *Planning for Man and Motor*, Pergamon Press, London.
- SAKAKIBARA, H., KAJITANI Y., and OKADA N. (2004) Road Network Robustness for Avoiding Functional Isolation in Disasters, *Journal of Transportation Engineering*, September/October; 560-567.
- SOUTHWORTH M. and BEN-JOSEPH, E. (2003) *Streets and Shaping of Towns and Cities*, Island Press, Washington, DC.
- TAAFFE, E., GAUTHIER, H., and O'KELLY M. (1998) *Geography of Transportation*. New Jersey: Printice-Hall Inc.; 362-390.
- YERRA, B. and LEVINSON, D. (2004) The Emergence of Hierarchy in Transportation Networks, *Annals of Regional Science*.
- XIONG, Y. and SCHNEIDER J.B., (1995) Processing of Constraints in Transportation Network Design Problem, *Journal of Computing in Civil Enineering*, v: 9, n:1; 21-28.
- WRIGHT, C, GAUTAMKUMAR, A and JARRET, D. (1989) Conflict Minimising Traffic Patterns: A Graph-Theoretic Approach to efficient Traffic Circulation In Urban Areas, *Transportation Research*, v: 23A; 115-127.
- WRIGHT, C, GAUTAMKUMAR, A and JARRET, D. (1995a) Spatial Aspets of Traffic Circulation: Routing Patterns That Exactly Minimise Path Crossings, *Transportation Research*, v: 29A; 1-33.
- WRIGHT, C., GAUTAMKUMAR, A. and JARRET, D. (1995b) Spatial Aspects of Traffic Circulation II: Routing Patterns That Exactly Minimise Path Crossings, *Transportation Research*, v: 29A; 33-46.

Dolaşım Sistemi	Temel Doku	Yol Ağı	Kod	Grup
1-Yaygın Çokgen	Kare Izgara	Izgara Yaygın Çokgen	K-1	1
	Altıgen	Altıgen Yaygın Çokgen	A-1	1
	İşinsal Dairesel	Dairesel Yaygın Çokgen	D-1	1
2- Eşmerkezli Çokgen	Kare Izgara	Izgara Eşmerkezli Çokgen	(K-2)	1
	Altıgen	Altıgen Eşmerkezli Çokgen	(A-2)	1
	İşinsal Dairesel	İşinsal Eşmerkezli Çokgen	(D-2)	1
3- İkili Tek Yön Koridor	Kare Izgara	Izgara İkili Koridor	(K-3)	1
	Altıgen	Altıgen İkili Koridor	(A-3)	1
	İşinsal Dairesel	İşinsal İkili Koridor	(D-3)	1
4- İki Tek Yön Daire	Kare Izgara	Izgara İkili Daire	(K-4)	1
	Altıgen	Altıgen İkili Daire	(A-4)	1
	İşinsal Dairesel	İşinsal İkili Daire	(D-4)	1
5- Çift Yönlü Koridor	Kare Izgara	Izgara Koridor	(K-5)	2
	Altıgen	Altıgen Koridor	(A-5)	2
	İşinsal Dairesel	İşinsal Koridor	(D-5)	2
6- Çift Yönlü Omurga	Kare Izgara	Izgara Omurga	(K-6)	2
	Altıgen	Altıgen Omurga	(A-6)	2
	İşinsal Dairesel	İşinsal Omurga	(D-6)	2
7- İç İçe Döngüler	Kare Izgara	Izgara Döngü	(K-7)	2
	Altıgen	Altıgen Döngü	(A-7)	2
	İşinsal Dairesel	İşinsal Döngü	(D-7)	2
8- Tek Yön Daire	Kare Izgara	Izgara Tek Daire	(K-8)	2
	Altıgen	Altıgen Tek Daire	(A-8)	2
	İşinsal Dairesel	İşinsal Tek Daire	(D-8)	2
9- Ayrık Işınlr	Kare Izgara	Izgara Ayrık Işın	(K-9)	3
	Altıgen	Altıgen Ayrık Işın	(A-9)	3
	İşinsal Dairesel	Dairesel Ayrık Işın	(D-9)	3
10- İşinsal	Kare Izgara	Izgara Işın	(K-10)	3
	Altıgen	Altıgen Işın	(A-10)	3
	İşinsal Dairesel	Dairesel Işın	(D-10)	3
11-Ağaç	Kare Izgara	Izgara Ağaç	(K-11)	3
	Altıgen	Altıgen Ağaç	(A-11)	3
	İşinsal Dairesel	Dairesel Ağaç	(D-11)	3

EK 1. Dolaşım Sistemleri ve yol ağlarının gruplandırılması.

Yol Ağı	Kod	Kesitte Ortalama Hacim	Standart Sapma	Ortalama Yolculuk Mesafesi (m)	Ortalama Yolculuk Süresi (dakika)	Ağırlıklı Başarı Sıralaması
Izgara Yaygın Çokgen	K-1	1325	301	1393	1,69	1
Dairesel Yaygın Çokgen	D-1	1423	322	1476	1,79	2
Altgen Yaygın Çokgen	A-1	1879	361	1573	1,95	3
Izgara İkili Daire	(K-4)	2075	673	1686	2,13	4
Işınsal İkili Daire	(D-4)	2229	742	1971	2,54	5
Altgen İkili Daire	(A-4)	2443	993	2277	3,03	6
Izgara İkili Koridor	(K-3)	2505	1016	1706	2,29	7
Işınsal İkili Koridor	(D-3)	2519	1723	1874	2,54	8
Altgen İkili Koridor	(A-3)	2523	1199	2546	3,44	9
Işınsal Eşmerkezli Çokgen	(D-2)	2455	2103	1973	2,66	10
Izgara Eşmerkezli Çokgen	(K-2)	2459	2133	2097	2,83	11
Altgen Eşmerkezli Çokgen	(A-2)	2497	2174	2575	3,50	12
Dairesel Ayrık Işın	(D-9)	2655	1870	1497	2,09	13
Altgen Ayrık Işın	(A-9)	2717	2332	1784	2,44	15
Izgara Ayrık Işın	(K-9)	2705	2305	1657	2,35	14
Altgen Döngü	(A-7)	2464	1021	2523	3,37	16
Işınsal Döngü	(D-7)	2353	1176	2228	3,13	17
Izgara Döngü	(K-7)	2455	1277	2252	3,21	18
Izgara Koridor	(K-5)	2656	1558	1929	2,68	19
Işınsal Koridor	(D-5)	2774	1485	2016	2,88	20
Altgen Koridor	(A-5)	2816	1668	2207	3,19	21
Altgen Ağaç	(A-11)	2901	2004	1773	2,64	22
Izgara Ağaç	(K-11)	2922	2915	1822	2,76	23
Dairesel Ağaç	(D-11)	2951	2689	1849	2,82	24
Izgara Işın	(K-10)	2983	2262	1789	2,74	25
Dairesel Işın	(D-10)	2996	2255	1642	2,52	26
Altgen Işın	(A-10)	3037	2031	2169	3,37	27
Izgara Omurga	(K-6)	3142	1824	1963	3,17	28
Işınsal Omurga	(D-6)	3345	1610	2034	3,60	29
Altgen Omurga	(A-6)	3492	1826	2226	4,31	30
Işınsal Tek Daire	(D-8)	3577	2004	2311	6,03	31
Izgara Tek Daire	(K-8)	3693	2307	2461	6,42	32
Altgen Tek Daire	(A-8)	3962	1969	2934	7,04	33

EK 2. Eşdeğer dağılımlı hedef-kaynak yolculukları matrisinin uygulandığı atama modeli sonuçları tablosu.

Yol Ağı	Kod	Kesitte Ortalama Hacim	Standart Sapma	Ortalama Yolculuk Mesafesi (m)	Ortalama Yolculuk Süresi (dakika)	Ağırlıklı Başarı Sıralaması
Dairesel Yaygın Çokgen	D-1	1337	785	1359	1,66	1
Izgara Yaygın Çokgen	K-1	1438	817	1391	1,70	2
Altıgen Yaygın Çokgen	A-1	1906	857	1476	1,85	3
Altıgen Ağaç	(A-11)	2118	1213	1655	2,12	4
Dairesel Ağaç	(D-11)	2276	1290	1729	2,25	5
Izgara Ağaç	(K-11)	2404	1565	1904	2,53	6
Altıgen Işın	(A-10)	2493	1571	2016	2,72	7
Izgara Işın	(K-10)	2502	1635	1679	2,27	8
Dairesel Işın	(D-10)	2503	1758	1545	2,09	9
Işınsal İkili Daire	(D-4)	2504	1802	1835	2,48	10
Izgara İkili Daire	(K-4)	2508	1890	1581	2,14	11
Altıgen İkili Daire	(A-4)	2539	2124	2098	2,87	12
Işınsal Eşmerkezli Çokgen	(D-2)	2547	2206	1827	2,50	13
Izgara Eşmerkezli Çokgen	(K-2)	2561	2264	1936	2,66	14
Altıgen Eşmerkezli Çokgen	(A-2)	2564	2329	2356	3,25	15
Dairesel Ayrık Işın	(D-9)	2699	2395	1410	2,00	16
Izgara Ayrık Işın	(K-9)	2700	2508	1548	2,20	17
Altıgen Ayrık Işın	(A-9)	2750	2512	1663	2,39	18
Izgara İkili Koridor	(K-3)	2762	2561	1593	2,30	19
Işınsal İkili Koridor	(D-3)	2819	2674	1741	2,55	20
Altıgen İkili Koridor	(A-3)	2862	2715	2337	3,46	21
Altıgen Döngü	(A-7)	2950	2717	2321	3,53	22
Işınsal Döngü	(D-7)	2971	2748	2061	3,16	23
Izgara Döngü	(K-7)	3000	2830	2081	3,23	24
Izgara Koridor	(K-5)	3033	2864	1797	2,82	25
Işınsal Koridor	(D-5)	3046	2910	1873	2,95	26
Altıgen Koridor	(A-5)	3087	3002	2042	3,27	27
Izgara Omurga	(K-6)	3195	3013	1832	3,07	28
Işınsal Omurga	(D-6)	3404	3070	1905	3,56	29
Altıgen Omurga	(A-6)	3555	3103	2083	4,31	30
Işınsal Tek Daire	(D-8)	3642	3109	2163	5,90	31
Izgara Tek Daire	(K-8)	3758	3509	2290	6,54	32
Altıgen Tek Daire	(A-8)	4032	3770	2716	7,09	33

EK 3. Tek merkez odaklı hedef-kaynak yolculukları matrisinin uygulandığı atama modeli sonuçları tablosu.

Received: 15.08.2007; Final Text: 08.04.2008

Key Words: circulation system; road network; urban pattern; topology; network design.

THE ROLE OF URBAN PATTERNS IN THE PERFORMANCE OF CIRCULATION SYSTEMS

Circulation network design, widely mentioned as road network design, is one of the main topics in urban planning, urban transportation planning, traffic engineering and urban design. In the literature on road network design, problems and principles are examined through quantitative and qualitative researches (Magnanti and Wong, 1984; Hillier, 1987; Ran and Boyce, 1996; Hillier, 1999; Southworth and Ben-Joseph, 2003; Drezner and Wesolowsky, 2003, Marshall, 2005). The former one implies analysis and simulation of demographic and economic variables in order to apply appropriate circulation schemes, while the latter one deals with various factors of design and aims to create urban spaces regarding 'space quality'. This paper examines the role of urban patterns in the formation of road networks; thereby depicting relative performance and handicaps of road networks under stated travel distribution among specified units.

Road network design requires knowledge of circulation concepts and methodology of assessment. This study provides a topological analysis method and assessment criteria in order to understand performances of various types of road networks. In order to constitute road networks, circulation systems are adapted on three basic types of urban pattern: the grid, the hexagon and the radio-centric. Finally, two certain travel demand matrices are assigned to the specified road networks in order to assess relative advantages of various patterns and circulation networks. At the first stage, travel distribution among units (zones) is assumed to be uniform while second stage is performed with a matrix representing a centre-oriented travel distribution pattern. Here, circulation systems connote to the conceptual representation of movement of vehicles on specific routes, while circulation network (road network) is the concrete form of any specified circulation system.

There are numerous studies on advanced traffic management systems, which mainly focus on the issue of uninterrupted traffic flow (Ran and Boyce, 1996; Levinson, 2003). In the last decade, intelligent transportation systems and traveler route guidance systems are extensively adapted to urban transportation systems. On the other hand, there are limited studies measuring the performances of such systems, which are highly dependent to the characteristics of road network (Emmerink et al., 2003; Levinson, 2003). Marshall (2005) argues that street pattern is significantly influenced by the "geometry of movement" and "the topology of route connectivity". Geometry of movement is the representation of individuals' travel patterns while connectivity refers to the structural (topological) characteristics of road network; such as hierarchy and composition of links (road sections) and nodes (junctions).

This study deals with the role of urban patterns on the formation of road networks and relative performances of circulation systems. Conceptual forms of circulation systems, described by Wright et al.(1989) are adapted to basic types of urban patterns (the grid, the hexagonal and the radio-centric) in order to obtain road networks. Those networks are compared in terms of network efficiency, measured by average travel distance, traffic volume/capacity ratio, standard deviation among travel volumes, and average travel time. Proposed measures are applied to 33 test networks, which are derived from three base patterns: the grid, the hexagon, and the radio-centric. Traffic assignment procedure is carried out in order to observe performances of road networks.

Results showed that when uniform travel distribution is considered, connected networks, such as convex polygons and concentric corridors, perform better than less connected circulation networks. Those networks perform with uniform volume capacity ratios; therefore, hierarchial capacity design is not necessary for such systems. Convex systems have high efficiency when adapted to grid patterns rather than hexagonal and radio-centric. Average traffic volumes and standard deviation on convex networks are much less than semi-connected or tree networks. Hence, connected road networks perform with less average travel distance and average travel time. Results showed that grid patterns are more advantageous when convex circulation systems are adapted, while hexagonal patterns perform better when tree or star shaped systems are adapted.

Compared to two-way systems, one-way circulation systems prove to be inefficient in terms of travel distance and time, however, conflicts at intersections are much less. When centre-oriented trips are assigned to road networks, star-shaped and tree-shaped networks perform better, however, total travel time and total travel distance is more than others. Those networks perform with moderate volume capacity ratios.