

Ulaşım Ağlarında Seyahat Üretimi Belirlenmesi İçin Model Yaklaşımı ve Seyahat Dağılımı

Füsun ÜÇER^{1,*}, Turgut ÖZDEMİR², Halim CEYLAN³, Ayşe TURABI⁴

^{1,2,4} Balıkesir Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnşaat Müh. Böl., Çağış Kampüsü, Balıkesir.

³ Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Böl., Kınıklı kampüsü, Denizli.

Özet

Zaman ve maliyetin sınırlı olmasından dolayı, trafik hacim değerleri karayolları üzerindeki her bağlantı yolu için daima gözlemlenemez. Bu bakımdan, ulaşım planlamasının yapılabilmesi için, önce Başlangıç-Variş (B-V) çiftlerini bağlayan karayolu bağlantıları üzerindeki trafik hacimlerinin gerçeği en iyi yansıtacak şekilde tahmin edilmesi gereklidir. Bunun için çalışmada B-V çiftlerinin giriş-çıkış kesimlerindeki yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) değerlerinden ve bölgenin farklı sosyo ekonomik karakterleri ile bölgede üretilen seyahat sayıları arasındaki ilişkiden yararlanılarak seyahat üretimi matrisi belirlenmiştir. Gelişen sosyo ekonomik faktörlere göre güncelleme kolaylığı olması ve büyük ölçekli ulaşım planlamalarında tercih edilmesi, uzun dönemli kullanımlar için uygun olması sebebiyle tercih edilen çift (üretim-çekim) kısıtlı çekim yöntemi için geliştirilen makro yazılım ile seyahat dağılımı yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ulaşım planlaması, seyahat üretimi, çekim yöntemi.

Model Approach for Determining Trip Generation on Transportation Network and Trip Distribution

Abstract

Due to the restriction of time and cost, traffic volumes are not always observed for every link on highways. From this point of view first, traffic volumes prediction are needed on links which highway to connected Origin-Destination (O-D) pair for transportation planning application. For this reason, was benefited from average annual daily traffic (AADT) values where entry-exit region for O-D pair in research. Trip generation matrix was defined, owing to covariation between different socioeconomic characteristics of area and the number of trips generated in that area. Trip distribution was produced by mean of software was developed for doubly (generation-attraction) constrained gravity model that preferred because of ease of update according to improvement the socio-economic factors and preferring on large-scale transportation planning, appropriate for long-term use.

Keywords: Transportation planning, trip generation, gravity method.

* Füsun ÜÇER, fucer@balikesir.edu.tr, Tel: (266) 612 11 94

1. Giriş

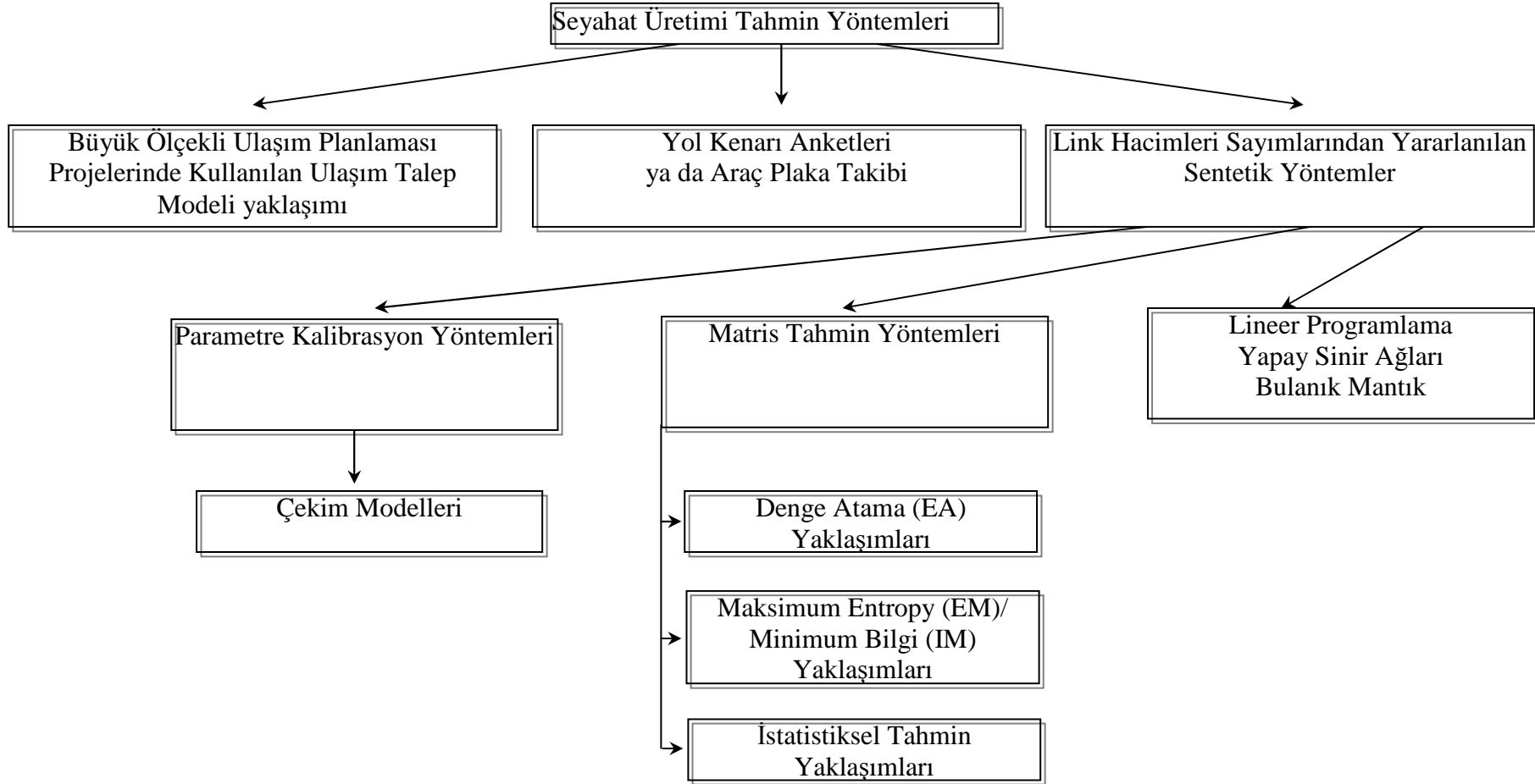
Başlangıç-Varış (B-V) matrisleri bir ulaşım ağındaki başlangıçlar ve varışlar arasındaki seyahat talebini gösterir. B-V seyahat talebi matrisinin üretilmesi, ulaşım sistemlerinin planlanması ve yönetimi ile ilgili pek çok problemin çözümü için en gerekli veriyi oluşturmaktadır. Bu veriler ulaşım planlamacılarının, mevcut ulaşım imkanları üzerindeki talebi tahmin etmelerine, yeni güzergahların uygunluğuna karar vermeye, seyahat karakteristiklerini belirlemeye yardımcı olurlar. Bu amaçla ulaşım planlamasının başlangıcında, seyahat talebini ortaya koyan güvenilir bir B-V matrisi elde etmek için büyük çabalar harcanmaktadır.

Ulaşım planlaması sürecinde, literatürde (örn. [1-4]) seyahat üretimini oluşturan çeşitli B-V matrisi tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. B-V matrislerinin tahmin edilmesi için yaygın olarak kullanılan modeller Şekil 1'de görüldüğü gibi üç ana grup altında toplanmaktadır [5]:

a) Ulaşım talep modeli yaklaşımı, büyük ölçekli ulaşım planlaması projelerinde kullanılmaktadır. Planlama yapılmak istenilen alan alt bölgelere ayrılarak, her bölgenin seyahat üretimi tahmin edilmektedir.

b) Yol kenarı anketleri ya da araç plaka takibi ile B-V matrislerinin doğrudan elde edilmesidir. Doğrudan yol kenarı sürücü anketleri ve plaka gözlemleme gibi arazi yöntemleri, trafiğin engellenmesi, yoğun işgücü gerektirmesi ve veri işleme güçlüğü gibi nedenlerle dezavantajlara sahiptir.

c) Link hacimlerinin sayımlarından B-V matrislerini tahmin eden sentetik yöntemlerdir. Sentetik B-V tahmini yaklaşımında, trafik hacim sayımları çabuk ve ucuz bir şekilde elde edilebilir. Denge modelleri tıkanık ağlarda uygulanabilir; fakat önceki seyahat tablosuna ihtiyaç duyulmaktadır ve bütün linkler için hacim sayımları gereklidir. Bu yöntem, yoğun trafik hacminin bulunduğu bölgelerin analizi için daha uygundur. Maksimum Entropy / Minimum Bilgi modelleri veri ihtiyacı bakımından daha esnekler, bölümsel link sayımları yeterli olabilir, ilk seyahat tablosu gerekli değildir, mevcut bilgiyi esas alarak en uygun B-V çiftini araştırırlar, kendilerine özgü bilgisayar programına sahiptirler; fakat tıkanıklık için uygun bir çözüm sağlamazlar (link performans karakteristiklerini kullanmazlar), akımın kararlılığı gibi kısıtlamaları ihmal ederler. İstatistiksel modellerin uygulanabilmesi için önceki bilgilerden yararlanma esnekliği olsa da, pratikte önceki bilgileri elde etmek zor olabilir. Optimum-kullanıcı ilkesini esas alan modellerden biri olan Lineer Programlama (LP) teorisi, gözlenen link hacimlerinden B-V seyahat matrisini tahmin etmek için uygulanır. LP modeli, ağın dengede olması durumunda trafik akımlarının belirlenmesi için tasarlanmıştır. Bununla birlikte, bu model eksik bilgiler nedeniyle trafiğin denge akım modeline uymayabildiği ve gözlenen link akım verilerinde tutarsızlıklar olabildiği şeklinde bilinmektedir. B-V seyahat matrisini belirlemek için yapay sinir ağları yaklaşımının en belirgin dezavantajı, yapay sinir ağının çalışması için çok büyük miktarda veriye gereksinim olmasıdır. Geniş ağlar için modelleme yapılırken, gerçek verilerin olmaması sebebiyle ciddi problemler oluşabilir. B-V seyahat matrisini elde etmek için yararlanılan bulanık modellerde linklere ait veriler için bulanık yaklaşımlar uygulanır [6].



Şekil 1. Seyahat üretimi tahmin yöntemleri [5].

Çekim modellerine göre B-V seyahat matrisleri, trafik sayımları, seyahat maliyetleri, mesafe gibi parametrelerin fonksiyonlarının lineer ve lineer olmayan regresyon modelleri ile üretilmişlerdir. Her bölgede üretilen ve çekilen toplam seyahatleri belirlemek için regresyon problemi çözülmüştür. Bu çalışmada, B-V seyahat üretiminin belirlenmesinde, sentetik seyahat dağılımı modellerinden çekim kuvveti esas alınarak, seyahat üretimi çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Böyle bir yöntem, çekim modellerinin çok sayıda teorik avantajlara sahip olmasından dolayı tercih edilmiştir. Arazi kullanımındaki değişikliklerden dolayı çekim değeri kolayca değişebilir. Sosyo ekonomik faktörlere ulaşmak kolay, maliyeti az ve güncellemek mümkün olduğundan, çalışma bölgesine ait sosyo ekonomik faktörler esas alınarak ve çalışma ağı bölgesini oluşturan linkler üzerindeki B-V noktalarına giriş ve çıkışlardaki YOGT değerlerine bağlı olarak geliştirilen formülasyonlar ile seyahat üretimi için bir yöntem önerilmiştir. Ulaşım planlamasının ilk iki adımını oluşturan seyahat üretimi ve seyahat dağılımı araştırılmış ve örnek bir ulaşım ağına uygulanmıştır.

2. Seyahat üretimi

Seyahat üretimi, belirli bir bölge tarafından üretilen ve çekilen seyahatin toplam miktarını tahmin etmeye yardımcı olur. Seyahat üretimi, bir sonraki adımların gerçeğe en uygun değerlere yakın olmasını ve çalışma alanında üretilen toplam seyahat sayısı gibi değerlerin kontrolünü sağlamaktadır. Seyahat üretimi çekim modelinde, bölgenin sosyo ekonomik karakteri ve arazi kullanımı ile bölgede üretilen seyahat sayısı arasındaki ilişkiden yararlanır. Başka bir ifadeyle seyahat üretimi bölgenin bugünkü çekim veya sosyo ekonomik yapısından, araç sahipliği ve gayri safi milli hasıla vb. diğer etkenlerden etkilenir. Seyahat üretimi, her bölgenin ürettiği veya çektiği seyahati belirtir. Seyahat üretiminin bugünkü değerleri, Tablo 1’de görüldüğü gibi B-V matrisinde gösterilir. Ulaşım planlamasının seyahat dağılımı adımında bu matrisler kullanılarak seyahat dağılımı modellemesi yapılır.

Tablo 1. Örnek seyahat tablosu.

B-V	1	2	3	j
1	q_{11}	q_{12}	q_{13}						q_{1j}
2	q_{21}								
3	q_{31}								
.									
.									
.									
.									
.									
i	q_{i1}								q_{ij}

Burada, q_{ij} = Başlangıç i den varış j ye olan seyahatler

2.1 Seyahat üretiminin belirlenmesi

Ulaşım ağlarının planlanmasında gerekli olan B-V matrislerini tahmin etmek için literatürdeki (örn. [1-7]) modellerden yararlanılabilir. Seyahat üretimi modellerinin gelişiminde, modelin bağımsız değişkenlerini oluşturan seyahat üretimini etkileyen verilerden her biri için, verinin elde edilebilmesi değişkenin seçimini etkileyen önemli bir faktördür. Genellikle başlangıç yılları için verinin elde edilmesi gelecek yıllara göre daha kolaydır. Eğer başlangıç yılları için bağımsız değişken verisi elde edilemezse,

modelin gelişiminde bağımsız değişken kullanılamaz. Modelin gelişimi için, modelin uygulanmasından önce modelde kullanılan bağımsız değişkenlerin tahmin edilip edilemeyeceği düşünülmelidir. Eğer böyle tahminler çok zor olursa o halde modelde bu değişkenleri kullanmaktan kaçınılabilir. Bazen ulaşım planları böyle tahminler için kullanılması gereken yöntemler geliştirmek zorunda kalabilirler. Genellikle, seyahat üretiminde kullanılan sosyo ekonomik parametrelerin bütün değerlerini tahmin etmek zordur.

Demografik yapıda hızlı değişimlerin görüldüğü gelişmekte olan ülkelerde, maliyetli yöntemlerle elde edilen verilerin kullanım ömrü çok kısa olmakta ve ucuz yöntemler kullanılarak sık sık revize edilmeleri gerekmektedir. Bu yüzden şimdiki ve gelecekteki dönemlere ait B-V matrislerini oluşturmak ve revize etmek üzere pahalı olmayan ve yoğun işgücü gerektirmeyen çeşitli yaklaşık yöntemler geliştirilmiştir. Bundan dolayı B-V matrisinin tahmin edilmesi problemi için tek bir çözümün bulunması imkansızdır. Karayolları üzerindeki araç sayıları, yolculuk matrisi ile sürücülerin güzergah seçimine dair verdikleri kararların bir fonksiyonu olup, sayım yapılan karayolu bağlantılarını kullanan bütün B-V çiftleri hakkında bilgi sağlamaktadır. Bunun yanında trafik hacim sayımları, trafiği aksatmadan ve ucuz bir şekilde elde edildiklerinden çok cazip bir veri kaynağı olmaktadır. Anlaşılacağı üzere, en uygun B-V matrisini tahmin etmek için mevcut trafik hacim sayımlarından yararlanılabilir [8].

Bir dizi bağlantı yolu ve düğüm noktasından oluşan bir karayolu ağıyla n adet bölgenin birbirine bağlandığı varsayılırsa, bir adet B noktası n adet V noktasına seyahat üretecektir, başka bir ifadeyle bir adet V noktası n adet B noktasından seyahat çekecektir. Bu durumda n adet bölgenin oluşturacağı yolculuk matrisinin n^2 hücreden oluşacağı açıktır. Eğer bölge içi yolculuklar göz önüne alınmazsa B-V matrisindeki hücre sayısı n^2-n olacaktır. Trafik sayımlarından B-V matrisini oluşturan bu n^2 tane hücrenin bulunması için öncelikle her bir son noktasına yapılan yolculukların izledikleri güzergahların belirlenmesi gerekmektedir [9].

Trafik hacmi, ulaşım ağına yüklendiği zaman gözlenen trafik sayımlarıyla uyumlu sonuçlar verecek birden daha fazla sayıda yolculuk matrisi bulunacaktır. Bu problemin çözümü için, çalışmada yararlanılan sosyo ekonomik faktörler olarak, nüfus, yıllık nüfus artış hızı, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla değerleri seçilmiştir. Sosyo ekonomik faktörlere göre tatonmanlar yapılarak, hesaplanan seyahat taleplerinin yakınlığının kıyaslanması ve seyahat talebini etkileyen bağımsız değişkenlerin regresyon analizi ile gerçeğe en yakın seyahat talep değerleri elde edilmeye çalışılmıştır. Seyahat üretiminin belirlenmesinde esas alınan seyahat dağılımı çekim modeli, büyük kentlerin ulaşım planlamasında, literatürde (örn. [10, 11]) yer alan matematiksel modeller içinden en çok kullanılanıdır. Bu modelde, fizik kanunlarından yararlanılmıştır. İki yerleşim yeri arasındaki çekim, aralarındaki mesafe, süre ve maliyet gibi etkenlerin artmasıyla azalır fakat her yerleşim yerindeki hareketlilik miktarı ile doğru orantılıdır. Çekim modeli, iki bölge arasındaki çekimi, bölgelerin nüfuslarının birbirleriyle çarpılması ve bölgeler arasındaki mesafenin bazı fonksiyonlarına bölünmesi ile tahmin eder [12]. Kısaca, Newton kanunundaki; iki kütle birbirini, kütlelerinin çarpımı ve uzaklıklarının karesi ile ters orantılı olarak çekerler esasına dayanan bu modeldeki genel eşitlik fiziksel olarak şöyledir;

$$q_{ij} = \frac{GM_i M_j}{D_{ij}^2} \quad (1)$$

Burada; q_{ij} = i ve j arasındaki çekim kuvveti
 G = Çekim kuvvet katsayısı
 M = Kütle veya büyüklük
 D_{ij} = i ve j kütlelerinin birbirine mesafesi

2.2 Geliştirilen seyahat üretimi çözüm yöntemi ve çalışma ağına uygulanması

Ulaşım planlaması sistemi ile modelleme çalışması için, çalışma ağları trafik analiz bölgelerine bölünebilir ve çalışma alanı için tasarım yapılabilir. Bu husus göz önünde bulundurularak çalışmada, devlet karayolları ağının bütününün genel özelliklerini taşıyan örnek bir ulaşım ağı için, geliştirilen çözüm yöntemi ile seyahat üretimi belirlenmiştir. Örnek çalışma ağı üzerindeki B-V çiftleri arasında, bağlantıyı sağlayan 14 adet bağlantı noktası ve 20 adet link vardır. Bir i bölgesinden j bölgesine yapılan yolculuklar, bağlantı yolundaki YOGT değerleri ve bölgelerin seçilen sosyo ekonomik faktörleri verilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Bunun için önce, çalışma alanına ait ulaşım bağlantı yolları üzerindeki YOGT [13] değerleri elde edilmiştir. Yerleşim merkezlerine giriş ve çıkışlardaki 2004, 2005, 2006, 2007 yıllarına ait YOGT değerlerinin ortalamaları alınarak çalışma alanı B-V çiftleri arasındaki YOGT değerleri belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. B-V çiftleri arasında belirlenen YOGT değerleri (araç/gün).

B/V araç/gün	1 Bilecik	2 Kütahya	3 Bursa	4 Balıkesir	5 Manisa	6 İzmir	7 Aydın	8 Denizli	9 Muğla	10 Uşak
1 Bilecik	0	4127	2848	8874	11271	12586	13060	7554	6531	2743
2 Kütahya	4127	0	8522	3847	4673	7693	5774	4002	3652	2051
3 Bursa	2848	8522	0	14899	15482	16481	15978	14498	14254	5286
4 Balıkesir	8874	3847	14899	0	16065	17535	16409	6769	4860	9663
5 Manisa	11271	4673	15482	16065	0	20475	16638	13710	13457	15715
6 İzmir	12586	7693	16481	17535	20475	0	14720	12019	11703	13336
7 Aydın	13060	5774	15978	16409	16638	10470	0	9318	8686	14028
8 Denizli	7554	4002	14498	6769	13710	14720	9318	0	2951	5953
9 Muğla	6531	3652	14254	4860	13457	12019	8686	2951	0	2601
10 Uşak	2743	2051	5286	9663	15715	11703	14028	5953	2601	0

Belirlenen YOGT değerleri iki yöne ait seyahat talebinin toplamı olduğundan, günlük ortalama trafik hacminin tek yön için dağılımı, B-V çiftlerine ait *Nüfus (P)*, *Yıllık nüfus artış hızı (P_{ah})*, *Kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla (KBGYH)* [14] kriterlerine dayalı olarak, geliştirilen makro yazılım ile ayrı ayrı tatonman yapılarak hesaplanmıştır. Bunun için izlenen yol şöyle açıklanabilir:

1. Tatonman: YOGT- P değerine bağımlı olarak bugünkü q_{ij} değerleri hesaplanmıştır. B-V çiftlerini oluşturan merkezlerin P değerleri için, çalışma yılı itibarıyla yapılan son sayımlardaki (2007 yılı) toplam şehir nüfusları kullanılmıştır. Buna göre Denklem (2) ile ifade edilen formülasyon kullanılmıştır.

$$q_{ij} = YOGT * P_j / (P_i + P_j) \quad (2)$$

2. Tatonman: YOGT- P_{ah} değerine bağımlı olarak bugünkü q_{ij} değerleri hesaplanmıştır. Bunun için Denklem (3) den yararlanılmıştır.

$$q_{ij} = YOGT * Pah_j / (Pah_i + Pah_j) \quad (3)$$

3. Tatonman: YOGT-KBGYH değerine bağımlı olarak bugünkü q_{ij} değerleri hesaplanmıştır. Bunun için Denklem (4) den yararlanılmıştır.

$$q_{ij} = YOGT * KBGYH_j / (KBGYH_i + KBGYH_j) \quad (4)$$

B-V çiftlerine ait seyahat taleplerinin üretilmesi için geliştirilen çözüm yöntemi ile, yapılan tatonman hesap sonuçları Tablo 3, 4, 5’de sunulmuştur.

Tablo 3. YOGT-P değerine bağımlı olarak bugünkü q_{ij} değerleri (araç/gün).

Nüfus (P) (Kişi)	1 Bilecik	2 Kütahya	3 Bursa	4 Balıkesir	5 Manisa	6 İzmir	7 Aydın	8 Denizli	9 Muğla	10 Uşak	
	145 126	350 255	1979 999	649 423	841 059	3175 133	536 758	460 747	310 527	217 267	
q_{ij} (araç/gün)											O_i=ST
1 Bilecik	0	2918	2654	7253	9612	12035	10280	5745	4451	1645	56593
2 Kütahya	1209	0	7241	2499	3299	6928	3494	2274	1716	785	29445
3 Bursa	195	1281	0	3680	4616	10147	3408	2737	1932	523	28519
4 Balıkesir	1621	1348	11219	0	9065	14555	7425	2809	1572	2422	52036
5 Manisa	1659	1374	10866	7000	0	16184	6482	4852	3629	3226	55272
6 İzmir	551	765	6334	2980	4291	0	2130	1524	1043	855	20473
7 Aydın	2780	2280	12570	8984	10156	8955	0	4304	3183	4042	57254
8 Denizli	1809	1728	11761	3959	8858	12853	5014	0	1188	1908	49078
9 Muğla	2080	1936	12321	3288	9828	10947	5503	1763	0	1071	48737
10 Uşak	1098	1266	4764	7240	12489	10953	9986	4045	1530	0	53371
A_j=KT	13002	14896	79730	46883	72214	103557	53722	30053	20244	16477	450778

Tablo 4. YOGT- P_{ah} değerine bağımlı olarak bugünkü q_{ij} değerleri(araç/gün).

P Artışı (%)	1 Bilecik	2 Kütahya	3 Bursa	4 Balıkesir	5 Manisa	6 İzmir	7 Aydın	8 Denizli	9 Muğla	10 Uşak	
	31,82	27,10	34,67	20,87	19,11	24,55	24,82	20,43	30,35	21,50	
q_{ij} (araç/gün)											O_i=ST
1 Bilecik	0	1898	1485	3515	4229	5481	5723	2954	3188	1106	29579
2 Kütahya	2229	0	4783	1674	1933	3657	2760	1720	1929	907	21592
3 Bursa	1363	3739	0	5599	5501	6832	6666	5375	6653	2023	43751
4 Balıkesir	5359	2173	9301	0	7679	9478	8914	3348	2879	4903	54034
5 Manisa	7042	2741	9981	8386	0	11513	9400	7084	8258	8320	72725
6 İzmir	7104	4037	9648	8057	8962	0	7400	5459	6470	6226	63363
7 Aydın	7337	3014	9312	7495	7238	5206	0	4207	4778	6511	55098
8 Denizli	4600	2282	9122	3420	6626	8034	5111	0	1763	3053	44011
9 Muğla	3343	1722	7600	1980	5200	5375	3908	1187	0	1079	31394
10 Uşak	1637	1144	3263	4759	7395	6239	7517	2901	1523	0	36378
A_j=KT	40014	22750	64495	44885	54763	61815	57399	34235	37441	34128	451925

Tablo 5. YOGT-KBGYH değerine bağımlı olarak bugünkü q_{ij} değerleri (araç/gün).

KBGYH (\$)	1 Bilecik	2 Kütahya	3 Bursa	4 Balıkesir	5 Manisa	6 İzmir	7 Aydın	8 Denizli	9 Muğla	10 Uşak	
	2,584	1,805	2,507	2,005	2,459	3,215	2,017	2,133	3,308	1,436	
q_{ij} (araç/gün)											O_i=ST
1 Bilecik	0	1697	1403	3877	5496	6978	5725	3416	3667	980	33238
2 Kütahya	2430	0	4955	2025	2695	4927	3047	2168	2362	909	25517
3 Bursa	1446	3567	0	6621	7666	9260	7124	6665	8108	1925	52381
4 Balıkesir	4997	1823	8279	0	8849	10800	8229	3489	3026	4032	53523
5 Manisa	5775	1978	7816	7215	0	11602	7498	6368	7719	5794	61765
6 İzmir	5608	2766	7221	6735	8873	0	5675	4794	5935	4117	51724
7 Aydın	7335	2727	8854	8180	9141	6434	0	4789	5396	5834	58689
8 Denizli	4138	1834	7833	3280	7342	8849	4529	0	1794	2395	41994
9 Muğla	2864	1289	6145	1834	5738	5924	3290	1157	0	787	29028
10 Uşak	1763	1142	3361	5630	9921	8090	8194	3558	1814	0	43473
A_j=KT	36356	18824	55865	45347	65722	72862	53310	36403	39821	26774	451333

En uygun ve birbirine en yakın değerlerin 2. ve 3. tatonmanlarda hesaplandığı görülmüştür. 1. tatonman ve 3. tatonman sonuçları birbirlerine daha uzak değerlerdir. Bu bakımdan kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus bağımsız değişkenlerinin, hesaplanan seyahat üretimindeki etkisini değerlendirmek için regresyon analizi yapılmıştır. Çalışma ağı B-V çiftlerinden Bursa Muğla için elde edilen sonuçlar Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Bursa-Muğla için kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus regresyon analizi.

Yıllara göre KBGYH değerleri			B-V seyahat üretimi (araç/gün)
Yıllar	Bursa	Muğla	
1987	2.253	2.299	7199,226
1988	2.498	2.332	6882,561
1989	2.816	2.678	6948,447
1990	3.868	3.347	6612,664
1991	3.607	3.146	6640,36
1992	3.753	3.466	6843,698
1993	4.327	3.729	6598,244
1994	2.906	3.088	7343,78
1995	3.660	3.707	7172,527
1996	3.548	4.223	7746,884
1997	3.442	4.071	7723,975
1998	3 706	4 736	7996,121
1999	3 270	3 976	7820,918
2000	3 491	4 253	7828,145
2001	2 507	3 308	8108,099

Yıllara göre Nüfus değerleri			B-V seyahat üretimi (araç/gün)
Yıllar	Bursa	Muğla	
1990	1.157.805	186.397	1976,565
2000	1.630.940	268.341	2013,885
2007	1.979.999	310.527	1932,417
2008	2.204.874	329.126	1851,366

ÖZET ÇIKIŞI (bağımsız değişken=KBGYH)					
<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
Çoklu R					0,990974
R Kare					0,982029
Ayarlı R Kare					0,979034
Standart Hata					77,41289
Gözlem					15
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	2	3929766	1964883	327,8764	3,37E-11
Fark	12	71913,06	5992,755		
Toplam	14	4001679			

ÖZET ÇIKIŞI (bağımsız değişken=Nüfus)					
<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
Çoklu R					0,997738
R Kare					0,99548
Ayarlı R Kare					0,986441
Standart Hata					8,139594
Gözlem					4
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	2	14592,48	7296,24	110,127	0,067229
Fark	1	66,25298	66,25298		
Toplam	3	14658,73			

Regresyon analizi sonucu, her iki bağımsız değişken için de R Kare $\geq 0,95$ olduğundan, B-V seyahat üretimi nüfus ve kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla bağımsız değişkenlerinden etkilenmektedir.

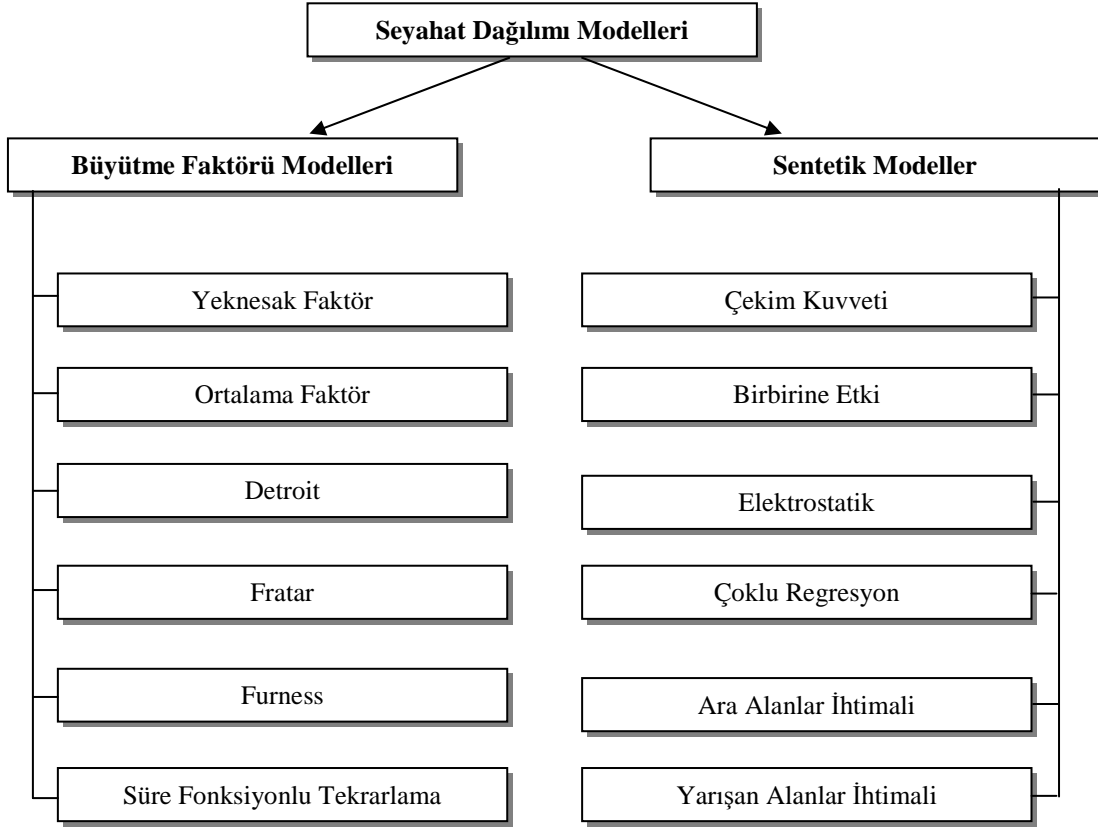
Bağımsız değişken=KBGYH iken *Anlamlılık F* =3,37E-11 < 0,05; Bağımsız değişken=Nüfus iken *Anlamlılık F* =0,067229 > 0,05 olarak hesaplanmıştır. KBGYH bağımsız değişkeni için *Anlamlılık F* uygun olduğundan model kabul edilebilir. Bunun için, YOGT-KBGYH değerlerine bağımlı olarak hesaplanan seyahat üretimine göre, çalışma ağına ait seyahat dağılımı yapılmıştır.

3. Seyahat dağılımı

Seyahat dağılımı her bölgenin ürettiği ve gelecekte üreteceği veya çekeceği seyahatlerdir. Çalışma alanındaki toplam seyahatlerin, planlama yılında bölgelere göre nasıl dağılacığı “Seyahat Dağılımı” modellerine göre yapılır. Tahmin edilen seyahat

üretimi için, seyahat amaçlarının her birine göre farklı seyahat dağılımı modelleri geliştirilmiştir. Seyahat dağılımı modelleri, tahmin edilen seyahatleri yaratmak için, seyahat üretimi adımı tahmin edilen seyahat başlangıçları ve varışları ile bağlantılıdır [15].

Gelecekteki seyahatlerin, bölgelere dengeli biçimde dağılımını sağlayan ‘Seyahat Dağılımı Yöntemleri’, “*Büyütme Faktörü Modelleri*” ve “*Sentetik Modeller*” olarak iki grupta incelenir (Şekil 2).



Şekil 2. Seyahat dağılımı modelleri (Gülgeç, 1998).

Büyütme Faktörü Modellerinde, çalışma alanı içindeki bölgeler arasında bugünkü mevcut yolculuklara büyüme katsayısı (büyütme faktörü) uygulanır. Bu modellerde bölge içi hareketleri ve bölgeler arasındaki mesafe faktörü, maliyetler, seyahat çiftleri arasındaki değişiklikler ve tıkanıklık dikkate alınmaz. Küçük yerleşim alanları için uzun dönemde arazi kullanımında ve dış faktörlerde fazla değişme olmayacağı için, bu model genel olarak kullanılabilir. Sentetik Modellerde, bugünkü seyahatlere etki eden faktörler ve nedenleri açıklanıp, buna uyan model kurulur. Modeldeki girdi değerleri, gelecek için değiştirilerek bölgeler arasındaki gelecekteki seyahat dağılımı hesaplanır. Birbirine etki modelinde, bölgeler arası mesafe fonksiyonu sabit alınmaz, çevreden kent merkezine gelindikçe değiştirilir; bu nedenle çok kullanılmayan bir yöntemdir. Elektrostatik modeller basittir ve çok kullanılmazlar. Çoklu regresyon modeli uzaklık, nüfus gibi bağımsız değişkenleri kullanırlar ve çekim modeline yakın sonuç verirler. Yarışan alanlar modeli, istatistiksel ihtimallere göre hesap yapar ve tecrübeli personel gerektirir [16]. Bütün bu sebepler göz önüne alındığında, gelişen sosyo ekonomik faktörlere göre güncelleme kolaylığı olması ve büyük ölçekli ulaşım planlamalarında tercih edilmesi, uzun dönemli kullanımlar için uygun olması avantajlarından dolayı

tercih edilen çekim modelleri, bir bölgede başlayan ve sona eren toplam seyahat sayısı ile uyum gösterir. Böyle bir model, üretim-çekim kısıtlı çekim modeli ya da çift kısıtlı çekim modeli olarak adlandırılır [17].

3.1 Çekim modeli ile seyahat dağılımı ve çalışma ağına uygulanması

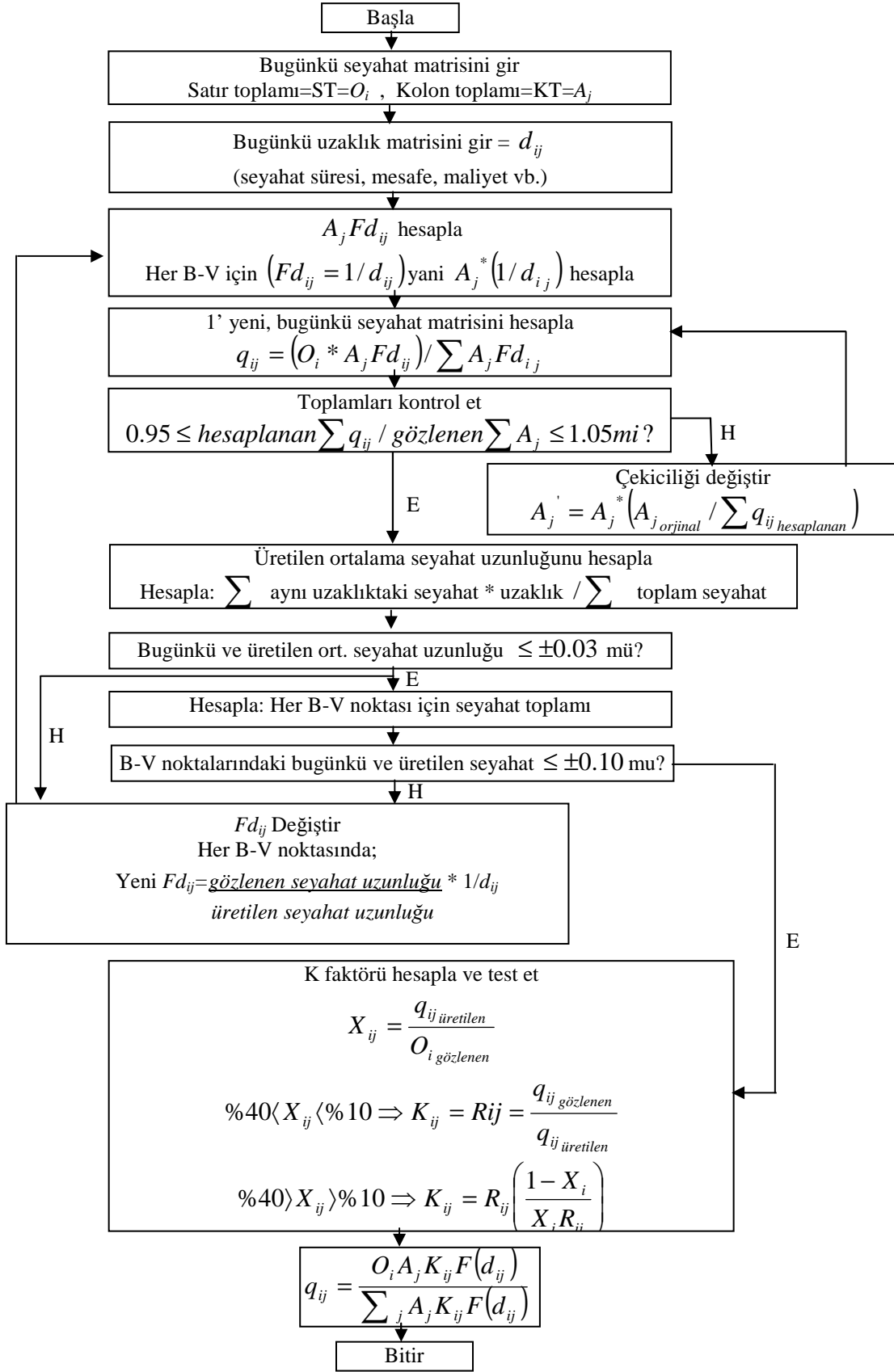
Çekim Yöntemine göre seyahat talebinin hesaplanmasına ait akış diyagramı Şekil 3 de görülmektedir.

Çekim modelinin, ulaşım planlamasında kullanılan çift kısıtlı çekim modeli denklemi;

$$q_{ij} = \frac{O_i A_j K_{ij} F(d_{ij})}{\sum_j A_j K_{ij} F(d_{ij})} \quad (5)$$

Burada; q_{ij} = i bölgesinden j bölgesine seyahat
 O_i = i bölgesinin diğer j bölgelerine ürettiği trafik (trafik oluşumu)
 A_j = j bölgesinin diğer i bölgelerinden çektiği seyahatler
 d_{ij} = bölgeler arasındaki uzaklık
 K_{ij} = katsayı (ij değişimi için bir sosyo-ekonomik faktör)

Denklem (5)'deki $F(d_{ij})$: belirleme fonksiyonu bilinmemektedir. Bu fonksiyon kişilerin farklı mesafelere veya farklı seyahat yapma gönülsüzlüklerini ya da seyahat zorluklarını ifade eder. Ampirik olarak veya seyahat süresi ya da mesafesi göz önüne alınarak belirlenir. Bunu hesaplamak için, bugünkü trafiğe göre; benzer bir kentte daha önce hesaplanmış değer varsa bu değer, yoksa, tahmin edilen değer veya $F(d_{ij}) = 1$ alınarak, q_{ij} değerinin aynısı veya kabul edilebilir doğruluk limitlerine yakın değerini bulup, bu fonksiyonun gelecekte de aynen devam edeceği kabul edilir. $F(d_{ij})$ ve K katsayıları her aralıkta hesaplanmaktadır. Daha sonra da uzaklıklara göre bulunan, $F(d_{ij})$ ve K katsayıları kullanılarak, Denklem (5)'den, geleceğin seyahat dağılımı yapılır. Çekim Yöntemi ile seyahat dağılımının hesaplanabilmesi için, B-V çiftleri arasında uzaklık matrisinin ve önceki bölümde açıklanan seyahat üretiminin (Tablo 5) belirlenmiş olması gereklidir. Çalışma ağı B-V matrisine ait seyahat talebi dağılımının çekim yöntemi ile bulunması için, makro yazılım geliştirilerek çekim yöntemi hesap adımlarına göre B-V çiftleri arasındaki talebin seyahat dağılımı yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir.



Şekil 3. Çekim yöntemi ile hesap akış diyagramı (Gülgeç, 1998).

Tablo 7. Çekim yöntemi ile hesaplanan bugünkü seyahat matrisi (araç/gün).

q_{ij} araç/gün	1 Bilecik	2 Kütahya	3 Bursa	4 Balıkesir	5 Manisa	6 İzmir	7 Aydın	8 Denizli	9 Muğla	10 Uşak
1 Bilecik	0	1702	1406	3893	5464	6988	5679	3425	3698	982
2 Kütahya	2431	0	4996	2026	2682	4915	3026	2169	2364	909
3 Bursa	1447	3571	0	6633	7610	9246	7067	6704	8177	1927
4 Balıkesir	5009	1827	8364	0	8792	10783	8175	3498	3033	4042
5 Manisa	5785	1982	7870	7229	0	11505	7440	6401	7749	5804
6 İzmir	5653	2776	7278	6744	8739	0	5695	4754	5953	4132
7 Aydın	7400	2731	8938	8211	9073	6296	0	4796	5403	5842
8 Denizli	4137	1834	7878	3278	7240	8952	4488	0	1793	2394
9 Muğla	2869	1291	6236	1837	5661	5922	3266	1158	0	789
10 Uşak	1770	1146	3373	5670	9899	8046	8177	3571	1821	0
hesaplanan	36501	18859	56339	45521	65161	72653	53013	36474	39990	26822
orijinal	36356	18824	55865	45397	65722	72862	53310	36403	39821	26774
oran	1,00	1,00	1,01	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00

4. Sonuçlar

B-V trafik taleplerinin güvenilir bir şekilde tahmini, B-V çiftleri arasındaki bağlantı yollarına, trafiğin yüklenmesi sonucu elde edilecek güzergah maliyetlerinin, güzergah akımlarının, link akımlarının belirlenmesi için önemlidir. Bu çalışmada, ulaşım planlamasının başlangıç adımı için gerekli olan seyahat üretimi matrisinin tahmin edilebilmesi için bir yöntem önerilmiştir. Modelin kabul edilebilirliği ve anlamlılığı bağımsız değişkenlere göre hesaplanan regresyon analizi ile incelenmiştir. Önerilen yöntem, YOGT ve sosyo ekonomik faktörleri temel alarak bir ulaşım ağının seyahat talebi üretimini bulur. Yıllar içerisinde sosyo ekonomik faktörlerde gelişme olacağından ve YOGT değerleri değişeceğinden, geliştirilen model ile verilerin yenilenerek güncellenmenin her an yapılabilmesi ya da farklı ulaşım ağlarında da çözümler üretilebilmesi sağlanmıştır.

Ayrıca, ulaşım planlamasında kullanılan çift (üretim-çekim) kısıtlı çekim modeli ve buna ilişkin hesap akış diyagramı sunulmuş, geliştirilen makro yazılım programı ile önerilen seyahat üretimine ilişkin seyahat dağılımı hesaplanmıştır. Geliştirilen bu makro yazılımın farklı ulaşım ağları için de kullanımı sağlanmıştır. Bundan sonraki aşamada, önerilen seyahat üretimi yöntemi ile hesaplanan B-V seyahat talepleri, ulaşım planlamasının trafik atama adımıda güzergahlara yüklenerek, seyahat maliyetleri, güzergah akımları ve linklere ait link akımları hesaplanabilecektir.

Kaynaklar

- [1].Ivan, J.N., ve Allaire, S.A., Regional and area –type modelling of peak spreading on Connecticut freeways, **Journal of Transportation Engineering**, 223-229, (2001).
- [2].Sharma, S.C., Gulati, B.M., Rizak, S.N., Statewide traffic volume studies and precision of AADT estimates, **Journal of Transportation Engineering**, 430-439, (1996).
- [3].Gur, Y., Estimating trip tables from traffic counts: Comparative evaluation of available techniques, **TRB. Transportation Research Record**, 944, 113-117, (1983).
- [4].Han, A. ve Sullivan, E., Trip table synthesis for CBD Networks: Evaluation of the LINKOD model **TRB. Transportation Research Record**, 944, 106-112 (1983).
- [5].Lam, W. ve H.Lo Estimation of origin-destination matrix from traffic counts: A comparison of entropy maximizing and information minimizing models, **Transportation Planning and Technology**, 16, 85-104, (1991).
- [6].Xu, W. ve Y. Chang, Estimating an origin destination matrix with fuzzy weights, part II: case studies, **Transportation Planning and Technology**, 17:145-163, (1993).
- [7].Taylor, M.A.P., Bonsall, P.W., ve Young, W., Understanding traffic systems: data, analysis and presentation, **Aldershot, Ashgate Pub.**, (2000).
- [8].Vitoşoğlu, Y., Bıçakçı, E. ve Güler, H., Türkiyede şehirler arası otomobil yolculuklarının çoklu regresyon ve bulanık mantık yöntemleriyle modellenmesi, **7th International Congress on Advances in Civil Engineering**, 385 October, (2006).
- [9].Ortuzar, J. ve Willumsen, L.G., Modelling transport, **John Willey ve Sons, London, England**, (1990).
- [10].Low, D.E., A new approach to transportation systems modeling, **Traffic Quarterly**, 26:391-404, (1972).
- [11].Holm, Jensen,T., Nielsen, S.K., Christensen, A., Johnsen, B. ve Ronby, G., Calibrating traffic models on traffic census results only, **Traffic Engineering and Control**, April: 137-140, (1976).
- [12].Harris, D. M., A GIS approach to linking spatial patterns and trip generation/ trip distribution modelling, **Florida Atlantic University**, 20-26, (1995).
- [13].Karayolları Genel Müdürlüğü, Trafik ve ulaşım bilgileri, **TCK Yayınları** (2004, 2005, 2006, 2007).
- [14].Devlet İstatistik Enstitüsü Veri Tabanı, (2000, 2007).
- [15].Travel demand forecasting, **Transportation Planning Handbook published by The Institute of Transportation Engineers**, 112-114, (1992).
- [16].Gülgeç, İ., Seyahat dağılımı, **Ulaşım Planlaması**, 83-163, (1998).
- [17].Haynes, Kingsley, E. ve Fotheringham, A. Steward, Gravity and spatial interaction models, **Bevellery Hills, CA:Sage Publications**, (1984).