

ULAŞTIRMA PROBLEMLERİNDE YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI ÇÖZÜM TEKNİKLERİNİN KULLANIMI

Mustafa Sinan YARDIM
İnş. Y. Müh.
Yıldız Teknik Üniversitesi
İstanbul, Türkiye

Aydın EREL
Prof. Dr.
Yıldız Teknik Üniversitesi
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Günümüzdeki sosyo-ekonomik sistemlerden birisi de ulaştırma sistemidir. Ulaştırma sisteminin planlanması ve işletilmesi için karar vericilerin karşılaştıkları problemler, oldukça karmaşık bir yapıdadır. Son dönemlerde ortaya çıkan Yöneylem Araştırması(YA), bütünlük ve disiplinlerarası yaklaşımları benimsemiş ve insan-makina sistemlerinin karmaşık yapıdaki karar problemlerine bilimsel yöntemlerle çözümler arayan bir disiplin olarak, ulaştırma sistemlerinin gerek planlama, gerek işletme düzeyindeki karar problemlerinde de uygulama alanı bulmuştur.

Aynı zamanda M.Sinan YARDIM'ın 1994 yılında tamamladığı Yüksek Lisans tezinin kısa bir özeti niteliğini taşıyan bu bildiriye, YA'nın değişik ulaştırma mühendisliği problemlerinin çözümünde kullanılabilirliği araştırılacak ve bu problemlere günümüze dek ne tip YA çözüm teknikleriyle yaklaşıldığı, ulaştırma mühendislerinin dikkatine sunulacaktır. Elde edilen sonuçların ve belirlenen eğilimlerin, ulaştırma alanındaki model kurma çalışmalarına katkıda bulunacağı umulmaktadır.

1. AMAÇ

Ulaştırma sistemi çok sektörlü (multisectoral), çok türlü (multimodal), çok sorunlu (multiproblem) ve çok dallı (multidisciplinary) bir yapıya sahiptir(4). Dolayısıyla, ulaştırma planlaması ve işletmeciliğinde de karmaşık ve değişik türde problemlerle karşılaşmaktadır. Yüzyılımızın ikinci yarısında ortaya çıkan Yöneylem Araştırması, bütünlük ve disiplinlerarası yaklaşımların benimsendiği, insan-makina sistemlerinin karmaşık yapıdaki problemlerine bilimsel yöntemlerle çözümler arayan bir bilim dalı olarak, ulaştırma sistemlerinin gerek planlama, gerek işletme düzeyindeki karar problemlerinde de uygulama alanı bulmuştur(6).

Ülkemizde ilk olarak 1956 yılında Türk Silahlı kuvvetleri bünyesinde tümüyle yedek subaylardan oluşan bir YA Grubu kurulmuştur. Ardından, sivil kesimde ilk YA Grubu 1965 yılında TÜBİTAK'a bağlı olarak kurulan Yöneylem Araştırması Ünitesi'dir. 1975 yılı şubat ayında düzenlenen YA 1. Kongresi'nden sonra da, Türkiye YA Demeği kurulmuştur(1). Bu oluşumların gayretleriyle ülkemizde YA tanınmaya başlamıştır. Ancak, dünya literatüründeki YA ile ilgili gelişmeler dikkate alındığında, ülkemizdeki çalışmaların yeterli düzeyde olmadığı ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, ülkemizde YA konusuna olan ilginin son yıllarda artmış olması sevindiricidir. 1976-1993 yılları arasını kapsayan araştırmamıza göre, dünya literatüründe 40.000'e yakın YA çalışması yapılmış, bunun % 80'ini teorik çalışmaların, % 20'sini uygulamaların oluşturduğu belirlenmiştir. Uygulamaların %35 gibi büyük bir kısmının da, Ulaştırma Mühendisliği Problemleri'nin çözümüne yönelik olduğu ortaya çıkmıştır. Genel YA çalışmaları içinde % 7 oranında payı olan ulaştırma uygulamaları da, diğer bir çok sistem göz önüne alındığında önemli bir yekûn oluşturmaktadır. Dünya literatüründeki bu kadar çok uygulamaya karşın, ülkemizde hiç denebilecek kadar, çok az çalışma yapılmıştır(2). Oysa ülkemizde kentlerarası ve büyük kentlerdeki ulaşım sorunlarının çoğu, YA teknikleri yardımıyla çözümlenmesi gereken problemlerden oluşmaktadır.

Aynı zamanda M.Sinan YARDIM'ın 1994 yılında tamamladığı Yüksek Lisans tezinin(7) kısa bir özeti niteliğini taşıyan bu bildirinin amacı, yapılan araştırmanın sonuçlarını ortaya koymak ve özellikle ulaştırma problemlerinin çözümünde YA disiplininin kullanımını ulaştırmacıların dikkatlerine sunmaktır.

2. YÖNTEM

Çalışma kapsamında, ulaştırma problemlerine ne tür YA çözüm teknikleriyle yaklaşıldığını belirleyebilmek için, genel bir kaynak taraması yapılmıştır. **International Abstract in Operations Research** adlı süreli yayında her yıl çeşitli konularda yapılan YA çalışmalarının özetleri yayınlanmaktadır(9). Tarama yapılırken bu yayın esas alınmış ve 1976-1993 yıllarını kapsayan 30 cilt incelenmiştir. Bu süreli yayında, YA uygulamalarından ulaştırma problemlerine yönelik olanlar belirlenerek ayıklanmıştır. Bunlar,

- Kullanıldıkları YA çözüm tekniğine,
- Çözümlemek istenen ulaştırma problemi türüne ve
- Problemin ilgili olduğu ulaştırma alt sistemine göre

gruplara ayrılmıştır. İncelemeye 800 adet örnek alınmış ve değerlendirmeler bu örnekler üzerinden yapılmıştır.

Veri analizi için QPRO 4.0 isimli pogram kullanılmış ve hızlı erişim sağlayabilmek için bir makro yazılmıştır. Bilgisayarda değerlendirme yapabilmek ve bir veri tabanı oluşturabilmek için, sınıflandırmaya konu olan başlıklara kod numaraları verilmiştir. Ulaştırma problemleri, sınıflandırması kalabalık olduğu için dört haneli, YA çözüm teknikleri için üç haneli ve ulaştırma alt sistemleri de tek haneli kodlarla tanımlanmıştır.

Çalışma boyunca, YA çözüm tekniklerinin kullanıldığı ulaştırma problemi türleri ile, ulaştırma alt sistemi türleri dikkatle incelenmiş, bu konudaki genel eğilimlerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Zira, **Genel eğilimler**, problemlere yaklaşım konusunda bir **anahtar** niteliğinde olup, hangi tür çözüm tekniklerinin kullanılacağı konusunda yardımcı olabilirler.

Ayrıca, yapılan kaynak taramasında tüm YA çözüm tekniklerini çatısı altında toplayan bir sınıflandırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek amacıyla YA çözüm teknikleri belli başlıklar altında gruplandırılmıştır.

Yöneylem araştırması çözüm teknikleri yukarıdaki bilgilerin ışığında sekiz ana grupta toplanabilir(3, 5, 8). Bunlar:

1. Lineer Modeller
2. Şebeke Modelleri

3. Dinamik Modeller
4. Nonlineer Modeller
5. Stokastik Modeller
6. Davranış Modelleri
7. Sezgisel Yaklaşımlar
8. Diğer Matematik Çözümler

3. ULAŞTIRMA SİSTEMİ

İnsanların ve eşyaların zaman ve mekân içinde yer değiştirmelerinin sağlanması işine ulaştırma denir. Günümüzdeki sosyo-ekonomik sistemlerden biri de ulaştırma sistemidir. Bu sistem, niteliği bakımından topluma hizmet üreten bir sistem olup , tasarımında aranan özellikler çok yönlüdür. Bir yandan sistemi kullanıcı durumunda olan bireyleri tatmin etmek, diğer yandan da sistemin kurulmasında karşılaşılabilecek teknolojik, ekonomik , demoğrafik, sosyo-ekonomik ve politik kısıtları gözönünde bulundurmak gerekmektedir(6).

Birçok olayın temeline bakıldığında , karşılaşılan yapı **"insanın bir gereksinimi varsa , ortada çözüme muhtaç bir problem vardır"** hükmünü onaylar niteliktedir. Gereksinim hangi alanda ise, problem de onu ilgilendiren sistemin kapsamında kendini gösterir. Örneğin; ulaştırma gereksinimi, ulaştırma sistemi içinde ulaştırma problemini doğurur(7).

Ulaştırma problemleri karmaşık bir yapıya sahiptirler. Zira, ulaştırma sistemlerini oluşturan bileşenler, sürekli bir **değişim** içindedirler. Bu değişimin ortaya çıkardığı dinamik yapı, genellikle sistemin - dolayısıyla problemin - tanımını zorlaştırmaktadır. **Değişim**, bir taraftan zaman değişkeninin kullanımını, diğer taraftan da -zaman içindeki konumu ile- insanın değişen davranış şekillerini hesaba katmayı zorunlu kılmaktadır. İnsan davranışlarının stokastik bir yapı içinde incelenip belirlenebilmesi, problemin var olan karmaşıklığını daha da artırmaktadır.

4. ULAŞTIRMA SİSTEMİNİN KARAR DEĞİŞKENLERİ

Ulaştırma sistemi, sosyo-ekonomik faaliyetler sistemi ile sürekli olarak bir ilişki içinde bulunduğundan, sistemin yapısı, sosyo-ekonomik faaliyetler sisteminin yapısı ile birlikte düşünülmelidir. İlgili karar değişkenleri belirtilirken, salt bu sistem düşünülmeyip, etkili olan

osyo-ekonomik sistem de gözönünde bulundurulmalıdır. Karşılıklı etkileşim ve girişim bunu orunlu kılmaktadır.

Bir ulaştırma problemini çözmek için seçilen karar değişkenleri, iki ana grupta incelenir:

1- Ulaştırma sistemi ile ilgili karar değişkenleri

- a) Teknoloji ile ilgili karar değişkenleri,
- b) Ulaştırma şebekesi ile ilgili karar değişkenleri,
- c) Ulaştırma araçları ile ilgili karar değişkenleri,
- d) Ulaştırma işletmeciliği ile ilgili karar değişkenleri,

2- Çevre ile ilgili karar değişkenleri,

- a) Seyahat ile ilgili karar değişkenleri,
- b) Diğer faaliyet sistemleri ile ilgili karar değişkenleri.

5. ULAŞTIRMA PROBLEMLERİ

Ulaştırma problemleri, en genel anlamda, kamunun değer yargılarına bağımlı problemlerdir. Ortaya çıkışları ilginç bir faaliyetler zinciridir. Şöyle ki: Seçenek olarak var olan ulaştırma sistemleri çevreyi, yani faaliyetler sistemini etkiler ve bunun sonucu kamuda bir değer yargısı oluşur. Kamunun değer yargısı da giderek ulaştırma sistemlerinin değerlendirilmesindeki ölçütlerin belirlenmesine katkıda bulunur. Değer yargıları, zamana ve koşullara bağılı olarak, bir değişim içinde bulunan kavramlardır.

Çalışmada, ulaştırma sistemi ile ilgili problemler, başlangıçta planlama problemleri ve uygulama problemleri olarak iki ana gruba ayrılmıştır. Ulaştırma problemleri sınıflandırılırken, makro düzeydeki problemler planlamada, mikro düzeydeki problemler uygulamada dikkate alınmaktadır.

Ulaştırma mühendisliğini ilgilendiren problemler, genel anlamda aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir(7):

1- Planlama problemleri

- 1.1. Hedef ve amacın belirlenmesi
- 1.2. Mevcut durumun belirlenmesi
 - 1.2.1. Servis düzeyi

- 1.2.1.1. Sıklık
- 1.2.1.2. Seyahat süresi
- 1.2.1.3. Ücret
- 1.2.1.4. Ulaşılabilirlik
- 1.2.2. Kaynak tüketimi
- 1.3. Talebin belirlenmesi
 - 1.3.1. Kalitatif talep
 - 1.3.2. Arazi kullanımı
 - 1.3.3. Kantitatif talep
 - 1.3.3.1. Seyahat oluşumu
 - 1.3.3.2. Seyahat dağıtımı
 - 1.3.3.3. Türel ayırım
 - 1.3.3.4. Seyahat ataması
- 1.4. Sorunların belirlenmesi
- 1.5. Çözüm seçeneklerinin üretilmesi
- 1.6. Ölçütlerin saptanması
- 1.7. Seçeneklerin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması
- 1.8. Seçim
- 2. Uygulama Problemleri
 - 2.1. Projelendirme
 - 2.1.1. Ön etüd (ön proje)
 - 2.1.2. Seçeneklerin karşılaştırılması ve seçim
 - 2.1.3. Kesin proje
 - 2.2. Yapım
 - 2.3. İşletme
 - 2.3.1. Talebin saptanması
 - 2.3.2. Rota(hat)ların belirlenmesi ve zaman çizelgesinin yapılması (Routing - Scheduling)
 - 2.3.3. Taşıt filosu
 - 2.3.4. Personel
 - 2.3.5. Ek sabit tesisler
 - 2.3.6. Trafığın denetim ve kontrolü
 - 2.3.7. Fiyatlandırma (tarife, sigorta...)
 - 2.3.8. Tesislerin kontrol, bakım ve onarımı
 - 2.3.9. Uygulamanın çevreye etkisi
 - 2.3.10. Eğitim
 - 2.3.11. Güvenlik

6. ULAŞTIRMA PROBLEMLERİNDE “YA” ÇÖZÜM TEKNİKLERİNİN KULLANIMI

Bu bölümde araştırmanın sonuçları şekiller yardımıyla verilecektir.

YA çözüm tekniklerinin kullanımına en çok uygulama problemlerinde rastlanmaktadır (Şekil 2). Bir istisna olarak, davranış modellerinin kullanıldığı problemlerin % 83’ü planlama problemleridir. Zira, davranış modellerini kullanmayı zorunlu kılan karakteristikler, genelde

plânlama aşamasındaki problemlerde görülür. Örneğin, talep tahmini problemleri, büyük ölçüde gelecek dönemlerdeki gelişmeleri kestirebilmek için, ulaştırma sistemindeki etki gruplarının veya sosyo-ekonomik sistemin davranışlarının belirlenmesiyle ilgilidir. Talebi tahmin edebilmek için bireylerin veya değişim anlamında ulaştırma sisteminin davranışlarını tahmin etmek gereklidir.

Şekil 1'de görüldüğü gibi, ulaştırma problemlerinde öncelikle stokastik modeller yardımıyla çözüme gidilmeye çalışılmaktadır. Özellikle, planlama problemlerinde, stokastik modellerin tercih edilmesi oldukça anlamlıdır. Zira, ulaştırma sistemlerinde doğru planlar yapıp, doğru kararlar verebilmek için, insan davranışlarının, stokastikliğinin gözardı edilmemesi gereklidir. Ek olarak, ulaştırma sisteminin fiziki olarak, bir şebeke üzerinde ifade edilebilmesi Şebeke modellerinin de fazlaca kullanılmasına neden olmaktadır. Şekil 1, 3 ve 4' de bu durum görülmektedir.

Ulaştırma alt sistemlerinde YA kullanımının dağılımı da yukarıdaki sonucu onaylar niteliktedir (Şekil 5,6,7). Tekrar ifade edilecek olursa, ulaştırma sisteminin ve sistemin etki gruplarının(yolcular, sürücüler, yük sahipleri, yöneticiler ve sistemi kullanmayanlar) davranışlarını belirlemek problem çözümlerinde önemli bir gereksinim olduğu için stokastik modellere başvurulur. Bunun yanında Şekil 5 , kılavuzlu sistemlerde daha çok şebeke modellerinin, Şekil 6, denizyolu ve havayolu ulaştırmasında azımsanamayacak derecede lineer ve dinamik modellerin kullanıldığını göstermektedir.

İşletme aşamasında, YA çözüm tekniklerinin en çok kullanıldığı problem türleri, Rotalama-Çizelgeleme ve trafiğin denetim ve kontrolü problemleridir (Şekil 8).

Trafiğin denetim ve kontrolü problemlerinde, stokastik modeller yüksek bir oranda kullanılmışlardır (Şekil 10). Bunun nedeni, özellikle kentiçi trafik sinyalizasyon sisteminin doğurduğu problemlerin çoğunlukta olmasıdır. Trafiğin denetim ve kontrolü ile ilgili değişkenler, büyük çoğunlukla rastgele (random) değişkenlerdir. Bu değişkenlerin varlığı, stokastik süreçleri beraberinde getirdiğinden, modellerin de stokastik yapıda olmaları doğaldır.

Routing-Scheduling problemlerinin çözümünde, çoğunlukla şebeke modelleriyle, lineer modeller tercih edilmişlerdir (Şekil 9). Neden olarak, güzergahların ve zaman çizelgelerinin zaten bir şebeke içinde belirlenmeleri ve genellikle de şebeke modellerine yakın olmaları söylenebilir. Lineer modeller, kısa dönemli problemlerin çözümünde, kabulleri sayesinde kolaylık

sağlamaktadır. Ayrıca, bu sınıftaki problem çözümlerinde stokastik ve sezgisel model kullanımı gözü ardı edilemeyecek miktardadır.

Şekil 11'de, planlama aşamasındaki problemler için, kara ulaştırmasında öncelikle stokastik modellerin, kılavuzlu sistemlerde şebeke modellerinin, deniz ulaştırmasında ise dinamik modellerin, kullanıma daha açık oldukları görülmektedir. Şekil 12'de dikkati çeken nokta, boru hatlarının işletilme aşamasında karşılaşılan problemlerde YA çözüm tekniği kullanımına rastlanmamasıdır.

7. SONUÇ

YA çözüm teknikleri ile ilgili her problemi kapsayan bir sınıflandırma bulunamamıştır. Böyle bir sınıflandırma çalışmasının yapılması zorunludur. YA'nın ortaya çıkışından günümüze kadar bulunan çözüm tekniklerinin, genel olarak ne tip ulaştırma problemlerine çözüm getirdiği belirlenmiştir.

Belirlenen sonuçlar, değişik kategorilerde sınıflandırılarak değerlendirildiğinde, takip edilemeyen bir tutum yani *genel eğilim* ortaya çıkmıştır. Genel eğilim, kullanılan YA çözüm tekniğinin ilgili probleme uygulanabilirliği hakkında bazı fikirler verebilir, ancak problemin çözümünde kullanılacak tekniğin tek belirleyicisi değildir. Aslında olay, ulaştırma mühendisliğini ilgilendiren bir problemin çözümü istendiği zaman, maruz kalacağı yaklaşımı kestirmek ve YA çözüm tekniklerinin bu işlemdeki yerini açıklığa kavuşturmaktan başka bir şey değildir.

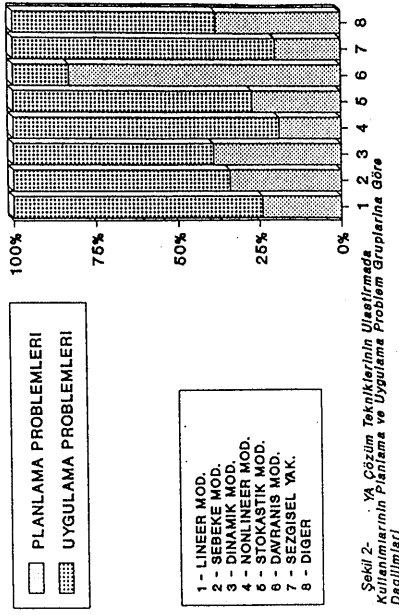
Daha önce belirttiklerimize ek olarak, problem yapısı ve özellikleri arasında büyük farklılıklar vardır. Tekdüze bir tanımlama yapmak oldukça zordur. Problem farklılıklarının bir sonucu olarak, ulaştırma problemlerine uygun genel bir algoritma ya da ortak bir çözüm yoktur. Her problem, matematiksel optimizasyon tekniğinin veya kantitatif karar verme tekniğinin dikkatli analizi ve seçimini içerir. Buradaki önemli nokta, çözüm tekniği algoritmalarının uygulanabilirliğine özel bir önem göstermenin gerekliliğidir.

Ulaştırma Mühendisliği Problemlerinde, YA çözüm tekniklerinin uygulanması ülkemizde oldukça yenidir. YA'nın kullanım alanı bakımından ülkemiz oldukça uygundur. Ulaştırmacılar ve Yöneylem Araştırmacıları'nın konuya daha ilgili olarak eğilmeleri gerektiğince inanılmaktadır.

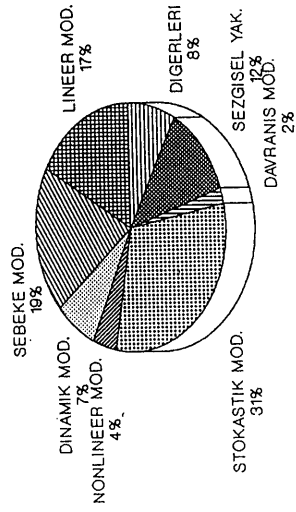
KAYNAKLAR

1. DOĞRUSÖZ H, "Türkiye'de Yöneylem Araştırması", Y.A. 1. Ulusal Kongresi Bildirileri, TÜBİTAK - Y.A. Derneği, sf.3-25, İstanbul, 1976.
2. KARA İ, "Research Pertaining to The Development of Operational Research: The Case of Turkey", European Journal of Operational Research, Vol 38, pp.113-116, North-Holland, 1989.
3. KARAYALÇIN İ.İ., Harekât Araştırması, 2. baskı, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 1132, 1979.
4. MANHEIM M.L., Fundamentals of Transportation System Analysis, Vol 1, 2nd ed. M.I.T. Press, Cambridge, 1979.
5. RAVINDRAN A ve diğerleri, Operations Research- Principles and Practice, 2nd ed., John Wiley and Sons Inc., Singapore, 1987.
6. SAATÇIOĞLU Ö, Ulaşım Sistemlerinde Yöneylem Araştırması Uygulamaları (Basılmamış doçentlik tezi), O.D.T.Ü., 1976.
7. YARDIM M.S., "Ulaştırma Mühendisliğinde Yöneylem Araştırması Çözüm-Tekniklerinin İncelenmesi" (Basılmamış yüksek lisans tezi), YTÜ Fen Bilimleri Enst., Ocak 1994.
8. WAGNER M.H., Principles of Operations Research, 2nd ed., Prentice-Hall International Inc., New Jersey, 1975.
9. **International Abstract in Operations Research**, Vol.16 (1976), Vol.17 (1977), Vol.18 (1978), Vol.19 (1979), Vol.20,21 (1980), Vol.22,23 (1981), Vol.24,25 (1982), Vol.26,27 (1983), Vol.28,29 (1984), Vol.30,31 (1985), Vol.32,33 (1986), Vol.34,35 (1987), Vol.36,37 (1988), Vol.38,39 (1989), Vol.40,41 (1990), Vol.42 (1991), Vol.43,44 (1992), Vol.45,46 (1993) North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

ULASTIRMA PROBLEMLERİ (PLANLAMA - UYGULAMA)

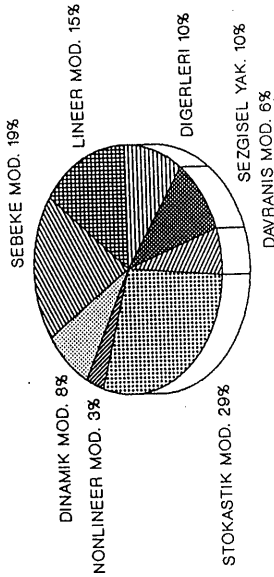


UYGULAMA PROBLEMLERİ



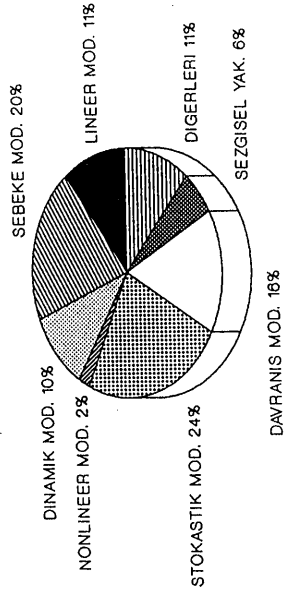
Şekil 4- Ulaştırma Mühendisliğinde Uygulama Problemlerinin Çözümünde Karşılaşılan YA Çözüm Teknikleri Kullanımının Dağılımı (%)

ULASTIRMA PROBLEMLERİ



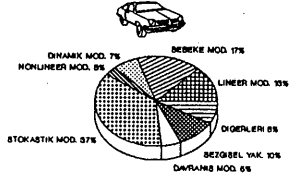
Şekil 1- Ulaştırma Mühendisliği Problemlerinde YA Çözüm Teknikleri Kullanımının Dağılımı (%)

PLANLAMA PROBLEMLERİ

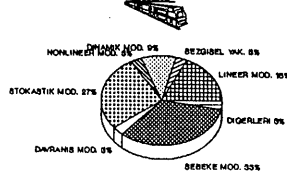


Şekil 3- Ulaştırma Mühendisliği Planlama Problemleri İçin YA Çözüm Teknikleri Kullanımının Dağılımı (%)

KARAYOLU ULASTIRMASI PROB.

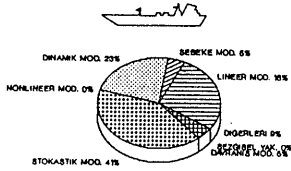


KILAVUZLU SIST. ULASTIRMA PROB.

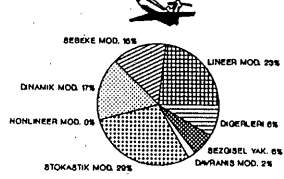


Şekil 5- Karayolu ve Kılavuzlu Alt Sistem Problemleri Çözümlerinde Kullanılan Y.A. Çözüm Tekniklerinin Dağılımları (%)

DENİZYOLU ULASTIRMASI PROBLEMLERİ

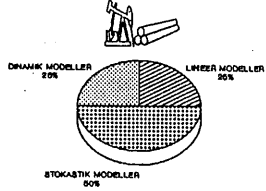


HAVAYOLU ULASTIRMASI PROBLEMLERİ

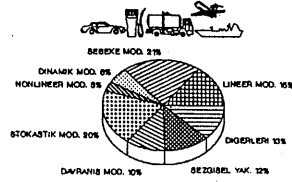


Şekil 6- Denizyolu ve Havyolu Alt Sistem Problemleri Çözümlerinde Kullanılan Y.A. Çözüm Tekniklerinin Dağılımları (%)

BORU İLE ULASTIRMA PROBLEMLERİ

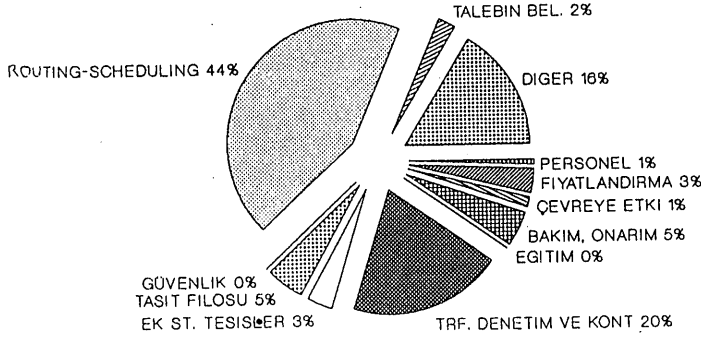


GENEL ULASTIRMA PROBLEMLERİ



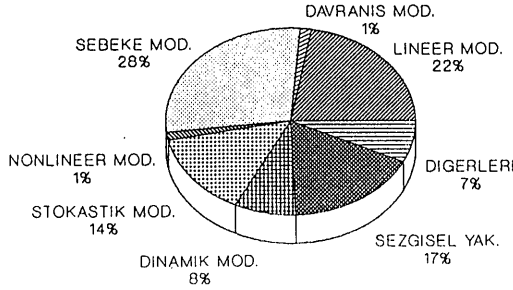
Şekil 7- Boru ile ve Genel Ulaştırma Alt Sistem Problemleri Çözümlerinde Kullanılan Y.A. Çözüm Tekniklerinin Dağılımları (%)

İŞLETME PROBLEMLERİ



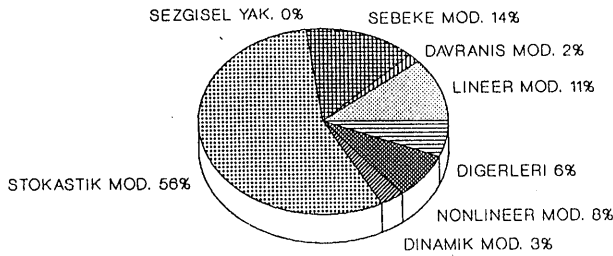
Şekil 8- YA Çözüm Tekniklerinin Kullanıldığı Ulaştırma İşletme Problemleri Bileşenlerinin Dağılımı (%)

ROUTING - SCHEDULING PROBLEMLERİ



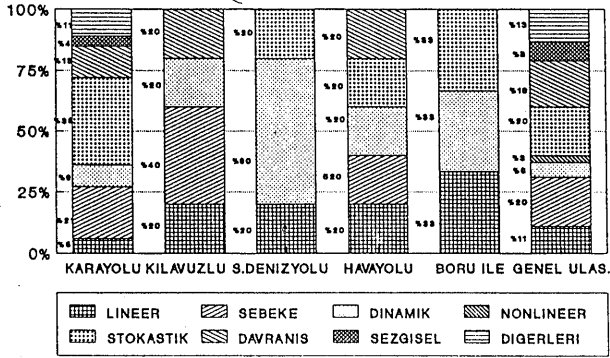
Şekil 9- Ulaştırma Mühendisliğinde Karşılaşılan Routing - Scheduling Problemlerinde YA Çözüm Teknikleri Kullanımının Dağılımları (%)

TRAFİĞİN DENETİM VE KONTROLÜ



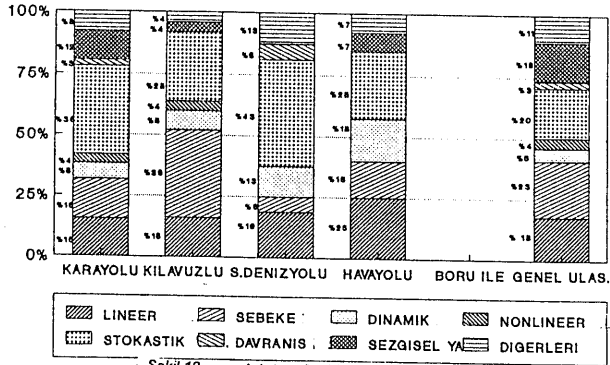
Şekil 10- Ulaştırma Mühendisliğinde Karşılaşılan Trafik Denetim ve Kontrolü Problemlerinde YA Çözüm Teknikleri Kullanımının Dağılımları (%)

PLANLAMA PROBLEMLERİ



Şekil 11- Planlama Problemleriyle Karşılaşılan Ulaştırma Alt Sistemlerindeki YA Çözüm Teknikleri Uygulamalarının Dağılımları (%)

İŞLETME PROBLEMLERİ



Şekil 12- İşletme Problemleriyle Karşılaşılan Ulaştırma Alt Sistemlerindeki YA Çözüm Teknikleri Kullanımının Dağılımları (%)

