

Yöneylem Araştırmasına Giriş

GİRİŞ

Yöneylem Araştırması'nın doğuşu II. Dünya Savaşı yıllarındaki askeri uygulamalara dayandırılmakla birlikte, 1911'lerde Frederick Taylor'un yayınladığı *Bilimsel Yöntemin İlkeleri* çalışmasının da aslında bu bilim dalının köklerini oluşturduğu söylenebilir.

II. Dünya Savaşı yıllarında, İngiliz askeri birimlerinde radarların etkili kullanımı, denizaltıların yerlerinin belirlenmesi gibi problemlerin çözümünde farklı bilim dallarından oluşan ekiplerle çalışılmıştır. İzleyen yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde Amerikan ekonomisi için geliştirilen bir endüstriler arası girdi-çıktı modeli de yine birden fazla araştırmacıdan oluşan bir ekiple ele alınmıştır. Bu ekipte yer alan George B. Dantzig bu tür problemlerde, tanımlanan bir amaç fonksiyonu ile eniyi programların yapılabileceği düşüncesini savunmuş ve ayrıca doğrusal programlama problemleri için bilinen Simpleks Algoritması'nı geliştirmiştir.

Yıllar içerisinde Yöneylem Araştırması, örgütlerin ve/veya sistemlerin tasarımında, kuruluşunda ve işletilmesinde karşılaşılan planlama, yürütme ve kontrol faaliyetlerine bilimsel yöntemlerle katkıda bulunan ve bu alanlardaki problemlere çözüm arayan bir bilim dalı olarak yerini almıştır. Matematik, çözüm tekniklerinin altında yatan temel bilimdir. Matematiğin, bu bölümde yer verilen ve Yöneylem Araştırması'nı karakterize eden modelleme, yöntembilim vb. özellik ve yaklaşımlarla birlikte ele alınış biçimi yönüyle, Yöneylem Araştırması, bir sanat olarak da görülmektedir. Çözüm sürecinde kullanılan yaklaşım, problemi ve ardından çözüm seçeneklerini ortaya koyma, daha sonrada eniyi seçeneği uygun yöntemle belirleme aşamalarından oluşur. Birden fazla seçenek çözüm sözkonusu değilse, bir problem de yok demektir. Buna bir örnek şu şekilde verilebilir: Bir doğal afet durumunda, ülkenin, afetin yaşandığı bölgelerine ulaştırılacak yardımın hangi yolla yapılacağına karar verilmek istensin. Yardım ulaştırmanın o anki koşullarda **tek yolu** havadan ulaşım ise, kara yolu ve denizyolu sözkonusu değilse, örneğin denizyolu coğrafi olarak mümkün olmayıp, karayolu da tahrip olmuş ve kullanılamaz ise, en iyi seçeneğin hangisi olduğu gibi bir problem sözkonusu değildir ve tek ulaşım seçeneği hava yoludur. Fakat hem hava yolu, hem karayolu ile ulaşım mümkün ise o durumda hangi seçeneğin daha iyi olduğu sorusu gündeme gelir. Bu durumda Yöneylem Araştırması yöntemleri ile eniyi seçeneğe karar vermek mümkün olur. Problem, ancak çözümünde **alternatif yollar varsa** vardır.

Bu üniteye yukarıda çok genel olarak açıklanan Yöneylem Araştırması'nın; temel özellikleri, problem çözümlerinde izlediği yaklaşım ve hangi tür problemlerin çözümünde kullanılacağı vb. konulara yer verilecektir.

YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI'NIN ÜÇ TEMEL ÖZELLİĞİ

Yöneylem Araştırması'nın üç temel özelliği;

- Bilimsel yöntem,
- Bütünleşik yaklaşım ve
- Disiplinlerarası yaklaşım

şeklinde. *Bilimsel yöntem*, basitçe, problemlerin çözümünde bilimsel bir yaklaşımın izlenmesini ifade eder. Bu anlamda bilimsel yöntem; incelenen problem veya olayla ilgili **önce gözlem yapılmasını**, sonra **bir hipotezin** geliştirilmesini, ardından bu **hipotezin deneylerle sınanmasını** ve son adım olarak da **genellenmesini** içerir. Ardından geri bildirimler ve gerekiyorsa kontrollerle sistem üzerinde geliştirmeler devam edebilir. *Bütünleşik yaklaşım*, ele alınan problemin, içerisinde yer aldığı sistem ile birlikte tüm bileşenleri ve boyutlarıyla incelenmesidir. **Birden fazla** ve karşılıklı ilişki içinde bulunan ve belirli bir amaca yönelik olarak bir arada bulunan oluşumlar (sistemler) ile karşılaşıldığından, bu özellik *sistem yaklaşımı* olarak da ifade edilebilmektedir. Son olarak *disiplinlerarası yaklaşım* ise, Yöneylem Araştırması kapsamındaki problemlerin, **farklı disiplinlerde** yer alan uzmanlardan oluşan bir ekiple çözülmesi anlamına gelmektedir.

Birlikte düşünüldüğünde bu üç özelliğin, problem çözüm süreçlerine farklı bir sistematik yaklaşım kazandırdığı görülebilmektedir.

Kavramları daha iyi anlayabilmek için aşağıdaki örneği inceleyelim:

Bir işletme var olan depolarına yenilerini eklemek istemektedir. Her deponun yeri ve kapasitesi; dağıtım yapacağı müşterilere, bulunulan bölgedeki talep büyüklüğüne vb. göre değişecektir. Eniyi depo yerine karar verebilmek için işletmenin bazı araştırmalar yapması gerekmektedir. Depo açma maliyeti ile ilgili olarak, düşünülen bölgelerdeki arazi-bina satınalma veya kira bedelleri, tahmin edilen talepler, ürünlerin depolara oradan da müşterilere sevkiyatlarının maliyetleri, bu sevkiyatlar sırasında kullanılabilecek araç ve güzergahların belirlenmesi gibi farklı etkenler ve her biriyle ilgili farklı kararlar söz konusudur. Bu konular bir araya geldiğinde, farklı uzmanlık ve mevzuat bilgisi ayrıca bilimsel analizler gerektirdiği ortaya çıkacaktır. Bir karar vericinin, bu tür önemli kararlarda rol oynayabilecek **tüm bilgilere sahip olması mümkün olmayacağına** göre, kendi alanında uzmanlık bilgisine sahip **farklı disiplinlerden** kişilerin bir araya getirilmesi kaçınılmazdır.

Bu gibi konularda Yöneylem Araştırması'nın **disiplinlerarası yaklaşımı** kendini gösterir. Problem tüm yönleriyle yeterince irdelendiğinde, sistemi oluşturan bileşenlerin karşılıklı etkileşimleri görülebilecek, açılacak depo yerinin ulaşılması gereken müşterilerin bulunduğu noktalardan veya söz konusu bölgede yeni bir depo inşası için uyulması gereken mevzuattan veya işletmenin elinde bulunan, bu işe ayrılacak sermayeden bağımsız olmayacağı (**bütünleşik yaklaşım**) ortaya çıkacaktır. Tüm bu gereklilikler konusunda bir farkındalık; problemin önce adım adım tanımlanması, daha sonra sistematik bir yaklaşımla çözüm sürecinin tasarlanması (**bilimsel yöntem**) aşamalarını getirecektir.

YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI YAKLAŞIMI

Yöneylem Araştırması, problemleri, yukarıda belirtildiği gibi, disiplinlerarası bir ekiple, bilimsel bir yöntemi izleyerek ve sistemi bütünüyle ele alarak çözer. Bu temel özellikleri kullanan, aynı zamanda Yöneylem Araştırması Yaklaşımı da denen *problem çözme aşamaları* aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Problemin belirlenmesi
- Gerekli verilerin elde edilmesi ve sistemin analiz edilmesi
- Modelin geliştirilmesi
- Modelden çözüm elde edilmesi, modelin geçerliliğinin sınanması
- Modelin uygulanması ve karar.

Problemin varlığının ortaya konması ve doğru tanımlanması, çözüm sürecinde en önemli aşamadır. Daha sonra ise problemin girdisi olabilecek ve yaşandığı sistemden türetilebilecek verilerin, gerektiği ölçüde ve güncel bir biçimde elde edilmesi gerekir. Hangi tür verilere ihtiyaç duyulduğu, ilgili sistemin ayrıntılı analizi ile ortaya çıkabilir. Bunu izleyen aşama, problemin çözümü için gereken uygun modelin geliştirilmesidir. Kısaca bir sistemin kendisi yerine onun gibi davranan eşdeğeri şeklinde ifade edilen modellerin çok farklı şekillerde sınıflandırılmaları mümkündür. İzleyen bölümde, *model*, yanısıra Yöneylem Araştırması kapsamında daha yaygın kullanılan ve ihtiyaç duyulan *karar modeli* kavramlarına yer verilmektedir. Yaklaşımın diğer aşamalarında ise, geliştirilen modelin geçerliliğinin sınanması ve uygulanması adımları yer alır.

MODEL, KARAR MODELİ

Model, bir sistemin kendisi yerine **onun gibi davranan** eşdeğerine denir. Modeller farklı şekillerde gruplanabilirler. Yapılarına göre modeller; **uyuşum**, **benzeşim** ve **matematiksel** olarak üçe ayrılırlar. Uçak simulatörleri, maket inşaat projeleri uyuşum modellerine birer örnektir. Bu tür modeller gerçek sistemin küçültülmüş birer örneğidirler. Çeşitli diyagramlar, grafikler benzeşim modelleri arasındadırlar. Gerçek sistem görünümünde olmayıp, sistemdeki ilişkileri temsil ederler. Bu örnekler üzerinde düşünüldüğünde, bir uçak simulatörü yardımıyla, sözkonusu uçağın, belirli koşullarda hangi davranış biçimlerini ortaya koyacağı test edilebilir. Bu sayede insan hayatını tehlikeye atmadan ve doğabilecek büyük bir maliyeti de önceden engelleyerek simulatör üzerinde istenen testler yapılır. Benzer düşünceyle, bir bilgisayar programı da bir çeşit model sayılır.

Matematiksel model ise bir sistemin veya problemin matematiksel ifadelerle temsil edilmesidir. $f = ma$ denklemi bu anlamda bir matematiksel modeldir. m kütesine sahip bir cismin belirli bir a ivmesine maruz kaldığında oluşacak olan f büyüklüğündeki kuvvetin ifadesidir. m , a ve f 'den herhangi ikisi biliniyorsa, üçüncünün değeri bu ilişki ile bulunabilir.

Karar süreci; **problemi belirleme**, **seçenekleri türetme** ve **eniye seçeneği bulma** adımlarından oluşur. Bir problem olup olmadığı, Giriş bölümünde de belirtildiği gibi, problemin çözümü için birden fazla seçeneğin olması durumunda ortaya çıkar. Öte yandan çoğu durumda seçenekleri belirlemek de oldukça zordur. Böyle durumlarda problemin gereklilikleri ve değişkenlerarası ilişkilerin matematiksel fonksiyonlarla ifade edildiği; bulunan çözümlerden hangisinin seçileceği kararının ise bir başka fonksiyonda yine bu seçenek çözümlerin aldığı değerler ile belirlendiği, bütünleşik bir yapı oluşturulur. Bu yapıda **değişkenlerarası ilişkilerin gösterildiği fonksiyonlara kısıt**, kısıtları sağlayan çözümlerin **eniyesinin seçimi** için kullanıldığı belirtilen fonksiyona ise **amaç fonksiyonu** denir. Kısıtlar ve amaç fonksiyonundan oluşan bu tür yapılara **karar modeli** denir. Karar modelleri doğrusal veya doğrusal olmayan özelliklerde olabilirler.

DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN PROGRAMLAMA

Pratik olarak tüm kısıtları ve amaç fonksiyonu, her biri doğrusal birer fonksiyon ise, bir başka deyişle tüm fonksiyonlarda yer alan her bir terim birinci dereceden ifadelerden oluşmakta, iki değişkenin çarpımı veya bir değişkenin üssünün olmadığı terimler yer almakta ise ilgili karar modeli **doğrusal**dır denir. Örnek bir doğrusal karar modeli aşağıdaki gibi verilebilir:

$$2x_1 + 3x_2 - 9x_3 \leq 30$$

$$x_1 + 7x_2 \geq 10$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

kısıtları altında

$$\text{Enb } x_0 = 3x_1 + 5x_2$$

Doğrusal karar modeli geliştirilebilmesi için bazı özellikler vardır: Bunlar; **belirlilik**, **oranlılık**, **toplanabilirlik** ve **bölünebilirlik** olarak sıralanabilir. Belirlilik, problemde kullanılan **parametrelerin değerlerinin bilinmesi**, bölünebilirlik, **karar değişkenlerinin her reel değeri alabilmesi**, oranlılık, karar değişkenlerinin aldıkları değere göre oluşan katkı ve kullanılan kaynak miktarının değişkenin değeri ile **doğru orantılı olması**, toplanabilirlik ise oluşan **katkıların toplanabilmesidir**. Bu özellikler var ise bir karar modeli doğrusaldır. Örneğin yukarıdaki modelde oranlılık, birinci karar değişkeninin birim değeri için oluşacak katkı 3 ise, x_1 birimi için bu katkının doğru orantıyla artıp $3x_1$ kadar olması veya birim kaynak kullanımı a_i ise, x_i birim için kaynak kullanımının $a_i x_i$ kadar olması; toplanabilirlik ise ikinci değişkenin x_2 birimi için oluşacak benzer katkının $5x_2$ olup, iki değişkenin oluşturduğu katkıların $(3x_1 + 5x_2)$ toplanabilmesidir. Belirlilik, problemde yer alan birim katkılar, birim kaynak kullanımları gibi parametrelerin değerlerinin bilinmesi, bölünebilirlik ise değişkenlerin her reel değeri alabilmesidir.

Yukarıdaki özellikleri taşımayan modellere doğrusal değildir denir. Bir modelin tüm fonksiyonlarının enaz bir teriminde üslü ifadenin olması ($2x_1 * x_2$ gibi iki değişkenin çarpımı veya x^2, x^5 vb. üslü terimin olması) bu durum için yeterlidir. Aynı zamanda karar değişkenlerinin sürekli değişken değil de tam sayılı olması durumunda da doğrusallık bozulur. Örnek bir doğrusal olmayan karar modeli aşağıdaki gibi verilebilir:

$$3x_2 + 9x_3x_4 \leq 15$$

$$x_1^2 + 7x_2 \geq 10$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

kısıtları altında

$$Enk x_0 = 3x_1^2$$

İlk kısıtta iki değişkenin çarpımı, ikinci kısıtta ise bir değişkenin karesi bulunmaktadır.

Doğrusal ve doğrusal olmayan karar modellerinin çözümü için farklı yaklaşımlar vardır. Fakat doğrusal karar problemlerinin eniyi çözümü bir uç noktadadır (ileride açıklanacaktır) ve bu tip modellerin çözümlerini bulmak, doğrusal olmayanlara göre daha kolaydır.



Bir doğrusal karar probleminin sağlaması gereken özellikler nelerdir?



Kara, İ., (1985), *Yöneylem Araştırmasının Yöntembilimi*, Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 96, Eskişehir 1985.



Karar modeli nedir?

YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI TEKNİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Yöneylem Araştırması teknikleri pek çok alanda uygulama olanağı bulabilir. Aslında, tanımında da belirtildiği gibi örgütlerin ve/veya sistemlerin tasarımında, kuruluşunda ve işletilmesinde karşılaşılan planlama, yürütme ve kontrol faaliyetlerine bilimsel yöntemlerle katkıda bulunan ve bu alanlardaki problemlere çözüm arayan bir bilim dalı olduğu hatırlanırsa, Yöneylem Araştırması ile ilgili çalışmaların ne kadar geniş bir yelpazede yer alabileceği kolayca görülebilir. Çünkü günümüzde hemen her sistemde; tasarım, kuruluş ve işletme aşamaları yer alır. Gerek üretim, gerek hizmet sektörü olsun, yaşayan her birim bu tür karar problemleri ile karşı karşıya kalır. Günümüz işletmelerinde, ayakta kalabilmek ve rekabet edebilmek için, verimlilik, kaçınılmaz bir gerekliliktir. Elde bulunan kaynakların, işgücünün ve en önemlisi zamanın verimli kullanılması, maliyetlerin düşürülmesi, eniyi yatırım kararlarının alınması, sistemleri kurduktan sonra işleyişlerinde de etkin bir kontrol ve planlama ile sürekliliklerinin sağlanması çok önemlidir.

Yöneylem Araştırması kapsamına giren konular ve tekniklere bakıldığında; üretim planlama ve stok kontrol, proje yönetimi, ulaştırma ve atama, personel planlama ve çizelgeleme gibi problemlerin; doğrusal, doğrusal olmayan, tamsayı, rassal ve dinamik programlama genel yaklaşımlarının yanında, oyun teorisi, markov zincirleri, dal-sınır algoritması, MODI atlama taşı, CPM-PERT, Macar Algoritması, Simpleks Algoritması olarak adlandırılan çeşitli tekniklerle de çözülebildiği görülür. Her birisi farklı problemlerin çözümü için geliştirilen bu teknikler, problemlerin eniyi (optimum) çözümlerini bulmak amacıyla kullanılırlar.

Bazı örnekler vermek gerekirse; üretim sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin, elinde bulunan makine, malzeme ve işgücü olanaklarını aşmadan, gelecek belirli bir dönem için üretim planını yapması Yöneylem Araştırması kapsamında çözülebilecek problemler arasında yer alabilir. Üretim planı başlığını biraz daha açmak gerekirse, örneğin toplam satış karını enbüyüklemek için planlama periyodu içerisinde hangi üründen hangi miktarlarda üretilmesi gerektiği veya işlerin tamamlanma zamanını enküçükleme ve müşteriye en kısa zamanda sevkiyat yapabilmek için hangi operatörün hangi tezgahda çalışması veya hangi işin hangi tezgahta yapılması gerektiği bulunabilir. Yine benzer şekilde, talepteki ani değişikliklere karşı hazırlıklı olmak için, önceden, hangi ürünlerden hangi seviyelerde stok bulundurulması gerektiği de üretim planlama ve stok kontrolü kapsamında yanıtlanması gereken sorular arasında yer alıp hepsi çeşitli Yöneylem Araştırması Teknikleri ile çözülebilir.

Hizmet sektörü açısından düşünüldüğünde, müşteri beklemelerini en aza indirecek ve memnuniyeti arttıracak şekilde, kaç tane servis personelinin olması gerektiği (bankalarda banko, marketlerde kasa sayıları), pazardaki payı arttırabilmek için bir işletmenin izleyebileceği farklı reklam ve pazarlama stratejilerinden hangisinin daha etkili olacağı gibi karar problemleri Yöneylem Araştırması çalışma konuları arasındadır.

Ulaştırma ve lojistik faaliyetleri açısından şu tür örnekler vermek mümkündür: Bir işletmenin, ürünlerinin sevkiyatında kullanacağı araç filosunda yer alacak araçlarının **tiplerini ve sayılarını** ya da mevcut araçlarının ürün sevkiyatı sırasında **izlemesi gereken rotalarını** belirlemesi problemleri bu kapsamdadır. **Rota belirleme sürecinde genellikle, en kısa yol bağlı olarak da en az taşıma maliyeti amaçlanmaktadır.** Üretim sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için depo büyüklükleri, depo sayıları, ayrıca birden fazla üretim işletmesi ve deponun olduğu sistemler için hangi işletmeden hangi depoya veya hangi depolardan hangi müşterilere dağıtım yapılacağı kararları da Yöneylem Araştırması teknikleri kullanılarak verilebilir.

Özellikle son elli yıldır büyük ölçekli projelerde uygulanabilen Yöneylem Araştırması teknikleri konusunda, *GANTT Diyagramı* denen teknik en eskiler arasındadır. 1958’de Amerikan Deniz Kuvvetleri Özel Projeler Bölümü tarafından, *PERT* (Project Evaluation and Review Technique), hemen hemen aynı zamanlara rastlayan *Kritik Yol Yöntemi* ise (*CPM-Critical Path Method*), Dupont Kimyevi Madde Fabrikası’nda bakım onarım faaliyetlerine yardımcı olmak üzere geliştirilmiştir. Bu teknikler çoğunlukla zaman esaslı faaliyetlerin programlanması problemlerinde uygulanmaktadır. CPM-PERT’de bir projeye ait tüm faaliyetler tanımlanır, aralarındaki *öncüllük-ardıllık* ilişkileri belirlenir ve projeye ait bir şebeke çizilir. Örneğin bir inşaatın temeli atılmadan birinci katının inşa edilmesi mümkün değildir. Temel atma işlemi, ilk kata çıkma alt faaliyetinin bir öncülüdür veya bir sempozyum düzenleme etkinliğinde, sempozyum tarihlerini belirlemeden, ilk duyuruları yapmak, duyuruları yapmadan katılımcıların kayıtlarını almaya başlamak mümkün değildir. Faaliyetler için süreler ve maliyetler tahmin edilir. Faaliyetlerin en erken ve en geç başlama ve bitiş süreleri ile bolluklar hesaplanır. Projeye ait kritik yol denen bir rota ortaya çıkar. Bina, yol, köprü ve baraj inşaatı gibi büyük ölçekli projelerde de bu gibi teknikler kullanılır. Bu teknikler bir defalık gerçekleştirilen büyük projelerde, faaliyetlerin sistematik bir şekilde planlanmasına, hangi faaliyetin proje toplam süresini geciktirmeden ne kadar ertelenebileceğinin belirlenmesine yardımcı olur.

Bir diğer benzer konu da şebeke modelleri olarak isimlendirilir. En kısa yol, en küçük örten ağaç, en büyük akış gibi çeşitli alt çalışma alanları vardır.

En kısa yol problemi, özellikle lojistik alanında veya haberleşme şebekelerinde kullanılabilecek bir takım yöntemlerin gelişmesine sebep olmuştur. Otoyolların yapımında ya da yukarıda belirtilen bir lojistik firmasının dağıtım faaliyetlerinde izleyeceği rotanın belirlenmesinde, **toplam mesafeyi enküçükleyecek şekilde güzergahların veya yol bağlantılarının yapılması** bu yöntemlerle sağlanabilir.

En küçük örten ağaç problemi, örneğin bir belediyenin bir ilçesine bağlı köylere elektrik bağlantısı yapması konusunda, hangi köylere hangi köylerden elektrik götürüleceğine karar vermek gerekir. Burada bağlantı yapılacak bir noktanın kendisine en yakın herhangi bir noktadan elektrik alması mümkündür, bağlantı sonrası da artık kendisi de en yakın komşu köye elektrik verebilir. Problem sanki tüm dallarına erişilmek istenen bir ağaca benzetilerek en küçük örten ağaç olarak literatürde yerini almış, bir Yöneylem Araştırması çalışma alanıdır.

Son olarak **en büyük akış**, maddelerin bir şebeke üzerinde bir **noktadan diğerine** eniyi (en büyük akışı sağlayacak) şekilde taşınması problemi ile ilgilenir. Su, petrol, gaz vb. maddelerin boru hatlarından taşınması, elektriğin taşınması, haberleşme sistemlerinde bilgi akışının sağlanması ya da kargo işletmelerinde mektupların alıcıya taşınması gibi problemler, bu kapsamda yer almaktadırlar.



Yöneylem Araştırması tekniklerinin kullanılabileceği lojistik faaliyetlerine örnek veriniz.