

T.C
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR ORMAN FIDANLIĞINDAKİ FAALİYETLERİN
PERT METODU İLE PLANLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Orman Ekonomisi Yüksek Lisans Programı

Hazırlayan
Neşat ERKAN
(Orman Mühendisi)

Danışman
Prof.Dr. İlhan GÜLEN

İSTANBUL-1988

İÇİND EYİLER

Sahife No.

ÖNSÖZ

1. GİRİŞ	1
2. YÖNEYİM ARAŞTIRMALARI VE MATEMATİK MODELİER	3
21. Yöneyim Araştırmaları ve Matematik Modellerin Ormancılık Problemlerinin Çözümünde Kullanılma İmkanları	3
22. Pert Metodunun Ormancılıkta Uygulanma Alanları	5
23. Pert Metodunun Fidanlıkta Uygulanması	6
3. YÖNTEM	8
31. Pert Metodunun Tarihçesi	8
311. Pert ve CPM Metodlarının Birbirinden Olan Farkı	10
312. Pert Metodunun Yararları ve Sakıncaları..	11
32. Pert Metodunun Temel İlkeleri	12
321. Faaliyetler ve Olaylar	12
322. Sıfır Süreli (Kukla) Faaliyetler	13
33. Pert Şebekesinin Kurulması	14
331. Şebekenin Kurulmasında Bazı Kurallar	14
332. Faaliyetler Arasındaki İlişkilerin de Dikkate Alınarak Şebekenin Kurulması	17
34. Zaman Sorunu	22
341. Faaliyetlerin Zamanlandırılması	22
3411. En iyimser zaman	23
3412. En kötümser zaman	23
3413. En olası zaman	23
3414. Beklenen zaman	24
342. Beta Dağılımı	24

35. Zaman Hesaplamaları	27
351. İleriye Doğru Zaman Hesaplaması	27
3511. En erken başlama tarihi	28
3512. En erken bitiş tarihi	28
352. Geriye Doğru Zaman Hesaplaması	29
3521. En geç başlama tarihi	29
3522. En geç bitiş tarihi	30
353. Kritik Geçit ve Tayini	31
354. Boş Zaman (Bolluk) ve Hesaplanması	35
355. Olasılık Kavramı	37
4. MATERİYAL VE ARAŞTIRMA	44
41. Materyal	44
42. Araştırma	45
421. Araştırmada İzlenen Yol	45
422. Faaliyetlerin Zamanlandırılması	51
423. Kritik Yolun Tayini	52
424. Boş Zaman Hesaplaması	52
425. Olasılık Hesabı	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
6. ÖZET	63
ÖZETÇE	64
RESUME	65
YARARLANILAN KAYNAKLAR	66
EK TABLO	69

ÖNSÖZ

Gelişen teknolojiyle birlikte, işletme verimliliği için oldukça önemli olan işletmecilik alanında da büyük gelişmeler olmaktadır. İşletmedeki kontrolü kolaylaştıran ve işletmeciye büyük faydalar sağlayan metodlar geliştirilmiştir. Bu metodlardan birisi de, özellikle zamanlama konusunda çok büyük faydalar sağlayan PERT Metodu'dur.

Bir orman işletmesi sahip olduğu kendine özgü bazı özelliklerle diğer işletmelerden farklılıklar göstermektedir. Fakat geliştirilen bu yeni metodlar orman işletmelerinde de kullanılabilir niteliktedir.

Bu düşünceden hareketle, PERT Metodu ele alınarak, bir orman fidanlığındaki uygulanabilirliği bir örnekle ortaya konmaya çalışıldı.

Böyle bir çalışma olanağını bana tanıyan sayın hocam Prof.Dr.İlhan GÜLEN'e şükranlarımı bir borç bilirim. Ayrıca zaman zaman yardımlarına başvurduğum değerli hocalarım Prof. Dr.Abdülkadir KALIPSIZ ve Doç.Dr.A.Uçkun GERAY ile çalışmam boyunca hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen Dr.Ahmet TÜRKER'e burada teşekkür etmek isterim. Yine çalışmamı gerçekleştirdiğim Çobançeşme Orman Fidanlığın'da yardımlarını gördüğüm fidanlık teknik personeli ve tezin daktilosunu yapan Ali AITUNKAYA'ya teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Bir işletmenin, amaçlarına ulaşmasında etkili olan en önemli faktörlerden birisi, doğru ve isabetli kararlarla yapılmış planlara sahip olmasıdır. İyi bir plana sahip olması ise işletmenin faaliyetlerini, bulunduğu yerin doğal şartlarını, ekonomik ve sosyal imkanlarını vs. iyi bir şekilde bilen ve tanıyan yetenekli bir plancının mevcudiyetine bağlıdır. Ancak iyi bir plancıya, hatta iyi bir plana sahip olmak başarı için yetmemekte, planların yönetim ve icrası da en az onlar kadar önemlidir. Eğer başarı için planların iyi bir şekilde hazırlanması yeterli olsaydı iyi bir plancı sayesinde işletmeler kısa sürede istenilen büyüklüğe ulaşabilirlerdi (KAPAKOYUNCU, 1972). Planda amaçlanan hedeflerle plan dönemi sonunda elde edilen başarı arasındaki farkın (yani başarısızlığın) en önemli nedenlerinden birisi de etkin bir "plan uygulama" mekanizmasının bulunmamasıdır.

Projelerin zamanında uygulanamaması, özellikle birbirine bağlı olan projelerde (örneğin, diğer projeler için girdi üretilen projelerde) büyük gecikmelere ve sonuçta da üretim kayıplarına neden olabilmektedir. Ayrıca projede meydana gelen gecikme ve aksaklıkların sebep olabileceği boş yere ve gereksiz harcama ve yatırımlar proje maliyetini iyice arttırmaktadır.

Bu nedenlerle plan ve projelerin mutlaka bir uygulama planı yapılmalıdır. Plan süresince yapılacak işleri açık ve seçik olarak göstermeyen bir plan, plan vasfını taşımaz (KALIPSIZ, 1970, S. 5). Sözü edilen bu uygulama planı sayesinde plan uygulama süresince meydana gelebilecek herhangi bir aksaklık kaynağından tespit edilip gerekli tedbirler zaman kaybetmeden ve işletmeye zarar vermeden bertaraf edilebilir. Bu da son zamanlarda bu amaçla geliştirilmiş çeşitli metodlarla mümkün olabilmektedir. Bu metodlardan birisi de PEPT metodudur.

Bu çalışmada, PEPT metodunun orman fidanlıklarında uygulama ele alınmış ve bunun için de İstanbul-Çobançeşme Orman Fidanlığı seçilmiştir. Çalışma PEPT-ZAMAN çerçevesinde yapıl-

miş, çok geniş ve başlıbaşına bir çalışma konusu teşkil eden PERT-MALİYET konusuna girilmemiştir. Ayrıca çalışmada, edilen tavsiyeler de dikkate alınarak ölçmelerin çok sağlıklı ve duyarlı olmasından ziyade metodun fidanlıklarda uygulanabilirliğini gösterme temel alınmıştır. Zira bir fidanlıkta belirli bir ağaç türü için yapılan uygulama planı (PERT şebekesi) aynı tür için diğer fidanlıklarda kullanılmamaktadır. Çünkü plan üzerinde etkili olan faktörler değişmektedir.

Çalışmada önce fidanlıktaki çeşitli faaliyetlerden örnek alınarak metod tanıtılmaya çalışılmış, daha sonra aynı fidanlıkta ağaçlandırma sahasına götürmek üzere 2-0 yaşında karaçam fidanı üretimi için PERT-ZAMAN uygulama planı yapılmıştır.

2. YÖNEYLEM ARAŞTIRMALARI VE MATEMATİK MODELLER

Bir sistemin kurulmasında ya da mevcut bir sistemin yeniden biçimlendirilmesinde saptanan işletme amaçlarına en uygun düzenlemeyi sağlayan; yine bir sistemin işleyişinde karşılaşılan problemlerin karşılaşılan problemlerin en uygun çözümlerini ortaya koymaya yarayan bilimsel yöntemler diye tanımlanabilir. yöneylem araştırmaları. İşte bu yöntemler yardımıyla karmaşık işletme problemleri, mevcut bilgi ve verilere dayanılarak matematiksel modellere çevrilmekte ve problemler belirlenen amaçlara uygun olarak çözülmektedir (SOYKAN 1979, S. 278).

Bir araştırmada, yöneylem araştırmalarının Dünyadaki kullanım alanları belirtilirken Pennsylvania State University de uygulanan yüksek lisans ve doktora programlarını örnek verilmiş ve yöneylem araştırmalarıyla ilgili çalışma alanları şu şekilde sıralanmıştır: Tarım ekonomisi, İş idaresi, İnşaat mühendisliği, Kompüter bilimleri, Ekonomi, eğitim yöneticiliği, elektrik mühendisliği, orman işletmeciliği, Jeo-kimya ve meteoroloji, coğrafya, sanayi mühendisliği, İnsan-çevre ilişkileri, matematik, maden ekonomisi, maden mühendisliği, petrol ve doğal gaz mühendisliği ve İstatistik (KARAYALÇIN, 1979, S. 57).

21. Yöneylem Araştırmaları ve Matematik Modellerin Ormancılık Problemlerinin Çözümünde Kullanılma İmkanları

Diğer ekonomik birimlerde olduğu gibi orman işletmelerinde de plan yapmak ve amaca en uygun düşen kararlar vermek önemli konulardır. Bu nedenle ormancılıkta plan yapma gereği çok öncelerden kabul edilmiş ve orman amenajman bilgisi geliştirilmiştir (GERAY, 1979, S. 267).

Yararlanma hakkına sahip olanların ormana ve orman ürünlerine yönelik ihtiyaçlarını sürekli şekilde karşılamak amacıyla orman tekniği işlemlerinin birbirleriyle bağlantılı olarak ve sürekli şekilde yürütülmesi (MİPAOĞIU, 1983, S.27)

şeklinde tanımlanabilecek orman işletmesinde, yukarıda sözü edilen plan yapma ve amaca en uygun kararları verme ile birlikte ortaya çıkabilecek problemleri çözmek için diğer ekonomik birimlerde olduğu gibi birtakım yöntemler kullanma ihtiyacı duyulmaktadır. Ancak bir tabiat varlığı olan orman ve bir ekonomik faaliyet olan ormancılık sektörüne ilişkin problemler genellikle komplike bir yapı gösterir. Bu nedenle ormancılıkla ilgili problemlerin çözümünde istatistik metodlar büyük önem taşır.

Orman işletmesine ait bir faaliyet kendisini etkileyen çok çeşitli biyotik, abiyotik ve iklimik faktörlerin etkisi altında bulunmaktadır. Bu da orman işletmesinin yöneticisinin veya planıcısının işinin ne kadar zor olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Gerçekten de plancı amacına ulaşmak için faaliyetlerini etkileyen bütün faktörleri hesaba katmak durumunda kalmaktadır. Oysa bütün bu sonsuz sayıda diyebileceğimiz faktörlerin hepsini dikkate alması mümkün değildir. Kaldı ki bu faktörlerden bazıları zamana göre değişim arz etmektedir.

Bu nedenle ormancılıkla ilgili problemleri bu özelliğine rağmen çözülebilir hale getirmek ve sayısal olarak ölçülebilir yönlerini ele alarak bir istatistikî toplum şeklinde tanımlayarak matematik-istatistik metodlardan yararlanarak çözmek mümkün olmaktadır.

Yöneylem araştırmalarının ormancılık ve orman ürünleri sanayi dallarında ilk uygulandığı alan kağıt odunu ve kontraplak sanayiine ilişkin problemler olmuştur (SOYKAN, 1979, S.278). Ayrıca ormancılık problemlerinin çözümünde, bilhassa dendrometri, Orman amenajmanı ve ormancılık işletme ekonomisi bilim dallarında çok eskidenberi (bugünkü modern anlamı ile olmasa bile) istatistik metodlar uygulanmış ve matematik metodlardan faydalanılmıştır (KALIPSIZ, 1973, S. 44). Bu faydalanma günümüze kadar yapılan çok sayıda yöneylem araştırması ve kurulan matematik modellerle de desteklenmiştir.

Bu araştırmalar ormancılık için de faydalı olmuş ve başlıca şu konularda uygulamaya geçilmiştir (KALIPSIZ, 1973, S. 47):

- Yetişme muhiti ve meşcere envanteri
- Tabii, ekonomik ve sosyal konulardaki bilgi toplama alışmaları
- Ağaç hacım tabloları ve meşcere hasılat tablolarının tanzimi
- Ormancılık teknik çalışmalarında yer seçimi, öncelik sırası, ağaç türü seçimi, ağaçlama ve bakım şekillerinin kararlaştırılması ve idare müddetinin tayini gibi problemlerin çözülmesi
- Orman amenajmanı planlarının düzenlenmesi ve yıllık kesim miktarının tayini
- Bir orman işletmesinin planlanması ve uygulama sonuçlarının kontrolü
- Orman veya orman endüstri işletmelerinde tedarik, istihsal, transport ve pazarlama problemlerinin zm
- Milli ormancılık politikasının tayini ve ormancılık sktrnn planlanması gibi konular olarak özetlenebilir.

Sıralanan bu faydalanma örneklerinin yanında, ormancılıkta faydalanılması mümkün olan ancak henüz daha faydalanılmaya geçilmemiş matematik metodlar da mevcuttur. Ancak, gerek uygulanmakta olan metodlar olsun, gerekse uygulanması mümkün olupta henüz uygulanmasına başlanmamış metodlar olsun, ormancılık problemlerinin genellikle biyolojik, tabii, sosyal ve ekonomik faktörlerin bir komplikesi oluşu bu metodların uygulanmasını güçleştirmektedir. Hatta bu yolla zlen problemlerin sonuçları genellikle matematik olarak elde edilememekte, sadece bir olasılık dahilinde değişebilen sonuçlara ulaşılabilmektedir.

22. Pert Metodunun Ormancılıkta Uygulanma Alanları

Pert'te yukarıda sözü edilen yöneylem araştırma metodlarından birisidir ve ormancılık faaliyetlerinde yararlanılabilir niteliktedir. Geniş sahada yapılan orman envanterinde

Pert Metodunun kullanılmasına ilişkin bir örnek veren SUN, bu metodun hemen bütün ormancılık faaliyetlerinde kullanılabileceğini belirtmektedir. (SUN, 1973, S. 44). ASAN ise Pert Metodundan Orman Amenajmanı planlarının yapımında kullanılmasında bir örnek de vererek faydalanılabileceğini ispatlamıştır (ASAN, 1981, S. 233). Yine 1977 yılında yayınladığı bir makale ile AKESSEN bu metodun ulusal park çalışmalarında uygulanmasını göstermektedir (AKESSEN, 1977, S. 154). KALIPSIZ da, ormancılık problemlerini gözetilen gayeye göre değişik çözümlerden (alternatiflerden) en elverişlisini (optimum çözümlü) seçmek ya da tesadüfi etkiler karşısında en büyük kazancı veya en az kaybı sağlayacak çözümü bulmak için çeşitli matematik metodlardan faydalanmak, bununla birlikte aynı hedefe yönelen çeşitli faaliyetleri planlamak üzere iş şebeke analizini (network analysis) kullanma ihtiyacı duyulduğunu ifade etmektedir (KALIPSIZ, 1973, S. 46).

Bütün bunlarla birlikte ormancılık faaliyetleri göz-önüne alındığında Pert Metodu aşağıdaki konularda kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

- Amenajman planlarının düzenlenmesinde
- Düzenlenen amenajman planı için, tüm plan periodunu içeren uygulama planlarının yapılmasında
- İşletmeler için yıllık üretim planları yapımında
- Ağaçlandırma projelerinin gerçekleştirilmesinde
- Orman köylerine verilen kredilere ilişkin proje kontrol ve denetiminde
- Çeşitli yol ve diğer transport tesis ve taşıtlarının proje uygulamalarında
- Hizmet binası, fabrika, atelye ve garaj gibi çeşitli inşaatların yapımında (ASAN, 1981, S. 223)
- Ulusal park çalışmalarının uygulanmasında
- Fidenlik çalışmalarında

23. Pert Metodunun Fidanlıklarda Uygulanması

Matematik modeller ve yöneylem araştırmalarının ve bu arada da Pert Metodunun ormancılıkta kullanılma imkanları

hakkındaki bu kısa bilgilerden sonra, asıl konuyu teşkil eden "Pert Metodunun fidanlıklarda uygulanması" konusuna değinilecektir.

Yine bir ormancılık faaliyeti olan fidan yetiştirme (fidanlık çalışmaları) konusu, daha önce bahsedilen ormancılık faaliyetlerinin komplike bir yapı göstermeleri bakımından onlardan pek bir ayrılık göstermez. Çünkü fidan yetiştirme işi de kısaca biyolojik, edofik ve klimatik olarak özetlenebilecek sonsuz sayıdaki faktörden etkilenmektedir. Bu bakımdan Pert Metodunun fidanlıklarda uygulanma konusu biraz güçleşmektedir.

Pert Metodunda en önemli konu olan zaman tespiti konusunda birtakım belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Bu belirsizliklerin en önemli kaynaklarından birisi iklimdir. Gerçekten, örneğin yağması muhtemel şiddetli ve uzun süreli bir yağmur işin niteliğine göre bir günde yapılabilecek işi bazan on güne kadar geciktirebilmektedir. Buna örnek olarak toprak işlemesini verebiliriz.

İşte sözü edilen bu belirsizliğin oluşu, metodun uygulanmasında olasılık kavramını devreye girmesini zorunlu hale sokmaktadır. Faaliyetlere ait zamanlar daha önceki tecrübelerden de faydalanarak belirli olasılık dahilinde tahmin edilmektedir.

Zaman tahminlerinde faaliyeti etkileyen ve etkisi büyük olan faktörler dikkate alınmaktadır. Bir fidanlıkta zaman tahminleri esnasında dikkate alınması gereken faktörlerden birkaçını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Kalite ve kantite bakımından işgücü imkanları
- Kullanılacak alet ve materyalin temin ve onarım imkanları
- Kullanılacak makina ve diğer ekipman imkanları
- Fidanlık sahasının denizden yüksekliği ve yağış rejimi
- Fidanlık sahasının drenaj durumu

- Teknik eleman imkanları
- Fidanlığın çevreyle olan ilişkisi ve yerleşim merkezine olan uzaklığı
- Fidanlık ve çevresinin topoğrafik yapısı
- Toprağın cinsi ve pH derecesi
- Fidanlığın bulunduğu yere ait iş mevsiminin uzun yada kısa oluşu
- Yetiştirilecek fidanın cinsi ve miktarı
- Fidanlıkta etkili zararlılar ve mücadele imkanları.

Kuşkusuz bu faktörlere daha birçok faktör eklenebilir. Ancak bu faktörlerin hepsinin dikkate alınması mümkün değildir. Sadece ilgili fidanlık bakımından önem taşıyan faktörler dikkate alınabilir.

Yukarıda sıralanan faktörlerden etkilenme derecesi her fidanlık için değişeceği için Pert Metodu ağaç türüne ve yetiştirilecek fidanın yaşına göre sadece ilgili fidanlık için uygulanır. Yani bu plan bir şablon gibi diğer fidanlıklarda da uygulanamaz. Hatta aynı fidanlıkta bile hazırlandığı dönem için uygulanabilir. Zira aynı fidanlıkta bile imkanlar ve etkili diğer faktörler zaman içerisinde değişim gösterecektir.

3. YÖNTEM

Fidanlıktaki faaliyetlere ait iş planını yapmak için bu konuda geliştirilmiş matematik modeller ve yöneylem araştırmalarından birisi olan Pert Metodu seçilmiştir. Bu amaçla önce Pert Metodu tanıtılacaktır. Metod tanıtılırken anlaşılmasının kolay olması için örnekler verilecektir.

31. Pert Metodunun Tarihçesi

Tarih içerisinde işletmelerin kuruluşunu takiben, işletme faaliyetlerinde zaman ve kaynak harcama sorunu ortaya çıkmıştır. Bu sorunu çözmek için insanoğlu planlama, programlama ve kontrol metodları aramaya başlamıştır. Bu konudaki ilk çalışma 19. yüzyılın başlarına rastlar.

PERT metodunun 1950 li yıllarda geliştirilişine kadar Geleneksel Metod niteliğinde birçok metod geliştirilmiştir. Bunlardan ilk olarak; DİREKT İŞGÜCÜ STANDARTLARI ve DİREKT İŞGÜCÜ MASRAFLARININ KONTROLÜ metodu geliştirilmiştir. 1920 lerde STANDART MASRAFLAR ve ESNEK (FLEXİBLE) BÜTÇE SİSTEMİ ile BAŞABAŞ NOKTASI (BREAK EVEN POINT) ANALİZLERİ geliştirilmiştir. Bu metodlar geliştirilirken diğer taraftan da Henry L. GANTT işletme faaliyetlerini çubuklar halinde gösteren GANT şemalarını ortaya çıkarmıştır (GÜLERMAN, 1970, S. 1).

II. Dünya harbinden sonra GANT şeması daha da geliştirilerek ÖNEMLİ OLAYLAR METODU ortaya çıkarılmıştır. (GÜLERMAN, 1970, S. 2). Fakat geliştirilen bütün bu metodlar PERT metodunun sağladığı faydaları sağlayamamaktaydı. Yatırım süresinin nasıl kısaltılabileceği, yatırım anında hangi faaliyetlerin mutlak sürelerinde bitirilmesi gerektiği ve yatırım süresini hangi faaliyetlerin daha fazla etkilediği gibi konulara açıklık getiremiyorlardı (GÜLERMAN, 1982, S. 5).

1958 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde bu konulara açıklık getirecek yeni bir metodun geliştirilmesine uğraşılıyordu. 1958 yılının başında "US-Navy Special Project Office" adlı bir büro açılarak planlama ve kontrol için yardımcı olabilecek çareler araştırılmaya başlanmıştı. Burada

yapılan çalışmalar kısa adı PERT olan "Program Evoluation Research Task" adı altında yayınlanmıştır. Aynı yılın Şubat ayında matematikten de yararlanılarak bir çok diyagramı şeması geliştirilmiştir. Çalışmalar iyice ilerletilerek aynı yılın Temmuz ayında "Program Evoluation and Review Tecnique", şimdiki kısa yazılışya PERT metodu diye adlandırılan metod ortaya çıkarılmıştır (ÇETMELİ, 1982, S. 5; YÜKSEL, 1973, S.16).

Bu metod aynı yılın Ekim ayında ilk olarak askeri alanda kullanılmaya başlamıştır. 1963 yılına kadar sadece askeri alanda kullanılmıştır (GÜLERMAN, 1970, S. 8). Bugün ise PERT, inşaatçılıkta, reklam bürolarında araştırma ve geliştirmede, pazarlamacılıkta ve bunlara benzer daha pekçok konuda kullanılmaktadır (LEVİN, KIRKPATRICK, 1968, S. 15).

Diğer taraftan 1956 yılında İngiltere'de Düpont ve Remington Rand şirketleri tarafından PERT metodundan bağımsız olarak "Critical Path Method" (CPM) olarak adlandırılan ve "Kritik Yörünge Metodu" diye dilimize çevrilebilen bir metod geliştirilmiştir. Bu metod da bir işi en iyi ve en ekonomik şekilde yapabilmek için gerekli ekip çalışmasını mantıksal bir faaliyet sırası halinde ve grafik olarak göstermektedir (ASAN, 1981, S. 228).

311. PERT ve CPM Metodlarının Birbirinden Olan Farkı

Pert ve CPM metodları birbirlerinden bağımsız olarak geliştirilmiş olmalarına rağmen, ortaya çıkış nedenleri ve sağladığı faydalar yaklaşık aynıdır. Aralarındaki en önemli fark: PERT metodunun daha ziyade olaylardan hareket ederek olasılık ve varyans (değişim aralığı) hesaplarına dayanan bir sistemden faydalanmasıdır. Bu sistemde belirli zamanlarda işin hangi faaliyetleri veya faaliyet kısımları tamamlanabilecektir, bunların olasılıklarını istatistiki dağılım eğrilerine dayanılarak açıklanmaktadır. Bu nedenle de PERT metodunda faaliyetler için zaman tahmini yapılırken, en iyimser, en kötümser ve en olası olmak üzere üç tip zaman tahmin edilmektedir. Bu konular daha sonra ele alınacaktır.

CPM metodunda ise faaliyetlerin süreleri ile ilgili hesaplar gereği ölçüde doğru ve sıhhatli bir biçimde yapılmaktadır (EREN, 1979, S. 245). PERT metodu bu özelliğinden dolayı daha ziyade faaliyetlerinin sürelerinde belirli oranda belirsizlik olan projeler için kullanılır.

312. PERT Metodunun Yarar ve Sakıncaları

PERT Metodunun uygulanmasıyla aşağıdaki faydalar elde edilmektedir:

- Projenin toplam süresinin ne kadar olacağının tespitinde yardımcı olur.
- Proje içerisindeki istenen herhangi bir faaliyetin ne zaman başlayıp ne zaman biteceğini bildirir ve böylece faaliyet için gerekecek malzeme ve işgücü için önceden hazırlanma olanağını sağlar (ASAN, 1981, S. 229).
- Projenin uygulama süresi boyunca faaliyetlerin kontrolünü mümkün kılar.
- Hangi faaliyetlerin projenin süresini direkt olarak etkilediğini ve bunların tamamlanma sürelerinde yapılacak değişikliklerin projenin toplam süresindeki etki derecelerini gösterir.
- Proje süresinin sabit tutulması durumunda hangi faaliyetlerde ve hangi miktarlarda gecikme yapılabileceğinin tespitini mümkün kılar.
- Projedeki çeşitli faaliyetlerin birbirine olan etkileri bilinir. Böylece yapılan bir hatanın nereden kaynaklandığı kolayca tespit edilebilir.
- Herhangi bir faaliyet için gerekli işgücü bilindiği için, mevcut sınırlı kaynakların optimal bir şekilde kullanımını mümkün kılar.

PERT Metodunun yukarıda sayılan yararları yanında, özellikle faaliyet sayısının çok fazla (100 den fazla) olduğu projelerde bazı sakıncalar da taşımaktadır. Bunları da şu şekilde sıralayabiliriz (ASAN, 1981, S. 229).

- Her faaliyet için ayrı ayrı ve gerçeğe uygun zaman

tahmini zor ve zaman alıcıdır.

- Eksiksiz bir şekilde tüm faaliyetleri dikkate alarak PERT diyagramı oluşturmak yine zaman alıcıdır.

- Sonuçları değerlendirmek kolay değildir.

32. Pert Metodunun Temel İlkeleri

321. Faaliyetler ve Olaylar

Faaliyetler ve olaylar PERT metodunda çok önemli kavramlardır. Metodun temelini oluşturan ve oklar diyagramı şeklinde gösterilen şebeke, faaliyet ve olayların ilişkiye getirilmesiyle oluşturulmaktadır.

Olaylar, bir programda belirtilmiş zamanlarda erişilecek belirli aşamaları gösterir. Olaylar işletmenin kaynaklarını harcamadığı gibi tamamlanması için herhangi bir zaman da gerektirmektedir.

Faaliyetler ise bir programın çalışma güçleridir. Hizmetlerin, hammadde ve malzemenin, alet ve makinelerin belirli bir zaman süresi içerisinde amaçlara ulaşılmasına uygun olarak kullanılmasını gösterir (GÜLERMAN, 1970, S.21). Yani faaliyetler mutlaka bir zaman ve/veya kaynak kullanımını gerektirir.*

Faaliyetler bir olayla başlar ve yine bir olayla sona erer. Şebeke içerisinde gösterilirken olaylar yuvarlak çizilen dairelerle, faaliyetler ise oklarla gösterilir. Bununla ilgili bir örnek Şekil-1 de gösterilmiştir. Olayları gösteren daireler içerisine olay numarasını belirtmek için i ve j



Şekil-1

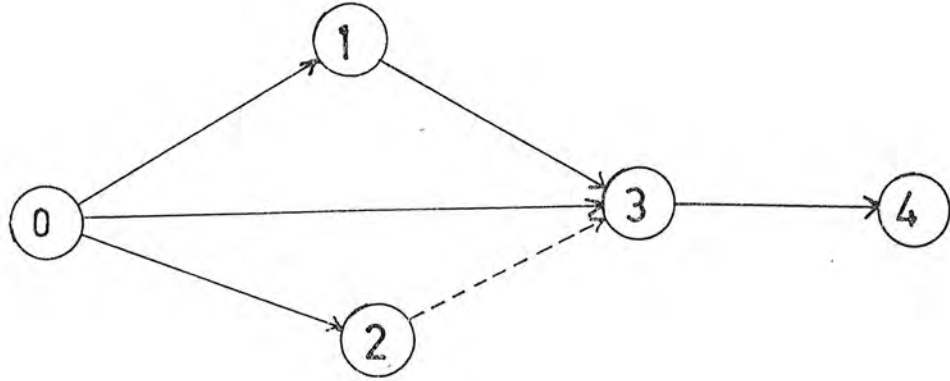
* Bunun bir istisnası "Kukla Faaliyetler" dir. Bu daha sonra açıklanacaktır.

gibi rakamlar yazılır ve "i. veya j. olay" şeklinde ifade edilir. Olayları gösteren bu dairelere "düğüm noktası" da denilir. Faaleylet ise i. ve j. olaylar arasında ok işareti ile gösterilmiştir ve "i-j faaleyleti" şeklinde ifade edilir. Bu durumu bir örnekle açıklayalım.

Bir fidanlıkta ekim veya dikimden önceki faaleyletlerden birisi olan "toprağın sürülmesi"ni ele alalım. Burada i. olay, "toprağın sürülmesine başlandı" olayı, j. olay ise "toprağın sürülmesi bitirildi" olayıdır. i-j faaleyleti de toprağın sürülmesi faaleyletidir. Fakat burada dikkat edilmesi gereken bir nokta; birbirini takip eden iki faaleyletten birincisinin bitiş olayı ikincisinin başlangıç olayı oluşudur. Bu örneğimizde "toprağın sürülmesi" faaleyletinin hemen arkasından "toprağın sulanması" faaleyleti geliyorsa, buradaki toprağın sürümünü bitiren j. olay aynı zamanda toprağın sulanması faaleyletini başlatan olay durumundadır.

322. Sıfır Süreli (Kukla) Faaleyletler

PERT şebekesinde olaylar ve faaleyletler zaman itibariyle mantıki bir sıra dahilinde düzenlenir (Bu daha sonra ayrıntılarıyla açıklanacaktır). Bu düzenleme esnasında bazı durumlarda hiç süre ve kaynak kullanımını gerektirmeyen ancak şebekedeki mantıki silsilenin devamını sağlayan faaleyletlere ihtiyaç duyulur. İşte bu faaleyletlere sıfır süreli faaleylet veya kukla faaleylet adı verilir. Bu faaleyletlerin, şebeke içerisinde diğer faaleyletlerden farkedilmesi amacıyla kırık çizgilerden oluşan oklar şeklinde gösterilir. Bu durum Şekil-2 de görülmektedir. Şekilde, 0-3 ve 0-2 faaleyletleri aynı anda yapılabilmektedir. Fakat 3-4 faaleyletinin başlayabilmesi için 1-3, 0-3 ve 0-2 faaleyletlerinin tamamlanmış olması gerekmektedir. İşte 2-3 kukla faaleyleti, 3-4 faaleyletinin başlayabilmesi için 0-2 faaleyletinin tamamlanmış olması gerektiğini göstermesi bakımından önem



Şekil-2

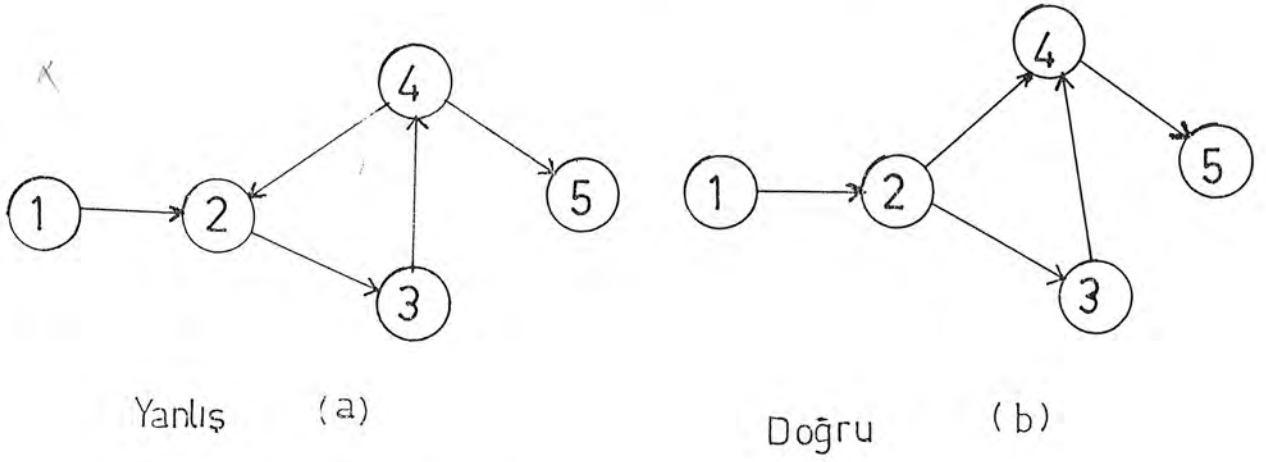
taşımaktadır. Kaldı ki 2-3 kukla faaliyeti olması 0-2 faaliyeti bir yere bağlanamayarak açık kalacak, bu da şebekenin kuruluş kurallarına ters düşecektir.

33. PERT Şebekesinin Kurulması

331. Şebekenin Kuruluşundaki Bazı Kurallar

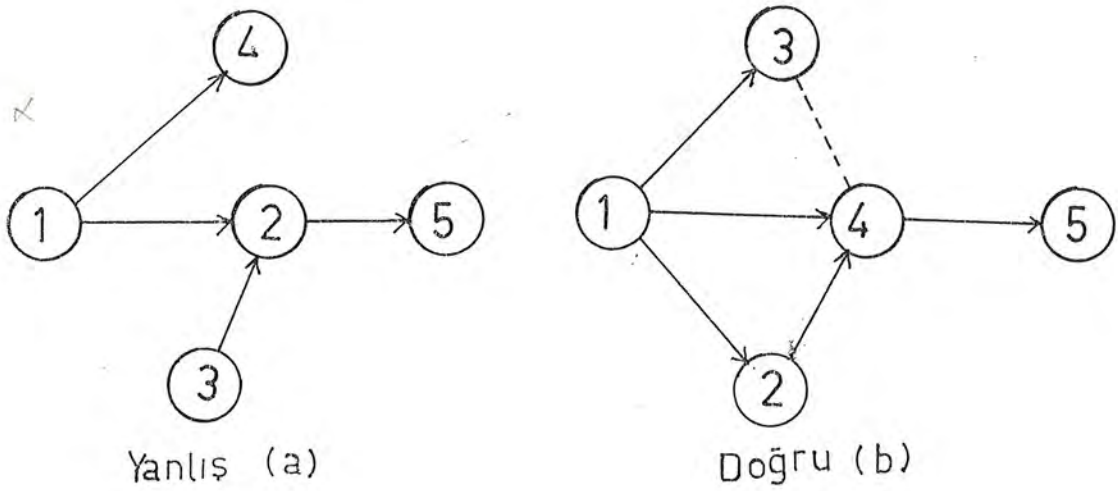
a- Faaliyetleri gösteren ok işaretleri hiçbir zaman eğri çizgi halinde gösterilemezler. Bunlar sadece doğru parçasından oluşan oklar şeklinde gösterilebilirler. Ayrıca bu okların uzunluğu da hiçbir anlam taşımaz (ÇETMELİ, 1982, S. 11). Ok uzunluğu şebekedeki duruma göre uzun veya kısa olabilir.

b- Bir faaliyet kendinden evvel biten faaliyetlerin başlangıç noktasına bağlanamaz. Şekil-3 de bununla ilgili bir örnek verilmiştir. Şekil-3a da 4-2 faaliyeti kendisinden önce biten 2-3 faaliyetine bağlandığı için yanlışlık vardır.



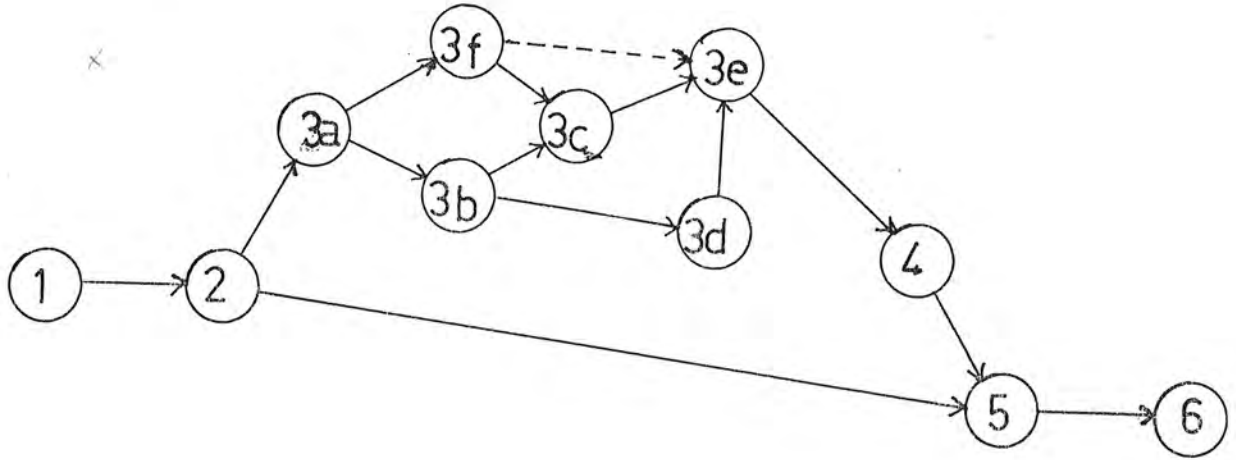
Şekil-3

c- Bütün düğüm noktaları projeyi başlatan ve bitiren düğüm noktalarına bağlamalıdır. Şekil-4 te buna bir örnek verilmiştir.



Şekil-4

d- Şebeke içerisindeki ana faaliyetler detaylarına ayrıldığı zaman bu faaliyetler başlangıç ve bitiş olayları itibariyle bir bütünlük teşkil etmelidirler. Bu durum Şekil-5 te görülmektedir.



Şekil-5

Şekil-5 te 3-4 ana faaliyeti detaylarına ayrılmıştır. Ancak görüldüğü gibi bu faaliyet başlangıç ve bitiş itibariyle bütünlüğünü kaybetmemiş ve kuralına uygun bir şekilde düzenlenmiştir.

e- Projenin başlangıcından bitimine doğru düğüm noktaları artan sayılarla numaralandırılmalıdır. Bu bir zorunluluk değildir. Ancak numarasına bakıp bir düğüm noktasının, projenin başına mı yoksa sonuna mı yakın olduğu veya projenin neresinde bulunduğunu tahmin bakımından yararlıdır.

f- Bir düğüm noktası birden fazla faaliyet için başlangıç noktası teşkil edebileceği gibi yine birden çok faaliyet için bitiş noktası veyahutta her ikisi birden olabilir. Bu durum şekil-4 te görülebilir.

g- Bir faaliyeti gösterirken i-j şeklinde bir numara çifti kullandığımızı daha önce belirtmiştik. İ-J şeklindeki bu numara çifti sadece bir faaliyeti gösterir. Örneğin, Şekil-5 te 1-2; 2-5; 3a-3b ve 5-6 rakam çiftleri sadece birer faaliyeti temsil ettikleri için doğrudur. Fakat örneğin 2-6; 4-6 ve 1-3a gibi numara çiftleri birden fazla faaliyet içerdikleri için yanlıştır ve böyle bir gösterim sözkonusu olamaz.

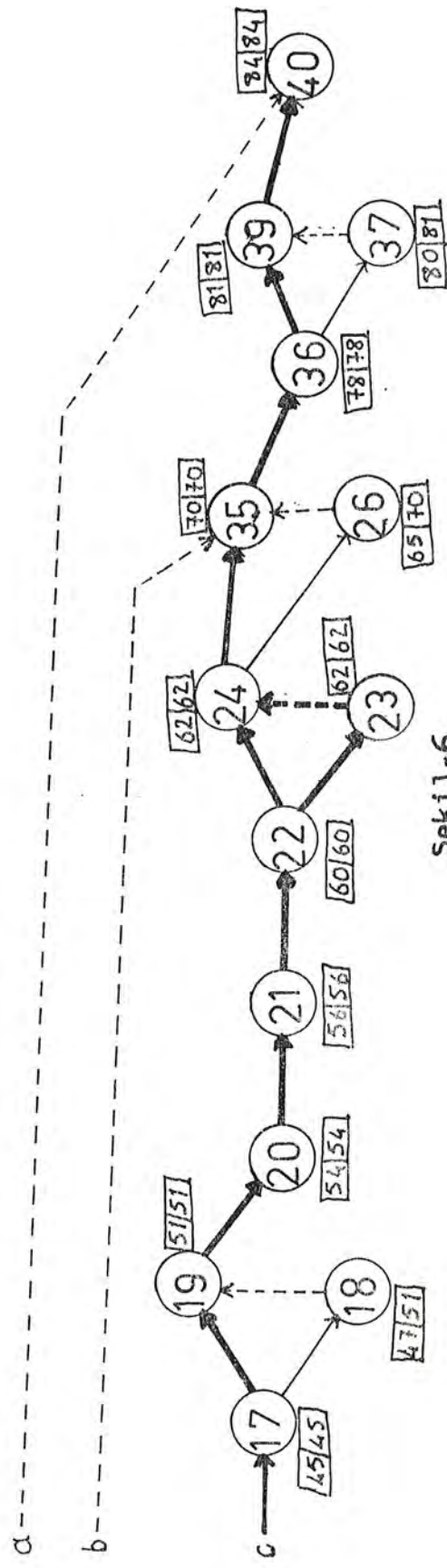
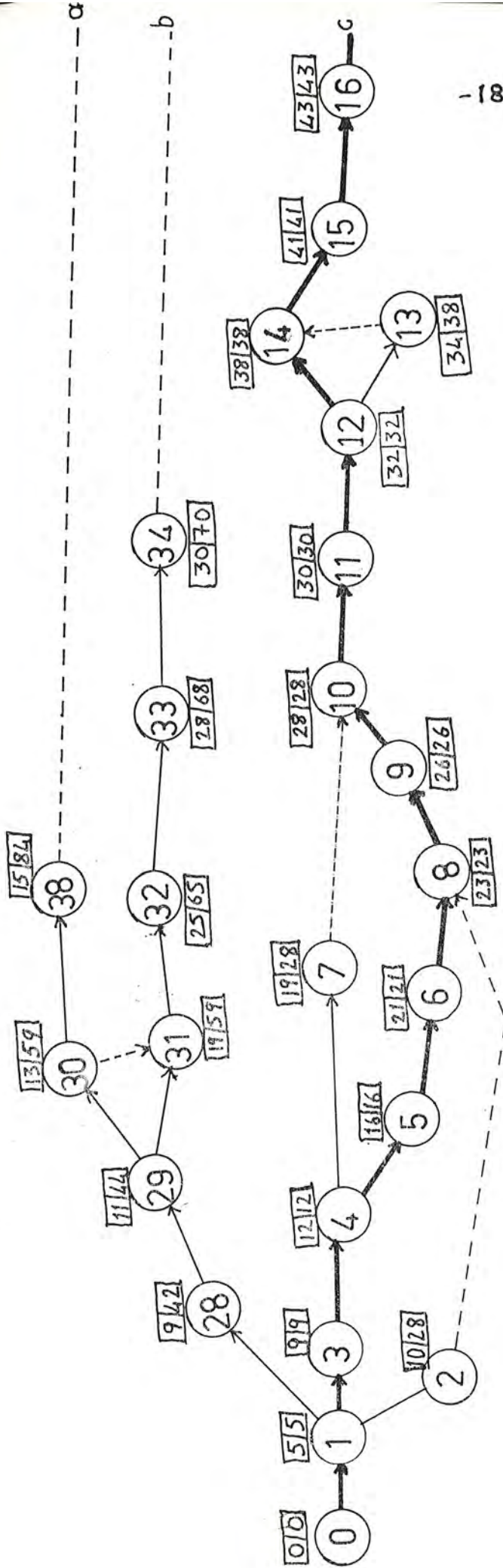
332. Faaliyetler Arasındaki İlişkilerin de Dikkate Alınarak Şebekenin Kurulması

PERT şebekesi oluşturulurken, önce projede öngörülen amaçlar, daha sonra da bu amaçlara ulaşabilmek için gerekli olan olaylar ve faaliyetler tespit edilir. Tespit edilen bu olay ve faaliyetler arasındaki, mantıki ve planlama gereği olması gereken ilişkiler yardımıyla bir şema oluşturulur. Burada olay ve faaliyetler gerçekleşme zamanına göre tarihi bir sıraya konulur.

Önceden planlanmış bir çalışma veya projeye ait PERT şebekesinin hazırlanabilmesi için önce şu işlemlerin yapılması gerekmektedir (GÜLERMAN, 1970, S. 15).

- a- İşlerin bağımsız parçalara bölünmesi
- b- Hangi faaliyetlerin birbirini izlediklerinin tespiti
- c- Faaliyetlerin, kronolojik bir tarzda, aralarındaki bağıntı ve ilişkiler de gözönünde bulundurularak şemalandırılması.

Pert şebekesinin kurulmasına ait bütün kurallar dikkate alınarak hazırlanmış örnek bir şebeke Şekil-6 da görülmektedir.



Şekil 11-6

Faaliyet	Numarası	En İyimsiz	Zaman (t_a)	En Olası	Zaman (t_m)	En Kötümser	Zaman (t_p)	Beklenen	Zaman (t_e)	En Erken Baş-	En Erken Bitiş	Tarihli (EF)	En Geç Başla-	ma Tarihli (LS)	En Geç Bitiş	Tarihli (LF)	Toplam Boşluk (TB)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)	Kümülatif Varyans ($\sum S^2$)
0-1	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0.66	0.43	0.43
1-2	2	2	10	5	5	5	5	5	5	5	28	10	23	23	28	28	5	0.83	0.69	-
1-3	2	2	6	4	4	6	4	4	4	5	9	9	5	5	9	9	0	0.66	0.43	0.86
3-4	1	1	5	3	3	5	3	3	3	9	12	12	9	9	12	12	0	0.66	0.43	1.29
4-5	3	3	6	4	4	6	4	4	4	12	16	16	12	12	16	16	0	0.50	0.25	1.54
5-6	3	3	7	5	5	7	5	5	5	16	21	21	16	16	21	21	0	0.66	0.43	1.79
6-8	1	1	3	2	2	3	2	2	2	21	23	23	21	21	23	23	0	0.33	0.11	2.08
2-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	23	23	23	23	-	-	-	-
4-7	1	1	3	2	2	3	2	2	2	12	19	19	23	23	28	28	9	0.33	0.11	-
7-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	19	19	28	28	28	28	9	-	-	-
8-9	1	1	6	3	3	6	3	3	3	23	26	26	23	23	26	26	0	0.83	0.69	2.78
9-10	1	1	5	2	2	5	2	2	2	26	28	28	26	26	28	28	0	0.66	0.43	3.21
10-11	1	1	4	2	2	4	2	2	2	28	30	30	28	28	30	30	0	0.50	0.25	3.46
11-12	1	1	3	2	2	3	2	2	2	30	32	32	30	30	32	32	0	0.33	0.11	3.57
12-13	1	1	3	2	2	3	2	2	2	32	34	34	36	36	38	38	4	0.33	0.11	-
13-14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	34	34	38	38	38	38	4	-	-	-
12-14	3	3	10	5	6	10	6	6	6	32	38	38	32	32	38	38	0	1.16	1.34	4.91
14-15	1	1	6	2	3	6	3	3	3	38	41	41	38	38	41	41	0	0.83	0.69	5.60

Ta blo-1

Fa.No.	t _a	t _m	t _b	t _e	ES	EF	LS	LF	TB	S	s ²	Σs ²
15-16	1	2	4	2	41	43	41	43	0	0.50	0.25	5.85
16-17	1	2	3	2	43	45	43	45	0	0.33	0.11	5.96
17-18	1	2	3	2	45	47	49	51	4	0.33	0.11	-
17-19	3	5	10	6	45	51	55	51	0	1.16	0.34	7.30
18-19	-	-	-	-	47	47	51	51	4	-	-	-
19-20	1	2	6	3	51	54	51	54	0	0.83	0.69	7.99
20-21	1	2	4	2	54	56	54	56	0	0.50	0.25	8.24
21-22	2	3	7	4	56	60	56	60	0	0.83	0.69	8.93
22-23	1	2	4	2	60	62	60	62	0	0.50	0.25	9.18
22-24	1	2	5	2	60	62	60	62	0	0.50	0.25	9.18
23-24	-	-	-	-	62	62	62	62	0	-	-	9.18
24-26	1	3	5	3	62	65	67	70	5	-	-	-
26-35	-	-	-	-	65	65	70	70	5	-	-	-
24-35	7	8	10	8	62	70	62	70	0	0.50	0.25	9.44
1-28	3	4	6	4	5	9	38	42	33	0.50	0.25	-
28-29	1	2	3	2	9	11	42	44	33	0.33	0.11	-
29-30	1	2	3	2	11	13	57	59	46	0.33	0.11	-
30-38	1	2	3	2	13	15	82	84	69	0.33	0.11	-
29-31	5	7	15	8	11	19	51	59	40	1.66	2.77	-
30-31	-	-	-	-	13	13	59	59	46	-	-	-
31-32	4	6	8	6	19	25	59	65	40	0.66	0.43	-

Tablo-1

Pa.No.	t _a	t _m	t _b	t _e	ES	EF	LS	LF	TB	s	s ²	Σs ²
32-33	1	3	5	3	25	28	65	68	40	0.66	0.43	-
33-34	1	2	3	2	28	30	68	70	40	0.33	0.11	-
34-35	-	-	-	-	30	30	70	70	40	-	-	-
35-36	3	7	15	8	70	78	70	78	0	2.00	4.00	13.44
36-37	1	2	5	2	78	80	79	81	1	0.66	0.43	13.87
37-39	-	-	-	-	80	80	81	81	1	-	-	-
39-40	1	3	4	3	81	84	81	84	0	0.50	0.25	14.12
38-40	-	-	-	-	15	15	81	81	69	-	-	-

Tablo-1

34. Zaman Sorunu

Zaman sorunu PERT metodunda en önemli konulardan birisidir. Bu metodda zaman, projenin herhangi bir anda, ana programa göre ne kadar ilerde ya da geride bulunduğunun ve her aşamadaki iş miktarının temel ölçüsüdür (IEVIN, KIRKPATRICK, 1968, S. 29).

PERT'te zaman dışında maliyet gibi diğer faktörler de dikkate alınmakla birlikte burada sadece zaman sorunu üzerinde durulacaktır.

PERT metodunda zaman birimi olarak gün veya hafta olarak kullanılabilir. Gün olarak kullanıldığında haftada bir gün (Pazar günü) tatil olduğu için toplam zaman hesaplanırken faaliyetlerin zamanlarına kendilerinin $\frac{1}{6}$ sı eklenmelidir. Bu çalışmada da zaman gün cinsinden hesaplanmıştır. Hafta cinsinden zaman hesaplanmasında ise önce faaliyetlerin gerçekleşme süresi gün olarak hesaplanır, daha sonrada aşağıdaki formül yardımıyla haftaya çevrilir.

$$\text{Hafta Cinsinden Zaman} = \frac{\text{Faaliyetin gerçekleşme süresi (gün)}}{\text{Bir haftadaki iş günü sayısı}}$$

Bu formüle göre elde edilecek sayının virgülden sonra bir rakamı alınır, ikincisi ise yuvarlanır. Örneğin: 5,13=5,1 ; 5,77=5,8 gibi

34.1. Faaliyetlerin zamanlandırılması

PERT metodunda faaliyetlerin zamanlandırılması metodun kendisine özgü geliştirilmiş bir sistemle yapılır. Metodun uygulandığı projelerde faaliyetler için gerekli zaman süresi genelde tek bir rakam olarak belirtilemez. Çünkü faaliyetlerin gerçekleşme süreleri üzerinde etkili olan pekçok etken (faktör) vardır. Bu faktörlerin de herbirinin etkileri tam olarak bilinmemektedir. Örneğin; fidanlıkta ekim veya dikim yapılacak sahanın sürülmesini ele alalım. Bu faaliyetin gerçekleşme süresi üzerinde hava durumunun etkisini düşünelim. Bir hafta boyunca devam edebilecek bir yağmur en-

geli iki günde yapılabilecek sürümü bir hafta, hatta daha fazla zamana uzatabilecektir.

İşte bu durum PERT metodunda "beta dağılımı" denen özel bir dağılımın kullanımını zorunlu kılmıştır. Burada beta dağılımının seçilmesine dağılımın aşağıda belirtilen ve ihtiyaç duyulan dört özelliği neden olmuştur.

- En iyimser (en kısa) zamanın gerçekleşme olasılığının çok düşük olması

- En kötümser (en uzun) zamanın gerçekleşme olasılığının da yine çok düşük olması

- Dağılımın "en olası zaman" olarak tek bir değerinin olması ve bu değer de yukarıda belirtilen iki uç değer arasında rahatça oynayabilmesi

- Zaman hesaplarken yapılacak kestirideki (tahmindeki) belirsizliğin ne kadar olduğunun tam olarak ölçülebilmesi (LEVİN, KIRKPATRIC, 1968, S. 41).

Beta dağılımına geçmeden önce yukarıda sözü edilen zaman kavramlarını görelim.

3411. En iyimser zaman (t_a): Faaliyeti etkileyen iç ve dış faktörlerden hepsinin olumu şekilde gelişeceği varsayımıyla bu faaliyet için tahmin edilecek süredir. Bu tahminde en iyimser zaman için % 1 lik bir ihtimal verilmektedir.

3412. En kötümser zaman (t_b): Bütün olumsuz iç ve dış faktörlerin etkisi altında faaliyetin tamamlanabileceği en uzun süredir. Burada da en kötümser zaman için % 1 lik ihtimal dikkate alınmaktadır. Bu % 1 lik ihtimal, gerçekleşme ihtimali % 1 ve daha az olan örneğin yangın, sel ve diğer tabii afet gibi olağanüstü durumlar için verilmektedir.

3413. En olası zaman (t_m): Bütün şartların normal bir şekilde gelişeceği varsayımıyla faaliyetlerin gerçekleşmesi için gerekli olan zamandır. Başka bir anlatımla; aynı faaliyetin birçok defa yapılması durumunda en çok

rastlanan gerçekleşme süresidir. Yani aynı faaliyet için çok sayıda deneme yapıldığında elde edilen dağılımın tepe değeri en olası zamanı gösterir.

3414. Beklenen zaman (t_e): Beklenen zaman, yukarda açıklanmaya çalışılan diğer üç zamanın (t_a , t_b ve t_m) ağırlıklı ortalamasının alınmasıyla elde edilen ve faaliyet için geçmesi beklenen zamandır. Bu zaman şu formüle göre hesaplanır:

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6}$$

Burada görüldüğü gibi istatistik kurallarından da faydalanılarak en olası zamanın ağırlığı diğer zamanlarından daha fazla alınmıştır.

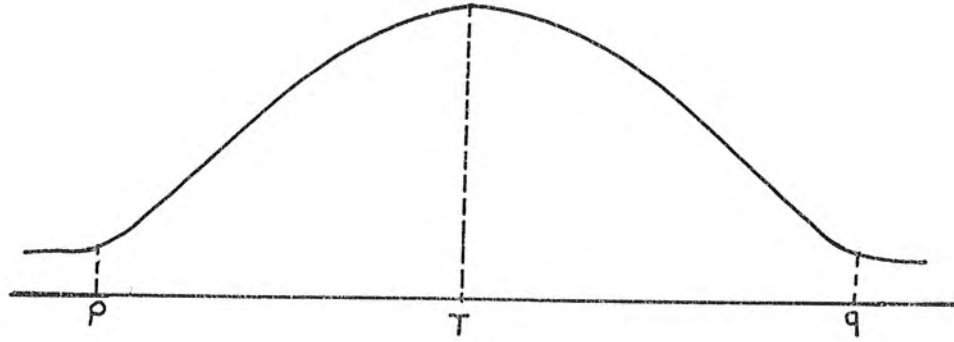
342. Beta Dağılımı

Beta dağılımını daha iyi anlayabilmek için önce biraz normal dağılımdan bahsedelim.

Normal dağılım, ölçülmek istenen toplumdaki alanan deneme objeleri üzerinde yapılan ölçmeler bir grafik üzerine işaretlendiğinde bir çan eğrisi şeklinde ortaya çıkan dağılımdır. Bu dağılımda bir tepe değeri ve bu tepe değerinden inilen düşey doğruyu eksen kabul eden bir simetri söz konusudur. Başka bir deyişle, tepe değerinden sağa ve sola doğru eşit uzaklıktaki olasılıklar birbirine eşittir.

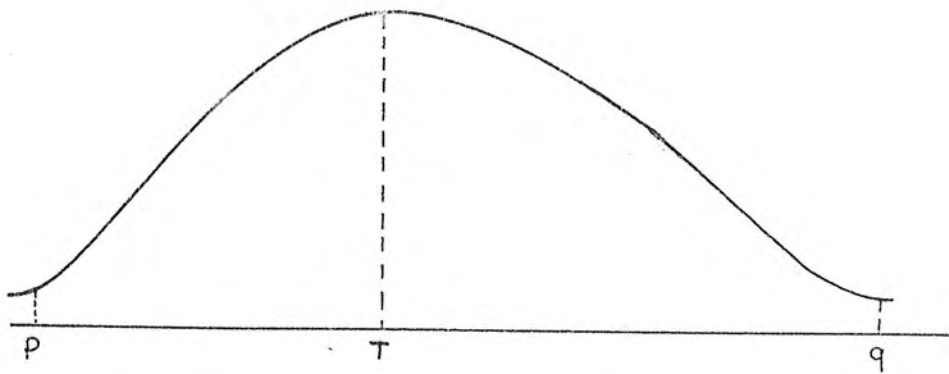
Şekil-7 de bir normal dağılım görülmektedir. Burada p ve q, tepe (T) değerinden eşit uzaklıkta bulunan ve dolağıyla aynı olasılığa sahip olan iki noktadır. Bunun diğer bir anlamı; T noktasının sağında ve solunda kalan eğrinin altındaki alanlar birbirine eşittir. Normal dağılım eğrisi simetrisini kaybetmemek şartıyla daha dik (tepe değeri büyük) veya daha yayvan (tepe değeri küçük) olabilir.

Ancak bütün dağılımlar Şekil-7 deki gibi bir değişim göstermezler. İşte beta dağılımında da bu simetri her



Şekil-7. Normal dağılım

zaman mümkün olmamaktadır. Dağılım eğrisi sağa veya sola doğru bir çarpıklık gösterebilmektedir. Şekil-8 de sola doğru çarpık bir beta dağılımı görülmektedir.

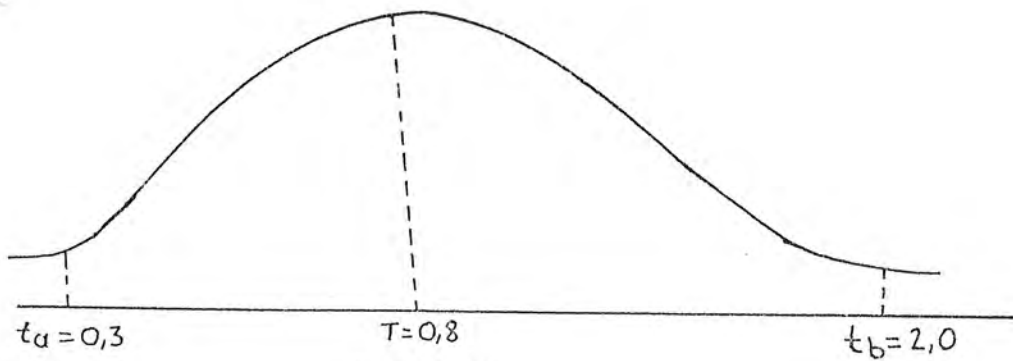


Şekil-8 Sola çarpık bir beta dağılımı

Şekil-8 den de görüldüğü gibi dağılım eğrisi simetrik değildir. Burada P ve q noktaları % 1 lik olasılığa sa-

hip noktalar dır. PT ve Tq mesafeleri birbirine eşit değildir. Dolayısıyla T noktasının sağında ve solundaki eğrinin altında kalan alanlar da farklı büyüklüktedir. Yukarda da bahsedildiği gibi, beta dağılımında sadece sola  arpıklık durumu değil, simetrik ve sağa çarpık olma durumları da görülebilmektedir.

Beta dağılımını bir örnek üzerinde inceleyelim: Fidanlıkta bir ekim alanının sürülmesi işini düşünelim. Bu alan bütün şartların elverişli olduğu varsayımıyla $t_a = 0,3$ haftada sürülecektir. şartların optimal olacağı varsayıldığı için bu sahanın $0,3$ haftadan daha kısa sürede sürülmesi ihtimali ancak $\% 1$ olarak dikkate alınmıştır. Sürüm işini etkileyen bütün olumsuz i  ve dış faktörler dikkate alındığında sürüm $t_b = 2,0$ haftada gerçekleşeceği tahmin edilmiştir. Yine burada da olağanüstü durumların ortaya çıkmasıyla sürüm işinin $2,0$ haftadan fazla sürme olasılığı $\% 1$ dir. Bu sürüm işinin çok sayıda tekrarlanması durumunda en çok rastlanabilecek süre ise $0,8$ hafta olarak tahmin edilmektedir. Bununla ilgili dağılım şekil-9 da gösterilmiştir. şekilden de görüldüğü gibi eğri sola çarpık bir durum göstermektedir. Gerçekten de sürümün $2,0$ haftaya uzamasına neden olabilecek örneğin, bir hafta boyu devam eden yağışları düşünelim. Bu durum sürme



şekil-9

işinin $2,0$ haftaya uzamasına neden olacaktır. Ancak sürme

işinin çok sayıda (örneğin 25-30 defa) yapıldığını düşünürsek bu yağışlarla belki ancak 3-4 defa (veya daha az) karşılaşabiliriz. En çok karşılaşılabilecek durum ise işlerin normal gitmesi ve sürümün 0,8 haftada bitirilmesi durumu olacaktır.

PERT şebekesinde ise daha önce de belirtildiği gibi beklenen zaman (t_e) hesaplanmakta ve bu değer kullanılmaktadır. Bu örneğimize göre beklenen zaman;

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6} = \frac{0,3 + 4 \cdot 0,8 + 2,0}{6} = \frac{5,5}{6} = 0,9 \text{ hafta}$$

olarak hesaplanır. Bu örneğimizde beklenen değer (t_e), tepe değerinin (T) sağına düştü. Fakat sağa çarpık bir dağılımda da soluna düşecektir.

Beta dağılımında beklenen değer şu özelliği vardır: Beklenen değerden eğriye çıkılan bir dikme, eğri altındaki alanı iki eşit parçaya böler. Bu da şu şekilde yorumlanabilir: Faaliyet süresinin beklenen değerden daha uzun olma olasılığı % 50 dir. ve beklenen değerden daha kısa olma olasılığına eşittir.

Buraya kadar anlatılanlardan da kolayca çıkarılabileceği gibi, normal dağılımda beklenen değer en olası zaman değeriyle çakışır.

35. Zaman Hesaplamaları

PERT şebeke analizinde zaman hesaplamaları, bir ileriye doğru birde geriye doğru olmak üzere iki şekilde yapılır.

351. İleriye Doğru Zaman Hesaplaması

Bu zaman hesaplaması, projenin başından başlanarak oklar yönünde ilerlenmek suretiyle yapılan hesaplamadır. Burada iki şekilde yapılmaktadır. Şimdi bunları sırasıyla açıklayalım.

3511. En erken başlama tarihi (ES): En erken başlama tarihi proje içerisindeki herhangi bir faaliyetin başlayabileceği en erken tarihi gösterir. Bu tarih proje başlangıcını sıfır kabul eden bir takvime göre hesaplanır. Şebeke içindeki bir faaliyetin başlayabilmesi için bu faaliyetten önce gelen bütün faaliyetlerin gerçekleşmiş olması gerekir. Bu nedenle bir faaliyetin en erken başlama tarihi hesaplanırken kendisinden öncekilerin en erken tamamlanma tarihleri dikkate alınır.* Bu ise, işe projenin başından başlanmasını zorunlu kılar.

Projeyi başlatan faaliyetin en erken başlama tarihi sıfırdır. Çünkü bu faaliyetten önce hiçbir faaliyet yoktur. Örneğin şekil-6'daki şebekede 0-1 faaliyetinin ES si sıfırdır. 1-2 faaliyetinin ES si ise 5 dir. Yine 4-7 faaliyetinin ES si 12 dir. Fakat bazı durumlarda ES si hesaplanacak faaliyet başlatan düğüm noktası (olay) birden fazla faaliyet için bitiş noktası durumundaysa, başka bir deyimle sözkonusu faaliyet için birden fazla ES değeri hesaplanabiliyorsa bu durumda nasıl hareket edilecektir? Gerçektende örneğin 8, 10, 14 ve 35 gibi düğüm noktalarına birden fazla ok gelmektedir. İşte bu gibi hallerde düğüm noktasına gelinceye kadar yine aynı durumun sözkonusu olması halinde yine herbir ok için (herbir yol için) aynı ayrı ES ler hesaplanır ve bunlardan en büyüğü dikkate alınır. Yani bu düğüm noktasına kadar mevcut geçitlerden kritik olanı ele alınarak ES hesaplanır. Örneğin 35-36 faaliyeti ES değeri en büyüğü olan 70 gündür. Şekil-6'daki şebekeye ilişkin bütün faaliyetler için ES değerleri tablo-1 de verilmiştir.

3512. En erken bitiş tarihi (EF): Şebekedeki herhangi bir faaliyet için en erken bitiş tarihi, o faaliyetin tamamlanması için gerekli olan en kısa zamandır. Bu EF değeri, sözkonusu faaliyetin en erken başlama tarihine(ES) aynı fa

* Yani ES si hesaplanacak faaliyetten önce gelen faaliyetlerin beklenen değerleri (te) birbirine eklenir.

liyetin beklenen değeri (t_e) eklenmesiyle elde edilir.

$$EF_j = ES_j + t_{ej}$$

Projeyi başlatan olayın en erken bitiş tarihi bu faaliyetin beklenen zamanına eşittir. Çünkü bu faaliyetin ES değeri sifıra eşittir. Şekil-6 daki şebeke üzerinde örnek verecek olursak EF değeri 32-33 faaliyeti için 28, 36-37 faaliyeti için ise 80 gündür. Diğer faaliyetlerin EF değerleri tablo-1 den bakılabilir.

352. Geriye Doğru Zaman Hesaplanması

Geriye doğru zaman hesaplanmasında projenin sonundan başlanarak başına doğru ilerlenir. Bu hesaplamada da projenin bitiş tarihinden yararlanılır. Geriye doğru zaman hesaplaması da iki şekilde yapılır.

3521. En geç başlama tarihi (LS): Projeyi bitiren faaliyetin en erken bitiş tarihi aynı zamanda projenin de en erken bitiş tarihidir (Eğer projeyi bitiren birden fazla faaliyet varsa, bu durumda en erken bitiş tarihi (EF) en büyük olanı dikkate alınır).

Projenin en erken bitiş tarihinden faaliyetlerin beklenen zamanları çıkarılmak suretiyle engeç başlama tarihi bulunur. Örneğin, Şekil-6 da şebekeyi bitiren 39-40 faaliyetinin en erken bitiş tarihi 84 gündür. Bu tarihten 39-40 faaliyetinin beklenen zamanı çıkarılırsa bu faaliyetin en geç başlama tarihi bulunur. Yani, 39-40 faaliyetinin LS değeri $84-3=81$ gündür. Dikkat edilirse Şekil-6 da şebekeyi bitiren iki faaliyet vardır. Fakat burada LS değeri büyük olan 39-40 faaliyeti alınmıştır. Şekil-6 daki şebeke için LS değerleri tablo-1 de verilmiştir.

Bu şekilde hesaplanan en geç başlama tarihleri (LS ler) ya aynı faaliyetin en erken başlama tarihine veya ondan büyük olacaktır. Hiçbir zaman ondan daha küçük olamaz ($LS_{i-j} \geq ES_{i-j}$). Eğer küçük olursa hesaplamalarda yanlışlık olduğu anlaşılır ve hesapların bir defa daha gözden geçirilmesi gerekir.

3522. Engeç bitiş tarihi (LF): Bu zaman hesaplaması da projenin sonundan başlanarak başına doğru ilerlenerek yapılır. Projede en son faaliyetin en geç bitiş tarihi aynı zamanda projenin de en geç bitiş tarihidir. Bu en son faaliyetin en geç bitiş tarihinden geriye doğru hareket edilir ve faaliyetlerin beklenen süreleri çıkarılır. Fakat burada LF değeri hesaplanan faaliyetin beklenen süresi hesaba katılmaz. Başka bir anlatımla herhangi bir faaliyet için en geç bitiş tarihi bu faaliyetin en geç başlama tarihine beklenen süresinin eklenmesiyle bulunur.

$$LF_{i-j} = LF_{i-j} + te_{i-j}$$

Geriye doğru zaman hesaplamasında bir faaliyet için birden fazla en geç başlama veya engeç bitme tarihi hesaplanabilmesi durumunda bu tarihlerden en küçüğü dikkate alınır. Başka bir deyişle sözkonusu faaliyeti şebekenin sonuna bağlayan en uzun yol dikkate alınır. Bu duruma Şekil-5 üzerinde bir örnek verelim:

35-36 faaliyeti için iki yoldan LS ve LF değerleri hesaplanabilir. Bunlar;

35-36-37-39-40

35-36-39-40

yollarıdır. Bu yollardan ikisi için de LS yi hesaplırsak 71 ve 70 gibi iki değer elde ederiz. Küçük değer olan 70 uzun olan 35-36-39-40 yoluna aittir ve 35-36 faaliyeti için bu değer kullanılır. Line 35-36 faaliyeti için LF değeri $(LF_{35-36} = LS_{35-36} + te_{35-36})$ 78 ve 79 olarak iki şekilde hesaplanabilir. Bu değerlerden de en küçük olan (yani bu faaliyeti şebekenin sonuna bağlayan yollardan en uzununu) 78 değeri kullanılır.

PERT şebekesi kurulduğu zaman düğüm noktalarının üzerine küçük iki tane dikdörtgen çizilir. Bu dikdörtgenler içerisinde düğüm noktasını bitiş kabul eden faaliyetler için sırasıyla en erken bitiş tarihi (EF) ve en geç bitiş tarihi (LF) yazılır. Birden fazla faaliyetin bir düğüm noktasında

bitmesi durumunda, birden fazla EF-LF çifti hesaplanacaktır. Bu durumda toplam bolluğu en küçük olan çift esas alınır.

EF LF

353. Kritik Geçit ve Tayini

Yukarda, gerek ileriye doğru zaman hesaplamasında ve gerekse geriye doğru zaman hesaplanmasında dikkat edilirse hep zaman bakımından uzun yollar dikkate alındı. Bunun nedeni, kolayca tahmin edilebileceği gibi bu uzun yolların proje için zaman bakımından kritiklik teşkil etmeleridir.

Proje için kritik yol, proje için yapılan şebekenin başından sonuna kadar izlenebilecek değişik yollardan zaman bakımından en uzun olanıdır. Bu yol üzerinde zaman bakımından meydana gelecek değişiklikler proje süresini de etkilemektedir. Bu bakımdan bu yola kritik yol denilmektedir.

Kritik geçit üzerindeki faaliyetlerin en erken başlama tarihleri (ES) ile en geç başlama tarihleri (LS), yine en erken bitiş tarihleri (EF) ile en geç bitiş tarihleri (LF) birbirine eşittir.

$$LS_{i-j} = ES_{i-j} \quad \text{ve} \quad LF_{i-j} = EF_{i-j}$$

Örneğin Şekil-6 daki şebekeye bakacak olursak kritik geçit üzerinde bulunan 1-3 ; 10-11 ; 17-19 ve 36-39 gibi faaliyetlerin LS değerleriyle ES değerleri, yine LF değerleriyle EF değerleri birbirlerine eşittir.

Bir şebekede birden fazla kritik geçit bulunabilir (IEVIN, KIRKPATRICK, 1968, S. 65). Şekil-6 daki şebekede buna bir örnek mevcuttur. Burada;

1) 0-1-3-5-6-8-9-10-11-12-14-15-16-17-19-20-21-22-24-35-36-39-40

2) 0-1-3-5-6-8-9-10-11-12-14-15-16-17-19-20-21-22-23-24-35-36-39-40

olmak üzere iki kritik geçit vardır. Proje uygulama esnasında bu iki kritik geçit de dikkate alınmalıdır.

Kritik geçidin tayininde projenin başından veya sonundan başlayarak ileri ve geri olmak üzere iki yol izlenebilir. Bu hesaplamalarda daha önce açıklanan ileri ve geri zaman hesaplamalarından faydalanılır. Bu hesaplamalarda kritik geçidin şu iki özelliğinden de faydalanılır:

- Kritik faaliyet, en erken ve en geç tamamlanma zamanları birbirine eşit olan iki düğüm noktası arasında bulunur.

- Kritik faaliyetin en erken ve en geç başlama tarihlerine bu faaliyetin beklenen değeri eklendiğinde en erken ve en geç tamamlanma zamanları elde edilmelidir.

Bu iki şartı sağlayan faaliyetler kritik faaliyetlerdir ve kritik geçit üzerinde bulunur. Böylece kritik geçit tespit edilebilir.

Kritik geçidin tayininde matris metodundan da faydalanılabilir. Fakat bu metod düğüm noktası fazla olmayan projeler için kullanılabilir.

Kritik geçidin matris metoduyla tayini: Matris metodunda şebekenin düğüm noktası sayısına eşit miktarda satır ve sütuna sahip bir kare matris kullanılır. Bu matrisin üstüne ve soluna düğüm noktası numaralarını yazmak için birer satır ve kolon ilave edilir. İlave edilen kolona faaliyeti başlatan, satıra da bitiren olayın numarası konulur (i ve j ler). Böylece şebekedeki her faaliyete ait matriste bir göz karşılık gelir. Örneğin 2-8 faaliyeti için matriste 2. satır, 8. kolonun keşiştiği göz ayrılmıştır. Sol köşegen üzerindeki gözlere herhangi bir faaliyet karşılık gelmediği için bu gözler kapatılır. Matrisin soluna ve yukarıdan aşağıya doğru sırayla en erken başlama zamanları (ES ler), matrisin altına ise soldan sağa doğru en geç tamamlanma süreleri (LF ler) hesaplanarak yazılır (ÇETMELİ, 1982, S: 32; HALAÇ, 1978, S.193). Metodun bundan sonraki kısmını bir örnek üzerinde görelim.

Şekil-6 daki şebekenin, fazla uzun olmaması için 10. olayına kadar ele alıp kritik yolunu matris metoduyla bulmaya çalışalım. Şekil-10 daki matriste ilgili gözlere her faa-

liyetin beklenen sürelerini yazalım. Yazdıktan sonra en erken başlama zamanları (ES ler) şöyle hesaplanır: Önce sıfır no'lu satırın başına sıfır yazılır. Sonra 1. satıra geçilir ve bu satırda safa doğru köşegene kadar ilerlenir. Köşegenden yukarı dönülür ve sütun boyunca bir rakamla karşılaşınca kadar çıkılır. Sayıya rastlandığında (5 sayısı) sola dönülür ve satır başına gelinir. Bu satır başında (ES nin altında) ki sayıyla (sıfır) rastlanılan sayı toplanır ($0+5=5$) ve başlangıçta hareket edilen satırın başına (ES nin altına)

ES	i	j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	5										
5	1	1	5	4									
10	2	2								0			
9	3					3							
12	4						4	3					
16	5							5					
21	6									2			
15	7											0	
23	8										3		
26	9											2	
28	10												
LF	0	5	23	9	12	16	21	28	23	26	28		

Şekil-10

yazılır. Bu hesaplama bütün satırlar için yapılır. Örneğin 7. satır için de satır boyunca ilerlenerek köşegenden yukarı dönülür ve 3 sayısı ile karşılaşılır. Bu sayıdan tekrar sola dönülerek satır başındaki sayıyla (12) toplanır ve 7. satıra yazılır ($3+12=15$).

Ancak köşegenden döndüğünde söz konusu sütunda birden fazla sayı varsa, bu durumda bu sayıların miktarı kadar ES hesaplanabilir. Böyle hallerde hesaplanan ES değerlerinden en büyüğü dikkate alınır. Şekil-10 da 8. satır için iki tane ES değeri hesaplanabilir ($ES_8=2+21=23$ ve $ES_8=0+10=10$).

Bu değerlerden büyüğü olan $ES_8=23$ değeri alınarak 8. satıra yazılır. Bütün ES değerleri hesaplanınca şu sayılar elde edilir:

$ES_0=0$	$ES_4=3+9=12$	$ES_8=2+21=23$
$ES_1=5+0=5$	$ES_5=4+12=16$	$ES_9=3+23=26$
$ES_2=5+5=10$	$ES_6=5+16=21$	$ES_{10}=2+26=28$
$ES_3=4+5=9$	$ES_7=3+12=15$	

En geç tamamlanma zamanları (LF ler) de matrisin sağ alt köşesinden başlanmak suretiyle hesaplanır. Burada da LF_{10} değerine son faaliyetin (projeyi bitiren faaliyetin) en geç tamamlanma zamanı yazılarak hesaplamaya başlanır. Bu değer 28 dir. Bu değer yazıldıktan sonra 9. kolona geçilir ve yukarı doğru köşegene kadar ilerlenir. Köşegenden sağa dönülür ve satır boyunca gidilerek rastlanacak rakamdan tekrar aşağı inilir. İnilen kolonun altındaki sayıdan bu rastlanılan sayı çıkarılarak hareket noktası olan 9. kolonun altına LF değeri olarak yazılır ($LF_9=28-2=26$). Bu kural dikkate alınarak sağdan sola doğru bütün LF değerleri hesaplanır. Burada da yine köşegenden sağa dönüldüğünde sözkonusu satırda birden fazla sayı varsa bu sayıların miktarı kadar LF değeri hesaplanabilecektir. Bu durumda hesaplanabilen LF değerlerinden en küçüğü dikkate alınarak hesaplama yapılır. Örneğin LF_1 için $23-5=18$ ve $9-4=5$ gibi iki rakam hesaplanabilir. Görüldüğü gibi hesaplama $LF_1=5$ değeri dikkate alınmıştır. Örnekte hesaplanan LS değerleri sırasıyla şunlardır:

$LF_{10}=28$	$LF_6=23-2=21$	$LF_2=23-0=23$
$LF_9=28-2=26$	$LF_5=21-5=16$	$LF_1=9-4=5$
$LF_8=26-3=23$	$LF_4=16-4=12$	$LF_0=5-5=0$
$LF_7=28-0=28$	$LF_3=12-3=9$	

ES ve LF değerleri hesaplandıktan sonra bu değerlerin i. satır ve j. sütunları karşılaştırılır. $i=j$ alınmak suretiyle $ES_i=LF_j$ şartını sağlayan ES ve LF değerlerinin yanına

kritiklik anlamına gelen "K" harfi konulur. Daha sonra bu K harfi konan ES_i değerlerinden satır boyunca (örneğin $i=0$ için) bir rakamla karşılaşıncaya kadar ilerlenir. Rakamla karşılaşıncaya (5 rakamı var) bu rakamın bulunduğu j. (1.) kolon için LF_j (LF_1) değerine bakılır. Bu değer yanında "K" harfi varsa bu i-j (0-1) faaliyeti kritik olabilir. i, j gözündeki bu sayı (5) ES_i ye (sıfıra) eklendiğinde ($0+5=5$) LF_j elde edilebiliyorsa bu i-j (0-1) faaliyeti kritik faaliyettir. Bunu göstermek için de ij gözündeki rakamın tepesine "K" harfi yazılır.

i, j faaliyetine ait göz sözkonusu şartları sağlamıyorsa aynı satırda (i. satırda) başka rakam olup olmadığına bakılır. Eğer varsa bu rakamın bulunduğu göz (dolayısıyla faaliyet) için kritiklik durumu araştırılır.

Şekil-11 de bütün bu işlemler yapılmış olarak görülmektedir. Bu metoda göre şekilden de görülebileceği gibi

ES	i \ j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K 0	0		5 ^K									
K 5	1			5	4 ^K							
10	2											
K 9	3					3 ^K						
K 12	4						4 ^K	3				
K 16	5							5 ^K				
K 21	6								2 ^K			
15	7										0	
K 23	8									3 ^K		
K 26	9										2 ^K	
K 28	10											
LF		0	5	23	9	12	16	21	28	23	26	28
		K	K		K	K	K	K		K	K	K

Şekil-11

kritik geçit, 0-1; 1-3; 3-4; 4-5; 5-6; 6-8; 8-9; 9-10 faaliyetlerinden oluşan 0-1-3-4-5-6-8-9-10 geçididir.

354. Boş Zaman (Bolluk) ve Hesaplanması

PEPT şebekesinde proje başından sonuna kadar birkaç geçit olabileceğini ve bunlardan hepsinin kritik olmadığını daha önce gördük. Kritik olmayan geçitlerin süresi, yani bu geçit üzerindeki faaliyetlerin beklenen zamanlarının toplamı kritik geçidin (başka bir deyişle projenin) tamamlanma süresinden küçük olacaktır. Bu nedenle bolluk olmayan geçitler üzerinde bir boş zaman veya bolluk ^{kritik} söz konusu meydana gelecektir. Kolayca tahmin edilebileceği gibi kritik geçit üzerinde boş zaman (bolluk) yoktur. Eğer kritik geçit üzerinde boş zaman ortaya çıkarsa, işlemlerde hata olduğu anlaşılır ve işlemler baştan kontrol edilmelidir.

Şekil-6 daki şebekeye bakarsak, boş zamanı bulunan birkaç tane geçit vardır. Bunlardan bir tanesi; 0-1-28-29-30-38-40 geçididir. Bu geçidin toplam süresi hesaplanırsa: $5+4+2+2+2+0=15$ gündür. Proje süresi 84 gün olduğuna göre bu geçit $84-15=69$ günlük bir bolluğa sahiptir. Fakat bu bolluk her zaman bütün faaliyetler için kullanılamaz. Yani geçit üzerindeki bir faaliyet her zaman bu geçidin bolluğu kadar geciktirilemez. Bu nedenle her faaliyet için ayrıca bir bolluk hesaplanmalıdır. Bu durum daha sonra açıklanacaktır.

Boş zaman (bolluk) birkaç çeşide ayrılmaktadır. Bunlar şunlardır (ÇETMELİ, 1982, S. 42):

- Toplam bolluk
- Bağımsız bolluk
- Serbest bolluk
- Ara bolluk

Bunlardan ençok kullanılanı toplam bolluktur. Biz de burda toplam bolluk üzerinde duracağız.

- Toplam bolluk (TB): Toplam bolluk proje içindeki bütün faaliyetler için hesaplanabilir. Bunun için toplam bolluğu hesaplanacak faaliyetin en geç bitiş tarihinden (LF) (en geç başlama tarihinden (LS)) en erken bitiş tarihi (EF) (en erken başlama tarihi (ES)) çıkarılır.

$$LF_{i-j} - EF_{i-j} = TB_{i-j}$$

$$LS_{i-j} - ES_{i-j} = TB_{i-j}$$

Şekil-6 daki şebeke için toplam bolluklar tablo-1 in 10.ncu sütununda verilmiştir. Bu tablodan bakılırsa kritik geçit üzerindeki faaliyetler için toplam bollukların sıfır olduğu görülür. Belirli bir bolluk değerine sahip olan faaliyetler sahip oldukları bolluk değeri kadar süre geciktirilebilirler. Örneğin 4-7 faaliyeti 9 günlük bir bolluğa sahiptir. Bu şu anlama gelmektedir: 4-7 faaliyeti proje içerisinde en erken başlama tarihinden (ES_{4-7}) 9 günlük bir gecikmeyle başlansa projede herhangi bir aksama olmayacaktır. Yine örneğin 28-29 faaliyeti 33 günlük bir gecikmeyle yapılabilir.

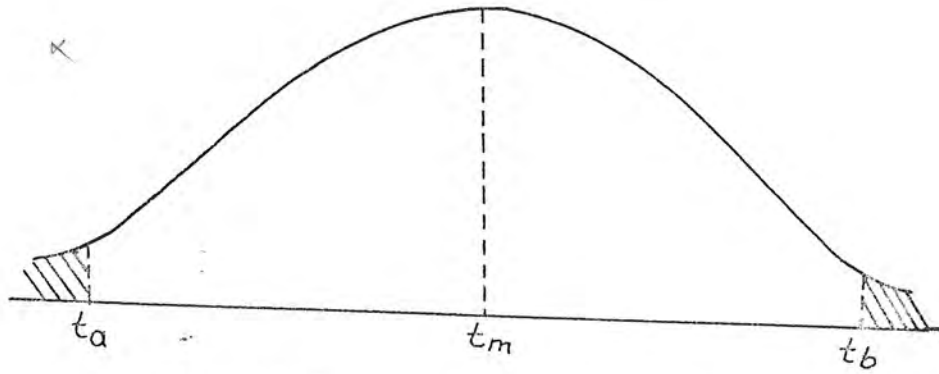
Ancak burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta vardır: İşin niteliğine göre bazı durumlarda birbirini izleyen iki faaliyet arasında boşluk vermeme zorunluluğu olabilir. Örneğin, fidelerin dikilmesi faaliyeti arkasından yapılması gereken sulama işlemi buna bir örnek olarak verilebilir. Bu durumda fideler hemen sulanmazsa kuruyabilirler.

Bu sözü edilen birkaç özel durum dışında bolluklardan faydalanılabilir. Hatta bolluğu bulunan faaliyete ayrılan kaynakların bir kısmı (örneğin işgücü) alınarak (bu faaliyetler mümkün azami süreye uzatılırken) kritik geçit üzerindeki faaliyetlere tahsisi düşünülebilir. Bu yolla proje süresi bir miktar kısaltılabilir. Bu nedenle uygulayıcı veya yönetici proje boyunca hangi faaliyetlerin bolluğu bulunduğunu ve miktarlarının ne olduğunu bilmesi gereklidir. Bu da ancak o proje için iş-zaman programının (şebeke analizinin) yapılmasıyla mümkündür.

355. Olasılık Kavramı

PERT Metodunda zamanın tam olarak ve tek bir değer olarak kestirilemediği, ancak bir aralık olarak tahmin edilebileceği daha önceden belirtilmiştir. Hatta bu zorunluluktan dolayı en iyimser, en kötümser ve en olası zaman ol-

mak üzere üç ayrı zaman tahmini yapılmıştı. Ayrıca en kötümser ve en iyimser zamanların gerçekleşme olasılığı % 1 olarak alınmıştı. Bu durumu Şekil-12 üzerinde inceleyelim.



Şekil-12

Şekil-12 de görülen ve süresi tahmin edilen faaliyettin t_a süresinden daha erken bitmesi olasılığı % 1 dir. Bu olasılık şekilde taralı alanla gösterilmiştir. Yine aynı faaliyetin en kötümser zamandan (t_b) daha uzun sürmesi olasılığı da % 1 dir ve bu alanda şekilde taranarak gösterilmiştir.

PERT te zaman tahminlerinin bir tek değer değil, bir aralık olarak yapılmasının doğal bir sonucu olarak projenin bitişi de tek bir tarih olarak değil, belirli bir zaman aralığı olarak hesaplanabilmektedir. İşte olasılık kavramında bu konu üzerinde durulmakta ve projenin uygulanmasında birçok kolaylıklar sağlanmaktadır.

Önce standart sapma kavramı üzerinde kısa bir açıklama yapalım: Standart sapma bir dağılım ölçüsüdür. Aritmetik ortalamaya dayalı olup, aritmetik ortalama çevresindeki yayılma ölçüsünü verir. Standart sapma aşağıdaki formüle göre hesaplanır (KALIPSIZ, 1981, s. 232).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

S: Standart sapma
 x_i : Ölçülen değerler
 $\bar{x}$: Aritmetik ortalama
n: Örnek büyüklüğü

Bu formülle hesaplanan standart sapma, çan eğrisi biçimi gösteren dağılımlarda şu şekilde değerlendirilir:

- Ölçülen değerlerin (x_i ler) % 68 i ortalamadan ± 1 standart sapma uzaklıktaki iki değer arasında bulunur.
- Yine, ölçülen değerlerin % 95 i ortalamadan ± 2 standart sapma uzaklıktaki iki değer arasında bulunur.
- Bütün değerlerin (x_i lerin) % 99 undan fazlası ± 3 standart sapma değerleri arasında bulunur.

Standart sapmanın bu özellikleride PEPT metodunda olasılık kavramı açıklanacaktır. Ancak biz standart sapmayı yukarıda verilen formülüyle hesaplamayacağız. Çünkü formüldeki parametrelerin hepsi bilinmemektedir. Örneğin x_i değerleri (faaliyeti çok sayıda tekrarlayarak zaman ölçü değerleri) ve n değeri bilinmemektedir. Sadece zaman ölçümlerinin çok sayıda yapıldığı varsayılarak $X_{min.}$ (en iyimser zaman), $X_{max.}$ (en kötümser zaman) ve en olası zaman olmak üzere üç zaman tahmini yapılmaktadır. Bu nedenle standart sapma bu değerlere dayalı olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanacaktır.

$$S = \frac{X_{max.} - X_{min.}}{d} = \frac{R}{d}$$

$$R = X_{max.} - X_{min.}$$

S: Standart sapma
 $X_{max.}$: En büyük ölçü
 $X_{min.}$: En küçük ölçü
R: Varyasyon genişliği
d: Katsayı

Biz zaman tahminleri yaparken en iyimser ve en kötümser zamanlar için % 1 lik bir ihtimal düşünüyorduk. Yani zaman tahmini yaptığımız faaliyetin süresi yaklaşık % 99 ihtimalle tahmin edilen bu iki değer arasında olacaktır. Bu da

73 standart sapmaya tekabül etmektedir. Veyahutta ikisinin toplamı 6 standart sapmaya karşılık gelmektedir. Varyasyon genişliğinin (değişim aralığı) 6 ya bölünmesi de 1 standart sapmanın değerini verecektir. Yani "d" katsayısı 6 olarak alınacaktır. Böylece formül $S = \frac{R}{6}$ şeklinde yazılabilecektir.

Burada görüldüğü gibi standart sapma sadece en iyimser ($t_a = X_{\min.}$) ve en kötümser ($t_b = X_{\max.}$) zamandan etkilenmekte, en olası zamandan (t_m) ise etkilenmemektedir. Burada en olası değer (t_m) en iyimser (t_a) ve en kötümser (t_b) değerlerinin ortasında olduğu kabul edilmektedir (LEVİN, KIRKPATRICK, 1968, S. 98).

t_a ve t_b değerlerini yerlerine koyarsak formül;

$$S = \frac{R}{6} = \frac{X_{\max.} - X_{\min.}}{6} = \frac{t_b - t_a}{6} \text{ olarak yazılabilir.}$$

Standart sapmalar hesaplandıktan sonra proje içindeki bir faaliyetin istenilen bir zamanda bitme olasılığı kolayca hesaplanabilir. Bunun için de Z değerine ihtiyaç vardır. Z değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$Z = \frac{(\text{istenilen zaman} - \text{En erken bitiş tarihi})}{S} = \frac{SF - EF}{S}$$

SF: Faaliyetin bitmesi istenen zaman

EF: En erken bitiş tarihi

S: Standart sapma

Bu formülden hesaplanan Z değeri için normal olasılık dağılım tablosu (ek tablo 1) kullanılmak suretiyle her faaliyetin istenilen zamanda gerçekleşme olasılığı hesaplanabilir. Örneğin Şekil-5'deki örneğimizde O-1 faaliyetinin 4 günde gerçekleşme olasılığını hesaplayalım. Önce standart sapma ve Z değerini bulalım.

$$S = \frac{t_b - t_a}{6} = \frac{7-3}{6} = \frac{4}{6} = 0,66$$

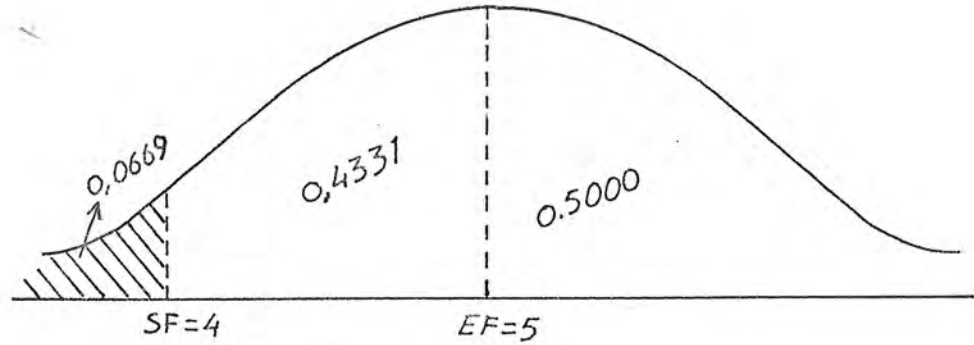
$$Z = \frac{SF - EF}{S} = \frac{4-5}{0,66} = \frac{-1}{0,66} = -1,5$$

$Z = 1,5$ değeri için normal dağılım tablosuna bakarsak 0,93319 değerini okuruz. Bu da şu şekilde yorumlanır:

$$1 - 0,9331 = 0,0669 = \% 6.69$$

0-1 faaliyetinin dört günde veya daha erken bitme olasılığı % 6.69 dur.

Bilindiği gibi çan eğrisinin altındaki alan 1 e eşittir. Tablodan bakılan 0,9331 değeri 0-1 faaliyetinin 4 günden sonra bitme olasılığını (% 9331) göstermektedir. Biz ise bu faaliyetin 4 günden önce bitme olasılığını araştırdığımız için bu değeri 1 den çıkarmalıyız. Bu durum şekil-13 üzerinde gösterilmiştir.

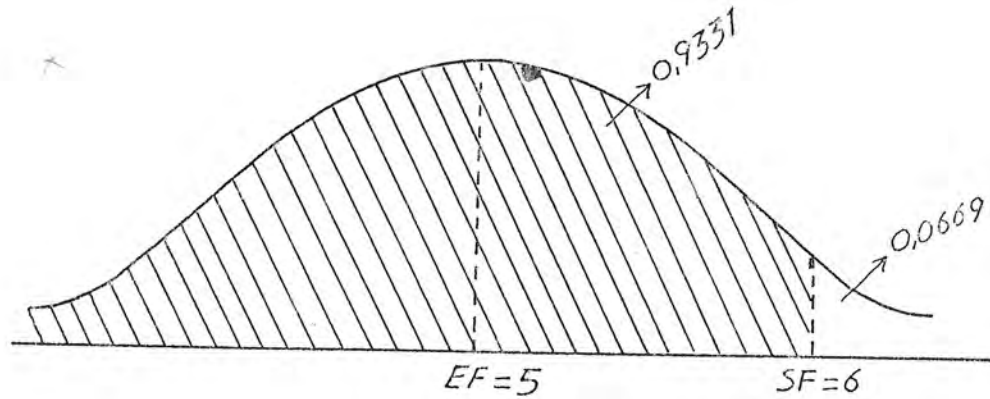


Şekil-13

Z değerinin eksi (-) çıkması demek, sözkonusu faaliyet veya faaliyetlerin istenen zamandan (SF) erken tamamlanma olasılığının % 50 nin altında olduğu anlamına gelir. Yani SF değeri EF değerinin soluna düşer (Şekil-13). Z nin artı (+) değer alması durumunda tablodan alınan değer aynen kullanılır. Örneğin, yine 0-1 faaliyetinin 6 günde bitirilme olasılığını hesaplayalım:

$$Z = \frac{SF - EF}{S_{0-1}} = \frac{6 - 5}{0,66} = \frac{1}{0,66} = 1,5$$

$Z = 1,5$ değeri için tabloya baktığımızda 0,9331 okuyacağız. Bu da 0-1 faaliyetinin 6 günde bitirilme olasılığını % 93,31 olduğunu gösterir (Şekil 13).



Şekil-14

Faaliyetlerin herbiri tek tek istenilen bir zaman süresinde tamamlanma olasılıkları hesaplanabileceği gibi, kümülatif (birikimli) varyansın hesaplanması suretiyle projenin herhangi bir yerine kadar istenilen bir zamanda tamamlanma olasılığı da hesaplanabilir. Dolayısıyla projenin tümünün de istenilen bir zamanda tamamlanma olasılığı hesaplanabilir. Ancak burada projenin süresini etkileyen, kritik geçit olduğu için kümülatif varyans da kritik geçit üzerinde hesaplanmalıdır. Kümülatif olarak hesaplanan varyansların karekökleri alınarak standart sapmaları bulunur (KARAKOYUNLU, 1972, S. 41). Şekil-6'daki örnek için bu hesaplamalar tablo-1'de yapılmıştır.

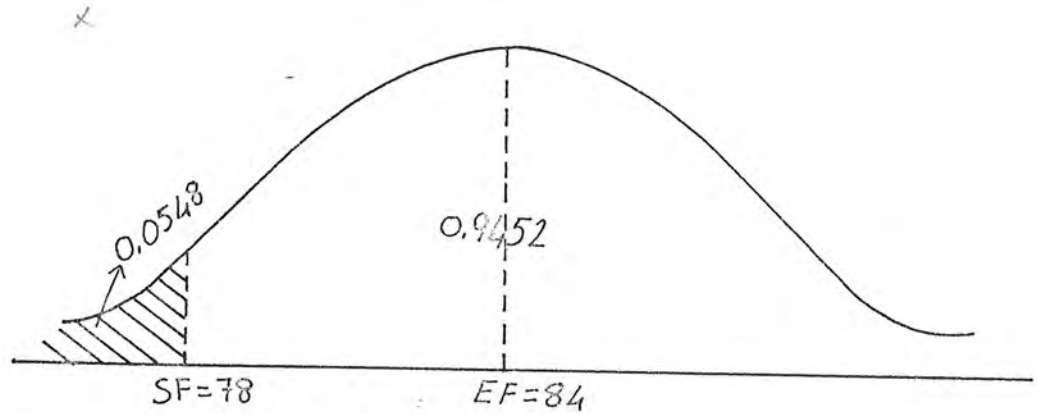
Örneğimiz için yapılan bu tablodan projenin 78 günden önce bitme olasılığını hesaplayalım:

$$\sum S^2 = 14,12 \quad S = 3,75$$

$$Z = \frac{SF - EF}{S} = \frac{78 - 84}{3,75} = \frac{-6}{3,75} = -1,6$$

$Z = 1,6$ için normal dağılım tablosunda $0,9452$ değeri bulunmaktadır. Z değeri negatif işaretli olduğu için;

$1 - 0,9452 = 0,0548 = \% 5.48$ hesaplanır. Yani projenin 78 günden önce bitme ihtimali ancak $\% 5.48$ dir (Şekil-15).



Şekil-15

Olasılık kavramı, projeyi uygulayıcıya çok büyük faydalar sağlamaktadır. Çünkü bir faaliyetin veya projenin bir kısmının istenilen bir zamanda tamamlanabilme olasılığını bilmesi uygulayıcının kararlarını kolaylaştırmakta ve isabetliliğini arttırmaktadır.

4. MATERYAL VE ARAŞTIRMA

4.1. Materyal

Metodun uygulanması için, üretim kapasitesinin fazla oluru, büyüklüğü ve çalışma bakımından diğer uygun şartları dikkate alınarak Çobançeşme Orman Fidanlığı seçilmiştir. Ağaçtürü olarak ise yöredeki ağaçlama sahalarında en fazla kullanılan türlerden birisi olan karaçam seçilmiştir. Ağaçlandırma sahasına gönderilmek üzere 2-0 yaşında karaçam fidanı yetiştirilecektir. Bu proje için 0,3 ha fidanlık sahası ayrılmış ve bu sahada hazırlanacak 18 adet yastık dikkate alınmıştır. Yastığa ekimde çizgi metodu kullanılarak, her yastıkta 7 adet çizgi yapılacaktır.

Pert metodunda çok önemli olan zaman tespitiinde mümkün olan faaliyetler bizzat gözlenerek, mümkün olmayanlar ise fidanlıkta bu konuda tecrübeli teknik elemanlardan faydalanılmıştır. Büro çalışmalarında ise hesap makinasından yararlanılmıştır.

Çalışmanın yapıldığı fidanlık iklim bakımından İstanbul bölgesinin özelliklerini göstermektedir. Bazan birkaç gün devam eden yağışlar faaliyetlerin süresini önemli miktarda arttırabilmektedir. Ayrıca fidanlığın içinden geçen ve zaman zaman taşarak fidanlığı su altında bırakan dere de faaliyetlerde zaman bakımından uzamalara neden olmaktadır.

Fidanlığın teknik elemanı yeterlidir. Halen birisi fidanlık müdürü olmak üzere dört tane orman mühendisi ve orman yüksek mühendisi çalışmaktadır. Fakat işlerin tekniğine uygun yapılması bakımından büyük önem taşıyan kalifiye işçi yetersizliği vardır. Ücret yetersizliği nedeniyle fidanlığa genç ve kaliteli işçi getirmekte, genellikle yaşlı ve emekli işçi gelmektedir. Ayrıca gelen işçi kısa sürede başka yerde ücret bakımından iyi bir iş bulup gitmektedir. Bundan dolayı çalışan işçilerin büyük bir çoğunluğu kadın işçilerden oluşmaktadır. Çalışma günleri pazar günü dışındaki haftanın diğer altı günüdür.

İlkbaharda yapılacak karaçam tohum ekimi için bir önceki yılın sonbaharında toprak sürülmektedir. Saha ekimden önce meyil bakımından kontrol edilmekte ve gerekiyorsa sahanın çevresindeki boş araziden toprak alınarak istenilen meyile getirilmektedir. Ekim ilkbaharda Mart sonu ile Nisan başında yastığa yapılmakta ve ekilen tohumlar yaklaşık üç haftada çıkmaktadır.

Gübreleme, fidanlık sahasında bulunan yanmış hayvan gübresi deposundan alınan gübreyle yapılmaktadır.

Fidanlıkta yabancı ot mücadelesi bir problem teşkil etmektedir. Çünkü otlanma diğer fidanlıklara göre daha çabuk olmaktadır. Bunun için kimyasal (kimyasal ilaçlarla) ve mekanik (elle ve çapayla) olarak mücadele edilmektedir.

Sulama, fidanlıkta bulunan su deposundan sağlanmakta ve bu bakımdan herhangi bir sıkıntı çekilmemektedir. Bunun için gerekli su şebekesi ve sulama esnasında kurulacak geçici şebese için gerekli boru ve diğer malzeme mevcuttur.

Gerek toprak işleme ve gerekse söküm ve taşıma için gerekli her türlü alet, araç ve ekipman imkanları mevcuttur.

Fidan sökümü (2-0 karaçam için) ikinci yılın sonbaharında ortalama Kasım'ın ortası veya daha sonra yapılmaktadır.

Ekim için gerekli tohum, İstanbul Bölge Müdürlüğü'nden sağlanmaktadır.

42. Araştırma

421. Araştırmada İzlenen Yol

Çalışmanın gerçekleştirildiği fidanlıkta, Fert Metodunda önemli bir kavram olan faaliyetlere ilişkin zaman tespitleri yerinde tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun için nitelik bakımından aynı olan fakat değişik ağaç türleri için yapılan faaliyetler izlenmiştir. Örneğin toprağın sürülmesi, yastık hazırlanması, çapalama, yabancı ot mücadelesi ve fidan sökümü gibi faaliyetler için gerçekleşme süresi türden

türe pek fark etmemektedir. Bununla birlikte yetiştirilen ağaç türüne göre değişen ancak izlenmesi mümkün olmayan faaliyetlere ilişkin süre tespitleri ise fidanlıkta çalışan teknik personelin geçmişteki tecrübelerinden yararlanılarak yapılmıştır. Süre tahmininde birim zaman gün olarak kullanılmıştır.

Süre tahmininden sonra şebekenin hazırlanması işine geçilmiştir. Fakat önce, bu konu ile ilgili bazı kaynaklardan (İKTÜREN, 1985; OGM, 1986; SAATÇIOĞIU, 1976) ve fidanlıktaki uygulamalardan da faydalanarak projeye ilişkin faaliyetleri ana bölümlere ayrılmıştır. Bunlar:

- Ekim yapılacak toprağın hazırlanması
- Tohum tedariki ve ekimin yapılması
- Fidelerin bakımı
- Söküm ve gömüye alma bölümleridir.

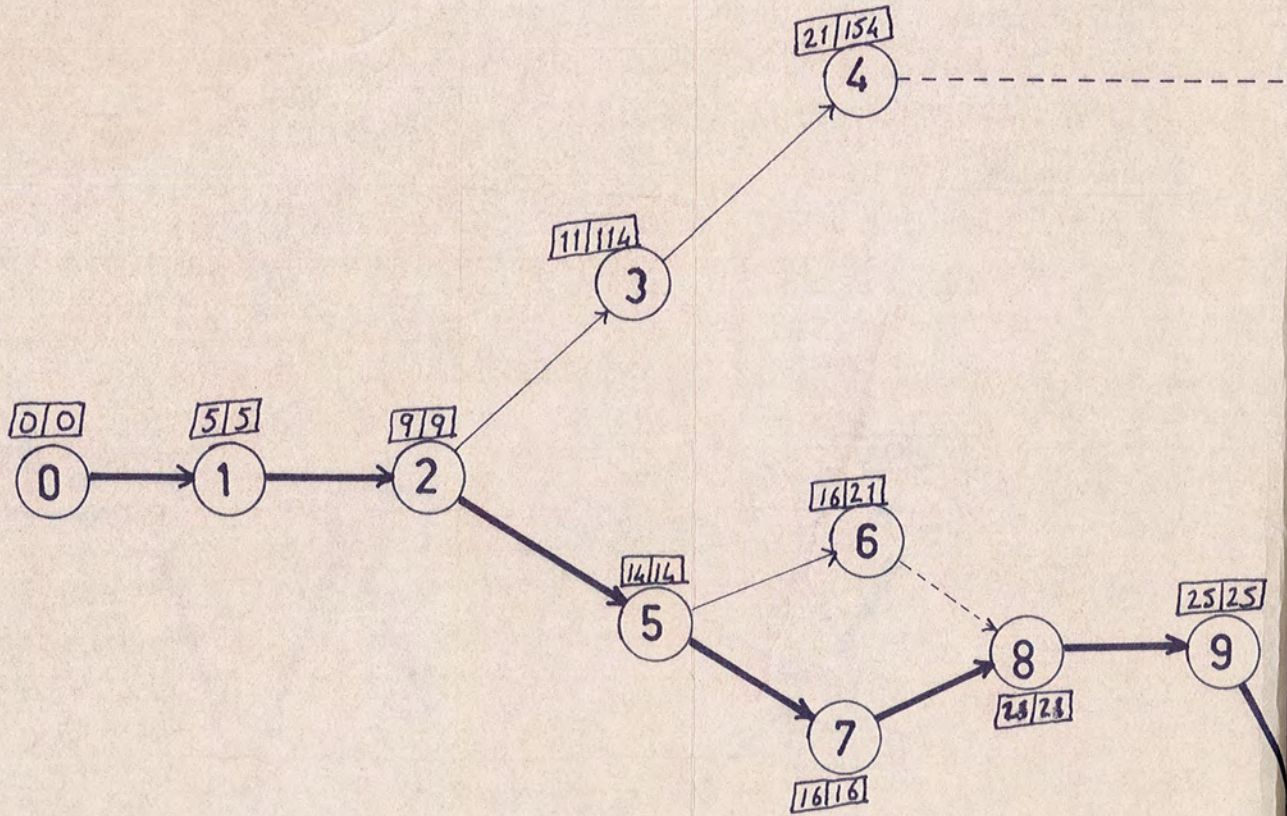
Bu ana bölümlerin de herbiri için ayrıntı faaliyeti sırasına göre tespit edilmiştir.

Daha sonra metodun özellikleri de dikkate alınarak projedeki faaliyetler ve bunların birbirlerine göre gerçekleşme zamanları tespit edilmiş ve kronolojik bir sıra dahilinde şebeke hazırlanmıştır. Şebekedeki faaliyetler, faaliyet numaralarıyla birlikte açıklamalı bir liste oluşturulmuştur.

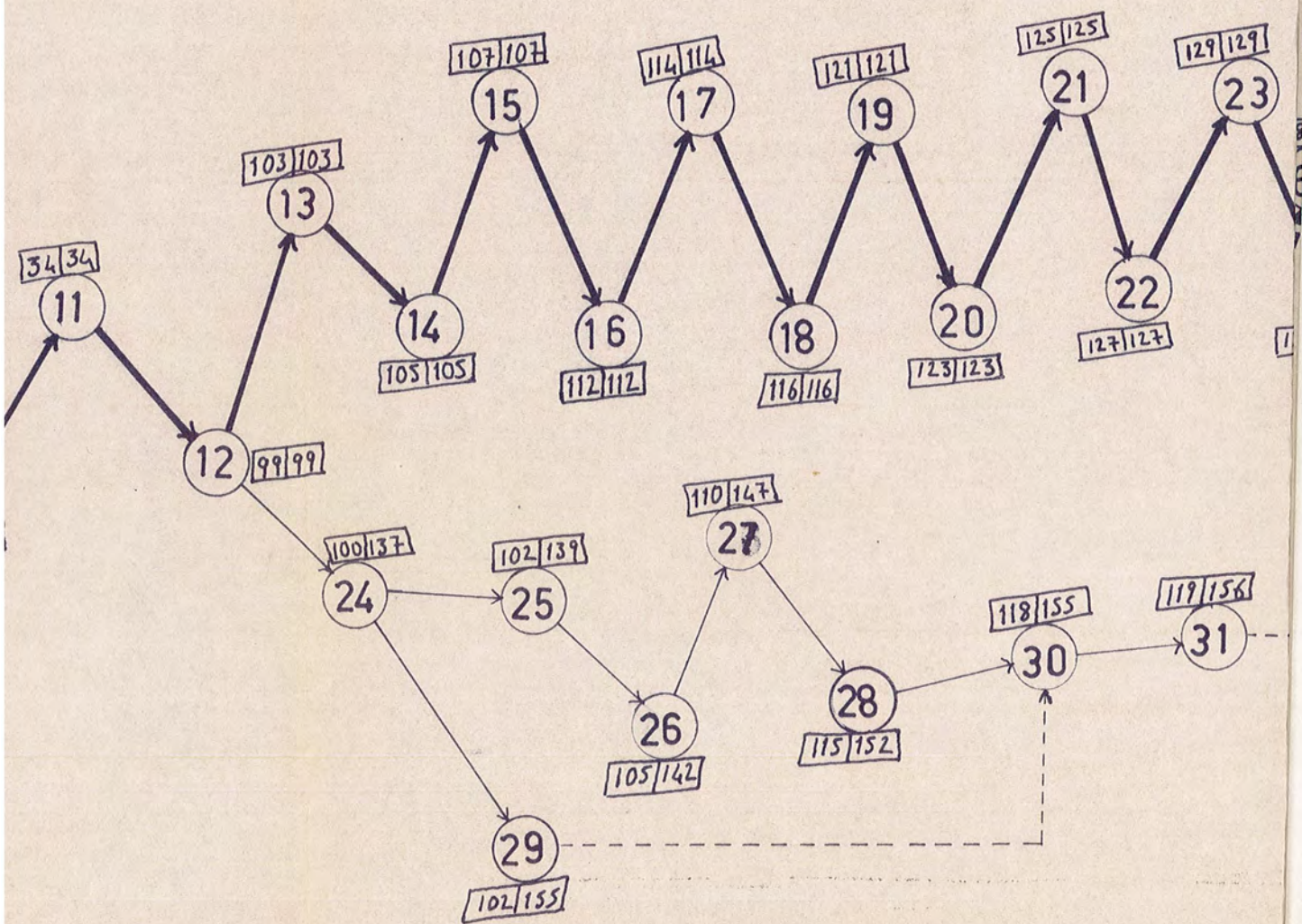
Faaliyet No.	Açıklama
0-1	Ekime karar verme
1-2	Ekim yapılacak sahanın belirlenmesi
2-3	Ekilecek tohum miktarının tespiti
3-4	Ekilecek tohumun temini
2-5	Ekim yapılacak sahanın meyil durumunun tespiti
5-6	Sahaya getirilecek toprak miktarının tespiti
5-7	Toprak alınacak yerin tespiti
7-8	Toprağın traktörle sahaya getirilmesi
8-9	Toprağın sahaya yayılması
9-10	Son bir ölçümle tesviyenin tamamlanması
10-11	Sahanın sürülmesi
11-12	Kışın geçmesinin beklenmesi
12-13	Toprağın gübrelenmesi
13-14	Toprağın sürülmesi
14-15	Sahanın sulanması
15-16	Toprağın tava gelmesinin beklenmesi
16-17	Toprağın sürülmesi
17-18	Sahanın sulanması
18-19	Toprağın tava gelmesinin beklenmesi
19-20	Toprağın sürülmesi
20-21	Toprağın kültivatörle işlenmesi
21-22	Toprağın diskarov ile keseklerinin parçalanması
22-23	Sahanın sulanması
23-32	Toprağın tava gelmesinin beklenmesi
32-33	Rotavatörle toprağın ufalanması
33-34	Yastıkların oluşturulması
34-35	Yabani ot tohumlarına karşı toprağın ilaçlanması
35-37	Rotavatörle ilacın karıştırılması
37-38	İlacın etkisinin geçmesinin beklenmesi
38-39	Tere testinin yapılması
39-40	Yastıkların düzeltilerek ekime hazır duruma getirilmesi
40-41	Merdane geçirilerek yastıkta çizgilerin açılması
34-36	Saha kenarında ve drenaj kanallarındaki yabani ot- ların mekanik ve kimyasal mücadeleyle yok edilmesi

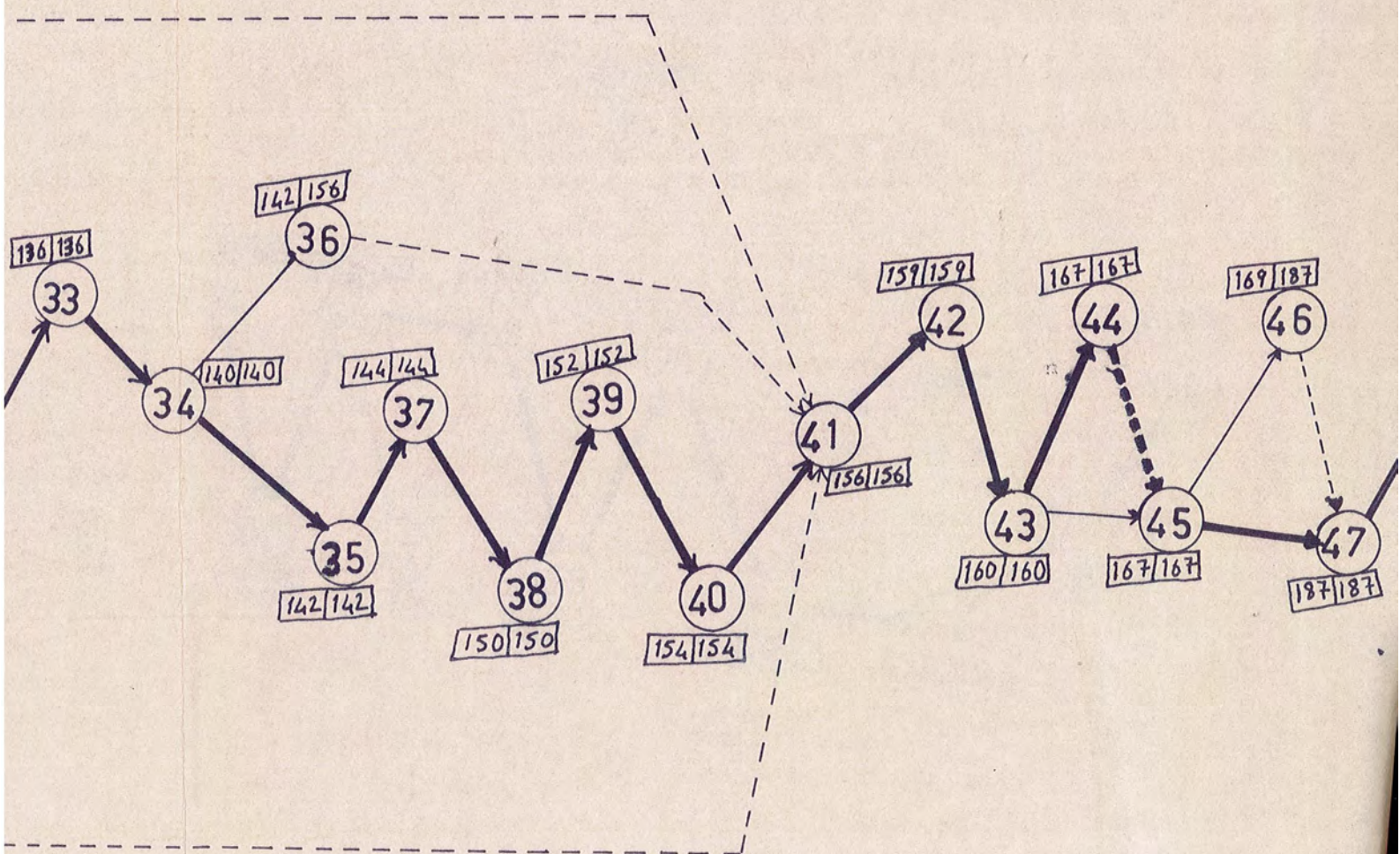
Faaliyet No.	Açıklama
12-24	Ekim için gerekli örtü malzemesi miktarının tespiti
24-25	Örtü malzemesi için toprak alınacak yerin tespiti
25-26	Örtü malzemesinin taşınarak bir yere yığılması
26-27	Malzemenin elekten geçirilmesi
27-28	Yabani ot tohumlarının ölmesi için malzemenin ısıtılması
24-29	Örtü malzemesiyle karıştırılacak odun talaşı miktarının tespiti ve temini
28-30	Örtü malzemesinin ekim sahasına taşınması
30-31	Örtü malzemesiyle odun talaşının karıştırılması
41-42	Tohumun yastığa serilmesi ve örtü malzemesiyle kapatılması
42-43	Ekimden sonra örtü malzemesinin merdaneyle bastırılması
43-44	Saha kenarlarıyla yastık aralarının onarımı
43-45	Sulama için boru şebekesinin sistemli olarak sahaya döşenmesi
45-47	Sahanın sulanması ve tohumların çimlenmesinin beklenmesi
45-46	Yastıklarda kaymak kırma işleminin yapılması
47-48	Fideciklerin çıkması ve büyümesinin beklenmesi
48-49	Yastıklarda yabani otların temizlenmesi
49-50	Sulamaya devam edilmesi ve fidelerin büyümesi
50-51	Yastıklarda yabani ot temizliği
51-52	Fidelerin büyümesi ve sulamaya devam edilmesi
52-54	Yastıklarda yabani ot temizliği
52-53	Fidelerin zararlılara karşı kontrolü ve gerekiyorsa mücadelenin yapılması
54-55	Sulamaya devam edilmesi ve büyümeye bırakma
55-56	Ot almayla birlikte çapalamanın yapılması
56-57	Sulamaya devam edilmesi ve büyümeye bırakma
57-58	Fidelerin kışı geçirmelerinin beklenmesi
58-59	Yastık aralarının ve drenaj kanallarının onarımı
58-60	Sulama yapılması ve büyümeye bırakma

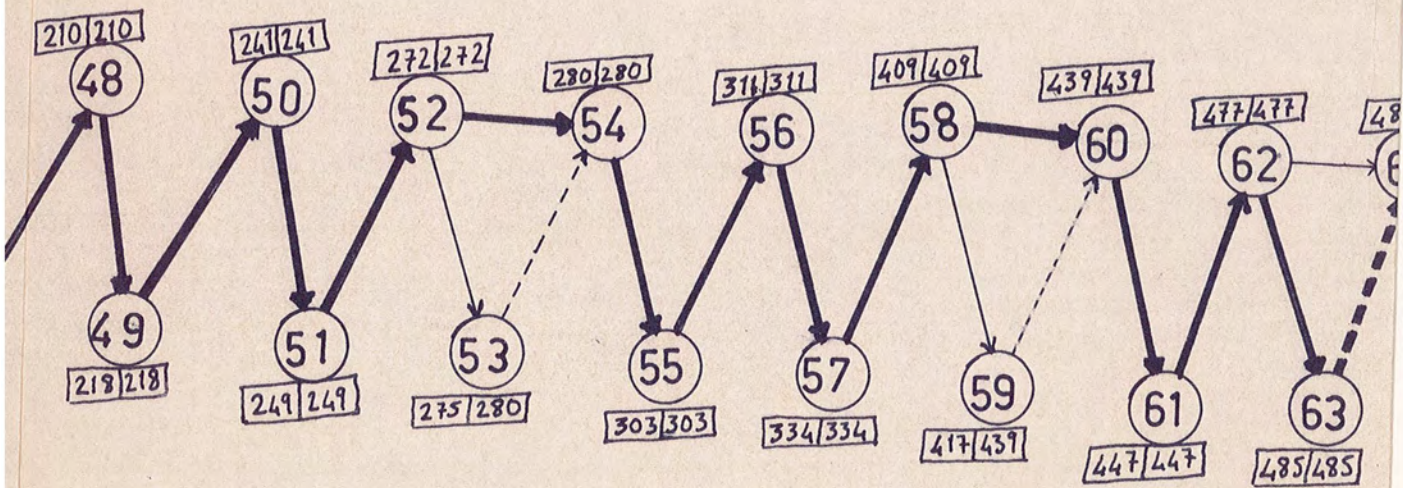
Faaliyet No.	Açıklama
60-61	Ot alma ile birlikte çapalamanın yapılması
61-62	Sulamaya devam edilmesi ve büyümeye bırakma
62-63	Ot alma ile birlikte çapalama
62-64	Fidelerin zararlılara karşı kontrolü ve gerekiyorsa mücadelenin yapılması
64-65	Sulamaya devam edilmesi ve büyümeye bırakma
65-66	Ot alma ile birlikte çapalama
66-67	Fidelerin zararlılara karşı kontrolü ve gerekiyorsa mücadelenin yapılması
66-68	Sulamaya devam edilmesi ve büyümeye bırakma
68-69	Ot alma ile birlikte çapalama
69-70	Sulamaya devam edilmesi ve büyümeye bırakma
68-71	Fidanların tahsis edileceği yerin tespiti için gerekli ilişkilerin sağlanması
70-72	Sökülmek üzere yastıkların sulanması
72-73	Toprağın tava gelmesinin beklenmesi
73-75	Sökme bıçağıyla fidelerin sökülmesi
72-74	Gömüye alınacak yerin tespiti ve hazırlanması
75-76	Fidelerin sökülerek ambara taşınması, seleksiyon ve kök tuvaleti işleminden sonra gömüye alınması

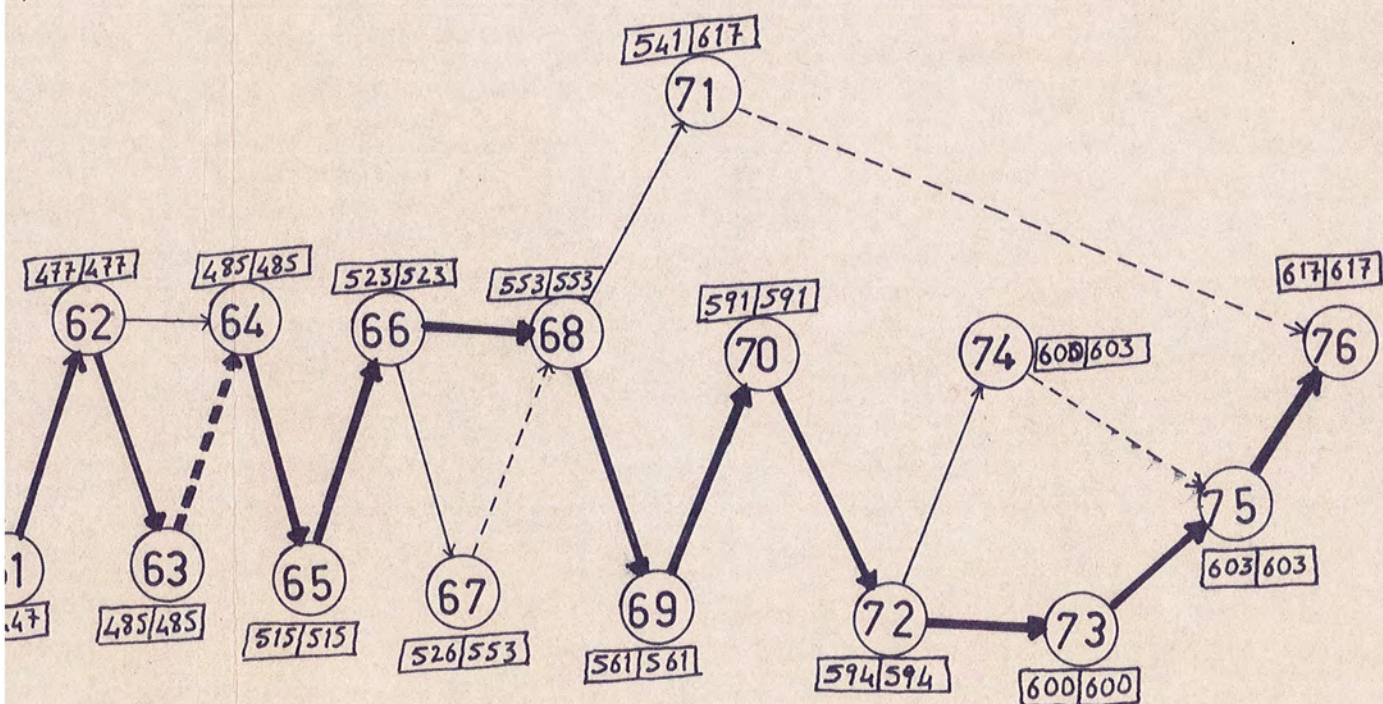


Şekil - 15









422. Faaliyetlerin Zamanlandırılması

- En iyimser zaman: Metodun tanıtılmasında da ayrıntılarıyla açıklandığı gibi fidanlıktaki etkili faktörler dikkate alınarak bir faaliyetin gerçekleştirilebileceği en kısa süre olarak hesaplanmıştır. Fakat burada % 1 lik bir hata göze alınmaktadır. Örneğin fidanlıkta metodun uygulanmasına ilişkin alınan örnek proje de "ekime karar verme" faaliyeti (0-1 faaliyeti) için en iyimser zaman 3 gün, yine örneğin "toprağın traktörle sahaya getirilmesi" faaliyeti (7-8 faaliyeti) için en iyimser zaman da 3 gün olarak tahmin edilmiştir. Bu şekilde projenin bütün faaliyetleri için en iyimser zaman (t_a) değeri tespit edilmiş ve bu değerler tablo-2 nin ikinci sütununda belirtilmiştir.

- En kötümser zaman: Bu zaman da fidanlığın etkili ve belirgin özellikleri dikkate alınarak bir faaliyet için gerçekleştirilebilecek en geç süredir. Burada da yine % 1 lik bir hata göze alınmıştır. Örneğin toprağın sürülmesini gösteren 13-14 faaliyeti Çobançeşme Orman Fidanlığında en geç 5 günde tamamlanmaktadır. Bu zaman tablo-2 de 4. sütunda her faaliyet için verilmiştir.

- En olası zaman: Fidanlıkta bütün şartların normal olduğu varsayılarak bir faaliyet için gerekli gerçekleşme zamanıdır. Daha doğrusu, fidanlıkta sözkonusu faaliyeti 30-40 kez tekrarladığımızı düşünerek en çok karşılaşılan gerçekleşme süresi en olası süre olarak tahmin edilmiştir. Projede örneğin 15-16 ve 18-19 faaliyetleri için bu süre 5 er gün olarak tahmin edilmiştir. Bu zaman değerleri de tablo-2 nin 3. sütununda verilmiştir.

- Beklenen zaman: Bu zaman, biraz önce bahsedilen üç zamanın ağırlıklı ortalaması alınarak elde edilmiştir. Metodun tanıtılması bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan,

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6}$$

formülüne göre her faaliyet için beklenen zaman hesaplanmış ve tablo-2 nin 5. sütununda verilmiştir.

ileri ve geriye doğru zaman hesaplamaları olan en erken başlama tarihi, en erken bitiş tarihi, en geç başlama tarihi ve en geç bitiş tarihleri daha önce metodun tanıtımı bölümünde verilen bilgiler ışığında projenin her faaliyeti için hesaplanmış ve tablo-2 nin 6-7-8-9. sütunlarında verilmiştir. Yine olasılık hesapları için gerekli olan standart sapma, varyans ve kümülatif varyans değerleri de aynı tablonun 11-12 ve 13. sütunlarında verilmiştir.

423. Kritik Yolun Tayini

Kritik yolun tayininde önceden hesaplanan, en erken başlama ve bitiş tarihleriyle en geç başlama ve bitiş tarihlerinden faydalanılmıştır. Projenin başından başlanmış ve tablo-2 üzerinde en erken ve en geç başlama (veya bitiş) tarihleri her faaliyet için karşılaştırılmıştır. Bu iki değeri birbirine eşit olan faaliyetler kritik faaliyetlerdir. Projenin başından sonuna kadar sırayla bu faaliyetler sıralanmış ve kritik geçit elde edilmiştir. Bu sıralama veya geçit aşağıda verilmiştir:

0-1-2-5-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-32-33-34-35-37-38-39-40-41-42-43-44-45-47-48-49-50-51-52-54-55-56-57-58-60-61-62-63-64-65-66-68-69-70-72-73-75-76

Bu geçit şekil-15 deki şebeke üzerinde de kalın çizgilerle belirtilmiştir. Projenin tamamlanması bakımından kritiklik teşkil eden bu geçit fidanlık yöneticisi ve proje uygulayıcısına klavuzluk edecektir.

Tayin edilen kritik geçidin kontrolünde az sonra açıklanacak olan "boş zaman" da kullanılabilir. Çira kritik geçit üzerinde bulunan faaliyetlerin boş zamanları sıfırdır. Hazırladığımız şebekedeki kritik yol bu bakımdan da kontrol edilmiş ve yanlış olmadığı kanıtlanmıştır.

424. Boş Zaman Hesaplaması

Bir faaliyetin boş zamanı, bu faaliyetin projenin uygulamaya aşamasında, projenin toplam süresini uzatmayacak şekilde geciktirilebilme süresi olduğunu daha önce metodu ta-

nırtırken belirtmiştik. Örnek olarak aldığımız, Çobançeşme Orman Fidanlığında 2-0 yaşında karaçam üretimine ait projemizde her faaliyet için boş zaman (toplam boş zaman) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Boş zaman hesaplanırken ileri ve geri zaman hesaplamalarından faydalanılmıştır. 4ıra boş zaman her faaliyet için en geç bitiş tarihinden en erken bitiş tarihi (veya engeç başlama tarihinden en erken başlama tarihi) çıkarılarak hesaplanmaktadır.

Fidanlık mühendisi bu projeyi uygularken faaliyetlerin boş zamanlarını biliyorsa işlerin gidişine göre hangi faaliyeti ne kadar geciktireceğini bilecek ve belirsizlikler ortadan kalkacaktır. Örneğin 3-4 faaliyeti olan "ekilecek tohumun temini" işini 133 gün gibi uzun bir süre geciktirebileceği halde, "toprağın gübrelenmesi" (12-13) faaliyetini hiç geciktirmeden yapmalıdır. Çünkü projenin toplam süresi artacaktır.

Projeye ilişkin boş zaman (toplam boşluk) tablo-2 nin 10. sütununda her faaliyet için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

425. Olasılık Hesabı

Örnek olarak aldığımız bu projeyi uygulayacak olan fidanlık mühendisi gerektiği ve hatta istediği zaman, projenin başlangıcından herhangi bir yerine kadar yapılacak işlerin istenilen bir tarihte bitme olasılığını kolayca hesaplayabilecektir. Olasılık kavramı, Pert Metodunun burada fidanlık mühendisinin hizmetine sunduğu önemli bir araçtır.

Örneğin, en erken bitiş tarihi (EF) 617 gün olan projemizin 610 günde (ES) tamamlanma olasılığını daha önce de verilen bilgiler yardımıyla hesaplamaya çalışalım:

$$S = \sqrt{\sum S^2} = \sqrt{100.44} = 10$$

$$Z = \frac{ES - EF}{S} = \frac{610 - 617}{10} = \frac{-7}{10} = -0,7$$

Z = 0,7 değeri için tabloya bakarsak 0,75804 değerini okuruz. Negatif işaretli olduğu için bu değeri 1 den çık-

rırsak;

$1 - 0,75804 = 0,24 = \% 24$ olasılıkla proje 610 günde bitecektir diyebiliriz.

Fidanlık mühendisi bu hesaplamayı projenin istediği bir aşaması için de yapabilir. Örneğin, 49-50 faaliyetine kadarki kısmın 245 günde tamamlanma olasılığını hesaplamak istese;

$$Z = \frac{245-241}{43,04} = \frac{4}{6,5} = 0,61 = \% 61 \text{ değerini elde ede-}$$

cektir.

Faaliyet Numarası	En İyimsiz Zaman (t_a)	En Olası Zaman (t_m)	En Kötümsiz Zaman (t_b)	Beklenen Zaman (t_e)	En Erken Başlama Tarihi (ES)	En Erken Bitiş Tarihi (EF)	En Geç Başlama Tarihi (LS)	En Geç Bitiş Tarihi (LF)	Toplam Bostluk (TB)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)	Kümülatif Varyans ($\sum S^2$)
0-1	3	5	7	5	0	5	0	5	0	0.66	0.44	0.44
1-2	2	4	6	4	5	9	5	9	0	0.66	0.44	0.88
2-3	1	2	3	2	9	11	142	144	133	0.33	0.11	-
3-4	5	10	15	10	11	21	144	154	133	1.66	2.77	-
4-41	-	-	-	-	21	21	154	154	133	-	-	-
2-5	3	5	7	5	9	14	9	14	0	0.66	0.44	1.32
5-6	1	2	3	2	14	16	19	21	5	0.33	0.11	-
5-7	1	2	3	2	14	16	14	16	0	0.33	0.11	1.43
7-8	3	5	7	5	16	21	16	21	0	0.66	0.44	1.87
6-8	-	-	-	-	16	16	21	21	5	-	-	-
8-9	2	4	7	4	21	25	21	25	0	0.83	0.69	2.56
9-10	4	7	10	7	25	32	25	32	0	1.00	1.00	3.56
10-11	1	2	5	2	32	34	32	34	0	0.66	0.44	4.00
11-12	50	65	80	65	34	99	34	99	0	5.00	25.00	29.00
12-13	2	4	6	4	99	103	99	103	0	0.66	0.44	29.44
13-14	1	2	5	2	103	105	103	105	0	0.66	0.44	29.88
14-15	1	2	3	2	105	107	105	107	0	0.33	0.11	29.99
15-16	3	5	8	5	107	113	107	112	0	0.83	0.69	30.68
16-17	1	2	5	2	112	114	112	114	0	0.66	0.44	31.12

Tablo-2

Pa.No.	ta	tm	tb	te	ES	EP	LS	IF	TB	S	S ²	ΣS ²
17-18	1	2	3	2	114	116	114	116	0	0.33	0.11	31.23
18-19	3	5	8	5	116	121	116	121	0	0.83	0.69	31.92
19-20	1	2	5	2	121	123	121	123	0	0.66	0.44	32.36
20-21	1	2	3	2	123	125	123	125	0	0.33	0.11	32.47
21-22	1	2	3	2	125	127	125	127	0	0.33	0.11	32.58
22-23	1	2	3	2	127	129	127	129	0	0.33	0.11	32.69
23-32	3	5	8	5	129	134	129	134	0	0.83	0.69	33.38
32-33	1	2	3	2	134	136	134	136	0	0.33	0.11	33.49
33-34	2	4	6	4	136	140	136	140	0	0.66	0.44	33.93
34-35	1	2	3	2	140	142	140	142	0	0.33	0.11	34.04
35-37	1	2	3	2	142	144	142	144	0	0.33	0.11	34.15
37-38	5	6	7	6	144	150	144	150	0	0.33	0.11	34.26
38-39	2	2	2	2	150	152	150	152	0	0.00	0.00	34.26
39-40	1	2	3	2	152	154	152	154	0	0.33	0.11	34.37
40-41	1	2	3	2	154	156	154	156	0	0.33	0.11	34.48
34-36	1	2	3	2	140	142	154	156	14	0.33	0.11	-
36-41	-	-	-	-	142	156	142	156	14	-	-	-
12-24	1	1	1	1	99	100	136	137	37	0.00	0.00	-
24-25	1	2	3	2	100	102	137	139	37	0.33	0.11	-
25-26	2	3	5	3	102	105	139	142	37	0.50	0.25	-
26-27	3	5	7	5	105	110	142	147	37	0.66	0.44	-
27-28	3	5	7	5	110	115	147	152	37	0.66	0.44	-
24-29	1	2	3	2	100	102	153	155	53	0.33	0.11	-

Tablo- 2

Fa.No.	t _a	t _m	t _h	t _e	ES	EF	LS	LF	TB	S	S ²	ΣS ²
29-30	-	-	-	-	102	102	155	155	53	-	-	-
28-30	2	3	4	3	115	118	152	155	37	0.33	0.11	-
30-31	1	1	1	1	118	119	155	156	37	0.00	0.00	-
31-41	-	-	-	-	119	119	156	156	37	-	-	-
41-42	2	3	5	3	156	159	156	159	0	0.50	0.25	34.73
42-43	1	1	1	1	159	160	159	160	0	0.00	0.00	34.73
43-44	4	7	10	7	160	167	160	167	0	1.00	1.00	35.73
43-45	2	3	5	3	160	163	164	167	3	0.50	0.25	-
44-45	-	-	-	-	167	167	167	167	0	-	-	35.73
45-47	15	20	25	20	167	187	167	187	0	1.66	2.77	38.50
45-46	1	2	3	2	167	169	185	187	18	0.33	0.11	-
46-47	-	-	-	-	169	169	187	187	18	-	-	-
47-48	19	23	27	23	187	210	187	210	0	1.33	1.77	40.27
48-49	5	8	11	8	210	218	210	218	0	1.00	1.00	41.27
49-50	19	23	27	23	218	241	218	241	0	1.33	1.77	43.04
50-51	5	8	11	8	241	249	241	249	0	1.00	1.00	44.04
51-52	19	23	27	23	249	272	249	272	0	1.33	1.77	45.81
52-54	5	8	11	8	272	280	272	280	0	1.00	1.00	46.81
52-53	1	3	5	3	272	275	277	280	5	0.66	0.44	-
53-54	-	2	-	-	275	275	280	280	5	-	-	-
54-55	19	23	27	23	280	303	280	303	0	1.33	1.77	48.58
55-56	5	8	11	8	303	311	303	311	0	1.00	1.00	49.58

Table 2

Fa.No.	t _a	t _m	t _b	t _e	ES	EF	LS	LF	TB	S	S ²	ΣS ²
56-57	19	23	27	23	311	334	331	334	0	1.33	1.77	51.15
57-58	60	75	90	75	334	409	334	409	0	5.00	25.00	76.35
58-59	5	8	11	8	409	417	431	439	22	1.00	1.00	-
59-60	-	-	-	-	417	417	439	439	22	-	-	-
58-60	25	30	25	30	409	439	409	439	0	1.66	2.77	79.12
60-61	5	8	11	8	439	447	439	447	0	1.00	1.00	80.12
61-62	25	30	25	30	447	477	447	477	0	1.66	2.77	82.89
62-63	5	8	11	8	477	485	477	485	0	1.00	1.00	83.89
62-64	1	3	5	3	477	480	482	485	5	0.66	0.44	-
63-64	-	-	-	-	485	485	485	485	0	-	-	83.89
64-65	25	30	35	30	485	515	485	515	0	1.66	2.77	86.66
65-66	5	8	11	8	515	523	515	523	0	1.00	1.00	87.66
66-67	1	3	5	3	523	526	550	553	27	0.66	0.44	-
67-68	-	-	-	-	526	526	553	553	27	-	-	-
66-68	25	30	35	30	523	553	523	553	0	1.16	2.77	90.43
68-69	5	8	11	8	553	561	553	561	0	1.00	1.00	91.43
69-70	25	30	35	30	561	591	561	591	0	1.66	2.77	94.20
68-71	10	15	20	15	526	541	602	617	66	1.66	2.77	-
71-76	-	-	-	-	541	541	617	617	66	-	-	-
70-72	2	3	4	3	591	594	591	594	0	0.33	0.11	94.31
72-73	3	6	9	6	594	600	594	600	0	1.00	1.00	95.31

Ta blo-2

Fa.No.	t _a	t _m	t _b	t _e	ES	EP	LS	LF	TB	S	s ²	Σs ²
73-75	1	3	5	3	600	603	600	603	0	0.66	0.44	95.75
72-74	3	6	9	6	594	600	597	603	3	1.00	1.00	-
74-75	-	-	-	-	600	600	603	603	3	-	-	-
75-76	7	14	20	14	603	617	603	617	0	2.16	4.69	100.44

Tablo-2

5. SONUÇ VE ÇNEPİLER

Bu çalışma İstanbul, Çobançeşme Orman Fidanlığında 1987-1988 öğrenim yılında yapılmıştır. Amacı, planlama metodlarından olan Pert Metodu'nun diğer ormancılık faaliyetlerinde olduğu gibi orman fidanlıklarında da kullanılabilirliğini göstermektir.

Daha önce de belirtildiği gibi orman işletmesi diğer işletmelerden farklılıklar göstermektedir. Bu fark orman işletmesinin, etkisi altında bulunduğu tabii, biyolojik, sosyal ve ekonomik faktörlerden ileri gelmektedir. Bu da diğer matematik metodlar gibi Pert Metodunun işletme yönetiminde kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle ulaşılan sonuçlar da matematik olarak ifade edilememekte, ancak belirli olasılık dahilinde sonuçlar elde edilebilmektedir.

Pert Metodu'nun bir yönetim aracı olarak kullanılması işletmeciyeye önemli faydalar sağlamaktadır. Meydana gelebilecek herhangi bir hata veya aksaklığın neşeden kaynaklandığını Pert Metodu yardımıyla hiç araştırmaya gerek duymadan tespit edilebilecektir.

Pert Metodu diğer mesleklerde ve ormancılığın diğer faaliyetlerinde olduğu gibi fidanlık çalışmalarında da kullanılabilir ve büyük faydalar sağlayacaktır. Ağaç türüne göre değişen ve bazen oldukça kısa bir dönem süren tohum ekim zamanı Pert Metodu'nun kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Çünkü Pert Metodu yardımıyla ekimden önce yapılacak toprak hazırlığı ve diğer işlemlerin yapılması gereken zaman sınırları tespit edilebilmekte ve böylece ortaya çıkması olası aksaklıklar, bunun sonucu olarak te fidanlıktaki üretim kayıpları önlenmiş olacaktır.

Pert Metodu'nun uygulanabilmesi için fidanlık yöneticisinin metodu tanıması yeterlidir. Metodun uygulanması fazla bir zaman almadığı gibi basit bir hesap makinasından başka araç gereci de gerektirmemektedir. Metod konusunda ay-

rıntılı bilgiye sahip ve fidanlık konusunda da tecrübeli bir yönetici Pert Metodunu fidanlıkta kolayca uygulayabilir. Ayrıca metod konusunda uzman bir plancı fidanlık idarecisinin ve diğer personelinin tevrübesinden yararlanarak hazırlayacak programı (Pert Şebekesini) idarecinin hizmetine sunarak metodun kullanımını sağlayabilir.

Pert Metodu'nu uygulayacak kişilere (Plancılara) ait öneriler;

- Metodu uygulayacak kişi herşeyden önce metodu iyi bir şekilde tanımalıdır.
- Plancı, Metodun uygulanacağı fidanlık hakkında ayrıntılı bilgiye sahip olmalı veya fidanlık yöneticisinden bilgileri doğru ve hatasız bir şekilde almalıdır.
- Plancı, ilgili projenin uygulanması esnasında gerçekleşecek diğer projeleri de tespit ederek onları da dikkate almalıdır. Çünkü kaynak kullanımı bakımından bu projelerin sayısı ve büyüklükleri büyük önem taşımaktadır.
- Plancı, zaman tespiti esnasında, etkili önemli faktörleri gözden uzak tutmamalı ve bu konuda çok önemli olan işçi ve kalifiye işçi çalıştırma olanaklarını ayrıntılı bir şekilde tespit etmelidir.
- Plancı ilgili projeyi uygulayacak kişi değilse, hazırladığı planın (Pert Şebekesinin) kullanımını ve faydalarını proje uygulayıcısına göstererek plandan azami ölçüde faydalanmasını sağlamalıdır.

Genel nitelikteki öneriler:

- Fert metodu, sağladığı büyük faydalara rağmen, uygulaması zor değil ve fazla bir araç ve gereç gerektirmemektedir. Bu nedenle bir an önce fidanlık-larda uygulanmaya konmalıdır.
- Fakülte Lisans eğitime planlara (bu ad altında planlara ile ilgili metodlar) dersi konup orman mühendisine bu konuda bir ön bilgi verilmelidir.

- Veya meslekiçi eğitimle isteyen orman mühendislerine bu metodlar (Pert ve diğer planlama metodları) öğretilmeli
- Eğitilen bu kişilerin, (işletme yöneticisinin tecrübelerinden de yararlanarak) işletmelerde plan yapmaları sağlanmalıdır.

6. ÖZET

"Pert Metodu'nun Fidanlıklarda Uygulanması" adı altındaki bu çalışma İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Programı'na bağlı olarak 1987-1988 öğrenim yılında yüksek lisans tezi olarak yapılmıştır.

Yönetimde kontrolün sağlanabilmesi ve alınacak kararlardaki belirsizliklerin ortadan kaldırılması için kullanılan birtakım yardımcı metodlardan birisi de Pert Metodu'dur. Çalışma yeri olarak seçilen Çobançeşme Orman Fidanlığında, Pert Metodu'nun fidanlık faaliyetlerinde kullanımını göstermek amacıyla bir de örnek proje alınmıştır. 2-0 yaşında karaçam fidanı üretimi olarak alınan bu proje üzerinde metod uygulanmış ve bir şebeke hazırlanmıştır.

Metodun uygulamasında önemli konulardan birisi olan zaman tespiti, yoğunlukla bizzat için gözlenmesi, bazen de bu konuda tecrübeli fidanlık teknik elemanının bilgisine başvurmak suretiyle yapılmıştır. Fakat burada zaman tespiti yapılırken sadece Çobançeşme Orman Fidanlığı'nın imkanları ve burada etkili iç ve dış faktörler dikkate alınmıştır. Yani hazırlanan Pert Şebekesi sadece bu fidanlıkta kullanılabilmek özelliğine sahiptir.

Bu çalışmada şu sonuçlar elde edilmiştir: Pert Metodu fidanlıklarda uygulanabilir niteliktedir. Uygulanmasıyla fidanlık yöneticisine büyük faydalar sağlamaktadır. Bu metod yardımıyla, projede ortaya çıkabilecek bir aksaklığın kaynağının tespit edilmesinde, projedeki faaliyetlerin aralarındaki ilişkinin türü ve derecesinin bilinmesinde ve bu sayede geleceğe dönük olarak alacağı kararların isabetli olması konusunda yönetici büyük avantajlar sağlayacaktır. Metodun uygulanması hesap makinesi dışında herhangi bir araç gereç ve fazladan bir masraf gerektirmemektedir. Bu nedenle metodu bilen her kişi fidanlıkla ilgili bir proje için uygulamasını yapabilecektir.

ÖZETÇE

"PERT Metodunun Orman Fidanlıklarında Uygulanması" adlı bu çalışma İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı; diğer işletmelerde olduğu gibi orman fidanlıklarında da PERT Metodu'nun uygulanabilirliğini göstermektir. Bunun için, çıplak köklü 2-0 yaşında karaçam üretimine ilişkin bir proje üzerinde çalışılmıştır.

Bu metodu uygulayacak bir kişi, metodu iyi tanımalı ve ayrıca uygulamanın yapılacağı fidanlığın şartlarını iyi tanımalıdır. Metodun uygulanmasında metodun uygulanmasının bilinmesi ve fidanlık şartlarının (ör. kalifiye işçi bulabilme, ekipman durumu, ekolojik şartlar vb.) bilinmesi çok önemlidir.

Diğer taraftan Metodun uygulanmasında önemli bir konu daha vardır. Bu da çalışma sürelerinin tahminidir. Bu çalışmada süre tahminleri bizzat araştırmacı tarafından gözlem suretiyle tespit edilmiştir. Fakat gözlenemeyen bazı zamanlar fidanlık teknik personelinden alınmıştır.

Bu çalışma sonucunda PERT Metodu'nun orman fidanlıklarında uygulanabileceği ortaya konmuştur. Zira bu metod yardımıyla fidanlık mühendisi çok sayıda avantaja sahip olacak ve geleceğe ilişkin yönetimle ilgili kararlarını kolaylıkla alabilecektir.

RESUME

Ce travail intitulé "Application de la Méthode de PEPT* Dans Les Pépinières Forestières" est réalisé dans l'Institut des Sciences de l'Université d'Istanbul.

Le but de ce travail est de montrer que la Méthode de PEPT est applicable aux travaux des pépinières forestières comme dans les autres exploitations. C'est pour cette raison qu'on a travaillé sur un projet de production des plantes à racine nue de pin noir de l'âge de 2-0

Un personne qui veut appliquer cette Méthode doit avoir les informations suffisantes sur la méthode et sur les conditions de pépinière dans laquelle on fera l'application. Ce qui est très importante est de savoir l'application de cette méthode et de connaître les conditions de pépinière à titre d'exemple les qualifications des ouvriers, les équipements, les conditions écologiques...

D'autre part il s'agit d'un problème important au sujet d'application de la Méthode de PEPT: estimation des durées de traitement culturel. Dans cette recherche les durées sont déterminées à l'issue des observations réalisées par le chercheur lui-même. Quelques durées que l'on n'a pas pu déterminer par le chercheur sont obtenues à partir des personnels techniques de la pépinière.

A la fin de ce travail on a constaté que la Méthode de PEPT peut être utiliser dans l'organisation des travaux pépinière. Car cette Méthode pourra assurer beaucoup d'avantages à l'ingénieur de pépinière et ainsi, ils pourront prendre facilement les décisions administratives pour l'avenir.

* PEPT: Program Evaluation and Review Technique

YAPARIANLIAN KAYNAKLAR

- * AKESEN, A. : 1977. PERT Yönteminin Ulusal Park Çalışmalarında Uygulanması, İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 27, Sayı 2, İSTANBUL.
- * ASAN, Ü. : 1981. Kritik Yörünge Metodu (CPM) ile Programları Değerlendirme ve Güzden Geçirme Tekniği (PERT)'nin Tanıtılması ve Amenajman Planı Yapımında Kullanılması, İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 31, Sayı 2, İSTANBUL.
- ÇETMELİ, E. : 1982. Yatırımların Planlanmasında Kritik Yörünge (CPM) ve Pert Metodları, Teknik Kitaplar yayınevi, İSTANBUL.
- EREN, E. : 1979. İşletmede Stratejik Planlama, İ.Ü.İşletme Fakültesi, İ.Ü.Yayın No: 2666, İşletme Fak. Yayın No: 88, Yönetim ve Organizasyon Enstitüsü Yayın No: 2, İSTANBUL.
- * GERAY, U. : 1979. Yöneylem Araştırması Bildiriler 76, Ormancılıkta Gerçek tarife Bedeli ve Bunun İşletmenin Entansitesini Tayinde Kullanılması, O.D.T.Ü., ANKARA.
- GÜLERMAN, A. : 1970. Pert/Maliyet Tekniği, İşletmede Bir Yönetim Aracı Olarak Kullanılması, Ankara İTİA Yayınları, Yayın No: 37, ANKARA.
- HALAÇ, O. : 1978. Kantitatif Karar Verme Teknikleri, İ.Ü.İşletme Fakültesi Yayınları, Yayın No: 86, İSTANBUL.
- İKTÜEPEN, Ş. : 1985. Torbalı Orman Fidanlığında Kızılçam Fidanı Üretimine İlişkin İş-Zaman Analizleri, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Pülten No: 169.
- KALIPSIZ, A. : 1981. İstatistik Yöntemler, İ.Ü.Orman Fakültesi yayınları, İ.Ü.Yayın No: 2837, Or.Fak. Yayın No: 294, İSTANBUL.

- * KALIPSIZ, A. : 1973. Ormancılıkta Matematik Modeller ve Yöneylem Araştırmaları, İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 23, Sayı 1.
- √ KALIPSIZ, A. : 1970. Orman Ağaçlama Yatırımlarının Planlanması Esasları, İ.Ü.Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 1539, Or.Fak. Yayın No: 153, İSTANBUL.
- √ KAPAKOYUNLU, Y.: 1972. Yatırım Projelerinde Programlama Kontrol ve Uygulama Düzeni İçin Bir Metod Şebeke Analizleri (PERT ve CPM), DPT Yayın No: 1192, İFD Yayın No: 330, ANKARA.
- KARAYALÇIN, İ.İ.:1979. Harekat Araştırması, İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Fatih Yayınevi Matbaası, İSTANBUL.
- LEVİN, İ.İ.
- KIRKPATRICK, C.A.:1968. PERT ve CPM ile Planlama ve Denetim, ODTÜ İdari İlimler Fakültesi, Yayın No: 12, ANKARA.
- MİRABOĞLU, M. : 1983. Ormancılık İşletme İktisadı, İ.Ü.Orman Fakültesi, İ.Ü.Yayın No: 3143, Or.Fak. Yayın No: 340, İSTANBUL.
- O.G.M. : 1986. Fidanlık Çalışmaları, OGM Eğitim Dairesi Başkanlığı Yayın ve Tanıtma Şube Müdürlüğü Matbaası, ANKARA.
- SAATÇIOĞLU, F. : 1976. Fidanlık Tekniği, İ.Ü.Orman Fakültesi, İ.Ü.Yayın No: 2188, Or.Fak. Yayın No: 223, İSTANBUL.
- * SOYKAN, B. : 1979. Yöneylem Araştırması, Bildiriler 76, Orman Amenajmanına İlişkin Sorunların Çözümünde Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanakları, O.D.T.Ü., ANKARA.
- * SUN, O. : 1972. Ormancılık Çalışmalarında Yürütülecek Projelere İlişkin Birbirini İzleyen İşlem Akımlarının Düzenlenmesi ve Değerlendirme Yöntemleri, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, Cilt 18, Sayı 2, ANKARA.

YÜKSEL, B. : 1973. İnşaat Planlamasında Modern Metodlar
CPM ve PERT, İTÜ. İnşaat Fakültesi, İTÜ İn-
şaat Fakültesi Matbaası, İSTANBUL.

EXHIBIT 1

+ veya —	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53583
0.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
0.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
0.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65173
0.4	.65542	.65910	.66273	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
0.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
0.6	.72575	.72907	.73237	.73566	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
0.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
0.8	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
0.9	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
1.0	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85769	.85993	.86214
1.1	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87698	.87900	.88100	.88298
1.2	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670

