

Tren Çizelgeleme Problemi: Bir Modelleme ve Çözüm Yaklaşımı

Dr. Özgür YALÇINKAYA

Özet: Demiryolu yönetiminde karşımıza çıkan önemli problemlerden biri de tren çizelgeleme problemidir. Tren çizelgeleme/tarife oluşturma problemi bir tren kümesi için demiryolunun kapasitesini ve diğer işletme **kısıtlarını** dikkate alarak bir **çizelge/tarife** oluşturma işidir. Bu **çalışmada** problemin çözümü için geliştirilen olurlu tarife üretici simülasyon modelleme yapısı bir örnek demiryolu koridoru üzerinde anlatılmıştır. Amaç koridordaki tüm istasyonlar için trenlerin istasyona geliş ve kalkış sürelerini veren olurlu bir tarife oluşturmak ve bu tarifeye bağlı koridor için ortalama tren seyahat süresini hesaplamaktır. Geliştirilen simülasyon modelleme yapısı rastgele olayları içermektedir ve herhangi bir sebeple tarifede bir bozulma/aksaklık olması durumuyla da baş edebilmektedir. Bu nedenle geliştirilen yapı sadece çizelgeleme/tarife oluşturma (*scheduling/timetabling*) değil aynı zamanda yeniden çizelgeleme/sevk etme (*rescheduling/dispatching*) problemleri için de kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: tren, demiryolu, çizelgeleme, tarife oluşturma, sevk etme, simülasyon

1. Giriş

Tren çizelgeleme problemi literatürde yer alan yapısı ve kısıtları itibari ile kompleks bir problemdir. Bir demiryolu sisteminde ya da koridor olarak ifade edilen sistemin önemli bir bölümünde tren hareketlerinin çizelgenmesi ile ilgilidir ve tren kümesi için demiryolu kapasitesiyle diğer işletme kısıtları dikkate alınarak bir tarife oluşturulur. Problemin çözülmesi sonucunda trenlerin rotası **üzerinde** bulunan her bir istasyona geliş, istasyonda duruş ve kalkış sürelerini içeren bir çizelge çıktı olarak elde edilmektedir.

Literatürde yer alan genel tren çizelgeleme problemi iki ana istasyonu birbirine bağlayan üzerinde başka ara istasyonlar da olan tek bir hattı dikkate alır [1]. Problem, demiryolu sisteminin gerçek hayat davranışlarının dikkate alınmasıyla daha karmaşık bir hal alabileceği gibi üzerinde çalışılan demiryolu sistemiyle ilgili bazı varsayımlar yapılarak da daha rahat çözülebilir hale getirilebilir.

Literatürde problem genel olarak iki alt bölümde incelen-

miştir: (a) **çizelgeleme/tarife oluşturma** (*scheduling/timetabling*) ve (b) yeniden çizelgeleme/sevk etme (*rescheduling/dispatching*). **İlk kısımdaki çalışmalar** görece uzun bir süreyi kapsayan, sistemin çalışması esnasında gelişebilecek rastgele durumların da göz önünde tutulması ile bir olurlu tren çizelgesinin oluşturulduğu çalışmalardır. **İkinci kısımdaki çalışmalarda ise hâlihazırda** uygulamada olan bir tarifede rastgele olaylar sonucu oluşan bozulmaların gerçek zamanlı olarak düzeltilmesi üzerinde duran çalışmalardır. Burada daha önceki aşamada yaratılan olurlu çizelgedeki bozulmalar düzeltilerek çizelge yeniden olurlu hale getirilmektedir.

Simülasyon kompleks işlem ve sistemlerin, dizayn ve operasyonunda kullanılan mevcut analiz araçlarının en güçlülerinde biridir. Artan rekabet ortamında simülasyon, sistemlerin planlanması, dizaynı ve kontrolü amaçları için kullanılan bir araç haline gelmiştir. Günümüzde gerek mühendisler gerekse yöneticiler tarafından sıkça kullanılan vazgeçilmez bir problem çözme aracı olarak da görülmektedir. Bu noktada tanımını yapmak gerekirse, simülasyon; mevcut yada önerilen bir sistemin performansını çeşitli koşullarda ve uzun zaman periyotlarında değerlendirmek için kullanılan bir araçtır denilebilir.

Okuduğunuz bu çalışmada bir demiryolu sisteminde olurlu bir tren çizelgesi/tarifesi elde etmek için geliştirilen simülasyon modelleme yapısı bir örnek üzerinde anlatılacaktır. Simülasyon modeli demiryolu koridoru üzerindeki tüm istasyonlar için trenlerin istasyona geliş ve kalkış sürelerini veren olurlu bir tarife üretmekte ve koridordaki ortalama tren seyahat süresini hesaplamaktır. Daha detaylı bilgiler için kaynakçada yer alan [2-9] numaralı çalışmalar incelenebilir.

2. Yöntem ve Tartışma

2.1. Örnek Problem

Örnek problemdeki demiryolu ray yapısı gerçek bir demiryolundan esinlenilerek geliştirilmiştir. Demiryolu hattı, üzerinde iki yönlü tren hareketinin mümkün olduğu tek bir ray sisteminden oluşan bir koridordur. Koridor üzerinde 10 adet *gerçek* istasyon vardır ve coğrafi olarak

doğudan batıya doğru S_i ($i = 1, 2, \dots, 10$) şeklinde sırasıyla numaralandırılmıştır. Koridorun başlangıç ve bitiş uç noktalarını tanımlayan iki adet son durağı (*terminus*) mevcuttur. Tablo 1'den görüleceği üzere son duraklar (TS_1 ve TS_{10}) arasındaki toplam hat uzunluğu 286270 metredir. Tüm gerçek istasyonlarda 200 metre uzunluğunda platformlar olması nedeniyle koridorun tam uzunluğu 288270 metre olmaktadır.

Tablo 1. Gerçek istasyonlar arasındaki ray uzunlukları

Buraya Buradan	TS_1 (Doğu)	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	TS_{10} (Batı)
TS_1	0	500	28070	60170	88400	125210	170060	197060	214460	243560	285770	286270
S_1	500	0	27570	59670	87900	124710	169560	196560	213960	243060	285270	285770
S_2	28070	27570	0	32100	60330	97140	141990	168990	186390	215490	257700	258200
S_3	60170	59670	32100	0	28230	65040	109890	136890	154290	183390	225600	226100
S_4	88400	87900	60330	28230	0	36810	81660	108660	126060	155160	197370	197870
S_5	125210	124710	97140	65040	36810	0	44850	71850	89250	118350	160560	161060
S_6	170060	169560	141990	109890	81660	44850	0	27000	44400	73500	115710	116210
S_7	197060	196560	168990	136890	108660	71850	27000	0	17400	46500	88710	89210
S_8	214460	213960	186390	154290	126060	89250	44400	17400	0	29100	71310	71810
S_9	243560	243060	215490	183390	155160	118350	73500	46500	29100	0	42210	42710
S_{10}	285770	285270	257700	225600	197370	160560	115710	88710	71310	42210	0	500
TS_{10}	286270	285770	258200	226100	197870	161060	116210	89210	71810	42710	500	0

Bu konudaki çalışmalar genellikle olurlu olmayan, içinde çakışmalar (aynı hat üzerinde ters yönde hareket eden trenlerin karşılaşması) barındıran taslak halindeki tren tarifesiyle yola çıkarlar. Çakışmalar tespit edilip çözüldükten sonra olurlu hale gelen tren tarifesi demiryolu sistemi yöneticileri tarafından uygulamaya koyulur. Tablo 2'de uç noktalarda bulunan iki gerçek istasyon için (S_1 ve S_{10}) tren geliş ve kalkış saatlerini içeren planlanan başlangıç tren tarifesi verilmiştir. Tabloda WB_i ($i = 1, 2, \dots, 10$) trenleri batıya doğru hareket eden trenleri işaret etmektedir, bu trenler koridorun doğu kısmından koridora girer ve batı kısmından çıkarlar. Diğer taraftan, EB_i ($i = 1, 2, \dots, 10$) trenleri ise tam tersi yöne, batıdan doğuya doğru hareket eden trenlerdir. Bunlar ise koridora batı kısmından girer koridorun doğu kısmından çıkarlar.

Tablo 2. Planlanan başlangıç tren tarifesi

İstasyon	Tren	Geliş zamanı	Kalkış zamanı	İstasyon	Tren	Geliş zamanı	Kalkış zamanı
S_1	WB_1	00:00	00:10	S_{10}	EB_1	00:00	00:10
	WB_2	02:00	02:10		EB_2	02:00	02:10
	WB_3	04:00	04:10		EB_3	04:00	04:10
	WB_4	06:00	06:10		EB_4	06:00	06:10
	WB_5	08:00	08:10		EB_5	08:00	08:10
	WB_6	10:00	10:10		EB_6	10:00	10:10
	WB_7	12:00	12:10		EB_7	12:00	12:10
	WB_8	14:00	14:10		EB_8	14:00	14:10
	WB_9	16:00	16:10		EB_9	16:00	16:10
	WB_{10}	18:00	18:10		EB_{10}	18:00	18:10

2.2. Olurlu Tarife Üreten Simülasyon Modeli

Simülasyon modeli, Arena kesikli olay simülasyon yazılımı kullanılarak modüler bir tarzda geliştirilmiştir. İlk olarak, demiryolu koridoru (istasyonları, bağlantı elemanları (raylar) ve kesişme noktaları ile birlikte) modellenmiş, sonra hat bozulmaları ve tamir süreleri modele dahil edilmiştir. Ardından, koridor üzerindeki tren hareket mantığı modellenmiştir. Sabit tren hızları esnetilerek değişebilir hale getirilmiş ve istasyonlardaki planlı bekleme sürelerine ilave plansız gecikmeler modele eklenmiştir. Sistemdeki tren sayısı artırılmış ve planlanan başlangıç tren tarifesi de koridora dışarıdan gelen trenlerin erken gelmesi ya da geç kalması ihtimallerini içerecek şekilde düzenlenmiştir. Son adım olarak modelin animasyonu geliştirilmiştir.

Simülasyon modelleme aşamasında yapılan bazı genel varsayımlar:

- Modelde uzunluk için metre, zaman için saniye birimi kullanılmıştır.
- Tüm trenler aynı tiptir.

- Yolcular modele dahil edilmemiştir.
- Aynı yönde hareket edecek iki ardışık trenin istasyondan kalkış zamanları arasında güvenli seyahat için bir süre (*time headway*) tanımlanmıştır.
- Aynı yönde hareket eden birden fazla tren aralarında güvenli seyahat amacıyla tanımlanmış bir mesafe (*distance headway*) ile aynı hattı kullanabilmektedir.
- Koridor dışında yer alan, kontrol edilemeyen olaylar nedeniyle planlanan başlangıç tren tarifesinde, trenlerin erken gelmesi ya da geç kalmasıyla oluşacak bozulmalar modele dahil edilmiştir.

Modeldeki demiryolu koridoru, bağlantı elemanları (raylar) ve kesişme noktalarının bileşiminden oluşur ve Arena yazılımının *Networks Element*'i ile modellenmiştir. Bağlantı elemanları trenin üzerinde hareket ettiği hat parçalarıdır ve Arena yazılımının *Links Element*'i ile modellenmiştir. Kesişme noktaları, bağlantı elemanlarının birleştiği noktalar ve Arena yazılımının *Intersections Element*'i ile modellenmiştir.

İstasyonlar trenlerin yolcu indirme/bindirme, park etme veya herhangi bir arızanın giderilmesi için durabileceği/bekleyebileceği yerlerdir. Koridor üzerinde *gerçek* istasyonların (S_i 'ler) aralarında yer alacak şekilde *hayali* istasyonlar (dS_{ij} 'ler) tanımlanmıştır. Trenler hat üzerinde ilerlerken eğer hat parçasında bir arıza meydana gelirse bu *hayali* istasyonlarda hattın tamir edilmesini beklerler. İstasyonlar Arena yazılımının *Stations Element*'i ile modellenmiştir.

Geliştirilen simülasyon modelinde bağlantı elemanları, kesişme noktaları ve hat arızaları değişkenlerle kontrol edilmektedir. Değişkenlerin tanımlanması için Arena yazılımının *Variables Element*'i kullanılmıştır.

Simülasyon modelinin *koridorun modellenmesi bölümüyle* ilgili bazı varsayımlar:

- Demiryolu sistemi tek hatlı bir koridordur.
- Tek hat üzerindeki trafik iki yönlüdür.
- Koridor üzerinde 10 adet *gerçek* istasyon (S_i 'ler) ve 20 adet de *hayali* istasyon (dS_{ij} 'ler) mevcuttur.
- Her bir *gerçek* istasyonun kapasitesi iki trendir, yani aynı anda bir *gerçek* istasyonda en fazla iki tren olabilir.
- Her bir *hayali* istasyonun kapasitesi bir trendir, yani aynı anda bir *hayali* istasyonda en fazla bir tren olabilir.

Hat arızası hattın tren tarafından seyahat için kullanılmasını engelleyen bir olaydır. Tren hattı ancak tamir edildikten sonra kullanılabilir. Simülasyon modelinde hat bozulmaları değişkenlerle kontrol edilmektedir. Eğer hat parçasında bir arıza meydana gelmişse trenlerin bu hat parçasını kullanması tamir işlemi bitene kadar engellenir.

Eğer arıza tren, hat parçası üzerinde seyahat ederken meydana gelmişse ve güzergâhındaki bir sonraki istasyon bir *hayali* istasyonsa tren seyahatine bu istasyona ulaşana kadar devam eder. İstasyona eriştiğinde hat bozulmasının olduğu alt parçanın gideceği yönde olup olmadığını kontrol eder. Eğer arıza gideceği yön üzerindeyse tamir süresince bekler, aksi durumda arıza hat parçasının trenin arkasında kalan alt bölümünde oluşmuş demektir ve tren yolculuğuna *hayali* istasyonda durmadan devam eder.

Simülasyon modelinin *tren hareketlerinin modellenmesi bölümüyle* ilgili bazı varsayımlar:

- Trenler bütün *gerçek* istasyonlarda durur.
- Tren bir *hayali* istasyonda eğer önündeki hat alt parçasında bir arıza varsa durur.
- Ters yönde hareket eden trenler ancak *gerçek* istasyonlarda karşılaşılabılır.
- *Gerçek* istasyonlarda indirme/bindirme işlemler için bir bekleme süresi (*dwel times*) tanımlanmıştır.
- *Gerçek* istasyonlarda planlanmamış bekleme için rasgele süreler modele eklenmiştir. Bu süreler nedeniyle aynı yönde hareket eden trenler birbirlerini *gerçek* istasyonlarda geçebilir.
- Hat parçasının trene tahsisi kararı tren *gerçek* istasyondayken şu sorular sorularak verilir: Bağlantı elemanları ve kesişme noktaları bu tahsise uygun mu? Hat parçasında bozulma var mı? Bu tahsis kararı bir blokaja/kördüğümüne sebep olur mu?
- Hat parçasının çevresinde komşu *gerçek* istasyonlarda bulunan ve aynı hat parçasını kullanmak isteyen, gerekli bekleme sürelerini tamamlamış aday trenler arasından hattın hangisine tahsis edileceğini belirlemek için *ilk gelen ilk hizmet görür* kuralı uygulanır. Aday trenler içinden ilk sıradaki tren alınır, tahsis için gerekli şartları karşılayıp karşılamadığı kontrol edilir, karşılıyorsa hat parçası o trene tahsis edilir, karşılamıyorsa listedeki ikinci tren için kontroller yapılır. Kontrol işlemi sırasıyla şartları sağlayan tren bulunana kadar devam ettirilir.

Tren hareketlerinin blokaja/kördüğümüne sebep olmaması için yazar tarafından bir algoritma (*blockage preventive algorithm*) geliştirilmiş ve modele eklenmiştir. Bu algoritma bir trenin bulunduğu *gerçek* istasyonu terk etmesinden önce trenin ziyaret edeceği tüm *gerçek* istasyon kapasitelerinin kontrolü üzerine kurulmuştur. Burada *gerçek* istasyonların boş kapasiteleri ve eğer varsa oradaki trenlerin hareket yönü önem taşımaktadır. Geliştirilen algoritma blokaj/kördüğüm oluşmasına izin vermeyerek olurlu bir tren tarifesinin oluşmasını garanti etmektedir. Böylece blokaj/kördüğüm oluşturacak tren hareketleri daha oluşmadan engellenmektedir.

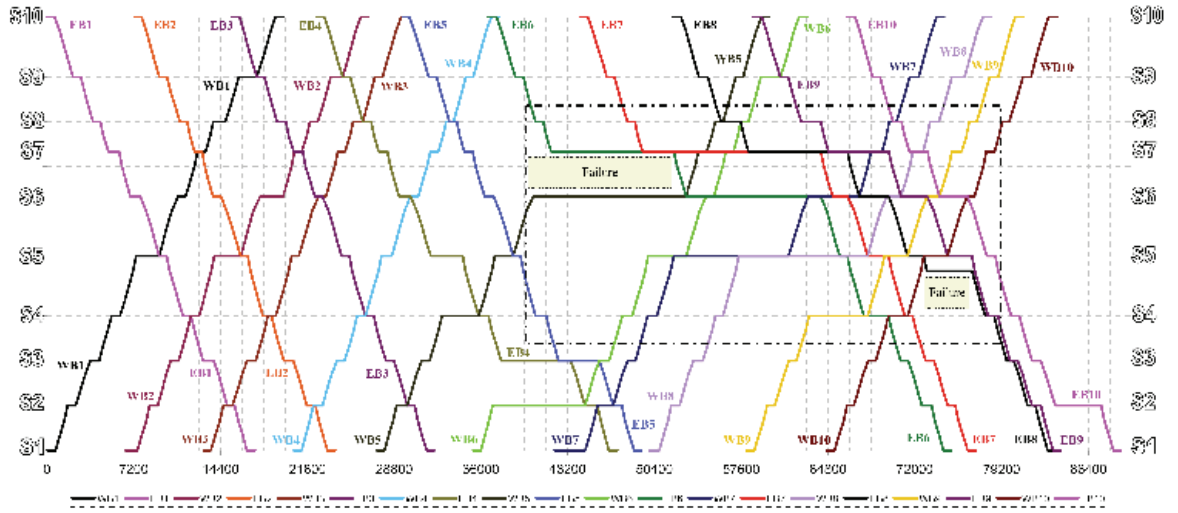
Simülasyon modeli; modüler bir tarzda geliştirme, interaktif hata ayıklayıcılarını kullanma, rasgele değer alan değişkenler yerine sabitler kullanma, sonuçları manuel kontrol etme ve sistemin animasyonunu (Arena yazılımının *Animate* aracını kullanarak) geliştirme yöntemleri ile doğrulanmıştır.

2.3. Simülasyon Modeli Çıktısı Tarife

Bu bölümde simülasyon modelinin çıktısı olarak elde edilen çıkışma içermeyen olurlu bir tren çizelgesi detaylı olarak incelenecektir.

Şekil 1 de görülen olurlu tren-istasyon diyagramı için model tarafından hesaplanan ortalama tren seyahat süresi 24218 saniyedir. WB_1 ve EB_1 trenleri Tablo 2'de verilen planlanan başlangıç tren tarifesine göre (planlanmamış gecikmeler de dahil) S_1 ve S_{10} gerçek istasyonlarından hareket etmektedirler. Diğer gerçek istasyonlardan kalkış saatleri ise simülasyon modeli tarafından çıkışmaları engelleyecek şekilde belirlenmektedir, burada modelin çizelgeleme/tarife oluşturma (*scheduling/timetabling*) kabiliyeti görülmektedir.

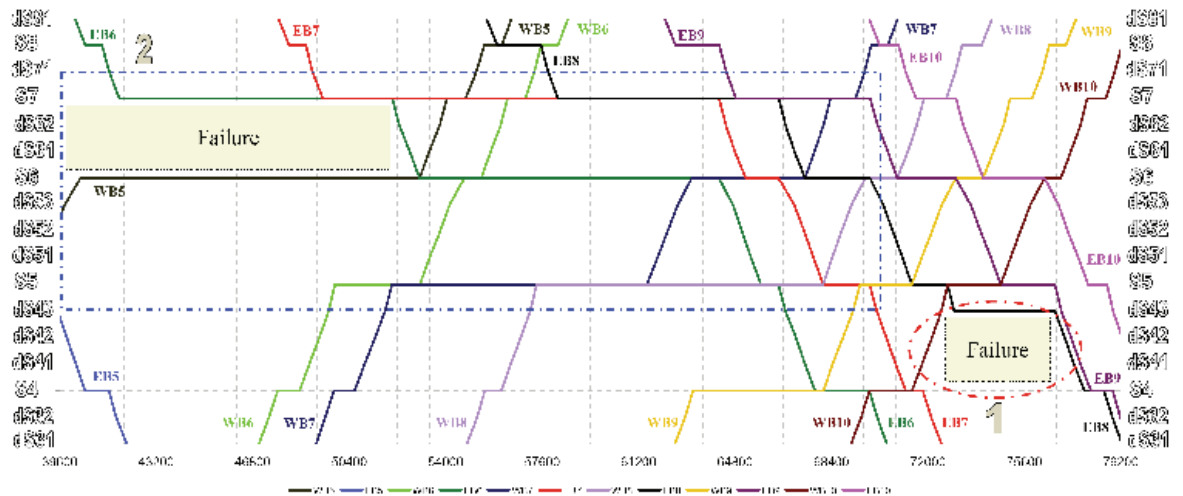
Şekil 1. Tren-istasyon diyagramı



Kesikli çizgili dikdörtgenle işaretlenmiş bölüme bakıldığında hat parçalarında arızaların meydana geldiği ve bu nedenle hat parçalarının trafiğe kapatıldığı, tarifede bozulma/aksama gerçekleştiği, hat arızaları tamir edildikten sonra ise blokaj/kördüğüm olmadan tren hareketlerinin tekrar başladığı, tarife bozulmasının düzeltildiği görülmektedir. Burada da modelin yeniden çizelgeleme/sevk etme (*rescheduling/dispatching*) kabiliyeti ortaya çıkmaktadır. Bu işaretli bölüm Şekil 2'de daha detaylı olarak gösterilmiş ve ardından tartışılmıştır.

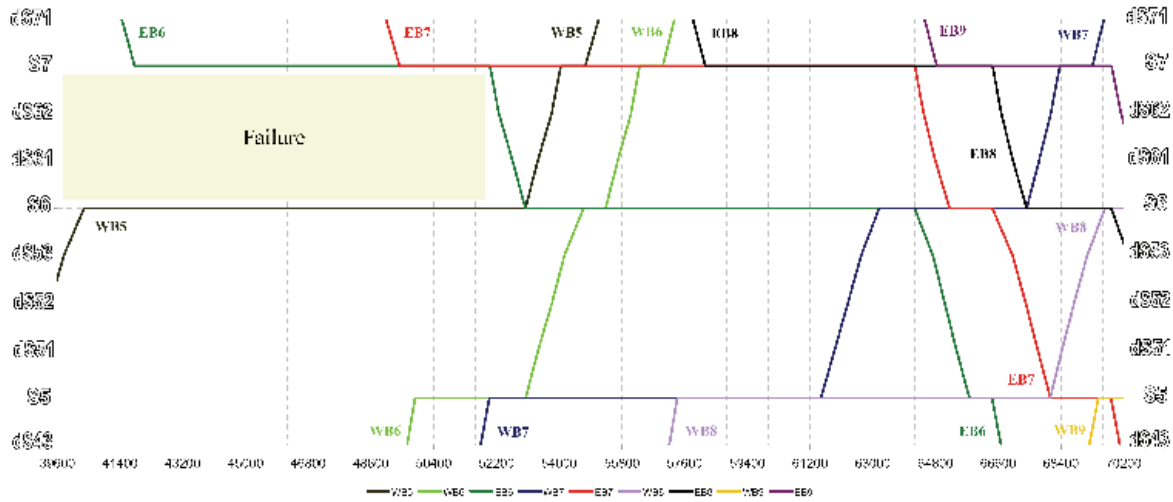
Şekil 2'de dS_{31} ve dS_{81} hayali istasyonları arasındaki demiryolu parçasında, 39600-79200 saniyeleri arasındaki durum görülmektedir.

Şekil 2. 39600 ve 79200 saniyeleri arasında dS_{31} - dS_{81} bölümü için tren-istasyon diyagramı



1 rakamı ile işaretlenmiş kesikli çizgi ile çizilmiş daire içerisinde görüldüğü gibi EB_8 treni S_5 gerçek istasyonundan S_4 gerçek istasyonuna doğru harekete başladıktan sonra hatta bir arıza durumu meydana gelmiştir. Bu nedenle EB_8 treni tamirat süresi boyunca dS_{43} hayali istasyonunda beklemiştir. EB_9 treni ise S_5 gerçek istasyonuna hat arızası başladıktan sonra geldiği için tamirat süresince bu istasyonda beklemiştir. Arıza giderilip hat tekrar trafiğe açıldığında EB_8 ve EB_9 trenleri S_5 ve S_4 gerçek istasyonları arasında, aralarında güvenli seyahat mesafesi ile (*distance headway*) aynı yönde ilerlemişlerdir. 2 rakamı ile işaretlenmiş kesikli çizgi ile çizilmiş dikdörtgen içerisinde gösterilen bölüm ise Şekil 3'de daha detaylı olarak gösterilmiş ve ardından tartışılmıştır.

Şekil 3. 39600 ve 70200 saniyeleri arasında dS_{43} ve dS_{71} bölümü için tren-istasyon diyagramı



Şekil 3'de, dS_{43} ve dS_{71} hayali istasyonları arasındaki demiryolu parçasında, 39600-70200 saniyeleri arasındaki durum görülmektedir. S_6 ve S_7 gerçek istasyonları arasında bir hat arızası meydana gelmiştir. Trenler ancak hat tamir edildikten sonra seyahatlarına devam edebileceklerdir.

Bozulan/aksayan tren çizelgesinin/tarifесinin simülasyon modeli tarafından tekrar olurlu hale getirilmesini, modelin yeniden çizelgeleme/sevk etme (*rescheduling/dispatching*) kabiliyetini daha anlaşılır kılmak için Şekil 3'de görülen önemli olayları sözel ve kronolojik olarak maddeler halinde ifade etmek gerekirse:

- 39600. saniyede her üç gerçek istasyon da boştur, WB_5 treni S_5 'den S_6 'ya doğru yol almaktadır, S_6 ve S_7 arasındaki hat parçasında bir hat arızası vardır.
- WB_5 treni S_6 'ya erişir, hat arızası devam etmektedir, WB_5 treni tamirden sonra hat parçasını kullanmak isteyen trenlerden oluşan aday tren listesinin ilk sırasına yerleşir.
- EB_6 treni S_7 'ye erişir ve aday tren listesinin ikinci sırasına yerleşir.
- EB_7 treni de S_7 'ye gelir ve aday tren listesinin üçüncü sırasına yerleşir.
- WB_6 treni S_5 'e gelir, bir süre sonra bu istasyona WB_7 treni de erişir. Hali hazırda S_6 'da bir trenlik boş kapasite olmasına rağmen WB_6 ve WB_7 trenleri S_5 'de beklemeye devam ederler, çünkü bu trenlerden herhangi birinin S_6 'ya gelmesi blokaja/kördüğüme sebep olacaktır.
- S_5 - S_7 bölgesinde toplam beş tren hareket edebilmek için arızanın tamir edilmesini beklemektedir.
- Arızanın giderilmesinden sonra hat parçası aday trenlerin hareketine açılır, hat parçasını kullanmak üzere bekleyen birden fazla (üç) aday tren olduğu görülmektedir. Aday tren listesinin ilk sırasında WB_5 treni olmasına rağmen onun hareketine izin verilmesi durumunda çakışma oluşacaktır. Bu nedenle listede ikinci sırada yer alan EB_6 treni hareket ederek tamir edilen hat parçasını kullanır.
- WB_5 treni hareket eder, S_5 - S_7 bölgesinde dört tren kalır.
- WB_6 treni hareket eder ve bölgede üç tren kalır.
- Yeni bir tren, WB_8 treni S_5 'e gelir, bölgedeki tren sayısı dörde çıkar.
- Yeni bir tren, EB_8 treni S_7 'ye gelir, tren sayısı beş olur.
- Yeni bir tren, EB_9 treni S_7 'ye gelir, bölgedeki tren sayısı altıya çıkar.
- EB_6 treni S_5 'den kalkarak bölgeyi terk eder, tren sayısı beşe düşer.

- WB₇ treni S₇'den kalkarak bölgeyi terk eder, bölgedeki tren sayısı dörde düşer.
- Yeni bir tren, WB₃ treni S₅'e gelir, tren sayısı beş olur.
- EB₇ treni (bölgeye hat arızası sürerken giren son trendir), S₅'den kalkarak bölgeyi terk eder ve tren sayısı dörde düşer. 70200. saniyeye geldiğinde bölgede dört tren olduğu görülür, bu trenlerin hepsi bölgeye tamirden sonra gelmişlerdir.

3. Sonuç

Bu çalışmada tren çizelgeleme probleminin çözümü için geliştirilen olurlu tarife üretici simülasyon modelleme yapısı bir örnek demiryolu koridoru üzerinde anlatılmıştır. Geliştirilen simülasyon modelleme yöntemi rastgele olayları içermektedir ve herhangi bir sebeple meydana gelen olaylar sonucu tarifede bir bozulma/aksaklık olması durumuyla da baş edebilmektedir. Önerilen bu yaklaşım kullanılarak, demiryolu sistemi, sadece sisteme özgü modifikasyonlar yapılarak kolaylıkla modellenebilir ve olurlu sonuçlar hızlıca elde edilebilir. Konuya merak duyan araştırmacılar daha detaylı bilgiler için [2-9] da verilen kaynakları inceleyebilir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Caprara, A., Fischetti, M., Toth, P., 2002, *Modeling and solving the train timetabling problem*, Operations Research, 50, 851-861.
- [2] Yalçınkaya, Ö., 2010, *A feasible timetable generator simulation modelling framework and simulation integrated genetic and hybrid genetic algorithms for train scheduling problem (Tren çizelgeleme problemi için bir olurlu tarife üretici benzetim modelleme yapısı ve benzetim bütünlük genetik ve melez genetik algoritmalar)*, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [3] Yalçınkaya, Ö., Bayhan, G.M., 2012, *A feasible timetable generator simulation modelling framework for train scheduling problem*, Simulation Modelling Practice and Theory, 20, 1, 124-141.
- [4] Yalçınkaya, Ö., 2012, *A simulation modelling framework for train scheduling problem*, 1st Departmental IE OR Mini Conference, Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 13-14 Şubat, İzmir, Türkiye.
- [5] Yalçınkaya, Ö., 2012, *A timetable generator simulation modelling framework for train scheduling problem*, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 32. Ulusal Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, 51, 20-22 Haziran, İstanbul, Türkiye.
- [6] Yalçınkaya, Ö., 2014, *A feasible timetable generator simulation model for train scheduling problem*, Brauns-

chweig Teknik Üniversitesi Ulaşım, Demiryolu İnşası ve İşleyişi Enstitüsü, Enstitü Semineri, 11 Mart, Braunschweig, Almanya.

[7] Yalçınkaya, Ö., 2014, *A simulation modelling framework for train timetabling problem*, Transist 2014 - 7. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı, 19-20 Aralık, İstanbul, Türkiye.

[8] Yalçınkaya, Ö., 2015, *Train scheduling problem - Phase I: A general simulation modelling framework*, IC-ARE'15 Uluslararası İleri Demiryolu Mühendisliği Kongresi, 190-195, 2-4 Mart, İstanbul, Türkiye. [Bu bildiri Kongre Bilim Komitesi tarafından seçilerek *Uluslararası Demiryolu Araştırmaları Dergisi* (International Journal of Railway Research)'nde basılmıştır.]

[9] Yalçınkaya, Ö., 2014, *Train scheduling problem - Phase I: A General Simulation Modelling Framework*, International Journal of Railway Research, 1, 2, 23-30.



Dr. Özgür YALÇINKAYA

Özgür Yalçınkaya 1978 yılında Kırıkkale'de doğdu.

2000 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden Bölüm Birinciliği derecesi ile mezun oldu. Aynı ana

bilim dalında "Bir Şehirçi Kamu Taşımacılık Sistemi İçin Optimizasyon Çalışması" başlıklı İzmir Metro A.Ş.'de yürüttüğü tez çalışması ile 2004 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı. TÜBİTAK Yurt İçi Doktora Burs Programı tarafından desteklenen "Tren Çizelgeleme Problemi İçin Bir Olurlu Tarife Üretici Benzetim Modelleme Yapısı ve Benzetim Bütünlük Genetik ve Melez Genetik Algoritmalar" başlıklı tez çalışması ile 2010 yılında doktora eğitimini tamamladı.

Kasım 2013 - Ekim 2014 tarihleri arasında bir yıl süreyle TÜBİTAK Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı bursiyeri olarak Almanya'da bulundu. Demiryolu mühendisliği alanındaki çalışmalarını Braunschweig Teknik Üniversitesi'nde Ulaşım, Demiryolu İnşası ve İşleyişi Enstitüsü ile Demiryolu Sistemleri Mühendisliği ve Trafik Güvenliği Enstitüsü'nde yürüttü.

Yalçınkaya, 2001 yılından bu yana Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde akademisyen olarak çalışmaktadır, iyi derecede İngilizce, başlangıç düzeyinde Almanca bilmektedir. Demiryolu sektörüyle ilgili olan International Association of Railway Operations Research (IAROR) ve Demiryolu Mühendisleri Derneği (DEMÜHDER) üyesidir.