2ND INTERNATIONAL ADVANCED TECHNOLOGIES SYMPOSIUM, MARCH 8-10, 1999 / İSTANBUL

TRAFİK UYARIMLI SİNYALİZE KAVŞAKLARDA TOD GÜNCELLEŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ALGORİTMA

Ahmet Akbaş, Burhanettin Can, Mehmet Tektaş
Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O. 81040 Göztepe Kampüsü – İST.

ÖZET

Sinyalize kavşaklarda günün saatine göre uygulanan sinyal planlarının güncelleştirilmesi, manuel olarak ya da kamera çekimlerinden yararlanarak yapılan trafik sayımlarının analitik yöntemlerle değerlendirilmesi suretiyle yapılmaktadır. Bu yöntemle TOD (Time of Day) planlarının güncelleştirilmesi zaman alıcı olduğu gibi, sayım hataları ve sayım için seçilen zaman dilimlerinin uygun seçilmemesi gibi nedenlerle sinyal planlarının tesbitinde hatalı sonuçların elde edilmesine de neden olabilmektedir.

Bu çalışmada, TOD kontrol modunda çalışan sinyalize kavşaklarda yürürlükteki sinyal planlarının güncelleştirilmesini kolaylaştırmak ve hızlandırmak amacıyla bir algoritma geliştirilmiştir. İstanbul gibi, kent içi trafiğinde özellikle sıkışmalarla karakterize olan trafik problemlerinin yaşandığı yerleşim birimlerinde, bu yolla trafik ışıklarının etkinliğinin arttırılabileceği ve trafiğin optimizasyonu problemine kısa vadede hızlı çözümler üretilebileceği düşünülmüştür.

Sinyal planlarının hatasız oluşturulabilmesi için, geliştirilen algoritmanın icrasında kullanılacak trafik parametrelerinin sağlıklı olarak ölçülmesi gerekir. Bu sebeple geliştirilen algoritma ve ilgili diğer algoritmaların gerçek zamanlı olarak çalıştırılabileceği kavşak kontrolörlerinin trafik uyarımlı veya dinamik kontrol modunda çalışacak donanıma sahip olması ve özellikle de loop yerleşimlerinin bu çalışmada önerildiği gibi seçilmiş olması şarttır.

Algoritma, öncelikle ülkemizde kent içi trafik problemlerinin çözümüne katkıda bulunmak düşüncesiyle geliştirilmiştir. Bu açıdan, kent içi trafik problemlerinin en yoğun olarak yaşandığı İstanbul'da, mevcut sistemin donanım açısından incelenmesi göstermiştir ki, kent içi trafiğine dahil sinyalize kavşakların çoğu böyle bir alt yapıya sahip değildir. Bununla beraber, bazı trafik parametrelerinin ölçülebileceği donanıma sahip bir kısım kavşaklarda da, loop yerleşimleri önerilen algoritmanın çalıştırılması için uygun değildir.

Bu durumda, geliştirilen algoritmanın yararlı olabilmesi için, önerilen loop yerleşimlerinin ve algoritmanın çalıştırılacağı sistemin kavşağa hızlı bir şekilde adapte edilebilecek ve kurulup sökülebilecek yapıda oluşturulabilmesi gerekir. Günümüzde geliştirilen ilgili teknolojik ürünler, bu ihtiyaca rahatlıkla cevap verebilmektedir.

SUMMARY

Updating the signal plans applied in signalized intersections done by analitic evaluation of traffic counts that are established manually or by using cameras. This method is such a time using and gives wrong results because of counting errors and choosing unappropriate time periods for counting operations.

In this study, an algorithm is developed in order to simlify and speed up updating the signal plans. With this method, quick solutions thought to increase the efficiency of traffic signals in metropolitian areas like İstanbul which has many traffic problems.

The traffic parameters that are used in performing of the algorithm, should be measured accurately for formatting perfect signal plans. With this reason, intersection controllers should have hardware setting which runs traffic actuated or dynamic control mode and the loop placement should be choosen specially as suggested.

However, the system which runs the suggested loop placements and algorihms should be quickly adapted to the intersection and easily installed for performing this developed algorithm. Today, the technological products are available to responce this need easily.

1- GİRİŞ

Bu çalışmada daha önce yapılan ve devamında yapılacak diğer çalışmalarda hedeflendiği gibi, İstanbul kent içi trafiğinin optimizasyonu için sinyalize kavşakların kontrolünde kullanılabilecek bir sistemin donanım ve yazılım şartlarına ilişkin önemli konu başlıklarından birisi ele alınmıştır. (2)

Mevcut durumda İstanbul kent içi trafiğine dahil sinyalize kavşakların çoğu, izole kavşak olarak çalıştırılmaktadır. Trafiğin optimizasyonu, kısmen koordine edilmiş bir kısım kavşaklar da dahil olmak üzere, kavşak kontrolörlerinde uygulamaya konan ve günün saatine göre belirlenmiş TOD (Time of Day) planları ile sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu durumda kavşaklardaki trafik taleplerinin zaman içinde değişmesi, TOD planlarının belirli periyotlarla güncelleştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Gerçekte, İstanbul gibi trafik akımlarına ilişkin doygunluk derecelerinin gün içerisinde büyük farklılıklar gösterdiği ve önceden kestirilemeyen trafik sıkışmalarının yaşandığı metropollerde, trafik ışıklarının gerçek zamanlı olarak kontrol ve koordine edilmesi giderek daha büyük bir ihtiyaç haline gelmektedir. Bu çerçevede, doygunluk derecesine bağlı olarak esnek çözümler üretebilen ileri kontrol tekniklerinin kullanımı yaygınlaştırılmak zorundadır. Başta trafik ışıkları ve değişebilir işaretler (trafik rehberlik panoları) olmak üzere, kent içi trafiğinin kontrolü için kullanılabilecek tüm araçların gerçek zamanlı olarak kontrol ve koordine edilmesi ile, ileri kontrol teknikleri kolayca hayata geçirilebilir ve trafiğin optimizasyonunda en yüksek performans değerleri elde edilebilir.(6)

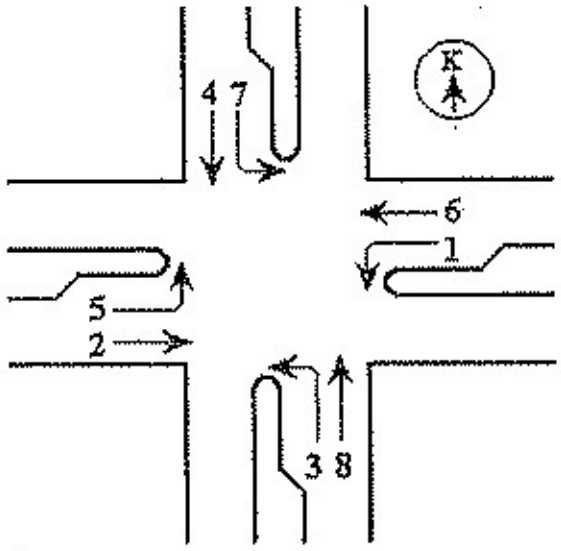
Ancak, böyle bir dinamik sistemin hayata geçirilmesinin zorlukları ve bu süreçte oluşacak zaman kaybı düşünülürse, mevcut uygulama ile elde edilecek performans değerlerinin iyileştirilmesine dönük çalışmaları hızlandırmanın, kısa vadede yararlı sonuçlar doğuracağı açıktır. Bu durumda kavşağın trafik uyarımlı veya dinamik kontrol modunda çalışacak şekilde bir donanıma kavuşturulması ile, gerçek zamanlı olarak ölçülen trafik akımı verilerini kullanıp çevrim süresi ve faz süreleri hesaplanarak TOD planları güncelleştirilebilir. Donanımı bu amaçla uygun olmayan kavşaklarda algoritmanın çalıştırılabileceği donanım şartları, günümüzde geliştirilen teknolojik ürünler sayesinde kolayca sağlanabilir. Böylece kavşak kontrolünde günün saatine göre planlanmış çevrim süresi, faz süresi ve ofset değerleri, trafik şartlarının anormal değişim gösterdiği durumlar haricinde, bir sonraki güncelleştirmeye kadar trafik optimizasyonu için en uygun planlar haline getirilebilir. (7)

Bu çalışmada, böyle bir ihtiyaca cevap verebilmek için, sinyalize kavşak kontrolörlerinde trafik uyarımlı veya dinamik kontrol modunda çalıştırılabilecek bir kontrol algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen bu algoritma ile kavşaktaki farklı akımlar için yeşil ışık süreleri çevrim bazında ve gerçek zamanlı olarak hesaplanır. Daha önce geliştirilen bir algoritma ile hesaplanan çevrim süresi (devre) ve buna bağlı olarak bu çalışmada geliştirilen algoritma ile hesaplanan faz süresi değerleri TOD planlarının en önemli bileşenleridir. Bu hesaplamalar, bir kritik kavşak için yapıldığında komşu kavşaklarla koordinasyon için gereken ofset değerleri, önceden hazırlanan tablolara göre ve manuel olarak belirlenebilir. Böylece çevrim süresi, faz süreleri, faz sıraları ve ofset değerlerinin oluşturduğu yeni TOD planları tüm bileşenleri ile geliştirilebilir. (3)

2- KAVŞAK AKIM ŞEMASININ BELİRLENMESİ

Sinyalize kavşaklarda faz planlarını belirlemek ve sinyal zamanlarını hesaplamak için, öncelikle trafik akımlarının kavşağa yaklaşırken ve kavşağı terk ettikten sonra takip ettikleri yönlere bağlı olarak numaralanması gerekir. Bir kavşaktaki farklı akımların numaralanması ile oluşturulan ve kavşak akım şeması denen diyagramlar için literatürde farklı tanımlamalara rastlanmaktadır.

Bu makalede kavşaktaki farklı akımların numaralanması için NEMA (National Electrical Manufacturers Association) akım şeması kullanılmıştır. Buna göre, 4 kollu bir kavşakta doğu-batı, güney-kuzey yönlerinde ve her yaklaşım kolu için doğru giden akım ve sola dönen akım olmak üzere birbirinden farklı 8 akım Şekil 1'de görüldüğü gibi 1'den 8'e kadar rakamlarla kodlanmıştır. Bu akım şemasına göre kol sayısının 5 veya daha fazla olduğu kavşaklarda diğer akımlar 9 ila 16 arasındaki rakamlarla kodlanır. (11)

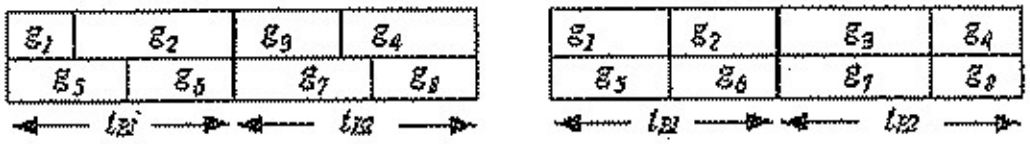


Şekil 1. 4 kollu bir kavşakta NEMA akım şemasına göre trafik akımlarının kodlanması

Sağa dönen akımlar için özel bir faz bulunmadığından, sağa dönen akım ve sağa dönen şerit (varsa) daima doğru giden akım ve bu akımlara ilişkin şerit grupları ile birleştirilir. (1) Kent içi trafiğinde kavşakların çoğu 4 kollu veya 3 kollu yapılarıyla trafik akımlarını ve yaya geçişlerini düzenler. Dolayısıyla NEMA akım şeması bu kavşaklardaki bütün sinyallere uygulanabilir. Diğer bir deyişle, bu sistemde trafik akımlarının yeşil süreleri hesaplanabilir ve faz sıraları belirlenebilir.

Kol sayısının 5 veya daha fazla olduğu kavşaklarda fazların belirlenmesinde yine NEMA akım şeması esas alınmakla beraber, 4 ya da daha az kollu kavşaklarda olduğu gibi faz sırası değiştirilemez. Bu tür kavşaklarda faz süreleri, en yüksek doygunluk derecesine sahip akımlar esas alınarak hesaplanabilir. Fazların bu şekilde oluşturulduğu sisteme NEMA sabit faz sistemi denir. 4 veya daha az kollu kavşaklarda faz şemaları oluşturulurken NEMA sabit faz sistemi esas alınabileceği gibi NEMA değişebilir faz sistemi de kullanılabilir

4 kollu bir kavşakta NEMA akım şemasına göre faz sistemi esas olarak sola dönen akımların başlangıç anına göre ve bu akımların aynı anda ya da ayrı zamanlarda başlamasına bağlı olarak oluşturulur. Maksimum faz sayısı NEMA sabit faz sisteminde 8, NEMA değişebilir faz sisteminde ise 4'tür. Kol sayısı 4 ya da daha az olan kavşaklarda NEMA akım şemasına göre her faz için yeşil süreleri Şekil 2'de gösterilen şartları yerine getirir.



$t_{B1} = g_1 + g_2 = g_5 + g_6$ Doğu-Batı koordinasyon şartı : $g_1 = g_6$, $g_2 = g_5$

$t_{B2} = g_3 + g_4 = g_7 + g_8$ Güney-Kuzey koordinasyon şartı: $g_3 = g_8$, $g_4 = g_7$

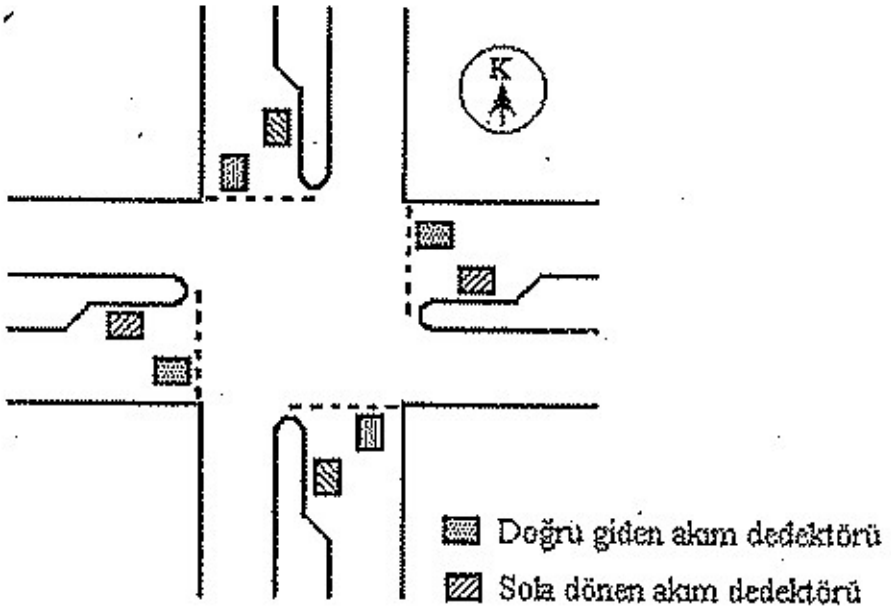
Şekil 2. NEMA akım şemasına göre faz sisteminin oluşturulması
a) NEMA sabit faz sistemi , b)NEMA değişebilir faz sistemi

Şekil.2'den de anlaşılacağı gibi, sabit faz sistemi farklı akım kombinezonlarını aynı anda kontrol etmeyi amaçlar. Değişebilir faz sistemi ise tek tek akımları kontrol etmeyi amaçlar Optimal faz sırası ve faz süreleri dedektörler üzerinden elde edilen gerçek zamanlı trafik akımı verilerinin yürürlükteki faz sistemi içerisinde değerlendirilmesi sonucu belirlenir. Yeşil sürelerinin hesaplamaları sonucunda faz sisteminin nasıl olacağı kararlaştırılabilir. Faz sistemi belirlendikten sonra da NEMA değişebilir faz sisteminin uygulanıp uygulanamayacağı tesbit edilebilir. Değişebilir faz sisteminin uygulanabilmesi, özellikle kavşağın doğu-batı ya da güney-kuzey yönlerinde komşu kavşaklarla koordinasyona girmesi gerektiği durumlarda ve esnek uygulamalara imkan

verebilmesi açısından önem arz eder. Faz sürelerinin değişebilir faz sistemindeki hesaplama yöntemi, sabit faz sisteminde aynen kullanılamaz.

3- TRAFİK PARAMETRELERİNİN ÖLÇÜMÜ

TOD planlarının güncelleştirilmesinde en ağırlıklı işlem, kavşaktaki faz sıraları ile faz sürelerinin hesaplanmasıdır. Geliştirilen algoritmaların bu amaçla kullandığı en önemli trafik akımı



Şekil 3. NEMA sistemlerine göre yeşil sürelerinin hesaplanması için gerekli dedektör (loop) yerleşim şekli.

parametresi doygunluk derecesidir. Doygunluk derecesi, bir faz içinde etkin olarak kullanılan yeşil süresinin o fazın görünen yeşil süresine oranı olarak tanımlanır. Loop dedektörün taşıtlar tarafından meşgul edildiği ve meşgul edilmediği sürelerin ölçülmesi ile kolayca hesaplanabilir. (8)

NEMA akım şemasına göre tesbit edilen akımlara ilişkin doygunluk derecelerinin belirlenmesi için her kolda doğru giden akımlar ve sola dönen akımlar için stop çizgisinin gerisine ve her şerit için ayrı ayrı olmak üzere birer loop dedektör yerleştirilmesi gerekir. Loopların yaklaşık yerleşim şekli Şekil 3'de gösterilmiştir.

Doygunluk derecesi ölçümü için loop dedektörlerinin yerleştirilme şeması, loopların şekli ve yerleştirilme mesafeleri trafik verilerinin ölçümü ve değerlendirilmesi için

kullanılan kontrol algoritmalarına bağlı olarak farklı şekillerde seçilebilmektedir. Bu konuda literatürde çeşitli loop yerleşim şekilleri önerilmiştir. (5,8,9)

4- DOYGUNLUK DERECESİNİN HESAPLANMASI

Bir şeritteki trafik akımının ortalama doygunluk derecesini belirlemek için, ilgili akımın görünen yeşil süresince geçen taşıt sayısı ve taşıtlar arası boşluk süreleri toplamının dedektör üzerinden alınan verilere bağlı olarak hesaplanması gerekir. Bu verilere bağlı olarak, doğru giden akım ve sola dönen akım için ortalama doygunluk dereceleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$x_i(n) = \frac{g'_i(n)}{g_i(n)} = \frac{g_i(n) - \left[T(n) - t*N(n)\right]}{g_i(n)} \qquad (4.1)$$

$$x_i(n) = \frac{g'_i(n)}{g_i(n)} = \frac{\left[g_i(n) - a\right] - \left[T(n) - t*N(n)*f_k\right]}{g_i(n) - a} \qquad (4.2)$$

(4.1) eşitliğinde doğru giden akımlar, (4.2) eşitliğinde sola dönen akımlar için ortalama doygunluk dereceleri hesaplanabilir. (8)

Bu eşitliklerde;

i : Akım numarası ;doğru giden akımlar için = 2,4,6,8
sola dönen akımlar için = 1,3,5,7

n : çevrim numarası (adım indeksi)

$x_i(n)$: i'nci akımın n'nci çevrimdeki ortalama doygunluk derecesi,

$g_i(n)$: i'nci akım için n'nci çevrimdeki görünen yeşil süresi,

$g'_i(n)$: i'nci akımın n'nci çevrimde etkin olarak kullandığı yeşil süresi,

$T(n)$: n'nci çevrimde i'nci akımın yeşil süresi boyunca loop dedektörün taşıtlar tarafından meşgul edilmediği toplam süre,

$N(n)$: n'nci çevrimde i'nci akım için yeşil süresince geçen taşıt sayısı

t :İki taşıt arasında bulunması gereken minimum takip süresi ($x = 1$'e karşılık gelen taşıtlar arası aralık süresi),

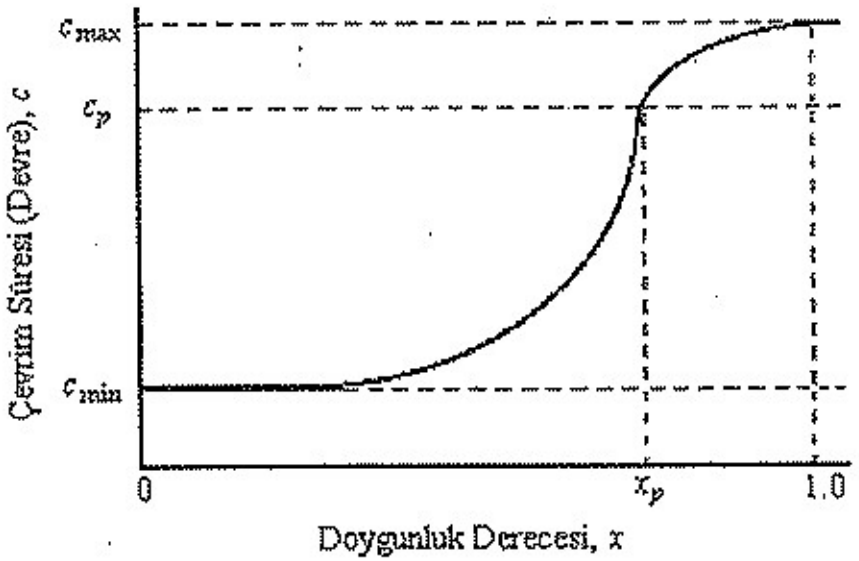
a : Sola dönen akımın başlangıç gecikmesi,

f_k : Sola dönen akımın doygun akım değeri için düzeltme katsayısıdır.

5- YEŞİL SÜRELERİNİ HESAPLAMA ALGORİTMASI

Yeşil sürelerinin hesaplanması için aşağıda geliştirilen algoritma, aşırı sıkışık olmayan, yani herhangi bir akıma ilişkin ortalama doygunluk derecesinin bir limit değerden az olduğu (örneğin 0.9) trafik şartlarında geçerlidir. Doygunluk derecesinin limit değeri aştığı aştığı durumlarda, gerekli diğer trafik verilerini tesbit etmek için ilave donanım ve hesaplama algoritmalarına ihtiyaç vardır.

Algoritmanın icrası için kavşaktaki akımların doygunluk derecesi ile çevrim süresi arasındaki ilişkinin değişimi dikkate alınmıştır. Bu ilişki Şekil.4'de gösterildiği gibidir. Şekilde x_p ile gösterilen ve pratik doygunluk derecesi olarak tanımlanan doygunluk derecesi, bir akım için kabul edilebilen maksimum doygunluk derecesidir. Bu değer, taşıt gecikme süresi ve duruşların sayısı gibi performans parametrelerinin hızla artış göstermeye başladığı doygunluk derecesine karşılık gelir (08 - 0.9 gibi). c_p pratik doygunluk derecesine karşılık gelen çevrim süresidir ve pratik çevrim süresi olarak adlandırılır. (4,10)



Şekil 4. Bir sinyalize kavşakta çevrim süresinin doygunluk derecesine bağlı olarak değişimi.

Aşırı doygun olmayan akımlar için NEMA sabit faz sistemi ve NEMA değişebilir faz sitemine göre yeşil sürelerini hesaplama algoritması aşağıdaki gibidir.

1. Adım : Her akım için yeşil süresince ölçülen değişkenleri (4.1) ve (4.2) eşitliklerinde değerlendirerek ortalama doygunluk derecesini hesapla: $x_i(n)$

   i : 1.....8 akım numarası

   n : Adım indeksi veya çevrim numarası

2. Adım : Her akımın yürürlükteki çevrim için etkin şerit kullanım oranını hesapla : $\rho_i(n)$

$u_i(n) = g_i(n) / c(n)$

$\rho_i(n) = x_i(n) * u_i(n) = g'_i(n) / c(n)$

Burada ;

$x_i(n)$: i 'nci akımın n' nci adımdaki ortalama doygunluk derecesi,

$u_i(n)$: i 'nci akımın n' nci adımdaki şerit kullanım oranı,

$c(n)$: n'nci adımdaki çevrim süresi,

$\rho_i(n)$: i 'nci akımın n' nci adımdaki etkin şerit kullanım oranıdır.

3. Adım : Her akım için bir sonraki çevrimde beklenen etkin şerit kullanım oranını hesapla:

$\rho_i(n+1) = \alpha * \rho_i(n-4) + \beta * \rho_i(n-3) + \gamma * \rho_i(n-2) + \delta * \rho_i(n-1) + \theta * \rho_i(n)$

Burada;

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \theta < 1$ ağırlık katsayıları, $\alpha + \beta + \gamma + \delta + \theta = 1.0$

$\rho_i(n-j)$: i 'nci akımın j adım önceki çevrimde hesaplanan etkin şerit kullanım oranı

$\rho_i(n+1)$: i'nci akımın yürürlükteki adımdan sonraki adım için tahmin edilen etkin şerit kullanım oranıdır.

4. Adım : Bir sonraki adım için yeşil süresini hesaplama algoritmasını belirle:

$c_{min} \leq c\ (n+1) \leq c_p$ ise 5'nci adıma git ve bütün akımların bir sonraki çevrimdeki yeşil sürelerini hesapla.

$c\ (n+1) > c_p$ ise, 5'nci adıma git ve $c(n) = c_p$ değerine göre bütün akımların bir sonraki çevrimdeki yeşil sürelerini hesapla ve sonra 6' ncı adıma git.

5. Adım : NEMA sabit faz ve NEMA değişebilir faz sistemleri için ayrı ayrı bir sonraki çevrimde geçerli olacak t_{B1} ve t_{B2} bariyer sürelerini ve yeşil sürelerini hesapla:

5.1. NEMA sabit faz sistemi için,

i. t_{B1} ve t_{B2}'nin hesaplanması:

$\rho_{S1} = \rho_1(n+1) + \rho_2(n+1)$

$\rho_{S2} = \rho_3(n+1) + \rho_4(n+1)$

$\rho_{S3} = \rho_5(n+1) + \rho_6(n+1)$

$\rho_{S4} = \rho_7(n+1) + \rho_8(n+1)$

$\rho_{m1} = \max(\rho_{S1}, \rho_{S3})$

$\rho_{m2} = \max(\rho_{S2}, \rho_{S4})$

$t_{B1} = c(n) * \rho_{m1} / (\rho_{m1} + \rho_{m2})$, $c(n+1) > c_p$ ise $t_{B1} = c_p * \rho_{m1} / (\rho_{m1} + \rho_{m2})$

$t_{B2} = c(n) * \rho_{m2} / (\rho_{m1} + \rho_{m2})$, $c(n+1) > c_p$ ise $t_{B2} = c_p * \rho_{m2} / (\rho_{m1} + \rho_{m2})$

ii. Minimum ve maksimum t_{B1} ve t_{B2} sürelerinin minimum ve maksimum süreler arasında olduğunun denetlenmesi:

$t_{B1min} = \max [(g_{1min} + g_{2min}) , (g_{5min} + g_{6min})]$

$t_{B2min} = \max [(g_{3min} + g_{4min}) , (g_{7min} + g_{8min})]$

$t_{B1max} = \min [(g_{1max} + g_{2max}) , (g_{5max} + g_{6max})]$

$t_{B2max} = \min [(g_{3max} + g_{4max}) , (g_{7max} + g_{8max})]$

$t_{B1} < t_{B1min}$ ise: $t_{B1} = t_{B1min}$, $t_{B2} = c(n+1) - t_{B1min}$

$t_{B2} < t_{B2min}$ ise: $t_{B2} = t_{B2min}$, $t_{B1} = c(n+1) - t_{B2min}$

$t_{B1} > t_{B1max}$ ise: $t_{B1} = t_{B1max}$, $t_{B2} = c(n+1) - t_{B1max}$

$t_{B2} > t_{B2max}$ ise: $t_{B2} = t_{B2max}$, $t_{B1} = c(n+1) - t_{B2max}$

iii. Her akım için yeşil süresinin ve yeşil süresinin çevrim süresi içindeki payının (split) hesaplanması:

$g_1(n+1) = t_{B1} * \rho_1(n+1) / \rho_{m1}$, $g_{S1}(n+1) = 100 * g_1(n+1) / c(n+1)$

$g_2(n+1) = t_{B1} * \rho_2(n+1) / \rho_{m1}$, $g_{S2}(n+1) = 100 * g_2(n+1) / c(n+1)$

$g_3(n+1) = t_{B2} * \rho_3(n+1) / \rho_{m2}$, $g_{S3}(n+1) = 100 * g_3(n+1) / c(n+1)$

$g_4(n+1) = t_{B2} * \rho_4(n+1) / \rho_{m2}$, $g_{S4}(n+1) = 100 * g_4(n+1) / c(n+1)$

$g_5(n+1) = t_{B1} * \rho_5(n+1) / \rho_{m1}$, $g_{S5}(n+1) = 100 * g_5(n+1) / c(n+1)$

$g_6(n+1) = t_{B1} * \rho_6(n+1) / \rho_{m1}$, $g_{S6}(n+1) = 100 * g_6(n+1) / c(n+1)$

$g_7(n+1) = t_{B2} * \rho_7(n+1) / \rho_{m2}$, $g_{S7}(n+1) = 100 * g_7(n+1) / c(n+1)$

$g_8(n+1) = t_{B2} * \rho_8(n+1) / \rho_{m2}$, $g_{S8}(n+1) = 100 * g_8(n+1) / c(n+1)$

5.2. NEMA değişebilir faz sistemi için,

i. Faz sistemindeki koordineli akımların etkin şerit kullanım oranlarından en yüksek değerli olanların seçilmesi:

Doğu-Batı yönünde izole kavşak için: $\rho_{D1} = \max [\rho_1(n+1), \rho_5(n+1)]$

$\rho_{D2} = \max [\rho_2(n+1), \rho_6(n+1)]$

Doğu-Batı yönünde koordineli kavşak için : $\rho_{D1} = \max [\rho_1(n+1), \rho_6(n+1)]$

$\rho_{D2} = \max [\rho_2(n+1), \rho_5(n+1)]$

Güney-Kuzey yönünde izole kavşak için : $\rho_{D3} = \max [\rho_3(n+1), \rho_7(n+1)]$

$\rho_{D4} = \max [\rho_4(n+1), \rho_8(n+1)]$

Güney-Kuzey yönünde koordineli kavşak için : $\rho_{D3} = \max [\rho_3(n+1), \rho_8(n+1)]$

$\rho_{D4} = \max [\rho_4(n+1), \rho_7(n+1)]$

ii. t_{B1} ve t_{B2}'nin hesaplanması:

$$t_{B1} = c(n) * (\rho_{D1} + \rho_{D2}) / (\rho_{D1} + \rho_{D2} + \rho_{D3} + \rho_{D4})$$

$$t_{B2} = c(n) * (\rho_{D3} + \rho_{D4}) / (\rho_{D1} + \rho_{D2} + \rho_{D3} + \rho_{D4})$$

iii. t_{B1} ve t_{B2}'nin minimum ve maksimum süreler arasında olduğunun denetlenmesi

$$t_{B1min} = \max [(g_{1min} + g_{2min}), (g_{5min} + g_{6min})]$$

$$t_{B2min} = \max [(g_{3min} + g_{4min}), (g_{7min} + g_{8min})]$$

$$t_{B1max} = \min [(g_{1max} + g_{2max}), (g_{5max} + g_{6max})]$$

$$t_{B2max} = \min [(g_{3max} + g_{4max}), (g_{7max} + g_{8max})]$$

$t_{B1} < t_{B1min}$ ise: $t_{B1} = t_{B1min}$, $t_{B2} = c(n+1) - t_{B1min}$

$t_{B2} < t_{B2min}$ ise: $t_{B2} = t_{B2min}$, $t_{B1} = c(n+1) - t_{B2min}$

$t_{B1} > t_{B1max}$ ise: $t_{B1} = t_{B1max}$, $t_{B2} = c(n+1) - t_{B1max}$

$t_{B2} > t_{B2max}$ ise: $t_{B2} = t_{B2max}$, $t_{B1} = c(n+1) - t_{B2max}$

iv. Her akım için yeşil süresinin ve yeşil süresinin çevrim süresi içindeki payının (split) hesaplanması:

Doğu-Batı yönünde izole kavşak için:

$g_1 = g_5 = t_{B1} * \rho_{D1} / (\rho_{D1} + \rho_{D2})$, $g_{S1} = g_{S5} = 100 * g_1(n+1) / c(n+1)$

$g_2 = g_6 = t_{B1} * \rho_{D2} / (\rho_{D1} + \rho_{D2})$, $g_{S2} = g_{S6} = 100 * g_2(n+1) / c(n+1)$

Doğu-Batı yönünde koordineli kavşak için:

$g_1 = g_6 = t_{B1} * \rho_{D1} / (\rho_{D1} + \rho_{D2})$, $g_{S1} = g_{S6} = 100 * g_1(n+1) / c(n+1)$

$g_2 = g_5 = t_{B1} * \rho_{D2} / (\rho_{D1} + \rho_{D2})$, $g_{S2} = g_{S5} = 100 * g_2(n+1) / c(n+1)$

Güney-Kuzey yönünde izole kavşak için:

$g_3 = g_7 = t_{B2} * \rho_{D3} / (\rho_{D3} + \rho_{D4})$, $g_{S3} = g_{S7} = 100 * g_3(n+1) / c(n+1)$

$g_4 = g_8 = t_{B2} * \rho_{D4} / (\rho_{D3} + \rho_{D4})$, $g_{S4} = g_{S8} = 100 * g_4(n+1) / c(n+1)$

Güney-Kuzey yönünde koordineli kavşak için:

$g_3 = g_8 = t_{B2} * \rho_{D3} / (\rho_{D3} + \rho_{D4})$, $g_{S3} = g_{S8} = 100 * g_3(n+1) / c(n+1)$

$g_4 = g_7 = t_{B2} * \rho_{D4} / (\rho_{D3} + \rho_{D4})$, $g_{S4} = g_{S7} = 100 * g_4(n+1) / c(n+1)$

6. Adım : $c(n) > c_p$ ise, $(c(n) - c_p)$ değerini hesapla ve bu değeri doygunluk derecesi x_p'den büyük olan akımların 5'nci adımda hesaplanan yeşil süresi değerlerine doygunluk derecesi ile orantılı olarak paylaştır.

7. Adım : $cp \leq c(n) \leq cmax$ ve kavşaktaki akımların çoğunda doygunluk derecesi pratik doygunluk derecesinden büyük $(x_i > x_p)$ ise, aşırı doygun akımlar için yeşil sürelerini hesaplama algoritmasına geç.

6- TOD PLANLARINI GÜNCELLEŞTİRME ALGORİTMASI

Trafik uyarımlı veya dinamik kontrol modunda çalışabilen kavşak kontrolörlerinde geliştirilen algoritmalar ile çevrim süresi ve yeşil süreleri hesaplanarak yürürlükteki planlar yeniden değerlendirilebilir ve plan değişiklikleri gerçek zamanlı olarak yürürlüğe konabilir. TOD modunda çalışan kavşaklarda ise yeni TOD planlarının bu yolla hazırlanması halinde, önceden uygulanan planların değiştirilmesine ihtiyaç olup olmadığı kolayca tesbit edilebilir.

Bu amaçla kullanılacak algoritma aşağıdaki gibidir.

1. Adım : Yürürlükteki adımdan sonraki çevrim süresini ilgili algoritma ile hesapla: $c(n+1)$

Hesaplanan çevrim süresini 5'in tam katı olacak en yakın tam sayıya yuvarlayarak, bir sonraki adımın çevrim süresi olarak değerlendir.

2. Adım :Her akımın NEMA sabit faz sistemine ve NEMA değişebilir faz sistemine göre bir sonraki çevrimde geçerli olacak yeşil sürelerini hesapla: $g_i(n+1)$

3. Adım : NEMA değişebilir faz sisteminin uygulanıp uygulanamayacağını denetle.

4. Adım :Yeşil sürelerinin minimum değerlerinden az olmadığını denetle.

5. Adım : Belirlenen çevrim süresi ve yeşil sürelerine göre en uygun ofset planlarını seç.

7- SONUÇ

Bu çalışmada kent içi trafiğinin optimizasyonu amacıyla, sinyalize kavşakların kontrolünde kullanılabilecek bir sistemin donanım ve yazılım şartlarına ilişkin konu başlıklarından birisi ele alınmış ve aşırı doygun olmayan akım şartlarında yeşil sürelerinin hesaplanması için bir algoritma geliştirilmiştir.

Kavşak kontrolörünün trafik uyarımlı veya dinamik kontrol modunda çalıştırılması halinde, geliştirilen algoritma yeşil sürelerinin gerçek zamanlı olarak hesaplanması için kullanılabilir. TOD modunda çalışan kavşak kontrolörlerinde ise, geliştirilen algoritma çevrim süresinin hesaplanması için daha önce geliştirilen bir algoritma ile beraber planların güncelleştirilmesi amacı ile kullanılabilir.

8- TARTIŞMA

Bu çalışmada geliştirilen algoritma ile yeşil sürelerinin sağlıklı olarak hesaplanabilmesi için, doğru giden ve sola dönen akımlara ilişkin doygunluk derecelerinin en az hata ile belirlenebilmesi büyük önem arz eder. Bu amaçla kullanılacak loop dedektörlerin fiziksel yapısı ve yerleştirilme şekli üzerine bir çalışma yapılmalıdır. Ayrıca yeşil süresi hesaplamalarının bir minimum koordinasyon birimini (alt alan) temsil eden kritik kavşak için yapılması halinde, alt alandaki diğer kavşaklar için yeşil sürelerinin hesaplama algoritması da geliştirilen bu algoritmaya bağlı olarak geliştirilmelidir. Yeşil sürelerinin aşırı sıkışık akım şartlarında hesaplanabilmesi için gerekli değişikliklerin araştırılması da bir başka konu başlığıdır. Son olarak TOD planlarının güncelleştirilmesinde koordinasyon şartlarının sağlanması açısından önem arz eden NEMA değişebilir faz sisteminin uygulanabilirliğine karar vermek üzere bir algoritmanın geliştirilmesi de ihtiyaç olarak belirmiştir.

KAYNAKLAR

1. Adolf D. May, "Traffic Flow Fundamentals", Prentice-Hall, New Jersy, p. 149-151, 1990
2. Akbaş A., Can B., Ilıcalı M., Onat M., "İstanbul Kent İçi Trafiğinin Optimizasyonu Üzerine Bir Öneri", 2. Uluslararası Ulaşım Sempozyumu, 4'ncü oturum, 1-4 Ekim 1998/İstanbul, 1998
3. Akbaş A., Can B., Tektaş M., "Kent İçi Trafik Kontrolü Çerçevesinde Alt Alan Çevrim Süresini Optimizasyonu Üzerine Bir Algoritma", YA/EM XX. Ulusal Kongresi, Ankara, 1999
4. Akçelik R., "Traffic Signals Capacity and Timing Analysis, ARR 123 Sept. 1995", ARRB Transport Research Ltd., Australia, 1995
5. Hunt, Robertson, Bretherton and Royle, "The Scoot On-line Traffic Optimisation Technique", IEE Conference Publication No:207, p. 55-59, 1982
6. Ilıcalı M., "İstanbul'un Ulaşım Alt Yapısı, Trafikte Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri", konferans notları, Bilişim 98 Tüyap Fuar Alanı, İstanbul, 1998
7. IRF World Highways, ısue Nov./Dec 98, p. 2, 1998
8. Lowrie, P.R., "The Sydney Coordinated Adaptive Traffic System-Principles, Methodology Algorithms", IEE Conference Publication No:207, p. 67-70, 1982
9. Miyata and Usami, "Stream-Strategic Realtime Control for Megapolice Traffic", IEE Conference Publication No:422, p.71-75, 1996
10. Takashi H., Hiroshi I., "Road Traffic Control", University of Tokyo Press, 1975 p. 139-140
11. Transyt-7F Users Guide, Univercity of Florida Transportation Research Center, pp.3-3, March 1998