İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZAMANLANMIŞ PETRİ AĞLARINDA ERİŞİLEBİLİRLİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ahmet YILMAZ

Anabilim Dalı: Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Programı: Elektronik Mühendisliği

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZAMANLANMIŞ PETRİ AĞLARINDA ERİŞİLEBİLİRLİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ahmet YILMAZ
(504071202)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 04 Mayıs 2009
Tezin Savunulduğu Tarih: 01 Haziran 2009

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mürvet KIRCI (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Ece Olcay GÜNEŞ (İTÜ)
Prof. Dr. Leyla GÖREN (İTÜ)

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bana yol gösteren, desteğini ve bilgisini esirgemeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. Mürvet KIRCI'ya, her zaman yanımda olan sevgili annem ve babama, varlığıyla bana güç veren sevgili Şirin MUTLU'ya, dostluğuyla bana güven veren Aylin ve Taner YILMAZ, Serkan YORULMAZ, Ferhat KIRMIZI, Oktay YURTTAKAL, Cenk HALU, İlhan ARSLAN'a ve yüksek lisans hayatım boyunca beni destekleyen TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürler.

Haziran 2009

Ahmet YILMAZ

Elektronik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
KISALTMALAR ..... **vii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **ix**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Petri Ağı Gösterimleri ve Tanımlamaları 2
1.2 Petri Ağı İşaretlemeleri ve Durum Uzayı 4
1.3 Petri Ağı Analizi 6
2. ZAMANLANMIŞ PETRİ AĞLARI **11**
2.1 Zamanlanmış Petri Ağlarına Giriş 11
2.2 Geçişleri Zamanlanmış Petri Ağı Tanımlamaları 17
2.3 Zamanlanmış Petri Ağları İçin Analiz Yöntemleri 21
2.3.1 Davranışsal analiz 21
2.3.2 Performans analizi 22
2.3.3 Yapısal analizi 23
3. GEÇİŞLERİ ZAMANLANMIŞ PETRİ AĞINDA ERİŞİLEBİLİRLİK ANALİZİ **25**
3.1 Erişilebilirlik Analizi Yöntemi Tanımları 26
3.2 Erişilebilirlik Analizi Yöntemi 31
3.3 Uygulamalar 40
3.3.1 Ayrıntılı analiz uygulaması 40
3.3.2 Aktif durumda jeton kazanım uygulaması 46
3.3.3 Çelişki durumu ve kilitlenme uygulaması 47
3.3.4 Ardışıl ateşlenmelerde çelişki uygulaması 48
3.3.5 Şehirlerarası otobüs seferleri uygulaması 50
3.3.6 Karıştırıcı sistemi uygulaması 53
3.3.7 Trafik ışıkları uygulaması 58
4. BENZETİM **65**
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **69**
6. KAYNAKLAR **71**
EKLER **75**
ÖZGEÇMİŞ **91**

KISALTMALAR

ZPA **:** Zamanlanmış Petri Ağı
GZPA **:** Geçişleri Zamanlanmış Petri Ağı
YZPA **:** Yerleri Zamanlanmış Petri Ağı
OZPA **:** Okları Zamanlanmış Petri Ağı
PA **:** Petri Ağı
Br **:** Birim

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Ayrıntılı analizin çıkış bilgileri 45
Çizelge 3.2 : Aktif durumda jeton kazanım örneği çıkış bilgileri 47
Çizelge 3.3 : Çelişki ve kiltlenme örneği çıkış bilgileri 48
Çizelge 3.4 : Ardışıl ateşlenmerde çelişki uygulaması çıkış raporu..... 49
Çizelge 3.5 : Şehirlerarası otobüs seferleri uygulamasında yerlerin açıklamaları..... 50
Çizelge 3.6 : Şehirlerarası otobüs seferleri uygulamasında geçişlerin açıklamaları . 50
Çizelge 3.7 : Karıştırıcı sistemi uygulamasında yerlerin açıklamaları..... 54
Çizelge 3.8 : Karıştırıcı sistemi uygulamasında geçişlerin açıklamaları..... 54
Çizelge 3.9 : Trafik ışıkları uygulamasında yerlerin açıklamaları 60
Çizelge 3.10 : Trafik ışıkları uygulamasında geçişlerin açıklamaları 61

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Petri ağının bileşenleri 3
Şekil 1.2 : Ateşlenebilirlik incelemesi için basit bir Petri ağı 4
Şekil 1.3 : Petri ağında durum denklemi örneği 6
Şekil 1.4 : Erişilebilirlik ağacı örneği 9
Şekil 1.5 : Erişilebilirlik ağacı 9
Şekil 2.1: Geçişleri zamanlandırılmış Petri ağı örneği 12
Şekil 2.2: Geçişleri zamanlandırılmış Petri ağında zaman analizi 13
Şekil 2.3: Yerleri zamanlandırılmış Petri ağı(YZPA) 14
Şekil 2.4: Yerleri zamanlandırılmış Petri ağında zaman analizi 15
Şekil 2.5: GZPA'dan YZPA'ya geçiş 15
Şekil 2.6: İzinli olma süresi yaklaşımıyla zaman analizi 16
Şekil 2.7: GZPA ile haberleşme protokolü modeli [Wang, 1998] 19
Şekil 3.1 : Çelişki örneği 29
Şekil 3.2 : Farklı öncelik atamalı bir çelişki durumu örneği 30
Şekil 3.3 : Erişilebilirlik analizi akış diyagramı 39
Şekil 3.4 : GZPA örneği 40
Şekil 3.5 : Aktif durumda jeton kazanım örneği 46
Şekil 3.6 : Çelişki durumu ve kilitlenme örneği 47
Şekil 3.7 : Ardışıl ateşlenmelerde çelişki örneği 48
Şekil 3.8 : Şehirler arası otobüs yolculuğu GZPA modeli 51
Şekil 3.9 : Şehirlerarası otobüs yolculuğu örneğinde yerlerdeki jeton sayısı-zaman grafiği 52
Şekil 3.10 : Malzeme karıştırma sistemi 53
Şekil 3.11 : Karıştırıcı sisteminin GZPA modeli 55
Şekil 3.12 : Karıştırıcı sistemi örneğinde yerlerdeki jeton sayısı-zaman grafiği 57
Şekil 3.13 : Trafik işaretleri kontrol sistemi 58
Şekil 3.14 : Trafik işaretleri kontrol sistemi başlangıç durumu 59
Şekil 3.15 : Trafik işaretleri kontrol sisteminin GZPA modeli 62

ZAMANLANMIŞ PETRİ AĞLARINDA ERİŞİLEBİLİRLİK ANALİZİ

ÖZET

Günümüzde sistemler git gide daha karmaşık hale gelmekte ve yeni sistem kontrol metodları türemektedir. Geliştirilen her bir yeni yöntem, var olan yöntemlerin yetersiz kaldığı noktada ortaya çıkmaktadır. Ayrık olaylı sistemlerin modellenmesinde kullanılan Petri ağları, kolay ve anlaşılabilir grafiksel gösterimi ve bu grafiksel gösterimin güçlü matematiksel altyapısıyla öne çıkan kontrol yöntemidir. Zamandan bağımsız olarak yapılan Petri ağı analizleri, incelenen sistemin performası hakkında yeterli bilgi veremediği için, zamanlanmış Petri ağları modeli geliştirilmiştir.

Bu tezde, zamanlanmış Petri ağları ele alınmıştır. Zamanlanmış Petri ağları üzerine literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan ön incelemeler sonucunda, zaman atamasının, olayların temsil edildiği geçişlere belirli bir değer olarak yapıldığı model temel alınmıştır. Geçişleri belirli olarak zamanlanmış Petri ağları için, yerlerdeki izinli jetonların çıkışları tamamlanmadan, yerlerin jeton kazanımlarına izin veren, ok ağırlıkları bir ile sınırlı olmayan, çelişki durumlarını belirleyen ve geçişlere öncelik ataması yaparak çelişkiyi çözen bir erişilebilirlik analizi yöntemi geliştirilmiştir. Ve bu yöntem, C yazılım diliyle desteklenerek, ayrık olaylı sistemlerin gerçek zamanlı benzetimi gerçekleştirilmiştir. Tezin uygulamalar kısmında, örnek olarak incelenen sistemler, geçişleri zamanlanmış Petri ağları ile modellenmiş ve erişilebilirlik analizi geliştirilen yöntemle yapılmıştır. Çıkış dosyaları doğruluğu, görsel bir yazılım ve jeton sayısı-zaman grafikleri çizilerek incelenmiş, geliştirilen yöntemin ayrık olaylı sistemlerin erişilebilirlik analizinde kullanılabileceği gösterilmiştir.

REACHABILITY ANALYSIS OF TIMED PETRI NETS

SUMMARY

Nowadays systems are getting more complicated, so new control methods are being derived. Every new method is enhanced because of old methods' insufficiency. Petri nets are the popular control methods for easy understandable graphical notation and strong mathematical infrastructures. Petri nets are used to modeling discrete event systems. Time independent Petri net analysis is incapable of performance analysis, so that timed Petri nets modeling is developed.

This thesis is based on timed Petri nets. Firstly timed Petri nets literature is investigated. There are some different approaches for time assigned component of Petri nets and assigned value of time. In this thesis deterministic timed transitions are used and a method is developed for reachability analysis of timed Petri nets. The method has some advantages, states can earn tokens before they lose all of their enable tokens, the weight of arcs are not limited with one, conflict is detected and resolved with priority assigning for transitions. This method is supported with C software language and real time analysis of discrete event systems is simulated. In the application section, given processes are modeled with timed transition Petri nets. Reachability analysis of the modeled processes is done with developed software. Output files of reachability analysis are analyzed with token number-time graphics and with a visual software. It's showed that, this method can be used for reachability analysis of discrete event systems.

1. GİRİŞ

Günümüzde sistemler git gide daha karmaşık hale gelmekte ve yeni sistem kontrol metodları türemektedir. Zamandan bağımsız olarak yapılan modellemeler, sistemlerin performans analizinde yetersiz kalmaktadır. Geliştirilen her bir yeni yöntem, var olan yöntemlerin yetersiz kaldığı noktada ortaya çıkmaktadır.

Fabrikalardaki üretim sistemleri, haberleşme yapıları, trafik kontrol sistemleri, otonom sistemler, askeri kontrol ve emir sistemleri vb. sistemler, ayrık olaylı sistemler kapsamına girmektedir. Ayrık olaylı sistemlerin kontrolü için çeşitli yöntemler vardır. Carl Adam Petri tarafından ortaya atılan Petri ağları, kolay ve anlaşılabilir grafiksel gösterimi ve bu grafiksel gösterimin güçlü matematiksel altyapısıyla öne çıkan kontrol yöntemidir (Petri, 1962). Petri ağlarında yapılan ilk analizlerde, modellenen sistemin erişilebilirlik ağacı çıkartılarak, sistem kilitlenmeleri gibi davranışsal özellikler incelenmiştir. Geliştirilen modellerle birlikte, başlangıç durumundan bağımsız olarak yapısal analizler de yapılmıştır.

Zamandan bağımsız olarak kurulan Petri ağı modeli, performans analizi gibi analizlerde yetersiz kalmıştır. Bu nedenle ilk olarak Ramchandani tarafından, zaman bilgisi olayların temsil edildiği geçişlere atanarak, zamanlanmış Petri ağlarına (ZPA) geçilmiştir (Ramchandani, 1974). Ramchandani, olayların başlaması ve bitmesi arasında bir zaman farkının bulunduğunu belirtmiş ve bu nedenle zaman atamasını geçişlere yapmıştır. Daha sonraki modellerde zaman ataması, durumların temsil edildiği yerlere ve yerler ile geçişler arasındaki ilişkilerin temsil edildiği oklara yapılmıştır. Zaman değerleri belirli, rassal ve aralıklı olarak atanabilmektedir. Bu çalışmada geçişleri belirli zamanlanmış Petri ağı kullanılacaktır.

Erişilebilirlik analizi, bir Petri ağının verilen başlangıç durumundan başlayarak, gidebileceği bütün durumlar kümesinin çıkartılması olarak tanımlanır. Zamanlanmış Petri ağlarında erişilebilirlik analizi, klasik Petri ağlarına göre daha karmaşıktır. Bunun nedeni elde edilen durumlar kümesinin oldukça geniş olmasıdır. Klasik Petri ağlarından farklı olarak, zamanlanmış Petri ağlarında, başlayan bir ateşlenme anlık olarak tamamlanmamakta ve devam eden bir ateşlenme mevcut iken, yeni

ateşlenmeler başlayabilmektedir. Karmaşık olarak tanımlanan erişilebilirlik analizi tamamlandığında, gerçek zamanlı olarak sistemin davranışı incelenebilmektedir. Önceki çalışmalarda erişilebilirlik analizi, yerlerdeki jeton sayılarının bir olması, yerlere ve geçişlere giren ve çıkan ok sayılarının bir olması ve yerler ve geçişler arasındaki okların ağırlıklarının bir olması gibi kısıtlamalar ile yapılmıştır (Wang, 1998; Ergan, 2004). Bu tez çalışmasındaki amaç geçişleri zamanlanmış Petri ağları için kısıtlamaları kaldırılmış bir erişilebilirlik analizi yöntemi geliştirmektir. Geliştirilen model kullanılarak, gerçek zamanlı analiz yapılabilecektir.

Tez çalışmasında, öncelikle bu bölüm içinde Petri ağları hakkında bilgi verilecektir. Petri ağlarında kullanılan tanımlamalar, ağı tanımlayan denklemler ve matrisler, analiz yöntemleri ve tanımlamaları açıklayıcı kısa örnekler verilecektir. Daha sonra zamanlanmış Petri ağlarına geçilecektir. Şimdiye kadar zamanlanmış Petri ağlarına yapılan yaklaşımlar, yapılan çalışmalar ve yapılabilecek analizler hakkında bilgi verilecektir. Yapılan ön çalışmanın ardından, geçişleri belirli olarak zamanlanmış Petri ağlarında erişilebilirlik analizi yöntemi geliştirilecektir. İlk olarak geliştirilen erişilebilirlik analizi yöntemi verilecek ve kısa örneklerle açıklanacaktır. Daha sonra benzetimle, kurulan modelin doğruluğu sınanacaktır. Geliştirilen model kullanılarak şehirlerarası otobüs seferleri, karıştırıcı sistemi ve trafik ışıkları sistemleri modellenecek ve benzetimleri yapılacaktır. Trafik ışıkları ve karıştırıcı sistemi örneklerinde Bowdan'ın "izinli olma süresi" yaklaşımı kullanılacaktır (Bowdan, 2000). Bu yaklaşımda da yine zaman ataması geçişlere yapılacaktır. Ekler bölümünde analiz sonuçları ayrıntılı bir şekilde verilecektir. Trafik ışıkları örneği, analiz çıktıları kullanılarak, görsel bir yazılımla desteklenecektir.

1.1 Petri Ağı Gösterimleri ve Tanımlamaları

Petri ağını tanımlama işlemi iki aşamalıdır. İlk aşamada Petri ağı grafiği (yapısı) tanımlanır. Daha sonra bu grafiğe ilk işaretleme ve bir geçiş etiketleme fonksiyonu eklenerek model tamamlanır. Ayrık olaylı sistemlerin modellendiği Petri ağlarında olaylar geçişlerle ilişkilendirilir. Bir geçişin oluşması için gerekli olan durumlar yerler ile gösterilir. Geçişin gerçekleşmesi için olan durumlar "giriş" yerleri, geçişe çıkış olan ve geçişten etkilenen durumlar ise "çıkış" yerleri olarak isimlendirilir. Geçişler, yerler ve bunlar arasındaki oklar Petri ağı yapısını tanımlayan temel bileşenlerdir.

Petri ağı yapısı şu şekilde tanımlanabilir:

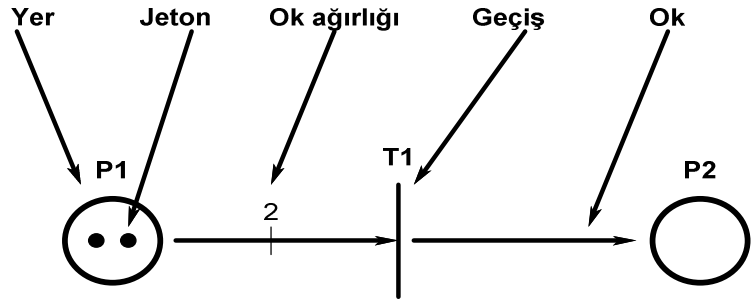
(P,T,A,w)

P: Sonlu sayıda yerler kümesi

T: Sonlu sayıda geçişler kümesi

$A \subseteq (PxT) \cup (TxP)$ geçişlerden yerlere ve yerlerden geçişlere olan oklar kümesi

w: $A \to \{1,2,3,...\}$ okların ağırlık fonksiyonu



Şekil 1.1 : Petri ağının bileşenleri

Yukarıda verilen Petri ağıyla ilgili tanımlamalar aşağıda verilmiştir:

P={P1,P2}

T={T1}

A={(P1,T1), (T1,P2)}

w(P1,T1)=2, w(T1,P2)=1

Petri ağlarını tanımlarken yerler ve geçişler için giriş ve çıkış tanımlamaları yapılmıştır.

$$I(t_j) = \{ p_i \in P : (p_i, t_j) \in A \} \quad \textbf{(1.1)}$$

$$O(t_j) = \{ p_i \in P : (t_j, p_i) \in A \} \quad \textbf{(1.2)}$$

i=1,…,m ve j=1,…,n

$I(t_j)$, t_j geçişine giriş olan yerlerin kümesini, $O(t_j)$ ise t_j geçişine çıkış olan yerlerin kümesini göstermektedir. Aynı tanımlamalar $I(p_i)$ ve $O(p_i)$ geçişler kümeleri için de yapılabilir. Yerler ve geçişler arasındaki okların sayısı, w ok ağırlık fonksiyonu ile gösterilmektedir. Şöyle ki $p_i \in I(t_j)$ olmak üzere $w(p_i, t_j) = k$, p_i yerinden t_j geçişine k tane okun olduğu belirtmektedir. Okun ağırlığı üzerine yazılan sayıyla gösterilmektedir.

1.2 Petri Ağı İşaretlemeleri ve Durum Uzayı

Petri ağlarında durumlar yerler ile gösterilmiştir. Yapıda gösterilen durumların gerçekleşip gerçekleşmediği, yerlere konulan jetonlar ile belirlenmektedir. Yerlere konulan jetonlar Petri ağı yapısının işaretlenmesini tanımlamaktadır. İşaretlenmiş bir Petri ağı şu şekilde tanımlanabilir:

(P,T,A,w,x)

$x = [x(p_1)x(p_2)...x(p_n)] \in N^n$

X, yerler kümesi P nin işaretleyicisi olarak tanımlanır. Bundan sonraki kullanımlarda Petri ağı denildiğinde işaretlenmiş bir Petri ağı belirtilmiş olacaktır.

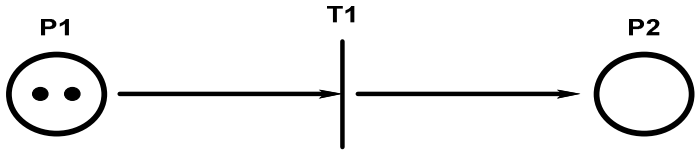
Buraya kadar olan kısımda Petri ağı hakkında tanımlamalar yapılmıştır. Bundan sonraki bölümde Petri ağlarının durum geçiş işleyişi üzerine tanımlamalar yapılacaktır. Yapılacak ilk tanımlama "izinli geçiş" tanımlamasıdır.

$t_j \in T$ ve $\forall p_i \in I(t_j)$ olmak üzere;

$$x(p_i) \geq w(p_i, t_j) \qquad \textbf{(1.3)}$$

koşulunu sağlayan geçiş izinli yani ateşlenebilir geçiş olarak isimlendirilir.

Sözel olarak ifade etmek gerekirse, p_i yeri en azından, p_i'den t_j'ye olan okun ağırlığı kadar jeton sahibi olduğunda, t_j geçişi izinli olur.



Şekil 1.2 : Ateşlenebilirlik incelemesi için basit bir Petri ağı

Yukarıda verilen Petri ağı için ilk işaretleme şu şekilde yapılmıştır: $x_1 = [20]$

Bu durumda T1 geçişinin ateşlenebilirlik şartını kontrol edelim:

$x(P1) = 2$, $w(P1,T1) = 1$

$x(P1) \geq w(P1,T1)$ olduğundan T1 geçişi ateşlenebilir.

Petri ağında durum değişimleri jetonların hareketleriyle gerçekleşmektedir. Bir geçiş izinli olduğu anda ateşlenir ve jetonların hareketiyle durum değişikliği gerçekleşir.

Tanımlanan Petri ağı için (P,T,A,w,x), $t_j \in T$ ve $\forall p_i \in I(t_j)$ olmak üzere $x(p_i) \geq w(p_i, t_j)$ izinli olma koşulu sağlandığı taktirde;

$f : N^n x T \rightarrow N^n$ durum geçiş fonksiyonu tanımlanabilir.

$f(x, t_j)$ tanımlandığı taktirde t_j geçişinin ateşlenmesinden sonraki p_i yerindeki durum;

$$x' = f(x, t_j)$$

$$x'(p_i) = x(p_i) - w(p_i, t_j) + w(t_j, p_i) \quad \textbf{(1.4)}$$

olarak verilir.

Yukarıda verilen 1.4 denklemi sadece tek bir yer için olan değişimi vermektedir. Tüm yerler için olan değişim gözönüne alındığında varılan yeni durum:

$$x' = [x'(p_1)x'(p_2)...x'(p_n)] \quad \textbf{(1.5)}$$

olarak verilebilir.

Geçişlerin ateşlenmesiyle oluşan durum değişiklikleri, durum denklemleri şeklinde verilebilir. Bunun için aşağıdaki tanımlamalar yapılacaktır.

$u = [t_1 t_2 ... t_m]$ ateşlenme vektörü

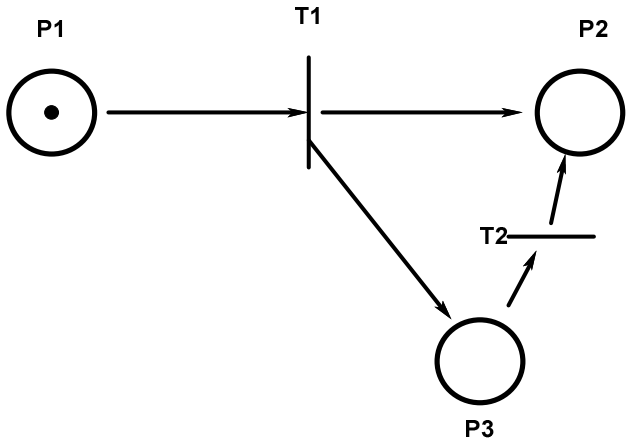
$A = [a_{ji}]_{mxn}$ tanımlayıcı matris

$$a_{ji} = w(t_j, p_i) - w(p_i, t_j) \quad \textbf{(1.6)}$$

U ateşleme vektörünün ateşlenmesinden sonra oluşacak yeni durum aşağıdaki denklemle verilir;

$$x' = x + uA \quad \textbf{(1.7)}$$

Aşağıda durum denklemini açıklayan bir örnek verilmiştir.



Şekil 1.3 : Petri ağında durum denklemi örneği

$$A = \begin{bmatrix} 0-1 & 1-0 & 1-0 \\ 0-0 & 1-0 & 0-1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$x_0 = [100]$$

Verilen x_0 başlangıç durumunda T1 geçişi ateşlenebilir. 1.7 denklemi kullanılarak, bir sonraki işaretleme aşağıdaki durum denklemi ile verilebilir:

$$x_1 = [100] + [10] \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$x_1 = [011]$$

Bu durumda T2 geçişi ateşlenirse oluşacak durum denklem ve yeni durum:

$$x_1 = [011] + [01] \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$x_2 = [020]$$

1.3 Petri Ağı Analizi

Bu bölümde Petri ağı ile ilgili sınırlılık (boundedness), konservatiflik (conservation), kapsamlılık (state coverability), canlılık (liveness), sürerlilik (persistence) ve erişilebilirlik analizi tanımlamaları yapılacaktır.

Sınırlılık: Birçok durumda jetonlar kullanıcıya kaynak paylaşımlı bir sistemde sunulacaktır. Bu ortak kullanılan kaynakların bir durumda sınırsız bir şekilde artması, sistemde düzensizliğe neden olacaktır. R(N), tanımlanan Petri ağının (N) erişilebilirlik kümesi olmak üzere, $p_i \in P$ yeri $\forall x \in R(N)$ için $x(p_i) \leq k$ koşulunu sağlıyorsa k-sınırlıdır ya da k-güvenlidir denir. Eğer yer 1-sınırlı ise güvenlidir denir. Tüm yerler sınırlı ise Petri ağı sınırlı olarak isimlendirilir. Sınırlılık problemi bazı analizler için önem taşımaktadır.

Durum Kapsanabilirliği: Durum kapsanabilirliği durum erişebilirliğinin genelleştirilmiş halidir. Aynı zamanda bir geçişin sürekli ateşlenebilirliği ile ilgilidir. X_0 ilk işaretlemesi ile verilen bir Petri ağında (N), $x \in R(N)$ ve $\forall i = 1, 2, ..., n$ için $x(p_i) \geq y(p_i)$ durumu sağlanıyorsa, y durumu kapsanabilir denir.

Konservatiflik: Konservatiflik Petri ağında bulunan durumlar için toplam jeton sayısını anlamlandırmaya yönelik bir tanımlamadır.
X_0 ilk işaretlemesi ile verilen bir Petri ağında (N), $\gamma = [\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_n]$, $\gamma_i \geq 0, \forall i$, ağırlık vektörü olmak üzere, $\sum_{i=1}^{n} \gamma_i x(p_i) = sabit$ oluyorsa Petri ağı $\gamma = [\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_n]$ ya göre konservatiftir denir.

Canlılık: X_0 ilk işaretlemesi ile verilen bir Petri ağı (N), ulaşılan herbir durum için ateşlenebilir geçiş bulup yeni duruma geçebiliyorsa canlıdır denir. Canlılığın belirli seviyeleri vardır;
-Ölü ya da L0-canlı: Eğer verilen durumdan hiç ateşlenemiyorsa
-L1- canlı: X_0 ilk durumundan en az bir kez ateşlenebiliyorsa
-L2-canlı: Eğer geçiş en az verilen k tamsayısı kadar ateşlenebiliyorsa
-L3-canlı: Eğer sonsuz ateşlenebilen diziler varsa
-L4-canlı: Eğer geçiş X_0 dan ulaşılan herbir durum için L1 canlı ise

Sürerlilik: Bir Petri ağında verilen herhangi 2 izinli geçişten, birisinin ateşlenmesi diğerini izinsiz yapmıyorsa, bu Petri ağı sürerlidir denir. Bu özellik aynı anda izinli olan geçişlerin durumunun düzenlenmesi için verilmiştir.

Kapsanabilirlik ağacı: Kapsanabilirlik ağacı Petri ağlarında bazı sorunların çözümü için kullanılan bir analiz metodudur. Erişilebilirlik ağacının sonsuza gitmesi durumunda bazı bilgilerin kaybına rağmen, sonsuza giden ağaç sınırlandırılır ve Petri ağının erişebilirlik ağacı elde edilir. Aşağıda sonlu bir erişebilirlik ağacı elde etmek için yöntem ve tanımlamalar verilmiştir.

1. Kök düğümü: Erişilebilirlik ağacının, ilk işaretlemeden oluşan ilk durumudur.
2. Sonlanmış düğüm: Hiçbir ateşlemenin izinli olmadığı düğümdür.
3. Çift düğüm: Ağaçta önceden elde edilmiş bir düğümdür. Ağaç çift düğümden sonra aynı yolu izleyeceği için durdurulur.
4. Baskın Düğüm: $x=[x(p_1)...x(p_n)]$ ve $y=[y(p_1)...y(p_n)]$ ağaçtaki iki düğüm olsun. Aşağıdaki iki durum sağlanırsa "x, y'ye baskındır" denir ve $x >_d y$ ile gösterilir:
   i) $x(p_i) \geq y(p_i), \forall i = 1,...,n$
   ii) $x(p_i) > y(p_i)$, en azından bazı $i = 1,...,n$
5. w sembolü: Sınırlandırılamayan yer için sonsuzluk işaretlemesi olarak düşünülebilir. Eğer $x >_d y$ ve $x(p_i) > y(p_i), \forall i = 1,...,n$ ise $x(p_i)$ w ile değiştirilir. Ve w ile işaretlenmiş bir yer jeton kazansa dahi bir etkisi olmaz.

Sonlu bir erişilebilirlik ağacının yapısal algoritması aşağıda verilmiştir:

1. Başlangıç x=xo
2. Her yeni düğüm için, x, tüm $t_j \in T$ ler için $f(x,t_j)$ geçiş fonksiyonu hesaplanır

2.1 Eğer tüm $t_j \in T$ ler için $f(x,t_j)$ geçiş fonksiyonu tanımsız ise x sonlanmış düğümdür.

2.2 Eğer bazı $t_j \in T$ ler için $f(x,t_j)$ geçiş fonksiyonu tanımlı ise yeni bir düğüm olan $x' = f(x,t_j)$ oluşturulur:

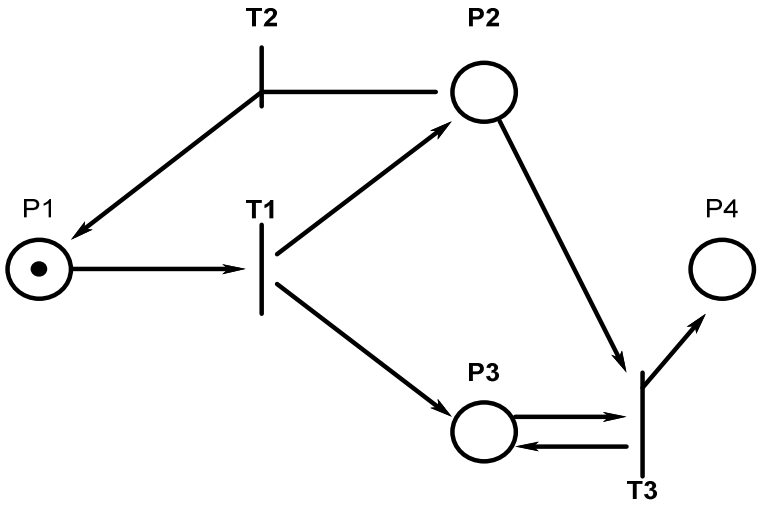
2.2.1 Bazı p_i ler için $x(p_i) = w$ ise $x'(p_i) = w$ olarak alınır.

2.2.2 Eğer xo'dan x''ne gelinen yol üzerinde $x >_d y$ sağlayan bir y düğümü varsa, $x'(p_i) > y(p_i)$ yi sağlayan tüm p_i ler için $x'(p_i) = w$ olarak alınır.

2.2.3 Aksi durumlarda, $f(x,t_j)$ den $x'(p_i)$ elde edilir. Eğer x', xo dan x''ne gelinen yoldaki bir düğümle aynı ise x' çiflenmiş bir düğüm olur.

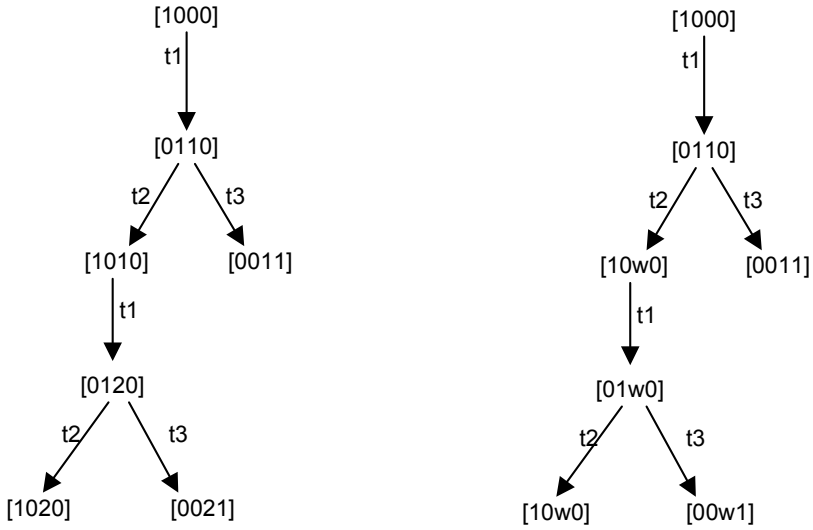
3. Eğer tüm yeni düğümler eşlenmiş ya da çiftlenmiş ise ağaç durdurulur.

Aşağıdaki örnekte, verilen Petri ağı için erişilebilirlik ağacı oluşturulacaktır.



Şekil 1.4 : Erişilebilirlik ağacı örneği

x_0=[1000] ilk işaretlemesi ile verilen Petri ağının erişilebilirlik ağacı aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.5 : Erişilebilirlik ağacı

2. ZAMANLANMIŞ PETRİ AĞLARI

2.1 Zamanlanmış Petri Ağlarına Giriş

Petri ağları bölümünde yapılan açıklamalarda verildiği gibi, Petri ağlarında durumlar yerler ile, olaylar geçişler ile ve durumlar ile olaylar arasındaki ilişkiler oklar ile gösterilmektedir. Petri ağı modeli ayrık olaylı sistemi davranışsal olarak incelemeye olanak vermektedir (Zuberek, 2001). Yapılacak olan analizde sistemin hangi durumlara varacağı ve yaşanacak olası kilitlenmeler gözlenebilmektedir. Fakat gerçek zamanlı sistemlerde bu inceleme yetersiz kalmaktadır. Günümüzde bir sistem için performans tanımı; sadece görevin tamamlanması olarak değil, en kısa sürede görevin tamamlanması olarak yapılmaktadır. Bu nedenle Petri ağı yapısının içine zaman bilgisi eklenerek "Zamanlanmış Petri Ağı" yapısına geçilmiştir (Ramchandani, 1974). Zamanlanmış Petri ağları, klasik Petri ağı yapısına göre gerçek zamanlı bir sistem tanımlaması ve analizi yapma imkanı vermektedir.

Petri ağı yapısında tanımlanan giriş yerleri, çıkış yerleri ve geçişlerin, hangi açıklamalara karşılık geldiğine dair 2.1 çizelgesi aşağıda verilmiştir:

Çizelge 2.1 : Geçişler ve yerlerin gerçek hayattaki karşılıkları (Wang, 1998)

Giriş Yerleri	**Geçişler**	**Çıkış Yerleri**
Önceki durumlar	Olay	Sonraki durumlar
Giriş verisi	Hesaplama adımı	Çıkış verişi
Giriş sinyali	Sinyal işleyici	Çıkış sinyali
Gerekli kaynak	Görev veya iş	Salıverilen kaynak
Durumlar	Lojik şart	Sonuçlar
Saklayıcılar	İşlemci	Saklayıcılar

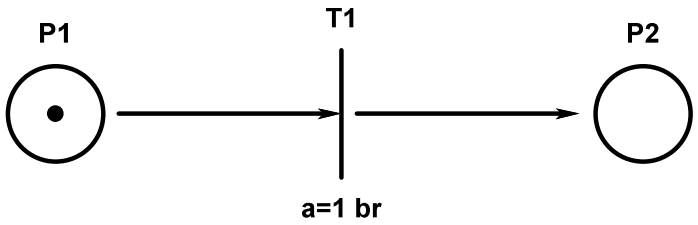
2.1 çizelgesinde de verildiği gibi ayrık olaylı sistemde yaşanan durum değişiklikleri, tamamlanması zaman alan geçişler ile gerçekleşmektedir. Zamanlanmış Petri ağlarında zamanın tanımı ve atanacağı yerle ilgili değişik görüşler bulunmaktadır.
Zaman üç şekilde tanımlanmaktadır (Bowdan, 2000):

- Belirli zaman
- Rassal Zaman
- Aralıklı zaman

Zaman ataması da üç farklı şekilde yapılmaktadır (Wang, 1998):

- Geçişlerin zamanlandırılması
- Yerlerin zamanlandırılması
- Okların zamanlandırılması

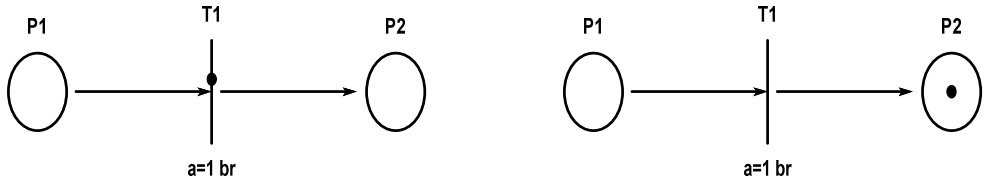
Petri ağalarında zaman kavramı ilk olarak Ramchandani tarafından ortaya atılmıştır. Ramchandani Petri ağlarının kararlı hal davranışları üzerine çalışmış ve belirli sınıflar için "belirli bir zamanda veri işleme yeteneğini" hesaplamak için yöntemler geliştirmiştir (Zuberek, 1980). Geliştirilen yöntemde, Petri ağalarında olayların geçişler ile temsil edildiğini ve olayların başlaması ile bitişi arasında bir zaman bilgisinin oluştuğunu belirtmiştir. Klasik Petri ağı bu bilgiyi modellememiştir. Ramchandani zaman atamasını geçişlere yapmıştır (Ramchandani, 1974). Holliday ve Vernon, Moore ve Lynch, Ramammoorthy ve Ho, Valero ve Zuberek çalışmalarında Ramchandani'nin yaklaşımını kullanmışlardır (Holliday ve Vernon, 1987; Moore ve Lynch, 1990; Ramammoorthy ve Ho, 1980; Valero, 1995; Zuberek, 1985; Bowdan, 2000).



Şekil 2.1 : Geçişleri zamanlandırılmış Petri ağı örneği

Şekil 2.1 de verilen model "Geçişleri zamanlandırılmış Petri ağı (GZPA)" olarak isimlendirilmiştir. GZPA'ında jeton akışı iki aşamalı olarak gerçekleşmektedir. İlk olarak bir jeton izinli olduğu anda geçiş ateşlenebilir konumda ise ateşlenme başlamaktadır ve izinli olan jeton giriş yerinden ayrılıp geçişe gelmektedir. Geçişe atanan zaman gecikmesi dolduğu anda jeton çıkış yerine geçmekte ve ateşlenme tamamlanmaktadır (Nicol ve Roy, 1991; Bowdan, 2000). Bu iki aşamalı yapı bir adet ateşlenme için iki adet işaretlenme getirmekte ve erişilebilirlik ağacındaki durum sayısını arttırmaktadır. Diğer taraftan zaman ataması, sistemde tamamlanması zaman alan olaylara yapıldığı için, gerçeğe yakın bir modelleme sağlamaktadır. Bowdan yaptığı çalışmada GZPA'daki zaman yapısını "ateşlenme süresi" olarak isimlendirmiştir (Bowdan, 2000). Ateşlenme süresi jetonun geçişte ne kadar bekleyeceğini belirtmektedir. Ramanchandi tarafından ortaya atılan model Ramamoorty ve Ho tarafından, sistemdeki yerlere tek giriş ve tek çıkışın olduğu, alt grup Petri ağlarında performans analizi için genişletilmiştir (Ramamoorty ve Ho, 1980). Aynı zamanda Zuberek GZPA modelindeki ateşlenme zamanını belirli ve rassal olarak ayırmış ve iki farklı yaklaşımla "Belirli Zamanlanmış Petri Ağı" ve "Markovian Zamanlanmış Petri Ağı" tanımlamalarını yapmıştır. M-Zamanlanmış Petri ağlarında geçişe üssel dağılımlı rassal zaman ataması yapılmıştır. Ayrıca sınırsız zamanlanmış Petri ağları ve durum patlaması gibi problemler üzerine çalışmıştır (Zuberek, 1980; Zuberek, 1991; Zuberek, 2001).

Şekil 2.1 de verilen GZPA için, zaman analizi yapıldığında şu durumlar elde edilir:



$0 \le t < 1$ t=1

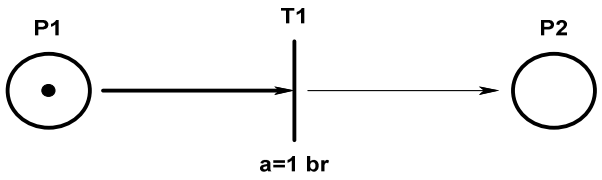
Şekil 2.2 : Geçişleri zamanlandırılmış Petri ağında zaman analizi

Merlin tarafından sunulan modelde ise yine zaman ataması geçişlere yapılmış fakat atanan zaman değeri aralıklı olarak alınmıştır. Bu yaklaşımla Merlin, bilgisayar sistemleri ve haberleşme protokolleri üzerine çalışmıştır (Merlin, 1974; Merlin ve Faber, 1976). Merlin çalışmasında, bir geçiş izinli olduktan sonra, ateşlenebilmesi için geçecek minimum zamanı ve ateşlenmenin kendiliğinden gerçekleşmesiyle sonuçlanacak bir maksimum zamanı belirlemiştir. Sonuç olarak geçişlere bir aralık

gecikmesi atanmış ve model "Zamanlı Petri Ağı" olarak isimlendirilmiştir (Barthomieu ve Diaz, 1991). Zamanlı Petri ağı sistemin performans sınırlarını belirlemede kullanılabilir (Walter, 1983). Fakat büyük sistemler için performans aralığı fikir yürütmeyi engelleyecek kadar geniş olabilir. Bu model, aralık tek bir değere yakınsatıldığında Ramanchandi'nin modeli ile örtüşmektedir.

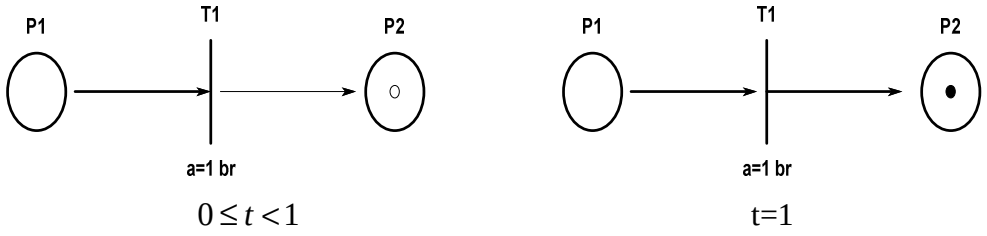
Coolahan ve Roussopoulos tarafından sunulan modelde yerler sistemde zaman harcayan kısımlar olarak belirtilmiş ve zaman ataması yerlere yapılmıştır. Bu model "Yerleri Zamanlandırılmış Petri Ağı (YZPA)" olarak isimlendirilir (Wang, 1998; Coolahan ve Roussopoulos, 1983). Modelde jetonlar izinli ve izinsiz olarak ikiye ayrılırlar. İzinli olan bir jetonun anlık olarak ateşlenmesi gerçekleşir ve jeton çıkış yerinde belirir. Çıkış yerine atanan zaman kadar süre sonra jeton izinli olur ve yeni bir ateşlemede kullanılabilir (Sifakis, 1977; Sifakis, 1979; Wong, 1985; Azzopardi ve Lloyd, 1994; Coolahan ve Roussopoulos, 1983).

Bowdan yaptığı çalışmada YZPA yapısındaki zaman yapısını "Tutma süresi" olarak isimlendirmiştir. Tutma süresi jetonun çıkış yerinde izinli olabilmek için bekleyeceği süreyi belirtmektedir (Bowdan, 2000). Aynı zamanda Sifakis de Petri ağları üzerine yaptığı çalışmada, zaman atamasını yerler üzerine yapmış ve zamanlanmış Petri ağlarında maksimum hesaplama hızının, ağı tanımlayan lineer denklem takımının çözülmesiyle hesaplanabileceğini göstermiştir (Sifakis, 1977).



Şekil 2.3 : Yerleri zamanlandırılmış Petri ağı(YZPA)

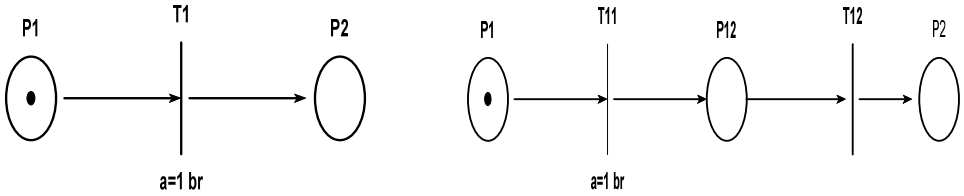
Şekil 2.3 te verilen YZPA örneğinin zaman analizi aşağıda verilmiştir;



$0 \le t < 1$ t=1

Şekil 2.4 : Yerleri zamanlandırılmış Petri ağında zaman analizi

Geçişleri zamanlanmış Petri ağından, yerleri zamanlanmış Petri ağına geçilebilmektedir. Bunun için GZPA da jetonun geçişte beklemesini ayrı bir durum olarak düşünmek gerekir. Bu durumda jeton geçişte değil, zaman ataması yapılmış bir yerde bekleyecektir ve süre dolduğunda anlık olarak geçiş gerçekleşecektir. Aşağıda verilen basit Petri ağı örneğiyle zamanın yerlere nasıl atandığı açıklanmıştır:



Şekil 2.5 : GZPA'dan YZPA'ya geçiş

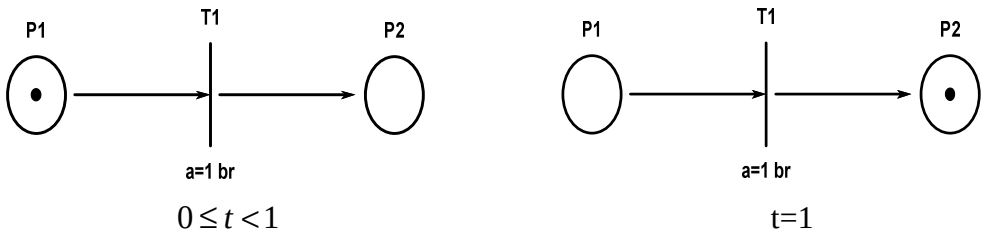
Yukarıdaki örnekte ilk olarak zaman ataması T1 geçişine yapılmıştır. Ateşleme anlık olarak başlayacak ve jeton 1 br zaman kadar T1 geçişinde bekledikten sonra t=1 anında P2 yerine geçecektir. T1 geçişindeki beklemeyi ayrı bir durum olarak düşünürsek zaman atamasını bu P12 bekleme durumuna yapalım. Bu durumda T11 anlık olarak ateşlenecek ve jeton P12 yerinde 1 birim zaman izinli olabilmek için bekleyecektir. t=1 anında jeton P12 yerinden ayrılıp anlık olarak P2 yerine geçecektir.

Sifakis ve Bacelli zamanı yerlere ve geçişlere atamanın eşdeğer modelleme gücüne sahip olduğunu göstermişlerdir (Sifakis, 1979; Bacelli, 1992). Geçişler olayları temsil ettiği ve olayların gerçekleşmesi de zaman aldığı için, zamanın geçişlere atanması sistemi daha gerçel kılmaktadır.

Zhu ve Denton zaman atamasıyla ilgili farklı bir yöntem ortaya atmıştır. Zaman, yerlerden geçişlere olan giriş oklarına atanmıştır. Yaklaşım "Okları Zamanlanmış Petri Ağı (OZPA)" olarak isimlendirilmiştir. OZPA, karmaşık sistemleri modellemeye imkan verecek esneklikler sunmaktadır. Bu modelde izinli jeton, oka

atanan süre kadar giriş yerinde bekler ve bu süre dolduktan sonra geçişe gelir. Jeton giriş yerinde izinli olma süresi boyunca bekler ve en kısa süreye sahip ok tarafından ilgili geçişe iletilir. Bu model belirli zamanda yapılması istenen işlemleri modellemeye elverişlidir (Zhu ve Denton, 1998).

Bowdan geçişleri zamanlanmış Petri ağları için "izinli olma süresi" tanımı yaparak yeni bir yaklaşım ortaya atmıştır. Bu yaklaşımda bir geçişin ateşlenmesi başladığı anda, geçişe giriş olan yerlerdeki jetonların çıkışı anlık olarak başlamamaktadır. Giriş yerlerindeki jetonlar, geçişe atanan süre dolduktan sonra çıkış yerlerine anlık olarak geçmektedir (Bowdan, 2000). Bu model yerlerin, geçişler üzerinden zamanlandırıldığı bir model olarak düşünülebilir. Bu yaklaşım trafik ışıkları ve karıştırıcı sistemi örneklerinde kullanılacaktır. Şekil 2.3 de verilen örnek, "izinli olma süresi" yaklaşımıyla analiz edildiğinde şekil 2.6 daki sonuçlar elde edilir:



$0 \le t < 1$ t=1

Şekil 2.6 : İzinli olma süresi yaklaşımıyla zaman analizi

Razouk ve Phelps tarafından zamanın hem izinli olma hem de ateşlenme süresi olarak düşünüldüğü birleştirilmiş bir model sunulmuştur. Güçlü bir model sunmasına rağmen araştırmacılar tarafından kullanılmamıştır (Bowdan, 2000).

Buraya kadar olan kısımda zamanlanmış Petri ağında zamanın nerelere atandığı üzerine açıklamalar yapılmıştır. Şimdi zamanın nasıl bir yapıda olabileceği üzerine açıklamalar yapılacaktır. Atanan zaman yapısı belirli, rassal ve aralıklı olmak üzere üçe ayrılmıştır. Bunların her biri belirtilen modeller üzerine farklı farklı uygulanmıştır. İlk uygulamalarda zamanın belirli olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda zaman gecikmesi kümesi negatif olmayan gerçel sayıların alt kümesi olacaktır. Valero pozitif doğal sayıları, Azzopardi ve Floyd pozitif gerçel sayıları ve Holliday ve Vernon ise negatif olmayan gerçel sayıları zaman gecikmelerine atamıştır (Azzopardi ve Floyd, 1994; Valero, 1995; Holliday ve Vernon, 1987; Bowdan, 2000). Rassal zaman gecikmelerinde ise, bir olayın zaman gecikmesi olasılık dağılım fonksiyonu ile belirlenmektedir.

Rassal yapıyı ilk olarak Zuberek ve Ajmone Marsan üssel dağılım olarak kullanılmıştır (Zuberek, 1985; Marsan, 1985). Bu yapı daha sonra yaratılan sürenin keyfi dağılım fonksiyonundan elde edilebileceği bir yapıya genişletilmiştir (Marsan ve Chiola, 1986; Bechta Dugan, 1984; Chiola ve Fanceschinis, 1989; Lin ve Marinescu, 1987). Bu yapıda zaman gecikmeleri kümesi, negatif olmayan gerçel sayıların alt kümelerinden değil, dağılım fonksiyonlarından seçilecektir. Aralıklı zaman gecikmeleri ise ilk defa Merlin tarafından sunulmuştur. Zaman gecikmesi minimum ve maksimum süre aralığı olarak tanımlanmıştır. Yapılan çalışmalarda zamanın nasıl örneklendiği özel olarak açıklanmamış ve verilen aralıktan hesaplanacağı belirtilmiştir (Merlin ve Farber, 1976; Walter, 1983; Menasche, 1985; Berthomieu ve Menasche, 1983). Aralıklı bir gösterim, gerçek dünyadaki gecikmelerin değişken olduğu ve bu değişimlerin dağılımının belirlenemediği durumlarda kullanılabilir. Aralıklı süre yapısı performans sınırlarını hesaplamada kullanılmıştır (Van der Aalst ve Odijk, 1995; Berthomieu ve Diaz, 1991; Boucheneb ve Berthelot, 1993).

2.2 Geçişleri Zamanlanmış Petri Ağı Tanımlamaları

Bu bölümde zaman ataması geçişlere yapılacaktır ve geçişleri zamanlandırılmış Petri ağı tanımlamaları verilecektir. Geçişler için zaman gecikmesi ataması belirli bir zaman değeri olacaktır. Bu belirli zaman değeri ateşlenmesi sınırsız olan modelde sabit bir değer olurken, ateşlenme sayısı sınırlı olan modelde her ateşlenme için değişken değer alacaktır. Tanımlanan ikinci modelde “geçişin ömrü” tanımı ortaya atılacaktır.

Bir Petri ağında geçişler ateşlenmesi zaman alan ve almayan geçişler olmak üzere ikiye ayrılır. Çalışmada geçişlerin olayları temsil ettiği ve tüm olayların tamamlanmasının da zaman aldığı kabulüyle, tüm geçişler zaman alan geçişler olarak düşünülecektir.

$T = T_O U T_D$

$T_O \rightarrow$ Sıfır ateşleme gecikmeli geçişler

$T_D \rightarrow$ Zaman gecikmeli geçişler.

İlk olarak geçişlere sabit bir zaman gecikmesinin atandığı model üzerine tanımlamalar yapılacaktır.

Basit bir Petri ağı yapısı aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

(P,T,A,w,x) $\rightarrow$ İşaretlenmiş bir Petri ağı modeli

P: Yerleri yani durumları temsil eder.

T: Geçişleri yani olayları temsi eder.

A: {PxT U TxP} Yerlerden geçişlere ve geçişlerden yerlere giden tüm oklar kümesi**.**

w: Ağırlıkların kümesi**.**

x: İşaretleme vektörü.

İşaretlenmiş Petri ağı yapısına, geçişlerin ateşlenme gecikmesini tutan D kümesi eklenerek geçişleri zamanlanmış Petri ağı yapısına geçilebilir:

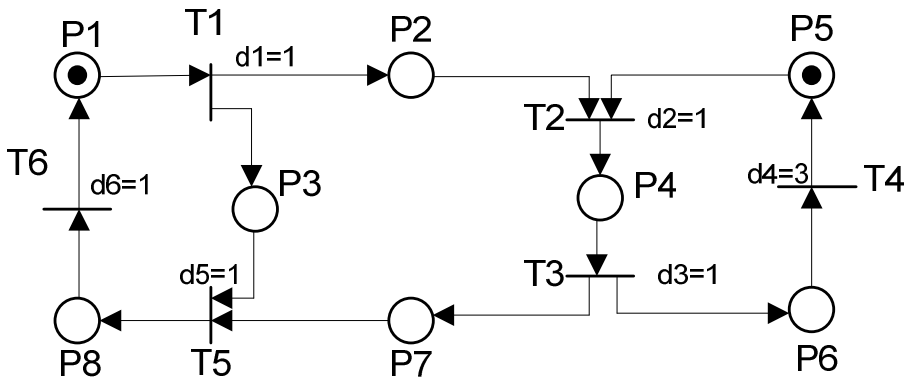
D={ $d_j : t_j \in T_D$ } j=1,2,…,n

$t_j \in T_D$, $d_j \in R^+$ j=1,2,…,n

Aşağıdaki örnekte geçişleri zamanlandırılmış Petri ağı kullanılarak bir haberleşme protokolü modellenecektir. Haberleşme protokolünde bir gönderici ve bir alıcı vardır. Gönderici mesajını bir saklayıcıya gönderir ve alıcı taraftan bilgi (ACK) beklemeye başlar. Alıcı taraf bir mesaj aldığında, saklayıcıya bilgi (ACK) gönderir. Gönderici alıcı taraftan bilgi aldıktan sonra işlem yapmaya başlar ve yeni bir mesaj gönderir. Sistem için tanımlanan yer ve geçişlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

P1 Gönderici hazır
P2 Mesaj saklayıcıda
P3 Gönderici ACK bekliyor
P4 Mesaj alındı
P5 Alıcı hazır
P6 ACK gönderildi
P7 ACK saklayıcıda
P8 ACK alındı

T1 göndericinin saklayıcıya mesaj yollaması
T2 alıcının saklayıcıdan mesaj alması
T3 alıcının saklayıcıya ACK yollaması
T4 alıcının mesajı işlemesi
T5 göndericinin ACK alması
T6 Göndericinin yeni mesajı işlemesi



Şekil 2.7 : GZPA ile haberleşme protokolü modeli (Wang, 1998)

Tanımlanan Petri ağının geçişlerinin zaman gecikmesi kümesi:

D={d1, d2, d3, d4, d5, d6}

d1=1br, d2=1br, d3=1br, d4=3br, d5=1br, d6=1br

$K_n(m) \rightarrow$ n. yerin, m. defa jeton alma zamanı olarak tanımlanırsa, verilen GZPA için aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$K_1(n) = K_8(n-1) + d6$$
$$K_2(n) = K_1(n) + d1$$
$$K_3(n) = K_1(n) + d1$$
$$K_4(n) = \max\{(K_2(n) + d2), (K_5(n) + d2)\}$$
$$K_5(n) = K_6(n-1) + d4$$
$$K_6(n) = K_4(n) + d3$$
$$K_7(n) = K_4(n) + d3$$
$$K_4(n) = \max\{(K_3(n) + d5), (K_7(n) + d5)\}$$
$$K_1(1) = 0, K_5(1) = 0$$

Yukarıdaki matematiksel tanımlamalara göre P2 yeri ilk jetonu;

$K_2(1) = d1 = 1$ zamanında alır.

Bu durumdan sonra P4 yerinin ilk jetonu alma anı:

$$K_4(1) = \max\{(1+1), (0+1)\}$$
$$K_4(1) = 2$$

Yukarıda gösterilen şekilde, elde edilen denklemler kullanılarak model için zaman analizi yapılabilir.

Geçişleri zamanlanmış Petri ağlarında, geçişlerin ateşlenmesinin sınırlandırıldığı ve her bir ateşlenme için ayrı ateşlenme gecikmesinin atandığı bir model de ortaya atılmıştır. Bu yapıda geçişin ateşlenme sayısı, ömrünü belirlemektedir (Cassandras ve Lafortune, 2008). Bu model için aşağıda tanımlamalar yapılmıştır:

"Saat yapısı" işaretlenmiş bir Petri ağında, zamanlanmış gecikmelerle ilişkilendirilmiş bir kümedir.

$V = \{ v_j : t_j \in T_D \}$ saat yapısı

$v_j = \{ v_{j,1}, v_{j,2}, ... \}$ saat dizisi

$t_j \in T_D$, $v_{j,k} \in R^+$, k=1,2,3,…,m [ateşlenme sayısı m ile sınırlandırılmıştır.]

$v_{j,k}$: k. Kere t_j geçişi aktif olduğunda hemen ateşlenmez. $v_{j,k}$ tarafından belirtilen bir gecikmenin ardından geçiş sağlanır. Bu sürede jetonlar t_j'nin girişinde bekler.

Bu tanımlamalardan sonra verilen model için GZPA şu şekilde yazılabilir:

İşaretlenmiş PA: (**P,T,A,w,x**)

İşaretlenmiş Petri ağına bir zaman yapısı ekleyerek zamanlanmış Petri ağı elde edilebilir.

$V = \{ v_j : t_j \in T_D \}$ saat yapısı

Zamanlanmış PA: (**P,T,A,w,x,V**)

İzinli olma (enabling) ve ateşlenme (firing) ayrıdır. Zamanlanmış bir Petri ağında; geçişe giriş olan tüm giriş yerleri (input place) jetona sahip olduğu anda izinli olur**.** Fakat ateşlenme olayı zaman yapısı tarafından belirlenen ateşlenme gecikmesinden sonra olur.

Aşağıdaki örnekte zamanlanmış Petri ağı tanımında kullanılan saat yapısı açıklanmıştır.

t_1 geçişi için bir saat yapısı tanımlayalım.

$v_1 = \{1.0, 1.5, 1.0, 1.6, \ldots\}$

$v_1 = \{ v_{1,1}, v_{1,2}, ... \}$

$v_{1,1}=1.0 \longrightarrow t_1$ geçişi 1. kez ateşlendikten 1.0 birim zaman sonra jeton geçişi sağlanır.

$v_{1,2}=1.5 \longrightarrow t_1$ geçişi 2. kez ateşlendikten 1.5 birim zaman sonra jeton geçişi sağlanır.

Bu bölümde geçişleri zamanlandırılmış Petri ağı için tanımlamalar yapılmıştır. Tez çalışmasında geçişlere sabit ateşlenme gecikmesinin atandığı model kullanılacaktır. Sistem performansı belirlenirken bir geçişin kaç kez ateşleneceği başlangıçta bilinememektedir. Bir olayın olma zamanı sabit kabul edilerek çalışılacaktır. Merlin'in sunduğu modelde zaman aralıklı olarak geçişe atanmıştır. Geçişin ömrü olarak verilen model Merlin'in modelindeki aralıktan her ateşlenme için farklı örnekler alan bir model olarak düşünülebilir.

2.3 Zamanlanmış Petri Ağları İçin Analiz Yöntemleri

Bu bölümde kısaca zamanlanmış Petri ağı için geliştirilen analizler yöntemleri hakkında bilgi verilecektir. Davranışsal analiz, yapısal analiz ve performans analizi temel olarak incelenecek olan analiz yöntemleridir.

2.3.1 Davranışsal analiz

Davranışsal analiz sistemin iç detaylarını bir tarafa bırakarak, gereksinimleri karşılayacak şekilde sistemin davranışı sorgulayan analiz yöntemidir. Petri ağları ilk ortaya atıldığında, sistemlerin kilitlenme gibi belirli davranışlarının analizinde kullanılıyorlardı. Zamanının modele katılmasıyla, zamanlanmış Petri ağları kullanılarak, sistemler için performans analizi yapılmaya başlandı. Birçok araştırmacı hala Petri ağları için geçerli olan yöntemlerle, zamanlanmış Petri ağlarını yorumlamaktadır. Fakat ZPA için yapılacak davranışsal analiz yöntemlerinde zaman kavramı iyi düşünülmelidir. Klasik Petri ağında kilitlenmeye neden olan bir işaretleme, ZPA'da ateşlenmesi devam eden bir geçiş nedeniyle kilitlenmeye neden olmayabilmektedir.

Davranışsal analizde başlangıç durumu ve işaretleme önemlidir. Yapılan işaretlemeye göre sistemde erişilebilir durumlar, sınırlılık, korunumluluk ve canlılık özellikleri değişebilmektedir. İlk işaretlemeye göre istenen bir duruma erişilebilirlik değişmektedir. Farklı bir işaretleme sistemi başka durumlara götürecektir.

Yine yapılan ilk işaretlemeye göre yerlerdeki jeton sayıları değişeceğinden sınırlılık ve korunumluluk özelliği, ilk işaretlenmeyle birlikte değişiklik gösterecektir. İlk işaretlenmeye göre ateşlenebilir geçişler değişeceğinden canlılık özelliği de ilk işaretlenmeden etkilenecektir. Bu belirtilen özellikler davranışsal analizin temel özellikleridir.

Zamanlanmış Petri ağlarının davranışsal analizi üzerine çalışan birçok araştırmacı vardır. Valero belirli ateşlenme zamanına sahip zamanlanmış Petri ağını, normal Petri ağına çevirerek davranışsal analiz yapılabilecek bir yöntem öne sürmüştür (Valero, 1991). Merlin ve Farber, Menasche ve Berthomieu ve Berthomieu ve Diaz davranışsal analiz için erişilebilirlik ağacını kullanmışlardır (Merlin ve Farber, 1976; Menasche ve Berthomieu, 1983; Berthomieu ve Diaz, 1991; Bowdan, 2000).

2.3.2 Performans analizi

Zamanın Petri ağlarına katılmasıyla, performans analizi mümkün bir hale gelmiştir. Performans analizi oldukça geniş bir çalışma alanına sahiptir. Bu bölümde kısaca yapılan çalışmalardan bahsedilecektir.

Van de Aalst, Berthomieu ve Diaz ve Juanole ve Atanma performs analizinin sınırlarını belirlemek için aralıklı zaman yapısını kullanmışlardır (Van de Aalst, 1993; Berthomieu ve Diaz, 1991; Juanole ve Atanma, 1991). Bu yöntemde analiz ZPA'nın erişilebilirlik ağacı çıkartılarak yapılmıştır. Erişilebilirlik ağacı sadece olası durumları göstermekle kalmaz, ayrıca bir duruma erişebilmek için geçen maksimum ve minimum zamanların belirlenerek, ortak kaynak paylaşımı sorunu gibi sorunların analizine de imkan vermektedir**.** Van der Aalst bu yaklaşımı kullanarak tren yolu istasyonlarının zaman planlaması üzerine çalışmış ve tren bekleme zamanını minimize etmiştir (Van der Aalst, 1991). Bu yaklaşımın kötü yanları ise erişilebilirlik ağacının karmaşık hal alması ve durum sayısının hızla büyümesi nedeniyle analizin zorlaşması, belirlenen aralığın sistemin büyümesiyle birlikte performans hakkında fikir yürütemeyecek kadar genişlemesidir.

Jiacun Wang, belirli zamanlanmış Petri ağları için performans hesabı üzerine çalışmıştır. Çalışmalarında Petri ağındaki her yerin bir giriş ve bir çıkış okuna sahip olduğu sınırlamasını kullanmıştır. Bu Petri ağlarına serbest kararlı Petri ağı denir. Serbest karalı Petri ağlarında yere jeton kazanımı giriş geçişi tarafından sağlanır ve kazanılan jeton çıkış geçişi tarafından harcanır. Bu yöntemle, tanımlanmış yollar için döngü zamanları hesaplanmıştır (Wang, 1998).

Zamanın üssel bir dağılım olarak düşünüldüğü rassal (stokastik) Petri ağlarında, erişilebilirlik ağacı kullanılarak performans analizi yapılmıştır. Zamanın dağılımı Ajmone Marsan'ın çalışmalarında performans analizi için daha da genişletilmiştir. Çalışmalarda temel sorun olarak analiz edilecek ZPA sınıflarının azaltılması gösterilmiştir (Marsan, 1986; Marsan, 1989).

Yukarıda belirtilen performans analizi modelleri bazı kısıtlamalara sahiptir. Bu durumlarda bilgisayar detekli yaklaşımsal performans analizi yöntemi kullanmak gerekir**.** Moore ve Brennan, Ammar ve Deng çalışmalarında zamanlanmış Petri ağlarının performans benzetimleri için yöntemler sunmuşlardır (Moore ve Brennan, 1995; Ammar ve Deng, 1991).

2.3.3 Yapısal analizi

Yapısal analiz, sistemin fiziksel ya da anlamsal modelinin incelendiği analiz yöntemidir. Petri ağlarının yapısal analizi başlangıç işaretlenmesinden değil sistemin topolojisinden ya da yapısından etkilenmektedir. Yaygın olarak yapılan yapısal analiz değişmezlik analizidir.

Petri ağlarında oklar, yerler ve geçişler arasındaki ilişkiyi temsil eder. Yerleden çıkan oklar I, yerlere giren okları ise Q matrisiyle gösterilir. Bu iki matrisin toplamı olan A matrisi Petri ağının tanımlayıcı matrisidir. A tanımlayıcı matrisi kullanılarak oluşturulan lineer denklemlerin çözümü ile değişmezlik analizi yapılabilmektedir. $A^T x = 0$ lineer denkleminin çözümü olan tamsayı x çözümüne T-değişmezi denir. T-değişmezine giriş olan sıfır olmayan x matrisi, başlangıç durumuna giden ateşlenme dizisini verir. $Ay = 0$ lineer denkleminin çözümü olan tamsayı y çözümüne P-değişmezi denir. P-değişmezi analizi yerlerdeki jeton sayıları toplamının sabit olmasını incelendiği bir analiz yöntemidir.

Bu bölümde zamanlamış Petri ağlarında genel olarak yapılabilecek analiz yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Zamanlanmış Petri ağlarıyla yapılabilecek en güçlü analiz, performans analizidir. Sistemin gerçek zamanlı olarak gideceği durumlar incelenebilmektedir. Bunun için modellenen sistemin erişilebilirlik ağacı elde edilmelidir. Erişilebilirlik ağacı incelenerek davranışsal analiz hakkında da çıkarımlar yapılabilir. Belirtilen nedenlerden dolayı bu tez çalışmasında erişilebilirlik analizi üzerine çalışılacaktır.

3. GEÇİŞLERİ ZAMANLANMIŞ PETRİ AĞINDA ERİŞİLEBİLİRLİK ANALİZİ

Bu bölümde geçişleri zamanlanmış Petri ağları için erişilebilirlik analizi, geliştirilen bir yöntemle yapılacaktır. Yöntemde Ramchandani'nin geçişlere zaman ataması yaptığı ve izinli geçişin anlık olarak ateşlenmesine başladığı yaklaşım temel alınacaktır. Bu yaklaşım Bowdan'ın çalışmasında "ateşlenme süresi" olarak belirtilmiştir (Bowdan, 2000). Erişilebilirlik analizi bir sistemin gideceği durumların çıkarılmasıdır. Yapılan analiz, sistemin çalışması hakkında bilgi vermektedir. Zamandan bağımsız bir erişilebilirlik analizi sistemin kilitlenmelerini ve tekrarlı durumlarını ortaya çıkarır ve sistemin varacağı durumlar kümesini belirtir. Fakat günümüzde bazı sistemlerde performans, sadece sistemin istenilen duruma varması olarak tanımlanmamaktadır. İstenilen duruma minimum zamanda varılması hedeflenmektedirr. Elde edilen durumların zaman bilgisinin de erişilebilirlik analizine katılmasıyla, gerçek zamanlı olarak sistemin davranışı incelenebilmektedir.

Klasik Petri ağlarında erişilebilirlik analizi yapılırken, ateşlenebilecek olan geçişler sırasıyla ateşlenmekte ve zamandan bağımsız olarak ağaç dallanmalar yaparak durum değiştirmektedir. Kendini tekrar eden durumlarda ve kilitlenmelerde analiz durdurulmaktadır. Zamanlanmış Petri ağlarında ise bu analiz, zaman bilgisinin kullanılması ile karmaşık bir hal almaktadır. Yerlerden jeton çıkışları, geçişlerin ateşlenmesi ile anlık olarak olmakta, yerlerin jeton kazanması ise geçişe atanan zaman gecikmesi kadar sonra olmaktadır. Klasik Petri ağından farklı olarak aynı anda birden fazla geçiş ateşlenebilmektedir. Bu bölümde oluşturulacak erişilebilirlik analizi yönteminin daha önce yapılan çalışmalara göre avantajlı durumları aşağıda verilmiştir:

- Yerlerdeki jeton sayısı bir ile sınırlı değildir.
- Analiz yapılacak sistemde geçişlerin ardışıl ateşlenmelerine izin verilir. Bu özellik ardışıl ateşlenmeler arasına zaman gecikmesi atanarak gerçeklenmiştir.

- Sistemdeki okların ağırlığı birden fazla olabilir.
- Geçişlere ve yerlere giren ve çıkan okların sayısı birden fazla olabilir.
- Çelişki durumu anlık ve ardışıl ateşlenmeler için öncelik ataması ile çözülmüştür. Çelişkiden etkilenen geçişler ve çelişki anı bilgisi kullanıcıya verilmiştir.
- Kilitlenme anını yakalanmış ve kullanıcıya bilgi verilmiştir.
- Yerlerdeki izinli jetonlar bitmeden, yerler tekrar jeton kazanabilir.

3.1 Erişilebilirlik Analizi Yöntemi Tanımları

Erişilebilirlik analizine, analiz boyunca kullanılacak matrislerin ve vektörlerin tanımlanması ve karşılaşılabilecek çelişki durumunun açıklanması ile başlanılacaktır. Matris ve vektör tanımlamalarında kullanılan indislerin boyut açıklamaları aşağıda verilmiştir.

m: Yerlerin sayısı

n: Geçişlerin sayısı

h: Tamamlanmamış ateşlenme sayısının üst sınırı

Durumlar Vektörü: Sistemde durumlara ilişkin bilginin sağlandığı matristir.

$$M = \begin{pmatrix} m_1 \\ . \\ . \\ . \\ m_m \end{pmatrix}$$

$$M = \{m_i \in M \mid \ m_i = M(P_i)\}$$

i=1,…,m

$M(P_i)$, P_i yerinde bulunan jeton sayısı olarak tanımlanır.

Geçişler Vektörü: Olaylara ilişkin bilginin saklandığı vektör olup

$$T = [t_1 t_2 ... t_n]$$

i=1,…,n

biçiminde tanımlanır.

Giriş ve Çıkış Matrisleri: Sistemde yerlerden geçişlere olan okların bilgisinin sağlanacağı I matrisi

$$I = \begin{pmatrix} ı_{11} & \cdots & ı_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ ı_{m1} & \cdots & ı_{mn} \end{pmatrix}$$

$$I = \{ı_{ij} \in I \mid \; ı_{ij} = w(P_i, T_j)\}$$

i=1,…,m ve j=1,…,n

biçiminde tanımlanır.

Geçişlerden yerlere olan okların bilgisinin sağlanacağı Q matrisi

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{m1} & \cdots & q_{mn} \end{pmatrix}$$

$$Q = \{q_{ij} \in Q \mid \; q_{ij} = w(T_j, P_i)\}$$

i=1,…,m ve j=1,…,n

biçiminde tanımlanır.

Ateşlenme Gecikmesi Vektörleri: Sistemdeki geçişlere iki farklı zaman tanımlanır: ateşlenme gecikmesi zamanı ve ardışıl ateşlenme gecikmesi zamanı. Ateşlenme gecikmesi yani olayın başlaması ile bitmesi arasındaki süre bilgisini saklayan ateşlenme gecikme vektörü D, ardışıl ateşlenme gecikmesi yani ardışıl iki ateşlenme arasındaki süre bilgisini saklayan ardışıl ateşlenme gecikmesi vektörü DG sırasıyla;.

$$D = [d_1 d_2 ... d_n]$$

$D = \{d_j \in D \mid \; d_j = \alpha_j\}$ j=1,…,n, α_j , t_j geçişinin ateşlenme gecikmesi

ve

$$DG = [dg_1 dg_2 ... dg_n]$$

DG=$\{ dg_j \in DG \mid \; dg_j = \beta_j\}$ j=1,…,n, β_j, t_j geçişinin ardışıl ateşlenme gecikmesi

biçiminde tanımlanır.

Zaman Bilgisi Saklayan Matrisler ve Vektörler: Geçişleri zamanlanmış Petri ağında jeton geçişi iki aşamalı olmaktadır. İlk olarak izinli geçiş ateşlenmekte ve giriş yerindeki jetonlar ok ağırlığı kadar azalmaktadır. Geçişe atanan ateşlenme gecikmesi süresi dolduktan sonra, geçişin çıkış yerlerine, çıkış oklarının ağırlığı kadar jeton geçmektedir.

Ateşlenmesi anlık olarak başlayan geçişin "ateşlenme bitiş zamanı" bilgisini saklayan Z matrisi

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{h1} & \cdots & z_{hn} \end{pmatrix}$$

$$Z = \{ z_{ij} \in Z \mid \ z_{ij} = t + d_j \}$$

i=1,…,h ve j=1,…,n biçiminde tanımlanır.

Sistemde geçişin herhangi bir t_1 anı için kaç kez ateşlenebileceğinin bilgisini saklayan ateşlenebilirlik katsayısı vektörü ZE,

$$ZE = [ze_1 ze_2 ... ze_n]$$

$$ZE = \{ze_j \in ZE \mid \ m_i \geq \iota_{ij} \Rightarrow ze_j = ze_j + 1\}$$

i=1,…,m ve j=1,…,n

biçiminde tanımlanır.

Sistemde izinli geçişlerin ateşlenebilirlik bilgisini saklayan ateşlenebilir geçişler vektörü T_E ,

$$T_E = [t_{E1} t_{E2} ... t_{En}]$$

$$T_E = \{t_{Ej} \in T_E \mid \ m_i \geq \iota_{ij} \Rightarrow t_{Ej} = 1\}$$

j=1,…,n biçiminde tanımlanır.

Sistemde ardışıl ateşlenme durumuna sahip olan geçişlerin ne zaman ardışıl ateşlenmeye başlayacağı **"**ardışıl ateşleme başlangıç zamanı" matrisi ZZ de tutulur.

$$ZZ = \begin{pmatrix} zz_{11} & \cdots & zz_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ zz_{h1} & \cdots & zz_{hn} \end{pmatrix}$$

$$ZZ = \{ zz_{ij} \in ZZ \mid \ zz_{ij} = t + dg_j \}$$

i=1,…,h ve j=1,…,n

Sistemde bir geçişin son ateşlenme zaman bilgisi Sa "son ateşlenme vektöründe" tutulur.

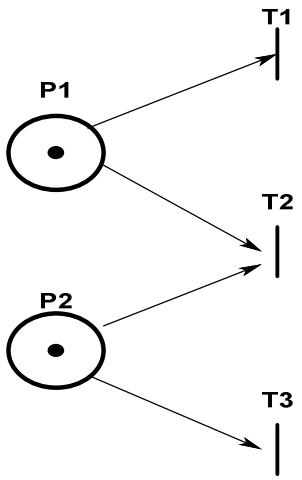
$Sa = [sa_1 sa_2 ... sa_n]$

$Sa = \{sa_j \in Sa \mid m_i \geq I_{ij} \Rightarrow sa_j = t\}$

i=1,…,n ve j=1,…,m

Bir geçiş izinli olduğu t anı için, $t - sa < dg$ koşulunun gerçekleşmesi, geçişin ardışıl ateşlenme süreci içinde olduğunu gösterir.Yani içinde bulunulan t anı ile o geçişin son ateşlenme zamanı farkı, geçişin ardışıl ateşlenme süresinden küçükse, geçiş ardışıl ateşlenme sürecindedir. Bu kontrol sistemin jeton kazandığı anlarda oldukça önem kazanmaktadır. Jeton kazanan geçişlerin, kazanılan jetonu kaybedecekleri zaman, $t - sa < dg$ kontrolüne göre belirlenir.

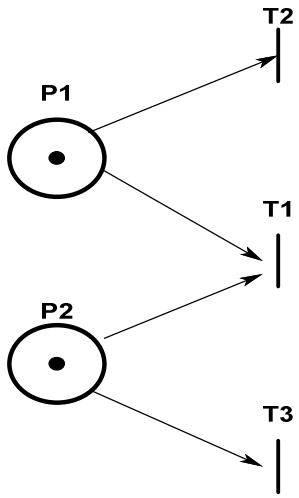
Çelişki Durumu: Sistemde birden fazla geçişin ateşlenebilir olduğu ve bir geçişin ateşlenmesinin başka geçişlerin ateşlenmesini engellediği durumlar olabilir. Bu durum "çelişki durumu" olarak isimlendirilir. Çelişki durumunda hangi geçişin ateşleneceğini belirlemek gerekir. Aksi takdirde durumlar kontrol altında tutulamaz. Çelişki sorunu öncelik ataması yapılarak çözülmüştür. Geçişler matrisi T tanımlanırken, öncelik sırasına göre tanımlanmalıdır.



Şekil 3.1 : Çelişki örneği

Şekil 3.1 de verilen Petri ağında, $M_0 = [1 \quad 1]^T$ işaretlemesi başlangıç durumu olarak alındığında $T_E = [1 \quad 1 \quad 1]$ olarak bulunur. Yani tüm geçişler ateşlenebilir. Fakat Petri ağının zaman bazında analizi yapıldığında T1 geçişinin ateşlenmesi T2 geçişinin ateşlenmesini engellemektir. Aynı şekilde T3 geçişinin ateşlenmesi de T2 geçişinin ateşlenmesini engellemektedir. Ateşlenme kontrolü T1, T2, T3 öncelik sıralamasına

göre yapıldığında ateşlenebilirlik matrisi $T_E = [1 \quad 0 \quad 1]$ olarak bulunmaktadır. Çelişki durumunun bu şekilde çözülmesi hiyerarşik bir çözüm yöntemidir. Yani yapılan öncelik ataması analiz boyunca bu şekilde kalacaktır.



Şekil 3.2 : Farklı öncelik atamalı bir çelişki durumu örneği

Şekil 3.2 deki gibi bir öncelik ataması yapıldığında, sadece T1 geçişi ateşlenebilir ve ateşlenebilirlik matrisi $T_E = [1 \quad 0 \quad 0]$ olarak bulunur. Verilen örneklerden de anlaşılacağı gibi çelişki durumundaki öncelik ataması sistemin gideceği durumları etkilemektedir. Geliştirilen algoritma, çelişkinin oluştuğu durumu ve anı kullanıcıya çıkış olarak verecektir. Çelişki durumu belirlenirken ilk olarak jeton çıkışları yapılmadan ateşlenebilirlik kontrolü yapılacak ve ateşlenebilirlik vektörü oluşturulacaktır. Daha sonra jeton çıkışları yapılarak ateşlenebilirlik kontrolü yapılacak ve yeni bir ateşlenebilirlik vektörü oluşturulacaktır. İki ateşlenebilirlik matrisi farklı ise "çelişki durumu" oluşmuştur ve vektörlerin aynı olmayan elemanları çelişkiden etkilenen geçişlerin bilgisini vermektedir. Şekil 3.2 deki örnekte $T_{E1} = [1 \quad 1 \quad 1]$ ve $T_{E2} = [1 \quad 0 \quad 0]$ olarak bulunur.Yapılan karşılaştırma sonucunda T2 ve T3 geçişlerinin çelişki durumundan etkilendiği anlaşılmaktadır.

3.2 Erişilebilirlik Analizi Yöntemi

Bu bölümde adım adım erişilebilirlik analizi yöntemi anlatılacaktır.

1. Analiz büyüklükleri, matrisleri ve vektörleri belirlenir.

m: Yerlerin sayısı

n: Geçişlerin sayısı

h: Tamamlanmamış ateşlenme sayısının üst sınırı

M: Durumlar matrisi

I: Yerlerden geçişlere giden okların ağırlık sayısı matrisi

Q: Geçişlerden yerlere giren okların ağırlık sayısı matrisi

D: Geçişlerin ateşlenme gecikmeleri vektörü

DG: Ardışıl ateşlenmeler arasındaki gecikme vektörü

as: Analiz süresi

Z: Ateşleme bitiş zamanı matrisi. Bu matrisin tüm elemanlarına başlangıç değeri olarak analiz süresinden büyük bir değer atanır. Bu değer "N" ile gösterilecektir.

ZZ: Ardışıl ateşleme başlangıç zamanı matrisi. Bu matrisin tüm elemanlarına başlangıç değeri olarak analiz süresinden büyük bir değer atanır. Bu değer "N" ile gösterilecektir.

Geçişlerin numaralandırılması çelişkiyi önlemek için öncelik sırasına göre yapılmalıdır.

2. Anlık olarak başlayacak ateşlenmeler için çelişki kontrol vektörleri T ve Ta güncellenir ve çelişki kontrolü yapılır.

Geçişlerin ateşlenebilirlik kontrolü aşağıdaki şekilde yapılır:

$$M \geq IxT^{T} \qquad \textbf{(3.1)}$$

$$\begin{pmatrix} m_1 \\ . \\ . \\ . \\ m_m \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} ı_{11} & \cdots & ı_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ ı_{m1} & \cdots & ı_{mn} \end{pmatrix} \text{x} \begin{pmatrix} T_1 \\ . \\ . \\ . \\ T_n \end{pmatrix}$$

Herbir geçişin ateşlenebilirlik kontrolü T1 den başlayarak ayrı ayrı yapılır. İzinli olan geçişin ateşlenmesi anlık olarak başlatılır. Aşağıda T1 geçişinin ateşlenme kontrolü yapılmıştır ve geçişin ateşlenmesinin izinli olması durumunda oluşacak yeni durum verilmiştir.

$$\begin{pmatrix} ı_{11} & \cdots & ı_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ ı_{m1} & \cdots & ı_{mn} \end{pmatrix} \text{x} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ . \\ . \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ı_{11} \\ . \\ . \\ . \\ ı_{m1} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} m_{11} \\ . \\ . \\ . \\ m_{m1} \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} ı_{11} \\ . \\ . \\ . \\ ı_{m1} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} m'_{11} \\ . \\ . \\ . \\ m'_{m1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} \\ . \\ . \\ . \\ m_{m1} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} ı_{11} \\ . \\ . \\ . \\ ı_{m1} \end{pmatrix}$$

Belirtilen şekilde ateşlenebilirlik kontrolü yapılarak T ve Ta vektörleri güncellenir. Ta vektörü güncellenirken M durum vektörü, MA vektörüne atanarak korunur. Ta ve MA vektörleri sırasıyla T ve M vektörleriyle aynı boyuta sahip, saklayıcı vektörlerdir.

$$T = \{t_i \in T \mid \ m_i \geq ı_{ij} \Rightarrow t_i = 1\} \qquad \textbf{(3.2)}$$

$$MA = \{ma_i \in MA \mid \ ma_i = m_i\}$$

$$Ta = \{ta_j \in Ta \mid \ ma_i \geq ı_{ij} \Rightarrow ta_j = 1, ma_i = ma_i - ı_{ij}\} \qquad \textbf{(3.3)}$$

$i = 1,...,m$ ve j=1,…,n

Yapılan atamaların ardından çelişki kontrolü yapılır. Bu çelişki kontrolü T ve Ta vektörleri karşılaştırılarak yapılır. Eğer aralarında fark varsa çelişki durumu oluşmuştur ve fark olan elemanlara ait geçişler çelişkiden etkilenmiştir.

$ta_i \neq t_i \Rightarrow$ " i. geçişi çelişkiden etkilenmiştir." i=1,…,n

3. Yerlerden ardışıl olmayan jeton çıkışları yapılır.

2. adımda bulunan Ta ateşlenebilir geçişler vektörü ve $t-sa<dg$ koşulu kulanılarak kazanılan jetonların yerlerden çıkış zamanları belirlenir. Eğer geçiş izinli ise ve $t-sa<dg$ koşulu sağlanmıyorsa, geçişin anlık ateşlenmesi gerçekleştirilir. Bu durumda M durum vektörü aşağıdaki şekilde güncellenir.

$$M = \begin{Bmatrix} \{m_i \in M \mid ta_j = 1 \wedge t - sa_j < dg_j \Rightarrow m_i = m_i\} \\ \{m_i \in M \mid ta_j = 1 \wedge t - sa_j \geq dg_j \Rightarrow m_i = m_i - \imath_{ij}\} \end{Bmatrix} \quad \textbf{(3.4)}$$

$i = 1,...,m$ ve j=1,…,n

Ateşlenmesi başlayan geçişin, ateşlenme bitiş zamanı, Z ateşlenme bitiş matrisine yazılır.

$$Z = \begin{Bmatrix} \{z_{ij} \in Z \mid ta_j = 1 \wedge t - sa_j < dg_j \wedge z_{ij} = N \Rightarrow z_{ij} = sa_j + dg_j + d_j\} \\ \{z_{ij} \in Z \mid ta_j = 1 \wedge t - sa_j \geq dg_j \wedge z_{ij} = N \Rightarrow z_{ij} = t + d_j\} \end{Bmatrix} \quad \textbf{(3.5)}$$

i=1,…,h ve j=1,…,n

Z ateşlenme bitiş zamanı matrisine bir değer yazılırken, ateşlenen geçişe ait sütunun ilk N yazan elemanına değer atanır. Ateşlenme zamanı dolan elemana tekrar N değeri yazılarak, ayrılan alan dinamik bir şekilde kullanılır. Aynı yöntem ZZ matrisi için de kullanılır.

Ateşlenen geçişin ateşlenme başlangıç zamanı SA vektörüne yazılır.

$$Sa = \begin{Bmatrix} \{sa_j \in Sa \mid ta_j = 1 \wedge t - sa_j < dg_j \Rightarrow sa_j = sa_j\} \\ \{sa_j \in Sa \mid ta_j = 1 \wedge t - sa_j \geq dg_j \Rightarrow sa_j = t\} \end{Bmatrix} \quad \textbf{(3.6)}$$

$i = 1,...,m$ ve j=1,…,n

Eğer geçiş izinli ise ve $t-sa<dg$ koşulu sağlanıyorsa, geçişin anlık ateşlenmesi gerçekleştirilmez ve ardışıl ateşlenme başlama matrisi ZZ'ye ateşlenmenin izinli olacağı zaman değeri, Z ateşlenme bitiş matrisine de ateşlenme bitiş zamanı yazılır. Eğer geçiş ilk defa ateşleniyor ise ardışıl ateşlenme kontrolü yapılmaz.

$$ZZ = \begin{Bmatrix} \{zz_{ij} \in ZZ \mid ta_j = 1 \wedge t - sa_j < dg_j \wedge zz_{ij} = N \Rightarrow zz_{ij} = sa_j + dg_j\} \\ \{zz_{ij} \in ZZ \mid ta_j = 1 \wedge t - sa_j \geq dg_j \Rightarrow zz_{ij} = zz_{ij}\} \end{Bmatrix} \quad \textbf{(3.7)}$$

i=1,…,h ve j=1,…,n

Son olarak sistemden M durum matrisi ve t güncel zamanı için çıkış alınır.

4. Analiz kontrolleri yapılır.

Bu adımda 2 kontrol yapılır:

4.1 Eğer 3. adımda Ta vektörünün tüm elemanları sıfır, Z ve ZZ matrislerinin tüm elemanları N ise sistem kilitlenmiştir denir. Yani kazanılan jetonlar bir geçişi izinli kılmamıştır, ateşlenmesi dolacak bir geçiş ve ardışıl ateşlenmesi başlayacak bir geçiş bulunmamaktadır.

4.2 Eğer 3. adımda Ta vektörünün tüm elemanları sıfır ve ZZ matrisinin tüm elemanları N ise Z matrisiniden çıkış alınacak adıma geçilir.

Bu kontrollerin sonunda sonunda T ve Ta vektörleri sıfırlanır.

$$T = \{t_i \in T \mid \ t_i = 0\}$$

$$Ta = \{ta_i \in Ta \mid \ ta_i = 0\}$$

i=1,…,n

5. Ardışıl ateşlenme çıkışları alınır.

İlk 4 adımda ardışıl olmayan ateşlenmeler başlatılmış ve geçişlere ilişkin zaman atamaları yapılmıştır. Bu adımda ardışıl ateşlenmeler için gerekli işlemler 3 aşamalı olarak yapılır. 5.1. adımında ardışıl ateşlenme katsayısı hesaplanır. 5.2. adımında hesaplanan katsayıya göre ardışıl ateşlenme zamanları ZZ matrisine atanır. 5.3. adımında ZZ matrisindeki ardışıl ateşlenme başlangıç zamanlarının minimumu bulunur. Bulunan minimum değere sahip geçişin ateşlenmesinin başlayabilmesi için, değerin Z kümesinin minimum elemanından büyük olmaması gerekir. Analiz zaman bazlı olduğu için, minimum zaman değerine sahip adımın işlemi gerçekleştirilir.

5.1. Bu adımda ateşlenebilirlik katsayısı 2 aşamalı olarak yapılır.

5.1.1 Eğer jeton kazanımı tüm ardışıl ateşlenmeler başlatılmadan gerçekleşmiş ise, yani knt=1 ise katsayı kontrolü ZB matrisine göre yapılır. ZB matrisi, önceki döngülerde $\min(ZZ) > \min(Z)$ koşulunun sağlanması durumunda aktif olur. Geçişlerin ardışıl ateşlenebilirlik katsayısının tutulduğu ZE vektörü

$$ZE = \{ze_j \in ZE \mid \ zb_i \geq \iota_{ij} \wedge knt = 1 \Rightarrow ze_j = ze_j + 1, zb_i = zb_i - \iota_{ij}\} \qquad \textbf{(3.8)}$$

$i = 1,...,m$ ve j=1,…,n

biçiminde güncellenir.

Bu adımın sonunda mt bayrağı tanımlanır ve mt=1 ve knt=0 yapılarak 5.2 adımına geçilir.

5.1.2 Bu adımda ilk olarak güncel M durum vektörü, ZA vektörüne yazılır ve işlemler ZA bellek vektörü tarafından yapılır. Böylece M güncel durumu işlemlerden etkilenmez.

$$ZA = \{za_i \in ZA \mid \ za_i = m_i\}$$

$$ZE = \{ze_j \in ZE \mid \ za_i \geq \iota_{ij} \Rightarrow ze_j = ze_j + 1, za_i = za_i - \iota_{ij}\} \quad \textbf{(3.9)}$$

$i = 1,...,m$ ve j=1,…,n

Yukarıdaki işlemlerin sonunda ZA vektörü ZB vektörüne atanır. ZB vektörü ardışıl ateşlenmelerin başladığı andaki durum vektörüdür ve M durum vektörü ile aynı boyuta sahiptir.

$$ZB = \{zb_i \in ZB \mid \ zb_i = za_i\}$$

$i = 1,...,m$

5.2. Bu adımda ZE ardışıl ateşlenebilirlik katsayısı vektörüne göre ardışıl ateşlenme zaman atamaları yapılır. Eğer ardışıl ateşlenme katsayısı sıfır ise Z matrisinden çıkış alınacak adıma geçilir. Bu adıma 5.1.1 ve 5.1.2 adımlarından hangisinden gelindiği zaman atamasını etkilemektedir. Gelinen yolun kontrolü mt bayrağı ile yapılmaktadır. Adımın sonunda mt bayrağına sıfır atanır.

mt bayrağı 1 ise geçişler için zaman ataması N ye eşit olmayan maksimum değerin üzerine yapılır. Bunun için max değer

$$\max = \{\max \neq N \Rightarrow \max = \max(ZZ)\}$$

eşitliği ile hesaplanır.

Ardışıl ateşlenme başlangıç zamanları, aşağıda belirtilen şekilde ZZ matrisine yazılır.

$$ZZ = \begin{Bmatrix} \{zz_{ij} \in ZZ \mid \ ze_j \neq 0 \wedge mt = 1 \wedge zz_{ij} = N \Rightarrow zz_{ij} = \max + dg_j * ze_j, ze_j = ze_j - 1\} \\ \{zz_{ij} \in ZZ \mid \ ze_j \neq 0 \wedge mt = 0 \wedge t - sa_j \geq dg_j \wedge zz_{ij} = N \Rightarrow zz_{ij} = t + dg_j * ze_j, ze_j = ze_j - 1\} \\ \{zz_{ij} \in ZZ \mid \ ze_j \neq 0 \wedge mt = 0 \wedge t - sa_j < dg_j \wedge zz_{ij} = N \Rightarrow \\ zz_{ij} = sa_j + dg_j * ze_j, ze_j = ze_j - 1\} \end{Bmatrix} \quad \textbf{(3.10)}$$

i=1,…,h ve j=1,…,n

5.3. Bu adımda 5.2 de atanan zaman değerlerine göre ardışıl ateşlenmeler başlatılır. İlk olarak ardışıl ateşlenmeler sırasında oluşacak çelişki durumunun kontrolü için, yerlerden jeton çıkışları alınmadan mevcut M işaretlemesi için T ateşlenebilirlik vektörü güncellenir.

$$T = \{t_j \in T \mid \ m_i \geq \imath_{ij} \Rightarrow t_j = 1\} \qquad \textbf{(3.11)}$$

$i = 1,...,m$ ve j=1,…,n

ZZ ve Z matrislerinin minimum elemanları bulunur. Çıkış alınabilmesi için $\min(ZZ) \leq \min(Z)$ koşulunun gerçeklenmesi gerekir. Aksi taktirde knt=1 yapılarak Z kümesinden çıkış alınacak adıma gidilir. Koşul sağlanıyorsa çıkış alınır ve M durum vektörü güncellenir.

$$M = \begin{Bmatrix} \{m_i \in M \mid \ \min(ZZ) \leq \min(Z) \wedge \min(ZZ) = zz_{lj} \Rightarrow m_i = m_i - \imath_{ij}\} \\ \{m_i \in M \mid \ \min(ZZ) > \min(Z) \Rightarrow m_i = m_i\} \end{Bmatrix} \qquad \textbf{(3.12)}$$

$i = 1,...,m$, j=1,…,n ve l=1,…,h

Ateşlenme süresi gelen geçişin ateşlenebilirlik vektörü güncellenir.

$$Ta = \left\{\{ta_j \in Ta \mid \ \min(ZZ) \leq \min(Z) \wedge \min(ZZ) = zz_{ij} \Rightarrow ta_j = 1\}\right\} \qquad \textbf{(3.13)}$$

i=1,…,h , j=1,…,n

Başlayan ardışıl ateşlenmelerin, ateşlenme bitiş zamanları Z matrisine yazılır.

$$Z = \begin{Bmatrix} \{z_{ij} \in Z \mid \ \min(ZZ) \leq \min(Z) \wedge \min(ZZ) = zz_{lj} \wedge z_{lj} = N \Rightarrow z_{ij} = t + d_j\} \\ \{z_{ij} \in Z \mid \ \min(ZZ) > \min(Z) \Rightarrow z_{ij} = z_{ij}\} \end{Bmatrix} \qquad \textbf{(3.14)}$$

$i = 1,...,h$, j=1,…,n ve l=1,…,h

Ardışıl ateşlenme başlangıç zamanlarının tutulduğu ZZ matrisinde, başlayan ardışıl ateşlenmenin bulunduğu elemana N atanarak matrisin dinamik kullanımı sağlanır.

$$ZZ = \begin{Bmatrix} \{zz_{ij} \in ZZ \mid \ \min(ZZ) \leq \min(Z) \wedge \min(ZZ) = zz_{ij} \Rightarrow zz_{ij} = N\} \\ \{zz_{ij} \in ZZ \mid \ \min(ZZ) > \min(Z) \Rightarrow zz_{ij} = zz_{ij}\} \end{Bmatrix} \qquad \textbf{(3.15)}$$

$i = 1,...,h$ ve j=1,…,n

Ateşlenen geçişin ateşlenme zamanı SA vektörüne yazılır.

$$Sa = \begin{Bmatrix} \{sa_j \in Sa \mid \ \min(ZZ) \leq \min(Z) \wedge \min(ZZ) = zz_{ij} \Rightarrow sa_j = t\} \\ \{sa_j \in Sa \mid \ \min(ZZ) > \min(Z) \Rightarrow sa_j = sa_j\} \end{Bmatrix} \qquad \textbf{(3.16)}$$

$i = 1,...,m$ ve j=1,…,n

Güncellenen M işaretlenmesi için jeton çıkışları alınmadan Ta ateşlenebilirlik matrisi güncellenir,

$$Ta = \{ta_j \in Ta \mid \ m_i \geq \imath_{ij} \Rightarrow ta_j = 1\} \qquad \textbf{(3.17)}$$

$i = 1,...,m$ ve j=1,…,n

ve çelişki kontrolü

$ta_j \neq t_j \Rightarrow$ " j. geçişi çelişkiden etkilenmiştir."

j=1,…,n

biçiminde yapılır.

Bu kontrollerin sonunda sonunda T ve Ta matrisleri sıfırlanır.

$T = \{t_j \in T \mid \ t_j = 0\}$

$Ta = \{ta_j \in Ta \mid \ ta_j = 0\}$

j=1,…,n

Son olarak t zamanı ve M durumu için çıkış alınır.

$\min(ZZ) \leq \min(Z) \vee zz_{ij} = N$

$i = 1,...,m$ ve j=1,…,n koşulu sağlanıncaya kadar 5.3. adımı tekrarlanır.

6. Yerlerin jeton kazanımları yapılır.

Bu adıma gelindiğinde jetonlar geçişlerde, yerlere gitmek için beklemektedirler. İlk jeton geçişinin hangi zamanda olacağı Z ateşlenme bitiş zamanı matrisinde tutulmaktadır. İlk ateşleneme bitiş zamanını Z kümesinin minimum elemanı belirlemektedir. Minimum eleman analiz süresinden büyük ise erişilebilirlik analizi sonlandırılır.

$$M = \begin{Bmatrix} \{m_i \in M \mid \ \min(Z) = z_{lj} \wedge \min(Z) \leq as \Rightarrow m_i = m_i + q_{ij}\} \\ \{m_i \in M \mid \ \min(Z) \neq z_{lj} \wedge \min(Z) \leq as \Rightarrow m_i = m_i\} \end{Bmatrix} \qquad \textbf{(3.18)}$$

$i = 1,...,m$, j=1,…,n ve l=1,…,h

Ateşlenme tamamlanma zamanlarının tutulduğu Z matrisinde, başlayan ardışıl ateşlenmenin bulunduğu elemana N atanarak matrisin dinamik kullanımı sağlanır.

$$Z = \begin{Bmatrix} \{z_{ij} \in Z \mid \ \min(Z) = z_{ij} \wedge \min(Z) \le as \Rightarrow z_{ij} = N\} \\ \{z_{ij} \in Z \mid \ \min(Z) \neq z_{ij} \wedge \min(Z) \le as \Rightarrow z_{ij} = z_{ij}\} \end{Bmatrix} \quad \textbf{(3.19)}$$

$i = 1,...,h$ ve j=1,…,n

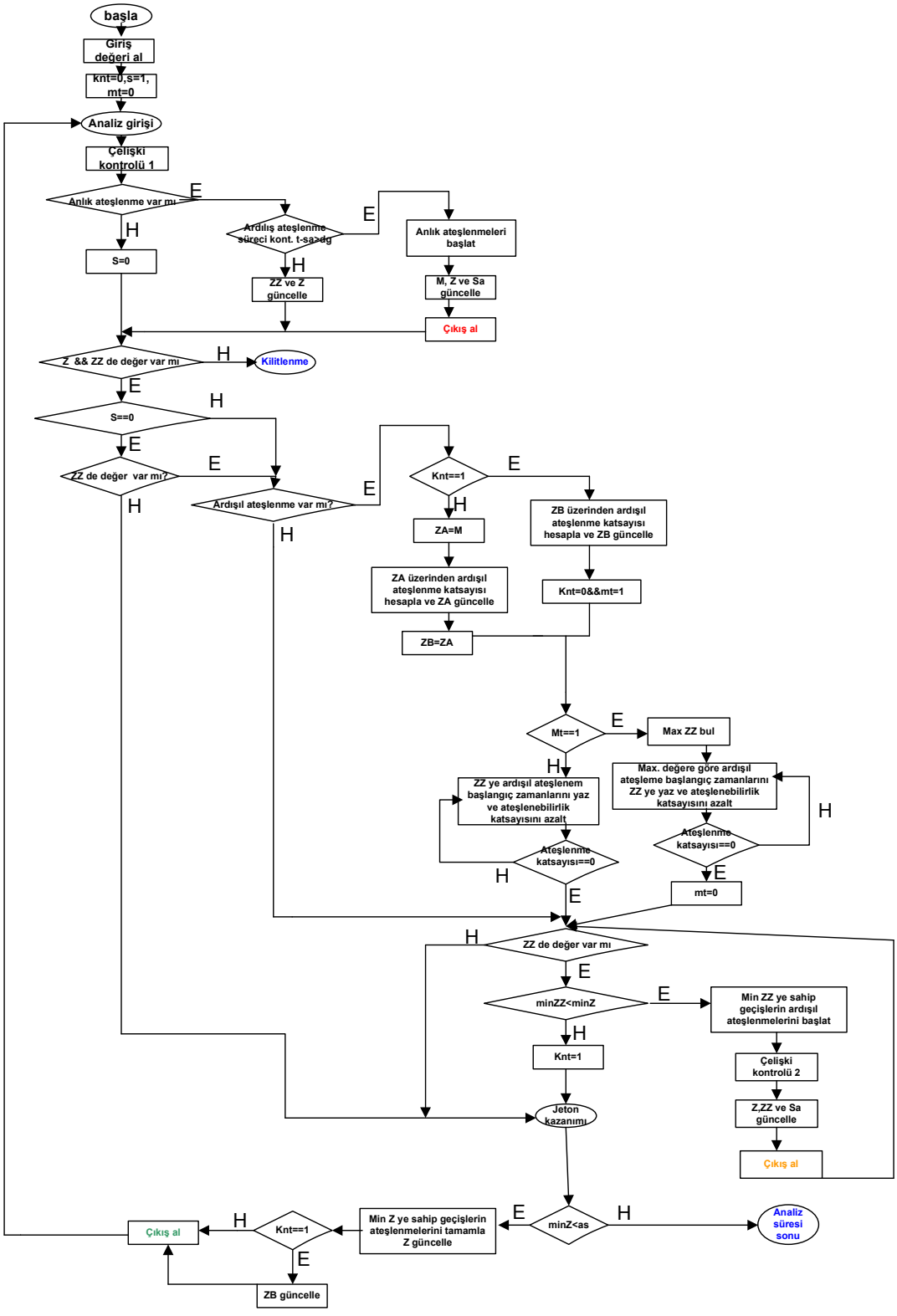
Eğer bu adımda knt bayrağı 1 ise kazanılan jetonlar ZB kümesine de eklenir. Böylelikle ardışıl ateşlenmelerin tümü başlamadan kazanılan jetonların yaratacağı yeni ardışıl ateşlenmelerin kontrolü yapılır.

$$ZB = \begin{Bmatrix} \{zb_i \in ZB \mid \ \min(Z) = z_{ij} \wedge knt = 1 \wedge \min(Z) \le as \Rightarrow zb_i = zb_i + q_{ij}\} \\ \{zb_i \in ZB \mid \ \min(Z) \neq z_{ij} \wedge \min(Z) \le as \Rightarrow zb_i = zb_i\} \\ \{zb_i \in ZB \mid \ \min(Z) = z_{ij} \wedge knt \neq 1 \wedge \min(Z) \le as \Rightarrow zb_i = zb_i\} \end{Bmatrix} \quad \textbf{(3.20)}$$

i=1,…m ve j=1,…,n

6. adımdan sonra 2. adıma dönülerek erişilebilirlik analizine devam edilir.

Erişilebilirlik analizinin akış diyagramı şekil 3.3 te verilmiştir. Akış diyagramından çıkış olarak M durum vektörü ve t güncel zaman alınır. Algoritmada kırmızı renkle belirtilen çıkış zamanları “zaman”, turuncu renkle belirtilen çıkış zamanları “bzaman” ve yeşil renkle belirtilen çıkış zamanları “azaman” etiketlenmeleriyle çıkış dosyasına yazılmıştır. Bu sayede hangi bölümden çıkış alındığı belirlenebilmektedir. Kilitlenme ya da analiz süresinin sonlanması durumunda erişilebilirlik analizi durdurulur. Analiz süresinin dolduğu durumda, çıkış bilgilerine ateşlenmesi başlamış geçişlerin ateşlenme tamamlanma zamanları da eklenir. Akış diyagramı takibi boyunca kullanılan vektörlerin ve matrislerin değişimi maddeler halinde verilen erişilebilirlik analizi bölümden yapılabilir.

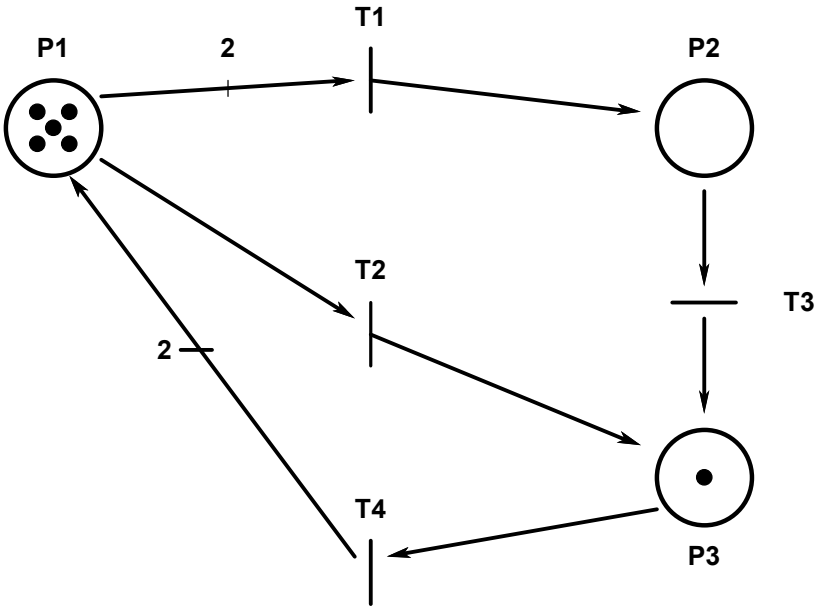


Şekil 3.3 : Erişilebilirlik analizi akış diyagramı

3.3 Uygulamalar

Bu bölümde 3. 2 de açıklanan yöntemin uygulamaları verilecektir. İlk olarak örnek sistemler üzerinde ayrıntılı zaman analizi yapılacaktır. Daha sonra kurulan model kullanılarak, şehirler arası otobüs seferleri, karıştırıcı sistemi ve trafik ışıkları modellenecek ve zaman bazında erişilebiliklik analizi yapılacaktır.

3.3.1 Ayrıntılı analiz uygulaması



Şekil 3.4 : GZPA örneği

Şekil3.4 te verilen geçişleri zamanlanmış Petri ağının 13 saniyelik erişilebilirlik analizi yapılacaktır. Örnek için, geçişlerin ateşleme gecikmeleri vektörü $D=[10 \quad 15 \quad 15 \quad 10]$, geçişlerin ardışıl ateşleme gecikmeleri vektörü $DG=[3 \quad 2 \quad 2 \quad 4]$, olarak verilmiştir. Ağı tanımlayan I ve Q matrisleri ve başlangıç durumu M_0:

$$I=\begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad Q=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad M_0=\begin{pmatrix} 5 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Analiz boyunca 3. 2 bölümünde tanımlanan matrisler şu şekilde değişecektir:

1. Verilen başlangıç işaretlemesi için jeton çıkışı almadan yapılan ateşlenebilirlik kontrolü sonucunda T ateşlenebilirlik matrisi $T=[1\ \ 1\ \ 0\ \ 1]$ ve daha sonra jeton çıkışları alarak yapılan ateşlenebilirlik kontrolü sonucunda Ta ateşlenebilirlik matrisi $Ta=[1\ \ 1\ \ 0\ \ 1]$ olarak bulunur. İki matris eşit olduğu için t=0 anı için çelişki durumu yoktur.

2. Bu aşamada ateşlenebilir geçişlerin ateşlenmesi başlatılır. Geçişlerin ilk ateşlenmelerinde $t-sa<dg$ kontrolü yapılmaz. Bu aşamada T1, T2 ve T4 geçişleri ateşlenir. Geçişlerin ilk ateşlenmesinde ZZ ve Sa matrislerinde değişiklik olmaz. T1 0 anında başlayan ateşlenmesini 10 anında, T2 15 anında ve T4 ise 10 anında bitirecektir. Bu bilgiler Z matrisinde saklanır. Yapılan ateşlemeden sonra sistemden güncel zaman ve işaretleme için çıkış alınır. Z matrisindeki N değerleri analiz süresinden büyük bir sayı değeri anlamındadır.

$$Z=\begin{bmatrix} 10 & 15 & N & 10 \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \end{bmatrix} \qquad M_1=\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, t=0$$

3. Bu adımda ardışıl ardışıl ateşlenme katsayısı hesaplanır ve ardışıl ateşlenme başlangıç zamanı ZZ kümesine atanır. Güncel durumda sadece T1 geçişi ardışıl ateşlenmesine başlayabilir ve ardışıl ateşlenme katsayısı vektörü $ZE=[1\ \ 0\ \ 0\ \ 0]$ olarak belirlenir. Ardışıl ateşlenme başlama zaman bilgisi ZZ matrisinde tutulur.

$$ZZ=\begin{bmatrix} 3 & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \end{bmatrix}$$

Yapılan kontrol sonucunda min(ZZ)<min(Z) olduğu için T1 geçişinin ardışıl ateşlenmesi başlatılabilir. Ateşlenme başlatılmadan önce güncel işaretlenme olan $[2 \quad 0 \quad 0]^T$ için jeton çıkışları alınmadan ateşlenebilirlik kontrolü yapılarak T ateşlenebilirlik matrisi $T = [1 \quad 1 \quad 0 \quad 0]$ şeklinde güncellenir. Daha sonra 3. adımda ateşlenmesi başlayacak geçişlerin bilgisinin tutulduğu Ta matrisi $Ta = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$ şeklinde oluşturulur. T ve Ta matrislerinin karşılaştırılması sonucunda $[2 \quad 0 \quad 0]^T$ durumu için T2 geçişinin t=3 anında çelişki durumundan etkilendiği bilgisi çıkış olarak alınır. Daha sonra T1 geçişinin ardışıl ateşlenmesi başlatılarak ilgili matrisler aşağıdaki şekilde güncellenir.

$$ZZ = \begin{bmatrix} N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \end{bmatrix} \qquad M_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, t = 3 \qquad Z = \begin{bmatrix} 10 & 15 & N & 10 \\ 13 & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \end{bmatrix}$$

$$Sa = [3 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$

Yeni oluşan işaretleme ve zaman bilgisi çıkış olarak alınır. Yeni bir ardışıl ateşlenme olmadığı için bir sonraki adım olan yerlerin jeton kazanması yani Z matrisinden çıkış alınması adımına geçilir.

4. Bu aşamada Z matrisinin minimum elemanına sahip geçişlerin ateşlenmeleri tamamlanır. Güncel Z matrisinde minimum eleman, T4 ve T1 geçiş sütunlarında bulunan 10 dur.

$$Z = \begin{bmatrix} 10 & 15 & N & 10 \\ 13 & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \end{bmatrix}$$

T1 ve T4 geçişlerinin ateşlenmeleri tamamlandıktan sonra Z matrisi güncellenir ve çıkış alınır.

$$Z=\begin{bmatrix} N & 15 & N & N \\ 13 & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \end{bmatrix} \quad M_3=\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, t=10$$

1.2 4. adımdaki jeton kazanımlarının ardından tekrar 1. adıma dönülmüştür. $[2 \quad 1 \quad 0]^T$ işaretlemesi için jeton çıkışı almadan yapılan ateşlenebilirlik kontrolü sonucunda T ateşlenebilirlik matrisi $T=[1 \quad 1 \quad 1 \quad 0]$ ve daha sonra jeton çıkışları alınarak yapılan ateşlenebilirlik kontrolü sonucunda Ta ateşlenebilirlik matrisi $Ta=[1 \quad 0 \quad 1 \quad 0]$ olarak bulunur. Yapılan karşılaştırma sonucunda T2 geçişinin 10. saniyede çelişki durumundan etkilendiği belirlenmiştir.

2.2 Bu aşamada ateşlenebilir geçişlerin anlık ateşlenmesi başlatılır. Bu aşamada T1 ve T3 geçişleri ateşlenebilir. $t-sa<dg$ kontrolü ile iki geçişin de ardışıl ateşlenme zamanını doldurduğunu ve anlık olarak ateşlenebileceğini belirlenir. T1 geçişi 10 anında başlayan ateşlenmesini 20 anında, T3 geçişi ise 25 anında bitirecektir. Bu bilgiler Z matrisinde saklanır. Ateşleme başlangıç zamanları, ardışıl ateşleme kontrolü için Sa matrisinde saklanmaktadır. Yapılan ateşlemeden sonra sistemden güncel zaman ve işaretleme için çıkış alınır. Z matrisindeki N değerleri analiz süresinden büyük bir sayı değeri anlamındadır.

$$Z=\begin{bmatrix} 20 & 15 & 25 & N \\ 13 & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \end{bmatrix} \quad M_4=\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, t=10 \qquad \text{Sa=[10 0 10 0]}$$

3.2 $[0 \quad 0 \quad 0]^T$ işaretlemesi için bir ateşlenme olmadığı için ardışıl ateşlenme kontrolü adımı atlanacaktır.

4.2 Bu aşamada Z matrisinin minimum elemanına sahip geçişlerin ateşlenmeleri tamamlanır. Güncel Z matrisinde minimum eleman T1 geçiş sütununda bulunan 13 tür

$$Z=\begin{bmatrix} 20 & 15 & 25 & N \\ 13 & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \end{bmatrix}$$

T1 geçişinin ateşlenmeleri başlatıldıktan sonra Z matrisi güncellenir ve çıkış alınır.

$$Z=\begin{bmatrix} 20 & 15 & 25 & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \\ N & N & N & N \end{bmatrix} \quad M_5=\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, t=13$$

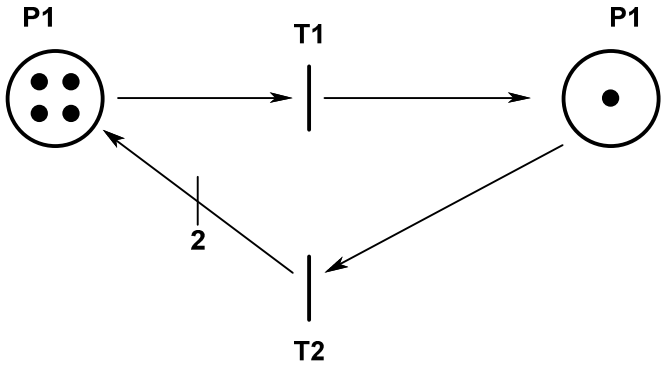
Verilen örnek için yapılan 50 sn lik analiz sonucu çizelge 3.1 de verilmiştir. Yerlerdeki jeton sayıları satır vektörü olarak verilmiştir. Çıkış bilgilerinin sonunda, analiz süresi tamalandıktan sonra, analiz süresi içinde ateşlenmesi başlamış ve tamamlanmamış olan geçişlerin, ateşleme tamamlanma zamanları hakkında bilgi verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Ayrıntılı analizin çıkış bilgileri

5 0 1 zaman 0
2 0 0 zaman 0
zaman:3 T2 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 bzaman 3
2 1 0 azaman 10
zaman:10 T2 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 zaman 10
0 1 0 azaman 13
0 0 0 zaman 13
0 0 1 azaman 15
0 0 0 zaman 15
0 1 0 azaman 20
0 0 0 zaman 20
2 0 1 azaman 25
zaman:25 T2 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 zaman 25
0 0 1 azaman 28
0 0 0 bzaman 29
2 1 1 azaman 35
zaman:35 T2 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 zaman 35
2 0 0 azaman 39
zaman:39 T2 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 zaman 39
2 1 0 azaman 45
zaman:45 T2 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 zaman 45
0 1 0 azaman 49
0 0 0 zaman 49
0 0 1 azaman 50
0 0 0 zaman 50
zaman:55 t1 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:60 t3 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:64 t3 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:60 t4 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.

3.3.2 Aktif durumda jeton kazanım uygulaması

Bu örnekte ardışıl ateşlenmelerin tamamı başlatılmadan, yerlerin jeton kazanması durumu incelenecektir.



Şekil 3.5 : Aktif durumda jeton kazanım örneği

Örnek için, geçişlerin ateşlenme gecikmeleri vektörü $D=[10 \quad 3]$, geçişlerin ardışıl ateşlenme gecikmeleri vektörü $DG=[2 \quad 1]$, olarak verilmiştir.

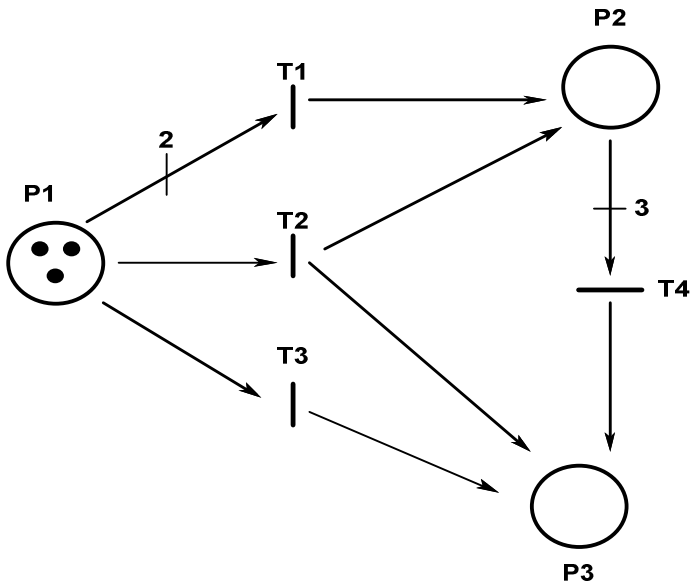
Yapılan analizin 10 saniyelik bölümü inceleyelim. 0 anında T1 ve T2 geçişleri ateşlenmiştir ve $[3 \quad 0]^T$ işaretlenmesi elde edilmiştir. T1 geçişi 2., 4. ve 6. saniyelerde ardışıl ateşlenmelerine başlayacaktır. P1 yerinin 3. saniyede kazandığı jetonlar, T1 geçişinin yeni ardışıl ateşlenmelere başlamasına neden olmaktadır. Bu durumun kontrolü şekil 3.3 te verilen algoritmada tanımlanan kont bayrağı ile sağlanmaktadır. Knt=1 durumunda kazanılan jetonların bilgisi ZB matrisinden sağlanır. ZB matrisi kullanılarak, T1 geçişi için 8. ve 10. saniyelerde başayacak yeni ardışıl ateşlenme bilgileri elde edilir. T1 geçişinin tüm ardışıl ateşlenmelerinin başlamasının tamamlandığı 10. saniyede, T1 geçişinin 0 anında başlamış olan anlık ateşlenmesi tamamlanır ve P2 yeri bir tane jeton kazanır. 10. saniyede T2 geçişi anlık olarak ateşlenir. Analiz süresi 10 saniye ile sınırlandırılmıştır. 10. saniyede ateşlenmesi devam eden geçişlerin ateşlenme bitiş zamanları, çıkış bilgilerinin sonunda verilmektedir. Çizelge 3.2 de yapılan erişilebilirlik analizinin çıkış bilgileri bulunmaktadır. Yerlerdeki jeton sayıları satır vektörü olarak verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Aktif durumda jeton kazanım örneği çıkış bilgileri

4 1 zaman 0
3 0 zaman 0
2 0 bzaman 2
4 0 azaman 3
3 0 bzaman 4
2 0 bzaman 6
1 0 bzaman 8
0 0 bzaman 10
0 1 azaman 10
0 0 zaman 10
zaman:12 t1 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:14 t1 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:16 t1 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:18 t1 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:20 t1 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:13 t2 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.

3.3.3 Çelişki durumu ve kilitlenme uygulaması

Bu örnekte çelişki ve sistemin kilitlenmesi durumları incelenecektir.



Şekil 3.6 : Çelişki durumu ve kilitlenme örneği

Örnek için, geçişlerin ateşleme gecikmeleri vektörü $D=[5\ \ 10\ \ 15\ \ 20]$, geçişlerin ardışıl ateşleme gecikmeleri vektörü $DG=[2\ \ 1\ \ 1\ \ 2]$, olarak verilmiştir.

50 saniyelik bir analiz yapılmak istenmiş ve çizelge 3.3 te verilen çıktı alınmıştır. Öncelik atamasına göre yapılan ateşlenebilirlik kontrolü sonucunda 0 anında T3 geçişinin ateşlenmesi T1 ve T2 geçişleri tarafından engellenmiştir. Başlatılan anlık ateşlemeler sonucunda $[0\ \ 0\ \ 0]^T$ işaretlenmesine ulaşılmıştır. 5. saniyede T1 geçişi ateşlenmesini tamamlamıştır ve $[0\ \ 1\ \ 0]^T$ işaretlenmesi elde edilmiştir. 10. saniyede T2 geçişi ateşlenmesini tamamlamıştır ve $[0\ \ 2\ \ 1]^T$ işaretlenmesi elde edilmiştir.

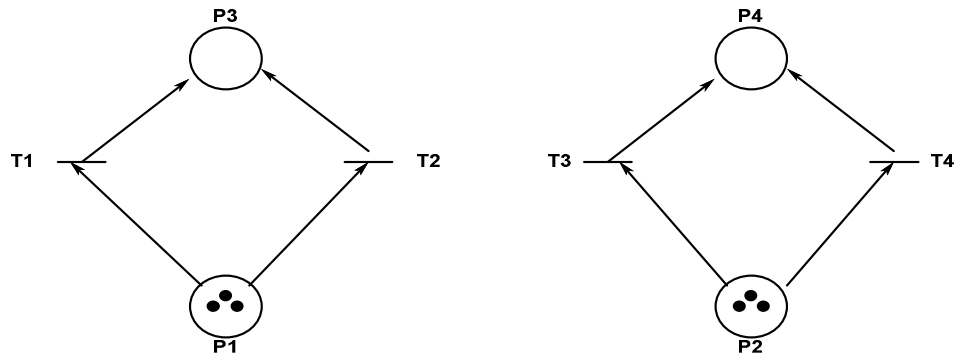
$[0\ \ 2\ \ 1]^T$ işaretlenmesi için bir ateşleme olmadığı, tamamlanmamış bir ateşlenme bulunmadığı ve başlayacak bir ardışıl ateşlenme bulunmadığı için sistem kilitlenmiştir. Bu bilgi çıkış olarak alınmıştır.

Çizelge 3.3 : Çelişki ve kiltlenme örneği çıkış bilgileri

3 0 0 zaman 0
zaman:0 T3 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 zaman 0
0 1 0 azaman 5
0 2 1 azaman 10
10 anında sistem kilitlenmiştir.

3.3.4 Ardışıl ateşlenmelerde çelişki uygulaması

Bu uygulamada ardışıl ateşlenmeler sırasında yaşanan çelişkiler incelenecektir.



Şekil 3.7 : Ardışıl ateşlenmelerde çelişki örneği

Örnek için, geçişlerin ateşleme gecikmeleri vektörü $D=[8\ \ 10\ \ 15\ \ 12]$, geçişlerin ardışıl ateşleme gecikmeleri vektörü $DG=[3\ \ 2\ \ 2\ \ 1]$, olarak verilmiştir. Verilen örnek 20 saniyelik bir analiz yapılarak incelenmiştir. t=0 anında anlık olarak ateşlenmeler başlatılmış ve $M=[1\ \ 1\ \ 0\ \ 0]^T$ durumuna ulaşılmıştır. Bu anda yapılacak normal bir çelişki kontrolü ile T2 ve T4 geçişlerinin çelişkiden etkilendiği sonucuna ulaşılır. Ardışıl ateşlenmelerdeki çelişki durumunun yakalanması için geliştirilen algoritma kullanılarak, ilk olarak ardışıl ateşlenme gecikmesi daha kısa olan T3 geçişi 2. saniyede ateşlenmiş ve bunun sonucunda T4 geçişi çelişkiden etkilenmştir. 3. saniyede ise T1 geçişi ardışıl ateşlenmesine başlamış ve T2 geçişi çelişkiden etkilenmiştir. Uygulanan yöntem, erişilebilirlik analizi yöntemi bölümünün 5.3. maddesinde açıklanmıştır. Çizelge 3.4 te yapılan 20 saniyeklik analizin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Ardışıl ateşlenmerde çelişki uygulaması çıkış raporu

3 3 0 0 zaman 0
1 1 0 0 zaman 0
zaman :2 T4 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
1 0 0 0 bzaman 2
zaman :3 T2 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 0 bzaman 3
0 0 1 0 azaman 8
0 0 2 0 azaman 10
0 0 3 0 azaman 11
0 0 3 1 azaman 12
0 0 3 2 azaman 15
0 0 3 3 azaman 17
17 anında sistem kilitlenmiştir

3.3.5 Şehirlerarası otobüs seferleri uygulaması

Bu örnekte İstanbul, İzmir ve Ankara arasında otobüs gidiş ve gelişleri modellenecektir. Modelde toplam 6 adet yer ve 9 adet geçiş bulunmaktadır. Bir şehir garajında iki adet çıkış ve iki adet giriş yolu bulunmaktadır. Modelde otobüsler jetonlar ile gösterilmiştir. Eğer çıkış yerinde yeteri kadar jeton varsa anlık olarak çıkışlar başlayacaktır. Çelişki olması durumunda ise öncelik atamasına göre çıkış alınacaktır. Ardışıl çıkışlar için, geçişe atanan ardışıl ateşlenme süresi kadar bekleme yapılmalıdır. Aynı anda tek bir yola iki adet otobüs çıkamaz. Bu durum ardışıl zaman gecikmesi ile önlenmiştir.

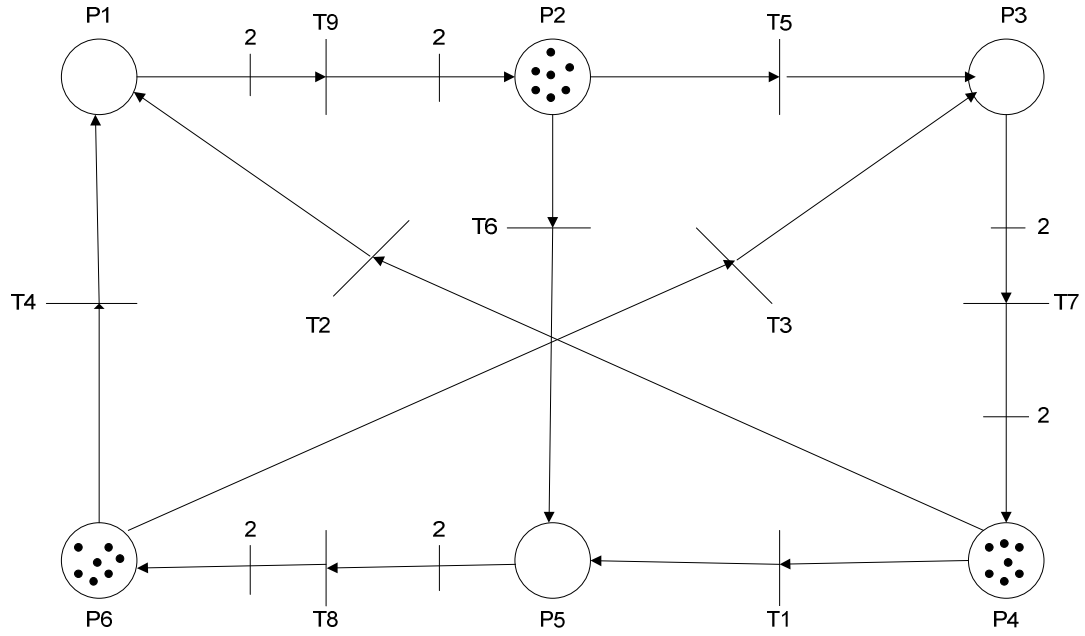
Aşağıdaki çizelgede yerlerin ve geçişlerin anlamları verilmiştir:

Çizelge 3.5 : Şehirlerarası otobüs seferleri uygulamasında yerlerin açıklamaları

Yerler	**Açıklama**
P1	Otobüs İzmir'e ulaştı
P2	Otobüs İzmir'den çıkmaya hazır
P3	Otobüs İstanbul'a ulaştı
P4	Otobüs İstanbul'dan çıkmaya hazır
P5	Otobüs Ankara'ya ulaştı
P6	Otobüs Ankara'dan çıkmaya hazır

Çizelge 3.6 : Şehirlerarası otobüs seferleri uygulamasında geçişlerin açıklamaları

Geçişler	**Açıklama**
T1	Otobüsün İstanbul-Ankara yolculuğu
T2	Otobüsün İstanbul-İzmir yolculuğu
T3	Otobüsün Ankara-İstanbul yolculuğu
T4	Otobüsün Ankara-İzmir yolculuğu
T5	Otobüsün İzmir-İstanbul yolculuğu
T6	Otobüsün İzmir-Ankara yolculuğu
T7	İstanbul garajında yolcu indirme ve yola çıkmaya hazırlanma
T8	Ankara garajında yolcu indirme yola çıkmaya hazırlanma
T9	İzmir garajında yolcu indirme yola çıkmaya hazırlanma

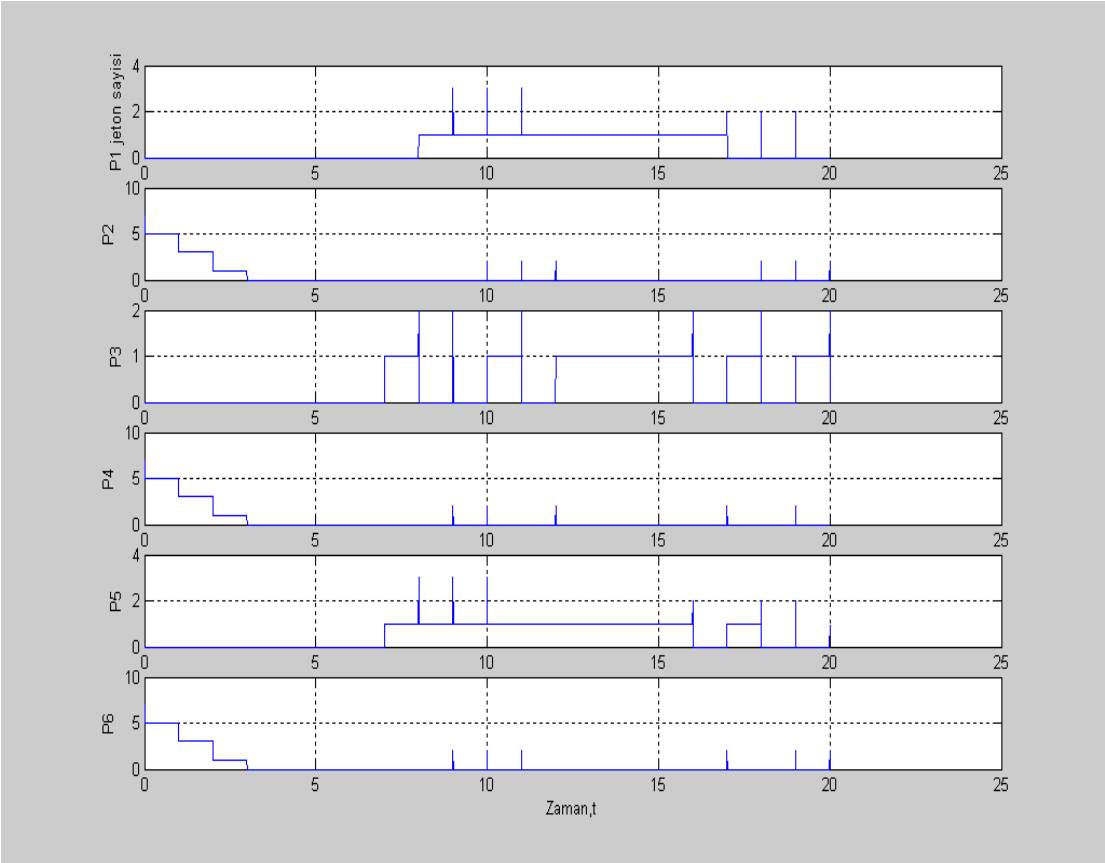


Şekil 3.8 : Şehirler arası otobüs yolculuğu GZPA modeli

Örnek için, geçişlerin ateşlenme gecikmeleri matrisi $D=[7\ \ 9\ \ 7\ \ 8\ \ 9\ \ 8\ \ 1\ \ 1\ \ 1]$, geçişlerin ardışıl ateşlenme gecikmeleri matrisi $DG=[1\ \ 1\ \ 1\ \ 1\ \ 1\ \ 1\ \ 1\ \ 1\ \ 1]$ olarak verilmiştir. Ağı tanımlayan I ve Q matrisleri:

$$I=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0&0&0&2\\0&0&0&0&1&1&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&2&0&0\\1&1&0&0&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&2&0\\0&0&1&1&0&0&0&0&0\end{bmatrix} \qquad Q=\begin{bmatrix}0&1&0&1&0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&0&2\\0&0&1&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&2&0&0\\1&0&0&0&0&1&0&0&0\\0&0&0&0&0&0&0&2&0\end{bmatrix}$$

Modellenen sistemin 100 birim zamanlık erişilebilirlik analizi yapılmıştır.Analiz süresi 0.078 saniye olarak ölçülmüştür. Ayrıntılı çıkış bilgileri EK B1 ve ateşlenme dizisi çıkışları EK C1 bölümünde verilmiştir.

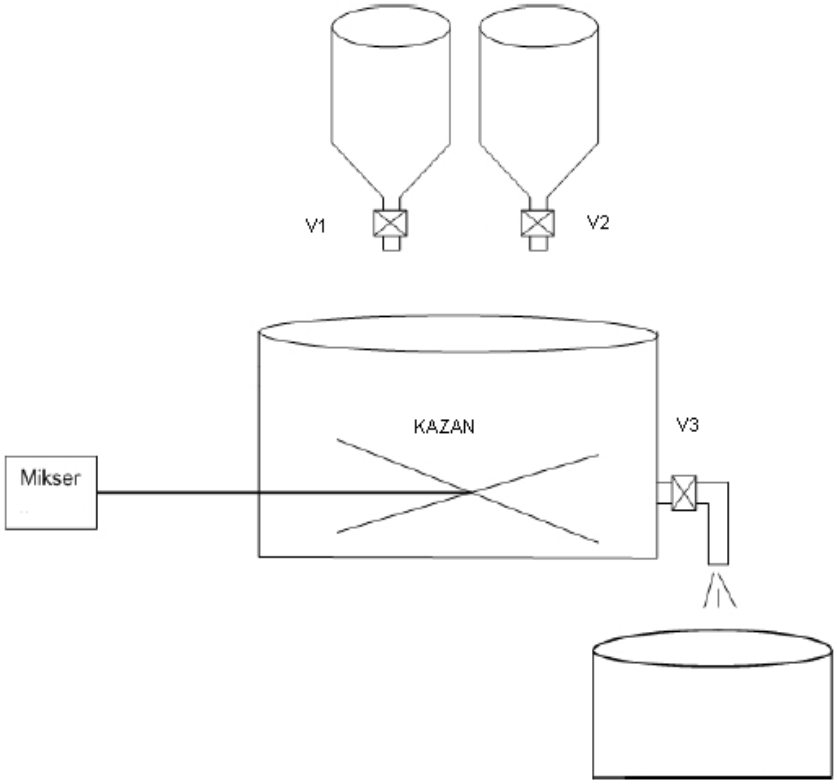


Şekil 3.9 : Şehirlerarası otobüs yolculuğu örneğinde yerlerdeki jeton sayısı-zaman grafiği

Şekil 3.9 daki grafikte yerlerdeki jeton sayılarının zamana bağlı değişimi verilmiştir. Yerlerdeki jeton sayılarında yaşanan anlık değişimler, izinli olan geçişlerin anlık ateşlenmesi nedeniyle oluşmaktadır.

3.3.6 Karıştırıcı sistemi uygulaması

Aşağıdaki örnekte malzeme karıştırma işlemi modellenecektir. Başla butonuna basılınca V1 ve V2 valfleri enerjilenecek ve işlem başlayacaktır. V1 valfi 2 sn, V2 valfi 10 sn açık kalacak ve karıştırılacak malzemeler alttaki kazana boşaltılacaktır. Kazanın altındaki karıştırıcı 20 sn boyunca 2 sn sağ ve 2 sn sola dönerek malzemeyi karıştıracaktır. Karıştırma işleminin ardından V3 valfi enerjilenecek ve 5 saniye boyunca malzeme boşaltma işlemi gerçekleşecektir. Malzeme boşaltıldıktan sonra 4 sn içinde yeni bir boşaltma kabı gelecek ve sistem yeni bir işlem için hazır olacaktır.



Şekil 3.10 : Malzeme karıştırma sistemi

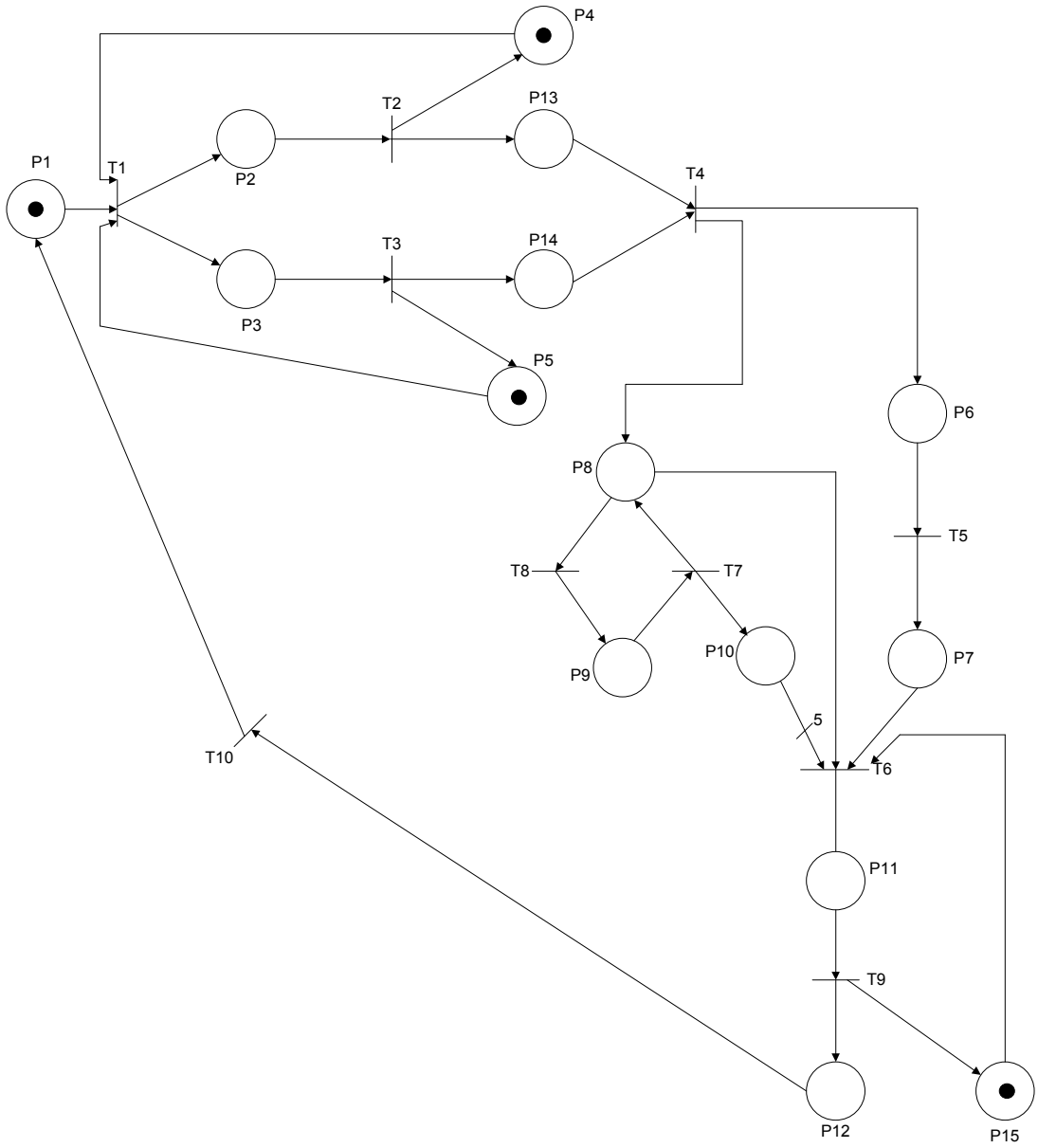
Aşağıdaki çizelgelerde karıştırıcı sisteminin GZPA ile modellenmesinde kullanılan yerlerin ve geçişlerin anlamları verilmiştir:

Çizelge 3.7 : Karıştırıcı sistemi uygulamasında yerlerin açıklamaları

P1	Sistem başlamaya hazır
P2	V1 valfi açık
P3	V2 valfi açık
P4	V1 valfi kapalı
P5	V2 valfi kapalı
P6	Zamanlayıcı çalışıyor
P7	Zamanlayıcı durdu
P8	Mikser sağ dönüyor
P9	Mikser sola dönüyor
P10	20 saniyelik dönüş tamamlandı
P11	Dönüş durdu ve V3 valfi açık
P12	Malzeme akışı bitti.
P13	Karıştırıcı hazır1
P14	Karıştırıcı hazır2
P15	V3 valfi kapalı

Çizelge 3.8 : Karıştırıcı sistemi uygulamasında geçişlerin açıklamaları

T1	Sistemin başlaması
T2	V1 valfinin kapanması
T3	V2 valfini kapanması
T4	Miksere başla komutunun gitmesi
T5	18 saniyelik zamanlayıcının çalışması
T6	Miksere durma komutunun gitmesi
T7	Sağ dönüşün durması
T8	Sola dönüşün durması
T9	V3 valfinin kapanması
T10	Yeni boşaltma kabının gelmesi ve sistemin başa dönmesi



Şekil 3.11 : Karıştırıcı sisteminin GZPA modeli

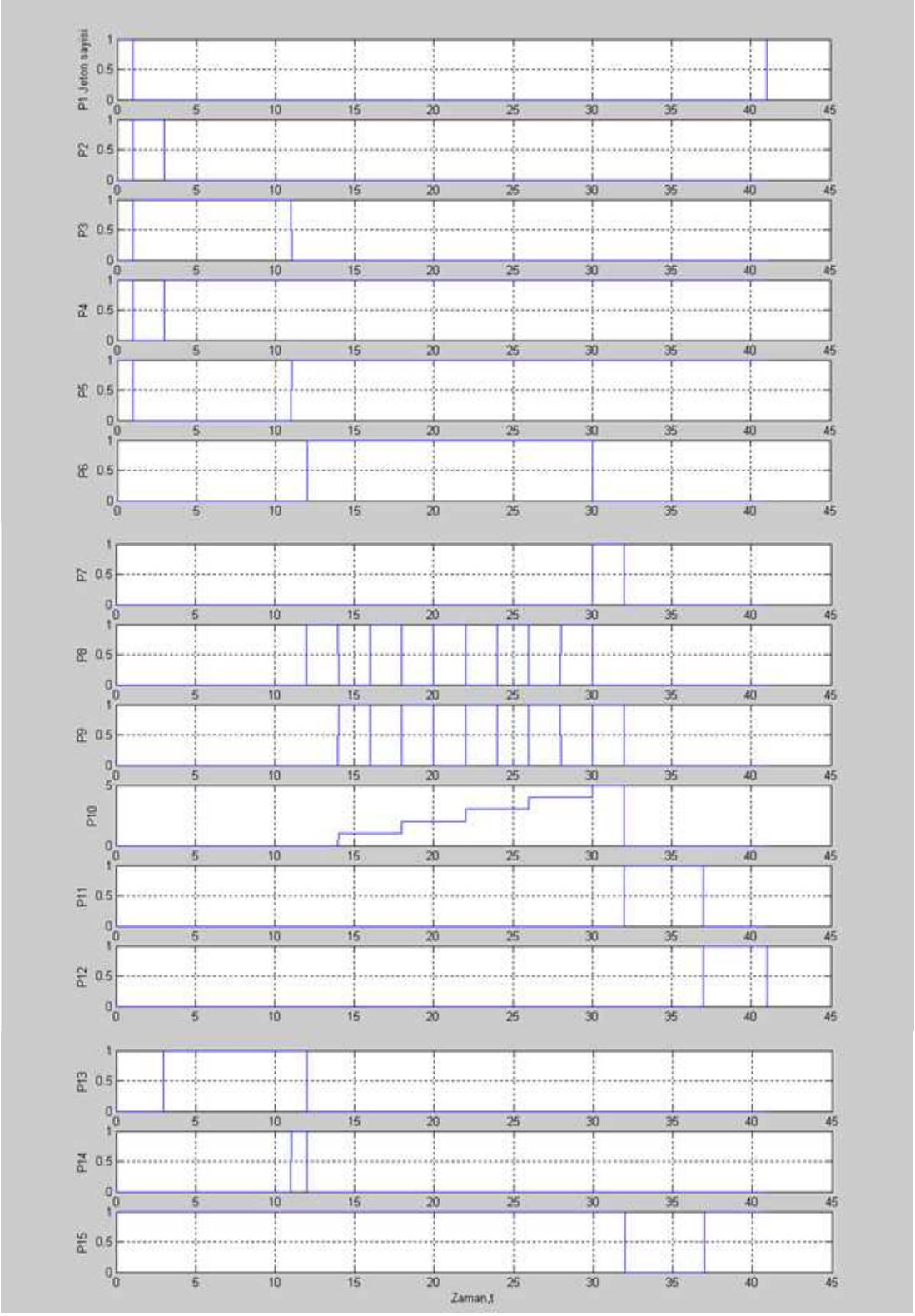
Örnek için, geçişlerin ateşlenme gecikmeleri vektörü $D=[1\ 2\ 10\ 1\ 18\ 2\ 2\ 2\ 5\ 4]$, geçişlerin ardışıl ateşlenme gecikmeleri vektörü $DG=[1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1]$ olarak verilmiştir.

Ağı tanımlayan I ve Q matrisleri:

$$I = \begin{bmatrix}
1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\
1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&1&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\
0&0&0&0&0&1&1&0&0&0\\
0&0&0&0&0&5&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&1\\
0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&1&0&0&0&0
\end{bmatrix} \qquad Q = \begin{bmatrix}
0&0&0&0&0&0&0&0&0&1\\
1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&1&0&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&0&1&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\
0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\
0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&1&0
\end{bmatrix}$$

Bu örnekte zaman ataması geçişlere yapılmıştır ve analizde Bowdan'ın "İzinli olma süresi" tanımlaması kullanılmıştır. Bu yaklaşıma göre, ateşlemesi başlayan bir geçişe giriş olan yerlerdeki jeton sayıları anlık olarak azalmamaktatır. Giriş yerlerindeki jetonlar, geçişe atanan ateşleme gecikmesi dolduktan sonra çıkış yerlerine geçmektedir. Anlık jeton çıkışları için geliştirilen algoritmanın, "İzinli olma süresi" tanımlamasına uyumlandırılması benzetim bölümünde açıklanmıştır.

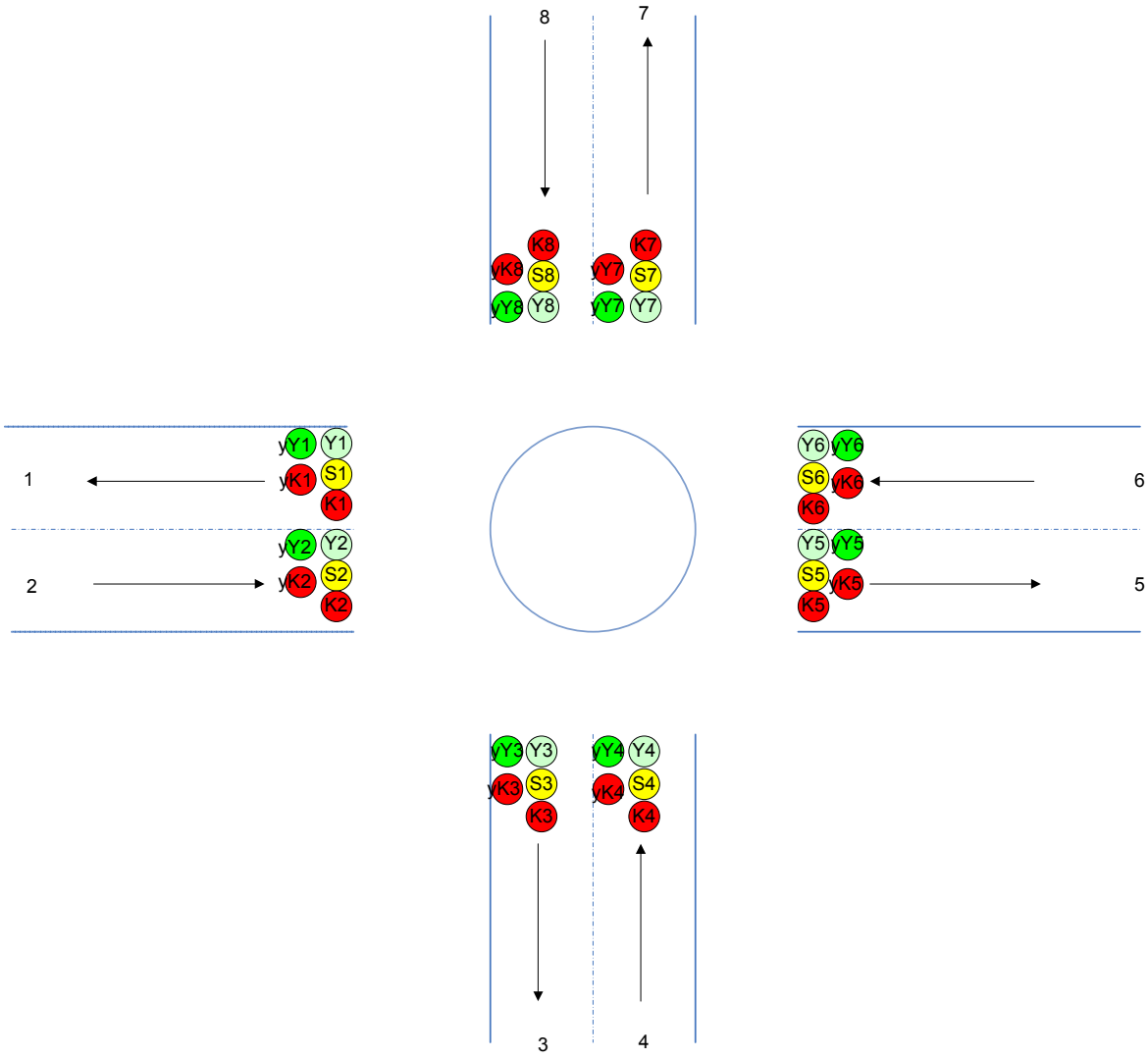
Yapılan analiz sonucunda, sistemin 41 saniye içinde malzeme alma, karıştırma ve boşaltma işlemlerini tamamlayıp, tekrar yeni bir işlem yapmaya hazır konuma geldiği belirlenmiştir. Sistemde çelişki yaratacak geçişler T6 ve T7 geçişleridir. Mikser motoruna durma işaretinin gönderilmesi olayı olan T6 geçişine öncelik ataması yapılarak çelişki durumu kontrol altına alınmıştır. Sistemin 100 saniyelik ayrıntılı çıkış raporu EK B2 ve ateşlenme dizisi çıkışları EK C2 bölümünde verilmiştir. 100 sn boyunca sistem 40 durumdan geçmiştir. Tekrarlı zaman olan 41. saniyeye kadar ise 17 adet durum gözlenmiştir. Yapılan analizin 0.016 saniye sürdüğü belirlenmiştir. Şekil 3.12 deki grafikte 41 saniye boyunca, yerlerdeki jeton sayılarının zamana bağlı değişimi verilmiştir.



Şekil 3.12 : Karıştırıcı sistemi örneğinde yerlerdeki jeton sayısı-zaman grafiği

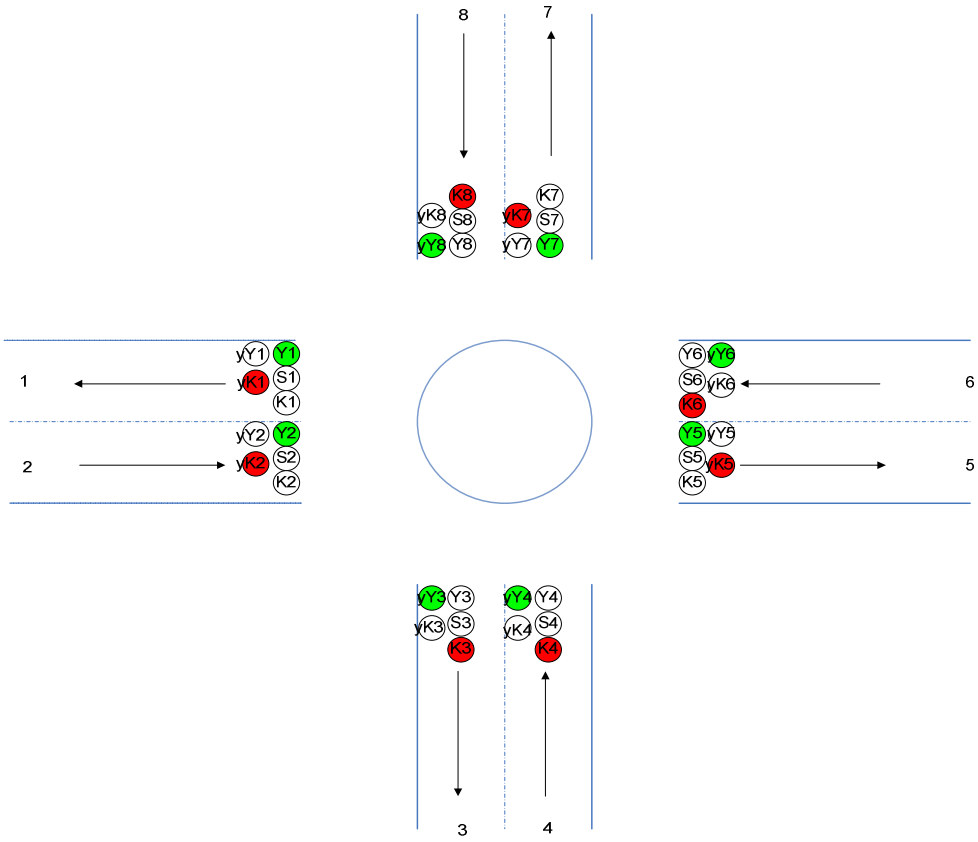
3.3.7 Trafik ışıkları uygulaması

Bu örnekte gidişli gelişli dört yolun bulunduğu yuvarlak bir kavşaktaki trafik işaretlerinin kontrolü yapılacaktır.



Şekil 3.13 : Trafik işaretleri kontrol sistemi

Şekil 3.13 te verilen yuvarlak kavşakta işaretlerin işleyişini incelemek için bir başlangıç durumu ele alalım.



Şekil 3.14 : Trafik işaretleri kontrol sistemi başlangıç durumu

K8 yandıktan 5sn sonra Y2, K3 ve yY3, 3sn sonra ise yK3 yanacaktır. Şekil3.14 te verilen başlangıç durumu bundan sonra başlayacaktır. Y2 45 saniye boyunca yanık kalacak ve 45. saniyede S2 yanacaktır. S2 2 saniye boyunca yanık kalacak ve 2. saniye sonunda K2 ve yY2 yanacak ve yK3 sönecektir. Böylelikle 2. yoldan araç çıkışı duracak ve yayaların geçişine izin verilecektir. K3 15 saniye boyunca yanık kalacak ve bu süre boyunca yY3 de yanarak 3. yoldaki yayaların karşıya geçmesine izin verilecektir. 15. saniyenin sonunda yK3 ve S3 yanacaktır. yK3, Y2 tekrar yanıncaya kadar yanık kalacaktır. Bu işlemden 2 sn sonra Y3 yanarak S3 sönecek ve 3. yolun başında bekleyen araçların girişine izin verilecektir. Bundan sonraki işleyiş diğer geçişler içinde aynı şekilde devam edecektir.

Aşağıdaki tablolarda trafik işaretleri kontrol sisteminin GZPA ile modellenmesinde kullanılan yerlerin ve geçişlerin anlamları verilmiştir:

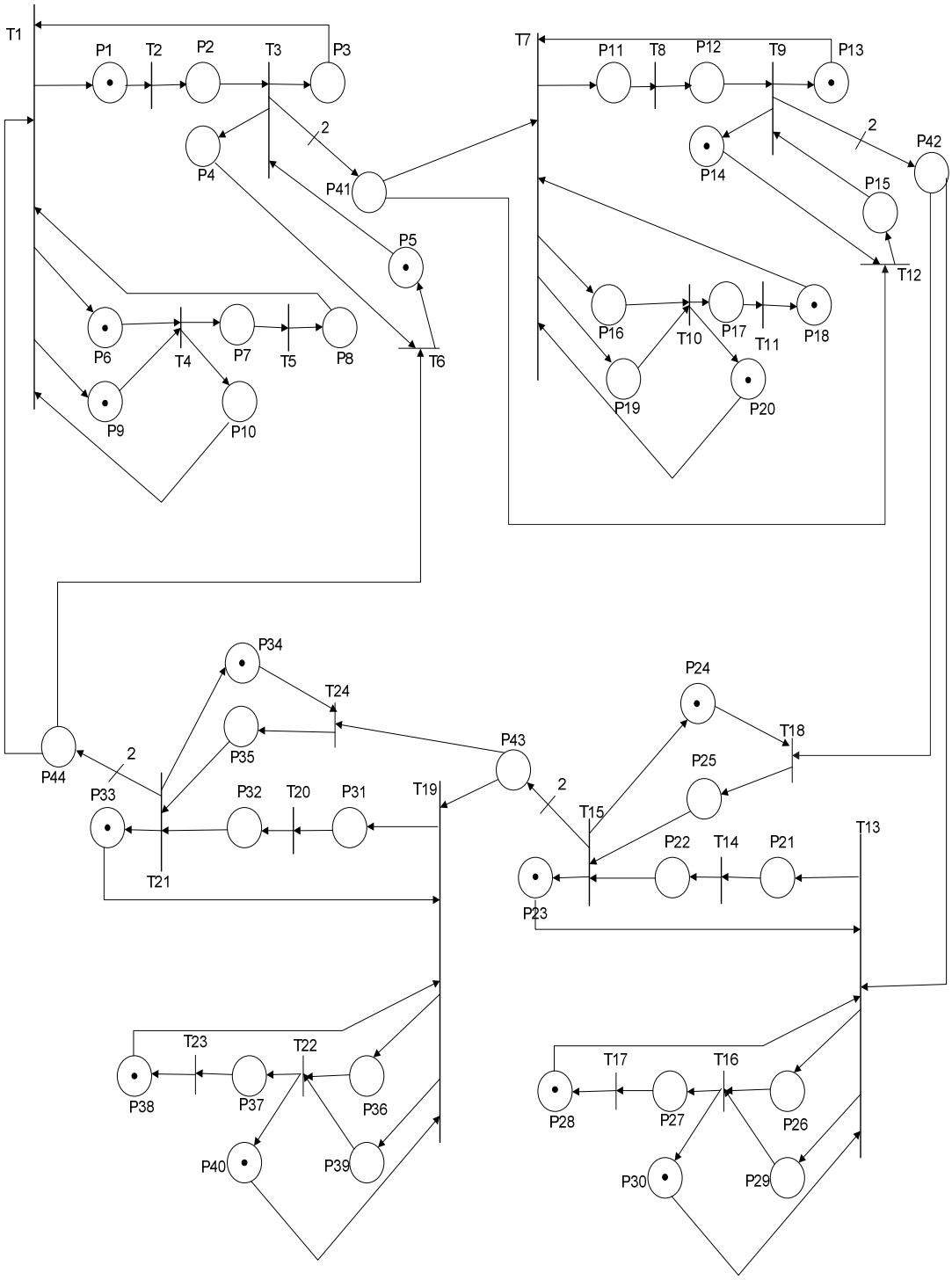
Çizelge 3.9 : Trafik ışıkları uygulamasında yerlerin açıklamaları

Yerler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Anlamı	Y2	S2	K2	yY2	yK2	K3	S3	Y3	yY3	yK3	Y4	S4	K4
Yerler	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
Anlamı	yY4	yK4	K5	S5	Y5	yY5	yK5	Y6	S6	K6	yY6	yK6	K7
Yerler	P27	P28	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38
Anlamı	S7	Y7	Y7	yY7	yK7	Y8	S8	K8	Yy8	yK8	K1	S1	Y1
Yerler	P39	P40	P41	P42	P43	P44							
Anlamı	yY1	yK1	G1	G2	G3	G4							

Yukarıdaki tabloda G1, G2, G3, G4 dışındaki tüm yerler ışıkların yanması durumunu göstermektedir. G1 durumu, K2 nin yanması ile Y4 yanması arasındaki geiçişin kontrolü için tanımlanmıştır. Aynı şekilde G2, K4-Y6 durum geçişini, G3, K6-Y8 durum geçişini ve G4 de K8-Y2 durum geçişini kontrol etmektedir.

Çizelge 3.10 : Trafik ışıkları uygulamasında geçişlerin açıklamaları

Geçişler	**Anlamı**
T1	K8 yandıktan 5sn sonra Y2 yanıyor
T2	Y2 45 sn yanık kalıyor
T3	S2 2sn yanık kalıyor
T4	K3 ve yY3 15 sn yanık kalıyor
T5	S3 2 sn yanık kalıyor
T6	K8 yandıktan 3sn sonra yK2 yanıyor
T7	K2 yandıktan 5sn sonra Y4 yanıyor
T8	Y4 45 sn yanık kalıyor
T9	S4 2sn yanık kalıyor
T10	K5 ve yY5 15 sn yanık kalıyor
T11	S5 2 sn yanık kalıyor
T12	K2 yandıktan 3sn sonra yK4 yanıyor
T13	K4 yandıktan 5sn sonra Y6 yanıyor
T14	Y6 45 sn yanık kalıyor
T15	S6 2sn yanık kalıyor
T16	K7 ve yY7 15 sn yanık kalıyor
T17	S7 2 sn yanık kalıyor
T18	K4 yandıktan 3sn sonra yK6 yanıyor
T19	K6 yandıktan 5sn sonra Y8 yanıyor
T20	Y8 45 sn yanık kalıyor
T21	S8 2sn yanık kalıyor
T22	K1 ve yY1 15 sn yanık kalıyor
T23	S1 2 sn yanık kalıyor
T24	K6 yandıktan 3sn sonra yK8 yanıyor



Şekil 3.15 : Trafik işaretleri kontrol sisteminin GZPA modeli

Trafik ışıkları örneğinin analizinde de, karıştırıcı sistemi uygulamasında olduğu gibi zaman ataması geçişlere yapılmıştır ve analizde Bowdan'ın "İzinli olma süresi" tanımlaması kullanılmıştır. Örnekte bir ışık önüne atanan zaman değeri kadar yanmalıdır. Bu durum ateşlenmenin başladığı andan, tamamlandığı ana kadar izinli jetonun ateşlenen geçişe giriş olan yerde beklemesini gerektirir.

Trafik ışıklarının 1000 sn lik ayrıntılı analiz sonuçları EK B3 ve ateşlenme dizisi çıkışları EK C3 bölümününde verilmiştir. Yapılan analiz incelendiğinde sistemin kilitlenmesiz ve kendini 208 sn de bir tekrar eden bir sistem olduğu gözlenmiştir. Sistemin çalışması boyunca bir çelişki durumu oluşmamıştır.Yapılan erişilebilirlik analizi 0.141 saniye sürmüştür. Sistem çıktıları görsel bir yazılımla desteklenerek, yapılan analizin doğruluğu gösterilmiştir.

4. BENZETİM

Tezin 3. bölümde geçişleri zamanlandırılmış Petri ağı için erişilebilirlik analizi açıklanmıştır. Bu bölümde, geliştirlen yöntemin benzetimi açıklanacaktır. Benzetim, C yazılım diliyle DEV-C++ derleyicisi kullanılarak geliştirilmiştir. Benzetim temel olarak 3 bölümden oluşmaktadır:

1.Ardışıl olmayan jeton çıkışlarının yapılması
2.Ardışıl jeton çıkışlarının yapılması
3.Ateşlenmesi tamamlanan geçişlerin jeton çıkışlarının yapılması

Geliştirilen benzetimde, geçiş ve yer sayıları, analiz süresi, yerlerden geçişlere giden okların bilgisini tutan I matrisi, geçişlerden yerlere giden okların bilgisini tutan Q matrisi, geçişlerin ateşlenme gecikmelerini tutan D vektörü ve geçişlerin ardışıl ateşlenmelerini tutan DG vektörü ve M_O başlangıç durumu vektörü giriş olarak alınır. Benzetim boyunca kullanılan ara matrisler tezin 3. bölümde açıklanmıştır.

Benzetimin birinci bölüm olan "Yerlerden ardışıl olmayan jeton çıkışlarının yapılması" bölümünde, ardışıl ateşlenme durumunda olmayan ve anlık olarak ateşlenebilecek geçişlerin ateşlenmeleri başlatılır ve ateşlenme bitiş zamanları Z matrisinde saklanır. Z matrisi benzetimin 3. bölümde kullanılır. Ateşlenmeler sırasında çelişki durumu varsa öncelik ataması yapılarak çelişki çözümlenir ve kullanıcıya çelişkiden etkilenen geçişlerin bilgisi verilir. Bu bölümün sonunda anlık jeton kayıplarının ardından değişen durum için çıkış alınır.

Benzetimin ikinci bölüm olan "Ardışıl jeton çıkışlarının yapılması" bölümü üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada ardışıl ateşlenebilirlik katsayısı hesaplanır ve ZE vektöründe tutulur. Daha sonra ikinci aşamada ZE vektörü kullanılarak, ardışıl ateşlenme başlangıç zamanları ZZ matrisine yazılır.

Son aşamada ise ZZ matrisindeki ardışıl ateşlenme zamanlarına göre ateşlenmeler başlatılır ve çıkış alınır. Ateşlenmeler sırasında çelişki durumu varsa öncelik ataması yapılarak çelişki çözümlenir ve kullanıcıya çelişkiden etkilenen geçişlerin bilgisi verilir. Jeton çıkışlarının ardından sistemden değişen durum bilgisi ve güncel zaman çıkışları alınır. İkinci bölümden iki şekilde çıkılır.

1.ZZ matrisindeki tüm ateşlenmeler başlatıldı ise,
2.ZZ matrisinin minimum elemanı, Z matrisinin minimum elemanından büyük ise.

Benzetimin üçüncü bölümde Z ateşlenme bitiş zamanları matrisi kullanılarak ateşlenmesi biten geçişler için jeton kazanımları sağlanır ve çıkış alınır. Üçüncü bölümde yapılacak değişiklik ile geçişleri zamanlanmış Petri ağlarında anlık jeton çıkışları için geliştirilen benzetim, Bowdan'ın "izinli olma süresi" tanımına uyumlu hale getirilebilir. Bu tanımlamada, ateşlenen bir geçişe giriş olan yerlerdeki izinli jetonlar, giriş yerlerinde geçişe atanan zaman kadar bekledikten sonra, çıkış yerlerine geçerler. Benzetim uyumlandırma aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

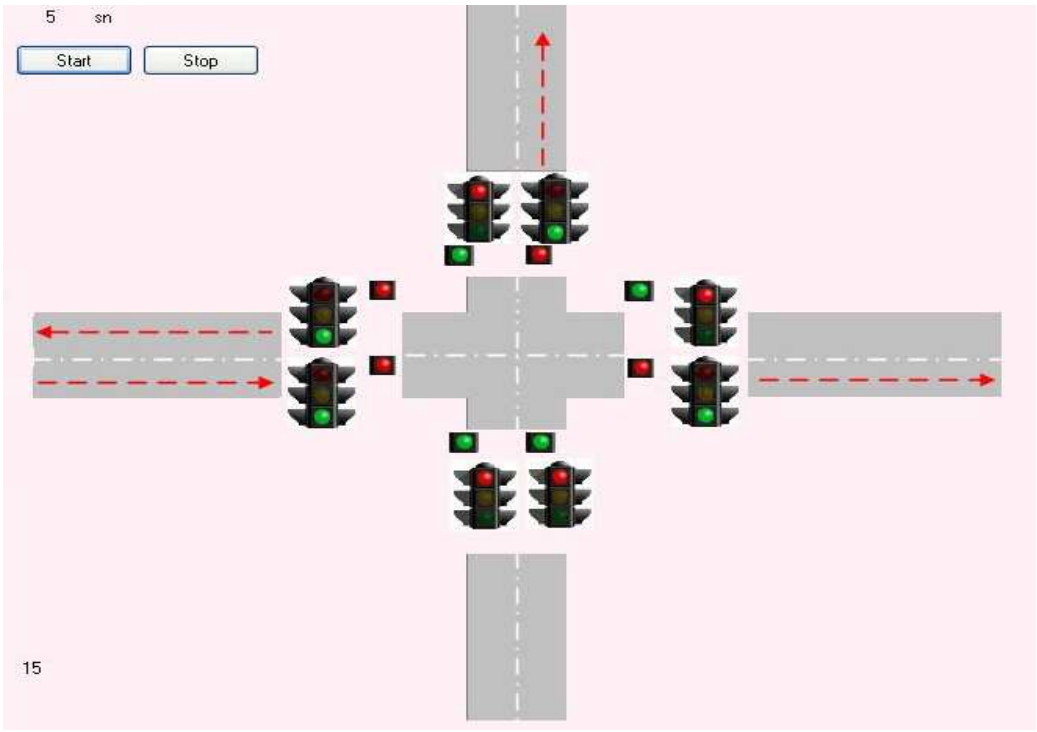
1.Başlangıç durumu ayrı bir matriste saklanır ve bu matris sadece 4. adımda işleme sokulur.
2.Birinci bölümde jeton çıkışları alınacak fakat sistemden durum çıkışı alınmayacak.
3.İkinci bölümde ardışıl ateşlenmeler başlatılacak fakat sistemden durum çıktısı alınmayacak.
4.Üçüncü bölümde ateşlenme bitiş matrisi olan Z matrisinde ateşlenmesi tamamlanan geçiş için başlangıç durumunun saklandığı matris üzerinde ilk önce jeton çıkışları alınacak ve daha sonra ateşlenmesi biten geçişlerin jeton kazanımları yapılacak. Ve sistemden değişen durum için çıkış alınacak. Bu şekilde jetonların giriş yerlerinde, ilgili geçişe atanan süre kadar beklemesi sağlanır.

Erişilebilirlik analizi iki şekilde sonlanır. İlk durumda Z ateşleme bitiş matrisindeki minimum jeton kazanım zamanı, analiz süresinden büyük ise erişilebilirlik analizi sonlandırılır. Bu durumda analiz sonunda, ateşlenme bitiş zamanları kümesi olan Z kümesindeki elemanlar hakkında kullanıcıya bilgi verilir. Erişilebilirlik analizinin sonlandığı ikinci durum ise kilitlenme durumudur. Analizin sonuna hangi durumdan gelindiği kullanıcıya çıkış olarak verilir.

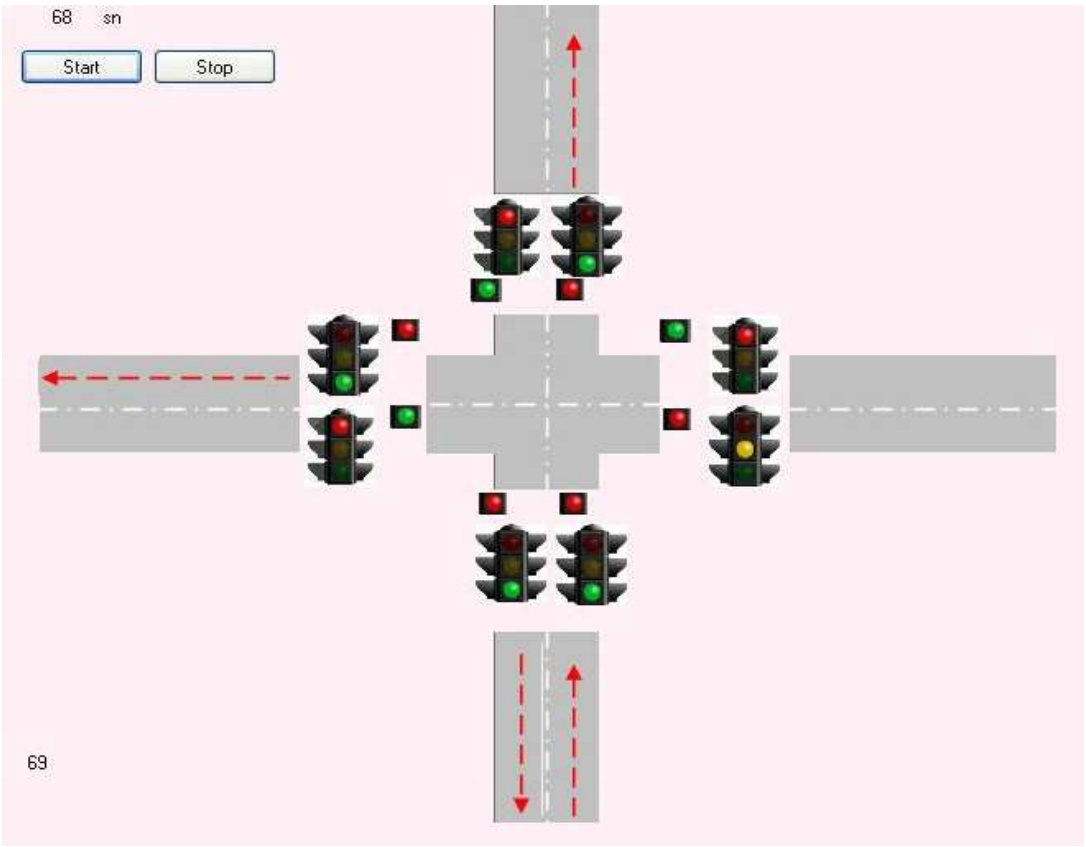
Analiz sırasında aşağıdaki tüm durumların sağlandığı koşulda sistem kilitlenir:

- Benzetimin birinci adımında ateşlenebilir geçiş yok
- ZZ ardışıl ateşlenme başlangıç zamanları matrisinde maksimum değer olarak atanan değerden başka değer bulunmuyor.
- Z ateşlenme bitiş zamanları matrisinde maksimum değer olarak atanan değerden başka değer bulunmuyor.

Geliştirilen benzetimle üç ayrı uygulama gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen uygulamaların analiz sonuçları ekler kısmında verilmiştir. Trafik ışıkları örneği için C# yazılım dili kullanılarak görsel bir yazılım geliştirilmiştir. Görsel yazılım, "Visual Studio 2005" derleyicisi kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılıma giriş olarak erişilebilirlik analizi çıkış dosyası verilmektedir. Bu dosyaya göre trafik ışıklarının değişimi gerçek zamanlı olarak gösterilmektedir. Aşağıda görsel benzetimle ilgili resimler verilmiştir:



Şekil 4.1 : Trafik ışıkları benzetim resmi1



Şekil 4.2 : Trafik ışıkları benzetim resmi2

Analizin sol üst tarafındaki zaman bilgisi güncel zamanı vermektedir. Sol alt taraftaki zaman bilgisi ise bir sonraki ışık değişiminin zamanını vermektedir. Aktif olan yolların bilgisi oklarla gösterilmiştir. Yayalar için olan ışıklar tekli olarak verilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında zamanlanmış Petri ağları üzerine çalışılmıştır. Yapılan çalışmada zaman belirli olarak seçilmiş ve zaman ataması geçişlere yapılmıştır. Geçişleri zamanlanmış Petri ağları için erişilebilirlik analizi yöntemi geliştirilmiş ve geliştirilen yöntemin benzetimi, uygulamalarla yapılmıştır.

Geçişleri zamanlanmış Petri ağlarının erişilebilirlik analizi için geliştirilen yöntemin daha önce geliştirilen yöntemlere göre getirdiği avantajlar aşağıda verilmiştir:

- Geçişler ve yerler arasındaki okların ağırlığı birden fazla olabilir.
- Geçişlere ve yerlere giren ve çıkan okların sayısı birden fazla olabilir.
- Geçişin devam eden ateşlemeleri varken yeni ateşlemelere izin verilir.
- Yerlerdeki izinli jetonlar bitmeden, yerler tekrar jeton kazanabilir.
- Sistemde ardışıl ateşlenmelere izin verilir.
- Çelişki durumları yakalanır ve öncelik ataması yapılarak çözülür. Çelişkinin oluştuğu an ve çelişkiden etkilenen geçişlerin bilgisi kullanıcıya verilir.
- Petri ağının erişilebilirlik analizi sırasında kilitlenme oluşması durumunda kullanıcıya bilgi verilir.
- Erişilebilirlik analizi boyunca oluşan ateşlenme dizisi çıkışları çıkış dosyasında verilir.

Kurulan erişilebilirlik analizi yöntemi yazılımla desteklenmiş ve modelin doğruluğu çeşitli örnekler üzerinde denenmiştir. Şehirlerarası otobüs seferleri örneği anlık jeton çıkışlarının kullanıldığı geçişleri zamanlanmış Petri ağı yaklaşımıyla modellenmiş ve geliştirilen yazılımla erişilebilirlik analizi yapılmıştır. Trafik ışıkları ve karıştırıcı sistemi örneklerinde Bowdan'ın belirttiği "izinli olma süresi" tanımı kullanılarak, benzetim belirtilen tanıma uyumlu hale getirilmiştir. Erişilebilirlik analizinin çıkış dosyası kullanılarak, trafik ışıkları modeli görsel bir yazılımla desteklenmiştir. Yukarıda belirtilen avantajlı durumları örneklerle desteklendiği gösterilmiştir.
Analizler sırasında kullanılan birim zamana istenilen zaman dilimi ataması yapılabilmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda kurulan modelle ilgili aşağıda belirtilen özellikler geliştirilebilir:

- Çelişki durumu hiyerarşik öncelik ataması dışında bir yolla çözülebilir.
- Sistemdeki zaman değerleri ondalıklı olarak seçilebilir.
- Yapılan erişilebilirlik analizi sonuçları incelenerek, sistemin davranışsal özellikleri hakkında çıkarımlar yapılabilinir.

6. KAYNAKLAR

Ammar, H. H. And Deng, S., 1991: Time Warp Simulation of Stochastic Petri Nets, *4th International Workshop on Petri Nets and Performance Models*, Melbourne, Australia; 186-195.

Azzopardi, D., and Lloyd, S., 1994**:** Reduction of Search Space for Scheduling of Multi-Product Batch Process Plant through Petri Net Modelling, *2nd. IFAC/IFIP/IFORS International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, Vienna.

Berthomieu, B. and Menasche, M., 1983: An Enumerative Approach For Analyzing Time Petri Nets, *Information Processing 83*, Proceeding of the IFIP 9th. World Computer Congress, Paris, France, 41-46.

Berthomieu, B. and Diaz, M., 1991: Modelling and Verification of Time Dependent Systems Using Time Petri Nets, *IEEE Trans. On Software Engineering*, Vol. 17, No. 3; 259-273.

Bowdan, F. D. J, 2000: A Brief Survey and Synthesis of The Roles of Time in Petri Nets, *Mathematical and Computer Modelling* , vol 31, No.10-12 , pp. 55-58, May-June.

Cassandras, C. G. and Lafortune, S. , 2008: Introduction to Discrete Event Systems, Springer Science – Business Media.

Coolahan, J. E. and Roussopoulos, N., 1983: Timing Requirements for Time-Driven Systems Using Augmented Petri Nets, *IEEE Trans. On Software Engineering*, Vol. SE-9, No. 5; 603-616.

Ergan, Z.H., 2004**:** Zamanlandırılmış Petri Ağlarında Sistem Çıkmazı Analizi", *Dissertation Thesis at Anadolu University*, Department of Electric-Electronic Engineering.

Holliday, M. A. and Vernon, M. K., 1987: A Generalised Timed Petri Net Model for Performance Analysis, *IEEE Trans. On Software Engineering*, Vol. SE-13, No. 12; 1297-1310.

Menasche, M. and Berthomieu, B., 1983: Time Petri Nets for Analyzing and Verifying Time Dependent Communications Protocols, *Protocol Specification, Testing and Verification III*, Elsevier Science Publishers V.V. North Holland, 161-169.

Marsan, A. , Balbo, M. , **Bobbio, A. , Chiola, A**. , 1985: On Petri Nets with Stochastic Timing, *Proceedings of International Workshop on Timed Petri Nets*, Torino, Italy; 80-87.

Marsan, A. and Chiola, G., 1986: On Petri Nets with Deterministic and Exponently Distributed Firing Times, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 266, 132-145.

Marsan, A. , 1989: Stochastic Petri Nets: An Elementary Introduction, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 424, 2-29.

Merlin, P. M. , 1974: A Study of the Recoverability of Computer Systems , *PhD Thesis*, Computer Science University of California, IRVINE.

Merlin, P. M. and Farber, D. J., 1976: Recoverabilty of Communication Protocols-Implications of a Theoretical Study, *IEEE Trans. On Communications*; 1036-1043.

Moore, K.E. and Lynch, J. P. , 1990: Stochastic , Timed , Attributed Petri net (STAPN) Modeling of Antisubmarine Warfare C3 Architectures , *Proceedings of Symposium on Commands & Control Reseaarch* , Monterey , CA.

Moore, K. E. and Brennan, J. E., 1995: Alpha/Sim Simulation Software Tutorial, Proceeding from 1995 Winter Simulation Conference, 3-6 December, Crystal City, VA, 387-394.

Nicol, M. D. and Roy, S., 1991: Parallel Simulation of Timed Petri Nets, *Proceedings of the 1991 Winter Simulation Conference*, Department of Computer Science Collage of William and Mary Williamsburg.

Petri, C. A., 1962: Kommunikation mit automaten, *Doktora Tezi*, Universty of Bonn, West Germany (Bowdan, 2000).

Ramamoorthy, C. V. and Ho, G. S., 1980: Performance Evaluation of Asynchronous Concurrent Systems Using Petri Nets, *IEEE Trans. On Software Engineering*, Vol. SE-6, No. 5; 440-449.

Ramchandani, C. , 1973: Analysis of Asynchronous Concurrent Systems by Petri Nets, *Dissertation Thesis at M.I.T.*, Department of Electrical Engineering.

Razouk, R. R. and Phelps, C. V., 1895: Performance Analysis Using Timed Petri Nets, *Protocal Specification, Testing, and Verification IV*, Elsevier Science Publishers B.V. IFIP , 561-576.

Sifakis, J., 1977: Use of Petri nets for ferformance evaluation , Measuring, Modelling and Evaluating Computer Systems, (Ed: BEILNER, H. ve GELENBE, E.) , North Holland ,75-93.

Sifakis, J., 1979: Performance evaluation of Systems Using Nets, Lecture Notes in Computer Science, Vol.84 , Hamburg, 307-319.

Van der Aalst, W. M. P., 1993: Interval Timed Coloured Petri Nets and Their Anaysis, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 691; 451-472.

Valero Ruiz, V., de Frutos Escrig, D. And Cuartero Gomez, F., 1991: Simulation of Timed Petri Nets by Ordinary Petri Nets and Applications to Decidability of the Timed Reachability Problem and Other Related Problems, *4th International Workshop on Petri Nets and Performance Models*, Melbourne, Australia; 154-163.

Valero, V. , de Frutos, D. and Cuartero, F. , 1995: Timed Processes of Timed Petri Nets, *Lecture Notes in Computer Science* , Vol. 935; 490-509.

Walter, B., 1983:Timed-Petri Nets for Modelling and Analysing Protocols with Real-Time Characteristics, *Proceedings of the 3rd IFIP Workshop on Protocol Specifications, Testing and Verification* , North Holland.

WANG , J. , 1998:Timed Petri Nets Theory and Application, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London.

Zuberek, W. M., 1980: Timed Petri Nets and Preliminary Performance Evaluation, *IEEE,Institute of Computer Science,* Technical University of Warsaw.

Zuberek, W. M., 1985: M-Timed Petri Nets, Priorities, Preemptions, and Performance Evaluation of Systems, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 222, Advances in Petri Nets, 478-499.

Zuberek, W. M., 1991: Timed Petri nets: definitions , properties ,and applications, *Microelectron Reliab*., 31 , 4 , 627-644.

Zuberek, W. M., 2001: Timed Petri nets in modeling and analysis of cluster tools , *IEEE Transactions on Robotics and Automation* , 17 ,5 ,562-575.

EKLER

Bu bölümde ayrıntılı analiz sonuçları verilecektir. Analiz sırasında, yerlerdeki jeton sayıları, satır vektörü olarak verilmiştir. EK B1, EK B2 ve EK B3 eklerinde verilen analiz sonuçlarının incelenebilmesi için aşağıda örnek bir açıklama verilmiştir:

M=$\begin{bmatrix}0 & 7 & 0 & 7 & 0 & 7\end{bmatrix}^T$,t=0 bilgisi çıkış raporunda 0 7 0 7 0 7 zaman 0 olarak verilmiştir.

EK C1, EK C2 ve EK C3 eklerinde ise ateşlenebilirlik vektörlerinin zamana bağlı değişimleri verilmiştir.

EK B1. Şehirlerarası otobüs seferlerinin 100 br zamanlık analiz sonuçları

0 7 0 7 0 7 zaman 0
0 5 0 5 0 5 zaman 0
0 3 0 3 0 3 bzaman 1
0 1 0 1 0 1 bzaman 2
zaman:3 T2 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
zaman:3 T4 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
zaman:3 T6 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 0 0 0 bzaman 3
0 0 1 0 1 0 azaman 7
1 0 2 0 3 0 azaman 8
1 0 0 0 1 0 zaman 8
3 0 2 2 3 2 azaman 9
1 0 0 0 1 0 zaman 9
3 2 1 2 3 2 azaman 10
1 0 1 0 1 0 zaman 10
3 2 2 0 1 2 azaman 11
1 0 0 0 1 0 zaman 11
1 2 1 2 1 0 azaman 12
1 0 1 0 1 0 zaman 12
1 0 2 0 2 0 azaman 16
1 0 0 0 0 0 zaman 16
2 0 1 2 1 2 azaman 17
0 0 1 0 1 0 zaman 17
2 2 2 0 2 0 azaman 18
0 0 0 0 0 0 zaman 18
2 2 1 2 2 2 azaman 19
0 0 1 0 0 0 zaman 19
0 2 2 0 1 2 azaman 20
0 0 0 0 1 0 zaman 20

1 0 1 2 1 0 azaman 21
1 0 1 0 1 0 zaman 21
1 0 2 0 2 0 azaman 24
1 0 0 0 0 0 zaman 24
2 0 0 2 0 2 azaman 25
0 0 0 0 0 0 zaman 25
1 2 1 0 2 0 azaman 26
1 0 1 0 0 0 zaman 26
2 0 3 0 1 2 azaman 27
0 0 1 0 1 0 zaman 27
2 2 2 2 3 0 azaman 28
0 0 0 0 1 0 zaman 28
0 2 1 2 1 2 azaman 29
0 0 1 0 1 0 zaman 29
1 0 1 0 1 0 azaman 30
1 0 2 0 2 0 azaman 32
1 0 0 0 0 0 zaman 32
2 0 0 2 0 2 azaman 33
0 0 0 0 0 0 zaman 33
1 2 1 0 1 0 azaman 34
1 0 1 0 1 0 zaman 34
2 0 2 0 2 0 azaman 35
0 0 0 0 0 0 zaman 35
0 2 1 2 2 2 azaman 36
0 0 1 0 0 0 zaman 36
2 0 2 0 1 2 azaman 37
0 0 0 0 1 0 zaman 37
1 2 1 2 1 0 azaman 38
1 0 1 0 1 0 zaman 38
1 0 2 0 2 0 azaman 40
1 0 0 0 0 0 zaman 40
2 0 0 2 0 2 azaman 41
0 0 0 0 0 0 zaman 41
1 2 0 0 1 0 azaman 42
1 0 0 0 1 0 zaman 42
1 0 2 0 2 0 azaman 43
1 0 0 0 0 0 zaman 43
2 0 1 2 1 2 azaman 44
0 0 1 0 1 0 zaman 44
2 2 2 0 2 0 azaman 45
0 0 0 0 0 0 zaman 45
0 2 0 2 1 2 azaman 46
0 0 0 0 1 0 zaman 46
1 0 1 0 1 0 azaman 47
1 0 2 0 2 0 azaman 48
1 0 0 0 0 0 zaman 48
2 0 0 2 0 2 azaman 49
0 0 0 0 0 0 zaman 49
1 2 0 0 1 0 azaman 50
1 0 0 0 1 0 zaman 50

1 0 2 0 2 0 azaman 51
1 0 0 0 0 0 zaman 51
2 0 0 2 0 2 azaman 52
0 0 0 0 0 0 zaman 52
1 2 1 0 2 0 azaman 53
1 0 1 0 0 0 zaman 53
2 0 2 0 1 2 azaman 54
0 0 0 0 1 0 zaman 54
1 2 1 2 1 0 azaman 55
1 0 1 0 1 0 zaman 55
1 0 2 0 2 0 azaman 56
1 0 0 0 0 0 zaman 56
2 0 0 2 0 2 azaman 57
0 0 0 0 0 0 zaman 57
1 2 0 0 1 0 azaman 58
1 0 0 0 1 0 zaman 58
1 0 2 0 2 0 azaman 59
1 0 0 0 0 0 zaman 59
2 0 0 2 0 2 azaman 60
0 0 0 0 0 0 zaman 60
1 2 1 0 1 0 azaman 61
1 0 1 0 1 0 zaman 61
2 0 2 0 2 0 azaman 62
0 0 0 0 0 0 zaman 62
0 2 0 2 1 2 azaman 63
0 0 0 0 1 0 zaman 63
1 0 2 0 2 0 azaman 64
1 0 0 0 0 0 zaman 64
2 0 0 2 0 2 azaman 65
0 0 0 0 0 0 zaman 65
1 2 0 0 1 0 azaman 66
1 0 0 0 1 0 zaman 66
1 0 2 0 2 0 azaman 67
1 0 0 0 0 0 zaman 67
2 0 0 2 0 2 azaman 68
0 0 0 0 0 0 zaman 68
1 2 0 0 1 0 azaman 69
1 0 0 0 1 0 zaman 69
1 0 2 0 2 0 azaman 70
1 0 0 0 0 0 zaman 70
2 0 0 2 1 2 azaman 71
0 0 0 0 1 0 zaman 71
1 2 2 0 2 0 azaman 72
1 0 0 0 0 0 zaman 72
2 0 0 2 0 2 azaman 73
0 0 0 0 0 0 zaman 73
1 2 0 0 1 0 azaman 74
1 0 0 0 1 0 zaman 74
1 0 2 0 2 0 azaman 75
1 0 0 0 0 0 zaman 75

2 0 0 2 0 2 azaman 76
0 0 0 0 0 0 zaman 76
1 2 0 0 1 0 azaman 77
1 0 0 0 1 0 zaman 77
1 0 2 0 2 0 azaman 78
1 0 0 0 0 0 zaman 78
2 0 0 2 0 2 azaman 79
0 0 0 0 0 0 zaman 79
1 2 1 0 2 0 azaman 80
1 0 1 0 0 0 zaman 80
2 0 2 0 0 2 azaman 81
0 0 0 0 0 0 zaman 81
1 2 0 2 1 0 azaman 82
1 0 0 0 1 0 zaman 82
1 0 2 0 2 0 azaman 83
1 0 0 0 0 0 zaman 83
2 0 0 2 0 2 azaman 84
0 0 0 0 0 0 zaman 84
1 2 0 0 1 0 azaman 85
1 0 0 0 1 0 zaman 85
1 0 2 0 2 0 azaman 86
1 0 0 0 0 0 zaman 86
2 0 0 2 0 2 azaman 87
0 0 0 0 0 0 zaman 87
1 2 1 0 1 0 azaman 88
1 0 1 0 1 0 zaman 88
2 0 2 0 2 0 azaman 89
0 0 0 0 0 0 zaman 89
0 2 0 2 1 2 azaman 90
0 0 0 0 1 0 zaman 90
1 0 2 0 2 0 azaman 91
1 0 0 0 0 0 zaman 91
2 0 0 2 0 2 azaman 92
0 0 0 0 0 0 zaman 92
1 2 0 0 1 0 azaman 93
1 0 0 0 1 0 zaman 93
1 0 2 0 2 0 azaman 94
1 0 0 0 0 0 zaman 94
2 0 0 2 0 2 azaman 95
0 0 0 0 0 0 zaman 95
1 2 0 0 1 0 azaman 96
1 0 0 0 1 0 zaman 96
1 0 2 0 2 0 azaman 97
1 0 0 0 0 0 zaman 97
2 0 0 2 1 2 azaman 98
0 0 0 0 1 0 zaman 98
1 2 2 0 2 0 azaman 99
1 0 0 0 0 0 zaman 99
2 0 0 2 0 2 azaman 100
0 0 0 0 0 0 zaman 100

zaman:105 t1 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:107 t1 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:102 t1 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:101 t2 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:107 t2 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:109 t2 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:104 t2 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:106 t3 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:108 t3 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:103 t3 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:105 t4 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:107 t4 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:102 t4 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:102 t5 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:105 t5 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:108 t5 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:107 t6 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:101 t6 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:104 t6 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:101 t9 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
benzetim tamamlanma süresi:0.078000 saniye

EK B2. Karıştırıcı sistemi 100 sn lik analiz çıktısı

1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 0
0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 azaman 1
0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 azaman 3
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 azaman 11
0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 azaman 12
0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 azaman 14
0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 azaman 16
0 0 0 1 1 1 0 0 1 2 0 0 0 0 1 azaman 18
0 0 0 1 1 1 0 1 0 2 0 0 0 0 1 azaman 20
0 0 0 1 1 1 0 0 1 3 0 0 0 0 1 azaman 22
0 0 0 1 1 1 0 1 0 3 0 0 0 0 1 azaman 24
0 0 0 1 1 1 0 0 1 4 0 0 0 0 1 azaman 26
0 0 0 1 1 1 0 1 0 4 0 0 0 0 1 azaman 28
0 0 0 1 1 0 1 0 1 5 0 0 0 0 1 azaman 30
zaman :30 T7 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 azaman 32
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 azaman 37
1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 azaman 41
0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 azaman 42
0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 azaman 44
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 azaman 52
0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 azaman 53
0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 azaman 55
0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 azaman 57
0 0 0 1 1 1 0 0 1 2 0 0 0 0 1 azaman 59

0 0 0 1 1 1 0 1 0 2 0 0 0 0 1 azaman 61
0 0 0 1 1 1 0 0 1 3 0 0 0 0 1 azaman 63
0 0 0 1 1 1 0 1 0 3 0 0 0 0 1 azaman 65
0 0 0 1 1 1 0 0 1 4 0 0 0 0 1 azaman 67
0 0 0 1 1 1 0 1 0 4 0 0 0 0 1 azaman 69
0 0 0 1 1 0 1 0 1 5 0 0 0 0 1 azaman 71
zaman :71 T7 geçişi çelişkiden etkilenmiştir.
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 azaman 73
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 azaman 78
1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 azaman 82
0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 azaman 83
0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 azaman 85
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 azaman 93
0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 azaman 94
0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 azaman 96
0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 azaman 98
0 0 0 1 1 1 0 0 1 2 0 0 0 0 1 azaman 100
zaman :112 t5 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman :102 t7 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
benzetim tamamlanma süresi:0.016000 saniye

EK B3 . Trafik ışıkları 1000sn lik analiz sonuçları

1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 zaman 0
1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 15
1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 17
0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 45
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 2 0 0 0 azaman 47
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 azaman 50
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 52
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 67
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 69
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 97
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 2 0 0 azaman 99
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 azaman 102
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 104
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 119
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 121
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 149
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 2 0 azaman 151
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 azaman 154
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 azaman 156
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 azaman 171
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 173
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 201
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 2 azaman 203
0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 azaman 206
1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 208
1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 223
1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 225
0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 253
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 2 0 0 0 azaman 255
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 azaman 258
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 260
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 275
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 277

0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 305
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 2 0 0 azaman 307
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 azaman 310
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 312
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 327
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 329
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 357
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 2 0 azaman 359
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 azaman 362
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 azaman 364
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 azaman 379
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 381
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 409
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 2 azaman 411
0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 azaman 414
1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 416
1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 431
1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 433
0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 461
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 2 0 0 0 azaman 463
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 azaman 466
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 468
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 483
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 485
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 513
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 2 0 0 azaman 515
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 azaman 518
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 520
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 535
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 537
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 565
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 2 0 azaman 567
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 azaman 570
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 azaman 572
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 azaman 587
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 589
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 617
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 2 azaman 619
0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 azaman 622
1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 624
1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 639
1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 641
0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 669
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 2 0 0 0 azaman 671
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 azaman 674
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 676
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 691
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 693
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 721
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 2 0 0 azaman 723
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 azaman 726
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 728
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 743
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 745
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 773
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 2 0 azaman 775
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 azaman 778
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 azaman 780
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 azaman 795
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 797

0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 825
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 2 azaman 827
0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 azaman 830
1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 832
1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 847
1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 849
0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 877
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 2 0 0 0 azaman 879
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 azaman 882
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 884
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 899
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 901
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 929
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 2 0 0 azaman 931
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 azaman 934
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 936
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 951
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 953
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 azaman 981
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 2 0 azaman 983
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 azaman 986
0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 azaman 988
zaman:1033 t20 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
zaman:1003 t22 geçişinin ateşlenmesi tamamlanacaktır.
benzetim tamamlanma süresi:0.141000 saniye

EK C1 Şehirlerarası otobüs seferlerinin 100 br zamanlık ateşlenme dizisi çıkışları

1 1 1 1 1 1 0 0 0 zaman 0 anında ateşlenen geçişler
1 1 1 1 1 1 0 0 0 zaman 1 anında ardışıl ateşlenen geçişler
1 1 1 1 1 1 0 0 0 zaman 2 anında ardışıl ateşlenen geçişler
1 0 1 0 1 0 0 0 0 zaman 3 anında ardışıl ateşlenen geçişler
1 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 7 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 1 1 0 1 0 0 0 zaman 8 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 8 anında ateşlenen geçişler
1 1 1 1 1 1 1 1 0 zaman 9 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 1 1 1 zaman 9 anında ateşlenen geçişler
1 1 1 0 1 1 1 1 1 zaman 10 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 1 1 0 1 1 zaman 10 anında ateşlenen geçişler
0 1 1 0 1 0 0 1 1 zaman 11 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 1 1 1 1 0 1 zaman 11 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 0 1 0 1 zaman 12 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 0 0 1 1 0 0 0 zaman 12 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 16 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 16 anında ateşlenen geçişler
1 0 1 1 0 0 1 1 0 zaman 17 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 17 anında ateşlenen geçişler
0 1 1 1 0 1 0 0 1 zaman 18 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 1 1 1 zaman 18 anında ateşlenen geçişler
1 1 1 0 1 1 1 1 1 zaman 19 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 1 1 0 1 1 zaman 19 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 1 0 1 1 zaman 20 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler

0 0 1 1 1 1 1 0 0 zaman 20 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 1 0 1 0 0 zaman 21 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 21 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 24 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 24 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 25 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 25 anında ateşlenen geçişler
1 1 0 1 0 1 0 0 1 zaman 26 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 1 0 zaman 26 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 1 1 1 0 1 0 zaman 27 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 1 0 0 1 0 1 zaman 27 anında ateşlenen geçişler
1 1 1 0 1 1 1 0 1 zaman 28 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 0 0 1 1 1 1 1 zaman 28 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 0 1 1 1 zaman 29 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 1 1 0 0 0 zaman 29 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 30 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 32 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 32 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 33 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 33 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 1 0 1 0 0 1 zaman 34 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 34 anında ateşlenen geçişler
1 0 1 0 1 0 0 0 0 zaman 35 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 1 zaman 35 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 0 1 1 1 1 zaman 36 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 1 1 0 1 0 zaman 36 anında ateşlenen geçişler
0 1 1 0 1 1 0 1 0 zaman 37 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 1 0 0 1 0 1 zaman 37 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 1 0 1 0 1 zaman 38 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 0 0 1 1 0 0 0 zaman 38 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 40 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 40 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 41 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 41 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 42 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 42 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 43 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 43 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 1 0 1 1 1 0 zaman 44 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 44 anında ateşlenen geçişler
1 1 1 0 1 0 0 0 1 zaman 45 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 1 1 1 zaman 45 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 1 1 1 1 zaman 46 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 1 1 0 0 0 zaman 46 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 1 0 0 0 0 zaman 47 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 48 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 48 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 49 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 49 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 50 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler

0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 50 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 51 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 51 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 52 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 52 anında ateşlenen geçişler
1 1 0 1 0 1 0 0 1 zaman 53 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 1 0 zaman 53 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 1 1 0 1 0 zaman 54 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 1 0 0 1 0 1 zaman 54 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 1 0 1 0 1 zaman 55 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 0 0 1 1 0 0 0 zaman 55 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 56 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 56 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 57 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 57 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 58 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 58 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 59 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 59 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 60 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 60 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 1 0 1 0 0 1 zaman 61 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 61 anında ateşlenen geçişler
1 0 1 0 1 0 0 0 0 zaman 62 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 1 zaman 62 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 1 1 1 1 zaman 63 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 1 1 0 0 0 zaman 63 anında ateşlenen geçişler
1 1 0 1 1 0 0 0 0 zaman 64 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 64 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 65 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 65 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 66 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 66 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 67 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 67 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 68 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 68 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 69 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 69 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 70 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 70 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 1 1 1 0 zaman 71 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 71 anında ateşlenen geçişler
1 1 0 1 1 0 0 0 1 zaman 72 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 1 1 0 zaman 72 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 73 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 73 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 74 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 74 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 75 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler

0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 75 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 76 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 76 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 77 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 77 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 78 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 78 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 79 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 79 anında ateşlenen geçişler
1 1 0 1 0 1 0 0 1 zaman 80 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 1 0 zaman 80 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 1 0 0 1 0 zaman 81 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 1 0 0 1 0 1 zaman 81 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 1 0 1 zaman 82 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 0 0 1 1 0 0 0 zaman 82 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 83 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 83 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 84 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 84 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 85 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 85 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 86 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 86 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 87 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 87 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 1 0 1 0 0 1 zaman 88 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 88 anında ateşlenen geçişler
1 0 1 0 1 0 0 0 0 zaman 89 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 1 zaman 89 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 1 1 1 1 zaman 90 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 1 1 0 0 0 zaman 90 anında ateşlenen geçişler
1 1 0 1 1 0 0 0 0 zaman 91 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 91 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 92 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 92 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 93 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 93 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 94 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 94 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 95 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 95 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 1 0 0 1 zaman 96 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 0 0 0 zaman 96 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 1 1 0 0 0 0 zaman 97 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 1 0 zaman 97 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 1 1 1 0 zaman 98 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 98 anında ateşlenen geçişler
1 1 0 1 1 0 0 0 1 zaman 99 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 1 1 1 0 zaman 99 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 1 1 0 zaman 100 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler

1 1 1 1 0 0 0 0 1 zaman 100 anında ateşlenen geçişler

EK C2 Karıştırıcı sistemi 100 sn lik ateşlenme dizisi çıkışları

1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 0 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 1 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 1 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 3 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 11 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 11 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 12 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 zaman 12 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 14 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 14 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 16 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 16 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 18 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 18 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 20 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 20 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 22 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 22 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 24 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 24 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 26 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 26 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 28 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 28 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 zaman 30 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 30 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 32 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 32 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 37 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 37 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 41 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 41 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 42 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 42 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 44 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 52 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 52 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 53 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 zaman 53 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 55 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 55 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 57 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 57 anında ateşlenen geçişler

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 59 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 59 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 61 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 61 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 63 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 63 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 65 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 65 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 67 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 67 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 69 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 69 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 zaman 71 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 71 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 73 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 73 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 78 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 78 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 82 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 82 anında ateşlenen geçişler
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 83 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 83 anında ateşlenen geçişler
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 85 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 93 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 93 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 94 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 zaman 94 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 96 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 96 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 98 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 98 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 100 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 100 anında ateşlenen geçişler

EK C3 Trafik ışıkları 1000sn lik ateşlenme dizisi çıkışları

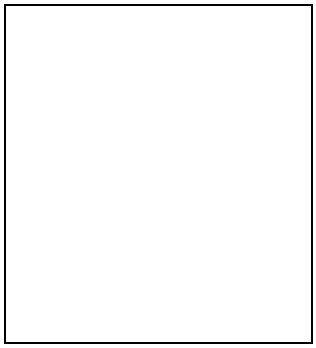
0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 0 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 15 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 15 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 17 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 45 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 45 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 47 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 47 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 50 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 52 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 52 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 67 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 67 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 69 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 97 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 97 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 99 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 99 anında ateşlenen geçişler

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 102 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 104 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 104 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 119 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 119 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 121 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 149 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 149 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 151 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 zaman 151 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 154 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 156 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 zaman 156 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 171 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 171 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 173 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 201 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 201 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 203 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 203 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 206 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 208 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 208 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 223 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 223 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 225 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 253 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 253 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 255 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 255 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 258 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 260 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 260 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 275 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 275 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 277 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 305 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 305 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 307 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 307 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 310 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 312 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 312 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 327 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 327 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 329 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 357 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 357 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 359 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 zaman 359 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 362 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 364 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 zaman 364 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 379 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 379 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 381 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 409 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 409 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 411 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 411 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 414 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 416 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 416 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 431 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 431 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 433 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 461 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler

0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 461 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 463 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 463 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 466 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 468 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 468 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 483 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 483 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 485 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 513 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 513 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 515 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 515 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 518 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 520 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 520 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 535 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 535 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 537 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 565 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 565 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 567 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 zaman 567 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 570 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 572 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 zaman 572 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 587 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 587 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 589 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 617 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 617 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 zaman 619 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 619 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 622 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 624 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 624 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 639 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 639 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 641 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 669 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 669 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 671 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 671 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 674 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 676 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 676 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 691 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 691 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 693 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 721 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 721 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 723 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 723 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 726 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 728 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 728 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 743 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 743 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 745 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 zaman 773 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 773 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 775 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 zaman 775 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 778 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 zaman 780 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 zaman 780 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 zaman 795 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 795 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 zaman 797 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 825 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 825 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 zaman 827 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 827 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 830 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 832 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 832 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 847 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 847 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 849 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 877 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 877 anında ateşlenen geçişler
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 879 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 879 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 882 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 884 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 884 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 899 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 899 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 901 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 929 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 929 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 931 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 931 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 934 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 936 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 936 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 951 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 951 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 953 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 981 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 981 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 zaman 983 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 zaman 983 anında ateşlenen geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 zaman 986 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 zaman 988 anında ateşlenmesi tamamlanan geçişler
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 zaman 988 anında ateşlenen geçişler

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ahmet YILMAZ

Doğum Yeri ve Tarihi: Kırcaali, 1985

Adres: Seyit Ömer Mah. Köprülüzade sok. Akkaşlar Apt. No:51 Daire:12 Fatih/İSTANBUL

Lisans Üniversite:

Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği 2007

Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği 2008