

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 14. ULUSAL KONGRESİ
16 - 22 EVRİL 1991 • DEÜ • İZMİR

*

1

EMO • TÜBİTAK • DEÜ



Ö N S Ö Z

Dokuz Syiai Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası ve Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nun işbirliği ile 16-22 Eylül 1991 tarihleri arasında düzenlenen Elektrik Mühendisliği 4. Ulusal Kongresine hoşgeldiniz.

üç paralel oturum halinde D.E.Ü. Rektörlük binası anfilerinde gerçekleşecek Kongremizde 54'ü poster olmak üzere toplam 213 bildiri sunulacaktır.

iki ayrı ciltte toplanan bildirilerin, Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği, Kontrol ve Sistemler ile Enerji Sistemleri konuları birinci ciltte, Bilgisayar, Elektronik, Haberleşme, İşaret işleme, Biomedikal ve Enstrümantasyon, Elektromagnetik Alanlar, Mikrodalga ve Antenler ile Eğitim konuları ise ikinci ciltte yer almıştır.

ilk duyurularını bir yıl önce yaptığımız kongremize 299 adet bildiri özeti gönderilmiş, Bilim Kurulu bunlardan 277'sini kabul etmiş, 22 adet bildiri özetini ise iade etmiştir. 64 adet bildiri basıma verildiği tarihe kadar elimize ulaşmadığı için Kongre Bildirileri kitabında yer almamıştır.

Oniversite-sanayi işbirliğinin geliştirilmesi ve Kongremize yansımalarının sağlanması amacı ile ilk kez oluşturulan Kongre Danışma Kurulunda, EMO ve üniversitelerin temsilcilerinin yanısıra kamu ve özel sektör temsilcileri de yer almıştır.

Süperiletkenlerin Elektrik Mühendisliğinde Uygulamaları, 2000'li Yıllarda ülkemizin Haberleşme Sistemleri ve Ülkemiz Elektrik Enerjisi Sistemleri konularında sunulacak çağrılı bildirilerle Kongremizin yalnız izleyicilere değil tüm kamuoyuna önemli mesajlar vereceği inancındayız.

Kongremizde Elektrik Mühendisliği Eğitimi ve Elektronik Teknolojisi konularında sorunların tartışılacağı, çözüm ve önerilerin geliştirileceği, ilgili kurum ve kuruluşlara önemli yararlar sağlayacağını umduğumuz bir ortam yaratacak panellerimiz olacaktır.

Çağrılı Bildiri ve panellerimize katılacak değerli bilim adamları ile özel ve kamu kuruluş yetkilisi meslektaşlarıma çok teşekkür ediyorum.

Sunulacak tüm bildirilerin özverili çalışmalarla ortaya çıktığını hepimiz biliyoruz. Yürütme Kurulumuz bu çabaları desteklemek ve genç araştırmacıları teşvik etmek amacı ile kongrede sunulan en iyi üç bildiri sunucusunu ödüllendirmeyi kararlaştırmıştır. Beş kişilik jüri tarafından yapılacak değerlendirme sonucu üç sunucuya ödülleri kapanışta verilecektir.

Kongremizin, izleyiciler ve delegeler için başarılı olmasını, ülkemizin bilimsel ve teknolojik çalışmalarına yön ve ivme vermesini diliyor, hazırlık çalışmalarımıza özenle katkı koyan değerli Bilim Kurulu, Danışma Kurulu, Yürütme Kurulu ve Sosyal Kurul üyeleri ile emeği geçen tüm arkadaşlarıma destek ve katkıları için teşekkür ediyorum.

Prof. Dr. Kemal ÖZMEHMET
Yürütme Kurulu Başkanı

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ
4. ULUSAL KONGRESİ
16-22 EYLÜL 1991
DEÜ REKTÖRLÜK BİNASI - İZMİR

DÜZENLEYEN KURULUŞLAR

- . TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODACI
- . DOKU2 EYLÜL ÜNİVERSİTESİ ELEKTRİK ve ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BOLÜMÜ
- . TÜBİTAK

YÜRÜTME KURULU

Kemal ÜZMEHMET	(Prof. Dr. - Başkan)
Nihat ÖZGÜL	(EMO - Koordinatör)
Teoman ALPTÜRK	(TMMOB - EMO Başkanı)
Canan TOKER	(Prof. Dr. - ODTÜ - TÜBİTAK)
Süha BAYINDIR	(Doç. Dr. - DEÜ)
Macit MUTAF	(EMO izmir Şubesi)
Sedat GÜLSEN	(EMO I amir Şubesi)
Mehmet KUNTALP	(Araş. Gör. - Deti)

DANIŞMA KURULU

Ufuk ATAÇ	(EMO)	Atilla OKYAR	(VESTEL)
ibrahim ATALI	(EMO-ADANA)	Vuslat ÖZTOPÇU	(TRT)
Emir EIRGÜL	(EMO-BURSA)	Serhat ÖZYAR	(EMO-ANKARA)
Yurdakul CEYHUN	(TELETAS)	Muharrem SAYIN	(M.G.)
Sıtkı ÇİĞDEM	(EMO-İSTANBUL)	Hasan S. ŞIŞIKO3LU	(PTT)
Orhan ERYOL	(PTT)	Necmi OYAR	(ETİ TAŞ)
Aykut GÜSAR	(SIMKO)	Cengiz ÜNDEYOÖLU	(TEK)
Cihan İLKER	(ASELSAN)	Turhan TUNALI	(Eü)
Aydın KAYACIK	(ALPET)		

BİLİM KURULU

Abdullah ATALAR	(Prof.Dr.-BILKENT)	Erol KOCAOOLAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)
Süha EAYINDIR	(Doç.Dr.-DEÜ)	Tarık ORANÇ	(Y.Doç.Dr.-DEÜ)
Atilla BİR	(Prof.Dr.-İTÜ)	Emrah ORHON	(Prof.Dr.-Eü)
Yurdakul CEYHUN	(TELETAS)	Kadri ÖZÇALDIRAN	(Doç.Dr.-EÜ)
Ilhami ÇETİN	(Prof.Dr.-İTÜ)	Kemal ÖZMEHMET	(Prof.Dr.-DEÜ)
Muammer ERMİŞ	(Doç.Dr.-ODTÜ)	Osman SEVAIO3LU	(Doç.Dr.-ODTÜ)
Bülent ERTAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)	Mete SEVERCAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)
Mustafa GÜNDÜZALP	(Y.Doç.Dr.-DEü)	Oğuz SOYSAL	(Doç.Dr.-KTü)
Avni GÜNDÜZ	(EMO)	Necmi TANYOLAÇ	(Prof.Dr.-Bü)
Hasan GÜRAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)	Turhan TUNALI	(Doç.Dr.-Eü)
Güngör GÜRSEL	(EMO)	Erginer UNGAN	(Y. Doç*. Dr. -DEÜ)
Kemal HALICI	(Prof.Dr.-YO)	Yıldırım ÜÇTU3	(Doç.Dr.-ODTÜ)
Erare HARMANCI	(Prof.Dr.-İTÜ)	Zafer ÜNVER	(Prof.Dr.-ODTÜ)
Altunkav. HIZAL	(Prof.Dr.-ODTÜ)	Birgül YAZGAN	(Prof. Dr. -İTÜ)
Mithat. İDEME»	(Prof.Dr.-TÜBİTAK)	Erdem YAZGAN	(Prof.Dr.-nü)
öscan KALENDERLÎ	(Y.Doç.Dr.-İTÜ)	Melek YÜCEL	(Doç.Dr.-OBTUİ
Haldun KARACA	(Y.Doç.Dr.-DEÜ)	Nusret YÜKSELER	(Proi". İr. -I Tr;

SOSYAL KURUL

Macit MUTAF	(EMO)	Birsen MALKOÇ	(EKO)
Recai KOLAY	(DEÜ)	Gülderen YARIM	(DEÜ)

Not: Danışma Kurulu ve Bilim Kurulu alfabetik olarak dizilmiştir.

ISIL İJLEM BEHZETİMİ İLE TEK SIRA İZ GELEME

Adı GtlÖküüz Zafer Onver

ODTÜ EMrtrik-EleVtran* MttendisK* Butumã

ÖZET

Bu çalışmada btkü devre ktrttin LSI ve VLSIyanga/ärmim serim tfirmundtkitek sn ingeteme sorununa* tsitfım benzetim Ha brçözüm önmtaektMAr. Tek sırt «geleme sorununun MP-k*ps*r olduğu kmvthnm? olduğu vñ bu sorunun çözümüne foguyâkkfınUâr buufstlyöntemlerle önuçtur ve datyapık eh titoun her taun içm imi iyi çözümü gjraulifememekMrter. Om yndtn, ymelmüt br yöntem okn ısıl ifhm benzetimi Ge. yeterince ymerimtye izni verirse mı iyi çbzümür buhnabümekte,gereki otmyemelele sayısı ise düzen kümesim ve ısıl işJem Mgorümtsımın uygun tmmtaMMtpü âztkMmekimtin- Bu çm\pmdt bnerihm yntemim bir âger ozeSği üerslürdeki hemen tm yöntmhırmı tksme. soktk guufğınm ytrmrt dUŞUmler trtsı yğmhnım d* bedel ifhvıne ksttıdır laf çim bzmemm ie tek sn tzeleme Pâscafdı garçeklefrñmij- yememmef br yöntem atmam karfln, lüm-Mrde dUğtmder ârMyfğtm^r dt êntpomeyitenç^ym tek buksâl ilgormıa ie hesıptma süresi tçmndtn eşdeğer okluğu ** enpi sokak gBeisAıffne uhfmAl» üstünlük fyutyat gHıtmıstür

An*ht«r sözcükler: bdkim dene izgelemesi. VLSI mim kuram, tık sr* izgm\mm% talpmm hótınım

LGtnlş

İzgetema ujruno, huU davta, LSI ve VLSI yongtUmR sarat tea-nrla. tãnatont ywte}inãulun somata asamadn. Bu sorun; izgatate «Ura. en kuçtk su yolu genişliği ve su yobnran «tnndaki an küçük uzakkh gU fiziksel tosıAamaly altmda, bira açtan vasmık gerekK ba^tnkUn garçekte^irmeyi içandır. Kanal mtUm kutanıva tak swa ygmñm*. bu sorunun Uç «amal ait sorunudur. Bu Uç sorunun NP-kapsar oldukları karımlarını; olduğu için AV, çözümlerine çoğu yaklaşımlar buluşsal yöntomtale otao^tur va »nyı çözüm garardilansaemaktadır. Y«elam«h bir yöntem otom tşıl işlem benzetimi yöntemi, kanlı ve anahtar kutusu sorunlarının çözüşünde bajaranıya kutbndmaktadır. Bu çalışmada, tek sva izgeleme sorununa ısıl işlem bonzatma ile bir çözüm onartekteds.

Tak «t ağalaam, çok katmanlı tzeleme sorununun birçok katman va maya indirganmesğta ortaya çdun tır sorundur (V. Aynstrtan tak sıra sorunlanmı harbin diğerlerinden ba^msu olarak oUzUUr. Bu çalışmada, çok katmanlı sorunlum tak kakunh ve tek sarıh sorunlara indugenme yöntemlerine değinilmeyecek, yakneca tek nra izgeleme sorununun çözümü irdelenecektir.

Tek sıra izgeleme sorununda, bir sıraya ejt aralıklarla dizilmiş n dugıra (1,2,...,n) vardır. Dabirute bağlanması gereken düğümlerden oluşan m dUğüm kümesinden herbimne ig (N [..Nj,...,^), bir sıradaki tüm ağların oluşturduğu kümeye de ig listelenir.

Örnek 1: L~(N1,N2,...,Ng). set e ağdan oturan bir ag hstesidu

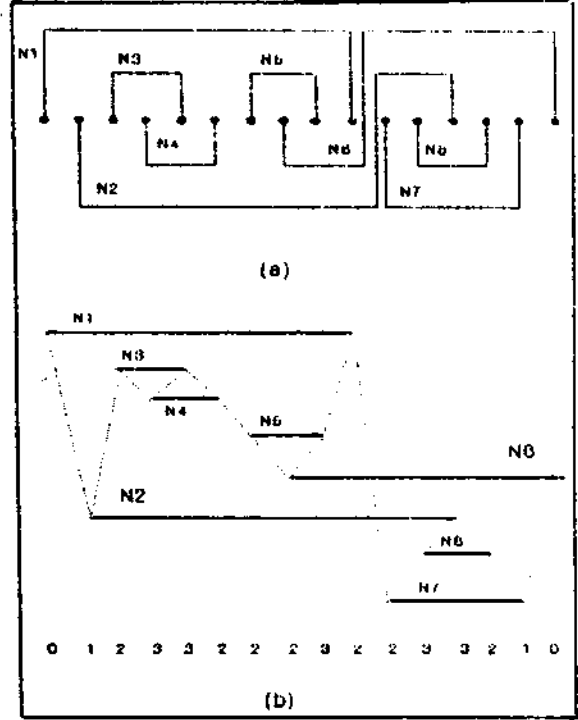
$N_1 = \{1,10\}$ $N_2 = \{P,13\}$ $N_3 = \{3,5\}$ $N_4 = \{<,6\}$

$N_5 = \{P,8\}$ $M_5 = \{8,K\}$ $N_7 = \{11,15\}$ $N_j = \{12,14\}$

Bir ag listesindeki ağlar aşağıdaki kofutları sağlarlar

$$NiONj=jr. \quad i/j \quad (1)$$

$$\bigcup N_i = \{1,2,...,n\} \quad (2)$$



Isıl işlem hızlandırma yönteminde bit yinlenmesi aşağıdaki a;amalardan oluşur

1. PII'ın kümesinde râsâlbir /Mm/e gerekirsün tAt
1. B'del işlerindekideğym (ACI licsipl.mur
3. /</> AC D ise h&mle onunu,
AC U tor hamle exp(- A C/T) oAisıkl.t onanır
K Eğer hamle onanır/sayeni düzene geçthr.

Behrlı sayıda yinelemeden sonra. eğE ısı dengeye ulaşılmış, ise, sıcaklık belh bir oranda düşürülür. Bu yinelemeler, (hatmin ortalama davranışında bir değişiklik kaydedilirmeye başlayınca, diğer bir deyişle "donuncaya" dek ; ya d> kuramsal olarak bulunan bir en rıy eldn edilmeyeceye dek sürer. Bu süreç içimle, yüksek sıcaklıklarda, bfidel işlevini önemli ölçüde aittü! an hamlelerin onanma olasılığı çok düşük değilken, sıcaklık ılı,iuk(u bu olasılık da düşer, ancak küçük değişiklikler onanabilmeye başlarlar. Diğer bir deyişle, sıcaklık parametresi, sistumm ana hatlarındaki en iyileştirmeyi ayrımtüardaki en iyileştirmeden ayrıarak, bir tür bol r> yönet VXXZI\ yaratır.

IV. TTK SİKA t/GKI KMKİN MODKLI.KNUKSI

Üçüncü bölümdeki özetten de anlaşılacağı gibi, bir ısı işlem algoritmasını ddrt anabileşeni vardır:

1. Duzyn uz<ty> Duguran, içinde en iyi düzenin atanacağı düzen küme sıran tanımlı
2. Hm/e kümeti Düzen uzayında izin verilen hamlelerin kliması
3. Bedel işlevi Bir düzenin rıykk ölçütü
\\ Jsl' idem program Başlangıç sıcaklığı, sıcaklığın ns zaman ve ne kadar düşürülmesi gerektiğine ilişkin kurallar, algoritmasını sona erme kuraları

Bu bhtUmde, tek sıra izgeteme sorununun ısı işlem benzetimi ile çözümü için bu bileşenlerin seçimi tartışılacaktır.

t. Düzen uzayı Dizgenin bir düzem, verilen «ğ üstesini otudur an tğÜrm aralık çizgesi gösterimindeki bir sıralanması olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla, n ağdan oluşan bir ağ listesinin düzen uzayının büyüklüğü n! olmaktadır. Her aralık çizgesi gösterim, tek sıra izgetelemekmaBanna uygun bir çözülm karşılık geldiğine göte, bu uzayda kural dışı düzenler yoktur. Bu seçimle, düzen uzayı küçütülerek hesaplama süresi azaltılmıştır.

2. Ilamh JtimeaBa fuuak «rahk pzgesi gösteriminde iki ağa ait çizgilerin yer değiştirmesidir. Yet değiştirecek ağlardan birini tüm ağlar dönüŞUmhi olarak oluşturmakta, ikincisi ise raslamsal olarak seçilmektedir. Ancak, bir en iyiye yaklaşıldıkça, alt kesişim sayılan daha büyük olan ağlar atahk çizgesi gösterimnin Üst yansında, Üst kesişim sayılan daha büyük olanlar ise alt yansında toplanacak, ve bu iki gruptan ağların birbirleriyle yet değiştirmeleri bedel işlevini büyük ölçüde arttıracaktır. Bedel işlevini arttıran hamlelerin onanma olasılığı exp(- JC/T) olduğuna göte, düşük sıcaklıkta bu tür hamlelerin onanması çok güçtür. Dolayısıyla, bu hamlelerin yapılmasını baştan engelleyerek zaman kazanmak uygun olur. Bu, yer değiştirebilecek ağların atasında izm verilecek en büyük uzaklığı da, sıcaklığa bağılı olarak düşürtrek gerçekleştirilebilir. Aslında bu ayarlama, ısı işlem programının bir parçasıdır.

3. Bedel işlevi Bedel işlevi, sokak genişliğini ve düğümler atası yığılması türlü biçimlerde içerebilir. Örneğin, eğer düğümler arası yığılmanın kısmı üst stnı varsa, ve bu sınıra uyularak sokak genişliğinin en aza indirilmesi amaçlanıyorsa; bedel işlevi

sokak genişliğinin pozitif bir tamsayıyla çarpımı »İm ok tanımlı r.y.p. lu tamsayı sınırlı ajldığı ı,LI^umli^ inn çok buyulu.'buU L>ııJi'.ı sonraki bölümlerde, latlel jh'vırın bu bigümie tanımlandığı varsayılacaktır

i. Isıl işlem programı Ço^umün.bd.'langıç du^cündün barımsız olabilmesi için, ısı işlem sürecinin başlangıçta, düzen uzayında raslamsal bir arayışa benzemesi gerekmektedir Bunun iç-n An, başlangıç sıcaklığı yapılan hamlelerin çoğunun imanacağı kadar yüksek olmamalıdır. Tek sıra izgetemo sorunda, yapılan hamlelerin en az %90'ın onanacağı sıcaklık, deneysel olarak hesaplanarak, bu sıcaklıktan başlanmaktadır. En iyiye yaklaşmayı garantiemesi gereken bu yüzde, başka sorunlar için farklı olabilir. Ashnda, üü işlem sürecinin başında sıcaklık hızla bir biçimde düşürüldüğü, ve dolayısıyla hesaplama zamanının uuyuk bir bölümü düşük sıcaklıklarda harcanacağı için, gerekli olan nrimura sıcaklıktan daha yüksek bir değerle ısı işleme başlanmanın zaman açısından olumsuz etkisi yok sayılabilir

Sürecin yerel en iyilere saplanmaması içm dir.genn, her sıcaklıkta ısı denge'ya ulaşması, diğer bir deyişle, belirli bir sıcaklıkta bedel işlevindeki değişimlerin bu işlev değerine oranlan, belirli detscede düşmesi getekir. Bu yüzden, hamleler kümelere ayrılmakta, sıcaklığın düşürülmesi içm. ardarda yapılan iki hamle kümesinin ortalama bedel işlevi değeri arasındaki farkın behrb bir stram artma düşmesi beklenmektedir. Bu gerçekleşikten sonra sıcaklık %10 düşürülmekte; bu tür ur ansal bir duJUsle, yUksek sıcaklıklarda hızlı, düşük sıcaklıklarda yavaş bş düşüş sararmaktadır.

Hamle kümelerinden söz ederken de değinildiği gibi, sıcaklık düşüktüçe, birbirine uzak ağların yer değiştirmelerinden doğan düzenlerin onanma olasılığı küçülmektedir. Dolayısıyla, bu hamleleri baştan yapmayarak zaman kazanmak içm, sıcaklığın her düşürülüşünde, değiştirilmesine izin verilen ağların arasındaki en büyük uzaklık aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{uzaklık} = |1 * (\text{ağ sayımı} - 2) \frac{\ln(1 + \text{sıcaklık})}{\ln(1 + \text{ilk sıcaklık})}| \quad (4)$$

Bu denklemden de anlaşılacağı gibi, başlangıçta, izm verilen en büyük uzaklık (ağ sayısı-i) olmakta, diğer bir deyişle, aralık çizgesi gösteriminin en alt ve en üstündeki ağlar bile birbirleriyle yer değiştirebilmektedirler. Sıcaklık sınıra yaklaştıkça ise, bu uzaklık bire düşer ve ancak ardışık ağlar yer değiştirebilirler

Isıl işlem, aşağıdaki Uç olaydan birinin gerçekleşmesiyle sonldntlmaktadır:

- i)Düğüm arası yığılmanın üzerindeki sınırlara uyularak kuramsal en küçük sokak genişliğine ulaşılması
- ii)Ardadâ yapılan hamle gruplarının ortalama bedel işlevlerinin sabit kalması; diğer bir deyişle; verilen düğümler arası yığılma strarıyla elde edilebilecek en küçük sokak genişliğine ulaşılması, ve bu genişliğin kuramsal minimumdan büyük olması
- iii)Sıcaklığın belirli bir sınıra altma düşmesi; diğer bir deyişle, dizgenin eniyrye ulaşmadan donması

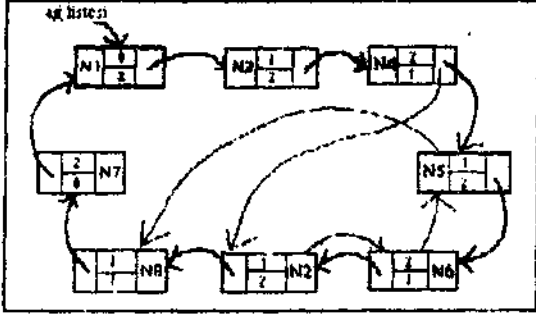
Anlaşılacağı üzere, (iii) olayı ısı işlem benzetimi ile en ryiemenin başarısızlığa uğraması anlamına gelir. Bu olay, başlangıç sıcaklığı ve ısı işlem programının, bu holumün başında anlatıldığı gibi seçilmesiyle önenebilir. Bu çalışma için denenen tek sıra sorunları için ısı işlem, verilen düğümler arası yığılmaya bagh olaiak. uk iki koşuldun biri üe sonlanmıştır

V. YÖNTEMİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

İsl işlem benzetimi ile tek sıra izleme Pascal'da gerçekleştirilmiştir. Programın girdisi; bir ağ listesi ve düğümler arası yığılmanın üst sınırıdır. Çıktısı ise üstteki ağların, bu sınırdan en küçük sokak genişliğini sağlayan bir sıralamadır.

Veri Yapıları

Verilen ağların aralık çizgilerinin bir sıralaması, ağların dairesel bağlı listesi ile gösterilmektedir. Şekil-2'de S eki-1(b)'deki aralık çizgesi gösterimine karşılık gelen bağ üstü görülmektedir. Her hamlede, iki ağın bağ listesindeki yerleri değiştirilerek ortaya çıkan düzenin en uygununu seçmeye karar verilmesi için, bedel işlevi hesaplanmaktadır. Şekil 1(b)'de N2 ve N5'e ait aralık çizgilerinin yer değiştirildiği varsayalım. Bu değişimden dolayı, yarıncıbağlı ağ ve aralarında bulunan N1, ağın kesişme sayıları değişebilecektir. Dolayısıyla, her hamlede, değiştirilen iki ağ ve aralarında yer alan ağların kesişme sayıları yeniden hesaplamak yeterlidir. Bağ üstü veri yapısının kullanılmasıyla, iki ağın yer değiştirilmesi, birkaç pointer alanının değiştirilmesine indirgenmekte, böylece diğer alanların transfer edilmesine gerek kalmamaktadır. Bu veri yapısının hesaplama zamanı açısından bir başka avantajı da, kesişme sayıları hesaplanması gereken ağların, bağ listesinde, değiştirilen iki ağ arasında birbirine sırayla bağlı olmaları, ve böylece bunları aramak için zaman yitirilmemesidir.



Şekil-2: Şekil-1(b)'deki aralık çizgesi gösterimine karşılık gelen bağ üstü. Üst ve alt kutucuklardaki sayılar, ağların üst ve alt kesilme sayıdır. İnce bağlar, N2 ve N5'in yer değiştirdiği bir hamlenin etkisini göstermektedir.

Sonuçlar

6. çalışmadaki yöntem, fteratürde M/Bekinden başka düğümler arası yığılmayı eniyileyen tek yöntemdir. U/teki yöntem, her düğüm arafagndaki olası su yolu permutasyonlarını saklamak için çok fazla bellek gerektirdiği gibi, zaman karmaşıklığı da sorunlara bağ olarak büyük değişiklikler göstermektedir. Oysa ısl işlem benzetimi ile tek sıra izleme sürecinde, yalnızca ağ sayısının bir katı kadar bellek kullanılmaktadır. Yöntem, ayrıca kavramsal olarak basit yinelemelere dayandığı için, istendiğinde bedel işlevine, yeni değişkenler de (örneğin su yollarının yaptığı büküm sayısı) kolaylıkla eklenebilir.

A/te övnerilen algoritma, Pascal'da gerçekleştirilerek bir VAX 11/780'de 12G5m: 'de nlij^ldığı düğümlü bir örnek için sonucu 16081in: 'de buhTiu^vir- belirtilmektedir, TTI çalışmadaki yöntem ise, yme /'3:.. ^'d.i geTçkeftiHlms. ancak 80288 mikroi-f-mah dr bilgisayarda çahftınınj ve Tablo 1in Ü:UP,<J JTi-asım^Vi 30 düğümHik örnek için sonucu 16081in: 'de buhTiu^vir- Ancak .M/teki algoritma kesişme sayısı Q olan bir w listesi için m'inci düğümde 0(0^TM) permiit^svon ot^v : çıkarmakta, dolayısıyla çok duğıtmli ağlar HTU eK-rvı,ri olmarnaktadr Oysa bu çalışmadaki yöntemde bn-vmelememıkarmasıkhğî n ağıçinn^'dir geceVh vtn'e,eme Sayışınm ise n ile doğru orantık olacak arttuju dene-ysel olarak gözlenmiştir. A'/nca. ısl işlem. r4/teki yöntem gibi sorun-bağmlı deoildir.

Tablo 1: 30 düğümden oluşan bir sıra içm. başlangıç sıcaklığının ve sokak genişliğinin bedel işle>/indelen katsayısının sonuç üzerindeki etkisi.

Bedel İşlevi	Başlangıç Sıcaklığı	Yineleme Sayısı	Sonuç
sokak genişliği	300	5450	eri iyi
100'(sokak genişliği)	300	30120	en iyi değil
10'(sokak genişliği)	300	824	en iyi
10'(sokak genişliği)	20	12120	en iyi değil

İsl işlem arasında, bedel işlevini arttıran bir ham3wın exp{ C/T} olasılıkla onandğmdan III. bölümde sözeBmişti. Tek sıra izleme soruna için.

C-Vtsokakgonijliği) (5) olarak tanımlanmakta. düğümler arası yığılma sınırı: aşt&ğğ hamleler için ise, k sabiti büyük bir tamsayı ile çarpılmaktadır. Dolayısıyla, başlangıç sıcaklığının fazla düşük, k sabitinin ise fazla yüksek seçilmesi, exp(C/T) ifadesini küçülteceğinden, ısl istenVin yerel en iyilerden kurtulma özelliğini ortadan kaldırır. Bti durumda sanuç, rastlamsal olan başlangıç düzenine bağıtmh olur. ve tek stea izleme sorununun büyük düzen uzayında bir en iyiyeye ulaşması zorlaşır. Örneğin Tablo 1'de, başlangıç sıcaklığının 20.k'nirme 100 öldüğü durumlarda, diğer iki duruma göre onlarca kat fazla yineleme yapıldığı halde, disge en iyiyeye ulaşmadan donmuştur.

KAYNAÇUUI

- 1/ II. So, "Some Theoretical Raults an the Houhuf, of Mullilayer Plined CirtuH Boards" proc. IV.F.F. International Symp. on Cificuts nnt Systemu, 1974, uylm 296-303
- 2/ E.S.Kuh.T.Kjahiw*b*rx,T-)'uMw». "On Optimum Sinf.le İtuvt Routinf,"Tnns. on Cirtuıs &nd Systems,İar.iran 1V'9, sayfa M>\ <>8
- 3/ İ(. Kaçhavnu , S.Sahui, "Tht ComptcJiity of Smf.lf R-w Uuuhuf," İHKK' İTans. an Cirtuıs &nd Syütems, M>ıys 1984, sjyia 46: 471
- 4/ İ).U.C.nil,O.lt.lh<-fra.!r,NavciU, *Snple Un* Koutm,' w.lh Crossover Ucurul", İF-K*. Trans. on Computer Aıdci İ'esi'n. man İVH', sayfa 190-201
- 5/ S.Kirkpatrick.C.D.OcUlJr^L.RVecchi, "Optimijİiinn t'v Snnniucti Annelin^", Science, 13 M>ıys 1981, No:<1598
- 6/ M.J.Vetchi^K.Jrltpatritk, "Global Wiring, by Simulated AninalıMj," İL:İ;İETram.on Computer Akted Uesign, İJum 198.İ. sayfa 211-222
- 7/ İ R-A.Rutenbar, "Simulated Annealinp, Alf,onthms: An O\ı-rvıw". IEEE Circuit> and Devices Magazine. Ocak 1989, sayfı 1<3 26
- 8/ T.Yosiimura, F.Kuh, "Efficient Algothms for C^hanu-t. Uouhnp," İrann.on Computer Aıdci Ue>ı>p, Ocuk 1982, sayfa 2S-35

SERİ ÜRETİM SİSTEMLERİNDE KORUYUCU BAKIM OPTİMİZASYONU*

Dr. Ferudun TOP**
TOP-EL Elektronik ve Bilgisayarlı
Sanayi Sistemleri, P.K.2
81700 Tuzla, İstanbul

Veyia SARIOĞUZ
Elektronik Mühendisi.
Araştırma ve Geliştirme Bölümü
NETAŞ. B1244 Ümraniye İstanbul

Yalçın YANIKOĞLU**
ETİ Bilgisayar, Danışmanlık ve Dış Ticaret Ltd.
34250 Fatih. İstanbul

ÖZET

Bu çalışma, seri üretim sistemindeki "minim" ayıtı, herbir makinenin bakım aralığına birim zamanda islediği parça sayısı, bakım periyodu, aynı anda bakımı yapılabilecek makina sayısı ve sistemin maksimum bakım üresi verildiğinde, sıfır ara stok koşullarında, yakın-minimum Üretim kaybına yolaçan bakım programını bulan algoritmayı vermektedir. Bunun yanında, algoritmanın çeşitli örnekler Üzerindeki analizi verilmekte ve gerçek bir endüstriyel sisteye uygulaması anlatılmaktadır.

I. GİRİŞ

Seri üretim sistemlerinde kullanılan makinelerin periyodik koruyucu bakımları. Üretim hızını etkileyen bir faktör olarak üretim yönetimini meşgul eden bir konudur III, 121. Bakımı yapılan her makina sadece kendi üretimini değil, tüm sistemin üretimini geçici olarak düşürür. Sistemin üretimini hiç etkilemeyen koruyucu bakım ise ancak herbir makineyi yedekleyerek mümkündür ki, bunun maliyeti çoğu zaman sözü geçen üretimin kaybının maliyetinden daha yüksektir. Bu durumda periyodik koruyucu bakım için bir miktar üretim kaybına razı olmak kaçınılmazdır.

Bu noktada üretimin kaybının minimize edilmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Bu ise, makinelerin gereksindikleri optimum koruyucu bakım periyodları, bakım ekibinin optimum büyüklüğü vb. gibi herbiri ayrı bir analiz konusu olabileceği oldukça fazla sayıda parametreye bağlıdır. Bu çalışma, seri üretim sistemindeki yeterli sayıda parametre verildiğinde, safır ara stok koşullarında, yakın-minimum (yakın-optimal) üretim kaybını sağlayan algoritmayı vermektedir. Yakın-minimumluk (yakın-optimallik) kavramı

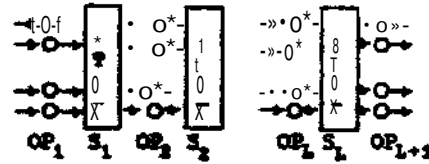
* Bu çalışmada kullanılan "Yakın-Optimal" kavramı, Dr. Ferudun TOP ve Yalçın YANIKOĞLU tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışma, Dr. Ferudun TOP ve Yalçın YANIKOĞLU tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışma, Dr. Ferudun TOP ve Yalçın YANIKOĞLU tarafından geliştirilmiştir.

problemin karmaşıklığı nedeniyle maksimize edilmesi gereken fonksiyonun (üretim hızı) yaklaşık olarak alınması anlamında kullanılmıştır.

Bölüm II'de seri üretim sistemleri ile ilgili bir model üzerinde problemin formülasyonu yapılmıştır. Bölüm III'de periyodik bakım optimizasyon probleminin pozumu ele alınarak ilgili algoritma verilmektedir. Bölüm IV'te çeşitli uygulamalar anlatılmaktadır. Bölüm V'de konunun devamı olacak çalışmalar Özetlenmiştir.

II. SERİ ÜRETİM SİSTEMLERİ VE PERİYODİK BAKIM PROBLEMİ

Seri üretim sistemleri genel olarak ardarda gelen iş istasyonlarını (makinalar, operatörler) ve ara-stokları içerir (Şekil 1). Her bir iş istasyonu aynı işlemi yapan makina(lar)dan oluşur ve farklı iş istasyonlarında farklı işlemler yapılır. Yarı işlenmiş ürünler ara-stokları oluşturur.



Sakıl 1: Seri Üretim Sistemi

Bu çalışmada ele alınan seri üretim sistemlerinin aşağıdaki koşulları sağladığı varsayılmaktadır:

- [1] Üretim sisteminde I tane iş istasyonu ($OP_i, i=1, \dots, I$) vardır.
- [2] OP_i iş istasyonunda $H \pm$ tane Özdeş makina vardır.
- [3] OP_j 'deki her bir makina birim zamanda 10^r parça işler.

- [4] Sistemdeki bütün makinalar için periyodik koruyucu bakım zorunludur.
- [5] Hiç bir sakına periyodik koruyucu bakıcı süresi dışında üretim dışı kalır.az.
- [6] Sistemde ara-stoklara izin verilmez.

Sistemde hiç koruyucu bakım yapılmadığı durumda sistemin maksimum Üretim hızı (λ_{max}) aşağıdaki gibidir:

$$\lambda_{max} = \min_{i \in \{1; I\}} [M_i \cdot \omega_i]$$

Oysa, Koşul [4]'ten dolayı bu Üretim hızına ulaşmak mümkün değildir ve buna ne kadar yaklaşılacağı periyodik koruyucu bakım yöntemleri ile yakından ilişkilidir. Bu çalışmada periyodik koruyucu bakımın aşağıdaki koşullar altında yapıldığı varsayılmaktadır:

- [a] Sistemdeki tüm makinalar T birim zaman sıklığında koruyucu bakıma alınır.
- [b] Sistemde aynı anda en fazla M tane makina bakıma alınabilir.
- [c] Sistemdeki tüm makinaların toplam bakım süresi V birim zamanı geçemez,
- [d] OPj'deki her bir makinanın periyodik bakım süresi T I birim zamandır.

Koşul [b] nedeniyle makinaların periyodik bakıma gruplar halinde alınacağı açıktır. Buna göre, seri Üretim sisteminin periyodik koruyucu bakım programı ($g(n)$) aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$g(n) = [g_1(n) \dots g_i(n) \dots g_i \ll \dots], n = 1, \dots, G$$

Bu ifadede G aynı anda periyodik bakıma alınan makinaların oluşturduğu grup sayısını, $g_i(n)$ de n'nci gruptaki OPi'ye ait makinaların sayısını göstermektedir.

Yukarıda belirtilen tüm koşullardan aşağıdaki sonuçlar elde edilebilir:

$$T_{max}(n) = \max_{i \in \{1; I\}} [T_i | g_i(n) \neq 0]$$

$$\sum_{i=1}^G T_{max}(n) \leq V, \quad \sum_{i=1}^I g_i(n) \cdot T_i \leq M \cdot T_{max}(n),$$

$$\sum_{n=1}^G g(n) = \sum_{i=1}^I M_i, \quad \sum_{n=1}^G g_i(n) = M_i$$

Yakın-Optimal Periyodik Bakım Problemi

[1]-[7] ve [a]-[d] şartları altında seri Üretim sisteminin üretis hızı aşağıdaki gibi yazılabilir

$$\lambda = \frac{\sum_{n=1}^G \dots}{T}$$

$$\lambda = \frac{\min_{i \in \{1; I\}} [(M_i - g_i(n)) \cdot \omega_i \cdot T_{max}(n)]}{T}$$

X.'yı aşağıdaki koşullar altında maksimum yapan ($g(n)$, $n=1, \dots, G$) nin belirlenmesi bu çalışmanın ana konusudur:

$$\sum_{i=1}^I g_i(n) \leq M_i, \quad \sum_{i=1}^I g_i(n) \cdot T_i = M \cdot T_{max}(n)$$

$$\sum_{n=1}^G T_{max}(n) \leq V$$

III. PERİYODİK BAKIM PROBLEMİNİN ÇÖZÜM ALGORİTMASI

Bölm II 'de tanımlanan periyodik koruyucu bakım probleminin analitik olarak tam çözümü oldukça karmaşıktır. Aşağıdaki algoritma probleme yalnızca pratik anlamda çözüm önermektedir:

(1) Sistemdeki tüm makinaları periyodik bakım sürelerine göre büyükten küçüğe doğru $T_{C1} > T_{C2} > \dots > T_{CN}$ sırasına göre ayırarak $j=0$ yapınız.

(2) $j-j+1$ yapınız

(3) C_j sınıfındaki makinalardan başlamak üzere minimum üretim hızı kaybı ile maksimum sayıda makinayı (eğer varsa) bir grup altında toplayınız ($g(j)$).

(4) C_2, C_3, \dots için aynı işlemi, daha fazla kayba neden olmadan ve problemin şartlarını sağlamak üzere $g(j)$ 'ye yeni makinalar katarak bu makinaları işaretleyiniz.

(5) Sistemdeki tüm makinalar işaretleninceye dek Adım (2)'ye geri dönünüz.

(6) Üretim hızında ilk kayba neden olunan grubu işaretleyiniz (Örneğin $g(j)$).

(7) Elde edilen tüm makina gruplarını.

içerindeki Kakmaların en uzun periyodik bakımlısına göre sınıflayınız. Minimum periyodik bakımlı makina grup sınıfından başlayarak bu grubu sırasıyla daha uzun periyodik bakımlı makma grupları ile. problem koşullarını göz önünde tutarak birleştirebilirsiniz.

(8) Toplam periyodik bakım süresi için Koşul [c] yi kontrol ediniz Eğer sağlanıyorsa g(j)ler optimal periyodik bakım programıdır; aksi halde, j=J-2 yapıp Adım (2) ye gidiniz ve g(J-1) grubunda daha fazla kayba razı olup problem şartlarını da sağlayarak yeni bir grup oluşturunuz.

Anlaşılacağı Üzere. Algoritma:

- (1) yakınsaktır,
- (2) bilgisayar, elektronik hesap makinası vb. gerektirmez,
- (3) karşılaştırma amacıyla bilgisayar-larda kolaylıkla programlanabilir, (Bu tur bir program bir ABD Otomobil üretici firması için hazırlanmış ve uygulanmıştır.)
- (4) grafik anlatım kolaylığına sahiptir.

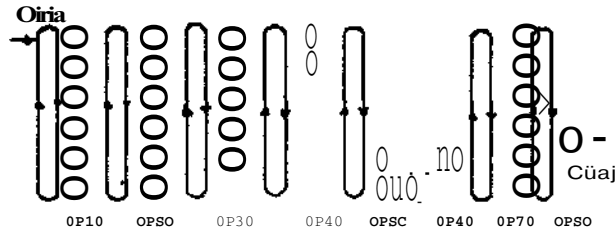
Bu özellikler algoritmanın uygulandığı çeşitli sistemler Üzerinde deneysel olarak gözlemlenmiş ve çözümlerin doğruluğu saptanmıştır.

IV. PERİYODİK BAKIM ALGORİTMASININ UYGULAMALARI

Bölüm III'de verilen periyodik bakım algoritmasının bir otomobil motoru üretim sisteminin, piston takımı üretim kısmına uygulaması Örnek l'de açıklanmıştır.

örnek 1

Şekil 2'de gösterilen piston takımı Üretim sistemine ait şemada yuvarlaklar makinaları; çevrimli halkalar ara Urum iletim bantlarını göstermektedir. Makinalara ve sistemin tümüne ait parametreler, M^ makina, to^ parça/saat ve T^ saat cinsinden. Tablo l'de verilmiştir.



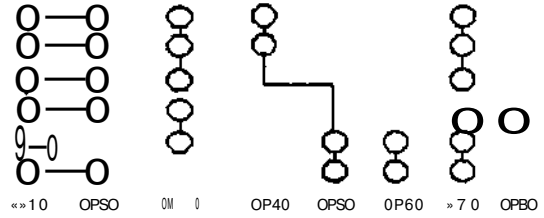
Şekil 2: Örnek l'deki seri üretim sistemi

Tablo 1 Örnek l'e ait sistem Parametreleri

İş İst.	"i	"i	T _i
OP10	6	180	24
OP20	6	180	8
OP30	5	180	8
OP40	2	240	4
OP50	2	180	2
OP60	2	180	2
OP70	6	180	8
OP80	1	900	1

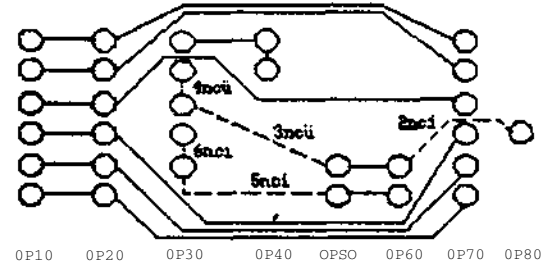
Sistem periyodik bakım parametreleri T=320 saat, M=4 makina, V=168 saat'tir.

Periyodik bakım algoritması uygulanmadan önce kullanılan periyodik bakım programı Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3: örnek l'deki sistem için yapılagelen periyodik bakım programı

Şekil 4'te Algoritma'nın uygulanışındaki sayfalar ve Şekil 5'te sonuç olarak bulunan optimum periyodik bakım programı verilmektedir. Daha önce sistemin üretim hızı >= 851.94 parça/saat iken, bu bakım programının uygulanmasından sonra X=867.76 parça/saat olmuştur.



Şekil 4: Yakın-optimal periyodik bakım algoritmasının örnek l'deki sisteme uygulanışı

ÖRNEK 2

Şekil 6 (a)"da Algoritma'nın uygulandığı bir başka sistem. Şekil 6 (b.c)'de algoritmanın bu sisteme uygulanışı ve Şekil 6 (d)'de de yakın-optimal periyodik bakım programı verilmektedir. Makinalara ve sistemin tümüne ait parametreler, M_a makina, u_a parça/saat

ÜRETİM BANTLARININ DİNAMİK MODELLENMESİ, ANALİZİ VE TASARIMI*

Dr. Ferudun TOP**
TOP-EL Elektronik ve Bilgisayarlı Sanayi Sistemleri,
P.K.2, Tuzla, İstanbul 81700

02 ET

Bu çalışmada üretim bant sistemlerinin modellenmesi, analiz ve tasarımı konu edinilmiştir. Bu tür Üretim sistemlerinin stokastik dinamik fark denklemleri ile modellenebileceği gösterilmektedir. Ortalama Yavaş Değişen Markov Hareketleri Kuramı kullanılarak. Üretim bant sistemlerinin deterministik hal* getirilerek geçici ve durgun durumlara incelenmektedir. Sistem Kuramının uygulanması, denge konumundaki Üretim hızına ve Üretim katma değer artışlarının analitik formüllerini vermektedir. Kuramsal bulgulara ek olarak bunları pekiştiren bilgisayar simülasyon sonuçları da verilmektedir.

* Bu araştırma Eİİ Bilgisayar, Danışmanlık ve Dış Ticaret Ltd. tarafından ezel bir anlaşma ile kısmen desteklenmiştir.
** Yazar Eİİ Bilgisayar, Danışmanlık ve Dış Ticaret Ltd. ile çalışmaktadır.

I. GİRİŞ

Üretim sistemleri genel olarak ardarda dizilmiş iş istasyonlarına (makinalar, operatörler) ve bunların aralarındaki yarı işlenmiş ürün stoklarından oluşur (Şekil I.1). Makinalar, işleme hızlarındaki ve/ya bozulma olasılıklarındaki farklılıklar ve ara stok yokluğu yada ara stogun tamamen dolması (sırasıyla boşta kalma ve tıkanma) nedeniyle birbirlerinin zorlanmış duruşlarına neden olurlar. Bu tür sistemlerde Üretim hızını (ara stok miktarını) yalnızca makinaların arızaları değil fakat bu etkileşimler de azaltmaktadır (yükseltmektedir) III-m. Dolayısıyla, bu sistemlerin dinamik davranışının incelenmesine gerek duyulmaktadır. Bu alanda yapılan araştırmalar ve kaynaklar /4/'den elde edilebilir.

* Bu araştırma Eİİ Bilgisayar, Danışmanlık v. Dış Ticaret Ltd tarafından özsl bir anlaşma ile* kimi dsstsklnmittir
•• Yazar İTİ Bilgisayar, Danışmanlık •• Dış Ticaret Ltd. ile* çalışmaktadır.



Şekil 1.1: Genel Bir Seri üretim Sistemi

Üretim bant sistemleri üretim sistemlerinin bir alt kümesini oluşturur. Bu sistemlerde iş istasyonları tek bir bant (konveyör) boyunca sıralanmıştır. İşlenecek parçalar ise aralarında boşluk olmaksızın ardarda bant üzerinde dizilmiş olarak yerleşmişlerdir. Bantın hareketi sayesinde parçalar iş istasyonları önünden geçerek bantın sonundan işlenmiş olarak çıkarlar. Şekil 1.2 de böyle bir sistem gösterilmiştir. Her bir iş belgesi eşit sayıda parçanın bulunduğu bir bant bölgesini kaplamaktadır. Operatörler, bölgelerine giren parçaları işleyerek onu kendilerinden sonra işleyecek olana hazırlamaktadır. Buna göre, bir operatör, bölgesinden ayrılacak bir parçanın işlenmesini tamamlamaz durumda ise, bantı durdurarak işleme devam etmekte, işi bitince de bantı tekrar çalıştırmaktadır. Bantın durması halinde bazı operatörler bölgelerindeki işlenmiş oldukları parça sayısını (işlemleri başarılı ise) arttırabilecekler ve gelecekte başarısız işlem yapmaları halinde bantı durduramayabilecekleri bir stok elde edeceklerdir.



• İlti» Parça
Dijlonecer largo

Şekil 1.2: Bir Üretim Bant Sistemi.
Çalışma aşağıdaki şekilde sunulmuştur: Bölüm II de üretim bant sistemlerinin modellenmesinden ortaya çıkan sistem davranış denklemlerinin bir analiz yöntemi verilmiştir. üretim bant sistemlerinin bir modeli, sistemin durum değişkeninin seçimi ve stokastik dinamik davranış denklemleri ile bu denklemlerin analizi Bölüm III de ele alınmaktadır. Bölüm IV üretim bant sistemlerinin tasarımı konusuna ayrılmıştır. Çalışmanın sonuçları Bölüm V'de formüle edilmektedir

Yardımcı teoremler ve teoremlerin tanıtımları burada yer darlığı nedeniyle verilmemiştir, ancak yazarlardan istenebilir.

II. ÜRETİM BANT SİSTEMLERİNİN ANALİZ YÖNTEMİ

Üretim sistemlerinin matematik modelleme sonucu genel olarak stokastik **nonlinear** dinamik denklemler elde edilir. Bu denklemler, Ortalaması Yavaş Değişen Markov Hareketleri Kuramı (Slow in-the-Average Markov Walks) kullanılarak analiz edileceklerdir.

Yavaş Değişen Markov Hareketleri Kuramı (Slow Markov Walks) ISI de ortaya atılmış ve 19/ da haberleşme sistemlerinin matematik modellerinde ortaya çıkan Ortalaması Yavaş Değişen Markov Hareketleri'ni kapsamak üzere genişletilmiştir.

$x(n)$, $n=0,1,\dots$, dizisinin

$$x(n+1) = x(n) + \Delta D[x(n), I(n)]. \quad (II.1)$$

dinamik denkleminde türetildiğini varsayalım. Bu denklemde $x \in \mathbb{R}^N$, $\mathbb{S} \in \mathbb{R}^N$, $\Delta: \mathbb{R}^N \times \mathbb{S}^N \rightarrow \mathbb{R}^N$ ve $\mathbb{S}(n)$, $n=0,1,\dots$, koşullu bağımsız, belirli bir olasılık dağılım fonksiyonu olan gelişigüzel bir değişkendir, öte yandan $0 < c \leq 1$ ve $i^*=1,\dots,N$ için $I^*(x)$, $KI(x)$ in 1 mertebesinde değerler alan fonksiyonlar olduğu ve

$$\|I^*(x)\| \leq R, \quad \|KI(x)\| \leq R_1, \quad (II.2)$$

$x \in \mathbb{R}^N$, $\mathbb{S} \in \mathbb{R}^N$; R ve R_1 , E dan bağımsız olmak üzere

$$E\{\Delta[x(n), I(n)] | x(n)\} = \epsilon \cdot x(n), \quad (II.3)$$

olduğu varsayalım. Ayrıca $K(x)$, $\Delta(x)$ Lipschitz fonksiyonlar olsun. (II.3) denkleminde anlaşılacağı üzere ϵ yeterince küçük olasılıklarla gelişigüzel büyüklükte değerler alabilir. Bu şekilde üretilen $x(n)$ değişkenlerine Ortalaması Yavaş Değişen Markov değişkeni adı verilir.

(II.1) denklemini ile beraber

$$y(n+1) = y(n) + \Delta(y(n)). \quad (II.4)$$

$$y \in \mathbb{R}^N, \quad y_0 = y(n_0) = x(n_0) = x_0$$

asimtotik yaklaşımı düşünülün. Buna göre

Teorem II.1 /8/: (II.2)-(II.3) varsayımları altında, herhangi bir $\epsilon > 0$ ve $T > 0$ için $E\{\|x(n) - y(n)\| | x_0\} < \epsilon$ için $0 < n < T/\epsilon$ için

$$P(\|x(n) - y(n)\| < \epsilon) > 1 - \delta$$

$x(n, XQ, n_0)$, $n \in \mathbb{R}^+$, $r, j \in T$; (II.1) t.r.r. dir. Üretilen ortalaması yavaş değişen Markov hareketi ve $y(n, x_0, r, Q)$, $r \in [n_0, n_0 + T/\epsilon]$ için $x(n, XQ, n_0)$ nin (II.4) ile tanımlanır ve orun 0 içindeki ϵ -civarında yer alan asimtotik yaklaşımdır.

Teorem II.2 /8/: (II.1) m davranışının kesin varye (k.v.) (almost surely (a.s.)) sınırlı olduğu ve (II.4) sisteminin denge konumunun global asimtotik kararlı olduğu varsayalım. (II.2)-(II.3) varsayımları altında, herhangi bir $\epsilon > 0$ için bir $CQ > 0$ vardır ve her $0 < \epsilon < \epsilon_{IEQ}$ için

$$P(\|x(n, x_0, n_0) - y(n, x_0, n_0)\| < \epsilon) > 1 - \delta$$

$$n \in [n_0, \infty)$$

Varsayılan yeterli koşullar altında **Teorem II.2**, üretim sistemlerinin matematiksel dinamik denklemlerinin sadeleştirilmesinin temelini oluşturur. Ancak, **Teorem II.1** in daha zayıf koşullarının sağlanması halinde ise yaklaşım uzun ancak sonlu zaman aralığında geçerli olacak ve sistemin durgun durum analizi için **Teorem II.1** tarafından sağlanan yerel yaklaşımın genişletilmesi gerekecektir. Bu da ilk Geçiş Zamanı Kuramı /10/ ile yapılmaktadır. Bu aşamada sistemin kararlı çekici bölgelerinde kalış sürelerinin hesaplanması gerekmektedir /91-112/.

III. ÜRETİM BANT SİSTEMLERİNİN HATEHATIRSEİ MODELLENMESİ VE ANALİZİ

Bölüm I' de kısa hatları ile çalışması açıklanan üretim bant sistemlerinin kesin yapısal ve dinamik davranış özellikleri aşağıda incelenmiştir.

Üretim Bantlarının Matematiksel Modellemesi

Üretim bantlarının aşağıdaki koşulları sağladığı varsayılmaktadır'

- [1] Sistem zaman her biri bir birim olacak şekilde dilimlenmiştir.
- [2] Bant hatasız ve arızasız olarak birim zamanda bir parça boyu ilerlemektedir
- [3] Bant $M \gg 1$ sayıda farklı çalışma bölgelerine bölünmüştür.
- [4] Her çalışma bölgesinde N tane parça bulunmaktadır; parçalar arasında boşluk yoktur.
- [5] Her bir çalışma bölgesindeki işlem tek bir operatör tarafından yapılmaktadır.

$$y_1 = (f^{-1})y_0$$

$$y_j = f^{j-1} (f^{-1})y_0, \quad j=1, \dots, N-1,$$

$$Y_N = \frac{(1-p)(1-\gamma)}{\gamma} Y_{N-1} = p f^{N-1} (f-1) Y_0$$

olup $\sum_{j=0}^N y_j = 1$ gerçeği kullanılarak

$$\left(1 + (f-1) \sum_{j=0}^{N-1} \frac{f^j}{f^j} \right) Y_0 = 1$$

ve

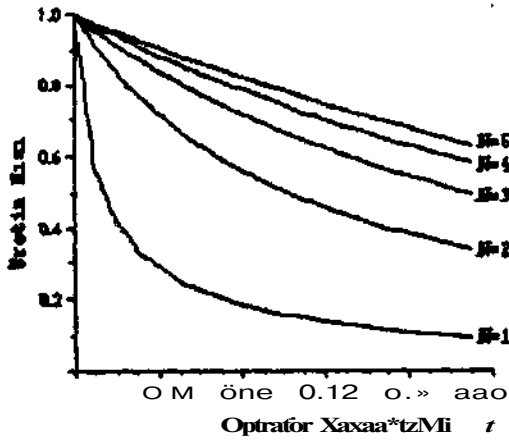
$$Y_0 = \frac{1}{f^{N-1} [1 + p(f-1)]}$$

$$y_j = \frac{(f-1)}{f^{N-j} [1 + p(f-1)]}, \quad j=1, \dots, N-1, \quad (III. 6)$$

$$Y_N = \frac{p(f-1)}{[1 + p(f-1)]}$$

elde edilir.

Bu sonuçlardan yararlanılarak. Şekil III.1 ve III.2 de sistemin durgun durum Üretim hızının p ve N parametrelerine bağlılığı grafik olarak gösterilmiştir.



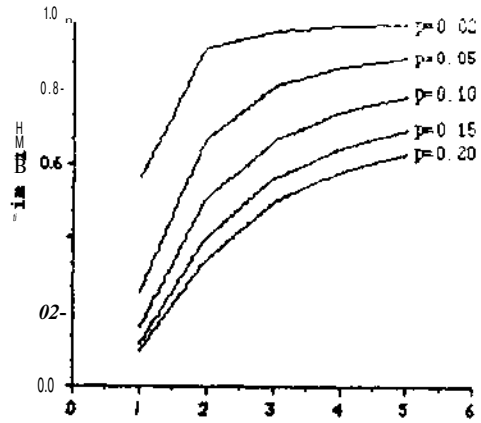
Şekil III.1: Üretim hızının p ve H nin fonksiyonu olarak davranışı I.

Teorin III.1: [1]-[7] şartları altında, (III.5) denklemleri ile verilen üretim bant sisteminin tek bir durgun durumu vardır.

Bu durgun durum bir bilgisayar yardımı ile p ve/ya N parametrelerinin bir fonksiyonu olarak bulunduğu Şekil III.2 elde edilebilir. Bu Şekil sistem içerisindeki yarı işlenmiş ürün yoğunluğu hakkında

Üretim Bant Sisteminin Dinamik Davranışı

Üretim sistemlerinin genel davranışları analitik olarak /14/-/16/ da ele alınarak kararlılık problemlerine değinilmiştir. (III.5) sistemi için aşağıdaki sonuç verilmektedir:

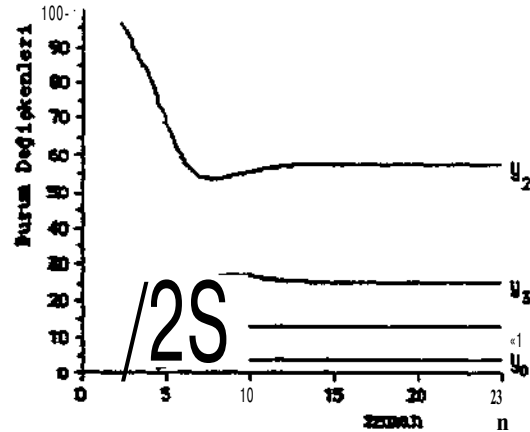


Bilge Genişliği H

Şekil III.2: üretim hızının p ve N nin fonksiyonu olarak davranışı II.

gerekli bilgileri vermektedir, özellikle γ operatör duruşlara nedeniyle atıl kalan iş gücü oranını verdiğiinden, sistemin finansal performansının ölçülmesine izin verir.

Teorem III.2: [1]— [17] şartları altında, (III.5) denklemlerinin durgun durumu global asimtotik kararlıdır.

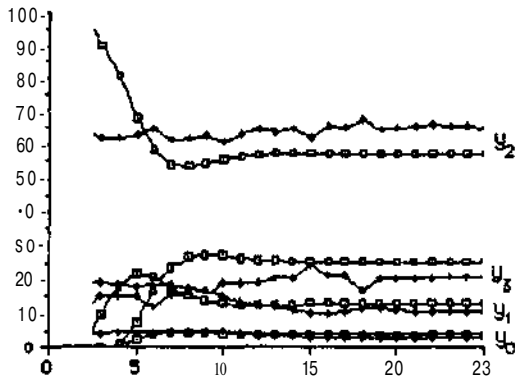


Şekil III.3: (III.5) denklemlerine uyan bir üretim bant sisteminin ($p < 0.1, N=3, M=100$) zamana bağlı bir davranışı.

Teorem III.2 ve Teorem II.2 beraberce düşünüldüğünde, gerçek sistemin (III.4) davranışı ile deterministik (III.5) sistemin davranışı arasında bir yakınlık olması gerektiği ortaya çıkar. Şekil III.4 bu iki sistemin davranışlarındaki yakınlığı ortaya koymaktadır.

IV. ÜRETİM BANT SİSTEHLİRİNİN TASARIMI

Şekil III.1 ve Şekil III.2 den p nin değerinde meydana getirilecek derişmelere göre üretim hızında en fazla artışı sağlayacak N değerlerinin varlığı ortaya çıkmaktadır. Buna göre. Üretim sisteminin yapısına bağlı olarak (N ve p parametreleri)



Şekil III.4 (III.4) ve (III.5) sistemlerinin davranışlarının karşılaştırılması. bu parametrelerin yeniden belirlenmesinde üretim hızında saklanabilecek en fazla artışın hangi parametre bölgelerinde olacağı önceden kestirilebilir.

Yapılacak bu kestirimin önemi aşağıda açıklanmıştır: Bir üretim bant sisteminin verimliliğinin artırılması problemi düşünülsün. Buna göre uyarlama yapılması gereken p ve N parametrelerinden hangisinin bunda en etken olduğu yukarıda verilen analiz; sonuçlarına sıkı sıkıya bağlıdır, p 'de yapılacak uyarlama, pratikte, sistende çalışan operatörlerin eğitimine yapılacak yatırımla eş anlamlıdır. N 'de yapılacak ayarlama ise sisteme yapılacak stok yatırımıyla aynı anlama gelir. Dolayısıyla, Solün III'de verilen analiz, $3i$ «t(ain verimliliği artırma eyleminde operatörlerin eğitime mi yoksa stoga mı yatırım yapılması gerektiği ikilemini çözmekte kullanılacak bir araç olmaktadır. Bu konu ile ilgili matematiksel araştırma devam etmekte olup sonuçlarına ayrı bir yayında değinilecektir.

V. SONUÇLAR

Bu çalışma ile üretim bant sistemleri sergilenerek bu tür sistemlerin dinamik analizinde kullanılabilir bir yöntemden bahsedilmiştir. Kararlılık problemlerinin de ele alındığı analiz sonuçlarının, üretim bant sistemlerinin tasarımında, önemli bir rol oynadığı gösterilmektedir. Bu çalışmanın devamı olarak ele alınacak çalışmaların endüstriyel yatırımlarda en verimli yolların matematiksel olarak elde edilmesine katkı potansiyeli sistem kuramı çerçevesinde belirtilmiştir.

TEŞEKKÜR

Analiz çalışmalarının sonuçlarının kontrolünde yardımlarından dolayı Çukurova Üniversitesi öğretim üyelerinden sayın Yard. Doç. Dr. Z. G. Altun ve çalışmayı destekleyen ETİ Bilgisayar Danışmanlık ve Dış Ticaret Ltd.'e teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

III J.A. Buzacott, "Automatic Transfer Lines with Buffer Stocks," *International Journal of Production Research*, Vol 5, No 3, pp 183-200, 1967.

12/ R. Conway, W. Maxwell, J.O. McCiain and L.J. Thomas, "The Role of Work-In-Process Inventory in Serial Production Lines," *Operations Research*, Vol 36, pp 229-241, 1988

13/ S.M. Meerkov and F. Top, "Asyryptotically Reliable Serial Production Lines Analysis, Synthesis and a Case Study," *Proceedings of IFAC International Workshop*, Tallin, USSR, 1990.

14/ F. Top, "Endüstriyel Sistemlerin Analiz ve Tasarımı: Dinamik ve Statik Yaklaşımlar," *Uluslararası GAP ve Sanayi Sempozyumu*, Şanlıurfa, 16-18 Ekim 1990

15/ J.T. Lim, S.M. Meerkov and F. Top, "Dynamics in Production-Inventory-Assembly Manufacturing Systems," *Proceedings of IEEE on Decision and Control*, December 1986

16/ S.B. Gershgorin and I.C. Schik, "Analytical Methods for Calculating Performance Measures of Production Lines with Buffer Storages," *Proc. IEEE on Decision and Control*, Dp 51B-624, IS 78

17/ E.A. Elayed and T.O. Zouchei, *Analysis and Control of Manufacturing Systems*, Prentice-Hall, 1985.

18/ S.M. Meerkov, "Simplified Description of a Markov Process - Part I," *Automatic Control*, Vol 33, pp 404-414, 1972

19/ J.T. Lin and S.H. Meerkov, "Distributed Coincidence Collisions in Collision Channels," *Codep. Incl. Math. with Appl.*, Vol 2, No 6, pp 751-002, 1986.

20/ B.J. Matkovsky, T. Schuss, C. Knessl, C. Tier and M. Margel, "Asymptotic Solution of the Kramers-Moyal Equation and First-Passage Times for Markov Jump Processes," *Physica Review A*, Vol 29, No 6, pp 3359-3369, 1984

21/ M.E. Flaidir and A.D. Wentzell, *Randöm-perturbation: c f Oyasaıııcıı ?ı? t e m s*. Springer-Verlag, NY, 1984.

22/ L. Pontriagn, A. Andronov and A. Vitt, "On Statistical Analysis of Dynamical Systems," *7 fcp & Theor. Physics*, Vol 3, No 3, pp 165-130, 1933.

23/ M.D. Kiibridge and L. Wester, "A Review of Analytical Systems of Line Balancing," *Oper. Res.*, Vol 10, No 5, pp 620-638, 1965

24/ D.R. Towill, "Dynamic Analysis of an Inventory and order based production Control System," *Int. J. Prod. Res.*, Vol 20, NO 6, pp 671-687, 1982

25/ H.A. Simon, "On the Application of Servomechanism Theory in the Study of Production Control," *Econometrica*, Vol 20, pp 247-268, April 1952.

26/ F. Top, *Analysis and Synthesis of Asyryptotically Reliable Serial Production Lines*, Unpublished PhD Thesis, Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of Michigan, Ann Arbor, May 1990

AYRIK OLAY DİZGELERİ Genel Bir Bakış

Lütfi VAROĞLU
MSB Savunma Sanayii Müste.şarlığı

Esfandiâr HAGHVERDİ
ODTÜ Elektrik-Elektronik Müh. Hol.

ÖZET

Bu makalede günümüzün teknolojilerinin zorlamasıyla bilgisayar bilimleri, kontrol mühendisliği, iletişim sistemlerinin ortak kesitinde gelişen Ayrık Olay Dizgeleri (AOD - Discrete Evcin Systems) konusu ele alınmıştır. İnsan-yapımı dizgelerin özelliklerini taşıyan AOD'nin modellenmeleri konusu üzerinde durulmuş ve zamansız modeller (FRP, FŞM, Petri ağları) bir protokol örneği üzerinde gösterilmiştir. Üretim dizgeleri, bilgisayar ağları ve bunlarla ilintili endüstri kollarında uygulama olanağı bulan bu yeni araştırma konusunun yönelimlerine değinilmiştir.

1. GİRİŞ :

Denetim kuramı yıllardır 'hareket' ve 'korunum' yasalarında ki gibi temel fiziksel kuralları sağlayan ve zaman içinde sürekliliği olan dizgeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Türev ve/ya da fark denklemlerinden oluşan matematiksel çerçeve bu tür kuralların modellenmesinde oldukça başarılı olmuştur. Ancak bilgisayar, bilgisayar tümleşimli üretim dizgeleri, CM (Command, Control, Communication, Intelligence) dizgeleri, haberleşme ağları, lojistik/hizmetlerin örgütlenerek gerçekleştirilmesi, malların taşınım saklanması gibi günümüzün modern teknolojileri zaman içinde doğal olarak devinimli, fakat tikel fark/türev denklemleriyle modellenemeyen dizgeleri doğurdu. Bu dizgelerde durum (sıate) değişimleri belirli olayların gerçekleşmesine göre zaman içinde ayrık(discrete) noktalarda olmakta ve böylece olay sürümlü (event-driven) devinimli dizgeler oluşmaktadır. Durum değişimine neden olan olaylara örnek verecek olursak; bir kuyruktaki müşterilerden birine iş görme sırası gelmesi, veya ayrılması ; bir üretim dizgesinde makinenin bir işi bitirmesi, bozulması; bir haberleşme dizgesinde bir paketin yollanması veya alınması; karmaşık bir denetim dizgesinde düzenleme noktalarından sapmaya neden olan bir değişimin olması gibi.

Tüm bu tanımlanan yapılar yazında Ayrık Olay Dizgeleri (Discrete Event Systems- DES) olarak adlandırılıyor.

70'ler ve 80'lerin ilk yarısında, AOD kavramı ortaya çıkmadan önce, sözü geçen yapılarda oluşan olay-sürümlü sorunlar İşlemler Araştırması (OR) ve bilgisayar bilimindeki teknikler (ayrık olay benzetimi gibi) kullanılarak çözülmüyordu.

Ancak disiplinlerarası bir doğası olan AOD, olayların doğru bir düzenle akışını sağlamak için gerekli olan denetim ve eşgüdümleme kavramlarını ancak 80'lerin ortasında bu yana geliştirilen yöntemlerle edinebilmiş ve böylece bu konu denetim mühendislerinin gündeminde önemli bir başlık haline gelmiştir.

Yazının kalan kısmında AOD yapılarının modellenmesi konusunda yapılan çalışmalar ve bu yöntemlerden şu günlerde en çok üzerinde durulanların bir örnek üzerinde açıklanması yer alacaktır.

2. AOD MODELLERİ :

AOD'ler, "İşlem Kurallarıyla" yönetilen insan- yapımı dinamik dizgelerdir. Sürekli değişken dizgeleri (SDD)'den farklı olarak AOD'lerde ergonomi ve maddenin doğal sınırları dışında dizge konfigürasyonunu sınırlayıcı hiçbir değişmez fi/ikse! yasa yoktur. Böyle olunca karmaşıklığın üssel artışı kolaylıkla oluşuyor /6/. Ayrıca AOD evrensel fiziksel yasalarla yönetilmediğinden SDD'de kullanılan türevsel ve fark denklemleri kadar özlü (concise) ve hesaplama açısından uygun modeller bulmak oldukça zor. Buna rağmen bu dizgelerin (AOD) insan-yapımlı olmasından dolayı modüller ve hiyerşik yapıya sahiptirler. Bu yararlı özellikleri değerlendirebilmek için tasarlanacak olan modelin bu yapısal özellikleri yakalayıp yansıtmayı arzu edilmektedir/14/. Matematiksel olarak bu AOD'leri birleştirebilecek işlevlerin tanımlanabileceği cebirsel yapıyı oluşturmak demektir.

AOD olay sürümlü dizgelerdir. AOD'lerin durum eğrisi (sıate trajectory) zaman yerine olay dizilerine ; (aj.o-j.öT... (göre çizilir ve parçalı sabittir. Dolayısıyla durum vektörü /aman içerisinde değil, olay dizisi üzerinde devinmektedir. Parçalı sabit bölümlerin serisi durum serisini gösterir ve her bir parçanın süresi durum tutulma zamanını (holding time) belirler. Durum ve durum tutulma zamanı sayıları serisi lemel olarak eğrinin özelliklerini gösterir. Diğer taraftan bir SDD eğrisi sürekli bir giriş tarafından sürülen ve durum değerleri zaman içinde sürekli biçimde değişen yapıdadır. Durum kavramı her iki dizgede farklı anlam taşır. AOD'de durum 'fiziksel'dir. Örneğin, bir haberleşme ağındaki her bir noktada yollanmayı bekleyen mesaj sayısı. Diğerinde ise verilen bir zamanda dizgenin gelecekteki açılımını belirlemek için gerekli olan dış girişler hariç, tüm bilgiler cinsinden 'matematiksel' durum söz konusu. Durumun matematiksel tanımlanması fiziksel tanımları içerir ancak tersi doğru değildir /6/.

Her olayın oluşum zamanını belirtmek de mümkün; I (0,1),(07,1T),...]. Burada tjer deterministik ya da rasgele değişkenler olabilirler. Bir AOD'nin davranışını onun ilgilendiği olaylar dizisi (iz) ile açıklamak mümkün. Örneğin: s=OJO->O^ ve bunun gibi sonlu izler sonsuz/ elenianlı dili oluşturur (L). L'nin her elemanı bir izdir ve her iz sonlu sayıda olaydan oluşmaktadır. Bu olaylar dizge ilintili olaylar dizge alfabesinden (A) seçilmektedir (bkz. alttaki örneğe). Aslında bir AOD, bir dil üreticidir. Modellemenin amacı bu davranışı (üretilen dili) sonlu sayıda simge kullanarak formol biçimde açıklamaktır. Başka bir deyişle, farklı modeller aynı dili üretebilen iç yapılar tasarlamaya çalışırlar. Bu da ancak işlem kurallarını özel iç yapı cinsinden ifade etmekle mümkündür/14/.

2.1 Modellerin sınıflandırılması

Önceki bölümde verilen tanışmadan anlaşılacağı gibi modelleri "zamanlı" ve "zamansız" olarak iki sınıfa ayırmak mümkün. Zamansız modellerde tutulma zamanı, başka bir değişle olav oluşum zamanları (tj'ler) göz ardı edilir. Zamanlı modellerde ise bu değişkenler (tj) ciddi öneme sahiptir. Bu değişkenlerin rasgele ya da deterministik olmasına bağlı olarak zamanlı modelleri sırasıyla stokastik ve deterministi); alt sınıflara böl- 'lvk mümkün. (b!<z. Tablo i)

1.1.1 Zamansız Modeller

Zamansız, mantıksal yada nitel modeller incelenen AOD'nin mantıksal özellikleriyle ilgilenmekte (mantıksal doğruluk ve çıkmaz (dead-lock) gibi). Dolayısıyla bu gibi modellerin ana amacı AOD'lerin nitel özelliklerini açıklamak ve kanıtlamak için formel matematiksel malzemeyi hazırlamaktır /14/ Bu yaklaşımda kullanılan temel teknikler fonnel dil ve otomata kuramlarıdır.

2.1.2 Zamanlı Modeller

Bu modeller temelde performans değerlendirme ve optimi- /asyonu gibi alanlara yönelik tasarlanmışlardır. Burada aktivite-lerin (olayların) zamanlanması oldukça önemlidir. Performans değerlendirme belli bir üretilen dizgesi verildiğinde iş çıkarma oranı (through put rate) ve ürün döngü zamanı (product eyele time) gibi değişkenleri belirlemektir. Üretim dizge-lerinin birbirine bağımlı olması, yüksek otomasyon ve bu gibi sistemler için ödenen yüksek kapital göz önünde bulunduru- lursa performans değerlendirme tekniklerinin önemi daha çok anlaşılır.

Zamanlı modellerin kullanıldığı bir diğer önemli alan, ger- çek-zaman (real-time) ayırık olay süreçlerin modellenmesi- dir. Burada istenilen doğru mantıksal sonucu uygun ve isteni- len zamanda elde etmek hayali öneme sahiptir/12/. Örneğin bir nükleer reaktör çekirdeğinin ısı yükseldiğinde (sınır değerini geçtiğinde) belirli bir zaman içerisinde alarm sinyali verilmeli- dir yada taşıyıcı üzerindeki bir arabayı boyayan sprej sıkma işle- mi belli bir zamanda başlayıp bir süre sonra sona ermelidir. Bu yaklaşımda kullanılan temel teknikler, zamanlı mantık (temporal logic) ve kuyruk kuramıdır (queueing theory).

ZAMANLI :

:ar.anlı Mantık/12/;
Zamanlı Petri aaları;
Min-Max Cebiri/11/;
Markov zinciri;
Kuyruk aaları;
Genelleştirilmiş yarı Markov süreçleri

ZAMANSIZ :

Sonlu durum makinesi;
Petri aaları;
Sonlu yinelenmeli süreçler;
Ardışık haberleşen süreçler

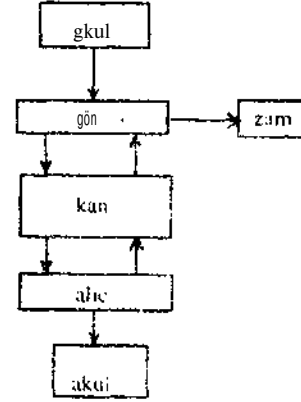
TABLO 1: AOD modellerinin sınıflandırılması

3. AÇIKLAYICI ÖRNEK :

Bu bölümde açıklayıcı olarak iletişim alanından seçtiğimiz örnek değişen bit protokolü (Alternating Bit Protocol) olarak bilinen data link protokolüdür/1.V.

Hu pa>tokolun görevi mesajları sıra ile ve hatasız biçimde gönderen kullanıcı (gkul) sürecinden alıcı kullanıcı (akul) sürecine göndermektir. Bu iki süreç yan -dupleks bir kanalla (kan) birbirlerine bağlanmışlardır. Kanal, rasgele olarak me- saajları kaybedebilir ve en çok tek bir mesaj ya da bildirim (acknowledgement) saklayabilir. Ru protokolün çalışmasını

açıklayalım; gönderici(Öçö/i) gkul sürecinden bir mesajı alıp ü ya da / sıra numarasıyla iletişim kanalı üzerinden alıcıya (alıc) gönderir (G0.G1). Aynı anda zamanlayıcıyı (zam) çalış- tırıp (ZÇ) alıcıdan bildirim beklemeğe geçer. Alıcı beklenen sı- ra numarasına sahip mesajı aldığıda mesajı aktif sürecine ve- rip kanal üzerinden göndericiye 0 ya da / kodlu bildirim sinyali (/:/) gönderir(BO.BI). Bu kod /() veya /) bir sonra bek- lenen mesajın sıra numarasını belirlemektedir. Gönderici, bek- lenen bildirim sinyalini belli bir sürede (timeout:Zaman Bitti) alamazsa ya da gelen bildirim beklenen değilse aynı mesajı, aynı sıra numarasıyla tekrar gönderir. Eğer gelen sinyal nekle- nense bir sonraki mesaj kanala yollanır. Şimdi bu protokolü farklı zamansız AOD modelleri üzerinde gösterelim:



Şekil I

3.1 Sonlu Durum Makinası (SDM)

SDM modelleri yıllardır iletişim alanında protokol model- lenmesinde kullanılmaktadırlar. AOD bağlamında bu yaklaşı- mı ilk kez Ramadge ve Wonham, geliştirdikleri Danışmah De- netim (Supervisory Control) kuramında süreç ve denetleyiciyi modellemek için kullandılar Pj. SDM modelleri kolay ve an- laşılır olmalarına rağmen bazı sınırlayıcı özellikler içerirler (bkz. bölüm 4). Matematiksel olarak bir SDM beşli ile gösteri- lir: G=(£,Q,qQ,8,F). Burada X sonlu olay isimleri kümesini (dizgenin alfabeti), Q sonlu durum kümesini, qj başlangıç du- rumunu ve F bitiş durumları kümesini göstermektedir. ö kısmi işlevi durum geçişini (8:ZxQ->Q) ve £(i) olarak gösterilen kütneyse q durumunda yapılabilen olayları ifade etmektedir S işlevinin kısmi oluşu makinenin belirli durumlarda belirli olayları yapamamasını doğurur.

SDM düğümleri durumlara ve düğümlerarası arklar geçişlere karşılık gelen bir çizgeyle gösterilmektedir. Geçişlere neden olan olaylar arkların üzerinde yer alacaktır.

örneğe gelince; modellenmesi gereken altı süreç vardır (Ggkttl, Ggim, Galtc, Gakul, Giarn, Gkan). Protokolün davran- şını modelleyen SDM ise (Gpn) bütün bu süreçlerin eşgü- dümlü (concurrer) çalışmasıyla ortaya çıkar. Bu eşgüdümlü çalışmayı modellemek için kullanılan eşzaman çarpım işlevi şöyle tanımlanır ffl.

$$P: x \rightarrow x' \text{ ve } Q: y \rightarrow y' \Rightarrow P \#_E Q: (x, y) \rightarrow (x', y')$$

$$P: x \rightarrow x' \text{ ve } Q: y \rightarrow y' \Rightarrow P \#_E Q: (x, y) \rightarrow (x', y')$$

$P: x \rightarrow \vee c Q: y \rightarrow \neq \rightarrow P \parallel Q: (x, y) \rightarrow ($
 $I \setminus , \text{diğer.}$

Burada E aynı ismi taşıyan (P ve Q'da) olaylar kümesidir. \ işaretli olayın yapılamamasını gösteriyor. Sonuç olarak;

$$G_{prt} = G_{gkul} \parallel E1 G_{gön} \parallel E2 G_{atıc} \parallel E3 G_{akul} \parallel E4 G_{akul} \parallel E5 G_{zam} \parallel E6$$

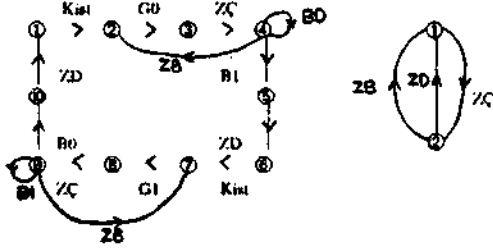
Şimdi G_p , ve G_{zam} süreçlerinin SDM modellemesine geçelim; bunun için ilkin olay isimleri kümesi (Zatin ve Yzam) ve durum kümelerini (Qgön ve Qzam) tanımlamak gerekir;

$$Igin = (Kist, G0, G1, B0, B1, ZÇ, ZD, ZB)$$

$$QK \approx M = (BB0(9), BBI(4), BKist(1,6), HG0(2), HGI(7))$$

3,5,8,1ü numaralı durumlar ise zamanlayıcıyla ilgili etkinliklere karşı gelmektedir.

$$L: u/1 = (ZD, ZÇ, ZB), Qzam = \{1, 2, 1\}$$



Şekil 2

3JPttri Ağlan

özellikle eşgüdümlü çalışan dizgeleri modellemek üzere tasarlanan Petri ağlan üç kümeyle tanımlanırlar: Konumlar (P), geçişler (T) ve arklar (A). Bir ark, bir konumdan bir geçişe ya da tersine bağlantı yapabilir. Ark, konumu geçişe bağlamışsa bu konum, geçişin giriş konumudur, geçiş konuma bağlamışsa konum, geçişin çıkış konumu olur/K/.

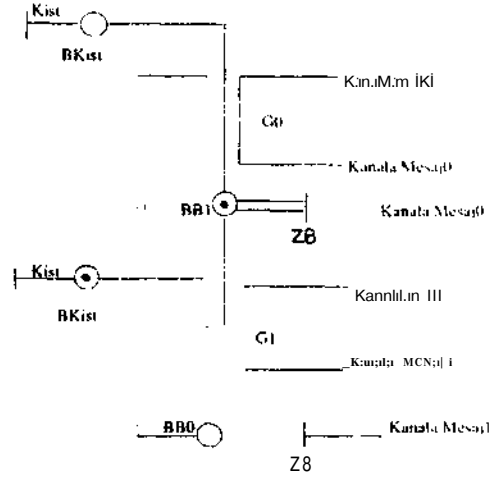
Petri ağı bir Üçlüyle gösterilir: $PA = (P, T, A)$. Burada $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, $A = \{a_{ij} \mid i \in P, j \in T\}$ dir.

Petri ağının dinamiği toplarla (token) gösterilir. Topların konum ve sayısı ağı çalışması sırasında değişir. Petri ağında çalışmayı sağlayan geçişlerin ateşlenebilmeleri (enabling) için tüm giriş konumlarında en az bir topun bulunması gerekir. Ateşleme (firing) sonucunda geçişin her çıkış konumuna bir Kçp yerleştirilir. Bir geçişin giriş ve çıkış konumlarının sayısı eşit olmayabilir, dolayısıyla top korunumu geçerli değildir. Petri ağındaki bir top dağılımı modellenen dizgenin durumu, bir geçiş de bir olayın oluşumunu gösterir. Dolayısıyla Petri ağındaki ardışık geçiş ateşlemeleri ve sonuçta oluşan farklı top dağılımları dizgenin olaylar üzerindeki devinimini belirler.

Örneğe uygularsak: P ve T kümelerini yine gönderici ve zamanlayıcı için gösterelim.

$$P = \{BBO, BBI, BKist, T, G0, G1, ZÇ, ZD, ZB\}$$

P_{zam} 'da zamanlayıcının başlatma ve durdurma durumlarını ayrıca durum olarak göstermek, zaman bitti geçişinin giriş konumunda topun olması (zamanlayıcıyı başlat) veya olmaması (zamanlayıcıyı durdur) şeklinde gösterilbildikleri için gerekli değildir.



Şekil 3

3.3 Sonlu Yinelemeli Süreçler (SYS)

AOD modellenmesine cebirsel bir yaklaşım olan SYS'de izler (trace) ve süreçler formalizmin temelidir 1/.4,5,7,9/. Bu model Hoare'un deterministik süreç kuramı kullanılarak geliştirilmiştir/10/.

AOD'leri sonlu simgelerle modellemek için yinelemeli bir yapı kullanan SYS'de açıklama gücü artırılmaktadır. Bir Y süreci, $X=f(X)$ ve $Y=g(X)$ denklemleriyle ifade edilebiliyorsa bu süreç bir SYS'dir. Bir SYS'nin formel gösterimi bir üçlüdür:

$$P = (trP, aP, xP). \text{ Burada } trP \text{ C A* P'nin izler kümesi. } aP: trP \rightarrow 2^A \text{ olay işlevi ve } xP: trP \rightarrow (0,1) \text{ (sona erme işlevidir. } trP.$$

P'nin yapabileceği ardışık olayların kümesini, $aP(s)$, Fnin s izinden sonra yapabileceği yada blok edebileceği olayları ve $xP(s)$ ise P'nin s izinden sonra duracağı ya da devam edeceği bilgisini içerir. Her SYS'nin uyması gereken bazı şartlar vardır/1/.

Örneğimizde kullanacağımız bir süreci tanımlayalım/1/:

$$STOP_B := ((0), aSTOP_B(0) = B, TSTOP_B(\langle \rangle M))$$

Paralel ve deterministik seçim (choice) işlevlerinin tanımını verelim/7/; $(PIQ) / \langle a \rangle =$

$$\{ := (P / \langle a \rangle HQ / \langle a \rangle), \text{ eğer } \langle a \rangle \in trP \text{ ve } \langle a \rangle \in trQ \text{ ise.}$$

$$I := (P / \langle a \rangle IIQ), \text{ eğer } \langle a \rangle \in trP / trQ \text{ ve } a / a Q (\langle \rangle) \text{ ise.}$$

$$\{ := (PIQ / \langle a \rangle), \text{ eğer } \langle a \rangle \in trQ / M / P \text{ ve } a \wedge a P (\langle \rangle) \text{ ise.}$$

{ tanımsız, diğer durumlarda.

$$Q = (a_1 \rightarrow P_1, \dots, a_n \rightarrow P_n)_{A \times X_0}$$

$$trQ := (0) \cup \{ (t_j \mid I \text{ EtrP}_j), a Q(0) = A(). xQ(\langle \rangle) = t() \}$$

$$a Q \langle a_j \rangle \ast t_j = a P_j(t_j), \quad t Q(\langle a_j \rangle \ast t_j) = t P_j(t_j)$$

$$Q = (a_1 \rightarrow P_1, \dots, a_n \rightarrow P_n)_{A \cap T}; \text{ A.x yoksa } A = (a_1, \dots, a_n) \text{ ve}$$

$T = 0$. Örneğimize dönersek;

$$X_i' c_i / t_i = X_{gall} X_{gg}$$

$$X_{gg} = K Kist \rightarrow X_{gl} H^{Kist} II$$

$Xg1=(G0 \rightarrow ZC \rightarrow (Xg2 \text{IXram}) \text{IGI} \rightarrow ZC \rightarrow (Xg2 \text{IX2} < w1))$
 $Xg2=tZB \rightarrow Xg1B() \rightarrow ZD \rightarrow X1; 41H1 \rightarrow 7.D \rightarrow Xyü)$
 $X_{i<_m}=(ZC \rightarrow \text{STOP} | jZB \rightarrow \text{STOP}, | ZD \rightarrow \text{STOP},)$

$Xga=(BO \rightarrow Xgb)_{E_1, 0}$; $Xgb=(B1 \rightarrow Xga)_{E_2, 0}$

$E1=(BO, B1, G0), E2=BO, B1, G1$

||Kist|| : Protokol, kullanıcıdan gelecek bir istekle çalışmaya başlayıp işi bitmeden yeni bir istek kabul etmemesini sağlar.

4, SORUNLAR ve YÖNELİMLER :

AOD'lerin kullanım alanları göz önüne alındığında bunlardaki iletişim ve eşgüdüm olayının önemi ve etkisizleşebilir.

Yukarıda kısaca açıklanmaya çalışılan AOD model yapısında ortak hedeflerden biri bu eşgüdümü açıklayabilmektir. Yukarıda tanımlanan eşzaman çarpım ve paralel işlevleri bu amaçla kullanılmışlardır. Bir başka nokta ise eşgüdümlü dizgelerin sayısının artmasıyla karmaşıklığın büyümesi. Özellikle SDM modellerinde bu konu daha belirginleşiyor (örneğin; yukarıdaki protokol örneğinde toplam durum sayısı 800, daha karmaşık işleyen prokollerde ise bu sayı 30-40 bini bulabiliyor) ve karmaşıklığı azaltmak için çalışmalar devam ediyor.

AOD modellerinin açıklayıcı gücü genellikle ürettikleri dille ölçülmektedir. İlgilendiğimiz modelleri güçlerine göre sıraladığımızda SYS, PA ve SDM sonucuna ulaşıyoruz 151.

AOD modellerinin endüstriyel uygulamalara yatkın olanları günümüzün üretim dizgelerindeki yerlerini alırken görülen eksik noktalar geleceğin araştırma başlıklarını oluşturuyor. Bunlar arasında dağıtık dizgelerde genel bir zaman kavramının var olmamasından doğan sorunların çözülmesi, dizgelerin sonsuz davranışlarının ve gerçek zaman uygulamalarının modellenmeleri sayılabilir.

KAYNAKÇA

İM K.Inan, P. Varaiya, "Finitely Recursive Process Models for Discrete Event Systeras", IEEE Trans. Automat. Contr., vol. 33, pp. 626-639, July 1988

fil P.J. Ramadge, W.M. Wonham, "Supervisory Control of a d a » of Discrete Event Systems", SIAM i. Contr. Opt., vol. 25, pp. 206-230, 1987

fil G. Cohen, D. Dubois, J.P. Quadrat, M. Viot, "A Linear System-Theoretic View of Discrete Event Processes and Use for the Performan Evaluation in Manufacturing ", IEEE trans. Automat. Contr., vol.30, pp 10-220, 1985

141 K. İnan, "Kesikli Olay Dizgelerinde Yeni Gelişmeler". EM. 3. Ulusal Kongresi, pp.638,641, 1989

ISI K. İnan, P. Varaiya, "Algebras of Discrete Event Models", IEEE Proc., vol.77, pp.24-28. Jan. 1989

/6/ Y.C.Ho, Ed., Special Issue on Discrete Event Dynamic Systems, IEEE Proc., Jan. 1989

PI K.Inan, "Recent Developments in Discrete Event Systems", Proc. of Confrence on Control and Modelling, pp.542-546, 1990

/8/ J.L. Peterson, Petri Net theory and Modelling of Systems. Englewood Cliffs. NJ. Prentice Hail, 1986

191 A.B. Kurzhanski, P. Varaiya, Eds., Discrete Event Systems: Models and Applications, Lecture Notes in Control and Information Sciences, vol. 106 New York NY. Springer, 1988

/10/ C.A.R. Hoare, Communicating Sequential processes. Hertz, England: Prentice Hail International, 1985

/11/ G. Cohen, P. Moller, J.P. Quatrat, M. Viot, " Algebraic Tools for the Performance Evaluation of Discrete Event Systems". IEEE Proc., vol. 77. pp. 39-58. Jan. 1989.

/1/ J.S.Ostroff, "A Loytic tor Real-Time Discrete Event Processes", IIIÜ: Conr. Sys. Maş; vol !0 m >>-I(i. 1990

/13/ A.S.Tannenbaum, Computer Net\orks. Pivnticc ! I il. 1989

/14/ X.Cao, Y.Ho, "Models of Discrete [Zvent Dynamv • Systems", IEEE Conr. Sys. Maş., vol 10. pp. (W-76. JUIK-1990

TEŞEKKÜR: Bu makalenin oluşmasındaki yardımlarından dolayı Mustafa Arslamnalı'ya teşekkürü bir borç biliriz.

Y.Doç.Dr.Nurettin ABU
Elekt.Yük.Hüh.Üzeyir AKÇA

Y.Ü.Kocaeli Mühendislik Fakültesi, İzmit

Özet

Demiryolu sistemlerinde, aynı ray hattındaki taşıtların birbirini ile veya kumanda Herkesi yahut istasyonlarla olan haberi esne sini sağlayan sisten sinyalizasyon sistemi olarak tanımlanır. Klasik re en eski yöntemlerden biri ray hattı boyunca kurulu bulunan sinyalizasyon »ebekeşidir. Bu şebekedeki olabilecek arıza Teya sinyal İlıklarının yanma—«ı durumunda önemli Te büyük kazalara neden olmaktadır. Daha modern sistemlerden AIC (Automatic Train Control) Teya CAIC (Continous AIC) sistemleri ise çok kompleks ve ekonomik yünden pahalı sistemler olduğundan daha basit re ekonomik olan üçüncü akım rayı yöntemi yaklaşım, bir alternatif olarak araştırılmıştır. Bu yöntemde iki ray arasına üçüncü bir sinyal rayı konur.

1.Giriş

Dünyada çeşitli ülkelerde her yıl facialara neden olabilecek tren kazaları olmaktadır. Bu kazaların büyük çoğunluğu sinyalizasyon hataları Teya yanlışlığından olmaktadır. Bilindiği gibi demiryolu sinyalizasyonu konransiyonel anlamda yol hattındaki endüksiyon bobinlerinin taşıtlın e noktadan geçmesi sonucunda üretilen uyarı sinyali ile trenin bulunduğu konum ve gittiği yön belirlenir. Buna göre hat başlarında bulunan sinyalizasyon lambalarındaki arızalarda trenler bu arızayı farkedemediği durumlarda ciddi kazalara neden olabilmektedirler.

Bugünkü sinyalizasyon sistemlerinde, demiryolu hatlarındaki sinyal lambalarını elektrik sinyalinin pozitif kutbu ray hattı boyunca yerleştirilen elektrik sinyal iletkenleriyle taşınmakta-

dır. Dolayısıyla bu tip sistemlere pozitif bat sistemleri de denebilir.

Hat boyunca kurulan iletken hatları ekonomik yönden de oldukça pahalı maliyete neden olmaktadır.

Buna karşılık üçüncü ray sistemi tasarımında, T* olan konransiyonel sistemin raylarının tam orta kısmına konacak Üçüncü bir iletken ray iletkenlerden bağlanan haberleşme kolu vasıtası ile haberleşme ve sinyal işareti iki makas arasında alınıp verilmesi tasarlanmıştır. Tasarlanan üçüncü iletken ray, traversler üzerine Te iki ray hattının tam orta kısmına konacak iletken metal alaşımly yapıda olacaktır.

Şekil-1'den görüldüğü gibi, raylar ortasında bulunan üçüncü akım rayı kısa mesafelerde Te öa» İlikle metro sistemlerinde daha etkin sonuçlar alınmasına T* daha güvenli işletmeye yardım edecektir.

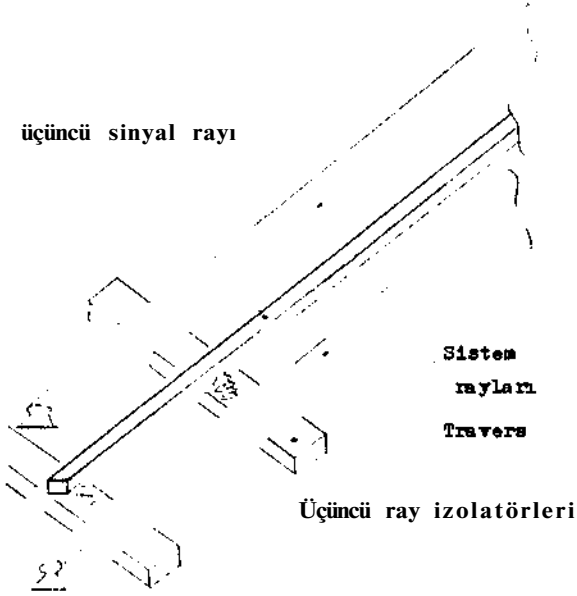
Üçüncü akım rayın* her tren lokomotifinden Ur sinyal kolu bağlantısı bulunacaktır. Bu kol yardımıyla sinyal rayına periyodik aralıklarla sinyal İşareti verilerek hatta bulunduğunu bildirmiş olacaktır. Sinyal verme periyot aralıklarında İse Üçüncü raya bağlı sinyal kolu aracılığıyla hattaki varsa diğer taşıtlar Teya taşıtların üçüncü raya bıraktıkları sinyali alarak değerlendirecek Te hattaki taşıtlar veya taşıtların varlığından anında haberdar olacaktır.

Aynı istasyon, yani iki makas arasında, varsa istasyon veya kontrol merkezi tarafından da üçüncü raydan alınan sinyal ile taşıtların yeri

tespit edilerek birbirlerini farkatmemeleri durumunda gerekli müdahale yapılabilecektir.

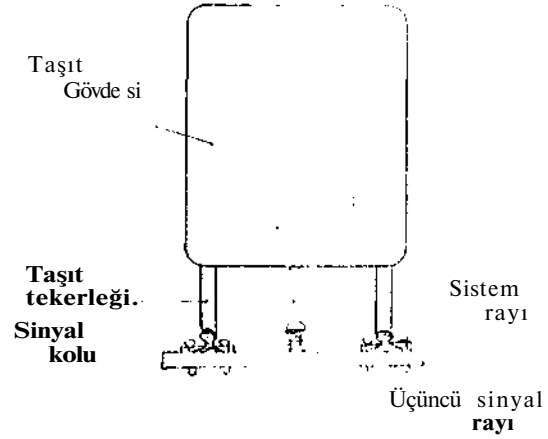
Prensip olarak çok kolay ve yapı olarak basit olduğundan % 50 civarında ekonomik bir sistem olarak tasarlandı; olacaktır»

Sistemin kuruluş giderleri de oldukça düşük olacaktır. Çünkü var olan hatlarda hiçbir değişiklik yapmadan bu sistemin temelini oluşturan üçüncü sinyal rayı, iki ray hattının orta yerine izolatörler üzerine monte edilecektir.



Şekil-1. Üçüncü akım rayının sistem rayları azasına yerleştirilmiş şekli

Sakil-2'den görüldüğü gibi, üçüncü sinyal zayı her bir taşıtın içinden bağlantılı bulunan bir sinyal kolu ile bağlantılı ve hareket halinde sürekli sürtünme teması olarak sinyal alış-ve-rişini sağlayacak şekilde montaj yapılmıştır. Taşıtların herbirinin üçüncü raya vereceği sinyalin frekansı, yani hatta sinyal verme süreleri farklı olacaktır. Hatta sinyal vermediği anlarda hat üzerinde varsa diğer taşıtların verdiği sinyalleri alarak değerlendirecektir. Bu durumda üçüncü raya sinyal veren sinyal kolu hem sin-



Şekil-2. Üçüncü sinyal rayının taşıt altındaki durumu

yal veri ol ve hem de sinyal alıcı, durumunda olacaktır.

Sistem, ancak iki makas arasındaki hat parçalarında daha rantabl olarak görev yapacaktır.

En önemli avantajları yanında, belki de tek dezavantajı, soğuk iklimlerdeki çevre ve hava şartlarından önemli ölçüde etkilenmesidir. Çünkü, örneğin kar kalınlığı 10 cm'nin üstünde olma durumundaki iklimlerde, Üçüncü akım rayı toprak veya diğer sistem raylarıyla elektriksel bağlantı oluşturabileceğinden bu sistemde güvenilirlik azalabilmektedir. Bu bakımdan, metro (tünellerdeki diğer demiryolu sistemleri) sistemlerinde daha güvenceli olarak uygulanacaktır.

Böyle bir al a tem hem kuruluş ve hem de işletme yönünden %50'nin üzerinde ekonomi sağlayacaktır.

Tren kezzelerini önlemede önemli çalışma ve güvenilirlik sağlayan bu sistem, demiryolu sinyalizasyon sistemlerine yeni bir yaklaşım olup imket üzerindeki denemelerden olumlu sonuçlar alınmıştır.

Kaynakları

1-ABUT, N. "Researche Report", AEG-Bahntechnik Nonnendammalle, Berlin, 1988, W.Gerrany

V. Silindir

G.O. Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Ankara

ÖZET

• Kontrol yöntemlerinde sistmlerin -tas-aron sür»kli yöntemlerinde gđzlenen sur»kli ^elmselere rağmın çoğu haz tasarımı işleme frekans btllgvi prosedürleri istenerek yapılmaktadır. Ancak Etri bejrlemeli kontrol sistemlerinin Jompan&asyomnda kullanılması önerilen yönt»ml»r btlytk ölçüde deneme ve yanılmaya dayanmaktadır. Uygun bir tasarım için itarasyon sayısı özellikle öğrenciler ve y+torH tecrübeye saMp olmayan tasarımcı için oldukça fasladır. Ayrıca litoratıirt» mevcut tasarısı yOntoml&eri donfU kaaanz ve fazznzn büyük HlçUd» değiştiği sistemlere tuyfulandzÇznda basx problemlar!* kar*laşlmaktadır. Bu çalışmada kaskad fa* ilerletici kompan*atörltn~in tasarımında kullanilabil»c*k ve <lt*r~asyona tfere* katmadm tasarımcıyı doğrudan şanoca ula%txrabil»c*k tam ve doOru mm; ueceti analitik bir- yöntem i/serinde durulmuş ve teoriyi destekleyici bir ornmk urtılmıştır.

1. aİRiş

Cteellikle son 20 yıl içinde kontrol sistemi tasarım tekniklerinde görülen hızlı gelişmelere rağmın endüstrideki uygulayıcı tasarımın belirli ayana 1 arında tek girişli tek çıkışlı sistemler için kık yer eğrişi ve Bode çizimlerini esas alan yöntemlere başvurmaktadır. Sistemin gerek zaman tanım alanında gerekse frekans tanım alanında belirlenen spesifikasyonları sağlamadığı ve tek katlı kaskad bir kompanzatörün gerekli olduğu durumlarda başvurulan kaynaklarda deneme ve yanılmaya dayanan yöntemler önerilmektedir. ^.^-3/. Bode eğrilerinin sahip olduğu kolayca çizilebilme ve irdelenebilme özelliği nedeniyle bu eğrileri esas alan yöntemler uygulayıcılar tarafından tercih edilmektedir.

Bilindiği Özere tek katlı bir kompanzatörün transfer fonksiyonu

$$G_c(s) = \frac{K C I + s / * }{1 + s / w_p} \quad C13$$

biçimindedir. Burada K_c sabiti genellikle kalıcı durum doğruluğu ya da kapalı döngü band genişliği belirtimlerini sağlayacak biçimde seçilir. Ayrıca $w > w_p$ için kompanzatörün faz ilerletici özelliği, $w < w_p$ için ise faz geriletici özelliği süz konusudur. Bu bildiride $w > w_p$ şartının sağlandığı faz ilerletici korapanzatorler üzerinde durulacaktır.

Oldukça yaygın kullanılan alanı bulunan kontrol döngülerinin faz ilerletici bir devre ile kompanzasyonundan amaç, kapalı döngü sistemin dinamik davranışını iyileştirmektir. Bu anaca kararlılık paylarından özellikle faz payını artırmakla ulaşılabilir.

Belirli bir K_c değerri için kapalı döngü dinamik sistem davranışının uygun olmaması durumunda kompanzatör tasarımı istenen spesifikasyonları sağlayacak biçimde kutup ve sıfıra ilişkin w_p ve w_c parametrelerinin seçiminden ibarettir. Faz ilerletici bir kompanzatör karakteri gereği kazanç geçiş frekansını ve dolayısıyla da bant genişliğini büyültmektedir. Çoğu ders kitaplarında önerilen yöntem ^1-3/, kompanzatörün sağlayabileceği maksimum faz katkısının yeni kazanç geçiş frekansında oluşmasını sağlamaya yöneliktir. Ancak bu frekansın değerinin tesbiti deneme ve yanılmaya tabidir. Özellikle döngü faz açısının ilgilnenilen frekans bölgesinde hızlı değişim göstermesi. sonuca ulasmak için gerekli deneme sayısını çok artırmakta ve bazı sistemler için uygun kompanzatör parametrelerini belirlemek mümkün olmayabilmektedir.

Deneme sayısını azaltmaya yönelik literatürde mevcut kaynaklardan /4/ ve

1/3/ de bazı şartların sağlanması sonucu oluşturulan ikinci dereceden bir denkleme; 1/8/ de ise iki bilinmeyenli bir denklem takımı çözülmektedir. Ancak tüm bu yöntemlerin ortak sakıncası, çiftsüzlük denklemlerin yeni kaşane geçiş frekansına bağımlı olması; diğer bir deyişle bu frekansın ya verilmiş olması ya da tesbitinin yinno den»me ile bulunması zorunlu olduğudur.

Faz ilerletici kompanzatöre yönelik olarak bu çalışmada üzerinde durulacak yöntem, 1/5/ de önerilen yaklaşımı esas almaktadır, özellikle değişken faz açısı ve genlik karakteristiğine sahip sistemler* d* uygulanabilen bu yöntem ile kazanç geçiş frekansının ve kompanzator parametrelerinin doğrudan tesbiti mümkün olmaktadır. Bu yöntemin tek sakıncası kompanzator* ilişkin maksimum faz açısı katkısının 49° ile sınırlı olmasıdır.

2. FAZ İLERLETİCİ TASARIM

2.1. Klasik Yöntem

Denklemler C15 11* tanımlanan kompanzator transfer fonksiyonunda K_C parametresi kalıcı durum doğruluğuna bağlı olarak tesbit edildiğinden bu çalışmada kompanzatorun

$$G_c(j\omega) = \frac{1 + j\omega/w_z}{1 + j\omega/w_p} \quad (2)$$

biçiminde verilmiş olduğu kabul edilecektir, $w_p > w_z$ şartını sağlayan faz ilerletici kompanzator ile ilişkin genlik ve faz açısı bilgileri

$$M = |OCj\omega| \approx 10 \log_{10} \frac{1 + (w/w_z)^2}{1 + (w/w_p)^2} \quad (35)$$

ve

$$\phi = \angle OC(j\omega) = \tan^{-1}(w/w_z) - \tan^{-1}(w/w_p) \quad (34)$$

ifadelerinden elde edilmektedir. Açık katkısının maksimum olduğu frekans w_c , ve bu frekans değeri için genlik ve faz açısı değerleri ise

$$w_m = \frac{w_p}{\sqrt{2}} \quad (33)$$

$$M_m = 10 \log_{10} \left[\frac{C w_p}{\sqrt{2}} \right] \quad (36)$$

$$\phi_m = \sin^{-1} \left[\frac{w_p}{\sqrt{2}} \left(\frac{1}{w_p} - \frac{1}{w_z} \right) \right] \quad (37)$$

olarak elde edilebilir.

Ders kitaplarında önerilen ya da bilgisayar destekli tasarım programları mevcut olan yöntem ajajıdır. Özetle, adımları içermektedir:

1. sağlanması istenen faz payını bir miktar güvenlik payı da ekleyerek genel de ≈ 10 denklemler C71 den w/w_z oranını bulmak;

2. bulunan $C w/w_z$ oranı için hesaplanan

C-M dB değerine karşılık gelen

genlik kazanç geçiş frekansını olarak

tesbit etmek; $w/w_z = 1$ denklemler (C72) ile

yararlanarak w_z ve w_p yi tesbit etmek.

Ancak bu yöntemin en büyük sakıncası; kompanzatorun sağlanması gerektiren K_C değeri, açısı ve dolayısıyla yuru (1/3/); V₀ geçiş frekansının tesbitindeki zorluklarıdır. Çünkü bu yöntem döngü kazancının V_0 la; açısının özellikle 0 dB civarındaki frekans değerleri için değişimini tam olarak dikkate almamakta, 5° civarında bir güvenlik payı ile kazanç geçiş frekansındaki artışı meydana getireceği ek faz gerilemesini dengelemeye çalışmaktadır. Döngü faz değişiminin hemen hemen sabit olduğu sistemlerde optimuma yakın sonuçlar veren bu yöntem, türü düşük ancak mertebesi yüksek döngüler için ya çok sayıda iterasyonu gerektirmekte, ya da hiç uygulanamamaktadır.

Bu yöntemin genelde başarısız olmasının nedeni faz ilerleticinin Bode eğrileri ile M ve M nin w/w_p oranına

bağımlılığının incelenmesi sonucu anlaşılabilir. Birim D.C. kazançlı bir faz ilerletici kompanzator, faz yönünden etkili olduğu frekans bandında istenmeyen bir genlik artışına da neden olmaktadır. Bu genlik artışı hem sinyal/gürültü oranını artırmakta hem de kompanzatorun etkinliğini azaltmaktadır. Kompanzatorun maksimum faz katkısının yeni kazanç geçiş frekansında oluşmasının sağlanması sonucu denklemler C7D ile verilen ϕ 'nin, $\log C w/w_p D$ ile doğrusala yakın bir artışına karşılık denklemler C80 ile verilen M değeri d* doğrusal olarak artmaktadır.

Faz gecikmesinin frekansla arttığı sistemlerde bu ek kazanç artışı, yeni kazanç geçiş frekansının ve dolayısıyla gerekli gerekli faz ilerlemesinin bulunmasını güçleştirmektedir.

2.2. Analitik Yöntem

Klasik yöntemdeki deneme sayısını bir ölçüde azaltan ve belirlenen faz payını sağlayan analitik bir yöntem 4-4' de önerilmiştir.

$$p = \tan^* > ; c = 10^{M/10} \quad C83$$

dönüşümüyle denklem C3D ve C43

$$\frac{w}{-t} * 0 ; \frac{w}{-f} * 1 \quad C93$$

$$z \quad z$$

varsayımları ile çözümlerse

$$(p^2 - c + 1) \left(\frac{w}{z}\right) + 2p c \left(\frac{p}{w}\right) + (p^2 + 1)c^2 - c = 0 \quad C10$$

elde edilebilir. Faz ilerletici bir kompanzator için $p^2 + 1 < c$ şartı sağlanmalıdır.

$$\left(\frac{w}{z}\right)^2 = \frac{1-c}{c\left(\frac{p}{w}\right)^2 - 1} \quad C11D$$

denklemini sağlayan geçiş frekansı w_c verildiği ya da tesbiti kolayca yapılabildiği takdirde bu yöntem, bilinen p ve c değerlerini kullanarak denklem C103 dan w/w_c oranını çözmekte, daha sonra da denklem C112 yardımıyla w_p ve w_z yi hesaplamaktadır.

Dikkat edilirse klasik yöntem, şu anda incelenen analitik yöntemin $w_p/w_c = c$ varsayımı altında bulunan özel bir çözümüdür. Geçiş frekansı w_c tasarımcıya doğrudan verilmemiş ise bu analitik yöntemde de daheme ile geçiş frekansını bulmak zorunluluğu mevcuttur.

2.3. Geliştirilen yöntem

Sistem bant genişliğini çok fazla kötüleştirmeden istenen faz payını sağlayacak biçimde analitik bir yöntem geliştirmek amacıyla denklem C103 yeniden düzenlenirse

$$p^2 \left(\frac{w}{z} + c\right)^2 = c - (c-1) \left(\frac{w}{z}\right)^2 - c \quad C123$$

ifadesi elde edilir. Bu denklemin sağ tarafını basitleştirmeye yönelik olarak

$$c = \frac{2}{(1 + w^2/w_c^2)} \quad C13D$$

seçilecek olursa

$$\frac{w_p}{w_z} = \frac{(1+p)}{1-p} \quad C143$$

bağıntısı bulunur. Denklem C133 ile yapılan seçimin tasarıma sağladığı kolaylık, kompanzatorun kazanç artısını w_p/w_z oranından mümkün olduğunca bağımsız kılmakla elde edilmektedir. En kötü durumda kompanzatorün kazancı $c=2$ yani 3dB ile sınırlanmaktadır. Bunun sonucu olarak da kompanzatorün pozitif açılı katkısı en çok 43° olabilmektedir. Ancak bunun bir kısıtlama olarak görülmemesi gerekir. Daha büyük faz ilerlemesi gerekli olduğunda iki kompanzator katı kullanılabilir. Son olarak denklem C13D ile yapılan tercihin sağladığı bir başka yarar da bu denklem ile verilen c, denklem C113 de yerine konursa, denklem C113 in sağ tarafının 1 olması nedeniyle sağlanan

$$\frac{w_z}{w_p} = \frac{w}{c} \quad C13D$$

eşitliği olup kompanzator sıfırı doğrudan tesbit edilmekte ve bu seçim bant genişliğinin kötüleşmesini önlemektedir.

3. ÖRNEK

Teorisi açıklanan analitik yöntem açık döngü transfer fonksiyonu

$$G(s) = \frac{3}{s(s+1)(s+2)}$$

olan birim geri beslemeli bir sistem üzerine uygulanmış olsun. Bu sisteme ilişkin Bode çizimleri şekil.1.a. da verilmiştir. Sistemin kazanç geçiş frekansı ve faz payı yaklaşık olarak sırasıyla 0.87 r/s ve 30° dir. Sistemin geçiş frekansını fazla değiştirmeden faz payını 90° yapacak biçimde bir kompanzator tasarımı amaçlanmış olsun.

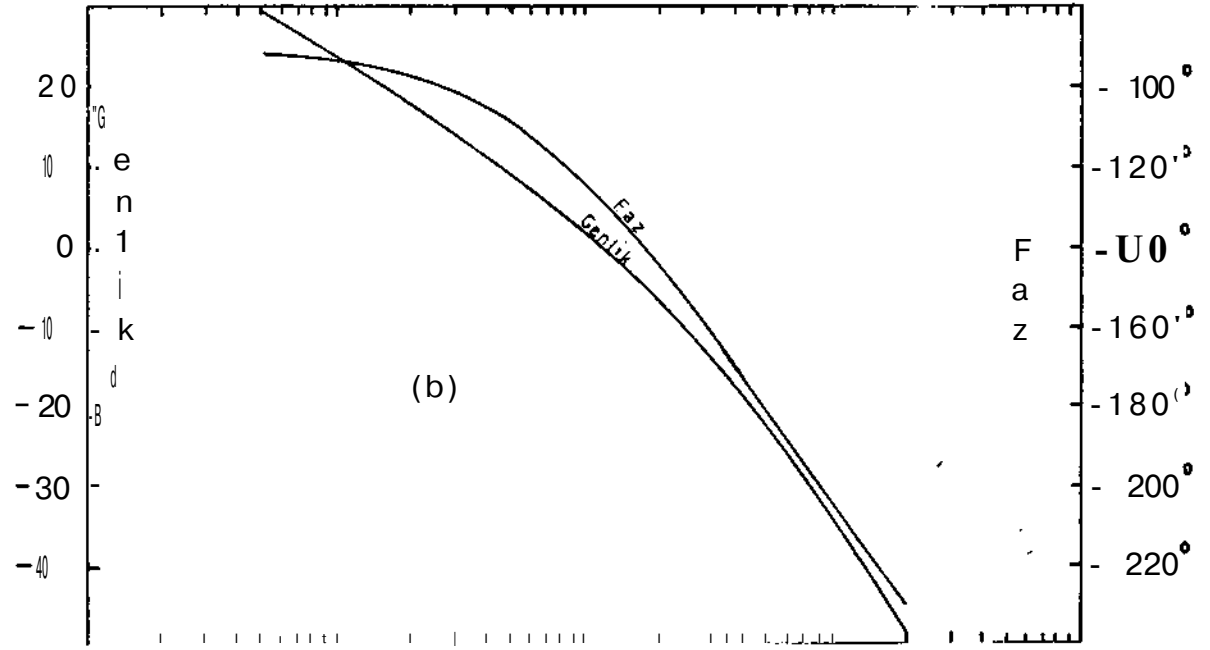
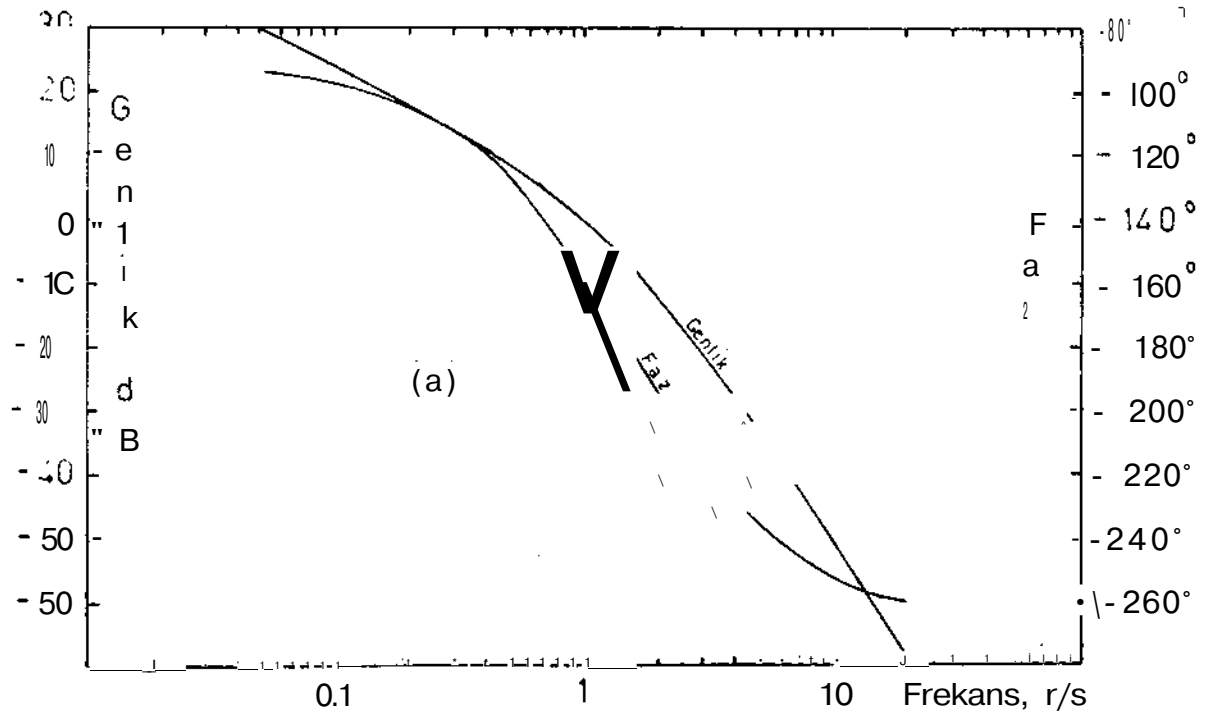
6 CJ/d*mn genliğinin -3dB olduğu frekans yaklaşık olarak $w_c = 1.18$ r/s olup, seçilen bu yeni geçiş frekansı için $\angle 3CJw_c$ nin açısı -170° dir. O halde kompanzator 40° lik bir faz ilerletmesinde bulunmalıdır. Denklem C143 kullanılarak $w/w_c = 11.43$ bulunur. Denklem C13D den de yararlanarak

$$\frac{w}{w_c} = 1.18 \text{ r/s} ; w = 13.49 \text{ r/s}$$

ve sonuç olarak istenen kompanzator

$$G_c(s) = \frac{1}{1 + 0.847s}$$

olarak elde edilir. Kompanze edilmiş sistemin Bode çizimleri şekil.1.b. de verilmiş olup faz payının 40.8° ve kazanç geçiş frekansının 1.178 r/s olduğu tesbit edilmiştir.



Şekil 1. Sistem Bode Diyagramları

- 3 J Orijinal sistem
- D J Kompanze Edilmiş Sistem

Aynı örnek sistem için 50'lik bir faz payı sağlayacak faz ilerletici bir kompanzatorün tasarımı klasik yöntem uygulanarak yapılmaya çalışıldığında aşağıda düzenlenen tablo değerlerinden de kolayca görüleceği gibi bu teşebbüs başarılı sonuç vermemiştir.

<u>Güvenlik Payı</u>	<u>Geçiş Frekansı</u>	<u>Faz Payı</u>
0°	1.301 r/s	33.84°
13°	1.557 r/s	39.73°
20°	1.738 r/s	43.89°
30°	1.900 r/s	44.63°

4. SONUÇ

Faz ilerletici bir kompanzatorün tasarımına yönelik olarak bu çalışmada tartışılan yöntem, özellikle 0 dB civarından değişken genlik ve faz açısı karakteristiğinin* sahip sistemlere uygulandığında olumlu sonuçlar vermektedir. İterasyona gerek kalmadan doğrudan tasarımı, amaçlayan bu analitik yöntemin tek sakıncası faz ilerletme miktarının teorik olarak 49° ile sınırlı olmasıdır. Ancak bu sınırlama, gerektiğinde iki katlı kompanzator kullanılarak bir ölçüde aşılabilir.

REFERANSLAR

/1/ D'Azzo, J. J. , Houppis, C. H. , Linear Control System Analysis and Synthesis, McGraw-Hill, 1988.

/2/ Kuo, B. C. - Automatic Control Systems, Prentice-Hall, 1967.

/3/ Liu, S. H. and Thaler, G. J. , An Analytical Method for Analysis and Design of Control Systems, IEEE Trans. Automat. Contr., AC-1B, 40-SB, 1S8S.

/4/ Wakeland, W. R. , Bode Compensator Design, IEEE Trans. Automat. Contr. , AC-S1, 771-773, 1978.

/5/ Mitcheli, J. R. , Comments on Bode Compensator Design, IEEE Trans. Automat. Contr., AC-aa. 8B9-87O, 1970.

/6/ Phillips, C. L. Analytical Bode Design of Controllers, IEEE Trans. Educ., E-28, 43-44, 1989.