

hiyerarşik olarak düzenlenmiş çok düzeyli dizgeler ve denetim sorunu

gürkan kefeli

UDK: 621.3 -50

ÖZET

Hiyerarşik olarak düzenlenmiş çok düzeyli dizgelerin denetimi ve bu denetim yönteminin karmaşık endüstri süreçlerine uygulanabilmesi sorunu ele alınmış ve bu yöntemle birlikte ortaya çıkan eşgüdüm (koordinasyon) sorunu incelenmiştir.

SUMMARY

The control of hierarchically arranged multilevel systems is considered. The method developed is applied to the control of complex industrial processes. The associated coordination problem is also dealt with in some detail and the task of the coordinator is surveyed.

Türkan Kefeli, METAŞ

O.EKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 237

1. GİRİŞ ve TARİHSEL GELİŞİM

İlk olarak 1960 larda karmaşık denetim (kontrol) sorunlarının çözümü için yeni bir yöntem ileri sürüldü. Bu yöntemle, verilen karmaşık dizge (sistem) birtakım alt-dizgelere ve sağlanması istenen davranış ölçütü de (performans kriteri) alt-davranış ölçütlerine bölünüyor, böylelikle de klasik yöntemlerden daha elverişli bir yaklaşımla çözüme gidilebileceği öneriliyordu. Ancak konu ile ilgili gelişmeler ve çalışmalar kişisel ve sezgiye dayanan yöntemler düzeyinde gelişerek 1970 lere dek devam etti. Bu tarihte Mesarovic, Takahara ve Mac-ko tarafından konunun matematiksel kuramı açıklanarak bir kitap derlendi (1). Bundan hemen önce de yöntemin ana sorunu olan "etkileşen alt-dizgelerin koordine edilebilirliği" ve bununla ilgili gerek ve yeter koşullar bir makale ile açıklandı (2). Koordine edilebilirlik ilkelerine ek olarak sezgisel yöntemlerle de sorunun çözümünü araştıran yazılar yayınlandı (3). Kuramın sunucusu, uygulama ile kuram arasında hâlâ bir boşluk olduğu görüşünden hareketle bunun kapanması için çalışılması ve uygulanması gereken alanları da ayrı bir bildiri ile ortaya koydu (4).

2. HİYERARŞİK DİZGE ÖZELLİKLERİ, BAZI TANIMLAR

2.1. Dizgeler Üzerine Bazı Tanımlar

Dizge yada alt-dizge tanım olarak tüm girişler kümesinden (giriş uzayı), tüm çıkışlar kümesine (çıkış uzayı) bir dönüşümdür.

Geniş kapsamlı dizge ise giriş ve çıkış kümelerinde çok sayıda ögesi olan dizgedir.

Bir dizge genel olarak iki bölüme ayrıştırılabilir: a) Üretim bölümü yada süreç, b) Denetim bölümü yada denetleç. Üretim bölümünün görevi çeşitli teknikler uygulayarak özdek yada enerji dönüşümü sağlamaktır. Denetim bölümü ise üretim bölümünün giriş büyüklüklerine etki ederek dizge çıkışlarının istenen ve önceden tanımlanan amaçlara ulaşmasını sağlamakla yükümlüdür.

Geniş kapsamlı bir dizge ele alalım. Burada tanımlanmış amaca ulaşmak için sorun alt sorunlara, amaç alt amaçlara ve bunları sağlayacak alt denetleçlere ayrıştırılmış olsun. Eğer alt denetleçlerden en az biri doğrudan doğruya denetlenecek özdeği değil de öteki alt denetleçleri denetliyorsa, bu biçimde ayrılmış olan geniş kapsamlı dizge "hiyerarşik olarak düzenlenmiş çok düzeyli dizge" olarak tanımlanır.

2.2. Çok Düzeyli Hiyerarşik Dizge özellikleri ve Hiyerarşik Düzeyleri

Çok düzeyli hiyerarşik dizgelerin (ÇHD) bazı temel özellikleri vardır. Bunlar (1) de ayrıntılı olarak ele alınmış olup şöyle özetlenebilir:

- 1; Düşey ayrıştırma sonucu beliren ve düzey adı verilen alt-dizgeler vardır.
2. Düzeyler, dolayısıyla alt-dizgeler arası sürekli bir etkileşme vardır. Etkileşme a) Bilgi geribeslemesi ve b) Kaşma adı verilen büyüklüklerden oluşmuştur.

3. Yukarı düzeydeki alt-dizgelerin (bunlara "egemen öge" denir), aşağıdakilere (bunlara "uyan öge" denir) göre eylem önceliği vardır.
4. Alt-dizgeler karar verme işlemi için birbirlerine bağlıdır.
5. Alt-düzeydeki karar verme ögeleri kendi karar verme değişkenlerini seçmede bir ölçüde bağımsızdır.

Dizgeyi ayrıştırma biçimi ve bunun gerçekleştirilişi esasına göre çeşitli hiyerarşi türleri vardır. Ayrıntılı incelemenin (1) de yapıldığı bu hiyerarşi türleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Dizgenin çalışma türüne bağlı olarak yapılacak ayrıştırma sonucu "nitelendirme hiyerarşisi" ortaya çıkar. Bunun düzeylerine tabaka adı verilir.
2. Temel sorunun, çözümleri daha iyi bilinen alt-sorunlara ayrışması sonucu "karar verme hiyerarşisi" ortaya çıkar. Bu düzeylere kat adı verilir.
3. Düşey ayrışmanın yatay olarak devamı durumunda aralarında etkileşme olan karar verme ögeleri ortaya çıkar ve "örgüt hiyerarşisi"ni oluştururlar. Buradaki düzeylere de basamak adı verilir.

Uygulamada, çok düzeyli bir dizgede genellikle her üç tür hiyerarşik ayrışma birarada görülür. Hepsinin ortak özelliği, üst düzeylerin daha karmaşık ve yavaş süren, alt düzeylerin ise daha yalın ve hızlı süren sorunlarla uğraşmalarıdır.

3. YÖNTEMİN SORUNU ELE ALIŞI VE DÜZEYLER ARASI İLİŞKİ

3.1. Yöntemin Sorunu Ele Alışı

Verilen geniş kapsamlı bir dizgenin denetim sorununu yeni yöntemle ele alırsak yapılacak işleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1. Dizgeyi düşey olarak ayrıştırıp, çeşitli düzeyler için çeşitli çözümsel ve sayısal denetim algoritmalarının uygulanabilirliğini teknik açıdan incele.
2. Düşey düzeyleri yatay olarak ayrıştırıp o düzeyin sorununu çözümü daha kolay alt-sorunlara, dolayısıyla da amacı alt-ainaçlara ve denetleci alt-denetleçlere ayrıştır ve bunları tanımla.
3. Yatay ayrıştırılmış alt-sorunları koordine ederek temel sorunun çözümünü sağlayacak koordinatörü tasarımıla.

İlk iki adım ayrıştırma tekniklerini bilmemizi gerektirir ve başlı başına bir çalışma alanıdır (9). Üçüncüsü ise sorunun temelidir ve "koordinasyon sorunu" olarak ortaya çıkar.

Koordinasyon, "çok düzeyli hiyerarşik dizgede herhangi bir düzeyde yerleşmiş bulunan denetim ögesinin karar verme sorunu" olarak tanımlanır. Dolayısıyla, her denetim ögesi aynı zamanda bir karar verme ögesidir, örneğin iki düzeyli bir dizge ele alalım, tik düzeyde n tane, ikinci düzeyde de bir tane karar verme ögesi olsun. Böyle bir dizgede koordinasyon, tüm dizge için tanımlanmış amaca ulaşmak için ikinci düzeydeki ögenin karar verme sorunudur. Koordine edilebilirlik ilkeleri ile bunlara dayanarak çeşitli koordinasyon stratejile-

ri geliştirilmiş olup (1) ve (2) de ayrıntılı bilgi vardır.

Genel olarak alt düzeydeki denetim ögeleri klasik denetleçlerden oluşmuşlardır (oransal, tütnlevsel, türevsel denetleçler ve bunların çeşitli birleşimleri, sayısal denetleçler gibi). Bunlar fiziksel sürece doğrudan etki eden denetim değişkenlerini üretirler. Üst düzeyde ise sayısal ve/yada örnek-sel bilgisayarlar vardır. Bunlar verilen denetim görevine uygun olarak programlanmış çeşitli denetim algoritmaları yardımı ile optimizasyon, uyarılama (adaptasyon), tanıma (*Identification*) ve koordinasyon vb. gibi sorunların çözümleri ile uğraşırlar. Böylece, üretilen işaret birtakım ayarlanabilir parametreleri yada çalışma noktalarını, istenilen amaca ulaşacak şekilde, değiştirir. Buradan da anlaşılacağı gibi, denetim ögelerinin nitelikleri kullanıldıkları amaca göre belirlenmiş olur.

Buraya dek anlatılanlarla ilgili genel bir örnek verelim:

Geniş kapsamlı bir dizgenin matematiksel örneği

$$P : X \rightarrow Y, y \leftarrow P(x)$$

ve davranış (performans) işlevi de

$$G : X \times Y \leftarrow R, g(x) = G(x, P(x))$$

olarak verilmiş olsun. Burada X, Y dizgenin giriş ve çıkış uzayları, R de gerçel sayılar kümesidir. Sorun, g(x) davranış işlevini enaz yada ençok yapacak $\hat{x} \in X$ i bulma olsun.

önce dizgeyi aşağıdaki gibi ayrıştıralım:

$$x - (x^1, x^2, \dots, x^n) \in X$$

ise

$$» i" (0 \dots 0, x^1, 0 \dots 0)$$

olarak tanımlansın. Böylece, X_i, x_i lerin oluşturduğu uzay ise

$$X - X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

- 1) Bu ayrıştırma sonucu, alt-dizgelerin matematiksel örneği;

$$P_i : X_i \times U_i \rightarrow Y_i, y_i = P_i(x_i, u^i)$$

$$H_i : X_i \times Y \rightarrow U_i, u^i = H_i(x, y)$$

olarak yazılabilir. Burada $y^* = (0, \dots, 0, y^0, \dots, 0)$ H^* bağlaşma (kuplaj) işlevi ve $U - U_i \leftarrow U_2 \leftarrow \dots \leftarrow 0_n$ tül etkileşme kümesidir. Tüm bağlaşma işlevi ise

$$K : X \rightarrow U, u = K(x) \cdot H(x, P(x))$$

ile verilir. K nin i yinci bileşeni

$$K_i : X \rightarrow U_i, u^i = K_i(x) \text{ dir.}$$

- 2) Ayrıştırma sonucu davranış işlevi

$$G_i : X_i \times Y_i \times U_i \rightarrow R,$$

$$g_i(x_i, u^i) = G_i(x_i, P_i(x_i, u^i), u^i)$$

biçimindeki alt-davranış işlevlerine ayrılır.

Gereken değiştirme yapıldıktan sonra (Bkz. Bölüm 5.2) davranış işlevi aşağıdaki şekilde girer:

B&B verilmişse $g_{ij} = G(x_i, y_i, u_i) + P_j$

Pekçok durumda alt-davranış işlevleri ve değiştir-meler řu özelliği gösterirler (1):

$$g = \int_1^n g_i \quad \text{ve} \quad \int_1^n p_i = 0 \quad (\text{her } x \in X_i \text{ için})$$

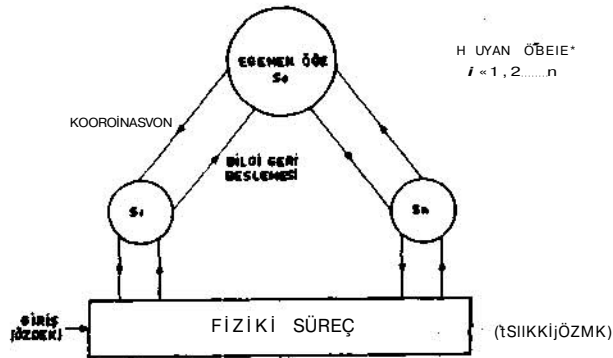
Tüm sorun, $g(x)$ in X kümesi üzerinden maksimize (minimize) edilmesi iken, şimdi, $g(x)$ nin $X \times U$ kümesi üzerinden maksimize (minimize) edilmesi şeklindeki alt-sorunlara indirgenmiş olur.

İlk düzeydeki denetleçlerin görevlerini yapmaları sırasındaki belirsizlikleri azaltmak için, alt-so-runların çözümü olan \hat{x} lerin toplamı tüm sorunun çözümü olan \hat{x} i verecek şekilde u_j leri bulmak gerekir, tşte böylece 4. Bölümde kısaca değineceğimiz ve konunun temel sorunu olan koordinasyon so-runu ortaya çıkmış olur.

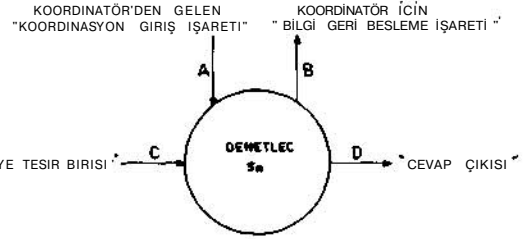
3.2. Düzeyler Arası İlişki

şimdi, uygulamada çok rastlanan şekil 1'deki iki düzeyli dizgeyi ele alalım. Bu dizgenin özellikleri şöyledir:

- Egemen ve uyan karar öğeleri birbirlerinin eylemlerine bağımlıdırlar. Ancak egemen öğenin eylem önceliği vardır.
- Egemen öğenin uyan öğelere karışması karar verme zamanından önce yada sonra olabilir. Önce olursa bu karışma "davranışın önceden kestirilmesi" temeline dayanır. Sonra olursa egemen öğe ile uyan öğeler arası bilgi alış verişi ve bazı öngörüler bu karışmanın niteliğini belirler.
- Alt düzeylerdeki öğeler egemen öğeye "bilgi geri beslemesi" ile kendilerinin daha iyi ve gerçekçi olarak koordine edilebilmelerini sağlayacak bilgiyi iletir. Uygulamada bu geri besleme, koordinasyon parametrelerinin egemen öğeye seçiminde kullanılacak bilgiyi kapsayan işaretlerdir.
- Egemen öğe, alt düzeylerdeki öğeleri "karışma" yada "koordinasyon" işareti ile besler. Bu eylem önceliğe sahiptir. Böylelikle alt düzeydeki öğeler neyi nasıl yapacaklarını öğrenirler ve gerektiğinde de eylemlerini değiştirirler.
- Fiziksel süreç, uyan karar öğeleri tarafından "denetleme işareti" aracılığı ile denetlenir.



Şekil 1. İki düzeyli karar verme dizgesi



Şekil 2. Uyan öğeye (denetleçe) gelen ve giden işaretler

Uyan karar öğeleri davranışlarında denetim kuramının yöntemlerini uyguladılar. Ancak burada getirilen yenilik, dizgenin koordine edilebilirliği ile her bir uyan öğenin örnek ve davranış işlevleri türünden tanımlanmış optimum denetim sorunudur. Koordinasyon sorununu bundan sonraki bölümde yakından ele alacağız.

4. KOORDİNASYON

Şekil 1'deki dizgeyi ele alalım. Burada n tane uyan öğe ve bir tane de egemen öğe vardır. Bunlar arasında bir etkileşme bulunmaktadır. Böylelikle de dinamik bir dizge oluştururlar. Egemen öğeye koordinatör, uyan öğelere de denetleç adı verilir. Denetleçler x denetim işaretinin, koordinatör de Y koordinasyon işaretinin seçimi ile görevlidirler. Dizgenin doğasına bağlı olarak $\hat{x} \ll \hat{Y}$ yazılabilir. Buna göre koordinatörün görevi $x_1(Y) \gg x_2(Y) > \ll \hat{Y}$ ların tüm süreç için tanımlanmış davranış ölçütünü optimum kılacak şekilde \hat{Y} yi seçmesidir. \hat{Y} nin varoluğu dizgenin koordine edilebilirliğini içerir.

Koordinasyon sorunu uygun bir koordinasyon kipi (modu) seçimi ile de yakından ilgilidir. Şekil 2' de bir uyan öğeye giren ve çıkan işaretler görülmektedir. Bunlardan C işareti, n yinci denetleç dışında ve aynı düzeydeki tüm denetleçlerin n yinci denetleçe olan etkilerini kapsar. Bu C işareti açısından denetleçler için řu olasılıklar ortaya çıkar:

- C girişini koordinatör belirler (önceden belirleme).
- C girişi için koordinatör değer sınırlarını belirler (kestirme).
- C girişi karar verme sorununun ek bir değişkeni olarak kabul edilir (dekuplaj).
- Koordinatör denetleçe eylem ve cevabı ile ilgili bir örnek tanımlar (yükleme).
- Koordinatör denetleçler arası haberleşmenin türünü belirler. En gerçekçi ve fakat zor olanıdır (koalisyon).

Koordinasyon kipinin belirlenmesinden sonra koordinasyon sorununun kendisi ortaya çıkar. Bunun çözümü sırasında işlevler ve ilişkilerde bazı değişiklikler ortaya çıkar. Bu değişiklik örnekte olursa "örnek değişikliği", davranış ölçütünde olursa "davranış değişikliği" adını alır. Bir başka deyişle, koordinatör görevini örneğe, davranış ölçütüne yada her ikisine etki ederek yapar. Son şık en gerçekçi olanıdır.

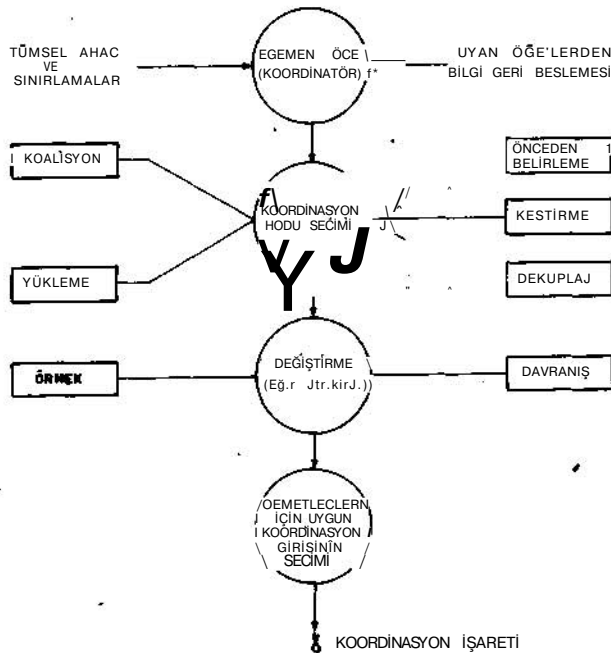
Koordine edilebilirlik sorununun en önemli kısmı alt düzeydeki uyan öğelerin denetim sorunlarının

dizgeyi koordine edilebilir kılacak şekilde değiştirilmesidir. Bu amaçla "etkileşme işleçleri" tanımlanmıştır. Etkileşme işleçleri (operatörleri) dizgeyi önceden tanımlanmış bir ölçüte göre koordine edilebilir kılacak şekilde, ana sorunu değiştirirler. Bu tür koordinasyon sorununun çözümlenmesinde değişimsel matematik, kümeler ve işlevler kuramı, sonlu boyutlu doğrusal dizgeler (normlanmış doğrusal uzaylar), kullanılan matematik yöntemlerdendir. Ayrıca karar verme kuramı yöntemleri de çözümde faydalanılan yöntemlerdendir.

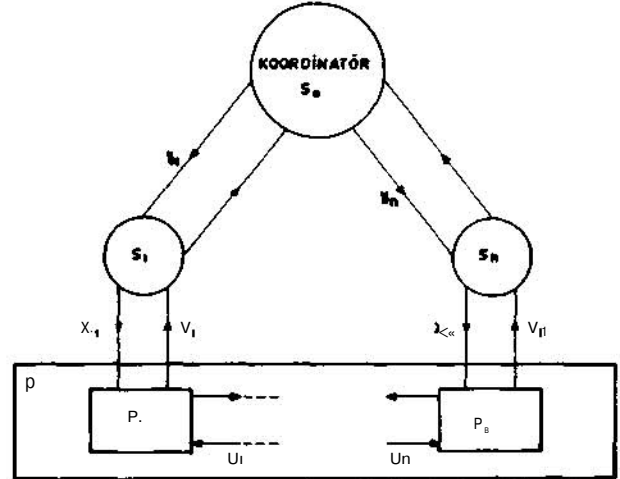
Şekil 3'de koordinatörün (egemen öge) görev zinciri görülmektedir. Tüm dizgenin verileri a) Tüm sel amaç ve b) Çeşitli sınırlamalardır. Süreç başlangıcında bu değerler dizgenin eylem özelliğini sınırlayıp, tanımlar. Bunlar dışarıdan, eylemi ile ilgili olarak, dizgeye yapılan zorlamalardır. Uyan öğelerden gelen bilgi geri beslemesi ise dinamik dizge öğeleri arası yapılan haberleşme sonucu ortaya çıkan değerleri belirler. Bu bilginin ne tür olacağı a) Karar verme sorununa, b) Bu sorunun çözümü için gerekecek örneğe bağlıdır. Ancak bu tür bilginin "elde edilebilirliği" sorunun bağımlı olduğu temel unsurlardandır.

4.1. Tüm Dizge Açısından Koordinatörün Görevinin Nitelendirilişi

Şekil 4'de iki düzeyli hiyerarşik bir dizgenin daha ayrıntılı bir çizimi görülmektedir. Dizgenin matematiksel örneği $P: X+Y$ olmak üzere $y = P(x)$ ve davranış işlevi de $G: X * Y \rightarrow R$ olmak üzere $g(x) = G(x, y)$ olsun. Bundan önceki örnekte olduğu gibi $X = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ olarak tanımlanırsa sürecin i yinci bileşeninin matematiksel örneği $P_i: X_i \rightarrow Y_i$ ($Y_i = P_i U_i$) ile verilir. Burada $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ tüm etkileşme kümesidir.



Şekil 3. Koordinasyon işaretinin üretilişi



Şekil 4. İki düzeyli hiyerarşik dizgenin tüm süreci denetimi

S_i 'nin denetim işareti x_i dir ve S_j tarafından $(i \neq j)$ XIEXI olacak şekilde seçilir. Ancak S_0 'nin bu seçimi yapabilmesi için P_i yi bilmesi gerekmektedir. Böyle olsa bile y_i çıkışı üzerinde bir belirsizlik olacaktır. Bunun nedeni u_i E UI değerinin S_i tarafından bilinmeyen öteki alt dizgelerin davranışına bağlı olmasıdır. İşte bu sorunun çözümünü koordinatör üstüne almaktadır. Bunun için de denetleçlerin örnek ve davranışına tesir eder. Soruna bu açıdan baktığımızda koordinatör için iki görev ortaya çıkmaktadır:

- Alt-düzeydeki öğelere "örnek karışmasını" gerçekleştirmek için

$$A_1^X Y: X_1 * A_1^Y \rightarrow Y_1$$

olacak şekilde bir A_1^X koordinasyon kümesi temin etmek.

- Yine alt-düzeydeki öğelere bir başka B_1^Y koordinasyon kümesi temin etmek ve böylelikle de "davranış işlevi karışmasını" gerçekleştirmek.

Bu durumda, $G_i Y_i$ i yinci alt-düzey öğesinin koordinasyon karışması sonrası davranış işlevi ise

$$G_i Y: X_i * Y_i * A_1^X * B_1^Y \rightarrow R \text{ dir.}$$

0 hâlde her koordinasyon girişi (A^X, B^Y) şeklinde ki bir küme çiftinden oluşmuştur.

Tüm dizge için optimum denetim sorunu, her $x \in X$ için $G(x, y)$ eşitsizliğini sağlayacak $x \in X$ in bulunmasıdır. Yukarıdaki şekilde belirlenmiş bir optimizasyon sorununda koordinatör her bi denetlece X_i lerin seçimi ile ilgili karışma yapar. Bu karışma öyle olmalıdır ki tüm optimum \bar{x}

$$2 = \sum_{i=1}^n X_i$$

biçiminde yazılabilir. Bunda amaç alt-dizge ve alt-amaçlar arasındaki uyumu sağlamaktır. İşte koordinatörün koordine etme görevi böylelikle belirlenmiş olur.

5. KOORDİNATÖRÜN GÖREVİNİ UYGULAYIŞI

Koordinatör belirli koordinasyon kipleri, koordinasyon ilkeleri ve değiştirme işlemlerine uygun olarak çalışır.

5.1. Koordinasyon Kipleri ve İlkeleri

İlk sorun birinci düzeydeki denetleçlerin etkileşme konusunu nasıl ele alacaklarından ortaya çıkar. \hat{x} 'nin seçimi P^{\wedge} ye bağlı olarak ve $G^{\wedge}y$ yi de sağlayacak şekilde olmalıdır. 0 halde denetleçlere V_j bilgisi verilmelidir. Bu da sorunun çözümü için bir koordinasyon kipi için seçimini gerektirir.

İkinci sorun ise koordinatörün hangi esas üzerine $(\hat{A}_1, \hat{B}^{\wedge})$ koordinasyon çiftini seçeceğidir. Bunun çözümünde de koordinasyon ilkeleri ortaya çıkar.

Dekuplaj Kipi: Denetleçler \hat{x}_i i' seçtikleri gibi \hat{U}_i yi de üretirler. \hat{U}^{\wedge} , bölgesel yöneylem için gerekli bilgiyi kapsar. Gerçekte:

$$\hat{U}_i = \hat{U}_i(\hat{x})$$

olduğundan, koordinasyon ilkesinin amacı B^{\wedge} kümesinin öğelerini $\hat{U}^{\wedge} + \hat{U}^{\wedge}(\hat{x})$ olana dek değiştirmektir. Bu, koordinasyonun "etkileşmeyi dengeleme" ilkesidir.

Dekuplaj kipinde dizgenin tüm denetim sorununa bağlı olarak koordine edilebilir olması

$$\hat{x} = \sum_{i=1}^n \hat{x}_i(\hat{\beta}_i)$$

nin tüm sorunun optimum denetimi olacak şekilde $OffBT$ ların var olması koşuluna bağlıdır.

Önceden belirleme kipi: Koordinatör denetleçlerle \hat{A}_i kümesinin öğelerinin önceden belirlenen değerleri konusunda haberleşir. Bu durumda koordinasyon ilkesi $a^{\wedge}e\hat{A}_i$ nin önceden belirlenen değerini $cif = Uf(\hat{x})$ olana dek değiştirmektir.

Bu, koordinasyonun "etkileşmeyi önceden belirleme" ilkesidir. Önceden belirleme kipinde dizgenin tüm denetim sorununa bağlı olarak koordine edilebilir olması

$$\hat{x} = \sum_{i=1}^n \hat{x}_i(\hat{a}_i, 0_i) \text{ nin tüm sorunun optimum de-}$$

netimi olacak şekilde $\hat{a}_i \in U_i$ ve $\hat{B}^{\wedge}E\hat{B}^{\wedge}$ ların var olması koşuluna bağlıdır.

Kestirme kipi: Denetleçler etkileşme değişkenlerini "bozucular" olarak ele alacak biçimde donatılırlar. Bozucular, verilen bir küme ile sınırlandırılırlar. Buna göre koordinasyon ilkesi, \hat{B}^{\wedge} nin, gerçek etkileşme değişkenlerinin daha önce tanımlanmış sınırlar arasına düşene dek koordinatörce değiştirilmesi şeklinde belirlenir. Bu, koordinasyonun "etkileşmenin kestirilmesi" ilkesidir.

iCestirme kipinde önceden belirleme kipi için daha genişletilmiş bir şekli görülür. Burada koordinasyon parametreleri için tek değer yerine bir "bölgenin kestirilmesi" temel farktır.

3unlardan dekuplaj kipi en fazla uygulanabilir olanı, kestirme kipi ise "on-line" uygulamaya olanak serendir. Önceden belirleme kipi ise denetleçler açısından en kolay olanıdır.

5.2. Değiştirme

G_i ilk düzeydeki i yinci öğenin davranış işlevi ise bunun tüm sorun için verilmiş olan G davranış işlevinden elde edilebilmesi için G üzerine bazı sınırlamalar konur. Böylelikle G_j ler üzerine "amaç etkileşme işleçleri" uygulanarak dizgenin koordine edilebilirliği sağlanır. G ve G^{\wedge} ler bazen sorunun verileridir. Eğer veri olarak G^{\wedge} ler verilmemişse, o zaman Mesarovic'in önerdiği aşğıdaki yöntemlerle verilen G den G^{\wedge} leri üretmek olanaklıdır.

$$a) \quad G_i(x_i, y_i, \alpha_i, \beta_i) = G(x_i + \alpha_i, y_i + \beta_i)$$

$$\alpha_i \in U_i, \beta_i \in \bar{Y}_i$$

şöyle ki

$$\hat{M} Y_i | y_i = (y^1, \dots, y^{i-1}, 0, y^{i+1}, \dots, y^{11})$$

$$b) \quad \prod_{i=1}^n G_i(x_i, y_i) = G \quad (\text{toplabilir olma durumu})$$

Uyan koordinasyon kipi ile buna eş düşen koordinasyon ilkesinin seçiminden ve yukarıdaki yöntemlerin biri ile yada veri olarak G_f ler sağlandıktan sonra bunların değiştirilerek dizgenin koordine edilebilir olması işlemine bağlanır.

Genel olarak dizgeler koordine edilebilir değildir. Örneğin, uyan öğelerin karar verme sorunları tüm karar verme sorununa bağlı olarak koordine edilebilir olmayabilir. Ancak bu sorun "değiştirme" adı verilen işlem ile çözümlenebilir. Bu durumda sorun uyan öğelerin karar verme sorunlarının dizgeyi koordine edilebilir kılacak şekilde nasıl değiştirilebileceğidir. Böylelikle yeni bir "uyan öğeler karar verme sorunları kümesi" elde edilmiş olur. Bu işlemi "amaç etkileşme işleçleri" sağlar. Yeni elde edilen davranış işlevi $^{\circ}IM^{\wedge}I I Y_i \gg \langle \alpha_i, \beta_i \rangle$ dir. Konunun ayrıntılı incelemesinde değişimsel matematikten faydalanılır. (1) ve (2) de bu incelemelerle ilgili ayrıntılı bilgi vardır.

Genel olarak değiştirme işlemi sonunda uyan öğe davranış işlevi $G_i M^{\wedge} G_f + p$ şeklini alır. Burada p değiştirmeyi yapan amaç etkileşme işleçlidir.

5.3. İteratif Koordinasyon Stratejisi

Koordinasyon girişinin iteratif yöntemle iyileştirilmesi için egemen ve uyan öğeler birlikte çaba göstermek durumundadırlar, n yinci iterasyonu göz önüne alırsak elimizde $Y_n^{ve} * n$ işaretleri bulunmaktadır. $(n+1)$ inci iterasyonda bir bilgisayar olan koordinatör Y_{n+1} işaretini üretir. Y_{n+1} koordinasyon stratejisini Y_n^{de} daha iyi sağlayacak şekilde seçilir. Bu yeni koordinasyon işaretini kullanarak alt-düzeylerdeki uyan öğeler (denetleçler) $in+1$ denetim işaretini üretirler. Bu iterasyon koordinasyon girişleri dizisinin $(Y_i \gg Y_2, \dots, Y_n \gg Y_{n+1} \gg \dots)$ yakınsak olması halinde optimum koordinasyon işaretini verir.

"On-line" denetim durumunda denetim işareti her iterasyon sonunda sürece uygulanır. "Off-line" durumda koordinatör yakınsayacak çözümü elde edene dek denetim işareti uygulanmaz, elde edildikten sonra ise uygulama olur.

6. SONUÇ

Buraya kadar kısaca hiyerarşik dizge özelliklerinden ve kuruluşundan bahsederek bu tür dizgelerin yapısal özelliklerini inceledik. Daha sonra da yeni bir konu olan koordinasyonun ana hatlarını belirlemeye çalıştık. Sorunu böylece ortaya koyduktan sonra çözümü için bilinegelen denetim sorunlarının çözüm yöntemleri uygulanabilir.

Sorunun çözümüne koordinasyon açısından yaklaşım yapıldığında ortaya aşağıdaki yarar ve sakıncalar çıkabilir:

Yararlar: Tüm dizgenin çeşitli unsurları arasında tümlevsel bir denetim sağlanır. Tüm kaynaklar daha iyi kullanılmış olur. Uyum daha hızlanmış ve hatanın bütün dizge boyunca yayılması da daha yavaşlamış, dolayısıyla güvenilirlik artmış olur.

Sakıncalar: Karmaşık bir işlemdir. İşlevlerin belirlenmesi kolay değildir. Uygulamada denetim ve koordinasyonla ilgili zorluklar çıkabilir.

İleride araştırılacak konular olarak uygulamasal ve kuramsal alanları göstermek olanağı vardır. Uyan koordinatörler ve çeşitli koordinasyon türleri için algoritmalar geliştirilebilir. Kuramın "rasgele" hallere uygulanması da ilerisi için düşünülebilecek araştırma konularındandır. Ayrıca karmaşık endüstri süreçlerine gerek'i biçimlendirmenin yapılıp uygulamanın sağlanması için araştırmalar yapılabilir. Elektronik telefon sistemlerinde uygun trafik yolu seçiminde ortaya çıkacak sorunların ve uzak mesafe haberleşmelerindeki hiyerarşik yapıların çözümleri konularında çeşitli girişimlere olanak tanıyan uygulamalar düşünülebilir.

KAYNAKLAR

- (1) *Mesarovic, M. D., D.Macko ve Y.Takahara,* Theory of Hierarchical Systems, New York, Academic Press, 1970.
- (2) *Mesarovic, M.D. ve Y.Takahara,* / "Coordinability of Dynamic Systems", IEEE Trans. on Automatic Control, Cilt AC-14, No.6, 1969.
- (3) *Cheneveaux, B.;* "Synthesis of a Multivariable Control System via Multilevel Techniques", 2nd IFAC Symposium on Multivariable Technical Control Systems, 1971.
- (4) *Mesarovic, M. D. t* "Multilevel Systems Theory; State of art", 2nd IFAC Symposium on Multivariable Technical Control Systems, 1971.
- (5) *Sadouski, W.t* The Theory of Decision Making, Pergamon Press, s.210-234, 1965.
- (6) *Brackett, R.W.;* Finite Dimensional Linear Systems, John Wiley and Sons. Inc., 1970.
- (7) *Mesarovic, M.D.t* Control of Multivariable Systems, MIT Press, Cambridge, Mass. ve Wiley, New York, 1960.
- (8) *Kefeli, G.>* Hierarchical Systems and Control Problem, Research Report, T.H.Delft, Regeltechnik, Delft, Hollanda, Ağustos 1973.
- (9) *Himmelblan, D.M.f* Decomposition of Large Scale Systems; North Holland 1973.

SÖZLÜK

alış veriş	: <i>interaction</i>
alt-dizge	: <i>sub-system</i>
amaç	: <i>goal</i>
amaç alış veriş	: <i>goal interaction</i>
operatörü	: <i>operatör</i>
ayrıştırma	: <i>decompose</i>
basamak	: <i>echelon</i>
belirleme	: <i>specify</i>
belirsizlik	: <i>uncertainty</i>
bozucu	: <i>disturbance</i>
bölge	: <i>range</i>
çok düzeyli	: <i>multilevel</i>
cümle çifti	: <i>pair of sets</i>
davranış	: <i>performance</i>
davranış geri beslemesi	: <i>performance feedback</i>
davranış işlevi	: <i>performance function</i>
davranış kriteri	: <i>performance criterion</i>
değiştirme	: <i>modification</i>
denetleç	: <i>controller</i>
dizge	: <i>system</i>
düzye	: <i>level</i>
egemen öge	: <i>supremal unit</i>
elde edilebilirlik	: <i>availability</i>
eylem	: <i>action</i>

geçiş işlevi	: <i>transfer function</i>
geçistirme	: <i>to transfer</i>
geçişim "	: <i>transformation</i>
karar	: <i>decision</i>
karar verme süresi	: <i>decision period</i>
karişma	: <i>intervention</i>
karmaşık denetim sorunu	: <i>complex control problem</i>
kat	: <i>layer</i>
kestirme	: <i>estimation</i>
koordine edilebilirlik	: <i>coordinability</i>
koordine edilebilirlik ilkeleri	: <i>principles</i>
nitelendirme	: <i>description</i>
öge	: <i>unit</i>
önceden belirleme	: <i>prediction</i>
örgüt	: <i>organization</i>
örnek	: <i>model</i>
öz dek	: <i>material</i>
süreç	: <i>process</i>
tabaka	: <i>strata</i>
tüm	: <i>overall</i>
tüm dizge	: <i>overall system</i>
unsur	: <i>element</i>
uyan koordinatör	: <i>adapti ve coordinator</i>
uyma	: <i>adaptation</i>
uyan öge	: <i>infimal unit</i>