

## BİLDİRİŞİM SİSTEMİ, MALÜMAT TEORİSİ ve MARKOV MODELİ

### COMMUNICATION SYSTEM, INFORMATION THEORY, and THE MARKOVIAN MODEL

D. CÜCELOĞLU

Tecrübi Psikoloji Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi

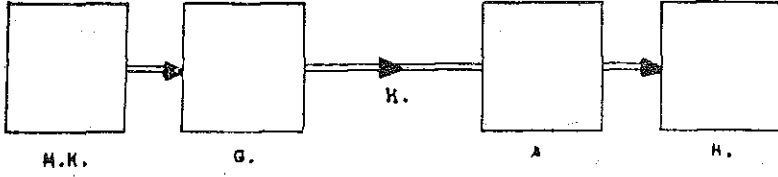
*Öğrencilerin bildirişim sahasında okuma materyali bulmakta çektiği güçlükler dikkate alınarak, bildirişim sistemi ve onunla ilgili sahalardaki belli başlı terimlerin tarif ve izahları yapılmıştır.*

*This is written to provide definitions and illustrations of the terms involved in a communication system and related fields for the Turkish reader.*

1.0 Bildirişim tabiriyle burada iki veya daha fazla organizma veya mekanizmaların birbirini karşılıklı etkilemelerinde bulunan her türlü işlem ve vetirenin tümü kastedilmiştir. Böyle bir karşılıklı etkileme hadisesini çeşitli açılardan ele almak, ve yine her açı içinde vetireyi çeşitli seviyelerde tetkik etmek mümkündür. Bu yazıda bildirişim hadisesini önce genel seviyede ele alıp, umumî bir bildirişim modelinde bulunan unsurları tanıttıktan sonra, böyle bir modelin değişik tetkik sahaslarına tatbiki imkânına kısaca temas edeceğiz.

1.1 Genel Model. Şekil 1 bildirişim hadisesini temsil eden genel bir model göstermektedir. Bu modelde bulunan çeşitli unsurlar şunlardır :

**Malûmat kaynağı.** Her bildirişim sisteminde bulunması gereken karşıya gönderilecek mesajların (his, düşünce, niyet, fiil, ve bu gibi muhteva) kaynağını temsil eden unsurdur.



Şekil 1. Genel bildirişim modeli. M. K., malûmat kaynağı; G., gönderici; K., kanal; A., alıcı; H., hedef'i temsil etmektedir

**Mesaj.** Malumat kaynağında bulunan muhtevanın bir mâna ifade edecek şekilde yapılaşmış şekline mesaj denir. Burada mâna kelimesini en umumi anlamda kullandığımızı dikkat ediniz; hayvan veya cansız mekanizmaların bildirişiminde «mâna» yı o seviyelerde ele almak gerekir.

**Gönderici.** Mesajı hedefe ulaşabilecek şekilde işaret haline çeviren unsurdur.

**İşaret.** Mesajın göndericiden geçerken değişikliğe uğramış şeklidir. Göndericide işaret halinde tahvile uğrayan mesaj hedefe varabilmektedir.

**Alıcı.** İşaret haline geçmiş mesajı öbür uçta yakalayan, kaydeden unsurdur.

**Hedef.** İşaret haline geçmiş mesajın alıcıdan geçtikten sonra vardığı ve tefsir edildiği unsurdur.

**Kanal.** Gönderici ile alıcı arasında bulunan ve işaret haline dönüşmüş mesajın gitmesini sağlayan yoldur.

**Gürültü.** Malûmat kaynağı ile hedef arasında yer alan ve mesajın gönderildiği şekilde alınmasına mani olup, mesajı bulandıran her hangi bir şey veya hadiseye gürültü denmektedir.

**Kod.** Mesajın gönderici tarafından işaret haline dönüşmesi geliş güzel şekilde olmamakta, muayyen kaide ve prensiplere göre yapılmaktadır. Bu kaide ve prensiplerin tümüne kod adını vermekteyiz. Malûmat kaynağından gelen mesajın gönderici tarafından işaret haline dönüştürülmesi hadisesine kodlayıcı vetire, ve kanaldan geçerek alıcıya ulaşan işaretlerin burada yeniden hedefe gidecek mesaj haline getirilmesine kodaçma vetiresi adını vereceğiz.

Geriye bildirme. Malûmat kaynağının gönderdiği mesajların hedef tarafından alınmasından ve tefsir edilmesinden sonra hedef geriye, malûmat kaynağına bir mesaj yollar. Hedefin gönderdiği bu mesajın malûmat kaynağı tarafından alınmasına geriye bildirme hadisesi adını vereceğiz.

Şimdi müşahhas bir bildirişim misali alarak Şekil 1 de verilen model ve unsurları tekrar gözden geçirelim. **A** ve **B** şeklinde belirlediğimiz iki insanın aşağıdaki şekilde konuştuklarını farzedelim :

**A** — Son öğrenci hareketlerini katiiyen tasvip etmiyorum.

**B** — Bense öğrencilerin çok haklı olduğu kanaatındayım.

Burada **A**'nın merkezi sinir sistemi malûmat kaynağını teşkil etmektedir. **A**'nın yukarıda verilen ifadesi kompleks sinir akımları halinde önceden burada vuku bulmuş durumdadır. Bu muteva **A**'nın muayyen bir düşünce veya kanaatına tekâbülmektedir ki, bu mânada, merkezî sinir sisteminin muayyen bir mesaja sahip olduğundan bahsedilebilir. Beyinde sinir enerjisi halinde temsil edilen, gırtlak, ses telleri, küçük dil, damak, dil, diş, dudaklar, ve burundan ibaret oldukça grift bir konuşma mekanizması (gönderici) tarafından kelime yani işaret haüne dönüştürülür. **A** ve **B** Türk olduklarına göre, gönderici mesajı Türk Dili kaidelerine uygun olarak kodlayacaktır. Burada kod Türkçe'ye ait her türlü kaide ve prensiplerin tümüdür.

İlk bakışta beyinde sinir enerjisi olarak temsil edilen mesajla ağızdan çıkan sözün, bildirişim tabirlerini kullanırsak işaretin, aynı olduğu intibayı uyanabilir. Fakat **A**'nın yukarıda verdiğimiz ifadesin İngilizce kodladığımızı farzederseniz, mesajla işaretin aynı şey olmadığını tebarüz ettirmiş oluruz. **A**, beyinde sinir enerjisi olarak bulunan mesajı bildiği ve konuştuğu herhangi bir lisanda söyleyebilirdi; yani bildirişim tabirleriyle söyleyecek olursak, tek bir mesajla tekabül eden birbirinden farklı işaretler olabilir. **A** vermiş olduğumuz misâlde Türkçeyi kod olarak kullanmış bulunuyor ve yukarıda verilen ifadede her kelime bir işaret, ve kelimelerden ibaret cümlede bir işaretler serisi teşkil etmektedir.

**A**'nın ağızından (göndericiden) çıkan sözler (işaretler) havada fiziki titreşimler olarak temsil edilir. **A** ile **B** arasında yer alan hava bildirişim sistemindeki kanalı teşkil etmektedir. Havası alınmış bir odada, diğer yaşama şartları sağlanmış olsa dahi, **A** ve **B**'nin sözlü bildirişiminde bulunmaları, işaretleri gönderecekleri uygun bir kanal bulunmadığından, imkânsız hale gelecektir.

Hava dalgalarının taşımış olduğu fiziki titreşimler **B**'nin kulak kepçesi, kulak borusu, iç kulak teşkilâtı ve buraya bağlı sinirlerden müteşekkil olan alıcı tarafından zaptedilecektir. Fiziki titreşimler şeklinde zaptettiği işaretleri alıcı kodaçıcı vetire yoluyla **B**'nin beyininin (hedef) anlayabileceği, tefsir edebileceği bir mesaj haline dönüştürecektir. Vermiş olduğumuz misalde gerek göndericinin kodlayıcı gerekse alıcının kodaçıcı vetirelerinde aynı kod'un, yani Türkçe dilinin kullanılmış olduğuna dikkat ediniz.

**A** ile **B** arasında yer alan ve işaretlerin berraklığını bozan, bulandıran herhangi bir hadise sistemindeki gürültü unsuruna tekabül eder. Trafik gürültüsü, **A** ile **B** konuşurken aralarından geçen herhangi bir şahıs, veya bir satıcının bağıırışı buna bir misal olabilir. **A**'nın kekeme olması, veya **B**'nin kulağının ağır işitmesi de gürültü kaynağı olarak gösterilebilir. Bazı hallerde **A**'nın veya **B**'nin dikkatini başka tarafa çekip, gönderilen veya alman mesajların berraklığını bulandıran alâka değişimleri, ani fizyolojik ve norolojik değişimler — **A**'da veya **B**'de tansiyon yükselmesi gibi — gürültü olarak almabilirler.

**B** ifadede bulunduğu zaman, bildirişim modelindeki fonksiyonları bakımından, **A** ve **B** yer değiştirmiş olurlar. Bu sefer **B** malûmat kaynağı ve gönderici, **A** ise alıcı ve hedef durumuna düşerler. **B**'nin ifadesi **A**'nın ilk sözüne bir cevap teşkil etmekte ve böylece, **A** söylemiş olduğu sözün **B** tarafından kabul edilmediği, ikisinin talebe hareketleri mevzuunda farklı kanaatlara sahip olduğu hususunda bir fikir edinebilmektedir. Bu hadise **geriye bildirme**'ye bir misal teşkil etmektedir.

2.0 Yukardaki misale benzer bildirişim misalleri insandan aşağı hayvanlar, veya makinalar seviyesinde de verilebilir. Kari von Frisch'in (1950) tetkik etmiş olduğu bal arılarının dansı, veya Norbert Wiener'in (1950) teklif etmiş olduğu einsten mekanizmaların işleyişi yukarda vermiş olduğumuz bildirişim modeline birer misal teşkil ederler. Modeldeki unsurların tarifi ve fonksiyonları bakımından yeni bir şey ilâve etmeyecek her seviyeden ayrı misaller verecek yerde, bildirişim sisteminin çeşitli tetkik açılarından bir kaçını kısaca görelim.

## 2.1 Bildirişimin matematik yönden tetkiki : Malûmat Teorisi.

Bildirişim sistemini teşkil eden birimler ister insan, hayvan veya makinalar olsun, bildirişim hadisesini mücerret seviyede matematik yönden tetkik etmek mümkündür. Bu gibi problemlerin tetkik edilebilmesi için

malûmat teorisi denen bir matematik dalı gelişmiştir (Shannon, L. E. and Weaver, W. 1949). Çok teferruata gitmeden malûmatdan ne kastedildiğini ve bunun bildirişim hadisesiyle nasıl bir münasebeti olduğunu gözden geçirelim.

2.1.1. Burada malûmat kelimesi özel bir anlamda kullanılmaktadır; mâna veya bilgi tabirleriyle karıştırılmamalıdır. Bahsedeceğimiz teoride kullanılan malûmat tabirinin bizim günlük hayatta kullandığımız müphemiyet, veya katıyyet kelimeleriyle yakın bir münasebeti olup, bu mânada malûmat kelimesinin ihtimaliyet hesabıyla sıkı bir ilişkisi vardır. Bir kaç misalle tetkikimize başhıyalım:

**Misal 1.** Elinizde bir Türk Lirası var. Karşınızdaki şahıstan parayı havaya atınca yazının mı yoksa turanın mı üste geleceğini tahmin etmesini istiyorsunuz. Burada şahıs iki ihtimalle karşı karşıyadır, ve bu ihtimaller birbirine eşittir: tura ihtimali  $\frac{1}{2}$ , yazı ihtimali  $\frac{1}{2}$ .

**Misal 2.** Elinizde bir zar var, ve karşınızdaki şahıstan zarı atınca hangi sayının çıkacağını bilmesini istiyorsunuz. Bu halde şahıs altı eşit ihtimalle karşı karşıyadır, ve her numaranın gelme şansı  $\frac{1}{6}$  dir.

**Misal 3.** Onaltı dilimi olan bir rulet masasında olduğunuzu farzedin, ve karşınızdaki şahıstan ufak topun hangi dilimde duracağını bilmesini istiyorsunuz. Bu durumda şahıs 16 eşit ihtimalle karşı karşıyadır, ve topun her dilimde durma şansı  $\frac{1}{16}$  dir.

Bu misalleri verdikten sonra size:

— Bu üç halden hangisinde şahsın doğru tahmin etme imkânı daha fazladır?

şeklinde bir sual sorsam, sağduyunuzu kullanarak hiç tereddüt etmeden misal 1 deki hali gösterirsiniz. Hakikaten, şahsın içinden seçme durumunda bulunduğu şıklar en az misal 1 dedir. Diğer bir deyişle, şahıs misal 1 de tahmin edebilme hususunda daha belirli, daah az müphem bir durumla karşı karşıyadır. Misal 2 de müphemiyet artmakta, misal 3 te ise müphemiyet diğer durumlardan çok daha fazlaşmaktadır. İşte malûmat teorisi bu müphemiyet fikrini kemmileştirecek bir usul getirmiştir. Aşağıdaki

formül  $H$  ile gösterilen malümat (müphemiyet) miktarını bit<sup>1</sup> cinsinden bulmak üzere kullanılır.

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

Eğer  $p_i$  değerler eşitse o zaman formül (1)

$$H = -N(p_i \log_2 p_i) \quad (2) \text{ olur.}$$

Bu formüller de  $i$  hangi şıktan — yazı veya tura gibi — bahsedildiğini,  $N$  kaç ihtimal mevcut olduğunu,  $p_i$  bahsedilen şıkkın gelme ihtimalini, ve  $\log p_i$  ise bu ihtimalin iki tabanında logaritmasını göstermektedir. Bu formülü verdiğimiz misallere tatbik edelim.

**Misal 1.**  $N = 2$ , çünkü yazı ve tura gibi iki ihtimal var.

$$p_i = \frac{1}{2} \text{ çünkü yazı ve tura ihtimalleri birbirine eşittir.}$$

$$\log_2 p_i = -1$$

Eşit ihtimalleri bulunan bir halle karşılaşmış durumdayız, formül (2) de yerlerine korsak:

$$H = -2 \left( \frac{1}{2} \times -1 \right) = 1 \text{ bit.}$$

Böylece yazı veya turanın geleceğini tahmin etme halinde 1 bitlik bir malümat (veya müphemiyet) vardır deriz.

1. Bit, iki şıklı rakam manasına gelen, İngilizcedeki "binary digit" kelimelerinin yerine kullanılmaktadır. Elektronik beyinlerin gelişmesinde iki şıklı rakam sistemi temel olarak kabul edildiğinden verilen formülde logaritma daima 2 tabanında alınır. On şıklı (decimal) sistemde 0 ile 9 arasında değişen rakamlarla çalışılır, iki şıklı (binary) sistemde ise 0 ile 1 rakamları kullanılır. Daha fazla bilgi için bk. Pierce (1961)

**Misal 2.**  $N = 6$ , çünkü zarnın altı yüzü vardır.

$$p_i = \frac{1}{6} \text{ çünkü her rakamın gelme ihtimali birbirine eşittir.}$$

$$\log_2 p_i = -2.45.$$

Formül (2) de yerine korsak:

$$H = -6 \left( \frac{1}{6} x - 2.45 \right) = 2.45 \text{ bit.}$$

Zarnın hangi rakamının geleceğini bilme halinde 2.45 bitlik bir müphemiyet mevcuttur.

**Misal 3.**  $N = 16$ , rulette onaltı dilim var farzettik.

$$p_i = \frac{1}{16} \text{ çünkü küçük topun dilimlerden birinde durma}$$

ihtimali birbirine eşittir.

$$\log_2 p_i = -4.$$

Formül (2) de yerine korsak :

$$H = -16 \left( \frac{1}{16} x - 4 \right) = 4 \text{ bit.}$$

Böylece rulet topunun hangi dilimde duracağını tahmin etme halinde 4 bitlik bir müphemiyet vardır deriz.

Bu usulü tatbik ederek her misalde istenen işin güçlük nisbetini tayin edebiliriz; misal 1, misal 3 den dört defa daha kolay bir tahmin durumu arz ediyor diyebiliriz.

2.1.2. Yukarda verdiğimiz misâlde şıkların zuhur etme ihtimalleri birbirine eşittir. Şimdi ihtimallerin eşit olmadığı hallerde müphemiyetin nasıl hesaplanacağına misaller verelim, ve bunları eşit ihtimalli misallerle mukayese edelim.

**Misal 4.** Elimizde bir tarafı daha ağır olan hileli bir para olsun, öyle ki, yazının gelme ihtimali,  $p_y = \frac{3}{4}$ , ve turanın gelme ihtimali  $p_t = \frac{1}{4}$  olsun. Burada :

$$N = 2$$

$$p_y = \frac{3}{4}, \log_2 p_y = -.27$$

$$p_t = \frac{1}{4}, \log_2 p_t = -2.00$$

Formül (1) de yerine korsak :

$$H = - \left[ \left( \frac{3}{4} x - .27 \right) + \left( \frac{1}{4} x - 2.00 \right) \right] = .72 \text{ bit.}$$

Görülüyor ki yazının gelme ihtimali  $\frac{1}{2}$  den  $\frac{3}{4}$  e yükselince, yazı veya turanın hangisinin geleceğini tahmin edilmesini icab ettiren durumdaki müphemiyet miktarı da azalmıştır. 1 bit'den .72 bit'e düşmüştür. Yani yazı veya turanın hangisinin geleceğine dair bahse girmek mevzubahis olsaydı yazının gelme ihtimalininin daha fazla olduğunu bildiğinden şahıs yazının geleceğine bahse girerdi.

**Misal 5.** Elimizde hileli bir zar bulunsun ve bu zarda her rakamın gelme ihtimali aşağıdaki değerlere sahip olsun:

$$p_1 = \frac{1}{12}, \log_2 p_1 = -3.46$$

$$p_2 = \frac{1}{12}, \log_2 p_2 = -3.46$$

$$p_3 = \frac{1}{12}, \log_2 p_3 = -3.46$$

$$p_4 = \frac{1}{12}, \log_2 p_4 = -3.46$$

$$p_5 = \frac{1}{12}, \log_2 p_5 = -3.46$$

$$p_6 = \frac{7}{12}, \log_2 p_6 = -0.81$$



Bu değerleri formül (1) de yerlerine koyunca  $H=1.9$  bit'lik bir müphemiyet miktarı bulunur. Bu miktarı misal 2 deki 2.45 bit'lik müphemiyet miktarıyla karşılaştırırsak, hangi rakamın geleceği hususunda yapacağımız tahminin oldukça kolaylaşmış olduğunu görürüz. Eğer siz bu rakamların gelme ihtimallerini bilerek bu zar üzerinde bahse girecek olsaydınız, muhakkak altı rakamı üzerinde bahse girecektiniz. Çünkü sistem öyle hazırlanmış ki sizin kazanma imkânınızı evvelden bilinecek bir hale getirmiş. İşte böyle ihtimaliyet sistemine mükerrer (redundant) sistem, ve altı rakamının çıkmasıyla ilgili malümata da mükerrer malumat adını vereceğiz.

Bir sistemdeki unsurların (parada yazı veya tura, zarda 1 ile 6 arasında değişen her bir rakam gibi) ortaya çıkma ihtimalleri birbirine eşit bir hale geldikçe müphemiyet fazlaşır, ve unsurlardan biri veya birkaçı diğerlerinin aleyhine fazla ihtimaliyet kuvveti kazandıkça müphemiyet azalır ve sistem mükerrer bir sistem olma temayülü gösterir.

2.1.3 Yukarda vermiş olduğumuz matematiksel malumatın bildirişim teorisıyla olan ilgisi nedir? Aşağıdaki misali vererek bu suali cevaplandırmaya çalışalım.

**A** ve **B** gibi iki şahıs birbirlerini göremeyecekleri, sadece karşılıklı konuşabilecekleri ayrı odalara konular. Her birinin elinde Şekil 2 de I, II, ve III le gösterilen tablolar bulunsun. **B**'den istenen **A**'nın tablodaki karenin hangisine işaret koymuş olduğunu bulmak. Verilen kaide şu: **B**, **A**'ya istediği şekilde soru sormakta serbest, fakat **A** sadece "evet" veya "hayır" şeklinde cevap verecek.

X	
---	--

I

	X

II

		X	

III

Şekil 2. A ve B'nin ellerinde bulunan tablolar.

Tablo I.  $H = 1$  bit.

Hangi bölmede işaret olduğunu bulmak için **B** verimli veya verimsiz yollar seçebilir. Verimsiz usule bir misal :

**B** — **A**, bana söyle işareti hangi bölmeye koydun?

**A** — Hayır.

**B** — Sağa mı koydun, sola mı koydun?

**A** — Hayır.

Verimli usule misal (bundan böyle **B**'nin zeki bir insan olduğunu farzederek tabloları sadece bu usul içinde mukayese edeceğiz):

**B** — İşaret sağ bölmede mi?

**A** — Hayır.

**B**, bu noktada ikinci bir soruya ihtiyacı hissetmiyor, çünkü verilen cevapla işaretin hangi bölmede olduğunu anlamış bulunuyor.

**Tablo II.**  $H = 2$  bit.

**B** — İşaret yatay orta çizginin yukarısında mı?

**A** — Hayır.

**B** — Dikey orta çizgisinin aşağısındaki karelerden sağdakinde mi?

**A** — Evet.

**Tablo III.**  $H = 4$  bit.

**B** — İşaret yatay orta çizginin yukarısında mı?

**A** — Hayır.

**B** — Dikey orta çizginin sağında mı?

**A** — Evet.

(Bu andan itibaren Tablo III'ün sağ alt köşesindeki çeyreğinin mevzu bahis olduğuna dikkat ediniz.)

**B** — Geri kalan kısmın yatay çizgisinin üstünde mi?

**A** — Evet.

**B** — Dikey çizginin sağında mı?

**A** — Hayır.

Bu anda **B** işaretin nerde olduğunu tam olarak bilmektedir. Hiç bir müphemiyet kalmamıştır.

Dikkat edilecek olursa bit cinsinden verilen müphemiyet miktarı **H** ile **B**'nin sormuş olduğu soru miktarı arasında sıkı bir münasebet bulunmaktadır. Müphemiyet arttıkça, en verimli metodu kullandığı halde, **B** sorduğu sualleri arttırmak mecburiyetini hissettirmiştir.

Müphemiyet miktarı ile bildirişim hadisesi arasındaki münasebete dair başka bir misali İstanbul Üniversitesinden Özcan Başkan'm (1967) yabancı meslektaşlarıyla birlikte «Işık Dili» üzerinde yaptığı tetkikten verebiliriz. Bu tetkikte Giresun'a bağlı Kuşköyü'nde kullanılan Işık Dili'nin üç vokal ve üç konson içerisinde Türkçenin bütün seslerini temsil ettiği görülmüştür. Işık Dili'ndeki sesler ve bunların Türkçe'deki tekabülleri aşağıda gösterilmiştir:

Işık Dili'ndeki ses	/i/	/ö/	/o/	/f/	/ç/	/k/
Türkçe mukabilleri	i ü	e ö	i u a o	p b f v h m	t d ç c s z r l ş j n y	k g
	vokaller			konsonlar		

Böylece Türkçe'deki "kasaba" kelimesi Kuşköylüler tarafından Işık Dili'nde "k o ç o f o" olarak söylenmektedir.

Şimdi Kuşköyünden **A** ve **B** gibi iki şahıs alalım. Şekil 1 de takdim ettiğimiz bildirişim modeli çerçevesinde **A** malumat kaynağı ve göndericiyi ihtiva etmekte, **B** ise alıcı ve hedefi teşkil etmektedir. **A** bir  $x$  mesajını dudak ve dili (gönderici) vasıtasıyla Işık Diline kodlayarak / ç o k / işaretini çıkarmış olsun. Bu işaret ışığın modüle olmuş şekli halinde hava dalgaları tarafından taşınarak ve **B**'nin kulaklarına (alıcıya) gelecektir. Alıcıdan hedefe (**B**'nin beynine) giden işaret burada aynı kod kullanılarak açılacak ve  $x$  mesajı mânalı bir şekilde tefsir edilecektir. **B**'ye / çok / işaret şeklinde gelen  $x$  mesajının birden fazla tefsiri mümkündür. Yukarıda verilen iki dil arasındaki ses münasebetlerini göz önüne alırsak  $x$

mesajının Türkçede aşağıdaki karşılıklarını bulmak mümkündür. tik, tak, tok, sık, sok, şık, şok, çok, çık, çak, yık, yak, yok. Eğer hal ve şartlar bu tefsirlerden bir tanesini kuvvetli bir ihtimal haline getirmiyor ve her tefsir birbirine eşit ihtimalde bulunuyorsa  $B, H = 3.74$  bitlik bir müphemiyetle karşılaşmış oluyor demektir. **A** ve **B**'nin bu durumda sıhhatli bir bildirişim vetiresi içinde bulunduğunu söylemek imkânsızdır. Halbuki  $x$  mesajı Türkçe sesleriyle söylenmiş olsaydı, yalnız bir tek tefsir mümkün olup,  $H = 0$  bit değerinde olacaktı. Bu halde ise **A** ve **B** birbirlerinin ne demek istediklerini tamamiyle anlayacaklar, sıhhatli bir bildirişim tesis etmeleri mümkün olacaktı.

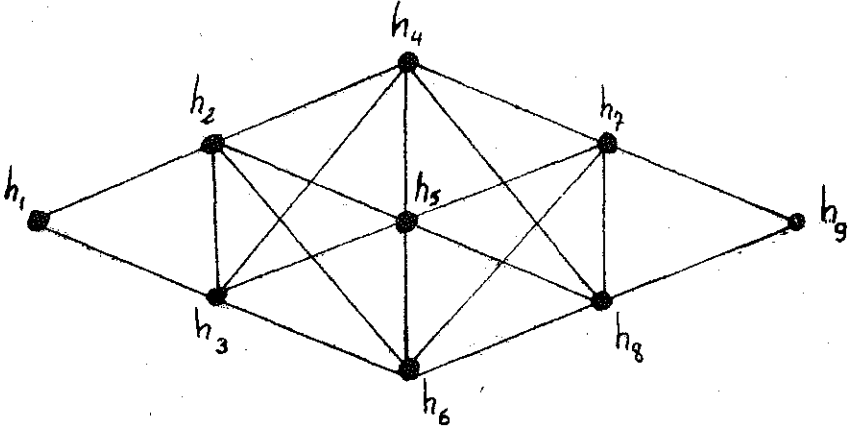
## 2.2.0 Dil ve Bildirişim : Markov Modeli.

En geniş mânasında aldığımız zaman dil hem sun'i hem de tabii lisanları ihtiva eder. Muayyen bir cemiyete mensup insanların aralarında konuşmuş oldukları lisan tabii dil'e, ve belirli bir fonksiyonu karşılamak için icat edilmiş lisanlar da sun'i dile misal teşkil ederler. Çeşitli matematik münasebetleri ve işlemleri kayıt ve anlatmakta kullanılan işaret, kaide ve formüller "matematik" lisanını" meydana getirirler. Bu lisan bu sahada ihtisaslaşmış insanlar tarafından icat ve idame ettirilmiştir. Çağımıza damgasını vuracak hızlı bir ilmi, teknolojik ve endüstriyel gelişmeye yol açmış bulunan elektronik hesap makinaları böyle sun'i diller kullanırlar. Elektronik beyinlerin kullandıkları diller makinanın yapısına, kullanıldığı maksat ve yere göre değişirler; FORTRAN, SCATRE bu gibi dillere misal olarak gösterilebilir.

Bildirişim sistemindeki birim ister insan, ister hayvan, veya elektronik beyin gibi mekanik bir mekanizma olsunlar, bildirişim hadisesinin vuku bulabilmesi için muhakkak bir dil'e, bildirişim lisanıyla konuşacak olursak bir kod'a ihtiyaç vardır. İşte insan diline bildirişim sistemindeki bir kod olarak bakmak ve bu beşerî kod'un yapısını matematiki tahlile tabi tutmak birçok araştırmacıların meşguliyetini teşkil etmiş ve bu sahada çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Pierce, 1961; Cherry, 1961; Shannon and Weaver, 1949; Chomsky, 1957; Hockett, 1953; Osgood and Sebeok, 1965; Carroll, J. B. 1964; Miller and Chomsky, 1963).

Bu yazının temel saiki bildirişim modeli ve onun unsurlarının tanıtılmasıdır; bu sebepten çok geniş bir sahaya yayılan dil tetkiklerinden temsilci olmak üzere sadece bir tanesini kısaca gözden geçireceğiz.

2.2.1. Lisan'ı birbiri ardından gelen ve aralarında muayyen ihtimaliyet kuvveti olan münferit işaretler dizisi olarak görmek bildirışim sahasında meydana gelen gelişmelerin tesiriyle zuhur etmiş ve lenuistik sahasında yeni bir okulun doğmasına yol açmıştır. Bu yeni okulun temelinde bulunan matematik modeli, mucidi olan Rus matematikçisinin adından dolayı, Markov modeli ismiyle tanınır. Şekil 3 de temsili olarak gösterildiği gibi Markov zinciri sonlu sayıda münferit halleri ihtiva eder; bu hususiyetinden dolayı Markov modeline sonlu sayıda halleri ihtiva eden makina (finite-state machine) adı da verilir. Vermiş olduğumuz örnekte  $h_1, h_2, \dots, h_9$



Şekil 3. Dokuz hal ihtiva eden bir Markov modell.

şeklinde beirleuen dokuz hal mevcuttur. Makina verilen bir zaman biriminde ancak bir halde bulunabilir ve bir halden diğerine geçerken bir sembol (mesela Türkçe bir kelime) istihsal eder. Makinanın başlamış olduğu ilk hal'e birinci hal, ve nihayet bulduğu hal'e de son hal adını verelim. Makinanın bir halden sonra kaçınıcı hale geçeceğini haller arasında mevcut ihtimaliyet kuvvetlerinin birbiriyle olan nisbetleri tayin eder.  $h_1$  ile gösterilen birinci hal'den hareket eden makina hem  $h_2$  hem de  $h_3$  hallerine gitme imkânlarına sahiptir.  $h_1 - h_2$  arasındaki ihtimaliyet kuvvetinin  $h_1 - h_3$  ihtimalinden yüksek olduğu halde yani ( $Ph_1 - h_2 > Ph_1 - h_3$ ) ise makina  $h_2$  ye gidecek ve bu anda  $h_3, h_4, h_5,$  ve  $h_6$  hallerinden birine gitme imkânları ile karşılaşacaktır. Bu noktada  $h_2$  ile hangi hal daha kuvvetli bir ihtimaliyet bağına sahipse makina o hattı seçecektir ve bu şekilde yolları takip ederek son hal'e kadar gidecektir.

Şekil 3'de örnek olarak vermiş olduğumuz makinanın bir halden diğerine geçerken aşağıdaki Türkçe kelimeleri istihsal edeceğini farzedelim :

$h_1$  den  $h_2$  ye giderken çocuk kelimesini istihsal etsin.

$h_1$	»	$h_3$	»	»	adam	»	»	»
$h_2$	»	$h_3$	»	»	ve	»	»	»
$h_2$	»	$h_4$	»	»	neden	»	»	»
$h_2$	»	$h_5$	»	»	hergün	»	»	»
$h_2$	»	$h_6$	»	»	kısa	»	»	»
$h_3$	»	$h_2$	»	»	el	»	»	»
$h_3$	»	$h_4$	»	»	sanki	»	»	»
$h_3$	»	$h_5$	»	»	kızar	»	»	»
$h_3$	»	$h_6$	»	»	elma	»	»	»
$h_4$	»	$h_5$	»	»	olsun	»	»	»
$h_4$	»	$h_7$	»	»	ışık	»	»	»
$h_4$	»	$h_8$	»	»	yazar	»	»	»
$h_5$	»	$h_4$	»	»	kalem	»	»	»
$h_5$	»	$h_6$	»	»	masa	»	»	»
$h_5$	»	$h_7$	»	»	tatlı	»	»	»
$h_5$	»	$h_8$	»	»	oyun	»	»	»
$h_6$	»	$h_5$	»	»	kağıt	»	»	»
$h_6$	»	$h_7$	»	»	verir	»	»	»
$h_6$	»	$h_8$	»	»	mendil	»	»	»
$h_7$	»	$h_8$	»	»	eğer	»	»	»
$h_7$	»	$h_9$	»	»	ölür	»	»	»
$h_8$	»	$h_7$	»	»	güzel	»	»	»
$h_8$	»	$h_9$	»	»	oynar	»	»	»

9 halli sonlu bir makina olan Şekil 3 teki model listeden de anlaşılacağı üzere 24 kelimelelik bir sözlüğü istihsal edebilecek kapasitededir. Bu 24 kelimeyi çeşitli uzunluklarda birbiriyle birleştirerek çok büyük sayıda kelime dizileri istihsal edilebilir. Şimdi farzedelim ki ihtimaliyet kuvvetleri şöyle bir zincir teşkil etsin ve makina bunlardan sırayla kelimeleri istihsal ederek geçsin:  $h_1 - h_2 - h_3 - h_7 - h_9$ . Bu durumda makine aşağıdaki söz dizisini istihsal edecektir:

çocuk ve sanki ışık ölür

Bu dizi Türkçe konuşan birinin rahatlıkla anlayıp tefsir edebileceği bir dizi değildir. Eğer makine  $h_1 - h_2 - h_3 - h_4 - h_5$  hallerinden geçecek şekilde bir ihtimaliyet zincirine malikse, o zaman:

çocuk hergün oyun oynar

söz dizisini elde ederiz ki birincisiyle mukayese edilecek olursa çok daha kolayca anlaşılabilir bir cümle teşkil etmektedir.

Haller arasındaki ihtimaliyet bağları sadece kendinden önceki münferit hale bağlı kalmadan haller serisinin inkişaf ediş tarzıyla da ilgilidir. Daha açık bir şekilde söyleyecek olursak,  $h_1 - h_2 - h_3 - h_4 - h_5$  serisindeki  $h_3 - h_4$  arasındaki ihtimaliyet kuvveti,  $h_5$  den önce,  $h_1 - h_2 - h_3$ , veya  $h_1 - h_2 - h_3$  hallerinin her birinde farklı değerler gösterecektir.

Böyle bir model insan sonlu sayıda halleri bulunan bir Markov makinası, insan dilini de bu makinanın istihsal etmiş olduğu bir işaret sistemi olarak kabul eder. Konuşucu bir cümle istihsal etmek için başlangıç halinden başlar ve ikinci hal'e giderek cümlenin ilk kelimesini istihsal eder, bu da ikinci bir kelimeye götürür, ve bu böyle son hale varıncaya kadar devam eder. Konuşucunun haller arasında seçmiş olduğu yol mevcut gramer kaideleri tarafından tesbit ve tayin edilmiştir.

İnsan dilini böyle bir model çerçevesi dahilinde izah etmek bir çok noktalarda tatmin edici olmamakta ve bir sınırdan sonra kısır kalmaktadır (Meselenin teferruatlı müzakeresi için bk. Chomsky, N. 1957, s. 18-25; Chomsky and Miller, 1963; Chomsky, 1963). Bu meselenin münakaşası bizi doğrudan doğruya lengüistik sahasının içine götüreceğinden böyle bir münakaşaya girişmiyeceğiz.

### 2.3.0. Diğer İlimler ve Bildirişim

Bildirişim üzerindeki çalışmalar ve bilhassa malûmat teorisinin gelişmesi bir çok ilimlerde tesirini göstermiş ve yeni yaklaşımların doğmasına sebep olmuştur. Böyle bir yazının çerçevesi içinde Psikoloji, Sosyoloji ve İktisat gibi ilimlerin bünyesinde bildirişim teorisi ile ilgili meydana gelen değişikliklerden bahsetmek imkânsızdır. Okuyucu yabancı dil imkânları nisbetinde verilen bibliyografyadan faydalanabilir. Malûmat teorisi psikolojide, düşünce gibi en kompleks psikolojik vetirelerden tepki - zamanı gibi nisbeten basit görünen vetirelere kadar geniş bir sahaya tec-

rübi olarak tatbik edilmiş ve faal bir araştırma ve müzakere devresinin başlamasına yol açmıştır. Bildirişim modelini ve malümat teorisini makine - makine, ve makine - insan münasebetlerine tatbik eden ve cybernetics adı ile bilinen yeni bir dal Norbert Wiener'in çalışmalarıyla gelişmeye başlamış, ve bu gelişmenin iktisadî ve içtimaî cepheleri gerek sosyologların gerekse iktisatçıların dikkatini çekmiştir. Psikoloji ve sosyoloji sahalalarında bildirişim modelinin tatbik ve müzakeresini şumullü şekilde yapılacak yerimiz olmadığından burada böyle bir tetkike girmedik.

Yazıda kullanılan tabirlerin İngilizce karşılıkları :

Alıcı	Receiver
Başlangıç hal'i	Initial state
Beürlilik	Certainty
Bildirişim	Communication
Geriye-bildirme	Feedback
Gönderici	Transmitter
Gürültü	Noise
Hedef	Destination
İşaret	Signal
Kanal	Channel
Kod	Code
Kodaçma	Decoding
Kodlama	Encoding
Malümat kaynağı	Information source
Malümat teorisi	Information tehory
Mesaj	Message
Mükerrer sistem	Redundant system
Son hal	Final state
Sonlu sayıda halleri ihtiva eden sistem	Finite-state machine



## BİBLİOGRAFYA

- Başkan, Ö. (1967). *Lenguistik Metodu*. Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Carroll, J. B. (1964). *Language and Thought*. Prentice - Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Cherry, C. (1961). *On Human Communication*. Science editions, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Chomsky, N. (1957). *Syntactic Structures*. Mouton & Co n.v.
- Chomsky, N. (1963). Formal properties of grammars in *Handbook of Mathematical Psychology*, Vol. 2, ed. by Duncan Luce, Robert R. Bush, and Eugene Galanter, John Wiley and Sons, Inc.
- Chomsky, N. and Miller, G. A. (1963). Introduction to the formal analysis of natural languages, in *Handbook of Mathematical Psychology*, Vol. 2, ed. by Duncan Luce, Robert R. Bush, and Eugene Galanter, John Wiley and Sons, Inc.
- Frisch, Karl von (1950). *Bees: Their Vision, Chemical Senses and Language*, Cornell University Press, Ithaca.
- Hockett, C. F. (1953). Review of Mathematical theory of communication, *Language*, 29, 69 - 93.
- Miller, G. A. and Chomsky, N. (1963). Finitary models of language users in *Handbook of Mathematical Psychology*, Vol. 2, ed. by Duncan Luce, Robert R. Bush, and Eugene Galanter, John Wiley and Sons, Inc.
- Osgood, C. E., and Sebeok, T. A. eds. (1965). *Psycholinguistics*, Indiana University Press, Bloomington & London.
- Pierce, J. R. (1961). *Symbols, signals and noise*, Harper Torchbooks, New York.
- Shannon, C. E., and Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*, The University of Illinois Press, Urbana.
- Wiener, Norbert (1950). *The Human use of Human Beings; Cybernetics and Society*, Doubleday Anchor Books, Garden City, N. Y.