

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ETMEN TABANLI SİSTEMLERLE KULLANICI
HAREKETİNİN MODELLENMESİ: MÜZE ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Evren Müge ŞEKER

Anabilim Dalı: Bilişim

Programı: Mimari Tasarımda Bilişim

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Gülen ÇAĞDAŞ

HAZİRAN 2006

**ETMEN TABANLI SİSTEMLERLE KULLANICI
HAREKETİNİN MODELLENMESİ: MÜZE ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar Evren Müge ŞEKER
(710031003)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2006**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Muhittin GÖKMEN

Yard. Doç. Dr. Meltem AKSOY

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Her şeyden önce, tez çalışmam süresince, bana her açıdan yardımcı olan, fikirleriyle ve yorumlarıyla çalışmanın bu aşamaya gelmesini sağlayan, motivasyonumu kaybettiğim zamanlarda beni motive eden tez danışmanım ve sevgili hocam Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ'a en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Maddi manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen babama, sabırla tüm tezimi defalarca okuyarak yanlışlarımı düzelten sevgili anneme ve bitirme dönemi olmasına rağmen bana yardım etmek için elinden geleni yapan canım kardeşime teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Modelin gelişmesi aşamasında büyük yardımlarını gördüğüm, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, geceleri çok geç saatlerde bile arayarak rahatsız ettiğim, buna rağmen sabırla tüm sorularımı cevaplayan Erçin, Yasin ve Kürşad'a, beni yalnız bırakmayan ve destekleyen tüm dostlarıma ve eğitim hayatım boyunca bana emek veren hocalarıma teşekkür borçluyum.

Mayıs, 2006

Evren Müge Şeker

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	3
1.2. Tezin Kapsamı	4
1.3. Tezde İzlenen Yöntem	5
2. YAPAY ZEKA VE UYGULAMA ALANLARI	7
2.1. Yapay Zeka'nın Tanımı	7
2.2. Yapay Zeka'nın Gelişim Süreci	8
2.2.1. İnsan gibi düşünen sistemler	10
2.2.2. İnsan gibi davranan sistemler	10
2.2.3. Rasyonel düşünen sistemler	11
2.2.4. Rasyonel davranan sistemler	12
2.3. Yapay Zeka'nın Uygulama Alanları	13
2.3.1. Robotik	13
2.3.2. Doğal Diller	14
2.3.3. Sinirsel Ağlar	15
2.3.4. Bulanık Mantık	18
2.3.5. Sanal Gerçeklik	19
2.3.6. Uzman Sistemler	22
2.3.6.1. Uzman Sistemlerin Özellikleri	22
2.3.6.2. Uzman Sistem Bileşenleri	23
2.3.6.3. Uzman Sistemlerin Genel Yapısı	25
2.3.6.4. Uzman Sistemlerin Yararları	27
2.3.6.5. Uzman Sistemlerin Kullanım Alanları	28
3. ETMENLER, ETMEN ÖZELLİKLERİ VE TÜRLERİ	29
3.1. Etmen Tanımı	29
3.2. Etmenlerde Gerçek Zamanlılık	32
3.3. Etmen Özellikleri	34
3.4. Etmenler ve Nesneler Arasındaki Farklar	35
3.5. Etmenler ve Uzman Sistemler Arasındaki Farklar	35
3.6. Etmen Mimarileri	36
3.6.1. Mantık Tabanlı Mimari	36

3.6.2. Tepkisel Mimari	38
3.6.3. İnanç-Arzu-Amaç Mimarisi	40
3.6.4. Katman Mimarisi	42
3.7. Etmen Tipolojileri	44
4. ÇOKLU ETMEN SİSTEMLER VE UYGULAMA ALANLARI	47
4.1. Çoklu Etmen Sistem Tanımı	47
4.2. Çoklu Etmen Sistem Özellikleri	50
4.3. Çoklu Etmen Sistemlerde Bireysel Etmen Us Yürütmesi	51
4.4. Çoklu Etmen Sistemlerde Etmen Haberleşmesi	52
4.4.1. Koordinasyon	52
4.4.2. Anlam Boyutu	54
4.4.3. Mesaj Tipleri	55
4.4.4. Haberleşme Düzeyleri	55
4.4.5. Konuşma Hareketi	56
4.5. Çoklu Etmen Sistemlerde Etmen Etkileşim Protokolleri	57
4.5.1. Koordinasyon Protokolleri	57
4.5.2. İşbirliği Protokolleri	59
4.4.2.1. Organizasyonel Yapı Oluşturma	60
4.4.2.2. Sözleşme Ağı	61
4.4.2.3. Çoklu Etmen Planlaması	64
4.5.3. Görüşme	64
4.6. Çoklu Etmen Sistemlerde Öğrenme	66
4.7. Çoklu Etmen Sistem Uygulama Alanları	68
4.8. Çoklu Etmen Sistem Örnekleri	68
4.8.1. SCULPTOR	68
4.8.2. MASQUE	71
4.8.3. RETSINA	72
4.8.4. Diğer Örnekler	75
5. KULLANICI HAREKET MODELLERİ	78
5.1. Kullanıcı Hareketinin Tanımlanması	78
5.2. Kullanıcı Hareket Tahmini ve Yörünge Analizleri	78
5.3. Çoklu Etmen Sistemlerle Yapılmış Kullanıcı Hareket Modeli Örnekleri	80
5.3.1. STREETS	81
5.3.2. Sanal Tate	82
6. ETMEN TABANLI SİSTEMLERLE KULLANICI HAREKETİNİN MODELLENMESİ	86
6.1. İstanbul Arkeoloji Müzesinin Tanıtılması ve Seçilme Nedeni	86
6.2. Kullanılan Programlama Dilinin Tanıtılması ve Seçilme Nedeni	88
6.3. Önerilen Modelin Yapısı	89
6.3.1. Veri Tabanı Modülü	89
6.3.1.1. Plan Matrisi	90
6.3.1.2. Doluluk Matrisi	91

6.3.1.3. Eser Koordinatları	91
6.3.1.4. Plan Şeması	92
6.3.2. Ana Program Modülü	93
6.3.3. Etmen Modülü	95
6.4. Modeldeki Kısıtlamalar	100
6.5. Modelin Uygulanması	101
7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	105
KAYNAKLAR	108
EKLER	115
ÖZGEÇMİŞ	122

KISALTMALAR

CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
YZ	: Yapay Zeka
DYZ	: Dağıtılmış Yapay Zeka
BDI	: Belief-Desire-Intention (İnanç-Arzu-Amaç)
HMD	: Head Mounted Display (Sanal Dünyayı Görselleştiren Başlık)
VIEW	: Virtual Interface Environment Workstation (Sanal Arabirim Ortamı Geliştirme Merkezi)
MAS	: Multi- Agent Systems (Çoklu Etmen Sistemler)
GIS	: Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi)
KMQL	: Knowledge Query and Manipulation Language (Bilgi Sorgu ve İşleme Dili)
KIF	: Knowledge Interchange Format (Bilgi Değiş-Tokuş Formatı)
ACL	: Agent Communication Language (Etmen Haberleşme Dili)

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. : RETSINA Çoklu Etmen Organizasyonu.....	74
Tablo 6.1. : Plan Matrisi.....	90
Tablo 6.2. : Etmenlerin Modeldeki Temsili.....	97

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 4.1 : SCULPTOR - Yönlendirici Etmenin Çizdiği Olası Patikalar.....	69
Şekil 4.2 : SCULPTOR - Maliyet Etmeni	70
Şekil 4.3 : SCULPTOR - Yaratıklar.....	70
Şekil 4.4 : MASQUE Sistem Mimarisi.....	71
Şekil 4.5 : MASQUE Plan Üretim Süreci.....	72
Şekil 4.6 : RETSINA'daki Etmen Mimarisi.....	73
Şekil 4.7 : RETSINA Çoklu Etmen Sisteminin Grafiks el Anlatımı.....	74
Şekil 5.1 : Sanal Tate – Gözlemlenmiş Yol İzleri.....	83
Şekil 5.2 : Sanal Tate – Ortalama Oda İşgali....	83
Şekil 5.3 : Sanal Tate – Modelin Çalışması S ırasında Alınan Anlık Görüntü.....	84
Şekil 5.4 : Sanal Tate – Odaların Ziyaretçi Yoğunluğu	85
Şekil 6.1 : İstanbul Arkeoloji Müzesinin Giriş Kat Planı.....	87
Şekil 6.2 : Model Yapısı.....	89
Şekil 6.3 : Müze Planının Görsel Temsili.....	92
Şekil 6.4 : Ana Program Modülünün Akış Diyagramı.....	94
Şekil 6.5 : Etmenlerin Hareketi.....	96
Şekil 6.6 : Etmen Modülünün Akış Diyagramı.....	99
Şekil 6.7 : Etmenlerin Müzeye Girişi.....	101
Şekil 6.8 : Etmenlerin Müzede Dolaşımı.....	102
Şekil 6.9 : Etmenlerin Müzeden Çıkışı.....	102
Şekil 6.10 : Son Etmenin Müzeden Çıkışı.....	103
Şekil A.1 : Etmenlerin Sisteme Girmesi Süre: 0 dk 11 sn.....	116
Şekil A.2 : Son Etmenin Sisteme Girmesi Süre: 1 dk 23 sn.....	116
Şekil A.3 : Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 2 dk 00 sn	116
Şekil A.4 : İlk Etmenin (Nekropol Bilgili Etmen) Sistemden Çıkması Süre: 2 dk 34 sn.....	116
Şekil A.5 : İlk Çocuk Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 2 dk 42 sn..	117
Şekil A.6 : İlk Bizans Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 4 dk 18 sn.	117
Şekil A.7 : Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 5 dk 00 sn.....	117
Şekil A.8 : Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 7 dk 00 sn.....	117
Şekil A.9 : İlk Antik Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 7 dk 27 sn....	117
Şekil A.10 : Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 7 dk 27 sn.....	117
Şekil A.11 : Son Çocuk Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 9 sn	118
Şekil A.12 : İlk Düzenli Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 21 sn	118
Şekil A.13 : Son Antik Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 38 sn	118
Şekil A.14 : Son Nekropol Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 43 sn.....	118
Şekil A.15 : Son Bizans Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 11 dk 13 sn.....	118
Şekil A.16 : Son Etmenin (Düzenli Etmen) Sistemden Çıkması Süre: 11 dk 41 sn.....	118
Şekil B.1 : Etmenlerin Sisteme Girmesi Süre: 0 dk 14 sn.....	119
Şekil B.2 : Son Etmenin Sisteme Girmesi Süre: 1 dk 06 sn.....	119

Şekil B.3	: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 2 dk 00 sn.....	119
Şekil B.4	: İlk Etmenin (Çocuk Bilgili Etmen) Sistemden Çıkması Süre: 2 dk 33 sn.....	119
Şekil B.5	: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 5 dk 00 sn.....	120
Şekil B.6	: İlk Bizans Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 5 dk 51 sn..	120
Şekil B.7	: İlk Nekropol Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 6 dk 27 sn.....	120
Şekil B.8	: İlk Antik Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 7 dk 44 sn.....	120
Şekil B.9	: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 8 dk 00 sn.....	120
Şekil B.10	: Son Çocuk Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 8 dk 09 sn	120
Şekil B.11	: Son Bizans Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 16 sn.....	121
Şekil B.12	: İlk Düzenli Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 29 sn.....	121
Şekil B.13	: Son Nekropol Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 36 sn.....	121
Şekil B.14	: Son Antik Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 48 sn	121
Şekil B.15	: Son Etmenin (Düzenli Etmen) Sistemden Çıkması Süre: 11 dk 26 sn.....	121

ETMEN TABANLI SİSTEMLERLE KULLANICI HAREKETİNİN MODELLENMESİ: MÜZE ÖRNEĞİ

ÖZET

Yapay Zeka, insan gibi düşünen, algılayan, hareket edebilen, öğrenebilen, problem çözmek için hafızasındaki bilgileri kullanan bilgisayar modelleri ile ilgili çalışmalar yapan bilim dalıdır. Dağıtılmış yapay zeka, yani çoklu etmen sistemler, daha karmaşık problemleri çözmek için, dağınık durumdaki bilgi kaynaklarına giriş yapabilen ve çözüme yönelik ortaklaşa çalışan etmen toplumlarıdır. Her bir etmen, özerk, ortamı algılayan, ortama tepki veren ve yapay zekanın farklı tekniklerini işleyen bir yazılımdır. İnsan hareketlerini bilgisayar ortamına aktarabilmeyi sağlayan, yapay zekanın ilgi alanına giren çoklu etmen sistemlerin, insan faktörünün ilk sırada yer aldığı mimari tasarım alanında kullanılması kaçınılmazdır.

Mimari tasarımda, kullanıcı hareketi bir yandan tasarıma yön verirken, bir yandan da kısıtlayan bir rol oynar. Kullanıcı hareketini önceden tahmin edebilmek, tasarımcıya önemli bir avantaj sağlar. Bu amaçla, tez kapsamında, etmen sistemlerden faydalanarak, bir kullanıcı hareket modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model, seçilen müze binasında denenerek, kullanıcı hareketleri gözlemlenmiştir.

Tez çalışmasında ilk olarak, etmen tabanlı bir kullanıcı hareket modeli tasarlanmadan önce, geniş bir literatür taraması yapılarak, konu hakkında bilgi edinilmiştir. Konuyla ilgili yapılmış çalışmalar irdelenmiştir. Bu bilgiler ışığında, modelin nasıl oluşturulacağıyla ilgili yön belirlenmiştir. Daha sonra, uygun programlama dili ve uygulama alanı seçilmiş ve bilgi toplanmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda belirlenen kurallara ve kabullere dayanarak, program algoritması oluşturulmuş ve model geliştirilmiştir.

Tezin giriş bölümünde genel kavramlarla ilgili bilgi verilmiş, tezin amacı, kapsamı ve tezde izlenen yöntemler tanımlanmıştır.

İkinci bölümde yapay zeka ve uygulama alanlarından bahsedilmiş, yapay zekanın tanımı yapılmış, ilk ortaya çıkışından itibaren gelişim süreci anlatılmış, uygulama alanları örneklerle açıklanmıştır.

Üçüncü ve dördüncü bölümde, etmenler ve çoklu etmen sistemler tanımlanmış, özellikleri ve bileşenleri anlatılmıştır. Uygulama alanlarından bahsedilmiş ve literatürdeki, farklı uygulama alanlarına yönelik, önemli etmen tabanlı sistem örnekleri verilmiştir.

Beşinci bölümde, kullanıcı hareket modellerine, insan hareketi ve bu hareketin neye bağlı olduğuna değinilmiş, etmen tabanlı sistemlerle yapılmış, şehir ve bina ölçeğindeki iki farklı kullanıcı hareket modeli tanıtılmıştır.

Altıncı bölümde, önerilen etmen tabanlı kullanıcı hareket modeli, ayrıntılı olarak tanımlanmış, model yapısı ve modelin çalışması anlatılmıştır. Modelin programlama dili ve uygulamanın yapıldığı müze binası ile ilgili bilgi verilmiştir. Modelde bulunan modüller ve bu modüllerin işleyişi açıklanmıştır.

Son bölümde, modelin seçilen uygulama ortamında uygulanması sonucunda, elde edilen bulgular açıklanarak, bir değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca, modelle ilgili gelecekteki çalışmalar için öneriler geliştirilmiştir.

MODELLING AGENT BASED PEDESTERIAN MOVEMENT:

CASE STUDY MUSEUM

SUMMARY

Artificial Intelligence is a discipline that conducts studies on computer models which can think, perceive, move and use knowledge to solve problems like humans. Distributed Artificial Intelligence, meaning multi agent systems, is an agent society which can use distributed information sources and works collaboratively to reach a solution, for the purpose of solving more complex problems. Every agent in this society is a software that is autonomous, perceives environment and reacts to its surroundings, and exploits different techniques of artificial intelligence. It is inevitable for the multi agent systems, which is a field of artificial intelligence and used for transferring human movements to the virtual environment, to be in the architectural design area in which human factor plays an important role.

In architectural design, pedestrian movement has a role of both directing and restricting designs. Predicting pedestrian movements in advance, provides an important advantage to the designer. With this purpose, this thesis proposes an agent based pedestrian movement model. The proposed model is applied on a selected museum and the pedestrian movements are observed.

In this thesis research, before designing an agent based pedestrian movement model, a research is conducted on previous literature surveys in order to have a broader knowledge about the subject. The studies on this subject were considered at length. In the light of gathered information, the method for constructing the model was determined. Afterwards, the appropriate programming language and case study area was chosen and related information was collected. Based on the rules and acceptations that are determined by observations, the algorithm of program is composed and the model is developed.

In the introduction of the thesis, information about the general concepts is given and the aim, scope and methods of thesis are identified.

In the second chapter, artificial intelligence and its applications are mentioned; the definition of the artificial intelligence is made, the evolution process is explained, the application areas are defined with examples.

In the third and fourth chapters, agents and multi agent systems are identified and their characteristics and components are explicated. Application areas are stated, and significant examples of agent based systems regarding different application areas were given from previous researches.

In the fifth chapter, pedestrian movement models, human movement and the factors affecting this movement are explained. Two different pedestrian movement models constructed through agent based systems, one in a city scale and the other in a building scale, are introduced.

In the sixth chapter, proposed agent based pedestrian movement model, is defined in details and the structure and application of the model are described. The

programming language and the museum building in which the application takes place, are described. The program modules and their operations are illustrated.

In the last chapter, considering the application of the model, an assessment is made. Moreover, suggestions are given for further research.

1. GİRİŞ

Son 20 yıldan bu yana, bilgisayar donanımlarındaki teknolojik ilerlemelerin, bilgisayar yazılımlarındaki gelişmelerin önüne geçtiği sıklıkla ifade edilmektedir. Şu anda ilkel ve yetersiz temsil özellikleri ile birleşmiş en karmaşık ticari öneri olan CAD yazılımları incelenirse, CAD'in işletme ortamlarına bile, birden fazla basit etmen ilave etmenin olanaksız olduğu görülür. Temsil problemlerinin çözülmesi ve çoklu etmen koordinasyonunun sağlanma yöntemleri için geliştirilmiş yeni yaklaşımlara rağmen, CAD programları son 10 yılda geliştirilmiş ve kendini kanıtlamıştır. Bir kaç yıl önce, yeterince olgunlaşmamış, sadece prototip olarak test edilen CAD programları, ticari gelişmeler için sağlam bir temel oluşturmuşlardır.

Yazılım endüstrisi, tüketici ihtiyaçlarına göre yön alır ve kullanıcıların net ve açık bir şekilde ortaya koydukları, gerekliliklerine dayanır. Başka bir deyişle, yazılım uygulamalarındaki birçok ilerlemeler, ekonomik ve sosyal kuvvetlere bağlı ve teknik gelişmelerden çok, tüketici anlayışı ve beklentileri üzerine kurulur. Fakat, insan toplumu çok yavaş evrim geçirir ve yeniliklere kolay kolay uyum sağlayamaz. Teknik gelişmeler sonucunda üretilen fırsatlar, genellikle ilk ortaya çıktıklarında fark edilmezler ve sıklıkla koşullar bir değişim için elverişli oluncaya kadar, yıllarca keşfedilmemiş olarak kalabilirler. (Pohl, 1995).

Mühendislik ve mimari tasarım bilim dallarında ve planlama, yönetim ve ekonomi gibi benzer karmaşık problem alanlarında, daha karmaşık karar destek sistemlerine olan gereksinim son dönemlerde tanımlanmaya başlanmıştır. Kaynakların azaltılması ve artan global karışmalar, bu konuda dikkate alınan önemli katalizörlerdir. Karar vericiler, tasarımcı ya da yönetici olması farketmez, problem durumlarını tanımlayan parametrelerdeki dinamik değişimlere adapte olabilmek için, sürekli artan bir baskı altındadırlar. Aynı zamanda, karar verme sürecindeki ürün kalitesi dikkatle incelenmektedir. Bu faktörler sonucunda, dağıtılmış bilgi kaynaklarına giriş yapabilen ve insanlardaki gibi uzman ve fonksiyonel karar verme yeteneğine sahip, birleştirilmiş yazılım sistemlerine olan ihtiyaç ortaya çıkar. Bu ihtiyacı dağıtılmış yapay zeka teknikleri ile karşılamak mümkündür. Başlangıcı 1970'lerin sonlarına dayanan Dağıtılmış Yapay Zeka (DYZ), bu yıllardan itibaren hızla gelişmiş ve çeşitlenmiştir. Bugün yerleşmiş ve gelecek vaadeden bir

araştırmadır. DYZ, sonuç, kavram ve bir çok disiplinle (Yapay Zeka , bilgisayar bilimi, sosyoloji, ekonomi, organizasyon ve işletme bilimi, felsefe...vb disiplinler) ilgili fikirleri biraraya getiren bir uygulama alanıdır. Geniş kapsamı ve çoklu disiplinle ilgili doğası DYZ'nin bir kaç kelimeyle tanımlanmasını zorlaştırır. DYZ, çoklu etmen sistemlerinin çalışması, yapılması ve uygulamasıdır; etkileşim içinde olan bir çok akıllı etmen barındıran ve etmenlerin bazı amaçları gerçekleştirmeye çalıştığı ya da bazı görevleri yerine getirdiği sistemlerdir. (Ferber, 1999).

Etmen, yazılım gibi bilgisayar ortamındaki bir varlık ya da çevresine uygun hareket eden ve algılayan, özerk ve hareketleri kısmen kendi tecrübelerine bağlanabilen bir robot gibi görülebilir. Zeki bir varlık olarak etmen, çeşitli ortam koşullarında algısal ve etkisel araçlar sağlandığı takdirde esnek ve mantıklı olarak çalışır. Hareketsel esneklik ve mantıklılık, etmen tarafından problem çözme, planlama, karar verme ve öğrenme gibi ana işlemler baz alınarak elde edilir. Etkileşen bir varlık olarak etmenler, faaliyetleri sırasında diğer etmenler tarafından, belki de insanlar tarafından etkilenebilirler. Çoklu etmen sistemlerindeki etkileşimin ana modeli, hem iş birliği yapan hem de rekabete dayanan durumlarda amaç ve görev odaklı eşgüdümdür. İşbirliği durumlarında bir çok etmen çabalarını birleştirmeye çalışarak tek başına yapamadıklarını grup olarak başarmaya çalışır. Rekabete dayanan durumlarda ise etmenler sadece bir kaçının sahip olduğunu elde etmeye çalışır. DYZ'nin uzun döneme dayanan amacı; insanlar da dahil olmak üzere etmenlerin etkileşimine olanak sağlayan mekanizmalar ve yöntemler geliştirmek ve ister bilgisayar ortamında olsun, ister insan olsun, isterse her ikisi de olsun akıllı varlıkların arasındaki etkileşimi anlamaktır. Bu amaç, tek bir başlangıç sorusu olan “nerde, kiminle, nasıl etkileşim oldu?” sorusu çerçevesinde gelişen, bir çok çelişen konuyu da ortaya çıkarmıştır.

DYZ üzerinde çalışmanın 2 sebebi bulunmaktadır ve bu sebepler son yıllarda neden bu alanın bu kadar büyüdüğünü de açıklamaktadır. İlki, çoklu etmen sistemlerinin şimdiki ve gelecekteki bilgisayar biliminde ve uygulamalarında ana rol oynayacak kapasiteye sahip olmasıdır. Modern hesaplama platformları ve bilgi ortamları, dağıtılmış, geniş, açık ve heterojendir. Bilgisayarlar artık tek başına sistemler değildir, günümüzde birbirlerine ve kullanıcılarına sıkıca bağlıdırlar. Bilgisayarların ve bilgi sistemlerinin artan karmaşıklığı uygulamaların karmaşılaşmasıyla paralel ilerlemektedir. Bunlar çoğu zaman geleneksel ve merkezi hesaplama seviyesini aşarlar; çünkü onlar, mesela, çok miktardaki verinin ya da farklı coğrafi yerlerde yer alan verilerin işlenmesine ihtiyaç duyarlar. Bu tür uygulamalarla başa çıkabilmek için bilgisayarlar, parça yerine bireyler veya etmenler olarak hareket etmelidirler.

DYZ'nin sağladığı teknolojiler, yüksek seviyede etkileşimi ve modern hesaplama ve bilgi işlem sistemlerindeki karışık uygulamaları yönetebilmek için gerekli teknolojiler arasındadır. (Weiss, 2000).

İkinci sebep çoklu etmen sistemlerinin, beşeri toplumlardaki etkileşim kuramlarının ve modellerinin analizinde ve geliştirilmesinde önemli rol oynama kapasitesine sahip olmasıdır. İnsanlar farklı şekillerde ve birçok seviyede etkileşim içine girerler: örneğin insanlar birbirlerini gözlemlerler ve birbirlerini model olarak alırlar; bilgi alırlar ve verirler; görüşürler ve tartışır; çevreleri hakkında ortak görüşler geliştirirler; sorunları bulur ve çözerler; takım ve komite gibi örgütsel birimler kurar ve dağıtırlar. Günlük hayatımızın bütünleşmiş bir parçası olmasına rağmen, birçok etkileşim işlemleri insanlar arasında hala eksik anlaşılıyor. DYZ teknolojileri, onların toplumbilimsel ve psikolojik temellerinin incelenmesine olanak tanır. (Weiss, 2000).

Dağıtılmış yapay zeka ile ilgili yıllardır sürdürülen çalışmaların konusunun özü ve araştırma soruları, çoklu etmen sistemlerin tasarımı ve etkin işletimi üzerinedir. Çoklu etmen sistemler, bina içindeki hareketin etmen tabanlı modellenmesinden, binanın çoklu kullanıcı bir ortam olarak temsiline kadar çok geniş alandaki mimari simülasyonlar için, bir çok yeni yaklaşımı da ortaya atmıştır. Çoklu etmen sistemler kullanılarak, bireysel karar verme ve kolektif veya bireysel hareketin dinamik simülasyonu, bilgisayar ortamında gerçeğe yakın bir şekilde modellenabilmektedir. Geliştirilen bilgisayar modeli sayesinde, insan hareket ve davranışları tahmin ve analiz edilebilmekte ve tasarımın ilk aşamalarından itibaren insan faktörünün gözönünde bulundurularak doğru kararların alındığı tasarımları gerçekleştirmek mümkün olabilmektedir.

1.1. Tezin Amacı

Winston Churchill şöyle demiştir; “İnsan karakteri ve hareketi üzerinde mimarlık ve yapının etkisinin olduğu şüphesizdir. Biz binaları inşa ederiz, daha sonra onlar da bizi inşa eder. Binalar hayatımızın akışını kontrol ederler” (Batty vd., 1998). Mimarlığa yönelik bu anlayışın günlük hayattaki uygulamaları geniş kapsamlıdır. Mümkün olduğu sürece, insanlar binaları değişen işlevlere uyarlarlar, ama bir binanın yapısı esnek değilse ve küçük bir değişime bile izin vermiyorsa, insan hareketini kısıtlayıcı ya da zorlaştıracı tasarlanmışsa bina başarısız sayılır. (Batty vd., 1998).

Binalardaki sirkülasyon, tasarımın başlangıç noktasını oluşturan kavramlardan biridir. Eğer bir insanın yapı içerisindeki dolaşımı, ilk tasarım aşamasında iyi analiz

edebilirse, binada çıkabilecek olası problemler önceden görülüp, daha iyi çözümler araştırılarak, yaya akışının doğru, rahat ve düzenli olduğu binalar tasarlanabilir. Tezin amacı, hem tasarım sürecinde hem de mevcut binalardaki sirkülasyon sistemlerinin değerlendirilmesinde yardımcı olabilecek görsel bir simülasyon modelinin üretilmesi ve üretilen bu model ile tasarımcının karar verme sürecinde, farklı alternatiflerin sirkülasyon sistemlerini analiz ederek en iyi çözüme ulaşmasına olanak sağlamaktır.

Bina içindeki hareketin tasarımdaki önemi, özellikle bir çok sayıda insan tarafından kullanılan ve üretim, değişim ve eğlence benzeri bir fonksiyona sahip, toplumsal ve ticari binalarda ön plana çıkmaktadır. Müzeler bu binalardan biridir ve müzelerin doğru şekilde tasarlanması, nesnelerin daha iyi ve etkin bir şekilde sergilenmesini, kullanıcının müze içerisinde daha rahat hareket edebilmesini ve sonuçta da kullanıcı sayısının artmasını sağlayacaktır. Müzelerdeki yaya akışını doğru planlamak, bina içerisinde meydana gelebilecek sıklık, dar boğazları ve sergi salonlarındaki aşırı yoğunluğu engeller. İnsanlar, müze içerisindeki zamanlarını bir yerden bir yere gitmeye çalışmakla değil, daha çok eserleri inceleyerek geçirmek isterler. Etkin bir tasarımla, ziyaretçilerin müze içerisinde yönlendirilerek tüm mekanları gezmeleri ya da ilgi alanlarındaki mekana daha rahat ulaşip zamanlarını iyi ve istedikleri gibi değerlendirmeleri sağlanabilir. Yaya hareketini analiz etmek, inşa edilmiş binalar için de önemlidir. Dış duvarlar tamamlanmış da olsa, mekan içerisindeki tasarımda değişiklik yapılarak müzedeki mevcut sorunlar giderilebilir, konumu dolayısıyla az ziyaret edilen mekanlara, ya da en fazla ziyaret edilen mekanlara göre obje yerleşimi yapılabilir. Bu tez çalışmasında, tasarımın odak noktası olan kullanıcı hareketlerinin analiz edilebilmesi için, etmen tabanlı sistemlerden faydalanılarak geliştirilmiş, bir kullanıcı hareket modeli oluşturulmuştur. Model, İstanbul'un en eski ve kapsamlı müzelerinden biri olan İstanbul Arkeoloji Müzesi'nde uygulanmıştır.

1.2. Tezin Kapsamı

Tez kapsamında, çoklu etmen sistemler üzerinde yoğunlaşmış ve bu sistemlerin kullanıcı hareketlerini tahmin etmede kullanılmaları üzerinde odaklanılmıştır. Çalışma bina ölçeğine taşınmış ve müze binaları seçilerek, inceleme alanı daraltılmıştır.

Öncelikle etmen tabanlı sistemlerin temelini oluşturan yapay zeka kavramı tanımlanmış, gelişim süreci başlığı altında, insan gibi düşünen ve davranan sistemler ve rasyonel düşünen ve davranan sistemler irdelenmiştir. Yapay zekanın uygulama alanları olan robotik, doğal diller, sinirsel ağlar, bulanık mantık, sanal

gerçeklik ve uzman sistemler, örneklerle açıklanmış ve yapay zekadan günümüze kadar olan süreçler gözönüne serilmiştir.

Daha sonra, dağıtılmış yapay zeka olarak kabul edilen, çoklu etmen sistemlerinin bileşeni olan “etmen” kavramının ne olduğu, özellikleri, nesne ve uzman sistemlerden farklılıkları ortaya konmuş, etmenleri meydana getirirken kullanılan mantık tabanlı mimari, tepkisel mimari, inanç-arzu-amaç mimarisi ve katman mimarisi tanımlanmış, farklı etmen tipolojileri incelenerek örneklerle anlatılmıştır.

Etmen kavramı ayrıntılı olarak ortaya konduktan sonra, çoklu etmen sistemlerin nasıl oluştuğu, neden çoklu etmen sistemlere ihtiyaç duyulduğu incelenmiş, çoklu etmen sistem özellikleri tanımlanmıştır. Çoklu etmen sistemlerde bulunan her etmenin nasıl işlediği, etmenler arasındaki haberleşme ve etkileşimin nasıl sağlandığı anlatılmış, çoklu etmen sistemlerde öğrenme kavramına değinilmiştir. Uygulama alanları tanımlanmış ve bazı çoklu etmen sistem örnekleri tanıtılmıştır.

Sonraki bölümde, kullanıcı hareketleri tanımlanmış ve bu hareketleri etkileyen faktörler açıklanarak, yörüngelerin nasıl belirlendiği belirtilmiştir. Ayrıca, literatürdeki etmen tabanlı kullanıcı hareket modellerinden farklı iki ölçek ele alınarak yapılmış iki model incelenerek, çalışmaların sonuçları açıklanmıştır.

Son bölümde, önerilen kullanıcı hareket modeli tanıtılmıştır. Modelin programlama dili, seçilen uygulama alanı ve seçilme nedenleri belirtilmiştir. Model yapısı, yani programdaki modüller, akış diyagramları yardımıyla anlatılmış, programın uygulaması hakkında bilgi verilmiştir. Programda, kullanıcı hareketinin neye göre belirlendiği, planın bilgisayar ortamında nasıl temsil edildiği ve etmenlerin program içerisindeki kurallara göre nasıl hareket ettiği tanımlanmıştır. Daha sonra modelin uygulanmasıyla elde edilen bulgular açıklanmıştır.

Sonuç olarak, önerilen modelin mimari tasarım açısından önemi, yararları ve elde edilen veriler irdelenmiş, gelecekte yapılabilecek çalışmalar için öneriler geliştirilmiştir.

1.3. Tezde İzlenen Yöntem

İlk olarak etmen tabanlı sistemler hakkında geniş bir literatür taraması yapılarak, bilgi toplanmıştır. Etmen tabanlı sistemlerin ne olduğu, nasıl modellendiği, uygulama alanları ve örnek modeller incelenmiştir. Daha sonra, kaynaklarda daha çok farklı alanlarda kullanılan etmen tabanlı sistemlerin, tasarımdaki uygulamaları üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu konuya yakın olan bilimsel çalışmalar irdelenmiştir.

Kullanıcı hareketleri ve bu hareketlerin etmen tabanlı sistemler kullanılarak tahmini konusunda yoğunlaşarak, araştırmaya yön verilmiştir. Uygulama alanı olarak müzelerdeki kullanıcı hareketi belirlenmiş ve kullanıcı hareketlerinin simülasyonunu yapmak amacıyla bir bilgisayar modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bilgiler yorumlanarak bir kullanıcının, etmen olarak nasıl modelleneceği, yaya hareketinin gerçeğe yakın olarak nasıl bilgisayar ortamına aktarılabilceği tasarlanmıştır. Program algoritması, en uygun programlama dili ve gerçek hayattaki müze yaya hareketinin incelenerek verilerinin program içerisinde kullanılacağı ve programa şablon oluşturacak bir müze seçimi konusunda araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalar ve incelemeler sonucunda, en uygun programlama dili Java, uygulama alanı olarak da İstanbul Arkeoloji Müzesi belirlenmiştir. Bu kapsamda, bir yandan İstanbul Arkeoloji Müzesi içerisindeki yaya hareketi gözlemlenerek veri toplanmış, bir yandan da program algoritmasının oluşturulması için Java programlama dili konusundaki çalışmalar yapılmıştır.

Arkeoloji Müzesi'nin planını basit hatlarıyla bilgisayar ortamında temsil etmek için matris tanım tekniği kullanılmıştır. Plan oluşturulurken, müzenin sadece giriş katındaki bölümler kullanılmış, eserler müzedekiyle yaklaşık olarak doğru yerlere ve yaklaşık aynı sayıda yerleştirilmiştir. Programdaki kabuller belirlendikten sonra kurallar oluşturulmuş ve öncelikle kullanıcı olarak tek bir etmenin hareketi sağlanmıştır. Daha sonra farklı ilgi alanlarına göre yönlenebilen, farklı sayılarda etmenler yaratılarak, müze içerisindeki hareket gözlemlenmiştir. Etmen sayıları farklılaştırılarak, farklı tip ve sayıdaki etmenlerin, müze içerisindeki dolaşımı nasıl etkilediği incelenmiştir.

2. YAPAY ZEKA VE UYGULAMA ALANLARI

2.1. Yapay Zeka'nın Tanımı

Zeka, insanın düşünme, akıl yürütme, objektif gerçekleri algılama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamı olarak tanımlanabilir. Karmaşık bir problemi çözmek için gerekli bilgileri toplayıp birleştirebilme kabiliyetidir. Yapay Zeka, insandaki bu yetenekleri algılayıp, benzerlerini üreten bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışan, bir bilgisayar bilim dalıdır. Yani programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Diğer bir deyişle, Yapay Zeka, zeka kavramından yola çıkarak, insanlar gibi düşünen, algılayan ve hareket edebilen, öğrenebilen ve tek başlarına problem çözmek için dağarcığındaki bilgilerini kullanabilen bilgisayar modelleri oluşturma denemeleridir (Zeybek, 2003).

Başka bir tanıma göre, Yapay Zeka, zeki davranışlar üzerinde araştırmalar yapar. Zeki davranışın en iyi şekilde, kopyalanmaya çalışılarak incelenebileceği yaklaşımından hareket eder. Bu kopyalama bilgisayar simülasyonu kullanılarak gerçekleştirilir. Bununla beraber, zeki davranışlar gösteren yararlı makineleri geliştirmek, pek çok disiplinin birlikte çalışmasını gerektiren çok boyutlu bir konudur. Bunlar arasında psikoloji, dilbilimi, yöneylem araştırması ve mekanik gibi disiplinler sayılabilir. Yapay Zeka'nın birçok tanımında 'zeki davranış' ifadesi geçer. Kısaca, Yapay Zeka, insan zekasının temelini oluşturan davranışların veya bu zekanın sonuçlarının elde edilmesini sağlayacak bilgisayar yöntemlerinin keşfedilmesi ile ilgilidir (Pensore, 2004).

Bu tanımlamalarda geçen 'zeki davranış' kelimesi sadece problem çözme, satranç oynama, ve teorem ispatları gibi yüksek oranda Zeka gerektiren davranışlarla kısıtlı olmayıp, cisimleri farketme ve basit bazı yazıları anlayabilme gibi normalde yüksek Zeka gerektirecek davranışları da kapsamaktadır. Hatta cisimlerin ve insan sesinin algılanması gibi problem çözme ile doğrudan ilgili olmayan bazı faaliyetleri de Yapay Zeka'nın ilgi alanına dahil edebiliriz. Yapay Zeka'nın amaçlarını şu şekilde sıralayabiliriz (Kocabaş, 2002);

- İnsanların zor yaptığı işleri yapabilecek sistemler üretmek;
- İnsan beyninin işlevlerini, bilgisayar modelleri yardımıyla anlamaya çalışmak;

- İnsanların sahip olduğu, zihinsel yetenekleri, bilgi kazanma, öğrenme ve buluş yapmada uyguladıkları strateji, yöntem ve teknikleri araştırmak;
- Bu öğrenme yöntemlerini biçimsel hale getirmek ve bilgisayarlarda bilgi sistemleri halinde uygulamak;
- İnsan bilgisayar iletişimini kolaylaştıran kullanıcı arabirimleri geliştirmek;
- Belli bir uzmanlık alanı içindeki bilgileri bir 'bilgi sistemi' (veya 'uzman sistem') halinde toplamak;
- Geleceğin bilgi toplumunun kurulmasında önemli rol oynayacak 'genel bilgi sistemleri geliştirmek;
- Yapay Zeka iş yardımcıları ve 'zeki robot timleri' geliştirmek;
- Bilimsel araştırma ve buluşlarda faydalanmak üzere, 'araştırma yardımcıları' geliştirmek.

2.2. Yapay Zeka'nın Gelişim Süreci

Her ne kadar Yapay Zeka adı verilen çalışmaların başlama tarihi kesin olarak bilinmese de bu çalışmaların program yüklenebilir bilgisayarların geliştirilmesiyle başladığı söylenebilir. McCulloch ve Pitts tarafından önerilen yapay sinir hücrelerini kullanan hesaplama modeli, bu konuda yapılmış ilk çalışmadır. Bu model, önermeler mantığı fizyoloji ve Turing'in hesaplama kuramına dayanıyordu. Herhangi bir hesaplanabilir fonksiyonun sinir hücrelerinden oluşan ağlarla hesaplanabileceğini ve mantıksal 've' ve 'veya' işlemlerinin gerçekleştirilebileceğini gösterdiler. Ayrıca, bu ağ yapıları doğru şekilde tanımlanırsa, öğrenme işlemini de gerçekleştirebilecekleri varsayımını öne sürdüler. Hebb, sinir hücreleri arasındaki bağlantıların şiddetlerini değiştirmek için basit bir kural önerince, öğrenebilen yapay sinir ağlarını gerçekleştirmek de olası hale gelmiştir (Barber vd., 2002).

Shannon ve Turing 1950'lerde bilgisayarlar için satranç programları yazıyorlardı. 1951'de, MIT'de çalışan Minsky ve Edmonds, ilk yapay sinir ağı temelli bilgisayar SNARC' ı yarattı. Çalışmalarını Princeton Üniversitesi'nde sürdüren Mc Carthy, Minsky, Shannon ve Rochester'le birlikte 1956 yılında Dartmouth'da iki aylık bir çalışma toplantısı düzenledi. Bu toplantının en önemli özelliği, Mc Carthy tarafından önerilen 'Yapay Zeka' adının konmasıdır. Bir çok çalışmanın temelleri de yine bu toplantıda atılmıştır. Newell ve Simon, ilk kuram ispatlayan program olan Logic Theorist (Mantık kuramcısı)'i sunmuştur. Daha sonra, Newell ve Simon, 'insan gibi düşünme' yaklaşımına göre üretilmiş ilk program olan General Problem Solver

(Genel sorun çözücü)'ı geliştirmişlerdir. Fiziksel simge varsayımını ortaya atan Simon, bu kuramla, insandan bağımsız zeki sistemler yapma çalışmalarıyla uğraşanların hareket noktasını oluşturmuştur. 1960'da John McCarty tarafından geliştirilen Yapay Zeka programlama dili, LISP, Yapay Zeka'nın başlangıcı kabul edilir (Bekleriç, 2003).

Bundan sonraki yıllarda, programların performanslarını anlatmak için yapay sorunlar ve dünyalardan yararlanılan, mantık temelli çalışmalar öne çıkmıştır. Fakat sonradan bu yapay sorunlar ve dünyaların gerçek yaşamı hiç bir şekilde temsil edemeyeceği ve Yapay Zeka'nın sadece yapay dünyalardaki sorunları çözebileceği, gerçek dünyada başarısız olacağı öne sürülmüştür. Geliştirilen programların gerçek sorunlarla karşılaştığında çok kötü bir başarıyı göstermesinin ardındaki temel neden, bu programların yalnızca sentaktik bir şekilde çalışıp konu ile ilgili bilgileri kullanmamasıydı. 1960'lı yıllarda Weizenbaum'un geliştirdiği Eliza isimli program görünüşte insanlarla sohbet ediyordu. Aslında, sadece karşısındaki insanın söylediği kelimeler üzerinde bir kaç işlem yapabiliyordu. Benzer yaklaşımları kullanan ilk makine çevirisi çalışmalarında tuhaf ve komik çevirilerle karşılaşıncaya, bu çalışmaların desteklenmesi durdurulmuştur. Çünkü, böyle bir bilgisayar oluşturma zorlukları tam anlaşılamamıştı. Örneğin, kullanışlı, esnek bir programın yapılması bellek ve hız gibi kaynakların çok ve geniş olmasını gerektiriyordu. Zeki davranışı üretmek için bu çalışmalarda kullanılan temel yapılarındaki bu önemli yetersizliklerin de ortaya konmasıyla, bir çok araştırmacı çalışmalarını durdurdu (www.bilist.8m.com).

Her sorunu çözecek genel amaçlı program yerine belirli bir uzmanlık alanındaki bilgiyle donatılmış programlar kullanma fikri Yapay Zeka alanında yeniden bir canlanmaya yol açtı. Uzman sistem yöntem bilimi bu fikirle birlikte gelişti, fakat henüz çok ilkel yapıdaydılar.

1970'lerde her ne kadar geniş bellek kapasiteli ve hızlı bilgisayarlar ortaya çıktıysa da yapılan Yapay Zeka çalışmaları için yetersiz kalıyordu. 1970'lerin sonlarına doğru bazı başarılar elde edildi. Örneğin, insanların iletişimde kullandığı Türkçe, İngilizce gibi doğal dilleri anlayan bilgisayarlarla ilgili araştırmalar arttı. Bir programın doğal dili yorumlayabilmesi için dünya konusunda genel bilgiye sahip olması ve bu bilgiyi kullanabilmek için genel bir yöntem bilimi içermesi gerekiyordu. Bu çalışmaların sonucunda, aynı zamanda ilk ticari Yapay Zeka programı olan, belli bir konuda bilgiye sahip olup, istendiğinde bünyesindeki bilgileri derleyip bir insan gibi cevap verebilen bir bilgisayar programı Stanford Üniversitesi'nde geliştirildi. Bu uzman

sistemin amacı, doktorlara hastalıkları teşhis ederken asistanlık etmesiydi (Barber vd., 2002).

1972'de Alan Colmerauer tarafından geliştirilen Prolog dili Avrupa'da, LISP ise Amerika'da yaygınlaştı. 1981 yılında Japonlar, beşinci nesil bilgisayarlarında Prolog dilini temel olarak kullanmaya karar verdiklerini açıkladılar. O zamandan günümüze kadar, Prolog sadece üniversite ve araştırma kuruluşlarında sistem bilgisayarlarında kullanılmakla kalmayıp, mikrobilgisayarlarda da kullanılmaya başlandı.

Tüm bu araştırmalar ve gelişmeler sonucunda, Yapay Zeka alanında çalışanlar iki farklı yaklaşımı benimseyerek, iki kola ayrıldılar ve bu yönde çalışmalarını sürdürdüler. Bir kısım çalışanlar, insan gibi düşünen ve davranan sistemler üzerinde araştırmalar yaparken, diğerleri rasyonel düşünen ve davranan sistemlerle ilgilendiler (Gözkan, 1997).

2.2.1. İnsan gibi Düşünen Sistemler

Verilen bir programın insan gibi düşündüğünü söyleyebilmek için insanların nasıl düşündüğünü saptamanın bir yolunu bulmamız gerekir. İnsanın nasıl düşündüğünü iki şekilde öğrenebiliriz. Birincisi kendi düşüncelerimizi gözleme, ikincisi ise psikolojik deneyler yapmaktır. Yeterli sayıda deneyler yapıp, elde edilen verilerle, düşünme ile ilgili yeterince kesin kuramlara erişilirse, bu kuramlar bilgisayar programı olarak ifade edilebilir. Eğer programın giriş/çıkış ve zamanlama davranışı insanlarınkine eşse programın düzeneklerinden bazılarının insan beyninde de mevcut olabileceği söylenir (www.yapay-zeka.org).

Bazı araştırmacılar programları herhangi bir yöntemi kullanarak doğru sonucu bulacak şekilde yazarken bazı araştırmacılar da sonucun doğru ya da yanlış olmasına bakmaksızın insanların düşündüğü şekilde çözümü arayan programlar yazmaktadır.

Bilişsel bilim araştırma alanı, insan gibi düşünen sistem çalışmalarını içerir. Bu araştırmalarda, gerçekte ulaşılmak istenen sonuç, insanın düşünme süreçlerini çözümlemede, bilgisayar modellerini bir araç olarak kullanmaktır (Bekleriç, 2003).

2.2.2. İnsan gibi Davranan Sistemler

Yapay Zeka konusunda çalışan araştırmacıların, en çok yapmak istediği şey, insan gibi davranan sistemler geliştirmektir. Alan Turing, 1950 yılında zekanın işlemsel tanımını sağlamak için, Turing Test adını verdiği bir test tasarlamıştır. Turing zeki davranışı, soru soran kimseyi tüm anlamaya ait işlemlerde şaşırtacak şekilde insan seviyesinde davranma olarak tanımlamıştır. Bu test için iki ayrı oda gerekmektedir.

Odalardan birinde Alan Turing tarafından programlanmış bir bilgisayar, diğerinde ise bir insan bulunmaktadır. Bir kişi, klavye aracılığı ile bu iki odada bulunan bilgisayar ve insana, hangi odada hangisinin olduğunu bilmeden, karşı taraf ile iletişime geçerek sorular sormakta ve aldığı yanıtlara göre klavyenin diğer ucunda insan mı yoksa bilgisayar mı bulunduğunu anlamaya çalışmaktadır. Eğer aldığı yanıtlardan onun bir makine değil de bir insan olduğuna karar verirse karşıdaki makinenin zeki davranış gösterdiği yargısına ulaşacaktır. Bu testi geçmek için bilgisayarın insan seviyesinde performans göstermesi gerekir. Şimdilik bu testi geçmek çok zor görünmektedir. Bu test için bilgisayarın aşağıdaki yeteneklere sahip olması gerekmektedir (Norvig vd., 2003):

- **Doğal dil işleme:** Türkçe veya İngilizce (insan dilleri) haberleşebilmeyi sağlamak için;
- **Bilgi Gösterimi :** Soruşturma sırasında veya öncesinde bilgi depolamak için;
- **Otomatik Us Yürütme :** Depolanan bilgiyi kullanarak cevap verebilme veya yeni sonuçlar çıkarma;
- **Öğrenme :** Yeni koşullara adapte olma ve kalıpları saptama;

Turing Test'inde soruşturmayı yapan ve bilgisayar birbirini kesinlikle görmez. Buna karşın Toplam Turing Test'te video sinyali de kullanılır. Böylece soruşturmayı yapan kişi fiziksel nesneleri algılama yeteneğini de ölçebilir. Bu test için bilgisayarın aşağıdaki yeteneklere sahip olması gerekir.

- **Görme :** Nesneleri algılamak için;
- **Robotik :** Nesneleri hareket ettirmek için;

Yapay Zeka'da Turing Testi'ni geçmek için yapılan büyük bir çalışma yoktur. İnsan gibi davranma konusu insanlarla etkileşen Yapay Zeka programları için geçerlidir. Örneğin kullanıcı ile iletişimde bulunan bir dil işleme sistemi insan gibi konuşmalıdır. Bilgisayarda zeki davranışı üreten sürecin insan beynindeki süreçlerin modellenmesiyle elde edilebileceği gibi tamamen başka prensiplerden de hareket edilerek üretilebileceğinin anlaşılması, bu konu ile ilgili en önemli sonuçtur (Abdullah, 2002).

2.2.3. Rasyonel Düşünen Sistemler

Rasyonel düşünen sistemler, mantık temeline dayanır. Hedef, bir problemle ilgili çözüm üretirken, sorunu mantıksal bir gösterimle tanımlayıp, çıkarım kurallarını kullanabilmektir. Doğru düşünmeyi kodlamaya ilk çalışanlardan biri Aristotle'dır.

Aristotle mantığına göre doğru önermeler verildiğinde daima doğru sonuç elde edilir. Aşağıda buna ait bir örnek verilmiştir:

Socrates insandır. İnsanlar ölümlüdür. → Öyleyse Socrates ölümlüdür (www.yapay-zeka.org).

Rasyonel düşünen sistemlerle, gerçek hayattaki problemler çözümlenmeye çalışılırken, karşılaşılan iki büyük sorun vardır. Birincisi, konuşma diline özgü bilgilerin %100 kesinlik ifade etmediği, belirsizlikler içerdiği durumlarda, mantığın formel bir dil kullanması sebebiyle, mantık formunda tanımlanma zorluğudur. İkincisi ise, problemlerin kuramsal olarak çözümlenmesi ile, pratik olarak çözümlenmesi arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Bilgisayara yüklenmiş önermelerin sayısının artması, bilgisayar kaynaklarını zorlamaya başlar. Bu da kuramsal olarak çözümü basit problemlerin bile, pratikte çözümlenmesinin daha güç olmasına sebep olur (Norvig vd, 2003).

2.2.4. Rasyonel Davranan Sistemler

Rasyonel davranma, inanışları esas alarak amaca erişecek şekilde davranmaktır. Farklı Yapay Zeka çalışmalarına benzer şekilde yaklaşabilmek için etmen (agent) sözcüğü kullanılmaktadır. Buradaki kullanım normal anlamının dışındadır. Etmen algılayan ve davranan herhangi bir şeydir. Doğru çıkarımlar yapabilen ve bu çıkarımların sonuçlarına göre harekete geçen sistemlerdir. Çünkü rasyonel davranmanın yolu, mantıksal olarak istenen amacı sağlayacağı sonucu çıkartılan davranışın uygulanmasıdır. Diğer yandan doğru çıkarsama tam rasyonellik değildir. Bazı durumlarda yapılacak şeyin doğru olacağı ispat edilmeden yapılması gerekebilir. Örneğin insanın çok sıcak bir cisme dokunduğunda aniden elini çekmesi reflekstir ve sıcaklığı veya elinin yandığını hissettikten sonra hangi hareketin yapılacağını düşünerek yapılan yavaş hareketten daha etkilidir. Sıcak bir cisimden refleks olarak elin çekilmesi bir doğru çıkartım sonucu olmasa da rasyonel bir davranıştır. Mükemmel rasyonellik daima doğru şeyi yapmaktır ve karmaşık bir çevrede daima doğru şeyi yapmak mümkün değildir. Rasyonel Sistemler üzerinde çalışan araştırmacılar, bu yaklaşımın iki üstünlüğünü ortaya koydular. Birincisi, düşünme kanunları yaklaşımından daha genel olmasıdır. Çünkü rasyonel davranmak için doğru çıkarsama faydalı bir mekanizma olmasına karşın gerekli değildir. İkincisi, rasyonelliğin tanımı açıkça yapıldığı için bilimsel gelişmeye insan davranışından veya insan düşüncesinden daha yatkındır (Barber vd., 2002).

2.3. Yapay Zekanın Uygulama Alanları

2.3.1. Robotik

Robotiğin temel disiplinleri, Yapay Zeka, mühendislik ve psikolojidir. Robotik teknolojisi, insana yardımcı olmak amacıyla, insandaki fiziksel özelliklere sahip, bilgisayar tarafından kontrol edilen robot üretmek için geliştirilmiştir. Robot, Maja Mataric'in yaptığı tanıma göre, ortamdaki topladığı verileri dünyası hakkında sahip olduğu bilgiyle sentezleyerek, anlamlı ve amaçlarına yönelik bir şekilde hareket edebilen ve bunu güvenli bir biçimde yapabilen bir makinedir (Salah, 2001). Bir robot tasarlamak ve yaratmak çok boyutlu, zor bir kontrol problemidir. Robotu oluşturan dört ana sistem birbirine uygun bir biçimde seçilmeli ve hepsi birlikte geliştirilmelidir. Bu dört sistem şunlardır:

1. Robotun ortam hakkında gerçek-zamanlı bilgi edinmesi için kullanacağınız alıcılar;
2. Robota amacına yönelik fonksiyonları gerçekleştirmesi için yerleştirdiğiniz efektörler;
3. Robotun hareket sistemi ve
4. Kontrolü sağlayan elektronik beyin.

Ancak bu dört sistemi birleştirdiğinizde ortaya kendi başına hareket eden, bilgi toplayan, yapacağı işin niteliklerine göre donanmış bir robot çıkabilir (Salah, 2001).

Robot kelimesi ilk olarak, mekanik ve otonom ama arzulardan yoksun yaratıklar olarak, 1920'lerin başında Karel Capek'in R.U.R (Rossum's Universal Robots) kitabında kullanılmış, daha sonra bir çok bilimkurgu roman ve filmlerinin baş kahramanı olmuştur. Isaac Asimov ünlü robot serisiyle teknolojik açıdan tutarlı bir robot kavramı yaratır ve robotların amacının insana hizmet olduğunu, bir robotun kendi amaçlarını insanların amaçlarına hiçbir zaman tercih edemeyeceğini koyduğu üç robot kuralı ile belirler:

1. Bir robot bir insana zarar veremez, veya pasif kalmak suretiyle zarar görmesine izin veremez;
2. Bir robot kendisine insanlar tarafından verilen emirlere 1. Kural ile çelişmediği sürece itaat etmek zorundadır;
3. Bir robot 1. ve 2. Kurallar ile çelişmediği sürece kendi varlığını korumak zorundadır.

Bu şekilde bilimkurgu dünyasında az çok oturmuş bir robot modeli çıkar karşımıza. Bu model öylesine etkili olmuştur ki, günümüzde robot araştırmaları sadece endüstride kullanımı hedefleyen fonksiyonel tasarımların ötesinde insansı, hayvansı ve davranış diye adlandırılabilir özelliklere sahip robotlar üzerinde yoğunlaşmaktadır (www.yapay-zeka.org).

Robotların, insanlardan daha hızlı ve hatasız çalışabilmeleri, insanların çalışmasını kısıtlayan organik faktörlerden, yorulma, sıkılma ...vb, etkilenmemeleri ve endüstride verimi arttırmaları sebebiyle, bu konuda yapılan çalışmalar hızlanmıştır. Konuyla ilgili üretilen bilgiler çoğaldıkça, daha hızlı bir şekilde yeni tasarımlara ulaşılabilmektedir. Bunun dışında, insanların fiziksel özellikleri sebebiyle uzun süre çalışmadıkları yada hiç çalışmadıkları ortamlarda bile üretilen robotların kullanılabilmesi, bu alana olan ilgiyi arttırmıştır. Örneğin, deniz dibinde yüksek basınç altında, yüksek sıcaklıklarda ya da insanların sığamayacakları küçük alanlarda robotlar kullanılmaktadır (Abdullah, 2002).

Yapılan çalışmalarda, robotların insanları en iyi şekilde taklit edebilmesi hedeflenmiştir. Bunun için robotlara, görme yeteneği veya görsel algılama, dokunsal algılama, idare etmede beceri ve hüner, hareket kabiliyeti ve yol bulabilme zekası gibi özellikler kazandırılmaya çalışılmaktadır. Endüstrideki ilk robot, UNIMAIE, 1961'de, General Motors'un New Jersey'deki araba fabrikasında kullanılmıştır. 60'lı yıllardan sonra, bir çok özel kuruluş ve üniversite bu konuda araştırma yapmaya başlamıştır. Robotların gelecekte, basit ve monoton görevlerle sınırlanmayıp, insanlara daha karmaşık görevlerde de yardımcı olabilmeleri için, akıllı ve esnek kullanımlı bir kavrama sistemi geliştirilmeye çalışılmaktadır (Barber vd., 2002).

2.3.2. Doğal Diller

Doğal dil teknolojisi, bilgisayar kullanıcılarına bilgisayarlarla bilgisayar dilinde konuşma olanağı sağlar. Bu teknoloji, dilin bilgisayar ortamında modellenerek bilgisayarla iletişim için yararlı araçlar üretilmesi alanındaki araştırmaları içerir. Doğal Dil işleme, bir doğal dili çözümleyen, anlayan, yorumlayan ve üreten bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesidir. Uygulamalar, Yapay Zeka, biçimsel diller kuramı, bilgisayar destekli dilbilim, bilişsel psikoloji gibi disiplinlerin ortak çalışma alanı içinde yapılmaktadır. 1950 ve 1960'larda bu konu Yapay Zeka'nın küçük bir alt alanıydı, fakat zamanla araştırmacıların bu konuda yoğunlaşması ve gerçekleştirilen uygulamaların elde ettiği başarılar sonucunda bilgisayar bilimlerinin temel bir disiplini olarak kabul edilmiştir. Doğal Dil İşleme alanındaki temel araştırmalar şunlar olmuştur:

- Doğal dillerin işlev ve yapısının daha iyi anlaşılması;
- Bilgisayarlar ile insanlar arasındaki arabirim olarak doğal dil kullanmak ve bu şekilde bilgisayarlar ile insanlar arasındaki iletişimi kolaylaştırmak;
- Bilgisayar ile dil çevirisi yapmak.

Doğal Dil İşleme alanında yapılan çalışmaların en önemlilerinden biri, cümlelerin anlamsal analizinin yapılmasıdır. Anlamsal analiz sayesinde, bilgi tabanı bilgisayar tarafından yorumlanabilir bir biçime dönüştürülür. Bu araştırmalar tam anlamıyla başarılı olamasa da, bilgisayarın anlaması gerçekleştirilmiştir. Gelişmiş ülkelerde bu çalışmalar özürhümlerin eğitiminde, ilk ve ortaöğretim okullarında, ticaretle, alışverişte, bankacılık işlemlerinin otomatikleştirilmesi gibi uygulama alanlarında yapılmaktadır (Çakıroğlu, 2004).

Dil işleme çalışmaları oldukça zahmetli ve emek isteyen çalışmalardır. Böylesi bir yeteneğin birçok uygulamaları olmasına karşın, genel bir doğal dil-işleme sistemi henüz tam olarak hayata geçirilememiştir.

2.3.3. Sinirsel Ağlar

Sinirsel ağlar çeşitli yollarla birbirine bağlı birimlerden oluşmuş topluluklardır. Her bir birim iyice basitleştirilmiş bir nöronun özelliklerini taşır. Nöron ağları sinir sisteminin parçalarında olup biteni taklit etmekte, işe yarar ticari cihazlar yapmakta ve beyin işleyişine ilişkin genel kuramları sınamakta kullanılır. Sinirsel ağ içindeki birimler, herbirinin belli işlevi olan katmanlar şeklinde örgütlenmiştir ve bu yapıya yapay sinir ağı mimarisi denir.

Yapay sinir ağlarının temel yapısı, beyne, sıradan bir bilgisayarınkinden daha çok benzemektedir. Fakat her bir birim gerçek nöronlar kadar karmaşık değil ve ağların çoğunun yapısı, beyin kabuğundaki bağlantılara göre oldukça basittir. Şu anki bilgisayar teknolojisi ile ancak çok küçük ağlar oluşturulabiliyor. Teknoloji gelişip, daha hızlı ve donanımlı bilgisayarlar üretildikçe bu alandaki çalışmalar da ilerleyecektir.

Yapay sinir ağlarındaki her bir işlem birimi, basit anahtar görevi yapar ve şiddetine göre, gelen sinyalleri söndürür ya da iletir. Böylece sistem içindeki her birim belli bir yüke sahip olmuş olur ve sinyalinin gücüne göre açık ya da kapalı duruma geçerek basit bir tetikleyici görev üstlenir. Yükler, sistem içinde bir bütün teşkil ederek, karakterler arasında ilgi kurmayı sağlar. Yapay sinir ağları araştırmalarının yoğunlaştığı konu, yüklerin, sinyalleri nasıl değiştirmesi gerektiğidir. Bir formdaki bilgi girişinin, ne tür bir çıkışa çevrileceği, modellere göre değişmektedir. Verilerin

sistemde depolanma şekli de, farklılık gösteren bir diğer konudur. Nöral bir tasarımda, bilgisayarda saklı olan bilgiyi, tüm sisteme yayılmış küçük yük birimlerinin birleşerek oluşturduğu bir bütün evre temsil etmektedir. Ortama yeni bir bilgi aktarıldığında ise, yerel büyük bir değişiklik yerine tüm sistemde küçük bir değişiklik yapılmaktadır.

Yapay sinir ağları, insan beyninin özellikle öğrenme gibi bazı fonksiyonlarının bilgisayar ortamında benzetim yolu ile modellenmesi için üretilir. Ve özellikle sınıflandırma, kümelenme, duyu-veri işleme, çok duyulu makine gibi alanlarda faydalı sonuçlar elde edilir. Yapay sinir ağlarının, tahmin problemlerinde kullanılabilmesi için çok fazla bilgi ile eğitilmesi gerekir (Norvig, 2003).

İlk yapay sinir 1943 yılında Warren McCulloch adında bir nöropsikolog ve fizikçi Walter Pitts tarafından üretilmiştir. Ağların eğitimi için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Lapedes ve R. Farber (1987) bir sinirsel ağın çok karışık zaman serilerinin nokta tahmininde kullanılabileceğini ve elde edilen sonuçların lineer tahmin yöntemi gibi klasik yöntemlere göre çok daha kesin olduğunu göstermişlerdir. Kar Yan Tam (Hong Kong Üniversitesi) ve Melody Y. Kiang (Arizona State Üniversitesi) geliştirdikleri sinirsel ağı, işletmelerin iflas gibi finansal güçlüklerini tahmin etmede kullanmışlardır.

Yapay Sinir Ağları'nın hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yapabilme becerisinden alır . Genelleme, Yapay Sinir Ağları'nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu üstün özellikleri sayesinde, Yapay Sinir Ağları karmaşık problemleri çözebilme yeteneğine sahiptir. Yapay Sinir Ağları, aşağıdaki özellikleri sebebiyle, birçok uygulama alanında kullanılmaktadır;

1. Doğrusal Olmama

Bir araya gelerek, Yapay Sinir Ağları' nı oluşturan temel işlem elemanı hücreler, doğrusal olmadığından, Yapay Sinir Ağları da doğrusal değildir. Yapay Sinir Ağları'nın bu yapısı nedeniyle, özellikle doğrusal olmayan karmaşık problemler daha kolay çözülebilmektedir.

2. Öğrenme

Yapay Sinir Ağları'nın, doğru üretilmesi hücreler arası bağlantı ayarlarının doğru oluşturulmasına bağlıdır. Yapay Sinir Ağları karmaşık bir yapıya sahip olduğu için, bir problemi çözmek için gerekli en uygun ayarlar, benzer problemler örnek alınarak yapılabilir. Yani, Yapay Sinir Ağları'nın istenen davranışı gösterebilmesi mevcut örnekleri öğrenmesiyle olur.

3. Genelleme

Yapay Sinir Ağları, bir problemle ilgili örnekleri öğrendikten sonra, aynı tip problemleri, örneklerde benzerleri olması sebebiyle yorumlayarak, doğru bir şekilde çözebilir. Mesela, karakter tanıma için geliştirilmiş bir Yapay Sinir Ağı, bozuk karakter girişlerini düzelterek doğru karaktere çevirir.

4. Uyarlanabilirlik

Yapay Sinir Ağları, problemde meydana gelen farklılıklara göre, hücreler arası bağlantı ayarlarını değiştirir. Yani, Yapay Sinir Ağları, değişikliklere göre yeniden eğitilebilir. Bu değişimlerle eşzamanlı olarak kendini günceller ve problemlere çözüm üretebilir.

5. Hata Toleransı

Yapay Sinir Ağları, bir çok hücrenin farklı şekillerde birbirine bağlanmasıyla meydana gelir. Ağın sahip olduğu bilgi, ağdaki bütün bağlantılara eşit şekilde yayılmış durumdadır. Öğrenmiş ve bilgiye sahip bir Yapay Sinir Ağında, bir kaç hücre ya da bağlantının zarar görmesi, ağın bütününe etkilemez. Ağdaki çalışan kısımlar, doğru bilgi üretmeye devam edebilir. Bu özelliği sayesinde, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri daha yüksektir.

Yapay Sinir Ağları çalışmaları daha çok ses tanıma, yazılan karakteri tanıma, robot kontrolleri, resim işleme ve yüz tanıma sistemleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. İnsanı, özellikle de insan beyin ve algı sistemlerinin modellenmesinin getireceği faydalar anlaşıldıkça bu alandaki araştırmalar artmaktadır. Özellikle yüz tanıma sistemleri, en güncel konulardan bir tanesidir. Bu sistemler yakında, havaalanları, ATM'ler ve güvenlik kamerası olan yerlerde kullanılmaya başlanacaktır. Yüz tanıma sistemlerinde karşılaşılan en büyük zorluk, sistemin eşzamanlı olarak doğru şekilde çalışmasını sağlayabilmektir. Bu sistemin farklı görüntüleme şartlarında, hızlı çalışabilmesi için, görüntü işleme algoritmaları uygulamalarının da hızlı çalışması sağlanmalıdır. Bu da bellek ve performans bakımından yüksek kapasiteli bilgisayar ihtiyacını doğurur. Yüz tanıma sistemleri, eş zamanlı çalışmaya ihtiyaç duymayan durumlarda daha hızlı çalışmakta ve doğruluk oranları yüksek sonuçlar elde edilebilmektedir.

Sinir ağları, karmaşık ya da kesin olmayan veriden anlam türetme yeteneğiyle, insanlara karışık gelen eğilimleri bulmak ve örneklemek için kullanılabilirler; analiz yapabilirler. Eğitilmiş bir sinir ağı, bir uzman gibi hareket eder (Ergezer vd., 1997).

2.3.4. Bulanık Mantık

Günümüzde bilim, Aristo mantığını temel alır. Bu yaklaşım tarzı, özellikle problemlerin çözümünün varsayımlar üzerine dayandığı mühendislik bilimlerinde hakimdir. Aristo Mantığına göre, her formül ve her hesapta, bir hata katsayısı bulunur. Bilgisayarlar, insanlar gibi akıl yürütüp, sıcaklık, soğukluk, kirlilik gibi duyularla algılanan belirsizlik yargılarını içeren bulanık anlatım ve iddiaları anlamak için insanlar gibi sağduyularını kullanarak akıl yürütemezler. Bilgisayarlarda '0' ve '1' dizilerinden oluşan kesin gerçekler ve doğru/yanlış önermeler kullanılır. Bulanık mantık teorisi: Aristo mantığının siyah-beyaz ikilemine karşılık, belirsiz bir dünyanın gri, sağduyulu resimlerini üretmeleri için bilgisayarlara yardımcı olan bir makine zekası biçimidir.

Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) kavramı, 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atıldı. Kesinliklerle çalışılan matematik ve olasılık bilimlerinin aksine, gerçek hayat belirsizliklerle doludur. Daha doğru sonuçlar elde edebilmek ve insanların hergün kullandığı ve davranışlarının yorumlandığı yapıya ulaşılmasını sağlamak için yapılan çalışmalarda bu belirsizlikleri de göz önünde bulundurmak gerekir. Bulanık mantık, belirsizliklerin tanımlanması ve çalışmalara katılabilmesi için geliştirmiş bir matematik düzenidir. Bulanık mantık, gelişmiş bir olasılık hesaplama yöntemi olmadığı gibi, belirsiz ifadelerle yapılan, belirsiz işlemler değildir. Aslında, modelleme aşamasında değişkenler ve kuralların esnek belirlenmesidir. Bu esneklik asla rastgelelik yada belirsizlik içermez (Baldwin, 1979).

Bulanık mantığın uygulama alanları kontrol sistemlerinin de ötesine uzanmaktadır ve geniş bir alana sahiptir. Geliştirilen teoremler neticesinde, prensipte, bulanık mantığın, fizik, biyoloji veya ekonomi gibi alanlarda, sürekli sistemleri programlamada başarılı olacağı gösterilmiştir. Çoğu alanda, bulanık mantıklı sağduyu modellerinin standart matematik modellerinden daha yararlı ya da kesin sonuçlar verdiği görülmektedir. Sağladığı en büyük fayda ise "insana özgü tecrübe ile öğrenme" olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle doğrusal olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur. Bulanık Mantık Teorisi'nin avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz (www.gencbilim.com):

- İnsan düşünme tarzına yakın olması;
- Uygulanışının matematiksel modele ihtiyaç duymaması;
- Yazılımın basit olması dolayısıyla ucuza mal olması;

- Bulanık Mantık'ın, eksik tanımlı problemlerin çözümü için uygun olması;
- Uygulanmasının oldukça kolay olması;

Her teoremin yararları olduğu kadar sakıncaları da bulunur. Bulanık Mantık teoreminin sakıncaları aşağıda sıralanmıştır;

- Uygulamada kullanılan kuralların oluşturulmasının uzmana bağıllığı;
- Üyelik işlevlerinin deneme - yanılma yolu ile bulunmasından dolayı uzun zaman alabilmesi;
- Kararlılık analizinin yapılmasının zorluğu (benzeşim yapılabilir);
- Bulanık Mantık Sistemlerinin öğrenememesi ve öğretilmemesi.

2.3.5. Sanal Gerçeklik

Bilgisayar ortamında dijital bilgiler ile bir gerçeklik duyumsaması yaratma işlemine sanal gerçeklik denilmektedir. İnsanlar, dış çevreden gelen etkileşimleri algılar, belleğinde algıladığı verilerin analizini yapar, analiz sonuçlarını değerlendirip, tepki oluşturur. Sanal gerçekliğin amacı, gerçek dünyaya çok benzer ortamları bilgisayar ortamında modelleyerek, bilgisayar benzetimli nesneler ve varlıklar ile etkileşim içine girebilme olanağı sağlamaktır. Yaşadığımız fiziksel dünyada algıladığımız duyumlardan ayırt edilemeyecek duyumları (görsel,işitsel,dokusal,koku...vs) bilgisayarda yaratılan bu sanal dünyalarda elde etmeyi amaçlar. Sanal ortam, sanal gerçekliği tanımlamak için kullanılan bir diğer kavramdır. Sanal dünyalar yaratılmasında bir çok sebep vardır;

- Sanal Dünya Güvenlidir: Bazı uygulamaların doğal ortamda yapılması tehlikelidir. Mesela, pilotlar gerçek bir uçağı kullanmadan önce, eğitimleri sırasında önce sanal uçakları kullanmayı öğrenirler. Bilgisayardaki bu uçuş simülasyonlarında başarılı olduktan sonra gerçek uçak kullanmaya başlarlar.
- Sanal Dünya Çoğu Zaman Daha Az Maliyetlidir: Eğer bir sistem çok yüksek maliyetliyse, bu sistemlerin gerçeğine tam olarak ihtiyaç duyulmadığı durumlarda, sanal gerçeklik sistemleri önemli bir üstünlük sağlar. Mesela, yeni bir tasarım yapılırken, tasarımın her aşamasında, ürün prototipi üretmek gereksizdir. Bu ürünün tasarım sürecinin bilgisayar ortamında gerçekleştirilip, olası problemler çözüldükten sonra, son ürünün prototipinin yapılması maddi kazanç sağlar. Birçok Hollywood filminde gerçek ortamlar yerine kullanılan efektler maliyetleri düşürmektedir.

- Dünyada Yaratılan Şeyler Üzerinde Değişiklik Yapmak Kolaydır: Bir ürünün gerçek dünyada nasıl olacağı, içinde bulunacağı ortamı önceden bilgisayar ortamında modelleyerek incelemek ve gerekli değişiklikleri sanal ortamda yapmak çok daha basit ve hızlıdır.
- Sanal Dünya Gerçek Dünyaya Benzemez-Fantastiktir: Sanal dünyada gerçek dünyada olması ya da gerçekleştirilmesi kısmen ya da tamamen imkansız ortamlar , olaylar gerçekleştirilebilir. Tıp alanında insan anatomisini tüm detaylarıyla canlandıran bir eğitim uygulaması, tarihsel canlandırmalar, birçok bilgisayar oyunu, bilim-kurgu efektler örnek verilebilir.
- Sanal Dünya Gerçek Dünyadaki Süreçleri Daha Hızlı Tamamlayabilir: Gerçek hayatta oluşturulması, çalıştırılması ve sonuçlarının elde edilmesi uzun zaman alabilecek uygulamalar bilgisayar ortamına aktarılarak daha kısa sürede yapılabilir. Örneğin birçok program yardımıyla yıldızların hareketleri hesaplanabilmekte 20 yıl sonrası için yıldızların yerleri bilinmektedir.
- Sanal Dünya Ürünleri Kolayca Transfer Edilebilir: Sanal Dünyalar, gelişen internet teknolojisinin de desteğiyle dünyanın farklı yerlerindeki insanlar tarafından ulaşılabilir ve paylaşılabılır durumdadır.

Başlangıcı 1950'lili yıllara dayanan sanal gerçeklik teknolojisi gerçek zamanlı grafik görüntüleri, veri tabanı tasarımı, gerçek zamanlı ve dağıtık sistemler, multimedya, 3-boyutlu ses alıcı aygıtları, CAD (Computer Aided Design) ve sinema teknolojileri gibi konularda yıllarca süren çalışmaların bir birleşimi ile ortaya çıkmıştır (Thalmann N. M. ve Thalmann D., 1999).

A.B.D. Hava Kuvvetleri ve uçak endüstrisi 2. Dünya Savaşı sırasında ve sonrasında uçuş simülatörleri geliştirdi. Bu simülatörlerde, hareketli platformlara yerleştirilen kokpitler pilotların hareketlerine göre kontrol edilebiliyor ve farklı yönlerde hareket etmeleri sağlanabiliyordu.

Nükleer saldırı tehditi; Amerikan ordusunu geniş bilgi desteğine sahip ve insanların bu bilgileri kolayca görebilmesi için bilgileri hızlı biçimde kolay anlaşılabilir bir forma yansıtan yeni bir radar sistemi icad etmeye teşvik etti. Böylece ilk gerçek zamanlı veri benzetim sistemi olan, Courtesy; SIGGRAPH adı verilen radar savunma sistemi bulunmuş oldu.

1960'ların başında Ivan Sutherland 'Ultimate Display' adlı tezinde insanlar ve bilgisayarlar arasındaki etkileşime farklı bir bakış açısıyla yaklaşmıştır. Bu tez için geliştirmiş olduğu 'Sketchpad' adlı program ve kalem olarak kullanılan bir araç ile

kullanıcının yapmış olduğu çizimin çok hızlı bir şekilde ekrana yansıtılması sağlanmıştır. Sutherland'in tezi 1990'larda sanal gerçekliğin en önemli bileşenlerinden biri olan CAD'in de başlangıcına temel oluşturmuştur.

1965'de ARPA'nın ve Naval Araştırma Ofisi'nin desteğiyle Sutherland, 'Head Mounted Display' (HMD)'i icad etmiştir. HMD sanal gerçeklik teknolojilerinde bir kilometre taşı olmuştur. 1960 ve 1970'lerdeki çeşitli konulardaki araştırmalar bugünkü sanal gerçeklik kavramının oluşmasında büyük rol oynamıştır.

1980'lerin ortasında daha önceden ortaya çıkmış tüm teknolojilerden faydalanılarak gerçek anlamda ilk sanal gerçeklik sistemi oluşturulmuştur. 'Nasa Ames Research Center' merkezinde tasarlanan bu sistem uzay çalışmalarına katılacak personelin eğitiminde kullanılmıştır. Bu merkezde görev alanlardan Michael Grevvy 1984'de stereoskopik HMD'yi, Scott Fisher'de VIEW (Virtual Interface Environment Workstation) isimli aracı geliştirmiştir. VIEW aracı bilgisayar grafikleri ve video görüntüleme, 3-D ses, ses tanıma ve sentezleme, HMD ve veri eldiveni gibi standart sanal gerçeklik araçlarını içermektedir.

Sanal gerçeklik endüstrisi 1985 yılında Jaron Lanier'in VPL Research'i kurması ile hız kazanmıştır. VPL Research sanal gerçeklik araçları üreten ilk şirket olup, burada ilk veri eldiveni üretilmiştir. Bu tarihten sonra sanal gerçeklik konusundaki gelişmeler hızla devam etmektedir. Üniversiteler de bu teknolojiyle ilgili araştırmalarını sürdürmektedir (www.gencbilim.com).

Günümüzde sanal gerçeklik uygulamalarından başlıca şu alanlarda faydalanılmaktadır;

- Mimarlık,
- Kimya,
- Ulaşım,
- Askeri ve Güvenlik,
- Tehlikeli Durum Simülasyonu,
- Tıp,
- Eğitim,
- Turizm,
- Bilim ve Mühendislik,
- Eğlence,

- Bilgi Toplama,
- Sanal Gerçeklik kütüphaneleri.

2.3.6. Uzman Sistemler

Uzman sistem, tasarım, kompozisyon, planlama, teşhis, yorumlama, özetleme, kontrol ve öneride bulunma gibi konularda insan uzmanların yaptıkları türde faaliyetleri otomatik olarak uygulamak üzere geliştirilen bilgisayar programlarıdır. Belirli bir alanla ilgili bilgilerle donatılmış, ve bir tek konu üzerinde yoğunlaşarak, o konuda uzmanlaşmış insanlar gibi hareket edip, onların düşünme işlemlerini taklit ederek, karmaşık problemlere çözüm önerileri getirir, ve uzman kişiyi rutin işlemler yapma zorunluluğundan kurtarıp, ona asistanlık ederek daha hızlı ve kolay çözüm üretilmesini sağlar. Başka bir deyişle, problemlerin analizinde ve karar vermede insanlara yardımcı olmak üzere belli bir uzmanlık alanındaki bilgileri kullanabilen yapay zeka sistemlerine uzman sistemler denir.

2. Dünya Savaşı'ndan beri bilim adamları, bilgisayarların insanlar gibi davranmasını sağlayacak teknikler geliştirmeye çalışmışlardır. Yapay Zeka alanında yapılan bu çalışmalardan bir çoğu labaratuvar ortamında kalmasına rağmen, uzman sistemler, yapay zeka alanında hem teknik hem de ticari açıdan başarılı olan ilk yapay zeka ürünü olmuştur (Kocabaş, 2002).

Uzman sistem alanındaki ilk proje, 1965'te E.Feigenbaum ve meslektaşları tarafından Birleşik Devletler Standford Üniversitesinde, organik bir bileşiğin yapısının bulunmasına yardımcı olmak üzere başlatılan DENDRAL'dir. Bu projede Fizik-kimya alanıyla ilgili bilgiler usa yürütme mekanizmalarına bağlıydı. Bu proje sayesinde, yorumlama mekanizmalarında, bir alana özgü bilgilerin ayrılmasının gerekli olduğu anlaşıldı. Çalışmalar zamanla gelişerek, problem çözerken, belli bir bilgi ve olgular kümesinden faydalanan bir çıkarım mekanizması üretildi (Abdullah, 2002)

2.3.6.1. Uzman Sistemlerin Özellikleri

Bir uzman sistem aşağıdaki özellikleri taşır;

1. **Anlaşılabilirlik:** Tasarlanan sistem, bir konuda vardığı sonucun aşamalarını ve tıpkı uzman insan gibi vardığı sonuçların nedenlerini açıklayabilmelidir. Kullanıcıyla kolay iletişim sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

2. **Yüksek Performans :** Bir Uzman sistem, sorulan soruları uzman bir insanla eş veya daha kapsamlı bir şekilde yanıtlandırılmalıdır. Problemlere tek bir sonuç değil, farklı alternatifler önerebilmelidir.
3. **Hızlı Cevap Verme:** Bir Uzman Sistemin sorulan soruları mantıklı bir sürede yanıtlaması, hatta uzman insanın cevap verme süresinden daha kısa olması gerekmektedir.
4. **Güvenilirlik:** Tasarlanan Uzman Sistemin doğru cevaplar vermesi, yanlış yapmaması ve güvenilir olması gerekmektedir.
5. **Esneklik:** Bir Uzman Sistemin, problemlere çözüm üretirken çok fazla bilgiye ihtiyacı vardır. Uzmanlık alanında oluşmuş işlemsel ve tanımlayıcı bilginin bir bilgi dağarcığında toplanması, gerektiğinde bu depoya yeni bilgiler ilave edilmesi, bazı bilgilerin güncellenerek değiştirilmesi, geçerliliğini kaybeden bilgilerin de silinmesi gerekir.
6. **Öğrenme:** Bir Uzman Sistem, her problem çözme süreci sonucunda elde ettiği yeni bilgi ve ilişki sistemlerini bilgi dağarcığına ekleyerek, uzman bir insan gibi öğrenebilmeli ve kendi kendine gelişebilmelidir (Pensore, 2004).

2.3.6.2. Uzman Sistem Bileşenleri

Bir uzman sistem iki ana parçanın birleşiminden oluşur. Sistem bileşenlerini oluşturan ve uzman insan bilgilerini sisteme aktararak bilgi tabanını meydana getiren, uzman sistem programcılarının kullandığı “Geliştirme çevresi” ve uzman sistemdeki bilgi tabanına girip, sistemden faydalanan uzman olmayan kişiler tarafından kullanılan görüşme çevresi. (www.gencbilim.com). Daha ayrıntılı biçimde ifade edersek, Uzman Sistem geliştirilmesinde rol alan bileşenleri şu şekilde sıralayabiliriz (Kocabaş, 2002; Çağdaş,2003);

1. Uzman Sistem Çekirdeği,
2. Uzman Kişi,
3. Bilgi Mühendisi,
4. Uzman sistem geliştirme yazılım araçları,
5. Uzman Sistemden Yararlananlar – Kullanıcılar.

1. Uzman Sistem Çekirdeği

Uzman sistem geliştirirken kullanılan yazılım veya programların tamamıdır. Uzman sistemler hem problem çözme hem de destek kısımlarını içerdiğinden, bunları

sadece bir program olarak görmek yerine, bir sistem olarak düşünmek gerekir. Uzman sistemdeki destek kısımları, kullanıcının ana programla ilişki kurmasında yardımcı olur.

2. Uzman Kişi

Çalışmalarını yoğunlaştırdığı konu ve alanla ilgili düşüncelerini net olarak açıklayabilen, bu alandaki problemleri çözme yeteneği olan ve bu konuda deneyim sahibi olmuş tam bilgili kişidir. Uzman, problemlere çözüm bulmak için ustalığını ve tecrübelerinin kendisine kazandırdığı kısa yolları kullanır. Uzman sistem, bu problem çözme stratejilerini modeller.

3. Bilgi Mühendisi

Bilgisayar bilimi ve yapay zeka alanında temel bilgileri olan ve uzman sistemlerin nasıl programlanacağını bilen kişilerdir. Bilgi mühendisi, istenen uzman sistemi oluşturmak için, öncelikle uzmanlarla görüşmeler yaparak bilgi toplar, bu uzmanlık bilgisini düzenli hale getirir, uzman sistem içerisinde bu bilgilerin nasıl tanımlanabileceğini ve bilginin nasıl temsil edilebileceğini planlar ve program algoritmasını kurarak kodların yazılmasında programcıya yardım eder. Bilgi mühendisi, uzmanlarla yaptığı görüşmeler sonucunda problemlerin çözümü için gerekli strateji, prosedür ve kuralları da belirler. Daha sonra bu verileri uzman sistem içerisinde modelleyerek, o probleme yönelik çözümü üreten uzman sistem tasarımını yapar.

4. Uzman Sistem Geliştirme Yazılım Araçları

Uzman sistem oluştururken, bilgi mühendisi veya programcının kullandığı programlama dilleri ve destek çerçeveler gibi yazılım araçlarıdır. Bu araçlar, uzmanlardan alınan bilginin, düzenli hale getirilip, uzman sistem içerisinde yararlanılabilecek şekilde tanımlanabilmesi için kullanılır. Uzman Sistem yaratma araçları, geleneksel programlama dillerinden farklı olarak, yüksek seviyeli kavramların temsilini olanaklı kılan yöntemlere sahip dillerdir.

5. Uzman Sistemden Yararlananlar – Kullanıcılar

Üretilen Uzman Sistemden faydalanan kişilerdir. Uzman sistemler açısından 'kullanıcı' terimi biraz belirsiz bir kavram olabilir, çünkü uzman sistemi buluşlarında yardımcı olması için kullanan kişi bir bilim adamı olabildiği gibi, derslerinde yardımcı olması ve kendi bilgi birikimini arttırmak için kullanan bir öğrenci de olabilir. Burada 'kullanıcı' kavramı, uzman sistemi kullanan herkesi kapsar. Uzman Sistem yazılımını inceleyen, hatalarını gideren bir araç kurucusu, sistemdeki mevcut bilgiyi

düzenleyip, gereksiz bilgileri silen ve sistemi saflaştıran bir alan uzmanı, sisteme veri ekleyen biri ya da bilmediği bir konuda bilgi almak için sisteme başvuran kişiler de kullanıcı sınıfına girer.

2.3.6.3. Uzman Sistemlerin Genel Yapısı

Bir uzman insan, uzmanlık alanıyla ilgili problemlere çözüm bulurken, bu konuyla ilgili bilgisini ve düşünme yeteneğini kullanır. Uzman sistem de benzer olarak, bilgi tabanına girilmiş bilgileri tarayıp çıkarımlar yaparak problemlere çözüm üretir. Genel olarak tanımlarsak , uzman sistemlerin yapısında aşağıdaki birimler bulunur (Tatlı, 2000; Kocabaş, 2001);

1. Bilgi Kazanma,
2. Bilgi Tabanı,
3. Çıkarsama Mekanizması,
4. Çalışma Alanı,
5. Kullanıcı Arabirimi,
6. Açıklama birimi.

1. Bilgi Kazanma

Bir problemin çözümü için gerekli bilgiler, uzman sisteme aktarılır ve bu bilgiler dönüştürülerek kullanılır. Uzman insanlar, kitaplar, veri tabanları, özel araştırma raporları ve kullanıcı deneyimleri, bilgi kaynakları olarak sayılabilir. Bilgilerin genişletilmesi, hükümlerin, kuralların, kavram ya da ilişkilerin, uzman sisteme tasarımcı tarafından bildirilmesi, uzman sistemin tanıyıp anlayabileceği bilgiler ile ilgili örneklerin sisteme eklenmesi ve uzman sistemin kendi gözlem ve keşifleriyle kendi kendine öğrenmesi ile olur. Bundan başka, uzman sistemi geliştirecek ve kullanacak kişilere yardımcı olan araçlar vardır. Bunlar, bilgi kazanımda kullanılacak araçlar, bilgi tabanını geliştirmede kullanılan editörler, hata düzeltme programları, derleyiciler ve sistemin doğru çalıştığını sağlamada kullanılan araçlar olarak tanımlanabilir.

2. Bilgi Tabanı

İnsan uzmanlığı, uzmanlık alanında olgular, yapılar ve kurallar şeklinde ifade edilen bilgilerin korunduğu uzun süreli belleğe dayanır. Uzman sistemlerde, bu görevi gören yapıya bilgi tabanı denir. Bilgi tabanı, problemi anlamaya yönelik olarak ifade edilen, problemin yapısını yansıtan, formülasyonu ve çözüm için gerekli tüm

bilgilerden meydana gelir. Olay ve durum tanımlarını, olaylarla durumlar arasındaki mantıksal ilişki yapılarını standart çözüm ve karar alma modellerini içerir.

3. Çıkarsama Mekanizması

Uzman kişi, problem çözerken düşünme metotlarını kullanarak çıkarsamalar yapar. Uzman sistemde bu işi yapan yapı, çıkarsama mekanizmasıdır. Çıkarsama süreçleri, insandaki düşünmeye karşılık gelir. Problemlere çözüm üreten bir mekanizma olan çıkarım mekanizması, bilgi tabanı ve çalışma alanındaki bilgileri yorumlayarak, sonuçları oluşturan bir bilgisayar programıdır. Mevcut sistem bilgisinin nasıl kullanılacağı bu mekanizma tarafından belirlenir.

4. Çalışma Alanı

Giriş verileri tarafından belirlenmiş problem tanımları için belleğin bir köşesinde bulunan çalışma alanıdır. Çalışma alanı aynı zamanda, belli bir problem için çözüm üretilirken gerçekleşen ara işlemlerin sonuçlarını kaydetmek için de kullanılır. Bir başka deyişle geçici bilgilerin kaydedildiği, ve işlemler sonuçlandıktan sonra bir sonraki işleme geçmeden boşaltılan bellek birimidir.

5. Kullanıcı Arabirimi

Kullanıcı arabirimi, kullanıcıların sisteme soru sormasına, sisteme bilgi girmesine ve ondan çözümler ve tavsiyeler almasına olanak sağlayan, kısacası kullanıcı ile bilgisayar arasında probleme yönelik iletişimin sağlanması için uzman sistemde bulunan yapıdır. Bu iletişim en sağlıklı doğal dil ile yapılabilir olsa da, uzman sistemlerin doğal dil anlama ve genel bilgi kapasiteleri sınırlıdır. Bunun yanı sıra, grafik kullanıcı arabirimleri insan-insan arasında doğrudan bulunmayan bir insan-makine iletişim şekli sağlayabilir. Kullanıcı arabirimi kullanıcı ve bilgisayar arasında bir çevirmen rolü üstlenir ve kullanıcının uzman sistem hakkındaki görüşü, büyük ölçüde kullanıcı arabirim tasarımı ve performansına göre değişir.

6. Açıklama Birimi

Açıklama birimi, uzman sistemleri diğer sistemlerden ayıran en belirgin farklılıklardan biridir. Açıklama biriminin görevi, tıpkı bir uzman kişi gibi, elde ettiği sonuçları açıklamak ve bu sonuçlara ulaşırken izlediği yolun ne olduğu, bu yolu neden kullandığı ve nasıl bir çıkarsama yaptığı sorularının cevaplarını verebilmektir. Açıklama birimi, sadece kullanıcıya uzman sistemin çıkarımları konusunda değil, bu uzman sistemi geliştirmeye çalışanların, sonuçların doğru çıkarılıp çıkarılmadığını görmesi konusunda da yardımcı olur. Burada uzman sistem karşılıklı soru cevap şeklinde davranışlarını açıklar.

2.3.6.4. Uzman Sistemlerin Yararları

Uzman kişilerin, deneyim, pratiğe yönelik yöntemler kullanma, benzerlik ve zıtlıkları karşılaştırma yeteneklerini kullanarak bir problem karşısında bulunduğu çözüm yöntemleri sezgisel olduğu için her probleme çözüm getiremese de, bu yöntemle pratikte çok defa başarılı olurlar. Uzman insanların, uzman sistemler karşısında yenilikçi olmaları, duyu uzmanlığına sahip olmaları, geniş bir bakış açısına sahip olmaları ve sağduyu bilgisine sahip olmaları gibi avantajları olsa da uzman sistemlerin kullanılması bir çok açıdan daha yararlı olmaktadır. Uzman sistemlerin yararlarını şu şekilde sıralayabiliriz (Abdullah, 2002; Kocabaş, 2002);

Maliyet azalması: Bir kişinin uzmanlaşması çok uzun zaman alır. Aynı zamanda bir konuda uzman insan bulmak çok daha zor ve pahalıdır. Fakat bir uzman sistem oluşturulduktan sonra, bir makineden diğerine kopyalanarak kullanılabilir.

Verimlilik artışı: Uzman sistemler insanlardan daha hızlı çalışır. Uzman insan, yorulduğu veya hasta olduğu zaman aynı performansı veremez, ama uzman sistemin böyle sorunları yoktur. Artan çıktının anlamı, daha az sayıda insan ve daha düşük maliyettir.

Kalite iyileştirmesi: Uzman sistemler tutarlı ve uygun önerilerde bulunarak ve hata oranını düşürerek kalitenin iyileştirilmesini sağlarlar.

İşleyiş hatalarını azaltma: Bir çok uzman sistem, hatalı işlemleri tespit etmek ve onarım için tavsiyelerde bulunması için kullanılır. Uzman sistem ile bozulma sürelerinde önemli bir azalmanın sağlanması mümkündür.

Esneklik: Uzman sistemlerin kullanımı üretim aşaması ve servis sunulması sırasında esneklik sağlar.

Daha ucuz araç kullanımı: İzleme ve kontrol için insanların pahalı araçlara bağlı kaldığı durumlar vardır. Fakat uzman sistemler ile aynı görevler daha ucuz araçlarla yerine getirilebilir.

Tehlikeli çevrelerde işlem: Bazı insanlar tehlikeli çevrelerde çalışırlar. Uzman sistemler ise insanların tehlikeli çevrelerin dışında kalmasına imkan sağlar.

Güvenilirlik: Uzman sistem güvenilirdir. Uzman sistem bilgilere ve potansiyel çözümlere üstün körü bakmaz, tüm detayları yorulmadan ve sıkılmadan dikkatlice gözden geçirir.

Cevap verme süresi: Uzman sistemler, özellikle verilerin büyük bir kısmının gözden geçirilmesi gerektiğinde bir insandan çok daha hızlı cevap verecektir.

Tam ve kesin olmayan bilgi ile çalışma: Geleneksel bilgisayarlar ile karşılaştırıldığında, uzman sistemlerin insanlar gibi tam olmayan bilgi ile çalışabildiği görülmektedir. Bir görüşme sırasında sistemin bir sorusuna kullanıcı “bilmiyorum” veya “emin değilim” şeklinde bir cevap verdiğinde, uzman sistem kesin olmasa bile bir cevap üretebilecektir.

Eğitim: Uzman sistemin açıklayabilme özelliği bir öğretim aracı gibi kullanılarak eğitim sağlanabilir.

Problem çözme kabiliyeti: Uzman sistemler, uzmanların yargılarını bütünlemeye imkan sağlayarak problem çözme kabiliyetlerini yükseltirler. Bu sistemler bilgileri sayısalardan çok simgesel olarak işledikleri için bir çok yöneticinin karar alma stilleri ile uyumludur.

Sınırlı bir sahada karışık problemlerin çözümü: Uzman sistemler insan yeteneklerini aşan karışık problemlerin çözümünde kullanılabilir.

2.3.6.5. Uzman Sistemlerin Kullanım Alanları

Uzman sistemlerin günümüzdeki kullanım alanlarından bazıları aşağıda sıralanmıştır. Gelecekte, bilgisayar bilimleri ve teknolojiye gelişmelerle bu alanların daha da artacağı, uzman sistem çalışmalarının yaygınlaşacağı ve pekçok alanda insanlara yararlı olacağı tahmin edilmektedir (www.gencbilim.com).

- Bankacılıkta: Kredi değerlendirme, sigorta risklerini değerlendirme, yatırım danışmanlığı, müşteri değerlendirme, ödünç para alma işlemlerini onaylama;
- Kimya sanayinde: Organik maddelerin sentezinde uygun tepkime mekanizmalarının bulunmasında;
- Tıpta: Hastalık teşhis ve tedavisinde doktorlara yardımcı olması;
- Kimyasal Analizlerde: Deneylerden gelen veriler ışığında kimyasal bileşimlerin yapılarının belirlenmesinde;
- Uzay çalışmalarında: Kalkış ve inişlerin otomatik kontrol edilmesinde ve gezegenlere ve uydulara gönderilen robotların fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılmasında;
- Askeri alanda: Stratejik taktik planlama, lojistik, askeri imalat planlaması konularında.
- Mimarlıkta: Form Üretimi, plan şeması üretimi, ısı hesabı... vb konularda.

3. ETMENLER, ETMEN ÖZELLİKLERİ VE TÜRLERİ

3.1. Etmen Tanımı

Etmen (agent) terimi, çoğunlukla, bilişsel varlıkların genel alanını tanımlamak için kullanılıyor. Bu konuda çalışmalar yapan her araştırmacı, etmen kavramını farklı tanımlamış. Yapay zekada, etmen fikrini tanıtırken kullanılan sistem, süreç sırasında ortaya çıkan problemi çözme şeklindedir. Etmenler, karmaşık ortamlarda efektif ve verimli fonksiyonlama, hesaplama yapabilen konumlanmış ve somutlaştırılmış problem çözücüler olarak tanımlanabilir. Etmenler ortamdaki o anda aldıkları etkileri, ortamı etkileyecek şekilde hareket ederek cevaplayan, etkileri bazı algı araçları ile alıp, tepkileri dengeleyicilerle veren sistemdir (Franklin ve Graesser, 1996).

Smith, etmenleri “Belli bir amaca adanmış, kalıcı yazılım varlıkları” olarak tanımlarken, Selker etmenleri “Başka bir insanın sizin için yapabileceği herhangi bir şeyi yaparak insan ilişkilerini taklit eden bilgisayar programı” olarak nitelendirir. Ricken, “birleştirilmiş us sürecini” etmen olarak tanımlar. (Luck ve d’Inverno, 2004). Wooldridge’e göre etmen, (Gandon, 2002) “Tasarım hedeflerini karşılamak için, bir ortama yerleştirilmiş ve bu ortamda esnek ve otonom hareket etme kapasitesinde, kapsüllü bilgisayar sistemleri” ‘dir.

Sycara, etmenin, “ana özellikleri yerleşmişlik, özerklik, uyarlanabilirlik ve toplumsallık olan bir bilgisayar yazılımı” olduğunu vurgulayarak bir tanım yapmıştır. Jennings’e göre ise etmenler; belirli bir amaca hizmet etmek için tasarlanmış, kendi, iç durumları ve kendi davranışları üzerinde kontrol sahibi olan, tasarım nesnelerini elde etmeye uğraşırken esnek problem çözme davranışı sergileme kapasitesine sahip, sensörlerle algıladıkları ve dengeleyicilere göre davrandıkları ortamlarda yerleşmiş, iyi tanımlanmış sınırlar ve arayüzlerle, açıkça tanınabilir problem çözücü varlıklardır (Gandon, 2002).

Ferber (1999), kitabında etmen tanımlarını bir tablo altında toplamıştır;

Etmen;

- bir ortamda hareket edebilme kapasitesine sahip,
- diğer etmenlerle doğrudan iletişim kuran,

- optimuma ulaştırmaya çalıştığı yaşama işlevlerinin ya da bireysel hedefler formundaki eğilim setlerine göre varlığını sürdüren ,
- kendi kaynakları olan,
- sınırlı derecede bulunduğu ortamı algılayabilme yeteneğine sahip,
- ortamın sadece belli bir kısmının temsiline sahip,
- yetenekleri olan ve hizmet öneren,
- kendi kendinin kopyasını çıkararak üreyebilen,
- hedeflerini sağlayacak şekilde davranan, kaynaklarının hesabını tutan, ve bu kaynaklarına, algıladıklarına, betimlemelerine ve aldığı iletişimlere göre ustalık gösteren,

fiziksel ya da sanal bir varlıktır.

Genel olarak, etmenler yapay zekanın farklı tekniklerini işleyen, özerk, serbestçe birleşmiş yazılım bileşenleridir. Her etmen, bir ya da daha fazla amaca ulaşmak için kendi karar mekanizmasını kontrol etme kapasitesine sahip ve kendi evre algısına dayanarak işleyen öz-içerikli bir programdır. İyi tanımlanmış sınırlar ve ara yüzler ile açıkça kimliği belirtilebilen bireysel yapay varlıklardır. Bir ortam içinde konumlandırılırlar, bu ortamı sensörler aracılığıyla algırlar, etkileyiciler aracılığıyla bu ortamda hareket ederler ve bu ortama tepki gösterirler. Etmenler, diğer etmenler ve insanlarla etkileşime girmelerini sağlayan sosyal yeteneklere sahiptirler. Bu arada, sistemden istenenleri, tartışma, sınıflandırma ve reddetmeyi düzenlemesine izin veren bir oto kontrol mekanizmasına sahiptir. Tüm bu özellikleriyle etmenler, karmaşık problemleri çözmede araştırmacıya yardım eden bir asistandır.

Etmen, basit bir şekilde rneklendirilirse, herhangi bir kontrol sistemi etmen olarak görülebilir. Bir termostat sistemini örnek olarak verebilir. Termostatın, oda ısısını ölçmek için bir algılayıcısı vardır. Bu algılayıcı ortamla bütünleşmiş durumdadır ve iki sinyalden birini çıktı olarak ortama verir. Bu sinyallerden biri sıcaklığın çok düşük olduğunu, diğer i se sıcaklığın konfor koşullarını sağladığını gösterir. Termostatın yapabileceği iki hareket “ısıyı arttırmak” ve “ısıyı azaltmak” tır. “ısıyı arttır” hareketi oda soğuk olduğunda yapılır ama eğer kapı ya da pencere açıksa garantili bir sonuç vermeyebilir ve oda yeterince ısınmayabilir. Termostat uygulamalarındaki karar verme bileşeni genellikle 2 kuralı takip eder;

Çok soğuk → ısıtmayı a

sıcaklık normal → ısıtmayı kapat

Daha karmaşık ortam kontrol sistemlerin de, tabii ki daha fazla karar yapılarına ihtiyaç duyulur. Örneğin, insansız uzay mekikleri, enerji santrali kontrolü, uçak pilot yardımcılığı...vb. Karar verme süreci, birçok farklı ortam özelliklerinden etkilenir (Feijo vd., 1998). Russell ve Norwig ortam özelliklerini şu şekilde sınıflandırmışlardır (Weiss, 2000);

- Ulaşılabilir / ulaşılmaz

Ulaşılabilir Ortam, etmenin, ortamın durumuyla ilgili tam, doğru ve güncel bilgi alabildiği ortamdır. Birçok karmaşık ortamlar, günlük fiziksel dünya ve internet gibi, ulaşılmazdır. Bir ortam ne kadar ulaşılabilir olursa, bu ortam içinde, işlem yapan etmen o kadar basit yapılandırılabilir.

- Belirlenimci / belirlenimci olmayan

Belirlenimci ortam, her hareketin sadece bir adet garantili etkisinin olduğu, bir hareket gerçekleşmesinin sonucunda durumla ilgili belirsizliğin olmadığı ortam olarak tanımlanabilir. Fiziksel dünya, tüm amaç ve hedefleriyle, belirlenimci olmayan ortam sayılabilir. Belirlenimci olmayan ortamlar etmen tasarımcısı için daha büyük problemleri temsil eder.

- Ayrı bölümlü / aynı bölümlü

Ayrı bölümlü ortamda, bir etmenin performansı, etmenin farklı senaryolardaki performansına bağlı olmadan, kesikli ayrı bölümlere dayanır. Ayrı bölümlü bir ortam için örnek olarak elektronik posta tasnif etme sistemi verilebilir. Ayrı bölümlü ortamlar etmen geliştiricilerinin bakış açısına göre daha basittir, çünkü etmen hareketine, sadece o anki bölüme göre karar verir. O anki ve gelecekteki bölümler arasındaki etkileşimlerle ilgili us yürütme gereği yoktur.

- Statik / dinamik

Statik ortam, etmenin hareket performansının değiştirilemez olduğunu varsayan ortamdır. Dinamik ortam, üzerinde başka işlemlerin de gerçekleştiği, ve bu işlemlere bağlı olarak etmen kontrolünün ötesindeki yöntemlerle değişen ortamlardır. Fiziksel dünya, yüksek derecede dinamik ortamdır.

- Kesintili / kesintisiz

Eğer bir ortamda sabit ve sınırlı sayıda hareket ve algılar bulunuyorsa, o ortam kesintilidir. Russel ve Norwig bir satranç oyununu kesintili ortama, taksi sürmeyi kesintisiz ortama örnek olarak vermişlerdir.

Russel ve Norwig, gözlemleri sonucunda, eğer bir ortam yeterli derecede karmaşıksa, onun gerçekte belirlenimci olamayacağı olgusuna ulaşmışlardır ve tüm niyet ve amaçlara rağmen bu ortam belirlenimci olmayan ortamdır. En karmaşık ortam sınıfını şu şekilde tanımlamışlardır; ulaşılmaz, belirlenimci olmayan, aynı bölümlü, dinamik ve kesintisiz ortam. (Weiss,2000).

3.2. Etmenlerde Gerçek Zamanlılık

Karmaşık bir çevrede bir etmenin algılama, düşünme ve eylemleri çoğu zaman onun bilgi işlem kapasitesini zorlar. Bir etmen hemen her zaman algılama, düşünme ve eylem faaliyetlerinin yükü altında bulunduğu için, yapabileceği bütün işlemleri zamanında gerçekleştiremez. Bu yüzden etmenlerin, gerekli bilgi ve işlerlik isteyen görevleri yapmada yeterli bir davranış içinde olması esas kabul edilir (Fenves vd., 1994).

Diğer özellikleri eşit olmak şartıyla, bir etmenin başarabileceği görevler ve uyum sağlayabileceği şartlar ne kadar fazla olursa, etmen o kadar zeki kabul edilir. Bir etmen, her fırsat için bütün olası işlerden hangisini yapacağına karar vermek için, amaçlarıyla alakalı bilgileri, kısıtlamaları, kaynakları ve çevresini kullanabilmelidir (Kocabaş, 2002).

Etmen, dinamik bir çevre içinde olduğundan ve sürekli akış içinde değişen olaylarla karşı karşıya olduğundan, yaptığı eylemlerin gerekliliklerini karşılayacak şekilde sürekli kontrol kararları alabilmelidir. Genel olarak bir etmen, gerçek zaman ve öteki kaynak sınırlamaları altında alabileceği en iyi sonuçları alabilmek için zeki kontrol uygulamak zorundadır (Fujii vd., 1997).

Öteki bilgisayar sistemlerinden farklı olarak, etmenler için gerçek zamanlı performans, etmenin birkaç amacından biri olarak görülmelidir. Karşılaştığı çevreyle etkileşimlerinde, elindeki kaynaklar ve verdiği kararlar çerçevesinde gerçek zamanlılığı az veya çok sağlayabilir. Birçok durumda etmen, bir görev için gerçek zamanlı bir sonucu, ancak öteki görevlerindeki sonuçların kalitesinden veya onların zamanında gerçekleşmesinden ödün vererek üretebilir. Bir etmenin belli bir konudaki uzmanlığı fazlaştıkça, bu tür fedakarlıklara olan ihtiyacı da artacaktır (Weiss, 2000).

Etmenlerde gerçek zamanlılık için gerekli şartları, etmenin kendisiyle ilgili şartlar ve çevresiyle ilgili şartlar olarak ikiye ayırabiliriz. Etmen dinamik bir sistemdir ve bu durum bileşenlerin kendi arasındaki ve bileşenler arasındaki bilgi akışına bağlı olarak değişir. Bir eylemin sahip olması gereken bileşenler, algılama, düşünme ve

eylem bileşenleridir. Bu bileşenlerin kendi içlerinde ve birbirleri arasında tetikleme ve cevap gibi olaylar meydana gelir (Shakeri, 1998).

Etmen davranışlarını sürdürürken, bulunduğu ortamla yani çevresiyle etkileşir. Gerçek zamanlılık için etmenin çevresiyle ilgili şartları şu şekilde sıralayabiliriz (Kocabaş, 2002; Wooldridge, 2002);

- **Veri Yoğunluğu:** Bir etmenin bulunduğu ortamda kendisini ilgilendiren tüm olayları değerlendirmesi verimli olmaz, çünkü çevredeki olayların sayısı ve hızı etmen içinde çevre etkisiyle meydana gelen olaylardan çok daha fazladır.
- **Veri Dağılımı:** Önemli ortam şartları, etmen içindeki olaylar dizisine farklı durum değişkenleri ve zaman aralıkları içinde gerçekleşir. Yani ortamda meydana gelen olaylarla, bunların etmen içinde meydana getirdikleri etkiler farklı zaman aralıklarında oluşur.
- **Olayların Çeşitliliği:** Ortam şartları önemlilik açısından değişim gösterir. Bu sebeple, etmen tarafından çevredeki olaylara farklı “önemlilik değeri” yüklenir.
- **Gerçek Zaman Kısıtları:** Olayların değeri, kısmen gerçekleştikleri zaman değişir.
- **Şartların Çokluğu:** Etmenin, karşılaçağı ve onu ilgilendirecek bütün şartları sıralaması ve değerlendirmeye çalışması uygun değildir.
- **Öngörülebilirlik:** Etmenin bulunduğu ortamın, gelecek olaylarla ilgili, olası öngörüler oluşturmaya olanak sağlayacak kadar düzenli olması gerekir.
- **Olası Etkileşimler:** Evrensel olarak planlanan hareketler bazan yerel olarak tesbit edilen hareket serilerinden daha üstündür.
- **Ortam Modeli:** Ortam hakkında bilginin olması gerekir.
- **Farklı İstekler:** Ortamla çoklu etkileşim için gerekli olanlar, yorumlama, tanıma, öngörü, tepki, planlama ve açıklamadır.
- **Değişken Gerilim:** Ortamın etmen üzerindeki gerilimi zaman içinde değişir.

3.3. Etmen Özellikleri

Etmenleri sınıflandırmak, onları anlamak ve tasarlamak açısından önemlidir. Etmenler, görevlerine göre (bilgi toplayan etmen, filtreleyen etmen), alanlarına ve hareketlerinin etkinliğine göre, dahili durumlarının karmaşıklık derecesine göre, bulundukları ortama göre ya da bu özelliklerin bir kombinasyonuna göre sınıflandırılabilirler. Daha önce bu konuyla ilgili yapılmış bir kaç araştırmadan

aydalananarak etmen özelliklerini aŗaŗıdaki Şekilde sınıflandırabiliriz (Ferber, 1999; Wooldridge, 2002; Weiss, 2000; Gandon, 2002; Luck ve d'Inverno, 2004; Ren ve Anumba, 2003);

- **Tepkisellik** : Kendi ortamını algılaması (bu ortam fiziksel bir ortam, grafik bir ara yüz aracılıŗıyla bir kullanıcı, diŗer etmenler topluluŗu, internet, ya da bunların bir araya gelmiŗ hali olabilir.) ve bu ortamdaki anlık deŗiŗikliklere cevap verebilmesi.
- **Karmaŗık Ruhsal Durum**: Bilgi , inanŗ, niyet ve amaŗlara sahip olması.
- **Özerklik**: Tek baŗına, doŗrudan baŗlantı olmadan, dahili ortamında ve kendi hareketleri üzerinde kontrol sahibi olma.
 - **Bireysellik**: İyi tanımlanmıŗ sınırlar ve ara yüzler ile aŗıkŗa kimliŗi belirtilebilen bireysel yapay bir varlık olma.
 - **Oto kontrol**: Komutlara k r  k r ne uymama fakat istekleri modife edebilme.
 - **Esneklik**: Hareketlerin sınırlandırılmaması, her etmenin dinamik olarak hangi hareketi nasıl bir düzende yapacaklarını seŗmeleri. Ortam iŗindeki beklenmedik önemli olaylara tepki verebilmesi.
 - **Hedef Yönelimlilik**: Diŗer etmenlerin ne istediŗini göstererek yüksek seviyeli istekleri kabul etme ve kullanıcı lehine bu istekleri nasıl ve nerede karŗılayacaŗına karar verme sorumluluŗunu alma.
 - **Proaktiflik**: İnisiyatif kullanabilme yeteneŗi ve gelecek hedef beklentilerine göre hareket etme.
- **Kiŗisellik**: İnsan kullanıcılarla etkileŗimini geliŗtiren, iyi tanımlanmıŗ kiŗilik ve duygusal duruma sahip olması.
- **Sosyal İletişim**: Diŗer etmenlerle ya da insan kullanıcılarla bir iletişim dili kullanarak etkileŗmesi.
- **Adaptasyon**: Kullanıcısının tercihlerine göre kendini kiŗiselleŗtirmesi ve ortamındaki deŗiŗikliklere adapte olabilmesi.
 - **Kiŗiye Göre Eŗitilebilme**: Baŗka bir etmen tarafından (ŗoŗu zaman insan) tercihleri karŗılamak iŗin kiŗiselleŗtirilebilirliŗi.
 - ** ŗrenme**: Daha  nceki deneyimlerine dayanarak, davranıŗlarını deŗiŗtirmesi.
- **G   Edebilme**: Bir sistem ortamından bir diŗerine hareket edebilme.

- **Hareketlilik:** Elektronik ağda dolaşma yeteneği.
- **Görsel Sunum:** Görsel sunuma sahip olma; klasik ara yüzlerden sanal gerçeklik ara yüzlerine kadar geniş bir alanı kapsaması.
- **Dürüslük:** Bir etmenin hatayı bilerek yapmaması.
- **Yardımseverlik:** Etmenlerin çakışan hedefleri olmadığını varsayma ve her etmenin kendinden isteneni yaptığını farz etme.
- **Rasyonellik:** Her etmenin hedefine ulaşmaya yönelik hareket ettiğini var sayma.

Yukarıdakilere ek olarak, etmenlere daha çok insanlara ait bazı özellikler yüklenilmeye çalışılıyor. Örnek olarak, bilinen ve yaygın bir yapay zekada, etmenleri karakterize etmek için, bilgi, inanç, niyet ve yükümlülük gibi zihinsel fikirler kullanılması, verilebilir. Bazı yapay zeka projelerinde daha da ileri gidilerek duygusal etmenler düşünülüyor ve tartışılıyor. Etmenlere, insana özgü özellikleri tanımlamanın diğer bir yolu da, onları görsel olarak, çizgi, grafik ikon veya anime edilmiş bir yüz olarak modellemektir. (örn: insan – bilgisayar arayüzleri).

3.4. Etmenler ve Nesneler Arasındaki Farklar

Etmenler, nesnelerden farkı bir yerde konumlandırılırlar. Bir nesne gibi, etmenler iç veri strüktürleri ve algoritmalarından bağımsız mesaj tabanlı ara yüzleri desteklerler. Nesneler, bir durumu kapsayan, hareket ya da yöntemleri üretebilen ve mesajlar ile iletişim kuran hesaplamalı varlıklardır. Fakat iki yaklaşım arasındaki temel fark, ara yüz dilidir. Genel bir nesne-yönelimli programlamada, mesajın anlamı bir nesneden diğerine farklılık gösterebilir. Etmen tabanlı programlamada ise, etmenler ortak bir dil kullanırlar. Ayrıca, etmenler, nesnelerden farklı olarak davranışları üzerinde kontrole sahipler ve bir hareketin nasıl ve neye bağlı olacağı konusunda karar verebiliyorlar. Etmenler bir kere yaratıldıklarında sürekli aktif olmayı sürdürüyorlar, fakat pasif nesneler zamanın çoğunda hareketsizler ve sadece başka bir nesne, onlardan yöntemlerinden birini uygulamalarını istediklerinde aktif hale geçiyorlar. Ayrıca standart bir nesne yönelimli programlama modeli, etmen yönelimli programlamada analiz edilen esnek, özerk davranış biçimlerine (proaktif, Tepkisel, sosyal) sahip değildir (Wooldridge, 2002).

3.5. Etmenler ve Uzman Sistemler Arasındaki Farklar

80'lerin en önemli yapay zeka teknolojisi olan uzman sistemler, problem çözme kapasitesine sahip ya da bir bilgi alanında öneride bulunan sistemdir. Uzman

sistemler ile etmenler arasındaki en önemli fark, uzman sistemlerin doğal olarak nerden geldiğinin bilinmemesidir. Burada sözü edilen ‘nerden geldiğinin bilinmemesi’ kavramı, doğrudan ortamla etkileşmemesidir. Yani bilgilerini algılayıcılar üzerinden değil, orta adam olarak tanımlanmış kullanıcı üzerinden alır. Aynı şekilde, bir ortamda hareket etmez ama daha çok üçüncü kişiye geribildirim ve tavsiye verir. Buna ek olarak, uzman sistemlerin, diğer etmenlerle işbirliği yapması beklenmez. Bütün bu farklılıklara rağmen, bazı uzman sistemler, özellikle eşzamanlı kontrol görevlerini gerçekleştirenler, etmenlere çok benzer. ARCHON sistemi bu tip uzman sisteme iyi bir örnektir (Luck ve d’Inverno, 2004).

3.6. Etmen Mimarileri

Etmen Mimarilerini 4 sınıfta toplayabiliriz (Weiss, 2000);

- Mantık Tabanlı Mimari: Kararlar, mantıksal türetim sonucunda verilir.
- Tepkisel Mimari: Kararlar, durum ve hareketlerin planını doğrudan çıkarsama biçiminde uygulamalar yaparak verilir.
- İnanç-Arzu-Amaç (BDI - Belief-Desire-Intention) Mimarisi: Kararlar, etmenin inancı, arzusu ve niyetlerini temsil eden veri yapılarının işlenmesi sonucunda verilir.
- Katman Mimarisi: Kararlar, herbiri farklı soyutlama seviyelerindeki ortamla ilgili az ya da çok us yürüten, bir çok yazılım katmanı aracılığıyla verilir.

3.6.1. Mantık Tabanlı Mimari

Yapay akıllı sistemler üretme konusundaki geleneksel yaklaşımlar, akıllı davranışın, ortamın sembolik tanımlarının ve tasarlanmış davranışın sözdizimsel olarak işlenmesi sonucunda meydana geleceğini gösterir. Bu sembolik tanımlar, mantıksal formül, mantıksal tümdengelim ya da teorem ispatlamadır. Bir sistem uygulamasındaki geleneksel yaklaşım, uygulama tamamlanıncaya kadar gelişen daha somut evreler dizisi boyunca meydana gelen temsillerin arılaştırılmasını da içerir. Fakat etmenlerle ilgili teoremleri ispatlayanlar, bu arılaştırma sürecini gözardı ederler. Mantık tabanlı etmenlere, düşünen etmenler de diyebiliriz. Veri tabanı, etmenin ortamla ilgili bildiği tüm verilerden oluşur. Bir etmenin veritabanının oynadığı rol, insanlardaki inançların oynadığı role benzer. Mantık tabanlı etmenlerin us yürütmesi bir anda olan bir şeydir. Eğer karar verme aygıtı, karar verme süreci başladığında optimal olan davranışı öneriyorsa, etmen hesaplanabilir mantıklılık özelliğine sahiptir denir. Hesaplanabilir mantıklılık, ortamda açıkça kabul görmez ve

etmenin karar verme zamanından daha kısa sürede değişir. Bir etmeni modellerken, katı mantıksal temsil dillerini ve tümdengelim kural setlerinin tamamını program dışında bırakırsak belki çok iyi performans gösteren bir etmen elde edebiliriz, fakat, mantıksal yaklaşımın getirdiği en önemli avantajı kaybederiz; basit, düzenli, mantıksal anlambilim. Bu, mantıksal tabanlı yaklaşımda en çok tartışılan konulardan biridir (Weiss, 2000).

Etmenlerdeki mantıksal yaklaşımla ilişkilendirilmiş bir çok problem vardır. İlki, etmenin ortamı algılamasıyla ilgilidir. Etmenin algı bileşeni, bir algı yakalamak için ortamın haritasını çıkarır. Mantık tabanlı mimari kullanarak oluşturulmuş bir etmen için bu algı semboliktir ve tipik olarak etmenin temsil dilindeki formül setlerine benzer. Fakat bir çok ortam için, ortamın haritasının çıkarılmasından, sembolik algının gerçekleştirilmesinin nasıl olduğunun bir önemi yoktur. Bir başka problem, dinamik, eşzamanlı ortam özelliklerinin temsil edilmesindeki zorluklardır. Geçici bilgilerin, yani zamana göre değişen durumların, temsil edilmesi ve yorumlanması olağanüstü zordur. Son olarak, prosedürle ilgili bilgilerin geleneksel mantıkla temsil edilmesinin sezgisel olmadığı ve kullanışsız olması problemidir (Panzarasa vd., 2002).

Bu yaklaşıma elektrikli temizlik örneğini verebiliriz. Elimizde bir evi temizleyecek küçük robotik etmen var. Robot, bir algılayıcı yardımıyla bir yerin kirli olup olmadığını anlıyor ve üzerine monte edilmiş bulunan elektrik süpürgesini kullanarak kirliliği temizliyor. Buna ek olarak, robot her zaman sabit bir yönelime sahip, kuzey, güney, doğu, batı. Ayrıca, kirliliği temizlerken öne doğru bir adım atabiliyor veya sağa 90° dönebiliyor. Etmen, eşit karelere bölünmüş bir grid sistemini baz alarak odada dolaşıyor. Bu örnekte, etmenin temizleme dışında hiçbir iş yapmadığı, odayı asla terketmediği, odanın basit bir 3x3 kareden oluştuğu ve etmenin her zaman (0,0) noktasında yüzü kuzeye dönük olarak harekete başladığı varsayılıyor. Kısaca, etmen *kirlilik* algısını alıyor, ya da hiçbir şey yapmıyor. Olası üç hareket gerçekleştirebiliyor; ilerle, temizle ve dön. Hedef ise, odanın tamamını turlayıp, kirliliği aramak ve bulunduğu kirliliği yok etmek (Weiss, 2000).

Özetle, etmen üretmede mantık tabanlı yaklaşım kullanımında karar verme süreci tümdengelim olarak görülebilir. Bir etmenin karar verme stratejisini içeren program, mantıksal kuram olarak kodlanır, ve hareket seçme süreci bir problem ispatına indirgenebilir. Mantık tabanlı yaklaşımlar düzenlidir ve net bir anlambilimi bulunur. Fakat mantık tabanlı yaklaşımların bazı dezavantajları vardır. Özellikle etmenler, zaman kısıtlamalı ortamlarda verimli işleyen teorem ispatçıları olarak görev yaptıklarında, teorem ispatının doğal sayısal karmaşıklığı sorgulanmalıdır. Bu tip

etmenlerde karar verme, hesaplanabilir matıklılığın varsayımlarına dayandırılır. Burada iki varsayıma dayanılır, Birincisi etmenin ne yapacağına karar verdiği süre içerisinde ortamda önemli bir değişikliğin olmayacağı varsayımı, ikinci ise karar verme süreci başladığında rasyonel olan bir hareketin, süreç bittiğinde de rasyonel olması varsayımdır. Karmaşık, dinamik ve belki fiziksel olan ortamlarla ilgili us yürütme ve bu ortamların temsili ile ilişkilendirilmiş problemler, mantık tabanlı mimarilerle aslında çözülememektedir. Mantık Tabanlı Mimari ve mantık tabanlı etmenlerle ilgili çalışmalar, artık yapay yaşam literatüründeki belgelere taşınmıştır (Flores-Mendez, 1999).

3.6.2. Tepkisel Mimari

Sembolik mantıksal yaklaşımlarla üretilen etmenlerin, kontrol edilmesi zor problemlerin üstesinden gelemeyeceği anlaşıncı, araştırmacılar bu yaklaşımları temel alan varsayımları bir kenara attılar. Bu araştırmacılar, zaman kısıtlayıcı ortamlarda işleyen etmenlerin yetersiz kaldığı, mantıksal temsil dillerinin zayıflatılması gibi sembolik yaklaşımlardaki küçük önemsiz değişimler üzerinde yaptıkları inceleme ve tartışmalar neticesinde, yeni bir yaklaşımın gerekliliğini ortaya koydular. 80'lerin sonuna doğru, alternatif yaklaşımlar araştırılmaya başlandı. Ortaya tekrar aşağıdaki temalar çıktı (Weiss, 2000);

- Sembolik temsillerin ve bu temsillerde sözdizimsel işleme dayalı karar vermenin reddedilmesi.
- Zeki ve mantıklı davranışın, doğuştan olarak etmenin işgal ettiği ortama bağlı olması, zeki davranışın nerden geldiğinin bilinmesi, fakat zeki davranışın ortamlarla sürdürdüğü etkileşim ürünü olarak ortaya çıkması fikri.
- Zeki davranışın birçok basit davranışların etkileşmesinden doğması fikri.

Etmenliğe alternatif yaklaşımlar, davranışsal, konumlandırılmış ve tepkisel olarak adlandırıldılar. Tepkisel Mimarilerin iki tanımlayıcı özelliği bulunur. İlk özelliği, bir etmenin karar vermesinin, görev tamamlayıcı davranış setleri aracılığıyla gerçekleşmesidir. Görev tamamlayıcı davranışlardan herbiri bireysel hareket fonksiyonundan oluşabilir ve algısal girdileri sürekli olarak yerine getirilecek hareketi planlar. Her bir davranış modülü, bazı belirli görevleri başarmak için tasarlanır. Önemli bir nokta, bu modüllerin hiçbir karmaşık sembolik temsil içermemesi, ve hiçbir sembolik us yürütme yapmamasıdır. Bir çok uygulamada, algısal girdiyi doğrudan harekete dönüştüren, "durum → hareket " formundaki kurallara göre bu davranışlar uygulanır (Ferber, 1999).

Tepkisel Mimarinin karakteristik diğ er özelliği, bir çok davranışın eşzamanlı olarak canlanmasıdır. Birçok farklı hareket içerisinden uygun davranışı seçen bir mekanizma bulunması zorunlu ve gereklidir. Brooks (1986), davranışların sınıflandırmasını katmanlara göre yapmıştır ve alçaktaki katmanlara daha fazla öncelik, yüksekteki katmanlara daha az öncelik tanımlanmıştır. Yüksek katmanlardaki davranışlar daha soyut davranışlarıdır. Mesela, hareketli bir robot için, engellerden uzak durma davranışı, yüksek öncelikli bir davranıştır ve tipik olarak alçak katmanda tanımlanır. Tepkisel yaklaşımlar, basitlik, ekonomi, hesaplanabilir uysallık, başarısızlığa karşı dayanıklılık ve estetikliktir. Fakat tümüyle Tepkisel mimarilerde, bazı temel ve çözümlenmemiş problemler vardır (Weiss, 2000);

- Eğer etmenler, bulundukları ortam modellerini kullanmıyorlarsa, kabul edilebilir bir davranışı belirlemek için, yerel ortamlarında bulunan ulaşılabilir yeterli bilgiye sahip olmaları gerekir.
- Bazı tümüyle tepkisel etmenler, yerel bilgiye ( rn: etmenin o anki durumu ile ilgili bilgiler) dayalı karar ürettikleri sürece, bu tip karar vermenin nasıl yerel olmayan bilgilerin dikkate alınarak verilebileceğini anlamak çok zordur, bunun için doğal olarak kısa süreli bir bakış gerekir.
- Tümüyle tepkisel etmenlerin, deneyimlerinden öğrenebilecekleri ve zamanla performanslarını geliştirebilecekleri şekilde nasıl tasarlanabileceğini anlamak çok zordur.
- Tamamen tepkisel sistemlerde, etmen ortamda konumlandırıldığında, tüm davranış bileşen davranışlarının etkileşiminden ortaya çıkar. Fakat ortaya çıkma terimi, bireysel davranışlar, ortam ve tüm davranışlar arasındaki ilişkilerin anlaşılamaz olduğunu öne sürer. Bu özellikle mühendis etmenlerin görevlerini başarmalarını zorlaştırır. Sonuçta, bu tip etmenleri yapılandırmak için ilkeli bir yöntembilim yoktur.
- Verimli etmenler, az sayıda davranışla (10 katmandan daha az katmana sahip)  retilirlerken, bir çok katman içeren etmenleri yapılandırmak daha güçtür. Farklı davranışlar arasındaki dinamik etkileşimleri karmaşıklaştırarak anlaşılmasını zorlaştırır.

Yukarıda tanımlanan problemlere farklı çözümler önerilmiştir. Bu önerilerden en popüler olanı, etmenleri belli bir görevi yerine getirecek şekilde geliştirmektir. Bu  alışma alanı, üzerinde çalışılmaya devam eden yapay zeka geleneğindeki ana görüşlerin dışına çıkmıştır.

3.6.3. İnanç-Arzu-Amaç Mimarisi

İnanç-Arzu-Amaç (BDI) Mimarisi, pratik us yürütmeyi anlamayı içeren felsefi gelenek köklerine dayanır. Pratik us yürütme, anlık hedeflere ulaşmaya yardımcı olan hareketleri yerine getirmek için, karar verme sürecidir.

Deneysel us yürütme iki önemli süreç içerir; hangi hedeflere ulaşmak istediğimiz ve bu hedeflere nasıl ulaşacağımız. Birincisi, “üzerinde düşünmek”, ikincisi de “araç-sonuç us yürütmesi”dir. BDI modelini anlamak için, deneysel us yürütme ile ilgili basit bir örnek üzerinden gitmek faydalıdır. Üniversiteyi derece ile bitirdiğimizde hayatımızla ilgili olarak ne yapacağımıza dair bir karar vermemiz gerekir. Karar verme süreci genellikle hangi seçeneklerimizin olduğunu anlamak ile başlar. Örneğin, iyi bir dereceye sahip iseniz bir seçeneğiniz akademisyen olmaktır. İyi dereceye sahip değilseniz bu seçenek iptal olacaktır. Diğer bir seçenek, piyasaya atılmaktır. Alternatiflerinizi ürettikten sonra aralarından bir tanesini seçmek ve karar vermek gerekmektedir. Burada karar verilen seçenekler “amaç”ı tanımlıyor ve etmenin hareketini belirliyor. Amaçlar etmenin gelecekteki deneysel us yürütmesini besliyorlar. Örneğin, seçenekler arasından akademisyen olma kararı seçildiyse, bu karar üzerine gidilerek başarılı olmak için bu alan üzerinde yoğunlaşılmalı , bu konuyla ilgili daha çok zaman ve çaba harcanmalıdır. Deneysel us yürütme sürecinde amaçlar çok önemli rol oynarlar. Amaçların belki de en belirgin özellikleri hareket etmeye yönlendirmeleridir. Eğer kişinin gerçekten akademisyen olma amacı varsa, bu amaca ulaşmak için hareket etmesi beklenir. Örneğin, kişinin çeşitli doktora programlarına başvurması, amaca ulaşmak için makul girişimlerde ve eylemlerde bulunması gerekir. Bazı eylemler başarısız olsa bile pes edilmemesi ve tekrar denenmesi beklenir. Örneğin başvurduğu bir doktora programına kabul edilmezse başka üniversitedeki programlara başvurulabilir. Bir amaç seçmek ve bu amaca sahip olmak gelecekteki deneysel us yürütmeleri zorlar ve sınırlandırır. Amaca aykırı hareket edilemez. Kişi akademisyen olmaya yöneldiyse çok çalışmalı ve sürekli eğlenmeye gitmeyi seçeneklerinden çıkarmalıdır. Bu iki davranış birbiriyle çelişir. Amaçlar, süreklilik arz eder. Akademisyen olma amacına ulaşılması için ısrar edilmesi, ve amaca ulaşana kadar devam edilmesi gerekir. Kaynakları tahsis etmeden amaç henüz başarılmamışken yarı yolda bırakmak, hiçbirşeye ulaşamamak demektir. Ancak amaca ulaşmak için çok uzun süre ısrar edilmemesi doğrudur. Sonuca hiç bir zaman ulaşamayacağı, yani kişinin akademisyen olamayacağı belli ise, amaçtan bir an önce vazgeçmek daha yararlıdır. Yani, bir amacın olma sebebi ortadan kalktığı zaman amacı bırakmak gerekir. Bu demektir ki, kişi akademisyen olmayı daha rahat bir hayatı olacağına inandığı için seçtiyse,

fakat zamanla bunun böyle olmadığını, ders vermesi gerektiğini ve ders vermenin hayatını zorlaştırdığını keşfedince, bu amaca dair bir talebi kalmadığı için en kısa sürede bu amaçtan vazgeçmelidir. Sonuç olarak, amaçlar geleceğe dair inançlarla çok yakın ilişkilidir. Bir amaç seçildiği zaman o amaca inanılması gerekir. Eğer seçilen amaca inanılmıyorsa, bu amaç mantıklı bir amaç değildir. Yani, kişi akademisyen olma amacını seçtiyse, en azından olabileceğine dair iyi bir şansı olduğuna inanmalıdır (Weiss, 2000).

Yukarıdaki örnekten de anlaşılabileceği gibi amaçlar, deneysel us yürütmede bazı önemli roller oynarlar;

- Amaçlar araç-sonuç us yürütmesine sürükler.

Akademisyen olma amacı oluşturulduktan sonra, bu amaca ulaşmak için gerekli birçok şeyin yanısıra nasıl ulaşılabilceği bilgilerinin de tanımlanması gerekir. Bir doktora programına başvurmak gibi. Bunun dışında, özel bir takım eylemler, amaca ulaşmada başarısız olursa yeni eylemler seçilmelidir. Bir üniversitenin programından ret cevabı alındığında bir diğerini denemek gibi.

- Amaçlar gelecek üzerinde düşünmeye zorlar.

Akademisyen olma amacına yönelinmişse, bu amaçla çelişen diğer seçenekler iptal edilir. Örneğin, mantıklı bir etmen, akademisyen olmayı hedeflediğinde aynı zamanda zengin olmayı hedeflemez. Her ikisine de ulaşma olasılığı olsa da çok küçük bir ihtimaldir.

- Amaçlar sürekliidir.

Genellikle geçerli bir sebep olmadığı sürece amaçtan vazgeçilmez. Amaçlar süreklilik arz ederler. Tipik olarak, amaca ulaşıldığına ya da ulaşamayacağına inanıldığında, veya amaç olmasını gerektirecek durum ortadan kalktığında amaçtan vazgeçilir.

- Amaçlar, gelecekteki deneysel us yürütme temeline dayalı inançlardan etkilenirler.

Akademisyen olma amacı edinildiğinde, gelecekle ilgili planlar bu fikre dayanarak yapılmalıdır. Bir yandan bu amaca yönelip, diğer yandan olamayacağına inanmak mantıksızlıktır (Weiss, 2000; Ferber, 1999; Sycara, 1998).

Deneysel us yürüten etmenlerin tasarlanmasında anahtar problem bu farklı roller arasındaki dengeyi kurmaktır. Özellikle bir etmenin zaman içinde amaç düşürmesi gerektiği açıktır. Çünkü bir amaca, ya hiçbir zaman ulaşamayacağına inanılır, ya o

amaca ulaşılır ya da artık amaç varolmadığından dolayı vazgeçilir. Bundan anlaşılacağı gibi zaman zaman etmenin amacını gözden geçirmesi için işlemin durdurulması uygundur. Fakat yeniden inceleme yapmanın bedeli zaman ve kaynak kaybıdır. Bu bizi bir ikileme götürür (Ferber, 1999);

- Yeterince sıklıkla yeniden inceleme yapmak için işlemi durdurmamayan bir etmen, her ne kadar amacına ulaşamayacağı belli veya amaca ulaşmaya gerek kalmadıysa da, amacına ulaşmaya çalışmayı sürdürecektir.
- Sabit olarak ilgisini yeniden inceleyen bir etmen asıl işi olan hedefe ulaşmaya yeterince vakit ayıramayacağından, hiçbir zaman hedefe ulaşamama riskiyle karşılaşacaktır.

Özetle BDI Mimari, deneysel us yürütme mimarisidir ve günlük hayattaki karar verme sürecine benzemektedir. BDI mimarisinin temel bileşenleri (Luck ve d'Inverno, 2004);

- etmenin inanç, arzu ve amacını yansıtan veri yapıları,
- üzerinde düşünmeyi temsil eden fonksiyonlar (hangisinin amacı olacağına karar verme, ne yapılacağına karar verme),
- araç-sonuç us yürütmesi (nasıl yapılacağına karar verme) dir.

BDI modelinde amaçlar merkezi bir rol oynarlar; karar vermede destek sağlarlar; etmenin deneysel us yürütmeye odaklanmasına yardımcı olurlar. BDI Mimarisinde başlıca sorun amacına varmak veya yeterince varmamak arasındaki dengeyi sağlamaktır. Üzerinde düşünme süreci sonuç olarak bulunduğu ortamla uyumlandırılmalı, dinamik olmalı, yüksek derecede bilgi kaynağı kullanarak amaçlarını sık sık gözden geçirmesi sağlanmalıdır. Daha statik ortamlarda gözden geçirme daha az sıklıkla yapılmalıdır.

BDI modeli birçok sebepten dolayı çekicidir. Öncelikle, sezgiseldir. Ne yapılacağı ve nasıl yapılacağına karar verme süreci herkes tarafından bilindiği için, inanç-arzu-amaç kavramları da tanımlanabilir. İkinci olarak, bir etmeni yapılandırmak için hangi alt sistemlerin gerektiğini gösteren açık bir fonksiyonel ayrışma tanımlar. Ama her zamanki gibi başlıca sorun fonksiyonları verimli uygulamayı bilmektir (Braynov, 2002).

3.6.4. Katman Mimarisi

Bir etmenin tepkisel ve proaktif davranış kapasitesine sahip olması için gerekli olan şart, bu tip farklı davranışlarla ilgilenen ayrı ayrı alt sistemler yaratmayı içeren açık

bir ayırım yapmaktır. Bu fikir, etkileşen katmanlar hiyerarşisinin düzenlenmesinden görevli bir çok altsistemin olduğu mimari sınıfları doğurdu. Tipik olarak, tepkisel ve proaktif davranışlarla ilgilenen en az iki katman bulunmalıdır. Prensip, neden daha fazla katman olması gerektiğinin bir sebebi yoktur. Fakat bir çok katman, bilgi ve kontrol akışının gerçekleştiği bu tip mimariler için, kullanışlı bir tipolojidir. Genel olarak, katman mimarilerde iki tür kontrol akışı tanımlayabiliriz (Weiss, 2000);

1. Yatay Katmanlama: Yatay katman mimarisinde yazılım katmanlarının herbiri doğrudan algılayıcı girdisi ve hareket çıktısına bağlıdır. Aslında herbir katman kendi başına bir etmenmiş gibi davranır ve yapılacak eylem için öneriler üretir.
2. Dikey Katmanlama: Dikey katman mimarilerinde, algılayıcı girdisi ve hareket çıktısından herbiri ayrı birer katmanla ifade edilir.

Yatay katman mimarisinin en büyük avantajı yapısal basitliğidir; eğer bir etmen n adet farklı davranışa ihtiyaç duyuyorsa, o zaman n tane farklı katman tanımlanır. Herbir katman, birbiriyle hareket önerisi yaratma konusunda yarıştığından dolayı etmen davranışının geneline bakıldığında kararlı olmama tehlikesi vardır. Yatay katman mimarisinin kararlı olmasını sağlamak için, katmanlara, herhangi bir zamanda hangi katmanın etmeni kontrol ettiğini belirleyici bir arabuluculuk fonksiyonu eklenir. Böyle merkezi kontrole ihtiyaç duymak problemlidir. Bu demektir ki, tasarımcı her katman arasındaki olası etkileşimleri dikkate almalıdır. Eğer mimaride n adet katman varsa, ve her bir katman m tane olası hareket önerisi verebiliyorsa, m üzeri n tane etkileşimin dikkate alınması gerekmektedir. En basit sistem tasarımı açısından bu tabii ki çok zor bir durumdur. Bir merkezi kontrol sisteminin tanıtılması aynı zamanda etmenin karar verme sürecinde karşılaşılabilecek darboğazları beraberinde getirir (Brooks, 1986).

Dikey katman mimarisinde bu sorunlar kısmen ortadan kalkmaktadır. Dikey katman mimarisini, tek yönlü mimari ve çift yönlü mimari olarak ikiye ayırabiliriz. Tek yönlü mimaride, kontrol, son katman hareket çıktısı üretilene dek, sırasıyla her bir katmandan geçer. Çift yönlü mimaride, bilgi yukarı doğru akar, ilk geçiş, ve kontrolden sonra aşağı doğru akar. Çift yönlü dikey katman mimarisiyle, organizasyonel işlev arasında ilginç benzerlikler bulunmaktadır. Organizasyonların en üst düzeyine bilgi akar ve oradan da emirler aşağı doğru akar. Tek ve çift yönlü dikey katman mimarilerinin her ikisinde de katmanlar arası etkileşimlerin karmaşıklığı azaltılmıştır. ' n ' tane katman arasından ' $n-1$ ' adet arayüz bulunabildiğinden, katmanlar arası dikkate alınması gereken en fazla ' $m^2(n-1)$ ' adet etkileşim mevcuttur. Bu açıkça, yatay katmanlama durumundan daha basittir. Bu

basitlik esnekliğin azalmasına neden olur. Bir dikey katman mimarisinin karar vermesini sağlamak için her bir farklı katman arasına bir kontrol konumlandırılmalıdır. Bu hata toleransı değildir, her bir katmanda hata yapmak ciddi bir şekilde etmenin performansını etkileyecek sonuçlar doğurur (Snippe vd., 1999).

Her bir katman uygulaması iki temel fonksiyona sahiptir. İlki, durum tanımlaması ve hedef aktivasyon fonksiyonudur. Bu fonksiyon daha çok BDI mimarisindeki seçenek fonksiyonu gibi davranır. Bir bilgi tabanı ve o anki hedeflerden yeni hedef setleri tasarlar. İkinci fonksiyon planlama ve zamanlamadan sorumludur. Mevcut planlara, hedeflere ve o katmanın bilgi tabanına dayanarak hangi planların uygulanacağını seçer (Smith vd., 2000).

Katman mimarileri, bilinen etmen mimari sınıfları içerisinde, şu anda en popüler olan mimaridir. Katmanlama, fonksiyonelliğin doğal ayrışımını temsil eder. Tepkisel, proaktif ve sosyal davranışın bir mimarideki tepkisel, proaktif ve sosyal katmanlarda nasıl üretildiğini görmek daha kolaydır. Katman mimarisindeki ana problem, pragmatik bir çözüm üzerinde tartışılırken, katmanlı olmayan yaklaşımlardaki kavramsal ve anlamsal anlaşılabilirliğin azalmasıdır. Özellikle, mantık tabanlı yaklaşımlar net mantıksal anlambilime sahipken, böyle bir anlambilimin katman mimarisi için nasıl tasarlandığını anlamak zordur. Bir diğer konu da, katmanlar arasındaki etkileşimdir. Eğer her katman, bireysel hareket üretme süreciyse, bir katmanın diğeriyle haberleşebilmesi için olası bütün yöntemler gözönüne alınmalıdır. Bu problem, çift yönlü katman mimarisi ile kısmen çözümlenmiştir (Weiss, 2000).

3.7. Etmen Tipolojileri

Etmenlerle ilgili çalışmalar yapanlar farklı etmen tipolojileri tanımlamışlardır (www.agent-software.com, www.magma.ca/~mrw/agents/index.html);

- **İşbirlikçi Etmenler:** İşbirlikçi etmenler, araştırmacıların başlangıç noktası olarak kabul edilir ve bunlar birinci koldaki etmenler olarak isimlendirilir. İşbirlikçi etmenler modülerdir ve farklı protokolleri kullanarak, çakışmaları çözmek için birbirleriyle etkileşirler. Bazı işbirlikçi etmenler, bilgi edinmek için işbirliği yapar. İşbirlikçi etmenler kalıt sistemlerin etrafını sararak onları birbirine bağlayan “yapıştırıcı” görevi görürler. Öz olarak, hava trafiği kontrolü ve telekomünikasyon ağı yönetimi gibi yaygın problemlere çözüm sağlarlar.

- **Arayüz Etmenleri:** Arayüz etmenleri ikinci etmen kolu olarak isimlendirilir. Arayüz etmenleri, yardım sağlar ve destek verirler. İstekli yardımcılarıdır. Bir

uygulamadaki bir görevin üstesinden gelmek için kullanıcıyla işbirliği yaparlar. Arayüz etmenleri kullanıcıyı gözlemleyerek ve taklit ederek (kullanıcıdan), kullanıcıdan geribildirim alarak, açık komutlar alarak, öneri için diğer etmenlere soru sorarak (emsallerinden) öğrenir. Arayüz etmenleri, ayrıca filtreleme ve süzme işlemlerini de gerçekleştirirler. (örn: elektronik posta)

- **Tepkisel Etmenler:** Tepkisel etmenler, dahili sembolik modellere sahip olmayan, ortamın o anki durumuna uyarıcı-tepki olarak hareket eden, temeli, tepkisel mimariye dayanan etmenlerdir. Her tepkisel etmen basittir ve diğerleriyle temel yolla etkileşir. Davranışın karmaşık örnekleri, etkileşimlerinden ortaya çıkar. Tepkisel etmenlerin yararları, sağlamlılık özelliğine sahip olması ve hızlı tepki verebilmesidir.

- **Hareketli Etmenler:** Uygulaması bağımsız uygulama ortamında gerçekleşen ama mutlaka bir uygulama ortamına ihtiyaç duyan bir makineden diğer makineye göç edebilen programlardır. İndirgenmiş iletişim maliyeti ve eşzamanlı olmayan bilişim gibi pratik fakat fonksiyonel olmayan avantajları vardır. Bir-sekmeli hareket etmenleri (bir başka yere göç ediyor) ve çoklu-sekmeli hareket etmenleri (bir yerden diğerine geziniyor) olmak üzere iki tiptir. Hareketlilik ya da etmen yöresi için yeterli koşulun sağlanması zorunlu değildir. Yaygın bilgi bulup getirme ve telekomünikasyon ağı dolaşımı gibi uygulama alanları mevcuttur.

- **Bilgi Etmenleri:** Bilgi etmenleri, birçok yayılmış kaynaktan bilgiyi toplayıp kullanarak, bilginin hızla gelişimini yönetir. Bilgi etmenleri dinamik ya da statik olabilir. Bilgi etmenleriyle ilgili birkaç örnek şu şekilde sıralanabilir;

- BargainFinder: Cdler için Internet mağazaları arasında karşılaştırma yapan bir model.
- Jasper: Kullanıcı ya da kullanıcı toplulukları ve mağazalar adına çalışan, internet ortamından kullanışlı bilgileri toplayıp ve diğer etmenlere bildiren bilgi etmen modeli.
- Internet Softbot; Yüksek seviyeli arama isteklerinden hangi internet hizmetinin nasıl ve ne zaman kullanılacağı sonucunu çıkaran bilgi etmen modeli.

- **Heterojen Etmenler:** Heterojen etmenler, minimum iki farklı etmen tipinin biraraya gelmesiyle oluşan etmenlerdir. Tek başına uygulamaları, dahili işlemle gerçekleştirme talebinden kaynaklanıyor. Etmenler arasında iletişimi sağlamak için

ortak protokol (KMQL), ortak değiştokuş formatı (KIF) ve ontoloji setlerini tanımlayan etmen iletişim dili (ACL) kullanılıyor.

• **Ekonomik Etmenler:** Ekonomik etmenler, üçüncü kol etmenler olarak adlandırılıyor. Etmen araştırmalarında en son gelişmeleri temsil ediyorlar. Ekonomik etmenler, sosyal bilimler, yapay zeka, karmaşık uyarlayıcı sistemler, pazar- yönelimli programlama, internet hizmetlerini ücretlendirme gibi birçok ayrıık araştırma çabalarını yavaş yavaş geliştiriyorlar. Aşağıdaki özellikleri paylaşırlar;

- Ortaya çıkma/belirme
- Sosyal normların evrimi
- Kendinden düzenli
- Değişimlere uyarlanabilir
- Değer eklemeli (verim)

Etmenler, çözüm üretilecek probleme göre, etmen araştırmalarında (Sosa vd., 2002; Saunders vd., 2002; Smith vd., 2002; Peng vd., 2004; Pohl, 1997; McAlinden vd., 1998; Campbell vd., 1998) farklı tipolojilerde geliştirilirler.

4. ÇOKLU ETMEN SİSTEMLER VE UYGULAMA ALANLARI

4.1. Çoklu Etmen Sistemlerin Tanımı

Etmen tabanlı sistem teknolojisi, yazılım sistemlerinin kavramlaştırılması, tasarımı ve uygulanmasında yeni bir paradigma yaratma vaadinde bulunduğu için, son yıllarda çok ilgi çekmektedir. Özellikle internet gibi yaygın ve açık ortamlarda işleyebilen bir yazılımın yaratılabilecek olması bir çok araştırmacıyı bu konuda çalışmaya yönlendirmiştir. Şu anki etmen-tabanlı sistemlerin büyük çoğunluğunda sadece bir tek etmen bulunmaktadır. Bununla beraber, teknoloji geliştikçe ve giderek daha karmaşık uygulamalara yöneldikçe, birbiriyle doğrudan bağlantı kurabilen birden çok etmene sahip sistemlerin gerekliliği daha çok anlaşılmaktadır. Dağıtılmış yapay zeka topluluğu tarafından yıllardır sürdürülen çalışmaların konusunun özü ve araştırma soruları, çoklu etmen sistemlerinin tasarımı ve etkin işletimi üzerinedir. Başka bir deyişle, dağıtılmış yapay zeka konusunda yoğunlaşmış araştırmacılar, etmen denilen yapay zeka varlıklarının davranışlarını vurgulayan prensipleri ve anlamlı çoklu etmen sistem davranışı üretmek için etmenler arasındaki etkileşimi anlamaya çalışır. Etmenler arasındaki etkileşimler tamamen rastlantısal bir süreç olarak gelişir (Sycara,1998).

Bugüne kadar yapay zekadaki çoğu araştırmacı, tek bir kavrayan varlığın davranışlarını ve us yürütme özelliklerini inceleyebilmek ve anlayabilmek için kuramlar, teknikler ve sistemler geliştirmeye değinmişlerdir. Yapay Zeka geliştikçe, daha karmaşık, gerçekçi ve büyük çaplı problemlerin de bilişim teknolojileri yardımıyla çözülebileceği görülmektedir. Fakat, gerçek dünyadaki problemler, başlıbaşına bir etmenin kapasitesini aşmaktadır. Akıllı bir etmenin kapasitesi, onun sahip olduğu tüm bilgiler, hesaplama kaynakları ve bakış açısıyla sınırlıdır. Bu sınırlandırılmış mantıksallık, çoklu etmen sistemlerinin oluşumuna neden olan başlıca sebeptir. Eğer bir problem alanı, özellikle karmaşık geniş ya da dinamikse, bu problemin akla uygun çözümü, ancak belli bir problemin çözümünde uzmanlaşmış, kendine özgü işlevselliği ve modülerliği olan çok sayıda bileşenin geliştirilmesiyle olur. Bu ayrışma, her etmenin, belli bir problemi çözmek için en uygun paradigmayı kullanmasını sağlar (Anumba vd., 1999). Tek etmenli bir sistemi klasik bir yapay zeka olarak nitelendirirken, birden çok etmenin biraraya gelerek

oluşturduğu çoklu etmen sistemlere “yapay toplum” diyebiliriz (Gandon, 2002). Böyle yayılmış yapay zeka toplumunda her etmen yararlı çıkarım aktivitelerini kendi başına yapabilme kapasitesine sahip bireysel yapay zekalardır. Fakat, birbirlerinden bağımsız problemler ortaya çıktığında, performanslarını artırmak için iletişim kurdukları ve diğer etmenlerle, işbirliğine girip ortak çalıştıkları bir yapay topluma bağlanmışlardır (Ferber,1999).

Buna ek olarak, gerçek problemler dağıtılmış ve açık sistemler içermektedir. Açık sistem, sistem yapısının dinamik olarak değişebildiği sistemlerdir (Hewitt, 2006). Böyle bir sistemin başlıca özellikleri parçalarının önceden bilinmemesi, zaman içinde değişebiliyor olmaları ve farklı insanlar tarafından, farklı zamanlarda ve farklı yazılım araçları ve teknikleriyle uygulanan bir çok farklı türlerden etmenlere sahip olmasıdır. Açık yazılım ortamlarının en iyi örneği internettir. Internet; ağdaki düğüm noktaları, farklı organizasyonlar ve bireyler tarafından tasarlanmış ve uygulanmış, geniş ve yaygın bir bilgi kaynağı olarak görülebilir. Açık bir ortamda bilgi kaynakları, iletişim bağlantıları ve etmenler ani ve beklenmedik bir şekilde görülür ve kaybolurlar. Şu an internetteki etmenler çoğunlukla bilgi çekme, arama ve süzme işlemlerini gerçekleştirebilen etmenlerdir. Bundan sonraki etmen teknolojilerini geliştirmeye çalışanlar, bilgi toplama ve kullanıcının problem çözme görevlerinde destek sağlayacak karmaşık us yürütme işlemlerini gerçekleştirebilen etmenler üretmeyi amaçlamışlardır. Bir etmenin us yürütme yeteneğine sahip olabilmesi için, etmelerin birbiriyle doğrudan etkileşmesi, birlikte çalışabilmeleri ve işbirliği yapabilmeleri gerekmektedir. Bu yeteneklerin tümü, etmenlerin problem çözme alanını genişletebilmelerini sağlamaktadır. Bu gibi fonksiyonlar, görüşmeye ve işbirliğine dayalı tekniklerin oluşmasına yol açmıştır ve bu tekniklerin üretilmesi çoklu etmen sistemlerinin çalışma sahası içinde kendine önemli bir yer edinmiş, bir çok araştırmacı bu konuya odaklanan farklı çalışmalar yapmışlardır (Weiss,2000; Chiou ve Logcher, 1996; Feijo vd., 1998).

Her geçen gün sayıca önemli bir artış gösteren çoklu etmen çalışmaları, başarılı olabilmek için bir tek değil, birden fazla etmene sahip sistemlerin önemini ortaya koymaktadır. Bu araştırmalar, birbirleriyle ve çevreleriyle etkileşim içine giren, özerk, mantıklı bir şekilde biraraya gelmiş bir grup etmenin çalışmaları, davranışları ve yapısıyla ilgilidir. Ayrıca, akıllı etmenlerin biraraya toplanması sırasındaki problemlere de çözüm aranmaktadır. Çoklu etmen sistemlerle ilgili çalışmalar, bireysel zekanın ötesine geçmiş, sosyal içerikli problemleri çözmeye kadar genişlemiştir. Bu sistemleri, bir problemi çözmek için tek bir problem çözücünün yeteneğinin, bilgisinin veya kaynaklarının yetmediği durumlarda, birbirleriyle

etkileşim içerisinde girerek çözüm arayan, gevşekçe birleştirilmiş problem çözücü ağlar olarak tanımlayabiliriz (Shen ve Lesser, 2006). Çoğunlukla, etmen denilen bu problem çözücüler özerk ve birbirinden farklıdır.

Özetle çoklu etmen sistemler, gerçek dünyadaki karmaşık ve çok yönlü problemleri çözmek için tasarlanmış, gerçek dünyadaki ekipleri sanal dünyada temsil eden, istenilen amaçlara ulaşmak için birlikte çalışan ya da birbiriyle yarışan çok sayıda akıllı etmenin birarada bulunduğu, temeli organizasyon, koordinasyona ve işbirliğine dayanan, karmaşıklıkla başa çıkabilmenin en etkili yolu sayılan modülerlik ve soyutlamayı sağlayan ve hızla gelişmekte olan bir bilgi teknolojisi. Bu sistemlerde önceden kurulmuş bir mimari ya da etmenlerin bir arada çalışmasını sağlayan bir konfigürasyon yoktur. Daha da önemlisi, etmenlerin, ortak bir hareket yerine her etmenin kendi hedef ve yetenekleriyle heterojen bir topluluk oluşturmalarıdır. Bu sayede çoklu etmen boyutu, karmaşık mimari problemlere, geleneksel yapay zekayı getirir.

Çoklu etmen sistem araştırmalarının amaçladıklarını şu şekilde sıralayabiliriz (Sycara,1998);

- Performansında zayıflık olabilecek ya da kritik zamanlarda bozulabilecek tek bir merkezi sistemi kullanmanın riskli olması ve kaynak sınırlılığı ya da yetersizliği yüzünden merkezileşmiş tek bir etmenin çözemeyeceği kadar büyük problemleri çözmektir.
- Birden fazla varolan kalıtsal sistemlerin birbiriyle bağlanmalarını ve birlikte çalışmalarını sağlamaktır. Kalıtsal sistemler, her geçen gün değişen ve fazlaşan iş ihtiyaçlarına yetişebilmek için, sürekli güncellenmektedir. Bir yazılımı, yeniden yazmak hem maddi açıdan hem de zaman açısından oldukça verimsizdir. Bu nedenle, bu yazılımlardan en etkin şekilde faydalanmaya çalışılmalıdır. Daha uzun süre bu yazılımları kullanabilmenin bir yolu, onları başka yazılımlar tarafından da kullanılabilecekleri, geniş bir işbirliği içinde yeralan bir etmen toplumunun içine dahil etmektir.
- Özerk ama birbiriyle etkileşim halinde olan parçalar topluluğu olarak görünen problemlere çözüm üretmektir.
- Geniş bir alana yayılmış bilgi kaynaklarını etkin bir şekilde kullanan çözümler sağlamaktır.
- Uzmanlığın dağıldığı yani bir problem için birden fazla uzmana ihtiyaç duyulduğu durumlardaki çözümleri sağlamaktır.

- Performans artışını sağlamaktır. Performans, bir kaç şekilde arttırılabilir;
 - Sayısal verimliliği sağlayarak: Hesaplamanın eşzamanlılığından yararlanılır.
 - Güvenilirliği sağlayıp, parça aksaklıklarını düzelterek: Çoklu etmen sistemlerde bir çok özelliğe uygun, etmenler arası işbirliğine yatkın etmenler dinamik olarak bulunur. Başarısız olan etmenlerin sorumlulukları, diğer etmenler tarafından devralınır. Böylece sistemdeki aksaklık giderilerek, bir görevin her şekilde yerine getirilmesi sağlanır.
 - Genişletme yaparak: Bir problem üzerinde çalışan etmenlerin sayısı, tanımlanmış özellikleri ve etmenlerin sahip olduğu yetenekler üzerinde değişiklik yapılarak, bunlar arttırılabilir veya azaltılabilir.
 - Sağlamlık özelliği eklenerek: Sadece uygun bilgi etmenlerin birinden diğerine aktararak, sistemin belirsizliklere tolerans gösterebilme özelliği kazanması sağlanır.
 - Korunabilirliğin sağlanması: Birden fazla parçadan oluşan bir sistem modülerliğinden dolayı daha kolay korunabilir.
 - Yanıt vermesi sağlanarak: Böylece sistemde herhangi bir noktada meydana gelen anormallik, sistemin modüler olması sayesinde bütün sisteme yayılmadan bölgesel olarak düzeltilebilir.
 - Sistemin esnek olması sağlanarak: Böylece etmenler, mevcut probleme uyarlanarak yeniden düzenlenebilirler.
 - Tekrar kullanımın sağlanması: İşlevsel olarak özelleştirilmiş etmenler, farklı problemleri çözebilmek için, farklı etmen takımlarına katılıp, tekrar kullanılabilirler.

4.2. Çoklu Etmen Sistem Özellikleri

Çoklu etmen sistemler, karmaşık problemlere etkileyici çözümler bulmalarını sağlayacak bazı özelliklere sahiptirler.

- Çoklu etmen sistemlerde **global bir kontrol yoktur**. Dağıtılmış sistemlerdir ve dağıtma yaklaşımı, karmaşıklığı kontrol etmeyi sağlar. Tasarım sistemleri gibi büyük ve karmaşık sistemler, çoklu işbirlikçi etmenlere ayrılarak, kontrolün tek bir merkezden alınıp alt sistemlere dağıtılması sağlanır ve böylece daha rahat başa çıkılabilir bir hale getirilir.

- Her etmen **tamamlanmamış bilgiye** ya da **problem çözme yeteneğine sahiptir**. Yani her etmen kendi alanında özelleşmiştir bu yüzden sınırlı bir bakış açısı vardır.
- Çoklu etmen sistemlerde, **veriler dağıtılmıştır**. Her etmen kendi uzmanlık alanıyla ilgili verilere sahiptir ve ortamdan kendisiyle ilgili verileri toplayarak veri tabanını genişletir.
- Çoklu etmen sistemlerde, **hesaplama eşzamansızdır**. Bir çok etmen birbirinden bağımsız veya birbiriyle etkileşerek, senkronize ya da asenkronize bir şekilde görevlerini yerine getirmeye çalışır. Böylece karmaşık süreçlerdeki, rastlantısallığın etkisi araştırılabilir (Shakeri,1998; Sycara,1998).

4.3. Çoklu etmen sistemlerde bireysel etmen us yürütmesi

Aristo zamanından sonra, us yürütmenin iki temel biçimi arasında genel bir ayrım yapılmıştır; kuramsal ve uygulamalı. Kuramsal us yürütme, hedefi bilgi ve sonucu açıklayıcı inanç olan us yürütme şeklini tanımlar. Uygulamalı us yürütme ise, davranışa yönlendirilmiş ve bir etmenin bir nedene göre hareket etmesini açıklaması beklenen us yürütme biçimidir. Fakat her iki temel biçim de, bir problem için uygun cevabı veren çıkarsama süreçleri olarak tanımlanabilir. Diğer taraftan, kavramsal us yürütme, problemin ne olduğunu anlamaya yönelik kavramsal problemleri cevaplamayı üstlenen us yürütme olarak tasarlanırken, uygulamalı us yürütme, neyin yapılacağına yönelik uygulamalı problemlere cevap bulmayı üstlenen us yürütme olarak tanımlanabilir (Panzarasa vd., 2002).

Çoklu etmen sistemlerde, bireysel etmen us yürütmesi, sistem yapısını oluşturan ilk bileşendir. Sistemdeki her etmen, yerel hareketlerin global etkileriyle ilgili us yürütebilmeli, diğerlerinin davranışlarıyla ilgili beklentiler oluşturabilmeli ya da çakışmalara ve zararlı etkileşimlere açıklama getirip, onları düzeltebilmelidir. Bu alandaki bir çok çalışma, etmenlere mantıklı aksiyom biçimlemeye çalışmaktadır. Mantıklı aksiyom, etmenlerin inançlarına, arzularına ve amaçlarına dayanan davranışları için bir model oluşturulabilir (Jennings ve Wooldridge, 1995).

Çoklu etmen sistemlerde, her etmenin;

- neyi bildiğini temsil eden **inanç kümeleri**;
- hangi amaçlara ulaşacağını temsil eden **hedef kümeleri**;
- o anki hedefine ulaşması için **hareket kümeleri**;

- belirli sonuçlara ulaşmayı başaran veya olaylara cevap veren hareket kombinasyonlarının oluşturduğu, etmen tarafından hareketlerinin ilerlemesine yardımcı olması amacıyla kullanılan **plan kümeleri**

bulunur. Bir olay meydana geldiğinde etmen;

- bu tip bir olaya cevap olabilecek ilgili planları tarar;
- her ilgili plan için, etmenin kendisini içinde bulduğu bu duruma uygunluğunu sorgular;
- bulduğu en uygun planı seçer ve uygulamaya başlar.

Ayrıca, buna ek olarak her etmen, hangi hedefi izleyeceğine ya da hangi duruma tepki vereceğine, seçtiği hedefi nasıl izleyeceğine, ve ne zaman hedefe ulaşmayı geçici olarak durduracağına veya yarım bırakacağına ve başka bir hedefin peşine düşeceğine karar verebilmek için bireysel us yürütmeyi sürdürür. Etmenler, tepkisel ve düşünceli davranışları arasındaki dengeyi, bir sonraki seferde ne yapacaklarına karar vermeleri için onlara izin verilen sürenin uzunluğuna veya kısalığına göre değiştirirler. Böylece daha duygusal veya daha tepkisel olabilen farklı tipte etmenler ortaya çıkar (<http://www.agent-software.com>).

4.4. Çoklu Etmen Sistemlerde Etmen Haberleşmesi

Etmenler, algılayan, us yürüten ve hareket eden aktif bir nesne olarak tanımlandı. Aynı zamanda, bir etmenin net bir şekilde temsil edilmiş bilgiye ve işlemesi ya da bilgisini kullanarak sonuç çıkarması için bir mekanizmaya sahip olduğu varsayılır. Etmen buna ek olarak haberleşme yeteneğine de sahiptir. Bu yetenek, kısmen algı; mesajları alma, kısmen hareket; mesaj gönderme, yeteneğidir. (Weiss, 2000). Sistemin düzenli ve verimli çalışabilmesi, etmenlerin haberleşmesine bağlıdır.

4.4.1. Koordinasyon

Etmenler, toplum hedefi ve bireysel hedeflerini daha iyi başarmak amacıyla haberleşirler. Haberleşme, etmenlerin, daha tutarlı bir sistem oluşturmaya yarayan hareket ve davranışlarını koordine edebilmesini olanaklı kılar. Her etmen, sadece kendi yerel gözlemlerine dayanarak haberleşme hareketlerine karar verir. Son çözümün kalitesi, haberleşmenin sistem içerisinde ne kadar etkin işlediğine bağlıdır. Etmenler, istenen çözüm kalitesine ulaşacak şekilde, haberleşme oranını belirlerler (Shen ve Lesser, 2006). Koordinasyon oranı, kaynak çatışmalarını azaltma,

anlaşmazlıklardan uzak durma ve uygulanabilir güvenlik şartlarını sağlama gibi hareketlerle arttırılabilir.

Sosyal bir ortama katılmak, bir açıdan etmenler için zorlayıcıdır çünkü sisteme katkıda bulunmak zorundalar, diğer açıdan da zenginleştiricidir çünkü bu katılım onlara başka türlü ulaşamayacakları kaynakları ve fırsatları sunar. Koordinasyon, etmenin yerel hareketlerini ve diğer etmenlerin hareketlerini yorumlamak için, toplum içerisinde tutarlı bir hareket sergilemeye çalıştığı süreç olarak tanımlanabilir. Koordinasyon olmazsa, merkezileşmemiş problem çözme yararları ortadan kalkar ve toplum hızla kaotik ve ayrışık bireyseller topluluğuna dönüşür. Koordinasyon sürecinin temel amacı;

- genel problem içinden gerekli bölümün, en az bir etmenin hareketine dahil edilmesini;
- etmenin, genel çözümle bütünleşebilecek şekilde üretilmiş hareketlerine izin veren bir biçimde etkileşmesini;
- takım elemanlarının amaca yönelik ve tutarlı davranmasını;
- yukarıda sayılan tüm amaçların hesaplama ve kaynak sınırlamalarına uygun olarak başarılabilmesini

sağlamaktır (Jennings, 1996).

Çoklu etmen sistemlerde etmenlerin koordine olması için üç temel sebep vardır;

1. Etmenlerin hareketleri arasında bağımlılıklar vardır; Karşılıklı dayanışma, hedefleri üzerlerine alan bireysel etmenler arasında ilgili bağlar kurulduğu zaman gerçekleşir. Bu bağlar hem tek bir etmen tarafından verilen yerel kararların diğer toplum elemanlarının kararı üzerinde etkisi olduğunda, hem de etmenler arasında zararlı etkileşim olasılıkları olduğunda sistemin çalışabilirliği için kurulmalıdır.
2. Global kısıtlamaların karşılanma ihtiyacı vardır; Global kısıtlamalar, bir çözüm bir grup etmen tarafından çözümlenirken, etmenlerin başarılı sayılmak için uygun koşulları sağlamaya çalıştıkları durumlarda ortaya çıkar. Eğer bireysel etmenler kendilerini soyutlayarak sadece kendi yerel performanslarını optimize etmeye çalışırlarsa, geneldeki kısıtlamalar büyük olasılıkla karşılanmayacaktır. Bazen her etmenin kendine göre bireysel olarak en verimli hareketini gerçekleştirmesi, genele bakıldığında mantıklı bir çözüme ulaşmayabilir. Ancak koordine edilmiş hareketler, uygun çözümleri üretebilir.

3. Hiç bir etmen tek başına tüm problemi çözebilecek beceri, kaynak ve bilgiye sahip değildir; Karmaşık bir problemi çözmek tek bir uzmanlık alanıyla mümkün olmayabilir. Farklı etmenler, farklı bilgi ve kaynaklara sahip olduklarından, bir probleme farklı bakış açıları getirip, onu çözümleyebilirler (Jennings,1996).

4.4.2. Anlam Boyutu

Haberleşme çalışmaları üç farklı bakış açısına sahiptir; sözdizimi (haberleşme sembollerinin nasıl yapılandırılacağı), anlambilim (sembollerin neyi ifade edeceği) ve pragmatizm (sembollerin nasıl işleyeceği). Anlam, anlambilim ve pragmatizm kombinasyonudur. Etmenler anlamak ve anlaşılmaq için haberleşirler, bu yüzden haberleşme ile ilişkilendirilmiş farklı anlam boyutlarını da dikkate almak gerekir.

Tanımlayıcı / Emredici: Bazı mesajlar fenomeni tanımlarken, bazıları davranışı emreder. Tanımlar insanın kavraması için önemlidir, fakat etmenlerin taklit edebilmesi çok zordur. Buna uygun bir şekilde, bir çok etmen iletişim dilleri, hareketler ve davranışlarla ilgili bilginin değiş tokuşu için tasarlanır.

Kişisel / Geleneksel Anlam: Bir etmen, bir mesaj için kişisel anlam oluşturabilir fakat bu anlama, etmenin haberleştiği diğer etmenler tarafından kabul edilmiş geleneksel anlamdan farklı olabilir. Bu yüzden, özellikle, ne zaman yeni bir etmenin ekleneceği belli olmayan açık sistemlerde, çoklu etmen sistem için geleneksel anlamın tercih edilmesi daha doğrudur.

Sübjektif / Objektif Anlam: Geleneksel anlama benzer olarak, anlam bir etmen dışında tanımlandığında, bir mesajın ortam üzerindeki etkisi net olur ve objektiflik olarak algılanabilir.

Konuşmacının / Dinleyicinin / Toplumun Bakış Açısı: Mesajın geleneksel ve objektif anlamının bağımsızlığı, konuşmacının, dinleyicinin ya da diğer gözlemcilerin bakış açısına göre tanımlanır.

Anlambilim / Pragmatizm: Haberleşmenin pragmatizmi, haberleşenlerin nasıl bir şekilde haberleştikleriyle ilgilenir. Bu tanım, haberleşenlerin zihinsel durumlarını, yerleştikleri ortamı ve iletişiminin sözdizimi ve anlambilimi dışındakileri içerir.

Bağlamsallık: Mesajlar yalnız başına anlaşılmaq. Etmenlerin zihinsel durumu, ortamın o anki durumu, ve ortamın o günkü duruma nasıl geldiğini açıklayan tarih kavramları bağlamında yorumlanır. Bu yorumlar, geçmiş mesajlardan ve etmen hareketlerinden etkilenir.

Kapsam: Daha az kapsamlı diller, daha kullanışlıdır fakat, gerektiği kadar genişletilebilmelidir. Böylece etmen, anlamı amacına taşıyabilir.

Kimlik: Etmenler arasında bir haberleşme meydana geldiğinde, anlam, sistemdeki etmelerin kimlik ve rollerine, ve bu etmenlerin nasıl belirlendiği bilgisine dayanır. Bir mesaj belli bir etmene gönderilebildiği gibi, o anki kriteri sağlayan tüm etmenlere de gönderilebilir.

En önemlilik: Özel olarak tek bir etmene gönderilen mesaj, açık olarak herkese gönderilen mesajdan daha farklı anlaşılmalıdır (Weiss, 2000).

4.4.3. Mesaj Tipleri

İki temel mesaj tipi vardır: bildiriler ve sorgular. Her etmen, bilgiyi kabul etme yeteneğine sahip olmalıdır. En basit şekilde, bu bilgi, bildiri bağlamında dış bir kaynaktan etmene haberleşme yoluyla gelmelidir. Bir diyalogda pasif rol almak için, etmen sorulara cevap verebilmelidir. Etmen;

- dışardan gelen bir sorguyu kabul edebilmeli
- bir bildiri üreterek kaynağa cevap göndermelidir.

Bir diyalogda aktif olarak rol almak için, etmen sorguları sonuçlandırıp, çıkarım yaparak bildiri yayınlamalıdır. Bu özellikleri sayesinde etmen, başka bir etmeni kontrol edebilir. Bu etmenin sorgulara cevap vermesini ve bilgi bildirisini kabul etmesine yol açar. Bunun anlamı kontrolün bazen alt etmenlere yayılabileceğidir. Bir etmen, bir diyalog içerisinde hem pasif hem de aktif rol alabilir. Hem bildirileri ve sorguları kabul eder, hem de onları üretebilir. (Jennings,1996).

4.4.4. Haberleşme Düzeyleri

Haberleşme protokolleri, bir çok düzeyde belirtilir. Protokolün en düşük düzeyi, birbirine bağlı olma yöntemi, orta düzeyi transfer edilen bilginin biçim ya da sözdizimi, en üst düzeyi ise, bilginin anlamı ya da anlambilimini ifade eder.

Haberleşme protokolleri, hem ikili hem de çoklu protokollerdir. İkili protokol, tek bir verici ve tek bir alıcı içerirken, çoklu protokoller de tek bir verici ama bir çok alıcı bulunur. Bir protokol, aşağıdaki beş veri yapısıyla belirtilir;

1. verici,
2. alıcı (lar),
3. protokolde kullanılan dil,
4. fonksiyonların şifrelenmesi ve deşifre edilmesi,
5. alıcı (lar) tarafından seçilen aktiviteler (Weiss,2000).

4.4.5. Konuşma Hareketi

Konuşarak yapılan insan haberleşmesi, bilişim etmenleri arasındaki haberleşme için bir model oluşturur. Bu konudaki en popüler kuram, konuşma hareketi kuramıdır. Bu kuram insanın doğal dilini hareketler olarak görür. Bu hareketlere istek, öneri, taahhütler ve cevap verme örnek olarak gösterilebilir. Konuşma Hareketi kuramının arkasındaki ana fikir, dili, hareketleri ifade etmek için kullanılan bir araç olarak yorumlamaktır. Konuşma Hareketi ayrıca, diğer etmenleri kullanarak hareketi gerçekleştirme denemesi olarak da görülebilir. Karmaşık bir yapı olan konuşma hareketi, üç bileşenden oluşur;

1. Söyleyiş hareketi: Konuşmacının fiziksel ifadesi
2. Hedef hareketi: Konuşmacının, ifade etmek istediği anlam
3. Söyleyiş sonrası hareket: Söyleyişin sonucu olarak oluşan fiziksel ya da bilişsel hareket

Bu üç bileşeni, klasik bir örnekle gösterelim. Varsayalım ki bir etmen diğer etmene şöyle diyor; “Burası çok soğuk”.

Bu söyleyiş, çok basit bir fiziksel ifadedir. Burada ifade edilmek istenen anlam;

- O anki oda sıcaklığının düşük olması sebebiyle gerçekleştirilmiş bir ifade olabilir. Bu durumda hedef noktası ifadedir.
- Bir etmenin diğer etmene dolaylı olarak anlatmaya çalıştığı istek ya da emir olabilir. Oda soğuk, camı kapat. Bu durumda, hedef noktası daha çok istek ya da emirdir (Pedersen, 2002).

İnsanlar arasındaki haberleşmede, mesajın anlatmak istediği her zaman kolayca tanımlanamayabilir. Özellikle mecazi anlam, bu durumu güçleştiren bir faktördür. O yüzden bu mecazi anlamı netleştirecek ek kelimeler, ya da ek kavramlar kullanmak, ya da aynı şeyi daha net ve açık nokta bırakmayacak şekilde ifade etmek gerekmektedir. Konuşma hareketi kuramı, bu özel ifade sınıfının mecazi etkisini tanımlamak için “edimsel” terimini kullanır. Edimsel fiiler, sözverme, rapor verme, inandırma, ısrar etme, söyleme, isteme ve talep etme olarak sayılabilir. Mecazi etki, iddialar, yönergeler, taahhütler, tanımlayıcılar ve anlamlar olarak sınıflandırılabilir (Weiss, 2000).

Özetle, konuşma hareketi teorisi, haberleşme hareketinin sözdizimini sınırlayan mecazi etki kavramını kullanarak, mesaj tiplerini tanımlamaya yardımcı olur. Vericinin anlatmak istediği haberleşme hareketini açıkça belirtir ve alıcının

gönderilen mesajın tipiyle ilgili hiç bir kuşkusu olmaz. Bir protokoldeki mesaj, belirsiz, basit bir cevabı olmayan, ayrışmayı gerektiren ve diğer etmenlerin asistanı sayılan bir mesaj olabilir, fakat haberleşme protokolünden, gönderilen mesajın tipi net olarak belirlenebilir (Pedersen, 2002).

4.5. Çoklu Etmen Sistemlerde Etmen Etkileşim Protokolleri

Çoklu etmen sistemlerde etmen haberleşmesi, tek mesajları ileten etmenler için mekanizmaları tanımlıyordu. Etkileşim protokolleri ise, etmenler arasındaki mesaj serilerinin gidip gelmesi, sohbet, işini üstlenir. Protokol, bir sohbetteki prosedür kuralları olarak tanımlanabilir. Çoklu etmen sistemleri için bir çok etkileşim protokolü tasarlanmıştır. Etmenlerin hedeflerinin çakıştığı durumlarda, bu protokollerin amacı etmenin yararını en yüksek dereceye çıkarmaktır. Etmenler benzer hedeflere ve ortak problemlere sahip olduğunda ise, özerkliği ihmal etmeden, etmenlerin tutarlı performansını global olarak sürdürmelerini sağlamaktır. Her etmenin protokolü takip edebilmesi için etmen gruplarıyla ilgili genel bir bilgiye sahip olması gerekir. Henüz, dikkat çekecek derecede tam olarak bir protokolü tanımlamak çok zordur, bu yüzden etmenler arasındaki yorumlar farklılık göstermeyebilir (Paurobally ve Cunningham, 2003)

4.5.1. Koordinasyon Protokolleri

Kaynakların sınırlı olduğu bir çevrede; etmenler, kendi çıkarlarını sağlayabilmeleri ya da grup hedeflerine ulaşabilmeleri için, birbirleriyle olan etkinliklerini koordine etmek zorundadırlar. Bu hareketler koordine edilmek zorundadır çünkü;

- etmenlerin faaliyetleri arasında bağımlılıklar vardır;
- global sınırlamaya ulaşma gereği vardır;
- hiçbir etmen tek başına sistem hedeflerine ulaşmaya yetecek kadar yeterliğe, kaynaklara ya da bilgiye sahip değildir.

Diğer etmenlere vakitli bilgi sağlamayı, etmenlerin hareketlerinin aynı zamanda gerçekleştiğinden emin olmayı ve gereksiz problem çözümlerinden kaçınmayı koordinasyon örnekleri olarak gösterebiliriz (Jennings, 1996).

Koordine olmuş sistemler oluşturabilmek için araştırmaların çoğu, kontrol ve veri dağıtım tekniklerine yoğunlaşmıştır. Dağıtılmış kontrol, etmenlerin yeni faaliyetler üretmedeki ve bir sonraki hedefi belirlemedeki kendi kendini yönetmelerinin derecelerinin olması anlamına gelmektedir. Kontrolü ve veriyi dağıtmanın dezavantajı sistemin genel durum bilgisi tüm sisteme dağıtılmış ve her etmenin

kısıtlı ve kesin olmayan bakış açısına sahip olmasıdır. Her etmenin aktiviteleriyle ilgili giderek artan bir belirsizlik olduğundan, genel davranışta uyumlu bir bütünlük oluşturmak daha da zor hale gelir (Weerdt vd., 2005).

Etmenlerin hedefleri çözümlemelerindeki hareketler klasik VE/VEYA grafiği ile açıklanabilir. Hedef grafiği, ilkel hedefleri çözmek için ihtiyaç duyulan kaynaklar ve hedefler arasındaki bağımlılığı göstermektedir. Paylaşılan kaynaklar sebebiyle hedefler arasında dolaylı bağımlılık da olabilir.

Bu anlamda çoklu etmen sistemlerinin biçimlendirilmesi, koordinasyon gerektiren hareketlerin belirlenmesine olanak tanır. Bu hareketler;

- bağımlılıkların sınıflandırılması ve teşhis edilmesini de içeren hedef grafiğinin tanımlanmasını,
- grafikteki belirli bölgelerin uygun etmenlere verilmesini,
- grafiğin hangi alanlarının araştırılması gerektiğiyle ilgili kararların kontrolünün sağlanmasını,
- grafiğin sağa sola döndürülmesini,
- başarılı döndürmelerin rapor edilmesinin sağlanmasını (Bazı faaliyetler yalnız bir etmen tarafından gerçekleştirilebilirken, bazıları ortak olabilir. Her evrede nasıl bir yaklaşım izleneceği kararı sistemin nasıl tasarlandığıyla ilgilidir.)

içerir (Weiss, 2000).

Bir yandan dağıtılmış hedef araştırma kuralcılığı yerel ve genel problemlerin nitelendirilmesinde sıklıkla kullanılırken, asıl etken yapıları bağlanma ve konvansiyondur. Bağlanmalar belli bir etkinliğin üstesinden gelebilmek için verilen söz gibi görülürken, konvansiyonlar değişen koşullarda çeşitli bağlanmaları yönetme araçları sağlar (Kannengiesser vd., 2002). Bağlanmalar bir dereceye kadar tahmin edebilme sağlar; öyle ki etmenler, etmenlerarası bağımlılıklarla, global sınırlamalarla ya da kaynak kullanımı çatışmalarıyla uğraşırken diğer etmenlerin gelecekteki hareketlerini de göz önünde bulundurabilsinler. Durumlar değiştikçe etmenler, var olan bağlanmaların hala geçerli olup olmadığını değerlendirmek zorundadırlar. Konvansiyonlar bağlanmaların tekrar değerlendirilmesi gerektiği koşulları sınırlandırır ve daha sonra gerçekleşmesi gereken ilgili hareketleri (bağlanmaya devam etme, değiştirme ya da bırakma gibi) belirler (Luck, d'Inverno, 2004).

Eğer koşullar değişmezse, etmen bağlanmalarına değer vermeye çaba gösterecektir. Bu zorunluluk, etmenin yeni bağlanmalar yaratmayla ilgili kararlarını kısıtlar, çünkü var olan bağlanmaya değer vermeyi sürdürebilmek için yeterli kaynak

ayırmak gerektiğini bilir. Bu sebeple bir etmenin bağlanması hem sistemdeki kararlarla hem de kendi inançlarıyla tutarlı olmalıdır.

Konvansiyonlar, etmene bağlanmalarını idare etmesine yardımcı olur; ama bağlanmalarındaki herhangi bir değişiklik durumunda etmenin diğerlerine nasıl davranması gerektiğini belirlemez. Bununla beraber, bağımlı olan hedefler için, ilgili etmenlerin onları etkileyen önemli değişikliklerden haberdar olmaları gerekmektedir.

Bir etmen, birleşmiş bir hareketi takip etmeye karar verdiğinde, arzuladıkları iş durumunu sağlayacak ortak hedef için, kendilerini sisteme sunarlar. İşbirlikçi etmen takımının paylaşması gereken minimum bilgi, paylaşılmış hedefe olan ve takım iskeletiyle arasındaki bağlanma durumudur. Eğer konuyla ilgili etmenin inançlarında bir değişiklik olursa, bağlanma anlambilimi, tüm takım elemanlarının bundan haberdar olmasını sağlar.

Bağlanma ve konvansiyonlar, koordinasyonun temel taşlarıdır. Bağlanmalar, tahmin edilebilir etkileşimler için gerekli yapıyı hazırlarken, sosyal konvansiyonlar gerekli müşterek destek derecesini sağlar (Weiss, 2000)

4.5.2. İşbirliği Protokolleri

İşbirliği, farklı özelliklere sahip etmenlerin ortak bir hedefe ulaşmak için, üzerine düşen görevi, bulunduğu toplumu da dikkate alarak yerine getirmesi ve uyumlu bir şekilde bir arada çalışabilmesidir. İşbirliği için bir çok protokol tarafından paylaşılan ana strateji, görevleri önce ayrıştırmak sonra da dağıtmaktır. Bu sayede görevin karmaşıklığı azaltılır. Meydana çıkan daha küçük alt görevler, daha az yetenekli etmenlere ve daha az kaynağa ihtiyaç duyar. Fakat, sistem alternatif ayrışımlardan birine karar vermeli ve bu ayrışım süreci, etmenlerin kapasitelerini ve kaynak miktarını da hesaba katmalıdır. Etmenler, global çıkarımlarla ilgilenmeden önce, kendi çıkarını maksimuma çıkaracak stratejiyi seçer. Buradaki ana soru, her etmenin tasarladığı stratejinin o etmen için en iyi çözüm olup olmadığı ve protokolün bunu garanti edip etmediğidir. Alt görevler arasındaki etkileşimlerin ve etmenler arasındaki çakışmaların ortaya çıkması kaçınılmazdır (Anumba vd., 1999)

Ayrışım programın çalışması sırasında gerçekleşirken, görev ayrışımı ya sistem tasarımcısı tarafından, ya hiyerarşik planlama yöntemini kullanan etmen tarafından yapılabilir, ya da VE/VEYA grafiği şeklinde problemin temsiline içerisinde yer alabilir. Görev ayrışımı iki türlü yapılır;

1. Uzamsal olarak: bilgi kaynaklarının veya karar noktalarının sistemdeki yerlerine bakılarak;

2. Fonksiyonel olarak: uygun etmenlerin uzmanlıklarına bakılarak .

Görevler ayrıştırıldıktan sonra, aşağıdaki kriterlere göre dağıtılır;

- Kritik kaynakların aşırı yüklenmesinden kaçınmak;
- Görevleri etmenlerin yeteneklerine göre atamak;
- Geniş görüşlü bir etmenin diğer etmenlere iş dağılımı yapması;
- Tutarlılığı sağlamak için, etmenlere örtüşen sorumluluklar yüklemek;
- Etmenlere uzamsal ve anlamsal yakınlıkta yüksek derecede bağımsız görevler yüklemek;
- Acil görevleri tamamlamak için gerekiyorsa görevleri tekrar yüklemek (Luck ve d'Inverno, 2004).

Görevlerin dağıtılması için genellikle kullanılan mekanizmalar şunlardır:

- Organizasyonel Yapı Oluşturma;
- Sözleşme Yapma;
- Çoklu Etmen Planlaması.

4.5.2.1. Organizasyonel Yapı Oluşturma

Bu sistem esas etmenlerin topladığı bilgilerden plan yaratan, global uygunluğu sağlamak için bireysel etmenlere görevler veren, hiyerarşik bir yapıyı ortaya koymaktadır. Her etmen belirli bir görev için sabit sorumluluklara sahiptir. Bu tarz sistemler, çoklu etmen sistemlerin avantajlarından çok az yararlanabilirler, çünkü tüm görevlere global bakış açısıyla bakan merkezi bir etmen bulunmaktadır. Gerçek ve kompleks olaylarda, etmenler bu merkezi etmenin bilmediği bilgilere sahiptir ve merkezi etmeni geri beslemek çok zordur.

Bir organizasyon, rollerin tanımlanması davranış beklentileri ve otorite ilişkileri bağlamında etmen etkileşimleri için bir iskelet sağlar. Genel olarak organizasyonlar, yapıları açısından kavramlaştırılmıştır. Burada bahsedilen organizasyon yapısı, etmenler arasında varolan bilgi gidiş-gelişleri ve kontrol ilişkileri, ve etmenlerde bulunan dağıtılmış problemleri çözme yeteneğinden oluşur. Açık sistemli ortamlarda, sistemdeki etmenler, statik olarak tanımlanmazlar ve etmenlerin konumlanması için mekanizmaya gerek duyan organizasyonlara dinamik olarak girip çıkabilirler. Bu konu, özellikle, çok sayıda etmen içeren, bilgi kaynakları ve iletişim bağlantıları olan, ortaya çıkan ve kaybolan etmenlerin bulunduğu ortamlarda önem kazanır. Araştırmacılar, etmenlerin bulundukları ortamdaki diğer etmenleri bulabilmeleri için

yardımcı olması amacıyla ara etmenler geliştirmişlerdir. Bir etmen harekete geçtiğinde, yeteneklerini ara etmene bildirir. Bir etmen, belli bir yeteneğe sahip başka bir etmen aradığında, örneğin bir görevi başarmak için kendinde olmayan bilgiyi ona sağlayabilecek bir etmen gibi, ara etmeni sorgulayarak aradığına ulaşır.

Başka bir açıdan da, organizasyon kavramı, etmen grupları, bu grupların gerçekleştirdiği etkinlik kümeleri, etmenler arasındaki bağlantı kümeleri ve hedef kümeleri ya da etmenlerin birleştirilmiş etkinliklerini değerlendiren, değerlendirme ölçütlerinden oluşur diye tanımlayabiliriz. Organizasyonel yapı, sınırlamaları, etmenlerin arasındaki haberleşmelere ve koordinasyona bağlı olarak düzenler.

Çoklu Etmen Sistemler literatüründe, aşağıdakileri inceleyen organizasyon örnekleri görülür:

- **Hiyerarşi:** Karar verme ve kontrol otoritesi hiyerarşinin her düzeyinde, tek bir problem çözücünde yoğunlaşır. Etkileşim, üst derecedeki etmenden alt derecedeki etmenler arasında dikey haberleşme yoluyla sağlanır. Üst derecedeki etmen, kaynaklar ve karar verme kontrolünü de yerine getirir.
- **Uzman Topluluğu:** Bu organizasyon, her problem çözücünün bir konuda uzman olduğu durumdur. Etmenler, davranış ve düzen kurallarına göre etkileşirler. Etmenler, kendi çözümlerinin müşterek adaptasyonları doğrultusunda haberleşir, böylece sistemin tutarlı olması sağlanır.
- **Market:** Kontrol, girişim ve sözleşmeye dayalı mekanizmalar doğrultusunda, görevler ve kaynaklar için yarışan etmenler arasında dağıtılmıştır. Etmenler tek bir değişkene göre etkileşir. Bu değişken, hizmeti değerlendirmek için kullanılan fiyattır. Etmenler, fiyatların müşterek adaptasyonları doğrultusunda haberleşir.
- **Bilimsel Toplum:** Bu model, çoğulcu bir toplumun nasıl işleyeceğini tanımlar. Problem çözümleri yerel olarak yapılandırılır, daha sonra, çözümü test eden, doğruluğunu sorgulayan ve arıtan diğer problem çözücülerle haberleşilir.

Açık ve dinamik ortamlarda, organizasyonel uyarlama hayati bir kavramdır. Organizasyonlar, farklı etmen bileşenleri arasındaki etkileşim örneklerini değiştirerek, değişen koşullara adapte olabilirler (Ren ve Anumba, 2003; Sycara, 1998; Hewitt, 2006; Weiss, 2000).

4.5.2.2. Sözleşme Ağı

Görevlerin dağıtılması için kullanılan mekanizmalar arasında en yaygın olarak uygulananı, sözleşme ağı protokolüdür. Etmenler arası işbirliği yaparak problem

çözmek için bir etkileşim protokolüdür. Verilen görevde çalışabilecek en uygun etmenin bulunmasını sağlar. Bu protokolda etmen, dinamik olarak iki rol üstlenebilir; yönetici ya da yüklenici. Görevin çözülmesini isteyen etmen yönetici, bu problemi çözebilecek etmenler yüklenici olurlar (Sycara, 1998).

Yöneticinin bakış açısıyla bu süreci şu şekilde tanımlayabiliriz:

- Gerçekleştirilecek görevin duyurulması;
- Olası yüklenicilerin tekliflerini almak ve bunları değerlendirmek;
- İhaleyi uygun yükleniciye vermek;
- Yüklenicilerden verileri almak ve sentez yaparak sonuçları oluşturmak.

Yüklenici açısından bu süreç şu şekilde tanımlanır:

- Görev duyurularını almak;
- Kapasitesinin bu iş için uygun olup olmadığını değerlendirmek;
- Eğer bu göreve cevap verebilecek kapasiteye sahipse ihaleye girmek;
- Eğer teklifi kabul edilirse görevi gerçekleştirmek;
- Sonuçları bir rapor olarak yöneticiye sunmak.

Etmenlerin rolleri daha önceden belirlenmez. Her etmen görevleri belirleyerek yönetici gibi davranabilir, veya görev belirlenmelerine karşılık vererek yüklenici olarak da davranabilir. Bu esneklik bir sonraki görev parçalanmasına olanak sağlar. Görevin parçalarını çözümlemede diğer etmenlerin yardımını alan bir yüklenici belli bir görev için yönetici olarak davranabilir. Yönetici-yüklenici bağlantıları görev paylaşımı için bir kontrol hiyerarşisi oluşturur ve bu bağlantılar bir sentezle sonuçlanır.

Sözleşme ağının, bir avantajı da, performans bozulmalarına karşı önlem alabilmesidir. Eğer bir yüklenici yeterli bir çözüm sağlayamazsa, yönetici görev için diğer olası yüklenicilere yönelip onlar arasından yeni bir yüklenici seçebilir.

Görev bildirme yapısı, **alıcı, uygunluk tanımlaması, görev soyutlaması, teklif tanımlaması** ve **son kullanma zamanı** için alt programlar içermektedir. Görev, uygunluk tanımlaması sağlamış bir veya birden fazla potansiyel yükleniciyi gerektirebilir. Görev tanımı, görevin kısaca anlatımıdır, yüklenicinin birçok bildirilmiş görev arasından gelen görevleri sıralaması için kullanılır. Teklif tanımlaması, potansiyel yükleniciye hangi bilginin teklifte verilmesi gerektiğini söyler; geri dönmüş

teklif tanımlamaları ise yöneticiye farklı potansiyel yüklenicilerden gelen tekliflerin karşılaştırılmasında kolaylık sağlar.

Her potansiyel yüklenici bir teklif sunmaya yeterli olup olmadığına karar verebilmek için son tarihi gelmemiş görev bildirimlerini değerlendirir. Daha sonra yüklenici, belirli kriterlere dayanarak, kendisine en cazip gelen görevi seçer ve ilgili yöneticiye teklifini sunar.

Yönetici her görev bildirimi için teklifleri alır ve değerlendirir. Görev bildirimin son tarihinden önce yeterli sayılmış herhangi bir teklif kabul edilebilir. Yönetici yükleneni 'bildirilmiş karar' mesajıyla teklif kabulünden haberdar eder. Sözleşme ağı protokolünün iki kısıtlaması vardır;

1. Eğer daha iyi vasıflara sahip bir yüklenici karar zamanında meşgul ise, o görev kapasitesi daha düşük ama o anda serbest olan bir yükleniciye verilir.
2. Bir yönetici, kararın verildiği bilgisini, diğer potansiyel yüklenicilere bildirmek zorunda değildir.

Bir yönetici, bazı durumlarda bildirdiği görev için hiç bir teklif almayabilir. Bunun başlıca sebepleri:

- tüm potansiyel yükleniciler başka görevlerle meşguldürler;
- bir potansiyel yüklenici boştur ama sıralamasında önerilen görevi diğerlerinin altına almıştır;
- hiçbir yüklenici, boş dahi olsalar, görevi yapabilecek kapasiteye sahip değildir.

Bu durumların üstesinden gelebilmek için, yüklenicilerden **yeterli ama meşgul, yeterli değil**, ya da **ilgilenmiyor** (görev sıralamada diğerlerinin altında olduğunda) gibi hemen cevaplanabilecek bir teklif mesajı isteyebilir. Yönetici böylece görev planlamasında değişiklikler yapabilir. Örneğin, yönetici meşgul olan bir yüklenicinin boşalmasını bekleyebilir.

Sözleşme ağı, herhangi bir pazarlığa gerek duymadan sözleşme yapılmasını sağlar. Seçilmiş yükleniciler kabul veya ret şeklinde karşılık verir. Bu yetkinlik protokolü basitleştirebilir ve belirli görevlerdeki verimliliğini artırabilir. Bu yöntem, hiyerarşisi çok net belirlenerek alt parçalara ayrılmış problemlerin çözümünde çok başarılıdır. Ana planlama merkezden yapılmaktadır (Weiss, 2000; Sycara, 1998; Luck ve d'Inverno, 2004).

4.5.2.3. Çoklu Etmen Planlaması

Tek bir etmen için planlama yapmak, hedefleri, kapasiteyi ve ortam kısıtlamalarını göz önünde bulundurarak hareket dizilerini yaratma sürecidir. Fakat, çoklu etmen sistemlerde planlama yapılırken, bunlara ek olarak ortamdaki her etmenin kendi hareket seçimlerinden ve sorumluluklarından kaynaklı, diğer etmen kısıtlamaları da bu sürece dahil olmaktadır. Ayrıca henüz modellenmemiş ama program içerisinde ortaya çıkan etmenler yüzünden ortamda meydana gelebilecek değişim ve gelişimler de dikkate alınmalıdır. Çoklu etmen sistemlerde, her etmen kendi planlamasını yapıp, bunu uygulamaya geçirdiğinde problemler yaşanabilir. Bundan dolayı, çoklu etmen planlaması, hem planlama hem de takım çalışması kavramlarını içerir. (Weerdt vd., 2005). Bu sistemde, genellikle, her etmenin bütün planlarını gözden geçiren bir merkez hakem bulunur. Bu hakem etmen, çalışmalarını kontrol eder ve geri çevirir, ya da yeniden gözden geçirip olması gerekli hale göre düzenler (Anumba vd., 1999).

Takım çalışmasını net bir şekilde modellemek, takım elemanlarının başarısız olabileceği ya da yeni fırsatlarla tanımlanmış dinamik ortamlar için çok faydalıdır. Bu gibi durumlarda, takımların performanslarını görüntülemesi ve duruma bağlı olarak yeniden organize olması gerekmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar sırasında, takımın zihinsel durumunun tanımlanması anlamına gelen ortak niyet kavramı ortaya atılmıştır. Bir takım içerisinde yapılmasına karar verilen ortak hareketin yerine getirilebilmesi için, tüm ekip elemanlarının bu işi müşterek olarak yapabileceklerine inanması gerekir. Ortak sorumluluk, takım tarafından üstlenilmiş ortak hedef olarak tanımlanabilir. Bir sorumluluk alabilmek için, tüm takım elemanlarının, aralarında haberleşerek, ortak inançlar ve ortak hedefler yaratması gerekir. Buna ek olarak, her eleman sisteme tasdik göndererek kabul ettiğini bildirmelidir. Eğer bir takım elemanı reddederse, görüşme süreci başlar (Sycara, 1998).

4.5.3. Görüşme

Görüşme, etmenlerin inanç, hedef veya planlarla ilgili ortak bir karara varmasına olanak tanıyan etkileşimin anahtar formudur. Etmenler oto kontrole ve bireysel motivasyona sahip olduklarına göre, diğer etmenleri, kendi isteklerine göre hareket etmeleri için etkileyebilirler. Görüşme, genellikle çatışmış çözümler, önlenebilirlik, görev dağıtımı, ve kaynak dağıtımı ve bir taraftan da etmen toplumu yoğunluğu için kullanılır. Bu tartışmalar iki bölümde gerçekleşir, birincisi, tartışılmayla ilgili bilgi tartışmada yer alacak etmenlere bildirilir, sonra, etmenler ortak ayrıcalıklar, ilk hedefler, yalanlar ya da tehditleri azaltmaya çalışarak bir sonuca ulaşmayı denerler.

Görüşmede, üç ana geniş alandan söz edebiliriz: görüşme nesneleri , protokol ve strateji.

- a. Görüşme nesneleri:** Görüşme nesneleri, üzerinde anlaşmaya varılması gereken konu dizileridir.. Özellikle de, etmenlerin ne çeşit anlaşmalar yapabildiğiyle ilgilenir. Basitçe baktığımızda, anlaşmanın yapı ve içeriği sabittir ve görüşme, teklifi kabul edip etmemeyi belirtir. Bir sonraki aşamada, esneklik payının ne olacağı konusunda karşı teklif gelir. Sonuçta , katılımcılar, dinamik olarak ulaşılan bir yapıdaki görüşme nesnelerine izin verirler.
- b. Görüşme protokolleri:** Olası anlaşmaların listesi, arabulucu protokoller, etmenlerin ortak kararları verirken kullanacakları kuralları oluştururlar. İletişimdeki ve görüşme sürecindeki temel kuralları içerirler.
- c. Görüşme Stratejileri:** Olası anlaşmalar ve bunlar yapılırken nasıl bir yol izleneceğini içerir. Her etmenin konumunu, imtiyazlarını ve anlaşma kriterlerini belirlediği karar sürecidir.

Görüşme protokolleri ve stratejilerinin önemi, tartışmanın ve ortamın içeriğine göre değişkenlik gösterebiliyor olmalarıdır. Bir protokolün ön plana çıkarıldığı ve baskın olarak üretildiği durumlarda, sistem tasarımcıları, görüşmeyi, çok iyi organize edilmiş bir işler formu olarak belirliyor. Bu mekanizma görüşme nesneleri üzerinde işleyebilecek operasyon çeşitlerini sınırlıyor ve etmen karar verme modellerine emrediyor. Stratejinin ön planda tutulduğu ve baskın olduğu durumlarda ise, protokol etmenlere emir vermiyor ve en iyi hareketlere karar vermeyi sağlayacak stratejik us yürütmeyi sunuyor. Etmenlerin başarıları bireysel stratejilerinin etkililiğine bağlı hale geliyor.

Bir çok araştırma grubu, etmenler arasındaki görüşmeleri sağlamak için farklı sistemler ve teknikler geliştirmişlerdir (Pena-Mora ve Wang, 1998). Bu araştırmaların sonucunda, çözüm üreten bir görüşme mekanizmasının ideal olarak sahip olması gerektiği özellikler belirlenmiştir. Bunlar;

- **Verimlilik:** Bir etmen bir anlaşmaya varmaya çalışırken, sahip olduğu kaynağı boşa harcamamalıdır.
- **Sağlamlık:** Hiç bir etmen, karar stratejisinden sapma dürtüsüne sahip olmamalıdır.
- **Basitlik:** Görüşme mekanizması, etmenlerin düşük hesaplama ve veri akışını talep etmelerini empoze eder.
- **Dağıtma:** Mekanizmanın, merkezi bir karar vericiye ihtiyacı olmamalıdır.

- **Simetri:** Mekanizma, keyfi ya da uygunsuz sonuçlar için hiç bir etmene karşı önyargılı olmamalıdır.

Etmenler arasında bir anlaşmazlık çıktığında, çakışmalar meydana geldiğinde ya da bir etmen tek başına bir probleme çözüm bulamadığı durumlarda, görüşme yapılarak, bu durumlara çözüm üretilebilir (Gandon, 2002; Ren ve Anumba, 2003).

4.6. Çoklu Etmen Sistemlerde Öğrenme

Etmenler, bir grup olarak, açık, karmaşık ve dinamik bir ortamda yaşarlar. Bu ortam, ortam belirsizliği, iletişim kısıtlamaları, bir araya gelme derecesi, zaman problemi, seçenek çokluğu, çözüm aralığının yoğunluğu, etmenler arasındaki iletişim karışıklığı ve çeşitlenen hedefler, yetenekler, özellikler, özel etmenlerin beceri ve bilgi seviyesi gibi birtakım faktörlerden oluşmaktadır. Süreç, karakteristikler, beklentiler, veya diğer etmenlerin özellikleri ve genelleştirilmiş bölgesel sonuçlar ile ilgili tamamlanmamış bilgi, sistem performansında bir azalmaya ve global tutarsızlığa neden olmaktadır. Bu nedenle, konuyla ilgili araştırma yapan geniş bir kesim tarafından da farkına varıldığı gibi, yüksek seviyeli etmenlerin diğerlerinden daha önemli özellikleri onların adaptasyon, öğrenme, ve davranışlarını değiştirilebilirlik kapasiteleridir. Etmenlerin öğrenmeleri gerekliliğinin iki nedeni vardır;

1. Etmenlerin kendi davranışlarını otomatik olarak geliştirmesine izin verme,
2. Doğal Çoklu Etmen Sistem içerisindeki öğrenme sürecini daha iyi

Anlayabilmeleridir (Ren ve Anumba, 2003).

Çoklu Etmen Sisteminde öğrenme, daha önce hiç yapılmamış görevleri yerine getirebilme, ya da önceden yapılmış görevleri gözden geçirerek daha iyi sonuçlarla yapabilme olarak tanımlanabilir. Öğrenmenin verimli yönetimi için, öğrenme sürecinin öncesinde ve sonrasındaki birçok önemli noktanın adreslenmesi gerekir. Bu noktalar; öğrenmenin amacı ve odağı, öğrenmenin anahtar bileşenleri ve öğrenme yaklaşımlarıdır. Öğrenmenin amacı, alan kullanımına ve her bireysel etmenin hedefine dayanır. Bir etmen, diğer etmenlerden ve ortamdan öğrenebilir ve bunu özel bir problemin çözümünde ya da kendi içinde, davranışlarına uyarlayabilir. Ayrıca bir etmen sıklıkla kendi çıkarımlarından öğrenir, fakat bu öğrenme diğer etmenlerden, onların bilgi birikiminden, inançlarından ve niyetlerinden etkilenir (Sen ve Weiss, 1999).

Öğrenme yaklaşımları, tüm etmen öğrenme problemleri için çok önemlidir. Çoklu etmen sistemlerde öğrenme, iki farklı bakış açısına göre tanımlanır;

- Tek etmen öğrenmesi (makine öğrenmesi bakış açısı),
- İnsan-İnsan İşbirlikçi Öğrenme (psikolojik bakış açısı) (Dillenbourg ve Weiss, 1999)

Öğrenme yaklaşımlarının büyük bir kısmı makine öğrenme yöntemlerinin uzantıları şeklindedir; açıklama tabanlı öğrenme, kuramsal öğrenme, örnek tabanlı öğrenme, bilgi derleme, çoklu-strateji öğrenme, genetik algoritma...vs. (Brazdil, Gams, Sian, Torgo, Velde, 2006). Psikolojik bakış açısı, keşfetmek için ilgi çekici ve tüm çalışma zorluklarına değecek bir alandır, çünkü çoklu etmen öğrenme çalışmaları ve insan-insan işbirlikçi öğrenme çalışmaları birbirinden bağımsız gelişebilmektedir. Bu iki çalışma alanları arasında sezgisel olarak açık benzerliğe rağmen, insan ortamlarında gözlemlenen çoklu etmen öğrenmesinin var olması, ya da tam tersine insan-insan işbirlikçi öğrenmede gözlemlenen mekanizmalar çok net olmasa da, çoklu etmen sistemlerde uygulanabilir (Dillenbourg ve Weiss 1999).

Weiss (2000), kitabında etmenlerin öğrenme yaklaşımını, öğrenme yöntemi ve öğrenme geribeslemesi olarak iki gruba ayırmıştır. Bir etmenin öğrenme yöntemi ya da stratejisine bağlı olarak, öğrenmesi şu şekilde sıralanabilir;

- ezberleme,
- komutlardan öğrenme,
- öneri alarak öğrenme,
- örneklerden öğrenme ve alıştırma yapma,
- karşılaştırma yaparak öğrenme,
- keşfederek öğrenme.

Öğrenme geribeslemesinin içerdiği öğrenme yöntemleri ise şu şekildedir;

- denetleyicili öğrenme,
- güçlendirerek öğrenme,
- denetleyicisiz öğrenme.

Çoklu Etmen Sistemlerde öğrenmenin analizi, öğrenmenin amacı, öğrenme kategorileri ve bir etmenin öğrenme sürecindeki katılımı gözönüne alınarak yapılır (Ren ve Anumba, 2003).

Son yıllarda, öğrenmeyi görüşme süreciyle bütünleştirme çalışmaları hız kazanmıştır. Yapılan deneysel uygulamalar neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- bütün etmenler öğrendiğinde, genel sistem işe yararlığı optimum seviyede, etmenlerin bireysel işe yararlığı benzer
- hiç bir etmen öğrenmediğinde, etmenlerin bireysel işe yararlığı eşit, tüm sistemin işe yararlığı düşük seviyede
- sadece bir tek etmen öğrendiğinde, hem diğer etmenlerin bireysel işe yararlığı hem de tüm sistemin işe yararlığı azalırken, kendi bireysel işe yararlığı artar. Yani, sadece bir tek etmenin öğrenmesi, sisteme zarar verir (Sycara,1998).

Çoklu etmen öğrenmesi çalışmaları (Liev, Gero ve Brazier, 2002), gelecekteki çoklu etmen araştırmalarına yön verecek niteliktedir. Etmenlerin etkileşimli olarak aynı anda öğrenebilmesi, ve öğrenme hızının arttırılabilmesi için algoritmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Görüşme sürecine, öğrenmenin eklenmesiyle, sistemde varolan yanlış anlaşmalar, ortak bir anlayışa doğru kayabilecektir.

4.7. Çoklu Etmen Sistem Uygulama Alanları

Çoklu etmen sistemler, özellikleri ve dağıtılmış problemlere verdikleri güvenilir cevaplar sayesinde, bir çok farklı alandaki çalışmalara dahil edilmiştir. Bu uygulama alanlarını maddeler halinde özetleyebiliriz;

- Elektronik ticaret asistanı;
- Gerçek yayılmış sistemlerin simülasyonu;
- Portatif ve hareketli aygıtlar;
- Robotlar ve robotların birlikte işlemesi;
- İnsanlarla yüzleşme-arayüz oluşturma;
- Entegrasyon ve birbirine bağlı işler;
- Eleştirel uygulama sistemleri;
- Tasarım ve sürdürülebilirlik;
- Haber, bilgi ve uzmanlık dağıtım yönetimi.

4.8. Çoklu Etmen Sistem Örnekleri

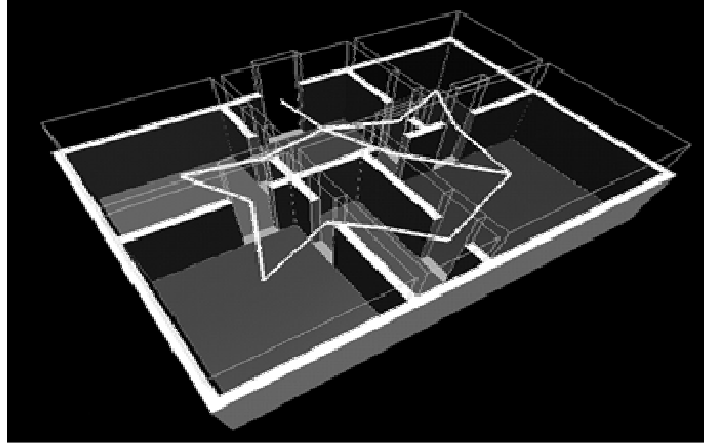
4.8.1. SCULPTOR

Çalışmalara ‘Tasarımcılar nasıl bir ortamda çalışmaktan hoşlanırdı?’, ‘Bilgisayar destekli bir tasarım ortamı nasıl olurdu?’ ve ‘Tasarım süreci ve sonucu bilgisayarla

nasıl değerlendirilebilir?’, gibi sorulara çözüm bulma motivasyonu ile bir araştırma projesi olarak İsviçre- Zürih Üniversitesi - Teknoloji Enstitüsü’nde David Kurmann’ın araştırmalarıyla başlanan SCULPTOR, sanal gerçeklik tekniklerini kullanarak kavramsal mimari tasarım aşamasında yardımcı bir bilgisayar aracı olarak düşünülmüştür. Tasarımcılara etkileşim ve yönlendirme açısından asistanlık etmek üzere akıllı yazılım etmenleri geliştirilerek sisteme eklenmiştir. SCULPTOR’da , sanal ortam özellikleri ve üzerine çeşitli bilgiler kodlanan nesneler kullanılarak mimari tasarım prototipleri oluşturulur. Bu prototipler üç boyutlu modellerdir. SCULPTOR, kullanıcıyla etkin bir şekilde etkileşebilen bir arayüze sahiptir. Etmenler, tasarımcıyı destekleme amaçlı olarak sisteme eklenmişlerdir. Bu etmenler bilgi içerirler ve belirli bir görevi yerine getirmek üzere tasarlanmışlardır. Farklı etmenlerin gelişimi sırasında üç farklı kategori kullanılmıştır;

1. Sanal ortamın değerini arttıran etmenler

- a. Yönlendirici etmen: Yönlendirme etmeni kullanıcının belirli bir noktayı , yeri bulmasına veya binalar ve bina bölümleri arasında turlar düzenlemeye yarar. Yönlendirici ajan,modelleme programı SCULPTOR’ın veri strüktürünü kullanabilme ve bu sayede odalar arası tüm olası bağlantıların grafiğini çıkarabilme yeteneğine sahiptir (Şekil 4.1).



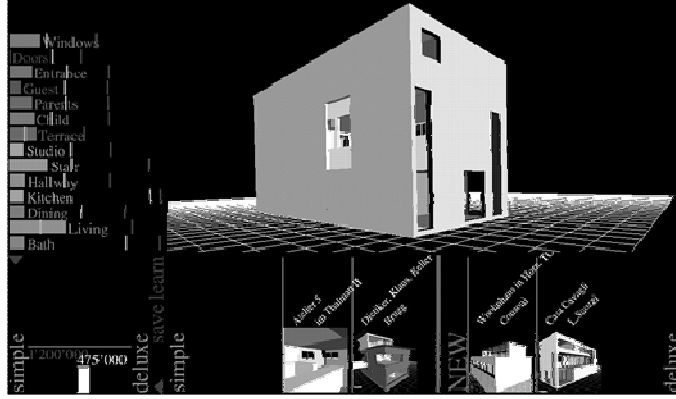
Şekil 4.1. Yukarıda, yönlendirici ajanın çizdiği odalar arası olasılıkları gösteren patikalar görülmektedir.

- b. Ses etmenleri ve Ses efekti üreten etmenler: Değişik ses ajanları ve ses efekti ajanları, çeşitli melodi, ses etiketi, ayak sesleri gibi sesleri kullanarak ve her farklı odada ses efektlerini değiştirerek ortamın daha iyi algılanmasını sağlarlar. Ses ajanları ziyaretçilerle birlikte binada gezerler

ve yönlendirici ajanlarla birlikte kullanılabilirler. Ziyaret edilen her mekan için en uygun sesi seçer ve çalarlar. Seslerin seçiminde mekanların büyüklükleri, türleri, şekilleri ve renkleri göz önünde bulundurulur.

2. Görev Üstlenen Etmenler

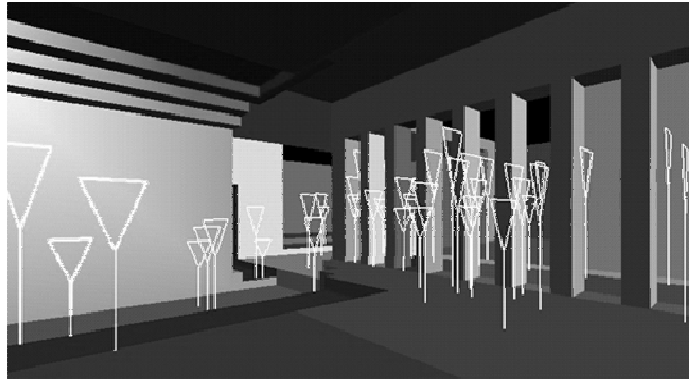
- a. Maliyet Etmeni: Maliyet etmeni projenin maliyetini tahmin eder ve bunu grafiksel olarak sunar (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yukarıda, maliyet ajanının maliyet hesaplamalarını nasıl yaptığı ve nasıl bir arayüze sahip olduğu görülmektedir. Sol üst köşede, yapı elemanlarının toplam maliyetteki maliyet yüzdeleri yer alıyor. Sol alt köşede, kullanıcı tarafından belirlenen ve projenin basit-lüks aralığındaki değerini gösteren bir grafik yer alıyor. Sağ alt köşede ise daha önce tasarlanan ve maliyetleri hesaplanan projeler yer alıyor.

3. Tasarımı Test Etmeye Yarayan Etmenler

- a. Yaratıklar- Tahliye Etme Etmeni: Amaçları bina içerisinde insan popülasyonlarını simüle etmektir. Bu simülasyon özellikle acil durumları içerir. Tahliye etme etmeni olan yaratıklar ile modellemelerde insan yaşamının rolü üstlenilmiş olur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Yukarıdaki şekilde, bir mekan içerisine yerleştirilen yaratıklar görülebilmektedir. Bunlar, yapay insan simülasyonlarıdır.

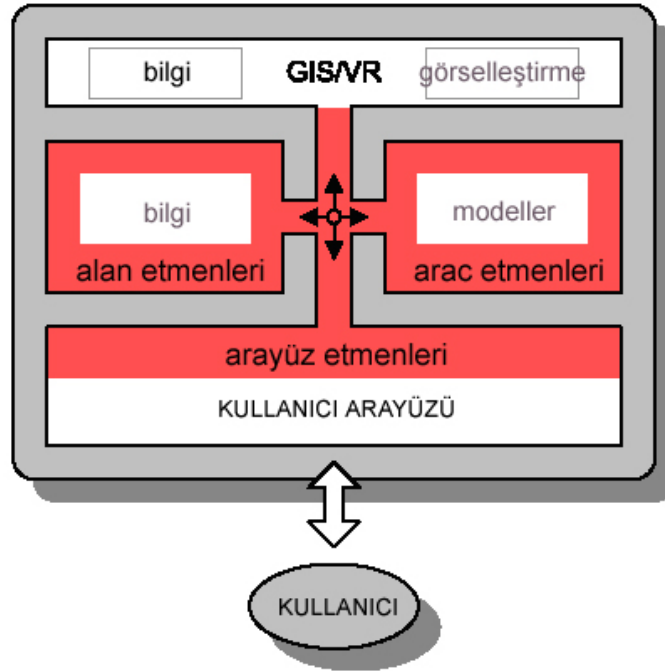
Şu an kullanılan ajanlara ek olarak, ileride tasarım stüdyosunun dışından bilgi kaynaklarına bağlanabilecek bir ajan geliştirilmesi düşünülmektedir. Bunlar kontrol ajanları olacak ve projenin geçerliliğini kontrol etmek amacıyla dış bilgi kaynaklarını kullanacaktır. Bu testler binanın yasalara uyup uymadığıyla ilgili testler gibi olabilir. Bilgi ajanları farklı kaynakları tarayıp, kullanıcıyı bilgilendirecektir. Sonrasında ise tasarım ajanlarının eklenmesi düşünülmektedir. Bu ajanlar tasarım üretme ve çözüm önerme yeteneklerine sahip olacaktır. Bütün bunlar da yine akıllı nesnelerle entegre çalışabilecek ve bilgi tabanlı olacaktır (caad.arch.ethz.ch/RESEARCH.old/SCULPTOR/index.html, caad.arch.ethz.ch/~kurman/publications/vrst96.html).

4.8.2. MASQUE

MASQUE (Multi Agent Planning Support System), çoklu etmen kavramından faydalanarak, arazi kullanımının planlamasında kullanılan, kullanıcıya örnek olarak farklı plan alternatifleri üreten bir sistemdir (Saarloos, 2006).

Sistemde üç farklı tip etmen bulunur (Şekil 4.5);

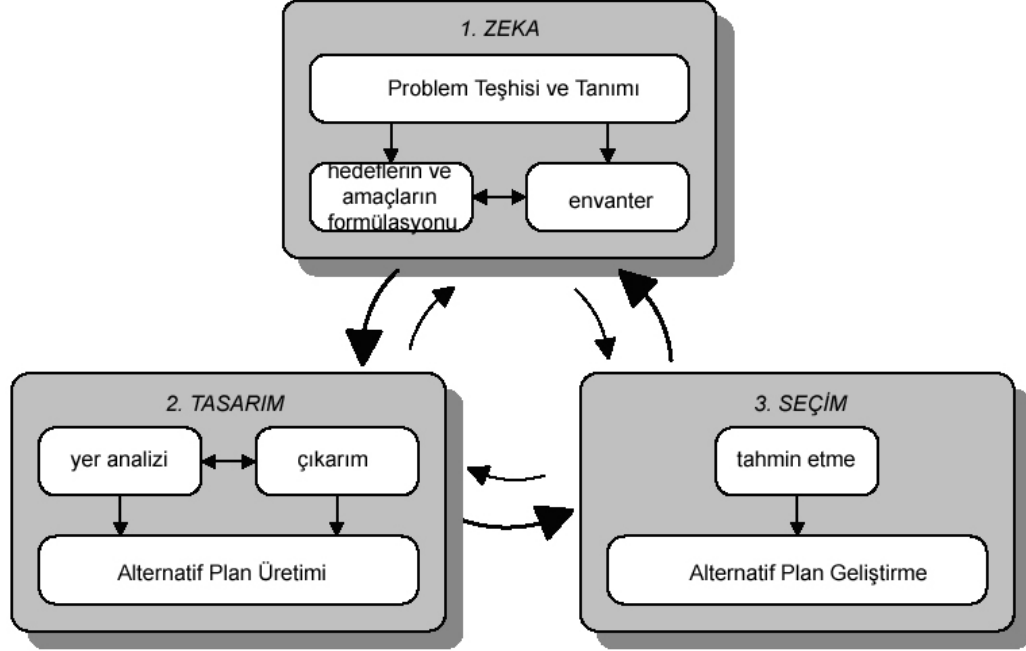
- Arayüz ajanları : kullanıcı-sistem etkileşimini geliştirir.
- Araç ajanları : Modelleri çoğaltır.
- Alan ajanları : Bilgi sağlar (www.ddss.arch.tue.nl/presentations/20031016/DDSS03_DS.ppt).



Şekil 4.4. MASQUE Sistem Mimarisi

Plan üretme sistemini sağlayacak, tekrarlı işlem yapısı üç safhadan meydana gelir (Şekil 4.5);

- Zeka Safhası: Tasarının hazırlanması, hedeflerin ve amaçların belirlenmesi
- Tasarım Safhası: Arazinin, hedeflerin ve amaçların analiz edilmesi ve alternatif planların üzetilmesi
- Seçim Safhası: Üretilen planlar içinden en etkin ve verimli planın seçilmesi



Şekil 4.5. Plan Üretim Süreci

4.8.3. RETSINA

RETSINA (Reusable Environment for Task Structured Intelligent Network Agents), Carnegie Mellon Üniversitesi Robotik Enstitüsündeki Etmen yazılımları Laboratuvarında, Katia Sycara'nın liderlik ettiği bir grup tarafından geliştirilmiştir. RETSINA;

- Finansal Portföy Yönetimi
- Kişiselleştirilmiş Web Bilgi Yönetimi
- Askeri Operasyonlar
- Kablosuz ve hareketli iletişim alanlarındaki çalışmalarda uygulanabilir.

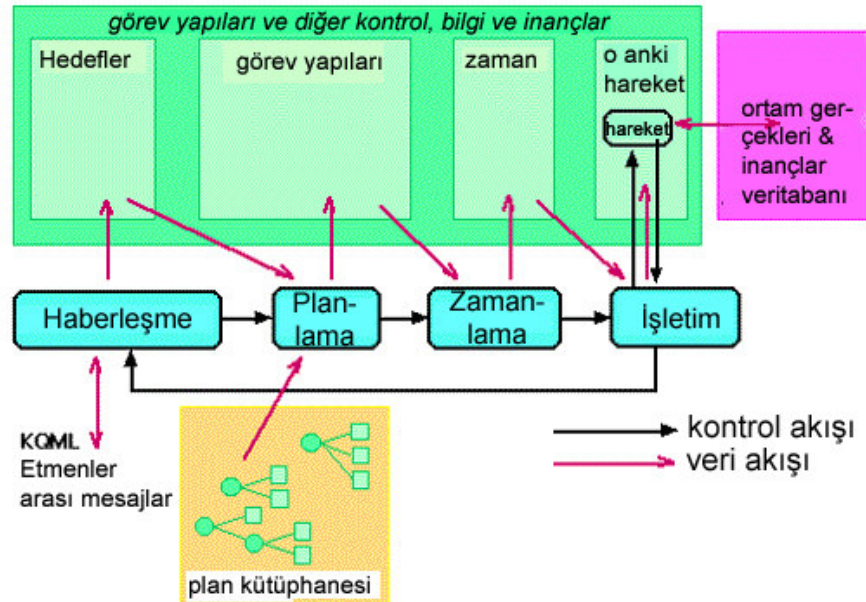
RETSINA, heterojen etmen toplumlarını destekleyen bir açık çoklu etmen sistemidir. "Etmenler, eşe eş görüşmeler yaparak eşler topluluğunu oluşturan bir

sistem içinde yer almalıdır” görüşüne dayanan RETSINA, dört temel etmen tipine sahiptir.

1. Arayüz Etmenleri: Kullanıcı ile etkileşir, kullanıcı girdisini alır, sonuçları sergiler.
2. Görev Etmenleri: Kullanıcıya görevleri yerine getirmesinde yardımcı olur, problem çözücü planları formüleleştirir, diğer yazılım etmenleriyle haberleşerek ve bilgi değiş tokuşu yaparak bu planları yayımlar.
3. Bilgi Etmenleri: Bilgi kaynaklarına girişi sağlar.
4. Ara Etmenler: Hizmet isteyen etmenlerle, hizmet veren etmenleri eşleştirir (Sycara vd., 2003).

Her RETSINA etmeni, haberleşmek, planlama yapmak, zamanlama çizelgesi hazırlamak ve diğer etmenlerden istenenleri ve görevin işleyişini izlemek için dört adet tekrar kullanılabilir modüle sahiptir (Şekil 4.6; Şekil 4.7; Tablo 4.1).

- Haberleşme ve Koordinasyon Modülü,
- Planlama Modülü,
- Zamanlama Modülü,
- İşletim Modülü.



Şekil 4.6. RETSINA'daki Etmen Mimarisi

ACL Dahili İşletim Sistemi Genel Ontoloji/Protokol Servisleri	ACL Dahili İşletim Sistemi ACL /Özel Ontoloji/Protokol Makinesi
Haberleşme Dahili İşletim Sistemi Keşif/Mesaj Transferi	Haberleşme Modülleri Keşif Modülü/RETSINA Haberleşmesi
İşletim Ortamı Makineler, OS, Ağ Çokyönlü Nakil Katmanları: TCP/IP, Kablosuz, Kızıkötesi, SSL	

Bileşenlerin, Etmenlerin ve Etmen Modüllerinin Yetenekleri ve Fonksiyonları

(<http://www.cs.cmu.edu/~softagents/retsina.html>).

4.8.4. Diğer Örnekler

- **MACIV**

MACIV (Multi Agent System For Resources Selection On Civil Construction Companies), J. M. Fonseca, E. D. Oliveria, A. Steiger-Garcia tarafından 1997 yılında geliştirilmiştir. Projenin amacı, bir inşaat şirketinde, farklı kaynakların yönetiminin çok merkezli olmasına olanak veren bir MAS tasarlamaktır. Bu sistemde görüşmeler 5 aşamalı bir süreci takip eder;

- duyurmak/bildirmek
- görev gelişimi
- aşamanın seçimi
- piyasa işlemi
- fiyat uyumu

Son iki aşama, etmenler süreç içerisinde en uygununu seçene kadar veya zaman kısıtlamasına göre yinelenir. Her etmen, gezi maliyeti, değer kaybı, işletim maliyeti, işletmecisi maliyeti ve kâra bağlı olarak, bir görevin yürütülmesi için yapılmış maliyet tahminine göre karar verir (Fonseca ve Steiger-Garcia, 1997).

- **IBDE**

IBDE (Integrated Building Design Environment), 1994 yılında S. Fenves, U. Flemming, C. Hendrickson, M. L. Maher, R. Quadrel, M. Turk, R. Woodbury tarafından sunulmuş, bina tasarımı ile ilgili bir projedir. Entegre Edilmiş Bina Tasarım Ortamı'nda (IBDE), etmenler iki grupta toplanmıştır: üreticiler ve eleştirmenler. Üreticiler, tipik olarak bilgi tabanlı sistemlerdir. Eleştirmenler, tasarım

kararlarına doğrudan katılmayan fakat mevcut tanımları geliştiren ve tasarım tekrarları için önerilerde bulunan etmenlerdir. Her üretici ve eleştirmen etmen, tüm projede oynadıkları role göre tanımlanırlar. Bilgi işleme ünitesinde, her etmen önce her terimin esas girdi ve çıktılarını tanımlar, sonra daha önce tanımlanmış problem çözme paradigmasıyla bağdaştırarak girdileri nasıl çözüme çevireceğini belirler (Anumba vd., 1999).

- **ACE**

J. Heckel, K. D. McGraw, J. D. Morton, P. Lawrence, 1996 yılında, “mimarlar ve mühendisler için bir asistan” olarak tasarladıkları bu projede, etmen işbirliği ortamını geliştirdiler. ACE (Agent Collobration Environment) kullanıcıya yardımcı olan kooperatif tasarım etmenleri topluluğu için altyapı sağlayarak, tasarım takımının elemanları arasındaki işbirliğini destekler. Bu çerçevede, etmenler birarada fonksiyonel görevi yansıtmak, ifade etmek ve organizasyonel ortamda farklı tasarım takımları arasındaki iç akışı oluşturmak için iş sürecini organize eder. Etmenler, giriş, kolon, temel gibi tasarım objelerinin kütüphanelerini kullanarak birbirleriyle iletişim kurarlar. Etmenler reaktiftir, fakat arka planda çalışma ve kullanıcıya tasarım konularında öneride bulunma kapasitesine sahiptirler. Heckel, ACE'yi etmenler tarafından simgelenen birçok uzmanın toplanma alanı olarak tanımlar. Her etmen birbiriyle ilişkili dar alanlarda uzmanlık sahibidir fakat etmen gruplarının hepsi aynı problem üzerinde çalışır.

ACE'de, etmenin temel amacı, rutin tasarım işlevlerini otomatikleştirmek, üretimi hızlandırmak, artırmak ve kalitesini yükseltmek, verimliliği artırmak için heuristik kuralları ve güçlü bir kontrol mekanizması kullanan tasarım asistanları olabilmektir (Heckel vd., 1996).

- **ADLIB**

Bu sistem 1999 yılında O.Ugwu, C. J.Anumba, L. Newnham, A.Thorpe, tarafından geliştirilmiş ve sunulmuş tasarım projeleri için kullanılan bir modeldir. Modelde her etmen kendi minimum gerekliliklerine ulaşılmaları için taviz verebilir. Etmenler arasındaki ilişki tam işbirliği ve tam düşmanlık kavramlarına dayanır. Farklı tasarım grupları, görüşmeler doğrultusunda ihtiyaçlarını koordine eder. Tek taraflı taviz protokolü, görüşmelere adapte edilmiştir, ayrıca her etmen bu protokol tarafından verilen baskın bir strateji benimsemiştir. Bu projenin tek odaklandığı, mekanlar arasındaki arabuluculuk değildir, bununla birlikte, ontolojinin tanımlanması ve mevcut yasal yazılımlar ile ADLIB sistemini entegre etmek gibi daha pratik konularla da ilgilenir (Ugwu vd., 1999).

- **DESSYS**

Bu proje, daha geniş bir araştırma programı olan Virtual Reality Design Information System'in küçük bir parçasıdır. DESSYS çok-disiplinli mimari tasarım ortamında ortak karar mekanizmasını geliştiren çoklu yazılım etmenlerinin konumlandırılmasını araştırır. Bu araştırma, jeoteknik tasarımdaki bir karar destek sistemi için bilgi modelini de içerir. Ayrıca yapı karar –destek sistemi için bazı önemli konuları da araştırır. İlk konu, bilginin farklı transfer yöntemleri ve bu bilginin strüktür tasarımında nasıl kullanılacağıdır. İkinci önemli konu ise, çok-disiplinli bina yapım sürecinin erken aşamalarında uzman bilginin nasıl karar-bilgisi olarak kullanılabileceğiyle ilgilidir. Son olarak, bilgi-tabanlı bir etmen geliştirilir ve prototip oluşturulur (www.ds.arch.tue.nl/Research/Agents/DessysIntro.htm).

- **CONVINCER**

F. Pena- Mora, C. Wang tarafından 1998 yılında sunulmuştur. Büyük ölçekli sivil mühendislik projelerinde, çözüm çatışmalarının görüşülmesini kolaylaştıran bir modeldir. Gerçekte bu model, bir oyun teorisi üzerine kuruludur; bir oyuncunun hareketlerinin bir dayanak noktasına (Dayanak noktası: Herhangi bir oyuncunun kararı, diğer bütün oyuncuların alacakları parayı etkiler) bağlı olması. Aynı zamanda, bu model bir çok olay çatışmalarını ve yerleşik çözümleri analiz eder. İki aşamadan oluşur; Birincisi, her arabulucu çatışmadaki kendi çıkarını açıklar. Bu çıkar bir kere doğru tanımlandığında, tüm görüşme sonuçları üzerindeki çakışan çıkarların pozisyonlarının etkisi, oyun teorisi kullanılarak geliştirilir. Bunu takip eden işbirlikçi görüşme yaklaşımında, projelerdeki görüşme çatışmalarında arabuluculuk etmek ve işleri kolaylaştırmak için bir etmen yapılandırılır (Pena-Mora ve Wang, 1998).

- **MASCOT**

MASCOT (Multi-Agent System In Construction Technology) Ren, Anumba, Ugwu tarafından geliştirilen, bireysel sahiplerinin isteklerini ön planda tutarak, inşaat taleplerinin görüşülmesi için kullanılan etmenlerin bulunduğu bir çoklu etmen sistemidir. İnşaat talep görüşmelerindeki problemlere, MAS'ın görüşme mekanizmasına ve görüşme teorilerine dayanılarak ayrıntılı bir görüşme mekanizması geliştirilmiştir. Modifiye edilmiş mMCP (Monotonic Concession Protocol) ve Zeuthen modeliyle Bayesian'ın öğrenme modelinin entegrasyonuna dayanan mMCP ile ilişkili görüşme teorileri geliştirilmiştir. Zeuthen'in risk geliştirme modeli, kişisel çıkarları yansıtır, ayrıca öğrenme araştırması, Zeuthen modelindeki tüm bilgilerin tüketiminin üstesinden gelir ve etmenlerin talep ve karşı taleplerde rakibin görüşme özelliklerini tahmin etmesini sağlar (Ren vd., 2001).

5. KULLANICI HAREKET MODELLERİ

5.1. Kullanıcı Hareketinin Tanımlanması

Türkçe sözlükte “ hareket” kavramı, “Bir cismin durumunun ve yerinin değişmesi, devinim, aksiyon” olarak tanımlanır. “Hareket etmek” ise “Yola gitmek, yola çıkmak” anlamındadır (www.tdk.gov.tr). Karar verme ise, “rasyonel bir seçim süreci”dir. Literatürde, üç farklı karar verme modeli vardır (Döllük, 2005);

1. Öznel beklenen fayda olarak ele alınan karar verme modeli: Bütün alternatif ve olasılıkların dikkate alınarak, değerlendirilmesi, buna göre kriterler belirlendikten sonra, en uygun alternatifi en uygun şekilde kullanarak, karardan beklenen yararı en yüksek düzeye çıkaracak yolun izlenmesi.
2. Sınırlı rasyonellik prensibine dayalı karar verme modeli: Bir defada, deneyimlerin ve zihinsel sınırlamaların sonucu sınırlı sayıda alternatif belirlenmesi.
3. Sezgisel rasyonelliğe dayalı karar verme modeli: Kişinin alternatifleri ve karar sonundaki yararı dikkate almadan, sezgilerine dayalı seçim yapması.

Bir insan yapacağı hareketin kararını, bir takım bilişsel süreçlerden geçtikten sonra verir. Bu süreçler;

1. Algılama,
2. Yorumlama,
3. Kavramlaştırma,
4. Yargıya varma ve değerlendirme,
5. Karar verme.

süreçleridir (Gündoğdu, 1995). İnsan kararını verdikten sonra, harekete geçer ve hareket süreci içerisinde kişisel ve çevresel faktörlere göre yön değiştirerek yörüngesini belirler.

5.2. Kullanıcı Hareket Tahmini ve Yörünge Analizleri

Kullanıcı hareketini tahmin etme birçok araştırmanın konusunu oluşturmuştur. Bu alandaki çalışmalarda en fazla yer tutan ve önceliği olan panik anlarındaki hareket

analizleridir. Yangın ve afet durumlarında binaların boşaltılması, cadde karnavallarındaki karışıklık durumları ve bunların engellenmesi gibi konularda literatürde bir çok örnek bulmak mümkündür (Desylass ve Duxbury, 2000; Haklay vd., 2001; Nishinari vd., 2003). Fakat, normal durumlarda da kullanıcı hareketini tahmin etmek, özellikle mimaride, şehir planlamasında, alan kullanımlarında ya da trafik düzenlemelerinde önemli faydalar sağlar (Antonini vd., 2005). Bu alanlardaki çalışmalar, insanların alışveriş seçimlerine göre mağazaların yerleştirilmesi, kullanıcıya göre yaşama-içme-ulaşım gibi alanların belirlenmesi ve bu alanların tasarımı, sanat ve kültür alanlarının tasarlanması, binalardaki sirkülasyonun düzenlenmesi çalışmaları normal durumlardaki kullanıcı hareket tahminlerine dayanarak yapılabilir (Beckman, 1997; Kerridge vd., 2001; Turner ve Penn, 2002; Kurose vd., 2001; Batty, 2003a ; Batty, 2003b; Batty vd., 1998; Özer, 2004a, Lake, 2001).

İnsan hareketlerini etkileyen en önemli etken görsel algıdır. İnsan bir sonraki gideceği noktayı buna göre belirler. Gibson, insanla ortam arasındaki bu etkileşime doğal görüş adını vermiştir. Doğal görüş, hareket davranışını etkileyen görsel faktörlerin kombinasyonudur (Turner ve Penn, 2002). Kişi doğal görüş alanındaki:

- diğer kullanıcıların varlığına (duruyor veya ilerliyor olabilirler),
- yaya yolunun kalitesine ve erişimine,
- çevredeki engellere,
- ilgi çekici nesnelere

göre ilerler (Özer, 2004b).

Yön bulma ve yörünge analizleri, yaya sirkülasyonunun gerçek örneklerini kaydetme ve değerlendirme ile ilgilenir. Bu analizler, mantıklı davranışla asıl kullanımın karşılaştırılması açısından yararlıdır (Koutamanis vd., 2001). İnsanın “yön seçme” ve “yörünge belirleme” hareketini gözlemlemek için farklı deneyler yapılmaktadır. Golledge, yaptığı çalışmalar sonucunda, insanların her zaman en kısa yolu seçmediklerini, kişisel algılarına göre farklı yörüngeler belirlediklerini, bir noktadan diğerine gidip gelirken, her seferinde değişik yolları takip edebildiklerini gözlemlemiştir (Turner, Penn, 2002).

Peponis, bu konudaki araştırmaları neticesinde, insanların hareket/gezinti kurallarını şu şekilde sıralamıştır;

1. Aynı yere dönmekten kaçınma,

2. Eğer bütün yollar eşitse aynı yönde devam etme,
3. Yeni bir görüş, daha fazla hareket alanı sağladığında ya da daha ilgi çekici birşey olduğunda gidiş yönünü değiştirme (Turner, Penn, 2002).

Helbing, Molnar, Farkas ve Bolay (2001), yaptıkları video çekimlerini gözlemleyerek ve daha önce yapılmış tüm araştırmaları değerlendirerek, elde etikleri tüm sonuçları maddeler halinde sıralamışlardır;

1. Yayalar, eğer önlerindeki doğrusal yol kalabalık değilse, dolambaçlı yollardan ve istedikleri yönün tersi yöne gitmekten hoşlanmazlar. Netice olarak, bir sonraki duraklarına en kestirme yolu seçerler, bundan dolayı yürüngeleri genelde çokgen şeklindedir. Eğer alternatif uzunlukta başka yollar mevcutsa, olabildiğince uzun süre düz ilerleyebilecekleri ve olabildiğince geç yön değiştirmek zorunda kalacakları yürüngeyi takip ederler. Tabii burada, iki yürüngenin de eşit derecede ilgi çekici olduğu varsayılıyor, yani biri diğerinden daha aydınlık, daha arkadaşça bir ortam, daha sessiz ya da daha az durma noktasına sahip değil. Bazı durumlarda istisnalar da olabilir, bazen insanlar bildikleri bir noktaya gitmek için hep aynı yolu kullanma eğilimi gösterebilirler. Yani alışık oldukları yolu tercih etme durumu. İnsanlar, kalabalık içerisinde bir yöne ilerlerken, kendileriyle aynı yöne giden diğer insanları takip etmeye eğilimlidirler.
2. Yayalar, bir yere yetişmek zorunda olmadıkları sürece, kendilerine en konforlu gelen hızda yürümeyi tercih ederler.
3. Yayalar, diğer yayalar ve sınırlarla (duvarlar, engeller) aralarında belli bir mesafe bırakarak hareket ederler. Yaya acele hareket ettiği zaman ve yaya yoğunluğu çok fazla olduğunda bu mesafe azalır. Normal durumlarda ise kişiler, bulundukları ortamda kendilerine boş bir alan yaratarak dururlar. Birbirini tanıyan kişiler de gruplar halinde bu yayılımda yerlerini alırlar.
4. Yayaların, farklı durumlardaki davranış stratejileri genelde birbirine benzerlik gösterir ve zaman içerisinde otomatikleşir.

Bu araştırmacıların elde ettiği sonuçlar, kullanıcı hareket modellerinin başlangıç verilerini oluşturmaktadır.

5.3. Çoklu Etmen Sistemlerle Yapılmış Kullanıcı Hareket Modeli Örnekleri

Günümüzde kullanıcı hareket modelleri, yürünge değerlendirilmesi, gözlemlenmiş ve incelenmiş verilerin kullanımı ya da karmaşık ama belirli yürünge seçim

mekanizmalarına dayanmaktadır. Dinamik yönü olan analiz ve simulasyonlar beş bileşenden oluşur;

1. Aktörler: yolculuk eden insanlar,
2. Başlangıç noktası,
3. Gidilecek yer;
4. Yörünge,
5. Hız.

Çoklu etmen sistemlerle yapılmış kullanıcı hareket modellerinde, her bir kullanıcı etmen olarak tanımlanır. Etmenlerin, bireysel içerikli zeki programlar olmaları, ortamla etkileşimleri ve birbirleriyle haberleşmeleri sayesinde, daha gerçekçi modeller yapılandırılabilir. Farklı karakterde ve değişik şekillerde hareket edebilen kullanıcılar yaratılarak, kullanıcı hareketinin analizi yapılabilir. Bu konuda yapılmış iki önemli çalışma, şehir ölçeğinde olan STREETS (Schelhorn vd., 1999), ve bina ölçeğinde olan Sanal Tate (Conroy vd., 1998)' dir.

5.3.1. STREETS

Bu araştırmada, şehir merkezlerindeki yaya davranışlarını incelemek için iki aşamalı bir model kullanılmıştır. Birincisi, insan yerleştirmek için GIS (<http://www.gis.com/whatisgis/>) tabanlı sosyo ekonomik verinin kullanımı, buna ön model aşaması da denilebilir, diğeri, uzamsal konfigürasyona, önceden tanımlanmış hareket listelerine ve alan kullanımının yayılımına göre şehir bölgesinde dolaşan yaya popülasyonunu, SWARM simulasyon ortamı (<http://www.swarm.org>) kullanılarak etmen tabanlı olarak modellenmesidir. STREETS, farklı etkinlik bölgeleri ve şehir alanlarındaki, kullanıcı hareketlerini tahmin ederek, şehirdeki hareketlilik merkezlerinin tanımlanması, insan ilgisinin düşünülüp mağazaların ona göre yerleştirilmesi, alışveriş alanları için en optimum yerler ve cadde festivallerinin nerelerde düzenlenebileceğinin belirlenmesi için tasarlanmıştır.

Öncelikle kullanıcılar etmen olarak modellenmiştir. GIS ortamının zengin sosyo ekonomik veri setlerinden faydalanılarak, istatistiki, kararlı yayılmış etmenler yaratılmıştır. Her etmenin sahip olduğu karakteristikleri iki genel kategoride toplanır;

- Sosyo-ekonomik karakteristikler,
- Davranışsal Karakteristikler.

Daha sonra GIS'ten alınan detaylı bilgiler yardımıyla, şehir bölgesi modellenmiştir. Şehir bölgesi üç farklı temsille tanımlanıyor:

- Vektörel veri: alan kullanım kategorileri ile bina tanımları;
- Izgara veri: bina olmayan yerlerdeki yürünebilirlik;
- Ağ veri: cadde ağı ve bina girişleri.

Bu tanımlamalar, sistemin birinci aşamasını oluşturuyor. İkinci aşamada, daha önce de söylendiği gibi SWARM simulasyon ortamından yararlanılmış. STREETS modelinin uygulaması, yaya topluluklarının yaratılması ve yaratılan yayaların, farklı bina elemanları, yürünebilir yüzeyler ve diğer etmenlerle bir araya getirilmesiyle başlıyor. Bu etmenler yörünge planına sahip olarak sisteme girecekleri giriş kapılarına gönderiliyorlar. Tüm simulasyon boyunca statik elemanlar olan giriş kapıları, araba parklarını, cadde üzerindeki araba park yerlerini, otobüs durakları veya metro istasyonlarını temsil ediyor. Tüm parametreler yüklendikten sonra sistem çalışmaya başlıyor. Model çalışmaya başlayınca, etmenler, sisteme, giriş kapılarından giriyorlar. Her etmen, takip etmeleri beklenen yörünge üzerindeki yol nokta kümelerine sahip olsa da, kesin bir yol geometrisi bilgisi içermiyor. Sistemde yollarını çizmek ve bulmak için, modüller olarak programlanmış beş aşamalı davranış kullanıyorlar. Bu şekilde sistemdeki her etmen bu davranışlardan birini seçtiğinden çeşitlilik yaratılıyor. Bir çok parametre, dikkat dağıtıcı unsur olabilecek elemanları tanımlamaya çalışıyor. Sistemdeki diğer faktörde binaların davranışları. Bir etmenin bina içinde kalma süresi, o binanın tanımlanmış parametrelerine bağlı olarak değişiyor. Bütün simulasyon, modeldeki etkileşimle ilgili bilgi toplayan gözlem etmeni sayesinde monitörden izlenebiliyor.

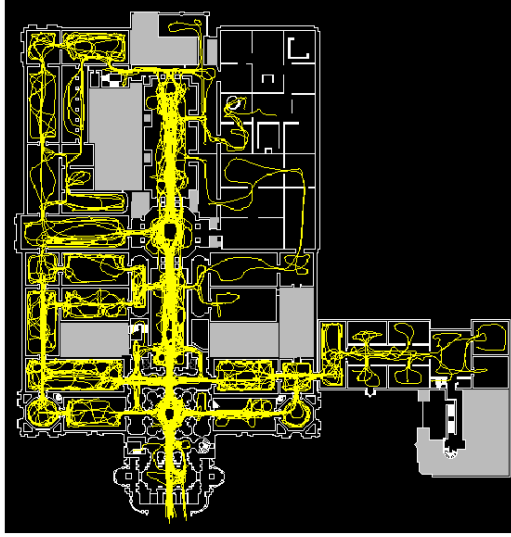
STREETS modelinde, şu anda bazı etmenlerin yörünge seçim davranışları güvenilir değil ve henüz etmenler sadece bireysel hareket edebiliyorlar. Araştırmacılar, etmenleri ve binaların etkileme değerlerini tanımlayan problemlerin geliştirilmesi için çalışmalarına devam ediyorlar. STREETS, etmen tabanlı kullanıcı hareketi tahmin modellerinin başlangıcı sayılabilir (Schelhorn vd., 1999)

5.3.2. Sanal Tate

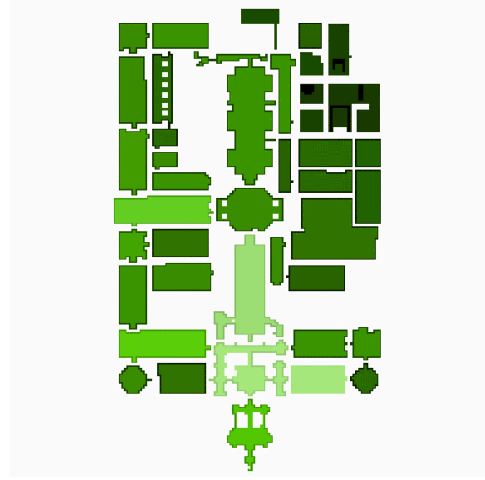
Etmen tabanlı kullanıcı modelinin, bina ölçeğinde yapılmış bir örneği olan Sanal Tate'de, Londra'da bulunan Tate Britain Sanat Müzesi uygulama alanı olarak kullanılmıştır. Bu müzenin seçilmesinin sebepleri;

- Bir giriş bulunması ve bir çok oda ve koridorların olması
- Bir çok tablo ve heykel içermesi; sanat severler için farklı hedefler ve daha nedensel ziyaretçilerin bulunmasıdır.

Ağustos 95'te Tate'deki ziyaretçi hareketleri 12 saat süreyle kaydedildi. Ziyaretçilerin galeriye girdikten sonraki ilk 10 dakikada izledikleri yol belirlendi. Bir saat içerisindeki ortalama oda işgali hesaplandı. Tüm veriler, plan üzerine işlendi. (Şekil 5.1. – Şekil 5.2)



Şekil 5.1. Gözlemlenmiş Yol İzleri
(Şekilde gri ile taranmış odalar, gözlemin
edilen yapıldığı gün ziyarete kapalı olan
alanları göstermektedir)



Şekil 5.2. Ortalama Oda İşgali
(Koyu yeşil alanlar en çok işgal edilen
odalar olup, renk açık yeşile doğru geldikçe
işgal oranı azalmaktadır)

Şekil 5.1.'deki izlerden, müzenin sol tarafının daha çok ziyaret edildiği ve galerinin kuzey doğu köşesindeki odaların en az ziyaret edilen odalar olduğu görülüyor. Şekil 2'deki oda işgal grafiğinden ise, ana galerinin tek girişinin sağ yanında bulunan kitap satış noktasının sıklıkla ziyaret edildiği ve en yoğun olan noktalardan biri olduğu izlenmektedir.

Sanal Tate, modellenirken gerçek ortamda yapılan gözlemlerden yararlanılmıştır. Programda, bir çok değişken tanımlanmıştır. Bu değişkenler şu şekilde sıralanabilir;

1. Etki alanı

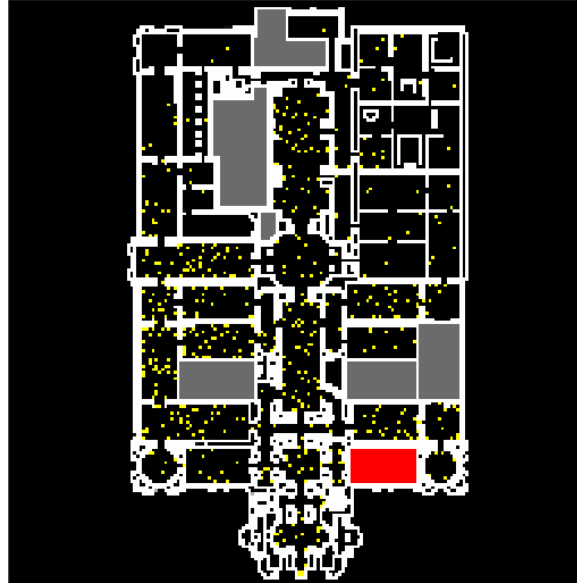
- a. Lokal Etki: Her odanın kendi etkileyciliğinin mevcut olduğu varsayımına dayanır.
- b. Global Etki: Global etki; Bir ziyaretçinin, kendine ilginç gelen bir oda bulduğunda kalan süreyi burada geçirmeyi düşünse de, galerinin geri kalanını da görmek isteyeceği varsayımına dayanır.

2. Geometrik itici güç

- a. Yürüyücü bir engele doğru ilerler ve ona çarptığında burada engel olduğunu bilir;

- b. İlerleme sürecinden önce çevreyi tarayarak ilerler ve galeride tanımlanmış her bir piksel noktası ile görsel alanı bulur.
- 3. **Sosyal İtici Güç:** Kalabalıktaki yoğunluk limitlerine bağlı olarak tanımlanan, belirli odalara akış arttığında, ziyaretçilerin diğer insanları takip etmesine izin veren algoritma.
- 4. **Dalgalanmalar:** Rastgele yürüyüş davranışı ve kalabalık içerisinde farklı yön belirleme.

Model çalıştırıldığında, ana kapıdan giren, etmenler olarak tanımlanan çok sayıda ziyaretçi, geometrik engellerden ve birbirinden kaçınarak, tanımlanmış yolları takip etmeye başlarlar. Şekil 5.3'te modelin çalışması sırasında alınan bir görüntü resmi verilmiştir.

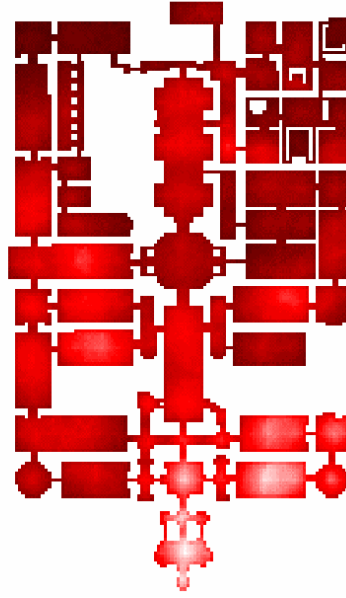


Şekil 5.3. Modelin Çalışması sırasında alınan anlık görüntü
(Sistemde bulunan 550 adet etmenin o anda bulundukları yerler, sarı noktalar etmenleri tanımlıyor)

Sistemde, kesin bir sırada işleyen karar kural serileri kullanılsa da, buna paralel olarak her etmen diğer etmenler ile eşzamanlı olarak kendi hesaplamalarını yaptığı için, model gözlemlenen hareket yollarının bir taklidi değil, kullanıcı hareketinin analiz edilebileceği bir örnek haline gelmiştir. Farklı odalarda algılanan çekicilik ziyaret sıklığına göre hesaplanmıştır.

StarLogo (<http://education.mit.edu/starlogo/>) kullanılarak geliştirilmiş Sanal Tate'de bulunan etmenler, geometrik olarak kördür ve çevrelerindeki komşuluklara ilerlemek için, o yöndeki ipuçlarını işlerler. Bu şekilde, gözlemlenmiş davranışlar doğrultusunda hesaplanmış ve test edilmiş oda işgali verilerinden, galerideki yollar

ve oda çekiciliğindeki değişimler tahmin ediliyor. Şekil 5.4'te ise modelin çalışması sonucunda elde edilen oda ziyaret yoğunluğu şeması görülmektedir.



Şekil 5.4. Odaların Ziyaretçi Yoğunluğu
(Koyu kırmızı odalar en fazla ziyaret edilen odalar olup, renk açıldıkça ziyaretçi yoğunluğu azalmaktadır)

Araştırmacılar şu anda, binanın yerel geometrisinin incelenmesi için en iyi geliştirilmiş model sayılabilecek Sanal Tate Modelinin üç boyutlusunu geliştirmeye çalışıyorlar. 3D sanal Tate de, IRIS PERFORMER (<http://www.sgi.com/products/software/performer/>) denilen bir görselleştirme paketiyle, nesne olarak tanımlanan etmenler, daha fazla kişisel özelliğe ve görüş açılarına sahipler. Model tamamlandığında, daha kapsamlı analizler yapılabilecek aşamadır (Conroy vd., 1998; Batty, 2003a).

6. ETMEN TABANLI SİSTEMLERLE KULLANICI HAREKETİNİN MODELLENMESİ : MÜZE ÖRNEĞİ

Literatürde çok farklı uygulama alanlarında etmen tabanlı sistemlerden faydalanılmaktadır. Mimari tasarım alanında ise, etmen tabanlı sistemler, tasarımın eskiz aşamalarından, tasarım, maliyet, kullanıcı hareketi konularına kadar bir çok aşamada kullanılmaktadır. Bu çalışmada, etmen tabanlı sistemler kullanılarak, Java programlama diliyle yazılmış, bir kullanıcı hareket model önerisi geliştirilmiştir. Etmen olarak modellenen kullanıcıların, yerleştirdikleri planda, tanımlanan yürünebilir alanlar üzerinde ilerlemeleri sağlanmıştır.

Örnek olay olarak müze binaları belirlenmiştir. Müze, içinde barındırdığı objelerin etrafında bir kabuk oluşturan ve bu objelerin algılanmasını sağlayan mimari yapıdır. Müzelerdeki eserlerin kullanıcılar tarafından algılanabilirliği, müzenin kurgulanışına ve tasarımına bağlıdır. Müzelerde, kullanıcı ve sergilenen obje arasında bir bağlantı vardır. Kullanıcı sayısı, sergilenen objelerin niteliğine ve sergilenme şekline göre artar veya azalır. Kullanıcı sayısının artışı sağlamak, bazen olumsuz sonuçlara da yol açabilir; sıkışıklık, her objeyi iyi inceleyememe....vs. Bundan dolayı, akıllıca planlanmış bir bina ve etkin bir teşhir ile, hem kullanıcı sayısı artırılabilir, hem de kullanıcıların konfor şartları sağlanarak olumsuzluklar engellenebilir. Bu model, farklı tip ve sayıda kullanıcıların örnek olarak seçilen müze içerisindeki gezintilerini bilgisayar ortamına aktarmaktadır. Amaç, olumsuzlukları ve sorunları önceden görüp, gerçek ortama çözüm üretmektir.

6.1. İstanbul Arkeoloji Müzesi'nin Tanıtılması ve Seçilme Nedeni

İlk Türk Müzesi olan İstanbul Arkeoloji Müzesi, aynı zamanda müze olarak inşa edilmiş az sayıdaki binalardan biridir. Çeşitli kültürlerle ait bir milyonu aşkın eseriyle bugün de dünyanın en büyük müzeleri arasındaki yerini korumaktadır. Arkeoloji müzesi iki ayrı binadan oluşmaktadır; Eski bina ve Ek bina. Eski bina iki katlı, ek bina ise iki katı yeraltında olmak üzere altı katlıdır (www.discoverturkey.com/bakanlik/b-a-ist-arkeoloji.html).

Bu model kapsamında, sadece giriş katının belli bir kısmı uygulama alanı olarak kullanılmış, diğer kısımlar gözardı edilmiştir. Müzenin giriş katında dört farklı

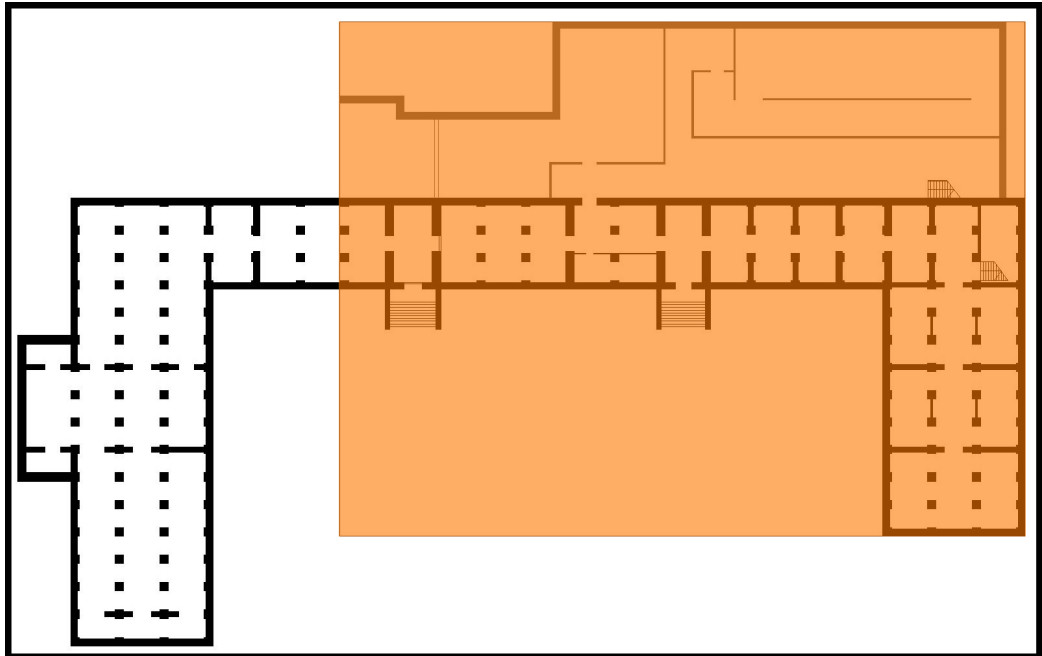
sergileme alanı, koridorda farklı yerlere yerleştirilmiş eserler ile kitap ve hediyelik eşya satışının yapıldığı bir mağaza bulunmaktadır. Model içerisinde bu bölümler şu şekilde isimlendirilmiştir;

- Antik Çağ Heykelleri,
- Nekropol,
- Bizans Dönemi Eserleri,
- Çocuk Müzesi,
- Hediyelik Eşya-Kitapçı.

Uygulama alanı olarak İstanbul Arkeoloji Müzesi'nin seçilme nedenleri;

- müzenin birden fazla bölümünün olması dolayısıyla farklı ilgi alanlarına yönelebilecek farklı etmenler yaratılmasına olanak vermesi ve farklı yön alternatiflerinin ortaya çıkabilmesi;
- Müzedeki sirkülasyon alanlarının net olması, müzeye giriş ve çıkışın tek bir kapıdan yapılabilmesidir.

Plan, Auto Cad programında ölçeğe uygun olarak çizildikten sonra, 1 piksel=10cm olacak şekilde küçültülerek, resim formatında kaydedilip, iki boyutlu olarak model ortamına aktarılmıştır. Şekil 6.1'de gösterilen taralı kısım programda kullanılan alandır.



Şekil 6.1: İstanbul Arkeoloji Müzesinin Giriş Kat Planı (İstanbul Ansiklopedisi, cilt 1, s307)

6.2. Kullanılan Programla Dilinin Tanıtılması ve Seçilme Nedeni

Yazılım geliştirirken, isteneni, hem bilgisayarın hem de programcının anlayabileceği bir dilde ifade edebilmek için bir çok bilgisayar dili geliştirilmiştir. Bu dillere, Pascal, Basic, Fortran, C, C++ gibi diller, örnek olarak verebilir. Her dilin kendine özgü özellikleri ve kısıtlamaları mevcuttur. Günümüzde en gelişmiş dillerden biri olan ve yaygın olarak kullanılan Java, nesne programlamaya yönelik özellikleri sayesinde, etmen tabanlı sistemleri oluştururken bir çok yarar sağlar. Önerilen kullanıcı hareket modeli için de Java, diğer dillerden daha uygun bir programlama dilidir.

Javanın amacı, her bilgisayarda aynı şekilde çalışabilecek ve insanın rahatlıkla okuyabileceği, çalıştırıldıkları anda her bilgisayarda yorumlanabilecek kodlardan oluşan bir dil olmaktır.

Java diğer bilgisayar dillerinde olan veya olmayan pek çok özelliğe ve avantaja sahiptir. Java'nın özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Kolaydır: Java sunduğu program kalitesine göre programlanması ve öğrenilmesi benzerlerinden daha kolay bir dildir. Çeşitli işleri yapabilen sayısız hazır bileşenden oluşan kütüphaneleri vardır. Bu bakımdan bu bileşenleri alıp kullanmak programı sıfırdan yazmaktan daha kolaydır. Java programcıları işlerin yapılmasıyla ilgilenirken, bu bileşenlerin işlerini nasıl yaptığını düşünmek zorunda kalmazlar.
- Dinamiktir: Java tabanlı uygulamaları, programı kapatmadan önce güncellemek mümkündür. Bu yetenek sayesinde haftanın 7 günü, günün 24 saati devrede olması gereken ağ uygulamalarında istenen kod programdan çıkarılabilir, istenen eklenebilir.
- Nesneye yöneliktir: Java tam anlamıyla nesneye yönelik bir dil olarak geliştirilmiştir. Nesneye yönelik programlama mantığında program gerçek hayattaki nesnelerden esinlenerek 'nesne' denilen küçük parçalara bölünmüş modüler bir yapıdadır. Her bilgi ve eylem bu nesnelerde saklanır. Bir defasında tanımlanmış nesneler dilediğince çağrılıp tekrar kullanılabilir. Nesneye yönelik programları oluşturmak, yönetmek, kontrol altında tutmak daha kolaydır. Java diğer nesneye yönelik dillerin aksine bu mantığın dışına çıkacak özelliklerle kötü programlama alışkanlıklarına izin vermez.
- Taşınabilir ve farklı platformlarda çalışabilir: Derlenip ikili sayı düzenine çevrili 'bytecode' Java programları, platformdan bağımsız olduklarından Java kodları her bilgisayarda çalışmakla kalmaz, her bilgisayarda aynı şekilde çalışır.

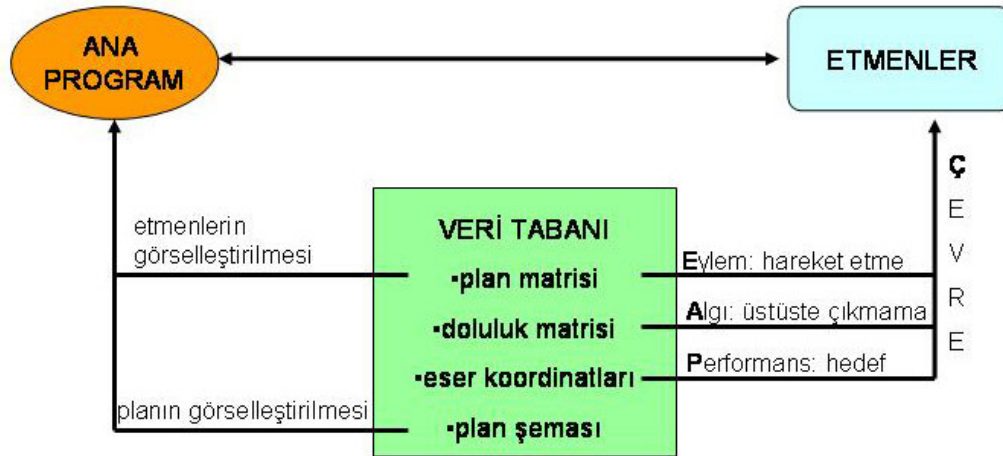
- Güvenlidir: Java’da program hatalarından kaynaklanabilecek bilgisayar ve sunucu çökmeleri görülmez. Bilgisayara yüklenen Java programları, virüslü dosyalar gibi güvenlik açısından bir tehdit oluşturmaz.
- Çok görevlidir ve çok kullanımlıdır (Pekgöz, 2005).

Esnek, kararlı ve güçlü bir dil olan Java, yukarda sayılan özellikleri sebebiyle bu uygulamada yazılım dili olarak kullanılmıştır. Model, ‘Java Applet’ olarak kaydedilerek, çalışması ‘appletviewer’ içerisinde izlenmektedir.

6.3. Önerilen Modelin Yapısı

Modelin ana yapısı, üç kısımdan oluşur (Şekil 6.2):

- Veri Tabanı Modülü
- Etmen Modülü
- Ana Program Modülü



Şekil 6.2: Model Yapısı

6.3.1 Veri Tabanı Modülü

Veri tabanı, modelin çalışması ve kullanıcının uygulamayı algılaması için gerekli tüm bilgilerden meydana gelir. Veri tabanında, plan matrisi dosyası, doluluk matrisi dosyası, eser koordinatları dosyası ve planın görselleştirilmiş hali olan müze planının şeması bulunmaktadır. Veri Tabanı Modülü, hem ana program modülü hem de etmen modülü tarafından kullanılır.

6.3.1.1 Plan Matrisi

Plan matrisi, müze planının bilgisayar ortamına matris tanım tekniği kullanılarak aktarılmasını sağlayan kod dosyasıdır. Bu dosya ana program tarafından hem de etmenler tarafından kullanılır. Plan matrisinden, etmenler, hareket etme sürecinde karar vermek için faydalanırken, ana program, etmenlerin bulunduğu yere göre görseli güncellemek için yararlanır.

Plan matrisi, 600 satır, 800 kolondan oluşan iki boyutlu bir matristir. Matrisin her hücresi, 6 karakterli elemanla tanımlanır. Matris elemanının ilk dizesi hücrenin hangi bölgede yer aldığını, ikinci dizesi hangi tip olduğunu, üçüncü dizesi eğer pikselin tipi eser yada görüş alanı ise bu eser ya da görüş alanının öncelik değerini (hücre, eser veya görüş alanı değil ise bu bölüm "0" olarak kodlanır), dördüncü dize ise eserin veya görüş alanının (eser veya görüş alanı değil ise "000" olarak kodlanır) sıra numarasını belirtir. Tablo 6.1'de matris kodlaması tablo halinde gösterilmektedir.

Tablo 6.1: Plan Matrisi

MATRİS KODLAMASI			
BÖLGE	TİP	ÖNCELİK	NO
S – müze ana giriş	E – eser	0 - önceliği olmayan tipler	000-
X – müze ana çıkış	D – duvar		
D – dış mekan	Y – yürüyüş yolu	1 – en az öncelikli eser+görüş alanı	eser+
H – hol	G – eserin görüş alanı	2 – orta öncelikli eser+görüş alanı	görüş
A – antik çağ heykelleri	H – ana dolaşım hattı	3 – en fazla öncelikli eser+görüş alanı	alanı
L – nekropol	S – giriş		numar
B – bizans dönemi eserleri	X – çıkış		ası
C – çocuk müzesi			

Plan matrisinde, 8 adet bölge bulunmaktadır. Müze ana giriş (S), Müze ana çıkış (X), dış mekan (D), hol (H), Antik Çağ Heykelleri (A), Nekropol (L), Bizans Dönemi Eserleri (B) ve Çocuk Müzesi (C). Bunlardan antik çağ heykelleri, nekropol, bizans dönemi eserleri ve çocuk müzesi müzedeki gezilecek bölgeleri tanımlamaktadır. Ana giriş ve çıkış, etmenin uygulama başladığında giriş ve çıkış yapacağı alanı

tanımlarken, dış mekan etmenin ilerlemeyi durduracağı ve sistemden çıkacağı bölgeyi tanımlar.

Örneğin, matriste bulunan “AE2013” kodlu bir eleman, o pikselin, antik çağ heykelleri bölgesinde bulunan, önceliği 2 ve sıra numarası 13 olan esere ait olduğunu gösterir. Ya da “BD0000” kodlu bir eleman bizans dönemi eserleri bölgesindeki duvarı tanımlar. Bu sayede, bir etmen geldiği noktanın neresi olduğunu, ana program ise, içinde barındırdığı bu etmenin, plandaki konumunu bilir.

6.3.1.2 Doluluk Matrisi

Plandaki etmenlerin yerini belirlemek ve etmenlerin birbirlerinin nerede olduğunu anlaması için doluluk matris dosyası kullanılmaktadır. Plan matrisi gibi 600 satır ve 800 kolondan oluşan doluluk dosyasında her hücre başlangıçta sadece “0” larla tanımlıdır. Bir etmen geldiği hücrenin değerini “1” olarak değiştirir. Bir sonraki hücreye geçerken değeri tekrar “0”a çevirir ve yeni geldiği hücrenin değerini “1” yapar. Böylece, her etmen plan üzerinde bulunduğu noktayı işaretlemiş olur. Etmenler, hareket etme kararı vermeden önce, doluluk matrisini tarayarak, diğer etmenlerin yerlerini ve ilerlemek istedikleri yöndeki hücrenin meşgul olup olmadığını öğrenebilirler. Doluluk matris dosyası, etmenlerin çarpışmasını ve üstüste binmesini engeller.

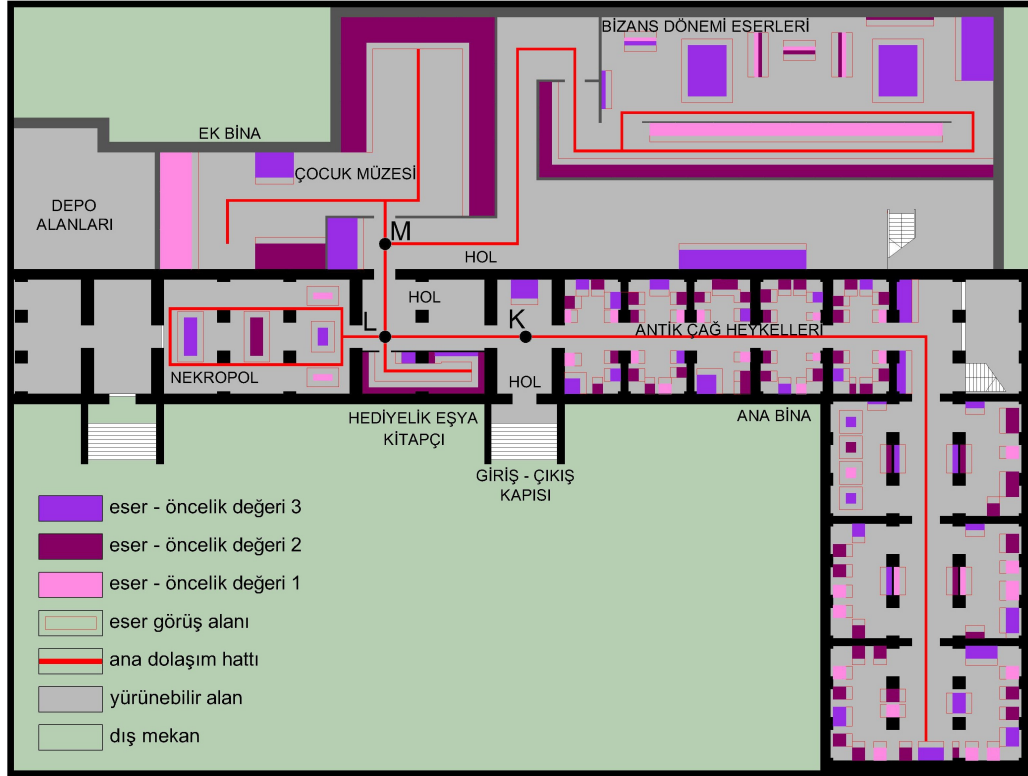
6.3.1.3 Eser Koordinatları

Eser koordinatları dosyası, müzedeki bütün eserlerin plan üzerindeki yerini belirten koordinatları tanımlar. Eser koordinatları, dosya içerisinde, eserlerin bulundukları bölgelere göre gruplanmış ve eser numaralarına göre sıralanmıştır. Her gruptaki ilk koordinat, o bölgenin giriş kapısının koordinatıdır. Etmen, kendine hedef belirlemek için, eser koordinatları dosyasından yararlanır. Eser koordinatı dosya içerisinde (x,y) olarak tanımlıdır. Bu dosya, etmenin bir eseri gördükten sonra göreceği bir sonraki eserin yerini hızlı bir şekilde öğrenmesini sağlar.

Müze içerisinde ayrıca, etmenlerin doğru hareket edebilmesini sağlamak için üç adet düğüm noktası belirlenmiştir. Bu düğüm noktalarının yerleri Şekil 6.3'te gösterilmektedir. Düğüm noktalarının koordinatları “K, L, M” olarak isimlendirilmiştir. Bu notların korrdinatları da eser koordinat dosyası içerisinde yer almaktadır. “K” noktası giriş aksı ile Nekropol ve Antik Çağ Eserleri bölümüne giden ana yol aksının keşiştiği noktadır. “L” noktası Nekropol ve Antik Çağ Eserleri bölümüne giden ana yol aksı ile Çocuk ve Bizans Bölümüne giden aksın kesişimindedir. “M” noktası ise çocuk bölümü aksı ile Bizans bölümüne gidiş aksının kesiştiği yerde bulunmaktadır.

6.3.1.4 Plan Şeması

Plan şeması (Şekil 6.3), model çalışırken arka planda bulunan ve izleyicinin planı anlamasını sağlayan görsel kısımdır. İstanbul Arkeoloji Müzesi'nin, 2 boyutlu olarak tanımlanmış, 600x800 pikselden oluşan bir tanım modelidir. Plan şeması, plan matrisindeki hücrelerin görsel piksellere dönüşmüş halidir. Her piksel, matristeki tip bilgisine göre farklı bir renkle doldurulmuştur. Plan şeması, ortam tarafından model çalışmaya başladığı anda arka plana atanır ve etmenlerle beraber güncellenir. Amacı, programı kullanan kişinin, etmen hareketlerini, etmenlerin bulundukları yerleri gözlemlemesini ve kolayca algılamasını sağlamaktır.



Şekil 6.3: Müze Planının Görsel Temsili

Plan şemasında, ana binanın duvarları siyah, ek binanın duvarları gri renk ile tanımlanmıştır. Giriş - Çıkış kapıları yürünebilir alan olarak gösterilmiş ve kapı genişlikleri 18 piksel olarak tanımlanmıştır. Planın 1 piksel=10cm olacak şekilde küçültüldüğü göz önüne alınırsa kapı geçişleri 180cm olarak belirlenmiştir. Her bir bireyin 6 piksel çapında daireler olarak gösterildiği planda (bir insanın 60 cm yer kapladığı göz önüne alınmıştır), kapılardan aynı anda 3 kişinin geçebileceği varsayılmıştır. Yürünebilir alanlar ve geçişler açık gri ile taranmıştır. Şema üzerinde görülen yürünebilir alanların ortasından geçen kırmızı çizgi, bina içindeki ana dolaşım hattını göstermektedir. Bu hat bölgeler arasındaki en kısa mesafeyi ve tüm

eserler görüldükten sonra o bölgeden en hızlı çıkış yörüngesini tanımlamaktadır. Açık yeşille gösterilen dış mekan, etmenlerin ilerlemelerini durduracakları ve sistemi terk edecekleri alanı ifade etmektedir. Farklı bölgeler, yazıyla gösterilmiştir. Modelde, sadece giriş katı kullanıldığı için, merdivenlerin kapalı bölümler olduğu varsayılmış, ve bu alanlar etmenlerin giremeyeceği alanlar olarak tanımlanmıştır. (Merdivenler, matris kodunda duvar olarak tanımlanmıştır).

Plan şeması üzerinde üç farklı renkte ve farklı boyutlarda tanımlanmış olan eserler, müze içerisinde yaklaşık olarak bulundukları yerlere ve yaklaşık aynı sayıda yerleştirilmişlerdir. Eserlerin farklı boyutlarda tanımlanmalarının sebebi, müzedeki gözlemler sonucunda, bazı eserlerin aynı anda bir kaç kişi, bazılarının ise sadece bir kişi tarafından izlenebiliyor olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumun model ortamına da aktarılması istenmiştir. Eserlerin farklı renklerde tanımlanması, öncelik değerinin görselleştirilmesidir. Mor renk, önceliği en fazla olan yani ilgi çekiciliği en fazla eseri temsil etmektedir. Koyu pembe, orta dereceli eserleri, açık pembe ise en az ilgi çeken eserleri tanımlamıştır. Eserlerin bu şekilde farklılaşmaları, müze içerisindeki gözlemlere dayanarak yapılmıştır.

Eserlerin görüş alanları, her eserin önünde bulunan dikdörtten kısımdır. Eserlerin müze içerisindeki konumlarına göre, bazı eserler sadece eserin önüne gelindiğinde algılanabilirken, bazılarında eserin etrafında dolaşarak tüm eser algılanabilmektedir. Görüş alanları, algılanma durumu dikkate alınarak belirlenmiştir. Bir eserin, görülmüş sayılması için, etmenin eserin görüş alanına girmesi gerekmektedir.

Bu plan, birebir İstanbul Müzesinin planı değildir, plan modelde kullanılabilecek şekilde basitleştirilerek yorumlanmıştır.

6.3.2 Ana Program Modülü

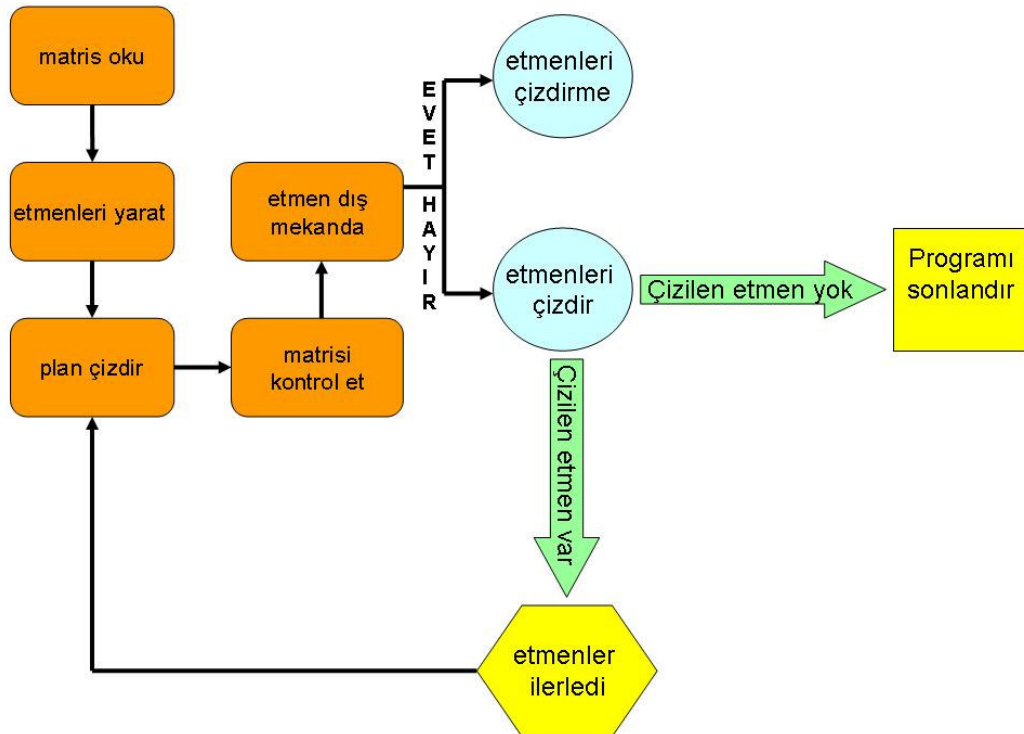
Programın ana modülü, farklı tipte ve sayıda etmenlerin yaratılmasını ve modelin görselleştirilmesi görevini üstlenir. Etmenler, etmen modülü içerisinde tanımlanan parametrelerin değiştirilmesi suretiyle farklı tiplerde üretilebilirler. Ana program modülü, model çalıştığı sürece, planın ve etmenlerin çizdirilmesini sağlar.

Bu modül aşağıdaki adımları içerir (Şekil 6.4);

- Plan matrisi dosyasını tanımlanan yerden, aç ve oku.
- Plan matrisindeki bilgileri matris sınıfına ata.
- Etmen parametrelerini tanımlayarak, farklı etmenleri oluştur.

- İstenen sayıdaki etmeni, verilen gruplama bilgisine göre program içerisinde sırayla yarat.
- Oluşan etmen bilgilerini etmen sınıfına ata.
- Plan şemasını çizdir.
- Plan matrisini tara.
- Plan matrisini tarayarak, etmenlerin yerlerini kontrol et.
- Etmenleri;
 - Plan içerisindeyse çizdir
 - Dış mekandaysa çizdirme

Etmenler, etmen modülü içerisindeki tanımlara göre hareket ederler. Ana program modülü, çizilen etmen olmadığında sona erer. Çizilen etmen olduğu sürece, program içerisindeki döngü devam eder. Çizilen etmenin olmaması, modeldeki tüm etmenlerin, müze içerisindeki dolaşımlarını bitirip, müze dışına çıkmaları anlamına gelmektedir.



Şekil 6.4: Ana Program Modülünün Akış Diyagramı

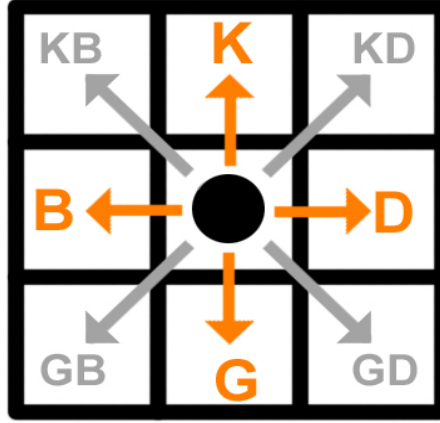
Bu modül, sistemdeki ana programdır. Model içerisindeki diğer alt modüller ve programlar, ana program modülü içerisinde çağrılıp kullanılır. Yaratılan bir çok

etmeni, tek bir ortamda birleştirerek bütünlük sağlar. Bütün etmenleri, arka plana yerleştirdiği müze planı üzerine, an an çizdirerek, modelin görsel kısmını oluşturur. Ekrandan anlık görüntüler alınarak, etmenlerin müze içerisindeki dolaşımı analiz edilebilir.

6.3.3 Etmen Modülü

Modelde, yayaları temsil eden etmenleri tanımlamayı ve onların hareket etmesini sağlayan modüldür. Etmenin, hareket etme, bölge seçme, hedef bulma ve müze içerisindeki yörüngesinin nasıl olabileceğiyle ilgili parametreleri içerir. Genel olarak etmenler tanımlanırken dört ana kavramdan faydalanılır; Performans, Çevre, Eylem, Algı (PEAS: Performance, Environment, Actuator, Sensor). Performans, etmenin sahip olduğu özellikleri, yön bulma, öğrenme ve optimum çözümleri bulma gibi kavramları içerir. Çevre, etmenin bulunduğu çevre ile ilgili sahip olduğu bilgileri, eylem ise etmenin hareket yeteneğiyle ilgili bilgileri kapsar. Algı ise, etmenin hareket etme kurallarını içerir. Bu dört kavram ne kadar ayrıntılı tanımlanırsa o etmen o kadar gelişmiş ve zeki etmen olur. Modeldeki etmenleri PEAS ile tanımlarsak;

- **Performans;** Akıllı etmenler bir yerden bir yere giderken en iyi yolu seçer. Bu yolu seçerken arama algoritmasını kullanır. Fakat modeldeki etmenler, ana program modülü içerisinde tanımlanmış olan yörüngelerden birini seçerek müze içerisinde dolaşırlar. Tanımlanan yörüngeler, bir yerden diğere yere giderken kullanılan en kısa yoldur. Modelde, etmenlere bu konuda öğrenme yeteneği yüklenmemiştir.
- **Çevre;** Modeldeki etmenler, matris dosyasından faydalanarak, çevrelerindeki piksellerin durumunu, giriş-çıkışları ve engellerin yerlerini öğrenirler. Koordinat dosyasından ise, gitmek istedikleri eserin koordinatını okuyup o yöne ilerlemeye çalışırlar. Sisteme, veri dosyaları sayesinde çevreleriyle ilgili bir çok bilgiye sahip olarak girerler.
- **Eylem;** Bir insanın hareketi 8 yönde gerçekleşir; Ana yönler: Kuzey, Doğu, Güney, Batı; Ara yönler: Kuzeydoğu, Kuzeybatı, Güneydoğu, Güneybatı. Modeldeki etmenlerin hareketi 4 yön ile kısıtlanmıştır. Etmenler bulundukları piksele komşu, kuzey, doğu, güney ve batı piksele geçebilirler, ara yönlere ilerleyemezler. Etmenlerin hareketi Şekil 6.3'te gösterilmiştir. Turuncu ile gösterilen oklar, modeldeki etmenlerin ilerleyebildikleri yönleri, gri oklar ise ilerleyemedikleri yönleri ifade etmektedir.



Şekil 6.5: Etmenlerin Hareketi

- **Algı:** Modeldeki etmenler, hareket etmeden önce, bulundukları piksele komşu pikselleri tarayarak engellere çarpmadan ilerlemeye çalışırlar. Bu modeldeki engeller, duvarlar, eserler ve sistemdeki diğer etmenlerdir. Etmen önüne engel çıkmadığı sürece aynı yönde ilerlemeye devam eder. Etmenin ilerlerken algıladığı alan, bulunduğu piksele komşu olan ana yönlerde bulunan 4 pikseldir. Etmenlere yön seçerken çeşitli yetenekleri atamak mümkündür. Daha geniş bir alanı tarayarak, daha geniş bir algılama sağlanabilir. Koridorun aydınlık veya karanlık olmasına, ya da o mekandaki insan sayısına göre ilerleyebilirler. Bunların gözlemlerle tespit edilmesi, gerçek mekanlara konulan gizli kameralarla verilerin toplanması sonrasında modele işlenmesi ileriye dönük çalışmalarda yapılabilir.

Modelde kullanıcıları temsil eden etmenler, iki farklı tip olarak tanımlanmıştır;

- a. **İlgili Etmenler:** Bu etmenler, belli bir ilgi alanı olan kullanıcıları temsil ederler. Bilgili etmen, model çalışmaya başlayıp, müzeden içeri girdiğinde, ilk olarak ilgi alanındaki bölgeye doğru ilerleyen ve bu bölgedeki tüm eserleri gören etmenlerdir. Kendi ilgi alanındaki bölgeyi gezdikten sonra diğer bölgeleri gezmeye devam edebilir veya çıkabilirler. Diğer bölgelerdeki eserlerin hepsini görmek zorunda değildirler. Modelde bilgili etmenlerin kendi aralarında dörde ayrıldıkları varsayılmıştır:

- Antik ilgili etmen,
- Nekropol ilgili etmen,
- Bizans ilgili etmen,
- Çocuk ilgili etmen.

b. Düzenli Etmenler: Bu etmenler, müze içerisinde tüm bölgeleri ve tüm eserleri sırayla gezen kullanıcıları temsil ederler. Bu etmen her bölgeyi ve her eseri görmek zorundadır. Müzeye girdikten sonra, önce antik eserler bölümünü, sonra sırasıyla, nekropol, çocuk müzesi ve bizans tarihi eserlerini dolaşırlar. İsteyenler en son, hediyelik eşya ve kitapçıya uğrayıp, istemeyenler direkt olarak müzeden dışarı çıkarlar.

2 boyutlu plan üzerinde etmenler, içi dolu daireler olarak tanımlanmıştır. Her etmen, modelin çalışması sırasında daha rahat gözlemlenmesi için farklı renklerle gösterilmektedir. Etmenler, plan şeması üzerinde çapı 6 piksel olan içi dolu daireler ile gösterilmektedir. Etmenin bulunduğu nokta ve doluluk dosyası üzerinde bulunduğu pikseli işaretlediği hücre, bu dairenin merkezindeki pikseldir. Aşağıdaki tabloda (Tablo 6.2) hangi etmenin, hangi renkle temsil edildiği açıklanmaktadır. Modeldeki etmenlere tek bir hız değeri atanmıştır. Her kullanıcının aynı hızda hareket edeceği varsayılmıştır.

Tablo 6.2: Etmenlerin Modeldeki Gösterimi

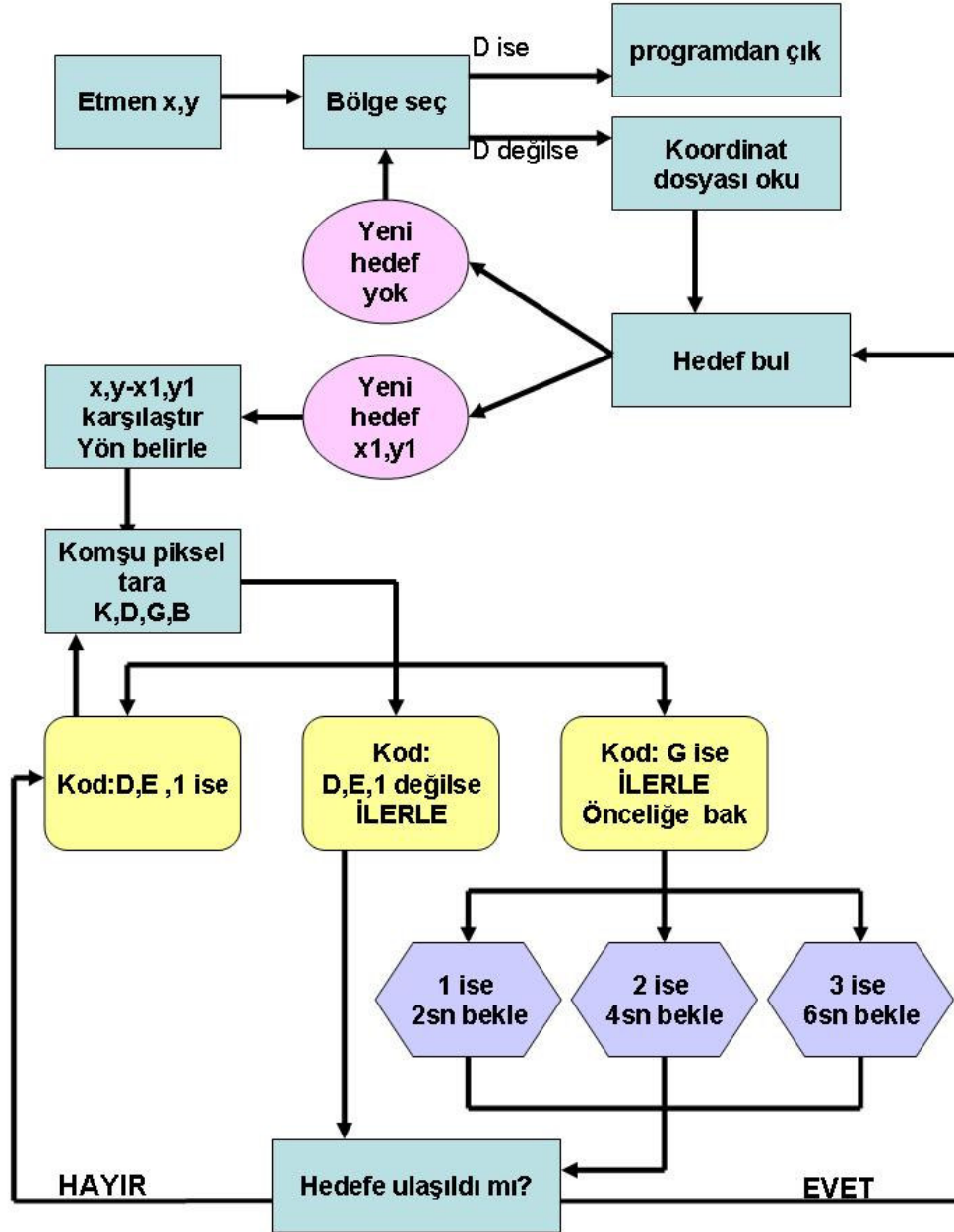
ETMENLERİN MODELDEKİ TEMSİLİ	
ETMEN TİPİ	ETMENİN TEMSİLİ
Antik İlgili Etmen	
Nekropol İlgili Etmen	
Çocuk İlgili Etmen	
Bizans İlgili Etmen	
Düzenli Etmen	

Farklı tip etmenlerin müze içerisindeki hareketini sağlayan etmen modülü aşağıdaki adımları içerir (Şekil 6.5):

- Etmen, (x,y) koordinatında, ana program modülü içerisinde yaratılır
- İlk gidilecek bölgeyi belirle: Antik ilgili etmen, ilk gideceği bölge antik çağ heykelleri iken, nekropol ilgili etmen ilk olarak nekropole yönelir. Çocuk ilgili etmen çocuk müzesine doğru ilerlerken, bizans ilgili etmen, bizans dönemi eserlerinin sergilendiği bölgeye gitmek ister. Düzenli etmen ilk olarak antik çağ eserlerini gezer.

- Seçilen bölgenin koordinatlarını, koordinat dosyasından oku.
- İlk hedefi belirle, (x_1, y_1)
- O anki bulunduğu noktayla gidilecek nokta arasındaki farkı bul. Aşağıdaki eşitliğe göre hesapla.
 - $|x_1 - x|$ ve $|y_1 - y|$ 'i hesapla.
 - $|x_1 - x|$ ve $|y_1 - y|$ 'i karşılaştır
 - $|x_1 - x| > |y_1 - y|$ ise x ekseninde ilerle.
 - $x_1 > x$ ise doğuya yönel
 - $x > x_1$ ise batıya yönel
 - $|x_1 - x| < |y_1 - y|$ ise y ekseninde ilerle.
 - $y_1 > y$ ise kuzeye yönel
 - $y > y_1$ ise güneye yönel
- Seçilen yöne ilerle.
- Bulunduğun noktadaki komşu pikselleri, kuzey, doğu, güney ve batı sırasıyla (saat yönünde), plan matrisi ve doluluk matrisi dosyalarına bakarak tara. İlk olarak bir önceki adımda belirlenen yöndeki pikseli tara.
 - Taranan piksel için, plan matrisindeki hücrenin ikinci dizide bulunan tip kodu “ D” ve “E” ise veya doluluk matrisindeki hücrenin kodu”1” ise, sıradaki pikseli tara. (Bu komut etmenlerin, duvar ve eser olarak tanımlanmış veya başka bir etmen tarafından doldurulmuş piksellere girmesini engeller.).
 - Taranan piksel için, plan matrisindeki hücrenin ikinci dizide bulunan tip kodu “ D” ve “E” ise veya doluluk matrisindeki hücrenin kodu”1” değil ise ilerle.
 - Taranan piksel için, plan matrisindeki hücrenin ikinci dizide bulunan tip kodu “ G” ise, kodun 3. dizesine bak.
 - 3. dizedeki kod, 3 ise 6 sn bekledikten sonra ilerle,
 - 3. dizedeki kod, 2 ise 4 sn bekledikten sonra ilerle,
 - 3. dizedeki kod, 1 ise 2 sn bekledikten sonra ilerle,

- Tüm hedeflere ulaşıldıktan sonra, yukarıdaki kurallara uymaya devam ederek “H” kodlu pikseller üzerinde ilerle.
- İlerlemeden hemen önce, doluluk matrisinde boşaltılacak pikselin kodunu “0” olarak değiştir.



Şekil 6.6: Etmen Modülünün Akış Diyagramı

- İlerledikten hemen sonra, bulunduğu pikselin, doluluk matrisindeki kodunu “1” olarak değiştir.

- Hedefe ulaşıldı mı?
 - Evet ise, yeni hedef belirle.
 - Hayır ise, ilerlemeye devam et.
- Yeni hedef var mı?
 - Evet ise, yeni hedefe ilerle.
 - Hayır ise, 'H' kodlu pikselleri takip ederek ilerle.
- Bir bölgenin tamamı dolaşıldıktan sonra yeni bölge seç.
- Bölge olarak dış mekan seçilirse, sistemden çık.

Yeni bir bölge seçilirken, düzenli etmenler hariç, diğer her etmen gitmediği bölgelerden birini rastgele olarak seçer. Düzenli etmenler, sabit bir yörünge izlerler. Bu yörünge antik çağ eserleri, nekropol, çocuk müzesi, bizans hol, hediyelik eşya – kitapçı (opsiyoneldir) ve dış mekan olarak belirlenmiştir. Rastgele seçim yapan etmenler için bölge seçeneklerinden biri de dış mekandır. Dış mekanı seçen etmen, çıkışa yönelir ve sistemden çıkar. Etmenler bölgeler içerisinde eserleri, sırayla dolaşırlar. Fakat bölgeler içerisinde, rastgele seçim yaptıkları için, her etmen farklı bir yörünge oluşturarak müzeyi dolaşmış olur. Her etmenin, bir bölgeyi sadece bir kez dolaştığı varsayılmıştır. Ayrıca, etmenler bir bölgeden diğerine geçerken, müsait olduğu sürece ana dolaşım hattını kullanırlar. Etmen modülünün akış diyagramı, şekil 6.5'te verilmiştir.

6.4. Modeldeki Kısıtlamalar

Önerilen modeldeki kısıtlamalar aşağıda sıralanmıştır;

- Plan matrisi boyutu 600 x 800 olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Matris Arkeoloji müzesi planına göre hazırlanmıştır. Şu anda başka mekanda analiz yapılamamaktadır.
- Modelde müzedeki eserlerin yerleri ve eserlerin öncelik katsayıları sabit tutulmuştur.
- Etmenlerin, her bölgeyi ve bölgedeki her eseri sadece 1 kez gezdiği varsayılmıştır.
- Etmenler bir bölgeden diğerine giderken ve bir bölgedeki eserleri gezerken en kısa yolu kullanmaktadırlar.
- Her etmen aynı hızda hareket etmektedir.

- Her etmen eşit aralıklarla müzeye giriş yapmaktadır.
- Bir etmenin bir eseri görebilmesi için o eserin görüş alanındaki piksele gelmesi ve eserin öncelik değerine göre bu alanda beklemesi gerekir.
- Her etmen müze içerisinde bireysel olarak dolaşır.
- Etmenler müzeye tek tek girmektedir.
- Her etmen tipinden müzede eşit sayıda bulunmaktadır.

6.5. Modelin Uygulanması

Model çalıştırıldığı zaman, belirlenen sayıda farklı tip etmenler, giriş kapısının önünde belirip müzeye doğru ilerlemeye başlarlar. Etmenler müzeye belli aralıklarla, birbiri ardına girerler (Şekil 6.7). Bir etmenin, kendinden önceki etmenden ne kadar saniye sonra sisteme gireceği, ana program modülü içerisinde belirlenir. Bu değer tektir ve her etmen aynı gecikme süresine uyarak sisteme girer. Etmenler, tiplerine göre farklı renklerde çizdirildikleri için, sisteme hangi tip etmenin girdiği ve etmenin ne tarafa yöneldiği kolayca izlenebilir.



Şekil 6.7: Etmenlerin Müzeye Girişi

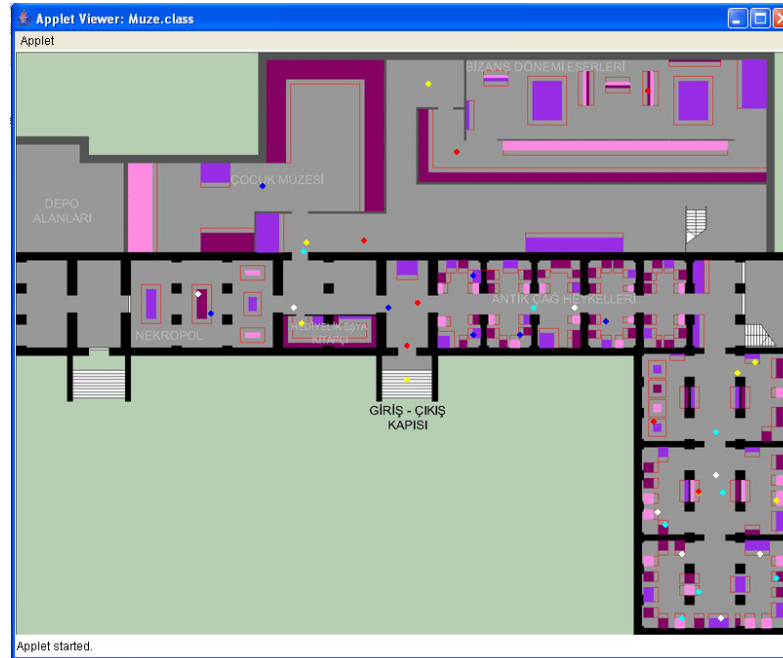
Toplam etmen sayısı ve aynı etmen tipinden kaç etmen yaratıldıktan sonra diğer etmen tipinin oluşturulmaya başlanacağı da, yine ana program modülü içerisinde tanımlanır. Her etmen, tipine göre, tanımlanan kurallar doğrultusunda müze

içerisinde hareket etmeye ve müzeyi dolaşmaya başlar (Şekil 6.8). Seçtikleri yörüngelere göre farklı yollar izlerler.



Şekil 6.8: Etmenlerin Müzede Dolaşımı

Etmenler, gezecekleri bölgeler bittikten sonra, müze dışına çıkarak, sistemden ayrılırlar (Şekil 6.9). Etmenlerin sistemde kalma süresi, dolaştıkları bölge sayısı ile doğru orantılıdır.



Şekil 6.9: Etmenin Müzeden Çıkışı

Modelde, farklı tipteki etmenler, farklı renklerle temsil edildiği için, müze içerisinde hangi tip etmenin nerede bulunduğu, yaptığı bölge seçimleri, ve sistemden ne zaman çıktığı kolayca izlenebilmektedir. Tüm etmenler müze dışına çıktığında yani gezintilerini tamamladığında program sona erer (Şekil 6.10).



Şekil 6.10: Son Etmenin Müzeden Çıkışı

Etmenlerin toplam sayısı ve sisteme arka arkaya girecek etmen tipinin sayısı değiştirilerek, program tekrar çalıştırılabilir. Sistemde, etmenlerin seçmesi için, bir çok alternatif bölge bulunduğundan, her etmenin kendine göre yaptığı farklı tercihler sayesinde, program her çalıştığında değişik gözlemler yapılarak farklı sonuçlar elde edilmektedir. Ek A'da, toplam 25 etmenle çalıştırılan modelden alınan anlık görüntüler bulunmaktadır. Her etmen tipinden toplam etmen sayısına ulaşılan kadar sırayla birer adet yaratılmaktadır. Ek B'de, toplam 20 etmenin, sisteme ikili gruplar halinde girmesiyle çalıştırılan modelden alınan anlık görüntüler verilmektedir. Ek 1'deki CD'de ise bilgisayar programı bulunmaktadır.

Yapılan farklı uygulamalardaki etmenlerin gözlenmesi sonucunda, en yoğun mekanın Antik Çağ Eserleri bölümü olduğu görülmüştür. Nekropol bölümü ise, sık ziyaret edilen bir mekan olmasına karşın, içerdiği eser sayısından ve niteliğinden dolayı en az kalabalık mekan olarak gözlemlenmiştir. Bizans eserleri bölümü ise, konumu itibarıyla etmenlerin en zor ulaştığı bölümdür. Etmenler bu alana ulaşmak için, bütün holü dolaşmakta ve tüm düğüm noktalarından geçmektedirler. Bu bölüme girişin, yaklaşık olarak ana girişin tam karşısına denk gelmesine rağmen, binanın

tasarımından dolayı, etmenler hiçbir eser görmeden uzun bir mesafe kat etmek zorundadırlar. Bu da etmenlerin daha uzun süre sistemde kalmasına neden olur. Müzeye giren her etmenin, sistemde kalma süreleri hesaplanabilmektedir. İlerideki çalışmalarda, elde edilen bulgular, müze içerisinde toplanacak gerçek verilerle karşılaştırıp modelin sonuçlarının geçerliliği sınanabilir.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bilgisayar bilimlerinin popüler bir dalı olan yapay zeka, mühendislik, askerlik ve eğitimde olduğu kadar, mimarlıkta da uygulama alanı bulmuştur. Günümüzde, yapay zeka araştırmalarının en yaygın çalışma alanı haline gelen etmen sistemler, ve birden çok etmenin uyumlu ve koordine bir şekilde biraraya gelmesinden oluşan çoklu etmen sistemler, mimari tasarımın bir çok farklı aşamasında kendine yer edinmiştir. Etmen tabanlı sistemler, özellikle yaya hareketlerine yeni bir yaklaşım getirerek, tasarımcıya bu konuda yardımcı olan araçlar geliştirilmesini sağlamıştır. Kullanıcı hareket model önerisinde olduğu gibi, farklı karakterdeki insanları temsil eden farklı etmenler yaratılarak, kullanıcıların yörünge belirleme, yön seçme tahminleri teknolojiden faydalanılarak yapılmaktadır. Etmenlerin en önemli özelliği özerk olmaları, insanlarla ve diğer etmenlerle etkileşime girererek iletişim kurabilmeleridir. Ayrıca insanlardaki, inanç, arzu ve amaçlarına benzer kavramlar yüklenerek, seçimlerinin daha gerçekçi olması sağlanmaktadır. Etmenlerin öğrenebilmelerinin de sağlanmasıyla, daha gelişmiş etmenler yaratılmakta, ve daha zor ve karmaşık problemlere öneriler getirebilen çoklu etmen sistemler oluşturulmaktadır. Her ne kadar henüz “duygu”lar eklenememiş olsa da, günümüzdeki bir çok çalışmada çok gelişmiş, gerçekçi ve insan kullanıcıları temsil edebilecek etmenler bulunmaktadır.

Mimari tasarımın her anında insan, hem etkileyici, hem yönlendirici, hem de kısıtlayıcı bir rol oynar. Mimarlıkta yapılan herşey insan merkezlidir. Bu sebeple, insanın nasıl davranacağını, nasıl hareket edeceğini ve nasıl seçimler yapacağını önceden tahmin edebilmek ve bu tahminleri tasarım kriterleri içerisinde sıralamak, ulaşılabilecek sonuç tasarımların daha başarılı olmasını sağlayacaktır. Gerek içeride dolaşan kişinin konforu, gerek akışın düzenliliği, sirkülasyonun doğru planlanmasına bağlıdır. Çoğu zaman doğru tasarım, sadece panik anlarında binanın hızlı ve insanların birbirine zarar vermeden boşalması anlamında kullanılmakta, normal zamanlarda bina içi ulaşımın etkinliği ikinci planda tutularak, önemsenmemektedir. Oysa, normal zamanlar panik anlarından daha çoktur ve en az onun kadar önemlidir. Belki, tasarlanan bir binada kaçış yolları, o binanın yaşadığı süre içinde hiç kullanılmayabilir. Ama bir binanın fonksiyonunu en iyi şekilde yerine getirmesi için, barındırdığı ulaşım akslarının düzenli olması, kullanıcıları zorlaması, tam tersine

onların binayı hissetmesine ve algılamasına yardımcı olması gerekir. Özellikle toplumsal, eğitici ve ticari binalarda bu nokta daha fazla vurgulanmaktadır. Müze binaları bir açıdan kullanıcılarına bir şeyler öğreten eğitici binalarken, bir açıdan da ziyaretçi sayısının artması istenen ticari binalardır. İki ana fonksiyonu olan müze binalarının, kullanıcı hareket tahmin model önerisinde uygulama alanı olarak seçilme sebebi budur.

Geliştirilen etmen tabanlı kullanıcı hareket modeli önerisiyle, İstanbul Arkeoloji müzesi içerisindeki kullanıcı hareketleri, kullanıcı sayıları değiştirilerek gözlemlenebilmektedir. Modeldeki etmenler, henüz en basit haldedir ve veri tabanından ulaşıkları bilgileri yorumlayarak ve farklı alternatifler arasından tiplerine göre seçimler yaparak müzede dolaşmaktadırlar. Modelde, kullanıcı tip yoğunluğunun değişmesinin etkileri incelenebilmektedir. Modelin arka planına yerleştirilmiş olan plan resmi sayesinde, müzede yer değiştiren etmenler an an izlenebilmektedir. Farklı tipteki etmenlerin farklı renklerle temsili sayesinde, hangi etmenin hangi noktada olduğu, yaptığı seçimler, seçilen yönler daha rahat takip edilebilmektedir. Modelin çalışması, etmenlerin müzeden çıkışına bağlı olduğundan, her seferinde farklı sürelerde tamamlanmaktadır. Fakat, tüm etmenler müzeden çıkmadan da model manuel olarak durdurulabilmekte, etmen tip sayıları, hızları ve müzeye giriş aralıkları belirlenerek, baştan başlatılabilmektedir. Şu anda, tanımlanmış şekliyle, belirlenen farklı tipteki etmen sayılarına bağlı olarak, hangi bölümlerde yoğunlaşmalar olduğu, yapılan rastgele seçimlere göre hangi mekanların daha fazla ziyaret edildiği görülebilmektedir. Modelin çalışması sırasında farklı zamanlarda alınan anlık görüntüler, sonuçların irdelenmesi açısından kolaylık sağlamaktadır. Hem tasarım sürecinde hem de mevcut binalardaki sirkülasyon sistemlerinin değerlendirilmesinde yardımcı olan görsel bir simulasyon modeli üretilmiş ve üretilen model ile tasarımcının karar verme sürecinde, farklı alternatiflerin sirkülasyon sistemlerini analiz ederek en iyi çözüme ulaşmasına olanak sağlanmıştır. Üretilmiş model, daha detaylı ve kapsamlı kullanıcı hareket modeli için bir başlangıç noktası sayılabilir.

Bundan sonraki aşama, modelin geliştirilmesi ve kullanımın kolaylaştırılması olmalıdır. Modelin gerçek hayattaki verilerle karşılaştırılarak, gerçekliği ve verimliliği değerlendirilebilir. Model hazırlanırken yapılan gözlemler, yeterince geniş kapsamlı olmayıp, sadece kişisel gözleme dayanmaktadır. Müze içerisinde çekimler ve kullanıcılarla anketler yapılarak daha ayrıntılı verilere ulaşılabilir. Bu veriler irdelenerek, analiz grafikleri oluşturulmalıdır. Bu veriler, modelden elde edilen verilerle karşılaştırılarak, değerlendirme yapılabilir.

Modelde, iki çeşit etmen tipi tanımlanmıştır ama etmenlere hız, yaş, cinsiyet gibi özellikler tanımlanmamıştır. Etmenlere bu özellikler eklenerek daha farklı tipler oluşturulması mümkündür. Ayrıca, şu anda etmenler modele, sabit zaman aralığıyla girmekte ve model içerisinde sadece bireysel olarak dolaşmaktadırlar. Etmenler, belli bir sırayla ve belirlenen sayıda arka arkaya oluşturulmakta, sistemde her etmen tipinden aynı sayıda bulunmaktadır. Sistem geliştirilerek, etmenlerin aynı anda müzeye girebilmesi ve sistem içerisinde farklı tiplerden farklı sayıda etmen bulunması sağlanmalıdır. Müzeye her etmen tipinden sırayla değil, farklı sıralarda, ve farklı gruplamalarla da etmenler girebilmelidir. Böylece gözlemler daha da farklılaşabilir.

Modeldeki eserlerin öncelikleri 1,2,3 olarak tanımlanmıştır. Eser öncelikleri, o eserin incelenme süresini etkilemektedir. Model içerisinde eserlerin yerleri değiştirilerek, bu yer değişikliklerinin nasıl sonuçlar vereceği görülebilir.

Model önerisindeki, bir arayüz tasarımının da eklenmesi düşünülmektedir. Arayüz, kullanıcıyla program arasındaki iletişimi kuvvetlendiren, önemli bir unsurdur. Şu anda, programdaki parametreler, kod içerisinde değiştirilebilmekte, bu da kısıtlı kullanıcı grubuna yol açmaktadır. Kullanıcıyla etkileşebilen bir arayüz etmeninin geliştirilmesi sayesinde bu sorun çözümlenebilir.

Etmen tabanlı sistemler kullanılarak oluşturulan ve İstanbul Arkeoloji Müzesi'ni örnek olarak kullanan bu model önerisi, daha geniş kapsamlı ve kullanımı kolay bir kullanıcı hareket modelinin prototipi olarak kabul edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, D.**, 2002, Yapay Zeka, Kariyer Yayıncılık, İstanbul.
- Antonini, G., Bierlaire, M. ve Weber, M.**, 2005, Discrete choice models of pedestrian walking behavior, http://lts1pc19.epfl.ch/repository/Antonini2004_1374.pdf (Erişim Tarihi: 13.04.2006).
- Anumba, C.J., Ugwu, O.O., Newnham, L. ve Thorpe, A.**, 1999, Applications of Distributed Artificial Intelligence in the Construction Industry, Research Report No. ADLIB/01, Loughborough University, ISBN No.1 897911 16(5).
- Arentze, T. ve Timmermans, H.**, 2003, A Multi Agent Model of Registration Process Between multiple Actors in Urban Developments: a Framework for and results of numerical experiments, *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 30, p391-383.
- Baldwin, J.F.**, 1979, Fuzzy Logic and Fuzzy Reasoning, *Int. J.Man-Machine St.*, 11, 465-480.
- Barber, F., Botti, F. V. J. ve Koehler J.**, 2002, AI: Past, Present and Future, *Upgrade The European Online Magazine for the IT Professional*, vol. 3, no. 5, <http://www.upgrade-cepis.org/issues/2002/5/up3.pdf> (Erişim Tarihi: 08.01.2006).
- Batty, M.**, 2003a, Agent Based Pedestrian Modelling, CASA, http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/paper61.pdf (Erişim Tarihi: 08.01.2005).
- Batty, M.**, 2003b, Agents, cells and Cities: New Representational Models For Simulating Multi-Scale Urban Dynamics, CASA, http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/paper65.pdf (Erişim Tarihi: 10.01.2005).
- Batty, M., Jiang, B. ve Thurstain-Goodwin, M.**, 1998, Local Movement: Agent-Based Models of Pedestrian Flow, CASA, http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/paper4.pdf (Erişim Tarihi: 10.01.2005).
- Beckman, R. J.**, 1997, 'The TRansportation ANalysis SIMulation System (TRANSIMS), <http://www-transims.tsasa.lanl.gov/> (Erişim Tarihi: 14.02.2005).
- Bekleriç, G.**, 2003, Yapay Zekada Zeki Etmenler ve Uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bertola, P. ve Teixeira J.C.**, 2003, Design as a Knowledge Agent; How Design as a Knowledge Process is embedded into Organizations to Faster Innovation, *Design Studies*, vol.24, no.2.
- Braynov, S.**, 2002, Introduction to Multi-Agent Systems, <http://www.cse.buffalo.edu/~sbraynov/multiagent/lectures/lecture2.pdf> (Erişim Tarihi: 23.04.2005).

- Brazdil, P., Gams, M., Sian, S., Torgo, L. ve Velde W.**, 2006, Learning In Distributed Systems And Multi-Agent Environments, <http://www.liacc.up.pt/~ltorgo/Papers/LDSME/LDSME.html> (Erişim Tarihi: 13.03.2006).
- Brooks, R. A.**, 1986, A roboust layered control system for a mobile robot, *IEEE Journal of Robotics and Automation*, vol 2, p 14-23.
- Campbell, M., Cagan, J., Kotovsky, K., E.D. Gero, J.S. ve Sudweeks, F.**, 1998, A-Design: Theory and Implementation of an Adaptive, Agent-based method of Conceptual Design. *Artificial Inteeligençe in Design'98*, 579-598. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Chiou, J.D. ve Logcher, R.D.**, 1996, Testing a Federation Architecture in Colaborative Design Process- Final Report. Report no. R96-01, CERL.
- Conroy, R., Batty, M., Hillie,r B., Jiang, B., Syllas, J. de, Mottram, C., Penn, A., Smith, A. ve Turner A.**, 1998, The Virtual Tate (Working Paper 5), CASA, <http://www.casa.ucl.ac.uk/> (Erişim Tarihi: 31.10.2004).
- Çağdaş, G.**, 2003, Bilgi Tabanlı Mimari Tasarım Ders Notşarı, İTÜ: Bilişim Enstitüsü, Mimarlıkta Bilişim Yüksek Lisans Programı, İTÜ, İstanbul.
- Çakıroğlu, Ü.**, 2004, Doğal Dil İşleme Çalışmaları-1, www.teknoturk.org (Erişim Tarihi: 11.04.2006).
- Desylass, J. ve Duxbury, E.**, 2000, Planning For Movement : Measuring and Modelling Pedestrian Flows in Cities, *RICS Conference*, London, <http://www.intelligentspace.com> (Erişim Tarihi: 11.03.2005)
- Dillenbourg, P., Weiss, G.**, 1999, What is 'multi' in multi-agent learning?, <http://www7.informatik.tu-muenchen.de/~weissg/Docs/weiss-dillenbourg.pdf> (Erişim Tarihi: 28.04.2006).
- Döllük, G.**, 2005, Yayalaştırılmış sokakların kent peyzajına katkısı : 58.Bulvar ve İstiklal Caddesi örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ergezer, H., Dikmen, M. ve Özdemir, E.**, 2003, Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri, <http://www.yapay-zeka.org> (Erişim Tarihi: 25.03.2006)
- Feijo, B., Games, P., Bento, J., Scheer, S., Cetqueira, R., E.D. Gero, J.S. ve Sudweeks, F.**, 1998, Distributed Agents Supporting Event-Driven Design Processes. *Artificial Inteeligençe in Design'98*, 557-577. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Ferber, J.**, 1999, Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence, Pearson Education Limited, England.
- Fenves, S., Flemming, U. Hendrickson, C., Maher, M. L., Quadrel, R., Terk, M. ve Woodbury, R.**, 1994, Concurrent Computer-Integrated Building Design, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, U.S.
- Flores-Mendez, R. A.**, 1999, Towards a Standardization of Multi-Agent System Frameworks, University of Calgary, Canada.
- Franklin, S. ve Graesser, A.**, 1996, Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents, *Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*, Springer-Verlag, <http://www.msci.memphis.edu/~franklin/AgentProg.html#classification> s (Erişim Tarihi: 05.02.2005).

- Fonseca, J.M ve Steiger-Garcia, O. A.**, 1997, MACIV: A DAI Based Resource Management System. *Journal of Applied Artificial Intelligence*, 11(6), p 525-550.
- Fujii, H. , Nakai, S. , E.D. Junge, R.**, 1997, A Mobile Agent Oriented Method of Simulating the Interaction Between A Built Environment and the Occupants' Action, *CAAD Futures 1997* ,p357-372, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Gandon, F. ,** 2002, Distributed Artificial Intelligent and Knowledge Management: Ontologies and multi-agent systems for a corporate semantic web, Scientific Philosopher Doctorate Thesis in Informatics, INRIA and University of Nice-Sophia Antipolis – Doctoral School of Sciences and Technologies of Information and Communication (S.T.I.C), Fransa.
- Gözkan, B.**, 1997, Bilgi, bilinç ve yapay zeka, *Bilgisayar ve Beyin*, Nar yayınları, İstanbul.
- Gündoğdu, M.**, 1995, Şehirselsel mekan biçimlenme özelliklerinin yaya hareketi üzerindeki etkisi: Yeşilköy-Köyüğü örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Haklay, M., O'Sullivan, D. ve Thurstain-Goodwin, M.**, 2001, "So go downtown": Simulating Pedestrian Movement in Town Centres. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, p343-359.
- Heckel, J., McGraw K.D., Morton, J. D., Lawrence, P.**, 1996, The Agent Collaboration Environment, an Assistant for Architects and Engineers, *Proceedings of Conference on Congress on Computing in Civil Engineering*, Washington, USA.
- Helbing, D., Molnar, P., Farbas, I. J. ve Bolay, K.**, 2001, Self Organizing Pedestrian Movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, p361-383.
- Hewitt, C.**, 2006, What is Commitment? Physical, Organizational, and Social, http://www.pcs.usp.br/~coin-aamas06/10_commitment-43_16pages.pdf (Erişim Tarihi: 09.04.2006)
- İstanbul Ansiklopedisi**, Arkeoloji Müzeleri, cilt 1, s 307, Tarih Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Jennings, N.R. ve Wooldridge, M.**, 1995, Intelligent Agents: Theory and Practice, <http://www.csc.liv.ac.uk/~mjw/pubs/ker95.pdf> (Erişim Tarihi: 23.07.2005).
- Jennings N.R.**, 1996, Coordination Techniques for Distributed Artificial Intelligence, <http://www.cis.udel.edu/~decker/courses/889a/jennings-coord.pdf> (Erişim Tarihi: 11.04.2006).
- Kannengiesser, U., Gero, J.S., E.D. Brazier, F.M.T.**, 2002, Situated Agent Communication for Design, *Agents in Design*, p85-94, Key Centre of Design Computing and Cognition, University of Sidney.
- Kerridge, J., Hine, J. ve Wigan, M.**, 2001, Agent-Based Modelling of Pedestrian Movements: the Questions that need to be asked and answered. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, p327-341, 2001.
- Kocabaş, Ş.**, 2002, *Yapay Zekaya Giriş Ders Notları*, İTÜ Fen Edebiyat Fakültesi, İstanbul.

- Koutamanis, A., Leusen M., Mitossi, V., E.D. Vries, B. De,** 2001, Route Analysis in Complex Buildings. *CAAD Futures 2001*, p711-724, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Kurose, S., Borgers, A. W. J. ve Timmermans, H. J. P.,** 2001, Classifying Pedestrian Shopping Behaviour According to Implied Heuristic Choice Rules. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, p405-418.
- Lake, M.,** 2001, The use of pedestrian Modelling in Archaeology with an Example from the Study of Cultural Learning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, p385-403.
- Liev, P., Gero, J.S., E.D. Brazier, F.M.T.,** 2002, An Implementation Model Of Costructive Memory For a Design Agent, *Agents in Design*, p257-276, Key Centre of Design Computing and Cognition, University of Sidney.
- Luck M. and d'Inverno M.,** 2004, Understanding Agent Systems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- McAlinden, L.P. , James, F. B.O. , Chao, K.M. , Norman, P.W. , Hills, W., Smith P. , E.D. Gero, J.S. ve Sudweeks, F.,** 1998, Information and Knowledge Sharing For Distributed Design Agents. *Artificial Inteeligence in Design'98*, p537-556. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Moore, S. A.,** 2000, Dynamic conversation structures, <http://www.personal.umich.edu/~samooore/Papers/dynamic-conv-policies.pdf> (Erişim Tarihi: 20.04.2006).
- Nikolovska, L., Gero, J. ve Maher, M.L.,** 2002, *Agent-based Virtual Architecture*, http://web.mit.edu/lira/www/finalReport_lira.pdf (Erişim Tarihi: 30.06.2005).
- Nishinari, K., Kirchner, A., Namazi, A. ve Schadschneider, A.,** 2003, Extended floor field CA model for evacuation dynamics, <http://www.citebase.org/cgi-bin/fulltext?format=application/pdf&identifier=oai:arXiv.org:cond-mat/0306262> (Erişim Tarihi: 10.11.2004).
- Norwig, P., Jonathan, S., ve Norwig, R.,** 2003, Artificial Intelligence: A Modern Approach, Upper Saddle River, N.J. Practice Hall, U.S.
- Özer, O.,** 2004a, Yaya Yollarında Kullanımı Etkileyen Faktörler, İTU Disiplenler-arası Kentsel Tasarım Yüksel Lisans Programı, Mimarlık ve Kimlik Dersi yılıçi ödevi, [http:// orhanhacihasanoglu.tripod.com](http://orhanhacihasanoglu.tripod.com) (Erişim Tarihi: 11.03.2005).
- Özer, O.,** 2004b, Yaya Hareketleri ve Mekan İlişkisi, İTU Disiplenler-arası Kentsel Tasarım Yüksel Lisans Programı, Mimarlık ve Kimlik Dersi yılıçi ödevi, [http:// orhanhacihasanoglu.tripod.com](http://orhanhacihasanoglu.tripod.com) (Erişim Tarihi: 11.03.2005).
- Panzarasa, P., Jennings, N.R. ve Norman, T.J.,** 2002, Formalizing Collaborative Desicion-making and Practical Reasoning in Multi-agent Systems, <http://www.ecs.soton.ac.uk/~nrj/download-files/jlc-02a.pdf> (Erişim Tarihi: 08.04.2006)
- Paurobally, S. ve Cunningham, J.,** 2003, Achieving Common Interaction Protocols in Open Agent Environments, <http://www.doc.ic.ac.uk/~rjc/cities-cr.pdf> (Erişim Tarihi: 08.04.2006).

- Pedersen, H. M.**, 2002, Speech Acts and Agents-A Semantic Analysis,
http://www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/edoc_download.php/880/pdf/im880.pdf (Erişim Tarihi: 08.04.2006)
- Pekgöz, N.**, 2005, *Java*, Pusula Yayıncılık ve İletişim San. Ve Tic. Ltd.Şti., İstanbul.
- Pena-Mora, F. ve Wang, C.**, 1998, Computer-Supported Collaborative Negotiation Methodology. *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol 2. p64-81.
- Peng, W., Gero, J.S., E.D. Lee, H.S. ve Cho,i J.W.**, 2004, A Situated Agent-Based Design Assistant, *CAADRIA*,p 145-157, Yonsei University Press.
- Pensore, R.**, çev Dereli T, 2004, Bilgisayar ve Zeka, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları; No: 54, TÜBİTAK Yayınları, İstanbul.
- Pohl, K. J.**, 1997, ICDM: A Design and Execution Toolkit for Agent-Based, Desicion-Support Applications. *Technical Report CADRU*, CAD Research Center, College of Architecture and Environmental Design, Cal Poly, San Luis Obispo, California, USA.
- Pohl, J.**, 1995, Preface, Advances in Cooperative Computer-Assisted Environmental Design Systems, *8th International Conference on System Research, Informatics and Cybernetics*, Baden-Baden, Germany.
- Ren, Z. ve Anumba, C.J.**, 2003, Multi- Agent Systems in Construction- State of the Art and Prospects, *Automation in Construction*, CICE, Loughborough University.
- Ren, Z., Anumba, C.J. ve Ugwu, O.O.**, 2001, Development of a Multi-Agent System for Construction Claims Negotiation. *Journal of Advances in Engineering Software*, vol.5 p359-394.
- Saarloos, D.J.M.**, 2006, A Framework for a Multi-Agent Planning Support System, <http://alexandria.tue.nl/extra2/200610121.pdf> (Erişim Tarihi: 08.04.2006)
- Salah, A. A.**, 2001, Geleceğe Giden Yol, Boğaziği Üniversitesi'ndeki Robot Araştırmaları, www.teknoturk.org.
- Saunders, R., Gero J.S., E.D. Brazier F.M.T.**, 2002, Curious Agents and Situated Design Evaluations, *AIEDAM*, Key Centre of Design Computing and Cognition, University of Sidney.
- Schelhorn, T., Haklay, M., O'Sullivan, D. ve Thurstain-Goodwin, M.**, 1999, Streets: An Agent Based Pedestrian Model, CASA, <http://www.casa.ucl.ac.uk/streets.pdf> (Erişim Tarihi: 10.01.2004)
- Sen S. ve Weiss G.**, 1999, Learning in Multiagent Systems, <http://www7.informatik.tu-muenchen.de/~weissg/Docs/sen-weiss-MAL99.pdf> (Erişim Tarihi: 04.04.2006).
- Shakeri, C.**, 1998, Discovery of Design Methodologies for the Integration of Multi-disciplinary Design Problems, *Chapter 5- Multi-gent Systems*, p83-103, <http://www.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-101399-155624/unrestricted/cirrus.pdf> (Erişim Tarihi: 21.04.2006).
- Shen, J. ve Lesser, V.**, 2006, Communication Management Using Abstraction in Distributed Bayesian Networks, <http://mas.cs.umass.edu/~jyshen/papers/aamas06-bn.pdf> (Erişim Tarihi: 13.03.2006).

- Sierra, C.**, 2002, Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Upgrade The European Online Magazine for the IT Professional, vol. 3, no. 5, <http://www.upgrade-cepis.org/issues/2002/5/up3-5Sierra.pdf> (Erişim Tarihi: 05.01.2006).
- Smith, G.J., Gero, J.S., E.D. Brazier, F.M.T.**, 2002, Interaction and Experience: Situated Agent and Sketching, *Agents in Design*, p115-132, Key Centre of Design Computing and Cognition, University of Sidney.
- Smith, G. J., Gero, J.S., E.D. Fujii**, 2000, The Autonomous, Rational Design Agent, *Workshop on Situatedness in Design*, p19-23, Artificial Intelligence in Design '00, Worcester, MA.
- Snippe, S., Scheff, M. ve Rahardja, K.**, 1999, A Layered Architecture for Lifelike Robotic Motion, <http://www.snibbe.com/scott/publications/JARAMOTION99.pdf> (Erişim Tarihi: 13.04.2006).
- Sosa, R., Gero, J.S., E.D. Brazier, F.M.T.**, 2002, Computational Models of Creative Situations: Towards multiagent modelling of creativity and innovation in design, *Agents in Design*, p165-180, Key Centre of Design Computing and Cognition, University of Sidney.
- Stone, P. ve Veloso, M.**, 1997, Multiagent Systems: A Survey from a Machine Learning Perspective, <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/pstone/public/papers/97MAS-survey/revised-survey.html> (Erişim Tarihi: 01.12.2005).
- Sycara, K.**, 1998, Multiagent Systems, *AI Magazine*, vol. 10, no. 2, <http://www.findarticles.com/p/articles> (Erişim Tarihi: 24.03.2005).
- Sycara, K., Giampapa, J.A., Langley, B. ve Paolucci, M.**, 2003, RETSINA MAS-Case Study, http://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub4/sycara_katia_2003_1/sycara_katia_2003_1.pdf (Erişim Tarihi: 25.12.2003).
- Tatlı, İ.E.**, 2000, Uzman Sistemler, www.gençbilim.com (Erişim Tarihi: 02.03.2006).
- Thalmann, N. M. ve Thalmann, D.**, 1999, Virtual Reality Software and Technology, http://ligwww.epfl.ch/Publications/pdf/Magnenat_Thalmann_Thalman_n_Ency_99.pdf (Erişim Tarihi: 19.05.2006).
- Turner, A. ve Penn, A.**, 2002, Encoding Natural Movement as an agent based system: an investigation into human pedestrian behaviour in the built environment. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 29, p473-490.
- Weerdt, M., Mors, T. ve Witteveen, C.**, 2005, Multi-agent Planning-An introduction to planning and coordination, <http://www.st.ewi.tudelft.nl/~mathijs/publications/easss05.pdf> (Erişim Tarihi: 28.04.2006)
- Weiss, G.**, 2000, Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts London, England.
- Wooldridge, M.**, 2002, *An Introduction to Multiagent Systems*, John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Zeybek, M.**, 2003, Yapay Zeka Nedir?, <http://www.ceturk.com/makaleoku.asp?id=65> (Erişim Tarihi: 24.04.2006).

Ziparo, V. A., 2005, Multi-Agent Planning,
http://www.dis.uniroma1.it/~dottorato/db/relazioni/relaz_ziparo_1.pdf
(Erişim Tarihi: 24.04.2006)

<http://www.ddss.arch.tue.nl> (Erişim Tarihi:10.10.2003).

<http://www.ds.arch.tue.nl/Research/Agents/DessysIntro.htm> (Erişim Tarihi:
10.10.2003).

<http://education.mit.edu/starlogo/>, (Erişim Tarihi: 24.11.2003).

http://www.ddss.arch.tue.nl/presentations/20031016/DDSS03_DS.ppt (Erişim Tarihi:
12.05.2003).

<http://www.gis.com/whatisgis/> (Erişim Tarihi: 25.01.2004).

<http://www.sgi.com/products/software/performer/> (Erişim Tarihi: 28.01.2004).

<http://www.swarm.org> (Erişim Tarihi: 28.01.2004).

<http://alexandria.tue.nl/extra2/200610121.pdf> masque (Erişim Tarihi: 23.02.2004).

<http://www.magma.ca/~mrw/agents/index.html> (Erişim Tarihi: 11.03.2005).

<http://www.discoverturkey.com/bakanlik/b-a-ist-arkeoloji.html> (Erişim Tarihi:
11.11.2005).

<http://www.bilist.8m.com> (Erişim Tarihi: 03.03.2006).

<http://batitrakya.dostweb.com/YapayZeka/icindekiler.htm> (Erişim Tarihi: 03.03.2006).

<http://yapay-zeka.org> (Erişim Tarihi: 03.03.2006).

<http://www.agent-software.com> (Erişim Tarihi: 03.03.2006).

<http://caad.arch.ethz.ch/RESEARCH.old/SCULPTOR/index.html> (Erişim Tarihi:
13.04.2006).

<http://caad.arch.ethz.ch/~kurman/publications/vrst96.html> (Erişim Tarihi:
04.04.2006).

http://www.dis.uniroma1.it/~dottorato/db/relazioni/relaz_ziparo_1.pdf (Erişim Tarihi:
13.04.2006).

EKLER

EK A : Modelin 25 Etmenle Denenmesi	116
EK B : Modelin 20 Etmenle Denenmesi	119

EK A

Modelin, her etmen tipinden 5'er adet olacak şekilde, toplam 25 etmenle uygulanması sırasında programdan alınan anlık görüntüler aşağıdadır. Her etmen sisteme tek tek giriş yapmıştır.



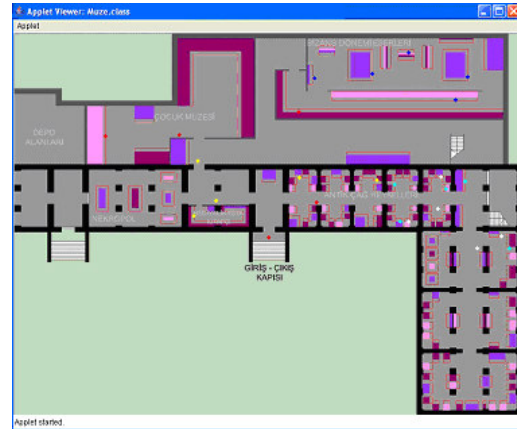
Şekil A.1: Etmenlerin Sisteme Girmesi
Süre: 0 dk 11 sn



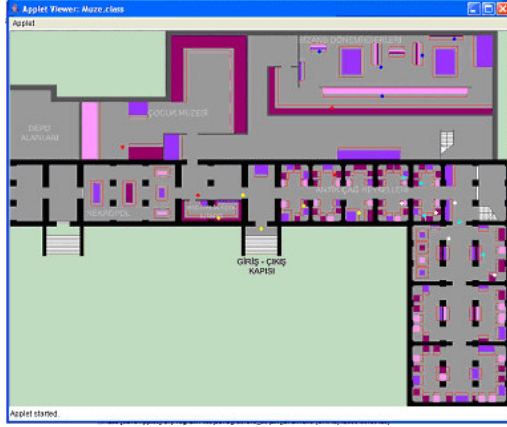
Şekil A.2: Son Etmenin Sisteme Girmesi
Süre: 1 dk 23 sn



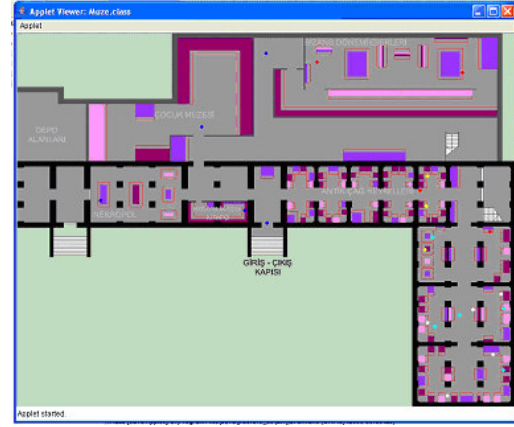
Şekil A.3: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı
Süre: 2 dk 00 sn



Şekil A.4: İlk Etmenin (Nekropol Bilgili Etmen)
Sistemden Çıkması Süre: 2 dk 34 sn



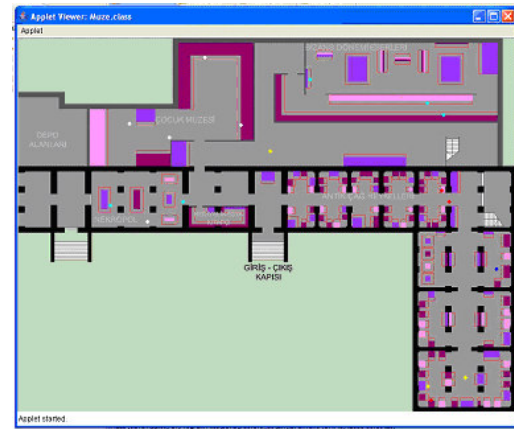
Şekil A.5: İlk Çocuk Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 2 dk 42 sn



Şekil A.6: İlk Bizans Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 4 dk 18 sn



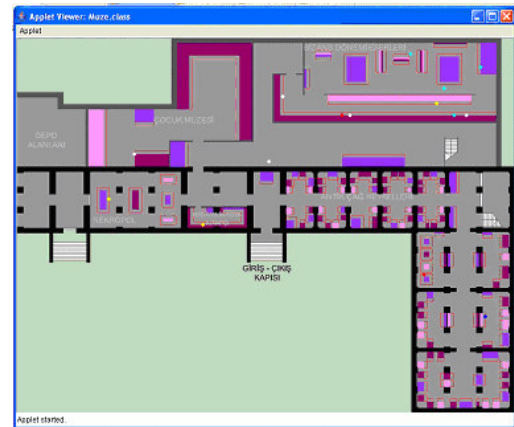
Şekil A.7: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 5 dk 00 sn



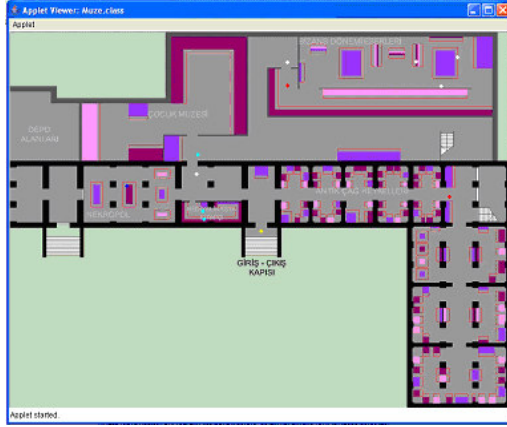
Şekil A.8: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 7 dk 00 sn



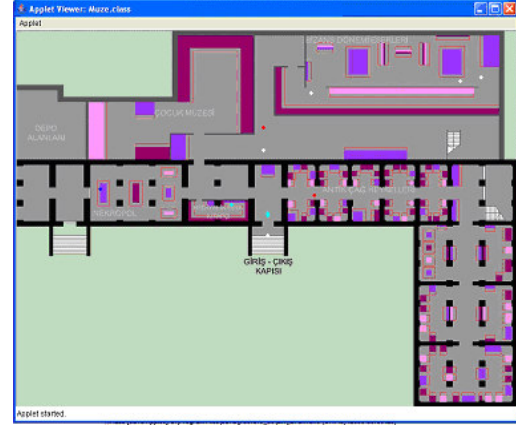
Şekil A.9: İlk Antik Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 7 dk 27 sn



Şekil A.10: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı Süre: 7 dk 27 sn



Şekil A.11: Son Çocuk Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 9 sn



Şekil A.12: İlk Düzenli Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 21 sn



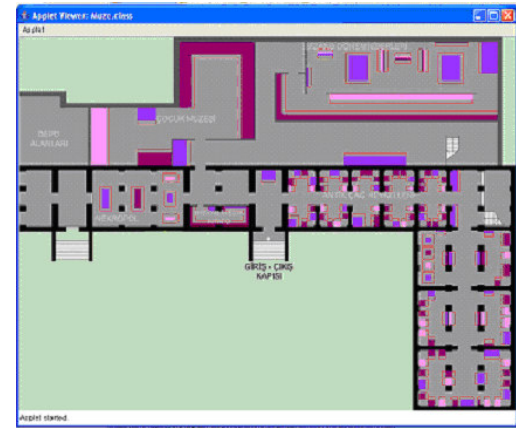
Şekil A.13: Son Antik Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 38 sn



Şekil A.14: Son Nekropol Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 43 sn



Şekil A.15: Son Bizans Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 11 dk 13 sn



Şekil A.16: Son Etmenin (Düzenli Etmen) Sistemden Çıkması Süre: 11 dk 41 sn

EK B

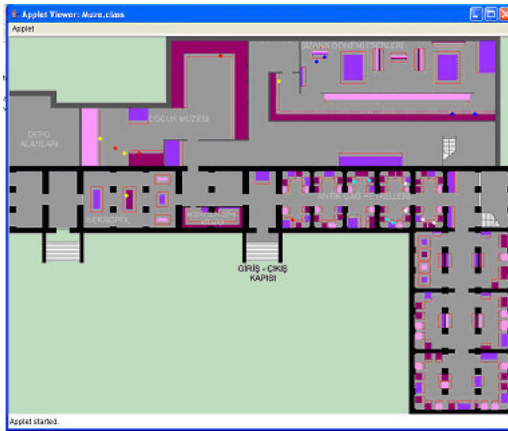
Modelin, her etmen tipinden 4'er adet olacak şekilde, toplam 20 etmenle uygulanması sırasında programdan alınan anlık görüntüler aşağıdadır. Etmenler sisteme ikişerli gruplar halinde girmektedir.



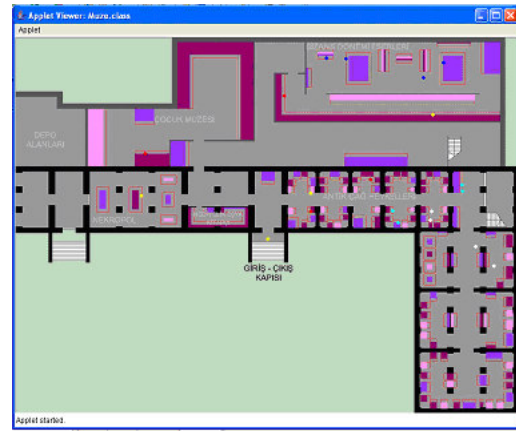
Şekil B.1: Etmenlerin Sisteme Girmesi
Süre: 0 dk 14 sn



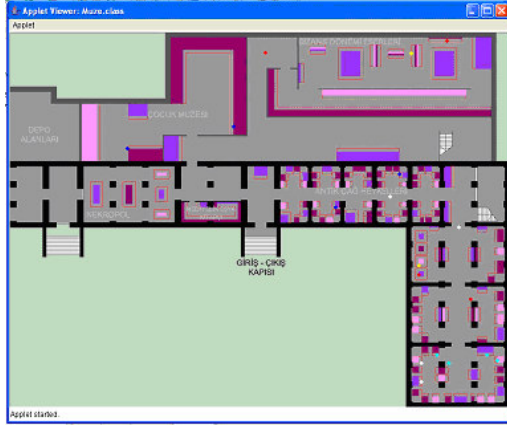
Şekil B.2: Son Etmenin Sisteme Girmesi
Süre: 1 dk 06 sn



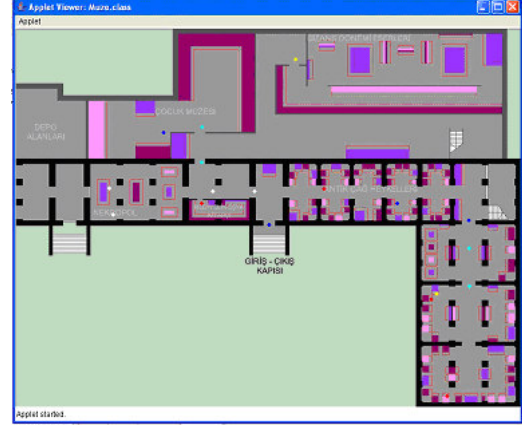
Şekil B.3: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı
Süre: 2 dk 00 sn



Şekil B.4: İlk Etmenin (Çocuk Bilgili Etmen)
Sistemden Çıkması Süre: 2 dk 33 sn



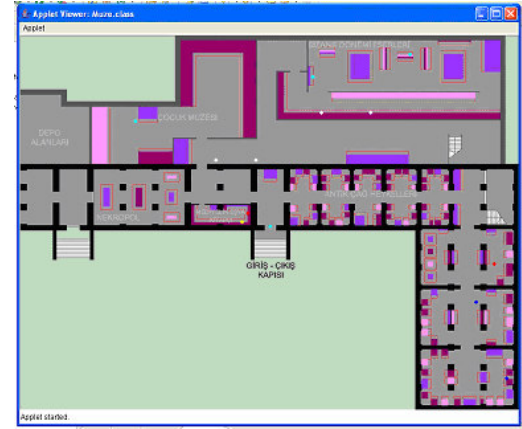
Şekil B.5: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı
Süre: 5 dk 00 sn



Şekil B.6: İlk Bizans Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 5 dk 51 sn



Şekil B.7: İlk Nekropol Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 6 dk 27 sn



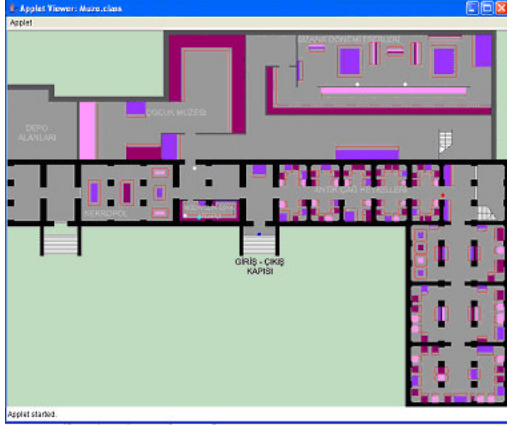
Şekil B.8: İlk Antik Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 7 dk 44 sn



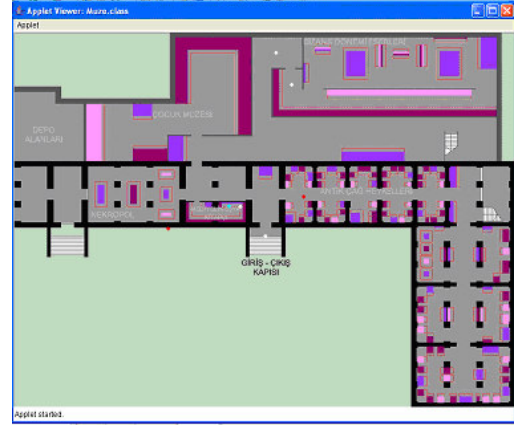
Şekil B.9: Etmenlerin Sistemde Dolaşımı
Süre: 8 dk 00 sn



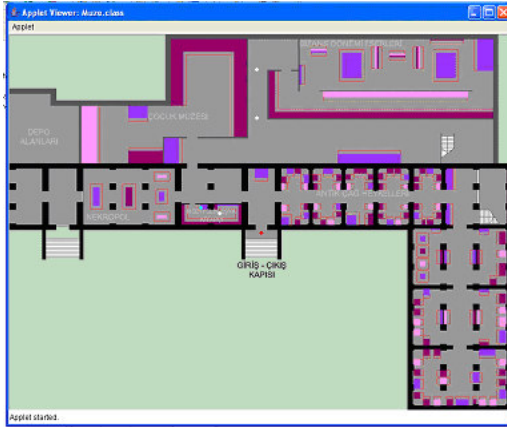
Şekil B.10: Son Çocuk Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 8 dk 09 sn



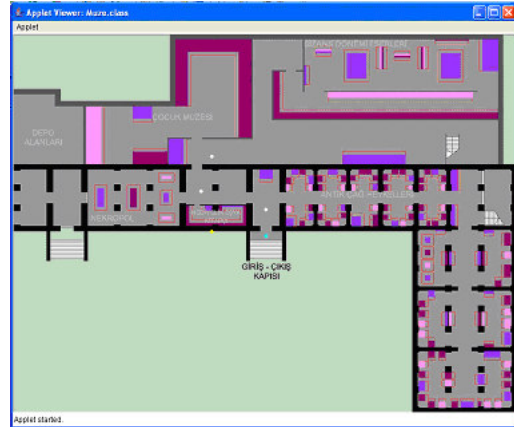
Şekil B.11: Son Bizans Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 16 sn



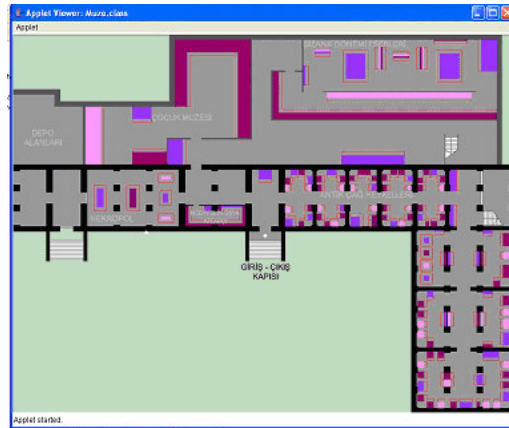
Şekil B.12: İlk Düzenli Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 29 sn



Şekil B.13: Son Nekropol Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 36 sn



Şekil B.14: Son Antik Bilgili Etmenin Sistemden Çıkması Süre: 10 dk 48 sn



Şekil B.15: Son Etmenin (Düzenli Etmen) Sistemden Çıkması Süre: 11 dk 26 sn

ÖZGEÇMİŞ

Evren Müge Şeker, 1980 yılında Adapazarı'nda doğdu. İlkokulu Konya Barbaros İlkoku'nda okuduktan sonra, 1990 yılında Meram Anadolu Lisesi'nde başladığı ortaokul eğitimini, Antalya Çakallıklı Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Lise eğitimini Kocaeli Körfez Fen Lisesi'nde aldıktan sonra, 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'ne girdi. 2003 yılında, mimar olarak mezun oldu. Aynı sene, İ.T.Ü Bilişim Enstitüsü Mimarlıkta Bilişim Yüksek Lisans programına girerek, mimarlık eğitimine devam etti.