

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAMPÜS TASARIMINDA EYLEM YÖNLENDİRİCİSİ İLE
SOSYAL ETKİLEŞİMİN DEĞERLENDİRMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ayşegül KURTOĞLU**

Anabilim Dalı : Mimarlık

Programı : Mimari Tasarımda Bilişim

HAZİRAN 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAMPÜS TASARIMINDA EYLEM YÖNLENDİRİCİSİ İLE
SOSYAL ETKİLEŞİMİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ayşegül KURTOĞLU
(523071002)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2010

Tez Danışmanı : Öğr. Gör. Dr. Hakan TONG (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Hakan YAMAN (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Meltem AKSOY (İTÜ)

HAZİRAN 2010

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması sürecinde gösterdiği ilgi, sabır ve desteklerinden dolayı saygıdeğer hocam Dr. Hakan Tong'a, maddi manevi her zaman yanımda olan aileme ve tezimin gerek fikirsel gerekse uygulama aşamalarının yürütülmesinde katkısı çok büyük olan sevgili arkadaşlarım Emrah Duran ve Sebran Köşkeroğlu'na sonsuz teşekkür ederim.

Haziran 2010

Ayşegül Kurtoğlu
İç Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Tezin Yöntemi	2
2. MİMARLIKTAKİ BİYOMİMETİK YAKLAŞIMLAR	3
2.1 Doğadan Esinlenme.....	3
2.2 Mimarlıkta Doğadan Esinlenen Tasarım Yaklaşımları	5
2.2.1 Biçimsel Yaklaşımlar	5
2.2.2 İşlevsel Yaklaşımlar	9
2.3 Evrimsel Tasarım	13
3. SÜRÜ ZEKASI.....	17
3.1 Eylem Yönlendiricisi "Stigmergy" ve İletişim.....	18
3.2 Doğada Yer Alan Topluluk Davranışları ve Çözümlemeleri.....	20
3.2.1 Böcek Kolonisi Algoritmaları.....	20
3.2.2 Kuş ve Balık Sürüsü Davranışları.....	24
3.2.3 Hücre ve Molekül Yapılaşmaları	27
3.3 Optimizasyon Teknikleri.....	30
3.3.1 Karınca Kolonisi Optimizasyonu.....	31
3.3.2 Parçacık Difüzyon Optimizasyonu	36
4. KAMPÜS TASARIMINDA SOSYAL ETKİLEŞİMİN ROLÜ	41
4.1 Kampüs Kavramı.....	42
4.2 Kampüs Tasarım Prensiplerinde Etkileşimin Değerlendirilmesi	43
4.2.1 Kullanıcı Gruplarının Belirlenmesi.....	43
4.2.2 Ana Bölge ve İşlevlerin Belirlenmesi	44
4.2.3 Bölgeler Arası İlişkilerin Kurulması.....	45
4.2.4 Erişebilirlik Kriterinin Uygulanması	49
4.3 Kampüs Yerleşim Modellerinin Sosyal Etkileşim Açısından	
Değerlendirilmesi	51
4.3.1 Moleküler Tip Yerleşim.....	51
4.3.2 Yaygın Tip Yerleşim.....	52
4.3.3 Lineer Tip Yerleşim	53
4.3.4 Ağ Tipi Yerleşim	53
4.3.5 Haç Tipi Yerleşim	54
4.3.6 Merkezi Tip Yerleşim	55

4.4 Kampüs Gelişme Planlarının Değerlendirilmesi	56
5. SOSYAL ETKİLEŞİMLİ KAMPÜS TASARIMIN SÜRECİNDE	
KULLANILACAK MODEL ÖNERİSİ VE BİLKENT ÜNİVERSİTESİ	
KAMPÜS DEĞERLENDİRMESİ.....	59
5.1 Bilkent Kampüs Modelinde Sosyal Etkileşim Kavramı	57
5.2 Kampüs Tasarımında Eylem Yönlendiricisi Kullanımı	62
5.3 Önerilen Model Algoritması.....	63
5.3.1 Yazılımın Kullanımı ve Kural Mekanizmaları.....	66
5.3.2 Anket	71
5.3.3 Kod	73
5.4 Modelin Denenmesi.....	73
5.4.1 Kampüs Kullanıcı Sayısının Orantılı Olduğu Durum	74
5.4.2 Kampüs Kullanıcı Sayısının Orantısız Olduğu Durum.....	77
5.4.3 Kampüs Kullanıcı Sayısının Orantılı ve Fazla Olduğu Durum	79
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR.....	85
ÖZGEÇMİŞ	91

KISALTMALAR

ACS	: Ant Colony System (Karıncı Kolonisi Sistemi)
COAC	: Continuous orthogonal ant colony
EAS	: Elitist AS (Elitist Karıncı sistemi)
GA	: Genetik Algoritmalar
HCF	: Hyper-Cube Framework
KKO	: Karıncı Kolonisi Optimizasyonu
MMAS	: Max-Min Ant System (Max-Min Karıncı Sistemi)
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
RAS	: Rank-based AS
YBS	: Yapay Bağışıklık Sistemi
YSA	: Yapay Sinir Ağları

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Yükseköğretim gelişme planı	56
Çizelge 5.1 : Bilkent Üniversitesi 2010 yılı kontenjanlarına göre Merkez Kampüs kullanıcıları	62
Çizelge 5.2 : Anket için hazırlanan Bilkent Merkez Kampüs birimleri/süre tablosu	71
Çizelge 5.3 : Kampüs kullanıcı sayısının orantılı olduğu durum ilk beş birim anket ve etkileşim puanları dökümü	76
Çizelge 5.4 : Kampüs kullanıcı sayısının orantısız olduğu durum ilk beş birim anket ve etkileşim puanları dökümü	78

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Crystal Palace ve Eiffel Kulesi biçim esinlenmeleri	6
Şekil 2.2 : Sagrada Familia ve Casa Mila’da gözlemlenen doğa analogileri	7
Şekil 2.3 : Vertical City ve Ultima Tower organik tasarımları.....	8
Şekil 2.4 : Kuş yuvası strüktürel benzetimi ve Beijing Ulusal Stadyumu.....	9
Şekil 2.5 : Eden Projesi ve jeodezik kubbe yaklaşımı	10
Şekil 2.6 : Münih Olimpiyat Stadyumu örümcek ağı analogisi	11
Şekil 2.7 : Calatrava kinetik mimari örnekleri.....	12
Şekil 2.8 : Metabolic Media ve ATP molekülü işleyiş benzetimi	13
Şekil 2.9 : Evrimsel tasarım alanındaki dört belirgin görüş ve kesişen görüşler.....	14
Şekil 2.10 : Evrimsel mimarlık.....	16
Şekil 3.1 : Eylem yönlendiricisi tabanlı yabancı yuva modeli	21
Şekil 3.2 : Karınca davranış sistemi	22
Şekil 3.3.a : Koordinasyona bağlı topluluk davranışları sonrasında inşa edilen Apicotermes lamani yuvası dış görünüş ve kesiti	23
Şekil 3.3.b : Lasiusniger cinsi karınca kolonsinin yem arama sürecinde elmas tipi köprü üzerindeki toplu davranışları	23
Şekil 3.4 : “Boids” ve “BoidLand” örnekleri	25
Şekil 3.5 : Yapay balık sürüsü biyoyaşam simülasyon modeli ve model işleyiş şeması	26
Şekil 3.6 : Örnek bir yapay sinirsel ağ yapısı	28
Şekil 3.7 : Karıncalar kolonilerinde eniyileme süreci örneği	32
Şekil 3.8 : Örnek bir GSP ve çözümü.....	32
Şekil 3.9 : Karınca algoritması genel akış şeması	34
Şekil 3.10 : PSO bileşenlerinin vektörel gösterimi.....	38
Şekil 4.1 : Kampüs sosyalleşme alanı yerleşimine göre fonksiyonel (solda) ve yapısal (sağda) merkez diagramları	46
Şekil 4.2 : Berkeley Üniversitesi etkileşimli kampüs haritası.....	48
Şekil 4.3 : Sosyalleşme noktalarına olması gereken maksimum yürüme mesafesi... 50	
Şekil 4.4 : Moleküler tip yerleşim modeli	51
Şekil 4.5 : Yaygın tip yerleşim modeli	52
Şekil 4.6 : Lineer tip yerleşim modeli	53
Şekil 4.7 : Ağ tipi yerleşim modeli	54
Şekil 4.8 : Haç tipi yerleşim modeli	55
Şekil 4.9 : Merkezi tip yerleşim modeli.....	56
Şekil 5.1 : Bilkent Üniversitesi kampüs yerleşim birimleri.....	60
Şekil 5.2 : Bilkent bahar festivali etkinlik alanı	60
Şekil 5.3 : Merkez kampüs haritası.....	61
Şekil 5.4 : Etkileşimli kampüs tasarım modülleri bağlantı şeması.....	64
Şekil 5.5 : Birimlere giden yolların tanımlanması işlemi	65
Şekil 5.6 : Sosyal etkileşimli model için belirlenen RGB değerleri	66

Şekil 5.7 : Model başlangıç arayüzü.....	67
Şekil 5.8 : Kampüs birimleri koordinat tanımlamaları	69
Şekil 5.9 : Etkileşim öncesi ve sonrasında model arayüzü.....	70
Şekil 5.10 : Anket için hazırlanan Bilkent Merkez Kampüs haritası örneği	71
Şekil 5.11 : Sistemin tek birim üzerinde denenmesi	74
Şekil 5.12 : Kampüs kullanıcı sayısının orantılı olduğu durum karşılaştırmalı örnekleri	74
Şekil 5.13 : Kampüs kullanıcı sayısının orantılı olduğu durum ilk beş.....	75
Şekil 5.14 : Kampüs kullanıcı sayısının orantısız olduğu durum karşılaştırmalı örnekleri	77
Şekil 5.15 : Kampüs kullanıcı sayısının orantısız olduğu durum ilk beş	77
Şekil 5.16 : Kampüs kullanıcı sayısının orantılı ve fazla olduğu durum ilk beş birim karşılaştırmalı örnekleri.....	79

KAMPÜS TASARIMINDA EYLEM YÖNLENDİRİCİSİ İLE SOSYAL ETKİLEŞİMİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Son yıllarda mimarlık alanında gözlemlenen farklı tasarım ve teknik arayışları ile beraber ortaya çıkan çoklu disiplin araçlarının bir arada kullanım tarzı, deneysellik taşıyan çalışmaların yürütüldüğü birçok platformda yaygınlaşmaya başlamıştır. Gelişen teknoloji ile beraber çeşitlenen tasarım araçlarının gelecek çalışmalarına yönelik yaratıcılık payı değerlendirildiğinde, doğa ve bilgisayar algoritmasının beraber kullanımı ön saflarda yer almaktadır. Doğaya ait tasarımları anlayabilmek ve buna bağlı geliştirilebilecek mimari dokunuşlara anlam katabilmek amacıyla elde edilmek istenen ürüne giden yolun bir bütün olarak ele alınması, tasarım algoritmasının en önemli şartıdır.

Doğanın önemli bir parçası olan sürü zekası kavramının ve buna bağlı geliştirilen uygulamaların incelenmesinin ardından, üniversite kampüs yerleşkelerinde sosyal etkileşimin artırılmasına dair kullanılabilecek izler bulunmuştur. Bu izlerden en belirgin olan "stigmergy" yani, eylem yönlendiricisi kavramı sosyal böcek topluluklarında kullanılan bir tür dolaylı iletişim aracıdır. Böcek kolonilerinin organizasyonlarını sağlamak amacıyla, herhangi bir zeka gözetmeksizin içgüdüsel olarak yürüttüğü bu yöntem, en çok koordinasyon problemleri için geliştirilen bir eniyileme yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Kampüs sosyal ve entellektüel seviyesinin artırılmasına yönelik yapılan bu çalışmada yapılan incelemeler sonucunda, geleneksel kampüs tasarım prensip ve modellerinin oluşturulmasında, kullanıcı etkisine fazla rastlanılmamıştır. Daha çok biçimsel bir tavır izlenen yöntemlerde sosyalleşme olgusunu desteklemek adına, etkileşimin ön plana çıkarılması düşünülmüştür. Bu anlamda kullanıcı tarafından tasarlanan çevrenin sosyal etkileşimi arttırdığı fikri benimsenerek uygulamaya aktarılmıştır.

Geliştirilen model önerisi kapsamında eylem yönlendiricisi kavramının kampüslerde, kullanıcı tarafından üretilen etkileşim düzeyi yüksek tasarımların oluşturulmasında veya mevcut kampüs yerleşimleri üzerinde değerlendirme yapılması amacıyla kullanılabileceği görülmüştür.

THE ASSESSMENT OF SOCIAL INTERACTION WITH STIGMERGY IN CAMPUS DESIGN

SUMMARY

Co-usage of multi-discipline tools that arise out of different design and technical trends in architecture in recent years have become widespread in many platforms where experimental work is carried out. Co-usage of nature and computer algorithm comes into prominence when the share of creativity in future studies of design tools that are more diversified as the technology developing is assessed. To be able to understand the designs concerning nature and come up with more meaningful architectural touch arising as a result of such designs, the essential requirement of the design algorithm is to handle the path towards coming up with the intended product as a whole is the most significant requirement of the design algorithm.

After examining the concept of swarm intelligence which is an important part of nature and applications that have been developed as a result of this, a number of traces have been found relating to increasing social interaction in university campuses. "Stigmergy", which is the most evident of these traces, namely action director concept is a kind of indirect communication tool which is used in social ant colonies. This method which is applied instinctively by ant colonies without any need for a mental activity to ensure organisation within the colony is used as an optimisation method developed mostly to solve coordination problems.

As a result of the examination within this study conducted for increasing social and intellectual level of the campus, user effect on forming traditional campus design principles and models has not been seen very much. It has been thought to bring the interaction to the forefront to reinforce the phenomenon of socialization with more stylistic methods. In this regard, the idea that environment designed by user increases social interaction has been adopted and put into practice.

It has been found out within this recently developed model proposition that the concept of action director can be used for the purposes of coming up with designs with high interaction level that are produced by users in campuses or evaluating campuses.

1. GİRİŞ

Yapay zeka alanındaki gelişmeler, yeni araştırma konularını da beraberinde getirmiştir. İnsan zekasının çalışma prensiplerinin bilişimle desteklenmesi sonucunda çözümlenmeye çalışılan konular çeşitlenmiş ve bu çeşitlenme arttıkça daha çok yapay zekaya ihtiyaç duyulmuştur. Bilim adamları ve araştırmacılar yapılan bu çalışmaların sonucunda ortaya çıkan yeni kavramları anlamak ve anlatabilmek amacıyla farklı disiplinlere ihtiyaç duymuşlardır. Bu disiplinlerden biri de insanoğlunun varoluş sebebi olan doğa bilimi olmuştur. İşte tam da bu noktada doğan “biyomimetik” kavramı, sürdürülebilir mimarinin bir parçası olarak form, imaj, işlev ve süreç yaklaşımlarına klasik mimarinin durağanlığının ötesinde uyumlu ve enerjik bir tavır getirmiştir.

Kalkınmakta olan toplumların sosyal, kültürel ve ekonomik açıdan değişim sürecine dahil olabilmeleri için, bilim üreten ve bunu topluma yayan üniversitelerin varlığı çok önemlidir. Çağın gerekleri ve üniversitelerin dinamik yapıları, yeni yapılaşmaları şehir dışına ve geniş yerleşim alanlarına kaydırmıştır. Literatürde, üniversite kentleri olarak kabul gören kampüsler, kendi kendilerine yetmeleri ve sosyalleşmeyi hedef edinmeleri açısından kendilerine özel temel tasarım kararları gerektirmektedirler. Kampüslerin genel kurgularının oturtulması ve organizasyonel yapılarının şekillenmesi sürecinde mimari açıdan atılacak adımların her birinin, uzun süreçte işlevselliğini kaybetmemesi ve aynı zamanda kampüs içi sosyal hayatın kurgulanmasına katkısı olması gerekmektedir. 21. Yüzyılın başlarında etkili olmaya başlayan dijital tasarım yaklaşımları çağın gereklerine ayak uydurması amaçlanan kampüs yerleşim projelerinde de kendisini hissettirmeye başlamıştır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Çalışmanın temel amacı, doğada yer alan ve sosyal davranışlara sahip böcek türlerinin yaşam algoritmalarının incelenerek, kampüs yerleşimi kavramsal tasarım sürecinde sosyalleşmeyi arttırmak amaçlı kullanılmasıdır. Kendi kendini organize eden sistemler, sürü robotikleri, eylem yönlendiricisi ve feromon gibi kavramlar

üzerinden yola çıkılarak, böceklerin sosyal yaşam formlarının etmenler tarafından taklit edilmesi ve kampüs kavramsal tasarım sürecinde faydalanılması hedef alınmıştır. Kampüslerde sosyal yaşamı arttırmayı amaçlayan bilgisayar destekli tasarım çerçevesinde geliştirilecek bir model önerisi ile üniversite kentlerinin tasarım kıstasları ve sosyal böcek algoritmasının kampüs organizasyon şeması oluşumuna etkisi sorgulanacaktır.

1.2 Tezin Yöntemi

Mimari tasarım sürecinde bilgisayarı ve hesaplamalı bilimleri destek aracı olarak kullanırken, doğanın vazgeçilmez bir parçası olan sosyal böcekler ve onların algoritmalarını taklit ederek kampüs ortamında sosyal iletişimi arttırmayı hedefleyen bu çalışmanın ilk bölümünde, biyomimetik tasarım ve buna bağlı mimarlık yaklaşımlarının biçimsel ve işlevsel açıdan fonksiyonları irdelenecektir. Bu bölümün devamında ise, evrimsel tasarım kavramı ve kendi kendini organize eden sistemler literatür üzerinden incelenerek, örneklendirilecektir.

Çalışmanın ikinci bölümünde sosyal böceklerin algoritmalarının çalışma biçimi ve buna bağlı geliştirilen eniyileme teknikleri incelenirken, bıraktıkları görünmez işaretçilerle, koloni düzeni içinde kurdukları iletişim ve tasarım kabiliyetleri değerlendirilecektir.

Üçüncü kısımda, kavramsal tasarım sürecinde kullanılan model benzetmeleri ve tasarım prensipleri literatür üzerinden görsellerin de yardımıyla açıklanarak, buna bağlı geliştirilecek olan yerleşim modeline etkisi açısından kampüs tasarımında sosyal etkileşim kavramı irdelenecektir.

Çalışmanın son bölümünde ise kampüs tasarım sürecinde, sosyal böcek algoritmasının temel birimi olan eylem yönlendiricisi algoritmasını kullanarak, topluluk hareketlerini organize eden etmenler aracılığıyla geliştirilen tasarım modeli tartışılacaktır. Program başlangıcında yapılan anket ile gün içinde bulundukları mekanları süre bazında sıralamaları istenen kampüs kullanıcılarının sosyalleşmeyi arttırmak amaçlı kullanılması öngörülen model üzerindeki hareketleri, Java tabanlı bir yazılım yardımcısı olan Netbeans yardımıyla yapılacaktır. Model, Bilkent Üniversitesi kampüsü üzerinde uygulanacak ve sonrasında alınan veriler doğrultusunda, programın başarısı değerlendirilecektir.

2. MİMARLIKTAKİ BİYOMİMETİK YAKLAŞIMLAR

Biyomimesis/biyomimetik/biyonik kavramının 1990'lı yılların sonunda literatüre girmesiyle beraber, doğadan esinlenme/öğrenme/uyarlama/modelleme gibi kavramlar tasarıma yeni bir bakış açısı getirmiştir. Bu yeni tasarım devrimi adeta doğanın imitasyonu olarak kabul görmekte ve endüstriyel devrimin tam aksine doğanın içinden çekip alabileceğimiz bir şey olarak değil, onun içindeyken öğrenebileceğimiz bir kavram olarak kabul edilmektedir (Benyus, 1997). Yine son yıllarda sıkça tartışılan sürdürülebilir mimarlık kavramıyla da birçok açıdan örtüşen biyomimesis, tasarım problemlerine yaklaşımında sistematik bir yol izlerken devamlılık, dönüştürülebilirlik ve görsel bütünlük ilkelerini de gözetmektedir.

Klasik mimari kavramsal tasarım sürecinde de yer alan; ölçek, işlev ve süreç araştırmaları, doğadaki oluşumlar üzerinden gözlemlenerek yürütüldüğünde, kimi farklılıklara rağmen malzeme, enerji korunumu, hafiflik ve dayanıklılık açısından pek çok mimar ve mühendise yol gösterici birer unsur olmaktadır (Selçuk, Sorguç, 2007). Bu anlamda tasarım adına atılan adımların doğa ile uyum içinde olması gelecek çalışmalarına yansıtıldığında, mimarının kendini tekrar etmesi önlenerek, zaman kaybı ve hata payı gibi tasarım sürecine olumsuz yansıyacak durumlardan da kaçınılmış olacaktır.

2.1 Doğadan Esinlenme

Doğanın kusursuz tasarımlarının zamana hiçbir zaman yenilmediklerini göz önünde bulundurarak; gerek mimarlar, gerekse mühendisler açısından doğa ile atılan her adımın insanoğluna ekonomik, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir enerji ya da madde olarak geri döndüğü fark edilmektedir. Bütün bu katkılar göz önüne alındığında ise karmaşık tasarım anlayışına doğru gidilmektedir. Tasarıma yönelik bakış açısı genişledikçe, irdelenen detaylar artmakta, bu anlamda atılacak her adımın ise mikroskop altında incelenmesi ve sonucunda ise, bir bütünlük ihtiva etmesi gerekmektedir. İnsan zekasının yetemediği bu tip durumlarda doğa bunu bizim için yapmaktadır. “Organizmalar milyonlarca yıldır yapılarını en ekonomik şekilde

geliştirmeye çalıştıklarına göre malzemeler, yapılar ve mekanizmalarla ilgili soruları olan mühendislerin, teknoloji yüzünden ortaya çıkan benzeri problemlere enerji tasarrufuyla ilgili cevaplar almak için doğayı incelemeleri akılcıdır.” (Vincent, 2001).

Sürdürülebilirliğin yanı sıra, doğadan esinlenme yöntemiyle tasarlanan strüktürlerin, malzemelerin, biçimsel kurguların ya da süreç benzetmelerinin bir başka üstünlüğü de doğru kavramsal kurgulara, varolan çözüm yöntemleriyle yaklaşabiliyor olmanın kattığı zaman tasarrufu ve kalitedir. Böylece sonraki aşamada atılacak adımlarla tasarım kalitesi normalin üzerine çekilerek, sunulacak mimari, sanatsal ya da mühendislik ürünü bir üst kademeye taşınmış olacaktır. “Biyomimikri” ve “tasarım” kavramlarını bir arada ilk kez gündeme getiren araştırmacı olarak kabul gören Janine Benyus’a göre, daha önceleri doğanın gözlemlenmesi yoluyla esin arayışına giren insanoğlunu artık doğayı bir model olarak görmenin ötesinde, ondan bir karşılaştırma ölçütü ve bir akıl hocası olarak faydalanmaktadır (Benyus, 1997).

“Yeni buluşlara açık olan ve gelişmekte olan genetik bilimi, iletişim teknolojisi, nanoteknoloji, uzay bilimleri, dört boyutlu geometri ve fraktallar, kompleks polihidralar, kompozit ve akıllı malzemeler, katlanabilir ve taşınabilir strüktürler gibi konu başlıkları doğaya bakış açımızı değiştirmekte ve bilişim teknolojilerindeki ilerlemelerle de tasarımcıları doğadan daha çok öğrenme yöntemleri geliştirmeleri noktasında zorlamaktadır.” (Selçuk, Sorguç, 2007). Tasarımında sadece biçimsel ya da süreç benzetmeleriyle sınırlı kalmamak ve yeni buluşlara zemin hazırlamak için yukarıda bahsettiğimiz bilgilerin ışığında biyomimetik düşünce sisteminin üç ana ilkesinin çoklu disiplin anlayışıyla harmanlanarak tasarıma yansıtılması çok önemlidir. Doğanın yapay zekası olarak kabul edilebilecek adaptasyon, seleksiyon, fonksiyonellik, bütünleşme, stratejik aktivite, optimizasyon ve evrim gibi kavramların algoritmalarına inerek, sistematik bir şekilde çalışacak bilgisayar destekli kavramsal tasarım yardımcılarının üretilmesi ile beraber, gelecek çalışmalarında ön görülen devrim, beklenilenden daha önce gerçekleşecektir.

2.2 Mimarlıkta Doğadan Esinlenen Tasarım Yaklaşımları

Mimarlığın keşfinin, ateşin ve konuşma dilinin bulunması kadar eski olduğu söylenmektedir. Topluluklar halinde yaşamayı öğrenen insanoğlu, barınma gereksinimi ile birlikte doğadaki oluşumları gözlemlemiş, salt doğadan elde ettiği malzemeleri kullanmamış, aynı zamanda bilinçli ya da bilinçsiz olarak doğadaki yapılaşmaları gözlemleyerek ya da taklit ederek ilk bina yapma tekniklerini geliştirmeye başlamıştır. Bu noktada mimarlıkta esin kaynağı olan doğadaki bu strüktürlerin “canlı”, “cansız” ve “canlı organizmalar tarafından üretilen” yapılaşmalar olarak üç temel grupta ele alınabileceğini vurgulamak gerekebilir (Selçuk, Sorguç, 2004). Mimarlar, sürdürülebilir bir mimari anlayış için gözlemlemeye ilk olarak 19. yüzyılın ortalarında başlamışlar ve günümüze kadar da artan bir ivmeyle devam etmişlerdir. Bu gözlemlerden yola çıkarak farklı ürünler yaratan, doğanın yaşam prensiplerini ve organizasyonel şemalarını inceleyerek kimi zaman geometrik başarıyı kimi zaman ise işlevselliği ön plana çıkarmaya başlayan tasarımcılar, bu yaklaşımlarını gerek tasarımlarında gerekse yayınladıkları manifestolarda da vurgulamışlardır. Mimarlıkta tasarım yaklaşımları kapsamında doğanın zaman ile test edilmiş fikirlerinden yola çıkarak, kusursuz geometriyi yakalamayı amaçlayan biçim benzetmeleri, işlevselliği öngören süreç benzetimleri ve canlı organizmaların yaşam prensiplerini taklit etmek suretiyle problem çözmeyi amaçlayan evrimsel tasarım yaklaşımları örneklerle tartışılacaktır.

2.2.1 Biçimsel Yaklaşımlar

Doğanın kendine dönük enerjisinin altında yatan tasarımlar sonsuz olmakla beraber, insanoğlu tarafından keşfedildiği oranda çözülmektedir. Bu anlamda doğadan esinlenmeye en dıştan, biçimsel manada başlamak kaçınılmaz olmuştur. Bir ağaçta büyüme ve dallanarak çoğalma kavramını öğrenirken; kökler, gövde, dallar ve yaprakların birbirleriyle ilişkileri ve yüklerin dağılımı göz önünde bulundurulduğunda bu bilginin mimarlıkta da çözülmesi gereken yük dağılımı sorununun bir yanıtı olabileceğinin farkında olunması ve bu bilginin John Smeaton tarafından 1759 yılında Plymouth’ da yapılan Eddystone fener kulesinde kullanılması şaşırtıcı olmamalıdır. İngiliz meşe ağacına benzeyen fener kulesi için Smeaton, benzeşimi yapılan meşe ağacının formunu doğadaki yüklere karşı koyabilen en iyi yapılandırma olarak düşündüğünü ifade etmiştir (Mainstone, 1999).

Ancak doğadan esinlenilerek tasarlanan en eski ve ünlü bilinen iki yapı; Crystal Palace ve Eiffel Kulesi olarak kabul görmektedir (Şekil 2.1). Botanist Joseph Paxton tarafından tasarlanan yapı, nilüfer çiçeğinin alt yapraklarının çatallı strüktürü temel alınarak oluşturulan çelik kaburga sistemi üzerine, 18 İngiliz dönümü büyüklüğünde cam yerleştirilerek inşa edilmiştir. Eiffel Kulesi ise 1880'lerin sonunda anatomi uzmanı Hermann Von Meyer ve mühendis Karl Cullman'ın uyluk kemiğinin yapısı üzerine yaptığı çalışmalardan yola çıkılarak Gustave Eiffel tarafından tasarlanmıştır (Eggermont, 2007).



Şekil 2.1: Crystal Palace ve Eiffel Kulesi biçim esinlenmeleri (Url-1).

İnsan ve doğa arasındaki ahengi yakalayan eserler yaratma amacıyla ortaya çıkan organik mimari yaklaşımı kendisine üslup edinmiş mimarlardan biri olan İspanyol Antoni Gaudi'nin (1852-1926) en ünlü çalışmaları; gotik ve modern mimarinin izlerini bir arada kullanırken doğanın sonsuz detaylarıyla harmanladığı Casa Mila, sadece biçimsel etkileşimlerle sınırlı kalmayıp, desen, renk ve dokuyu da tasarımın içine ustalıkla kattığı Park Güell ve tamamlayamadan öldüğü Sagrada Familia klisesidir (Şekil 2.2). Gaudi pek çok yapısında hayvan iskelet ve kemiklerini, bitkileri ve kabuklu canlıları inceleyerek çok çeşitli ve muazzam parabolik kemerler ve hiperboloit biçimler yaratmıştır. Gaudi'nin yapılarında farklılık ve estetiği yakalamak ve bu tasarımlara uygun taşıyıcı sistemleri inşa etmek için doğadaki yapılaşmaların dinamik ve/veya statik yüklere nasıl karşı koyduğunu gözlemlediği açıktır (Selçuk, Sorguç, 2007).



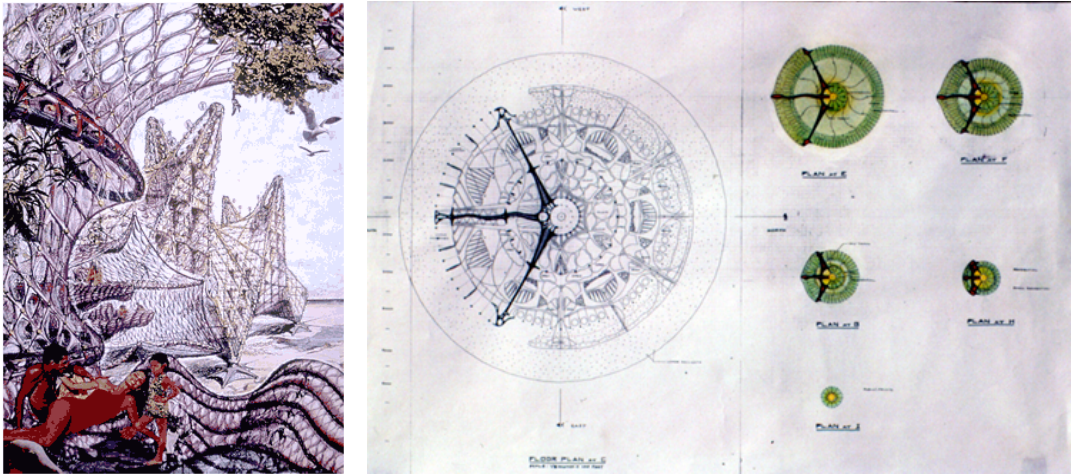
Şekil 2.2: Sagrada Familia ve Casa Mila’da gözlemlenen doğa analogileri (Url-1).

Sürdürülebilir ve doğayla barışık bir mimarlık için çalışan birçok isim ileride organik mimariden biyomimetrik mimariye geçiş sürecine hız verecektir. Bu önemli isimlerden biri olan Alman mimar Bruno Taut (1880-1938) ve “Alpine Architecture” olarak adlandırdığı mimari anlayışta Alp doruklarından etkilenerek, doğanın canlı ve cansız oluşumlarıyla esin kaynağı olması gerektiğine inanmış, gelecek çalışmaları için kendisi tarafından ortaya konan “Glass Chain” akımı üyeleri Hermann Finsterlin, Walter Gropius, Hans Scharun, Hans ve Wassili Luckhardt kardeşler ve Max Taut gibi isimlerle çalışarak yapıların hayatın ve yerkürenin bir uzantısı olarak varsayıldığı farklı tasarım ve sunum yöntemleri önermiştir (Gössel, Leuthauser, 1991).

Biyolojik analogiler içeren bir mimaride en dıştan en içe kadar her parçanın kendi içinde tasarlanırken aynı zamanda yapının bütünlüğüne katkısı sağlaması, tasarımı doğanın bir parçası haline getirmektedir. Modern mimarlığın en önemli isimlerinden biri olan Frank Lloyd Wright (1867–1959), 1954 yılında yazdığı “Natural House” adlı kitapla organik mimarlık tanımını tekrar yaparak, bir yapının içinde bulunan malzeme, motif ve organizasyon oluşumuna katkısı olacak diğer tüm detayların yapıyla birlikte tasarlanması gerektiğini ifade etmektedir. Organik mimarinin çağdaş kusursuzluğu ve beklentinin çok daha üstünde olarak yaşamı gözlemlemenin dışında yaşamın geleneksel kurallarını gözetmeksizin kendini sunduğunu savunan Wright, aynı zamanda en üstün biçime ulaşmanın yolunun geçmiş, şimdi ya da geleceğin

önyargılı kurallarından uzakta malzeme ve biçimin doğal yapılaşmasında bulunabileceğine dikkat çekmiştir (Wright, 1954).

1960'lı yıllara geldiğimizde doğa benzeşimli yapı tasarımları şehir hayatının karmaşık düzenine çözüm getirmek amacıyla kurgulanmaya başlamışlardır. Bu anlamda ürün veren mimarlardan biri olan Glen Small “Vertical City” ve “Biomorphic Biosphere Megastructure” adını verdiği tasarım projeleriyle gün geçtikçe kalabalıklaşan şehirlere ekolojik bir çözüm sunarak, insan iskeletine atıfta bulunmuş ve tasarladığı şehrin oldukça yüksek olan çelik strüktürünü oluşturmuştur. Ardından vücut dolaşım sisteminin bir parçası olan damarları sirkülasyon alanları olarak tanımlayarak tasarımını tamamlamıştır. 1991 yılında Eugene Tsui tarafından 10,560ft yüksekliğinde olan ve Afrika termit yuvalarından yola çıkılarak tasarlanan “Ultima Tower” doğanın içinden yeryüzünün çoklu toprak katmanları şeklinde çıkan bir yapısı olarak kabul görmüştür (Şekil 2.3). Yaşayan bir organizma gibi çalışarak bazı noktalarda karınca yuvalarında görülen hava sirkülasyonu, güneş enerjisi korunumu ve hava bileşenleri dengesi gibi yaklaşımlardan da faydalanan bu yüksek yapı doğanın San Francisco şehri içinde yükselen hali olarak kabul görmektedir (Gruber, 2008).



Şekil 2.3: Vertical City ve Ultima Tower organik tasarımları (Gruber, 2008).

Son yıllarda tasarlanan ve doğanın biçimsel esin yöntemi olarak kullanılmasını çok güzel bir şekilde sunan Beijing Ulusal Stadyumu, kuş yuvasının yapısal açıdan yorumlanmış formudur. Arup'un ünlü yapı tasarımcısı Kate McDougall tarafından tasarlanan ve Çin'de uygulanan bu projede biyomimetrik analizin estetik ve strüktürel başarısı görülmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Kuş yuvası strüktürel benzetimi ve Beijing Ulusal Stadyumu (Url-1).

2.2.2 İşlevsel Yaklaşımlar

Doğayla bütünleşik tasarımın sürdürülebilir, organik, esnek, dayanıklı, adapte olabilir ve uyumlu tavrının sadece biçimsel yönlendirmelerle çözülemeyeceği gerçeği, farklı tasarım arayışlarını da beraberinde getirmiştir. Bu anlamda biçimin dışına çıkılarak, doğanın yaşam sürecinin mekânla beraber işleyiş kurgusunu anlamaya yönelik, yapısal formla fonksiyonun bir arada yürütüldüğü çalışmalar yapılmaya başlanılmıştır. Bu işleyiş daha bilinçli bir mimariyi de beraberinde getirmiştir.

Teknolojinin gelişmesiyle beraber mimarlık alanındaki beklentiler de artmış, daha büyük ve daha geniş açıklığa sahip olan yapılara ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Bu arayış içerisinde ilerlerken birbiri içine entegre olmuş mekanların ritmik dengesine doğanın hafif olduğu kadar dinamik yapısal oluşumları ile ulaşılmıştır. Elde edilen eğriselliklerin yeni yapım ve bilgisayar teknikleriyle beraber parametrik ve kolaylıkla hesaplanabilir olması, tasarımları deneysel bir boyuta ulaştırmıştır. Bu konu üzerine çalışmalar yapan Frei Otto, Bayern Werkbund, Buckminster Fuller, Eero Saarinen, Foster & Partners, Buro Happold, Arup en bilinenleridir.

Buckminster Fuller ve hemen ardından Frei Otto'nun "süreci" anlamaya yönelik sorgulamaları ve yeni form ve strüktür arayışları mimari tasarımda doğadan bilinçli öğrenme sürecinin başlangıcı olarak düşünülebilir. Fuller' in jeodezik kubbesinde, Otto'nun asma-germe sistemli çadır örtülerinde hep en az malzeme ile en büyük açıklıkları geçme, sürdürülebilir bir çevre için daha hafif yapılar üretme kaygısı görülür (Jirapong, 2002). Buckminster Fuller'in (1895-1983) yaratıcısı olduğu jeodezik kubbe yaklaşımı, büyük açıklıkları minimum yapı elemanı ve maksimum

hafiflikle geçmeyi sağlayan doğa etkileşimli bir ürün olarak kabul görmektedir. Jeodezik kubbe yaklaşımında yüzey alanının kütleye olan oranı doğadaki pek çok oluşum gibi en alt seviyededir. Bu şekilde tekrar eden çokgenler arasındaki itme çekme kuvvetleri birbirilerini dengeleyerek olabilecek en büyük açıklıkların elde edilmesine katkıda bulunur. Çıkış noktası Fuller'in jeodezik kubbe yaklaşımı olan ve 2001 senesinde yapımı tamamlanan Grimshaw Architects firması tasarımı Eden Project, hafif çelik konstrüksiyon kabuk, ısıya ve korozyona karşı dayanıklı yarı transparan, esnek, geri dönüşümlü, hafif bir malzeme olan ETFE (ethylene tetra fluoro ethylene) panel ile oluşturulan dev bir bitki serası projesidir. Gerek malzeme seçimi, gerekse yapısal formun tasarimsal başarısı sayesinde, proje farklı kubbeler altında farklı iklim koşulları yaratabilmektedir. Doğayla uyumlu az sayıda malzeme ile geniş açıklıklar geçen ve birbirine bağlı sekiz jeodezik kubbeden oluşan strüktür, bal peteği, arı gözü ve karbonun 3.formu olan C60 atomunun yapısal birleşimini gözetmektedir. İngiltere'de bulunan Eden projesi doğadan uyarladığı işleyişi tasarıma yansıtma biçimindeki başarısıyla gün ışığından en üst seviyede faydalanabilen, hafif olduğu kadar geniş açıklıkları geçen jeodezik kubbe düzenlemesiyle özgün bir bilgisayar destekli tasarım ürünüdür (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Eden Projesi ve jeodezik kubbe yaklaşımı (Url-2).

Mimarlıkta asma sistemler geliştirmek için çeşitli ağ sistemleri kullanarak, bu sistemlerin yer çekimi ile elde edebileceği formlara dönük arayışları, örümcek ağlarından esinlenen asma sistemleri, sabun köpüğünden yola çıkarak geliştirdiği en küçük alanlı yüzey kavramı ve bunların uzantısı Otto ile özdeşleşmiş modern çadırlar ve şişme (pnömatik) yapılar doğadan esinlenmenin salt form değil süreci de içeren bir esinlenme biçimi olması gerekliliğinin ilk ön çalışmaları olarak görülebilir (Selcuk, Sorguc, 2007). Frei Paul Otto'nun 1972 yılında yapımını tamamladığı Münih Olimpiyat Stadyumu germe çelik sistem üzerine akrilik cam kaplama olarak

uygulanmıştır. Bu sistem stadyumun üzerini adeta bir örümcek ağı gibi örterken, aynı doğadaki örneği gibi sade, hafif ve dayanıklıdır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Münih Olimpiyat Stadyumu örümcek ağı analojisi (Url-1).

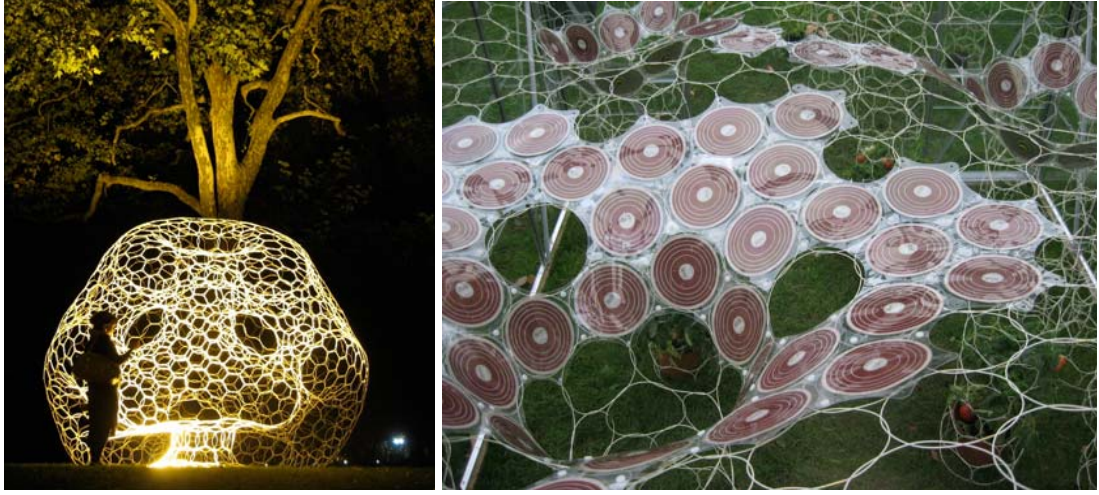
Doğadan esinlendiğini açıkça dile getiren bir başka isim olan Santiago Calatrava mimarlığı anlamak için sadece doğanın biçim modellerini incelemekle kalmamış, aynı zamanda mimariye dinamizm ve enerji katacak hareket modellerini de mercek altına almıştır (Tzonis, 2004). Bu yaklaşımıyla beraber doğadan bilinçli öğrenme yolundaki adımlarını daha sağlam atan Calatrava, gün geçtikçe küresel ısınmanın etkisi altına giren ve enerji kaynaklarını kaybeden yerküre için tasarım arayışlarına girmiştir. Bu süreçte kendi kinetik enerjisini kendine akıtan yapılar üreterek, enerji tasarrufu sağlamayı amaçlamış, sanat, mühendislik ve mimarlığı bir arada yürüten dinamik tasarımlara imza atmıştır.

Tasarımlarında insan figürünün hareket mekanizmasından statifi, kuşların kanat hareketlerinden enerji korunumunu ve dalga frekanslarından ritmi yakalamak gibi amaçları olan Calatrava'nın, biyomorfik yaklaşım yoluyla kurgulanan kinetik mimari eserlerinden en ünlüleri 1992 senesine ait Alamillo köprüsü ve Kuveyt Pavyon'u, 1994 senesinde Belçika'da açılan TGV Tren İstasyonu ve 2001 senesinde yapımı tamamlanan Milwaukee Sanat Müzesi Quadracci Pavyon'udur (Şekil 2.7). Kullandığı malzemelerle tasarrufu, sürdürülebilirliği ve dinamizmi amaçlayan mimar, teknoloji alanındaki son gelişmelerle beraber yapılarında daha çok bilgisayar kodları ve sensörler aracılığıyla yürütülen robotik hareketler üzerinde çalışmaktadır.



Şekil 2.7: Calatrava kinetik mimari örnekleri (Url-3).

Son yıllarda doğanın olağan dengesini kaybetmeye başlamasıyla beraber mimari alandaki form arayışlarının yerini statik ve dinamik açıdan dayanımın artırılması, organik ve hafif malzeme kullanımı, topografik uyum ve güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrilerek yapıya aktarılması gibi beklentiler almıştır. Bu konuyla ilgili çalışmalar yapan MAD Architects tarafından yapımı halen süren, biçimsel açıdan volkanik tepeleri andıran "Taichung Convention Center" projesi ve Loop. pH firması tarafından geliştirilerek 2008 yılında Londra tasarım Festivali'nde sergilenen ATP molekülü çalışma prensiplerinden yola çıkılarak tasarlanan "Metabolic Media" örtü sistemi fotovoltaik panel kullanımı ile güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirerek sürdürülebilir bir mimariyi yakalamayı amaçlayan en son örneklerdendir (Şekil 2.8). Bitkilerin sabah depoladıkları güneş ışığı enerjisini gece fotosentez sırasında kullanmaları gibi, canlı organizmanın besinlerden elde ettiği enzimleri ATP molekülüne dönüştürmesiyle açığa çıkan enerji de vücuttaki diğer işlevler için kullanılmaktadır. Bu sistemden yola çıkarak yiyeceklerden enerji elde edebilmeyi amaçlayan araştırmacılar, bu süreçte kullandıkları fotovoltaik parçacıklar yardımıyla güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir örtü sistemi geliştirmişlerdir (Loop. pH, 2008).



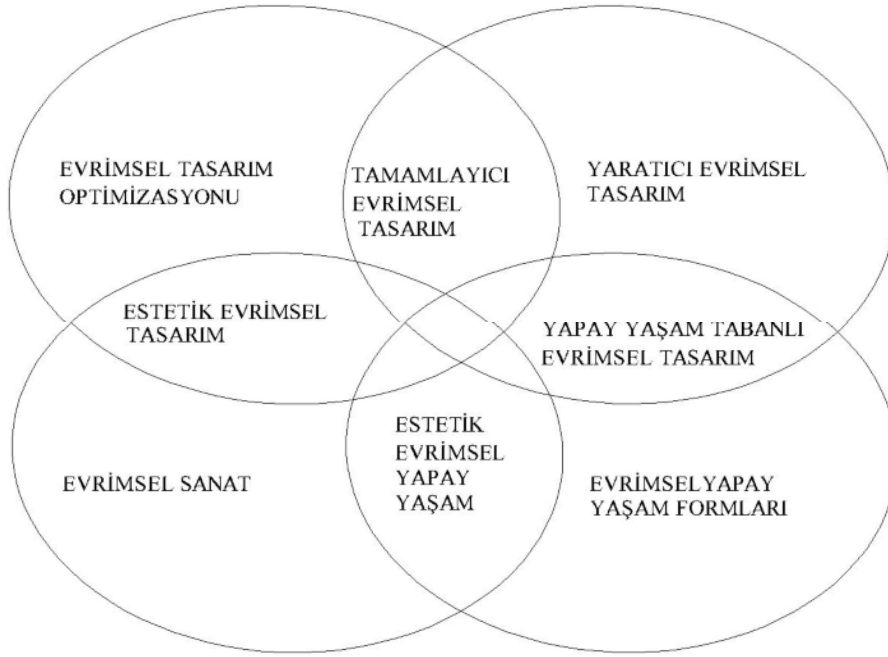
Şekil 2.8: Metabolic Media ve ATP molekülü işleyiş benzetimi (Loop. pH, 2008).

2.3 Evrimsel Tasarım

Evrimsel tasarım, doğadaki en başarılı ve dikkate değer tasarımları meydana getiren, iyi ve genel amaçlı bir problem çözme ve optimizasyon yöntemidir (Bentley, 1999). Temel olarak evrimsel tasarım süreci, üç aşamadan oluşur; tanımlama, üretim ve değerlendirme. Tanımlama aşamasında problem kısıtları, değişkenler kümesi ve problemin halihazırda varolan çözümlerinden oluşan bir başlangıç popülasyonu sayısal olarak oluşturulur. Üretim aşamasında belirlenen kriterler dahilinde tasarım süreci yürütülür. Değerlendirme aşamasında ise oluşturulan yeni çözümlerden uygun olanlar seçilir. Sistem en uygun bireylere ulaşana kadar üretim ve değerlendirme aşamaları tekrarlanır (Akbulut, 2009).

Evrimsel tasarım sistemleri bünyesinde dört ayrı belirgin görüşü barındırır. Bunlar; evrimsel tasarım optimizasyonu, yaratıcı evrimsel tasarım, evrimsel sanat ve evrimsel yapay yaşam biçimleri olarak sıralanabilir (Bentley, 1999). Bu dört ayrı görüşün kesişiminde yer alan tamamlayıcı evrimsel tasarım, estetik evrimsel tasarım, estetik evrimsel yapay yaşam ve yapay yaşam tabanlı evrimsel tasarım görüşleri ise tasarıma dair daha özel ve derin bir bakış açısıyla bakılmasını sağlamaktadır (Şekil 2.9). Evrimsel tasarım optimizasyonunda, mevcut tasarım üzerinde çalışılırken daha iyi aranmaktadır. Yaratıcı evrimsel tasarımın karakteristik özelliği ise yenilikçi olmasıdır ve bu bakımdan sürecin ilk aşamalarında yer almaktadır. Evrimsel sanat, tasarlanan ürünler açısından en zengin olanıdır çünkü rastgele bir çıkış noktasından türetme işlemine dayanır. Yapay yaşam ise genetik algoritmalar ve kendi kendine

organize olan sistemler gibi biyoloji konularını kapsamaktadır. Yapay yaşam düşü; bir bilgisayarda biyolojik yaşamınkilere benzer kurallara uygun olarak evrimleşme yetisine sahip matematik organizmaları üretmek; yaşamın maddeselliğine sahip olmak; yaşamı şekillendirmek düşüdü (Garassini, 2000).

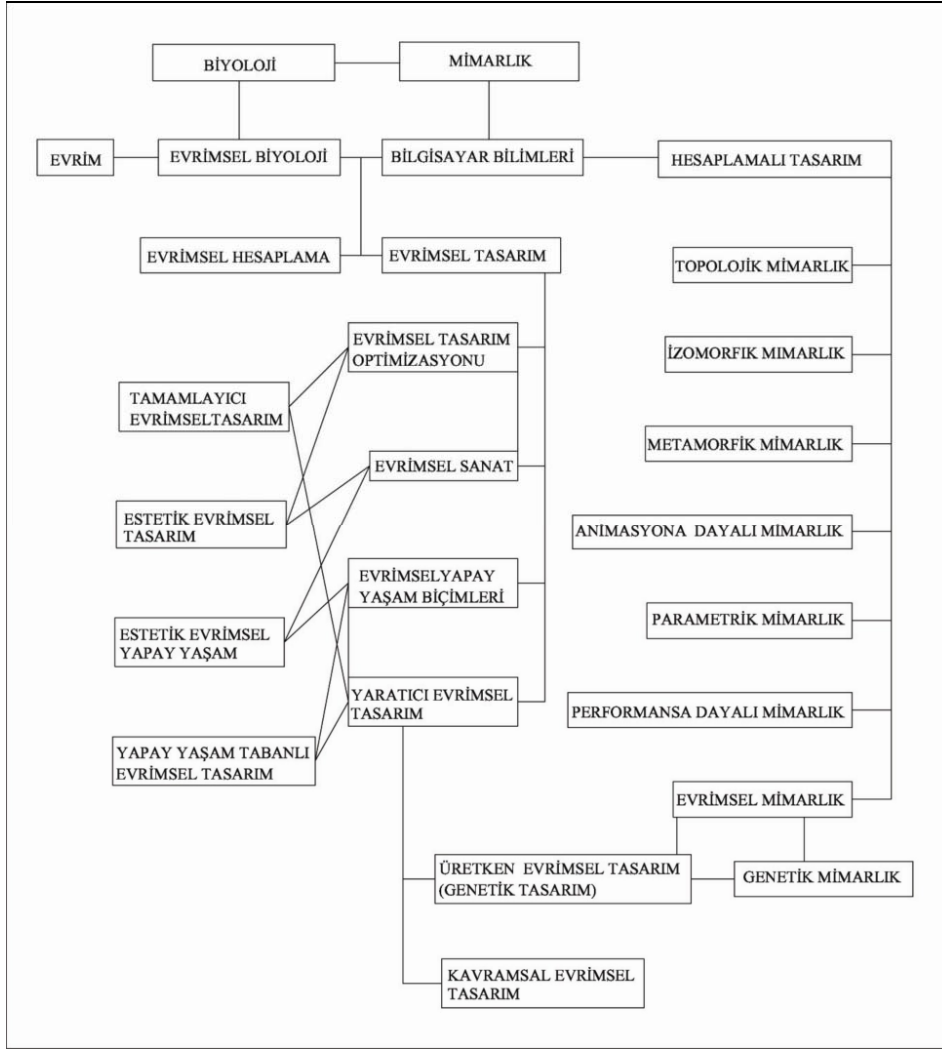


Şekil 2.9: Evrimsel tasarım alanındaki dört belirgin görüş ve kesişen görüşler (Altunbaş, 2009).

Evrimsel Mimarlık; genetik kodlama, tekrarlama, seçilim ve morfogenez ilkelerinin geçerli olduğu bir yapay yaşam biçimidir. Mimarın zihninde gelişen mimari bağlamın geleneksel anlatım şekli; boşluk, strüktür ve biçimden oluşmaktadır. Evrimsel Mimarlıkta ise genetik dil aracılığıyla, genetik kodu, algoritması hazırlanır. Hazırlanan kod ile türetici kurallar oluşturulur. Türetici kurallar ile çok kısa süre içerisinde, çok sayıda, birçoğu beklenmedik olan biçimler ortaya çıkar. Bilgisayar modelleri ile biçimin gelişimi takip edilir. Evrimsel Mimarlıkta, bilgisayar evrimsel hızlandırıcı ve üretken güç olarak kullanılmaktadır (Frazer, 1995).

Gen, kromozom, DNA, uygunluk, mutasyon, yaşam, ölüm gibi biyoloji ve genetik terimleri 1940'ların sonlarında Von Neumann'nın Hücresel Özdevinir çalışmaları ile mimaride kullanılır olmuştur. Neumann, yaşam bilgidir temel öngörüsünden başlayan, doğal ve yapay biyolojileri kapsayan, belirgin, açık bir teori ortaya koymuştur. 1950 yılına gelindiğinde ise Alan Turing'in ortaya attığı bir teori, fiziksel

olan her şeyin, dört basit işlem ile gösterilebileceği şeklindeydi. Alan Turing, sesler, görüntüler, bilimsel hesaplamalar, videolar, karmaşık sistemler gibi herhangi bir biçimde anladığımız, herhangi bir biçimde kâğıda veya başka bir ortama kaydedilebilen her şeyin dört işlem ile ifade edilebileceği görüşüyle, bilgisayarın atası olarak kabul edilen, “Turing Makinesi” görüşünü ortaya atmıştır. 1960’larda Rechenberg, “Evolution Strategies” (Evrimsel Stratejileri) kitabında “Evolutionary Computing” (Evrimsel Hesaplama) kavramını ortaya atmıştır. Bu durum bilgisayar ortamındaki sanal evrimi başlatmıştır. 1970’lerde Prof. John Holland tarafından genetik algoritmalar kullanılmaya başlanmıştır. John Holland, karmaşıklık ve belirsizlik içeren farklı problemlerin optimizasyonu için ortak bir çözüm bulmaya çalışmıştır. John Frazer’a kadar yapılan çalışmalarda; ekoloji, psikoloji, ekonomik planlama, kontrol, yapay zeka, bilimsel matematik, seçme ve çıkarsama alanlarındaki farklı kritik noktalar ortaya çıkmıştır. Frazer, mimariyi de bu listeye eklemiştir. Mimarlığa dair çözüm arayışlarında gün geçtikçe biyolojinin desteğinden daha çok yararlanan tasarımcılar, evrim konusunda yol almaya karar verdiklerinde bilgisayar desteğini de tasarımın içine katmış oldular. Buradan yola çıkılarak yapılan evrimsel hesaplamalar ile ortaya çıkan üretken ve nesil olarak kararlı tasarımlar mimariye farklı bir bakış açısı getirmiştir. Çoklu disiplin anlayışıyla yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkan ve hepsi birer hesaplamalı tasarım yöntemi olan topolojik mimarlık, izomorfik mimarlık, metamorfik mimarlık, animasyona dayalı mimarlık, parametrik mimarlık, performansa dayalı mimarlık gibi başlıklardan en üretkeni ve kalıcısı evrimsel mimarlıktır. Evrimsel mimarlık, altyapısı çok sağlam ve çeşitlilik içeren bir üründür (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Evrimsel mimarlık (Altunbaş, 2009).

Tasarımın doğasında var olan üretkenlik kavramının evrimsel yaklaşımla bağdaştırılmasıyla beraber atılan adımlarla; karmaşık sistemlerin daha kolay yöntemlerle çözümlenmesi, kompleks yapıların kendi içinde özgün ama bütünde uyumlu kalabilmesi, tasarımın kendini tamir ederek hayatta kalma sürecini en üst düzeyde tutabilmesi, yeni ve çeşitli ürünler elde edilebilmesi gibi avantajlar elde edilmektedir. Doğadaki sürü sistemleri (swarm) hayatta kalmak için, davranışsal işlevlerini tekrar şekillendirerek ve uyarlayarak belirli yıkımların ve bireysel kayıpların üstesinden gelebilirler. Hata toleransı gösterirler ve yüksek bir iç dengeye sahiptirler, böylece bir tasarımı sınırlandıracak olan değişikliklerin üstesinden gelme becerileri oluşur (Cestel, 2008). Bu tez kapsamında böceklerin sürü içi davranış sistemleri ve iletişim kurma yöntemleri ayrıntılı olarak incelenerek, popülasyon içerisinde kendi kendilerine organize olabilmek kabiliyetleri, önerilen sosyal etkileşimli kampüs tasarım modelinde kullanılacaktır.

3. SÜRÜ ZEKASI

Yaşamın başlangıcından beri, doğanın döngüsünü sürdürebilmesi amacıyla gelişen çok çeşitli ortak yaşam biçimleri varolmuştur. Bunlardan bir kısmı kendi algoritmasını içgüdüsel olarak üretirken bir diğer kısmı da başka algoritmaların etkisi altında kalarak gelişmektedir. Doğanın geliştirdiği bu algoritmalarla birlikte sürü içi davranış biçimleri şekillenirken; yaşamın sürdürülmesiyle ilgili hareket etme, yeme, içme, üreme ve iletişim gibi türlü ihtiyaçlar ise bu zeka ile çözülmektedir. Son yıllarda gelişen yapay yaşam çalışmaları ile birlikte sıklıkla ele alınmaya başlanan “sürü zekası” kavramı; optimizasyon problemleri, kalabalık simülasyonları, haberleşme ağı mimarisi, robot bilimi gibi çok çeşitli alanlarda kendine yer edinmiştir. Sürü zekası, özerk yapıdaki basit bireyler grubunun kolektif bir zeka geliştirmesidir (Bonabeau, 2000). Bu zeka, “Stigmergy” yani "ortam"daki etmenlerin ortama müdahale ederek iletişim kurmaları ve birbirlerinin hareketlerini düzenlemeleri, ve “Self-Organization” (Kendinden organizasyon) denen, iki mekanizma üzerine kuruludur. Stigmergy vasıtasıyla iletişim, bireylerin yaptıkları işlerle, ortamda değişikliğe sebep olmalarıyla sağlanırken, kendinden organizasyon yardımıyla önceden yapılmış herhangi bir plan olmadan sonuç üretebilmelerini, esnek ve sağlam, merkezi bir yönetim birimi olmadan yapılanmalarını sağlar (Aydın, Uğur, 1999). Gelişen organizasyonlar, farklı davranışların merkezi bir kontrol düzeniyle şekillenirken, anlık ortaya çıkan sonuçların da uyum teşkil etmesini sağlayan, genellikle biyoloji, fizik, kimya ya da sosyal sistemlerin çevresel koşullarından etkilenen bir yapıyla çevrilidirler. Karmaşık sistemler içinde yer alan bireysel çıkış noktalarının bir arada çalışmasıyla beliren sonuçlar, işleyişe dahil olan her tür kavram için uyumluluk göstermektedir. Sürü zekası kavramının üretken ve özerk yapıya sahip olmasında en önemli rollerden birini üstlenen ve dolaylı yoldan iletişim kurulmasına olanak sağlayan "Stigmergy" ise, bu tez kapsamında eylemleri organize etme özelliğini ön plana çıkarması açısından "Eylem Yönlendiricisi" olarak anılacaktır.

3.1 Eylem Yönlendiricisi “Stigmergy” ve İletişim

İletişimin sağlanması için yürütülen doğrudan ya da dolaylı etkileşim yöntemlerini gündelik hayatın pek çok safhasında kullanırken, çoğunlukla herhangi bir bilinçle hareket ettiğimizi düşünmeyiz. Ancak bütün bu davranışların temelinde aslında belli bir us yürütürüz. Bu yöntemin araştırılmaya başlanması ve temeline inilmesiyle beraber doğada yer alan biyolojik sistemlerin konuya açıklama getireceği fikri, sosyal böcekler ile gündeme gelmiştir. Bu konuda yapılan ilk teorik açıklama ise, 1950'lerin sonlarında Fransız biyolog Pierre-Paul Grassé tarafından gelmiştir. Sosyal böceklerin davranışlarını inceleyen Grassé Eylem Yönlendiricisi kavramını, “topluluk seviyesindeki anlık gelişen temel hareketlerin gerçekleşmesi için gereken hayvanlar arası dolaylı bir etkileşim mekanizması” olarak tanımlamıştır (Theraulaz, Bonabeau, 1999). Aslında kavramın çıkış noktası, herhangi bir bilişsel olguya sahip olmayan basit ve homojen etmenlerin çevre üzerinden etkileşerek iletişim kurmalarıdır. Bu noktada insanlar ayrılır ve sistematikleşirler.

Eylem yönlendiricili sistemlerde etmenlerin çevreye bıraktığı işaretler, etmenin kendisinden bağımsız olarak düşünülür ve bazı işleyiş aşamalarını geçmek durumundadırlar. Difüzyon ve buharlaşma gibi bir takım evrelerin varoluşu, sistemin her seferinde kendisini güncellemesini sağlamaktadır. Yeni yapılaşmalar yeni koordinasyonları beraberinde getirirken, sistemi eniyileme çözümüne götürür. Her sistem kendi içinde bağımsız olarak çalışırken, aynı zamanda işbirliği içinde organize olunabilmesi sistemin çelişkili bir koordinasyon olarak tanımlanmasına sebep olmuştur (Grassé, 1959). Kavramsal eylem yönlendiricili sistem tanımlamasında ilk rolü çevre alır, etrafında gerçekleşen etkileşimlere karşı pasif bir ortam olarak davranmaktan çok aracılık sağlar ve etkileşim ölçümlerini yapar. İkincil olarak gerçekleşen etkileşimler bölgesel olarak varlıklarla iletişim kurarak, doğrudan çevrenin bir bölümüne etki ederler. Son olarak çevre, feromon ya da yığın halinde maddeler gibi sınırları çizilmiş tanımlı elemanlarca oluşturulur ve bu şekilde bölgesel etkileşimin mantığı objeler, araçlar, aletler ve yapılar açısından özetlenmiş olur (Ricci ve Die., 2007).

İletişim kurmanın temelinde etkileşim yatmaktadır. İletişimin en basit tanımında etkileşecek etmenlerin algı kapasitelerini, işaretler üzerinde kurgulamaktan geçtiği söylenmektedir. Ancak duruma bu açıdan bakıldığında iletişimin çok geniş bir alana

yayıldığı görülmektedir. Sistem etmenleri etkilemek amacıyla, çevreyi değiştirdiğimiz her durum için ayrı sonuç vermektedir. Ayrıca eylem yönlendiricili sistemlerde çevreye bırakılan işaretlerle etkileşen etmenlerin bunu iz olarak algılamaması gerekmektedir. Çünkü burada mantık sisteme dahil değildir. Örnek vermek gerekirse sabah biri uyurken perdeleri açtığımızda ve güneş ışığının içeri girmesine izin verdiğimizde, uyuyan etmeni uyandırmış oluruz. Burada etmen aslında hareketin bıraktığı izden değil, ışığı gördüğünde uyanması gerektiğini algıladığından uyanmış olur. Bu durumda, işaretlerin okunacağı ve anlaşılacağı varsayılmaktadır. Sonuç olarak etkileşim perdeyi açan tarafından değil, güneş ışığı yoluyla dolaylı olarak gerçekleşmektedir. Her durumda iletişim, gönderen ve alan açısından çift yönlü gerçekleşmektedir. Dolaylı yoldan iletişim aslında, konferans yapılacak bir binada işaretleri takip ederek doğru salonu bulmaya benzetilmektedir. Burada da iletişim sosyal böcek kolonilerinde olduğu gibi, işaretler üzerinden dolaylı olarak gerçekleşmektedir. Bir işaretin birden çok anlama geldiği durumlarda kararı algoritma verir. Tummolini ve Castelfranchi bir izin bırakabileceği bu mesajları, yedi ayrı kategoriye ayırmaktadırlar (Tummolini, Castelfranchi, 2007).

- 1) Hazır Bulunma Durumuna Yönelik Mesajlar - “Buradayım.”
- 2) Amaca Yönelik Mesajlar - “Bu eylemi yapacağım.”
- 3) Kabiliyete Yönelik Mesajlar - “Bunu yapabilirim.”
- 4) Eylemin Gerçekleşme Şansı ile İlgili Mesajlar - “Eylem için şartlar müsait.”
- 5) Eylemin Başarıldığına Yönelik Mesajlar - “Görevi gerçekleştirdim.”
- 6) Hedefe Yönelik Mesajlar – “Hedefim budur.”
- 7) Sonuca Yönelik Mesajlar – “Sonuç budur.”

Eylem Yönlendiricisi kavramı, dolaylı yoldan iletişimin kurulması için, davranış mesajlarını üstü kapalı işaretlerle etmenler arasında yönetir. Bu güçlü olduğu kadar esnek mekanizma, etkileşimini çevreden edindiği uyarıcıları etmenin motor sistemine işleyerek yürütür. Ancak bazı durumlarda verilecek mesaj açısından bu sistem sınırlı kalabilir ve sistem sembolik bir iletişime dönüşebilir bu durumda ise işaretin gücünü arttıracak başka kurallar geliştirilmelidir.

3.2 Doğada Yer Alan Topluluk Davranışları ve Çözümlemeleri

Dünyanın varoluşundan beri biyolojik yaşamın sürdürebilmesi için, doğada çok çeşitli kolektif davranış şekilleri geliştirilmiştir. Bu tip davranış sistemlerinde topluluklar yapısal düzenlerini sağlarken, organize ettikleri hareketler doğrultusunda kendilerine beslenme, güvenlik, barınma gibi ortamları sağlama amacındadırlar.

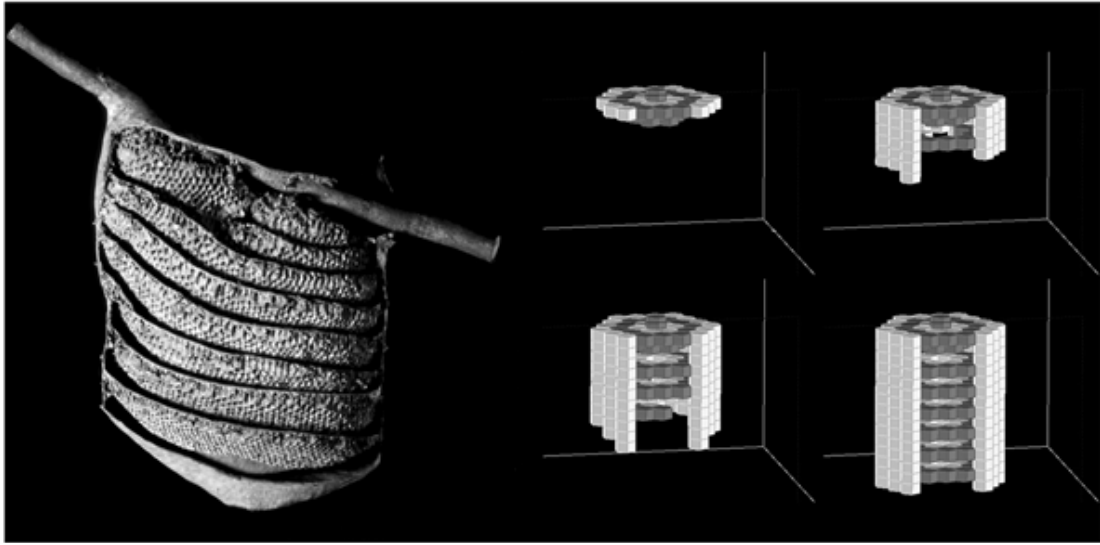
Sürü zekası, sosyal böcek kolonileri veya diğer canlı toplumlarının kolektif davranışlarından esinlenerek algoritmalar veya dağılık problem çözme planları tasarımına yönelik bir teşebbüsü kapsayan bir alan olarak tanımlanabilir (Bonabeau ve diğ., 1999). Son yıllarda çeşitli disiplinlerden etkilenecek geliştirilen yöntem ve teoriler eşliğinde en çok tartışılan doğa esinli algoritmalar; yabanarıları, karıncalar, termitler, kuşlar, balıklar, hücre ve moleküllere aittir.

3.2.1 Böcek Kolonisi Algoritmaları

Literatürde optimizasyon problemlerinin çözümünde başvuru alan sürü algoritması yöntemleri arasında kuşkusuz en yaygın olanı böcekler tarafından yürütülenler olmuştur. Sosyal yapılaşmaları, sezgisel “metaheuristik” hareket döngüleri, dolaylı iletişim yöntemleri, iş bölümü gibi koloni yaşamının vazgeçilmez unsurlarının doğa tarafından otonom hareket sistemleri üzerine yüklenmiş olduğunun keşfiyle beraber böcek kolonileri, çoğu problem için ilham kaynağı olmuşlardır. Sosyal böcekler ve algoritmaları çoğunlukla zaman çizelgelerinin oluşturulmasında, araç yönlendirme problemlerinde, görev organizasyonlarında, iletişim ağı yapılandırılmalarında ve kalabalık simülasyonlarının oluşturulmasında kullanılmaktadırlar. Sosyal böcek kolonileri arasında algoritması en gelişmiş olanlar; karıncalar, termitler ve arılar olarak kabul edilmektedir.

Doğada dolaylı yoldan iletişimi en başarılı şekilde yürüten hayvanlardan biri sayılan yabanarıları, antenleri yardımıyla çevresel şartları kontrol ederek, yuvalarının gelişimi için gereken bir sonraki bal hücrelerini, olasılıklar çerçevesinde nereye yapmaları gerektiğine karar verebilecek bir mekanizma yürütürler. Grup algoritmalarının içindeki mimari zeka ile üretilen yeni peteğin konfigürasyonunu yapan yabanarıları, yüksek olasılıkla inşa etmeye başlayacakları yeni altıgen hücrenin üç tarafının dolu olmasını tercih ederken yeni bir sıraya başlamak için ise varolan bir sıranın yanını seçmezler (Camazine ve diğ., 2001). Doğada varolan

arılarda bulunan davranış kurguları yapay bir sisteme dönüştürüldüğünde ise, karşımıza zaman ve mekana olasılıklar üzerinden cevap veren eşzamansız bir otomata sistemi çıkar. Yapay yabancılarının algı kapasitesi, içinde bulundukları altıgen hücre ve ona komşu olan birkaç tane ile sınırlıdır, genelleyici olamazlar. Her yapay etmenin belli yapı üretim kuralları vardır ve tüm bu kuralları uygularken bölgesel yerleşimi göz önünde bulundurarak hareket ederler (Garnier ve diğ., 2007). Biyolojik arılardan alınan olasılık değerlerin sisteme aktarılmasıyla beraber, daha gerçekçi sonuçlara ulaşmak mümkün olacaktır (Şekil 3.1).

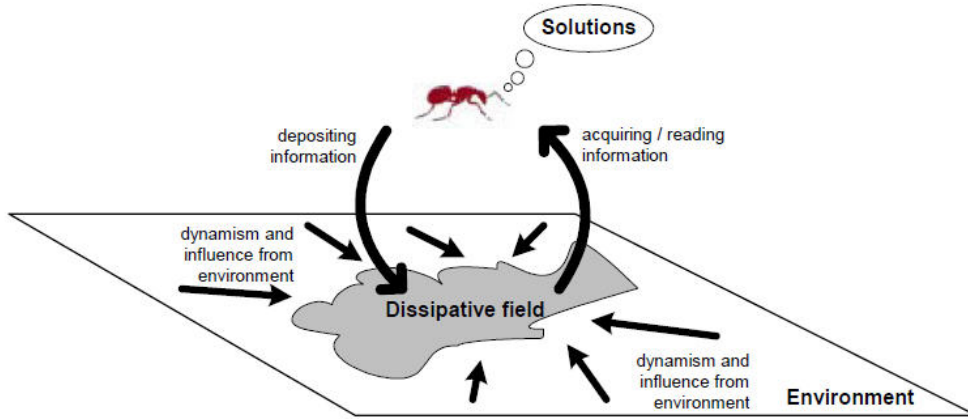


Şekil 3.1: Eylem yönlendiricisi tabanlı yabancılar yuva modeli (Garnier ve diğ., 2007).

Arılarda bulunan eylem yönlendiricili sistem algoritmasının doğa içinde yer alan bir üst versiyonu kendi kendine organize olmayı da becerebilen karınca sistemleridir. Karıncalar arkalarında birer kimyasal parçacık olan ve feromon adı verilen izler bırakarak hareket ederken zamanla, yemek kaynağı ile yuvaları arasındaki en kısa yolu belirlerler. Bu algoritma diğer koloni üyelerinin bırakılan izleri takip etmesi ve belli bir süre zarfı sonunda yüksek konsantrasyonlu iz içeren eden rotayı seçmesi ile gerçekleşir. Bu rotanın seçilmesinde zamanla feromonların buharlaşması ve bu durumda da kısa yolun her zaman daha fazla izle sahip olması etkilidir. Karıncalar GSP (Gezgin Satıcı Problemi), kombinasyonel problem çözümlerinde, atama ve iş şeması organizasyonu gibi çeşitli problem çözümlerinde birer eniyileme yöntemi yardımcısı olarak kullanılırlar da, biyolojik algoritmalarında yer alan otonom davranış, kendi kendine organize olmak, adapte edilebilirlik, sağlamlık ve

ölçeklendirilebilirlik kavramları ile en çok iletişim ağı yapılandırmalarının vazgeçilmez birer esin kaynağı olmuşlardır (Dorigo ve diğ., 1999).

Feromon mekanizması, çevre arayüzünde çalışan iki ana işleyiş üzerine kuruludur. Bunlardan birincisi bilgilerin bir araya getirilmesine olanak sağlayan kümeleşme, diğeri ise eski işe yaramaz bilgilerin yok olmasını sağlayan buharlaşmadır. Bu iki olgu sayesinde kendini devamlı güncel tutan sistem, alınan kararların tutarlılığını kullandığı döngünün içine adapte ederek kendiliğinden organize olan bir sisteminin temellerini atmaktadır. Bu karmaşık yapının içinde yer alan basit canlı mekanizmaların problem çözümlemelerinde tek başına sonuca oluşması mümkün değildir. Çözüm koloninin içindedir, zaten de bu küçük varlıkları doğada tek başlarına yakalamakta pek mümkün değildir. İçgüdüsel iz sürme mekanizmaları sayesinde herhangi bir haritaya ihtiyaç duymadan ve zihinlerinde görsel bir araç oluşturmadan çevrenin işaretleri doğrultusunda hareket ederler (Şekil 3.3.b). Tazelenmedikçe kaybolan izler sonucunda güncel tutulan harita üretkenliği artırır. Karıncaların yuvalarına yemek taşımak amacıyla çıktıkları yolda çözüme ulaşabilmek için yürüttükleri döngüsel algoritma her zaman için doğru sonuca götürmese de, sistemin olasılıklar üzerine kurulu kararlı yapısı onu kabul edilebilir kılar (Şekil 3.2).

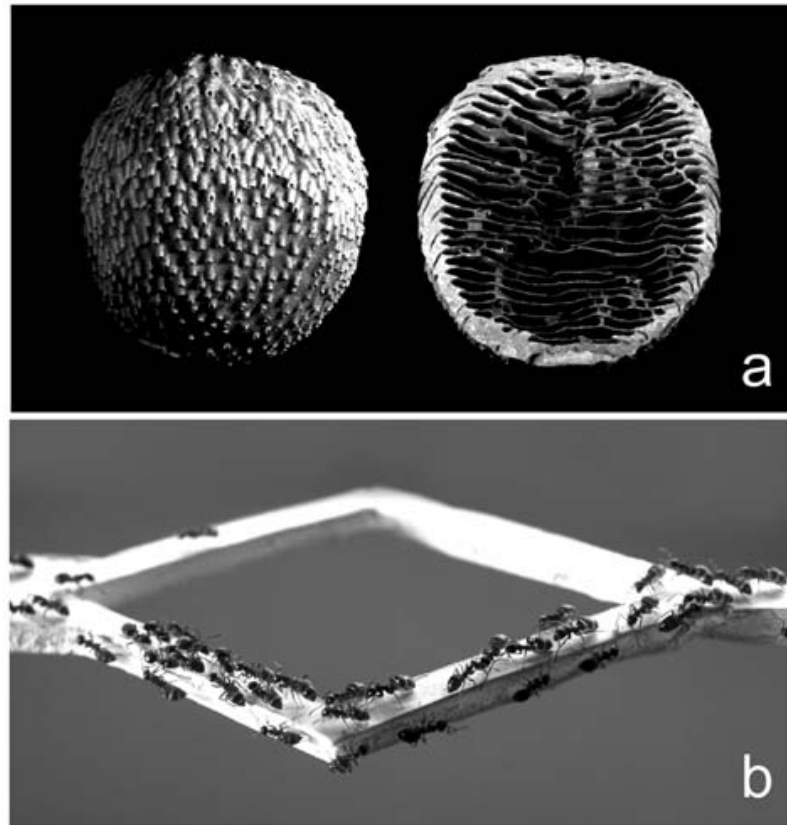


Şekil 3.2: Karınca davranış sistemi (Hadeli ve diğ., 2004).

Koloni hareketlerine bir örnek olarak tropik yerlerde bulunan *Eciton burchelli* verilebilir. Hareket safhasında 200000 dolaylarında işçi karınca ile organize olarak binlerce yemi aynı anda avlayabilir. Bir araya geldiklerinde 15 metre genişliğine kadar çıkabilir ve günde yaklaşık 1500 m²'lik bir alanı süpürebilirler. Çok önemli başka bir sürü hareketi temsilcisi ise Afrika termitleridir. *Macrotermes bellicosus* adı

verilen termit cinsi, 30 metre çapında ve 6 metre yüksekliğinde tepecikler inşa edebilmektedir. Bu biyolojik gökdelen tasarımcıları 1-2 mm büyüklüğünde olup, görme yetilerini tamamen kaybetmiş durumdadırlar. Bir araya geldiklerinde milyonlara ulaşarak kendi ölçeklerine göre çok büyük işler başarabilirler. Yuvalarının hacminden çok iç yapısındaki muhteşem tasarımlarıyla bilinen ve bir termit cinsi olan *Apicotermes lamani*, hayvanlar aleminin bilinen en karmaşık yapısının mimarlarıdır (Şekil 3.3.a).

Yaklaşık 20-40 cm yüksekliğinde olan yuvalarının yüzeylerine yerleştirdikleri mikro strüktürler sayesinde dış mekanla havalandırma ve gaz giriş çıkışı gibi ilişkileri kuran termitler, iç yüzeyde oluşturdukları sarmal rampalar üzerinde ilerlerler. Bu rampalar birbiri içine bükülerek kaynaşan başarılı katçıklardır ve bu yapıları sayesinde bütün yapının içindeki iletişim, en uzak noktalar arasında bile kesintisiz sağlanmaktadır (Garnier ve diğ., 2007).



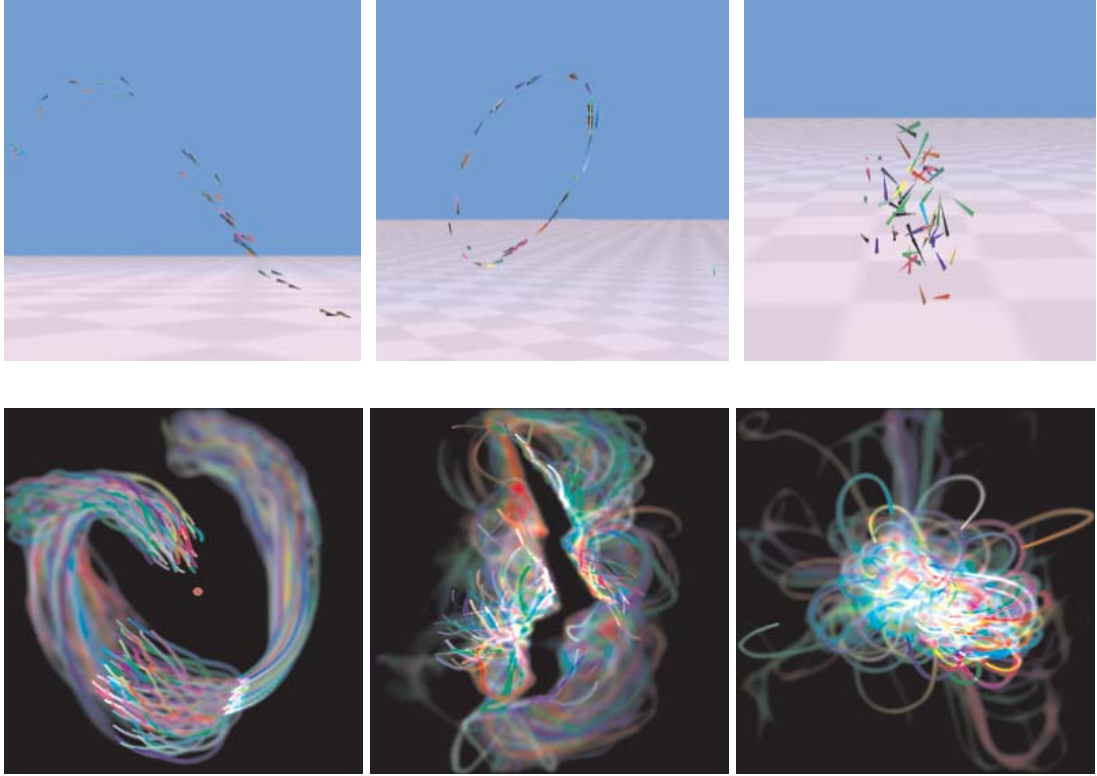
Şekil 3.3.a: Koordinasyona bağlı topluluk davranışları sonrasında inşa edilen *Apicotermes lamani* yuvası dış görünüş ve kesiti **Şekil 3.3.b:** *Lasius niger* cinsi karınca kolonisinin yem arama sürecinde elmas tipi köprü üzerindeki toplu davranışları (Garnier ve diğ., 2007).

Topluluk içinde bırakılan işaretler doğrultusunda çevre üzerinde etkileşen ve buna tepki olarak merkezi olmayan otonom bir sistemle hareket eden sosyal böcekler, kuralları anlık ve bölgesel olarak yürütülen bir sistem içinde davranış gösterirler. Koloni içindeki her böceğin kendi kuralları, koloninin ise bu kuralları uygulayan bir arayüzü vardır. Bu arayüz üzerinde etkileşerek problemlere esnek olduğu kadar, güçlü çözümler sağlarlar.

3.2.2 Kuş ve Balık Sürüsü Davranışları

Doğada gözlemlenen kuş ve balık sürüsü davranışlarından etkilenecek yapılan çeşitli çalışmalar arasında en çok bilinen ve bu yaklaşımın öncüsü olarak kabul edilebilecek olanı, 1987 yılında Craig Reynolds tarafından geliştirilen “Boids” olmuştur. Doğada yer alan sürü davranışlarını sadece gözlemlemekle kalmayarak aynı zamanda sentezleyen Reynolds, geleneksel yapıdan uzaklaşarak basit kurallar bütünüyle karmaşık sistem çözmeyi amaçlamıştır. Bir yapay zeka programı olan “Boids”, kuşların doğadaki uçuş düzenlerinin algoritmaya dökülmesiyle geliştirilmiştir. Kuşların karmaşık hareketlerini belli bir organizasyon düzenine sokarken, otonom hareket sistemi ve komşuluk ilişkileri tabanlı kural kurgusuyla hücrel özdevinime benzerlik gösterir. Basit temel kurallarla hareket sistemleri oluşturulan Kuşlar’a gerekirse, tekler ve çiftler için aramak, kaçmak, takip etmek, kurtulmak, gezinmek, varmak, engelden kurtulmak, önlemek, yol takibi gibi daha karmaşık davranışlar eklenebilirken, gruplara da kalabalık yol takibi, kılavuz takibi, çarpışmadan kaçmak, sıralanmak, toplanmak gibi davranışlar eklenebilmektedir. Bu çalışmasıyla sanal bir yaşam alanı yaratan Reynolds, kuşların sürü hareketlerinden yola çıkarak, doğal yaşam kurgusu oluşturmuştur (Reynolds, 1999). Sonraki yıllarda bilgisayar grafiklerinde ve robot uygulamalarında kullanılan algoritmanın en ünlü örneği, 1992 yılında Tim Burton tarafından çekilen Batman Returns filminde, Andrea Losch ve Paul Ashdown’un “Boids” tabanlı bir simülasyon modeli geliştirilerek yarasa ve penguen sürülerini yaratmaları sayılmaktadır. Çoklu disiplinlerce çalışan sürü davranışları, farklı yorumların gelişmesine de olanak sağlamaktadır. Christian Jacob ve Gerald Hushlak, “Boidland” genetik sürü programlaması mantığını kullanarak, arı kolonilerinin hareketlerini kuş sürüsü simülasyon modeli ile bir araya getirmiş ve herhangi bir programlama bilgisine sahip olmaksızın, görsel eserler elde etmişlerdir (Şekil 3.4). Bu şekilde birer sürü

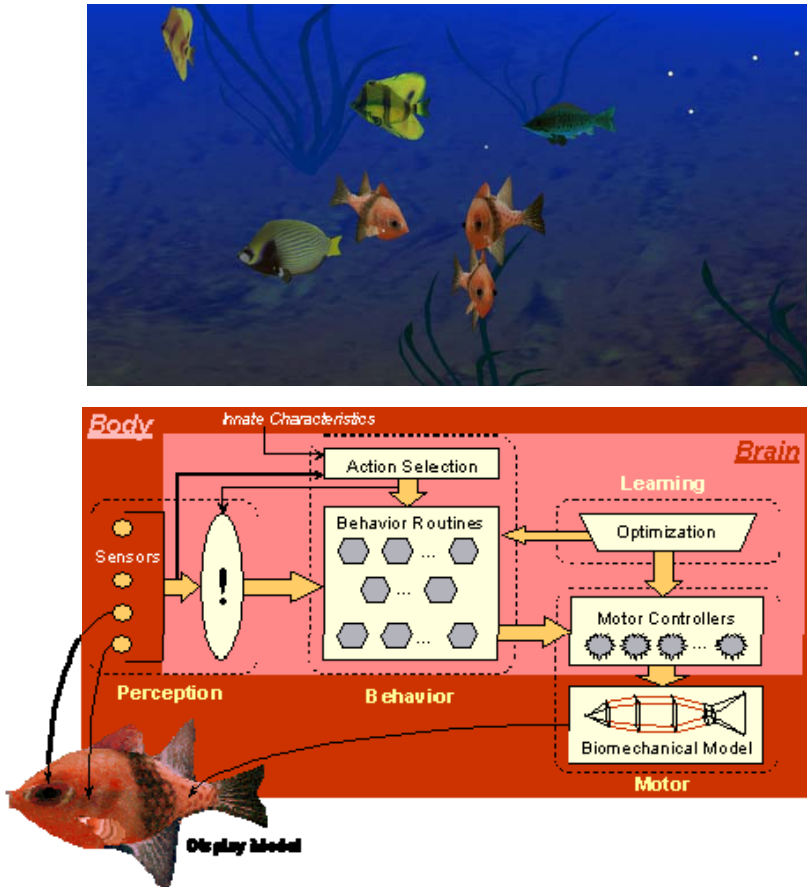
tasarımcısı olan biyologlar, uçuş eyleminin yarattığı desenlerle, sürü hareketlerinin etkileşim yöntemlerini bir arada kullanarak evrimsel bir sanat yaklaşımı yakalamışlardır (Christian, Hushlak, 2008).



Şekil 3.4: “Boids” ve “BoidLand” örnekleri (Christian, Hushlak, 2008).

Reynold ve ilham verici uçuş simülasyonu “Boids” sonrasında, Terzopoulos ve Grzeszczuk, balık sürülerinin yapay yaşam simülasyonunu yaratmışlardır. Geliştirilen belli davranış rutinlerinin izinden giderken kullandıkları durum algoritmasını geliştirerek, bir biliş modeline dönüştürmüşlerdir. Geliştirilen model doğrultusunda elde edilen verilerin motor denetleyiciler yardımıyla fiziksel modele aktarımının ardından, çok başarılı bir yapay yaşam simülasyonu ortaya çıkmıştır. Biyomekanik yapay deniz sistemi, sensörler yardımıyla algılanan girdilerin otonom davranışlara, kurallar doğrultusunda üretkenlik kazanan davranışların ise, eniyilemeden geçirilerek harekete dönüştürülmesiyle çalışmaktadır (Şekil 3.5). Sistemde yaşayan her modelin birden çok algı noktası ve birden çok davranış rutini vardır ve bu durum sistemi karmaşık olduğu kadar gerçekçi kılar (Terzopoulos, Grzeszczuk, 1994). Bu çalışmanın sonrasında Brogan ve Hodgins, grup davranışlarını önemli dinamikler doğrultusunda geliştirirken, Balch ve Hybinette ise, robot formasyonu problemleri için yapay davranış modeli üretmişlerdir. Mataric,

basit grup davranışlarını sınıflandırarak daha karmaşık davranış biçimlerini modellemeyi amaçlamıştır. Lynne E. Parker ise, 1998 senesinde yaptığı araştırmasında özellikle eğlence sektöründe kullanılan animasyonlarda, kalabalık simülasyonlarının, doğada yer alan topluluk davranışlarının, otonom karakterler üzerinden geliştirilmesiyle yaratıldığından bahsetmiştir. Algortimik sürü davranışları özellikle, son zamanlarda internet üzerinden oynanan gerçek zamanlı strateji oyunlarında anlık kararlar sonucunda gelişen toplanma, yön bulma, saldırma, görev yürütme gibi çeşitli grup hareketlerinin planlamasında da sıklıkla kullanılan bir yöntem olmuştur. Hareket mekanizmasının merkezi ve çözülmüş parçalarının kendine ait yöntemleriyle tanımlanarak, belirlenen yollar üzerinde kimi zaman liderler, kimi zaman ise iletişim sinyalleri aracıyla ilerleyen grup üyelerine dönüştürülmesi, bu tip kurguların gerçeklik payını arttırmaktadır (Amato ve diğ., 2002).



Şekil 3.5: Yapay balık sürüsü: biyoyaşam simülasyon modeli ve model işleyiş şeması (Url-4).

Bu başlık altında bahsedilen kuş ve balık sürülerinin yanı sıra karada yaşayan birçok hayvan, mikroorganizmalar ve insanoğlu da toplu davranış biçimlerinin çeşitliliği ve

karmaşık yapısında şekillenerek oluşturduğu dünyalarda yaşar ve bu sayede yaşamlarına fayda sağlar.

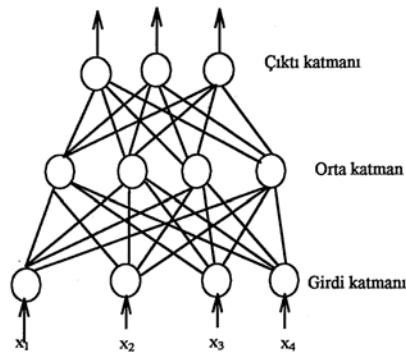
3.2.3 Hücre ve Molekül Yapılaşmaları

Tıpkı hayvan sürülerinin ortaklaşa işleyen yapısı gibi, biyolojinin vazgeçilmez bir parçası olan hücre ve moleküller, türlü şekillerde toplu davranış biçimleri sergilerler. Bu davranış biçimlerinden, şekillenen yapay zeka çalışmalarından karşımıza çıkan en önemli üç tanesi; Yapay Bağışıklık Sistemi (YBS), Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Genetik Algoritmalar (GA) bu başlık altında incelenecektir.

Bağışıklık sistemi, hücrelerimizden ve dışarıdan gelen bulaşıcı mikroorganizmaların hareketlerini algılama ve savaşma yeteneği olan hücreler, moleküller ve organların karışımıdır. Çok çeşitli bulaşıcı yabancı hücreleri ve maddeleri (nonself element) tanıyabilir ve bulaşıcı olmayan doğal hücreleri (self element) ayırt edebilir. Bir patojen (bulaşıcı yabancı eleman) vücuda girdiği zaman, yok edilmek için taranır ve yok edilmeye çalışılır. Sistemin, her enfeksiyonu hatırlama yeteneği vardır. Aynı patojenle ikinci kez karşılaşıncı, daha etkili bir şekilde yok edilir (De Castro, Von Zuben, 1999). İnsan vücudunun çalışmasını örnek olarak gerçekleştirilen yapay zekâ tekniklerinden biri olan yapay bağışıklık sistemleri, insandaki bağışıklık sistemini model almaktadır. Bağışıklık sistemi yabancı antijenlerle (non-self), kendi vücut antijenlerinin (self) ayrılmasını sağlayan ve yabancı maddeleri yok eden, karmaşık bir mekanizmadır. Verilerin işlenmesi boyutundan olaya baktığımızda, öğrenme yeteneğine sahip, paralel ve dağınık, akıllı bir sistemdir (Diao, Kevin, 2003). YBS algoritmalarının ilki olan klonal seçim algoritması, sürekli değişen ortamlarda bilinmeyen keşfetme problemlerinin çözümü için kullanılmaktadır. Çevreden aldığı uyarıyla etkileşerek, en yüksek duyarlılık seviyesine sahip olan bireyin çoğaltılması ve duyarlılık seviyesi düşük olanla yer değiştirmesi üzerine çalışan bu algoritma, sistemi güçlü kılarak, güvenliğin artmasına yardımcı olmaktadır. YBS'nin bir diğer işleyiş sistemi ise, pozitif seçim algoritmasıdır. Bu algoritma, “tanımlanan hücreler tarafından uyarıldığın sürece etkileş” kuralı üzerine kuruludur ve sistem pozitif yanıt aldığı sürece güçlenir. Üçüncü algoritma ise negatif seçim algoritmasıdır. Karşılaşılan antijenin tanıdık ya da yabancı olması üzerine tepki veren sistem, daha çok bilgisayar güvenliği problemlerine çözüm sağlamaktadır. YBS'nin öğrenme ve

hafızaya alma yetileri; biyoinformatik, mühendislik, örüntü arama, veri madenciliği, bilgisayar ve ağ güvenliği problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır.

İnsanlığın doğayı araştırma ve taklit etme çabalarının en son ürünlerinden bir tanesi de yapay sinir ağları teknolojisidir. YSA, basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli taklit edilerek tasarlanan programlama yaklaşımıdır. Taklit edilen sinir hücreleri, nöronları içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle YSA, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir. Bir insanın, düşünme ve gözlemleme yeteneklerini gerektiren problemlere yönelik çözümler üretebilmesinin temel sebebi ise, insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu, yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğidir. YSA, ağırlıklandırılmış şekilde birbirlerine bağlanmış birçok işlem biriminden oluşan matematiksel sistemlerdir. Bir işlem birimi, aslında sık sık transfer fonksiyonu olarak anılan bir denklemdir. Bu işlem birimi, diğer nöronlardan işaretleri alır; bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkartır. Genelde, işlem birimleri kabaca gerçek nöronlara karşılık gelirler ve bir ağ içinde birbirlerine bağlanırlar. Bu şekilde oluşan yapı, sinir ağlarını meydana getirmektedir (Url-1). Bu yaklaşımda nöron hücreleri, topluluk davranışlarını aldıkları bilgileri kodlayarak organize ederler. Sistem, birbirine bağlı işlem birimlerinden, yani nöronlarda oluşur. İşletim elemanlarının dışarıdan aldığı bilgileri, girdi katmanında işleyerek çıktı katmanında sonuca dönüştürmesine dayalı bir karar mekanizmasıdır (Şekil 3.6). YSA kural tabanlı semboller ile çalışan uzman sistemler yerine geliştirilerek, öğrenme, hedef tanıma, hafızaya alma, algılama, tepki verme gibi insani tepkilerle problem çözümüne ulaşmayı amaçlamaktadır.



Şekil 3.6: Örnek bir yapay sinirsel ağ yapısı (Cin, 1996).

Hücre ve molekül yapılaşmalarından doğan ve yapay zeka çalışmalarına konu olan üçüncü bir araştırma konusu ise, genetik algoritmalarıdır. Genetik algoritmalar (GA), doğada gözlemlenen evrimsel sürece benzer bir şekilde çalışan, arama ve eniyileme yöntemidir. Karmaşık çok boyutlu arama uzayında, en iyinin hayatta kalması ilkesine göre bütünsel en iyi çözümü arar (İşçi, Korukoğlu, 2003).

Genetik algoritma ile üretilen çözüm havuzları, nitelik ve nicelik bakımından seçkin bireyler barındırır. Bunun sebebi çözüm kümesinin birden çok olması ve seleksiyonun sayısına bağlı olarak, bireylerin istenilen düzey/amaca yaklaşmış olmasıdır. Ayrıca olasılığa dayalı seçim yöntemi ve rastlantısal olarak düzenlenen üretim süreci, zengin bir çözüm kümesi doğurmaktadır (Rosenman, 2006). Çözüme yaklaşırken tek bir noktadan değil, çoklu çözüm yönteminden yola çıkar ve daha geniş kümelerle hükmederler. Bu şekilde birbirinden bağımsız ama aynı sonucu elde etmeye çalışan çözümler arasında sonuca ulaşma olasılığı en yüksek olanı bulabilirler. Arama uzayı içinde bulunan çözümlerin her birini ayrı ayrı değerlendirirken, sonuca tek bir çözümde değil çözüm kümesinde ulaşırlar. Doğada bulunan ve evrim sürecinin bir parçası olan mutasyon, gen aktarımı, seleksiyon gibi prensiplerden yola çıkar ve eniyileme algoritmasını, uygunluk fonksiyonu ile pekiştirerek değerlendirirler. Bu şekilde nesil doğru genetik işlemciler ile yürütüldüğünde, çözüm kümesi en yüksek noktada bir araya gelecektir. Bu da algoritmayı doğru sonuca götürür. GA genellikle büyük ve karmaşık arama uzayına sahip problemlere çözüm bulmaktadır.

Genetik algoritmalar, parametrelerin kendileri ile değil, parametrelerin kodlanmış hali ile uğraşırlar. Aramaya tek bir noktada değil, bir nokta ailesinden başlarlar. Yerel bir optimum noktadan çok, topluluğun optimizasyonu ile uğraşırlar. Amaç fonksiyonunun (objective function) türevlerini ve bir takım ek bilgileri değil, doğrudan amaç fonksiyonunun kendisini kullanırlar (İşçi, Korukoğlu, 2003). Bu dört temel nokta ile klasik optimizasyon algoritmalarından ayrılan genetik algoritmalar, parametre ve sistem tanılama, kontrol sistemleri, robot uygulamaları, görüntü ve ses tanıma, mühendislik tasarımları, planlama, yapay zeka uygulamaları, uzman sistemler, fonksiyon ve kombinasyonel eniyileme problemleri, ağ tasarım problemleri, yol bulma problemleri, sosyal ve ekonomik planlama problemleri, diğer eniyileme yöntemlerinin yanında başarılı sonuçlar vermektedir (Emel, Taşkın, 2002).

3.3 Optimizasyon Teknikleri

Optimizasyon, bir problemde belirli koşullar altında mümkün olan alternatifler içinden en iyisini seçmektir (Url-5). Eniyileme teknikleri sadece bilimsel dünyaya ait problemler için çalışmazlar. Mühendislik, mimarlık, sağlık, inşaat, endüstri gibi pek çok disiplin içerisinde; telekomünikasyon, ağ ve güvenlik yönetimi, biçimsel tasarım, zaman ve iş çizelgesi oluşturulması gibi konulara, çözüm yöntemi geliştirme amacıyla kullanılırlar. Çözümü getirecek matematiksel algoritma, problemin cinsine göre kimi zaman kombinasyon, kimi zaman türev, kimi zaman ise, birinci ve ikinci dereceden denklem kurma gibi yöntemlere dayalı olarak geliştirilmektedir.

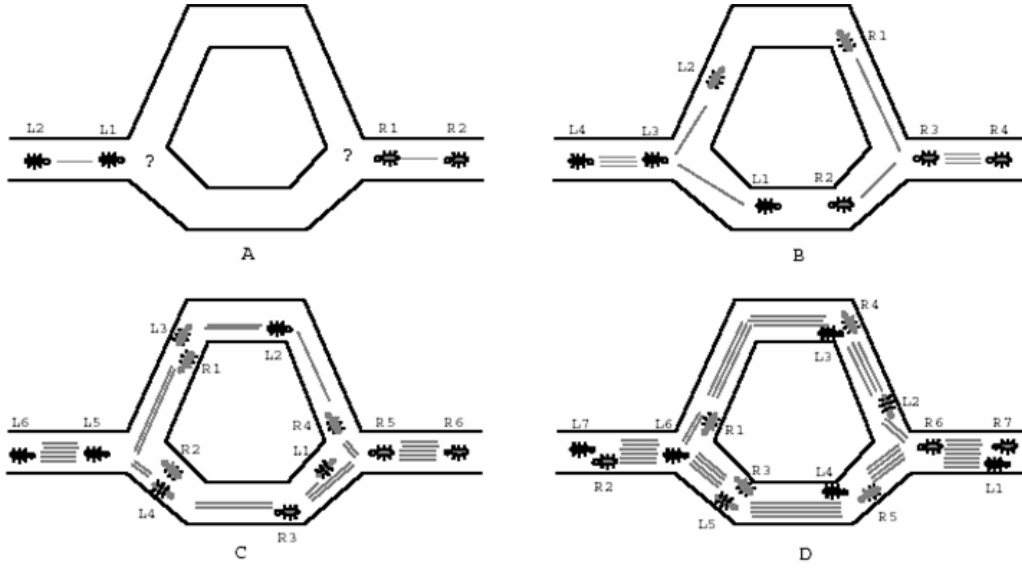
Son yıllarda, sürü zekası kavramını çıkış noktası olarak kabul eden eniyileme (optimizasyon) tekniklerinin, problem çözümlemelerinde sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Jones ve arkadaşlarına göre, sezgisel yöntemlerin popülaritesinin 1991 yılından itibaren hızlı bir şekilde artış göstermesinin nedenleri arasında da birincisi, hesaplama gücünün iyi olması ikincisi, dönüştürülebilir yönünün olmasıdır. Sezgisel yöntemlerin en büyük avantajları arasında, çözüm zamanının sayım (enumeration) tekniğine göre çok kısa olması ve her tür problem için kolay bir şekilde entegre edilebilmesidir. Dezavantajları ise, bu yöntemlerin optimum çözümü garanti etmemesi ve iyi çözüm verebilmesi için bir çok parametrenin uygun bir şekilde ayarlanması gerekliliğidir (Jones ve diğ., 2002). Bu teknikler karakteristik yapılarını; sosyal böcek kolonileri, kuş ve balık sürüleri hareketlerinden almaktadır. Bu tez kapsamında mercek altına alınacak olan sürü zekası esinli iki önemli optimizasyon tekniği ise, karınca kolonisi optimizasyonu (KKO) ve parçacık sürü optimizasyonu (PSO) teknikleridir. 1990'ların başlarında kullanılmaya başlanan KKO tekniği, kombinasyonel bir yöntem olmakla beraber, karınca kolonilerinin yiyecek arama hareketlerinden etkilenecek geliştirilmiştir. 90'ların sonuna doğru kuşların sürü hareketlerinden etkilenecek geliştirilen PSO ise tekniğin süreklilik içeren yönü ile literatürdeki yerini almıştır.

Günümüzde yapay zeka uygulamalarının artması, eniyileme tekniklerine farklı bakış açıları sunmaktadır. Bu tekniklerin çoğuna büyük esin kaynağı olan biyoloji, içinde bulunan matematiksel zeka ve doğal gelişim yöntemleri ile, uygulamalarda sıkça kullanılmaktadır. Biyolojide önemli bir yer kaplayan sürü zekası kavramı çoklu etmen davranış sistemleri ile soyutlanarak yapay zeka diline dönüştürülmekte ve

karmaşık görevlere dayanışmaya dayalı çözümler getirmektedir. Kendi kendine organize olabilen sürüler koordinasyon zekalarını belli bir merkezden değil, bölgesel bilgi kümelerinden sağlarlar. Bu şekilde toplu aktivitelerini şekillendirirken sezgisel bir yaklaşım izlerler.

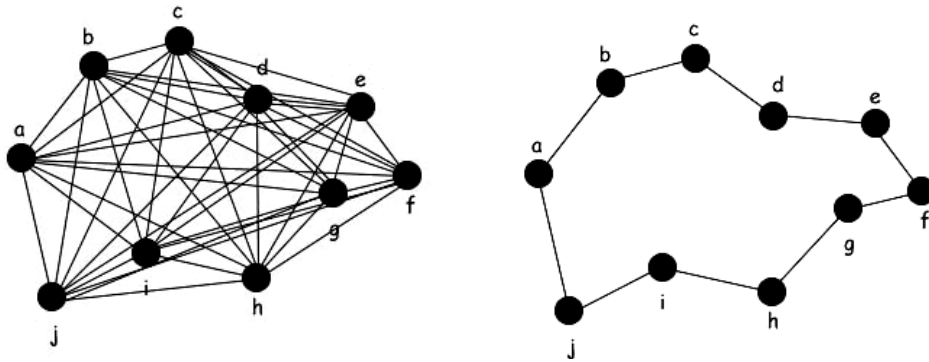
3.3.1 Karınca Kolonisi Optimizasyonu

Sosyal böcekler içinde belki de gelecek çalışmalarına en çok ilham kaynağı olan karınca kolonileri, bireysel davranışlar üzerine odaklanmaktan çok sürünün hayatta kalması için gerekli olan hedefler doğrultusunda yönetilen sistemler geliştirmişlerdir. KKO, sürü zekası kavramı kapsamında tartışılan ve karınca kolonilerinin yiyecek kaynağı ile yuvaları arasındaki en kısa yolu bulmayı hedef edinerek geliştirdikleri davranışlardan etkilenecek sunulmuş ilk tekniklerden biri olarak kabul edilmektedir. KKO tekniğinin merkezinde yatan mantık, rastgele hareket eden topluluk içindeki dolaylı yoldan iletişim sürecinin taklididir. Bu teknikte, karıncalar tarafından çevre üzerinden etkileşimi sağlamak amacıyla bırakılan feromon izleri, iletişimi gerçekleştirmektedir. Bu konu ile ilgili bir yaklaşım olan “Double Bridge Experiment” karıncaların kısa yolu seçme biçimlerinin en net anlatımıdır. Bu süreçte karıncalar bir karar noktasına geldiklerinde karıncalar iki yoldan birini rastlantısal olarak seçerler. Karıncalar sabit bir hızda yürüdükleri için kısa olan yolu seçen karıncalar turlarını daha çabuk bitirmeye başlarlar ve bir sonraki karar noktasına daha çabuk ulaşırlar. Buharlaşma faktörü gözönüne alındığında, kısa olan yolda feromon birikmesi daha fazla olur ve yuva ile yem arasında yer alan en uygun yol bulunmuş olur (Şekil 3.7). Feromon, Yunanca "Hormon Taşıyan" anlamına gelmektedir. Hormonlardan farklı olarak hücre dışına salgılanır ve davranışların kontrolünde rol oynar. İlk olarak, 1956 yılında ipek böceklerinde bulunan bu salgı ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmalar sonucunda, pek çok feromon türü belirlenmiştir. En çok bilinen feromonlar; uyarı feromonları, eşeyssel feromonlar, iz feromonları ve uyarı feromonlarıdır (Url-1). Karıncalar, bırakılan feromonları koklayarak yoğunluğun fazla olduğu yer konusunda olasılığa dayalı bir tercih belirtmektedirler. Belli bir süre sonunda en iyi tercih koloni içine yayılarak kabul görmektedir.



Şekil 3.7: Karınca kolonilerinde eniyileme süreci örneği (Alaykırab, Engin, 2004).

1990'ların başlarında, Marc Dorigo ve arkadaşlarının KKO algoritmasını ilk kez bilim dünyasına tanıtmaları ile beraber yenilenme süreci hemen başlamıştır. Geliştirdikleri bu algoritmaya karınca sistemi adını vererek, çeşitli ölçeklerdeki GSP (Gezgin Satıcı Problemi) üzerinde uygulamışlardır. GSP problemi bir kişinin, verilen şehirler üzerinden sadece bir kez geçmek şartıyla, tüm şehirleri dolaşarak en kısa turu bulmasını amaç edinen bir NP-Hard problemidir. Bir çok tur ihtimali bulunmaktadır ve çıkacak sonuç şehir sayısının faktöriyel değeri içindedir (Şekil 3.8).



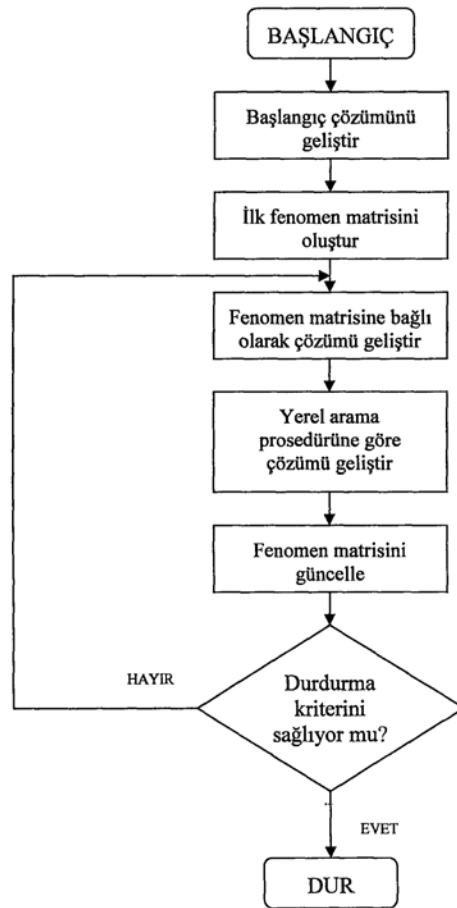
Şekil 3.8: Örnek bir GSP ve çözümü (Aydın, Uğur, 1999).

Karınca kolonisi sistemi içinde dikkate alınması gereken iki parametre vardır. Bunlardan birincisi, feromon buharlaşma mekanizmasıdır. Bu şekilde işe yaramayan değerlerin sistemden atılması sağlanırken, çözümler en iyiye götürülmektedir. Buharlaşma, algoritmanın vazgeçilmez bir unsurudur ve arama uzayındaki rastgeleliğin getirebileceği hatalı değerlerin önüne geçmek için kullanılmaktadır. Dikkat edilmesi gereken ikinci parametre ise karınca sayısıdır. Sayının çok olması en

iyiyi sonucun altına götürürken, az olması ise buharlaşma mekanizmasının izler üzerinde kurabileceği bir hakimiyete dönüşerek organizasyon yapısının kaybına sebebiyet vermektedir. Bu bakımdan Dorigo, karınca sayısının şehirlere eşit olmasını ve karıncaların başlangıçta rastgele şehirlere dağıtılmalarını uygun bulmuştur. Bu sistem, 75 şehrin ve altı için kabul edilen küçük ölçeklerde başarılı olurken, büyük ölçeklerde istenilen sonuca ulaşamamıştır. Sistem feromon depolanma tipine göre, Ant-Cycle, Ant- Density ve Ant-Quantity olmak üzere üç farklı algoritma olarak incelenmiştir. Ant-Cycle algoritmasında, feromon her karınca turunun sonunda, o karıncanın turu üzerindeki kenar uzunluklarıyla ters orantılı olarak depolanırken, diğer iki algoritmada ise feromon yolu, karınca bir noktadan diğer bir noktaya geçtikçe güncellenmektedir. Bu üç çalışmanın sonucunda, Ant- Cycle algoritmasının daha başarılı sonuçlar verdiği ortaya çıkmış ve bu tarihten itibaren bu karar üzerinden hareket edilmiştir (Aydın, Uğur, 1999).

1994 senesinde sistem, atölye tipi çizelgeleme problemleri için denenmiştir. Ancak bu yaklaşımda yalnızca küçük boyutlu problemlerde başarı sağlanabilmiştir. Sonrasında, 1996 yılında Dorigo tarafından geliştirilen “Elitist Strateji” ve “Karınca Kolonisi Sistemi” ise daha büyük çaplı problemlere çözüm bularak literatürdeki yerlerini almışlardır. Karınca kolonisi sistemi algoritmasında, aramaya en iyi sonucun komşularında yoğunlaşmaktadır. Çalışma mekanizmasını güçlendirmek için sadece en iyi karıncalara feromon bırakılması ve bir yerden bir yere gidilirken pseudo-random orantı kuralının kullanılması da sisteme güç katmaktadır. 1997 senesine gelindiğinde; Hoos ve Stutzle feromon izini maksimum ve minimum aralıklarda sınırlayan, Min-Max Karınca Sistemi adında bir algoritma önermişlerdir. Yine aynı sene algoritma; Gambardella ve Dorigo tarafından ardışık sıralama problemlerinde, Kuntz tarafından bölme problemlerinde, Schoonderwoerd tarafından da telekomünikasyon ağı problemlerinde kullanılmıştır. 1997 senesinde Taillard ve Gambardella tarafından temeli atılan, kareli atama problemi için geliştirilmiş melez karınca kolonisi sistemi ise yerel arama prosedürlerinin kullanımı ile beraber daha büyük çapta problemlere çözüm bulmaya başlamıştır. 1999 yılına gelindiğinde; Bullnheimer, Hartl ve Stauss, ASRank adını verdikleri Elitist Strateji’nin gelişmiş versiyonunu yaratmışlardır. 2001 yılında McMullen bu algoritmayı üretim sıralama problemlerinin çözümünde kullanırken, 2002 senesinde T’kindt ve arkadaşları çizelgeleme, Lee ve arkadaşları silah-hedef atama, Eggers ve arkadaşları ise klavye

düzenleme problemlerinde kullanmışlardır. 1994 senesinde tesis yerleşimi problemi çözüm arayışı ile ortaya çıkan kareli atama yöntemi daha sonra 2001 senesinde Talbi ve arkadaşları tarafından tekrar ele alınmıştır. 2003 yılına gelindiğinde, Solimanpur ve arkadaşları esnek imalat sistemlerinde tek sıralı tesis yerleşim modelini önererek başarılı sonuçlar elde ederken, 2005 senesinden günümüze kadar olan süreçte ise sistem, “protein folding” genetik çözümlemelerinde kullanılmaktadır. En bilinen kombinasyonel eniyileme çözüm yöntemlerinden biri olan karınca kolonisi optimizasyonu mantığı, aynı düzenek üzerinde kurulu çok çeşitli algoritmalarla farklı problemlere çözüm getirmektedir (Şekil 3.9). Genetik algoritmalar; benzetilmiş tavlama, tabu araştırma, yapay bağışıklık sistemi ve parçacık sürü optimizasyonu gibi rakiplerine rağmen, pek çok alanda verdiği başarılı sonuçlar ile sıklıkla tercih edilmektedir.



Şekil 3.9: Karınca algoritması genel akış şeması (Toksarı, 2004).

Popüler karınca algoritmalarından biri olan orantılı pseudo-random kuralı örnek formülasyon yapısı aşağıdaki şekildedir (Url-1);

Kenar seçimi: Karıncaların i noktasından j noktasına hareket etme olasılığı **(3.1)**;

$$\rho_{i+j} \frac{(\tau_{i,j}^{\alpha})(\eta_{i,j}^{\beta})}{\sum(\tau_{i,j}^{\alpha})(\eta_{i,j}^{\beta})} \quad (3.1)$$

iken;

$\tau_{i,j}$ i,j kenarlarındaki feromon miktarını,

α $\tau_{i,j}$ etkileşimini kontrol eden parametreyi,

$\eta_{i,j}$ i,j kenarlarındaki çekiciliği,

β $\eta_{i,j}$ etkileşimini kontrol eden parametre değerini ifade etmektedir.

Feromon güncelleştirilmesi (buharlaşma) **(3.2)**:

$$\tau_{i,j} = 1 - \rho\tau_{i,j} + \Delta\tau_{i,j} \quad (3.2)$$

iken

$\tau_{i,j}$ i,j kenarlarındaki feromon miktarını,

ρ feromon buharlaşma miktarını ifade etmektedir.

Feromon biriktirilmesi **(3.3)**:

$$\Delta\tau_{i+j}^k = 1/L_k \quad (3.3)$$

iken;

$\Delta\tau_{i,j}$ biriktirilen feromon miktarını,

L_k genel anlamda yolun uzunluğunu ifade etmektedir.

Karınca k i, j kenarında geziyorsa geçerlidir, diğer tüm durumlar için '0' kabul edilir.

EAS, MMAS, orantılı pseudo-random kuralı, ACS, RAS, HCF ve COAC gibi popüler algoritmalar eşliğinde gerçekleştirilen eniyileme çözümlemelerinin hepsinde, gelecek çalışmalarında kullanılmak üzere işlenilmeyi bekleyen detaylar mevcuttur. Bu detayları yakalamak ve istenilen amaç doğrultusunda yönlendirmek ise, sezgisel ve deneysel atılımlar sonucunda edinilecek; öğrenme, çözüme ulaşma ve keşfetme yetilerinin en iyiyi kavrayacak duruma gelmesiyle gerçekleşecektir.

3.3.2. Parçacık Sürü Optimizasyonu

İlk olarak, 1995 ve 1996 yıllarında Kennedy ve Eberhart tarafından geliştirilen ve popülasyon temelli sezgisel yöntemlerden biri olan Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO); kuş ve balık sürülerinin sosyal davranışlarından etkilenecek geliştirilen yeni bir eniyileme yöntemidir (Eberhard, Kennedy, 1995). Genetik algoritmalarla benzerlik gösteren PSO tekniğinde algoritma rastgele c z mlerden oluşmuş bir sürünün optimum değeri arama süreci üzerinde kuruludur. Ancak, genetik algoritmalarda olduğu gibi; c prazlama ve mutasyon operatörü içermezler. Bilgi paylaşımını esas hedef kabul ederek c alışan sistem, popülasyonun belirlediği nesil sayısından sonra arama yapmaktadır. Her birey (parçacık), c z m uzayında bulunan değerler eşliğinde optimum değere ulaşmaya c alışır. Bu s rec , doğada kuş sürülerinin havadaki hareketlerine benzetilmektedir. S r ler, parçacıkların bir araya gelmesiyle oluşturulur ve önceki deneyimlerine dayanarak konumunu belirler.

Tekniğin, 1995 senesinde Eberhart and Kennedy tarafından ilk kez uygulanmasının ardından bilgisayar bilimleri ve mühendislik alanındaki c ok c eşitli problemlerde, 1998 senesinde Shi ve Eberhart, 1999'da Sugantha ve Clerck, 2001 senesinde ise Kennedy tarafından başarıyla uygulanmıştır. Bu yaklaşımların sonrasında literatür gelişimi sırasıyla; 2000-2002 yılları arasında Yoshida ve Abido tarafından g c ve voltaj kontrolü, Van den Bergh tarafından sinir ağları (neural network) eğitimi, Brandstatter ve Baumgartner tarafından kütle-yay sistemi, 2003 yılında Salman ve arkadaşları tarafından iş atama problemi, Tasgetiren ve Liang tarafından sipariş miktarı belirleme (lot sizing) problemi, Yeh tarafından tedarik seçimi ve sıralama problemleri, 2004 senesinde Tasgetiren ve arkadaşları akış tipi c izelgeleme problemleri, ek makine toplam pozitif gecikme problemi ve 2006 senesinde ise Allahverdi ve Al-Anzi tarafından geliştirilen zamanlama problemleri c z mlmeleri üzerine olmuştur. Bu yaklaşımların dışında; TSP, biyoinformatik, PID kontrolü, kat planlaması, elektromanyetik uygulamalar, dinamik problemleri, c oklu obje problemleri, kümelenme analizleri, dijital tasarım ve biyomedikal görsel tescili gibi pek c ok alandaki kombinasyonel problemlerin c z mllerinde uygulanmaktadır.

PSO bireysel sürü parçacıklarının hepsi, kendilerini ya en iyiye ya da c z me ulaşmaya en yakın sayılabilecek verilerin ulaştırma peşindedirler. Bu amaçlar ilerlerken, komşu parçacıklara olan konumlarını c evre üzerinden yayınlılar.

Yayınlanan bu bilgiler; parçacık hızını, komşuya göre konumunu, sonuca ulaşmak için şimdiye kadar bulunulan en iyi noktayı deşifre etmektedir. Algoritma iterasyona uğradıkça, jenerasyonlar yüksek kalitede sonuca yaklaşırlar. Bu durum ise yapay yaşam modelleri ile bağları kuvvetlendirmektedir. Daha önce sürü hareketleri kapsamında geniş çaplı olarak bahsedilen Reynolds'ın Boids modeli, PSO dinamiklerinin temeli olarak kabul edilmektedir. PSO komşuluk ilişkileri, bireysel parçacık kullanımı ve her parçacığa aynı kuralların uygulanması açısından da hücresele özdevinime benzerlik gösterir.

Mekanizmanın senaryosu, kuşların uçuş hareketlerinden esinlenerek yaratılmıştır. Amaç kuşların yiyecek arayışını en iyi sonuca götürebilmektir. Arama sürecinde varolan besin kaynağının yeri kuşlarca bilinmemektedir. Ancak mevcut koordinatlara göre hedefe ne kadar uzaklıkta olduklarının bilgisi işlenmektedir. Buna bağlı olarak, en uygun hareketi yapabilmek üzerine bir strateji geliştirilmiştir ve bu PSO tekniğinin genel kriterlerini oluşturmaktadır. Optimizasyondaki her kuş parçacığı ve her parçacık, çözüm uzayındaki bir çözümü temsil etmektedir. Çözüme gitmeye çalışan parçacıkların belirli bir uygunluk değeri ve vektörel hızları vardır. Bu sistemde hız, bir sonraki konumun belirlenmesinde önem teşkil etmektedir. Algoritmanın başlangıcında oluşturulan başlangıç popülasyonu rastgele hareket ederek eniyilemeye başlar. Tekrar gerçekleştikçe, parçacık bilgi güncellemeleri iki parametreye bağlı olarak değişiklik gösterir;

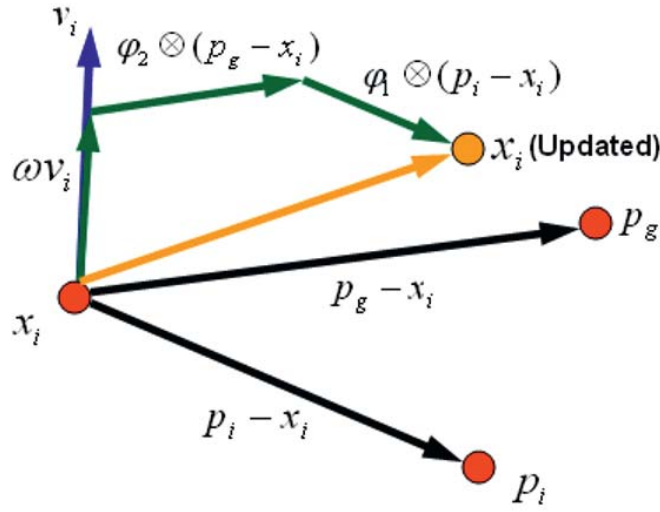
pBest – Parçacığın bulunduğu en iyi konumu,

gBest – Sürü içindeki parçacıklar içinde en iyinin bulunduğu konumu temsil eder.

Sürüde bulunan tüm parçacıklar bu iki değer doğrultusunda en iyi pozisyona ulaşmak amacıyla iterasyona uğrarlar. Parçacık hızının (v), pozisyonunun (p), öğrenme faktörlerinin (c₁) (c₂), atalet faktörünün (w) ve iterasyon sayısının (t) olduğu bir denklemde; hız ve pozisyon aşağıdaki denklem doğrultusunda güncellenmektedir. Bu denklemde r₁ ve r₂ [0,1] aralığına ait rasgele sayılardır **(3.4)**.

$$\begin{aligned} v_{t+1} &= wv_t + c_1r_1(pbest - p_t) + c_2r_2(gbest - p_t) \\ p_{t+1} &= p_t + v_{t+1} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Merkle ve Blum, algoritmayı oluşturan formüllerin görsel değerler kazanma aşamasında sunacağı vektörel gelişim şemasını şekildeki gibi değerlendirmişlerdir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: PSO bileşenlerinin vektörel gösterimi (Merkle, Blum, 2008).

Kennedy ve Eberhart'ın gbest modeline göre, PSO algoritması Pseudo Kodu aşağıdaki şekildedir (Kennedy ve diğ., 2001).

Begin

Başlangıç parametrelerini ata

Başlangıç popülasyonunu oluştur

Her bir parçacık için

Uygunluk değerini hesapla

pBest'i bul

gBest'i bul

Do

Her bir parçacık için

denkleme göre parçacık hızını hesapla

denkleme göre parçacık pozisyonunu hesapla

Uygunluk değerini hesapla

pBest'i güncelle

gBest'i güncelle

w değerini güncelle

While Durdurma Kriteri

End

PSO yönteminin optimizasyon problemlerine uyarlanmasında parametrelerin kontrolü çok önemlidir. Çözümün gösterimi ve uygunluk fonksiyonu tanımlarının

yapılması için gerekli parametrik değerlerin, belli oluşum kriterleri mevcuttur. Bu algorithmada parçacıkların reel sayı olarak tanımlanması avantaj teşkil ederken, parametre sayısının çok olması kimi zaman sistemin dezavantajı olmaktadır. Bir PSO algoritmasında kullanılması gereken parametreler ve açıklamaları aşağıdaki şekildedir (Tozan, 2007).

Başlangıç parçacık miktarı: Genel olarak 20–40 arasında seçilen miktarda parçacıkla başlanılır. Bu miktar problemin büyüklüğüne göre daha düşük ya da yüksek miktarlardan seçilmelidir.

Parçacıkların boyutu: Probleme bağlı değişkenlik gösterir. Optimize edilecek fonksiyon kaç boyutlu ise parçacıkların boyutları da bu miktarda olacaktır.

Parçacıkların değer aralığı (range): Probleme bağlı değişkenlik gösterir. Optimize edilecek değişkenlerin değer aralığını belirtir.

Vmax: Bir parçacığın alabileceği maksimum hız aralık değeridir.

Öğrenme Faktörleri (c1 ve c2): Genel olarak 2 seçilirler. Ancak bu değerler [0,4] aralığında değişebilmektedir.

Durdurma Kriteri: Süre kastedilmektedir. Maksimum sayıdaki iterasyon, belirli bir adım sayısından gBest değerinin değişmemesi, belirli sayıda uygunluk fonksiyonunun hesaplanması gibi kriterler durdurma kriteri olarak seçilebilir.

Atalet Faktörü (w) ve Azalma Katsayısı (k): Eski hız bilgisinin yeni hız bilgisine, azalma katsayısı etkisiyle dönüşümünü ayarlayan parametredir. “w” değeri her iterasyonda aşağıdaki şekilde güncellenir (3.5).

$$\omega_{t+1} = \omega_t k \quad (3.5)$$

Parçacık sürü optimizasyonu, yeni bir biyolojik popülasyon tabanlı sezgisel bir eniyileme yöntemi olarak, çok geniş uygulama alanlarına hitap etmektedir. Basit olduğu kadar zor matematiksel problemlerin de çözüme kavuşmasına yardımcı olurken, sıklıkla kısa süre aralıklarında sonuca ulaşır. Sosyal öğretinin bireysel deneyime indirgenmesi yoluyla çalışan PSO, geniş çözüm kümelerinde etkili sonuçlar vermektedir.

4. KAMPÜS TASARIMINDA SOSYAL ETKİLEŞİMİN ROLÜ

Kampüsler, entellektüel bir ortam sağlamak amacıyla farklı insanları ve onlara ait düşünceleri belli sınırlar içinde bir araya getirerek, sosyal alışverişe zemin sağlamak amacıyla kurulmuş üniversite kentleridir. Bireyin kendi karakterini topluluk içinde sunarak bütünleşmesi yoluyla gerçekleşen sosyalleşme kavramının, kampüs yaşamında çok önemli bir rolü vardır. Düşüncelerin özgürce sunulabildiği bir platform olarak kabul gören üniversiteler, gerek akademik gerekse sosyal boyuttaki kazanımlarının çevreye aktarımını en yüksek düzeyde tutmayı amaçlamaktadırlar. Kampüs yaşamında; deneysel, bilimsel, sanatsal ve sosyal yaklaşımlardan elde edilen bilgi ve becerilerin teorik açıdan tartışılmasıyla başlayan paylaşım süreci, öğretmen ve öğrencilerin yaşam içindeki kazanımlarını çevreye aktarmaları ile devam etmektedir. Bu süreç içerisindeki paylaşım payını arttırmak amacıyla, bireylerin daha çok bir arada vakit geçirebileceği etkileşimli zeminler yaratmak gerekmektedir. Bu konuyla ilgili araştırmalar yapan, sosyal etkileşim kavramının, kendine ait bir mantık ve yapıyı barındırarak bireyin kendini topluma tanımlamasına yardımcı olduğunu belirten Goffman, teorisinin kaynağının etkileşim yoluyla sosyalleşmeden doğduğunu bildirmektedir (Goffman, 1959).

Binalar ve açık alanlardan oluşan fiziksel çevrenin kalitesi, karakteri ve bütünlüğü de en az diğer kriterler kadar sosyal kampüs ortamının oluşumunda etkilidir. Kampüs tasarım kavramsalı oluşturulurken, ortamda yer alan elemanların hepsinin bütünü koruyacak şekilde etkileşmesi, çevreye yayılacak iletişim zenginliğinin de artırılmasına yardımcı olmaktadır. Kampüs içi açık ve kapalı alan dağılımlarının sosyalleşme fırsatlarını en üst düzeyde tutacak şekilde yapılandırılmasının yanında, ulaşılabilir ve gözlemlenebilir olması da entelektüel bir çevre yaratılması açısından önemlidir. Özel ve genel alan dengelerinin iyi yapılarak, kavramsal kampüs tasarım prensipleri ile bir arada sunulması ile gerçekleştirilecek projelerde, sosyal etkileşim kavramının artırılması açısından önem teşkil ederek bu tez kapsamında irdelenecek asıl kriter ise, kampüs kullanıcı davranışlarının tasarıma etkisidir.

4.1 Kampüs Kavramı

Kampüsler, esas olarak işlevleri; eğitim-öğretim, araştırma ve uygulama olan, kullanıcıları için gerekli yaşam koşullarını (barınma, eğlence, alışveriş, spor, sağlık ve rekreasyon) sağlayan, kendi kendilerine yeterli üniversite kentleri olarak tanımlanmaktadır (Türeyen, 2002).

19. yüzyıldan başlayarak çeşitli gereksinimler sebebiyle kent dışlarına doğru kayan üniversite kampüsleri, ihtiyaçlarını kendi içlerinde çözebilecek çok fonksiyonlu karmaşık yapılar geliştirmişlerdir. Genellikle kavramsal tasarımın ilerleyiş süreci, yer seçimlerinin işlevlerle bir araya gelerek planlanmasının ardından, uygun görülen kampüs yerleşim modeli üzerinde uygulanması şeklinde gerçekleşmektedir. Üniversite kampüs yerleşim modelleri altı tip olarak kabul görmektedir (Linde, 1971).

1. Moleküler tip yerleşim
2. Yaygın tip yerleşim
3. Lineer tip yerleşim
4. Ağ tipi yerleşim
5. Haç tipi yerleşim
6. Merkezi tip yerleşim.

Ayrıca, yukarıda sayılan kampüs yerleşim modelleri üzerinde uygulanarak büyüme sağlamak amacıyla geliştirilen dört farklı model mevcuttur (Karaaslan, 1979).

1. Kendiliğinden büyüme
2. Lineer (doğrusal) büyüme
3. Tek merkezli büyüme
4. Moleküler büyüme

Atina'da 1933 senesinde yapılan, CIAM (Congres Internationaux d'Architecture Moderne) toplantısında alınan kararlar doğrultusunda üniversite kentini oluşturan dört ana işlev; akademik bölge, barınma bölgesi, ortak kullanım alanları ve ulaşım düzeni olarak sınıflandırılmıştır. Bu yaklaşımdan yola çıkarak bölgelere ayrılan kampüsler, genellikle ulaşım işlevini ayrı bir kategori şeklinde düşünerek, diğer üç işlevden farklı bir organizasyon tekniği ile konseptlerini oluşturmaktadırlar.

Sosyal kampüs tasarım aşamasında gözden kaçmaması gereken bir diğer nokta ise, merkezlerin birbirlerine uzaklığı ve buna bağlı değişkenlik gösteren etkileşim göstergeleridir. Yapılan araştırmalara göre, insanlar için maksimum elverişli yürüme zamanı 30 dakika iken, normal bir yetişkinin yürüme hızı kişiden kişiye değişiklik göstermekle beraber, yaklaşık 4km/h kabul edilmektedir. Bunun dışında kentler için kabul gören ancak üniversite kentleri içinde geçerli olan bir başka kriter ise, yaya ulaşımı ile en uzak mesafeye yorulmadan, rahat ve hızlı, yani kabul edilebilir bir zaman sürecinde (yaklaşık olarak 12 dakika) yürünebildiğidir. Üstelik yaya olarak gezinti yapıldığı sırada, etraftaki diğer yayalar, meydanlar, vb. gibi kenti oluşturan pek çok öge ile olumlu ilişkiler kurulabilir (Kortan, 1981). Bu bakımdan sosyal etkileşimi yüksek üniversite yerleşkelerinin planlanmasında, yukarıda saydığımız matematiksel değerler de tasarıma katkı sağlayacaktır.

4.2 Kampüs Tasarım Prensiplerinde Etkileşimin Değerlendirilmesi

Kampüsler sosyal etkileşimin gerçekleştiği toplanma alanlarıdır ve bu yönleri gözönüne alınarak tasarlanmalıdır. Yeterli sayıda ve uygun nitelikte toplanma alanları ve merkez düğüm noktaları olmadığı takdirde, tatmin edici bir sosyalleşme ortamının oluşturulması imkansızdır. Bireylerin kendilerini ifade edebilecekleri kaçış noktalarının olması, onları topluluk içine çekerek alışverişi arttıracaktır. Kişiler birbirleriyle her iletişim kurduklarında etkileşerek, kendilerini temsil ederek karşı tarafın kendilerini ve durumu tanımlamalarına yardımcı olurlar (Cahill, 2001). Bu temsilden doğan etkileşim, karşı tarafa verilen ve ondan alınan cevaptır. Bu şekilde komünel yaşamın bir parçası olan birey psikolojik açıdan aidiyetini hissederek kendini yeniden yapılandırır. Tüm bu sistemin gerçekleşmesi içinse tasarım gerekliliklerini bu bağlamda irdelemek gerekmektedir. Bu tez kapsamında; kullanıcı gruplarının belirlenmesi, ana bölge ve işlevlerin belirlenmesi, bölgeler arası ilişkilerin kurgulanması ve erişebilirlik kriterinin uygulanması olarak dört ana tasarım prensibi tartışılacaktır.

4.2.1 Kullanıcı Gruplarının Belirlenmesi

Kavramsal kampüs tasarımına başlarken atılması gereken ilk adım olarak, kullanıcı gruplarının belirlenmesinden bahsedilebilir. Çünkü sosyal etkileşim için gerekli olan kriterlerin sağlanabilmesi amacıyla kullanıcı profillerinin ve buna bağlı gelişebilecek

davranış biçimlerinin çok iyi bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Kampüslerin temel kullanıcıları; öğrenciler, akademik personel (öğretmenler ve yöneticiler), teknik personel olmak üzere üç grupta toplanabilir. Ancak kampüslerin nüfus çoğunluğunu kuşkusuz öğrenciler oluşturmaktadır ve bu bakımdan öğrencilerin alt kültürlerini tanımlayarak tasarıma yansıtmak sosyal etkileşim açısından önemlidir. Zengel bu alt kültürleri dört ana kategoride toplamıştır (Zengel, 1998).

- 1) Üniversiteye ait kültür: Rekreasyon alanlarından faydalanan ve dernek toplantılarına katılan öğrencilerin oluşturduğu kültürdür.
- 2) Akademik hayat kültürü: Öğrenci merkezi, kütüphane, laboratuvar ve seminer odaları gibi alanları kullanan öğrencilerin oluşturduğu kültürdür.
- 3) Mesleki hayat kültürü: Çalışma hayatına yönelik yeteneği kazanmak ve ön beklentileri karşılamak ile ilgili çalışan öğrencilerin oluşturduğu kültürdür.
- 4) Topluma ayak uydurmama kültürü: Kampüslerin küçük bir kısmını oluştururlar. Bir kısmı edebiyat ya da siyasi konularda tepkiliyken, bir kısmı da duygusal açıdan problem yaşamaktadır. Bu tür kültüre sahip öğrenciler için; açık, yarı açık ve kapalı alan ilişkilerine çeşitlilik getirmektedir.

4.2.2 Ana Bölge ve İşlevlerin Belirlenmesi

Kampüslerin değişik işlevleri barındıran komplekslerden oluşması ve bu işlevler arası ilişkilerin aralıksız sürdürülebilmesi, ancak kampüslerin sistematik bir düzen içinde ele alınması ile gerçekleşebilir (Erkman, 1990). Bu konuyla ilgili yapılan ilk çalışma olan ve 1933 senesinde yapılan CIAM toplantısında belirlenen kampüs alanı ana işlevleri daha sonra Türeyen tarafından aşağıdaki şekilde bölgelere ayrılmıştır. Bunlar;

- Akademik bölge
- İdari bölge
- Dinlenme ve rekreasyon bölgesi
- Barınma bölgesidir (Türeyen 2002).

Belirlenen bu bölgeler, kampüs kavramsal tasarım kriterlerinin oluşturulmasında etkilidirler. Bölgeye bağlı değişkenlik gösteren kullanıcı grupları, temel fonksiyonlar, popülerlik, bölgenin yerleşke içinde kapladığı alan gibi kavramlar, belirlenen kriterler ile beraber düşünülerek sosyal etkileşim alanlarının belirgin hale getirilmesi sağlanabilir.

Bu dört bölgeden en kalabalığı olan akademik bölgede, yoğunluk sebebiyle sert zemin alanının yeşil alandan daha fazla olması beklenmektedir. Bölge içerisinde; bölüm binaları, amfitiyatrolar, laboratuvarlar, kütüphane, ortak kullanım alanları olarak meydanlar ve otoparklar bulunabilir. Ayrıca, aydınlatma, bank, çöp kutusu ve ilan panosu gibi donatı elemanlarının sayıca en fazla olması gereken bölgedir. Yönlendirme ve mekanları sosyalleşmeye yönelik cazip birimler haline getirmek için çeşitli peyzaj çalışmaları yapmak ve gölgelik alanların yaratılması önemlidir. Genellikle ana girişte; idari bölge, dekanlık- rektörlük binaları, konferans salonları, teknik işler ve inşaat daire başkanlıkları, meydanlar ve otoparklar yer almaktadır. Kampüs nüfusunun onda birlik kısmını oluşturduğu varsayılan bölgenin kullanım yoğunluğu düşüktür. Bu sebeple sert zeminlerin kapladığı alanı ortalamada tutmak yeterli sayılmaktadır. Bölge içerisinde protokol yaya ve araç yollarının bulunması, güvenliğin en üst düzeyde tutulması gerekmektedir. Bu bakımdan aydınlatma elemanlarının sayıca fazla olması önemlidir. Diğer bölgeler içinde dağılarak en çok alan kaplayan dinlenme ve rekreasyon bölgesi içerisinde kapalı ve açık spor alanları, yürüyüş ve bisiklet parkurları, tiyatro, sinema ve dans kulüpleri, geniş çayırıklar, alışveriş imkanı sağlayan birimler, yemekhane, kafeterya gibi kullanıcıların boş vakitlerinde kullanacakları birimler bulunabilmektedir. Kullanıcı yoğunluğu çok olmakla beraber kullanım açısından yeşil alanların sert zeminden fazla olması önemlidir. Yerleşim olarak akademik bölgenin yakınlarında yer alabilir ve gelişim alanı olarak düşünülebilir. Bu bakımdan yerleşim ve peyzajın ileriye dönük yapılmasına dikkat edilmelidir. Kampüs içerisinde ayrı bir alanda yer kaplayan barınma bölgesi içerisinde; yurtlar, yurtlara hizmet eden rekreasyonel birimler ve otoparklar bulunabilmektedir. Kullanıcı sayısına göre kapladığı alan değişiklik gösterebilmektedir. Kendi içinde bağımsız olarak çalışması gereken bölgenin; akademik, ortak kullanım, merkezi yönetim, sosyo-kültürel faaliyetler, konaklama, spor faaliyetleri ve destek gibi işlevsel birimlerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin bütünüleyici olması önem teşkil etmektedir (Erçevik, 2008).

4.2.3 Bölgeler Arası İlişkilerin Kurgulanması

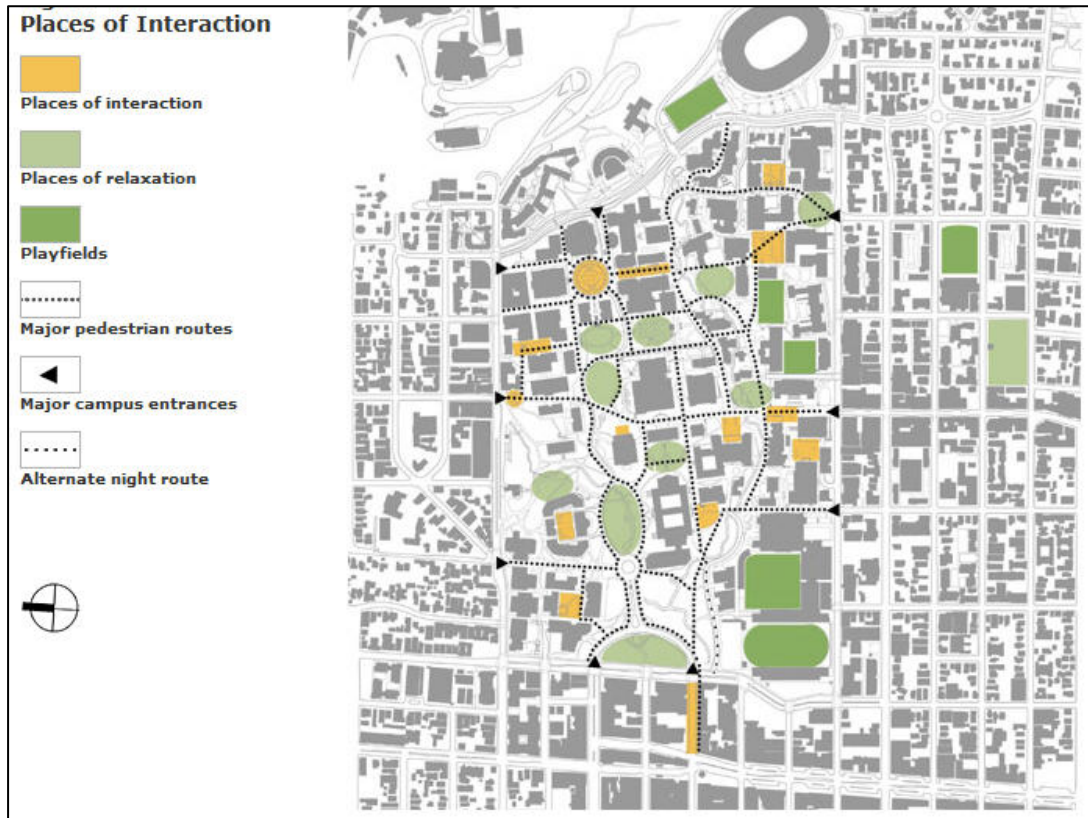
Kampüs içi fiziksel çevrenin başarılı bir şekilde tasarlanması ile bireyler arasındaki sosyal etkileşimin artırılması amacıyla yürütülen kullanıcı gruplarının ve işlevlerin belirlenmesi gibi ilk iki adımın sonrasında, bu bilgilerin birbirleri ile ilişkilerinin kurgulanarak üniversite yerleşkesine yansıtılması iletişimin sağlanması açısından çok

Disiplinler arası ilişkiler kampüs içi günlük davranışların dışında çalışarak yeni alanlar yaratır ve farklı kullanımların gelişmesine yardımcı olurlar. Bu şekilde mevcut kampüse eklenen alanlar sayesinde geliştirilen çevresel ilişkiler ile sosyalleşme alanları merkez olmaktan çıkarak birimler arası geçiş unsuru olmaktadır. Bu yaklaşım özellikle kampüs büyüme modellerinin seçiminde etkilidir.

Sosyal etkileşimli kampüs tasarım yaklaşımı olarak kendini eleştiren örneklerden biri olan Berkeley Üniversitesi, kampüs yerleşim prensiplerinde yer alan mekanlar arası geçiş kurgusundaki etkileşim eksikliğini, yerleşkedeki bölgelerin karanlık ve güvenliksiz hale gelmesi sonrasında farketmiştir. Sonrasında etkileşim için tasarım yaklaşımından yola çıkarak bütünleşik bir yapının elde edilmesi hedef alınmış, bunun için de kampüs için neler yapılabileceğinin incelemesine girerek bu tarz yaklaşımlar için örnek olmuştur. Genel olarak yapılan incelemede mekanların hepsinin gerek peyzaj, gerekse donatılar açısından zengin olduğu; ancak aktivitelerin bina ya da çevreyle herhangi bir görsel bağlantıya sahip olmadığının farkına varılmıştır. Kullanıcıların talepleri doğrultusunda arttırılmasını uygun buldukları etkileşim ve bilgi paylaşımını teknik kararlarla destekleyerek, mevcut mekan kullanımlarına değer kazandırmayı amaçlamışlardır. Mevcut plan doğrultusunda alınan kararlara göre;

- * aktiviteler daha önceden sosyal alan kabul edilen bölgeler üzerine çekilmek yerine, etkileşim alanları kampüs aktivitelerinin yoğun olduğu yerlere kaydırılacak ve etkileşim düğümleri oluşturulacak,
- * kütüphanenin entelektüel seviyeyi arttırması açısından rolü büyük olduğundan fiziksel çevresi belirgin hale getirilecek,
- * iç ve dış ortak mekan kullanımları arasında bağlantı kurularak kampüste bulunma süresi uzatılacak,
- * yeni yapılacak birimlerin önceliği etkileşimi sağlamak olarak değiştirilecek,
- * her binanın zemin katında genel kullanıma yönelik kütüphaneler, kafeler, sergi alanları, oturma üniteleri ve yemek birimi gibi mekanlar oluşturularak binaların bu cepheleri sosyalleşme alanlarına bakacak şekilde yerleştirilecek,
- * etkileşim açısından potansiyeli olan alanların günışığı ve ölçek açısından konforu sağlayacak şekilde yapılaşması sağlanacaktır.

Alınan bütün bu kararlar doğrultusunda oluşturulan etkileşim haritası ile yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, sosyalleşme yüzdesinin en çok arttırıldığı konumlar belirlenerek proje hayata geçirilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Berkeley Üniversitesi etkileşimli kampüs haritası (Url-6).

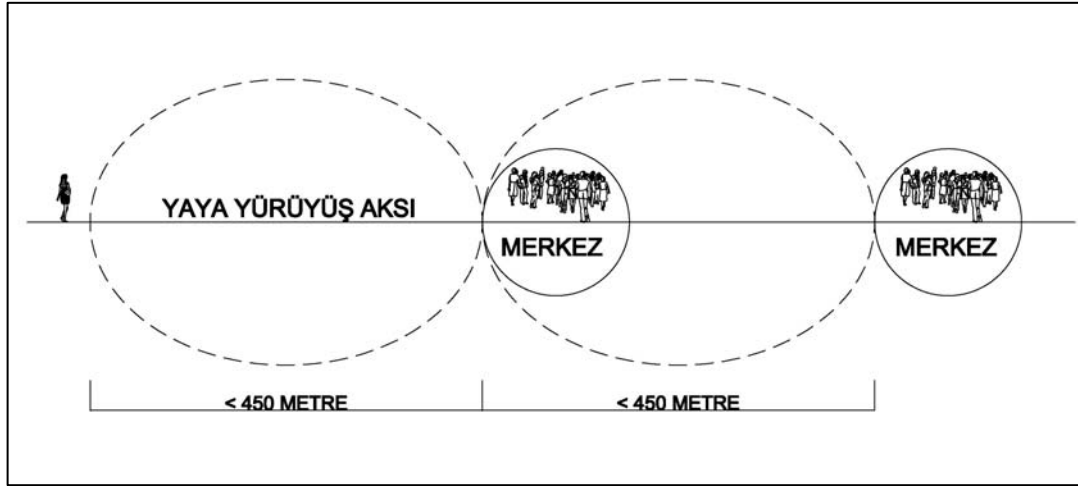
4.2.4 Erişebilirlik Kriterinin Uygulanması

Kampüslerde sosyal yaşam faaliyetlerini etkileyen kriterlerden biri olan erişebilirlik kent bilim terimleri sözlüğünde "Bir taşınmaza, bir yerleşim yerine ya da bir yerleşim yerinin sunduğu kamusal işgörlere erişme olanağı, varış kolaylığı" şeklinde tanımlanmaktadır (Url-7). Bu kriter tasarım prensibi olarak değerlendirildiğinde, kampüs içi aktivitelerin en kısa zaman diliminde en yüksek performansta gerçekleştirilebilme oranı olarak yorumlanmaktadır. Yerleşke içerisinde işleyen akademik ve sosyalleşme sürecinin destek elemanı olarak kampüs düğüm noktaları, yerleşim birimleri ve geçiş noktalarının konumlarının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Erişebilirlik kriteri, yerleşke içersinde doğru şekilde ilişkilendirildiği takdirde sosyal etkileşimin artışı sağlamaktadır.

Kampüs birimlerini en fazla sıklıkta kullanan grup olan öğrenciler ve akademisyenler açısından erişebilirlik kavramı kimi zaman farklı noktalarda tartışılabilmektedir. Ancak hangi kullanıcı grubu olursa olsun topluluk hareketlerinin yerleşke içerisindeki bağlantısını kaybetmemesi ana çıkış noktasıdır. Bu anlamda kampüs peyzajı, mimarisi ve bölgesel planlamasındaki sürekliliğin bozulmaması için işlevlerin kendi içinde yönlendiriciliğe ve bütünsel bir geçişe sahip olması gerekmektedir. Yerleşke içi birimler arasında oluşturulacak etkileşim deseninin her bir geçiş noktasında öğrencilere ait toplantı ve çalışma alanları ile sosyalleşme birimlerinin olmasına dikkat edilerek, entelektüel seviyenin artışı sağlamak sosyal etkileşimli kampüs tasarımının temel kurallarından biridir. Bu şekilde kendini sosyal çevrenin ve kampüsün bir parçası olarak görmeye başlayan bireylerin sosyalleşme eğiliminin arttığı gözlemlenmektedir. Sosyal hayatın entelektüel seviyesinin artırılması için akademik alanda esneklik sağlanması gerektiğini savunan Zengel, öğrencilerin kampüs üzerindeki hakimiyetlerinin arttığını ve fiziksel çevreyi değiştirebileceklerini hissettiklerinde iletişim oranlarının yükseldiğini belirtmektedir (Zengel, 1998).

Yapılan araştırmalara dayalı olarak kampüs içi erişebilirlik kriterinin değerlendirilmesinde istenilen sonuçlara ulaşılabilmesi için bir takım kurallar geliştirilebilmektedir. Bunlardan birincisi ve en önemlisi, aktiviteler arasındaki ulaşım sürecini en basit şemaya ve en kısa sürece indirgeyerek sirkülasyon esnasında doğabilecek etkileşim ve ilgi dağılımına bağlı kopuklukların azaltılmasıdır. İkinci olarak, öğrencilerin ders aralarında ve kampüs için dolaşımları esnasında kullandıkları ana geçiş yollarının erişilebilirliğini en yüksek düzeyde tutarak, kayıp zamanı ortadan kaldırmak gerekmektedir. Böylece belirlenen ana geçiş yolları üzerinde etkileşimi arttıracak aktivitelerin başarı oranı yükseltilmiş olacaktır. Kampüs içi dolaşım planının kurgulanmasında ele alınması gereken ortalama yaya yürüme mesafesine bağlı olarak, çevreye karşı olan tepkiler de değişiklik göstermektedir. Enis Kortan'ın değerlendirmesine göre; yayaların düz bir çizgi üzerinde hareket ettiklerini varsayarak 0.5 ile 1 km arasında ayakta duranlar birbirlerini farkedebilmektedirler. Bu aralık yayalar için tanımlanabilir ve algılanabilir olarak kabul edilmektedir. Ancak yaya 10 dakikadan fazla bir süre açık alanda yürüdüğünde, bu hareket onun kendisini monoton ve yorgun hissetmesini

sağlayarak küçük molalar verse bile fiziksel çevre üzerindeki konsantrasyonunun düşmesine sebebiyet vermektedir (Kortan, 1981).



Şekil 4.3: Sosyalleşme noktalarına olması gereken maksimum yürüme mesafesi (Zengel, 1998).

Kampüs içi erişebilirlik kriterinin uygulanmasına yönelik geliştirilen ve aynı zamanda sosyalleşme oranını da arttıracak düşünülen dört yerleşim önerisi aşağıdaki şekildedir.

- 1) Ara vermeden maksimum yürüme süresi 5 dakikadır. Buradan yola çıkarak, en fazla 450 metrede bir sosyalleşme merkezi oluşturulmalıdır (Şekil 4.3).
- 2) Ara verilerek maksimum yürüme süresi 10 ile 15 dakika arasındadır. Bu bakımdan 900 ile 1350 metre aralığında kalacak şekilde ana merkezler konumlandırılmalıdır.
- 3) Bir binanın girişinden çıkışına olan mesafe ortalama 2,5 dakikada aşılabilmelidir. Buna bağlı olarak; yemek yerleri, öğrenci klüpleri ya da alışveriş birimleri gibi ortak kullanım alanlarının merkezden olması gereken maksimum uzaklık 450 metredir.
- 4) İki akademik birim arası yürüme mesafesi maksimum 10 dakika olmalı ve 900 metreyi geçmemelidir (Zengel, 1998).

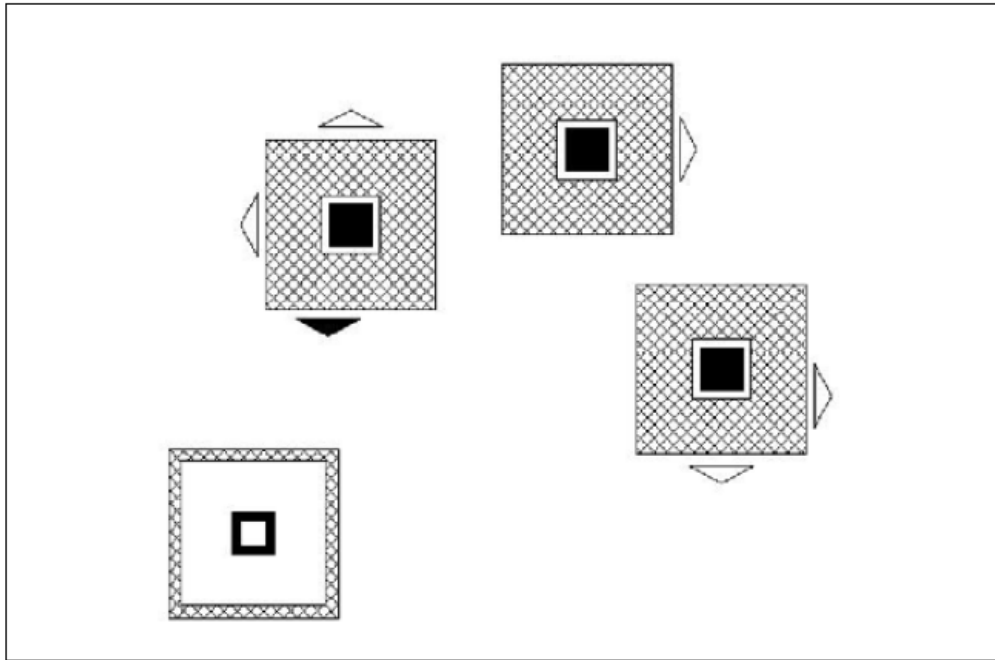
Kampüs kavramsal tasarım prensiplerinin hepsi, üniversite kentinin bütünleşik bir yapıda oluşturulması için sorgulanmaktadır. Bütün bu prensipler sosyalleşme kavramı açısından değerlendirildiğinde ise elde edilen veriler, etkileşim prensibinin yerleşkenin her yerine eşit olarak dağılmasını ve entelektüel seviyenin artışı sağlamaktadır.

4.3 Kampüs Yerleşim Modellerinin Sosyal Etkileşim Açısından Değerlendirilmesi

Her üniversite kentinin kendine ait ekolojik, siyasi, ekonomik, sosyal ya da bulunduğu konuma ve kullanıcı grubuna bağlı çeşitli gereksinimleri mevcuttur. Bu çeşitlilik her üniversite için değişkenlik göstermektedir. Yerleşkenin ihtiyacı olan gereksinimleri karşılayacak ortak paydaya ulaşabilmek için ise doğru tasarım kararlarının alınması önemlidir. Alınan kararlar doğrultusunda yapılan doğru tip yerleşim seçimi, kampüsün gerek akademik gerekse sosyal anlamda başarısını etkilemektedir. Bu tez kapsamında araştırılan sosyal etkileşim kavramına bağlı olarak, kampüs tasarımında kullanılan altı temel yerleşim tipi incelenecektir.

4.3.1 Moleküler Tip Yerleşim

Farklı fonksiyonların birden fazla merkez yardımıyla yürütüldüğü yerleşim tipidir (Şekil 4.4). Bu yerleşim tipinde merkezler, kendi içlerinde bütündürler ve gerek mikro gerekse makro büyüme esnasında tam kapasiteli olarak çalışmalarını sürdürürler. Mikro büyüme birimler arasındaki yayılma sonucunda gerçekleşirken, makro büyüme yeni moleküllerin oluşturulması yoluyla gerçekleşir. Merkezi çalışmayan bağımsız çekirdekler arasında oluşturulacak dolaşım ve trafik yolları, sirkülasyon gereksinimlerini karşılamak üzere etkin bir şekilde kurgulanmalıdır.

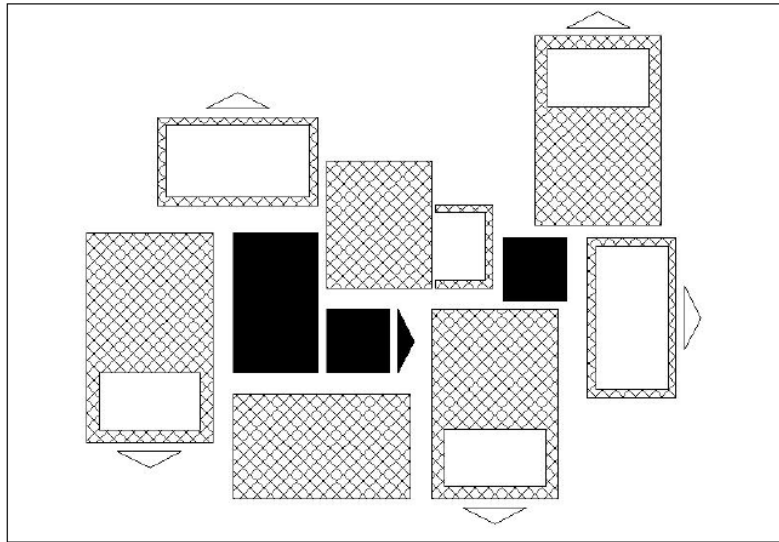


Şekil 4.4: Moleküler tip yerleşim modeli (Linde, 1971).

Oluşturulan çekirdekler, merkeze yakın alanlarda bina yoğunluğunu arttırırken, genel yerleşke içinde yoğunluğu çok az olan alanların da oluşmasına sebep olur. Bu anlamda merkez sosyalleşme alanları başarılı çalışırken, genel yerleşke içerisindeki etkileşim düşük kalmaktadır. Bunun için çekirdekler arasına yerleştirilecek sosyalleşme alanlarının konum ve yaygınlıkları önem teşkil etmektedir. Kampüs büyüklüğüne dayalı olarak, sosyalleşme oranının düşmemesi için oniki ayrı yükseköğretim birimine bölünmüş olan San Diego Üniversitesi ile tezin beşinci bölümünde sunulacak model önerisinde değerlendirilecek olan ve üç adet bağımsız çekirdekten oluşan Bilkent Üniversitesi kampüsleri, moleküler tip yerleşim örneklerindendir.

4.3.2 Yaygın Tip Yerleşim

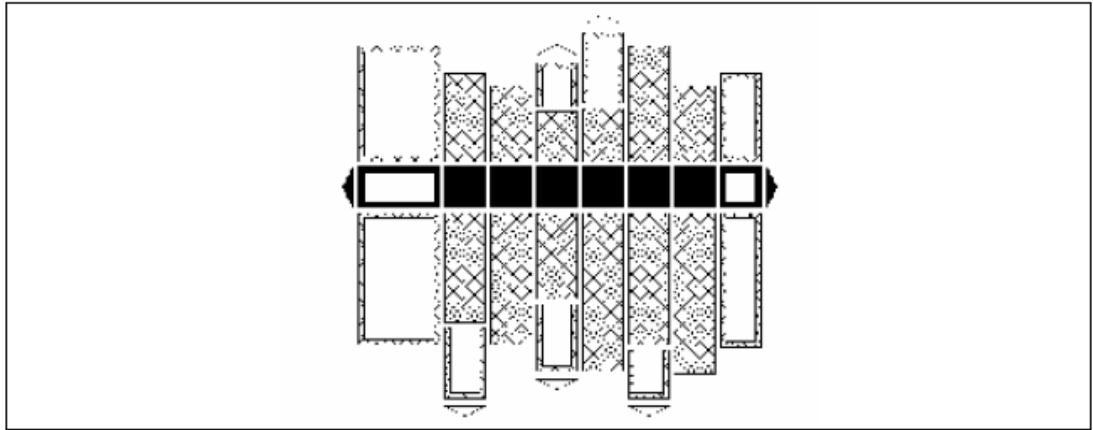
Geniş arazilerde ortak kullanım alanlarının merkez oluşturması ve geri kalan binaların rastlantısal dağılımı sonucunda gelişen yerleşim tipidir (Şekil 4.5). Büyüme, yayılma sonucu oluşan grupların arasındaki geniş mesafeler sayesinde makro ya da mikro boyutlarda rahatlıkla gerçekleşmektedir. Bu tip modelde birimler arası etkileşimin bölünmemesi için gerekli durumlarda ikinci bir ortak kullanım merkezi oluşturulmalıdır. Yerleşke üzerindeki bina grupları arasındaki mesafelerin büyük olması sosyal ilişkilerin zayıflamasına sebebiyet vermektedir. Bu bakımdan ulaşım ağının çok sıkı bir şekilde tüm alan üzerine örülmesi ve bina grupları arasındaki ilişkiyi sağlaması öngörülmektedir. Hollanda'da bulunan Twente Üniversitesi kampüsü bu yerleşim organizasyonuna dayalı olarak yapılmıştır.



Şekil 4.5: Yaygın tip yerleşim modeli (Linde, 1971).

4.3.3 Lineer Tip Yerleşim

Ortak kullanım birimlerinin bir aks üzerinde doğrusal olarak yerleşmesi ve bu aksa dik olarak yerleştirilecek diğer birimlerce desteklenmesi sonucunda oluşan yerleşim tipidir (Şekil 4.6). Kampüs içi büyüme aks üzerinde makro düzeyde, aksa dik olarak ile mikro düzeyde gerçekleşmektedir. Bu tip yerleşimlerde ulaşım ortak bant üzerinde ve bir ana cadde gibi kurgulanmalıdır. Kampüs içi birimlerin birbirinden çok fazla kopmaması ve etkileşim düzeyinin azalmaması açısından çok büyük ölçekler üzerinde uygulanmamalıdır. Ancak belirli ölçülerde bütünleşik yapısını bozmadan kolaylıkla büyüyebilir ve yaya ulaşımına elverişli olarak çalışır. Hem yaya ulaşımı hem de sosyalleşme alanlarının bir arada tek bir merkezi bant üzerinde konumlanması açısından sosyal etkileşim oranı yüksektir. İngiltere’de bulunan Bath ve Surray üniversiteleri ile New Jersey’deki Stockton Üniversite kampüsleri bu tip yerleşim örneklerindendir.

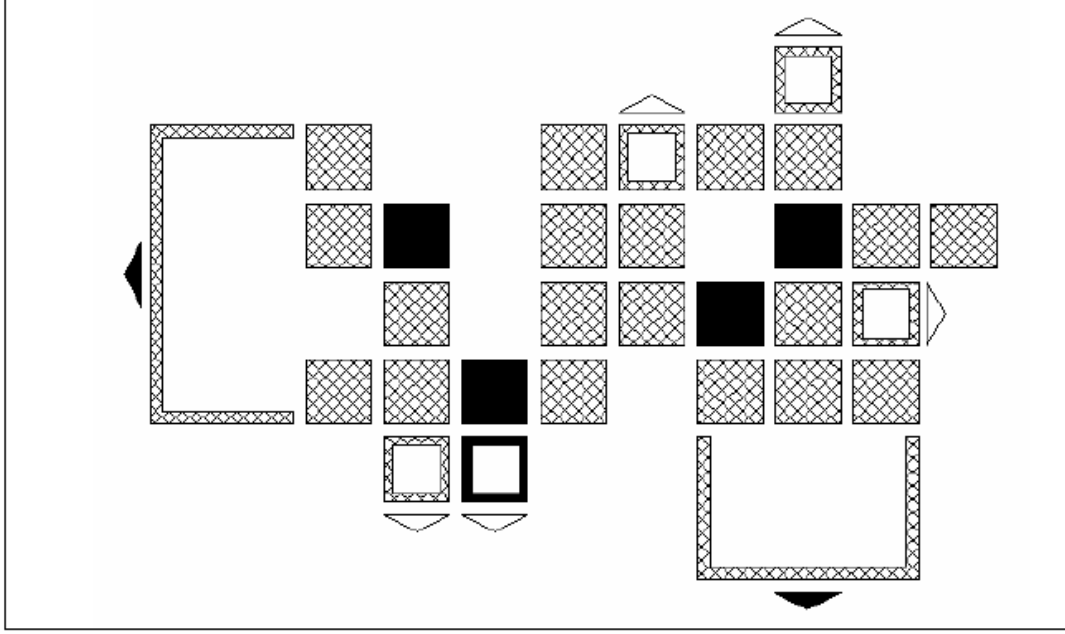


Şekil 4.6: Lineer tip yerleşim modeli (Linde, 1971).

4.3.4 Ağ Tipi Yerleşim

Şebeke tipi yerleşim sistemi olarakta literatürde adı geçen bu yerleşimde akademik birimlerin etrafı diğer birimlerce ızgara şeklinde sarılmaktadır (Şekil 4.7). Modelin mikro büyüme süreci birimler arasındaki iç avlularda, makro büyüme süreci ise yerleşimin dışına doğru her yönde oluşturulacak yeni birimler ile genişlemek suretiyle gerçekleşmektedir. Tüm birimler birbirine bağlı olarak arazi üzerinde konumlandırıldığından bütünlüğü bozacak herhangi bir adım tüm sistemi çökertebilir. Bu yerleşim tipinin getirdiği yapısal yoğunluk öğrencilerin ortak alanları kolaylıkla ve her yönde fark etmelerini sağlayarak, etkileşimin artmasına olanak sağlar. Ancak, organizasyonel yapıya dayalı yoğunluk iyi ayarlanamazsa bu model

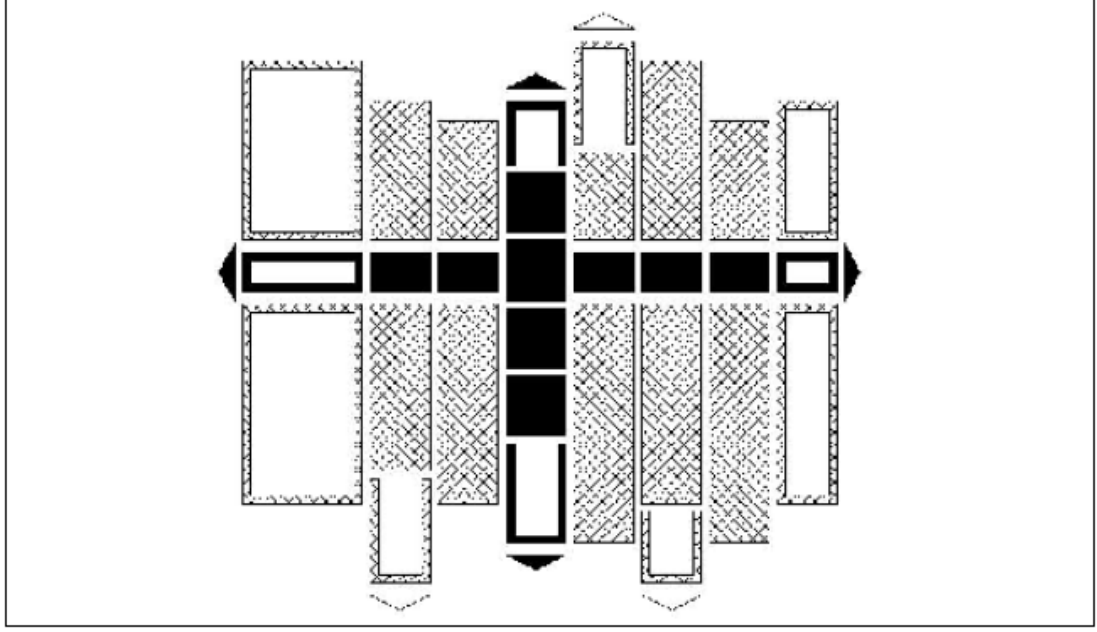
fazla içe dönük bir hal alarak, ikincil sosyalleşme birimlerinin fark edilme şanslarını azaltmaktadır. Essex, Manchester, Mirail ve Loughborough Üniversite kampüsleri ağ tipi yerleşim modeline sahiptirler.



Şekil 4.7: Ağ tipi yerleşim modeli (Linde, 1971).

4.3.5 Haç Tipi Yerleşim

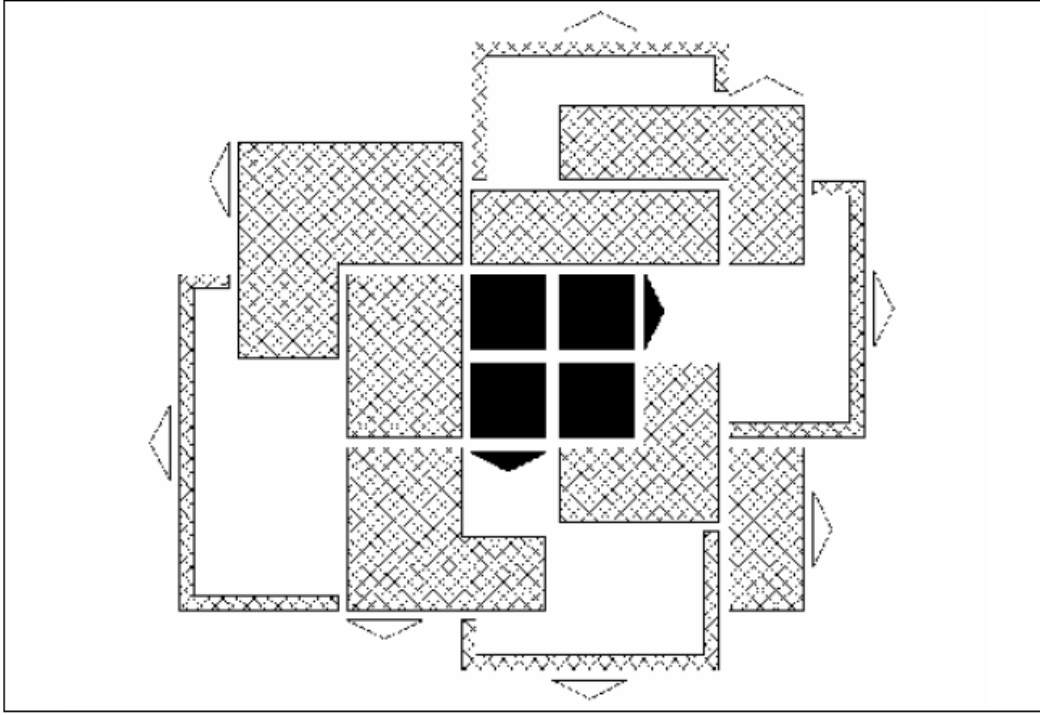
Bu yerleşim tipi birbirini dik kesen iki aks üzerinde yer alan ortak ve akademik alanlar ile bu akslar arasında kalan ara birimlerden oluşmaktadır (Şekil 4.8). Makro büyüme aks üzerinde yer alan sosyal alanlarda bant üzerinde gerçekleşirken, akademik birimlerde destek alanlarının içine doğru yönlenebilmektedir. Mikro büyüme ise, ara birimler üzerinde meydana gelerek yoğunluğun artmasına sebep olmaktadır. Bu açıdan etkileşimi sağlaması beklenen sosyal birimlerin merkez olarak çalışması ve diğer birimleri etrafında toplaması önemlidir. Bu tip yerleşim modellerinde kampüsün kent ile olan ilişkisi de kesintisiz bantlar üzerinden sağlanmaktadır. Bu da kampüsün sosyal açıdan çekici kılınarak yoğunluğunun fazla olmasına sebebiyet vermektedir. Kampüs organizasyonuna bağlı gelişimin orantısız olarak gerçekleşmesi, akademik ve sosyalleşme alanlarının birbirleri ile olan bağlantılarının kopmasına ve erişebilirlik kriterinin de aksamasına neden olmaktadır. Bu bakımdan Regensburg, Ruhr ve Bochum Üniversiteleri bu modele örnek olarak gösterilebilirler.



Şekil 4.8: Haç tipi yerleşim modeli (Linde, 1971).

4.3.6 Merkezi Tip Yerleşim

Kütüphane, sosyalleşme alanları, toplantı ve spor merkezleri gibi birimlerin etrafının akademik bölgeyi oluşturan birimlerce radyal bir biçimde çevrelendiği yerleşim tipidir (Şekil 4.9). Birimler birbiri içine geçmiş olduklarından büyüme imkanı sınırlı düzeylerde kalmaktadır. Sistemin sosyalleşme bazında hem avantajları hem de dezavantajları mevcuttur. Yerleşimin yüksek yoğunlukta olması, esneklik sağlamasına engel teşkil etmektedir. Bu durum etkileşme noktasının belirlendikten sonra bir daha başka sınırlar içine taşamamasına neden olmaktadır. Ancak sosyal alanların akademik birimlere olan kısa mesafesi ve iç içe organizasyonu iletişim oranını yükseltmektedir. Birimler arası yoğunluktan dolayı mesafelerin kısa tutulması ise erişebilirliği arttırırken, bazı durumlarda sistemi yorucu bir yapıya dönüştürebilmektedir. Bu tip yerleşimlerde büyüme ancak dışa doğru gelişim gösterdiğinden, merkezin çevre ile olan sosyal bağının zayıflamasına neden olur. Fakat bu içe dönük bütünleşik yapısıyla, kent planlaması ile uyumlu çalışmaktadır. Stirling ve Johannesburg Üniversitesi kampüsleri merkezi tip yerleşime örnek olarak verilebilir.



Şekil 4.9: Merkezi tip yerleşim modeli (Linde, 1971).

4.4 Kampüs Gelişme Planlarının Değerlendirilmesi

Üniversite yerleşkelerinin sosyal yönden gelişimi açısından, 1992-2002 yılları arasında yapılan üniversite gelişim planı çalışmaları kapsamında elde edilen karşılaştırmalı değerler tablosuna göre, Türkiye’de öğrenci başına düşen rekreasyon ve faaliyet alanının sosyal açıdan gelişmiş ülkelere göre çok düşük yüzdelerde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1: Yükseköğretim gelişme planı (Yükseköğretim Gelişme Planı, 2002).

	Öğrenci Başına Düşen Rekreasyon Alanı (m ²)	Öğrenci Başına Düşen Faaliyet Alanı (m ²)
İngiltere	25.40	6.80
Kuzey Amerika	19.80	10.40
Avrupa	3.30	7.90
Türkiye	1.39	3.90

Bu değerlerden yola çıkarak, 1990'lı yılların başından itibaren yapılan yeni nesil üniversitelerde uygulanan tasarım prensipleri ve yerleşim organizasyonlarında, zamanla akademik hayat içinde krelme eğilimi gösteren sosyal olgunun yeniden yapılanması adına alınan kararlar ön plana çıkmıştır. Üniversiteyi oluşturan fikirlerin sadece akademik alanda sıkışıp kalmaması ve yerleşkenin tümüne yayılarak ifade edilmesini çıkış noktası alan kampüsler, gün geçtikçe çoğalmaktadırlar. Buradan yola çıkılarak atılan adımların her birinde etkileşime dair izler bulunmakta ve bu izlerin hepsinde ayrı bir mantık yatmaktadır. Etkileşimli kampüs tasarımındaki başarıyı yakalamanın ve kampslerdeki sosyalleşme olgusunu arttırmanın yolu da bu mantığı çözmekten geçmektedir. Tezin beşinci bölümünde yer alan model önerisinde, algoritması doğa tarafından önceden tanımlanmış izlerin sosyal etkileşimli kampüs tasarımı üzerindeki değerlendirmesi yapılacaktır.

5. SOSYAL ETKİLEŞİMLİ KAMPÜS TASARIM SÜRECİNDE KULLANILACAK MODEL ÖNERİSİ VE BİLKENT ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS DEĞERLENDİRMESİ

Bu bölüm kapsamında, kavramsal kampüs tasarım prensiplerinin sosyal etkileşim açısından incelenerek kendine ait yeni kriterler oluşturması ve bu kriterlere dayalı olarak geliştirilen yeni tasarım anlayışlarının hayata geçirilmesi sürecinde ortaya çıkan boşlukların, doğanın ipuçları ile doldurulması amaçlanmaktadır. Doğada bulunan sosyal böceklerin iletişim kurma yöntemi olan eylem yönlendiricisi algoritmasından esinlenerek geliştirilen etkileşimli kampüs tasarım modeli ve yapılan öğrenci anketleri doğrultusunda, Bilkent Üniversitesi'nde bulunan sosyalleşme olanakları değerlendirilecektir.

5.1 Bilkent Kampüs Modelinde Sosyal Etkileşim Kavramı

20 Ekim 1984 senesinde Prof. İhsan Doğramacı tarafından kurulan Bilkent Üniversitesi, Türkiye'nin ilk vakıf üniversitesidir. Üniversite kampüsü, kent merkezine 12 km. mesafede ve 5000 dönümlük bir alan üzerine kurulmuştur. Kampüsün ilk yapıları, bugün içlerinde Mühendislik Fakültesi ve Kütüphane'yi barındıran merkez kampüs binalarıdır. Üniversite büyüdükçe ve öğrenci sayısı arttıkça bu yapıları kafeteryalar, yurtlar, konser salonu, spor salonları, yeni fakülte ve yüksekokul binaları izlemiş; zaman içinde sağlık merkezi, bilgisayar merkezi binası ve bilimsel araştırma merkezleri inşa edilmiştir. Bilkent Üniversitesi kampüsünde 9 fakülte, 2 yüksekokul ve 3 meslek yüksekokulunda toplam 12.000 öğrenci eğitim görmektedir (Url-8).

Yerleşim modeli olarak, sosyalleşmeye en müsait yapılardan biri olan moleküler tip yerleşim biçiminde kurgulanan Bilkent Üniversitesi, kendi içinde işlevsel bütünlüğe sahip birimlerin oluşturduğu üç ayrı çekirdek alandan oluşmaktadır. Meydana gelen her çekirdek, eşit oranda olmasa da kendi içinde bağımsız olarak kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bahsi geçen üç molekül, üç adet kampüs birimini ifade

etmektedir. Bunlar; doğu kampüs, orta kampüs ve kullanımı en yoğun olan merkez kampüslerdir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Bilkent Üniversitesi kampüs yerleşim birimleri (Url-8).

Bilkent Üniversitesi kampüsünün sosyal ve entellektüel etkileşim açısından en gelişmiş yeri olan merkez kampüs, çok sayıda işlevi kısa mesafelerde sunarak iletişim oranını arttırmaktadır. Öğrencilerin bir araya gelerek kendi düşünce ya da aktivite platformlarını oluşturabilecekleri kütüphane, öğrenci kulübü, laboratuvar, büfe, kafeterya, spor birimleri ve geniş yeşil alanlar gibi olanakların erişebilirlik kısıtları çerçevesinde yerleştirilmiş olması, geliştirilecek modelin bu üniversite üzerinde denenmesine etkindir (Şekil 5.2). Ancak bireysel olduğu kadar sosyal gelişim açısından da önemli olan ortak paylaşım noktalarının, kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda yerleştirip yerleştirilmediği, sadece kavramsal tasarım prensiplerine bağlı olmamalıdır.



Şekil 5.2: Bilkent bahar festivali etkinlik alanı (Url-8).

fakülte bazında katsayılar belirlenecek ve model uygulamasında yer alması gereken kullanıcı sayısına ulaşılacaktır.

Çizelge 5.1: Bilkent Üniversitesi 2010 yılı lisans kontenjanlarına göre Merkez Kampüs kullanıcıları (Url-9).

	2010 yılı lisans kontenjanları
Mühendislik Fakültesi	575
Fen Fakültesi	200
İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi	411
İşletme Fakültesi	170
Hukuk Fakültesi	160
İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi	130
Güzel Sanatlar Fakültesi	370

5.2 Kampüs Tasarımında Eylem Yönlendiricisi Kullanımı

Kampüslerin süregelen temel tasarım prensiplerine dayalı olarak yapılan organizasyonlarında ön plana çıkarılmak istenen sosyalleşme olgusunun tasarıma yansıtılmasını amaçlayan bu modelde, yardımcı disiplin olarak biyoloji seçilmiştir. Kullanıcıların çevrelerine uyum sağlamak amacıyla geliştirdikleri gerek mekansal gerekse bireysel davranış algoritmalarında gözlemlenen etkileşim ihtiyacına, doğada sosyal böcek kolonilerinde rastlanmıştır. Kolonilerin çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla gezindikleri alanda birbirlerine feromon adı verilen izler bırakmaları ve bu izler yardımıyla çevre üzerinden iletişim kurmaları modelin ana çıkış noktasıdır. Bu konuda kapsamlı ve farklı kullanım alanlarına ait çok çeşitli örneklerle sahip olan karınca koloni algoritması doğadan esinli bir araçtır. Amaç ise, sosyal böceklerin dolaylı yoldan iletişim sağlamak için kullandıkları eylem yönlendiricisi “stigmergy” kavramsalını sosyalleşme oranı yüksek kampüs tasarımı geliştirmek üzere kullanmaktır. Bu bakımdan kullanıcı hareketlerini tasarımla bütünleştirerek çevrenin, kampüs birimleri arasındaki bağlantıyı kurması beklenmektedir. Kullanıcının kendi yaşayacağı çevreyi kurgulaması aynı zamanda kendini o ortama ait hissetmeye başlamasıyla beraber, sosyalleşmesine de yardımcı olmaktadır. Bu tez kapsamında kullanıcıların çevreyle etkileşimleri üzerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda, Bilkent Üniversitesi kampüsünde varolan aktivite oranları, sosyalleşme alanlarının

yerleşim başarısı ile gerekli artışı gerçekleştirmek amacıyla neler yapılabileceği, geliştirilen model bağlamında tartışılacaktır.

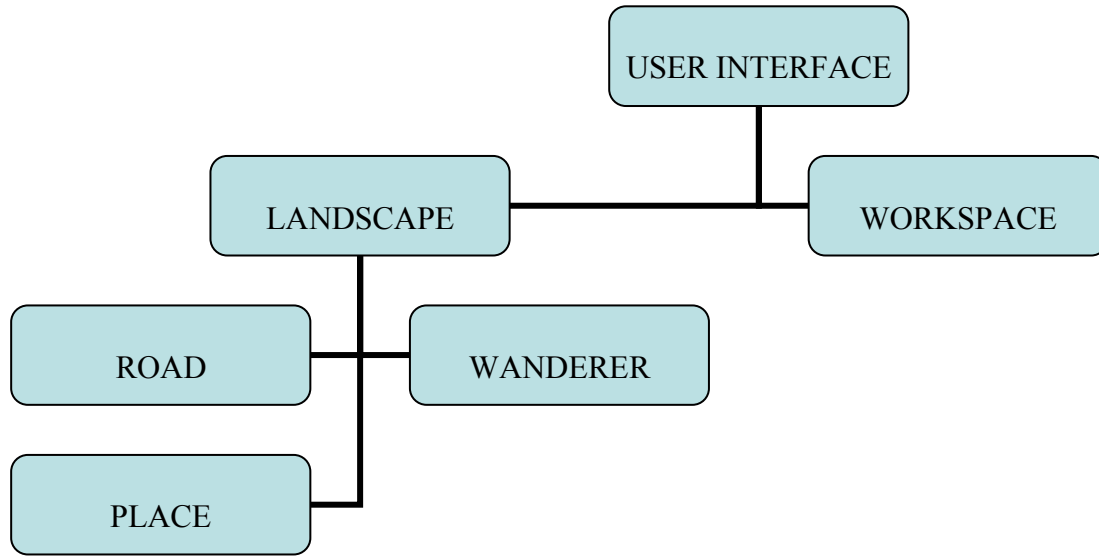
5.3 Önerilen Model Algoritması

Kampüslerde kullanıcı etkileşimini arttırmak amacıyla geliştirilen model algoritması, Sun Microsystems tarafından bir Java geliştirme ortamı olan Netbeans IDE 6.8 üzerinde üretilmiştir. Netbeans, dünya çapında yüze yaklaşan ortakları olan başarılı bir açık kaynak kod projesidir. NetBeans IDE'si programcıların yazma, derleme, hata bulma ve yüklemelerini sağlayan bir araç olan geliştirme ortamıdır. Java ile yazılmış olmasına rağmen herhangi bir programlama dilini destekleyebilir. NetBeans IDE'sini genişletmek için çok sayıda modül bulunmaktadır. Java nesneye yönelik bir dil olduğundan tüm yazılım sınıflar ve nesneler üzerinden yürütülür (Url-1).

Sistem, kampüs kullanıcılarına yapılan anket sonucunda alınan bilgilerin tanımlanarak algoritmaya aktarılmasının ardından, kullanıcıların (etmenlerin) kampüs içi dolaşımına bağlı olarak gelişmektedir. Etmenlerin hareket sisteminin oluşturulmasında doğada bulunan örnek yapılaşmalardan esinlenilmiştir. Organizasyon ve sosyal iletişim açısından başarılı bir sisteme sahip olan karınca koloni algoritması modelin gelişim sürecinde etkili olacak sistem olarak belirlenmiştir. Sosyal etkileşimli kampüs tasarımı sisteminde amaçlanan, etmenlerin belirlenen kampüs birimleri ve onlara ulaşımı sağlayan yollar üzerinde hareket ederek etkileşim oranının en yüksek olduğu alanları belirlemeleridir. Bu şekilde, kullanıcı tarafından tasarlanmış sosyal ve entelektüel seviyesi yüksek kampüslerin elde edileceği düşünülmektedir.

Geliştirilen model algoritmasında üretilen modüllerin birbiriyle olan bağları gelecek çalışmalarına yönelik olarak gelişmeye açık şekilde organize edilmiştir (Şekil 5.4). Programın arayüzü üzerinde çalışan “landscape” ve “workspace” ana modülleri birbirleriyle devamlı etkileşim halinde kalarak gelişimlerini birbirleri üzerinden takip etmektedirler. Landscape modülü hareketlerin algılandığı topoloji olarak görev yapmaktadır. Bu modülde, etmenlerin gitmesi ya da gitmemesi gereken noktaları algılayarak hafızasına alması amaçlanmıştır ancak burada hareket kararlarını landscape yerine wanderer modülü yürütmektedir. Landscape, kampüste hangi mekanların ziyaret edildiğini bilir ve buna karşı ne tepki vermesi gerekiyorsa onu verir. Bu tepki kimi zaman etmenin bulunduğu yerde kalmasında, kimi zaman ise

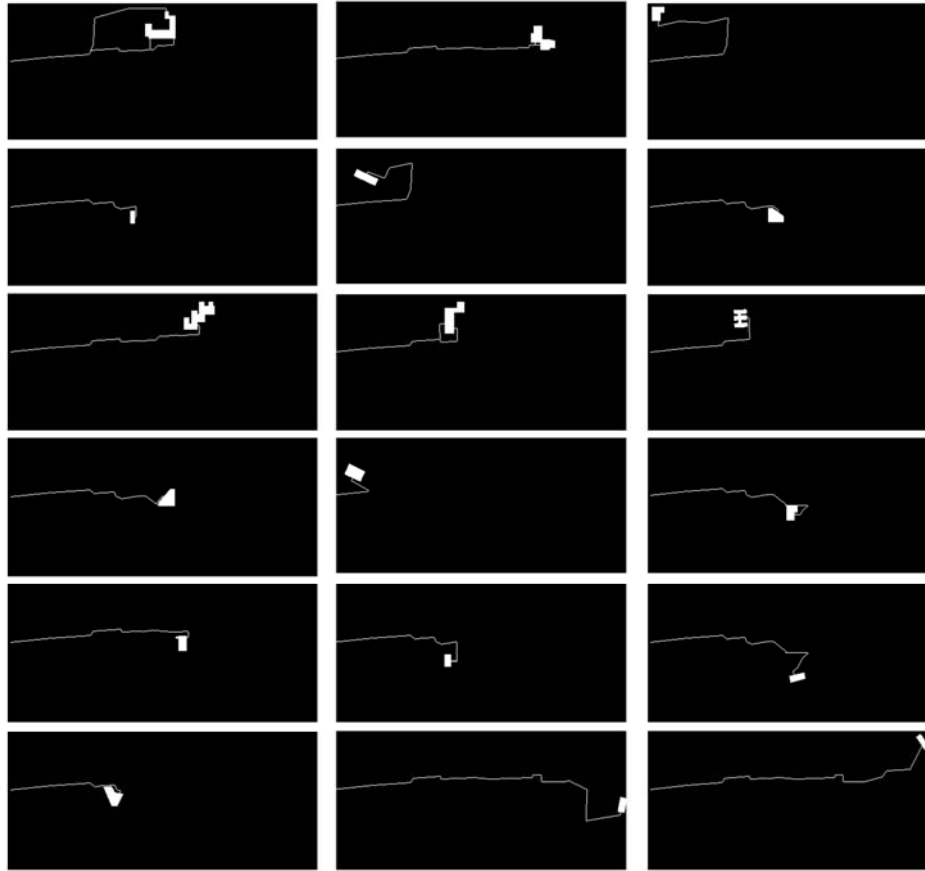
gideceği bir sonraki noktayı seçmesinde etkili olur. Kampüs arazi plan modeli burada oluşturulurken, etmenler de yine bu modül aracılığıyla aldıkları bilgiler doğrultusunda etkileşime girmektedirler. Workspace modülü ise ekran güncellemelerinin yapıldığı ve görselleştirmeye dair kararların girildiği alandır. Programın ana ekrana yansıtılması ve sistemin en iyi şekilde ifade edilmesini sağlayacak renk, piksel, ölçek gibi ayarlamaların yapılması gibi teknik detaylar ile ilgilenir. Ayrıca, landscape paketinden aldığı bilgiler doğrultusunda ekrana kendini yenileme emrini veren modül olduğundan güncel verilerin yakalanması açısından önemlilik teşkil etmektedir. Yukarıda bahsedilen bu iki ana modül, program arayüzü ile direkt bağlantı kurarak sistemin kabuğunu oluşturmaktadır.



Şekil 5.4: Etkileşimli kampüs tasarım modülleri bağlantı şeması

Sistemin landscape ana modülü altında yer alan “wanderer”, “road” ve “place” alt modülleri, landscape sınıfına ait bilgiler üzerinden aldıkları cevaplara göre hareket ederek algoritmalarını yürütmektedirler. Road kod paketinde, etmenin 1 piksel genişlik içinde hareket etmesini ve places modülü içinde koordinatları önceden tanımlanmış kampüs birimleriyle etkileşmesini sağlayan algoritma geliştirilmiştir. Etkileşimin gerçekleşebileceği yollar seçilen kampüs arazisine göre şekillenmektedir. Sisteme tanıtılan izinli ve izinli olmayan noktalar sayesinde işleyiş tasarımcının kurguladığı şekilde gerçekleşmektedir. Programa tanıtılan yollar ve mekanların ardından, sistem her birime giden yol haritasını oluşturarak, bu yolların anketten aldığı bilgiler doğrultusunda puanlanması işlemini gerçekleştirmektedir (Şekil 5.5).

Bu şekilde kesişim noktalarına gelen etmenlerin karar mekanizmaları için birimlere giden yollarda eğilim oranları oluşturulmuş olur. Etmenlerin üzerinde hareket edebileceği tanımlı yollar ile places modülü algoritması içinde belirlenen kampüs birimleri 1 piksellik alanda kesişmektedirler. Bu kesişmenin sınırlandırılmasının sebebi ise sistemin ziyaret edilen birimler üzerinde tek bir noktada kesişmesi ve buna bağlı olarak her birime aynı oranda şans tanınmasıdır. Alt modül olarak geçmesine rağmen algoritmanın önemli bir kısmını oluşturan wanderer modülü etmenlerin hareketlerinin kurgulandığı birimdir. Programın bu bölümünde, anketten alınan değerler doğrultusunda yönlendirilen etmen rastlantısal olarak değil, sosyalleşme oranı yüksek yerlere gitme eğilimi göstermektedir. Amacı doğrultusunda ilerlerken yol üzerinde orantısal seçim yapmakta ve gitmek istediği yere ulaştığında o birime puan kazandırarak, toplanma alanlarının belirlenmesine katkıda bulunmaktadır. Wanderer modülü, herhangi bir noktaya hareket ederken öncelikle landscape modülüne soru sorar ve o noktanın uygun olduğuna dair bir bilgi alırsa hareket eder. Burada bahsedilen uygunluk yolun başından birimler etrafına yaklaştıkça artan sosyalleşme eğilimi değerlerine göre belirlenir.



Şekil 5.5: Birimlere giden yolların tanımlanması işlemi.

Sistemin çalışma prensipleri doğrultusunda, RGB renk sistemine göre belirli değerler tanımlanmıştır (Şekil 5.6). Bu şekilde etkileşimli ve soğuktan ısıya doğru geçiş yapan bir renk haritası elde edilerek, herhangi bir grafiğe gerek duymadan görsel yollarla elde edilen sonuçlar üzerinde yorum yapmak mümkün olacaktır.

MORE	R	G	B		26				
1	255	1	1		27	1	255	150	
2	255	25	1		28	1	255	175	
3	255	50	1		29	1	255	200	
4	255	75	1		30	1	255	225	
5	255	100	1		31	1	255	255	
6	255	125	1		32	1	225	255	
7	255	150	1		33	1	200	255	
8	255	175	1		34	1	175	255	
9	255	200	1		35	1	150	255	
10	255	225	1		36	1	125	255	
11	255	255	1		37	1	100	255	
12	225	255	1		38	1	75	255	
13	200	255	1		39	1	50	255	
14	175	255	1		40	1	25	255	
15	150	255	1		41	1	1	255	
16	125	255	1		42	25	1	255	
17	100	255	1		43	50	1	255	
18	75	255	1		44	75	1	255	
19	50	255	1		45	100	1	255	
20	25	255	1		46	125	1	255	
21	1	255	1		47	150	1	255	
22	1	255	25		48	175	1	255	
23	1	255	50		49	200	1	255	
24	1	255	75		50	255	1	255	
25	1	255	100		LESS				

Şekil 5.6: Sosyal etkileşimli model için belirlenen RGB değerleri.

Programın durdurulması kullanıcıya bağlıdır. Elde edilen son durum ya da ara durumlar üzerinden dereceler döküm olarak alınabilir ve renk haritası üzerinden görsel olarak kaydedilerek değerlendirilebilir.

5.3.1 Yazılımın Kullanımı ve Kural Mekanizmaları

Sosyal etkileşimli kavramsal kampüs tasarımı yapmayı hedef edinen programın açılışında karşımıza çıkan ekranın sağ tarafında yer alan “file” menüsüne basıldığında; “open places map”, “start wanderers”, “dump visitable scores” ve “dump screen” adı altında dört seçenek açılmaktadır (Şekil 5.7). Bunlardan ilki kampüs planının oluşturulmasını sağlarken, start wanderers butonu ile anket sonuçlarının sisteme aktarılması, etmenlerin kampüs üzerinde belirtilen başlangıç noktasından içeri alınması sağlanmaktadır. Bu seçenek aynı zamanda programın başlat butonu görevini üstlenmektedir. Açılış anında gri gözüken ancak program

başlatıldıktan sonra çalışır hale geçen save roads, şekil 5.5’te yer alan birimlere giden yol haritalarının kullanıcı tarafından belirlenen klasöre görsel olarak kaydedilmesi; pause, resume ve stop wanderers gibi seçenekler de sistemin istenildiği zaman durdurulup yeniden başlatılması için kullanılmaktadırlar. Dump visitable scores seçeneği, programın çalışması sırasında veya sonrasında elde edilen birim bazında etkileşim değerleri tablosunun dökümünü alırken, file menüsünün en altında yer alan dump screen butonu ile de istenildiği zaman ekran görüntüsü kaydı yapmak mümkün olmaktadır. Aynı şekilde ekranın sağında yer alan “road map” menüsüne basıldığında ise etmenlerin üzerinde gezinebileceği tanımlı alanlar önceden hazırlanan gif formatında bir resim ile ekrana yansıtılmaktadır. Kampüste yer alan birimlerin ve yolların gif formatında sisteme dahil edilmesinin sebebi gereksiz piksellerin oluşumunu engelleyerek temiz bitişler elde etmek içindir. Ayrıca menü içerisinde yer alan edit road map seçeneği eğer daha önce hazırlanmış bir yol haritası yoksa ekran üzerinde çizim yapılmasını sağlamaktadır. Etmenlerin üzerinde hareket etmesi istenilen yürüyüş yolu tanımlandıktan sonra; new, open, close ve save road map seçenekleri ile elde edilen yol haritası üzerinde istenildiği şekilde değişiklikler yapılmakta ve görüntü kayıt altına alınabilmektedir.



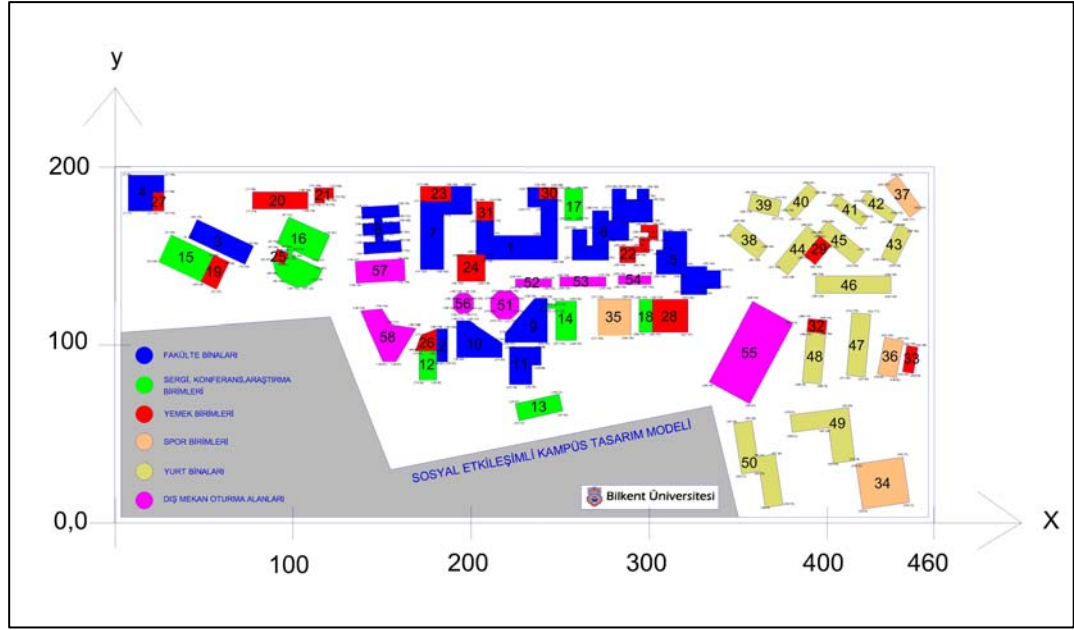
Şekil 5.7: Model başlangıç arayüzü.

Modelin tasarım aşamasında alınan kararların başında, her birimin kendine özgü (tekil) olması ve birden fazla aynı isimde yer bulunmaması gelmektedir. Kampüs birimleri; fakülte binaları, sergi, konferans ve araştırma birimleri, yemek birimleri, spor birimleri, yurt binaları, dış mekan oturma alanları olarak altı ana fonksiyona bölünmüşken, program çalışma mekanizması içinde her kategori altında yer alan farklı birimler ayrı ayrı numaralandırılarak tanımlanacaktır. Bu şekilde kampüs

birimlerine ait değer dökümlerinin daha verimli olarak okunması sağlanacaktır. Bu araştırma kapsamında merkez kampüste yurt binalarının sistem içinde verimsiz kalacağı düşünöldüğünden değerlendirmeye alınmamıştır.

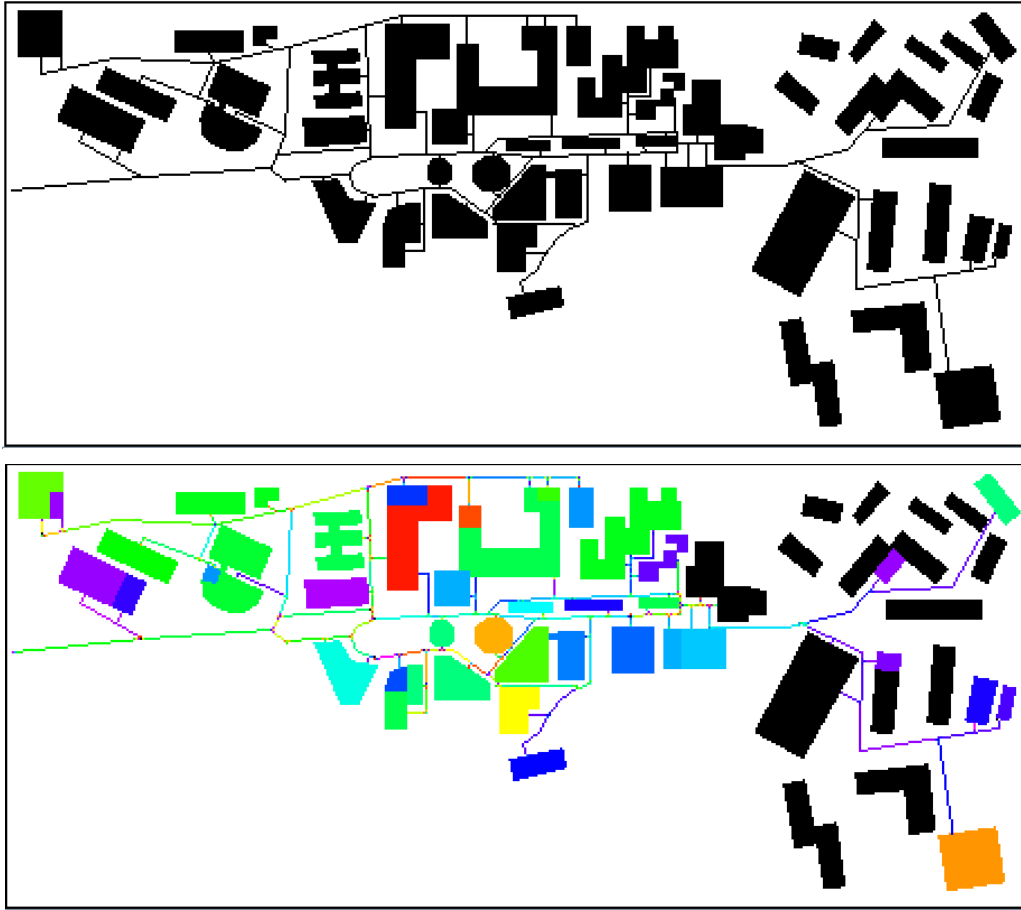
Program arayüz formatı sabit kalmak koşuluyla ekran ölçüleri, kampüs arazi planına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bilkent kampüsü için tanımlanan ekran çalışma sahası $A \times B$ piksellik (200x460) büyüklüğe sahiptir ancak görüntünün küçük kalmaması için ekrana $2A \times 2B$ piksellik bir ölçekte yansıtılacaktır. Ekrana yansıyan orantısal renk ölçęine bağlı görüntü güncellemeleri ve etmen hareketlerine bağlı renk değişimleri çalışma alanı üzerinden takip edilmektedir. Sisteme yüklenmesi istenen kampüs birimleri iki boyutlu koordinat düzlemi üzerinde oluşturulan haritanın text dosyası olarak girilmesi yoluyla tanımlanırken yollar ise resim dosyası olarak programa aktarılmaktadır (Şekil 5.8).

Sisteme yüklenen haritanın ardından yapılan ankete bağlı olarak elde edilen sonuçların programa aktarılması ile başlatılan algoritma sonucunda etmenler yerleşkeye bırakılır. Yapılan ankette elde edilen mekan ve süreye bağlı seçimler tanımlı kampüs yolları üzerinde popülerlik eğilimi göstermektedir. Buna bağlı olarak etkileşim henüz başlamadan hangi birimin daha çok popüler olduğu belirlenerek o birime doğru giden yol üzerinde puanlamalar yapılır. Burada dikkat edilen nokta ise etmenlere hitap edecek çekiciliğin birim çevresine yaklaşıldığında yoğunlaşmasıdır. Böylece atılan ilk adımda seçim oranı düşük birimlerin şanslarının yok edilmesi önlenmiş olacaktır. Sistemin rastgeleliğini orantısal bir yaklaşıma dönüştüren anket olgusu, modelin çıkış noktası olan karınca koloni algoritmasına bu noktada üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca anketlerin girilmesi amacıyla hazırlanan text dosyasının ilk iki satırında yer alan popularity step ve color scale parametrik değerleri üzerinde değişiklik yaparak, etkileşimler yavaşlatılıp hızlandırılabilir ve görsel açıdan istenilen ekran görüntüsüne ulaşılabilir. Program kullanıcısı tarafından dosya üzerinden değiştirilebilen popularity step oranı bir birimin puan kazanması için gereken etkileşim sayısını belirlerken, color scale parametresi ise bir birimin renk tonunu değiştirmesi için etkileşime girmesi gereken değeri göstermektedir.



Şekil 5.8: Kampüs birimleri koordinat tanımlamaları.

Algoritmanın başlatılması ile beraber etkileşim de başlatılmış olur. Anketten aldıkları cevaplar doğrultusunda yollar üzerinde hareket etmeye başlayan etmenler arkalarında bıraktıkları karınca feromonu benzeri izlerle gittikleri yolları belli ederler. Etmenler tarafından bırakılan izler, üzerinden diğer etmenler geçtikçe soğuktan sıcağa doğru bir renk değişimi göstermektedir (Şekil 5.9). Anket üzerinden elde edilen sonuçlar ile her birime ait başlangıç değeri oluşturulur. Bu değer kullanıcıların o birime verdikleri sürelerin toplamının reel sayıya çevrilmesi amacıyla 100 ile çarpılması sonucunda elde edilmektedir. Elde edilen başlangıç değerleri birimlerin kendilerine ait yolları üzerine yerleştirilir ve başlangıç noktasından birime doğru artış gösterir. Bu şekilde, hareket halindeki etmenlerin kesişim noktasına geldiklerinde daha popüler bir noktayı seçme şansları arttırılmış ve rastgelelik kavramı en aza indirgenmiş olacaktır. Hareket ederken çevre üzerinde önce adım atacağı bir sonraki noktayı sorgulayan etmen, izin verilen nokta üzerinde etkileşirse bunu landscape modülüne bildirmektedir. Landscape modülü bu noktanın herhangi bir birim içinde kaldığını tanımlarsa o birime puan vermekte ve popülerliğini arttırmaktadır. Böylece hem ziyaret edilen birimler sıralamaya konulmakta hem de anket sonrası sosyalleşme eğilimi devam etmektedir. Etmen etrafında yer alan sekiz pikselden birine adım atabilir. Geldiği yöne geri dönmemesi ve yol sonuna (birime) denk geldiğinde hareketini sonlandırmaması için hafızasını silerek şansını bir daha denemektedir.

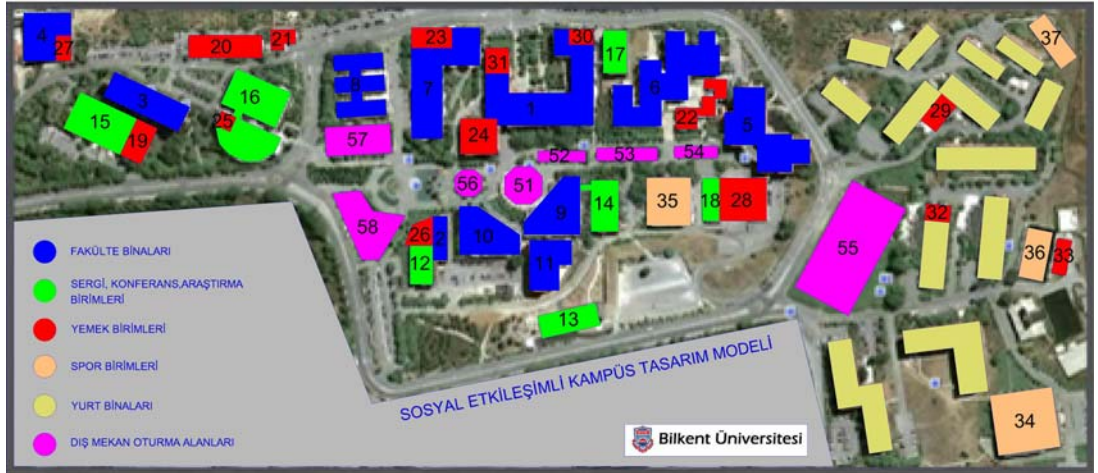


Şekil 5.9: Etkileşim öncesi ve sonrasında model arayüzü

Modelin sonlandırılması, araştırmacının sistemden beklentilerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ancak bir birim renk döngüsü içinde en üst değer olan ve etkileşimi en yüksek olan kırmızı renge dönüştükten sonra rengini sabit tutarak puanını yükseltmeye devam etmektedir. İstenilen kırmızı birim sayısına ulaşıldığında sistem durdurulabilir ve sonradan tekrardan başlatılabilir. Bu şekilde kampüs içi ilk sıralamalara giren birden çok etkileşimi yüksek birimin haritasının çıkarılması sağlanmaktadır. Elde edilen son durum üzerinden bir birime yapılan ziyaret sayıları döküm olarak alınabilir ve renk haritası üzerinden görsel olarak kaydedilerek değerlendirilebilir. Ayrıca, sistemin çalışması sürecinde ekrandaki birimlerin üzerine ile gelinerek arayüzün sol aşağısında yer alan satırda o birime ait koordinatları, anket üzerinden elde edilen başlangıç puanını ve etkileşim sonrası ulaşılan son puanı takip etmekte mümkündür.

5.3.2 Anket

Bu başlıkta, kampüs kullanıcıları için hazırlanan anket örneği ve elde edilen değerlerin programa girilme yöntemi ile ilgili bilgilere yer verilmektedir (Çizelge 5.2). Bilkent kampüs kullanıcıları üzerinde uygulanan anketler ekte sunulacak programın içinde yer almaktadır.



Şekil 5.10: Anket için hazırlanan Bilkent Merkez Kampüs haritası örneği.

İSİM SOYADI: Melike Aslan

FAKÜLTE: Mühendislik Fakültesi

BÖLÜMÜ: Endüstri Mühendisliği

SORU: Yukarıda verilen Bilkent Merkez Kampüs haritasından yararlanarak 09:00-18:00 saat dilimi arasındaki ortalama bulunma sürenizi, birimlerin yanlarındaki süre kutucuklarına yazınız (Şekil 5.10). (Başlamadan önce notlar kısmını okuyunuz.)

Çizelge 5.2: Anket için hazırlanan Bilkent Merkez Kampüs birimleri/süre tablosu.

FAKÜLTE BİNALARI	SÜRE		
1) İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi & İşletme Fakültesi	0.30	25) Coffee Break (Kütüphane Binası)	
2) Hukuk Fakültesi		26) Mozart Cafe (B Binası)	1
3) Mühendislik Fakültesi ve Rektörlük		27) Mozart Cafe (EE Binası)	
4) Elektrik ve Elektronik Mühendisliği		28) Food Court (Kıraç Kafeterya-Speed Alakart- Speed Fastfood)	1
5) Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi FF		29) 69. - 70. Yurt Sofa Cafe Restoran	
6) Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi FADA		30) Cafe Alis	
		31) Starbucks Cafe	

Çizelge 5.2 (devam): Anket için hazırlanan Bilkent Merkez Kampüs birimleri/süre tablosu.

7) Bilgisayar Teknolojisi ve Büro Yönetimi MYO & İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi		32) 75.- 76. Yurt Kantini	
8) Uygulamalı Yabancı Diller Yüksekokulu		33) Halı Saha Kafeterya (Bilka)	
9) Fen Fakültesi A Blok		SPOR BİRİMLERİ	SÜRE
10) Fen Fakültesi B Blok		34) Öğrenci Yurtları Spor Salonu	
11) Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Enstitüsü		35) Merkez Spor Salonu	
SERGİ, KONFERANS VE ARAŞTIRMA BİRİMLERİ	SÜRE	36) Futbol Sahası	
12) Bilgisayar Merkezi	0.45	37) Tenis Kortları	
13) Nanoteknoloji Araştırma Merkezi		DIŞ MEKAN OTURMA ALANLARI	SÜRE
14) İleri Araştırmalar Laboratuvarı		51) Çim alan 1	
15) Mithat Çoruh Amfisi ve Sınıflar	4	52) Çim alan 2	
16) Merkez Kütüphane	0.30	53) Çim alan 3	
17) Amfiler Binası		54) Çim alan 4	0.30
18) Meteksan Kitapevi	0.15	55) Çim alan 5	
YEMEK BİRİMLERİ	SÜRE	56) Çim alan 6	
19) Alakart Restoran		57) Çim alan 7	
20) Marmara Tabldot Restoran		58) Çim alan 8	
21) Cafe In	0.30	NOTLAR: Süreleri belirlerken aşağıdaki formatı kullanınız ve toplamda 9 saatlik bir zaman dilimini böleceğinizi unutmayınız. Örnek ; 15 dakika için = 0.15 30 dakika için = 0.30 45 dakika için = 0.45 1 saat için = 1 1 saat 15 dakika için = 1.15 1 saat 30 dakika için = 1.30 1 saat 45 dakika için = 1.45	
22) Express Cafe (GSTMF Binası)			
23) Express Cafe (İBEF Binası)			
24) Coffee Break (İİSBF Binası)			

Yapılan örnek ankete göre 9 numaralı mühendis, 1 numaralı birimde 30 dakika, 12 numaralı birimde 45 dakika...vb. olarak vakit geçirmektedir. Bilgileri program dosyasına aktarırken matematiksel değerlere dönüştürmek açısından her 15 dakikanın 0.25'lik değere eşit olduğunu unutmamak gerekmektedir. Kampüs birim ve sürelerinin programa aktarılış yöntemi aşağıdaki şekilde olmaktadır.

MUH_9|yer_1,0.5;yer_12,0.75;yer_15,4;yer_16,0.5;yer_18,0.25;yer_21,0.5;yer_26,1;yer_28,1;yer_54,0.5

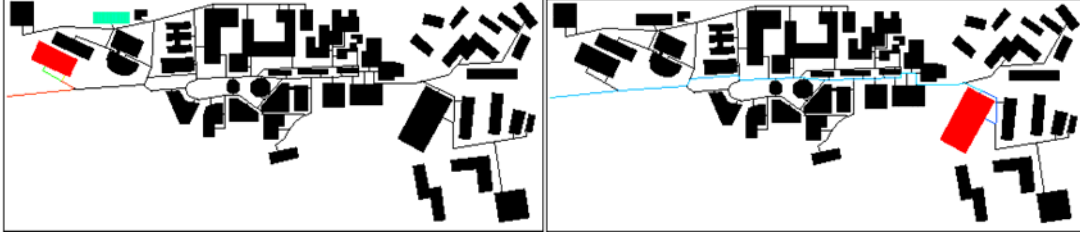
5.3.3 Kod

Program temel algoritması; mainframe, workspace, landscape, place, wanderer ve weighted wanderer olmak üzere altı ana başlık altında gerçekleştirilmektedir. Program Java dilinde yazılmış olup, sayfa sınırlamasına bağlı olarak ekte sunulmuştur..

5.4 Modelin Denenmesi

Sosyal etkileşimli kampüs modelinin deneme sürecinde ilk olarak üretilen versiyonda anket verileri henüz algoritmaya dahil edilmediğinden etmen hareketlerinin belli bir yol üzerinde yoğunlaşarak karınca kolonisiyle benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, geliştirilen algoritmanın temel kısmının doğru şekilde çalıştığını ve gelişime açık olduğunu göstermiştir. İkinci olarak atılan adım ise rastgelelik durumunun az da olsa ortadan kaldırılması ile ilgili olmuştur. Yolların kesişim noktalarına verilen eğilim değerleri sonucunda etmenler seçimlerini orantısız olarak yapmaya başlamışlardır. Bu değerler etmenlerin hareketleri esnasında arkalarında bıraktıkları izleri kullanarak yolların eğilim yüzdelerinin belirlenmesi sonucu oluşturulmuştur. Ancak modelin bu versiyonunda fark edilen zayıf noktaya göre, kullanıcı profili ve sayısı ne olursa olsun eğer bir birim puan toplamaya başlamışsa o birim birinciliğini kolay kolay kaybetmemektedir. Sistem bu şekilde çalıştırıldığında belli bir süre sonunda özellikle kesişim noktalarında kalan birimlerde etkileşim oranı yüzdesinin diğer birimlerin oranlarıyla karşılaştırıldığında değerlendirmeye alınamayacak kadar yüksek olduğu görülmüştür. Geliştirilen son versiyonda kampüs kullanıcılarının verdikleri bilgiler doğrultusunda eğilim yüzdeleri program başlangıcında belirlenerek yollar üzerinde dağıtılmaktadır. Böylece, mümkün olduğu kadar rastlantısal hareketlerden uzaklaşarak etmenlere bir noktada mantıksal davranışlar katılması hedeflenmiştir. Karınca kolonisi sisteminde çevreye bırakılan izlere bilgi yüklenirken, geliştirilen bu modelde bilginin sadece algoritmayı yürütmekten ibaret kalmayarak içinde düşünce yapısına yakın değerler de barındırması amaçlanmaktadır. Son sürümün bitirilmesi ile beraber, sistemin gerçek bir kampüs ortamında denenmeden önce test aşamasından geçmesi için, sadece aynı fakültede okuyan bir grup öğrenci üzerinde uygulanmıştır. Bu şekilde elde edilen sonuçlara göre kullanıcıların en çok vakit geçirdikleri alan olan fakülteleri etrafında etkileşime girdikleri ve renk haritasını bu birimin etrafında şekillendirdikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca tek birim üzerinde yoğunlaşan anketlerde de sistemin doğru

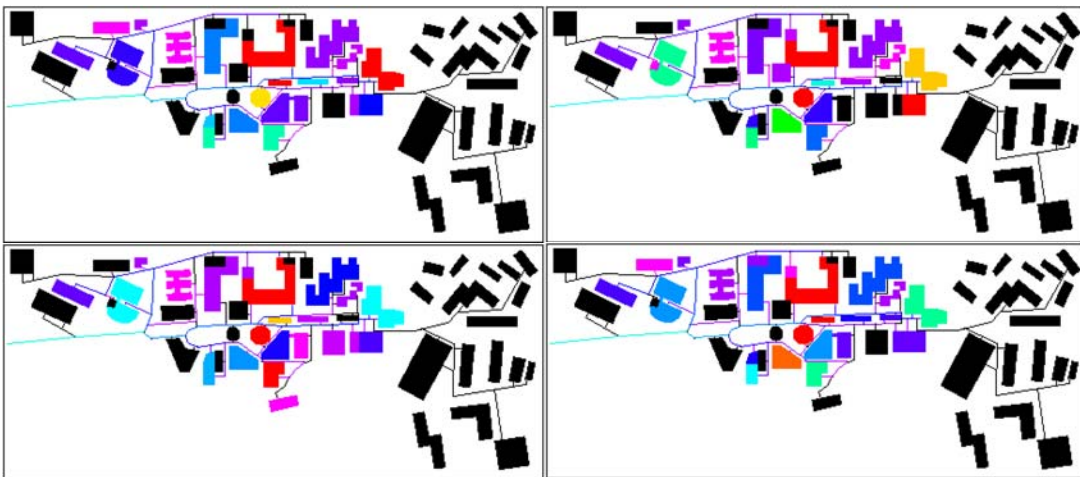
çalıştığı tespit edilmiştir (Şekil 5.11). Algoritmanın istenilen başarıyı elde etmesinin ardından sistem geliştirilen üç çeşit senaryo üzerinde denenerek Bilkent kampüs yerleşimi üzerinden değerlendirilecektir.



Şekil 5.11: Sistemin tek birim üzerinde denemesi.

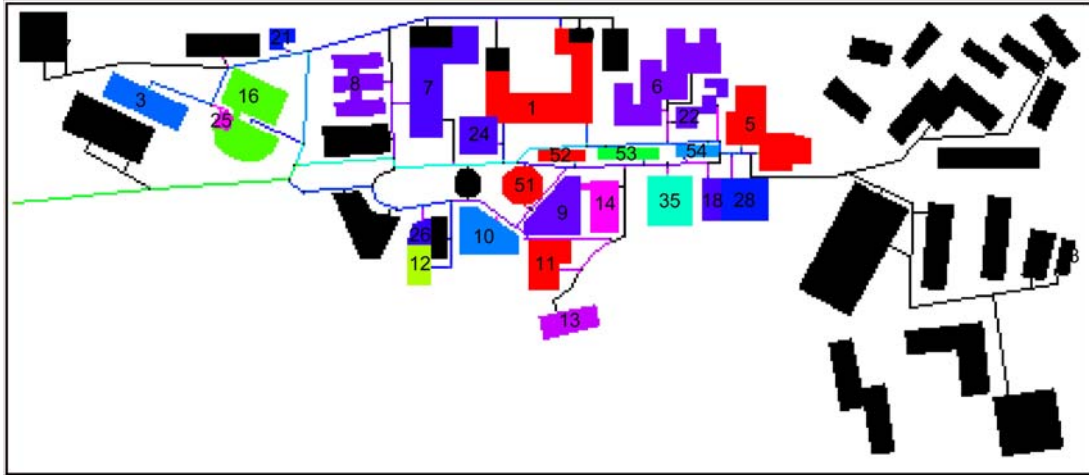
5.4.1 Kampüs Kullanıcı Sayısının Orantılı Olduğu Durum

Bilkent Üniversitesi yerleşkesi üzerinde uygulanan ilk senaryoya göre kampüs kullanıcılarına uygulanan anketlerde 2010 yılı lisans ve yüksek lisans kontenjanları baz alınmıştır. Orantılı durum olarak bahsedilen bu senaryoda; 6 Mühendislik, 2 Fen , 4 İktisat, 2 İşletme, 2 Hukuk, 1 İnsani Bilimler, 4 Güzel Sanatlar, 2 Uygulamalı Yabancı Diller ve 1 Nanoteknoloji Fakültesi öğrencisi yer almıştır. Bu şekilde gerçekçi bir kampüs ortamı yaratılmak istenmektedir. Model üzerinde yapılan çalışmalarda, rastlantısal durumların oranının anlaşılması amacıyla her senaryo için sistem dört kere çalıştırılmaktadır. En doğru sonuca ulaşabilmek için her dört haritada da yer alan ortak birimlerin, yani kesişim kümesinin bulunması gerekmektedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12: Kampüs kullanıcı sayısının orantılı olduğu durum karşılaştırmalı örnekleri.

Elde edilen bu sonuçları denemek amacıyla sistem tekrar çalıştırılarak ilk beş birim belirlendiğinde karşımıza çıkan tablonun şekil 5.12'nin genişletilmiş bir versiyonu olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 5.13). Dört haritanın kapsamını oluşturan bu harita 24 kişilik çekirdek bir kullanıcı grubuna uygulanmış bir anketin sonucunda oluşmuştur. Başlangıç skoru orta değerlerde yer alan 51 numaralı birim (çim alan) gerek ankete bağlı yapılan seçimler gerekse kampüsün merkezinde yer almasından ötürü en etkileşimli alan olarak belirlenirken, başlangıç puanı en yüksek birim olan 1 numara (İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi) etkileşimi en yüksek 2. birim olarak görülmektedir (Çizelge 5.3). Bu birimin içinde birden çok fakülte öğrencisinin bulunması sebebiyle birimin başlangıç puanı diğerlerine göre açık arayla öndedir. Ancak bu durum yinede birinci olmasına yetmemiştir. Üçüncülüğü alan 52 numaralı birim (çim alan), yine 51 numara gibi seçimlerin merkezinde yer almakta ve başlangıç puanlamalarında ilk beşe girememektedir. 5 numaralı Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi ile 11 numaralı Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Enstitüsü birimleri ise başlangıç puanları yüksek olmamasına rağmen sistem tarafından önceden belirlenen yollar üzerinde bulundukları için etkileşim açısından ilk beşe girmişlerdir.



Şekil 5.13: Kampüs kullanıcı sayısının orantılı olduğu durum ilk beş birim.

Sonuç olarak, başlangıç skorları etkileşime yön vermekle beraber doğru orantılı olarak çalışmamaktadır. Bir birime ait eğilimin belirlenmesinde sistem başlangıcında tanımlanan yolların önemi büyüktür. Bu yollar genelde kampüsün ince uzun aksı doğrultusunda ve birime ulaşabilecek en kısa mesafelerde oluşturulmaktadır. Bu açıdan merkezde ve çizgisel aks üzerinde bulunan alanların şansı yükselmektedir. Çizelge üzerinde mavi ile işaretlenmiş anket sonuçlarına göre başlangıç değeri en

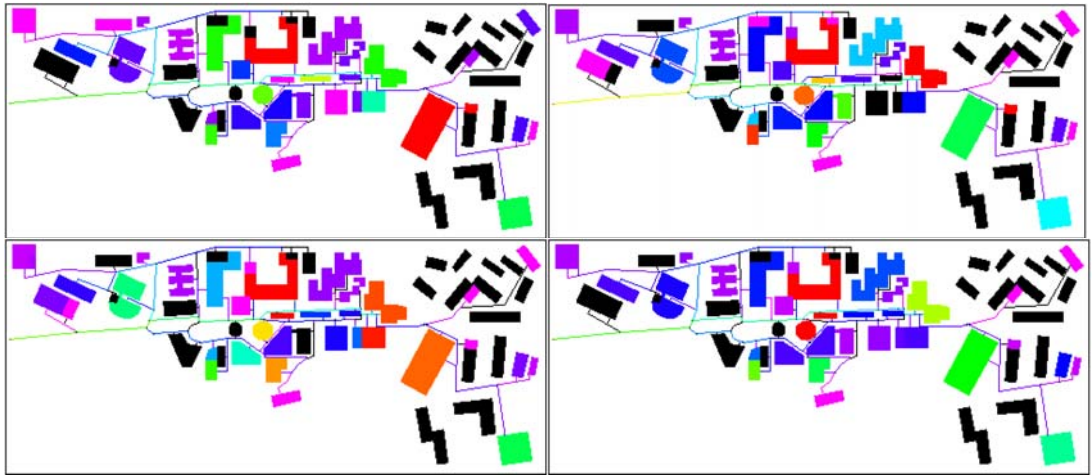
yüksek ilk beş birim ise hemen hemen aynı oranda etkileşime girerek ortalama bir değer tutturmışlardır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3: Kampüs kullanıcı sayısının orantılı olduğu durum ilk beş birim anket ve etkileşim puanları dökümü.

Visitable Place	Score	StartingScore
yer_40	2	0
yer_42	2	0
yer_41	2	0
yer_44	2	0
yer_43	2	0
yer_46	2	0
yer_45	2	0
yer_48	2	0
yer_47	2	0
yer_49	2	0
yer_31	272	400
yer_30	2	0
yer_35	22112	100
yer_34	2	750
yer_33	2	150
yer_32	2	250
yer_39	2	0
yer_38	2	0
yer_37	2	0
yer_36	2	200
yer_29	2	50
yer_20	842	200
yer_26	8672	1600
yer_25	1232	200
yer_28	11582	1005
yer_27	62	50
yer_22	6032	125
yer_21	11612	700
yer_24	7232	275
yer_23	362	100
yer_1	238532	2950
yer_2	2	750
yer_3	14072	1425
yer_4	62	200
yer_18	7772	300
yer_5	52442	1300
yer_19	2	100
yer_6	5552	900
yer_7	7322	675
yer_8	5162	1000
yer_58	2	0
yer_56	2	50
yer_57	2	150
yer_54	16442	425
yer_55	2	125
yer_52	112832	175
yer_17	2	25
yer_53	28052	500
yer_16	33752	1325
yer_50	2	0
yer_15	272	500
yer_51	6648752	350
yer_14	1472	100
yer_9	6662	500
yer_13	2972	100
yer_12	37262	1600
yer_11	55172	400
yer_10	15752	400

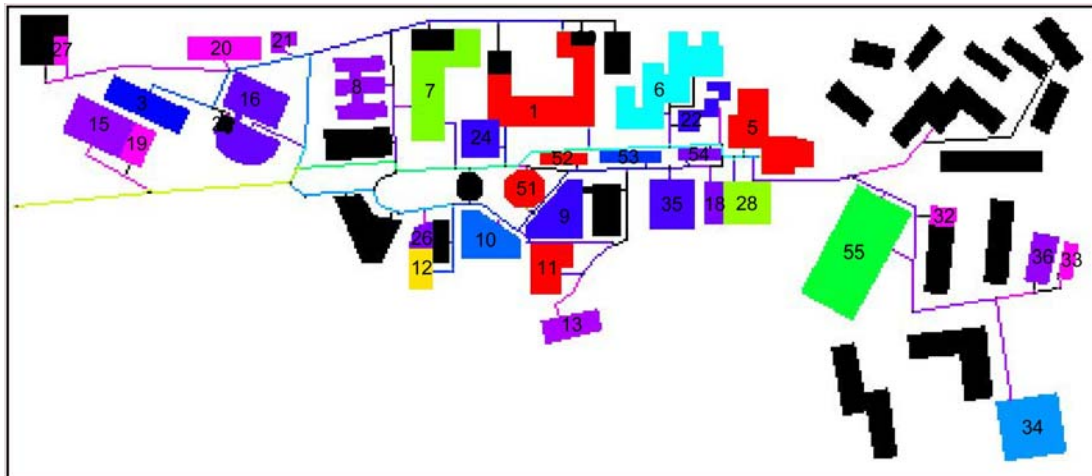
5.4.2 Kampüs Kullanıcı Sayısının Orantısız Olduğu Durum

Bilkent Üniversitesi yerleşkesi üzerinde uygulanan ikinci senaryoya göre anket rastgele seçilen 50 kampüs öğrencisine uygulanmıştır. Orantısız durum olarak bahsedilen bu senaryoda; 12 Mühendislik, 5 Fen , 6 İktisat, 4 İşletme, 4 Hukuk, 3 İnsani Bilimler, 10 Güzel Sanatlar, 4 Uygulamalı Yabancı Diller ve 2 Nanoteknoloji Fakültesi öğrencisi yer almıştır. Bu şekilde, ilk senaryonun kontrolü gerçekleştirilerek sistemin çalışma prensipleri gözlemlenmiş olacaktır. Rastlantısal durumların oranını en aza indirmek için bu senaryoda da model dört kere çalıştırılarak kesişim kümeleri belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 5.14)



Şekil 5.14: Kampüs kullanıcı sayısının orantısız olduğu durum karşılaştırmalı örnekleri.

Senaryo esaslarına göre çalıştırılarak ilk beşin bulunduğu kampüs haritasında şekil 5.14'te yer alan etkileşimi en yüksek dört tane birim bulunurken, 11 numaralı birim rastlantısal olarak öne çıkmakta en yüksek puanı almaktadır (Şekil 5.15).



Şekil 5.15: Kampüs kullanıcı sayısının orantısız olduğu durum ilk beş birim.

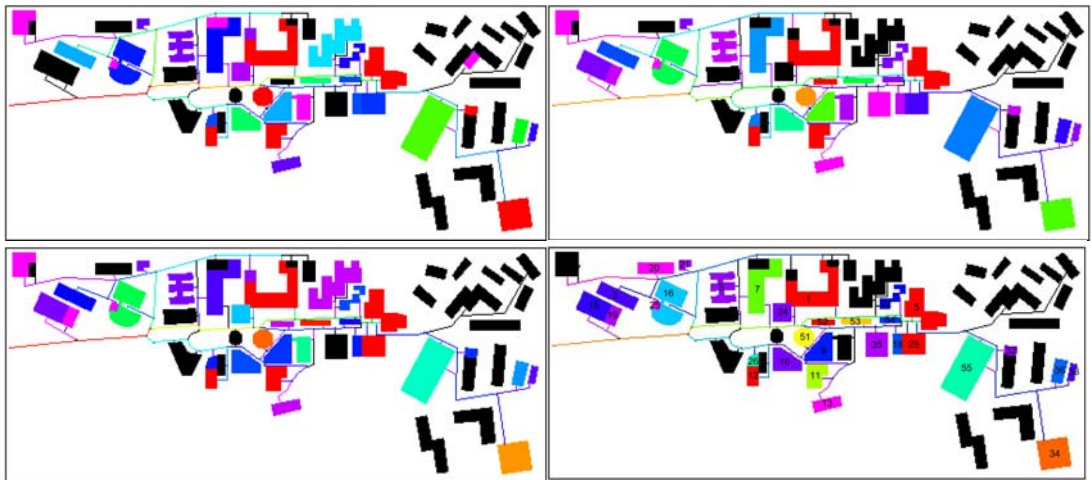
Çizelge 5.4: Kampüs kullanıcı sayısının orantısız olduğu durum ilk beş birim anket ve etkileşim puanları dökümü.

Visitable Place	Score	StartingScore
yer_40	2	0
yer_42	2	0
yer_41	2	0
yer_44	2	0
yer_43	2	0
yer_46	2	0
yer_45	2	0
yer_48	2	0
yer_47	2	0
yer_49	2	0
yer_31	422	950
yer_30	542	200
yer_35	7112	650
yer_34	16592	1100
yer_33	1022	150
yer_32	1082	300
yer_39	2	0
yer_38	2	0
yer_37	602	200
yer_36	4022	200
yer_29	842	350
yer_20	1082	450
yer_26	5792	2425
yer_25	512	200
yer_28	36692	2155
yer_27	1622	1150
yer_22	8312	275
yer_21	3482	1050
yer_24	8762	590
yer_23	2	250
yer_1	94142	4950
yer_2	2	1500
yer_3	10262	3075
yer_4	572	400
yer_18	5342	590
yer_5	51632	3150
yer_19	1592	150
yer_6	20912	1700
yer_7	35702	1575
yer_8	4052	1950
yer_58	122	150
yer_56	2	150
yer_57	2	150
yer_54	5732	925
yer_55	28052	625
yer_52	82502	375
yer_17	2	25
yer_53	12272	850
yer_16	6482	2675
yer_50	2	0
yer_15	4712	1170
yer_51	89942	600
yer_14	92	150
yer_9	8702	1000
yer_13	3182	200
yer_12	41822	3250
yer_11	98852	900
yer_10	14702	1300

Orantılı durum senaryosunda da etkileşimi en yüksek ikinci birim olan 1 numaralı İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi bu senaryo tipinde de ikinciliğini korumaktadır. 51 ve 52 numaralı çim alanlar üçüncülüğü ve dördüncülüğü paylaşıırken, ilk senaryoda olduğu gibi anketten aldıkları başlangıç puanları çok yüksek olmamasına rağmen ilk beşte yer almaları bulundukları koordinatların avantajını taşıdıklarını göstermektedir. 5 numaralı Güzel Sanatlar Fakültesinin başlangıç puanının üçüncü en yüksek değer ve çizgisel aks üzerinde yer alması onu, her iki haritadan birinde ilk beşe sokmaktadır (Çizelge 5.4). Sonuç olarak, bu senaryo tipinde de puanlara bağlı sıralamalar değişse de ilk beş ilk senaryoyla aynı kalmıştır.

5.4.3 Kampüs Kullanıcı Sayısının Orantılı ve Fazla Olduğu Durum

Bilkent Üniversitesi yerleşkesi üzerinde uygulanan üçüncü tip senaryoya göre kampüs kullanıcılarına uygulanan anketlerde, 2010 yılı lisans ve yüksek lisans kontenjanları baz alınmış ancak kullanıcı sayısı 3 katına çıkarılmıştır. Bu şekilde yine gerçeğe yakın bir kampüs ortamı yaratılırken, karınca sistemi algoritmasında karşılaşılan şehir sayısının çok olmasına bağlı oluşan algoritma yanılgısının yaşanıp yaşanmayacağı kontrol edilmektedir. Her senaryoda olduğu gibi dört kere çalıştırılan sistemde etkileşimi yüksek ilk beş birimi bulmak hedeflenmiştir (Şekil 5.16). Elde edilen sonuçlara göre 1, 5, 11 numaralı birimler yine ilk beşe girerlerken, 12 numaralı bilgisayar merkezi ve 28 numaralı yemek birimleri seçime bağlı olarak ön plana çıkmaktadırlar. Buradan yola çıkarak karınca koloni algoritmasının tam aksine anket sayısının yükseltilmesine bağlı olarak sistem kuvvetlendirilerek seçimler ön plana çıkarılabilmektedir. Bu şekilde sistemden istenen beklenti karşılanmaktadır.



Şekil 5.16: Kampüs kullanıcı sayısının orantılı ve fazla olduğu durum ilk beş birim karşılaştırmalı örnekleri.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma bilgisayar bilimleri, mimarlık ve biyomimetik gibi çoklu disiplin yöntemleri yardımıyla geleneksel kampüs tasarım prensiplerinde farklı bir bakış açısı yakalamak amacıyla yapılmıştır. Tasarımcılar, mimarlar ya da araştırmacılar tarafından kullanılabilecek olan bu çalışmanın, sosyal etkileşimi yüksek kampüslerin tasarlanmasında ya da mevcut kampüs yerleşimlerinin geliştirilmesi ve yeniden düzenlenmesinde etkili olacağı düşünülmektedir.

Üniversite kentleri olarak adlandırılan kampüslerden ihtiyaçlarını kendi içlerinde karşılamaları beklenmektedir. Bu bakımdan akademik, idari, barınma ve rekreasyon alanlarında gerçekleştirilecek yapılaşmaların tümünün bir bütün olarak değerlendirilmesi ve arazi üzerinde kapladıkları tesirli alan oranlarının düzgün bir şekilde hesaplanması gerekmektedir. Ancak, yapılan incelemelerde Türkiye üniversite kampüslerinde kişi başına düşen rekreasyon alanının yeterli olmadığı görülmüştür. Kampüs birimleri arasında bütünlüğün sağlanması ve mevcut yerleşkelerdeki faaliyet alanlarının arttırılması amacıyla yeni tip organizasyon yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle seçilen ve organizasyon başarısı doğa tarafından tescillenmiş olan karınca kolonisi algoritmalarında yer alan eylem yönlendiricisi kavramı, çalışmanın tasarım yardımcısı olarak düşünülmüştür.

Sonuç olarak, sosyal etkileşimli kampüs tasarım geliştirme ve inceleme aşamalarında kullanılmak üzere plan düzleminde çalışan bir model geliştirilmiştir. Bu model sosyalleşme açısından başarılı yaklaşımlardan biri sayılan moleküler tipi yerleşim düzeninde tasarlanan Bilkent Üniversitesi merkez kampüsü üzerinde denenmiştir. Modelin denenmesi sürecinde Bilkent Üniversitesi öğrencilerinin yardımıyla oluşturulan anketlerden faydalanılarak, tasarımın kampüs kullanıcıları tarafından yorumlanarak geliştirilmesi sağlanmıştır. Bu yöntemle sosyal ve entelektüel seviyenin arttırılabileceği öngörülmektedir.

Bu amaçlarla hazırlanan yazılımın literatür incelemesi, gelişim ve denenme süreçlerinde yaşanan deneyimler ve gözlemlere dayanarak modelle ve gelecek çalışmalarıyla ilgili şunlar sıralanabilir;

- Son yıllarda farklılaşan sosyal ve entellektüel yaşamla beraber yapılacak yeni kampüs düzenlemelerinde geleneksel yerleşim prensiplerinin yerini yenilikçi yaklaşımlara bırakması ve mevcut yerleşimlerde yapılacak düzenlemelerin bu bilince dayalı olarak geliştirilmesi gerektiği görülmüştür. Bu anlamda yapılacak çalışmalarda bilgisayar desteğinden faydalanmak en önemli şartlardan biridir.
- Genel anlamda, kampüs temel tasarım prensipleri doğrultusunda tartışılan model önerisinde öğrencilere yapılan anketlerin yazılımın gelişim aşamasına katkısı çok önemlidir. Hedefe ulaşmak için tasarımı kullanacak öğrencilerin sisteme dahil edilerek algoritmanın gelişimine yön vermesi aynı zamanda sistemi tanıyarak kendini yaşadığı ortama daha yakın hissetmesini sağlamaktadır. Bu şekilde geliştirilen etkileşim yöntemleri tasarımın geniş bir alana yayılmasına yardımcı olmaktadır.
- Sosyal böceklerin çevre üzerinde gerçekleştirdikleri dolaylı iletişim ve organizasyon yöntemleri incelendiğinde kampüs içi topluluk davranışlarıyla benzerlik gösterdiği anlaşılmış ve mimari planlama alanında yapılacak uygulamalarda eylem yönlendiricisi kavramının uygulanabilirliğine karar verilmiştir. Bu çalışma için çıkış noktası olarak tercih edilen ve karınca kolonisi eniyileme yönteminin bir parçası olan eylem yönlendiricisi pek çok alanda kullanılmış olması ve bilgisayar desteğiyle yönetilmesi açısından tercih edilmiştir.
- Yazılımın deneme sürecinde geliştirilen senaryoların kontrolünde sistemin ilk aşamadaki hedefleri karşılayacak şekilde çalıştığı ve anketten aldığı bilgileri kampüs haritasına yansıttığı görülmüştür. Kullanıcıların kampüs birimlerine ulaşabilmek amacıyla sistem tarafından tanımlanan yollar üzerinde gerçekleştirdikleri hareketlerde, arkalarında bıraktıkları izler ve kesişim noktalarındaki eğilim oranlarının birimlere çekicilik kazandırıldığı gözlemlenmiştir.
- Model algoritması işleyiş sürecini ve sonucu etkileyen üç ana etkenin; anket sonuçları, sistem tarafından tanımlanan yollar ve birimlerin yerleşke içerisindeki konumu olduğu anlaşılarak, yazılımın deneme sürecinde uygulanan üç tip senaryonun ikisinde etkileşimi en yüksek beş birimin aynı bulunması, sistemin bazı yerlerinde zayıf noktalarının olduğunu göstermiştir.

Ancak uygulanan son tip senaryoda kampüs kullanıcı sayısının arttırılması ile beraber anketlerin algoritma içindeki karar mekanizması genişlemiş ve sistem açıklarından uzaklaşarak istenilen sonuca daha yakın cevaplar alınmıştır.

- Yazılım, başlangıç noktasından birimlere giden yolları, anketten alınan bilgiler doğrultusunda eğilim oranlarına göre hazırlarken; uzaktaki birimlere giden yollar üzerindeki puanların üst üste binerek artması ile kazanılan avantajı, başlangıç noktasının yakınında yer alan birimlerin kesişim noktalarındaki öncelikli çekiciliği ile dengelemektedir. Bu şekilde, en uzaktaki ve en yakındaki birimlerin birbirlerine üstünlük sağlaması önlenmiştir. Gelecek çalışmaları için beklenen, öğrencilerin gidecekleri noktaları önceden bilerek gereksiz puan bilgilerinden kaçınmaları ve yapay zekaya bir adım daha yaklaşmalarıdır. Literatürde “cognitive stigmergy” olarak geçen bu araştırma dalının geliştirilen yazılımın bir sonraki adımı olması önerilmektedir.
- Daha sonraki aşamalarda uygulanmak üzere modelin kendini güncellemesi ve sistemin bir noktadan sonra döngüye girmemesi amacıyla, etmenler tarafından bırakılan izlerin belli bir süre sonra buharlaşmaya başlaması düşünülmüştür. Karınca sistemlerinde de yer alan bu durumun hareket kurgusunu tazelemeye yardımcı olarak sistem karışıklığını önleyeceği düşünülmektedir.
- Elde edilen renk haritası ve etkileşim oranlarına yönelik dökümler üzerinden yorum yapılabilmesi, çeşitli parametrik değerler ile süre kavramının kullanıcı tarafından belirlenebilmesi gibi durumlar sisteme kullanım kolaylığı getirmesi açısından olumlu karşılanmıştır.
- Geliştirilen modelin, gerek mevcut kampüs yerleşim birimlerinin değerlendirilmesinde, gerekse tasarım aşamasındaki kampüs planlarının oluşturulmasında kullanılabilmesi, sistemi çok yönlü kılmaktadır. Bu yönüyle, sadece sosyalleşme alanlarının plan bazında geliştirilmesinde değil, yerleşke üzerinde yapılacak ek birimlerin işlevlerinin oluşturulmasında, reklam ve duyuru gibi yüksek oranda kitleye ulaşmayı amaç edinen aktivitelerin yer tespitinde, kullanıcılara ait seçim yüzdelерinin belirlenerek yerleşim alanı üzerinde iyileştirme yapılmasında, kullanıcı profilinin mimari üzerindeki etkisinin incelenmesinde, erişebilirlik kriterinin

uygulanabilirliğine dair yapılan sirkülasyon kontrol çalışmalarında ve çevrenin kampüs kullanıcıları üzerindeki psikolojik etkisinin değerlendirilmesinde de kullanılabilmektedir. Bu alternatifler zinciri, sistem kullanıcılarına geniş bir çözüm yelpazesi sunarak, tasarımın en iyi ve kapsamlı yaklaşıma doğru gitmesine zemin hazırlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abido, M. A.**, 2002. Optimal power flow using particle swarm optimization, *Electrical Power and Energy Systems*, **24**, 563-571.
- Akbulut, D.**, 2009. *Evrimsel Tasarım Yöntemi ve Yaratıcılığın Süreç İçerisindeki Yeri*, Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gazi Üniversitesi.
- Allahverdi, A., Al-Anzi, F.S.**, 2006. A PSO and a Tabu Search Heuristics for the Assembly Scheduling Problem of the Two-stage Distributed Database Application, *Computers&Operations Research*, **33**, 1056-1080.
- Altunbaş, E.E.**, 2009. *Mimaride Evrimsel Tasarım Sistemleri*, Mimarlık Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, YTÜ.
- Amato, N.M., Bayazit O. B., Lien J.**, 2002. *Simulating Flocking Behaviors in Complex Enviroments*, Department of Computer Science, Texas A&M University.
- Aydın, D. ve Uğur, A.**, 1999. *Ant System Algoritmasının Java ile Görselleştirilmesi*, Ege Üniversitesi Akademik Bilişim Konferansı Bildirisi. Erişim tarihi, 14 Şubat 2010, <http://ab.org.tr/ab06/bildiri/53.pdf>
- Bentley, P.**, 1999. *An Introduction to Evolutionary Design by Computers, Evolutionary Design by Computers*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco.
- Bonabeau, E., Dorigo, M., Theraulaz, G.**, 1999. *From Natural to Artificial Swarm Intelligence*. Oxford University Press.
- Bonabeau, E.**, 2000. Theraulaz, G., 'Swarm Smarts', *Scientific American Inc.*, 72-79.
- Brandstatter, B., Baumgartner, U.**, 2002. Particle Swarm Optimization: Mass-spring System Analogon, *IEEE Transactions on Magnetics*, **38**, 997-1000.
- Camazine, S., Deneubourg, J., Franks, N., Sneyd, J., Theraulaz, G., Bonabeau, E.**, 2001. *Selforganization in biological systems*. Princeton: Princeton University Press.
- Cahill, S.**, 2001. *Inside social life: Readings in sociological psychology and microsociology*. Los Angeles: Roxbury Publishing Company.
- Cestel, E.**, 2008. *Yüksek Yapıların Kavramsal Tasarım Sürecinde Üreten Tasarımlar*, Mimari Tasarımda Bilişim Programı, Bilişim Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
- Christian, J ve Hushlak , G.**, 2008. *Natural Computing Series: The Art of Artificial Evolution, Evolutionary and Swarm Design in Science, Art, and Music*, Springer Berlin Heidelberg.

- Cin, İ.**, 1996. *Şifre Sorgulamada Yapay Sinirsel Ağların Kullanımı*, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Clerc, M.**, 1999. The Swarm and the Queen: Towards a Deterministic and Adaptive Particle Swarm Optimization, *Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation (ICEC99)*, Washington, DC, 1951-1957.
- De Castro, L.N., Von Zuben F.J.**, 1999 . *Artificial Immune Systems: Part I – Basic Theory And Applications*, Technical Report, 01/99 December
- Diao, Y., Kevin M.**, 2003. Immunity-based hybrid learning methods for approximator structure and parameter adjustment, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **15**(6), 587-600
- Dorigo, M., Caro, G., Gambardella, L. M.**, 1999. Ant algorithms for discrete optimization, *In Artificial Life*, 137-172.
- Eberhard, R.C., Kennedy, J.**, 1995. *New optimizer using Particle Swarm Theory*, Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science, Nagoya, Japan.
- Eggermont, M.**, 2007. *Biomimetics as problem-solving, creativity and innovation tool*. Schulich School of Engineering, University of Calgary.
- Emel, G., Taşkın, Ç.**, 2002. Genetik algoritmalar ve uygulama alanları, Uludağ Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **XXI**(1), 129-152
- Erçevik, B.**, 2008. *Üniversitelerde Sosyal Mekan Kullanımlarının İncelenmesi: Kent Üniversitesi, Kent İçi ve Kent Dışı Kampüsler*, FBE Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Programı, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ.
- Erkman, U.**, 1990. *Büyüme ve Gelişme Açısından Üniversite Kampüslerinde Planlama ve Tasarım Sorunları*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- Frazer, J.**, 1995. *An Evolutionary Architecture*, Londra.
- Garassini S.**, 2000, Yaşamdan Bilgisayara-Bilgisayardan Yaşama: Yapay Yaşamın Evrimleri , *Domus*, **2**, 192-195.
- Garnier, S., Gautrais J., Theraulaz, G.**, 2007. *The biological principles of swarm intelligence*, Springer Science and Business Media, LLC.
- Grassé, P.P.**, 1959. La reconstruction du nid et les coordinations inter-individuelles chez bellicositermes natalensis et cubitermes sp. la theorie de la stigmergie: essai d'interpretation des termites constructeurs. *Insectes Sociaux*, **6**, 41–83
- Gruber, Harlan E.**, 2008. *12 Spiral City: A Model Of A Visionary Ecologically Integrated City*, Ecocity World Summit Proceedings.
- Goffman, E.**, 1959. *The presentation of self in everyday life*. Garden City, NY: Doubleday Anchor.
- Gössel, P., Leuthauser G.**, 1991. *Architecture in the Twentieth Century* Benedikt, Taschen.

- Hadeli, K. Valckenaers, P., Zamfirescu, C., Brussel, H. V., Germain B. S., Hoelvoet T., Steegmans E., 2004. *Self-Organising in Multi-agent Coordination and Control Using Stigmergy*, Springer Berlin**
- İşçi, Ö. ve Korukoğlu, S., 2003. *Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem*, Yönetim ve Ekonomi, Celal Bayar Üniversitesi, Ankara**
- Jirapong, K., 2002. *Discovering Architecture within a Seashell*, Unpublished Ph.D. Thesis, The Graduate College of the Illinois Institute of Technology, Chicago, Illinois.**
- Jones, D. F., Mirrazavi, S.K., Tamiz M., 2002. Multi-objective meta-heuristics: An overview of the current state-of-the-art, *European Journal of Operational Research*, **137**, 1-9.**
- Karaaslan, M., 1979. *Üniversite Kampus Planlaması*, Edirne Müh.-Mim. Akademisi, Edirne.**
- Kennedy, J., Eberhart, R.C., Shi, Y., 2001. *Swarm Intelligence*, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA.**
- Kortan, E., 1981. *Çağdaş Üniversite Kampusları Tasarımı*. ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara.**
- Kriesel, D., 2009. *Distributed evolution of Swarms*, Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn Mathematisch, Naturwissenschaftliche Fakultät Institut für Informatik. Erişim tarihi, 16 Şubat 2010, http://www.dkriesel.com/_media/science/diplomarbeit-de-1column11pt.pdf?DokuWiki=e33c8c3b824e972efa9cc2c7adec24b6**
- Linde, H., 1971. *Hochschulplanung*, Werner-Verlag, Duesseldorf.**
- Loop.pH., 2008. *Metabolic Media for Nobel Textiles*, London Design Festival, Central Saint Martins, London. Erişim tarihi, 16 Ocak 2010, <http://loop.ph/files/LooppH-NobelTextiles-PressRelease.pdf>**
- Mainstone, R., 1999. *Structure in Architecture : History, Design, and Innovation*, Aldershot, Hampshire.**
- Merkle, D., Blum, C., 2008. *Swarm Intelligence Introduction and Applications*, *Swarm Intelligence in Optimization Natural Computing Series*, Springer Berlin Heidelberg, Online ISBN: 978-3-540-74089-6**
- Reynolds, C. W., 1999. *Steering Behaviors For Autonomous Characters*, in the *proceedings of Game Developers Conference*, California. Miller Freeman Game Group, San Francisco, California. 763-782.**
- Ricci, A., Omicini, A., Viroli, M., Gardelli, L., Oliva, E., 2007. *Cognitive Stigmergy: Towards a Framework Based on Agents and Artifacts*, Università di Bologna via Venezia, Cesena, Italy**
- Rosenman, M. A., 2006. *An exploration into evolutionary models for non-routine design*, Key Centre of Design Computing Department of Architectural and Design Science, University of Sydney.**
- Salman, A., Ahmad, I., Al-Madani, S., 2003. Particle Swarm Optimization for Task Assignment Problem, *Microprocessors and Microsystems*, **26**, 363-371.**

- Selçuk, S.A. ve Sorguç, G.A.**, 2004. Similarities in Structures in Nature and Man-Made Structures : Biomimesis in Architecture, *2nd International Design and Nature Conference Comparing Design in Nature with Science and Engineering*, Rodos, **45(54)**, 28-30.
- Selçuk, S.A. ve Sorguç, G.A.**, 2006. Yapay Zeka Araştırmaları ve Biomimesis Kavramlarının Günümüzde Mimarlık Alanındaki Uygulamaları: Akıllı Mekanlar, *4.Yapı ve Kentte Bilişim Kongresi*, 8-9 Haziran 2006.
- Selçuk, S.A. ve Sorguç, G.A.**, 2007. *Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi*, Mimarlık Fakültesi, ODTÜ.
- Shi, Y., Eberhart, R.C.**, 1998. A Modified Particle Swarm Optimizer, *Proceedings of the IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, Piscataway, NJ, 303-308.
- Tasgetiren, M. F. Liang, Y. C.**, 2003. A binary particle swarm optimization algorithm for lot sizing problem, *Journal of Economic and Social Research*, **5(2)**, 1-20.
- Tasgetiren, M. F., Liang, Y. C., Sevkli, M., Gencyilmaz. G.**, 2004a. Particle swarm optimization algorithm for makespan and maximum lateness minimization in permutation flowshop sequencing problem, *4th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems (IMS2004)*, Sakarya, Turkey, 431-441.
- Tasgetiren, M. F., Sevkli, M., Liang, Y. C., Gencyilmaz. G.**, 2004b. Particle swarm optimization algorithm for permutation flowshop sequencing problem, *4th International Workshop on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence (ANTS2004)*, LNSC 3172, Brussels, 382-390, Belgium.
- Tasgetiren, M. F., Sevkli, M., Liang, Y. C., Gencyilmaz. G.**, 2004c. Particle swarm optimization algorithm for single machine total weighted tardiness problem, *Congress on Evolutionary Computation (CEC'04)*, 1412-1419, Portland, Oregon.
- Theraulaz, G., Bonabeau, E.**, 1999. A brief history of stigmergy. *Artificial Life*, **5**, 97-116.
- Terzopoulos, D., Grzeszczuk, R.**, 1994. Artificial fishes: Autonomous locomotion, perception, behavior, and learning in a simulated physical world, *Artificial Life*, 327-351.
- Tozan, A.**, 2007. *Sensör Yerleştirme Probleminin Genetik Algoritma ve Parçacık Sürü Optimizasyonu İle Çözümü*, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Gebze
- Tummolini, L., Castelfranchi C.**, 2007. Trace Signals: The Meanings of Stigmergy, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin, Heidelberg, 141-156.
- Türeyen, M.**, 2002. *Yükseköğretim Kurumları- Kampuslar*, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul.
- Tzonis, A.**, 2004. Santiago Calatrava Complete Works, *Rizzoli*, New York.

- Url-1** < <http://www.en.wikipedia.org>>, alındığı tarih 13.02.2010.
- Url-2** < <http://www.edenproject.com>>, alındığı tarih 18.12.2009.
- Url-3** < <http://www.archgraphics.pbworks.com>>, alındığı tarih 15.12.2009.
- Url-4** < <http://www.cs.ucla.edu/~dt/>>, alındığı tarih 07.01.2010.
- Url-5** < <http://www.genbilim.com/content/view/675/37/>>, alındığı tarih 10.03.2010.
- Url-6** <<http://www.cp.berkeley.edu/ncp/goals/interactivecampus.html>>, alındığı tarih 16.02.2010.
- Url-7** < <http://tdkterim.gov.tr>>, alındığı tarih 02.02.2010.
- Url-8** < <http://www.bilkent.edu.tr/bilkent-tr/index.html>>, alındığı tarih 07.04.2010.
- Url-9** <http://www.adaybilgi.bilkent.edu.tr/2010_kontenjan.html>, alındığı tarih 10.04.2010.
- Van den Bergh, F., Engelbecht, A. P.,** 2000. Cooperative Learning in Neural Networks Using Particle Swarm Optimizers, *South African Computer Journal*, **26**, 84-90.
- Vincent, J. F. V.,** 2001. *Deployable Structures*. Chapter 3: Stealing Ideas From Nature, ISBN 3-211-83685-3, Springer-Verlag Wien, New York.
- Wright, Frank L.,** 1954. *The Natural House*, New York: Bramhall House.
- Yeh, L. W.,** 2003. *Optimal Procurement Policies for Multi-Product Multi-Supplier with Capacity Constraint and Price Discount*, Master, Yuan Ze University, Department of Industrial Engineering and Management.
- Yoshida, H., Kawata, K., Fukuyama, Y. and Nakanishi, Y.,** 2000. A Particle Swarm Optimization for Reactive Power and Voltage Control Considering Voltage Security Assessment, *IEEE Transactions on Power Systems*, **15**, 1232- 1239.
- Yükseköğretim Gelişme Planı,** 1992-2002. *Türk Yüksek Öğretiminde On Yıl, 1981-1991*; Comparative Studies in Costs and Resource Requirements for Universities, OECD, 1971.
- Zengel, R.,** 1998. *An Evaluation of the Settlement Patterns in Campus Planning with Regard to the Criteria of Accessibility*, Doctor of Philosophy in Architecture, Building Design Program, Dokuz Eylül University, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ayşegül Kurtoğlu

Doğum Yeri ve Tarihi: Konya / 01.01.1984

Adres: Bahçelere giden 2. Yol Sokak Doruk Apt. 4/3 Bostancı İSTANBUL

Lisans Üniversite: Bilkent Üniversitesi / İç mimarlık ve Çevre Tasarımı