

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT METRO HATLARININ BELİRME KAVRAMI BAĞLAMINDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena KAYNARKAYA

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

HAZİRAN 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT METRO HATLARININ BELİRME KAVRAMI BAĞLAMINDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sena KAYNARKAYA
523141024**

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ

HAZİRAN 2020



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 523141024 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Sena KAYNARKAYA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “MEVCUT METRO HATLARININ BELİRME KAVRAMI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ** .
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Aşlı KANAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Öğretim Görevlisi Pınar ÇALIŞIR ADEM
Yeditepe Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Haziran 2020**
Savunma Tarihi : **14 Temmuz 2020**



Eşime ve Oğluma,





ÖNSÖZ

Öncelikle zorlu geçen bu süreci yönetmek dahil hiçbir konuda desteğini benden esirgemeyen hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ' a teşekkür ederim.

Tez süreci dahil devam edemediğim her anda tekrardan başlamama sebep olan eşim Bahadır KAYNARKAYA başta olmak üzere, her daim desteklerini hissettiğim Gülsüm KÜRKÇÜOĞLU'na, Serap KÜRKÇÜOĞLU'na, Burcu KAYNARKAYA'ya ve kendinden ödün vererek bana her konuda yardımcı olmak için çabalayan Pınar YALÇIN'a ayrı ayrı teşekkür ederim.

Son olarak uzaktan da olsa bana olan inançlarını hissettiren, sevgileriyle güçlendiren canım annem ve babama teşekkür ederim.

Haziran 2020

Sena KAYNARKAYA
Mimar





ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
MEVCUT METRO HATLARININ BELİRME KAVRAMI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ	xix
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Konusu, Amacı ve Yöntemi	1
2. BELİRME KAVRAMI VE KULLANIM ALANLARI	5
2.1 Belirme Kavramının Tanımı	5
2.2 Belirme Kavramının Kullanım Alanları.....	8
2.2.1 Belirme Kavramının Mimarlık Alanında Kullanımı	9
2.2.2 Belirme Kavramının Kentsel Tasarım Alanında Kullanımı	13
3. ÜRETKEN TASARIM YÖNTEMLERİ	19
3.1 Hücresel Özdevinim	20
3.2 Sürü Zekâsı.....	23
4. BELİRME KAVRAMI BAĞLAMINDA CIVIK MANTAR DAVRANIŞLARININ BENZETİMİ VE UYGULAMA ALANLARI	27
4.1 Cıvık Mantarlar	27
4.2 Cıvık Mantarlarla Yapılan Uygulama Örnekleri.....	28
4.2.1 Labirent çözme deneyi.....	29
4.2.2 Tokyo metrosu deneyi	31
4.2.3 Andrew Adamatzky’ nin otoyol planlama çalışmaları	33
4.2.3.1 Meksika Otoyolu Deneyi	35
4.2.3.2 Kanada Otoyolu Deneyi.....	36

4.2.3.3 İngiltere Otoyolu Deneyi	38
4.2.3.4 Hollanda Otoyolu Deneyi	40
4.2.3.5 Çin Otoyolu Deneyi	42
4.2.3.6 Balkanlardaki Roma Yollarına Üç Boyutlu Yaklaşım.....	43
5. MEVCUT METRO HATLARININ BELİRME KAVRAMI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ	45
5.1 Metro Hattı Değerlendirme Yöntemi	45
5.2 Değerlendirilecek Metro Hattına Ait Veriler	51
5.3 Metro Hattı Değerlendirme Modeli ve Uygulanması.....	52
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR	79
EKLER.....	85
ÖZGEÇMİŞ.....	89

KISALTMALAR

DNA	: Deoksiribo Nükleik asit
MIT	: Massachusetts Institu of
AMP	: Adenozin Monofosfat
FEIDAD	: Far Eastern International Digital Architectural Design
NATO	: Nourth Atlantic Treaty Organization
CAMP	: Cyclic adenosine monophosphate
B/D	: Birth/Death
DvR	: Division Detect Radius
DvMin	: Division Min
DvMax	: Division Max
DeR	: Death Detect Radius
DeMin	: Death Min
DeMax	: Death Max
SA	: Sensor Angle
RA	: Rotate Angle
SO	: Sensor Offset
DDirR	: Detect Direction R
DDirP	: Detect Direction P
DDis	: Death Distance
VGF	: Dikey Kılavuz Faktörü
TrRAT	: Kemoatraktör İz Miktarı
IV	: Etmenin Başlangıç Hızı
EscP	: Kaçış Olasılığı



SEMBOLLER

U: Kentsel alan kümesi

H: Ham mantar grafiği

E: Set kenarı

P: Cıvık mantar grafiği

C°: Derece

T: Zaman

w: Kenarların Olası Ağırlığı

α_1 , α_2 , β_1 , β_2 : Labirent giriş- çıkışları için olası yollar





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5. 1: Physarealm Eklentisinden Kullanılan Bileşenlerin Listesi.	50
Çizelge 5. 2: Grasshopper İçerisinde Kullanılan Bileşenlerin Listesi.	51
Çizelge 5. 3: Göztepe-Ümraniye Metrosu Tasarım Kriterleri.	77
Çizelge 5. 4: B/D Setting Parametre Tanımları.	54
Çizelge 5. 5: Sensor, D. D. Setting, Sn. ve D.Dir. Setting Parametre Tanımları.	54
Çizelge 5. 6: Durum-1.	55
Çizelge 5. 7: Durum-2.	56
Çizelge 5. 8: Durum-3.	57
Çizelge 5. 9: Durum-4.	57
Çizelge 5. 10: Durum-5.	58
Çizelge 5. 11: Durum-6.	59
Çizelge 5. 12: Durum-7.	60
A 1: Belirme kavramı Kağlamında Üretilen Mimari Örnekler-1.....	86
A 2: Belirme Kavramı Bağlamında Üretilen Mimari Örnekler -2.....	87
A 3: Belirme Kavramı Bağlamında Üretilen mimari Örnekler -3	88



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1: Beliren Sistemler.	6
Şekil 2. 2: Beliren Bir Sistem Örneği Olan Karınca Yuvaları.	8
Şekil 2. 3: Çin Ulusal Sanat Müzesi.	11
Şekil 2. 4: Çin Ulusal Sanat Müzesi Formsal Oluşum Süreci.	11
Şekil 2. 5: Swarm Matter.	12
Şekil 2. 6: Swarm Matter Algoritmasının Sonucu: Babıy Yar Memorial Anıtı.	12
Şekil 2. 7: Babıy Yar Memorial.	13
Şekil 2. 8: Swarm Urbanism.	17
Şekil 2. 9: Swarm Urbanism.	17
Şekil 2. 10: Urban Agency.	18
Şekil 2. 11: Urban Agency.	18
Şekil 3. 1: John von Neumann mahallesi- Edward F. Moore Mahallesi.	20
Şekil 3. 2: Game of Life.	21
Şekil 3. 3: Wolfram Modeli- Kural Seti 30.	22
Şekil 3. 4: 3D-Stimerji Örneği.	24
Şekil 3. 5: Öz-örgütlülük: Kuş sürüleri.	24
Şekil 4. 1: Cıvık Mantar Hücreleri ve Plazmodyum Ağları.	28
Şekil 4. 2: Labirentin Muhtemel Yolları.	30
Şekil 4. 3: Labirentin Çıkmaz Noktalarında Görülen Yoğunlaşmalar.	30
Şekil 4. 4: Muhtemel Yolların Kullanımı.	31
Şekil 4. 5: Tokyo Metrosu Üzerinde Zamana Bağlı Olarak Cıvık Mantar Gelişimi.	32
Şekil 4. 6: Zamana Bağlı Olarak Plazmodyum Tüplerinin Değişimi.	32
Şekil 4. 7: Agardan Kesilmiş Kentsel Alan Haritaları.	34
Şekil 4. 8: Cıvık Mantar Gelişimi.	35
Şekil 4. 9: (a) Karayolu Ağ haritası, (b) Ham Otoyol Grafiği, (c) Cıvık Mantar Grafiği ve Ham Otoyol Grafiğinin Kesişimi.	36
Şekil 4. 10: Cıvık mantar gelişimi.	37
Şekil 4. 11: (a) Karayolu Ağ Haritası, (b) Ham Otoyol Grafiği, (c), (d), (e) Cıvık Mantar Grafiğinin Eşik Değerine Bağlı Olarak Değişim Grafikleri.	38
Şekil 4. 12: Cıvık Mantar Gelişimi.	39
Şekil 4. 13: (a) Göreceli Mahalle Grafiğinin Canlı Organizmaların Dağılımını İncelemek İçin Kullanılan (b) Gabriel Grafiği Karşılaştırması.	40
Şekil 4. 14: Cıvık Mantar Ağlarının 34. ve 57. Saatlerdeki Gelişimleri.	41
Şekil 5. 1: Physarealm Bileşenleri.	46
Şekil 5. 2: Tez Çalışmasının Oluşum Süreci.	47
Şekil 5. 3: Physarealm Davranış Modelleri.	48
Şekil 5. 4: Davranışın gerçekleştiği Ortam ve Davranış Açıları.	49
Şekil 5. 5: Mevcut Hattın Grasshopper’ da Temsili.	53
Şekil 5. 6: Durum-1a.	55
Şekil 5. 7: Durum-1b.	56
Şekil 5. 8: Durum-2.	56

Şekil 5. 9: Durum-3.	57
Şekil 5. 10: Durum-4.	58
Şekil 5. 11: Durum-5.	59
Şekil 5. 12: Durum-6.	60
Şekil 5. 13: Durum-7.	61
Şekil 5. 14: Etmenlerin Zamana Bağlı Olarak İlerlemesi.	61
Şekil 5. 15: Dağılmaları Önlemek İçin Oluşturulan Düğümler.	62
Şekil 5. 16: Gruplanmış Etmenlerin Yayılımı.	62
Şekil 5. 17: Etmenlerin Gruplanması.	63
Şekil 5. 18: Modelde Oluşan Güzergahı.	63
Şekil 5. 19: Python Bileşeni, Girdi ve Çıktıları.	64
Şekil 5. 20: Obstacle Bileşenindeki Noktaların Yönlerinin Değiştirilmesi.	67
Şekil 5. 21: Yönleri Değişen Etmenlerin Yayılımı.	68
Şekil 5. 22: Yönelim İçin Oluşturulan Düğüm Dizisi.	68
Şekil 5. 23: Yönelimi Yapılan Etmenlerin Dağılımı.	69
Şekil 5. 24: Etmen Listelerinin Ayrıştırılması.	70
Şekil 5. 25: Modelin Veri Akış Diyagramı.	71
Şekil 5. 26: Simülasyon Sonucu Elde Edilen Metro Hattı.	72
Şekil 5. 27: Mevcut Güzergâh İle Model Sonucu Elde Edilen Güzergahın Çakıştırılması (Mevcut Hat: Kırmızı, Model Hattı: Siyah).	73

MEVCUT METRO HATLARININ BELİRME KAVRAMI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bilgisayar teknolojileri günümüzde her alanda olduğu gibi mimari ve kentsel tasarım alanlarında da önemli yer tutmaktadır. Bu teknolojilerin mimari ve kentsel tasarım alanlarında gelişim süreçlerine daha yakından bakıldığında büyük ölçüde canlı organizmaların yaşam döngülerinden esinlenildiğini görmek mümkündür. Biyolojik yapıların özerk olarak gerçekleştirdikleri mikro ölçekteki davranışların, etkileşimler ile makro boyutta sonuçlar doğurması “belirme kavramı” olarak karşımıza çıkarak birçok alan için esin kaynağı olmuştur.

Beliren canlı sistem örneklerinden olan cıvık mantarlar; temel ihtiyaçlarından doğan ve bireysel davranışlarından çok farklı sonuçlar doğuran sürü davranışları ile son yıllarda birçok araştırmacının ilgisini çekmektedir. Gerek iki besin kaynağı arasında oluşturdukları ağların çapları, gerekse iletişim kurmak için arkalarında bıraktıkları kemoatraktör iz miktarlarını ayarlama şekilleri basit biyolojik yapılarından beklenmeyecek karmaşıklıktadır.

Canlı yapıların ilişkiler zincirine dayanarak ortaya çıkardıkları davranışların sonuçları, biyoloji bilimi ile sınırlı tutulamayacak kadar şaşırtıcı bir hal almıştır. Beliren sistem elemanlarının aralarında kurdukları komşuluk ilişkilerine dayanan etkileşimleri, hücresel özdevinim ve sürü zekâsı algoritmaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Dijitalleşmenin tüm alanlara girmesi ile daha da önem kazanan bu algoritmalar, tasarım aşamalarının daha hızlı ve sistematik ilerlemesini sağlamaktadır. Kentsel tasarım yapılırken bilgisayar yazılımlarının sağladığı imkanlar, çok fazla alt bileşeni bulunan kentlerin sürekli değişen yapılarını güncel tutmak için oldukça önem taşımaktadır.

Günümüz kent içi ulaşım ağlarının yükünü önemli ölçüde hafifleten raylı sistemler, özellikle büyük kentlerde sürekli olarak değişmekte ve yenilenmektedir. Cıvık mantarların kullanıldığı örneklerle bakıldığında, metro hatları ve otoyol sistemlerinin tasarımında oldukça önemli bir rolü olduğu görülmektedir.

Metro hatlarının ve otoyolların tasarım kriterlerine uygunluğunu değerlendirmek için yapılan çalışmalardan yola çıkılarak, bu tez çalışmasında İstanbul kentinde bulunan ve yapımı devam etmekte olan Göztepe-Ümraniye metro hattı üzerinde çalışılacaktır. İlk bölümünde yapılan araştırmalar bağlamında; tezin amacı, kapsamı ve yöntemi üzerinde durulmuştur. Tezin ikinci bölümünde belirme kavramı ve kullanım alanları örnekler üzerinden irdelenmiştir. Belirme kavramının ortaya çıkmasını ve davranış modellerini algoritmalara döken üretken modellerden olan hücresel özdevinim ve sürü zekâsı üçüncü bölümde açıklanmıştır. Belirme kavramının yaşam döngüsünde gözlemlendiği biyolojik organizasyonlardan olan cıvık mantarların davranışları ve bu davranışlar referans alınarak yapılan deneyler dördüncü bölümün içeriğini oluşturmaktadır. Modelin geliştirildiği bölümde, fiziksel ortamda üretilen ve gözlemlenen cıvık mantar davranışları üzerinden inceleme yapan ve referans alınan çalışmalardan farklı olarak model dijital ortamda geliştirilmiştir. Üreme davranışının dijital olarak gerçekleştirilebileceği ortam belirlenerek çeşitli parametre değişimleri ile mantar davranışları ve cıvık mantar popülasyonunun yoğunluğundaki değişim gözlemlenmiştir. Daha sonra çalışma alanı olarak seçilen Göztepe-Ümraniye metro hattı üzerindeki istasyonlar sabit tutulup modelin bir güzergâh oluşturması beklenmiş ve oluşan güzergahın metro tasarım kriterlerine uygunluğuna bakılmıştır. Tasarım kriterlerine uygunluk göstermeyen noktalarda model üzerinde Python kodu aracılığı ile komutlar tanıtılıp, sürünün metro hattını tekrardan oluşturması sağlanmıştır. Kriterlere göre üretilen güzergâh ile mevcut güzergâh arasındaki benzerlik ve farklılıklar karşılaştırılmıştır.

Tez kapsamında modelin geliştirilmesinde, sonuç çıktısının daha güncel olarak elde edilmesine imkân sağlaması nedeni ile Rhinoceros programı ve bu program ile entegre olarak çalışan Grasshopper seçilmiştir. Cıvık mantarların davranış biçimlerini algoritmik olarak yansıtan ve Grasshopper içerisinde çalıştırılabilen Physarealm eklentisi üzerinden modelleme yapılmıştır. Geliştirilen model için öncelikle metro hatlarının tasarım aşamaları ve dikkat edilmesi gereken hususlar incelenerek, üzerinde çalışılacak metro güzergahının dijital ve fiziksel verileri elde edilmiştir. Dijital veriler Rhinoceros ortamına aktararak Physarealm'da çalışmaya uygun hale getirilmiştir.

Cıvık mantarların davranış şekilleri birbirleri ile etkileşimlerine göre değiştiği için popülasyonun uygun sayıda olması gerekmektedir. Bu yüzden ilk olarak Physarealm eklentisinde, mantar popülasyonunu oluşturan etmen sayısının uygun miktara ulaşması

için bir dizi parametre denemesi yapılmıştır. Etmenler arasındaki mesafe, konumları arasındaki açı, ölüm ve doğum yarıçapları gibi unsurlar, bıraktıkları izin miktarını algılayarak aralarındaki iletişimi sağlamak için oldukça önemlidir. Bu yüzden ikinci aşamada sürüyü oluşturan etmenlerin üremesi sağlandıktan sonra istasyonlar arasında sağlıklı bir geçiş sağlayarak metro güzergahını oluşturmaları için aralarında gruplaşmalarını sağlayan bir düğüm dizisi oluşturulmuştur.

Son olarak oluşan metro güzergahının, metro tasarım kriterleri üzerinden geçtiği noktalara bakılarak uygunluğu irdelenmiş ve bazı noktalarda müdahalelerde bulunulmuştur. Yapılan son müdahalelerin ardından elde edilen güzergah görselleştirilerek, yapımı devam etmekte olan Göztepe-Ümraniye metro güzergahı ile karşılaştırılmış ve iki hattın birbiri ile çok benzer olduğu görülmüştür.

Tezin son bölümünde; yapılan model üzerinden elde edilen veriler tartışılmıştır. Uzun hesaplamalar ve ykl parasal maliyetler barındıran metro tasarım süreçlerinin; daha kısa srelere indirgenerek daha ucuza mal edilebileceği sonucuna varılmıştır. Dijital teknolojilerin etkin kullanılması kentsel tasarım dahil birçok alanda sayısız avantaj sağlamaktadır.



THE EVALUATION OF EXISTING SUBWAY LINES THROUGH THE EMERGENT TERM

SUMMARY

Computer technologies have an important place in the fields of architecture and urban design as in every field today. It is possible to see that they are largely inspired by the life cycles of living organisms, when we look closely at the development processes of these technologies in the fields of architecture and urban design. The autonomous and micro-scale behaviors of biological structures produces macro-scale results with interactions, has defined as an "emergent term" and has inspired many fields.

Slime mould one of the emerging examples of living systems has attracted the attention of many researchers in recent years with swarm behaviors that arise from their basic needs and have very different results from their individual behavior. Both the diameters of the networks they form between the two food sources and the way they adjust the amount of chemoattractor traces they left behind to communicate are unexpectedly complex.

The results of the behaviors that living structures reveal based on the chain of relationships have become so surprising that they cannot be limited to the science of biology. The interactions of the emerging system elements based on the neighborly relationships established between them emerge as cellular automata and swarm intelligence algorithms. These algorithms, which have gained more importance with the spread of digitalization in all fields, provide faster and systematic progress of the design stages. The opportunities provided by computer software during urban design are very important to keep the constantly changing structures of cities with many sub-components up to date.

Rail systems that significantly reduce the burden of today's urban transportation networks, are constantly changing and renewed, especially in large cities. When we look at the examples of which slime mould are used, it is seen that they have a very important role in the design of metro lines and highway systems.

Based on the studies conducted to evaluate the conformity of the metro lines and highways design criteria, this thesis will work on the Göztepe-Ümraniye metro line in Istanbul, which is still under construction. In the first part, the purpose, scope and

method of the thesis are emphasized in the context of researches. In the second part of the thesis, the concept of emergence and its usage areas are examined through examples. Swarm intelligence and cellular automata, which is one of the productive models that shed behavior models into algorithms and arising the emergent concept are explained in the third chapter. Behaviors of slime mould, which is one of the biological organizations where the concept of emergence is observed in the life cycle and experiments based on these behaviors constitutes the content of the fourth section. The model was developed in a digital environment, unlike the studies that examined and reference the slime mould behavior produced and observed in the physical environment. The change in the density of the slime mould population and behaviours were observed via changing various parameters by determining the environment where reproductive behavior can be performed digitally. Afterwards, the stations on the Göztepe-Ümraniye metro line, which was chosen as the study area, were kept constant and the model was expected to form a route and compliance of the formed route with the metro design criteria was observed. At the points that do not comply with the design criteria, commands are introduced on the model through the Python code and the swarm is recreated the metro line. The similarities and differences between the route produced according to the criteria and the existing route were compared.

In the development of the model within the scope of the thesis, Rhinoceros and Grasshopper programs which are integrated with each other was chosen as it allows the final output to be obtained up to date. Modeling has been designed through the Physarealm plugin, which algorithmically reflects the behavior of slime mould and can be run in Grasshopper. First of all, the digital and physical data of the metro route to be studied were obtained by examining the design stages of the metro lines and the points to be considered for the model developed through the thesis study. Digital data was transferred to Rhinoceros environment and made suitable for working in Physarealm.

Because of the behavior patterns of slime mould change according to their interactions with each other, the population should be in an appropriate number. Therefore, a number of parameter attempts have been made to increase the number of factors that make up the slime mould population in Physarealm plug-in. Factors such as distance between agents, angle between positions, radii of death and birth, are very important for communicating between them by perceiving the amount of trace they left. In the

second stage, after the agents that make up the swarm have been reproduced, a series of nodes have been created that provide a healthy transition between the stations, allowing them to group together to form the metro route.

Finally, the appropriateness of the metro route formed was checked according to the metro design criteria and interventions were made at some points. The route obtained after the last interventions was visualized and compared with the ongoing Göztepe-Ümraniye subway route and it was seen that the two lines were very similar to each other.

In the last part of the thesis; the data obtained from the model is discussed. It is concluded that metro design processes, which include long calculations and large monetary costs, can be reduced to shorter periods and cheaper. The effective use of digital technologies provides numerous advantages in many areas including urban design.



1. GİRİŞ

1.1 Tezin Konusu, Amacı ve Yöntemi

Mimarlık alanında biyolojiden esinlenme her zaman söz konusu olmuştur. Hem maddi hem de ilişkisel bazda karşılaştırıldıklarında, her ikisi de morfolojiyle yakından ilişkilidir. Ayrıca her iki disiplin de bütün halinde çalışan bireysel parçalardan var olur ve bu parçalar arasında sürekli bir etkileşim hakimdir. Tüm bu benzer özelliklerinin yanı sıra biyolojik süreçler daha hareketli ve üretkendir. Gödel'in Eksiklik Teorisinde kullandığı "Bazen belirli bir disiplindeki bir sorunu çözmek için tamamen farklı bir bölgeye geçmek zorundasınız." ifadesinden yola çıkıldığında, disiplinler arasındaki iş birliği çoğu zaman kaçınılmazdır. Bu nedenle canlı organizmaların biyolojik yapıları ve çoğalma şekilleri çoğu zaman mimarlık için bir esin kaynağı olmuştur.

Mimarlık dahil birçok alanda kullanılan Belirme Kavramı (Emergence Term), canlıların biyolojik yapılarını oluşturan bileşenlerin özellikleriyle, ortaya çıkan üst bileşenlerin özelliklerinin farklılığını açıklamaya çalışmaktadır. Her bireyin ayrı davranışıyla, beraberken sergilediği davranış arasında büyük farklılıklar olabilmektedir. Bu nedenle beliren sistemler, parçaların bireysel davranışlarından daha karmaşık durumların ortaya çıktığı fenomenlerdir. Bu sistemlerin temelinde kendi kendilerini düzenlemeleri ve bu düzenlenmeleri kendi içlerinde oluşturdıkları örgütlenme modeli ile yapıları yatmaktadır.

Öz örgütlenme ile belirme arasında yüksek oranda benzerlik bulunmaktadır, fakat aynı değildirler. Organizasyonun davranışını tüm parçaların davranışı oluşturmaz. Öz örgütlenme karmaşıklığının bir belirleyicisi olmaması, karmaşık canlı örgütlenmelerini tasarımdaki belirme kavramından ayırır. Bu nedenle canlı yapıların öz örgütlenme davranışından farklı olarak, mimari ve kentsel tasarımda var olan tasarımcı müdahalesine rağmen, malzeme davranışlarının değişim potansiyeli ve forma olan etkisi, disiplinlerin aralarındaki ilişkileri, içsel bir davranış biçimi olması nedeniyle tasarımda belirmeye neden olmaktadır. Tasarım aşamasında var olan serzenişlerin, belirme kavramının getirdiği algoritmik yapılar sayesinde daha hızlı bir şekilde çözüme ulaştırılabileceği düşünülmektedir.

Beliren fenomenlerin altında yatan oluşumları algoritmalarla ifade etmek daha kolaydır. Biyolojik organizasyonların davranışlarını açıklamada kullanılan etmen

tabanlı algoritmaların temelini “Hücresele Özdevinim” oluşturmaktadır. Hücresele Özdevinim kuralları, etmenlerin her birinin bireysel davranışını değiştirmesinin ve komşu etmenlerin bu davranışlara nasıl tepki verdiğini kolayca açıklayabilmektedir. Hücresele otomatların etkileşimlerinin geri bildirime dayanan çalışma mantığı ortaya çıkan davranışların benzetimini yapmak için uygun kural setleri hazırlamaya elverişlidir. Ayrıca hücresele özdevinimden doğan sonuçların tahmin edilemez yapısı beliren fenomenlere benzerlik göstermektedir.

Çevreye ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre büyümesi öngörölen kentsel modeller için yararlı bir model olan hücresele özdevinim, bileşenlerin (hücrelerin) durumlarından ve ilişkilerinden doğan sonuçlardan oluşur. Hücresele özdevinim hedef odaklı tasarımın ve ortaya çıkmanın sonucudur. Bu nedenle kentsel tasarımı kolaylaştıran bir üretken modeldir (Krawczyk, 2002a, 2002b). Hücresele özdevinim modelleri, aşağıdan yukarı doğru işleyen yapıları ve karşılıklı etkileşimler sonucu büyüyen modellerin benzetimini yapmayı kolaylaştıran kural setleri nedeni ile kentsel tasarım yapmak için uygundur.

Cıvık mantarlar beliren davranış gösteren en basit organizmalardır. Yaşam döngülerinin temeli beslenmeye dayanmaktadır ve davranışlarını gözlemlemek oldukça basittir. Üremeleri kolay ve gelişim süreleri oldukça kısadır. Tüm bu durumlar beraber ele alındığında; beliren davranışlarını birkaç hücresele özdevinim kuralına dayandırarak simüle edilebilir. Cıvık mantarların tehditlerden kaçarak besinlere ulaşması, iki besin kaynağı arasındaki en kısa mesafe üzerinden olur. Cıvık mantarların besinler arasında attıkları plazmatik tüplerin çapları ve ağırlıkları orantılıdır. Kendilerince yaptıkları yakınlık hesapları, temelde voronoi diyagramı ve delaunay üçlemesine mantık olarak benzemektedir.

Cıvık mantarların yaşam döngülerini oluştururken kurdukları en kısa yoldan besine ulaşma mantığı, günümüzde metro hattı tasarımı yapılırken karşımıza çıkan en önemli ilkelerden biridir. Cıvık mantarların plazmatik ağları, insan yapımı ulaşım ağlarına oluşum mantığı olarak benzediğinden, bu organizmaların çeşitli yönlendirmelerle metro ve otoyol gibi hatlarının haritalandırılmasında kullanıldıkları bilinmektedir. Cıvık mantarların besinlere yöneliminde de ulaşım ağlarının oluşumlarında da amaç en kısa yolu bulmaktır. Metro ya da otoyol gibi ulaşım sistemlerinde kullanılan

yakınlık grafiklerinin temelini oluşturan ve hesaplamalı tasarım mantığına dayalı algoritmalar, cıvık mantarların yaşam döngüleri model alınarak tekrardan yazılabilir. Metro güzergahlarının tasarımı yapılırken uzun hesaplama yükü gerektiren aşamaların, cıvık mantarların besin yönelimi üzerinden incelendiği birçok laboratuvar deneyi bulmak mümkündür. Hatta bu canlıların yaşam modellerinin algoritmalarla desteklendiği yazılımlar da mevcuttur. Fakat bu algoritmalar kullanılarak, yapılan bu laboratuvar deneylerinin dijital ortamlara aktarılması üzerine pek örnek bulunmamaktadır. Bu bağlamda geliştirilen bu tezin amacı; cıvık mantarların belirme kavramına atıfta bulunan yaşam döngülerinin, basit kurallarla oluşan karmaşık sistemleri açıklamakta kullanılan Hücresele Özdevinim üzerinden, tasarımı ve yapımı uzun hesaplama yükü barındıran metro güzergâh tasarımlarına ne gibi katkılar sağlayabileceğini araştırmaktır.

Yapılan çalışmanın hedefleri doğrultusunda metro güzergahlarının tasarımında dikkat edilecek hususlar da göz önünde bulundurularak eş zamanlı çalışan ve geri bildirimlerin sürekli olarak alınabileceği bir çalışma ortamı seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle parametre değişimlerini ve modelin geri bildirim hızını gözlemlemek açısından en uygun model programlarından olan Rhinoceros programına entegre çalışan Grasshopper içerisinde modelleme yapılmıştır. Tez kapsamında cıvık mantarların besin kaynağına ulaşırken birbirleri ile kurdukları iletişim üzerinden gidilerek geliştirilen model için Grasshopper programına eklenerek çalışan ve cıvık mantarların yaşam döngülerini tanımlayan algoritmaları alt yapısında barındıran Physarealm eklentisi kullanılmıştır.

Modellemeye başlanmadan önce metro güzergahlarının tasarımları yapılırken dikkat edilmesi gereken noktalarla ilgili veriler toplanmıştır. Üzerinde çalışılacak metro hattı belirlendikten sonra gerekli kurumlardan bu hatla ilgili dijital ve fiziksel dokümanlar alınarak çalışma ortamı olan Rhinoceros' a aktarılmıştır. Kentsel alanın genişliği nedeni ile model ortamına uyum sağlayacak ölçeğe getirilerek istasyon noktaları mevcut harita üzerine yerleştirilmiştir.

Üremesi sağlanan sürünün izlediği yola yapılan parametre değişiklikleri ile mevcut istasyonlar üzerinden elde edilen güzergâh, hali hazırda yapılan ve model için pilot güzergâh olarak belirlenen Göztepe-Ümraniye metro hattı ile karşılaştırılmıştır.

İzlenen yöntem ve modelleme aşaması akış diyagramları ile görselleştirilerek çalışmanın anlaşılabilirliği artırılmaya çalışılmıştır.



2. BELİRME KAVRAMI VE KULLANIM ALANLARI

2.1 Belirme Kavramının Tanımı

Dünyada karşılaştığımız doğal ve yapay birçok sistemi açıklamak için pek çok teori ileri sürülmektedir. Farklı disiplinler tarafından kullanılan ve tanımlanmaya çalışılan pek çok kavramdan birisi de ‘Belirme’ kavramıdır. Aristoteles gibi filozoflar tarafından da düşüncelerini açıklamak için kullanılan belirme fenomeni, ilk olarak G. H. Lewes tarafından öne sürülse de tam olarak tanımını ekonomist Jeffrey Goldstein yapmıştır. Goldstein (1999) belirmeyi şu cümleyle tanımlamaktadır: “Karmaşık bir sistemde, öz-örgütlenme sürecinde yeni ve tutarlı yapıların, modellerin ve özelliklerin ortaya çıkmasıdır.” Felsefeden, sanata, tıba ve mimarlığa kadar çok fazla alanda karşımıza çıkan bu kavram, karmaşık sistemlerin bileşenlerinin, dışarıdan müdahale olmaksızın, daha düşük seviyedeki basit etkileşimlerinden ortaya çıkmasının bir yoludur (Johnson, 2001a).

Belirme; bir bütünü oluşturan basit parçaların özelliklerinin, ortaya çıkan karmaşık yapıda görülmemesini ifade eden bir kavramdır. Parçaları bir araya getiren basit kurallardan ve basit bileşenlerden üst seviyeli bir karmaşıklık elde edilir. Bu fenomen canlı ve cansız birçok sistemde karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2.1). Ortaya çıkan sistem parçalandığında parçaların, bütünün sahip olduğu özellikleri taşıması beklenmez ve bütünden parçanın özelliklerinin okunması mümkün değildir. Basit bir organizasyonun sonucu olan sistem, bileşenlerden daha karmaşık özellikler taşımaktadır (Holland, 1998).

Mimarlar Hensel, Menges ve Weinstock (2004, 2010), belirmenin doğal bir fenomen olduğunu, ortaya çıkan bu karmaşık sistemlerin gelişirken kendini sürdüren bir süreçten geçtiğini ve yapay sistemlerin oluşması için bu süreçlerin gerektiğini belirtmektedirler. Belirmenin gerçekleşmesi için yeni bir sistemin ortaya çıkması yeterli değildir. Önemli olan ortaya çıkan yeni sistemin tutarlı olmasıdır.



Şekil 2. 1: Beliren sistemler (Url-1).

Belirme, düşük seviyeli kurallardan ve yerel etmenler arasındaki paralel karmaşık etkileşimlerden kaynaklanan üst düzey düzene geçiş hareketidir (Johnson, 2001b). Johnson belirme kavramını açıklarken; karıncalar, beyinler, şehirler ve yazılımlar üzerinden farklı konulara değinerek dört ilke belirtmektedir: Komşuların etkileşimi, örüntü tanıma, geri bildirim ve dolaylı kontrol.

Bireysel karıncalar nasıl birlikte hareket edebilir? Bir kan hücresi, alyuvar üreteceğini nasıl bilebilir? İpek dokumacılığı loncaları Floransa’da yüzyıllardır nasıl yerini koruyabilir? Aşağıdan yukarı sistemler olan beliren fenomenleri, yukarıdan aşağı gelişen sistemlerden ayıran en önemli özellik, bir otoritenin olmayışıdır. Yukarıdan gelen emirleri beklemek yerine, birbirleri arasında yerel iletişim mekanizmaları geliştirerek, küresel sistemler oluştururlar. Hücrelerin barındırdıkları DNA’lar ve diğer hücrelerden aldıkları sinyaller, binlerce farklı bireyin davranışları ile şekillenen mahalleler, karıncaların ardında bıraktıkları feromon salgısı diğerlerine ne yapmaları gerektiğini söyler. ‘Komşuların etkileşimi’ beliren küresel sistemlerin nasıl işleyeceğine yön verir (Johnson, 2001a).

Matematiksel işlemleri insanlardan bin kat hızlı yapan bilgisayarların, imge tanıma konusunda başarısız olması her zaman dijital gelişim için bir sorun olmuştur. Beyin hücrelerini oluşturan nöronlar, karşımızdaki insanı tanımamızı nasıl sağlar? Nöronların, komşu nöronlarla etkileşimi sonucunda aldıkları cevaplar ve bu cevaplara göre iletileri yönlendirmeleri imgelendirmeyi sağlamaktadır.

Sistemin nasıl çalışacağına yön veren komşu etkileşimleri ve etkileşimler sonucu sistemin kendini yeniden düzenlemesi geri bildirim mekanizması barındırır. Şehirler

kendilerini şekillendiren ve sahip oldukları yapıyı koruyan mekanizmalardır. İnsanların yaşadıkları yerler ve çalıştıkları mekanlar şehirlerin kendilerini organize etmelerine neden olur. Açılan bir dükkân, kendi alanına yakın diğer dükkanlara yakınlık mesafesi ile hayatta kalma süresini belirler. Floransa şehrinin Por Santa Maria loncasının, on yıllardır ayakta kalmasının en büyük nedeni de bu yakınlıktır. Benzer grupların bir arada bulunduğu Por Santa Maria köprüsü uzun süredir aynı işlev ile kullanılmasını ipek dokumacılarının bir arada bulunmasına borçludur. Benzer işlevler yan yanadır ve tüketiciler aradıklarına bu yakınlık sayesinde kolayca ulaşırlar. Bilgi depolanır ve istenildiğinde çağırılır. Kullanıcı arttıkça hayatta kalma süresi artar ve yapılaşma nesillere aktarılır. Şehirlerde kümelerin etkileşimi, etkileşim bilgilerinin depolanması ve loncalar gibi geri çağrılarak kullanılması geri bildirim mekanizmasını çalıştırır.

Pozitif ve negatif olarak ikiye ayrılan geri bildirimler, sistemleri dolaylı yoldan kontrol ederek belirip belirmediği hakkında fikir sahibi olmamızı sağlamaktadır. Bir termostatin oda sıcaklığı azaldığında, sistemi harekete geçirerek ortamın sıcaklığını dengelemesi dolaylı yoldan bir kontrol imkânı sunmaktadır. İnternet tarayıcıları ya da haber ağları, sonuçları ve karmaşıklıkları bakımından beliren sistemlere benzemektedirler. Fakat girdiğiniz siteler, size aynı temaya dayanan siteleri gösterir. Beğenmediğiniz yanları bu önermelerin içinde algılanmaz. Ya da haber niteliği taşıyan bir olayın yalan olması onun etkisinin azalmasına değil artmasına neden olmaktadır. Negatif geri bildirimde sıcaklığın azalmasına göre dengeyi sağlayan termostat, sıcaklık ayarını odanın boyutuna göre yaparsa, haber ağları ve internet tarayıcıları gibi pozitif geri bildirim devreye girmiş olur. Sistemin sadece karmaşık olması belirmesi için yeterli değildir. Karmaşık sistemleri, uyarlanabilir karmaşık sistemlere dönüştüren negatif geribildirim, dolaylı kontrol mekanizması ile beliren fenomenlerdeki dengeyi sağlamaktadır (Johnson, 2001a).

Tüm bu ilkelerin birlikte gözlemlendiği basit biyolojik organizmalar olan cıvık mantar davranışları birçok bilim adamı için araştırma konusu olmuştur. Karıncalar ve kuş sürüleri gibi cıvık mantarların da merkezi bir otorite olmadan toplanma davranışı göstermeleri Keller ve Segel (1970) tarafından formülize edilmeye çalışılmıştır. Scelling(1978)' in sürü davranışını yöneten merkezi otorite fikri, Keller ve Segel'in ortaya koyduğu denklem ile geçerliliğini kaybetmiştir. Doğada bireysel olarak bulunan

cıvık mantar hücrelerinin besin kaynağına yönelimi söz konusu olduğunda, bireysel hücreler tarafından AMP bileşeni salgılanmaya başlar. Salgı miktarının değişimi üzerinden oluşturulan bu denklem, daha sonra MIT’de Mitch Resnick’in çalışması ile simüle edilmiştir. Günümüzde oynanan birçok bilgisayar oyununun temelini de bu denklem oluşturmaktadır. Birçok sistemin çalışma mantığını açıklamamızı sağlayan cıvık mantarların kendini örgütleyen davranış şekli, daha akıllı büyüyen ve değişen çevre koşullarına uyum sağlayan yeni sistemler de elde etmemizi sağlamaktadır. Bireysel mantarların besine ulaşmak için öz-örgütsel olarak bir araya gelerek sergilediği davranışlar ve besine ulaşmak için en kısa yolu bulma mekanizması, yoğun hesaplama yükü barındıran metro güzergahlarının tasarımını kolaylaştırmak için de kullanılabilmektedir.

2.2 Belirme Kavramının Kullanım Alanları

Basit birimlerin bir araya gelerek daha organize sistemler oluşturması pek çok disipline ilham kaynağı olmuştur. Tıpta; nöronların birbirleriyle olan ilişkilerinin beyin fonksiyonlarını ortaya çıkarması, kimyada; oksijen ve hidrojen elementlerinden meydana gelen su moleküllerinde bu elementlerin özelliklerinin gözlemlenmemesi, biyolojide; bireysel karınca davranışlarının koloni davranışlarından farklı olması ve oluşturdukları yuvalar belirme kavramı ile ilişkilendirilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2. 2: Beliren bir sistem örneği olan karınca yuvaları (Url-2).

Bu örneklerin ve belirme kavramının temelinde, sürü zekâsı, hücresel özdevinim ve etmen tabanlı davranış modelleri yatmaktadır. Beliren sistemleri oluşturan en önemli

faktörlerden biri olan komşuluk; canlı kolonilerine benzer şekilde mimarlık ve kentsel tasarım gibi içerisinde süreç barındıran yapay beliren sistemlere de altlık oluşturmaktadır. Bu bilgiler göz önüne alınarak, bu bölümde belirme kavramının mimarlık ve kentsel tasarım gibi alanlarda karşımıza nasıl çıktığı değerlendirilecektir.

2.2.1 Belirme Kavramının Mimarlık Alanında Kullanımı

Belirme kavramını üretici bir sistem olarak kısıtlayıcı bir çerçeveye oturtmak ve sıkça kullanılması nedeniyle sadece fen bilimleriyle bağdaştırmak yanıltıcı olabilir. Belirme kavramı, tutarlı karmaşık sistemlerin oluşumunu konu alması nedeni ile, üretime dayalı birçok disiplinde karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, birçok karmaşık yapay sistemin üretim sürecine de ışık tutmaktadır. Doğası gereği belirme oldukça matematikselidir (Menges, Hensel, Weinstock, 2004). Tasarım süreçlerinde ve hesaplama ortamlarında matematiksel modellerin sıkça kullanılması nedeniyle mimariyle ilişkilidir. Mimaride sadece form bulma süreciyle kısıtlanamayacak ilişkilere sahip bu kavram; yapıların tekil olarak değerlendirilmemesi, çevresel ilişkileri ve ömürleri çerçevesinde bakıldığında, mimari düşünce tarzı, üretim biçimleri, topolojik ilişkiler, sürdürülebilirlik ve malzemeyle de oldukça ilişkilidir.

Mimari geometrilerin oluşum süreçleri; kendini organize eden sistemlerin morfogeneze, örüntü ve biçim oluşumlarının ilişkileri açısından benzetilmektedir. Ayrıca bu sistemlerin sahip oldukları “en uyguna yatkınlık” mimari performans kriterlerinin karşılanması fikri ile de örtüşmektedir. En uyguna yatkınlık ve oluşum süreçlerinin sonucunda oluşan yapının sürdürülebilirlik açısından performansı da beliren sistemlerin sahip olduğu fenomenlerden biridir.

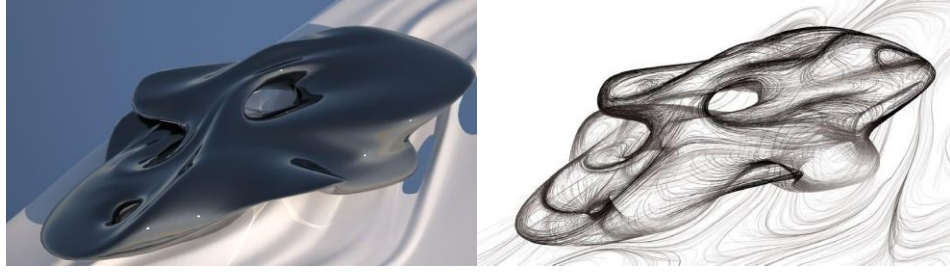
Tasarım yaparken her çağda tasarımcıların doğa olaylarını ve doğal oluşumları gözlemleyerek, bu durumları kendilerine esin kaynağı olarak seçtikleri görülmektedir. Doğal sistemlerin sürdürülebilirliği ve kendi içlerinde sağladıkları enerji verimliliği, yapay oluşumlara da referans sağlamaktadır. Deneysel çalışmalar yaparak pek çok mimar tasarımlarını doğal fenomenlere dayandırma çabasında bulunmuştur. Mimari tasarımda deneyselliğin öncülerinden olarak görülen Gaudi’nin önemli eserlerinden olan Sagrada Familia’yı tasarlarken bu deneyselliğe başvurduğu bilinmektedir. Gaudi, “Modelimi nerede bulduğumu bilmek ister misin? Dik bir ağaç; dallarını ve bunları, sırasıyla dallarını ve bu yaprakları da kaldırır.” diyerek yaptığı deneye de bir nevi

açıklama getirmektedir. Ayrıca form bulma üzerine çalışmalar yapan Frei Otto' nun sabun köpüğü deneyleri de verilebilecek örneklerdendir.

Beliren fenomenlerin mimarideki yansımaları üzerine çalışmalar yapan Emergence & Design Group; Menges, Hensel ve Weinstock tarafından kurulmuştur. Grubun çalışmaları ve yürüttükleri yüksek lisans programı, beliren sistemler için önemli örnekler sunmaktadır. Menges, Hensel ve Weinstock (2012), öz örgütlülük ilkesini barındıran beliren sistemlerin, tasarım ve hesaplamadaki boşluğu doldurduğunu işaret etmektedir. Menges (2006) tarafından ileri sürülen kendini organize eden sistemlerin tasarımda kullanılmasına dayanan teori; tasarım, malzeme ve form üçlüsü açısından grup tarafından kabul görmüştür. Menges' in teorisine göre sistemlerin bozulmalara karşı gösterdikleri direnç, sistemin performansı ile ilişkilidir. Bu yüzden sabun köpüğü ve katener halatı gibi malzemelerle yapılan çalışmaları referans alarak, Menges bozulmalara karşı malzemelerin gösterdikleri direnci, kendini organize eden sistemlere uygulamıştır.

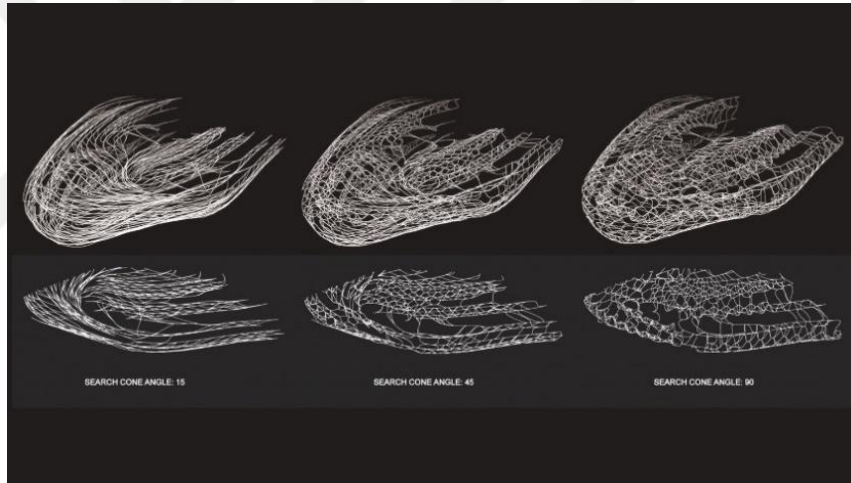
Karmaşık form ve sistemler, doğadaki evrimsel süreçlerden ortaya çıkar (Hensel, Menges, Weinstock, 2004). Beliren doğal sistemlerin tasarımda kullanılması fikrinden yola çıkan grup, genetik algoritmaların mimaride kullanımlarının büyük avantaj sağlayacağını düşünmektedir. Evrimsel süreçlerle algoritmaların birleştirilmesi, tasarım üzerindeki kısıtları kaldırabilecektir. Tasarımda daha karmaşık form üretme arzusu ve evrimsel yaklaşımların süreçlere dahil olması ile beraber, tasarımcıların bu konudaki denemeleri artış göstermiştir.

Geri bildirimler aşağıdan yukarı gelişen sistemlerin genel özelliğidir. Kokkugia adlı tasarım grubu kuruluşlarının ilk yıllarında özellikle bu geri bildirim mantığıyla çalışan sistemlerden esinlenerek tasarımlarını yönlendirdi. Grubun, Roland Snooks ile yürüttüğü “Çin Ulusal Sanat Müzesi” (Şekil 2.3) adlı tasarım belirme kavramından yola çıkılarak elde edilen üretken algoritmaların mimari tasarıma uygulanmasına örnek olmuştur. Etmenler arasındaki geri bildirim mekanizması ile oluşturulan algoritma tasarımının topolojik kararlarını belirmeye neden olarak kolaylaştırmıştır (Snooks, 2014) Geri bildirim algoritmasının doğrudan yüzey modellemesinde kullanılmasıyla oluşturulan tasarım, yüzey topolojisinin tasarım kararının etmenlerle etkileşimi ile daha kolay şekillenmiştir.



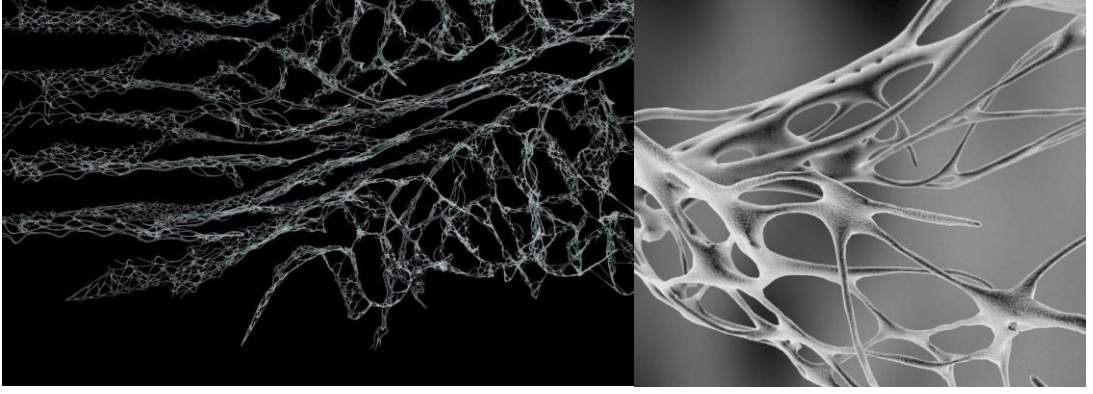
Şekil 2. 3: Çin Ulusal Sanat Müzesi (Url-3).

Pekin olimpiyat sahasının anıtsal özelliklerine karşı gelişen biçimsiz form önerisi karmaşık sürü zekâsı mantığıyla elde edilen bir algoritma ile modellenmiştir. Galeriler, form ve dış cephe projeleri doğrusal olmayan bu algoritma sayesinde daha rahat ilişkilendirilmiştir. Sürü davranışının algoritma olarak sağladığı katkının yanı sıra, barındırdığı kaotik yapı, forma fraktal bir etki katmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2. 4: Çin Ulusal Sanat Müzesi formsal oluşum süreci (Url-4).

Beliren fenomenler, düzenli olarak gerçekleşen tekrarların ve benzersiz geometrik yapıların sonucudur. Bu geometrik yapıların içinde ara sıra görülen simetri olgusu, problemin tanımlanmasında etkili bir şekilde kullanıldığında tasarıma yön vermesi kaçınılmazdır. Kokkugia grubu tarafından, Swarm Matter projesi nadir görülen bu simetri özelliği üzerinden yola çıkılarak tasarlanmıştır. Bünyesinde barındırdığı yoğun eğrisellik, kaotik tekrar ve iç içe geçmeler ile yüzeyleri oluşturur (Şekil 2.5). Projede kodlanmış bir hiyerarşi yoktur. Aksine sistemin çalışmasıyla ortaya çıkan hiyerarşiler sistemin beliren özelliğidir (Snooks, 2014).



Şekil 2. 5: Swarm Matter (Url-5).

Belirme kavramı; tasarım olgusuna, projeyi oluşturan bileşenlerin içeriklerini belirlemek yerine, tasarım sürecinin ve süreci etkileyen faktörleri belirleyen bir anlayış katmıştır. Belirme, algoritmaların verdiği çıktıların arasından en uygun projeyi tasarlamak imkânı sunar. En iyi çözümlerin optimizasyonu ve birçok girdinin kolay bir şekilde özümsemesi, beliren fenomenlerin ve beslendiği üretken modellerin tasarıma yaptığı katkılardan sadece ikisidir.

Çizgi, yüzey ve bileşen arasındaki ilişkiyi farklı şekilde tanımlamaya çalışan Swarm Matter projesi, kendini ölçekleyen ve genişleyen yapısı ile Kiev’de yapılan Babiy Yar Memorial projesine altlık olmuştur (Şekil 2.6). Aşağıdan yukarı gelişen karmaşık fenomenlerin en saf hali kullanılarak tasarlanan ve Swarm Matter projesindeki algoritmaların kullanıldığı anıt, tasarımcı iradesinin yanı sıra, etmenlerin etkileşimlerinin sonucudur (Snooks, 2014).



Şekil 2. 6: Swarm Matter algoritmasının sonucu: Babiy Yar Memorial Anıtı (Url-6).

Masif taş bloklardan oluşan anıtın içerisinde bulunan anma mekânı herhangi bir kısıtlama barındırmaksızın tasarlanması ön görüldüğünden, algoritmaların üreticiliği

bire bir kullanılmıştır. Anma eyleminin yoğun duygusallığını yansıtan kaotik bronz yapı, tekdüze ve tek malzemeden oluşan müze bölümüyle kontrast oluşturarak bağlanmıştır. Planlama, iki mekân arasında formsal olduğu gibi mekânsal olarak da kontrasttır. Müzeye ulaşmak için geçilen peyzaj alanı açık bir yönlendirme içeren yollardan oluşmaktadır (Şekil 2.7). Çoklu etmenlerin davranışlarının sonucu olan anıtsal alana peyzajla atıfta bulunarak figürsellik devam ettirilmiştir.



Şekil 2. 7: Babıy Yar Memorial (Url-7).

Mimarlık için belirme, birimlerin basit kurallarla birbirine bağlanmasından doğar ve objelerden çok sistemleri tasarlamakla alakalıdır. Tasarım ilerledikçe türlerde gerçekleşen evrim gibi, tasarımın özellikleri değişebilir. Bu yüzden mimarlık canlı organizmaların yaşam döngüsüne benzeyen bir kavram olabilmektedir ve tasarım ana fikrini belirme kavramının oluşturduğu pek çok örnek bulmak mümkündür (Ek A).

2.2.2 Belirme Kavramının Kentsel Tasarım Alanında Kullanımı

Çoğunlukla fizik, kimya, biyoloji gibi alanlarda karşımıza çıkan belirme kavramı kentsel dokunun oluşturulması ve mimari formların geliştirilmesinde de kullanılmaktadır. Bu kavram, kentsel planlama yaparken öngörülme süreci simülasyonlar aracılığı ile gözlemlemeyi sağlamaktadır. Kentsel dokunun gelişimi, birbiriyle etkileşim içinde olan parçalardan işleyen bir bütünün kendini üretme sürecidir. Bu nedenle beliren fenomenlerin kentsel tasarımda karşımıza çıkması oldukça olağandır.

Şehir; aynı alanda bulunan farklı tarzdaki tekil bileşenlerin ortak bir hedefe ulaşmaya çalıştığı, karmaşık bir sistemdir. Şehrin büyümesi, var olan kent dokusunun karşılayamadığı ihtiyaçları karşılamak için yeni oluşacak dokunun farklılaşması eylemidir. Yani değişen koşullara uyum sağlamak için kent dokusunun da kendisini değiştirmesidir. Yapay bir sistem olan şehir, boş bir alanda oluşmaya başlayıp birçok bireysel unsurun davranışlarından ortaya çıkması ve varlığını sürdürmesi yönünden beliren sistemlere verilebilecek örnekler arasındadır. Beyni oluşturan nöronlarda ya da karınca kolonilerinde, bireylerin birbirleriyle olan etkileşimleri daha üst seviyede yapılar oluşturur. Aynı ilke şehirler için de geçerlidir. İnsan, bina, mahalle ve yol gibi disiplinlerin etkileşimleri sonucu kentler oluşur ve kendilerini organize ederek varlıklarını sürdürürler. Kentler; yapılandırılmasına katkıda bulunan ve birbirlerini karşılıklı olarak etkileyen karmaşık ve dinamik süreçlerin toplamıdır (Bus, 2015). Bu nedenle şehirlerin oluşumları kendiliğinden gelişen ve disiplinler arası etkileşimlerin olduğu beliren süreçlere dayanır. Bu süreçler sonucunda oluşan fiziksel ortamlar, ayrı ayrı etmenlerin sosyal etkileşimiyle belirir (Batty et al., 1999).

Bir yapının tasarım kuralları tekrarlanarak oluşturulacak yeni yapılar, aynı özellikleri taşıyacaktır ve sonucunda uyumlu yapı toplulukları oluşacaktır. Bu durum kullanılarak büyük ölçekte geometrik bir düzen elde etmek mümkündür. Fakat benzer binalardan oluşan dokular elde etmek yerine, ortaya çıkma süreçlerinin kurallarını belirleyerek, büyümeyi öngörülebilir kılmak mümkündür.

20. yüzyılda Le Corbusier' in başlattığı hareketle, planlanmış şehirler kurulabileceği düşünülmüştür. Jacobs (2009), kent planlamasının makineleştirilmesini varsayan bu fikrin olumlu bir yaklaşım olmayacağını ve kent planlamasının mühendislik bilimleriyle çözülemeyecek bir problem olduğunu ileri sürmüştür. Ancak pek çok şehir bir planlamanın sonucu değildir. Şehirlerin nasıl büyüyeceğine dair bireylerin ve toplulukların davranışları ve ihtiyaçları ipucu verebilse de bir şehrin gelişiminin insanın ihtiyaç ve yaşayışı ile doğrudan alakalı olması nedeniyle, tasarlama sonucu oluşan kentsel dokunun mükemmel bir sonuç vermesi beklenmemelidir.

Geçen yüzyıllarda oluşan şehirlerde görülen aksaklıklar, şehirlerin planlanması konusunu gündeme getirmiştir. Bu düzen oluşturma arzusu ile planlanan şehirler, son elli yılda edinilen deneyimler ile değerlendirildiğinde ise tasarımcı müdahalesinin kent dokusunu olumlu etkilemediğini göstermiştir. Kent gibi çok disiplinli bir yapının tek

kişi iradesiyle planlanmasının verimli sonuçlar vermesi olası değildir. Planlama kararları ile oluşan şehirler, insan faktörünün etkilerini hesaba katmadığı için gelişen şehir dokuları tatmin edici değildir. Bu süre zarfında kentlerin nasıl işlediğine dair yeni bir model ortaya çıkmıştır. Bir kentin fiziki sisteme benzetilmesi yerini biyolojik sistemlere benzetilmesine bırakmıştır (Simon, 1999). Kentlerin oluşum problemine olan bakış açısındaki bu değişimle, planlama fikrinin alt yapısını oluşturan denge kavramından uzaklaşmıştır. Bununla beraber kent içerisindeki bir alanın fiziksel yapısının değişimi, o alanın işlevinin değişmesinden daha yavaş gerçekleşir. Fiziki ve işlevsel değişimi daha gözlemlenebilir kılmak adına çeşitli üretken tasarım modellerinden faydalanılmıştır.

Bir tasarımcı eliyle planlanması dışında kentleri oluşturan başka bir senaryo da organik olarak kendiliğinden gelişim ve değişim davranışı göstermesidir. Friedrich A. Von Hayek' e (1973) göre, birden fazla oyuncunun kendine avantaj sağlayan bir dizi eylemi benimsemesiyle kendiliğinden bir düzen ortaya çıkmakta ve bu davranış kendini sürdüren, daha fazla oyuncu çeken ve büyüyen bir model yaratmaktadır. Bir tasarımcı olsun ya da olmasın şehri oluşturan parçaların arasında bir iletişim ağı bulunmaktadır. İnsan ve insana bağılı olarak ortaya çıkan tüm disiplinlerin birbirleriyle olan etkileşimi sonucunda şehirler belirir. Fakat kentsel tasarımla bu kavramın ilişkilendirilmesi, belirmenin öngörülemeyen sonuçlar içermesi nedeniyle başka disiplinlere ihtiyaç duyar. Bu nedenle üretken tasarım modelleri, kentsel sistemlerin beliren özelliklerini açıklamak için uygun teknikler sunmaktadır.

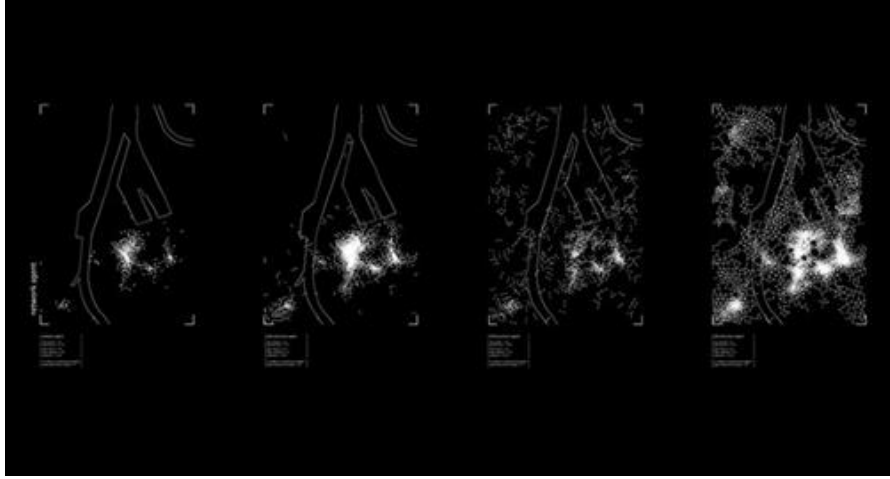
Gelişen kent dinamikleri ve bu dinamiklerin oluşum süreçlerini takip etme ihtiyacı ile tasarımda hesaplamalı yöntemlere doğru bir kayma başlamıştır. Zaman ve mekân olgularının tasarım sürecine dahil edilebildiği algoritmalar sayesinde süreci modellemek tasarımın yönünü değiştirmiştir. Kentsel unsurlar arasında bir hiyerarşı belirlenememesi ve birçok bileşenin etkileşimleri sonucu şehrin belirerek büyümesi, üretken tasarım algoritmalarının kullanımını kaçınılmaz kılmıştır.

Kentler dinamik unsurların birbirleriyle olan etkileşimlerinin sonucu mevcut dokularına ulaşırlar. Bu dinamik etkileşimlerin oluşumlarını sağlayan kararları hücresel özdevinimle açıklamak mümkündür. Birbirlerinin durumlarını değiştiren komşu hücrelerin ilişkileri üzerine kurulu olan hücresel özdevinim modeli, kentsel dokunun beliren değişimini kurallar üzerinden ifade eder. Farklı hücre tipolojilerine

uygulanan farklı kural dizileriyle, farklı geometriler elde edilebilir. Hücresel özdevinim; yerel değiş tokuş kurallarının oluşturulma şeklinin, kentsel dokunun organizasyon kurallarının belirlenmesine benzerliği nedeniyle kentsel modelleri simüle etmekte kullanılmaktadır. Kentsel planlamada önemli olan formun oluşumundan ziyade geçen sürenin tipolojisidir. Hücresel otomatlar bütünü kendini en iyi şekilde düzenlemesine imkân sağlayan, aşağıdan yukarı gelişen bir tasarıma neden olur. Dokunun kendi kararları doğrultusunda şekillenmesine izin verdiği için beklenmeyen kentsel kimliklerin oluşması muhtemeldir.

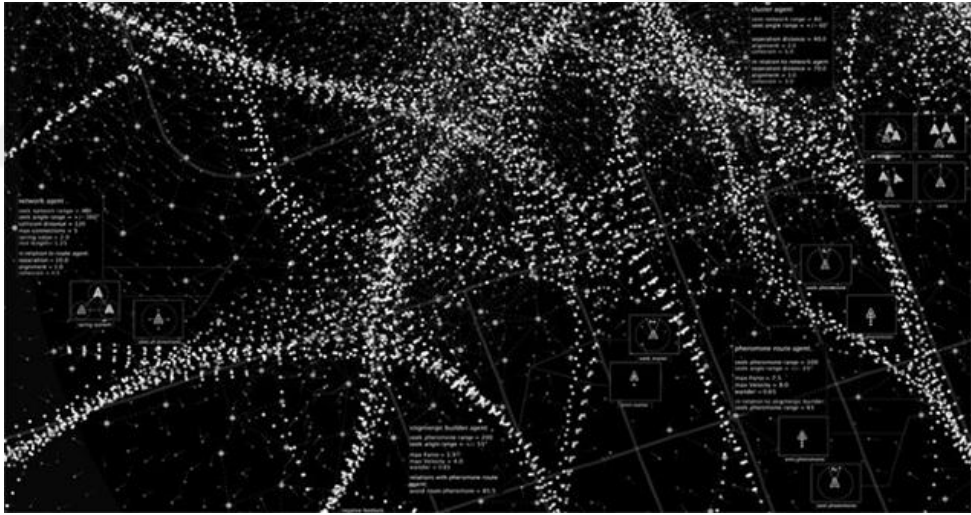
Geleneksel tasarım anlayışıyla gelen doğrusallık, şehirlerin dinamik ve değişken yapısından gelen ihtiyaçları karşılayamamaktadır. Sürü zekâsı ve etmen tabanlı modeller, etmenlerin çevresinin farkında ve süreci etkileyen davranışları nedeniyle beliren şehir modellerini tasarlamak için elverişlidir. Hücresel özdevinim kurallarının mozaik yapısının yanında etmen tabanlı modeller daha esnektir. Kentsel tasarım alt seviyede başlar ve bütüne yansıyan bu etkileşimler sonucu oluşur. Bu nedenle etmen tabanlı modeller bütüne yansıyan bireysel organizasyonları ile planlama için uygun bir ortam sunmaktadır.

Sürü zekâsı ve bu istihbarata dayanan algoritmaların şehircilikte kullanımının artması tasarımcı iradesine dayanan planlamanın yerini bireylerin etkileşimine bırakmıştır. Bu bağlamda master plan üretmek yerine master algoritma üretme fikri ile yola çıkılarak, Roland Snooks ve Robert Stuart-Smith tarafından Melbourne’ de tasarlanan Swarm Urbanism projesinin amacı öncelikle ulaşım ve altyapı ağlarını tasarlamaktır. Çalışma ile tasarımı haritalandırmaktan ziyade, etmenlerle elde edilen kolektif tasarım bir sisteme dönüştürölmek istenmektedir (şekil 2.8).



Şekil 2. 8: Swarm Urbanism (Url-8).

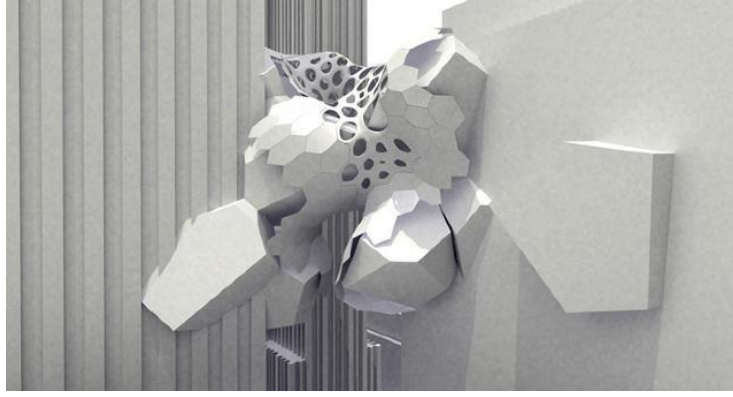
Sistemi organize etmek için genel etmen türü kullanılmamıştır. Bunun yerine etmenlerle küresel özelliklerin elde edilebileceği bir ekoloji oluşturulmuştur. Etmenlerin özelliklerinin yanı sıra yoğunluklarının sağladığı hiyerarşik yapı da tasarım sürecinde etkin rol oynamıştır (Şekil 2.9).



Şekil 2. 9: Swarm Urbanism (Url-9).

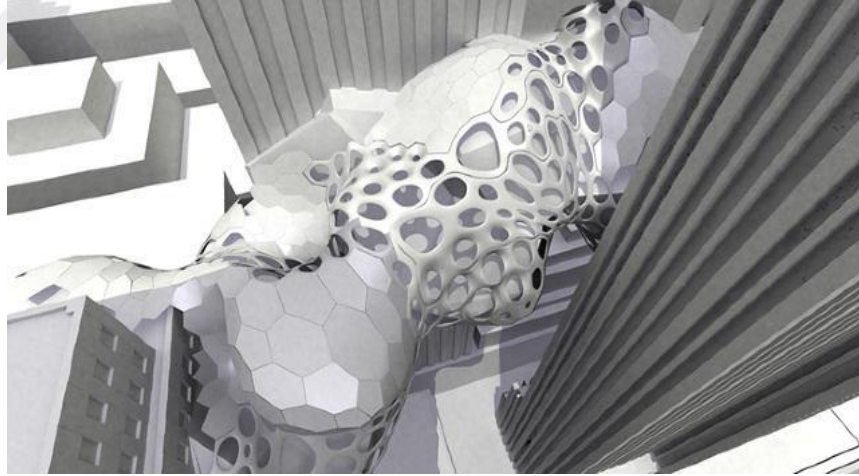
Kentlerin tanımlanan ihtiyaçlar doğrultusunda tasarlanmasından ziyade kendi ihtiyaçlarını tamamlayan sistemler haline dönüştürülmesi için iyi bir tasarım aracı olan etmen tabanlı modeller; tanımlı bir dengeden ziyade, kendi dengesini bulmaya yönelik olarak çalışır. Mevcut dokuyla beraber yeni bir akım başlatan etmen tabanlı planlama modelleri süreklilik ve akışkanlıklarıyla popülasyon yoğunluğuna veya ısı iletimine benzetilebilir. Kendi ihtiyaçlarıyla etmenleri yönlendiren bir şehir kurgusundan yola çıkılarak FEIDAD yarışmasında finalist olan Urban Agency

projesi NATO gibi kuruluş yapılarının kentle olan iç-dış ilişkisini değiştirmektir (Şekil 2.10).



Şekil 2. 10: Urban Agency (Url-10).

Karıncaların köprü oluşturmak için sergiledikleri davranışa benzetilebilecek bir davranış sergileyen algoritmalar ile iki boyutlu plan düzleminin tasarımdaki önemini azaltarak üç boyutta çalışan kentsel bir ağ elde edilmesini sağlamıştır (Şekil 2.11).



Şekil 2. 11: Urban Agency (Url-11).

3. ÜRETKEN TASARIM YÖNTEMLERİ

Mimarlıkta tasarım süreci uzun yıllardan beri sürekli bir değişim içerisinde. Önceleri, mimarlar tasarımlarını teknik el çizimleri, perspektifler ve maketler ile temsil etmekteydiler. Daha sonraları teknolojik gelişmeler ile birlikte Bilgisayar Destekli Tasarım araçları ve üç boyutlu modelleme programları tasarım süreçlerine daha farklı bir yön vermeye başladı. Programlama dillerinin de sürece dahil olmasıyla beraber sistematik bir hesap gerektiren, hızlı ve çok fazla çözüm önerisini bir arada sunan algoritmik tasarım yöntemi yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Tasarım sorunları kötü yapılandırılmıştır (Chase, Simon, 1973). Bu nedenle tasarım süreci, kötü yapılandırılmış sorunlardan oluşan bir süreçtir. Tasarım uygulanacağı doğal ve sosyal ortamın özellikleri, maliyet, iklim gibi tasarıma yön verecek kısıtlar, somut çözümlerin olduğu bir yöntem gerekliliğini doğurur. Bir dizi kuralın tanımlanması ve kullanılmasıyla ortaya çıkan algoritmik tasarım yöntemi, tanımlanan kural kümesi nedeniyle tasarıma yön vermektedir. Aynı zamanda dijital araçların kullanımı ve tasarım sorunlarına getirilen net çözümler sayesinde üretken tasarım yöntemlerine de (Generative Design Methods) temel oluşturmaktadır. Çünkü üretken modeller ile algoritmalar tarafından tasarım yapılması mümkündür. Soddu'nun (1994). "Doğada olduğu gibi bir fikir koduyla gerçekleştirilen sonsuz benzersiz ve tekrarlanamayan sonuçlar için doğrusal olmayan sistemler olarak yapılandırılmış algoritmaları kullanan morfogenetik bir işlem olarak" tanımladığı üretken tasarım morfogeneze kavramıyla da oldukça ilişkilidir.

Üretken tasarım yöntemleri, tasarımların evrilme süreçlerine ve tarzlarına göre farklı tasarım ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir. Her bir üretken modelin uygun çözümler ürettiği problem farklı olabileceği gibi, tek bir tasarım problemini çözmek için birkaç model kullanılabilir.

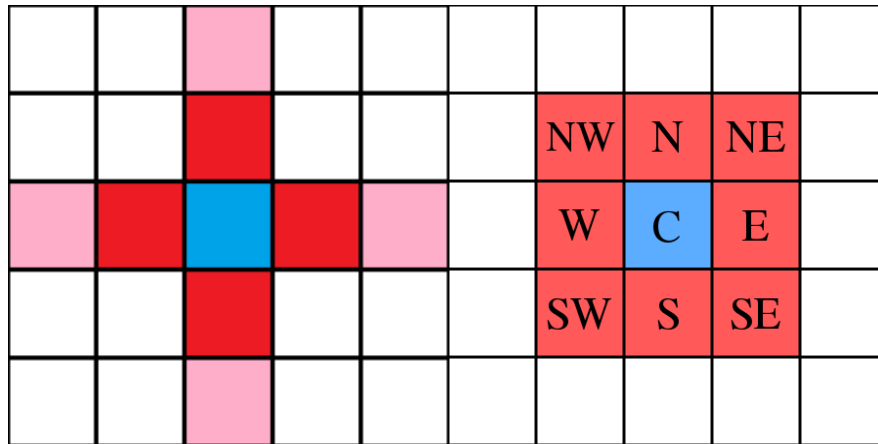
Beliren sistem elemanlarının aralarında kurdukları komşuluk ilişkilerine dayanan etkileşimleri, hücrel özdevrim ve sürü zekâsı algoritmaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Dijitalleşmenin tüm alanlara girmesi ile daha da önem kazanan bu algoritmalar, tasarım aşamalarının daha hızlı ve sistematik ilerlemesini sağlamaktadır. Kentsel tasarım yapılırken bilgisayar yazılımlarının sağladığı imkanlar, çok fazla alt

bileşeni bulunan kentlerin sürekli değişen yapılarını güncel tutmak için oldukça önem taşımaktadır.

3.1 Hücresel Özdevinim

Hücresel özdevinim, kompleks modelleri basite indirgeyerek açıklamak için 1940 yılında John von Neumann tarafından tasarlanan üretken bir modeldir. Düzenli bir ızgara üzerine oturtulmuş hücre adı verilen bir dizi basit elementten meydana gelir. Her bir otomat (hücre) kendi kendine yeten bir birimdir. Hücre alanı, hücre durumu, geçiş kuralları, komşuluk ve zaman, otomatların başlıca özellikleridir. Hücre alanı her hücre boyutu için tanımlanmış bir bölgedir. Hücre alanı, hücre durumlarını belirleyen zaman ve mekândan bağımsız olarak bir kural setiyle beraber ayrı bir alan olarak tanımlanabilir. İki ya da üç boyutlu olabilir. Hücrenin durumu tanımlanmadığı süreçte ızgaradaki her hücre eşdeğerdir. Her bireysel otomat durum bilgisini (canlı-ölü) kendisinin ve komşularının durum verilerine günceller. Otomatların konumları değişmez sadece durumları değişir. Bu özellikleriyle hücresel özdevinim modeli, etmen tabanlı modellerden farklıdır (Batty, 1999).

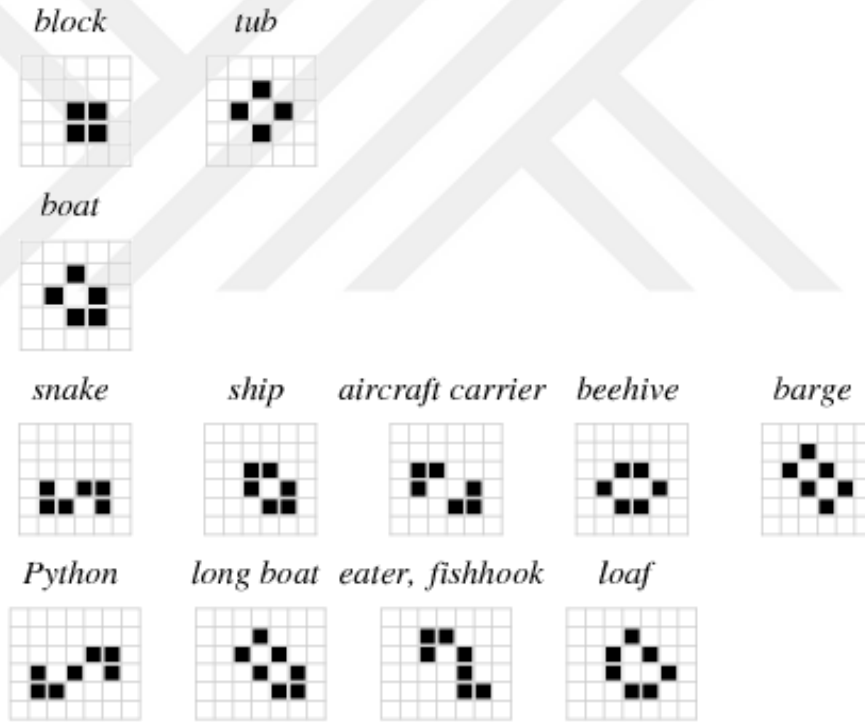
Modelin çalışmasını sağlayan asıl özellik geçiş kurallarıdır. Kurallar modele göre deterministik ya da stokastik olabilir. Kuralların her hücreye uygulanması ile oluşan deterministik modellerin aksine, bir kuralın herhangi bir hücreye uygulanması durumunda oluşan stokastik model, içinde daha rastgele durumlar barındırır. Hücrelerin bütününe barındıran mahalleler arası ilişkiler komşuluk kavramı üzerinden ifade edilir. Hücresel özdevinimde en yaygın komşuluk modelleri 4 hücreli John von Neumann ve 8 hücreli Edward F. Moore modelidir (Şekil 3.1).



Şekil 3. 1: John von Neumann mahallesi- Edward F. Moore mahallesi (Url-12).

Modelin uygulanabilirliği komşuluk ilişkisi üzerindendir. Hücrelere kural setleri eş zamanlı olarak uygulanmaktadır. Fakat modelin kullanım alanına göre ayrı zamanlı kural setleri de oluşturmak mümkündür. Hücresel otomat modelini açıklayan en iyi örnek 1970 yılında John Conway tarafından geliştirilen Game of Life (Yaşam Oyunu)’tır (Şekil 3.2).

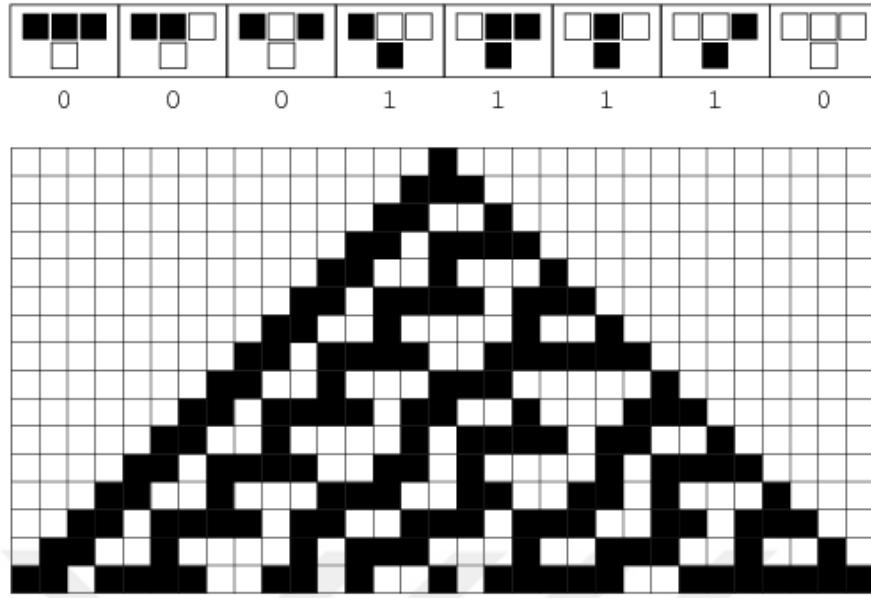
Model iki boyutludur ve Moore mahalle modelini kullanmaktadır. Her hücre etrafındaki sekiz hücrenin durumuna göre kendi durumunu korur ya da değiştirir. Hücreler ölü (siyah) ve diri (beyaz) olarak tanımlanmıştır. Ölü hücre, üç adet canlı komşu hücreye sahipse durumunu canlı olarak değiştirir. Canlı hücre, iki canlı komşu hücreye sahipse durumunu korur. Aksi takdirde ve üçten fazla canlı komşu hücreye sahip olma durumunda ölür.



Şekil 3. 2: Game of Life (Url-13).

2002 yılında Wolfram, John von Neumann’ ın iki boyutlu modelini tek boyut model için yeniden önerdi. Wolfram’ a göre 32 farklı kural seti bulunmaktaydı. Bu kural setleri üzerinden, renklendirme, eksiltme ve ekleme gibi birçok değişik durum elde eden Wolfram modelinde, hücre durumları hücrelerin komşularının durumlarını belirten ikilik sayı sisteminden sekiz basamaklı sayılardan oluşan kural tablolarıyla ifade edilir (Şekil 3.3).

rule 30



Şekil 3. 3: Wolfram modeli- Kural seti 30 (Url-14).

Günümüzde bireysel ve grup kararlarının yapılaşmada etkin rol oynadığı kentleşme modellerinde, hücresel özdevinim modelinin kullanımı sıkça görülmektedir. Doğası gereği hücresel özdevinim modeli dinamiktir. Yukarıdan aşağı bir kontrol mekanizmasına dayanan kent planlama stratejileri, bugünlerde yerini, bireysel karar ve etkileşimlerin ürünü olduğu düşüncesiyle daha organik büyüme modellerine bırakmıştır. Gerek karmaşıklığı gerek birey fazlalığı gerekse sonuç yapılaşma bakımından tam anlamıyla beliren bir sistem olan kentlerin nasıl gelişeceğine dair karmaşık soruları, basit ve iyi tanımlanmış kurallarla etkileşen yerel bileşenler sayesinde cevaplamak mümkündür. Kentlerin sahip olduğu fraktal boyut özellikleri kendini tekrar eden yapısından gelen karmaşıklığını tanımlamak için basit kurallarla çalışan hücresel özdevinim modeli oldukça elverişlidir.

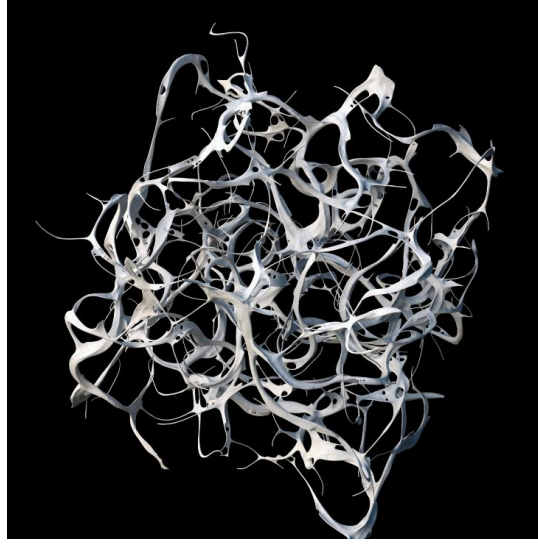
Kentleşmenin kullanıcı ve otoritelere dayanan özelliklerini hücresel otomat alanları, durumları ve geçiş kuralları üzerinden tanımlamak mümkündür. Biyolojik ve beşerî sistemlerin modellenmesinde kullanımı giderek artan hücresel özdevinim modelini, şehir planlamada kullanırken stokastik hücre durumları kullanmak avantajlı olabilir. Kullanıcıların yaşı, bina yükseklikleri, sosyo-ekonomik veriler, devlet arazileri ve daha birçok veri, kural setlerinde hücre durumları ve geçiş kuralları ile tanımlanabilmektedir. Kentsel yapının durumuna göre bazı hücre durumları sabit tutularak model geliştirilebilir. İmar durumları, sit ve park gibi alanlar sabit durumlarla

ifade edildiğinde modelin gelişmesi daha kolay olacaktır. Kentsel arazileri çevreleyen arazilerin azalması kentin gelişimini öngörme ihtiyacı doğurmuştur. Kentin içten dışa doğru büyüme eğilimi, iklim değişikliği, sosyo-ekonomik durumlar ve nüfus artışı kentsel büyümeyi doğru bir şekilde tahmin edebilecek modeller geliştirilmesine ihtiyaç oluşturmaktadır.

3.2 Sürü Zekâsı

Sürü zekâsı; çok sayıda etmenin ortaklaşa gerçekleştirdikleri davranışlar sonucu meydana gelen davranıştır. Sürü zekâsı, ilk olarak 1898 yılında Gerardo Beni, Susan Hackwood ve Jing Wang tarafından beliren fenomenleri tanımlamak için oluşturulan robotik sistemlerde kullanılmıştır (Beni,Wang, 1990)

Sürü zekâsı; çevrelerinin farkında, kendini etraftan soyutlamamış, özerk veya yarı özerk olan ve küresel davranışlar ortaya çıkarabilecek etmenlerden oluşur. Bu davranış ile merkezi bir otorite gerekmeden, sadece etmenlerin etkileşimi ile tanımlanan problemin çözümü mümkündür. Sürü zekâsı öz-örgütlenme ve Stimerji kavramlarının temelinde çalışır. Stimerji; karınca kolonilerinin ve cıvık mantarların yaşam döngülerinin alt yapısını oluştururken, aynı zamanda sürüdeki bireylerin iletişim kurmalarını sağlayan etkileşimlerin bütünüdür (Şekil 3.4). Stimerji kavramında bilginin dağıtımı esastır. Değişen çevre koşullarından etkilenen etmenin bıraktığı iz sayesinde, tüm sistem bu etkilenmeden haberdar olur ve kendini yeniden organize eder. Karıncaların bıraktıkları feromon, Stimerji örneklerinden birisidir. Öz-örgütlenme, herhangi bir dış kontrol ve yönlendirme olmadan bir sistemin iç düzenine ait belirli bir fonksiyonunun gelişmesi için çevreye adapte olma sürecine denir (Hensel,2004). Öz-örgütlü sistemlerde gelişim; rastgelelik, geri bildirim ve etkileşimlerle olur. Dolaylı etkileşim barındıran Stimerji, öz-örgütlenmeyi besleyen bir kavramdır.



Şekil 3. 4: 3D-Stimerji örneği (Url-14).

Sürünün kendini örgütleyerek çalışması ile merkezi otorite ihtiyacı kalmamış olur. Yerel etmenlerin örgütlü etkileşimleri küresel sonuçlar doğururken aynı zamanda sistemi dengede tutar. Sürüyü oluşturan bireylerin her biri özdeştir. Otonom davranışlara sınırlı seviyede sahip olmaları ve grup olarak hedefe hizmet edebilmeleri küresel davranışı ortaya çıkarır (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5: Öz-örgütlülük: Kuş sürüleri (Url-15).

Günümüzde belirme teriminin dijital hesaplamalarda ve sosyal davranışları açıklamalardaki kullanımı oldukça hız kazanmıştır. Şehirlerin beliren akıllı sistemler olarak görülmesi ve bir tasarımcıya bağlı kalmadan şekillendiği düşüncesi ile sürü istihbaratının merkezi bir kontrol mekanizması olmadan kendini organize eden

yapısının gösterdiği benzerlik, şehircilik için önemli bir referans kaynağı olmuştur. Sürü zekasının en kritik noktalarından olan etmen sayısının fazlalığı, kent sistemlerinin barındırdığı birçok unsurun, kentin şekillenmesine olan etkisini açıklamayı kolaylaştırmaktadır. Şehirler, milyonlarca kararın sonucunda organik olarak büyümektedirler ve bu karmaşıklık haline yukarıdan aşağı doğru yapılan bir müdahalenin çok az etkisi vardır (Batty, 2008). İnsanların biyolojik ihtiyaçlarından doğan yeme-içme, uyku ve çalışma gibi eylemleri, tekrarlanan davranışlar ve bunların gerçekleşeceği mekân ihtiyaçları oluşturur. Ayrıca bu davranışların birçok komşu grup tarafından sergilenmesi ile mahalleler arasında oluşan etkileşim, bu sosyal yapılaşmanın kendini organize etmesi ihtiyacını doğurur. Sürü zekasının şehirciliğe sağladığı katkı bir tasarım aracı oluşturmak değil, şehrin gelişim sürecinin dengesini bulmasını sağlamak ve bu denge faktörlerini açıklamaktır.



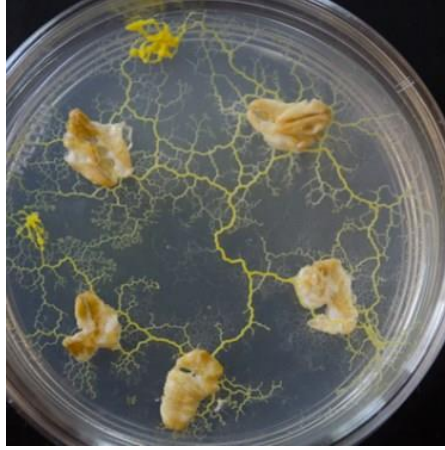
4. BELİRME KAVRAMI BAĞLAMINDA CIVIK MANTAR DAVRANIŞLARININ BENZETİMİ VE UYGULAMA ALANLARI

Günümüzde biyolojik organizasyonların yaşam döngüleri birçok alanda araştırmacılara ilham kaynağı olmuştur. Kuşlar, balıklar, karıncalar ve sürü davranışı sergileyen canlıların yaşamlarını sürdürmek adına gerçekleştirdikleri temel ihtiyaca dayalı basit davranışların, karmaşık sonuçlara neden olduğu gözlemlenmektedir. Bu sistemlerin kendini örgütleyerek beliren sistemler oluşturması ve merkezi bir otoriteye sahip olmadan problem çözme davranışında bulunmaları ulaşım, iletişim gibi mühendislik hesapları, finansal yapılanmalar, benzetim modelleri ve yapay zekâ teknolojilerine referans kaynağı olmuştur.

4.1 Cıvık Mantarlar

Doğada, pek çok canlı yaşam faaliyetlerini sürdürebilmek için besin arayışına girerler. Bu arayışı gerçekleştirirken çevrelerine adapte olan ve büyüyen stratejiler geliştirirler. Sahip oldukları basit yaşam döngüleri ile daha küresel sistemler oluşturan ve çevresiyle etkileşim kurarak durumunu değiştiren canlı türlerinden biri de ‘Physarum polycephalum’ türü olan ‘Cıvık Mantarlar’ dır. Amip benzeri organizmalar olan cıvık mantarlar, çok sayıda hücre çekirdeği olan tek hücreli yapılardır. Mantar olarak adlandırılmalarına rağmen mantar sınıfında bulunmayan bu organizmalar farklı bir familya olarak görülmektedirler. Yaşam döngüleri beslenme, toplanma ve üreme olmak üzere üç aşamadan oluşur. Beslenme ve toplanma aşamaları besin miktarı üzerine kuruludur. Çevrelerinde bulunan besin miktarına göre görünüşleri şekillenmektedir. Tek bir hücrenin algılanan besin kaynağına ilerleme yeteneği yoktur. Bu yüzden besin kaynağına ilerleyebilmeleri için diğer mantar hücreleri ile birleşmeleri gerekmektedir. Algıladıkları besin miktarı arttıkça mantar hücreleri birleşerek tek hücre görünümü ile yaşamaya devam ederler. Besin miktarının azalmaya başlaması ile devasa tek hücre kendi içinde çözümler yaşayarak tekrar bir sürü tek hücre halini alır. Dağınık besin kaynakları arasındaki iletimi yapmak için doğrudan besinler arasında ana bağlantılar ve ek bağlantılar sağlayan ağ hattına sahiptirler. Ortamdaki besine duyarlılıklarını ve besinlerin iletilmesini sağlayan bu bağlantılara ‘Plazmodyum’ adı verilir (Şekil 4.1). Plazmodyum ısı, ışık ve nem gibi çevresel

faktörlerden etkilenmesine rağmen; tüplerin kalınlık ve ağırlık oranlaması ile kendini dengede tutan bir yapıya sahiptir (Adamatzkya, Jones, 2009).



Şekil 4. 1: Cıvık mantar hücreleri ve Plazmodyum ağları (Url-16).

Cıvık mantarlar arasındaki iletişim karınca kolonilerinde salgılanan feromon hormonu gibi bir sinyalizasyon sistemine dayanmaktadır. Besin kaynağı hücre tarafından algılandığında CAMP (Cyclic Adenosine Monophosphate) adı verilen bir madde salgılanmaya başlar. CAMP salgısının artması ile beraber hücreler toplanma davranışı gösterirler. Hücrelerin toplanması ile beraber algılanan besine doğru birçok plazmodyum oluşturulur. Besinlerin hızlıca taşınması için optimize edilmiş plazmodyumlar, daha sonra besinler arasındaki en uygun yol saptandığında oluşturulan tüpler arasından en verimli ve kısa olanı seçilerek, diğerleri hücrelere doğru geri çekilir. Bu işlem tamamlandığında ortaya bir ağ yapısı çıkar. Cıvık mantarlarda besin aktarımı için gelişmiş olan ağ yağısı; taşınan besin miktarı ve taşıma performansı bakımından en verimli olan tüplerden oluşur. Verimliliğin yanı sıra bu bağlantıların en önemli özelliği, besin kaynakları arasındaki en kısa mesafeyi kurmalarıdır.

Tek hücreli canlı organizmalar olan cıvık mantarlar; herhangi bir sinir sistemine sahip değildirler. Merkezi bir yönlendirme ve beyin fonksiyonu barındırmamalarına rağmen, öğrenme ve öğrendikleri bilgileri birleştikleri anda diğer hücrelere aktarma potansiyelleri ile birçok araştırmaya konu olmuşlardır.

4.2 Cıvık Mantarlarla Yapılan Uygulama Örnekleri

Ormanlık alanlarda ve nemli bölgelerde kolayca karşımıza çıkabilen ve büyük alanları çok hızlı bir şekilde üreyerek kaplayabilen cıvık mantarlar son yıllarda yapılan birçok çalışmada kullanılmış ve şaşırtıcı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Karmaşık ve büyük ölçekli oluşumların ön izlemesini oluşturmak ve hata payını en aza indirmek bağlamlarında oldukça elverişli bir ortam sunan cıvık mantarlar aynı zamanda problem çözme potansiyelleri ile labirent gibi karmaşık düzenekleri başarıyla çözmüşlerdir (Toth, Nakagaki, 2000). Sosyal yaşamda karşımıza çıkan ulaşım ağları; cıvık mantarların plazmodyum tüpleri ile aynı oluşum mantığına sahiptir. Cıvık mantarların toplam tüp uzunluğunu kısa tutarak yakınlık grafiklerine referans veren ağları, ağır hesaplamalar gerektiren ulaşım sistemlerinin tasarım kriterlerine benzer özellik göstermektedir.

4.2.1 Labirent çözme deneyi

Balçık kalıbı olarak da bilinen cıvık mantarın Plazmodyum ağları, iki besin kaynağı arasındaki bağlantıyı sağlarken aynı zamanda hücrelerin beraber oluşturdukları görüntünün değişmesine de yol açar. Cıvık mantarların labirent içinde şekil değiştirmesi besine ulaşırken hayatta kalma ihtimalini artırır. En kısa yolu bulmak hedefi ile besin kaynakları arasında gezinen cıvık mantarlar üzerinde yapılan labirent deneyi 25 x 35 cm ölçülerinde bir kapta gerçekleştirilmiştir. Agar kap üzerine plastik filmler kesilerek labirentler oluşturulmuştur. Labirentin giriş ve çıkış noktalarına 0,5 x 1 x 2 cm boyutlarında içerisinde besin bulunduran agar bloklar yerleştirilmiştir. Labirentin girişi ve çıkışı arasında $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\beta 1$, $\beta 2$ ile temsil edilen dört olası yol vardır (Şekil 4.2).

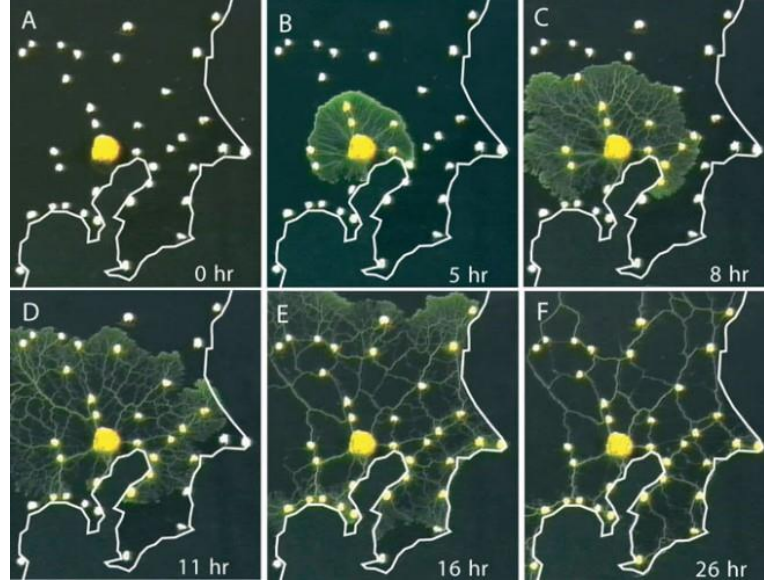
	None	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 1, \beta 2$
None	2	0	0	0
$\alpha 1$	0	0	0	0
$\alpha 2$	0	5	6	3
$\alpha 1, \alpha 2$	0	0	0	3

Şekil 4. 4: Muhtemel yolların kullanımı (Url-19).

İlkel yapıya sahip bu organizmaların basit bir labirent deneyi üzerinden zekâ örneği gösterdiği görülmüştür. Cıvık mantarlar, besin kaynağına ulaşmak için alternatif kısa yolları ve çıkmaz noktaları hatırlayarak labirentin çıkışına giden en kısa yolu kullanmışlardır.

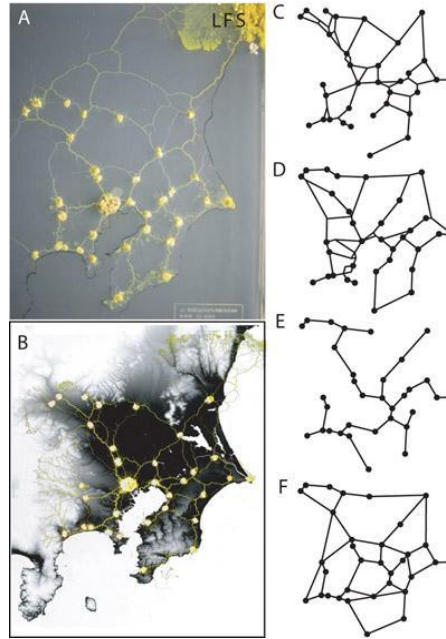
4.2.2 Tokyo metrosu deneyi

Cıvık mantar hücrelerinin labirent çözme konusundaki başarısından sonra Tokyo metrosu üzerine Sapporo'daki Hokkaido Üniversitesi'nden Toshiyuki Nakagaki' nin önderliğinde Japonya ve İngiltere'den gelen bir grup çalışma başlatmıştır. Mühendislerin uzun mesailer harcayarak tasarladıkları bu ağ haritalarını cıvık mantar kolonilerinin üretip üretemeyeceği soruları üzerinden gidilerek deneysel birtakım çalışmalar başlatılmıştır. Tokyo ve çevresindeki şehirlerin haritası agar plakada kesilip, belirlenen bölgelerin yerine yulaf konulmuştur. Aşılama, Tokyo üzerinden yapılarak cıvık mantar yayılımı gözlemlenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4. 5: Tokyo metrosu üzerinde zamana bağlı cıvık mantar gelişimi (Url-20).

Aşılardan yaklaşık bir gün sonra cıvık mantarlar tarafından oluşturulan ağı Tokyo metrosuna oldukça benzer şekilde oluştuğu gözlemlenmiştir. Metro ağı ile mantar ağı arasındaki benzerliğin bu kadar fazla olması cıvık mantar davranışının matematiksel bir model barındırdığı düşüncesini akıllara getirmiştir. Tokyo metro hattı üzerinden incelemelere devam edildiğinde, ilk etapta mantar hücrelerinin ağlarını her yere gönderdiği gözlemlenmiştir. Zamanla besin kaynakları arasındaki ağların en sağlam ve kısa olanı korunarak diğer tüpler geri çekilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4. 6: Zamana bağlı olarak Plazmodyum tüplerinin değişimi (Url-21).

Çalışmalar sonucunda bu basit organizmaların, uzun hesaplamalar ile üretilen bir hattı çok kısa bir sürede oluşturmuş olması tasarım aşamasının yanında ilerleyen zamanlarda, doğal afet ya da savaş gibi durumlarda değişmesi gereken ağlara hızlı bir şekilde alternatif geliştirebilecek bir alt yapı sunmaktadır. Ayrıca merkezi olmayan bir irade ile gelişen sistem, yapay zekâ gibi teknolojilere algoritmik bir altlık sağlayabilecektir.

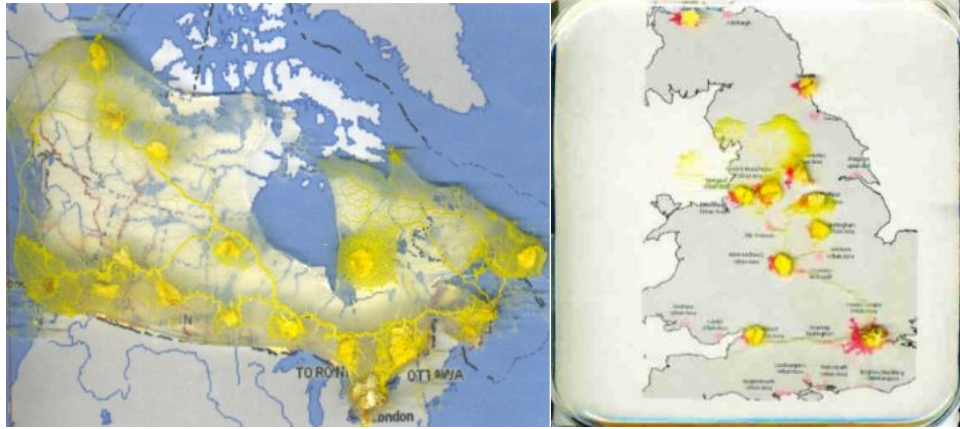
4.2.3 Andrew Adamatzky' nin otoyol planlama çalışmaları

Dünya üzerindeki nüfusun ve buna bağlı olarak araç sayısının artışı, seyahat mesafelerinin uzamasına ve ulaşım ağlarının genişlemesine sebep olmuştur. Yol yapım yükünün yanı sıra yeni bağlantıların eklenmesi, bakım çalışmaları ve bütün ağların etkileşimleri hızlı çözüm önerilerine olan ihtiyacı artırmıştır. Biyolojik ağların insan yapımı ağlara olan benzerlikleri uygulanabilir çözümler sunmaktadır. Davranışı referans alınacak canlıların yetiştirilmesinin kolay olması, deney süresinin kısalığı ve davranışlarının analize uygunluğu canlı seçimindeki önemli kistaslardır. Cıvık mantarlar çalışma kolaylığı ve davranışlarının beliren özellikleri nedeni ile özellikle ulaşım ağları üzerine yapılan çalışmalarda kullanılmıştır.

Batı İngiltere Üniversitesi' nde Bilgisayar teknolojileri bölümünde profesör olan Andrew Adamatzky dünya üzerindeki çeşitli ülkelerin otoyol ağlarının oluşumlarını cıvık mantarlar üzerinden değerlendiren birçok çalışma yapmıştır. Çalışmalarda belirlenen ülkelerin yoğun nüfuslu, ekonomik potansiyeli yüksek ve ulaşım açısından kritik olan şehirleri seçilerek, cıvık mantar ağları ile bu ülkelerin otoyol ağları karşılaştırılmıştır.

Otoyol ağlarının karşılaştırılması için yapılacak deneye başlamadan önce cıvık mantarların gelişimi için uygun ortam hazırlanmıştır. 120x120 mm boyutlarında kare ya da 90 mm çapında yuvarlak polistiren petri kaplarına içme suyu serpilmiş kâğıt havlu yerleştirilmiştir. Yulaf gevreği konularak cıvık mantarlar yetiştirilmek üzere gevreklerin üzerine yerleştirilmiştir. Deneyi yapılacak bölgenin haritası belirli ölçekte küçültülerek agar plakalar halinde kesilmiştir (Şekil 4.7). Hattın geçtiği şehirlerin yerlerine yulaf gevreği yerleştirilmiştir. Deneyin görselleştirildiği zamanlar dışında, deney ortamı karanlık ve sıcaklığı 22-25°C dir. Deney, sonuçlara göre ortalama 20-25

sefer tekrarlanmıştır. Deney kapları tarayıcıda taranıp doygunluk seviyesi yükseltilerek görselleştirilmiştir (Adamatzky, Akl, 2011).



Şekil 4. 7: Agardan kesilmiş kentsel alan haritaları.

Kesilen agar plakalar üzerinde seçilen başlangıç şehrindeki yulaf üzerine cıvık mantar aşılanarak deney başlatılır. Toplanma eylemini tetikleyen yulafın yanı sıra engel olacak bölgelerden mantarların geçmemesi için, cıvık mantarları uzaklaştırıcı etkisi bulunan kristal tuz kullanılır. Otoyol hattının mevcut hali H grafiği olarak kabul edilerek deneye başlanır ve cıvık mantar grafiği tanımlanırken aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- U: Kentsel alan kümesi.
- E: Set kenarı.
- P: Cıvık mantar grafiği
- $w: E[0,1]$: Kenarların olası ağırlığı. E' nin her bir kenarı bir olasılıkla ilişkilendirilir.
- $P(Q)$: Eşik değeri. U bölgesindeki noktalar arasında oluşan tüplerin kalınlığıdır. Tüp kalınlıkları ve ağırlıkları ile orantılıdır. Q değeri değiştiğinde noktaların bağlanma şekillerinde değişiklik gözlenmektedir.
 - $P(Q) = 0$ iken H grafiği ham haldedir.
- $T(E) = e$ ve $E: w(e) > Q$ iken Q' ya eşit veya daha az ağırlığa sahip olan tüm kenarları kaldırır.

Cıvık mantar grafiği şu şekildedir:

$$P(Q) = (U, T(E), w)$$

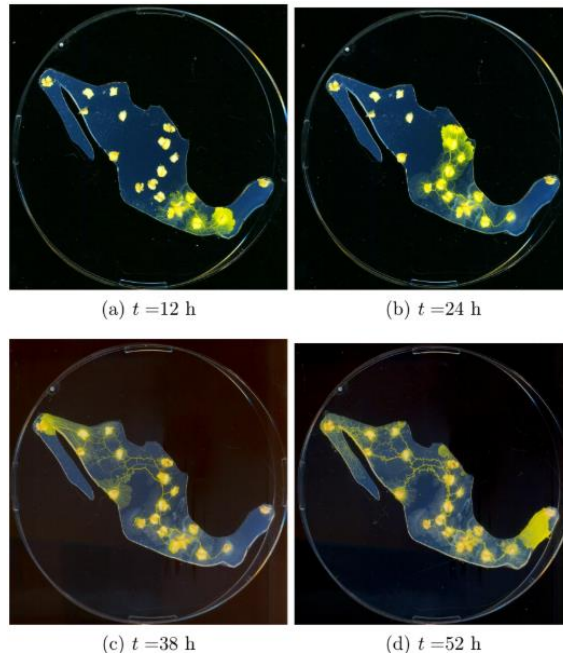
Cıvık mantar grafiğinden elde edilen sonuçlar otoyol yapımlarında kullanılan Düzlemsel Yakınlık Grafikleri (Gabriel Grafiği, Göreceli Mahalle Grafiği) ile karşılaştırılarak sonuçlar elde edilir (Adamatzky, Prokopenkob, 2011).

4.2.3.1 Meksika Otoyolu Deneyi

Meksika nüfusu ve konumu itibari ile Kuzey Amerika, Kanada ve Latin Amerika arasında geçiş özelliği taşımaktadır. Bu nedenle deney için besinlerin konulacağı bölgeler seçilirken özellikle başlangıç olarak her seferinde Mexico City seçilmiştir. Nüfus ve erişim imkanları baz alınarak aşağıdaki ondokuz bölge belirlenmiştir:

- (1) Tijuana, (2) Nogales, (3) Ciudad Juárez, (4) Hermosillo, (5) Chihuahua, (6) Nuevo Laredo, (7) Monterrey, (8) Mazatlán, (9) Ciudad Victoria, (10) San Luis Potosí, (11) Guadalajara, (12) León Irapuato, (13) Morelia, Edo. México DF Puebla, (14) Xalapa Veracruz, (15) Chilpancingo, (16) Acapulco Oaxaca, (17) Huatulco, (18) Tuxtla Gutiérrez, (19) Mérida Cancún

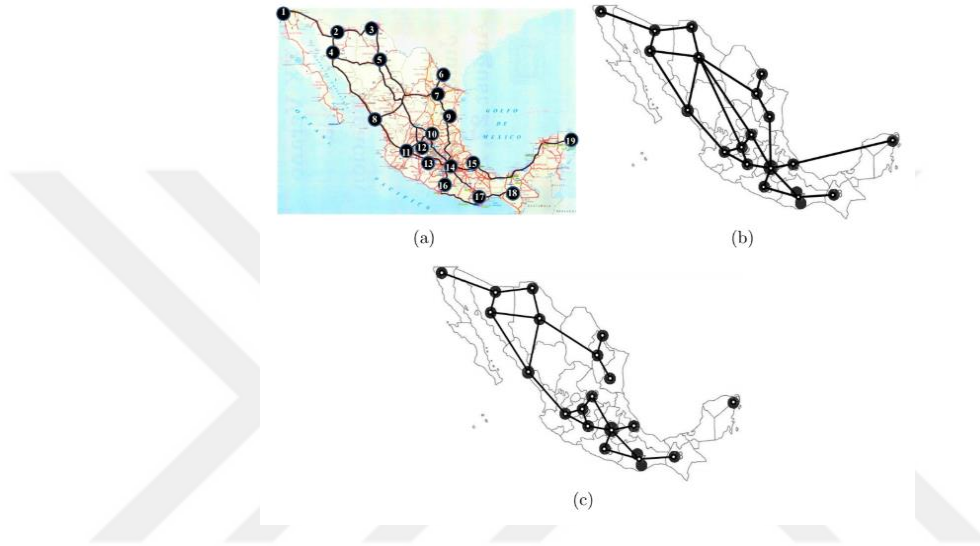
Deneye her seferinde Mexico City' i temsil eden yulaf parçası üzerine cıvık mantar aşılanarak başlanmıştır. Belirli zaman aralıkları ile mantar yayılımları görselleştirilerek, cıvık mantarların yayılımları karşılaştırılmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4. 8: Cıvık mantar gelişimi.

Bazı durumlarda mantarların belirlenen bölgelerden geçmediği, bazı durumlarda ise tüm besin kaynaklarına uğrasa bile besin arayışının bitmediği gözlemlenmiştir.

Meksika otoyol ağlarının gelişimini öngörebilmek adına cıvık mantarlar ile yapılan deneyde, yulaf ile temsil edilen on dokuz bölge arasındaki plazmodyum ağ gelişimine bakılmıştır. Meksika' nın dağ ve nehir gibi coğrafi yapısı hesaba katılmadan yapılan deneyde, cıvık mantar ağı ve mevcut otoyol hattı arasındaki uyumun oldukça fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4.9).



Şekil 4. 9: (a) Karayolu ağ haritası, (b) ham otoyol grafiği, (c) cıvık mantar grafiği ve ham otoyol grafiğinin kesişimi.

Coğrafi şartların ve üç boyutun deneylere eklenmesi halinde otoyol ağları yapılmadan önce, uygulanacak ufak bir deney ile ağların uygunluğu test edilebilecektir.

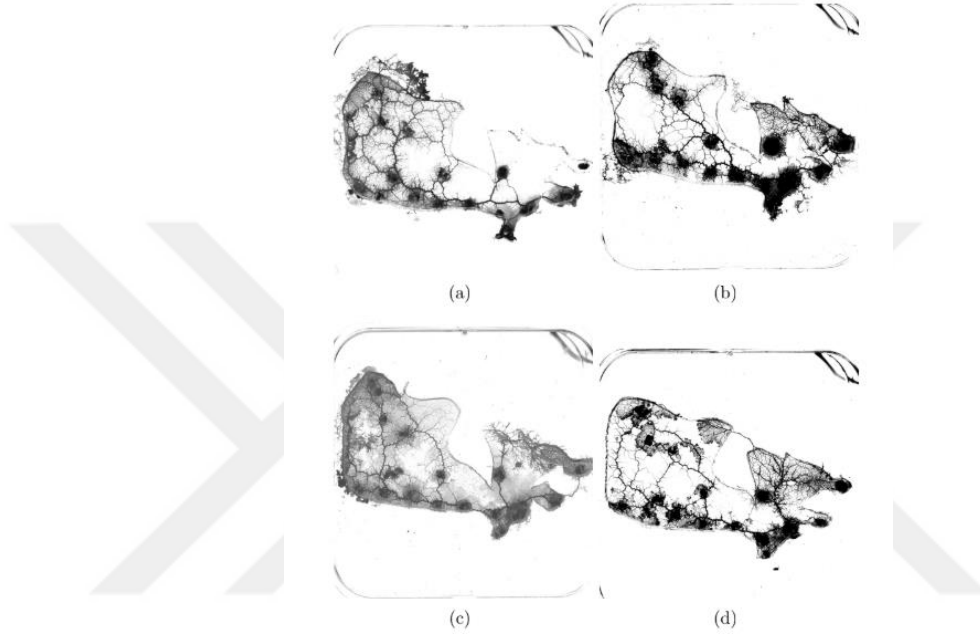
4.2.3.2 Kanada Otoyolu Deneyi

Cıvık mantar davranışları otoyol hatları üzerinden değerlendirilirken, ülke seçimlerindeki en önemli kriter büyük ülkelerdeki gelişmiş ağların seçilmesidir. Kanada karayollarının amacı ülkede bulunan bütün illerin birbirine bağlanmasıdır. Nüfus yoğunluğuna bakılmaksızın yapılan bu otoyol planlaması birbirine çok uzak bölgeleri bile bağlamayı hedeflerken karmaşık bir ağ haritasının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kanada' nın en kalabalık onaltı bölgesi seçilmiştir:

- (1) Toronto bölgesi, (2) Montreal bölgesi, (3) Vancouver bölgesi, (4) Calgary, (5) Edmonton, (6) Winnipeg, (7) Halifax-Moncton, (8) Saskatoon-Regina, (9)

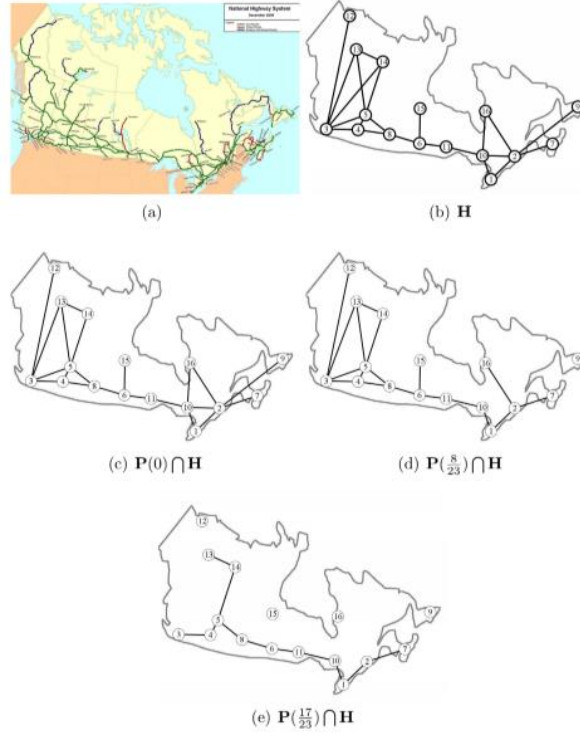
St. John's, (10) Sudbury, (11) Thunder Bay, (12) Inuvik, (13) Wrigley, (14) Yellowknife, (15) Thompson, (16) Radisson.

Inuvik' ten sonra seçilen bölgeler nüfus yoğunluğu fazla olan bölgeler değildir. Bütünlüğü sağlamak adına eklenen düğüm noktalarıdır. Başlangıç bölgesi olarak Toronto seçilmiştir. Belirli zaman aralıkları ile cıvık mantar yayılımları görselleştirilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4. 10: Cıvık mantar gelişimi.

Deney başlangıcında $P(Q) = 0$ değeri üzerinden çalışıldığında cıvık mantar grafiğinin ham otoyol deneyine yirmi iki kenarın yirmi birinde benzediği gözlemlenmiştir. Plazmodyum tüplerinin ağırlık ve kalınlık oranları değiştiğinde ise bu benzerliğin değiştiği görülmüştür (Şekil 4.11).



Şekil 4. 11: (a) Karayolu ağ haritası, (b) ham otoyol grafiği, (c), (d), (e) cıvık mantar grafiğinin eşik değerine bağlı olarak değişim grafikleri.

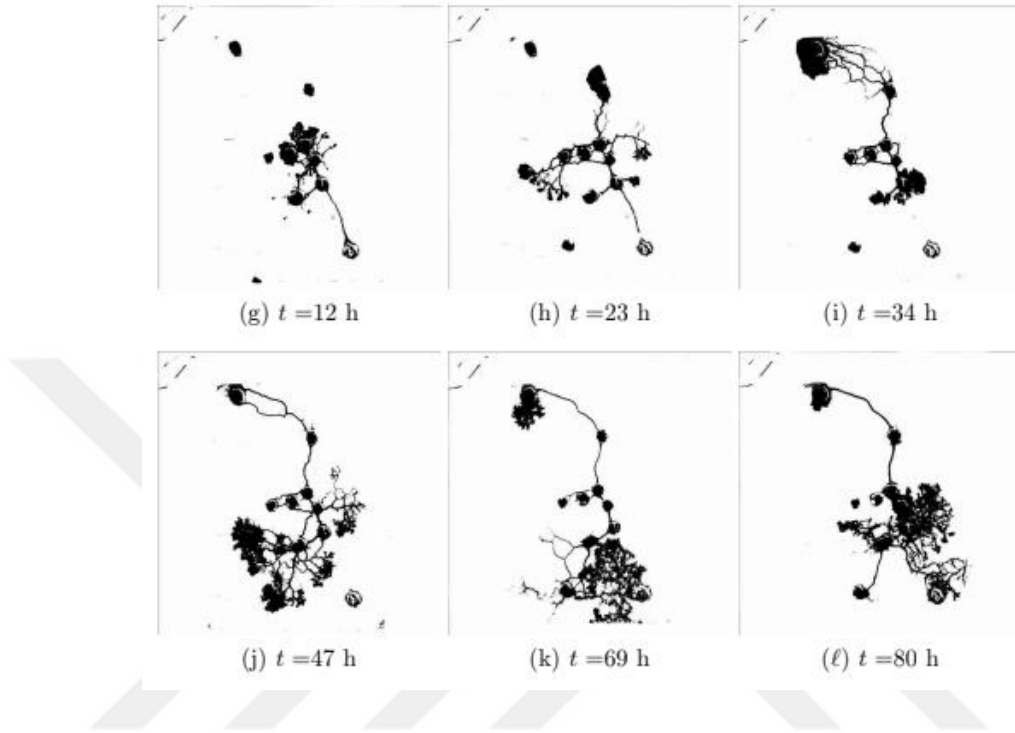
Yapılan deneylerin sonucunda cıvık mantar ağlarının oluşturduğu hattın, mevcut Kanada otoyol hattına %75 oranında benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Deneylerde cıvık mantarların, Vancouver dışındaki bütün bölgelerin bağlantılarını Calgary bağlantılarına yakınlıktırdığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle otoyol ağlarının bu bağlantılara dayandırılarak yapılandırılması düşünülebilir. Coğrafi şartlar dikkate alınmadan yapılan bu deneylere coğrafi şartlar da eklendiğinde daha kesin veriler elde edilebilecektir.

4.2.3.3 İngiltere Otoyolu Deneyi

Cıvık mantar ağları ile otoyol hatlarının karşılaştırılması için yapılan çalışmalarının çoğunda grafiklerin birbirine oldukça benzer olduğu görülmüştür. İngiltere otoyol hatları üzerinden yapılan bu çalışmada diğer çalışmalarla aynı şekilde nüfus yoğunluğu ve konuma göre on bölge belirlenmiştir:

- (1) Greater London, (2) Bristol, (3) Sheffield, (4) Nottingham, (5) Liverpool, (6) Tyneside, (7) Greater Glasgow, (8) West Yorkshire, (9) Greater Manchester, (10) West Midlands.

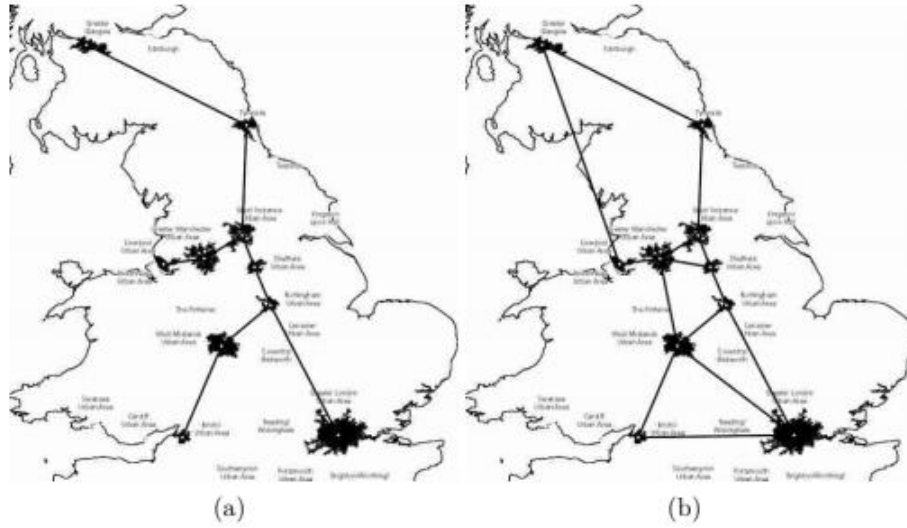
Her deneyin başlangıcında aşılama Büyük Londra' yı temsil eden yulaf üzerine yapılır. Kent merkezlerinde geçilmemesi gereken bölgeler tuz kristalleri eklenerek temsil edilir. Belirli zaman aralıkları ile cıvık mantar yayılımları görselleştirilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4. 12: Cıvık mantar gelişimi.

Londra' daki aşılama ile başlayan deneylerde cıvık mantarların Londra' daki yulafı tükettikten sonra Birmingham ve Bristol bölgelerine doğru yayıldıkları gözlemlenmiştir. Daha sonra Midlands bölgesinde yoğunlaşıp Kuzey Tyneside alanına doğru yayılım devam etmiştir.

Cıvık mantar grafiği Great Manchester ve Great Glasgow bölgelerini birbirine bağlayan M6/M74 otoyol bağlantısı hariç, diğer bölgeler arasındaki bağlantılarda mevcut otoyol hatları ile yüksek oranda benzerlik göstermiştir. M6/M74 otoyol bağlantısı deneylerin sadece %20' sinde cıvık mantar ağları ile benzerlik göstermektedir. Cıvık mantar grafiklerine göre bu hattın Newcastle-Glasgow arasına taşınması gerekmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4. 13: (a) Göreceli mahalle grafiğinin canlı organizmaların dağılımını incelemek için kullanılan (b) Gabriel grafiği karşılaştırması.

Coğrafi şartlar hesaba katılmadan yapılan deneyler üzerinden yapılan analiz sonucunda cıvık mantarların M6/M74 güzergahını taklit etmediği ve bu hatta alternatif bir hat oluşturduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca M4(Bristol-Londra) hattının da nadiren oluşturulduğu görülmüştür. Sonuç olarak mevcut hattın topolojisi ile mantar ağlarının topolojisi arasında karşılaştırmalar yapılarak otoyol hatları üzerinde düzenlemeler yapılabileceği görülmüştür.

4.2.3.4 Hollanda Otoyolu Deneyi

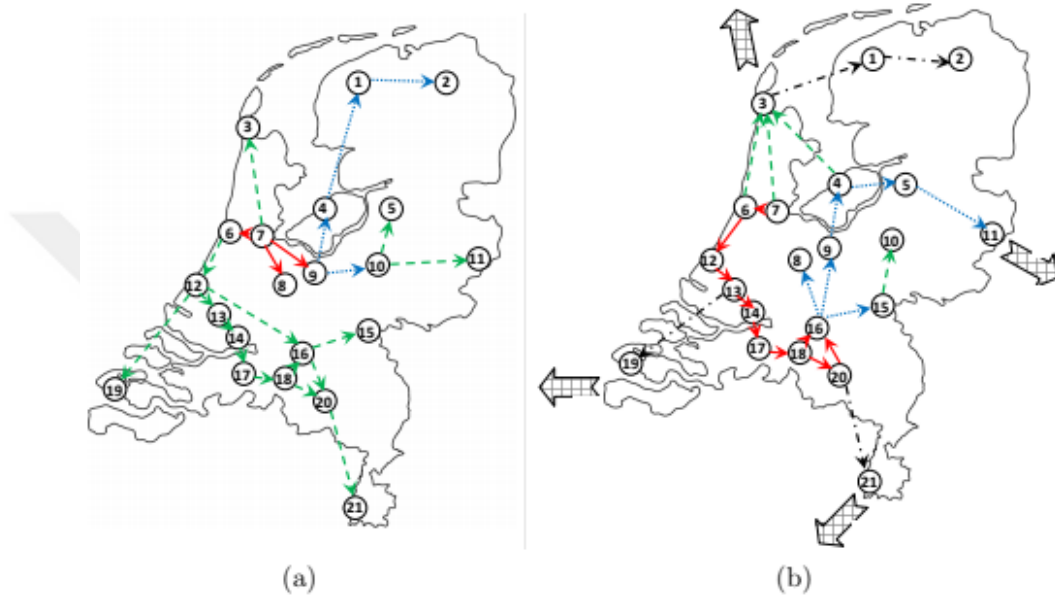
Kent ve yol planlaması üzerine referans verebileceği düşünülen ve algoritma tabanlı teknolojilere altlık oluşturabilecek cıvık mantar davranışları ile yapılan deneylere Hollanda otoyolu ile devam edilmiştir. Hollanda otoyolunu diğer ağlara göre daha önemli kılan özellik, Avrupa'daki en yüksek yoğunluklu otoyol ağı olmasıdır. Ayrıca Hollanda'nın yüksek sel riski altında olması, ağ gelişimi açısından dikkat edilmesi gereken bir noktadır.

DeneySEL temeller diğer deneyler ile aynı tutularak Hollanda'nın en kalabalık yirmi bir kentsel alanı belirlenmiştir:

- (1) Leeuwarden, (2) Groningen, (3) Den Helder, (4) Lelystad, (5) Zwolle, (6) Haarlem, (7) Amsterdam, (8) Utrecht, (9) Amersfoort, (10) Apeldoorn, (11) Enschede, (12) Den Haag, (13) Rotterdam, (14) Dordrecht, (15) Nijmegen,

(16) Hertogenbosch, (17) Breda, (18) Tilburg, (19) Middelburg, (20) Eindhoven, (21) Maastricht.

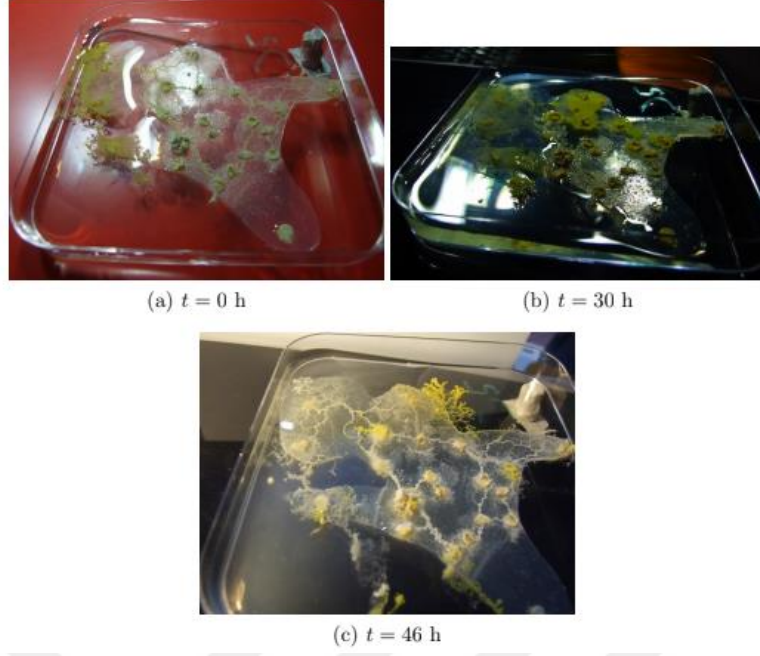
Aşılama her seferinde Amsterdam'dan yapılarak deneyler başlatılır. Elli yedi saat sonunda Apeldoorn'u Zwolle ve Enschede ile bağlayan ağlar oluşmuştur. Ayrıca ülkenin güney-batısı kolonize edilerek Lahey- Rotterdam- Dordrecht- Breda- Tilburg- Hertogenbosch' a doğru giden bir rota oluşmuştur (Şekil 4.14).



Şekil 4. 14: Cıvık mantar ağlarının 34. ve 57. saatlerdeki gelişimleri.

Deneylerde mevcut otoyol ağı ile örtüşmeyen bazı kenarlar görülmüştür. Amsterdam-Der Helden- Zwolle- Apeldoorn- Rotterdam- Dordrecht hattının, cıvık mantar ağlarının hiçbirinde oluşmadığı görülmüştür. Bu durum Hollanda otoyol ağının gerekli olup olmadığı hakkında soru işaretleri oluşturmuştur.

Diğer bir yandan sel baskınları ile ilgili parametreler eklenerek deneyler tekrarlanmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4. 15: Sel baskınlarını gösteren deneylerin ilerlemesi.

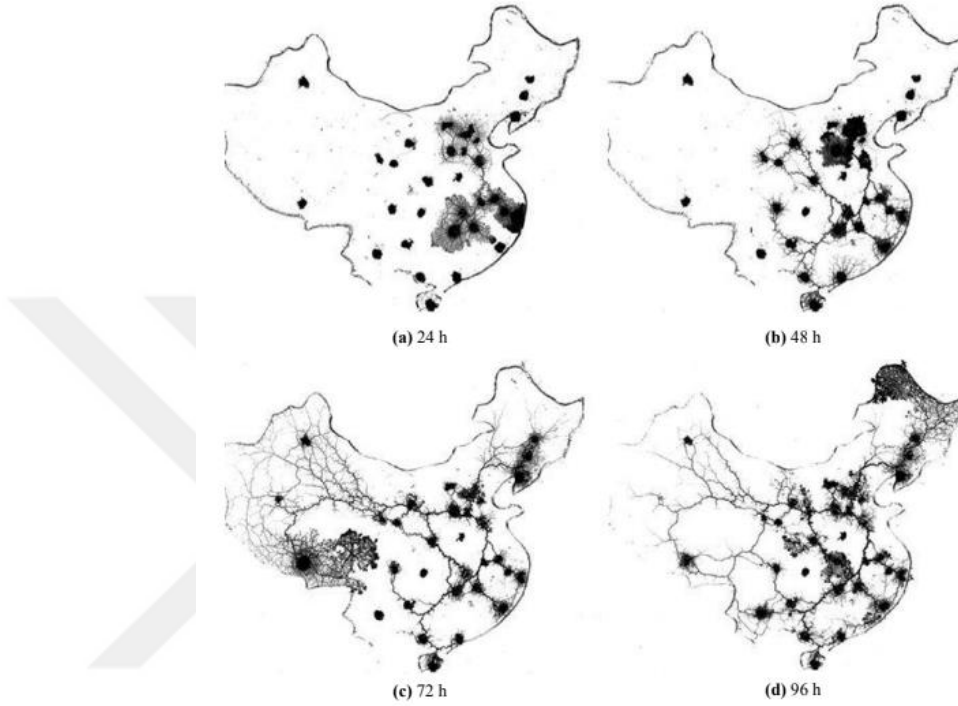
Deney düzeneğine sel baskınını gösteren parametreler eklendiğinde, olası bir baskın yaşanması halinde otoyol ağlarının su altında kalacağı ve muhtemel göç senaryolarının oluşabileceği sonucu üzerinde durulmuştur. Fakat kesin sonuçlar elde edilebilmesi için yükseltinin de parametre olarak deney ortamına eklenmesi gerekmektedir.

4.2.3.5 Çin Otoyolu Deneyi

Çin’de ulusal ana hat sistemi olarak bilinen otoyol ağı son dönemlerde geliştirilmiştir. Planlaması hükümet tarafından yapılmış olup yol standartları oldukça yüksektir. Boyuna beş, enine yedi ana yol diğer bölgelere bağlanarak ağı oluşturur. Peyzaj, arazi yapısı, iklim gibi birçok faktör göz önüne alınarak bir bütün olarak tasarlanmıştır. Bu özellikleri nedeni ile karşılaştırma açısından Çin otoyol ağı oldukça elverişli bir örnektir. Çin’in en kalabalık otuz bölgesi belirlenmiştir:

- (1) Beijing, (2) Tianjin, (3) Shijiazhuang, (4) Taiyuan, (5) Hohhot, (6) Shenyang, (7) Changchun, (8) Harbin, (9) Shanghai, (10) Nanjing, (11) Hangzhou, (12) Hefei (13) Fuzhou, (14) Nanchang, (15) Jinan, (16) Zhengzhou, (17) Wuhan (18) Changsha, (19) Guangzhou (20) Nanning, (21) Haikou, (22) Chongqing, (23) Chengdu, (24) Guiyang, (25) Kunming, (26) Lhasa, (27) Xian, (28) Lanzhou, (29) Yinchuan, (30) Urumqi.

Her deney başlangıcında Pekin'den aşılama yapılır. Pekin'den yayılmaya başlayarak Tianjin, Shijiazhuang, Taiyuan ve Jinan' ı işgal ederek, Hefei ve Nanjing' e doğru yayılmaya devam eder. Deneyin ilk yirmi dört saatinde Pekin'den Changsha' ya kadar yayılır. Cıvık mantarlar aşılama üç gün sonra belirlenen ağın neredeyse tümünü kaplamıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4. 16: Cıvık mantar ağının ilk dört gündeki gelişimi.

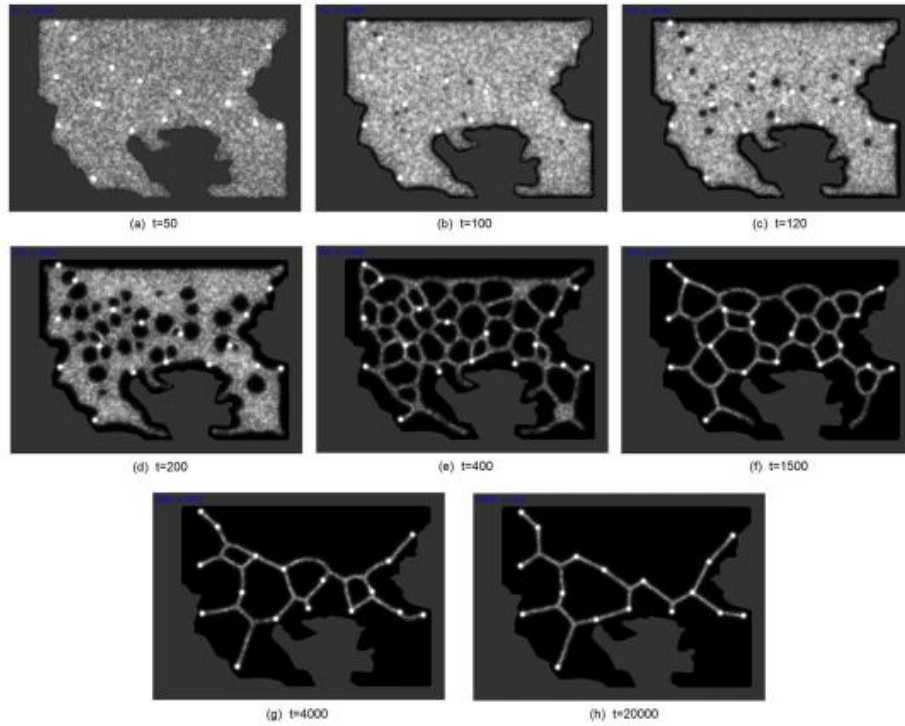
Yapılan deney sonuçları ile Çin otoyol ağlarının %90 oranında benzerlik göstermesi, Çin otoyol ağının mühendislik mantığından ziyade biyo-esinli tasarım mantığı ile oluşturulduğu fikri ön plana çıkmıştır.

4.2.3.6 Balkanlardaki Roma Yollarına Üç Boyutlu Yaklaşım

Romalıların Balkanlardaki hakimiyet dönemlerinde inşa ettikleri yolların, dönemin teknolojisine uygun olarak CBS sistemine benzer bir sistem kullanılarak inşa edilmiş olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle üçüncü boyutun deney ortamına eklenebileceği bölge olarak bu eski yapılaşma alanı seçilmiştir. Ayrıca bölgenin dağ ve nehir bakımından zengin oluşu, üçüncü boyut hesaba katılarak yapılacak bir değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır. Deney için bu yolları barındıran on yedi bölge belirlenmiştir:

- (1) Tessaloniki, (2) Philippi, (3) Nicopolis, (4) Scupi, (5) Traianoupolis, (6) Dyrrhachium, (7) Heraclea, (8) Constantinople/Byzantium, (9) Marcianopolis, (10) Serdica, (11) Sirmium, (12) Doclea, (13) Remesiana–Naissus, (14) Hadrianopolis, (15) Phillipopolis, (16) Singidunum, (17) Tomis.

Tessaloniki bölgesindeki yulafa aşılama yapılarak başlayan deney on üç kere tekrarlanmıştır. Deney ortamına diğerlerinden farklı olarak yükselti verisi eklenmiştir. Ayrıca üç boyut kriteri eklendiği için yöntemde de her bölgeyi birbirine bağlayan Steiner düğümleri eklenmiştir. Steiner düğümleri ile her bölge birbirine bir kenar vasıtası ile doğrudan bağlanabilir. Modelin benzetimi Processing ile yapılmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4. 17: Aşılama sonrası cıvık mantar simülasyonu.

Roma yolları üzerinde yapılan üç boyutlu çalışma, diğer deneylerle aynı sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Düzlemsel çalışma ortamı ya da eğimli çalışma ortamı fark etmeksizin mantar kolonisinin mevcut yol ağlarına uyumlu şekilde ilerlediği gözlemlenmiştir (Evangelidis, etc, 2017).

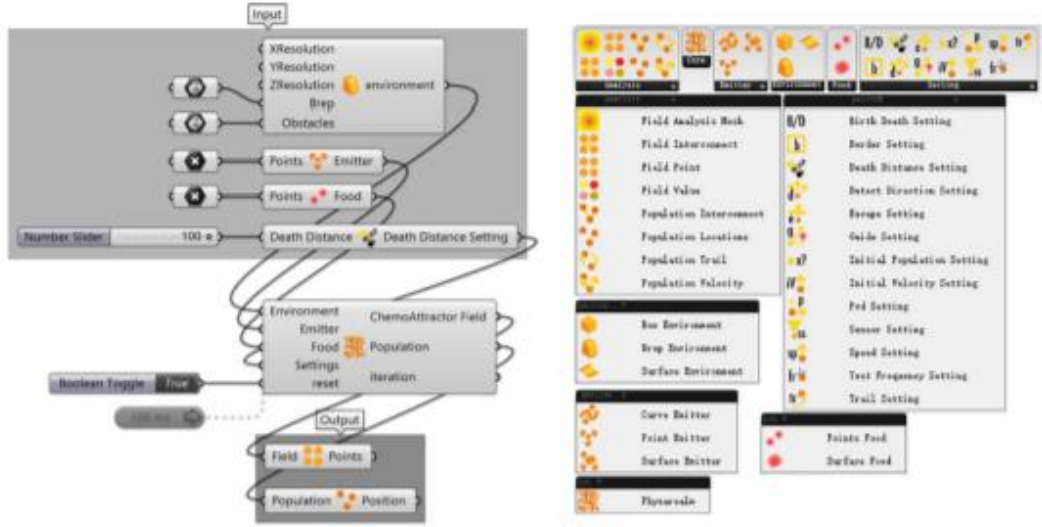
5. MEVCUT METRO HATLARININ BELİRME KAVRAMI BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Metro Hattı Değerlendirme Yöntemi

Tez çalışmasında öncelikle belirme kavramına örnek olan cıvık mantarların, otoyol ve metro güzergahlarını değerlendirirken yapılan laboratuvar deneylerinden yola çıkılarak, dijital ortamda çalışılmıştır. Güzergahın oluşturulması için kullanılacak mantar sürüsünün çalışma ortamında üremesi sağlanarak metro güzergahını nasıl oluşturdukları gözlemlenecektir. Metro tasarım kriterleri ile oluşan güzergâh değerlendirilip, tasarımın oluşması için kullanılan kriterler Hücresel özdevinim algoritmaları yardımı ile modele dahil edilecektir.

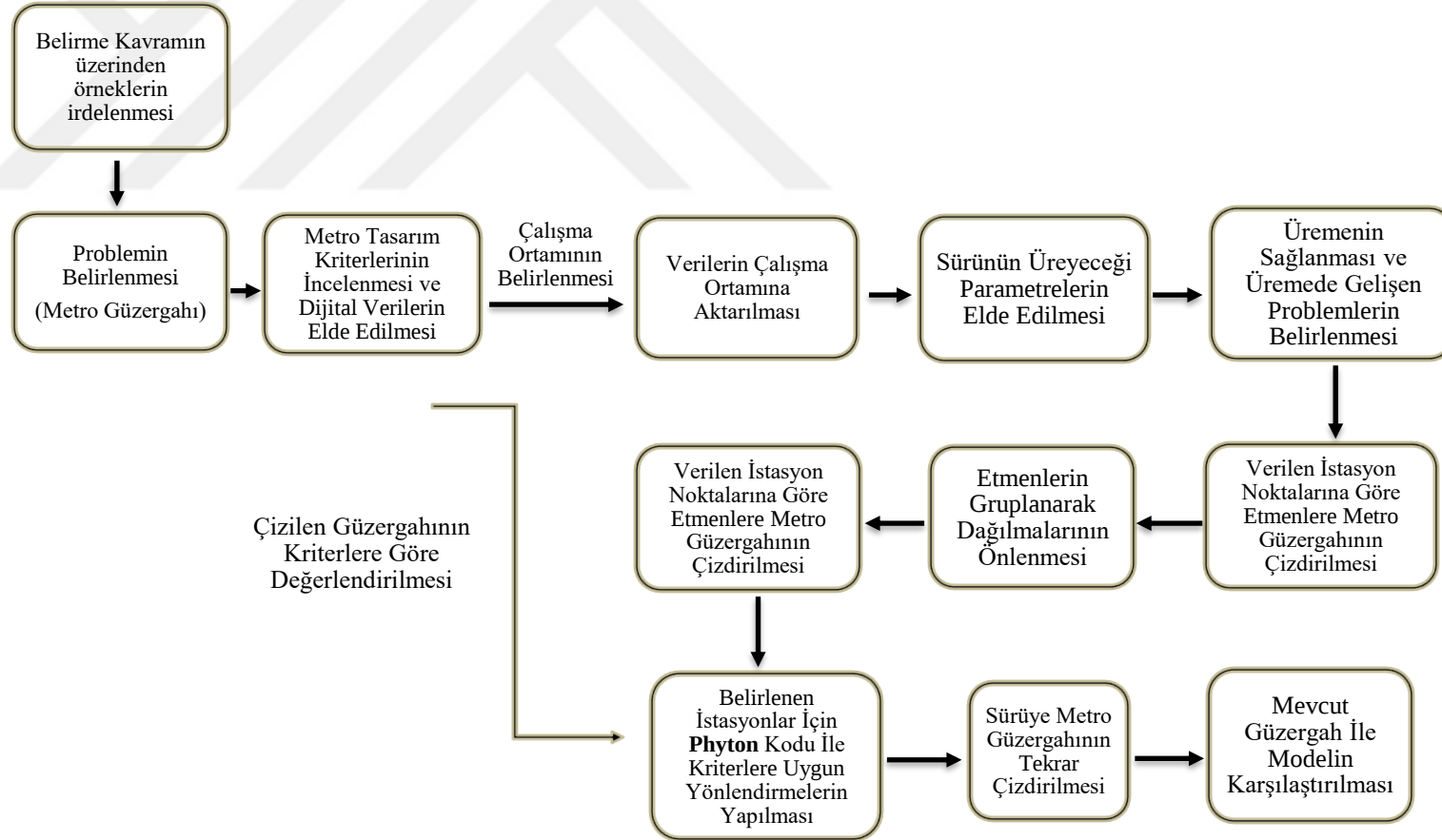
Etmenlerin aralarındaki uzaklık, konumları arasındaki açılar ve iz miktarının yoğunluğuna göre farklı üreme şekilleri ve doğum oranı göstermeleri öncelikle kullanılacak programda geri bildirim ihtiyacı doğurmaktadır. Bu nedenle tez çalışmasının modelini oluşturmak için ortam olarak; eş zamanlı çıktı alma ve parametrik modelleme fırsatı sunan Rhinoceros-Grasshopper tercih edilmiştir. Grasshopper, Rhinoceros'a entegre edilmiş bir modelleme aracıdır. David Rutten tarafından geliştirilen Grasshopper, sürekli olarak parametreleri güncelleme ve güncelleme sonucu ortaya çıkan değişiklikleri anında görüntüleme imkânı sunar. Programın verdiği eşzamanlı geri bildirimler sayesinde geometri üzerinde yapılan değişiklikler, kaydırıcılar sayesinde sürekli olarak güncellenmektedir. Oluşturulan algoritma setleri adım adım birbirine bağlanarak modelin çalışması sağlanmaktadır. Modelleme Rhinoceros' ta yapılabileceği gibi, doğrudan Grasshopper üzerinden de yapılabilmektedir. Genel olarak çalışma mantığı 'tak ve çalıştır' olan Grasshopper modelleri veri akışını olabildiğince açık olarak göstermektedir.

Grasshopper' a gömülerek çalışan ve cıvık mantarlar için üretilmiş olan Physarealm eklentisi modelin üretilmesi için kullanılmıştır. Physarealm; etmen tabanlı algoritmalar ile üretilmiş bir eklentidir. Cıvık mantarlar yaşam döngüsünü açıklayan kuralları kullanarak laboratuvar ortamında yapılacak deneylerin, dijital çıktısını alabilmek için çok elverişli bir ortamdır. Altı bileşen grubundan oluşmaktadır: Analysis, Core, Emitter, Environment, Food, Settings (Şekil 5.1).



Şekil 5. 1: Physarealm Bileşenleri.

Yürütülen tez çalışmasında sonuç ürüne ulaşırken çeşitli aşamalardan geçilmiştir. Problemin belirlenmesi ve probleme nasıl yaklaşıp çözüme nasıl ulaştırılacağı gibi kararlar süreçle beraber şekillenmiştir. Bu nedenle tezin anlaşılabilirliğini artırabilmek adına Şekil 5.2 de verilen diyagram oluşturulmuştur. Tez çalışması ve buna bağlı model üretilirken belirme kavramı üzerinden gidilerek, bu kavrama referans veren bir yaşam döngüsüne sahip olan cıvık mantarların, tez çalışmasındakine benzer birçok çalışmada kullanılması üzerinden gidilmiştir. Alınmak istenen sonuç ürüne verimli şekilde ulaşılacak bir çalışma ortamı belirlenerek eklenti içerisinde bulunan parametreler kontrollü şekilde değiştirilmiştir. Değişimlerden elde edilen geri dönüşler sonucunda parametreler güncellenerek sürekli tekrar eden bir süreç izlenmiştir. Sürünün üremesi için uygun parametreler elde edildikten sonra, popülasyon çoğalırken ortaya çıkan problemler belirlenerek, problemlerin çözümleri üzerine gidilmiştir. Sürünün çoğalırken gösterdiği fazla yayılım ve metro tasarım kriterleri de göz önüne alınarak cıvık mantar sürüsünün çizdiği metro güzergahı gözden geçirilerek, belirli kısıtlar ve yönlendirmeler ile güzergâh etmenlere tekrar tekrar çizdirilmiştir.



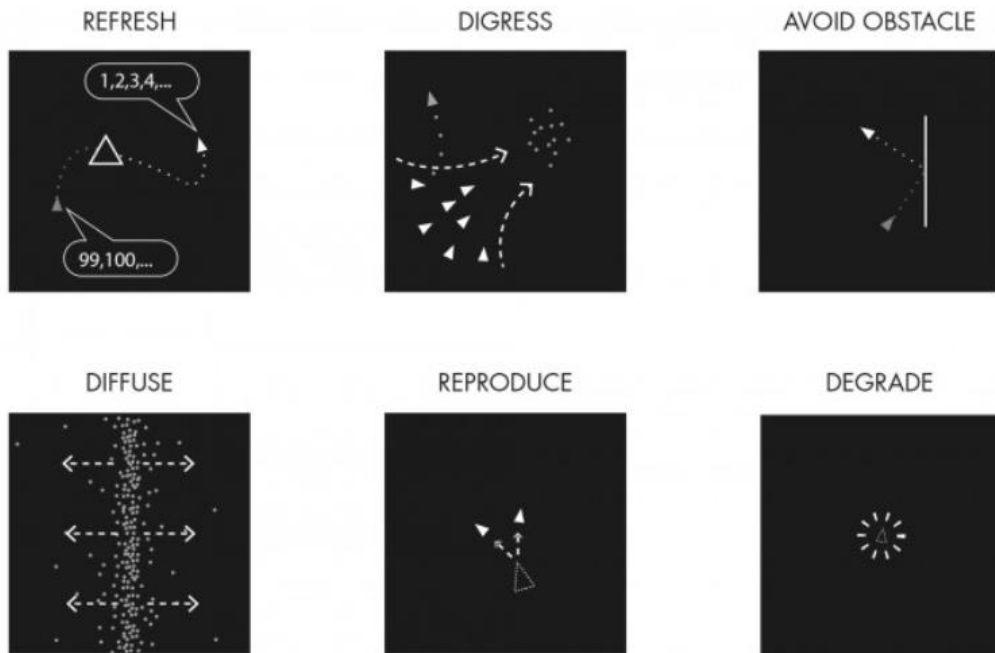
Şekil 5. 2: Tezde İzlenen Yöntem

Physarealm eklentisini oluşturan bileşenler içerilerinde birçok alt bileşen barındırmaktadır. Çalışılacak konuya göre kullanılacak bileşen rahatça bu alt bileşenlerden seçilebilmektedir. Environment bileşeni; etmenlerin üreyeceği ortamı tanımlar. Bu çalışmada, Surface Environment alt bileşeni kullanılarak metro hattının geçtiği kentsel bölgeyi temsil eden bir yüzey oluşturulmuştur. Environment nodu; etmen sayısı, yüzey ve engel parametreleri bağlanarak çalışır.

Emitter bileşeni; koloninin üremesi için ortama bırakıldığı ilk noktayı ve metro hattının başlangıç istasyonunu temsil etmektedir. Box, brep ya da point ile temsil edilebilmektedir.

Food bileşeni; mantarların yöneleceği diğer besin kaynaklarını ve metro hattının diğer istasyon noktalarını temsil etmektedir. Nokta ya da yüzey olarak tanımlanabilir.

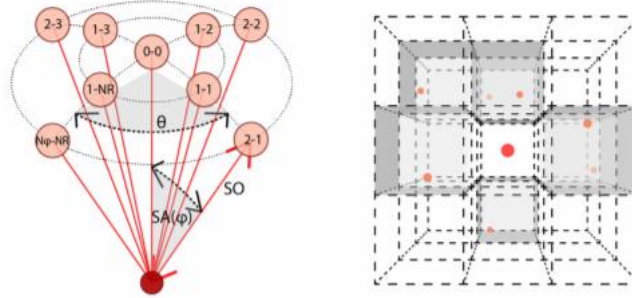
Settings bileşeni; mantar davranışlarını kontrol eden parametreleri ekleyebileceğimiz alt bileşenleri içermektedir. Cıvık mantar davranışlarını formülleştiren Jeff Jones'un (2010) çalışmaları referans alınarak, Setting bileşeninin içindeki parametrelere optimum başlangıç değerleri atanmıştır. Physarealm eklentisi ayarlarının temelini birkaç davranış modeli oluşturmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5. 3: Physarealm davranış modelleri.

Jeff Jones'ın (2010) modelinden esinlenerek üretilse de sonuç olarak iki model birbirinden oldukça farklıdır. Sürüyü oluşturan etmenlerin üreme ortamları, kafeslere

bölünmüş bir küptür (Şekil 5.4). Etmenlerin davranış modelleri, bu küpün içerisinde şekillenir. Birbirlerine göre konumları ve bu konumlar arasındaki açılar Physarealm eklentisindeki parametrelerin temelini oluşturmaktadır.



Şekil 5. 4: Davranışın gerçekleştiği ortam ve davranış açıları.

Sensör davranışında; etmenler birbirlerinin salgıladığı kemo-atraktif maddeyi algılamalarını sağlayan sensörlere sahiptirler. Davranış bileşenini dört parametre oluşturur: Etmenin Z ekseninde hareket ettiği bir koordinat düzlemi, her sensöre radyal mesafede olan Algılama Dengesi (SO), maksimum kutup açısında olan Algılama Açısı (SA) ve aynı Z koordinatında bulunan etmenleri algılamayı sağlayan sensör sayısından oluşan Yön Algılama (NPhy)dir.

Her adımda etmen salınan kemo-atraktif maddenin en yüksek seviyede olduğu yöne doğru yönelir. Buna göre:

- Aynı boylamdaki i sayıda sensörün polar açısı $\phi = SA * i / NPhy$ 'dir.
- Döndürme Açısı (RA) ile birlikte sürünün davranışını etkiler. Maddenin hareket ettiği gerçek polar açısı $\phi = RA * i / SA * NPhy$ 'dir.

Doğum ve ölüm davranışında (Adaptasyon); Etmen sayısı çok fazlaştığında ortamdaki etmenlerin bir kısmı ölür. Buna göre algoritma yeni etmen sayısına göre davranışı günceller. Kurallar yakın yarıçap içerisindeki etmenlere göre çalışır. Doğum için yarıçap DvR , ölüm için ise DeR 'dir. Alanın yarıçapı $(2 * DvR + 1)$ ve $(2 * DeR + 1)$ 'dir. Bu nedenle, kontrol alanı, yarıçap=1 ise $3*3*3=27$ 'dir. Komşu etmenlerin sayısı N 'dir. $DvMin > 0$ ve $DvMax < (2 * DvR + 1)^3$ ise büyüme gerçekleşmez. $DeMin > 0$ ve $DeMax < (2 * DeR + 1)^3$, etmen sayısı azalır. Örneğin, algoritma 26 komşu hücreyi sayar ve $DeR = 1$ olduğunda başka herhangi bir etmenin bunları işgal edip etmediğini kontrol eder. Komşu hücrelerin sayısı $DvMin$ ve $DvMax$ arasında ise etmen kendini çoğaltır. Kemoatraktan iz davranışında; küpü oluşturan kafesler $(3*3*3)$ ölçülerindedir. $TrRat$ parametresi besin üzerinden geçen etmenin bıraktığı izin

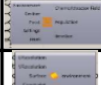
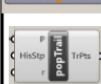
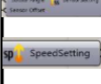
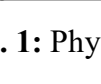
miktardır. İzin miktarına göre ortaya çıkan davranış ve buna bağlı olarak oluşan desen de değişir. Ana davranış parametreleri dışında sürü davranışını değiştiren birkaç parametre daha bulunmaktadır:

Dikey Kılavuz Faktörü (VGF): Etmenin hareketini etkileyen parametredir. Yüksek bir VGF ile, etmenler daha dikey olarak hareket etme eğilimindedir, bu da sütunlar gibi formları bulmak için yararlıdır.

Başlangıç Hızı (IV): Bu parametre, akın gibi çok-etmenli sistemlerde etkisi daha fazla olan bir faktördür., Cıvık mantarlarda akın durumu görülme de bu davranış yönlü etmenlerin başlatılması için önemlidir.

Kaçış Olasılığı (EscP): Parametre değerinin büyük olması etmenlerin belirlenen sınırlardan kaçmasına veya belirlenen engellere girmesine neden olur.

Fiziksel deney ortamlarında kullanılan materyallere benzerlik ve metro hattının temsiline uygunluğu açısından Physarealm içerisinde üreme ortamı olarak “Surface Environment”, aşılama ve besin kaynaklarını göstermesi için ise “Point Food ve Point Emitter” seçilmiştir. Geri kalan bileşenler üreme kuralları, ortam boyutları ve istasyonlar arası mesafeye uygun olarak algoritmayı doğru çalıştırabilmek için deneme yanılma yolu ile belirlenmiştir (Çizelge 5.1).

	BİLEŞEN	GÖRSEL	İSİM	KISALTMA	TANIMLAMA
P H Y S A R E A L M	CORE		PHYSAREALM	PRealm	Bileşen elemanları bağlanarak cıvık mantarların üremesini kontrol eder.
	ENVIRONMENT		SURFACE ENVIRONMEN	SurfEnv	Yüzey şeklinde üreme ortamıdır.
	EMITTER		POINT EMITTER	Ptemi	Noktasal aşılama kaynağıdır.
	FOOD		POINT FOOD	PtsF	Noktasal besin kaynağıdır.
	ANALYSIS		POPULATION LOCATION	Loc	Sürünün bulunduğu koordinatları noktasal olarak belirtir.
			POPULATION TRAIL	popTrail	Ajanların bıraktığı izleri belirtir.
	SETTING		DEATH DISTANCE SETTING	DDSet	Ajanların hangi mesafede öleceklerini belirtir.
			BIRTH/DEATH SETTING	B/Dset	Ajanların doğum ve ölüm durumlarını belirtir.
			DETECT DIRECTION SETTING	DDirSets	Ajanların gidecekleri yönü belirtir.
			SENSOR SETTING	SenSET	Ajanlar saldıkları kemoatraktör madde miktarına göre davranışlarını değiştirir.
			SPEED SETTING	SpSet	Ajanların hızını belirler.

Çizelge 5. 1: Physarealm eklentisinden kullanılan bileşenlerin listesi.

Tez çalışmasına ait model üretilirken cıvık mantarlar için özel olarak geliştirilen Physarealm eklentisinin çalışabilmesi için Grasshopper içerisinde bulunan temel bileşenlerden kullanılmıştır. Modelin çalışacağı yüzey, etmenlerin hareket edeceği noktalar ve ilişkileri düzenlemek için kullanılacak komutlar Grasshopper içerisinden seçilmiştir (Çizelge 5.2).

	BİLEŞEN	GÖRSEL	İSİM	ID	TANIMLAMA	YER
G R A S S H O P P E R	PARAMS		POINT	Pt	Bu bileşen nokta veya noktaları temsil eder.	Geometry
			SURFACE	Srf	Bu bileşen yüzey veya yüzeyleri temsil eder.	
			PANEL	-	Bileşenleri değerlendirir ve bu değerlendirmeyi bağlanma sırasına göre listeler.	Input
			NUMBER SLIDER	-	Sayı değerini değiştiren kaydırıcıdır.	Primitive
			BOOLEAN TOGGLE	Toggle	Tek bir doğru ve yanlış değer arasında hızlı bir şekilde geçiş yapmanızı sağlar.	
			COLOUR SWATCH	Swatch	Renk kartelası.	
			TIMER	-	Parametreleri bazı aralıklarla değiştirebilir ve sonucu animasyonlu bir film gibi görebilirsiniz.	Util
	MATHS		LARGER THAN	Larger	Büyüktür bileşeni iki veri listesi alır ve A Listesinin ilk öğesinin B Listesi'nin ilk öğesinden büyük olup olmadığını belirler. İki çıktı, iki listeyi daha büyük bir değere göre değerlendirmek isteyip istemediğinizi belirlemenizi sağlar.	Operators
			SMALLER THAN	Smaller	Küçüktür bileşeni, Büyüktür bileşeninin ters hareketini gerçekleştirir. Küçüktür bileşeni A listesinin B listesinden küçük olup olmadığını belirler ve bir boole değerleri listesi döndürür.	
	SETS		CULL PATTERN	Cull	Bir kafesden alınacak yüzler.	Sequence
			GRAFT TREE	Graft	Her öğeye fazladan bir dal ekleyerek bir veri ağacı oluşturur.	Tree
	VECTOR		CLOSEST POINTS	CPs	Bir nokta koleksiyonunda en yakın noktaları bulur.	Point
	SURFACE		SPHERE	Sph	Küresel bir yüzey oluşturun.	Primitive
			BREP CLOSEST POINT	BrepCP	Bir brep üzerindeki en yakın noktayı bulur.	Analysis
	DISPLAY		CUSTOM PREVIEW	Preview	Oluşturulan şeklin renklendirilmesini sağlar.	Preview

Çizelge 5. 2: Grasshopper içerisinde kullanılan bileşenlerin listesi.

5.2 Değerlendirilecek Metro Hattına Ait Veriler

Tez kapsamında yapılacak çalışma için, elde edilebilecek verilerin güncelliği nedeni ile Göztepe-Ümraniye metro hattı pilot hat olarak belirlenmiştir. İstanbul metrosu tasarım kriterleri ve standartları kitapçığından, metro hattı tasarlanırken dikkat edilmesi gereken hususlar ile ilgili veriler elde edilmiştir. İstanbul Metropoliten Alanı

Kentsel Ulaşım Ana Planı doğrultusunda; ilk durağı, son durağı ve durak sayısı belirli olan hat bu kriterlere göre şekillenmektedir. İki durak arası mesafenin maksimum uzunluğu, aracın çıkabileceği en yüksek eğim değeri ve dönebileceği virajın yarıçapı gibi, her hat için uygulanan genel kurallar ve hattın geçtiği çevrenin durumu, istasyon noktalarını belirlerken dikkat edilen unsurlardır.

Metro A.Ş Etüt Projeler Müdürlüğünden alınan iki adet avan proje ve kesin proje arasında yapılan karşılaştırmalar ile istasyon noktalarını belirlerken dikkat edilen kriterlerin öncelik sıralaması yapılmıştır. Göztepe-Ümraniye hattı tasarlanırken belirlenen kriterler şunlardır: Entegrasyon, Yoğunluk (Okul, alışveriş merkezi, hastane), İmar durumu (Çizelge 5.3).

	İstasyon	Kriter
1	Göztepe 60. Yıl Parkı	Caddebostan sahili lastikli araç yolu entegrasyonu
2	Göztepe	Marmaray entegrasyonu
3	Sahrayıcedid	Minibüs caddesi lastikli araç yolu entegrasyonu
4	Yeni Sahra	Kadıköy-Tavşantepe metro entegrasyonu
5	Ataşehir	İki durak arası maksimum mesafe ve imar durumu
6	Finans Merkezi	Cazibe merkezi
7	Soyak Yenişehir	İki durak arası maksimum mesafe ve imar durumu
8	Atakent	İki durak arası maksimum mesafe ve imar durumu
9	Çarşı	Üsküdar-Ümraniye metro entegrasyonu
10	Hastane	Ümraniye E. A. Hastanesi
11	Kazım Karabekir	Son durak

Çizelge 5. 3: Göztepe-Ümraniye metrosu tasarım kriterler.

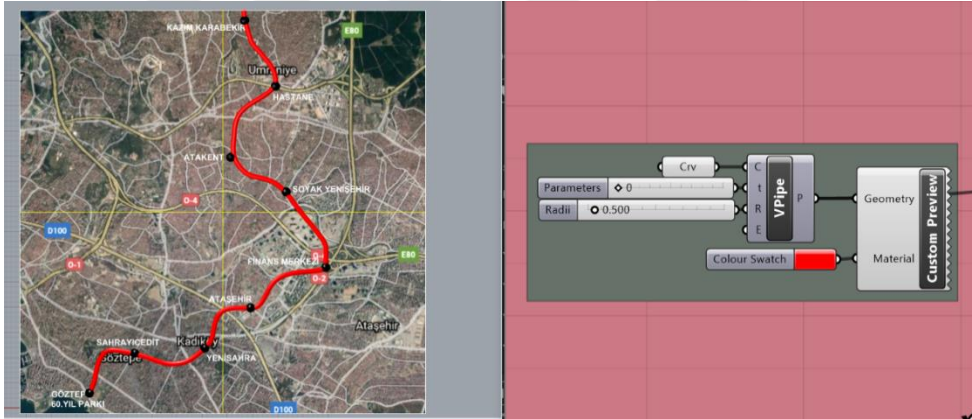
5.3 Metro Hattı Değerlendirme Modeli ve Uygulanması

Beliren fenomenler ile oluşan gerek doğal gerekse yapay sistemlerin temelinde bulunan komşuluk ilişkileri kentsel tasarımın yapı taşlarından biridir. Hücrel özdevinim ve tez çalışmasında referans canlı olarak belirlenen cıvık mantarların sürü zekâsı ile ortaya çıkardıkları davranışların esas dayanağı da komşuluk ilişkileri ve bu ilişkiden doğan etkileşimlerdir. Kentsel tasarımın yapay beliren sistemlere verilebilecek örneklerin başında olması nedeni ile yapılacak bu simülasyon modelinde belirme kavramının etkileri baştan sona görülecektir. Etmenlerin ortamdaki üreme durumları, ulaşabilecekleri en yüksek sayı ve birbirlerine olan uzaklıkları nedeni ile

gerçekleşecek ölümleri, beliren fenomenlerde karşımıza çıkan komşuluk ilkesiyle doğrudan ilişkilidir. Tez çalışması kapsamında geliştirilen model, metro güzergahları üzerinden yapıldığı için üreme ortamı yüzey olarak seçilmiştir. Eğim göz ardı edilerek çalışma yapılmıştır. Jeff Jones' un (2010) çalışmasında ve diğer uygulamalarda piksel olarak belirlenen ortam boyutu, bu çalışmalardan farklı olarak santimetre cinsinden verilmiştir. Parametre ve denklem hesapları piksele dayalı yapıldığı için bazı parametreler bu çalışmaya birebir uymamıştır. Bu yüzden etmen sayısı, SO ve DV_{max} gibi parametreler deneme yanılma yolu ile belirlenmiştir.

Ortam 90x90cm boyutlarında 1/10.000 ölçeğinde küçültülerek oluşturulmuştur. Metro istasyon yerleri, Metro Aş.' den alınan veriler doğrultusunda aslına uygun olarak yerleştirilmiştir (Şekil 5.5). İstasyon ve güzergâh temsilleri şöyledir:

- İstasyon noktaları.
- Güzergâh



Şekil 5. 5: Mevcut hattın Grasshopper' da temsili.

Metro Aş.' den alınan projenin Autocad çizimleri Rhinoceros ortamına aktarılarak istasyon noktaları ve hat, görsel olarak daha okunaklı hale getirilmiştir. Autocad çizimi üzerinden, Grasshopper' da bulunan 'Pipe' bileşeni ile hattı oluşturan eğri, bir tüple temsil edilmiştir. Yapılan sayısallaştırma üzerinden sürünün oluşturduğu hattın mevcut hatta olan benzerliği ve mevcut hatla arasındaki farklılıklar gözlemlenmiştir. İlk olarak mevcut hat ile Grasshopper' da oluşturulan modeldeki sürünün başlangıç parametreleri dışında herhangi bir müdahale bulunmaksızın oluşturdukları metro hattı karşılaştırılmıştır. Daha sonra belirli noktalara konulan engeller ile sürünün yönelimine bağlı olarak hattın gelişimi gözlemlenmiştir.

Physarealm eklentisinde “Surface Environment” bileşeni için kullanılan başlıca beş ayar bileşeni bulunmaktadır. Her ayar bileşeni kendi içinde üremeyi etkileyen birçok parametre içermektedir. Bu parametreler kemoatraktör izin diğer etmenler tarafından algılanabilmesi ve davranışlarının değişmesi üzerinden oluşturulmuştur (Çizelge 5.4, Çizelge 5.5). Başlangıçta belirlenen etmen sayısı 70’ tir. Sürü nüfusunun davranışı etkilemesi nedeniyle optimum sayı bulunarak, bu sayı üzerinden davranışlar gözlemlenmiştir.

B/D Setting

DvR = Doğum mesafesi yarıçapı

DvMin = DvR içinde olan etmenlerin birbiri ile olan en kısa mesafesi

DvMax = DvR içinde olan etmenlerin birbiri ile olan uzun mesafesi

DeR = Ölüm mesafesi yarıçapı

DeMin = DeR içinde olan etmenlerin birbiri ile olan en kısa mesafesi

DeMax = DeR içinde olan etmenlerin birbiri ile olan en uzun mesafesi

Çizelge 5. 1: B/D Setting Parametre Tanımları.

Speed Setting

Max Speed = Etmenlerin hareket edeceği en yüksek hız

Death Distance Setting

Death Distance = Pozitif değerdeki ölüm uzaklığıdır

Sensör Setting

Sensor Angle = Etmenlerin algıladığı maksimum kutup açısıdır.

Rotate Angle = Etmen en yüksek kemoatraktör miktarının olduğu yere değil dönme açısının olduğu yöne gider.

Sensor Offset = Sensörün algıladığı aralığın en yüksek değeridir.

Detect Direction Setting

DDirR = Algılanan konik yapının alt çemberinin bölüneceği nokta miktardır.

DDirP = Algılanan konik yapının alt çemberinin bölüneceği açıdır.

Çizelge 5. 2: Sensor, D. D. Setting, Sn. ve D.Dir. Setting Parametre Tanımları.

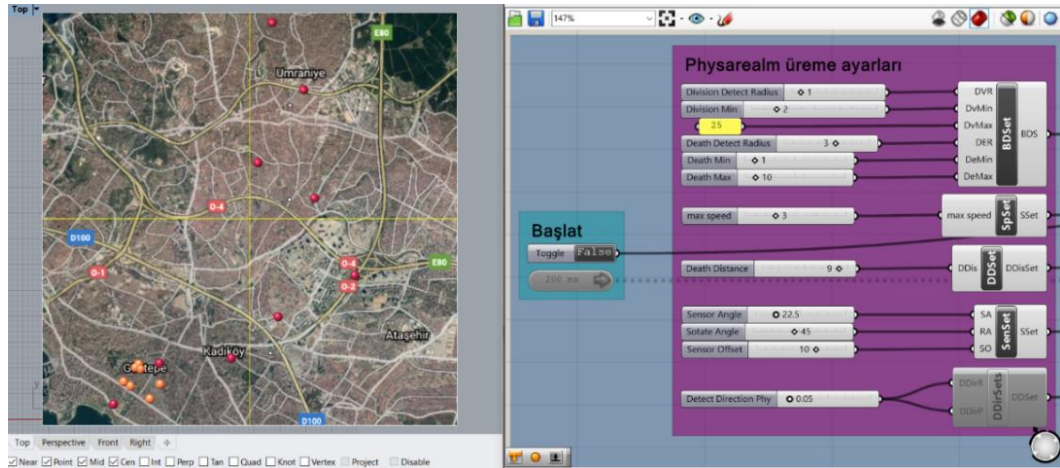
Eklentinin geliştiricilerinin verdiği başlangıç verileri üzerinden model geliştirilmeye başlanmıştır. Ortam boyutunun büyüklüğü ajan sayısını ve kullanılan parametreleri oldukça değiştirmektedir. B/D Setting içerisinde bulunan Dvmin ve DvMax parametreleri, ortam boyutuna uygun olarak yapılandırılarak üremenin sağlıklı bir

şekilde gerçekleşmesi hedeflenmiştir. Speed Setting ayarında herhangi bir değişiklik ihtiyacı duyulmamıştır. Simülasyonun rahatça takip edilebileceği en uygun hız seçilmiştir. Sensor Setting değerleri geliştiricilerin önerdiği değerlere yakın olarak belirlenmiştir. Sensor Angle değeri için önerilen 22.5 ve 45 değerlerinden seçim yapılmıştır (Çizelge 5.6).

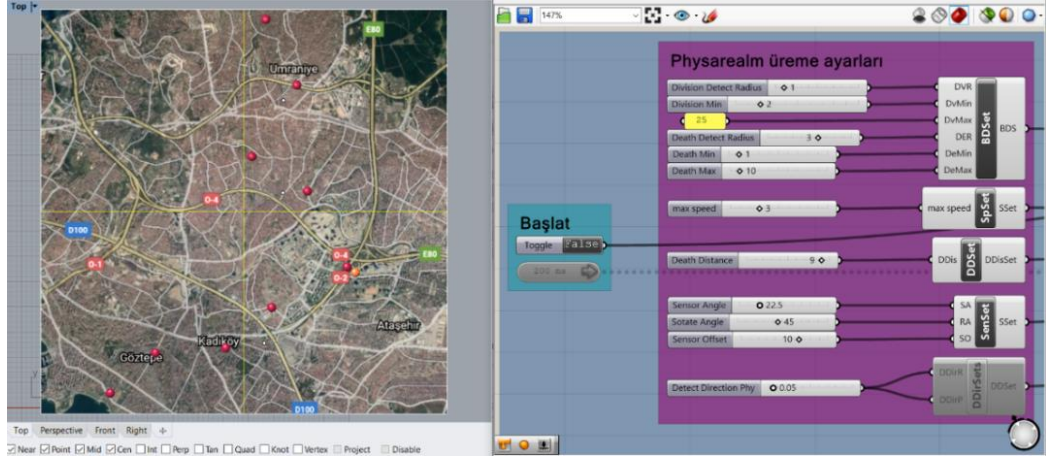
B/D Setting	Speed Setting	Death Distance Setting	Sensor Setting
DvR=1			
DvMin=2			
DvMax=25			SA=22.5
DeR=3	Max Speed=3	Death Distance=9	RA=45
DeMin=1			SO=10
DeMax=10			

Çizelge 5. 3: Durum-1.

Değerler tanımlanıp simülasyon başlatıldığında etmenler başlangıç istasyonundan diğer istasyonlara doğru çoğalarak ilerlemeye başlamıştır (Şekil 5.5). Modelin ilk çalışma aşamasında az miktarda çoğalma eğilimi gösterebilir de dördüncü istasyona ulaşmadan sayıları azalmış ve tüm etmenler ölmüştür (Şekil 5.6). DvMax parametresinin yüksek olması etmenlerin uzak mesafelerde de üremesine sürünün bir anda kontrolsüzce büyümesine ve bir anda ölmesine neden olmuştur.



Şekil 5. 6: Durum-1a.



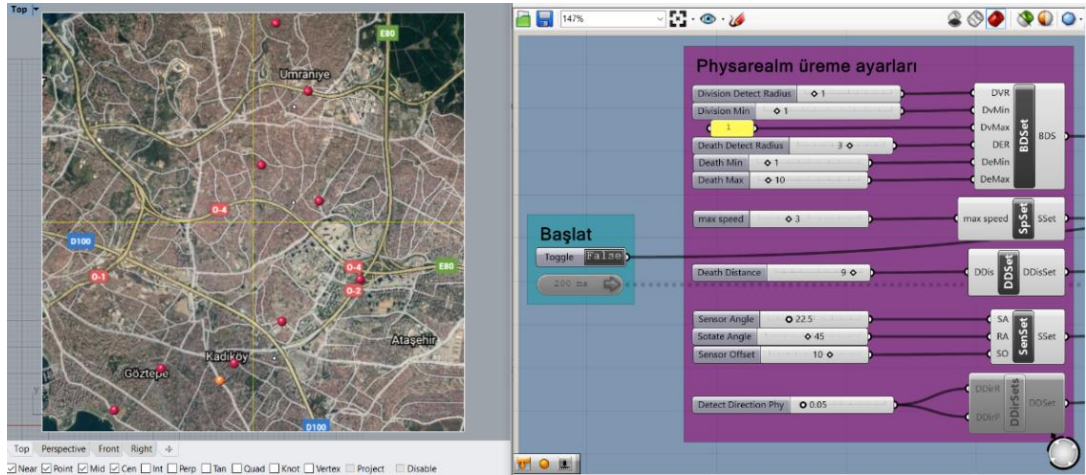
Şekil 5. 7: Durum-1b.

DvMax ve DvMin parametreleri önceki duruma göre azaltılarak etmenlerin davranışlarındaki değişim gözlemlenmiştir. DvMin parametresinin değeri azaldıkça etmenlerin komşu etmenleri algılama oranı da azalmıştır (Çizelge 5.7).

B/D Setting	Speed Setting	Death Distance Setting	Sensor Setting
DvR=1			
DvMin=1			SA=22.5
DvMax=1	Max Speed=3	Death Distance=9	RA=45
DeR=3			SO=10
DeMin=1			
DeMax=10			

Çizelge 5. 4: Durum-2.

DvMin parametresinde kontrollü olarak yapılan azalma 1 değerine kadar etmenlerin üremesini azaltmaya neden olmuştur. Değer azaldıkça etmen sayısı azalmıştır. Sürünün üremesi üçüncü istasyona ulaşmadan sonlanmıştır (Şekil 5.8).



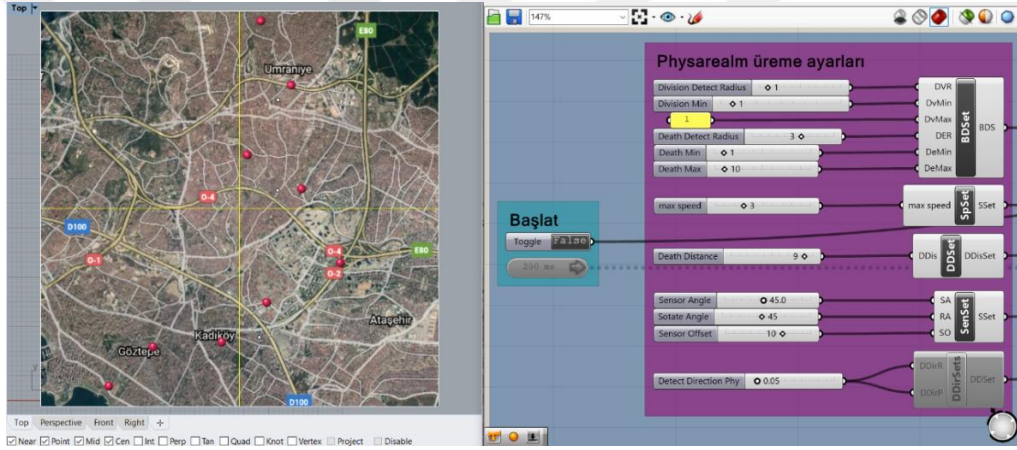
Şekil 5. 8: Durum-2.

DvMax ve DvMin değeri sabit tutularak SA değeri değiştirilmiştir (Çizelge 5.8). Sürünün davranışlarında, önceki durumdan farklı bir değişim izlenmemiştir.

B/D Setting	Speed Setting	Death Distance Setting	Sensor Setting
DvR=1			
DvMin=1			
DvMax=1			SA=45
DeR=3	Max Speed=3	Death Distance=9	RA=45
DeMin=1			SO=10
DeMax=10			

Çizelge 5. 5: Durum-3.

DvMin parametresi ile azalma gösteren sürü elemanlarının sayısı, SA parametresinin de değişimi ile bir istasyona bile ulaşmadan sıfır olmuştur (Şekil 5.9).



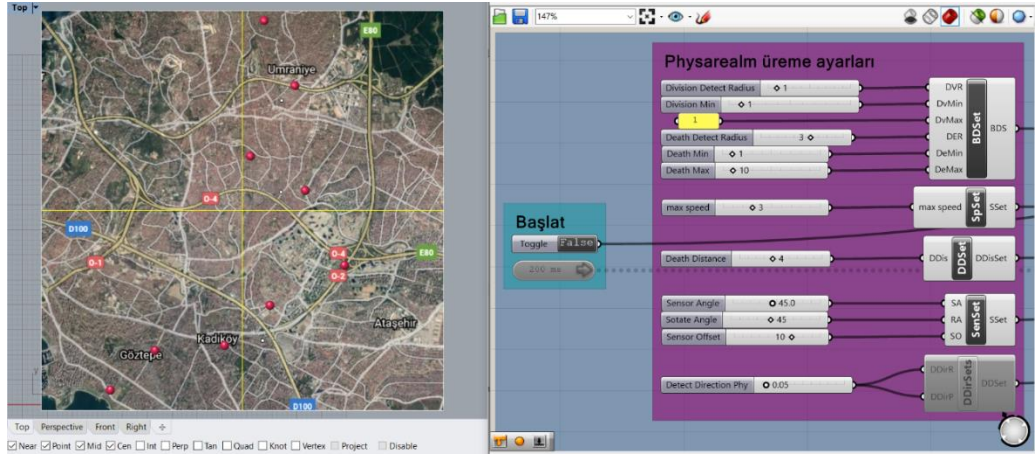
Şekil 5. 9: Durum-3.

Parametrelerin birbirine ve üremeye olan etkisini gözlemlemek için diğer değerler sabit tutularak Death Distance parametresi değeri düşürülmüştür (Çizelge 5.9).

B/D Setting	Speed Setting	Death Distance Setting	Sensor Setting
DvR=1			
DvMin=1			
DvMax=1	Max		SA=45
DeR=3	Speed=3	Death Distance= 4	RA=45
DeMin=1			SO=10
DeMax=10			

Çizelge 5. 6: Durum-4.

Death Distance parametresinin düşürüldüğünde hiç üreme olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5. 10: Durum-4

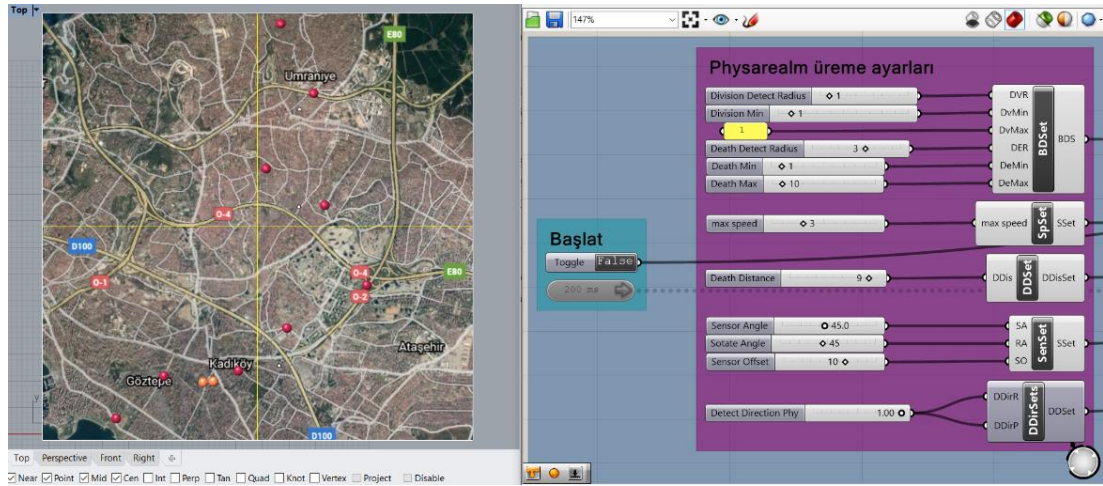
Bir diğer denemede Death Distance parametresi ilk değerine döndürülüp Detect Direction parametresi de simülasyona dahil edilmiştir (Çizelge 5.10).

B/D Setting	Speed Setting	Death Distance Setting	Sensör Setting	Detect Direction Setting
DvR=1				
DvMin=1				
DvMax=1			SA=45	DDirR=1
DeR=3	Max Speed=3	Death Distance=9	RA=45	DDirP=1
DeMin=1			SO=10	
DeMax=10				

Çizelge 5. 10: Durum-5.

Sürünün çoğalmasında önceki parametre değişimlerinden farklı sonuç elde edilememiştir. İlk istasyona ulaşıldıktan sonra etmenlerin ölmesi ile simülasyon son bulmuştur (Şekil 5.11). Yön bulma güdüsünün fazla olması etmenlerin sürüden ayrılan

etmenleri takip oranını artırarak sürüdeki dağılmaları artırıp üreme olmadan yok olmalarına sebep olmaktadır.



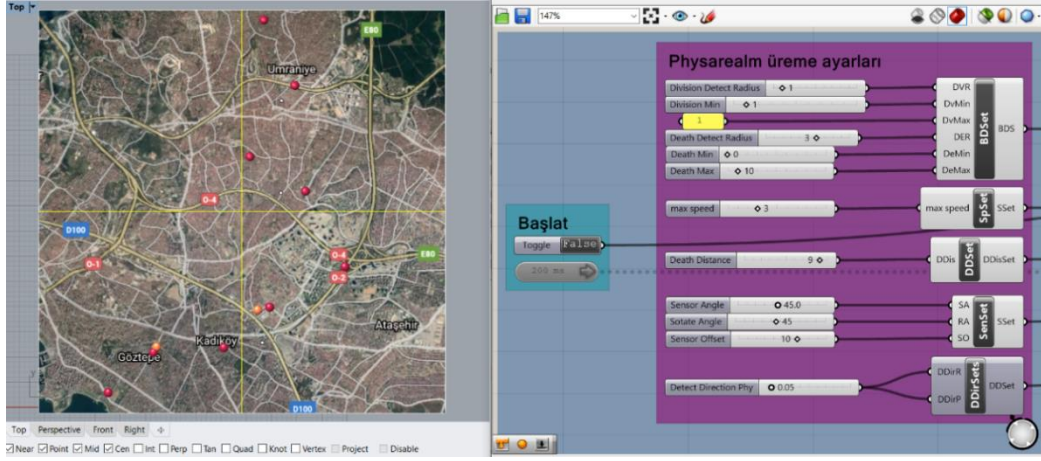
Şekil 5. 11: Durum-5.

DeMin parametresi ve Detect Direction parametresinin değeri düşürülerek simülasyon tekrarlanmıştır (Çizelge 5.11).

B/D Setting	Speed Setting	Death Distance Setting	Sensör Setting	Detect Direction Setting
DvR=1				
DvMin=1				
DvMax=1		Death	SA=45	DDirR=0.05
DeR=3	Max Speed=3	Distance=9	RA=45	DDirP=0.05
DeMin=0			SO=10	
DeMax=10				

Çizelge 5. 11: Durum-6.

Parametrelerdeki değişim ile etmen sayısı ve ilerledikleri istasyon sayısında artış olmuştur. Fakat etmenler son istasyona kadar gitmeden sekizinci istasyondan sonra ilk istasyona geri dönmüştür (Şekil 5.12). Yön bulmaları için eklenen Detect Direction parametresi DeMin parametresi sıfır olduğunda etkinlik gösterememiştir. Ölen etmenleri bulmak ve buna göre iz sürmek için yarıçapın sıfırdan farklı olması gerekmiştir.



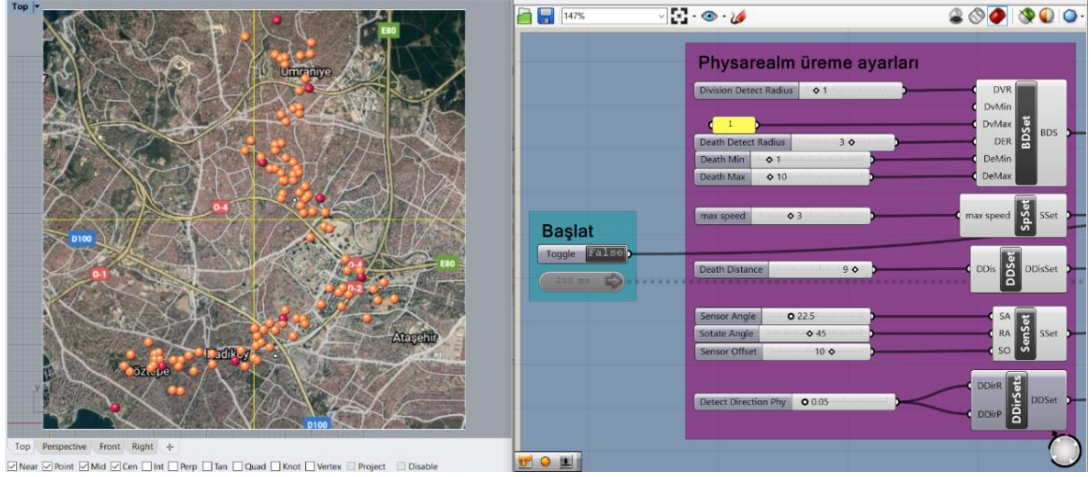
Şekil 5. 12: Durum-6.

Modelin ana parametreleri olan DvMin, DeMin ve SA parametrelerinin değeri etmenlerin kemoatraktör izi takip edebilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu yüzden DvMin, DeMin ve SA parametreleri değiştirilerek etmenlerin davranışları tekrarlanmıştır (Çizelge 5.12). Tanımlanan son parametreler ile etmenlerin düzenli bir şekilde üremeye devam ettikleri ve son istasyona kadar ulaştıkları görülmüştür (Şekil 5.13).

B/D Setting	Speed Setting	Death Distance Setting	Sensör Setting	Detect Direction Setting
DvR=1				
DvMin=0				
DvMax=1		Death	SA=22.5	DDirR=0.05
DeR=3	Max Speed=3	Distance=9	RA=45	DDirP=0.05
DeMin=1			SO=10	
DeMax=10				

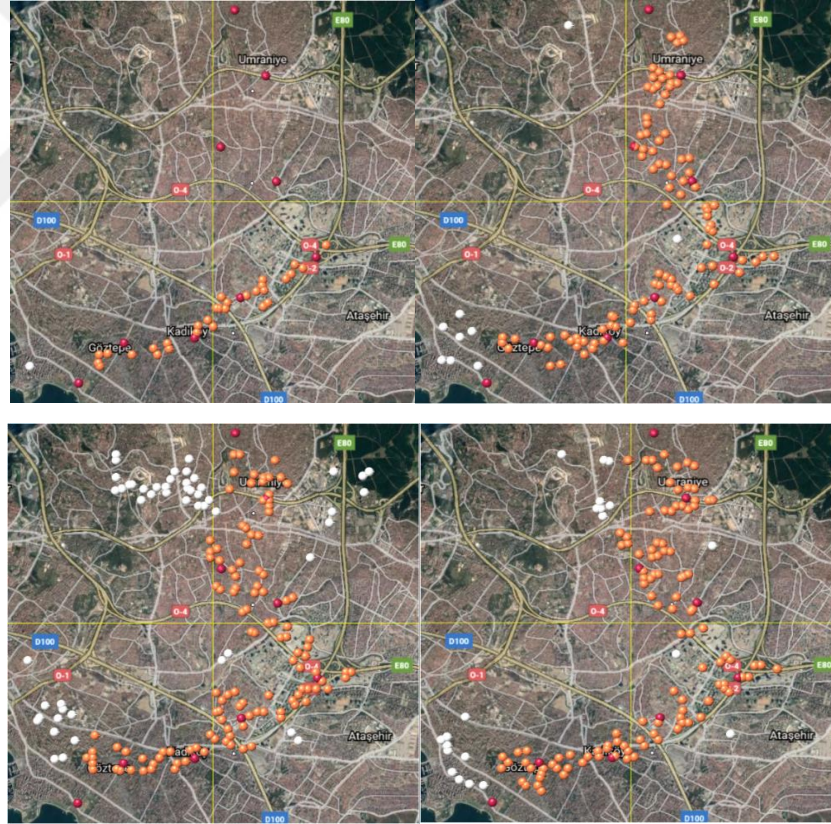
Çizelge 5. 12: Durum-7

Parametreler değiştirildikten sonra, modelin tekrarlı çalıştırılması sonucunda civık mantarların istasyonlar arası düzenli bir ilerleme elde edilmiştir. B/D Setting parametreleri arasında çok fazla fark olmaması dağılım ve buna bağlı olarak sürünün yok olmaması için önemlidir. Çünkü doğum yarıçapının en az ve en fazla değeri arasındaki fark arttığı zaman etmenlerin birbirinden uzaklaşarak izleri algılayamamasına neden olmuştur. Fakat kemoatraktör miktarının çok yüksek olması etmenlerin hareketi için tek başına en önemli parametre değildir. SA parametresi bu yüzden iz miktarı ile beraber çalışarak etmenlerin üremesine yön verir.



Şekil 5. 13: Durum-7.

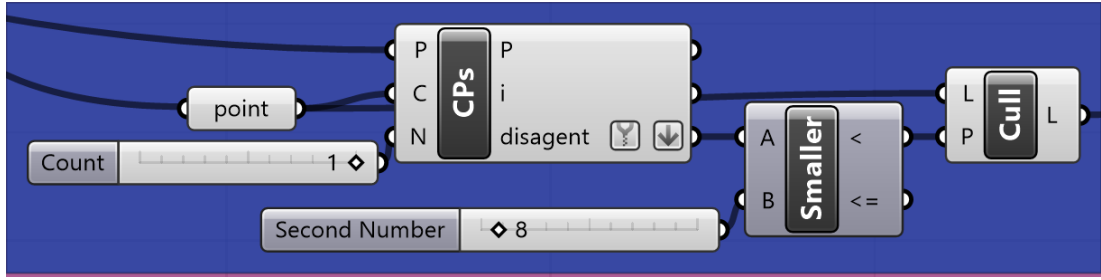
Simülasyon başladıktan sonra modelin çalışmasında bazı eksiklikler olduğu saptanmıştır. Tüm etmenler istasyonlara sıra uğrarken aynı zamanda dağılmalar meydana gelmeye başlamıştır (Şekil 5.14).



Şekil 5. 14: Etmenlerin zamana bağlı olarak ilerlemesi.

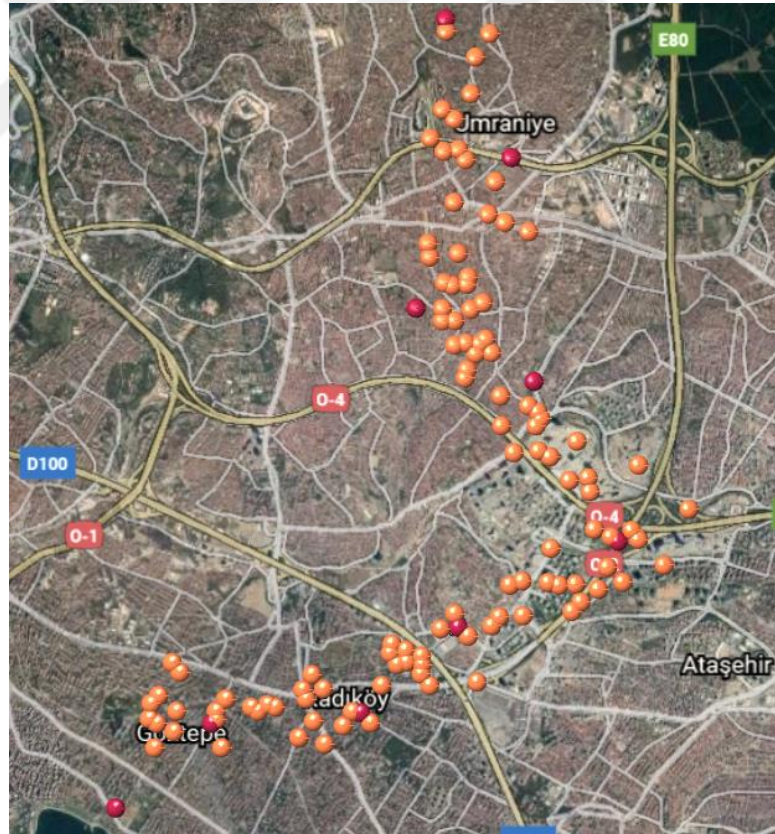
Etmenlerin zamana bağlı olarak ilerlemesinde tespit edilen dağılmaları giderebilmek için öncelikle aralarında ne kadar mesafe olduğunda dağılmaların yaşanıp yaşanmadığı tespit edilmiştir. Bunun için öncelikle sürüyü oluşturan etmen yoğunluğu azaltılıp

Grasshopper’ da bulunan operatörlerin yardımı ile gruplamalar yapılmıştır (Şekil 5.15).



Şekil 5. 15: Dağılmaları önlemek için oluşturulan düğümler.

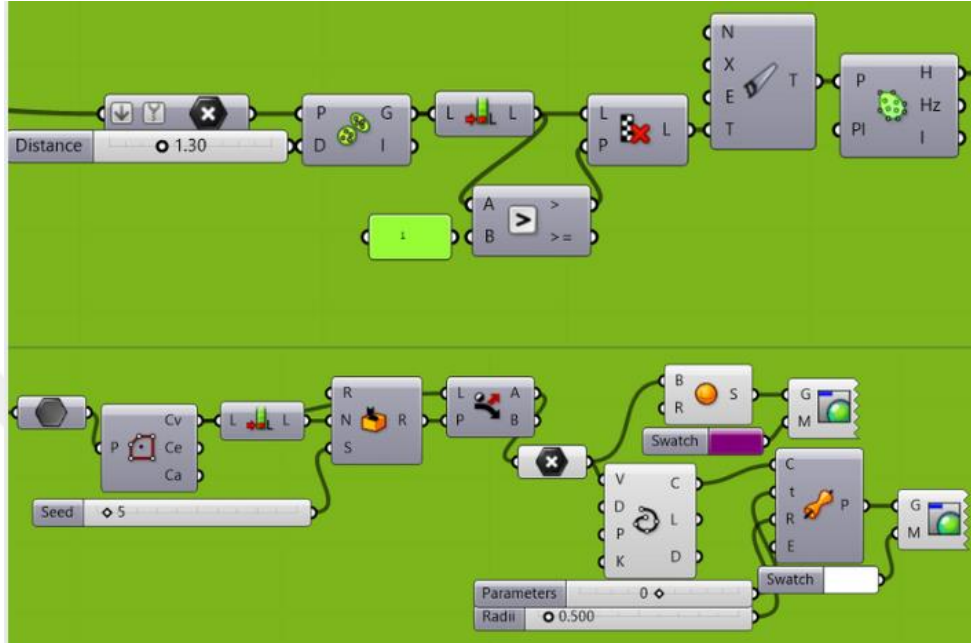
Closest Points parametresi, bir nokta bulutu içerisinde belirli bir noktaya yakın olan elemanlarla grup oluşturur. Gruptaki eleman sayısı opsiyoneldir. Sürü Closest Points bileşeni ile sadeleştirilmiş ve sonrasında Smaller Than bileşeni ile aralarındaki mesafeye göre kalan etmenler tekrar gruplanmıştır. Number Slider yardımı ile Smaller Than bileşenindeki mesafe belirlenmiştir. Mesafesi 4.00’ den küçük olan etmenler simülasyonda bırakıldığında dağılmaların olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.16).



Şekil 5. 16: Gruplanmış Etmenlerin Yayılımı.

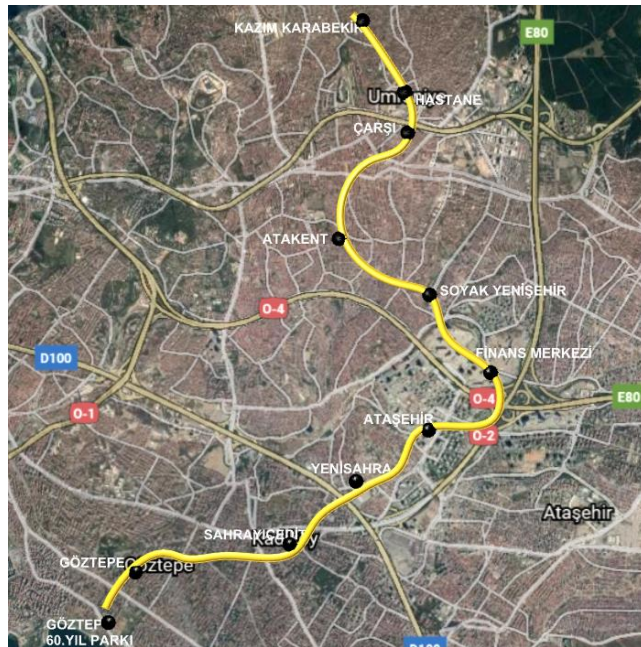
Yayılımın metro güzergahı üzerinden araştırıldığı düşünüldüğünde, anlaşılmasını kolaylaştırmak adına temsili değiştirilmiştir. Çok fazla etmen bulunması ve güzergâh incelemesi yapılabilmesi için sürü elemanları daha da sadeleştirilerek, belirlenen

parametreler ile cıvık mantar sürüsüne tekrar güzergâh çizdirilmiştir. Smaller Than bileşeninden gelen noktalar kendi içlerinde önce gruplanmış, listesi çıkarılmış ve bu listedeki noktalardan çokgen oluşturularak, çokgenlerin merkez noktaları seçtirilmiştir. Daha sonra merkez noktaları tekrar listeye dönüştürülüp, nokta olarak çıktı vermesi sağlanmıştır (Şekil 5.17).



Şekil 5. 17: Etmenlerin gruplanması.

Elde edilen daha az sayıda noktasal etmenler Interpolate Curve ile birbirine bağlanıp Pipe komutu ile kalınlık verilerek, durak noktaları arasında cıvık mantarların kendi davranış şekilleri ile oluşan metro güzergahı ortaya çıkarılmıştır (Şekil 5.18).

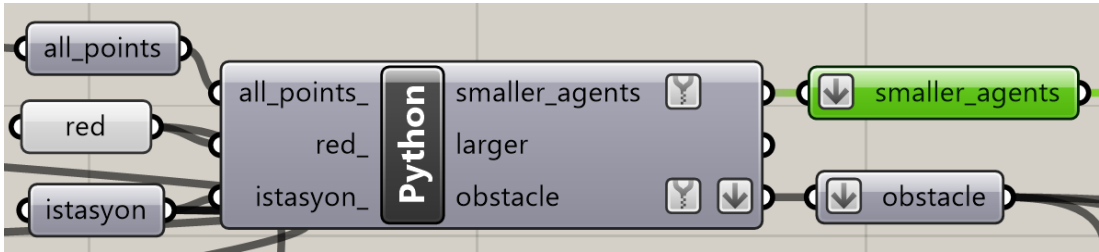


Şekil 5. 18: Modelde oluşan güzergahı.

Tez kapsamında geliştirilen modelde etmenlerin oluşturduğu güzergâhın geçtiği bölgelere bakıldığında istasyon çıkışları ve metro güzergahı, raylı sistemler tasarım kriterleri ile beraber değerlendirildiğinde üç istasyon için modeldeki etmenlere müdahale edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır:

- Göztepe durağı: Metro çıkışlarının kamusal alanlara yakınlığı söz konusu olduğu için metro güzergahının Göztepe Parkına doğru kaydırılması gerekmektedir.
- Sahrayı Cedit durağı: Entegrasyon ilkesi metro tasarımının ana ilkelerinden olduğu için Minibüs caddesindeki lastikli araç yolu ile metro güzergahının entegre olması kaçınılmaz bir durumdur.
- Yeni Sahra durağı: Metro istasyonları maliyet açısından değerlendirildiğinde kamulaştırmanın az olduğu bölgelere yapılmaktadır. Bu nedenle Metro Marketler Zincirinin binasının bulunduğu yerden geçiyor olması maliyeti artıracak için güzergahın başka doğrultuya kaydırılması gerekmektedir.

Metro yapım kriterleri göz önünde bulundurulduğunda modelde oluşan hat üzerine çeşitli müdahaleler yapılması gerektiği düşünülmüştür. Yapılacak müdahalelerin tek adımda olabilmesi için de Grasshopper içerisinde bulunan GhPython bileşeninden faydalanılmıştır. Model içerisine Python kodu eklemeye olanak sağlayan GhPython bileşeni isteğe göre artırılıp azaltılabilen iki giriş ve iki çıkış noktası bulundurmaktadır. Giriş ve çıkış noktaları yazılacak kod parçasına göre isimlendirilmektedir. Rhinoceros' un modellerken sağlayamadığı esnekliği, programın alt yapısını oluşturan Python dili ve bu dil ile yazılan kodlarla çalışan GhPython bileşeni sağlayabilmektedir. Gereksiz düğüm yükü oluşturmak yerine GhPython bileşenine bağlanan girdiler ile bileşenin çıktısı düğümlerinden daha kolay sonuç elde edilmiştir (Şekil 5.19).



Şekil 5. 19: Python bileşeni, girdi ve çıktıları.

Yapılan bu çalışmada mevcut güzergâh üzerinden gidildiğinde, cıvık mantarların laboratuvar deneylerinde alınan verimin karşılığının bilgisayar ortamında da alınabilmesi için sürü zekasının çalışma mantığında bulunan Hücresel özdevinim kurallarına ihtiyaç duyulmuştur. Etmenlerin dağılmalarını önlemek, engellerden

uzaklaşmalarını sağlamak ve yönelim kuvveti uygulayabilmek için birtakım kuralların belirtilmesi gerekmiştir. Bu nedenle Python bileşeni ile belirlenen kurallar modele dahil edilmiş ve elde edilen çıktılar üzerinden model görselleştirilmiştir. Öncelikle GhPython bileşeninde yazılan kod, sürü elemanlarının birbirlerinden uzaklaşma mesafesi belirlenirken kullanılan Smaller Than bileşeni ile aynı görevi görerek; etmenlerin noktadan listeye, listeden noktaya dönüştürülmesi ve mesafelerin karşılaştırılmasını sağlamıştır. Bileşen içerisine yazılan kod un çalışma mantığı şu şekildedir:

- #Çalışılacak kütüphane çağırılmıştır.

```
import rhinoscriptsyntax as rs
```

- #Düğüm noktalarından bağlanan girdiler nokta olarak tanıtılmıştır.

```
istasyon = rs.coerce3dpoint(istasyon_)
```

```
red = rs.coerce3dpoint(red_)
```

```
all_points = rs.coerce3dpoint(all_points_)
```

```
print(type(all_points))
```

- #smaller ve larger isimli iki boş liste tanımlanmıştır. Etmenlerin istasyonlara olan uzaklıkları DistanceTo komutu ile ölçülüp, if ve elif durumları ile karşılaştırılarak for döngüsü ile çalıştırılmıştır. Etmenler uzaklıklarına göre listelenerek Smaller ve larger listelerine yerleştirilmişlerdir.

```
smaller = []
```

```
larger = []
```

```
for i in range(len(all_points)):
```

```
    distance = istasyon.DistanceTo(all_points)
```

```
if distance > 10.00 :
```

```
    larger.append(i)
```

```
elif distance < 8.00 :
```

```
    smaller.append(i)
```

```
print smaller
```

- #smaller listesindeki etmenler gerekli oldukları için liste elemanları nokta olarak başka bir liste içerisine yazdırılmıştır.

```
smaller_agents = []
```

```
for i in smaller:
```

```
    print i
```

```
    print all_points[i]
```

```
smaller_agents.append(all_points)
```

print smaller_agents

Bu kod ile etmenler istasyonlara uzaklıklarına göre gruplandıktan sonra, Yeni Sahra, Göztepe ve Sahrayı Cedit istasyonlarında ne gibi müdahaleler yapılacağına karar verilmiştir. Hattın Göztepe parkından ve Minibüs caddesinden geçmesinin tasarım kriterlerine daha uygun olacağı düşünüldüğü için bu bölgelere etmenlerin yönlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca özel mülk bölgesinden geçen güzergahın Yeni Sahra istasyonunda o noktadan geçmemesini daha uygun olacağı için hattın oradan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle yönelinecek ve uzaklaşılacak bölgeler belirlendikten sonra, bölgelere “red ve green” adlarında nokta grupları yerleştirilmiştir.

Sürü zekâsı modelinde sürüyü oluşturan etmenlerin birbirleriyle olan iletişimi ve sürünün ilerleme mantığında Hücresel özdevim kurallarına sıkça rastlanmaktadır. Cıvık mantar simülasyonu çalıştırılırken; etmenlerin etkileşimlerinin geri bildirimli olarak sağlanabilmesi için de belirli noktalarda bu kurallara ihtiyaç duyulmuştur. Etmenlerin birbirlerine, istasyonlara, engel noktasına ve yönelim noktalarına olan uzaklıkları belirlendikten sonra, bu uzaklıklarla olan ilişkileri Hücresel Özdevim kurallarının mantığını da oluşturan “if-else” kalıpları ile sağlanmıştır. Python kodu içerisinde kurallar tanımlanarak modele dahil edilmiştir. Engel noktaları için kural seti öncelikle, red noktaların yukarıda yazılan kodun düğüm noktalarından bağlanarak bileşene dahil edilmesiyle oluşturulmuştur. Daha sonra aşağıdaki kod GhPython bileşenine eklenmiştir:

- #İstasyonlara olan uzaklıklarına göre etmenler gruplandıktan sonra engel olarak belirlenecek noktalara olan uzaklıkları ölçülmüştür. “Eğer etmenlerin uzaklıkları 4.00’ten azsa obstacle listesi içerisine yazdır, değilse geri dön ve liste dışı bırak.” Komutu tanıtılmıştır. Uzaklıkları 4.00 den küçük olan etmenler obstacle listesi içerisine yazdırılmıştır.

```
obstacle_index = []
```

```
for j in range(len(smaller_agents)):
```

```
    distance = red.DistanceTo(smaller_agents[j])
```

```
    if (distance < 4.00) :
```

```
        obstacle_index.append(j)
```

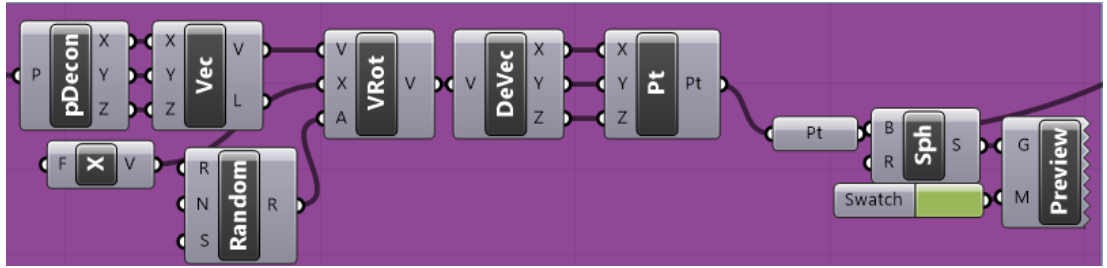
- #Listesindeki etmenler tekrardan nokta olarak listelenip, Grasshopper ortamına yazdırılmıştır.

```

obstacle = []
for i in obstacle_index:
    #print i
    #print smaller_agents[i]
    obstacle.append(smaller_agents[i])
print obstacle

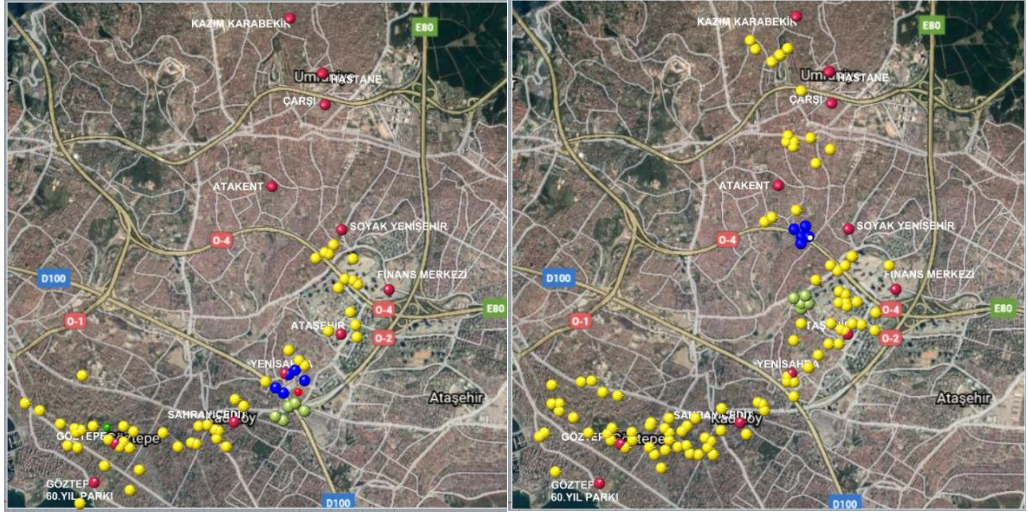
```

Kodun tüm etmenler ile çalıştırılması ile obstacle ve smaller_agents olmak üzere iki ayrı grup şeklinde çıktı vermesi sağlanmıştır. Engel olacak red nokta bileşeninin tüm etmenlere olan uzaklığı hesaplanarak obstacle çıktısı elde edilmiştir. Obstacle bileşeni içerisindeki noktalar, red noktalara olan mesafeleri 4.00' ten az olduğu zaman rastgele olarak yönleri değiştirilerek simülasyona tekrar dahil edilmiştir. Simülasyon çalıştığı sürece kural seti tekrar tekrar devreye girerek her etmen için mesafeleri hesaplayıp yakın olanların yönünü her seferinde değiştirmektedir. Noktaların yönlerinin değiştirilebilmesi için öncelikle noktaların X, Y ve Z koordinatları çıkartılmıştır. Daha sonra koordinatlardan vektör oluşturulmuştur. Vektörler Rotate bileşenine bağlanarak; yön düğümüne Random bileşeni bağlanmıştır. Yönleri değişen vektörler tekrar koordinatlarına ayrılarak noktaya dönüştürülmüştür (Şekil 5.20). Yönleri değiştikten sonra etmenler, Physarealm kuralları ile çalışmaya devam ederek hedef istasyonlara ilerlemeye devam etmiştir. Engelden uzaklaşan etmenler dışında her seferinde doğan etmenler için de kurallar uygulanmıştır.



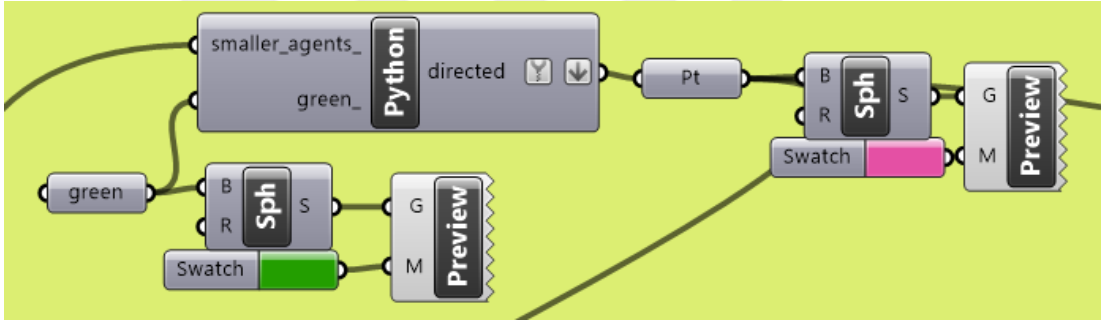
Şekil 5. 20: Obstacle bileşenindeki noktaların yönlerinin değiştirilmesi.

Red bileşenine bağlı engel noktalarının yeri değiştirildiğinde; her seferinde tüm etmenlerin engellere olan uzaklıkları hesaplanarak, uzaklığı 4' ten az olan etmenlerin yönleri rastgele olarak değiştirilmiştir (Şekil 5.21). Yönü değişen etmenler yeşil renk ile temsil edilirken, Değişmeden önceki etmenlerin rengi lacivert ile temsil edilmiştir. Lacivert etmenler yönlerin daha rahat tespit edilebilmesi için ayrı bir grup olarak saklanmıştır.



Şekil 5. 21: Yönleri değişen etmenlerin yayılımı.

Yönelim yapılacak noktaları içerisinde barındıran green bileşeni GhPython kodunun çıktısı olan smaller_agents' lar ile yeni bir GhPython bileşenine bağlanmıştır (Şekil 5.22). Bu kod ile red noktalarda olduğu gibi Hücresel Özdevinim kuralları tanımlanmıştır.



Şekil 5. 22: Yönelim için oluşturulan düğüm dizisi.

Bileşenin içerisinde bulunan kod ve işlevi aşağıdaki şekildedir:

- #Çalışılacak kütüphane çağırılmıştır.

```
import rhinoscriptsyntax as rs
```

- #Düğüm noktalarından bağlanan girdilerin nokta olarak tanıtılmıştır.

```
green=rs.coerce3dpoint(green_)
```

```
smaller_agents=rs.coerce3dpoint(smaller_agents_)
```

- #İstasyonlara olan uzaklıklarına göre etmenler gruplandıktan sonra engel yönelinilecek noktalara olan uzaklıkları ölçülmüştür. “Eğer etmenlerin uzaklıkları 8.00’ten az ise directed listesi içerisine yazdır, değil ise geri dön ve liste dışı bırak.” Uzaklıkları 8.00 den küçük olan etmenler listelenip, green

noktalar ve smaller_agents noktaları arasında vektörler oluşturulup, bu vektörler vasıtası ile smaller_agents noktaları green noktalara taşınmıştır.

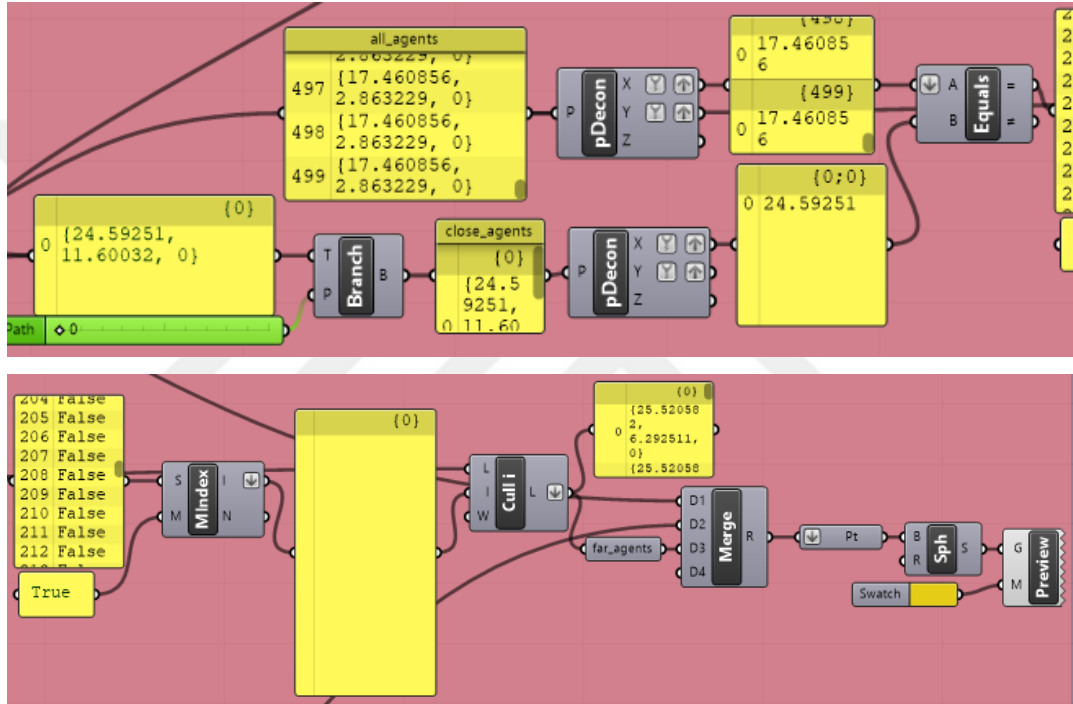
```
directed = []  
for i in range(len(smaller_agents)):  
    distance = green.DistanceTo(smaller_agents)  
    if distance < 8.00 :  
        yon_vector = green - smaller_agents  
        directed = smaller_agents + yon_vector  
print directed
```

Green noktalara yaklaşan her etmenin uzaklığı hesaplanıp, 8.00'den az mesafede bulunanlar her seferinde green noktalara yaklaştırılmıştır. Simülasyon çalıştığı sürece, doğan her etmen için tekrar tekrar kurallar uygulanmıştır. Directed çıktısı noktasallaştırılıp görsel olarak kürelere bağlanıp simülasyon başlatıldığında, Python kodu smaller_agents' ların green bileşeninde tanımlı yeşil noktalara olan uzaklığı 8.00 den az olduğunda bu etmenleri green bileşeninde tanımlı noktalara taşınmasını sağlamıştır (Şekil 5.23). Green bileşeninde tanımlı noktalara yaklaştığında sarı renkli kürelerin rengi pembeye dönüşmektedir.



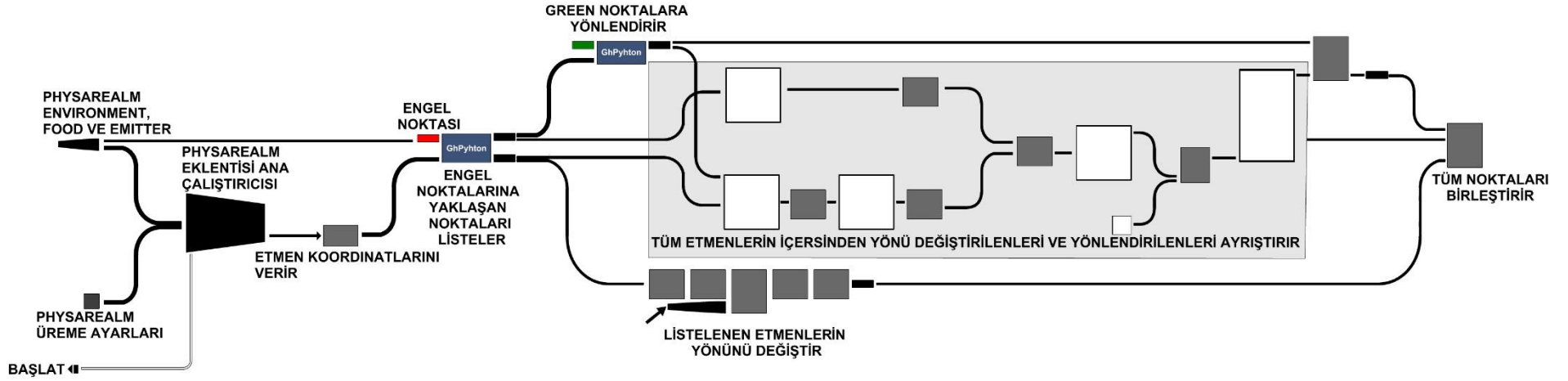
Şekil 5. 23: Yönelimi yapılan etmenlerin dağılımı.

Yönlerinin değişmesi ve belirlenen noktaları taşınması gereken etmenler üzerindeki işlemler tamamlandıktan sonra elde edilen etmenler içerisinde işlem yapılan tüm etmenleri barındırmaktadır. Yönü değişmesi gereken etmenler, yönü değişen etmenler, yönelimi yapılacak etmenler ve yönelmiş etmenlerin tamamı son sürünün içerisinde çalıştırılmaktadır. Fakat bu son durum içerisinde, etmenler iki kere çalıştırıp aksaklık oluşturacağı için obstacle ve directed bileşenlerinde bulunan etmenlerin, tüm etmen sürüsünden ayrıştırılması gerekmektedir. Bu nedenle Tüm sürü bir ağaç olarak düşünülüp tekrar eden dallar bu ağaçtan çıkarılmıştır (Şekil 5.24).



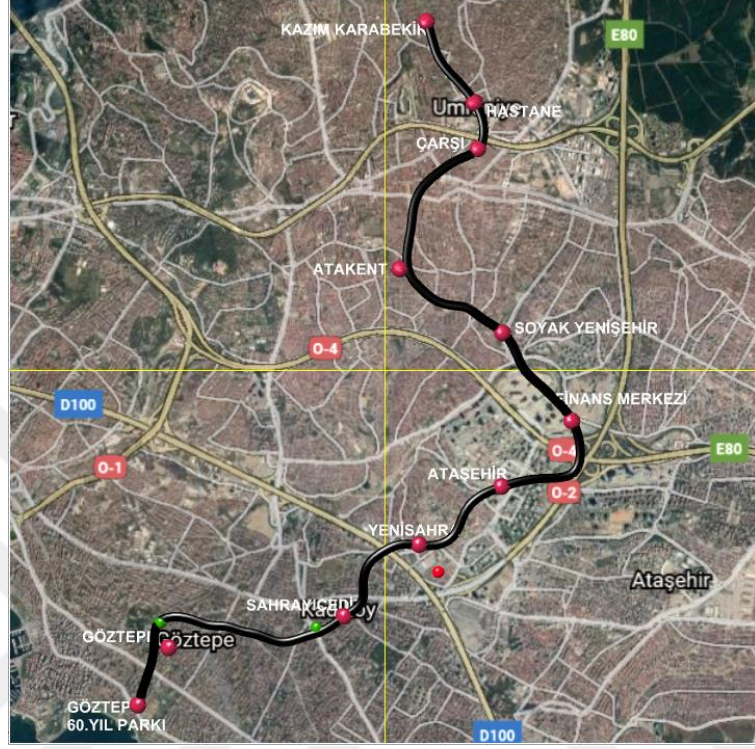
Şekil 5. 24: Etmen Listelerinin Ayrıştırılması.

Cıvık mantar simülasyonunu oluşturan etmenlerden, yönü değiştirilmiş ve belirli bir koordinata yönlendirilmiş olan etmenlerin listeleri tüm listeden çıkarıldıktan sonra, Merge komutu ile tüm etmenler tekrar tek bir listede toplanmıştır. Liste çıktısı önce noktasal olarak alınmıştır. Son durumda sürüde çok sayıda etmen bulunduğu için noktaların eğrisel olarak ifadesi Grasshopper ortamında mümkün olmadığı için etmenler, Rhinoceros ortamına yapıştırılıp, noktalar tek bir eğriye dönüştürülmüştür. Etmenler ile Grasshopper içerisinde oluşturulan model sadeleştirilerek bir diyagram olarak ifade edilmiştir (Şekil 5.25). Çok fazla bileşen kullanılması ve bileşenlerin düğüm noktalarının fazla olmasından doğan karmaşıklığın en aza indirgenmesi için Grasshopper ortamındaki ifadelerine benzer olmasına dikkat edilmiştir.



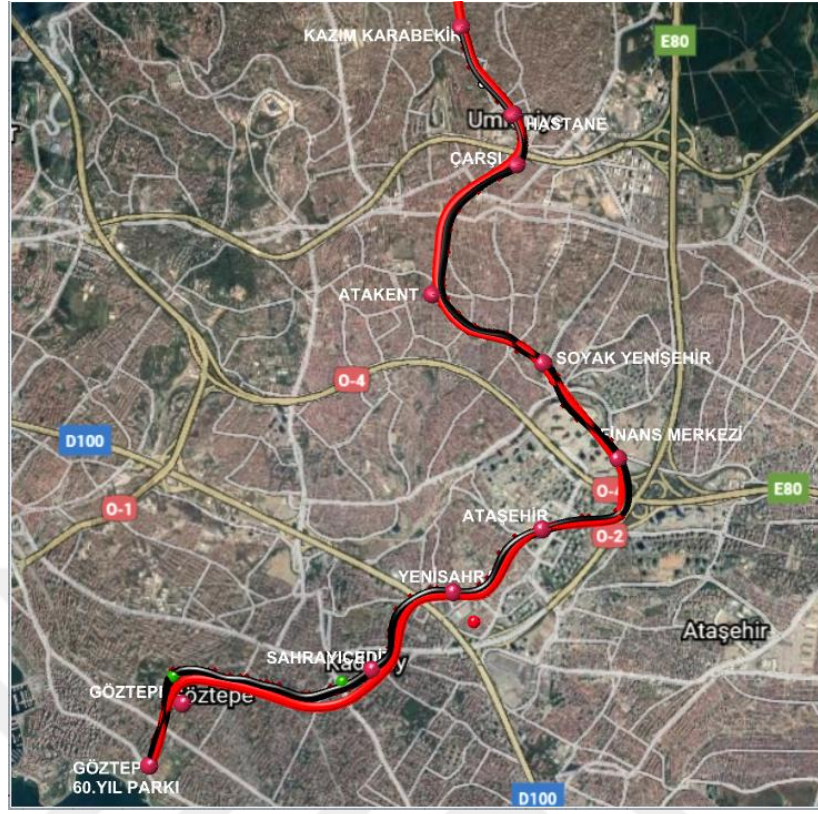
Şekil 5. 25: Modelin veri akış diyagramı.

Tez çalışması için yapılan model üzerinden, etmenlerin üreme parametreleri saptandıktan sonra müdahale olmaksızın metro güzergahı tasarımını gerçekleştirdikleri gözlemlenmiştir (Şekil 5.26).



Şekil 5. 26: Simülasyon sonucu elde edilen metro hattı

Tez çalışmasında canlı organizmaların belirme kavramı üzerinden şekillenen yaşam döngüleri ışığında, mevcut bir metro hattının istasyon yerlerinin bulunacağı bölgelere bağlı kalınarak metro güzergahı mevcuttan bağımsız olarak model üzerinden çizdirilmiştir. Belirlenen parametreler ve metro tasarım kısıtları göz önüne alınarak, ortaya çıkan güzergaha üç istasyon bölgesinde müdahale edilmesi gerektiği düşünülmüştür. Yeni Sahra istasyonundan geçtikleri noktaların uygunsuzluğundan dolayı o bölgeden uzaklaştırılırken, Sahrayı Cedit ve Göztepe istasyonlarında entegrasyon göz önüne alınarak başka bölgelere yönelimleri sağlanmıştır. Etmenlerin bu müdahaleler sonucunda oluşturdukları metro güzergahı ve mevcutta yapımı devam eden Göztepe-Ümraniye metro güzergahı arasında büyük ölçüde benzerlik olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.27).



Şekil 5. 27: Mevcut güzergâh ile model sonucu elde edilen güzergahın karşılaştırılması (Mevcut hat: kırmızı, Model hattı: siyah).

Tez çalışması kapsamında yapılan literatür incelemesinde, cıvık mantarların metro hatlarının veya otoyolların doğruluklarını sınamak için kullanıldığı görülmüştür. Fakat bu deneyler genel olarak laboratuvar ortamında, agar kalıplar ve haritalar gibi fiziki materyaller ile gerçekleştirilmiştir. Physarealm eklentisi her ne kadar bu organizmaların yaşam döngüleri üzerine kurulu algoritmalar ile geliştirilmiş olsa da eklentinin bu tarz bir çalışmada kullanımına rastlanmamıştır. Bu anlamda yapılan deneylerin fiziki şartlardan bağımsız olarak geliştirilebilecek olması hem tasarım aşamasında hem de mevcut hatların uygunluğunun sınanmasında daha özgür bir süreç sağlayacaktır.

Kentsel tasarımın önemli aktörlerinden olan ulaşım ağlarının şekillenmesi oldukça zahmetli süreçler gerektirmektedir. Çok sayıda matematik işlemi ve hesaplama yükü barındıran raylı sistem tasarımları, birçok mühendislik çalışması sonucu ortaya çıkmaktadır. Uzun hesaplama sürelerinin hem yeni bir metro hattının tasarımında hem de mevcut bir hatta ekleme veya hattan çıkarmalar yapılacağı durumlarda tasarımın

hızlı olması gerekmektedir. Özellikle mevcut hatlar üzerinde çalışıldığında gerek diğer ulaşım ağlarıyla entegre olduğu daha lokal bölgelerin verimliliği açısından, gerekse ulaşımın sürekliliğinin sağlanabilmesi için daha hızlı ama bir o kadar da güvenilir sonuçların elde edilmesi gerekir. Bu tez çalışmasının ışığında elde edilen veriler ile metro güzergahları tasarlanırken dijital ortamlarda yapılacak simülasyon modellerinin, zamansal ve parasal anlamda birçok kazanımlar sağlayacağı düşünülmektedir. Günümüz dünyasında hayat döngüsünün algoritmalara daha uyum sağlayarak işlemesi ulaşım ağları dahil pek çok alanda dijitalleşmeyi kaçınılmaz kılmaktadır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Beliren fenomenlerin kendini organize eden davranış biçimleri, biyoloji alt yapısından sıyrılıp, hesaplamalı tasarım anlayışına esin kaynağı olmuştur. Ortaya çıkan bu karmaşık süreçler algoritma tabanlı tasarımlara uyarlanarak geleneksel mimari tasarım anlayışının yeniden tanımlanmasına neden olmuştur. Oluşturulan algoritmalar tasarımın kendisinden ziyade kullanılan parametreler sayesinde tasarım probleminin farklı şekilde ele alınmasına yol açmıştır.

Meta-düzey davranışların ortaya çıktığı beliren sistemler, kendini meydana getiren alt etmenlerin işbirlikçi davranışlarına dayanan etkileşimlerden oluşur. Etkileşen parçaların çokluğu da en az etkileşimler kadar önemlidir. Karmaşık ve beliren sistemlerin temelini oluşturan bu toplu davranış biçimi, sürü zekâsı olarak adlandırılır. Bu davranış biçimi geri bildirim ve tekrar esaslıdır. Cıvık mantar sürüsünü oluşturan etmenlerin etkileşimleri sonucu ortaya çıkan ve Belirme kavramına esin kaynağı olan bu davranış biçimi, birçok matematiksel modele de örnek olurken, aynı zamanda tasarım için yaratıcı olanaklar sunmaktadır. Öğelerin ilişkilerini tanımlamak için doğan geri bildirim ihtiyacı hiyerarşik yapıları belirlenmemiş olsa dahi mimari tasarımın beliren özelliğidir.

Tez çalışmasının üzerinden yürütüldüğü belirme kavramı kullanım alanlarına ve referans canlılara bakıldığında, beklenmeyen sonuçların görüldüğü durumları içerisinde barındırmaktadır. Daha basit yapıların daha karmaşık sistemler oluşturması, kentsel tasarım ve bu tezin konusu olan metro güzergahlarının tasarımı üzerinden bakıldığında, Hücresel özdevinim kuralları ile birleştirilerek tasarım aşamasında süreci planlarken avantaj sağlayabilmektedir. Cıvık mantarların bireysel olarak ulaşamadıkları besin kaynaklarına aralarında kemoatraktör iz ile iletişim kurarak yönelmeleri ve bu yönelimin çevresel faktörlerden oldukça etkileniyor olması tasarım sorunlarını tanımlarken de yol gösterici olabilmektedir. Hücresel özdevinim algoritmalarının sürece kattığı sistematik yaklaşım ve oluşum aşamalarını yönetme imkânı ile kentlerin oluşurken bir anlamda beliren özelliklerine müdahale edilmesini sağlamaktadır.

Kullanıcı geribildirimlerinin ve birçok unsurun etkileşiminin önemli olduğu metro güzergahları, her ne kadar planlansa da insan unsurunu barındırdığı sürece makro düzeyde sonuçlar doğuran kentlerin önemli bileşenlerindendir. Cıvık mantarların ve kentlerin önemli beliren sistem örnekleri olması ve cıvık mantar davranışlarının metro güzergahlarının tasarımında kullanılması kentlerin planlanmasında verimli sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca beliren sistemlerin altlık olduğu Hücresele Özdevinim algoritmaları sağladıkları sistematik yapı ve kural dizileri ile metro tasarımı ve sürü etkileşiminin ilişkiselliğini iyi bir şekilde açıklayabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, belirme kavramı ve bu kavramın somut yansıması olan Cıvık mantarların beliren davranışlarının altında yatan algoritmik temeller Hücresele özdevinim algoritmalarına benzerlikleri ile değerlendirilip yönelimlerini değiştirecek kurallar tanımlanıp sürünün oluşturduğu güzergahlar incelenmiştir. Cıvık mantar etmenlerinin iletişimlerini sağlayan kemoatraktör iz miktarı bağlamında üretilen Physarealm eklentisi çalışma ortamı olarak seçilerek mantar davranışlarındaki değişimlerin gözlemlenmesini sağlamıştır. Belirme kavramı ve model çıktıları birlikte değerlendirildiğinde dijital ortamların, canlı organizmaların ve yaşam döngülerinin ışığında tasarım aşamalarına yaptığı katkılar açıkça görülmektedir. Cıvık mantar sürülerinin bireylerden farklı davranışları Sürü zekâsı ve Hücresele özdevinim modellerinin “eğer ve değilse” gibi durumlar belirleyerek mantar davranışlarını üzerinde kuralların etkisi gözlemlenmiştir.

Cıvık mantar sürülerinin fiziksel ihtiyaçları doğrultusunda açığa çıkan bu davranışların metro güzergahlarının tasarım mantığı ile bu denli örtüşmesi, beliren sistemlerin tasarım aşamasında birçok katkı sağlayacağını göstermektedir. Cıvık mantar davranışları referans alınarak üretilen model ile metro güzergahlarının tasarım aşamasının uzun süreler gerektiren hesaplama yükünün azaltılması sağlanabilmektedir.

Yapılan bu tez çalışması ile istasyon yerleri ve güzergâh uzunlukları gibi tasarım kriterleri belirlenen metro hatlarının, program üzerinde belirlenen parametreler ile hızlı bir şekilde oluşturulabileceği görülmüştür. Metro tasarımlarının daha hızlı gerçekleşmesi beliren sistemlerin önemli örneklerinden olan kentlerin oluşum hızlarına ulaşım sistemlerinin daha rahat ayak uydurmasını sağlayacaktır. Dijitalleşmenin sürekli olarak arttığı ve her ortama dahil olduğu günümüz dünyasında, biyolojik sistemlerin kendini organize eden yapıları ve bu yapıların altında yatan

algoritmaların kullanımı her alanda olduğu gibi tasarımcıya üretkenlik konusunda çeşitli alternatifler sağlayacaktır.





KAYNAKLAR

- Adamatzky, A., Martinez, G. J., Chapa-Vergara, S. V., Asomoza-Palacio, R., Stephens, C. R.,** (2010). Approximating Mexican highways with slime mould. *Advances in Complex Systems*, doi: 1010.0557v1
- Adamatzky, A., Akl, S. G.,** (2011). Trans-canada Slimeways: Slime Mould Imitates The Canadian Transport Network. *ArXiv*, doi: 1105.5084v1 [nlin.PS]
- Adamatzky, A., Yang, X., Zhao, Y.,** (2013). Slime mould imitates transport networks in China. *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics* Vol. 6 No. 3, (s. 232-251) doi: 10.1108/IJICC-02-2013-0005
- Adamatzky, A., Jones, J.,** (2009). Road planning with slime mould: If Physarum built motorways it would route M6/M74 through Newcastle, doi: 0912.3967v1
- Adamatzky, A., Martinez, G., Lees, M., Sloot, P. M. A.** (2012). Bio-development Of Motorway Networks In The Netherlands: A Slime Mould Approach, doi: 10.1142/S0219525912500348
- Adamatzky, A., Prokopenko, M.** (2011). Slime mould evaluation of Australian motorways. *International Journal of Parallel Emergent and Distributed Systems*, doi: 10.1080/17445760.2011.616204.
- American Association for the Advancement of Science.** (2010). Slime design mimics Tokyo's rail system: Efficient methods of a slime mold could inform human engineers. *ScienceDaily*.
- Batty, M., Xie, Y., Sun, Z.** (1999). Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata, *Computers, Environment and Urban Systems* 23. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org>.
- Batty, M.** (2008). The Size, Scale, and Shape of Cities. *Science* 319. (s.761-769).
- Beni, G., Wang, J.** (1990). Self-Organizing Sensor Systems. *NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences*. Vol. 58. (s. 251-261).

- Bus, P. (2015).** Emergence in Urban Environments Agent-based Simulation of Environment Reconfiguration (Dissertation Thesis). Retrieved from <https://www.researchgate.net>
- Cameron, A. (n.d.).** Modelling Self-Organising Networks With Slime Mould Physarum Polycephalum. from <http://www.agnescameron.info/dissertation.pdf>
- Castle, H. (2004).** Emergence in Architecture. AA Files, No. 50, pp. 50-61. ISBN 1-902902-33-5.
- Chang, W. (2016).** Influence on Architectural Geometry by Emergent Design https://www.academia.edu/34757943/Influence_on_Architectural_Geometry_by_Emergent_Design
- Chase, W. G., Simon, H. A. (1973).** Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4(1), 55–81. doi: 10.1016/0010-0285(73)90004-2
- Evangelidis, V., Jones, J., Dourvas, N., Tsompanas, M. A., Sirakoulis, G. Ch., Adamatzkya, A. (2017).** Physarum machines imitating a Roman road network: the 3D approach. Scientific Reports, doi: 10.1038/s41598-017-06961-y
- Green, K. B. (2005).** The “Bio-logic” of Architecture: Environmental Design-Inspired by Slime Mold, Lichen and Other Natural Sources, Proceedings for the 2005 ACSA National Conference, Chicago.
- Goldstein, J., (1999).** Emergence as a Construct: History and Issues. *Emergence*, Vo.1 Issue.1 (s. 49-72). doi:.10.1207/s15327000em0101_4
- Garfinkel, A. (1987).** The Slime Mold Dictyostelium as a Model of Self-Organization in Social Systems. *Self-Organizing Systems*. Plenum. New York,
- Hayek, F. A. (1978).** Competition As A Discovery Procedure. Retrieved from https://cdn.mises.org/qjae5_3_3.pdf
- Hodges, A. (1983).** Alan Turing: Enigma. United Kingdom. Vintage UK. ISBN: 9780099116417

- Hensel, M., Menges, A., Weinstock, M. (2004).** Emergence: Morphogenetic Design Strategies. Argentina, Wiley.
- Hensel, M., Menges, A., Weinstock, M. (2004, 2006).** Morphogenesis and Emergence. Argentina, Wiley.
- Hensel, M., Menges, A., Weinstock, M. (2010).** Emergent Technologies and Design: Towards a Biological Paradigm for Architecture. United Kingdom, Routledge.
- Heylighen, F. (1989).** Self-Organization, Emergence and the Architecture of Complexity. Proceedings of the 1st European Conference on System Science, (AFCET, Paris), (s. 23-32)
- Holland, J. H. (1998).** Emergence: From Chaos to Order. Oxford University Press. Great Britain, Berkshire. ISBN: 0-19-286211-1
- Hofstadter, D. (1979).** Godel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid. New York. Basic Books. ISBN: 0-465-02656-7
- Jacobs, J. (2009).** Şehir Ne Tür Bir Problemdir? Büyük Amerikan Şehirlerinin Ölümü ve Yaşamı (s. 439-458). Bülent Doğan (Çev.). İstanbul: Metis.
- Jones, J. (2010).** Characteristics of Pattern Formation and Evolution in Approximations of Physarum Transport Networks. Artificial Life Vol:16(s. 127-153).
- Johnson, S. (2001).** Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities, and Software. Retrieved from https://play.google.com/books/reader?id=Au_tLkCwExQC&hl=tr&printsec=frontcover&pg=GBS.PP1.
- Johnson, S. (2001).** Emergence. The New York Times. Retrieved from <http://www.nytimes.com>
- Krawczy, R. J. (2002b).** Experiments in Architectural Form Generation Using Cellular Automata. eCAADe 2002.
- Krawczy, R. J. (2002a).** Architectural interpretation of cellular automata. 5th International Conference GA2002, Milan, 11-12-13 December 2002.

- Keller, E. F., Segel, L. A.** (1970). Initiation of Slime Mold Aggregation Viewed as an Instability. Retrieved from <https://jxshix.people.wm.edu>,
- Keller, E. F.** (1983). The Force of the "Pacemaker" Concept in Theories of Aggregation in Cellular Slime Mold. *Perspectives in Biology and Medicine*. 26, No. 4, 515-521.
- Menges, A.** (2006). *Manufacturing diversity*. Argentina, Wiley. Doi:10.1002/ad.242
- Mumford, L.** (1961). *City In History*. United States. Harcourt, Brace and World. ISBN: 0-15-618035-9
- Olsson, K., Haas, T.** (2015). Emergent Urbanism: structural change and urban planning and design, *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, doi: 10.1080/17549175.2013.763622
- Sanders, L.** (2010). Slime Mould Grows Network Just Like Tokyo Rail System. *Wired*, from <https://www.wired.com/2010/01/slime-mold-grows-network-just-like-tokyo-rail-system/>
- Schelling, T.** (1978). *Micromotives and Macrobehaviour*. N.Norton. London
- Schreiber, D.** (2013). The Emergence of Parties: An Agent-Based Simulation. *Wired* from: journals.sagepub.com. doi: 10.1177/1065912913487258
- Semmler, N. B.** (2011). *Emergent networks: A slime mold simulation*. (Lisans tezi). Bachelor Opleiding Kunstmatige Intelligentie University of Amsterdam, Faculty of Science, Amsterdam.
- Snooks, R.** (2014). *Behavioral Formation Multi-agent Algorithmic Design Strategies*. (Doktora tezi). School of Architecture and Design College of Design and Social Context, RMIT University.
- Soddu, C.** (1994). The design of morphogenesis. An experimental research about the logical procedures in design processes. *Demetra Magazine*. Vol.1. (s. 56-64)
- Stevens, R. Sosis, R.** (1995). Emergent behaviour in slime mould environments, *Proceedings of 1995 IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, Perth, WA, Australia, November 29-December 1.

- Tero, A., Takagi S., Saigusa, T., Ito, K., Bebber, D. P., Fricker, M. D., Yumik, K., Kobayashi, R., Nakagaki, T. (2010).** Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design. *Science*, doi:10.1126/science.1177894.
- Tsompanas, M., Sirakoulis, G., Adamatzkya, A. (2016).** Cellular Automata Models Simulating Slime Mould Computing. Springer, doi:10.1007/978-3-319-26662-6_27
- Takagi, S., Ueda T. (2008).** Emergence and transitions of dynamic patterns of thickness oscillation of the plasmodium of the true slime mold *Physarum polycephalum*, Elsevier.
- Toth, A., Nakagaki T. (2000).** Intelligence: Maze-Solving by an Amoeboid Organism. *Nature*: Volume 407. s. 470-470. doi: 10.1038/35035159
- Wiscombe, T. (2005).** Emergent Process, *OZ*:Volume 27, doi: 10.4148/2378-5853.1422
- Wiscombe, T. (2010).** Extreme Integration, *Architectural Design: Exuberance*.
- Vallverdú, J., Castro, O., Mayne, O., Talanov, M., Levin, M., Baluska, F., Gunji, Y., Dussutour, A., Zenil, H., Adamatzky, A. (2018).** Slime mould: the fundamental mechanisms of biological cognition. *BioSystems*. doi: 10.1016/j.biosystems.2017.12.011.
- Url-1**<<https://www.pbs.org/wgbh/nova/nature/emergence-examples.html>>, 02.08.2019
- Url-2**<<http://www.ahmba-y.com/sms/>>, 18.08.2019
- Url-3**<<https://www.kokkugia.com/ornamental-agentbodies>>, 07.11.2019
- Url-4**<[Shttps://www.kokkugia.com/ornamental-agentbodies](https://www.kokkugia.com/ornamental-agentbodies)>, 07.11.2019
- Url-5**<<https://www.kokkugia.com>>, 07.11.2019
- Url-6**<<https://www.kokkugia.com>>, 07.11.2019
- Url-7**<<https://www.kokkugia.com>>, 07.11.2019
- Url-8**<<https://www.kokkugia.com>>, 07.11.2019
- Url-9**<<https://www.kokkugia.com>>, 07.11.2019
- Url-10**<<https://www.kokkugia.com>>, 07.11.2019

Url-11<<https://www.kokkugia.com>>, 07.11.2019

Url-12<<https://www.wikizeroo.org/>>, 23.01.2020

Url-13<<http://mathworld.wolfram.com/>>, 14.02.2020

Url-14<<http://mathworld.wolfram.com/>>, 14.02.2020

Url-15<<http://archieboytom.blogspot.com>>, 15.02.2020

Url-16<<https://en.prothomalo.com>>, 01.03.2020

Url-17<<https://social.mbl.edu/>>, 02.03.2020

Url-18<<https://social.mbl.edu/>>, 02.03.2020

Url-19<<https://social.mbl.edu/>>, 02.03.2020

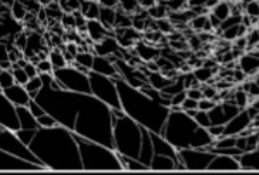
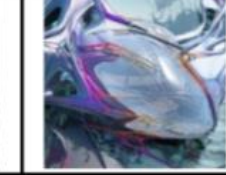
Url-20< <https://discovermagazine.com/>>, 22.03.2020

Url-21< <https://discovermagazine.com/>>, 23.03.2020

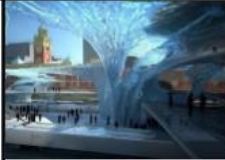
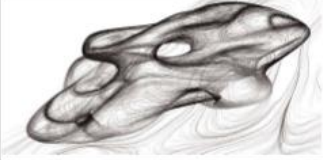
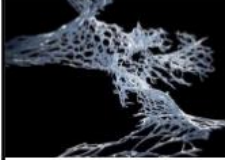
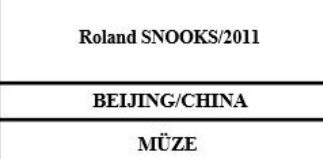
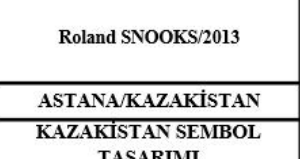
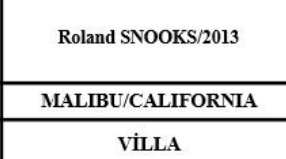
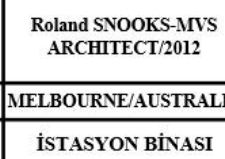
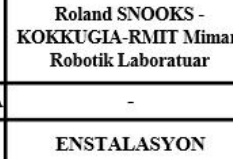
EKLER

EK A: Belirme kavramı bağlamında üretilen mimari örnekler.

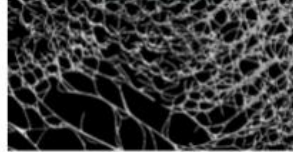


		1	2	3	4	5
PROJE ADI		FIBROUS TOWER	FIBROUS TOWER 2	FIBROUS HOUSE	CLIFF HOUSE	YEOSU PAVILION
ÖZELLİKLER						
ÜRÜNÜN GÖRSELİ						
ALGORİTMA İLE ÜRETİLEN MODEL						
TASARIMCISI/YILI		Roland SNOOKS/2008	Roland SNOOKS/2009	Roland SNOOKS/2012	Roland SNOOKS - KOKKUGIA/2012	Roland SNOOKS-TOM WISCOMBE/2009
ÜLKE		HONG KONG/CHINA	-	NEVADA/USA	NEVADA/USA	SOUTH KOREA
İŞLEV		CEPHE TASARIMI	CEPHE TASARIMI	HEYKEL	VİLLA	PAVYON TASARIMI
AMAÇ		BİRÇOK FARKLI DİSİPLİNİN TEK BİR STRÜKTÜR İLE İLİŞKİLİNDİRİLMESİ	MALZEME-FORM İLİŞKİSİ	MALZEME-FORM İLİŞKİSİ	MALZEME DAVRANIŞLARININ FORMA SAĞLADIĞI OLANAKLARIN ARAŞTIRILMASI	2012 DÜNYA FUARI İÇİN TASARLANMIŞTIR
YÖNTEM	TASARIM	FIBROUS ASSEMBLAGES	FIBROUS ASSEMBLAGES	AGENT BODIES	SÜRÜ ZEKASI	ETMEN TABANLI MODELLEME
	ÜRETİM	-	3D BASKI	CNC-FREZELEME	-	-
MALZEME		BETON	-	ELYAF LİFLER	-	KOMPOZİT ELYAF
PROTOTİP		YOK	VAR	VAR	YOK	VAR

A 1: Belirme kavramı bağlamında üretilen mimari örnekler-1.

		6	7	8	9	10
PROJE ADI ÖZELLİKLER		NATIONAL ART MUSEUM OF CHINA	KAZAKİSTAN SEMBOLÜ	MALIBU HOUSE	FLINDERS STREET STATION	BEHAVIORAL COMPOSITES AND ROBOTIC FABRICATION
						
ÜRÜNÜN GÖRSELİ						
ALGORİTMA İLE ÜRETİLEN MODEL						
TASARIMCISI/YILI		Roland SNOOKS/2011	Roland SNOOKS/2013	Roland SNOOKS/2013	Roland SNOOKS-MVS ARCHITECT/2012	Roland SNOOKS - KOKKUGLA-RMIT Mimari Robotik Laboratuar
ÜLKE		BEIJING/CHINA	ASTANA/KAZAKİSTAN	MALIBU/CALIFORNIA	MELBOURNE/AUSTRALIA	-
İŞLEV		MÜZE	KAZAKİSTAN SEMBOL TASARIMI	VİLLA	İSTASYON BİNASI	ENSTALASYON
AMAÇ				ÇATI, DUVAR VE DÖŞEME GİBİ YAPI ELEMANLARININ TEK TEK ALGILANMAYIĞI BÜTÜNLEŞİK BİR TASARIM PROJESİ	ŞEHİR VE NEHİR ARASINDA BİR KÖPRÜ GÖREVİ GÖRECEK BÜTÜNCÜL BİR İSTASYON TASARIMI	AJAN DAVRANIŞLARINI FABRİKASYON TEKNİKLERİNE ENTEGRE EDEREK YENİ İNŞAAT TEKNİKLERİ ÜRETMEK
YÖNTEM	TASARIM	STRANGE FEEDBACK	RUZGAR OPTİMİZASYONU/STRANGE FEEDBACK	SWARM MATTER	MANIFOLD SWARMS	SWARM MATTER
	ÜRETİM			ROBOTİK ÜRETİM TEKNİĞİ	3D BASKI	ROBOTİK ÜRETİM TEKNİĞİ-CNC
MALZEME		-	ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETEN ALTIN ÇUBUKLAR	BETON	KOMPOZİT CAM ELYAF	KOMPOZİT ELYAF
PROTOTİP		YOK	YOK	VAR	VAR	VAR

A 2: Belirme kavramı bağlamında üretilen mimari örnekler -2.

		11	12	13
PROJE ADI		COMPOSITE SWARM	BUSAN OPERA HOUSE	PSI URBAN BEACH
ÖZELLİKLER				
ÜRÜNÜN GÖRSELİ				
ALGORİTMA İLE ÜRETİLEN MODEL				
TASARIMCISI/YILI		Roland SNOOKS-KOKKUGIA/2013	Roland SNOOKS-ROBERT STUART SMİTH/2012	TOM WISCOMBE/2003
ÜLKE		MELBOURNE / AUSTRALIA	SOUTH KOREA	NEW YORK
İŞLEV		ENSTALASYON	OPERA BİNASI	GEÇİCİ ETKİNLİK ÇATISI
AMAÇ		DAHA BÜYÜK ÖLÇEKLİ MİMARİ PROJELER İÇİN KOMPOZİT TEKTONİĞİ TEST ETMEK	YÜZEY TOPOLOJİSİNİN BELİRMESİ VE DİĞER UNSURLARI TETİKLEMESİ	YİNELEMELİ BİR TASARIM SİSTEMİ ÜRETMEK
YÖNTEM	TASARIM	AGENT BODIES	SŪRŪ ZEKASI	HÜCRESEL ÖZDEVİNİM
	ÜRETİM	CNC-FREZELEME		
MALZEME		KOMPOZİT CAM ELYAF/POLİÜRETAN KÖPÜK	SERAMİK	-
PROTOTİP		VAR	YOK	YOK

A 3: Belirleme kavramını bağlamında üretilen mimari örnekler-3.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Sena KAYNARKAYA

Doğum Tarihi ve Yeri : 15/11/1990 ERZURUM

E-posta : kurkcuglus@itu.edu.tr



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 4 Haziran-7 Temmuz 2012 İstanbul Ticaret Üniversitesi Söğütözü Kampüsü inşaatı şantiyesinde çalıştım.
- 2013 yılında Vera (delta) mimarlık ofisinde çalıştım (Zerrin ÖZCAN).
- 2013 yılında Uğur ÇETİN mimarlık ofisinde çalıştım (Uğur ÇETİN).
- 2013 MDARCH mimarlık ofisinde çalıştım (Gökem VOLKAN).
- 2014 Eylül-2015 Şubat Erzurum Büyükşehir Belediyesi Etüt Ve Projeler Daire Başkanlığında çalıştım.
- 2015 Şubat-2015 Temmuz Taha mimarlık ofisinde çalıştım (Talha HAKSEVER).
- 2016 Şubat-2017 Mart Erzurum Yakutiye İlçe Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğünde çalıştım.
- 27/03/2017 tarihinde Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümüne araştırma görevlisi olarak atandım.
- 2017 Eylül' de İstanbul Teknik Üniversite Mimarlık Fakültesi Bilişim Anabilim Dalına 35. Madde ile görevlendirildim.

DİĞER YAYINLAR:

- Kaynarkaya, S. (2018). Discussions on the Computationality of the Case of Randomness: Ant Farm Experiment. Generative Art Conferences 2018. (Özet bildirisi)
- Kaynarkaya, S. (2019). Rastlantısallık Olgusunun Hesaplanabilirliği Üzerine Tartışmalar: Karınca Çiftliği Deneyi. MSTAS 2019 Kocaeli Üniversitesi (Poster Bildirisi).

