

DİYARBAKIR GELENEKSEL EVLERİ MİMARİSİNİ LİNDERMAYER SİSTEMLERİ İLE YENİDEN YAZMA

 Mizgin GÖKÇE SALIK^a

 F. Demet AYKAL

Öz

Doğaya yönelim içeren mimari tasarımlar tasarımcıyı raslantısallıktan uzaklaştırdığı gibi doğaya karşı olan sorumluluğun fark edilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda doğa ile uyumlu tasarımlar, doğaya yönelik kazanımlar elde edilmesini sağlamakta ve yapı sektörünün çevreye verdiği zararı azaltmaktadır. Bu doğrultuda ekoloji ile uyum içerisinde olan Diyarbakır geleneksel evlerinin; yapısal analizleri sonucunda elde edilen verilerin günümüz konutlarına örnek teşkil etmesi açısından temel ilkelerinin referans alınması gerektiği düşünülmektedir. Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler birçok avantaj sağlamakla beraber doğadan kopuk yapılaşmaların artmasına da sebep olmuştur. Doğa ile uyum göstermeyen yapıların artması günümüzde çevresel anlamda birçok problemin ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir. Bu açıdan çalışma, Diyarbakır geleneksel evlerinin; yapısal analizleri sonucunda elde edilen ilkeler ile günümüz çağdaş konut üretimi için model önerisinde bulunulması gerektiğine odaklanmıştır. Bu çalışmada; araştırma sahası olarak seçilen Diyarbakır Suriçi bölgesinde bulunan 35 adet U plan tipli geleneksel evin planları Lindenmayer sistemler üzerinden yapılan çözümlenmelere dayanarak bir model önerisi hazırlamak amaçlanmıştır. Hesaplamalı bilimlerin katkıları ile ortaya çıkan tasarımlardan üretken tasarım yaklaşımı incelenmiş, üretken bir algoritma olan Lindenmayer sistemlerinin mimari tasarımdaki kullanımı ve sürdürülebilirlik ile ilişkisi ele alınmıştır. Doğa-insan etkileşiminin mimarlıktaki yansıma biçimleri olan binalar, bu sistemler özelinde analiz edilmiş, incelenen plan tipolojileri bina yönlendirme parametresi esas alınarak yeniden kodlanmıştır. Elde edilen verilerden yola çıkarak, Diyarbakır şehrinin iklimi ve geleneksel mimarisine uyumlu, farklı kullanıcılara hitap edebilecek 4 farklı alternatif ideal konut tipolojisi üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: L-Sistemler, Geleneksel konut, Üretken tasarım.



REWRITING THE ARCHITECTURE OF TRADITIONAL HOUSES OF DYARBAKIR WITH LINDENMAYER SYSTEMS

Abstract

Architectural designs with an orientation towards nature not only distract the designer from randomness, but also make him/her realize his/her responsibility towards nature. At the same time, designs in harmony with nature provide gains for nature and reduce the damage caused by the building sector to the environment. In this direction, it is thought that the basic principles of Diyarbakır traditional houses, which are in harmony

^a Öğr. Öğr., Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, mizgin.gokce.848@gmail.com

^b Prof. Dr., Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık, demekaykal@gmail.com

Makale Geliş Tarihi: 22.09.2023, Makale Kabul Tarihi: 11.12.2023

with ecology, should be taken as a reference in terms of the data obtained as a result of structural analysis to set an example for today's residences. Although today's technological developments have provided many advantages, they have also led to an increase in structures disconnected from nature. The increase in structures that do not harmonize with nature has led to the emergence of many environmental problems. In this respect, the study focuses on the need to propose a model for today's contemporary housing production with the principles obtained as a result of the structural analysis of Diyarbakır traditional houses. In this study; it is aimed to prepare a model proposal based on the analysis of the plans of 35 U-plan type traditional houses in Diyarbakır Suriçi region, which was selected as the research area, based on Lindenmayer systems. The generative design approach, one of the designs that emerged with the contributions of computational sciences, was examined, and the use of Lindenmayer systems, a generative algorithm, in architectural design and its relationship with sustainability were discussed. Buildings, which are the reflections of nature-human interaction in architecture, are analyzed in terms of these systems, and the plan typologies examined are recoded based on the building orientation parameter. Based on the data obtained, 4 different alternative ideal housing typologies that are compatible with the climate and traditional architecture of the city of Diyarbakır and that can appeal to different users have been produced.

Keywords: L-Systems, Traditional housing, Generative design.



Giriş

İnsanoğlunun mekansal gereksinimlerini karşılamak için inşa ettiği tüm yapılar; yapım ve kullanım sürecinde, yakın çevresi öncelikli olmak üzere tüm ekosistemi etkileyen öğeler olmuştur. Başlangıçta barınma ihtiyacını karşılama adına başlayan inşaat serüveni zamanla doğanın dengesini bozan ana faktörlerden biri haline gelmiştir. Dolayısıyla mimari tasarım süreci her geçen gün yeni yönelimler kazanarak evrimini devam ettirmekte; önem kazanan yeni tasarım yaklaşımlarına göre kendisini yenilemektedir. Sanayi devrimi ile insanoğlunun doğada yarattığı tahribatlar, yaşam standartları için ciddi tehlike haline gelmiş ve böylelikle 21. yüzyılda mimarlıkta ekolojik yaklaşımlar ve doğaya yönelim önem kazanmıştır.

Günümüzde doğadan öğrenme, esinlenme, uyarılma ve uygulama biçimlerinin neler olabileceği ve farklı alanlarda nasıl kullanılabileceği sistematik olarak tartışılmaya başlanmıştır. Çalışmada; doğa-insan etkileşiminin mimarlıktaki yansıma biçimleri, göz önünde bulundurularak örneklendirilmiş ve doğadan esinlenme süreci L-sistemler (Lindenmayer sistemler) kullanılarak analiz edilmiştir. Dijitalleşme döneminden önceki tasarım yaklaşımı; fikir oluşturma, planlama yapma, problemleri saptama, projelendirme ve uygulama aşaması dahil tüm bu süreçleri kapsayan uzun ve tanımlanmış bir süreci ifade etmektedir. Bu yaklaşımda aşamaların her biri bağımsız olarak işlenmekte ve sürecin devamındaki diğer süreçleri etkileyen birer etmen olmaktadır (Cestel, 2008).

Günümüz mimarlığında, hesaplama dayalı teknolojiler kullanılarak, sadece nihai ürünün değil, tasarım sürecinin de tasarlanması gerektiği düşünülmeye başlanmıştır. Mimari tasarım sürecinin planlanması, tasarımı etkileyen çok yönlü ve etkileşimli bilgi ilişkilerinin tanımlanmasını kapsamaktadır. Hesaplamalı düşünce ve beraberinde gelişen bilişim teknolojileri, mimari tasarımda bilgi akışının ve

sürecin sistematikleştirilmesi ve daha net bir şekilde ifade edilmesi noktasında önemli bir arayüz görevi üstlenmektedir (Erdoğan & Sorguç, 2011).

Geleneksel tasarım sürecinde, tasarımı oluşturan kompozisyon, formlar ve ilişkilerin biraraya gelmesi ile önceden tahmin edilebilir sonuçlara ulaşılabilirken bilgisayarlar aracılığıyla algoritmik süreçlerin tekrarı ile ortaya çıkabilecek formların tahminini yapmak daha zordur. Hesaplamalı yaklaşım ve bilgisayarların kullanımı, üretilen alternatiflerin tesadüfi oluşumlarından ziyade en başta verilen kararlar ile ortaya çıkan matematiksel ürünlerde görülmektedir (Cestel, 2008). Bu yaklaşım ile geleneksel mimarlık anlayışında yıllardır süregelen durağan planlı ve merkezi sistem ile işleyen tasarım anlayışı, yerini doğa ile daha uyumlu bir tasarıma bırakmıştır.

Ölçülebilir, hesaplanabilir ve tekrar tekrar türetilen şekiller elde etmek için doğal biçimler sadeleştirilip değişikliğe uğratılmaktadır. Bir başka ifadeyle, belirli bir teori ya da düşünce sistemi ile doğal veriler yeniden değerlendirilerek kurgulanmaktadır. Bu açıdan bilimsel veriler, teorik yapılandırma ve olgusal yeniliklerin karşılıklı olarak birbirini beslemesiyle var olmaktadır (Kuhn, 1970). Bu bağlamda hesaplamalı teori ve hesaplamalı modeller ile çevre yeniden değerlendirilip keşfedilmekte ve bu doğrultuda yeni bilgiler edinilebilmektedir.

Günümüzde buldukları bölgelerin sosyal, kültürel ve ekonomik statüsünden yoksun yapılar, mühendislik, mimarlık ve şehircilik alanlarında pek çok tartışmaya sebep olmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle ortaya çıkan üretken sistemlerden L-sistemler, doğa ile biçimsel ve strüktürel anlamda uyumlu yapıların tasalanmasına olanak sağlamaktadır.

Lindenmayer sistemler (L-sistemler), bitki gelişiminin matematiksel kuramı olarak tasarlanmıştır. L-sistemler, biçimin doğasını keşfetme ve bunun basite indirgenmesi ile tasarımcıya kolaylık sağlamakta aynı zamanda kısa süre içerisinde deneysel çalışmalar yapma imkânı sunmaktadır. Bitki morfolojilerinin ve büyüme süreçlerinin incelenmesini ele alan Lindenmayer sistemler, kurallara dayalı tümevarım yaklaşımlarını forma yansıtılabilir bir kurgu içerisindedir. Bu durumda, hesaplamalı teori ile doğadan öğrenme eyleminin yeni bir arayüz ile gerçekleştirildiği söylenilebilmektedir. Hesaplamalı düşünce, çevreden edinilen bilgileri sistematize etme, kurgulama ve sınıflandırmada yapısal bir rol üstlenmektedir (Prusinkiewics & Lindenmayer, 1996).

Günümüzde doğa ile uyumsuz yapılaşmanın yarattığı problem sürdürülebilirlik ve ekolojik döngü açısından ciddi tehlike olarak görülmektedir. Hesaplamalı teknolojilerin gelişmesi birçok alanı etkilediği gibi mimarlık alanında da düşünce ve çözüm yöntemlerinde değişimi kaçınılmaz kılmıştır. Nihayetinde, gelişen bilgisayar teknolojisi kullanılarak mimari problemlere yönelik hızlı çözümler üretme ve doğa ile uyumlu yapıların tasarlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu açıdan çalışmanın temel amacı, yapıların uygulamadaki tasarım yaklaşımı sürecinde üretken sistemlerin etkisini araştırmak, Lindenmayer sistemler ile bu sürece hesaplamalı tasarım yaklaşımının dâhil edilmesinden kaynaklı farklı bir bakış açısı kazandırmaktır.

Üretken sistemler ile alternatif sonuçlar elde etmek ve alternatif çözümleri daha kolay keşfedebilmek için hesaplamalı bilimlerin kullanılması amaçlanmıştır. Doğadan ilham alarak tasarım yapmak amaçlanmakla beraber, bundan daha önemli olan doğadaki bu düzenin prensiplerini ortaya

çıkarmak ve onu kullanmak hedeflenmektedir. Var olan bu düzeninin ardındaki prensiplerin öğrenilmesi, doğa ile uyumlu daha iyi tasarımlar yapmaya yol gösterici olup doğaya zarar vermeden yaşamayı öğrenmeye yardımcı olacaktır.

Geleneksel konutların doğa ile uyum içerisinde olup olmadığının bilgisayar destekli üretken sistemler ile tespitine yönelik herhangi bir bilimsel çalışmanın olmaması, bu çalışmaya önemli bir zemin hazırlamış ve geleneksel mimariyi yansıtan evlerin yoğun olması sebebiyle Diyarbakır ili Sur İçi bölgesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Diyarbakır geleneksel evlerine ait mimari dilin çözümlenmesi için, belirlenen araştırma sahasında bulunan U plan tipli 35 adet ev, Lindenmayer sistemler kullanılarak analiz edilmiş, yeniden kodlanmış, bunlardan 10 eve ait konut bilgileri detaylandırılmıştır. Araştırma sahasındaki geleneksel evlerin tasarımında daha çok doğadan esinlendiği ve doğa ile uyum içerisinde bir gelişme gösterdiği ortaya çıkan dallanma görselli ile tespit edilmiş, doğa ile uyumlu geleneksel evlerin tasarım ilkeleri referans alınarak, özellikle Diyarbakır şehri gibi birçok farklı kentte tarihi dokuda yapılması düşünülen yeni konutlar için bir altlık hazırlamak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda Diyarbakır şehrinde tarihi dokuda yapılması düşünülen U plan tipli çağdaş konutların üretimi için “ideal konut tipolojisi” önerisinde bulunulmuştur.

A. MATERYAL VE METOT

Çalışmada öncelikli üretken sistemler kavramının gelişimi ve mimarlıktaki uygulamaları analiz edilmiştir. Kural tabanlı ve bitki büyüme ve gelişim süreci odaklı bir üretken tasarım aracı olan Lindenmayer sistemler ele alınıp mimarlık alanındaki kullanımları incelenmiştir. Daha sonra geleneksel Diyarbakır evleri analiz edilip mimari açıdan incelenmiştir. Çalışmada, Diyarbakır Sur İçi bölgesinde seçilen; 35 adet U plan tipli Diyarbakır geleneksel konutlarına ait plan tipolojisi analizi, Lindenmayer sistemler kullanılarak yapılmıştır. Konutlara ait bodrum, zemin ve zemin+1 kat tipolojileri ayrı ayrı lindenmayer sistemler ile dallandırılmıştır. Elde edilen tüm veriler ayrı ayrı tablolar haline getirilerek konutların cephesel olarak yönelimleri ve dallanma sayıları yüzdelik olarak hesaplanmıştır.

Bu amaçla geleneksel konutlara ait yeniden dallanma;

- avlu, asıl değerlendirme ölçütü olup avluya bakan mekânların cephe yönelimi referans alınarak,
- avluya yönelmiş olan mekan bulunmadığı takdirde, dallandırılacak mekan başka bir mekân ile bağlantı içerisinde ise bağlantı halinde olduğu mekâna göre,
- avlu ile bağlantısı olmayıp hem dış cephe hem de başka bir mekan ile bağlantı halinde olan mekanlar için, öncelikli olarak dış cephe dallanmada referans alınarak,
- avlu ve dış cephe bağlantısı olmayan mekanlar için bağlantılı olduğu mekanın cephe yönelimi dallanma için referans alınarak,
- hem avlu hem de başka bir mekân ile bağlantı halinde olan mekan için dallanma yöneliminde 1. tercih avlu olacak şekilde,
- avlu ve dış cephe bağlantısı olan mekanlar için, yönlenmede avlu 1. tercih olacak şekilde,
- avluya giriş aralığı, mekan olarak kabul edilmeyip dallanmaya dâhil edilmeyecek şekilde,
- mekanlar arası geçiş aralığı avlu ile bağlantılı olduğu takdirde dallanma ölçütü olarak kabul edilmiştir,

- merdiven ögesi kural olarak dallanmaya dahil edilmeyecek şekilde,
- wc, depo gibi çok az ışık alıp herhangi cephesel bir yönelimi olmayan mekanlarda kapı açıklıklarının avluya yani dış ortama açılmasından dolayı tercih edilmesi noktasında tek seçenek olmasından kaynaklı, gezemek mimari mekan olarak bağımsız konumlandığı takdirde gezemeğin cephe yönelimi dallanma yönü olarak kabul edilmiştir, ancak gezemek başka bir mekan ile bağlantılı olduğu durumda mekanın yönelimi asıl ölçüt olacak şekilde dallanmaya dahil edilmemiştir.

Son aşamada, doğa ile uyumlu yapılaşma örneğini yansıtacak bir modelin oluşumu için Lindenmayer sistemler aracılığıyla analizi yapılan geleneksel yapıların doğayla uyum içerisinde olan verileri tasarımda temel ilke olarak belirlenerek güncel yapılaşmaya yönelik çözüm önerilerinde bulunulmaya çalışılmıştır.

B. DOĞANIN TASARIM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Doğa, mimari tasarım açısından ele alındığı ilk zamanlardan beri insanların dikkatini çekmiş ve ilham kaynağı olmuştur. Bu doğrultuda insanoğlu antik dönemlerden bu yana doğayı araştırmış; elde ettiği bilgileri yorumlayarak taklit ederek veya analogik bir yaklaşımla mimari tasarımlarda kullanmıştır. Bu açıdan, barınma veya mekân ihtiyacı içerisinde olan insanoğlunun doğaya yaklaşımı, mimarinin ana karakterini oluşturmuştur. Bir başka ifadeyle, mekân oluşumunu belirleyen temel faktör insanların doğa ile kurduğu ilişki olmuştur (Zeytün, 2014).

Doğadan esinlenmenin farklı ele alınış biçimleri tarihsel süreçte aşamalı olarak gelişme göstermiştir. Sanayileşme dönemi öncesinde doğadan esinlenme yaklaşımı, doğadaki biçimlerin taklit edilip mimari forma yansıtılması ile sınırlıyken sanayileşme sonrasında bilgisayar teknolojisinin desteğiyle formu taklit etmenin ötesine geçerek doğadan dayanıklılık ve sağlamlık gibi farklı çıkarımlarda bulunulmuştur. Doğada yaşayan canlıların moleküler boyuta kadar incelenebiliyor olması, canlıların davranışlarından ve yaşadığı habitat alanının kurallarından esinlenerek tasarımların geliştirilmesini sağlamıştır (Akyol Altun & Örgülü, 2014).

İnsanoğlu, yaşadığı süreçte karşılaştığı problemlere daha iyi çözümler sunabilmek için doğayı taklit etmiştir. Son zamanlarda teknolojinin de hızlı gelişmesiyle tasarımcılar doğayı, taklit etmenin ötesine taşımıştır. Günümüz mimarlığında geline son noktada gelişen teknolojilerle birlikte, sonuç odaklı tasarım ortaya koymaktan ziyade, tasarım sürecinin de tasarlanması gerektiği önem kazanmıştır. Tasarım sürecinin planlanması, tasarıma etki eden bilgi ilişkilerinin etkileşim halinde ve çok yönlü tanımlanmasını ifade etmektedir. Hesaplamalı tasarım yaklaşımı ve bilişim teknolojileri, mimari tasarım sürecinin sistematikleştirilmesi doğrultusunda önemli bir arayüz olmuştur.

Esin kaynağı olarak doğanın etkileri, tıpta; robot protezlerden, yapay organlara; mühendislikte, genetik algoritmalarından yapay sinir ağlarına, fen bilimlerinde; kaos, fraktallar ve kompleks sistemlerden Hopfield ağlarına kadar çok geniş bir yelpazede yer almaktadır. Doğanın etkilerinin farklı bilim dallarında kullanılıyor olması disiplinler arasında etkileşimleri arttırmış ve disiplinler arası çalışmaların ortaya çıkmasını sağlamıştır (Erdoğan & Sorguç, 2011).

L-sistemler ve hücresel otomasyon yaklaşımları, doğadaki karmaşık kurguyu algoritmik yöntemler ile modelleme ve bunu yapay sistemlere aktarma noktasındaki ilk girişimler olarak

değerlendirilmektedir (Erbaş Korur,2012). Hücresel otomasyon yaklaşımında sistem, temel kurallardan ve başlangıç öğelerinden oluşmaktadır. Bu sistemde bulunan kuralların öz-tekrarı ve birimlerin öz-tertibiyile (selforganization) sonuç tanımlanabilmektedir (Cestel, 2008). Hücresel otomasyonun bir çeşidi olan L-sistemler ise bitkilerin büyüme ve gelişim sürecini modellemek için geliştirilmiştir (Rocker, 2006). Bu doğrultuda, ilk zamanlar doğayı gözlemleyip deneyimler kazanan insanoğlu zamanla doğayı araştırma ve çalışmalar yapmak için bir model olarak kullanmıştır. Bu bağlamda, hazırlanan bu çalışma ile insan-doğa ilişkisinin mimari tasarıma etkisinin analizini yapılmış, L-sistemler aracılığıyla yapı çevrenin doğa ile uyum içerisinde olup olmadığı ortaya çıkarılmaya çalışılmış ve elde edilen veriler ışığında bir "model" önerisinde bulunulmuştur.

C. HESAPLAMALI TASARIM VE ÜRETKEN SİSTEMLER

Son yıllarda ortaya çıkan tasarımda hesaplama dayalı yaklaşımlar, mimarlar ve diğer tasarımcılar arasında hızla popüler bir hale gelmiştir. Hesaplama yaklaşım matematiksel işlemlere ve mantıksal süreçlere dayanan algoritmik bir düşünme yöntemi olarak tanımlanabilmektedir.

Hesaplama tasarım yaklaşımı, parametrelerden oluşan performansa dayalı bir mimari anlayışı ifade etmektedir. Parametreler oluşturulmak istenen formun davranışını, yani performansını temsil etmektedir. Buradaki performans kavramı tasarlanacak objenin; strüktür ve mekân boyutundan malzeme ve elemana, yapının işlevsel performansından görsel ve çevresel performansına kadar geniş bir alanı ifade etmektedir.

Üretken tasarım ise tasarım sürecinde tasarımcının malzeme ve ürünlerle doğrudan etkileşime girmediği, ancak bir tür üretici sistem aracılığıyla diğer tasarım yaklaşımlarından ayrılan bir tasarım stratejisi olarak tanımlanmaktadır. Üretken mimari tasarım, mimari alandaki tasarım problemlerine yönelik özel bir yaklaşımı ifade etmektedir ve genel olarak tasarımın karakteristik problemlerini yansıtmaktadır (Herr, 2002). Bilgisayar destekli üretken tasarımlar, çok sayıda alternatifler elde etmeyi ve geniş çözüm kümeleri oluşturan sistemler olarak hesaplama bilimlerinin kullanılmasını amaçlamaktadır.

Mimarlıkta planlama ve tasarım amaçlarıyla birçok farklı üretken sistem yaklaşımı bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar; biçim gramerleri, L-sistemler, fraktaller, evrimsel tasarım, genetik algoritmalar, öz örgütlenme, hücresel özdevinim, sürü zekâsı ve çoklu etmenler başlıkları altında ele alınmıştır (Kotnik, 2010). Bu yaklaşımlardan hangisinin hangi amaç doğrultusunda hangi ortamda ve hangi süreçlerde etkin olarak kullanılabileceği hesaplama tasarımının kullanımı açısından üzerinde düşünülmesi gereken önemli bir konudur. Bu çalışma kapsamında, bu yaklaşımlardan biri olan Lindenmayer Sistem kullanılmış ve bitkilerin büyüme süreçlerine benzer bir tavırla farklı yeni plan tipolojileri oluşturularak model önerisinde bulunulmuştur

1. Lindenmayer Sistemler ve Özellikleri

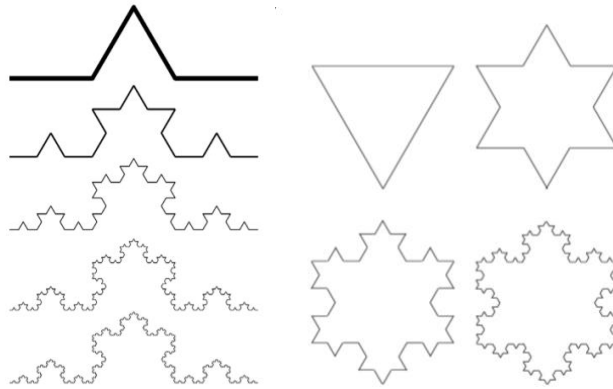
Lindenmayer sistemler (L-sistemler) 1968 yılında Aristid Lindenmayer tarafından çok hücreli canlıların büyüme ve gelişimini simüle etmek için tasarlanmış ve daha sonraları pek çok bilgisayar kuramcısı ve biyolog tarafından kullanılan bir yeniden yazma ve görselleme yöntemi olmuştur

(Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1996). Temelde bir bitki büyüme sürecinin matematiksel olarak soyut modellemesidir. L-sistemlerinin simülasyon ve görselleme teknikleri; bitki büyüme ve gelişim süreçlerinin araştırılmasında ve strüktürel oluşumlarının anlaşılmasında etkilidir. Kendi kendini organize edip tekrar ederek gelişen bir sistemdir (Hensel, 2006). L- sistemler tasarımın kendisinden ziyade tasarımın sembolik gösterimi olan diziler üzerinde çalıştırıldığı için tasarım gramerlerinden ayrılmaktadır (Parish & Muller, 2001).

Genellikle bitki ve doku gibi organik biçimlerin ve fraktallerin üretiminde kullanılan bu yaklaşımın tasarımda kullanım alanları kısıtlı olmakla birlikte, şehir ve bölge planlamada ulaşım ağlarının üretiminde kullanılmaktadır. Günümüzde ise artık L-sistemler mimarlık alanında algoritmalar aracılığıyla ortamın ekolojisi ile uyum gösteren tasarımlar üretilmesi açısından ele alınmaktadır. Bu yöntem ilk zamanlarda basit bitkilerin gelişiminde kullanılırken daha sonra kompleks bitki ve organlarının gelişimini incelemek amacıyla kullanılmıştır. Lindenmayer sistemler,

- bir diziyi oluşturmak için farklı sembollerden oluşan bir alfabeden (V),
- alfabedeki tüm sembolleri dizgilere dönüştüren üretim kurallarından (p),
- üretimi başlatmak için ilk dizgiye yani axioma (ω) ve üretilen bu dizgileri geometrik şekillere dönüştüren bir mekanizmadan (turtle graphics) oluşmaktadır.

L-sistemler, dizgilerin yeniden kodlanması ile tekrar eden üretim kuralları dizisidir. L-sistemler basit objelere yeniden yazma kurallarını uygulayarak karmaşık yapıdaki yeni objelerin üretimini sağlamaktadır. Bu örneklerden biri 'Koch Kar Tanesi Eğrisi' olarak isimlendirilen geometrik şekildir (Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1996). Koch eğrisi, 1906 yılında Helge von Koch tarafından tasarlanmıştır. Bunu oluşturmak için, öncelikle bir çizgi çizilip üç eşit parçaya bölünmüştür. Daha sonra ortada bulunan çizgi parçası aynı çizgi parçası üzerinde oluşturulan eşkenar üçgenin diğer iki kenarı ile değiştirilmiştir. Son adımda ise elde edilen 4 çizgi parçası üzerinden önceki işlem tekrarlanmıştır. Bu tekrarlama süreci sonsuza kadar devam ettirilebilmektedir (O'Connor & Robertson, 2000) (Şekil 1).



Şekil 1. Koch Eğrisi'nin üretimi

Kaynak: Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1996

L-sistemlerde büyüme süreçlerinin oluşturulması ve görselleştirilmesinde temelde 2 algoritma kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi üretken algoritmadır. Yeniden yazma yönteminin kullanıldığı bu algoritma, sınırlı bir alfableden oluşan başlangıç durumunun, belirli kurallar doğrultusunda gelişimi olarak tanımlanmaktadır. İkincisi ise tanımlanan dizginin görselleştirilmesini ifade etmektedir. Genel olarak 'turtle grafikleri' ile yapılan bu görselleştirme, karakter dizgisinde tanımlanan her bir sembolün grafiğe yansıtılması esasına dayanmaktadır. L-sistemlerin kendi içerisinde 4 farklı türü bulunmaktadır. Bunlar:

Dol Sistemler: L-sistem türlerinden en basit yapılı sistem olup aynı zamanda bağlama duyarsız ve nedenselci olan sistemlerdir. Bu sistemler, algilerin hücresel anlamda büyüme sistemlerini analiz etmek için kullanılmıştır. DOL-sistemlerin kendini sürekli tekrar eden yapısı yine kendine benzer sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Prusinkiewics & Lindenmayer, 1996).

Dallanan Yapılar: Dol sistemlere benzerlik göstermekle beraber daha geliştirilmiş bir tür olmasından kaynaklı farklılaşmaktadır. Dol sistemlerde herhangi bir dallanma oluşumu henüz söz konusu değilken burada dallanma faktörünün devreye girdiği görülmüştür. Bitki türlerinin geneli dallanan yapılardan oluştuğu için ağaç ve benzeri yapıları modellemek amacıyla gereken matematiksel tanımlamalar, dallanan L-sistemler aracılığıyla yapılabilmektedir (Prusinkiewics & Lindenmayer, 1996).

Bağlama Duyarlı L-sistemler: Bağlama duyarlı L-sistemlerindeki yapımlar içerikten bağımsızken üretim uygulaması, öncekinin bağlamına da bağlı olabilmektedir.

Olasılıksal (Stokastik) L-sistemler: Stokastik L-sistemler, alternatif üretim kuralları arasında yer alan sistemlerdir. Stokastik L sistemler, olasılığa göre modeller arasında varyasyon elde etmek için kullanılır. L-sistemlerde benzer gelişim adımları ve dizgilerin üretilmesi L-sistem tarafından üretilen tüm bitkilerin aynı olmasına yol açmaktadır. Bu etkiyi önlemek için, bir bitkinin genel özelliklerini koruyacak ancak ayrıntılarını değiştirecek olan varyasyonlarının üretilmesi gerekmektedir (Prusinkiewics & Lindenmayer, 1996).

1.1. Dizgileri Kaplumbağa Grafikleri İle Yeniden Yorumlama

L-sistemler ile daha kompleks bitkileri modellemek için geometrik olarak birçok farklı yorum getirilmiştir. Genelde L-sistemlerinin grafiksel biçimlenmesinde turtle grafikleri kullanılmaktadır. Burada bahsedilen turtle (kaplumbağa) kavramı, bilimadamı Grey Walter'ın 1950 yılında yaptığı küçük mekanik bir robota dayanmaktadır (LeBouthillier , A. (1999). 'Turtle grafikleri' olarak adlandırılan bu yöntem, kodların belirli vektörel tanımlanmaları ve komutları tanımlanmış bir etmenin dizideki karakterleri uygulaması şeklinde çalışmaktadır (Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1996). Karakter dizileri, algoritmanın tanımı içerisinde 2 gruba ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi görselleme karakterleridir. Burada etmen hareketinin vektörel olarak ekran üzerinde bıraktığı izlerin oluşturduğu biçimler tanımlanmaktadır. Vektörel noktaların koordinatlarının tanımlanması ile 2 veya 3 boyutlu biçimler de elde edilebilmektedir. İkincisi ise kontrol karakterleri olup etmen hareketinin kontrolü için ilerleme, dönme, dallanma gibi başlıca kontrol tanımlarını içermektedir (Cestel,2008).

“Turtle graphics” programında;

α kaplumbağanın yönelimini tanımlayan açı ,

d adım boyutu ,

δ açı artma miktarını temsil etmek için kullanılan sembollerdir. Bu semboller aracılığıyla kaplumbağa komutlara yanıt verebilmektedir. Çalışmada kullanılan başlıca kaplumbağa komutları ise aşağıdaki şekildedir:

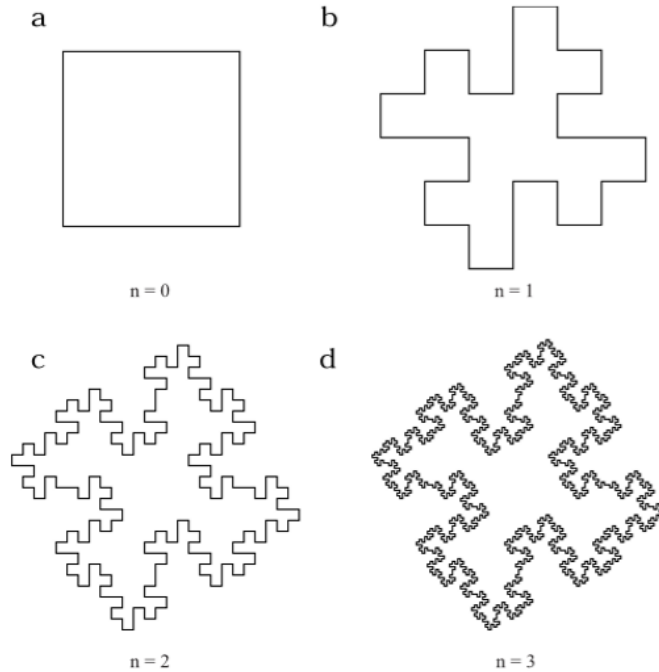
F: İleriye doğru d kadar iz bırakarak adım atma

f: İleriye doğru d kadar iz bırakmadan adım atma

+: Sola δ açısı kadar dönme

-: Sağa δ açısı kadar dönme olarak tanımlanmaktadır.

Kaplumbağa grafikleri kullanılarak farklı dizgilere sahip L-sistemlerinin üretimi yapılabilmektedir. Şekil 2 'deki a şekli, Kareli Koch Adası olarak isimlendirilirken, b,c ve d şekli ise Koch Eğrisi'nin dik açılarından faydalanılarak özyineleme sayısına bağlı olarak üretilen varyasyonları tanımlamaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Koch Adası Eğrisi'nin özyineleme sayısına bağlı olarak gösterimi

Kaynak: Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1996

L-sistemler ile ikinci boyutta yapılabilen türetim özellikleri gerekli parametrelerin eklenmesi ile üçüncü boyuta taşınabilmektedir. X ve Y düzlemindeki kontrol parametrelerinin benzerleri Z ekseninde de uygulanarak 3 boyutlu bir düzlemde hareket etme olanağı sağlanmıştır. Böylece L- sistemlerin uzayda oluşturduğu doğru parçaları sınırlarının, belirledikleri hacimleri oluşturmak mümkün olmaktadır. Bu sembollerin kullanımına örnek olarak üç boyutlu Hilbert Küpü verilebilmektedir (Aldemir,2014) (Şekil 3).



Şekil 3. Hilbert Küpü

Kaynak: Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1996

Bu açıdan Lindenmayer sistemler kullanılarak basit şekillerin tekrarı ve döngüleri içinde her bir kuralın eş zamanlı olarak uygulanmasıyla daha kompleks formların oluşturulması ve görselleştirilmesi sağlanabilmektedir.

1.2. Lindenmayer Sistemlerin Mimari Tasarımda Kullanımı

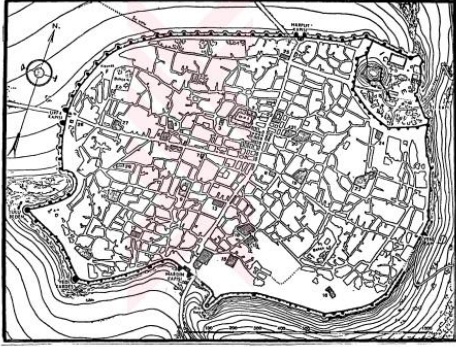
Genellikle, bitki ve dokular gibi organik biçimlerin, tekrar eden örneklerin ve fraktalların üretiminde kullanılan Lindenmayer Sistemler, tasarım alanında; yapı formlarını oluşturmada, cephe üretimi kentsel planlama ve ulaşım ağlarını belirlemede, tarihi yapıların çözümlenmesi ve yorumlanması gibi uygulamalarda tercih edilmektedir. Karmaşık geometrik biçimlerin, algoritmik olarak ifadesinin yapılabilmesi ileri derecede geometri bilgisi gerektirirken, L-sistemler ile biçimlerin tanımlanması daha kolay yapılabilmektedir (Hansmeyer, 2003). L-sistemlerinin algoritmik yapısı, temelden gelişen bir yaklaşım ile tasarımcıya farklı formları keşfetme olanağı ve her aşamada formun gelişimini takip edebilme imkânı sunmaktadır. L-sistemler aynı zamanda tasarımcıya yeni formların çağrışımını yaparak üretkenliğin artmasını sağlayabilmektedir. Ayrıca şekillerin karakter dizgilerinden meydana gelmesi, farklı programlar ile yapılacak veri alışverişini kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda farklı disiplinlerde bulunan kullanıcılar tarafından diğer programlara da uyarlanabilmesine olanak sağlamaktadır (Portfolio, t.y).

D. DİYARBAKIR GELENEKSEL EVLERİ VE MİMARİ ÖZELLİKLERİ

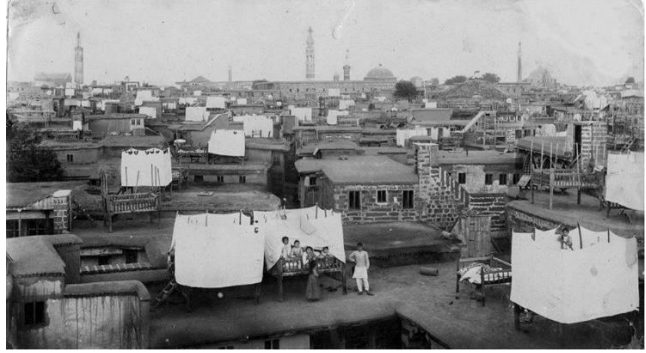
Diyarbakır, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Mezopotamya ile Anadolu medeniyetlerinin geçiş bölgesinde yer alan bir ildir. Diyarbakır; Kalesi, İç kalesi, kentsel tarihin gelişimini yansıtan çeşitli anıtsal yapıları, geleneksel konut dokusu ve buraya egemen olmuş birçok uygarlıkların bıraktıkları mimari değerleri günümüzde yansıtan önemli kentlerinden biri sayılmaktadır. Tam olarak

kuruluş tarihi bilinmemekle beraber, kentteki ilk yerleşim yerinin, Dicle nehri yatağının 100 m yüksekisinde olan ve Fis Kaya olarak adlandırılan sarp bölgede yer alan Amida olarak adlandırılan höyükte tespit edilmiştir (Diyarbakır valiliği, t.y).

Diyarbakır şehrine ait geleneksel yerleşim dokusunda bulunan; Surlar, camiler, mescitler, kiliseler, hanlar, hamamlar, çeşmeler, köşkler ve geleneksel evler gibi mimari öğelerin Diyarbakır şehir mimarisinin oluşumunda önemli bir yeri bulunmaktadır (Şekil 4-5).



Şekil 4. Diyarbakır geleneksel kent dokusu
Kaynak: Sis ,1993



Şekil 5. Diyarbakır evleri, 1910'lar
Kaynak: Eski Türkiye ,1910

Diyarbakır Sur içi bölgesinin en önemli yapı gruplarından biri olan geleneksel konutlar, mevsime bağlı olarak güneşten faydalanma veya uzaklaşma durumuna bağlı olarak dışa değil, içe dönük olacak şekilde avluya baktırılmıştır. Ayrıca bölgeye hakim olan karasal iklimden kaynaklı cephe yüzey alanlarının azaltılması için bina kütleleri komşu bina kütlelerine olabildiğince bitişik yapılmıştır.

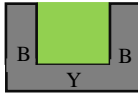
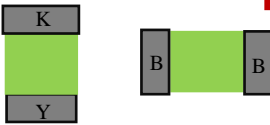

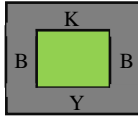
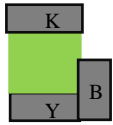



Diyarbakır geleneksel evlerinin mimari biçimlenmesinde;

- topoğrafik özellikler
- sosyo-kültürel etmenler
- iklimsel etkenler
- malzeme
- surlar etkili olmuştur (Özyılmaz, 2017).

Diyarbakır geleneksel evlerinin mimari biçimlenmesinde etkili olan iklim faktörü konutların avlulu ve eyvanlı olarak planlanmasını gerektirmiştir. Eyvan sayısı ve avlulunun büyüklüğü, yapının parsel boyutu ev sahibinin zenginliğine göre değişmektedir. Diyarbakır geleneksel evleri plan tipolojisi olarak dikdörtgen, kare veya yamuk planlı bir avlu ve onu saran bir, iki, üç ya da dört bina kütlelerinden meydana gelmektedir. Avlu etrafında konumlanmış her bir kütle baktığı yöne göre birbirinden farklı özelliklere sahiptir. Evler genellikle bodrum, zemin ve zemin+1 kattan oluşmaktadır. Bodrum katta genellikle depo alanları yer almaktadır. Zemin katta genellikle odalar, eyvan ve servis alanları bulunmaktadır. Zemin+1 katta ise odalar, eyvan ve banyo birimi mevcuttur (Sis, 1993).

Diyarbakır geleneksel konutlarında avlunun konumu ve biçimi tipolojinin farklı plan tipolojilerinin oluşumunu sağlamıştır. Ayrıca mekânların avlu çevresinde mevsimlere göre yerleştirilmiş olması farklı plan tiplerinin oluşumuna sebebiyet vermiştir. Zemin katta bulunan avlu mimari öğesi evin merkezi niteliğindedir. Diyarbakır geleneksel evleri avlu ve etrafındaki yapı kütlelerine göre U, I, L, İç avlulu plan tipolojisine sahiptir (Tablo 1).

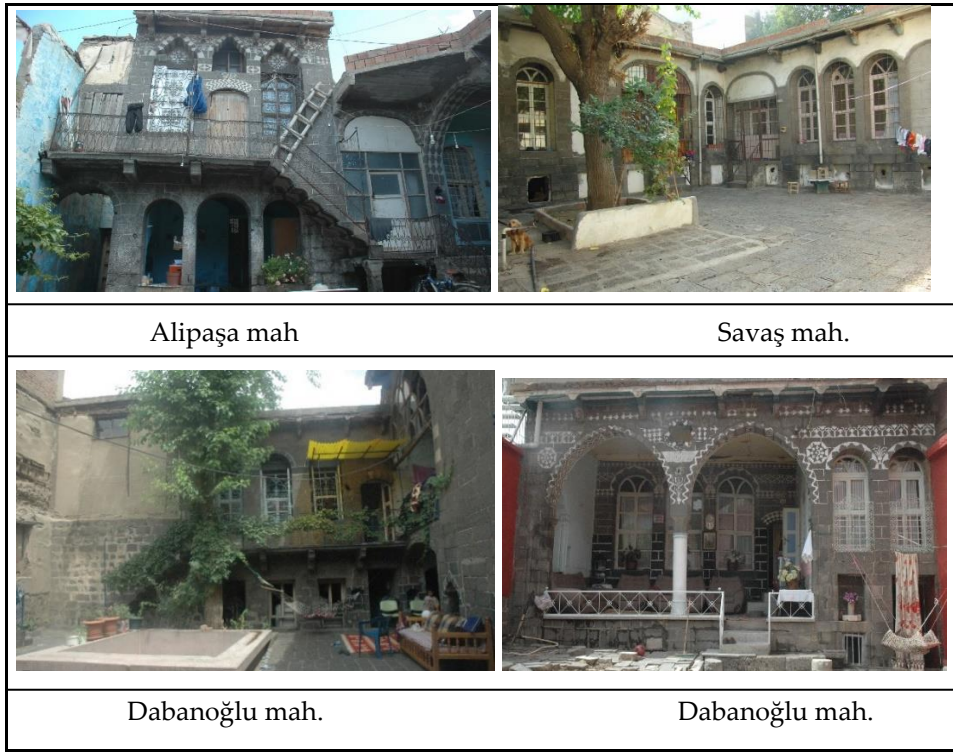
Tablo 1. Diyarbakır geleneksel evlerinde mevsimlik kitlelerin konumu

<u>Plan Tipleri</u>	<u>Mekânların Avlu Etrafında Konumu</u>	<u>Açıklama</u>
U Tipi Plan		Avlunun üç tarafı mekânlarla çevrili olan plan tipidir. Avlunun bir duvarı ise sokağa, bakmaktadır.
I Tipi Plan		Avlunun karşılıklı iki kenarına mekânlar bulunmaktadır. Ortada avlu konumlanmıştır. Bu tip planlar karniyarık plan tipi olarak da adlandırılmaktadır.
L Tipi Plan		Avlunun komşu iki kenarı mekânlarla çevrilidir. Geriye kalan alanlar ise avlu olarak değerlendirilmektedir.
İç Avlulu Plan Tipi		Avlunun dörtkenarı, mekânlarla çevrilidir. Yazlık, kışlık ve baharlık bölümlerine ait tüm mekânlar bu plan tipinde mevcuttur.
Ara plan tipi		Avlunun üç tarafı mekânlarla çevrili olan plan tipidir. Avlunun iki tarafı genellikle açık olup komşu yapı ya da sokağa, bakmaktadır.
K : Kışlık Mekânlar Y: Yazlık Mekânlar B: Baharlık Mekânlar		
 : Mekânlar  : Avlu  : Kuzey Yönü		

Ayrıca birçok yörede olduğu gibi Diyarbakır geleneksel evlerinin bölgeye özgü yapı karakterini oluşturan başlıca mekânlar bulunmaktadır. Bunlar;

- avlu,
- odalar,
- servis kısımları,
- eyvan,
- mekana özgü öğelerdir.

Diyarbakır geleneksel evlerinde cepheler mekanların baktığı yöne göre biçimlenmiş olup birbirinden farklı olabilmektedir. Bu farklılık cephelerde bulunan açıklıkların boyutu, şekli ve sayısı ile oluşmaktadır. Ayrıca mahremiyet kavramı ve ekonomik durumun etkisini cephelerde görebilmek mümkündür. Mahremiyetin etkisi olarak dışa değil de içe doğru yönelmenin olduğu bir plan tipolojisi oluşmuştur. Bu açıdan avluya bakan iç cephelerde açıklık sayısı artmakta ve süslemeler daha yoğun bir şekilde yapılmıştır. Ailenin ekonomik durumu ise cephelerde süsleme detaylarının artmasını ve kullanılan malzemelerin ince bir işçilikle işlenmesine olanak sağlamıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Diyarbakır geleneksel evlerinde cepheler

Genellikle Diyarbakır geleneksel evlerinde cephelerin biçimlenmesini sağlayan mimari elemanlar şunlardır:

- Kapılar
- Pencereler
- Çıkmalar
- Eyvan
- Çatı- saçak

- Gezemek
- Süsler- malzeme

Diyarbakır geleneksel evlerine yönelik yapılan incelemeler sonucunda kültürel değerler, iklimsel veriler gibi birçok faktörün hem mimari planlamada hem de dış cephenin şekillenmesinde etkili olduğu görülmüştür.

E. BULGULAR

Diyarbakır geleneksel evlerine ait 35 adet U plan tipolojisine sahip evin Lindenmayer sistemler ile analizi bu bölümde yapılmıştır. Geleneksel evler için yapılan dallanmada birincil strüktür kat farkını tanımlamada ikincil strüktür ise eve ait mekanların baktığı cephe yönünü belirlemede kullanılmıştır. Diyarbakır Sur içi bölgesinde seçilen geleneksel evlerin dallanma ve kod dizgilerinin oluşumu için Lindenmayer sistem alfabesinde kullanılan komutlar (Tablo 2) ve yapılacak dallanmada tanımlanan kurallar (Tablo 3) aşağıdaki gibidir.

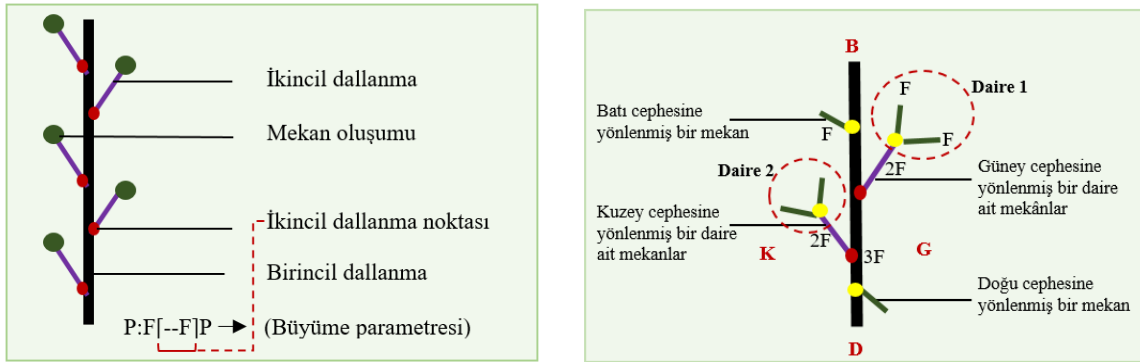
Tablo 2. Geleneksel konutlara ait dallanma ve kod dizgisi için L-sistemi alfabesinde kullanılan komutlar

Yönelim Komutları		
L-sistem kodu	Tanım	Etmen davranışı
+(a)	sola dönme	+x eksenini etrafında, a açısında yada tanımlı açıda sola döner
-(a)	sağa dönme	+x eksenini etrafında, a açısında yada tanımlı açıda sağa döner
Çizim Komutları		
L-sistem kodu	Tanım	Açıklama
f(a)	İleri atla	a birim kadar yada tanımlı ölçüde çizgi çizmeden ilerler
F(a)	Çiz	a birim kadar yada tanımlı ölçüde çizgi çizerek ilerler
Dallanma Komutları		
L-sistem kodu	Tanım	Açıklama
[Dallanmayı başlat	Dallanmayı başlatır ve etmen konumunu kaydeder
]	Dallanmayı bitir	Dallanmayı bitirir ve kaydedilen pozisyona geri döner

Tablo 3. Geleneksel konutlar için Lindenmayer sistemler ile yapılacak dallanmada tanımlanan kurallar

Geleneksel Konutlar İçin Tanımlanan Kurallar		
Kural kodu	Tanım	Açıklama
3F	Ana strüktür büyüme kuralı	Ana strütürde katlar arasındaki kodu tanımlar
2F	İkincil strüktür büyüme kuralı	İkincil strüktürde dairelerin baktığı yönü tanımlar
(F)	Mekan oluşumu	Mekan yönelimini tanımlar
F	Kot farkı	Aynı katta mekanlar arası kot farkını tanımlar

Bitki büyüme ve gelişimini referans alan Lindenmayer sistemler ile hazırlanan modelde yapı üzerinde dallanan birincil ve ikincil strüktürler binanın ana dolaşımını sağlamaktadır. Birincil sirkülasyon, ana strüktür denilen birincil strüktürü tanımlamakta ve kat yüksekliğini ifade etmektedir. İkincil sirkülasyon ise konuta ait mekanların baktığı yöne bağlı olarak belirtilen dallanma noktalarında meydana gelerek kullanım alanlarına bağlanmaktadır (Şekil 7).

**Şekil 7.** Geleneksel konutlar için büyüme, dallanma ve mekân oluşumu şeması

Tanımlaması yapılan komutlar, kurallar ve dallanma ilkeleri ile konutlara ait mekân yönlerinin Lindenmayer sistemler ile yeniden yazılımı ve dallanması yapılmış olacaktır.

1. U Plan Tipli Diyarbakır Geleneksel Evlerinin Lindenmayer Sistemler ile Analizi

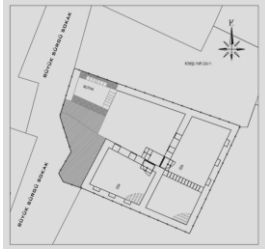
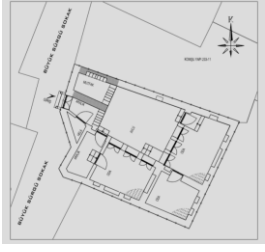
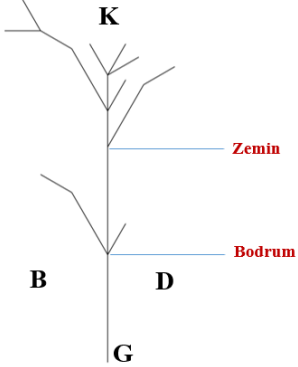
35 adet U plan tipli Diyarbakır geleneksel evi (Tablo 4) Lindenmayer sistemler ile bodrum, zemin ve zemin+1 kat verileri, mekan yönelimleri referans alınarak dallanmaya dahil edilmiş, 10 tanesine ait veriler detaylandırılmıştır¹ (Tablo 5-14).

Tablo 4. U tipli plan tipolojisine sahip konutların mekan yönelmesine ait kat dallanma verileri



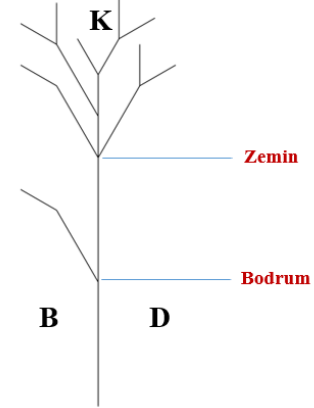
¹ Dallanma yöneliminde (K) Kuzey yönünü, (G) Güney yönünün, (D) Doğu yönünü, (B) ise Batı yönünü tanımlamaktadır. Yapılara ait analiz kartları aşağıda yer almaktadır (Tablo 5 - 14). Geleneksel Diyarbakır evlerinin ada/parsel numarası ve semt isimleri tabloda yer almaktadır. Ancak bilgisi bulunmayan kısımlar için '?' kullanılmıştır.

YAPI ADI	BODRUM KAT	ZEMİN KAT	ARA KAT	ZEMİN+1 KAT
1 Nolu yapı: 233-10	B:1 , K: 1	K:3 , D: 1		B: 1 +1
2 Nolu yapı: 233-13	B:1	K:2 +1 , D: 2, B:3		
3 Nolu yapı: 284-8	G:1	K:3 , B:4		B: 2,G:1,K:3
4 Nolu yapı: 284-13	B:1+2	K:2 , B:2		B: 2,K:1
5 Nolu yapı: 304-25		B:1,D: 2,K:1,G:1+1		
6 Nolu yapı: 265-9	G:1	K:3 +1, B:1, G:3		G:1
7 Nolu yapı: 286-6		K:1 +1, D:4+1, G:2		B: 2,G:1,K:2
8 Nolu yapı: 199-7	K: 1	K:2, D:1, G:2		G:1
9 Nolu yapı: 200-16	K: 1, D:1	K:2, D:1, G:2+1		K:2
10 Nolu yapı: 200-7	K: 1, D:1,B:1	K:2, D:2, B:1		D:1
11 Nolu yapı: 194-54		K:3, D:1, G:3+2		
12 Nolu yapı: 218-49	G:1	K:3, B:1+1, G:2		G:1
13 Nolu yapı: 232-23	K: 1+1, D:1+1,	K:1+1,D:3+1,G:3+2		G:2+1
14 Nolu yapı: 233-2	K: 1, B:1	K:3, B:1, D:1		D:1
15 Nolu yapı: 420-8/9	K: 2, B:1,D:1	K: 3+1, B:3,D:2		B:1
16 Nolu yapı: 415-3	K: 1	K: 4, G:1,D:4,B:1		D:1,K:2
17 Nolu yapı: 417-2	K: 1, B:1	K: 1+1, G:3, B:3+2		G:1, B:3
18 Nolu yapı: 297-23	K: 1, B:2	K: 2, B:2,D:1		
19 Nolu yapı: 417-21	K: 1, B:1	B: 2, D:4, K:3+1		
20 Nolu yapı: 418-21	K: 1, B:1	K: 2, G:1,B:1		K: 2, G:1
21 Nolu yapı: 405-6	G: 1, B:1	G: 2, B:5+2		
22 Nolu yapı: 405-4	K: 2	B: 2+1, D:2, K:1		B:1
23 Nolu yapı: 405-4	K: 1, G:3,B:1+1	K: 1+2, G:1		
No:3				
24 Nolu yapı: 278-3	D: 1, B:2	D: 2, B:2+1,K:3		D:1
25 Nolu yapı: 396/22- 23-24	D: 2	D: 3, B:3,K:5+4		D:1
26 Nolu yapı: 397-1	K: 1, B:1	D: 3, B:3+2,K:3+1		D: 3, B:1
27 Nolu yapı: 498-4	K: 1, B:1	K: 3, B:2,D:2		
28 Nolu yapı: 443-9	D: 1, K:1	D: 3, B:4,K:2+1		K:3
29 Nolu yapı: 407- 13/14	K: 1, B:1	K:4,G:3+2,B:3		G:3+2,B:2
30 Nolu yapı: 382-31	K: 1, B:1	K: 3+1, B:2,D:2		K: 1
31 Nolu yapı: 218/25- 47	D: 2, G:2	D: 2, G:3,K:4		
32 Nolu yapı: 56-9	D: 1	D: 3+1,B:1+2,G:2		G:1+1,B:2+2
33 Nolu yapı: 384/17- 18	K: 1, B:1	B: 2+1, G:3,K:2		G:1+1,B:1
34 Nolu yapı: 265-9	G:1	G:3,D:1,K:3+2		
35 Nolu yapı: 56-8		K:3, G:2, D:1		K:4, G:4+1, D:1



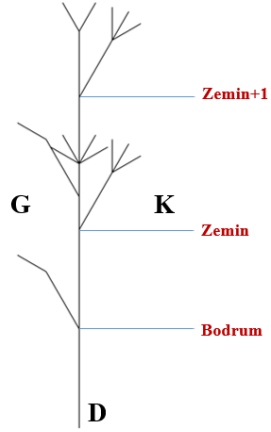

Tablo 5. 233-10 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 1	ADA /PARSEL : 233/10	MAHALLE: ?
		
Bodrum kat planı	Zemin kat planı	
Zemin+1 kat planı		Konuta ait dallanma
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90		
F -> FFF(+FF(+F))(-F)FFF(-FF(-F))(F(+FF(+F(+F)(-F)))(-F))FF(-F)(-F)(+F)		
Konuta ait dallanma kod dizgisi		



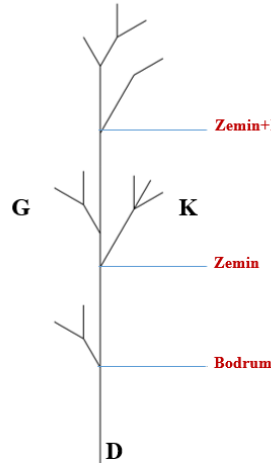

Tablo 6. 233-13 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 2	ADA /PARSEL : 233/13	MAHALLE: ?
		
Bodrum kat planı	Zemin kat planı	
Zemin+1 kat planı		Konuta ait dallanma
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90		
F -> FFF(+FF(+F))FFF(-FF(+F)(-F))(+FF(+F))(F(+FF(+F)(-F)))(FF(+F)(-F)(-F)(+F))		
Konuta ait dallanma kod dizgisi		

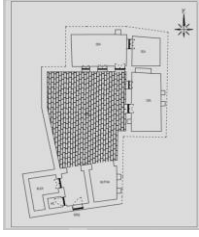
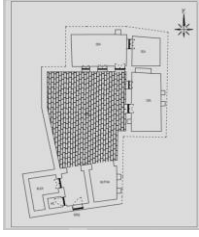
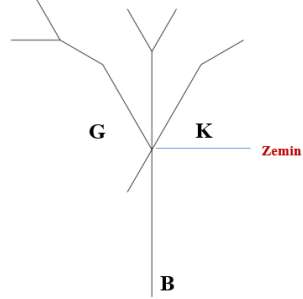
Tablo 7. 284-8 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 3	ADA /PARSEL : 284/8	MAHALLE: ?
		
Bodrum kat planı	Zemin kat planı	
		
Zemin+1 kat planı	Konuta Ait Dallanma	
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90 F -> FFF(+FF(+F))FFF(FF(+F)(+F)(-F)(-F))(-FF(+F)(-F)F)(+FF(+F))FFF(-FF(+F)(-F)F)FF(+F)(-F)		
Konuta ait dallanma kod dizgisi		

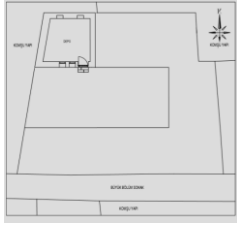
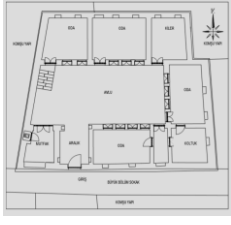
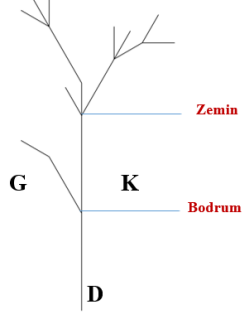
Tablo 8. 384-13 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 4	ADA /PARSEL : 384/13	MAHALLE: ?
		
Bodrum kat planı	Zemin kat planı	
		
Zemin+1 kat planı	Konuta ait dallanma	
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90 F -> FFF(+F(-F)(+F))FFF(-FF(+F)(-F)F)(+F(+F)(-F))FFF(-FF(-F))FF(+F)(-F(+F)(-F))		
Konuta ait dallanma kod dizgisi		


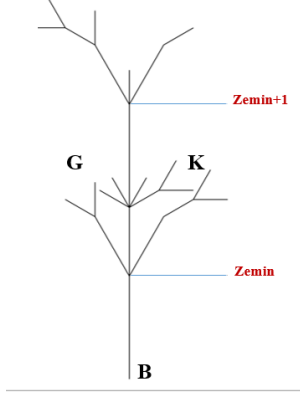
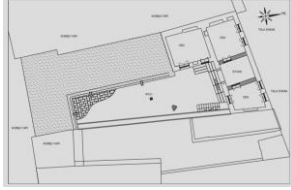
Tablo 9. 304-25 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 5	ADA /PARSEL : 304/25	MAHALLE: ?
		
Bodrum kat planı	Zemin kat planı	
Zemin+1 kat planı	Konuta ait dallanma	
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90 F -> FFF(+++F)(+FF(+F(-F)(+F)))(-FF(-F))FF(+F)(-F)		
Konuta ait dallanma kod dizgisi		

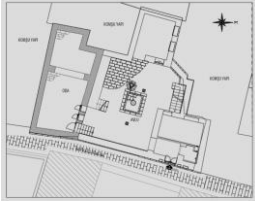

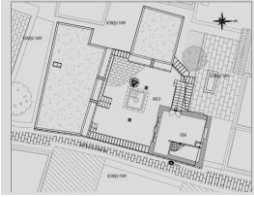
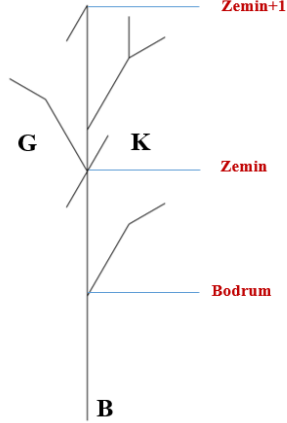
Tablo 10. 265-9 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 6	ADA /PARSEL : 265/9	MAHALLE: ?
		
Bodrum kat planı	Zemin kat planı	
Zemin+1 kat planı	Konuta ait dallanma	
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90 F -> FFF(+FF(+F))FFF(-FF(+F)(-F(+F)(-F))F)(+F)F(+FF(+F)(-F)F)		
Konuta ait dallanma kod dizgisi		

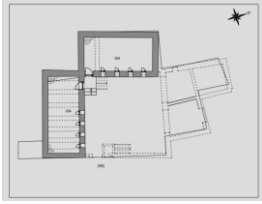
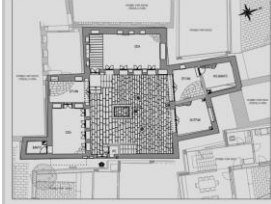
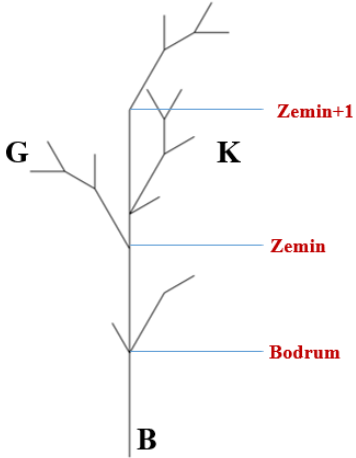
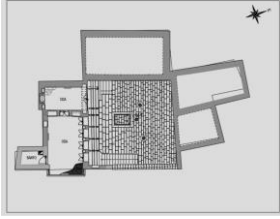
Tablo 11. 286-6 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 7		ADA /PARSEL : 286/6	MAHALLE: ?
			
Bodrum kat planı	Zemin kat planı		
			
Zemin+1 kat planı		Konuta ait dallanma	
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90			
F -> FFF(-FF(-F(+F)(-F)))(+FF(-F)(+F))FF((+F)(++F)(-F(+F)(-F))(-F))FFF(-FF(-F))(+FF(+F(+F)(-F))(-F))(F)			
Konuta ait dallanma kod dizgisi			

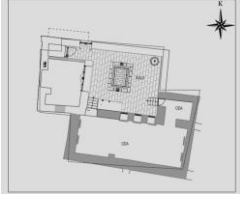
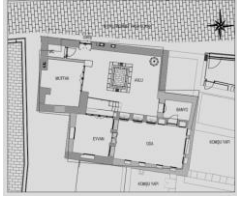
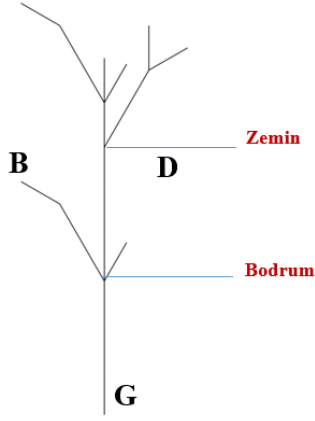
Tablo 12. 199-7 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 8		ADA /PARSEL : 199/7	MAHALLE: ?
			
Bodrum kat planı	Zemin kat planı		
			
Zemin+1 kat planı		Konuta ait dallanma	
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90			
F -> FFF(-FF(-F))FFF(+FF(+F))(-F)(++++F)F(-FF(-F)(+F))FFF(++++F)			
Konuta ait dallanma kod dizgisi			

Tablo 13. 200-16 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 9	ADA /PARSEL : 200/16	MAHALLE: ?
		
Bodrum kat planı	Zemin kat planı	
		
Zemin+1 kat planı		Konuta ait dallanma
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90		
F -> FFF(-FF(-F))(+F)FFF(+FF(-F)(+F(+F)(-F)))F(-FF(-F)(+F(+F)(-F)))((-F)FFF(-FF(+F)(-F(+F)(-F)))		
Konuta ait dallanma kod dizgisi		

Tablo 14. 200-7 nolu yapıya ait analiz bilgileri

YAPI ADI : 10	ADA /PARSEL :200/7	MAHALLE: ?
		
Bodrum kat planı	Zemin kat planı	
		Konuta ait dallanma
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90		
F -> FFF(+FF(+F))(-F)FFF(-FF(-F)(+F))F(+FF(+F)))(-F)(F)		
Konuta ait dallanma kod dizgisi		

35 adet U plan tipli geleneksel Diyarbakır evinin dallanma ve cephe yönelimlerinin;

- bodrum katlarda genel olarak 1 dallanma, cephe yöneliminde ise kuzey ve batı yönlerinin tercih edildiği,
- zemin katlarda, genel olarak 2 ve 3 dallanmanın hakim olduğu görülmekle beraber düşük oranlara sahip 1,4 ve 5 dallanmanın da olduğu, mekanların cephe yöneliminin % 33 lük en yüksek oran ile kuzey yönünde olduğu ve doğu ve batı cephesine yönelimin de sık tercih edildiği,
- zemin+1 katlarda genel olarak 1 ve 2 dallanmanın hakim olduğu, ancak düşük oranlara sahip 3 dallanmanın da görüldüğü, mekanların cephe yöneliminin ise % 30 luk en yüksek oran ile güney ve batı yönünde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. U tipli plan tipolojisine sahip konutların mekan yönlenmesinde kat dallanma değerlendirmesi

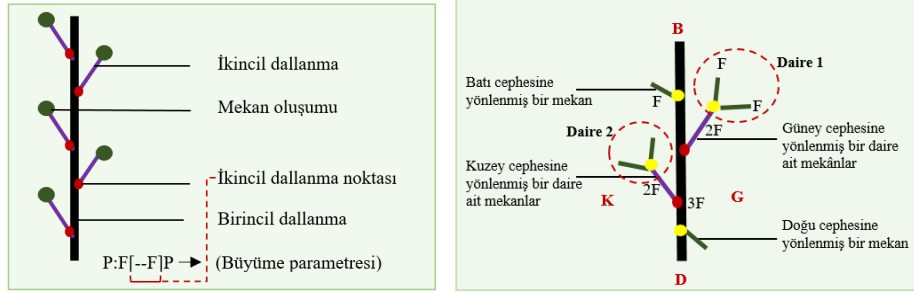
BODRUM KAT	KUZEY	GÜNEY	DOĞU	BATI
Genel Dallanma %: %84 1D, %12 2D, %4 3D	%90 1D, %10 2D	%80 1D, %10 2D %10 3D	%80 1D, %20 2D	%88 1D, %12 2D
Genel Cephe Yönelim %:	%38	%12	%18	%32
ZEMİN KAT	KUZEY	GÜNEY	DOĞU	BATI
Genel Dallanma %: %24 1D, %34 2D, %31 3D, %8 4D, %4 5D	%16 1D, %32 2D %36 3D, %12 4D, %4 5D	%28 1D, %28 2D, %44 3D	%27 1D, %40 2D, %23 3D, %10 4D	%30 1D, %33 2D, %25 3D, %8 4D %4 5D
Genel Cephe Yönelim %:	%33	%15	%25	%27
ZEMİN+1 KAT	KUZEY	GÜNEY	DOĞU	BATI
Genel Dallanma %: %58 1D, %28 2D, %14 3D	%25 1D, %50 2D, %25 3D	%82 1D, %9 2D %9 3D	%83 1D, %17 3D	%45 1D, %45 2D %10 3D
Genel Cephe Yönelim %:	%22	%30	%18	%30

1.1. Mimari Tasarımda Lindenmayer Sistemlerin Üretken Sistem Olarak kullanımı

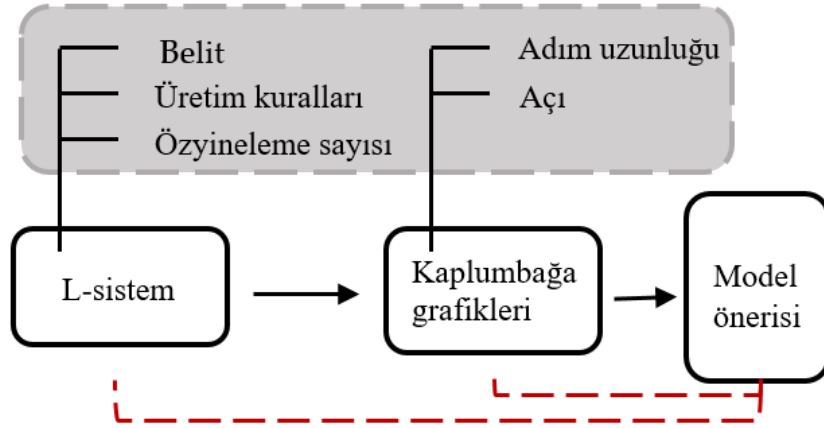
L-sistemlerinin karmaşık biçimleri üretmedeki hızları, L-sistemlerini mimari tasarımda kullanmak için tercih edilen bir üretken sistem yapmaktadır (Aldemir,2014). Çalışmada Lindenmayer sistemler kullanılarak tasarlanan modelde, dallanan bir yapı oluşturmak amacıyla DOL-sistemi kullanılmıştır. Ayrıca Lindenmayer sistemlerde; belit (axiom) , öz yineleme sayısı ve üretim kurallarına bağlı olarak türetilen dizgiler kaplumbağa grafikleri kullanılarak görselleştirilmiştir. Bitki büyüme ve gelişimini referans alan bu yöntem ile hazırlanan modelde ana sirkülasyon yapısı olarak tanımlanan birincil strüktür ve yapının üzerinden dallanan, ikincil strüktürler binanın temel dolaşımını sağlamaktadır. Önerilen model için büyüme simülasyonunun gerçekleştirildiği L sistemi kodunun anlatımı (Tablo 16) ve çalışma kapsamında hazırlanan Algoritma akış şeması (Şekil 8) aşağıdaki gibidir:

Tablo 16. İdeal konut tipolojileri için büyüme, dallanma ve mekan oluşumu

İdeal konut tipolojileri için büyüme , dallanma ve mekan oluşum şeması



Ayrıca çalışma kapsamında hazırlanan Algoritma akış şeması aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 8).



1842 | Şekil 8. L-sistem algoritma akış şeması

Örnek bir büyüme algoritmasının süreç adımları; aşağıda ifade edildiği şekilde tanımlanabilmektedir.

- Aksiyomun yani başlangıç durumunun tanımlanması;

- Ana strüktürün büyüme kurallarının belirlenmesi;
- Dallanma kurallarının oluşturularak büyüme kurallarına eklenmesi;
- Değişkenlerin eklenmesi;
- Kullanım alanlarının dallanan yapıya eklenmesidir.

Ana strüktürün büyüme algoritması, önerilen modelde avluyu tanımlamaktadır. Avlu bir binanın ana sirkülasyonun sağlandığı çekirdek olarak düşünülmüştür. Ana strükture bağlanacak ikincil dalanma ise dallanma sayısı ve yönelimine bağlı olarak ikincil büyüme kuralını tanımlamaktadır. İkincil dallanmaya; açık alan, kapalı, alan veya ortak alan gibi kullanım alanların eklenmesi ile mekan oluşumu sağlanacaktır. Ayrıca modelde; kaplumbağa adım uzunluğu ve yönelim açısı değişken olarak kullanılmıştır ² (Tablo 17).

Tablo 17. modelde konutlara ait dallanma ve kod dizgisi için L-sistemi alfabesinde kullanılan komutlar

Yönelim Komutları		
L-sistem kodu	Tanım	Etmen davranışı
+(a)	sola dönme	+x eksenini etrafında, a açısında yada tanımlı açıda sola döner
-(a)	sağa dönme	+x eksenini etrafında, a açısında yada tanımlı açıda sağa döner
Çizim Komutları		
L-sistem kodu	Tanım	Açıklama
f(a)	İleri atla	a birim kadar yada tanımlı ölçüde çizgi çizmeden ilerler
F(a)	Çiz	a birim kadar yada tanımlı ölçüde çizgi çizerek ilerler
Dallanma Komutları		
L-sistem kodu	Tanım	Açıklama
[Dallanmayı başlat	Dallanmayı başlatır ve etmen konumunu kaydeder
]	Dallanmayı bitir	Dallanmayı bitirir ve kaydedilen pozisyona geri döner

Lindenmayer system alfabesinde kullanılan semboller aşağıda gösterilmektedir.

$V=\{F,+,-,[,]\}$ (Alfabe)

ω : F (Aksiyom)

p: (Kural)

Lindenmayer programı aracılığıyla kod dizgisi tanımlarken üç sabit belirlenmiştir. Bunlar;

- F,
- angle,
- start angledir.

² L-sistemlerinin dizgi türetimi ve kaplumbağa grafiklerinin kullanımı aşamasında Przemyslaw Prusinkiewicz ve Aristid Lindenmayer'in "The Algorithmic Beauty of Plants" adlı kitabında yer alan alfabe (semboller) referans alınmıştır.

F: Kaplumbağanın atacağı ilk adım olarak tanımlanmıştır. Yani başlangıç aksiyonu olarak kabul edilmiştir. Kaplumbağanın atacağı adımlar F nin katlarının azaltılıp artmasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.



Angle: Programda belirtilen üç sabitten biri olup 30 derece olarak kabul edilmiştir. Geleneksel konutların dallanma açısı 30 derece olarak alındığı için yeni dallanmalarda da aynı açı referans alınmıştır.

Start Angle: Start angle başlangıç açısı olarak belirlenen bir diğer sabittir. Bitki büyüme gelişimi yukarı yönde geliştiği için başlangıç açısı 90 derece olarak kabul edilmiştir.

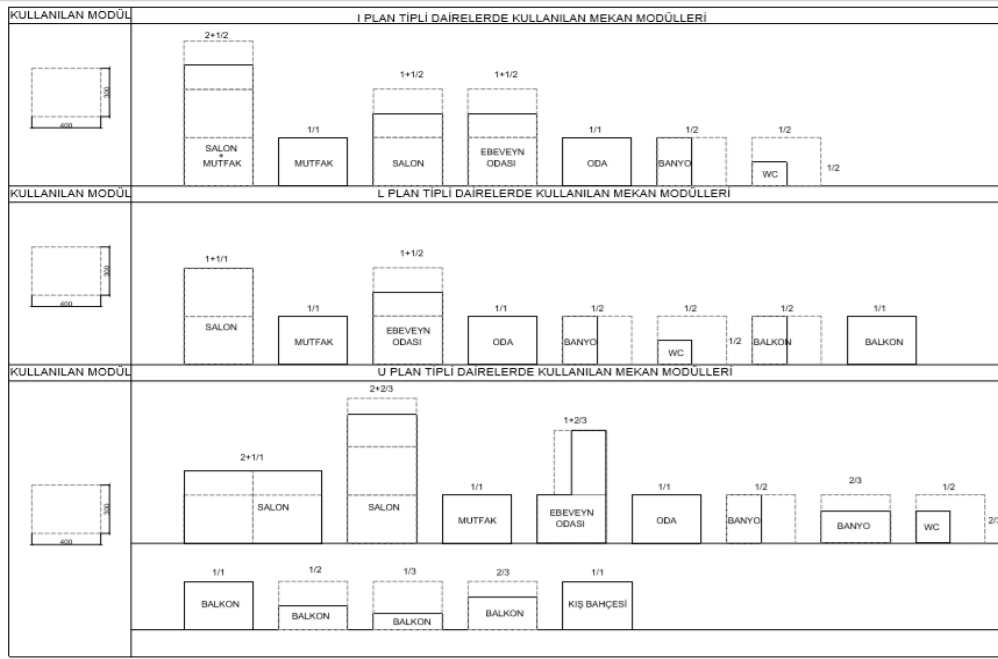
Önerilen modelde, daire tipleri olarak ifade edilen konutlar için yapılan dallanmada birincil strüktür kat farkını tanımlamada ikincil strüktür ise konuta ait mekanların baktığı cephe yönünü belirlemede kullanılmıştır.

Diyarbakır ili için önerisi yapılan modelde konutların dallanma ve kod dizgilerinin oluşumu için Lindenmayer sistem alfabesinde kullanılan komutlar ve tanımlanan kurallar aşağıdaki gibidir (Tablo 18).

Tablo 18. Çağdaş konutlar için Lindenmayer sistemler ile yapılacak dallanmada tanımlanan kurallar

İdeal Konut Tipolojileri İçin Tanımlanan Kurallar		
Kural kodu	Tanım	Açıklama
3F	Ana strüktür büyüme kuralı	Ana strütürde katlar arasındaki kodu tanımlar
2F	İkincil strüktür büyüme kuralı	İkincil strüktürde dairelerin baktığı yönü tanımlar
(F)	Mekan oluşumu	Mekan yönelimini tanımlar
F	Kot farkı	Aynı katta mekanlar arası kot farkını tanımlar
	Mekan yönü	Mekanların baktığı yönü ifade eder
	Bağlantılı mekan	Bağlantılı mekanları tanımlar

Çalışma kapsamında ideal daire tipolojilerini oluşumu için Diyarbakır geleneksel evlerine ait oda modül ölçüleri incelenerek en uygun modül bulunmaya çalışılmıştır. Yapılan analizler doğrultusunda odaların kısa kenarı 3-4 m aralığında uzun kenarının ise 6-7 m aralığında değişen ölçülere sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca evlerde 3-4 m uzunluğa sahip odalar yoğunluklu olarak tercih edilmiştir. Hazırlanan çalışmada ideal tipoloji oluşumu için 3*4 m uzunluğa sahip oda modülünün kullanımına karar verilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. İdeal tipolojilerin oluşumunda kullanılan modüller

2. Lindenmayer sistemler ile U plan tipli üretken model önerisi

U plan tipli Diyarbakır geleneksel konutları için yapılan Lindenmayer analiz çalışmaları sonucu mekanların cephe yöneliminin kuzey, batı ve doğu yoğunluklu olduğu tespit edilmiştir. Geleneksel konutlarda her cephe için dallanma yüzdesi fazla olan dal sayısı kırmızı kutu içerisinde belirtilmiştir³. Diyarbakır şehir iklimi düşünülerek en uygun mekan yöneliminin kuzey ve daha sonra doğu olduğu elde edilen veriler sonucunda ulaşılmıştır. Ayrıca Diyarbakır ili, yazları sıcak ve kurak bir yaz mevsimi, kışları Doğu Anadolu'daki kadar sert ve soğuk geçmeyen karasal iklim özelliklerini taşımaktadır. Hakim yönü ise rüzgar kuzeybatı (karayel) yönlüdür. İlde karasal iklimin etkileri yapıların formuna yansımaktadır. Bu yansıma evlerin ayrılmaz bir parçası haline gelen avlu ile görülmektedir. Ortalama yüksek sıcaklık 22.5 °C iken yaz aylarında 46 °C yi bulabilmektedir. Bu açıdan iklimsel verilere bakıldığı zaman da en uygun yönün kuzey ve doğu olduğu görülmektedir. Hazırlanan örnek ideal tipolojilerinde, Diyarbakır iklimi ve dallanma verilerine dikkat edilerek mekanlar yönlendirilmiştir.

%15 GÜNEY -> D, 2D,4D

%27 BATI ->1D 2D, 3D,4D,5D

%33 KUZEY -> D, 2D,3D, 4D,5D

% 25 DOĞU -> D, 2D, 3D,4D

İdeal konut tipolojileri oluşumunda üretken sistemlerden Lindenmayer sistemler kullanılarak bu anlamda farkındalık yaratılmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda doğa ile uyumlu mekan yönelme verileri

³ Tekil konutların üretiminde zemin kat verileri önem arz ettiği için bu verilerden faydalanarak ideal konut tipoloji üretimi sağlanacaktır.

referans alınarak ideal tipolojiler oluşturulmuştur. Bu mantıkla sayısız örnek tipolojinin oluşturulabilmesi mümkün olacaktır. Gerek farklı kat planları oluşu ile ya da katlarda tasarlanması düşünülen daire sayılarının farklılaşması ile birçok farklı alternatif örneğin ortaya konulabilmesi sağlanabilecektir.

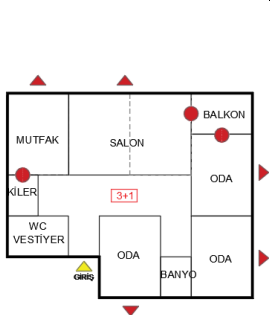
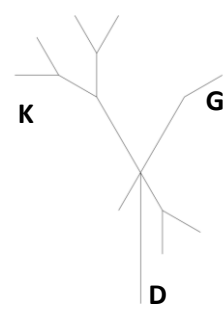
Çalışmada yeni konut tasarımları için geleneksel konutlarda bulunan mekanların baktığı cephelere ait yüzdelik oranları ve dallanma sayılarına dikkat edilerek Lindenmayer sistemler aracılığıyla yeni kod dizgisi tanımlanmıştır. Tanımlanan kod dizgisi dallandırılıp aynı zamanda 2d olarak plan düzlemine aktarılmıştır. İdeal tipoloji üretiminde büyük metrekareli daireler için dallanma verilerinden 4D ve 5D gibi dallanma verileri planlamada önem arz ederken 2D ve 3D li dallanma sayıları daha küçük metrekareye sahip daire üretiminde referans alınabilecektir. Çalışmada elde edilen veriler aracılığıyla U plan tipli konut tipolojisi için 3+1 ve 4+1 daire önerisinde bulunulmuştur. Ayrıca Diyarbakır geleneksel evlerinde bulunan eyvan ögesi, üretimi yapılan çağdaş konutlarda üç tarafı kapalı bir tarafı açık olan balkon kullanımına dönüştürülmüştür. Hazırlanan U plan tipli 3+1 ideal daire tipolojisi A, 4+1 ideal daire tipolojisi ise B olarak ifade edilmiştir.

A: Tasarlanacak U plan tipli 3+1 konut tipine ait plan kodunu tanımlamaktadır.

B: Tasarlanacak U plan tipli 4+1 konut tipine ait plan kodunu tanımlamaktadır.

Çalışma kapsamında U plan tipli 3+1 ve 4+1 konutta ait; plan, dallanma görseli ve kod dizgisi aşağıdaki tabloda gösterilmektedir (Tablo 19-22).

Tablo 19. U plan tipli 3+1 daire

3+1 U Plan Tipli Konut Dizgisi	
	
Plan Görseli	Dallanma Görseli
Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90	$A 1 : F \rightarrow FFF(\underbrace{\text{-----}(-F)(+F(-F)(+F))}_{D})(+FF(\underbrace{\text{-----}}_{K}))$ $F(\underbrace{\text{-----}(-F)(+F(+F)(-F))}_{K})(\underbrace{\text{-----}(-FF(-F))}_{G})$
Konuta ait dallanma kod dizgisi	A 1 : Tasarlanacak U plan tipli 3+1 konut tipine ait dizgi kodu

Tablo 20. U plan tipli 3+1 daire

3+1 U Plan Tipli Konut Dizgisi	
Plan Görself	Dallanma Görself
<p>Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90</p>	$A2 : F \rightarrow FFF(\underbrace{\text{-----}(-F)}_D)(+FF(\underbrace{-F(+F)(-F)}_K))(\underbrace{-F(+F)}_G)$ $(\underbrace{-F)}_G)(+F(+F)(-F))(+F(+F)(-F))F(+F)(-F)(-FF(-F(+F)(-F)))$
Konuta ait dallanma kod dizgisi	A2: Tasarlanacak U plan tipli 3+1 konut tipine ait dizgi kodu

Tablo 21. U plan tipli 4+1 daire

4+1 U Plan Tipli Konut Dizgisi	
Plan Görself	Dallanma Görself
<p>Axiom: F, Angle: 30, StartAngle: 90</p>	$B1 : F \rightarrow FFF(\underbrace{\text{-----}(-F)(+F(+F)(-F))}_D)(+FF(\underbrace{-F(+F)(-F)}_K))(\underbrace{-F(+F)}_G)$ $F(+F)(-F)(+F(+F)(-F))F(+F)(-F)(-FF(-F(+F)(-F))(\underbrace{-FF(-F(+F)(-F))}_G))$
Konuta ait dallanma kod dizgisi	B1 : Tasarlanacak U plan tipli 4+1 konut tipine ait dizgi kodu

Kaynakça

- Akyol Altun, D. & Örgülü, B. (2014). Towards a different architecture in cooperation with nanotechnology and genetic science: new approaches for the present and the future. *Architecture Research*, 4 (1-B), 1-12.
- Aldemir, B. (2014). *Bina kabuğunun biçimlenmesinde doğal süreçlere dayalı üretken yaklaşımlar* (Yayımlanmış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. William Morrow And Company Inc.
- Cestel , E. (2008). *Yüksek yapıların kavramsal tasarım sürecinde üretken yaklaşımlar* (Yayımlanmış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- LeBouthillier, A. (1999). W. Gray Walter ve kaplumbağa robotları.
<https://home.csulb.edu/~wmartinz/content/w-grey-walter-and-his-turtle-robots.html>
- Dizdar, H. (2009). *İklimsel tasarım parametreleri açısından geleneksel ve yeni konutların değerlendirilmesi: Diyarbakır örneği* (Yayımlanmamış yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dalkılıç, N. & Bekleyen, A. (2011). *Medeniyetler mirası Diyarbakır mimarisi*. Diyarbakır valiliği kültür ve sanat yayınları.
- Direk, Y. S. (2006). Sosyo-kültürel yapının konut oluşumuna etkisi: Diyarbakır örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(16), 105-113.
- Diyarbakır valiliği (t.y.). Diyarbakır tarihi.
<http://www.diyarbakir.gov.tr/diyarbakir-tarihi>
- Erdoğan , E. & Sorguç, A. (2011). Hesaplamalı modeller ve doğal biçim türetimi. *Metu İfa*, 28(2) ,269-281.
- Eski Türkiye (t.y.). Diyarbakır geleneksel evleri.
<http://www.eskiturkiye.net/3556/diyarbakir-1910-lar#lg=0&slide=0>
- Fischer, T. & Herr, C. M. (2001). *Teaching generative design*. Proceedings of the 4th conference on generative art.
- Gausa, M. (2003). *Dynamic time - <in>formal order: <un>disciplined trajectories*. The metapolis dictionary of advanced architecture. Actar Press.
- Herr, M.C. (2002). *Generative architectural design and complexity theory*. Generative art conf.
- Kuhn, T. (1970). *The structure of scientific revolutions*. University Of Chicago Press.
- Kotnik, T. (2010). Digital architectural design as exploration of computable functions. *Ijac*, 8(1), 1-16.
<https://doi.org/10.1260/1478-0771.8.1.1>
- O'Connor, J. J. & Robertson, E. F. (2000). Niels Fabian Helge von Koch. MacTutor History of Mathematics.
<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Koch.html>
- Özyılmaz, H. & Sahil S. 2017. Sosyal yapı değişiminin mimari yapıya yansımaları: Diyarbakır Örneği. *Megaron Dergisi*, 12(4), 531-544.

- Prusinkiewicz, P. & Lindenmayer, A. (1996). *The Algorithmic Beauty of Plants*. Springer-Verlag.
- Hensel, M. (2006). Computing self-organisation: environmentally sensitive growth modelling. *Architectural design*, 76(2), 12-17.
- Hansmeyer, M. (2003). L-systems in architecture. <http://www.michael-hansmeyer.com/flash/l-systems.html>
- Parish, Y. I. H., & Muller, P. (2001, August). Procedural modeling of cities. In *SIGGRAPH '01: Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (p-301-308).
- Portfolio. (t.y.). Lindenmayer sistemler. www.mh-portfolio.com
- Rocker, I. M. (2006). When code matters, programming cultures: art and architecture in the age of software, *Architectural Design*, 76(4), 16-25.
- Singh, V. & Gu, N. (2011). Towards an integrated generative design framework. *Design studies*, 3(2),185-207.
- Sis, M. (1993). *Eski Diyarbakır Sur İçi Konutlarında İklimin Tasarıma Etkisi Üzerine Bir Araştırma* (Yüksek Lisans Tezi). Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zeytün, B. (2014). *Mimari tasarımda biyomorfik yaklaşımlar* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Yakınoğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

