



Toplu Konutların Ön Tasarımı İçin Üretken Bir Bilgisayar Modeli

A Generative Computer Model for Preliminary Design of Mass Housing

Ahmet Emre DİNÇER,¹ Gülen ÇAĞDAŞ,² Hakan TONG²

ÖZET

Bilgi teknolojilerinin sürekli olarak yenilediği ve geliştiği, Enformasyon Çağı olarak adlandırdığımız günümüzde, mühendislik alanlarında olduğu gibi, mimarlık alanında da “Hesaplamalı Tasarım” ya da “Sayısal Tasarım” adı altında yeni bir yaklaşımın ortaya çıktığı ve tasarım sürecinin tüm aşamalarında etkisini belirgin bir biçimde hissettirdiği görülmektedir. Bu yeni yaklaşım, tasarımın mühendislik problemlerine yakın analitik problemlerinin (maliyet tahmini, sirkülasyon sisteminin ve çevresel etkenlerin değerlendirilmesi gibi) çözüm süreçlerinde, geleneksel yöntemlerle tasarlanan binaların değerlendirme, temsil ve sunum aşamalarında kullanılmaya başlanmıştır. Yazılım ve donanım teknolojisinin gelişimiyle birlikte, ön tasarım aşamaları için geliştirilen sayısal araçlarla, mimari ürünlerin tasarımı ve üretim uygulamalarına yönelik çalışmalar olarak gelişmiştir. Bu çalışmada, hesaplamalı tasarım yaklaşımına dayalı üretken tasarım sistemlerinden biri olan Hücresel Özdevinim ile toplu konutların ön tasarım aşamasında kullanılabilecek bir bilgisayar modeli sunulmaktadır. 3Ds Max yazılımının betikleri (script) geliştirilen bu hesaplamalı model; toplu konutların vaziyet planı tasarımına, kullanıcı tercihinin göre yapılan kat planı düzenlemelerine ve cephe tasarımına uygulanmıştır. Geliştirilen bilgisayar modelinin kullanımıyla, farklı konut tiplerine ait çok sayıda alternatif hızla üretilebilmiştir. Model için geliştirilen bilgisayar arayüzü ile kullanıcıların konuta ait boyutsal ve işlevsel tercihlerini modele aktarmaları sağlanarak, etkileşimli bir tasarım aracı geliştirilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, yenilikçi mimarlık yaklaşımları açısından tartışılmıştır.

ABSTRACT

Today, we live in what we call the “Information Age”, an age in which information technologies are constantly being renewed and developed. Out of this has emerged a new approach called “Computational Design” or “Digital Design”. In addition to significantly influencing all fields of engineering, this approach has come to play a similar role in all stages of the design process in the architectural field. In providing solutions for analytical problems in design such as cost estimate, circulation systems evaluation and environmental effects, which are similar to engineering problems, this approach is being used in the evaluation, representation and presentation of traditionally designed buildings. With developments in software and hardware technology, it has evolved as the studies based on design of architectural products and production implementations with digital tools used for preliminary design stages. This paper presents a digital model which may be used in the preliminary stage of mass housing design with Cellular Automata, one of generative design systems based on computational design approaches. This computational model, developed by scripts of 3Ds Max software, has been implemented on a site plan design of mass housing, floor plan organizations made by user preferences and facade designs. By using the developed computer model, many alternative housing types could be rapidly produced. The interactive design tool of this computational model allows the user to transfer dimensional and functional housing preferences by means of the interface prepared for model. The results of the study are discussed in the light of innovative architectural approaches.

¹Karabük Üniversitesi, Safranbolu Fethi Toker Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Karabük;

²İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul.

¹Department of Architecture, Safranbolu Fethi Toker Faculty of Fine Arts and Design, Karabük University, Karabük;

²Department of Architecture, Faculty of Architecture, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.

Başvuru tarihi: 20 Şubat 2014 (Article arrival date: February 20, 2014) - Kabul tarihi: 28 Mart 2014 (Accepted for publication: March 28, 2014)

İletişim (Correspondence): Ahmet Emre DİNÇER. **e-posta (e-mail):** aedincer@karabuk.edu.tr

© 2014 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2014 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

Mühendislik ve mimarlık alanlarında, bilgisayar teknolojilerinin giderek yaygın olarak kullanılması, mühendis ve mimarlara tasarım problemlerinin çözümlerinde önemli katkılar sağlamaktadır. Bilgisayar bilimindeki ve tasarım kuramlarındaki gelişmeler ile yazılım ve donanım teknolojilerinin gelişimine bağlı olarak ortaya çıkan “Hesaplamalı tasarım” yaklaşımının kullanımı, günümüz mühendislik ve mimarlık eserlerine yansımaktadır. Bu gelişmelerin temelinde ise farklı paradigmlar yer almaktadır.

16.yy’dan bu yana bilimsel metodolojide iki temel paradigma bulunmaktadır: Bunlardan birincisi “deneysel” paradigma, ikincisi ise teorik paradigma olarak bilinir. Deneysel ve teorik paradigmların kökleri çok eskilere dayanır ve bu paradigmlar Pythagoras, Euclid, Archimedes gibi bilim adamları tarafından kullanılmıştır. II. Dünya Savaşı’ndan sonra, üçüncü bir bilimsel paradigma ortaya çıkmıştır. Bu paradigma bilgisayar benzetimlerinin kullanımıyla birlikte ortaya çıkan “Hesaplamalı paradigma” olarak bilinir. Bu yeni yaklaşım ne sadece kuramsaldır; ne de sadece deneyseldir (Hoextra ve diğ., 2010, s.24). Hesaplamalı paradigmaya dayalı modeller fizik, kimya, biyoloji, ekonomi, sosyal bilimler, mühendislik ve mimarlık alanlarında etkin olarak kullanılmaktadır.

Diğer yandan, mimaride son dönemlerde önemi giderek artan ve karmaşık ilişkiler içeren büyük ölçekli konut projelerinde, çok sayıdaki farklı kullanıcı tiplerinin farklı ihtiyaçlarına cevap verebilecek, alternatifli düşünmeyi sağlayabilecek ve özgünlüğü koruyabilecek bir sayısal karar destek aracına ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, bu konuda mimaride sunulan hesaplamalı paradigmaya dayalı modeller yetersiz kalmakta ya da tam anlamıyla değerlendirilmemektedir. Bu makalede de bu kapsamda hazırlanan doktora tezi çalışmasında¹ geliştirilen, karmaşık ilişkileri barındıran toplu konut tasarımı uygulamalarında kullanılabilir ve yenilikçi tasarım araçlarından biri olan Hücresel Özdevinim yaklaşımı ile geliştirilen yeni bir tasarım aracı tanıtılmaktadır.

Bu makale üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde mimari tasarımda değerlendirilen üretken tasarım araçlarının genel özellikleri, kullanım alanları ve olumlu ya da olumsuz yönlerine yer verilmektedir. İkinci bölümde ise bu araçlardan Hücresel Özdevinim yaklaşımı seçilerek, bu aracın özellikleri konu bağlamında, çok daha ayrıntılı bir şekilde irdelenmektedir. Üçüncü bölümde toplu konutların ilk tasarım aşamasında kullanılmak amacıyla geliştirilen sayısal model tanıtılmakta;

özellikleri ve uygulama örnekleri açıklanmaktadır. Sonuç bölümünde de geliştirilen modelin mimari tasarım alanındaki potansiyeli ve bu alana sağlayabileceği katkılara yer verilmektedir.

Üretken Tasarım Araçları

Hesaplamalı (sayısal) tasarım yaklaşımları, bu alanda geliştirilen çeşitli üretken tasarım yöntemleriyle ve modelleriyle uygulanmaktadır. Bu modeller beş grup altında incelenmektedir: Biçim Gramerleri, Genetik Algoritmalar, L-Sistemler, Hücresel Özdevinim ve Toplu Zekâ-Çoklu Etmenler. Bu araçların özellikleri şu şekilde açıklanabilir (Singh ve Gu, 2012):

Biçim gramerleri (BG) tasarım dili veya kümelerinin üretiminde kullanılan biçim kuralları dizisidir. Şekiller dizisi, semboller dizisi, biçim kuralları ve başlangıç şekli olmak üzere dört temel bileşenden oluşur (Stiny, 1990). Tanımlayıcı ve üretici özelliğe sahiptir. Biçim gramerleri genelde örüntülerin, iki ve üç boyutlu kompozisyonların ve mekânsal topolojilerin üretiminde kullanılmaktadır (Çağdaş, 1996; Duarte, 2001). Mühendislik ve mimarlık tasarımlarında, biçim grameri en yaygın olarak kullanılan sayısal araçtır.

L-Sistemler (LS), karakter yazımlarıyla yinelemeli bir şekilde uygulanabilen bir üretim kuralları kümesidir (Singh ve Gu, 2012). Doğrusal olarak biçimin kendisinden ziyade sembolik temsili olan karakterlerle işletilmesinden dolayı Biçim gramerlerinden farklıdır. Genellikle tekrar eden örüntülerin, fraktallerin ve organik biçimlerin üretiminde kullanılmaktadır. Tasarım alanında ise ulaşım ağları, kent planlama ve yapı formlarının üretiminde değerlendirilmektedir.

Hücresel Özdevinim (HÖ), genellikle iki veya üç boyutlu olarak düzenli Kartezyen ızgaralar üzerinde düzenlenen hücreler dizisidir (Fischer, 2008, s.15). Hücreler kurallara bağlı farklılaşan ön tanımlı durumları yüklenir. Genelde basit ve az olan kurallarda, yakın komşuluktaki hücrelerin durumuna göre, her bir hücrenin durumunun nasıl değişeceğini belirler. Belirli zaman aralıklarında bu kuralları işleyen hücreler dinamik ve belirli ölçüde belirleyici olmayan bütüncül örnekler türetebilmektedir. Genelde HÖ, mimaride kentsel tasarım, bölgeleme ve bina kütleleri gibi komşuluk ilişkilerine bağlı sosyal etkenlerin çalışılmasında kullanılır. Mimari tasarım alanındaki ilk uygulaması ise yalnızca ön tasarım aşaması için geliştirilmiştir (Herr, 2008).

Genetik Algoritmalar (GA), bir araştırma uzamındaki durumlar topluluğu içerisinde, uygunluk fonksiyonuyla en uygun olanlarının bulunması amacıyla kullanılan bir evrimsel süreç analogisidir (Singh ve Gu, 2012). Araştırma uzamı belirli bir alfabenin elemanla-

¹ Makalenin verilerinin temel alındığı doktora tezi araştırması için bkz; Dincer, 2014.

rından ibaret sabit veya değişken uzunlukta karakter dizileridir. Genotip uzam, bir diğer (fenotip) araştırma uzamıyla eşleştirilir. Uygunluk fonksiyonu da fenotip uzamda durum işlevi olarak tanımlanır. Genetik algoritmaların da, biçim gramerleri gibi, son zamanlarda önemi giderek artmaktadır. Tasarım çalışmalarında, tasarım optimizasyonu, mekânsal düzenlemeler ve mimari formların oluşturulmasında kullanılmaktadır. Genetik Algoritmalar ile konut bloklarının 3B tasarımı yapılmaktadır (Güngör ve diğ., 2011).

Toplu Zekâ-Çoklu Etmenler (TZ) ise, böcek kolonilerinin ve diğer hayvanların toplu davranışından esinlenilerek oluşturulan tasarım algoritmaları ya da dağıntık problem çözme araçları olarak tanımlanır (Bonabeau ve diğ., 1999). Bu yöntem, kendi öğretileri doğrultusunda otomatik olarak hareket edebilme yeteneğine sahip yazılım sistemleridir (Singh ve Gu, 2012). Burada etmenler bağımsız olarak hareket edebilmekte veya birbirleriyle rekabet, işbirliği ve ortak bir amacı elde etme konusunda etkileşebilir ya da iletişim kurabilirler. Bu yöntem tasarım çalışmalarının kullanılabilirliği, iz, yöntem ve biçim bulma uygulamalarında değerlendirilmektedir (Coates ve Schmid, 1999).

Tasarım çalışmalarında, üretici tasarım araçlarının durumlarını ve olumlu-olumsuz yönlerini teknik özellikler, tasarım hedefleri ve sistem geliştirme nitelikleri bakımından karşılaştırmak mümkündür (Singh ve Gu, 2012):

Teknik Özellikler bakımından, Hüresel Özdevinim paralel hesaplamalı süreçler ve bağlama duyarlı büyüme örneklerin benzetiminde; benzer özellikler taşıyan SG ve LS ise aşamalı bir şekilde örüntülerin üretiminde, özellikle de biçim tabanlı tasarımlarda kullanılırdır. HÖ kısıtlamalar içerirken; BG ve LS'de böyle bir zorunluluk yoktur. BG ile LS arasındaki temel farklılık LS sembolik; BG ise geometriktir. BG ve LS 'den farklı olarak GA'da her döngüde tasarım keşfi ve seçimi vardır. Bundan başka GA rastlantısal tasarım türetebilme özelliğinden dolayı, belirli kurallar dâhilinde işleyen ve zaman alan BG ve LS'ye göre modellenmesi çok daha kolaydır. GA'daki zorluk, uygun alellerin, kromozomların ve uygunluk fonksiyonlarının seçiminde oluşur. GA da, HÖ gibi paralel hesaplamayı gerektirir. Fakat paralel hesaplama HÖ'de yerel; GA'da ise evrensel ölçekte.

Sayısal tasarım araçlarına tasarım etkenleri yönünden bakıldığında her birinin, sahip oldukları özelliklere göre, tasarım süreçlerinin belirli aşamalarına cevap verdiğini görülür. Buna göre, GA özellikle tasarım optimizasyonunda etkilidir ve burada her bir üretimde tasarım niteliği artma eğilimindedir. BG ve LS özellikle biçim ve stil üretiminde etkilidir ve bu araçlarda "iş-

lev biçimi izler" yaklaşımı takip edilir. Yani bir biçim türetilir ve bu biçim, daha sonra işlevselliği açısından değerlendirilir. TZ de tasarım örneklerinin kullanılabilirliği, hareket alanlarının belirlenmesi ve sosyal davranış örneklerinin incelenmesinde kullanılır. HÖ ise genellikle aşağıdan yukarıya, bağlama duyarlı tasarım süreçlerini desteklemede uygundur ve " biçim işlevi izler" yaklaşımını takip eder. (Singh ve Gu, 2012)

Son olarak sistem geliştirme özelliklerine bakıldığında; Kurallarının geliştirilmesi ve her zaman istenen sonuçlara ulaşamamasından dolayı yapılan tekrarlamalar ve yeniden yapılandırılmalar nedeniyle BG ve LS'nin uygulamalarında, geliştirilme süreci zaman almaktadır. HÖ'de ise olası hücre durumlarına ait kuralları belirlemek daha kolaydır. Zira komşuluklar ve olası kurgular arasındaki ilişkiler görselleştirilebilmektedir. Bununla birlikte hücre durumları için kural sayısının artması durumunda uygulamaları zorlaşmaktadır. Bundan başka GA'da ise uygulamaların kullanılabilirliği alellerin, uygunluk fonksiyonunun, fenotip ve genotip temsillerinin doğru seçimine bağlıdır. Ayrıca hem HÖ'de, hem de GA'da kullanıcı müdahalesi azdır. Son olarak, TZ de çeşitli düzeylerde etmen otonomisi ve zekâsı ile uygulanmakta ve bu yöntemde sıklıkla basit tepkimeli etmenler kullanılmaktadır.

Bu karşılaştırmalar sonucunda HÖ, grafik olarak tanımlanabilme, bağlama duyarlılık, karmaşık yapıları yerelden genele oluşturulan komşuluk ilişkileriyle yönetebilme ve yenilikçi modeller oluşturabilme gibi özellikleriyle diğer hesaplamalı tasarım yaklaşımlarından ayrılmaktadır. Bu makale kapsamında, toplu konut tasarımında boyutsal ve işlevsel özellikleri de dikkate alan bir hesaplamalı konut tasarımı modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Hüresel Özdevinim yaklaşımının da, sahip olduğu bu özelliklerle sosyal etkileşimi de içeren bir hesaplamalı tasarım modelini olumlu yönde destekleyebileceği düşünülmektedir.

Hüresel Özdevinim Yöntemi

Hüresel Özdevinim; belirli bir ızgara düzeni ve zaman diliminde komşu hücrelerin durumlarına göre bir kurallar dizisi dâhilinde işleyen bir yöntemdir; bu yöntemde hücrelerin her biri belli sayıda tanımlı durumlarından birini temsil eder (Terzidis, 2006). Hüresel Özdevinimin sahip olduğu nitelikler şu şekilde açıklanabilir (Hoextra ve diğ., 2010, s.28):

- Bir hüresel durum uzayı (L), yerel olarak ortak ilişkili belirli bir durum özdeviniminin kümesidir. Bu küme tipik olarak, belirli durumdaki özdevinimlerin düzenli bir d-boyutlu örüntüsüyle yaratılır. Örneğin, iki boyutta bir hüresel özdevinim, bir $L=mxn$ ızgara sistemden oluşur; orada her bir kare belirli bir durumdaki özdevi-

nim tarafından temsil edilir.

- Bir yerel değer uzayı (Σ), her bir belirli durum özdevinimi için tüm olasılıkları tanımlar. Her bir özdevinimin durumu (σ) belirli miktardaki durumlardan biri olabilir ($\sigma \in \Sigma \{0, 1, 2, 3, 4, \dots, k-1, k\}$). Tüm hücrelerin olası durumlarının düzenlenmesi bütün hücresele özdevinimin bir uzayını yaratır.

- Bir komşuluk (N), topolojik olarak N komşu hücrelerin kümesiyle yaratılır. Bu küme yeni bir benzetim adımında her güncellenen hücrenin bir durum değişimini etkiler. Tipik olarak homojen komşuluklar kullanılır (Örneğin, Von Neumann ve Moore Komşulukları).

- Sınırlama koşulları periyodik, sabit ve diğerleri arasında yansıyan olabilir. Tanımlı olanı kullanarak tanımsız ızgarayı benzetmede kullanılan periyodik sınırlama koşulları en önemlisidir. Periyodik sınırlama koşulları iki boyutluda bir halka olarak kullanılır.

- Bir geçiş kuralı, $\phi: \Sigma \times \Sigma \times \Sigma \dots \times \Sigma \rightarrow \Sigma$ komşuluk üzerine işleyerek mevcut durumdan bir yenisine, her bir güncellenen hücre değişimini ifadelendirmek için tanımlanır.

- Tekrarlama: Tüm hücreler dışsal olarak sağlanan zamanlama adımında eş zamanlı olarak değişirler. Bu da genellikle tekrarlama adımı olarak ifade edilir.

Otonomluk, heterojenlik, evrensel düzen (yerel ilişkilerden ortaya çıkma), öz-bakım, uyum ve hiyerarşi gibi kavramlar ise Hücresele Özdevinimin temel özelliklerini oluşturur.

Hücresele Özdevinimin kökleri matematik ve bilgisayar bilimlerindeki araştırmalara dayanmaktadır ve Karmaşık Sistemler için sezgisel bir modelleme paradigması olarak bilinir (Hoextra ve diğ., 2010). Hesaplamalı fizik, kimya ve biyolojide birçok Hücresele Özdevinim modeli uygulanması bulunmaktadır. Hücresele Özdevinim sadece ortaya çıktığı disiplinlerde değil; tamamen farklı disiplinlerde de uygulanmaktadır.

Tasarım da pek çok koşul, parametre ve değişkenlere bağlı olan iyi tanımlanmamış bir problem alanıdır. Bu makalede sunulan Modelde, karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan Hücresele Özdevinim yaklaşımının, tasarım probleminde çözüm aracı olarak kullanılması amaçlanmıştır.

Hücresele Özdevinim Yöntemi ile Konut Tasarımı Modeli

Aşırı hızlı nüfus artışına bağlı kentlerde oluşan konut ihtiyacı sorunu, geçmişten günümüze önemli bir problem olarak geçerliliğini korumaktadır. Sorunun çözümü için geliştirilen önerilerin çoğu; özgünlük, kullanıcı ge-

reksinimleri ve çeşitlilik bakımından yetersiz kalmaktadır.

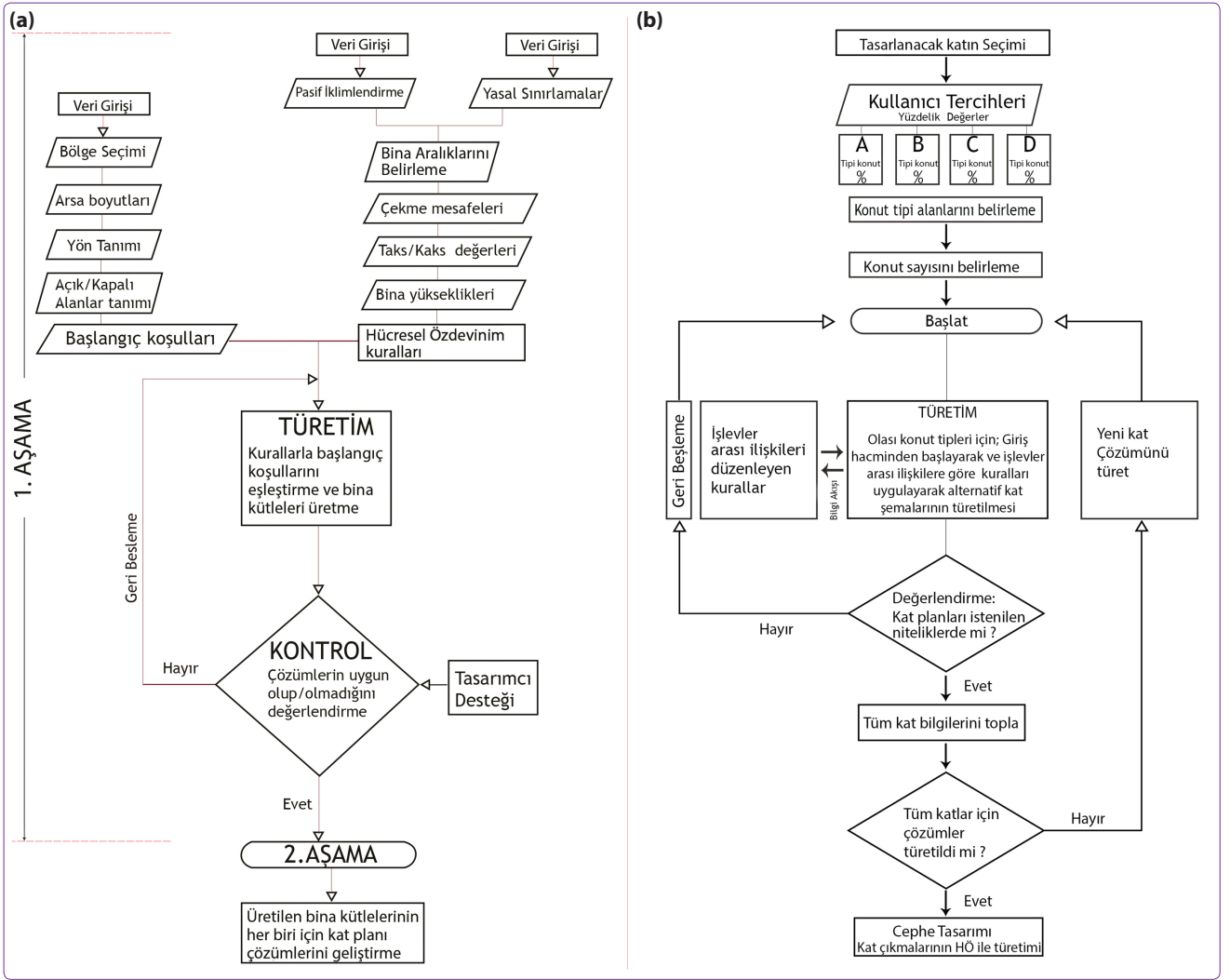
Bu çalışma kapsamında, sorunun çözümü için, sayısal tasarım süreçlerinin ve özelleştirilmiş kitlesel üretim yöntemlerinin desteğiyle bütünleşik tasarım süreçlerinin kullanımının yararlı olacağı öngörülmüştür. Kitlesel konut tasarımında, Hücresele Özdevinim yaklaşımının kullanılacağı bir modelin, bir karar destek aracı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Zira ihtiyacı karşılayabilen yenilikçi ve özgün olması gereken bu yapılar, Hücresele Özdevinim'in tümevarım yöntemi ile işleyen, komşuluklara bağlı, işlevin biçimi yönlendirdiği yapısal süreci; konut yapılarında zamana bağlı yenilenme gereksinimlerine ve değişen kullanıcılara uygun yapıyı desteklemekte ve yenilikçi biçimlenmelerin önünü açmaktadır.

Belirlenen problem bağlamında geliştirilen bu model; mekânsal kurgunun veya yapı kütlelerinin yerleşimlerinin tanımlanan ölçütlere göre kararlaştırılmasında, her birinin farklı komşuluk ilişkilerini içeren mekân veya kütlelerin kullanımıyla ve etkileşimli olarak gerekli ara müdahalelerle tatminkâr çözüm alternatiflerini türeten bir modeldir.

Önerilen Hesaplamalı Model

Önerilen hesaplamalı model kullanılarak kitlesel konut tasarımı, üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi, belirli kurallar dâhilinde yapı alanında bina kütlelerinin yerleşimlerinin belirlenmesi, yani vaziyet planının türetilmesi; ikincisi ise kat planı düzleminde kullanıcı tercihlerini, topolojik, boyutsal ve işlevsel kısıtlamaları gözeterek mekânsal kurguların tasarlanması aşamasıdır. Üçüncü aşama ise, türetilen konut bloklarının cephelerinin tasarımı aşamasıdır. Zira bu tasarımlar, çoğunlukla mekânsal planlamaların sonucunda kendiliğinden ortaya çıkar ve binalardaki tek düzeliliği önlemek için belirli müdahaleleri de gerektirir. Bu çalışmada da, bu üç aşamadan oluşan bir süreç izlenecektir (Şekil 1).

Modelin geliştirilmesinde, hesaplamalı tasarım modellerinde kullanılan kurallar, semantik ağlar, olgular ve çerçevelere dayalı tanım tekniklerinden kural tabanlı tanım tekniği kullanılmıştır. Bu kapsamda vaziyet planı, kat planı ve cephe tasarımlarının türetilmesi için her birine özgü tasarım kuralları yazılmıştır. Hücresele Özdevinim yöntemiyle ilişkilendirilerek yazılan bu kurallar, 3DS Max betikleriyle (script) bilgisayar ortamında temsil edilmiştir. Modelin uygulanması sürecinde, verilerin bilgisayar ortamına girişi ve elde edilen sonuçların görsel olarak alınabilmesi için etkileşimli bir bilgisayar arayüzü geliştirilmiştir. İzleyen bölümlerde modelin uygulanması ile ilgili aşamalar açıklanmaktadır.



Şekil 1. Vaziyet planı (a) ve kat planı düzenlemeleriyle (b) ilgili algoritmalar.

Vaziyet Planının Tasarlanması

Toplu konut uygulamalarında, temel vaziyet planı kararları önemlidir. Bu kararlar, farklı biçimlerdeki bina kütlelerini bir araya getirerek ortak kullanım alanlarının tanımlanmasını sağlar. Biçimsel olarak kent estetiğini, işlevsel olarak da kullanıcıların ortak memnuniyetini önemli ölçüde etkiler. Bu yüzden bu kararlarda özgünlük için bol alternatifin denendiği bir çeşitlilik havuzunun oluşumuna ihtiyaç duyulur.

Bu kararların alındığı sürecin sonunda oluşan yapı, bir bütün ve bütünü oluşturan etkileşimli parçaları betimler. Bu yüzden bu yapı, Hücresel Özdevinim'in öz-örgütlenme/belirme (self-organizing/emergence) özelliğiyle benzerlik taşır. Bu da çeşitlilik havuzunun oluşumunda öz nitelikleri itibarıyla Hücresel Özdevinim'in etkin bir rol üstlenebileceğini gösterir.

Vaziyet planı tasarım süreci; arsa boyutları, arsa alanını çevreleyen yollar, doğal koşullar, binalar ve açık alanlar, yasal kısıtlamalar gibi çeşitli parametreleri ve bu parametrelerle binaların konumlandırılması gibi özellikleri kapsar. Bu aşamada Hücresel Özdevinim; gerekli parametrelerle oluşturulacak her bir binanın sayısına, yerleşimine ve boyutlarına karar verme sürecinde katkı sağlayabilir. Böyle bir yapıda, her bir bina kütlesi birim hücreyi temsil eder. Çevresel koşullar ve yasal kısıtlamalar; birim hücrelerin yaratımını, kaldırılmasını, devamlılığını etkileyen ve bu hücrelerin diğer komşu hücrelerle ilişkilerini düzenleyen kurallar dizisini tanımlar.

Önerilen modeldeki vaziyet planı verileri; arsa seçimi/arsa boyutlarını tanımlama, yasal kısıtlamaları belirleme ve ortak alanların tanımı gibi parametrelerden oluşur. Türetim süreciyle ilgili işlemler de tekrarlama ve türetimi başlatma, geri alma, sonuçları kaydetme gibi

fonksiyonlarla yürütülür. Bu parametre ve fonksiyonlar da model kapsamında geliştirilen 3Ds Max yazılımının betikleriyle hazırlanan ve erişimi kolaylaştıran bir arayüz örneği üzerinden uygulanır (Şekil 2).

Türetim süreci; arayüz üzerinden belirlenen arsa sınırlarına, sabit taban alanlı fakat yüksekliği değişebilen bir bina kütesinin yerleşimiyle başlar. Bu yerleşimler, toplam inşaat alanı değerine ulaşana kadar devam eder. Türetimde, ilk yerleşimin ardından oluşan bina kütlelerinin her birinin, önceki bina kütleleriyle olan komşuluk ilişkilerine (gölge konisi veya yönetmeliklere göre) bakılır. Ölçütlere uymaması durumunda, üretilen bina kütesi ve mevcut bina kütleleri arasında koşullara göre bir tercih yapılarak bunlardan biri ortadan kaldırılır. Bir türetim sırasında toplam inşaat alanı değerine ulaşmaması durumunda, türetim sayısı birden fazlaysa aynı

şekilde türetim işlemine istenen değere ulaşılan kadar devam edilir ve arsada kalan boş alanlara yine komşuluk durumlarına göre bina kütleleri yerleştirilir (Şekil 3).

Geliştirilen modelin vaziyet planı uygulaması, Karabük-Yenişehir Bölgesi'nde seçilen bir arsada denenmiştir. Uygulamada bölgeye ait imar verileri kullanılmış ve üretilen bir bina örneği için kullanıcı senaryoları hazırlanmıştır. Vaziyet planında belirli parametreler kullanılarak (manzara yönü, yükseklik değerleri, sosyal alan vs.) alternatif yerleşim planları türetilmiştir (Şekil 4).

Kat Planı Düzenlemelerinin Türetimi

Günümüz toplu konut anlayışında yapı bloklarının kat planlamaları, kısmen seçim özgürlüğü olmakla beraber, standart biçimde A(1+1), B(2+1), C(3+1) veya iki katlı tipte konut örnekleriyle donatılır ve bu örnekler

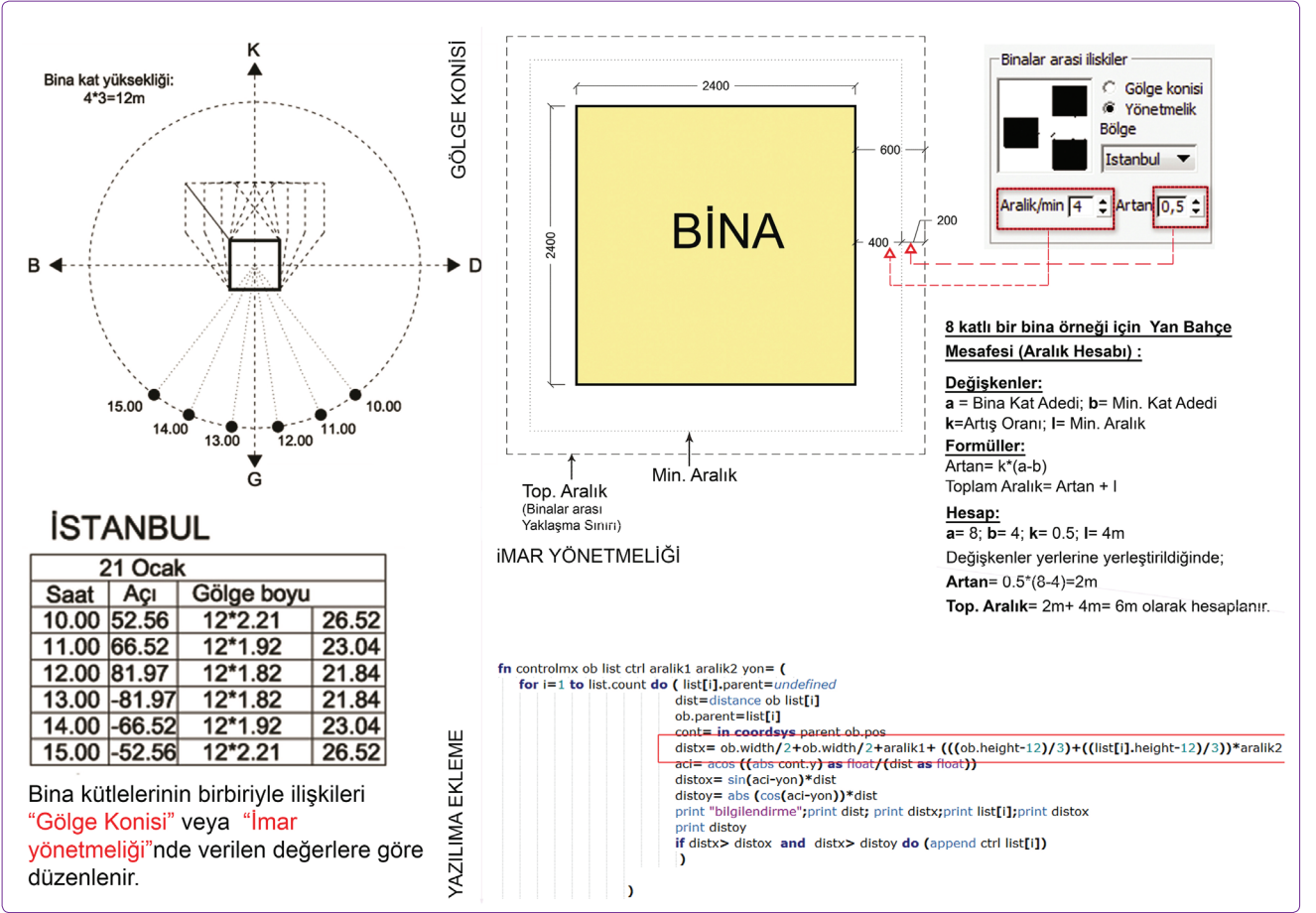
1. Standart arsa örneği: Dikdörtgen biçimli arsa biçimi üretir. En ve boy tanımlı yapılır.
2. Kullanıcı bağlı arsa seçimini etkinleştirme
3. Kullanıcı bağlı arsa seçimi: Arsa sınırlarını belirlemek için iki boyutlu nesne seçimi yapılır.
4. Bilgi Ekranı: Seçilen iki boyutlu nesnelere gösterir.
5. Yön tanımlı: Oluşacak binaların arsa yerleşimi sırasında yönleneceği noktayı belirleme.
6. Çekme Mesafeleri: Düzgün geometriye sahip (kare, dikdörtgen) arsa örnekleri için X ve Y yönlerinde ön, yan ve arka bahçe mesafelerini tanımlama.
7. Bina Yüksekliği: Üretilen binaların sabit veya değişken kat yüksekliğine sahip olma durumunu belirleme. Seçilmesi durumunda Yükseklik aralığı etkinleşir.
8. Sosyal merkez üretimini etkinleştirme.
9. Sosyal alanın boyutlarını ve kat yüksekliğini belirleme.
10. Bilgilendirme: Arsa alanı, inşaat alanı ve üretilen bina kütlelerinin toplam alanlarını aktarımı.
11. Yükseklik Kısıtlaması: Arsa alanının koordinat merkezine göre X pozitif yönünde kısıtlama alanının kapsamını, yükseklik aralığını ve kot değerini tanımlama.
12. Yükseklik Kısıtlaması: Arsa alanının koordinat merkezine göre X negatif yönünde kısıtlama alanının kapsamını, yükseklik aralığını ve kot değerini tanımlama.
13. Yükseklik Kısıtlaması: Arsa alanının koordinat merkezine göre Y pozitif yönünde kısıtlama alanının kapsamını, yükseklik aralığını ve kot değerini tanımlama.
14. Yükseklik Kısıtlaması: Arsa alanının koordinat merkezine göre Y negatif yönünde kısıtlama alanının kapsamını, yükseklik aralığını ve kot değerini tanımlama.
15. Binalar arası ilişkiler: Yönetmelik ya da Gölge konisi seçeneğine göre bina aralıklarını belirleme.
16. Gölge konisi için bölge seçimi
17. Yönetmeliğe göre binalar arası minimum yaklaşma mesafesi
18. Yönetmeliğe göre binalar arası ilişkilerde kat yüksekliklerine göre değişen artış oranı
19. Türetim İşlemleri

```

-- türetim Fonksiyonu
fn arazi_turetor duzlem ltera1 ltera2 tercih yon rule coordlist h_artan h_min h_max ruler2 kstlm1 kstlm2 kstlm3 kstlm4 kstlm5 kstlm6 kstlm7 kstlm8 aralik1 aralik
for p=1 to ltera1 do
for i=1 to ltera2 do
print "türetim" print top_alan
controlcu=emsal-top_alan
if controlcu>576 then
coordlist1=deepcopy coordlist
for k=1 to mykm.count do (local c;c=0; for j=1 to mykm.count where mykm[k]==mykm[j] do (c+=1; if c==2 do (deleteitem mykm k)))-- mykm kümesinin giffli elemanlarını temizleme
if top_alan<emsal do (ctrl:=()
ctrlboy=()
val=random 1 coordlist1.count; pos=coordlist1[val]; print pos
nokta= point pos:coordlist1[val] cross:off Centermarker:on
nokta.parent=duzlem
cont= in coordsys parent nokta.pos
-- aci kontrolü
dist12= distance nokta duzlem
aci=acos(cont.x/dist12)
if cont.y<0 do (aci=-aci)
newaci= aci-yon
ContX=cos(newaci)*dist12
ContY=sin(newaci)*dist12
print "Acı kontrolü"; print ContX; print ContY; print nokta.pos
-- aci kontrolü
case of (
(ContX>0 and ContY>0):(print "degerler"; print ContX; print yukseklik_ctrl[1][1]; print cont.y; print yukseklik_ctrl[1][2]; print "bunlar"
if yukseklik_ctrl[1][1]=false do (boy= abs ContX
if boy >yukseklik_ctrl[1][1] do (append ctrlboy 1)
)
if yukseklik_ctrl[1][2]=false do (boy= abs ContY
if boy >yukseklik_ctrl[1][2] do (append ctrlboy 3))
)
(ContX>0 and ContY<0):(print "degerler"; print ContX; print yukseklik_ctrl[2][1]; print cont.y; print yukseklik_ctrl[2][2]; print "bunlar"
if yukseklik_ctrl[2][1]=false do (boy=abs ContX
if boy >yukseklik_ctrl[2][1] do (append ctrlboy 2)
)
)
)

```

Şekil 2. Vaziyet planı arayüzü.



Şekil 3. Binalar arası komşuluk ilişkilerinin düzenlenmesi.

her katta birbirini tekrar eder nitelikte tasarlanarak, kullanıcıların beğenisine sunulur. Öneri model, esneklik ve çeşitlilik olgularını destekleyen ve olası alternatifleri "üret-dene" yöntemiyle üreten, parametrik bir sayısal modeldir. Bu modelle, her katta farklı tipte kullanıcı tercihleri sayısal bir ifadeye dönüştürülerek, her bir mekânsal birimin diğer mekânsal birimlerin oluşumlarını etkilediği ve böylelikle çeşitliliğin sağlandığı, yeniliğe açık bir oluşum tanımlanır.

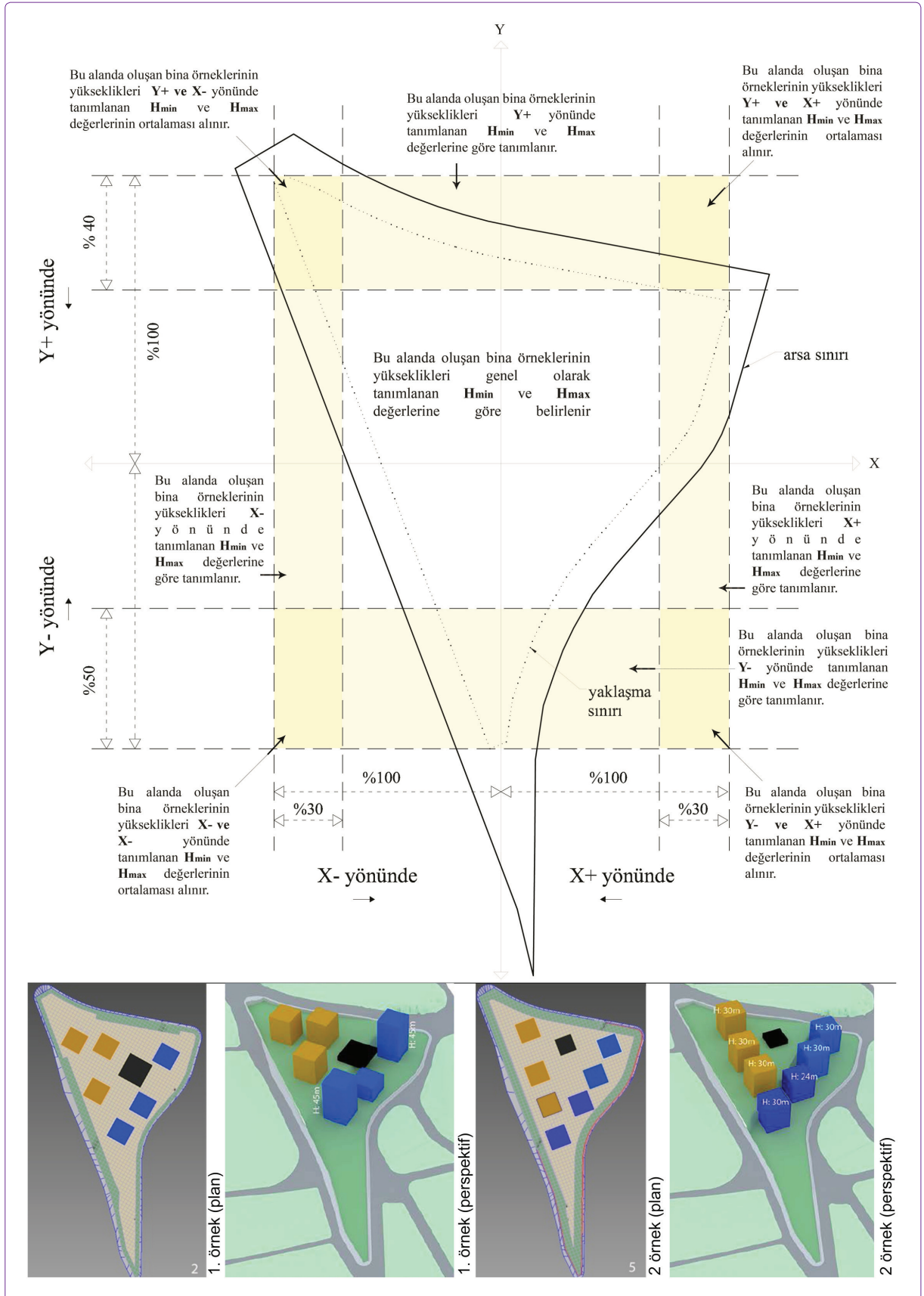
Konut yapılarında; bir organizma gibi, işlevler hücreleri, taşıyıcı sistem iskeleti ve cepheler de kabuğu tanımladığından bu yapıların tasarımına evrimsel süreçler eklenebilir. Hüresel Özdevinim'in böyle bir tasarım sürecine yapacağı katkı, kullanıcı tercihlerine göre düşeyde ve yatayda, kat planını oluşturan mekânsal birimlerin birbiriyle olan ilişkilerini yönetmek olabilir. Hüresel Özdevinim'in sunduğu hüresel komşuluk ilişkileri ve geçiş kuralları bu yapıya uyarlanabilir. Öneri modelde de bu potansiyel değerlendirilmiştir.

Bir konut yapısında her mekânın kendine göre bir gereksinimi ve kurulması gereken ilişki tipleri vardır ve bunlar diğer mekânların geleceğini etkiler. Bu yapı;

Hüresel Özdevinim'deki gibi, mekânsal birim olarak, her hücrenin birbirini etkilediği bir yapıya dönüştürülebilir. Bu da mekânların konumlarının belirlenmesi, fonksiyonlarının değiştirilmesi, boşluk oluşturma, yeni mekânlar tanımlama biçiminde gerçekleşebilir. Bu bağlamda, modelde çok katlı binalar için esnek merkezi planlı bir yapı modeli önerilmiştir:

Öneride, tüm katlar boyunca konumu değişmeyecek olan çekirdek orta bölüme ve diğer mekânlar bunun etrafına yerleştirilir. Modelde esneklik ve çeşitliliğe olanak veren bir taşıyıcı yapı tercih edilir (Dinçer, 2012). Başlangıç olarak 8x8 m'lik karelerden oluşan ızgara düzende bir iskelet model seçilir. Çekirdeğin çevresindeki ızgaralar, kendi içlerinde daha küçük (4x4 m'lik) birimlere ayrılabilen potansiyel konut hücrelerini tanımlar ve konut tipolojisi bilgilerine göre gruplanarak konut örneklerini oluşturur (Şekil 5).

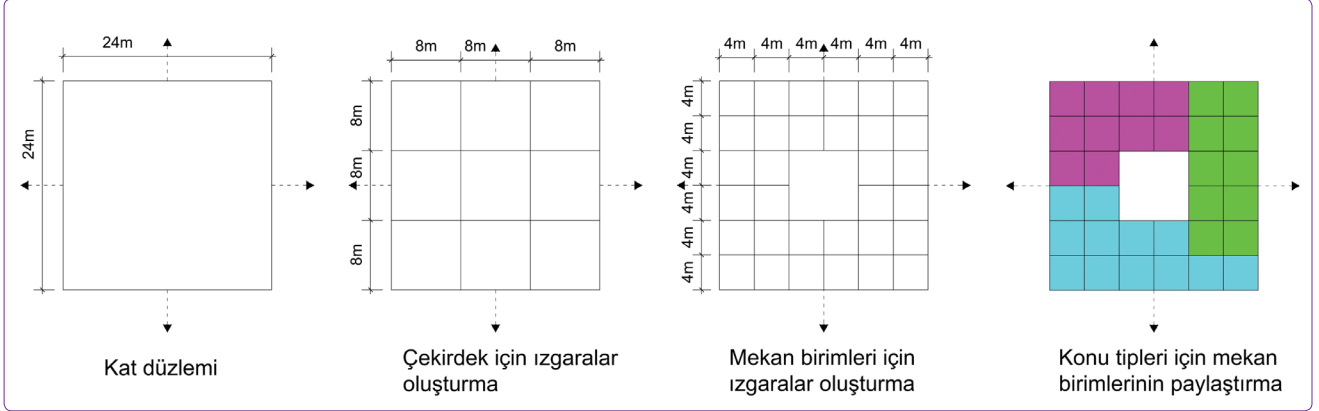
Vaziyet Planı uygulamasında türetilen bloklar için kat planı şemalarının tasarımı; yerleştirilecek konut biriminin öncelik sıralaması, yön tanımlaması, kullanıcı tercihlerine göre A(1+1), B(2+1), ve C(3+1) konut tiplerinin belirlenmesi ve üretim işleminin gerçekleştirilerek so-



Şekil 4. Vaziyet planında bina yükseklik değerlerinin ayarlanması ve türetim örnekleri.

nuçlarının değerlendirilmesinden oluşan bir süreci takip eder (Şekil 6 ve Tablo 1). Başlangıçta, seçilen kat düzleminde tanımlı konut tiplerinden yer alacakların belirlenmesi için kullanıcı tercihleri ve bu konut tiplerinin oluşma ölçütleri arasında bir kıyaslama yapılır. Kullanıcı tercih sonuçlarına göre, kat düzleminde tanımlı konut tipleri arasında alan paylaşımı gerçekleşir. Bu alan pay-

laşımları, bu tipler için önceden belirlenen minimum ve maksimum alan değerlerinden oluşan kısıtlama ölçütleriyle değerlendirilir. Minimum değerlerin altındaki konut tipleri elenirken; bunların sahip olduğu değerler, tercihe göre diğer konut tipleri arasında tekrar paylaşılır. Maksimum alan değerlerinin aşılması durumunda ise, konut tipleri için sahip olduğu alan içerisinde birden



Şekil 5. Kat planı düzenlemeleri için kat planının ızgaralara bölünmesi.

TANIMLAMALAR

1. **Kat düzlemi örneği:** Türetim yönünü belirlemede yardımcı olur.
2. **Başlangıç yönü:** Türetim başlangıç yönünü belirler.
3. **Yapı kütle seçme:** Türetim için 24*24m taban alanına sahip bir kütle seçimi yapılır.
4. **Kat oluşturma:** Seçilen kütle boyuna göre, kütle üzerinde kat düzlemleri oluşturur.
5. **Kat bilgisi:** Toplam kat sayısını ve üzerinde çalışılan katın bilgisini verir.
6. **İleri-Geri Döğmeleri:** Oluşturulan katlar arasında hareket etmeyi sağlar.
7. **Gizleme Döğmesi:** Çalışmalar sırasında kolaylık amacıyla, diğer katları gizleyerek sadece üzerinde çalışılan katın gösterimini sağlar.
8. **Konut tercihleri:** Çalışılan katla ilgili terchi miktarı ve öncelik sıralaması girilir. Yüzdelik ve paylaşım bilgisi de terchi oranı ve olası daireler için kat alanının bu orana göre dağılımını gösterir.
9. **Onay Döğmesi:** Konut terchi bilgilerini kayda alır.
10. **"Türet" Döğmesi:** Mekan birimlerinin yerleşimini başlatır.
11. **"Temizle" ve "Kaydet" Döğmesi:** Biri yapılan işlemi geri alırken; diğeri olumlu sonuçları kaydetmeyi sağlar.
12. **Çekirdek detayı döğmeleri:** Çekirdek kütle sınırları içerisinde asansör, kat ve yangın merdivenlerini içeren çözüm örneği üretir.
13. **Daire Örneklere:** Daire örneklere ve detaylı daire iç çözümlerini gösterir.
14. **Lejant:** Renklerin tanımladığı mahallerin bilgisini verir.
15. **Bilgilendirme:** Uygulamaları gösterir.
16. **Bilgi Ekranı:** Türetilecek cephe örneklere bilgisini gösterir.
17. **Etkinleştirme Döğmesi:** Cephe işlemlerinin komutlarını aktif hale getirme ve mekan türetim komutlarını etkisiz hale getirme
18. **Türetim Seçeneklere:** Cepheyle ilgili basit ve çeşitlenmeli modül seçimi yapma
19. **Cephe Türetimi:** Cephe Türetimini başlatma

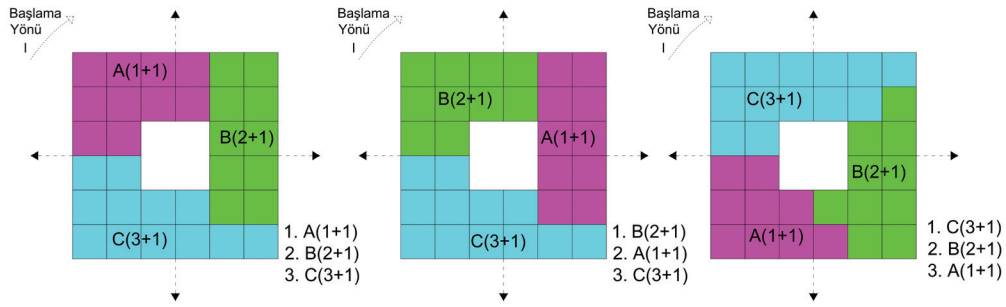
Şekil 6. Kat planı düzenlemelerine ait arayüz.

Tablo 1. Kullanıcı tercihlerine göre konut tipleri için alan belirleme

KONUT TİPLERİ İÇİN METREKARE BELİRLEME								
TOPLAM (m ²)	KONUT TİPİ	MİN (m ²)	MAX (m ²)	TERCİH ORANI (%)	ALAN HESABI (m ²)	ARTAN	HÜCRE SAYISI	DAİRE SAYISI
1 birim hücre= 8*8=64 m ²	A (1+1)	48	80	%30	512*0.3= 153.6	9.6	9	3
	B (2+1)	80	112	%30	512*0.3=153.6	9.6	9	2
	C (3+1)	108	160	%40	512*0.4= 204.8	12.8	12	1
Toplam 8 hücre=	D (4+1)	144	-	0	0	0	0	0
64*8=512 m ²	E (1+0)	-	-	-	-	-	-	-

- Türetim öncesi durumu gösteren örnek paylaşımında 32 m²'lik alan (2 hücre) fazlalığı ortaya çıkmıştır. Bu fazlalık öncelik sırasına göre konut tipleri arasında tekrar paylaşılır.
- Paylaşılan alanlarda her bir konut tipinin türetiminden ardından oluşan boş hücreler de bir sonraki konut tipinin türetimine aktarılır.

KONUT TİPLERİNİN ALANLARINI BELİRLEME



Konut tiplerinin her biri için başlama yönü ve yerleşim sırasına göre kat düzleminde alan dağılımı yapılır.

KAT PLAN ŞEMASI ALTERNATİFLERİ

MEKAN DAĞILIMLARI



1. SEÇENEK



2. SEÇENEK

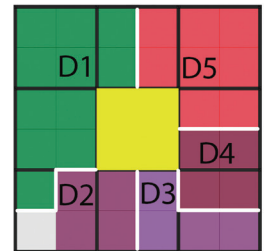
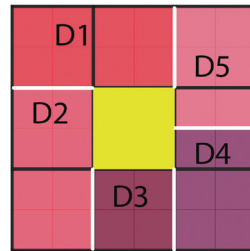
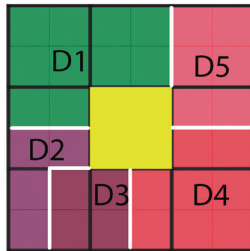
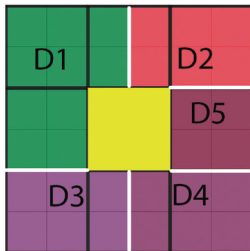


3. SEÇENEK



4. SEÇENEK

DAİRE ÖRNEKLERİ



■ A(1+1) KONUT ■ B(2+1) KONUT ■ C(3+1) KONUT

Tablo 2. Mekânsal birimler arası ilişkileri düzenleyen bazı kural örnekleri

KURAL	SÖZEL TANIM	BAŞLANGIÇ BİÇİMİ	KURALIN GÖRSEL TANIMI
GİRİŞ	G2	Başta üretilen her bir Giriş hücrenin yerleşimi; bu hücrelerin, Giriş hücreleri dışında, başka mekânsal hücrelerle en azından bir komşuluk oluşturacak biçimde gerçekleşir. Bu koşulu sağlayamayan hücre ölü hücreye dönüşür ve ortadan kaldırılır	
	G4	A tipi konut örneklerinde, tercihlerin dağılımına göre paylaşımında, sadece A tipi konut örneklerinin üretimi yapılıyorsa ve üretilen hücreler arasında çapraz komşuluğu olan hücrelerin her ikisinin de başka giriş hücreleriyle komşulukları varsa bu hücrelerden biri ölü hücre olarak tanımlanır ve ortadan kaldırılır	
	G5	B(2+1) konut tiplerinde, kat alanında tümüyle B(2+1) konut seçimi yapılmamışsa, "G" hücrelerinin çapraz komşuluğuna izin verilmez. Bu tür durumlarda üretilen hücrenin konumu değiştirilir	
MUTFAK	M2	Çekirdekle komşu olmayan bir mutfak hücrenin, konumuna göre, sağında ya da solunda iki boş hücre mevcutsa ve bunların da başka bir yaşama alanı hücresiyle komşulukları bulunmuyorsa, bu hücrelerde Yaşama alanı birimleri oluşturulur.	
BANYO-WC	B1	Bir "Islak hacim" hücresi (B) temel olarak çekirdeğe yakın olan hücrelerden seçilir ve Giriş hücrenin hemen yanında yer alır. Bu kural A(1+1) dışındaki konut örnekleri için işlemektedir.	
YATAK ODASI	YO1	A(1+1) konut tipi olarak tanımlanan bir giriş hücresinin konumuna göre her iki yanında herhangi bir mekânsal birim oluşturulamıyorsa, ya da bu hücrenin bir mutfak hücresiyle komşuluğu varsa, bu hücrenin karşısında bir yatak odası birimi oluşur.	
YAŞAMA	Y4	Bir yaşama alanı hücresi aynı konut tipinde diğer yaşama alanı hücreleriyle ikiden fazla komşuluğa sahipse, o hücre ölür ve boş hücre olarak tanımlanır	

fazla konut oluşturabilme durumlarına bakılır. Koşullar sağlanmıyorsa tercihlere göre maksimum değer fazlası diğer konut tipleri arasında tekrar paylaşılır. Sonra tercih edilen konut tipleri için iç mekân çözümlerine geçilir. Mekânlara sırasıyla bina giriş holü, konut giriş holü (G), ıslak hacim (B), mutfak (M), yaşama alanı (Y), yatak odaları (YO) ve balkonlar belirli komşuluk ilişkilerine ve kurallara (Tablo 2) göre yerleştirilir.

Hücrelerle temsil edilen mekânsal birimler; doğum, ölüm ve süreklilik gibi kavramları içeren kurallar dizisi ve komşuluk ilişkilerine göre tümevarım yöntemi ile ilerleyen bir süreçle bir kat düzlemini kurgulayarak konut tiplerini oluşturur. Aslında konut tiplerinin oluşumu eş zamanlı olarak, her bir konutu tanımlayan bir giriş hücresinin kat düzlemine yerleşimiyle başlar. Türetim boyunca bu hücrelerin tetiklediği her mekânsal hücre ve onların etkilediği diğer birimler de bu konutlara eklenir. Tüm mekânlar yerleştirilince bu konut örneklerinin uygunluğu sınanır. Sınama işlemi, her bir konut tipi için tanımlanan minimum alan değeriyle yapılır. Bir konut örneğinin alanı, bağlı olduğu konut tipinin gerektirdiği alan değerinin altında bir değere sahipse ve başka bir konut tipini tanımlayamıyorsa, bu konut örneğinin oluşumu iptal edilerek sahip olduğu hücreler ortadan kaldırılır. Bu hücrelerden boşalan alanlar da tercih sıralamasına göre diğer konut tiplerinin türetiminde kullanılır. Model, bir kat planında farklı konut (A, B, C ve E) tipleri üretebilmektedir.

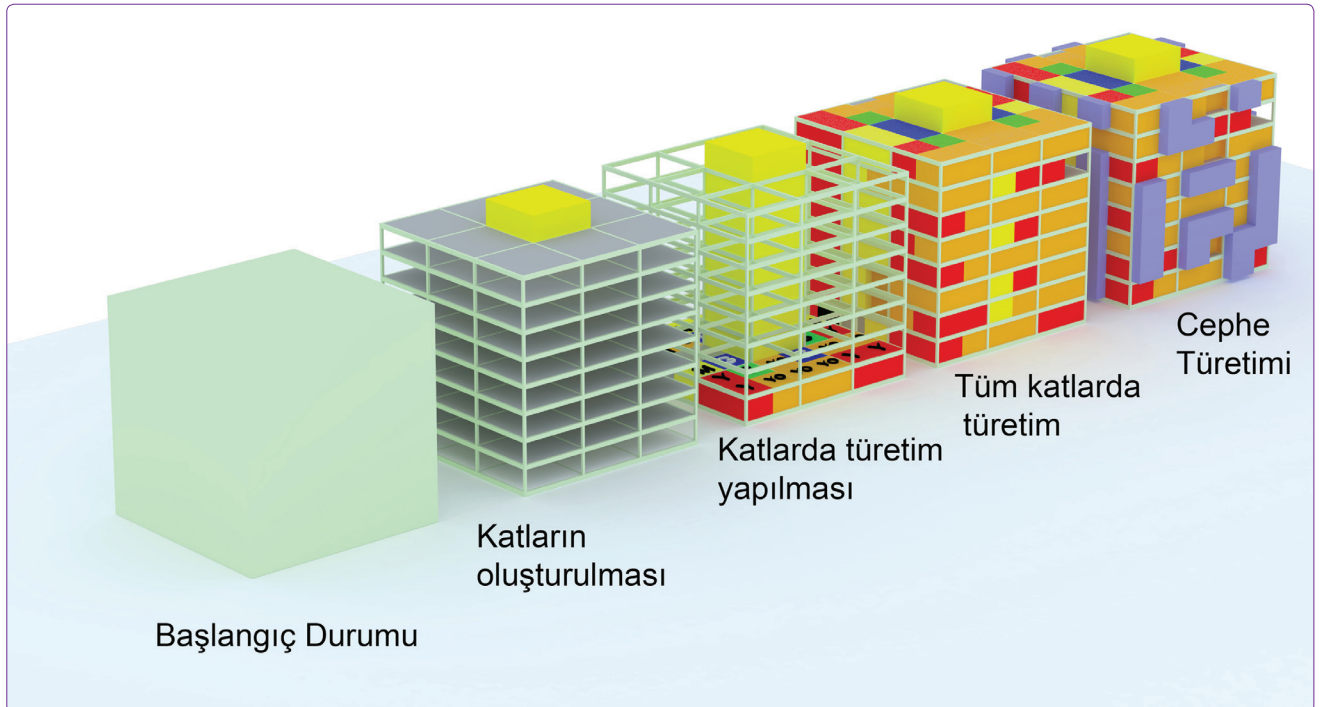
Cephelerin Tasarlanması

Bina kabuğunu oluşturan cephe tasarımında katlarda oluşan mekânsal boşluklara ve dış çeperdeki hücrelerin durumlarına göre çıkımlar ve geri çekilmeler oluşturulur. Mekânsal planlamalarda elde edilen bilgilerle ve cephe tasarımına ait düşey ve yatay ilişkileri düzenleyen ek kurullarla tasarım süreci yönetilir. Çıkımların oluşumunda, bina bloğunun her katının dış çeperindeki mekânsal birimlerin durumu ele alınır. Cepheye ve konumlarına bağlı olarak gruplanan bu birimlerin her biri, yatayda ve düşeyde komşu olduğu mekânsal birimlerin durumuna göre çıkımlar oluşturur (Şekil 7).

Cephe çıkımlarının yerleşimi için de komşuluk ilişkilerini içeren kurallar belirlenmiştir. Bu kurallardan en önemlisi, zemin kat dışında diğer katlarda seçilen her bir mekânsal birimin alt kattaki komşularıyla olan ilişkisinin dikkate alınarak bu ilişkilere ait kurallar dizisine göre çıkma oluşturma durumuna karar verilmesidir (Şekil 8 ve Şekil 9). Diğer kurallar ise, mekânsal birimlerin, konut örneklerinin ve cephelerin durumlarına göre özel olarak hazırlanan yardımcı kurallardır (Şekil 8, 9).

Sonuçlar

Geliştirilen hesaplamalı tasarım modeli, çevreye ve kullanıcı gereksinmelerine ait verilerin değiştirilmesiy-le farklı konut alternatifleri üretebilen parametrik bir modeldir. Bu modelin farklı mimari ölçeklerde (vaziyet



Şekil 7. Bina bloğu ve cephe türetimi.

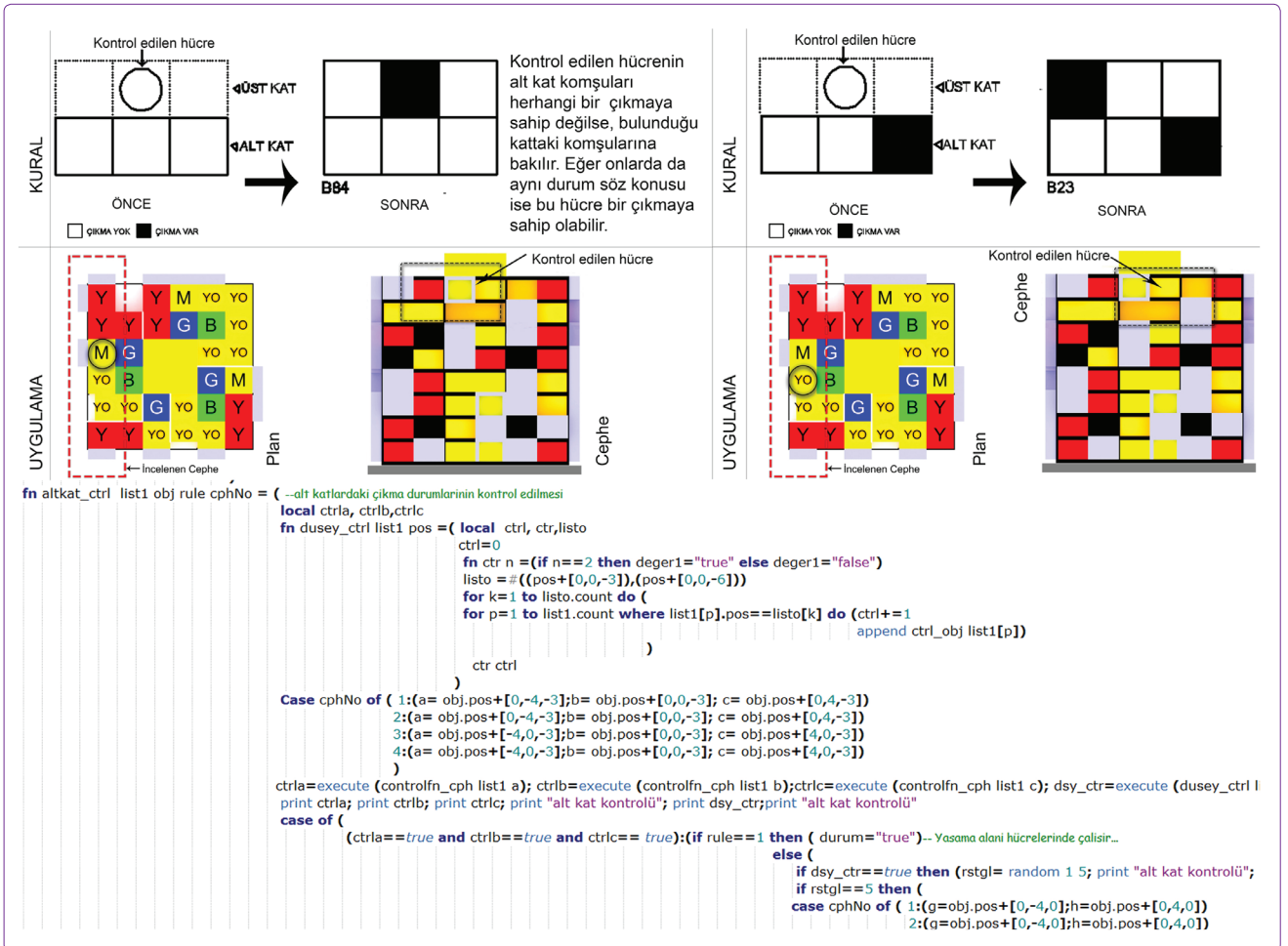
planı, kat plan şeması) ve kitle tasarımlarında kullanılacak sayısal bir tasarım yaklaşımı olduğu geliştirilen yazılımla test edilmiştir. Bu modelde kullanılan Hücresel Özdevinim yaklaşımının; modüler ve karmaşık yapı bir tasarım anlayışına sahip projelerde (toplu konut, ofis binası v.b.), bütünleşik bir sürecin çeşitli aşamalarında (araziye yerleşim, mekân ilişkileri, sirkülasyon sistemi ve kabuk tasarımı vb.) kullanılabilirdiği ve tasarımda karar verme süreçlerini olumlu yönde etkileyebileceği belirlenmiştir. Özellikle kitlesel konut tasarımlarında, kullanıcı tercihlerini dikkate almadan gerçekleştirilen monoton yapılaşmalara karşın tekrardan uzak, çeşitliliği sağlayan alternatif tasarım önerilerinin türetilmesinde bu tür modellerin bir karar destek sistemi olarak, mimara yardımcı bir araç olacağı ve ortam sağlayacağı görülmektedir. Modelin sağladığı katkılar aşağıda açıklanmıştır:

- Hücresel özdevinim kavramının klasik Hücresel Özdevinim anlayışından farklı olarak kullanılması, (biçimlerin farklılaşması, kuralların çeşitliliğinin artırılması vb.) tasarım çalışmalarındaki esnekliğin sağlanması

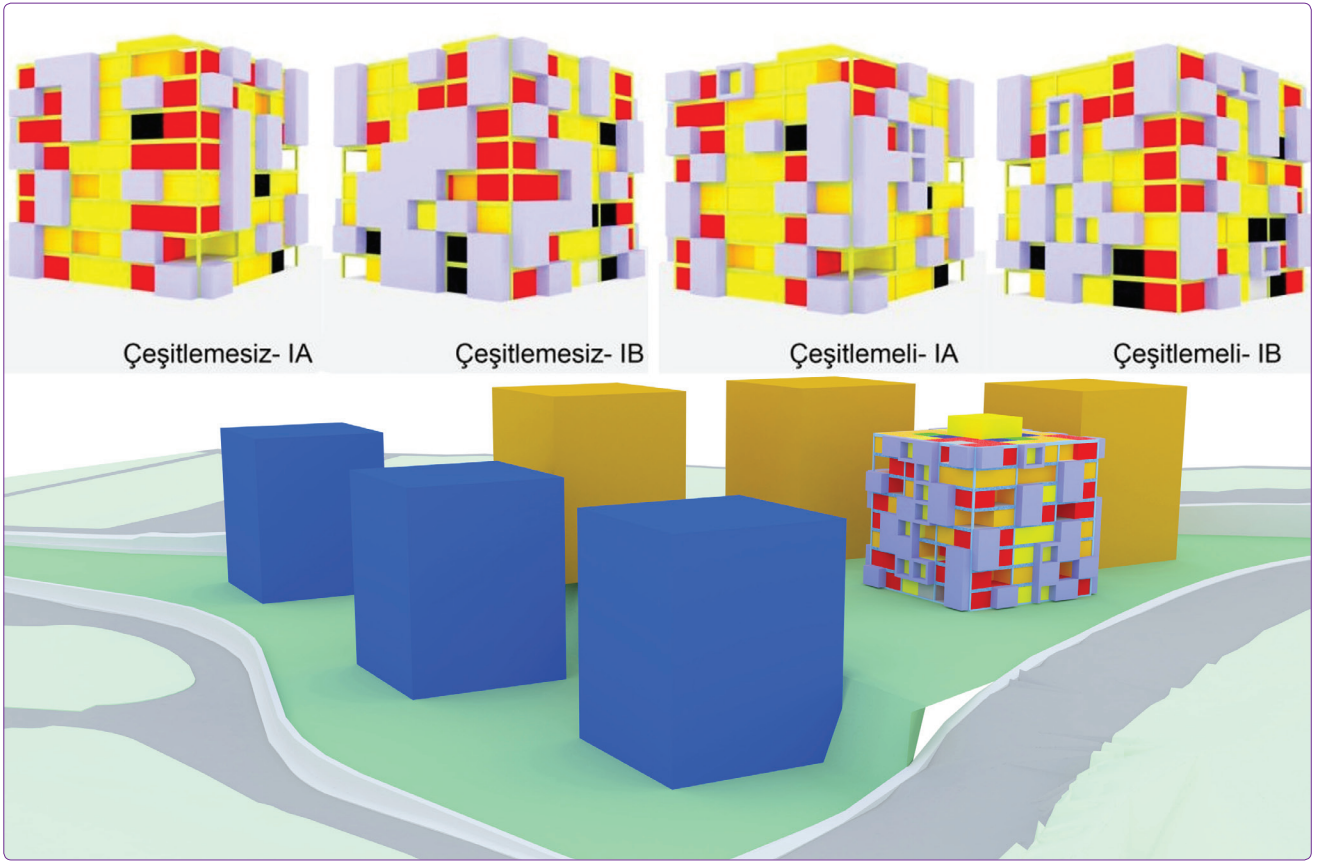
açısından önemlidir; tasarımcının alternatif çözüm alanını genişletmektedir ve tasarım çalışmaları için kullanılabilir olduğu görülmektedir.

- Hücresel özdevinimin komşuluk ilişkileri üzerine kurulu ilişki tiplerine sahip olması ve basitten karmaşığa bir çeşitlilik sunması nedenleriyle, mekân organizasyonu düzenlemesinde ve birbirini tekrar eden modüllerden oluşan tasarım modellerinde kullanışlı olabileceği görülmüştür.

- Modelde bina blokları ve kat planı şemaları merkezi kare planlı formlardan oluşturulmuştur. Uygulamada binalar ve mekânlar arasındaki kurallar ve ilişki tipleri de buna göre düzenlenmiştir. Modeldeki bu kuralların ve ilişki tiplerinin, gelecek uygulamalarda, farklı biçimlere sahip plan şemaları için de (örneğin yatayda büyüyen doğrusal biçimler gibi) bu yapılara özel ek kurullarla desteklenmeleri durumunda kullanılabilirleri ve bu kurullarla, benzer olumlu sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.



Şekil 8. Cephe kurallarına ait örnekler.



Şekil 9. Cephe türetimleri.

Kaynaklar

- Bonabeau, E., Dorigo M. ve Theraulaz, G. (1999) *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*, New York, NY: Oxford University Press.
- Çağdaş, G. (1996) "A shape grammar: the language of traditional Turkish houses", *Environment and Planning B: Planning and Design*, Cilt 23, No 4, s. 443-464.
- Coates, P. ve Schmid, C. (1999) "Agent Based Modelling", *Architectural Computing: from Turing to 2000: 17th eCAADe International Conference*, 15-17 Eylül, University of Liverpool, UK, s. 652-661.
- Diñçer, A.E., Tong H. ve Çağdaş, G. (2012) "Role of Digital Tools in housing design by Mass Customization", *ICONArch: International Congress of Architecture-I, Architecture and Technology*, 15-17 Kasım, Selçuk Üniversitesi, Konya, s. 347-357.
- Diñçer, A.E. (2014) "Hücreyel Özdevinim Yaklaşımı ile Kitlesel Konut Tasarımında Sayısal Bir Model", *Basılmamış Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Duarte, J. (2001) "Customizing Mass Housing: A Discursive Grammar For Siza's Malagueira Houses", *Doktora Tezi*, MIT.
- Fischer T. (2008) "Designing (tools (for designing (tools (for ...))))", *Doktora Tezi*, RMIT University, Faculty of the Constructed Environment.
- Güngör Ö., Balaban Ö. ve Çağdaş G. (2011) "A Mass Customization Oriented Housing Design Model Based on Genetic Algorithm", *29th eCAADe International Conference*, 21-24 Eylül, Ljubljana, Slovenia, s. 325-332.
- Herr, C. (2008) "From Form Generators to Automated Diagrams: Using Cellular Automata to Support Architectural Design", *Doktora Tezi*, Hong Kong Üniversitesi.
- Hoekstra, A.G., Kroc, J. ve Sloot, P. (2010) "Introduction to Modelling of Complex Systems Using Cellular Automata", *Simulating Complex Systems by Cellular Automata*, New York, A.B.D., Heidelberg Dordrecht, s. 1-19.
- Singh, W. ve Gu, N. (2012) "Towards an Integrated Generative Design Framework", *Design Studies*, Cilt 33, Sayı 2, s. 185-207.
- Stiny, G. (1990) "What is a design?", *Environment and Planning*, Sayı 17, s. 97-103.
- Terzidis, K. (2006) *Algorithmic Architecture*, Burlington, ABD, Architectural Press.

Anahtar sözcükler: Hesaplamalı tasarım; üretken bilgisayar modeli; hücreyel özdevinim; toplu konut tasarımı.

Key words: Computational design; generative computer model; cellular automata; housing design.