

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEPKİMELİ MİMARLIK İÇİN ÖNGÖRÜLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Fatma Zeynep GÜRBÜZ

Anabilim Dalı : Bilişim Anabilim Dalı

Programı : Mimari Tasarımda Bilişim

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEPKİMELİ MİMARLIK İÇİN ÖNGÖRÜLER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Fatma Zeynep GÜRBÜZ
523061010**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 02 Haziran 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ (İTÜ)

**Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Arzu ERDEM (İTÜ)
Öğr. Gör. Dr. Çiğdem DEMİREL EREN
(İTÜ)**

HAZİRAN 2009

Eşim Nuri İlker ATA'ya,

ÖNSÖZ

Lisansüstü öğrenimim boyunca desteğini esirgemeyen ve tezim sürecinde tüm iş yoğunluğuna rağmen her ihtiyaç duyduğumda değerli zamanını ayıran ve tezimin dönüm noktalarında beni doğru şekilde yönlendiren tez danışmanım Prof. Dr. Gülen Çağdaş'a herşey için teşekkür ederim. Hayatımın her döneminde bana destek olan ve görüş ayrılıklarımızdan en çok keyif aldığım insan, eşim Nuri İlker Ata'ya, berrak zihniyle ve mimari heyecanı ile fikirlerini benimle paylaşan canım arkadaşım Gözde Küçüköğlü'na, bıkmadan usanmadan beni dinleyen ve görüşlerini benimle paylaşan masa arkadaşım Yasemin Sünbül'e, tensegrity danışmanlığını yapan Ali Ulaş'a, çalıştığım süre boyunca bana çok şey öğreten ve tezime ayırdığım zamanlar için gereken esnekliği tanıyan IMS iş arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Bir müzisyen gözüyle tepkimeli mimarlık üzerine yaptığı yorumlarıyla bana yardımcı olan Özlem Tuzcu'ya, yorumları için Bilge Yetkin'e ve desteğini hep yanımda hissettiğim aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Temmuz 2009

Fatma Zeynep Gürbüz

Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	4
1.2 Tezin Kapsamı.....	4
2. TEPKİMELİ MİMARLIK KAVRAMININ ORTAYA ÇIKIŞI VE TARİHÇESİ	5
2.1 Tepkimeli Mimarlığa Temel Oluşturan İlk Çalışmalar	5
2.2 Tepkimeli Mimarlığa Zemin Hazırlayan Dönüm Noktaları.....	7
2.3 Tepkimeli Mimarlık Konusunda Seçilen İlk Örneklerin İrdelenmesi.....	12
3. TEPKİMELİ MİMARLIK ÜRÜNLERİNİN PROJE VE KULLANIM SÜREÇLERİ İLE BU SÜREÇLERDEKİ ROLLER.....	17
3.1 Tanımlanan Tepkimeli Mimarlık Ürünü	18
3.2 Tepkimeli Mimarlıkla İlgili Disiplinler.....	20
3.2.1 Tepkimeli mimarlık ile sibernetik ve biyolojinin ilgisi	20
3.2.2 Tepkimeli mimarlıkta mekatronik, robotbilim ve yapay zeka.....	25
3.2.3 Tepkimeli mimarlıkta diğer disiplinler	28
3.2.4 Tepkimeli mimarlıkta disiplinler arası işbirliği	32
3.2.5 Mimarın rolü ve kullandığı araçlar	33
3.3 Tepkimeli Mimarlık Ürününün Evrimleşmesi ve Kullanım Süreci	39
3.4 Tepkimeli Mimarlık Ürünü Oluşturan Sistemler ve Özellikleri	40
3.4.1 Yapısal sistem (malzemeler ve taşıyıcı sistem)	41
3.4.1.1 Yapının fiziksel çevresine ve işlevine uyarlanabilirliği	42
3.4.1.2 Çevreye karşı duyarlı olma.....	51
3.4.2 Hareketli sistem	52
3.4.3 Bilgi sistemi	54
3.4.3.1 Algılayıcılar ve işleticiler	56
3.4.3.2 Bilgi ağları ve iletişimi	60
3.4.3.3 Yapay zeka'nın tepkimeli mimarlık ürününe katkıları.....	61
3.4.3.4 Sistemin güvenliği.....	62
4. GÜNCEL ÖRNEKLER ÜZERİNDEN TEPKİMELİ MİMARLIĞIN DURUMU ÜZERİNE SAPTAMALAR.....	63
4.1 Güncel Örnekler	64
4.1.1 Tepkimeli mekan yerleştirmeleri örnekleri.....	65

4.1.1.1 “Blur building” projesi	65
4.1.1.2 “Morphosis” projesi.....	66
4.1.1.3 “Crowbar coffee” projesi.....	67
4.1.1.4 “Enactive walkway” projesi	68
4.1.1.5 “Audio grove” projesi.....	69
4.1.1.6 “Living glass” projesi	70
4.1.1.7 “River glow” projesi.....	70
4.1.1.8 “Muscle tower-2” projesi.....	71
4.1.1.9 “Aegis hyposurface” projesi	72
4.1.1.10 “Flux binary waves” projesi	73
4.1.2 Tepkimeli yaşama alanı örnekleri	74
4.1.2.1 “Kinetic acoustic roof” projesi	74
4.1.2.2 “Moderating skylights” projesi.....	76
4.1.2.3 “Divertimento” projesi	77
4.1.2.4 “Intelligent room” projesi	78
4.1.2.5 “E-motive house” projesi.....	80
4.1.2.6 “Interactive restaurant” projesi	81
4.1.2.7 “Transformer building” projesi	82
4.1.2.8 “Muscle room” projesi.....	83
4.1.2.9 “Smart village” projesi	85
4.2 Tepkimeli Mimarlığın Ölçütlerinin Belirlenmesi ve Verilen Örnekler Üzerinden Tepkimeli Mimarlığın Durumu Üzerine Saptamalar.....	87
4.3 Tepkimeli Mimari Ürünün Tasarım ve Yaşam Sürecindeki Başkalaşımı ve Gelecek ile İlgili Görüşler	93
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	97
KAYNAKLAR.....	101

KISALTMALAR

- AD** : Architectural Design Dergisi
AMG : Architectural Machine Group
KDG : Kinetic Design Group (MIT ekibi)
LAN : Local Area Network (Yerel Ağ)
SPL : Shape Processing Language
DDK : Doğrudan Dijital Kontrol
AAAI : Association for the Advancement of Artificial Intelligence
AA : Architectural Association
BDMT: Bilgisayar Destekli Mimari Tasarım
MIT : Massachusetts Institute of Technology
TDK : Türk Dil Kurumu
TUD : Technische Universiteit Delft
DAAA: Dağıtımli Akıllı Ağ Bağlantılı Aygıt

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Tepkimeli mimarlığa zemin hazırlayan dönüm noktaları.....	15
Çizelge 4.1	: Blur building'in etkenleri ve yanıtları	66
Çizelge 4.2	: Morphosis'in etkenleri ve yanıtları.....	67
Çizelge 4.3	: Crowbar coffee'nin etkenleri ve yanıtları.....	68
Çizelge 4.4	: Enactive walkway'in etkenleri ve yanıtları	69
Çizelge 4.5	: Audio grove'un etkenleri ve yanıtları.....	70
Çizelge 4.6	: Living glass'in etkenler ve yanıtları	70
Çizelge 4.7	: River glow'un etkenleri ve yanıtları	71
Çizelge 4.8	: Muscle tower'in etkenleri ve yanıtları.....	72
Çizelge 4.9	: Aegis hyposurface'in etkenleri ve yanıtları.....	73
Çizelge 4.10	: Flux binary waves'in etkenleri ve yanıtları	74
Çizelge 4.11	: Kinetic acoustic roof'un sistemlerinin değerlendirilmesi.....	75
Çizelge 4.12	: Moderating skylights'in sistemlerinin değerlendirilmesi	76
Çizelge 4.13	: Divertimento'nun sistemlerinin değerlendirilmesi	78
Çizelge 4.14	: Intelligent room'un sistemlerinin değerlendirilmesi	79
Çizelge 4.15	: E-motive house'un sistemlerinin değerlendirilmesi	81
Çizelge 4.16	: Interactive restaurant'in sistemlerinin değerlendirilmesi	82
Çizelge 4.17	: Transformer building'in sistemlerinin değerlendirilmesi.....	83
Çizelge 4.18	: Muscle room'un sistemlerinin değerlendirilmesi	84
Çizelge 4.19	: Smart village'in sistemlerinin değerlendirilmesi.....	87
Çizelge 4.20	: Tepkimeli mimari proje örneklerinin sistemlerinin özellikleri bağlamında değerlendirilmesi.	88
Çizelge 4.21	: Tepkimeli mimarlık ürünü ölçütleri ve verilen örnekler	91

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Frazer'ın 3 boyutlu akıllı modelleme sistemi (Frazer, 1995).....	10
Şekil 2.2	: Gömülü sistemler tarihçesi (Nelson, 2009).....	11
Şekil 2.3	: Fun palace'ın eskizi (Url-2, 2009).....	12
Şekil 2.4	: Fun palace iç perspektifi eskizi (Mathews, 2005).....	13
Şekil 2.5	: Generator (Url-1, 2009)	14
Şekil 3.1	: Biyoloji ve mühendislik arasındaki bağlantılar (Hensel , 2006).	25
Şekil 3.2	: Devingen tepkimeli mimarlığın oluşumu (Fox, 2009a).	26
Şekil 3.3	: Kinetic sculptures örnekleri (Jansen, 2007)	30
Şekil 3.4	: Piezoelektrik çim (Frazer, 1995).	42
Şekil 3.5	: Tensegrity sistem örneği (Url-3, 2009)	44
Şekil 3.6	: Tensegrity sistemleri: 1. sınıf, 2. sınıf ve 3. sınıf (soldan sağa) (Sterk, 2009).	47
Şekil 3.7	: Uyarmalı tensegrity sistem örneği (Sterk, 2009).....	48
Şekil 3.8	: Hobermann küresi	49
Şekil 3.9	: Dymaxion house (Url-10, 2009).....	50
Şekil 3.10	: International fashion machines (Vallgarda, 2007)	50
Şekil 3.11	: ABD'deki enerji tüketimi grafiği (Mazria, 2003)	52
Şekil 3.12	: Mimarlıkta hareketin türleri (Fox, 2009a).....	53
Şekil 3.13	: İç kontrol örneği (Foxve Yeh, 2009).....	54
Şekil 3.14	: Mimarlıkta hareketin doğrudan kontrolü (Fox ve Yeh, 2009)	57
Şekil 3.15	: Mimarlıkta hareketin dolaylı kontrolü (Fox ve Yeh, 2009)	57
Şekil 3.16	: Mimarlıkta hareketin tepkimeli dolaylı kontrolü (Fox ve Yeh, 2009) ...	58
Şekil 3.17	: Mimarlıkta hareketin 'ubiquitous' tepkimeli dolaylı kontrolü (Fox ve Yeh, 2009).....	58
Şekil 3.18	: Mimarlıkta hareketin deneyimsel tepkimeli dolaylı kontrolü .(Fox ve Yeh, 2009).....	59
Şekil 3.19	: Akıllı binada bilgi akışı diyagramı (Rutishauser, 2004).....	60
Şekil 4.1	: Sterk'ün hibrit modeli (Sterk, 2003a).....	64
Şekil 4.2	: Buhar testi aşamasında blur building (Diller+Scofidio, 2002).....	65
Şekil 4.3	: Morphosis projesinde etkileşimli duvar (Diniz, 2008).....	66
Şekil 4.4	: Crowbar coffee projesi etkin durumda	67
Şekil 4.5	: Enactive walkway yerleşmesi	68
Şekil 4.6	: Audio grove etkinlik halindeyken (Möller, 2000).....	69
Şekil 4.7	: Muscle tower-2 prototipi	71
Şekil 4.8	: Aegis hyposurface	72
Şekil 4.9	: Flux binary waves.....	73
Şekil 4.10	: Kinetic acoustic roof'un maket fotoğrafı (Url-6, 2009)	74
Şekil 4.11	: Moderating skylights'ın modeli ve çizimleri (Url-4, 2009).	76
Şekil 4.12	: Divertimento'nun dijital modeli (Orambra, 2005).	77

Şekil 4.13 : Intelligent room'un görüntüleri (Coen, 2009).	78
Şekil 4.14 : Intelligent room'un basit yerleşimi (Coen, 2009).	79
Şekil 4.15 : Emotive house dijital modeli (Url-9, 2009).	80
Şekil 4.16 : Interactive restaurant uygulamasının fotoğrafları (Url-11, 2009).	81
Şekil 4.17 : Transformable building'in işlevlere göre girdiği formlar (Url-8, 2009)	82
Şekil 4.18 : Transformable building ve çevresi	83
Şekil 4.19 : Muscle room (Url-12, 2009).	84
Şekil 4.20 : Muscle room prototipi (Url-12, 2009)	84
Şekil 4.21 : Smart village'de hareketli çatı (Magnoli, 2001)	85
Şekil 4.22 : Hareketli çatının tepkimeli yapı sistemi (Magnoli, 2001)	86
Şekil 4.23 : Smart village'de şemsiyeler (Magnoli, 2001)	86

TEPKİMELİ MİMARLIK İÇİN ÖNGÖRÜLER

ÖZET

Geleneksel anlamda mimarlık, insanlara, yaşamlarını uyarladıkları, belirli işleve ve çevre koşullarına uygun tasarlanmış bir yaşam alanı sunar. Eğer sunulan yaşam alanı, bir yapı olarak çevresine uyum sağlayabilseydi, bu mekan, yaşayanların karakterlerini, deneyimlerini ve fiziksel çevredeki değişimleri yansıtabilirdi; yaşayanların hayatlarının değişmesiyle, işlevin değişmesiyle, çevre koşullarının değişmesiyle, mekan da yeni duruma uyum sağlardı; hatta öğrendikleri ve yorumladıkları sayesinde zamanla evrimleşebilirdi. Böyle bir mimarlık 1960'larda düşünölmeye başlanmıştı. Hesaplama konusundaki ilerlemelerle ve mimarların biyoloji ve sibernetik bilgi alanlarına duydukları ilgiyle bu düşünceler geliştirilmiş, bazı uygulamalar ve prototipler yapılmıştı.

Tepkimeli Mimarlık ürünleri, ilerleyen teknolojiler sayesinde, yakın gelecekte her işlevde binanın tasarımında yaygın olarak tercih edilir hale gelebilir; çünkü Tepkimeli Mimarlık ürünü ve tanımladığı çevre, daha işlevsel, daha konforlu, daha çevreci ve ekonomik olacaktır. Bu bağlamda, Tepkimeli Mimarlık, hem mimari tasarım anlayışını, mimari tasarım sürecini, mimari tasarım sürecindeki rolleri; hem de yaşadığımız çevreyi değiştirebilir. Tez kapsamında Tepkimeli mimarlığın ne olduğu, nasıl uygulanabileceği, nasıl yaşayabileceği konuları üzerinde durulmaktadır. Bu sorulara yanıt bulmak amacıyla Tepkimeli Mimarlık literatür araştırmaları üzerinden irdelenmekte, verilen örnekler ve gelişen teknolojilerle yorumlanmakta, uygulamada sahip olduğu süreçlerin tanımı yapılmakta, bu süreçlerin geleneksel anlamdaki mimari tasarım sürecinden farkları üzerinde durulmakta ve Tepkimeli Mimarlığın ve tanımladığı çevrenin gelecekte nasıl olabileceği konusunda öngörölere ulaşılmaktadır.

Tepkimeli Mimarlığın kullanıcılarına ve çevresine sağladığı olanaklar, formunu işlev değişikliklerine ve fiziksel çevre koşullarına göre uyarlamak, kullanıcı konfor şartlarını iklimlendirme ve aydınlatma bağlamında en az enerji tüketimi ile sağlamak, kullandığı enerji tüketimini azaltan ve geri dönüşümlü malzemeler ile bir bina olarak doğal çevreye verdiği zararı azaltmak, kullanıcının, kentin kültürünü ve deneyimlerini yansıtmak ve sürdürülebilir yaşama mekanları sunmaktır. Tepkimeli Mimarlık ürününün sunduğu olanakların sonucu olarak doğabilecek fırsatların yanında oluşabilecek tehditler de bulunmaktadır. Mimarın Tepkimeli Mimarlık ürününün iletişimi ve güvenliği konusunda önemli bir sorumluluğu vardır. Tasarımın en başından itibaren, yapının iletişim şekillerini tasarlariken bu fırsatları ve tehditleri göz önünde bulundurması, senaryolarını oluşturması ve bu senaryoları dikkate alarak tasarım kararlarını vermesi gerekecektir.

FUTURE PROJECTIONS FOR RESPONSIVE ARCHITECTURE

SUMMARY

In general, architecture which is designed regarding a program and the conditions of physical environment provides people spaces to adapt their life. However, if the living space can adapt to its environment, then it could reflect the characters, experiences of its users and the changes in the physical environment. When the lives of people, function of the building or physical environment conditions have changed, the space would adapt to these different situations. Moreover, the space would evolve with information which it gets and with interpretations which it generates. These ideas on architecture first came up in 1960s. The developments in computing and the interests of architects on biology and cybernetics improved these ideas with many examples of applications and prototypes.

On the basis of advancing technologies, outputs and the described surroundings of Responsive Architectures can be commonly used in any type of building due to its functionality, comfortableness, flexibility, environmentalism and affordability. In this context, Responsive Architectures can shift architectural design philosophy, architectural design process and the roles in this process; moreover it can change the environment which we live in. In the thesis, it is pointed out what Responsive Architecture means, how it can be designed, how it can be implemented and how it can sustain. In order to answer these questions in a correct way, first, Responsive Architecture has been examined over literature studies. Then, it has been interpreted according to the given examples and the advancing technologies. Moreover, its processes of design and implementation have been defined and Responsive Architectures' design and implementation process have been compared to the traditional design and implementation process. Finally, the future of the described surrounding of Responsive Architectures has been discussed.

While representing the culture and experiences of users and the city, Responsive Architecture enables adaptation to different functions and physical conditions providing a sustainable space and environment. However, it should not be forgotten that Responsive Architecture can generate some threats besides many opportunities. Architect is responsible for the design of communication and security principles of Responsive building and he/she has to consider the opportunities and threats while deciding the communication acts. By making up various scenarios, he/she has to make decisions for a healthy design.

1. GİRİŞ

“Fiziksel çevrenin insanoğlunun yaşam tarzı ile mükemmel bir uyum içinde olmadığını, mimarlığın insanoğlunun gereksinimlerine tam anlamıyla yanıt vermediğini, mimarın fiziksel çevre için dört dörtlük bir yönetici olmadığını düşünürsek, fiziksel çevreyi tasarlanmış yapıya karşı evrimleşen bir organizma olarak değerlendirebiliriz” (Negroponte, 1976).

Geleneksel anlamda mimarlık, insanlara, yaşamlarını uyarladıkları, belirli işleve ve çevre koşullarına uygun tasarlanmış bir yaşam alanı sunar. Eğer sunulan yaşam alanı, bir yapı olarak çevresine uyum sağlayabilseydi, bu mekan, yaşayanların karakterlerini, deneyimlerini ve fiziksel çevredeki değişimleri yansıtabilirdi; yaşayanların hayatlarının değişmesiyle, işlevin değişmesiyle, çevre koşullarının değişmesiyle, mekan da yeni duruma uyum sağlardı; hatta öğrendikleri ve yorumladıkları sayesinde zamanla evrimleşebilirdi. Negroponte’nin söylediği gibi “fiziksel çevreyi tasarlanmış yapıya karşı evrimleşen bir organizma” olarak kabul edersek ve yaşamın hızla değişerek gereksinimlerin farklılaştığını düşünürsek, mekanın da bunlara karşı ayakta durabilmek için evrimleşen bir organizma gibi davranabilmesi gerektiğini anlayabiliriz. Böyle bir mimarlığın fikir tohumları 1960’lara dayanmaktadır.

Tristan d’Estree Sterk, çevresine yanıt veren bir mimarlık ürünü fikrinin ortaya çıkışını şöyle anlatmaktadır (Sterk, 2006b):

“1960’ların sonlarından 1970’lerin ortalarına kadar mimarlıkta çarpıcı bir değişim oldu. Modern mimarlık ürünlerinin başarısı ile ilgili kuşkular ve beliren enerji krizi, mimarların toplumun gereksinimlerine uygun binalar yapmak için yeni mimari ürünler tasarlamak üzere çalışmalar yapmalarını sağladı. Gordon Pask, Cedric Price, Nicholas Negroponte, Yona Friedman, Charles Eastman ve diğerleri, bilgisayarların bu hedefe ulaşmakta üstleneceği görevle ilgili araştırmalar yapmaya başladılar.”

Bu dönemde, araştırmacılar arasından Negroponte, bilgisayarlar için 3 temel farklı rol öngörmüştür: tasarım dokümantasyonu ile ilgili rolü, üretken sistemler ile ilgili

rolü ve akıllı mekanlar üretmek ile ilgili rolü (Sterk, 2006b). Tez kapsamında bilgisayarların mimarlıkta kullanımı için önerilen rollerden biri olan akıllı mekanlar üretmek ile ilgili rolü üzerinde durulmuştur. Negroponte, mimarlığın “inşa edilen mekânlarla” “bilgisayarın gücünü” bütünleştirmesini önerirken, “bütünleşen mekan ve bilgisayar”ın daha verimli ve akılcı binaları meydana getireceğini vurgulamaktadır (Sterk, 2003b).

Tepkimeli Mimarlık fikrinin ilk gündeme geldiği zamanlarda, mimarlıktaki en önemli sorunsalın, yapının işlevi ve kullanıcı istekleri bağlamında formunun nasıl olması gerektiği konusu olduğu görülmektedir. Architectural Design (AD) dergisinin 1969 Eylül ayı yayınında Andrew Rabeneck, sibernetik cihazların özdevinimli mimarlık için kullanımları ile ilgili bir yazı yazmıştır. Rabeneck varolan yapı teknolojilerinin esnek olmadığını ve “esneklik” kavramının yeni yeni mimarlığa girmeye başladığını ifade etmiştir. Tümöyle yeni mimarlık ürünleri olan “artan oranda esnek” ve “kullanıcı odaklı” yapıların üretilmesi için mimarların sibernetik teknolojilerini kullanması gerektiğini savunmuştur (Rabeneck, 1969). Üç yıl sonra Friedman değişen “müşteri - mimar” ilişkileri üzerine yazmıştır ve mimarların, bina kullanıcılarının gelecekteki mekan gereksinimlerini yeterli seviyede belirleyemeyeceklerini, bunun için yeni tasarım yöntemlerine gereksinim duyulduğunu belirterek yeni bir model önermiştir. Friedman’ın modelinde mimari tasarım tümleşik iki parçaya ayrılmaktadır: yazılım tasarımı ve donanım tasarımı. Rabeneck’in görüşü, kestirimci teknolojiler ve özdevinim’in yararlarını anlatırken, Friedman’ın kullanıcıyı araya girmesi ve doğrudan kontrol etmenin yararlarını göstermektedir. Bu iki görüş de değişen kullanım şekillerine göre mimarlık ürününün kendi biçim ve kurulumunu değiştirebilme yeteneğine yönelik farklı yaklaşımlardır (Sterk, 2006b).

Başta Pask olmak üzere sibernetikçilerin mimarlığa olan ilgisi ve Genel Sistem Kuramı alanındaki gelişmeler, mimarların binaları durağan bir nesne olmaktan çok devingen kullanıcı sistemleri olarak düşünmesine olanak vermiştir (Sterk, 2006a). Bu yeni fikirler, mimarları mimari form oluşturma ile ilgili yeni yöntemler konusunda düşündürmüştür. Mimarlar 1960’larda, yapının “işlevine ve kullanıcı hareketlerine uygunluğu” bağlamında, form ve işlev ile ilgili modern yaklaşımlar konusunda yeniden düşünmeye başlamışlardır (Rabeneck, 1969). (Bu konular günümüzde kullanıcı-bilgisayar etkileşimi ve kavramsal hesaplama alanında yeniden

gündemdedir) Böylece, geri beslemeler yeni bir form üretici gibi görülüp, kullanıcı gereksinimlerini, isteklerini ve hareketlerini doğrudan mimari formunu bağlayan yeni bir mimari anlayış ortaya çıkmıştır (Sterk, 2006a). Sterk böyle bir mimarlığın ürünü ve bu ürünün üretimi için, önceden Negroponte'nin ortaya attığı ve yaygın olarak kullanılmaya başlanan “Tepkimeli Mimarlık” (Responsive Architecture) terimini kullanmaktadır. Sterk’e göre, Tepkimeli Mimarlığın gelişmesi, bu alandaki uygulamaların eksikliklerine rağmen, tasarımda ileriye düşünme görüşüne dayanan üç temel fıkirden ortaya çıkmıştır (Sterk, 2006a):

- Mimarlar sistemleri tasarlar, sadece binaları değil;
- Geri beslemeler mimari form üretme amaçlı kullanılabilir;
- Mimarlık disiplini, uygulamalarındaki değişimlere yanıt vermelidir.

Sterk, özellikle enerji sıkıntısını ve çevreci tutumun gerekliliğini dikkate alarak Tepkimeli Mimarlık ürünlerine gereksinim duyulduğunu belirtmektedir (Sterk, 2006a).

Tepkimeli mimarlık değişen koşullara formunu uyarlayarak yanıt verme yeteneğine sahip yapılar üretmeyi hedeflemektedir ve bunun için akıllı bir sistem olması gerekmektedir. Her ne kadar bu tanımlama Tepkimeli Mimarlığın ana fikrini iyi betimliyorsa da, bu mimarlığı uygulamak için çok daha ileri bilginin sağlanması gerekmektedir. Bu daha ileri bilgi, çok uzmanlı bir çalışma ile olanaklıdır. Birçok parametrenin dikkate alınması gerektiği, oldukça karmaşık bir sistem olan Tepkimeli Mimari yapılarının yapılması, ancak farklı disiplinlerin sıkı bir işbirliği içinde yaptığı çalışmalar ile olanaklıdır. Bu disiplinlerin başında sibernetik, biyoloji, yapı mühendisliği, robotbilim, yapay zeka ve malzeme geliştirme bilgi alanları gelmektedir. Tepkimeli Mimarlıkta kullanılabilecek malzemelerin, taşıyıcı sistemin ve bilgi ağının özel bileşenler olması gerektiği dikkate alınırsa, nanoteknoloji çalışmalarını da içeren malzeme geliştirme bilgi alanlarının, mekatronik düşünce ile geliştirilen yeni yapısal sistem çözümlerinin ve hızla geliştirilen bilgisayar teknolojilerinin ve yazılım mühendisliğinin bu karmaşık sistemin çözülmesi için gereksinim duyulan başlıca disiplinlerden olduğu anlaşılmaktadır. Tüm bu disiplinlerin işbirliği içinde çalışması başarılı bir Tepkimeli Mimarlık ürünü üretmek için oldukça önemlidir. Tepkimeli Mimarlık ürünü tasarımı sürecinde, farklı disiplinlerin örgütlenmesi ve oldukça esnek ve akıllı olan bu sistemin çerçevesinin tasarlanması mimari ekipten beklenmektedir.

1.1 Tezin Amacı

İlerleyen teknolojiler sayesinde, yakın gelecekte, her işlevde binanın Tepkimeli Mimarlık ürünü olarak tasarlanması yaygınlaşabilir; çünkü Tepkimeli Mimarlık ürünü ve tanımladığı çevre, daha işlevsel, daha konforlu, daha çevreci ve ekonomik olacaktır. Bu bağlamda, Tepkimeli Mimarlık, hem mimari tasarım anlayışını, mimari tasarım sürecini, mimari tasarım sürecindeki rolleri; hem de yaşadığımız çevreyi değiştirebilir. Böyle bir mimarlığın üretimi için gereken bilginin tamamına sahip olmamakla beraber Tepkimeli Mimarlık üretimi için literatürde birçok kavramsal öneriyle ve bunlara bağlı olarak geliştirilmiş prototiplerle karşılaşmaktayız. Tepkimeli mimarlığın ne olduğu, nasıl uygulanabileceği, nasıl yaşayabileceği konuları yakın gelecekte daha da önemli hale gelecektir. Bu nedenle tezin amacı, Tepkimeli Mimarlığı literatür araştırmaları üzerinden anlamak, irdelemek, yorumlamak, kullanım sürecinde nasıl dönüşümlere sahip olduğunu belirlemek ve Tepkimeli Mimarlık ürününü üretirken, kabul edilegelmiş mimari tasarım ile yapı kullanım sürecinin başkalaşımını ortaya koymaktır. Tezin sonucunda, bu başkalaşıma dayanarak, gelecek için öngörülerde bulunmaktadır.

1.2 Tezin Kapsamı

Öncelikle Tepkimeli Mimarlık kavramının ortaya çıkışı, 1960’larda Tepkimeli Mimarlığın ilk ve en etkileyici örnekleri ve Tepkimeli Mimarlık fikri üzerine yapılmış çalışmalar değerlendirilmektedir. 1970’lerde ve 1980’lerde yapılan çalışmalar ve uygulanan örnekler irdelenmekte ve ilk ortaya atıldığı zamandan beri Tepkimeli Mimarlık için bugünkü koşulları hazırlayan kilometre taşları belirlenmektedir. Tepkimeli Mimarlık üzerine yapılan tanımlamalar anlatılmakta, Tepkimeli Mimarlığın ilgili olduğu disiplinler ve bu disiplinlerle bağlantısından bahsedilmektedir. Tepkimeli Mimarlık ürününün tasarım sürecinde mimarın görevleri tanımlanmakta, bu tasarım sürecinin içinde bulunması gereken diğer disiplinler ortaya konulmaktadır. Son olarak Tepkimeli Mimarlık ile ilgili güncel örnekler incelenmekte ve Tepkimeli Mimarlığın tasarım ölçütleri belirlenerek bu örnekler değerlendirilmektedir. Sonuç bölümünde, mimari tasarım ve bina kullanım sürecinin, Tepkimeli Mimarlık ürününü üretme sürecinde elde ettiği başkalaşım betimlenmekte ve bu başkalaşıma dayanarak, gelecek için öngörülerde bulunmaktadır.

2. TEPKİMELİ MİMARLIK KAVRAMININ ORTAYA ÇIKIŞI VE TARİHÇESİ

Bu bölümde, Tepkimeli Mimarlık kavramının ortaya çıkışı ve bu konudaki ilk çalışmalar üzerinden değerlendirmeler yapılarak Tepkimeli Mimarlığın tarihçesi oluşturulmuştur. 2.1 bölümünde “Tepkimeli Mimarlığa Temel Oluşturan İlk Çalışmalar”, 2.2 bölümünde “Tepkimeli Mimarlığa Zemin Hazırlayan Dönüm Noktaları” ve 2.3 bölümünde “Tepkimeli Mimarlık Konusundaki İlk Örneklerinin İrdelenmesi” anlatılmıştır.

2.1 Tepkimeli Mimarlığa Temel Oluşturan İlk Çalışmalar

Tepkimeli Mimarlık kavramının tohumları, farklı açılımlarla 1950’lerden 1970’lere kadar olgunlaşmıştır. Mimarlığın sibernetik disiplini ve biyoloji ile bağlantısı üzerine yapılan çalışmalar Tepkimeli Mimarlık fikrini besleyen ilk ve en önemli çalışmalar olmuştur. Bu çalışmalar, böyle bir mimari ürünün nasıl uygulanabileceği üzerine geliştirilmiş düşünceleri kapsar. Bu düşüncelerin temelinde, yeni gelişmelerin ve teknolojinin olanaklı kıldığı seçeneklerin, Tepkimeli Mimarlık ürününün oluşturulması için nasıl örgütlenmesi ve nasıl işletilmesi gerektiğinin sorgulanması bulunmaktadır. 20 yy. mimarlık tarihi üzerine çalışmaları olan Detlef Mertins ile 2007’de yapılan bir röportajda Mertins, “örgütlenme” teriminin mimarlık ve sanat alanındaki söylemlere nasıl dahil olduğuna bakmanın oldukça ilginç olduğunu söylemektedir (Mertins, 2007). Örneğin, 1928’de Hannes Meyer’in “Bauen” (Yapı) manifestosunda şöyle der (Mertins, 2007): “Yapı biyolojidir, örgütlenmedir; estetik değil, teknik bir süreçtir.” Örgütlenme, sonradan dönüşen, değişebilen ve Meyer’in “kuvvetler” diye adlandırdığı bağlarla birbirine bağlı olan hücre, atom ve diğer bileşenler arasındaki ilişkileri kurmak demektir. Örgütlenme, aynı zamanda düzenlemeyi de içermektedir. Yapı, yaşam süreçlerinin düşünülmüş bir örgütlenmesidir: sosyal, teknik, ekonomik, psikolojik bir örgütlenme. Form süreçlerin sonucudur; örgütlenme kavramı kullanarak süreç tanımlanmaktadır. Form, enerjinin ve cismin, sonradan tekrar çözülebilecek olası bir pıhtılaşması içine

yeniden örgütlenmesidir. Örgütlenmeler devrim içinde dönüşebilirler. Kaos kuramında örgütlenme, “çoğunlukla aniden ve beklenmedik bir şekilde tamamen düzeni bozulacak gibi görünen”in düzeninin nasıl oluştuğunu anlatmak için kullanılan temel kavramdır. Örgütlenme, örüntüleri ayrık olmayan, ancak çok kapsamlı olan biçimler, dokular ve yapılar kadar kolaylıkla üretebilir. Biçim, açık ve bağlamına yakın olmayan şeylerden çok, ana hatları iyi tanımlanmış (belirgin Gestalt’ları olan) birbirine bağlanmış tekil varlıkları ifade etme eğilimindedir (Mertins, 2007). Etkileşimli, uyarlanabilir-tepkimeli mimarlık ürünü düşüncelerinde ve araştırmalarında sibernetik ve biyoloji alanlarına olan ilginin temelinde örgütlenme yöntemi konusundaki arayış bulunmaktadır.

Pask’ın İletişim ve Kontrol Kuramı (Conversation Theory), etkileşimli-tepkimeli-uyarlanabilir mimarlık ürünleri üretme yolunda ilk düşünce tohumlarının ortaya atılmasına paralel olarak kabul görmüştür. 1960’larda atılan adımlar, Pask ve diğer sibernetikçilerin mimarlığa olan ilgilerinden beslenmiştir. Price’ın Fun Palace projesi, gerçekleştirilememiş bir proje olmasına rağmen, Pask’ın de içinde bulunduğu farklı disiplinlerden uzmanlardan oluşan ekiple çalışılmış, oldukça detaylı bir Tepkimeli Mimarlık projesi örneği olarak kabul edilmektedir. Aynı dönemde, Negroponte, Friedman, Eastman ve diğerleri bu konularda araştırmalar ve çalışmalar yapmış, makaleler yazmışlardır. Rabeneck 1969’da AD dergisindeki yazısında yaşamı süresince işlevsel olabilecek uyarlanabilir özdevinimli mimarlık ürünleri üretmek için sibernetik teknolojilerinin kullanılmasını önermiştir. Varolan bina teknolojilerinin esnek olmadığını ve “esneklik” kavramının yeni yeni mimarlığa girmeye başladığını belirterek, tümüyle yeni mimarlık ürünleri olan “artan oranda esnek” ve “kullanıcı odaklı” yapıların sibernetik teknolojilerden beslenerek üretilbileceğini anlatmıştır (Rabeneck, 1969). Tepkimeli Mimarlık ürünlerinin özelliklerini tanımlayan ve Tepkimeli Mimarlığın üretimi için fikirler geliştirilmesine destek olan ilk kaynakların Negroponte’nin çalışmaları olduğu düşünülmektedir. Bu kaynaklar “The Architecture Machine” (1970), “The Soft Architecture Machine” (1975) kitapları ve “The Semantics of Architecture.Machines” (1970) makaleleridir (Sterk, 2003b). Negroponte 1967’de MIT’de, “Architecture Machine Group”u (AMG) kurmuştur (AMG 1985’ten beri “Kinetic Design Group” (KDG) olarak çalışmalarını sürdürmektedir) (The Network Architecture Lab, 2009).

2.2 Tepkimeli Mimarlığa Zemin Hazırlayan Dönüm Noktaları

Tepkimeli Mimarlık fikrinin ortaya çıkışı ve bu fikrin geliştirilmesi sistem yaklaşımı ve bilgisayarlar ile ilgili gelişmeler ile paralel olarak ilerlemiştir. Bu nedenle sistem yaklaşımı ve bilgisayarların gelişmesi yönündeki en önemli adımlar, tez kapsamında Tepkimeli Mimarlık düşüncesinin de gerçekleştirilmesi için gereksinim duyulan teknolojinin ilerlemesi yolunda atılan önemli adımlar olarak değerlendirilmiştir. Bununla beraber, Tepkimeli Mimarlık düşüncesi ile doğrudan ilgili gelişmelerin bu adımlara paralel olarak nasıl gerçekleştiği gösterilmiştir. Bölümün devamında kilometre taşları birer birer anlatılmakta ve Tepkimeli Mimarlığın gelişmesine nasıl katkılarda bulundukları konusunda değerlendirmelerde bulunmaktadır. Bölüm sonunda yer alan Çizelge 2.1’de Tepkimeli Mimarlık için dönüm noktası olarak kabul edilen tüm olaylar bir zaman çizelgesi içinde gösterilmektedir.

Mimarlar, kavramsal olarak Tepkimeli Mimarlık ürününün örgütlenmesini tasarlayabilmek için gereken temel düşüncelere 1920’lerde, Tepkimeli Mimarlık fikrini ortaya atmadan önce ulaşmaya başlamışlardı. 1928’de Meyer’in “Bauen” manifestosundaki sözü, mimarlık ürününün bir örgütlenme olarak kabul edilmeye başlandığını ve mimarlık disiplini içinde biyoloji disiplininin yaklaşımından etkileneilmeye başlandığını belirtmektedir (Mertins, 2007). Tepkimeli Mimarlık fikri bu zamanlarda henüz kimsenin aklında olmasa da, mimarların yapıyı bir örgütlenme olarak ele alması ve bu örgütlenmenin yöntemi konusunda biyolojiden yararlanması, Tepkimeli Mimarlık ürününü tasarlayabilmek yolunda atılmış ilk tohumlar olarak görülebilir. Daha sonra, 1930’larda hesaplama bilimlerdeki önemli gelişmeler, tüm mühendislik disiplinlerini ve mimarlığı doğrudan veya dolaylı olarak etkilemiştir.

Turing Makinesinin icadı, hesaplamalı bilimlerin gelişmesi için çok önemli bir kilometre taşı olmuştur. Turing Makinesi, “1936 yılında, İngiliz mantık ve matematikçisi Alan Turing tarafından algoritmalara ve mekaniksel yordamlara kesin bir tanım getirmek amacı ile ileri sürülmüş kuramsal bir hesaplama makinesidir.” (Turan, 2003). Bir Turing Makinesi, girdileri bant üzerine yazılarak ve başlığının davranışı donanımsal olarak programlanarak oluşturulabilmekte veya bu Turing Makinesinin ne yaptığı, içeriği, bir tablo halinde programlanıp girdileriyle birlikte ETM’ ye vererek yazılımsal olarak oluşturulabilmektedir (Turan, 2003). Newmann’ın 1940’larda geliştirdiği “Kendini Yeniden Üreten Makine”si (Self-Reproducing Machine), Evrensel Turing Makinesi (ETM), genel amaçlı

bilgisayarların yaratılması için gerekli kuramsal altyapıyı oluşturmuştur(Computing at Cornell, 2009). ETM, kendisi dahil, tüm Turing Makinelerini simule edebilen özel bir Turing Makinesidir.

Oldukça karmaşık bir sistem olan Tepkimeli Mimarlık ürününün örgütlenmesindeki en önemli olanaklardan biri kablosuz kontrol sistemlerin yaygınlaşmasıdır. İlk kablosuz uzaktan kumanda cihazı, 1939'da piyasaya sürülen "Philco Mystery Control"dür (Philco Repair Bench, 2009). Kablosuz sistemler zamanla gelişerek günümüzde neredeyse tüm cihazlarda kullanılır hale gelmiştir.

Tepkimeli Mimarlık ürününün örgütlenmesindeki en önemli yaklaşımlardan biri olan Sistem düşüncesi bir biyolog olan Bertalanffy tarafından 1950'lerde karmaşık olayları anlamak için ortaya atılmıştır. "Bu teoriye göre Sistem, birbirinden ayrılmaz parçalara sahip bir bütün olarak tanımlamakta ve Aristo'nun bütün, parçaların toplamından daha fazla bir şeydir tanımlamasına denk düşmektedir." (Tecim, 2004). Sterk, Sistem Kuramının mimarların dünya anlayışlarını kökünden değiştirdiğini belirtmektedir (Sterk, 2009).

1960'lı yıllarda Feynman'nın sayesinde 'Nanoteknoloji' disiplini üzerine çalışmalar başlamıştır ve günümüze kadar bu disiplinin öncülüğünde yapılan çalışmalarla malzeme geliştirme ve yeni malzemeler üretme konusunda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir.

1950 ve 1960'larda hesaplamalı bilimlerdeki en önemli gelişmelerden biri, kuşkusuz yapay zeka çalışmalarının başlamasıdır. Turing, 1950'de "Computing Machinery and Intelligence" adlı kitabını yayınlamıştır. Bu kitap, bir akıllı davranış testini çalışır duruma getirmek için bir yol kabul edilip "Turing Test"ine giriş olarak değerlendirilmektedir. Yapay zeka terimi ilk kez 1956'da McCarthy tarafından kullanılmıştır ve bilgi alanı birçok araştırmacı tarafından geliştirilmiştir (AAAI ekibi, 2008).

1960'ların ortası ve sonları, mimarların, teknolojinin sağladığı olanaklarla yeni mimari ürünler üretme amaçlı projeler yapmaya başladıkları dönem sayılır. 1964'de Price'ın geniş danışman ekibi ile projelendirdiği "Fun Palace", uygulanmamış olsa da ilk Tepkimeli Mimarlık projesi olarak kabul edilebilir. 1967'de Negroponte MIT'de AMG'yi kurmuştur. Bu ekip, etkileşimli teknolojileri mimarlık bağlamında uygulayan ve geliştiren projelere imza atmıştır. Snelson, 1968'de 18m

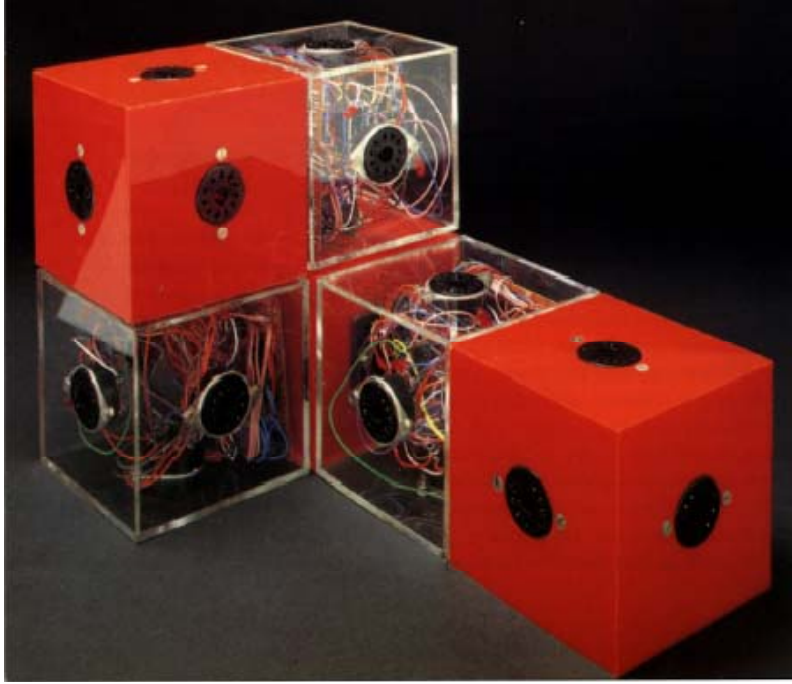
yüksekliğindeki tümleşmiş germeli bir sistem olan “Needle Tower”ı tasarlamıştır. Bu sistem, Fuller’in “Tensile” (germeli) ve “Integrity” (tümleşmişlik) kelimelerini birleştirerek oluşturduğu “Tensegrity” terimiyle adlandırılmıştır. Fuller Tensegrity konusunda çok sayıda çalışma yapmıştır. Tensegrity, Tepkimeli Mimarlık ürününün yapısal sistemi için oldukça uygun bir uyarlanabilir taşıyıcı sistem önermektedir.

1969’da AD dergisinin Eylül ayı sayısı, Tepkimeli Mimarlık için dönüm noktası olarak nitelendirilebilecek bir sayıdır. Derginin bu sayısında Pask, Negroponte ve Rabeneck başta olmak üzere yazarlar, mimarlığın güncel sıkıntılarını belirtmiş, çözüm olarak bilgisayarların mimarlıkta kullanımını önermiş ve bu kullanımın vaat ettiği yeniliklerin üzerine yazmışlardır. Aynı yıllarda Negroponte’nin yayınladığı kitaplar dikkati çekmektedir. Sterk, Negroponte’nin 1970’de yazdığı “The Semantics of Architecture Machines” kitabının Tepkimeli Mimarlığın tanımlanması ve üretilmesi için ilk belirgin girişim olduğunu söylemektedir (Sterk, 2003b).

1970’ler, Pask’ın Tepkimeli Mimarlık ve diğer birçok alanda önemli katkıları olan İletişim ve Kontrol Kuramı’nı geliştirdiği yıllardır. İletişim ve Kontrol Kuramı günümüzde önemini korumaktadır. Mimarlıkta etkileşimli sistemlerin gelişmesinde bu kuram oldukça önemli olmuştur. Ayrıca bu yıllarda bilgisayarların piyasada yaygın hale geldiği görülmektedir. Intel 4004 adındaki çip, piyasadaki ilk genel amaçlı mikroişlemci olmuştur (Intel Museum, 2009). Steve Wozniak ve Steve Jobs’un 1976’da ürettiği Apple bilgisayar ise ev kullanımı için üretilmiş ilk bilgisayardır. Apple II de 1977’de sunulan ilk tam donanımlı programlanabilir bilgisayardır (Saari, 2001). Öte yandan ilk ağlar kullanılmaya başlanmıştır. İlk ağların, merkezi işlem birimini kullanan ve terminallere bağlanan zaman paylaşımli ağlar olduğu belirtilmektedir. Bu ortamlar hem IBM Sistem Ağ Mimarisi, hem de Dijital Ağ Mimarisi tarafından uygulanmıştır. Yerel ağlar (LANs) kişisel bilgisayarın devrimiyle evrimleşmiştir. Yerel ağlar çoklu kullanıcıların göreceli olarak küçük coğrafi alanlarda dosya ve ileti alışverişine olanak vermiştir ve öte yandan dosya dağıtıcılar ve yazıcılar gibi paylaşılan kaynaklara erişimi sağlamıştır (Cisco, 2009).

Yazılımların gelişmesinin de donanımlara paralel olarak ilerlediği söylenebilir. 1977’de ilk mikro işlemci tabanlı grafik sistemi üretilmiştir. Hemen ardından Biçim İşleme Dili (Shape Processing Language (SPL)) geliştirilmiştir (Frazer, 1995). 1979’da Frazerlar çalışan ilk kendini kopyalayabilen bilgisayarı, sonrasında makine

okuyabilen grid pano sistemi ve 3 boyutlu bir akıllı modelleme sistemini üretmişler (bkz. Şekil 2.1). Bu sistemler gömülü elektroniklerin gelişmesine paralel olarak tasarlanmıştır. Temelde işlemciye bilgi iletebilen elektronik altlıklar sayesinde sistemi oluşturan birimler mekanlar gibi kullanılmakta ve bu birimlerle oluşturulan mekansal tasarımlar bilgisayara iletilebilmektedir. Frazer, bu sistemlerin geliştirilmesinin Price'ın Generator projesi ve Segal'in mimari tasarım platformu için çok önemli gelişmeler olduğunu söylemektedir (Frazer, 1995). Price, başta Frazer olmak üzere birçok önemli danışman ile beraber çalıştığı ve prototiplerini ürettiği “Generator” projesini 1976-1979 arasında geliştirmiştir. “Generator” mimari projesi bilgisayar teknolojilerinin çok etkin bir şekilde kullanıldığı önemli bir projedir. Ardından, 1982'de Segal, Frazer'ın danışmanlığında, bir mimari yapıyı kendi kendine tasarlamak isteyen mimarlık disiplini dışından bireyler için, planı tasarlarken maket gibi üzerinde çalışılabilen ahşap çerçeveli bir mimari modelleme platformu geliştirmiştir (Frazer, 1995).



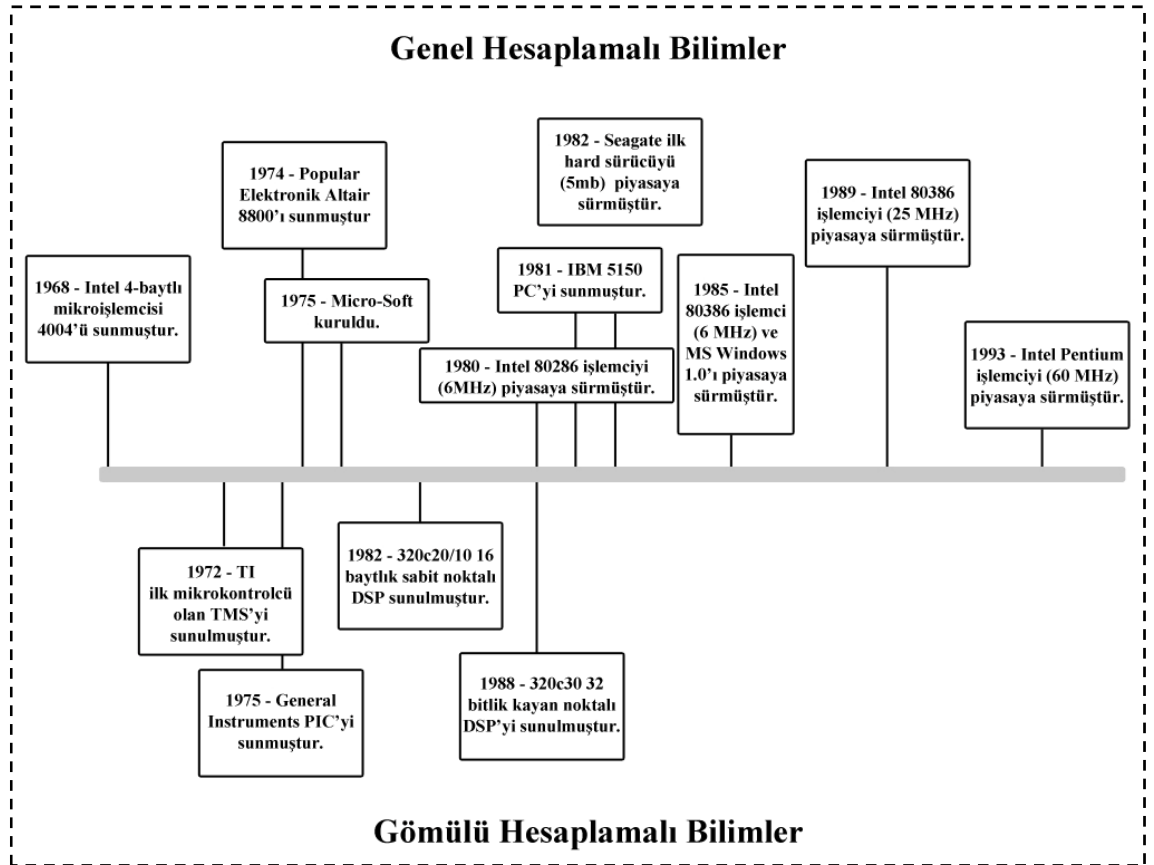
Şekil 2.1 : Frazer'ın 3 boyutlu akıllı modelleme sistemi (Frazer, 1995).

1980'lerde hesaplamalı bilimlerle ilgili gelişmelerin mühendislik alanlarına olumlu etkileri ön plana çıkmaya başlamıştır. Bina ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri konusundaki Doğrudan Dijital Kontroller (DDK) (Direct Digital Control (DDC)) 1980'lerde yaygınlaşmıştır. DDK'ların bir işletici arayüzü ile bir ağ içinde düzenlenmiş haline DDK sistemi denilmektedir (Boed, 1998). Bu sistemlerin

yaygınlaşması Tepkimeli Mimarlık ürününün fiziksel çevre koşullarına göre uyarlanabilir yapıda olmasını sağlarken ekonomik açıdan da yapılabilir olmasına olanak tanıyan bir gelişmedir.

1980’ler aynı zamanda yapay zeka için önemli ilerlemelerin olduğu yıllardır. İlk defa 1974’te Werbos tarafından önerilen ve 1980’lerin ortasında Rumelhart, Hinton ve Williams tarafından tanıtılan “geri yayılım algoritması” ile geliştirilen yapay sinir ağları yaygın olarak kullanılır duruma gelmiştir (AAAI ekibi, 2008). Yapay zeka konusundaki gelişmeler Tepkimeli Mimarlığın uyarlanabilirliğinin ve akıllılığının geliştirilmesi açısından dikkate alınmaktadır. Günümüzde yapay zekanın hala mimari yapılar içinde kullanımının yetersiz olduğu görülmektedir. Yapay zekanın mimarlıkta kullanımı Tepkimeli Mimarlık ürünü içinde oldukça anlamlıdır.

Tepkimeli Mimarlıkta bilgi sisteminin donanımını oluşturan gömülü hesaplama sistemleri Nelson tarafından genel hesaplamalı bilimlerle beraber zaman çizelgesi üzerinde gösterilmiştir (bkz. Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Gömülü sistemler tarihçesi (Nelson, 2009).

1990’lardan bu yana MIT, AA, TUD ve RMIT’nin başta geldiği birçok üniversitede mimarlıkta etkileşim, uyarlanabilirlik ve akıllılık kavramları üzerine çalışmalar yapan laboratuvarlar bulunmaktadır. Tez kapsamında bu laboratuvarlarda üretilen projelerden çok sayıda örnek verilmiştir.

2.3 Tepkimeli Mimarlık Konusunda Seçilen İlk Örneklerin İrdelenmesi

1960’lardan itibaren başta Price ve Frazer olmak üzere bir grup tasarımcı Tepkimeli Mimarlık örneği olabilecek bazı projeler hazırlamış, bunlara bağlı olarak bazı teknolojiler geliştirmiştir. Price’ın “Fun Palace” projesi Tepkimeli Mimarlık projesi örneklerinin ilki olarak değerlendirilmektedir. Bu bölümde “Fun Palace” projesinin ardından Price ve Frazer’in ekipleriyle beraber bir arada geliştirdiği “Generator” projesi ele alınmaktadır.

➤ Fun Palace

Price’ın, 1961-1970 yılları arasında Tiyatro yönetmeni Joan Littlewood ile beraber çalışarak geliştirdiği Fun Palace, farklı bir yaklaşım ile tasarlanmış bir eğlence merkezidir. Bu yapının Piano&Rogers Mimarlık Ofisinin tasarladığı, 1977’de inşaatı tamamlanan Pompidou Center için ilham kaynağı olduğu düşünülmektedir (Mathews, 2005).

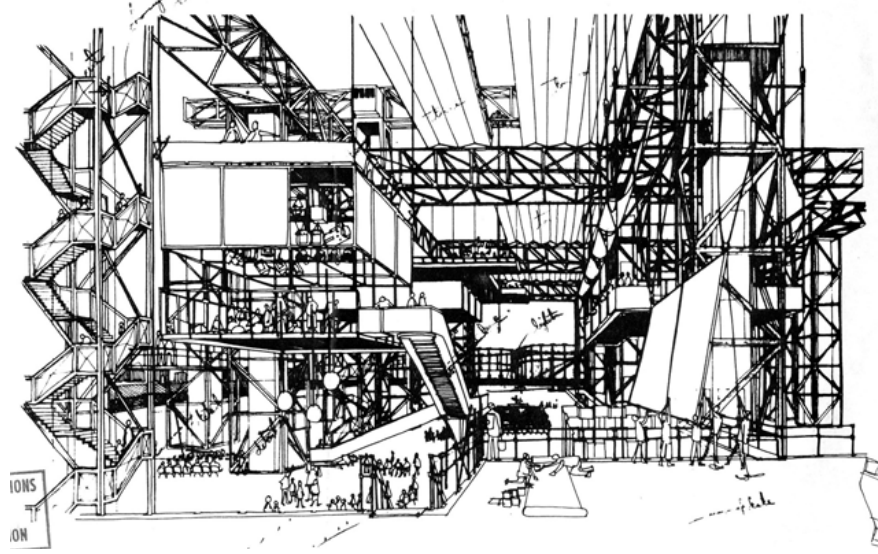


Şekil 2.3 : Fun palace’ın eskizi (Url-2, 2009).

Price açık sistemli çelik grid taşıyıcı sistem sayesinde tamamen esnek bir programı sağlayacak bir Tepkimeli Mimarlık ürünü tasarlamıştır (bkz. Şekil 2.3). Fun Palace, bir bina değil, içindeki sosyal ve kültürel durumlara bağlı olarak dönüşebilen sosyo-

etkileşimli bir makinedir. İçindeki elemanlar özdevinimli hareket edebilmektedir ve iç mekandaki ziyaretçilerin durumlarına bağlı olarak farklı mekanlar oluşturabilmektedirler. Bu Tepkimeli yapının kullanıcıların davranışsal örüntülerini “öğrenip”, gelecekteki etkinliklerini ona göre planlayabilmesi düşünülmüştür. Fun Palace farklı disiplinlerden birçok danışman ile çalışılarak hazırlanmış bir projedir ancak yetersiz kaynak nedeniyle uygulanmamıştır (Mathews, 2005).

Littlewood, Fun Palace düşüncesinin öncesinde kitle kültürünün atıl kalmış konularını gündeme getirip yeni bir anlayışı geliştirecek bir çeşit tiyatro salonu tasarlamayı hayal ediyordu. Devingen ve etkileşimli bir tiyatro öngörüsü, Price’ın çeşitli bireysel gereksinim ve isteklere göre uyarlanabilecek etkileşimli ve edimsel bir mimarlığı geliştireceği ve rafine edeceği bir programlama yapısını sağlamıştır. Fun Palace dans, müzik ve drama için kullanılan asılı odalardan, hareketli döşemeler, duvarlar ve koridorlardan oluşmaktadır ve mekan içindeki nem, sıcaklık ve buhar durumu eğlence amaçlı etkinliklere göre kontrol edilebilmektedir (Mathews, 2005) (bkz. Şekil 2.4).

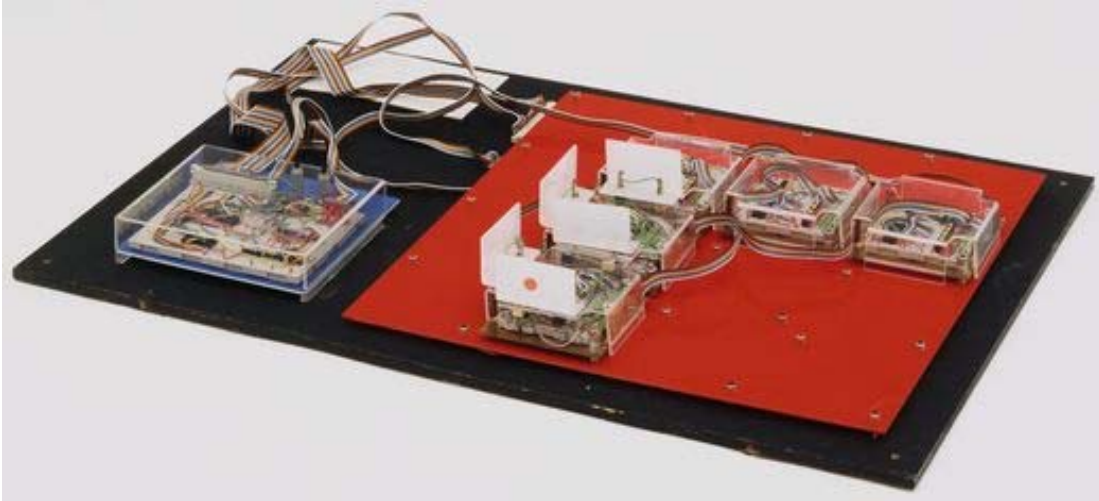


Şekil 2.4 : Fun palace İç Perspektifi Eskizi (Mathews, 2005).

➤ Generator

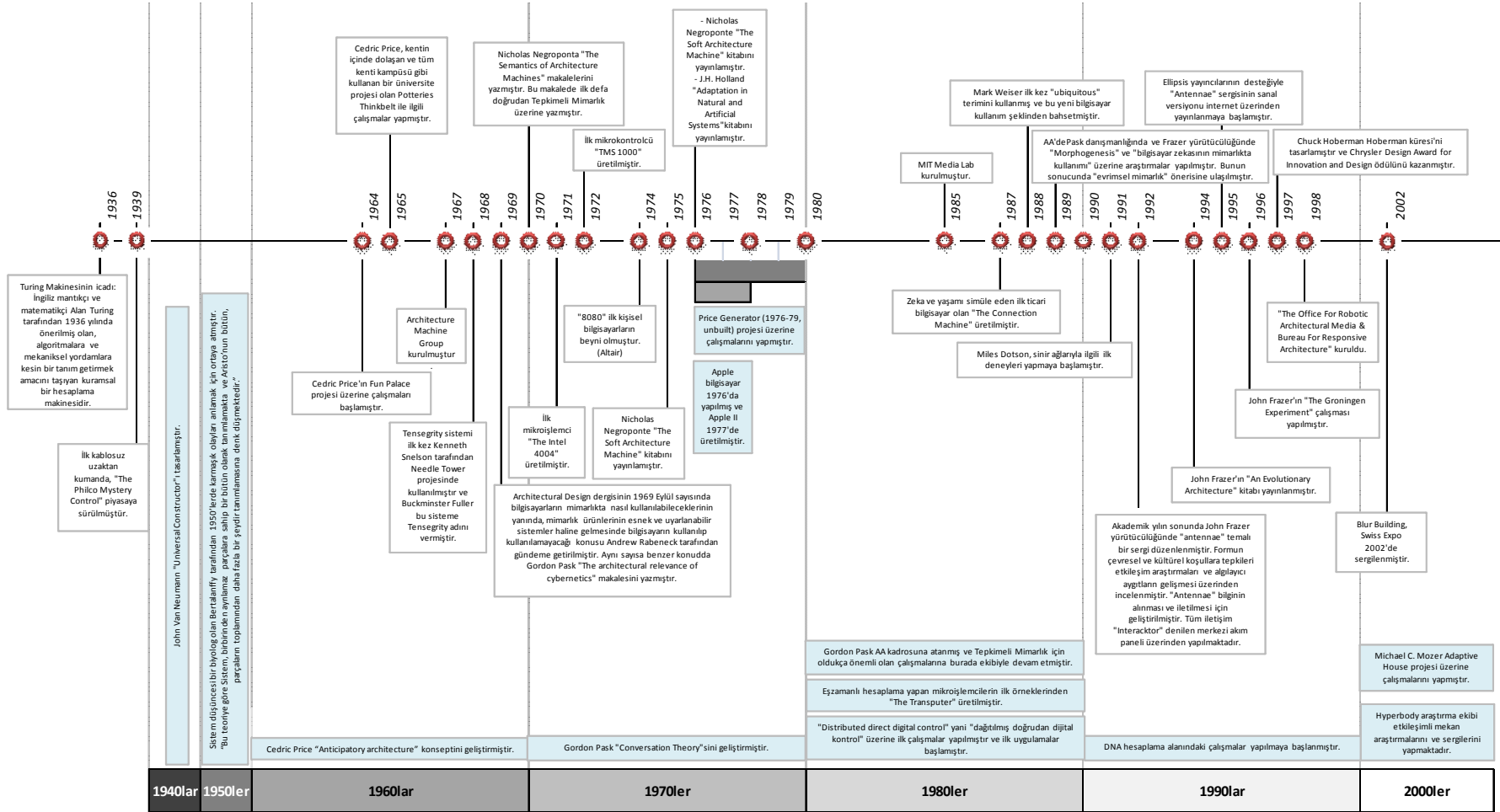
Programlamacı mimarlar John ve Julia Frazer’ın verdiği destekle, Price tarafından geliştirilen Generator (1976-79), yapay zekaya sahip mimarlık ürünü üretme konusunda yapılmış en erken çalışmalardandır. Belirli bir program ile tasarlanmamış, sadece istenen sonuç-etki üzerine düşünce olarak geliştirilmiştir. Bu projenin, özel

sektördeki bir kuruluş tarafından, kendi işletmelerinin arsasında, dansa, tiyatroya ve sanatçıların ziyaretlerine ev sahipliği yapabilecek bir tesis tasarlanması için ısmarlanmış bir proje olduğu belirtilmektedir. Price, projenin hedefinin bir ilaç gibi toplumun hastalıklarına çare olmaktansa koruyucu bir görev üstlenmek olduğunu belirtmektedir. Sosyal açıdan yararlı olan bir ortam sağlamak için önceleri imkansız olarak kabul edilen esnek koşulların yaratabileceği bir mimarlık üzerine araştırmalar yapmıştır. Birçok çizim ve diyagramlar ile hazırlanan bu karmaşık proje, küp benzeri elemanlardan oluşmaktadır. Bu elemanlar hareket edebilen ve birleşebilen veya diğer elemanlarla beraber prova / performans alanı olmak, konut olmak, ya da sadece verimli olabilmek için geçici mekanlar üretmek amacıyla olan elemanlardır. Kullanıcının bir merkezi bilgisayar ile Generator'ın 4mx4m'lik gereken tüm hizmetleri sağlayan, iklimlendirilmiş küpler veya duvarlar, ekranlar, geçitler ve iletişim kanallarını bir yapıda birleştirmesini sağlamak amaçlanmaktaydı (bkz. Şekil 2.5). Bilgisayarın, kullanıcıyı tasarımını sürekli olarak arındırması ve geliştirmesi için yardımcı olması düşünülmekteydi. Projenin kökeninde değişim ve sanatsal özgürlük bulunmaktadır. Bunlar ön koşul olarak ele alınmakta ve bilgisayar, sistemin dengede kalması için talep edilmemiş değişiklikler üretmek için programlanmaktadır. Price'ın sanatı beslemek için adanmış bu karmaşık şeması uygulanamamıştır (Url-1, 2009).



Şekil 2.5 : Generator (Url-1, 2009).

Çizelge 2.1: Tepkimeli mimarlığa zemin hazırlayan dönüm noktaları.



3. TEPKİMELİ MİMARLIK ÜRÜNLERİNİN PROJE VE KULLANIM SÜREÇLERİ İLE BU SÜREÇLERDEKİ ROLLER

Etkileşimli sistemler, tasarımcı, müşteri, mal sahibi ve “salt kullanıcı” arasındaki ayırımları oluşturan geleneksel mimari üretim ve tüketim modellerine meydan okumamıza olanak tanımıştır. Artık onlar yerine, kullanıcının, yaşadığı mekanın tasarımında en önde rol aldığı, yaşadığımız mekanla ve birbirimizle daha üretken iletişime geçebileceğimiz, tümevarım yaklaşımına sahip mimari sistemleri düşünebiliyoruz (Haque, 2006). Yani, Tepkimeli Mimarlık ürünü proje sürecinde mimarın rolü, müşterinin rolü, mal sahibinin rolü, diğer disiplinlerin rolleri, kullanıcının rolü ve kullanım süreci (kullanım süreci Tepkimeli Mimarlık ürününde mekansal niteliklerin ürünün ömrünün sonuna kadar değiştirilebildiği süreçtir) geleneksel süreçlere göre tamamen farklı hale gelmektedir. Başka bir deyişle, Tepkimeli Mimarlıkta geleneksel proje süreci ve kullanım sürecinin başkalaşıma uğradığı gözlemlenebilir. Tepkimeli Mimarlık ürününde kullanım sürecinde mekansal niteliklerin fiziksel çevre değerlerine ve kullanıcı isteklerine bağlı olduğunu dikkate alırsak, mimarın, tasarım sürecinde mekansal biçimlenmenin ve fiziksel çevre kontrolünün altyapısını oluşturacak yapısal sistemi tasarlaması gerektiğini anlamaktayız. Ayrıca, geleneksel sisteme göre daha karmaşık olan tepkimeli-etkileşimli-uyarlanabilir bir mimari ürünün sisteminin tasarlanmasında mimari tasarım ekibi ile iş birliği içinde olacak birçok disipline gereksinim duyulmaktadır. Ancak bu noktada başka bir sorun ortaya çıkmaktadır: farklı disiplinlerin birbirleriyle doğru iletişimi ve uyumu için disiplinler arası koordinasyonun ve dil birliğinin sağlanması.

Her bir uzman farklı bir eğitim alt yapısından geldiği ve farklı hedeflere, ölçütlere ve yöntemlere sahip olduğu için, birlikte çalışmaları oldukça zor olmaktadır (Kalay, 1999). Hu ve Fox akıllı Tepkimeli Mimarlığın daha karmaşık bir sistem üretmesi nedeniyle daha fazla uzmanı gerektirdiğine dikkati çekmektedirler (Hu ve Fox, 2006). Ancak yapı sektöründeki birbirinden farklı geçmişlere sahip olan uzmanlar arasında sık sık hatalara ve karışıklıklara sebep olan yanlış anlaşılmalara veya yanlış

yorumlamalar ortaya çıkmaktadır (Kalay, 1999). Bunların üstesinden gelebilmek için Hu ve Fox, mimarların genel bilgi sahibi olabilecek şekilde basit mekanik ve hesaplama ile ilgili eğitim almaları gerektiğini savunmaktadırlar. Onlara göre, bu sayede mimarlar diğer uzmanların bakış açılarını ve genel kaygılarını paylaşabilirler ve tasarım hedeflerinin anlaşılması için ekipte daha sağlam bir işbirliği kurulmasını sağlayabilirler. Ayrıca, mimarların akıllı tepkimeli sistemleri olanaklı ve ekonomik açıdan akla yatkın hale getirebilecek konumda bulunduklarını belirterek, mimarların, bu alanın ilerlemesini yönetmek amacıyla etkin rol almalarının çok önemli olduğunu söylemektedir (Hu ve Fox, 2006).

3.1 Tanımlanan Tepkimeli Mimarlık Ürünü

Negroponte, Tepkimeli Mimarlığı genel olarak “biz ve evlerimiz arasında tamamıyla farklı – çok yakın- bir ilişkiyi tanımlayarak devam etmektedir. Bu tip mimarlıkta tasarım süreçlerinin değişeceğini ve bunun sonucunda tasarım ve kullanım süreçlerinin tek bir süreç haline gelecek şekilde bütünleşip devamlı bir işletimsel süreç haline gelebileceğini söylemektedir. ‘Hard’ malzemeler ve yapıların (örnek verilmemiş) üstüne soft malzemeler ve yapılar (şişme membranlar gibi) üzerine çalışmaları olsa da bu tip mimarlığın nasıl yapılacağını önermemektedir (Negroponte 1975) (Sterk, 2003a).

Yapısal sistemin yanında, Tepkimeli Mimarlıkta bilgi sistemi ikinci bir ana omurga gibidir. Negroponte, Tepkimeli Mimarlıkta yeterli performansı sağlayabilmek için yapay zeka ile mimari çevrenin bütünleşmesinin çok önemli olduğuna inanmaktadır. Tepkimeli mimarlığın kendini iki şekilde dışa vuracağını söylemektedir: fiziksel olmayan bilgisel tepkiler ve görülebilir olan fiziksel davranışlar (Negroponte, 1975). Negroponte, her ikisi de işlevsel olan bu tepkime formlarını şu şekilde adlandırmaktadır: yansıtan davranış ve temsili davranış (reflexive action & simulated action). Negroponte, bu iki tanımın işletimsel veya bilgisel (operational or informational) olabileceğini söylemektedir (Negroponte, 1975) (Sterk, 2003a). İşletimsel tepkiler bir mekanın nasıl işlevlendirileceğine katkıda bulunmaktadır. Bilgisel tepkiler işletimsel tepkiler gibidir ama mekan için kullanışlı ve kullanıcı isteklerine uygun bilgileri kontrol etmek ve sağlamak konusunda uzmanlaşmıştır (Sterk, 2003a).

Tepkimeli mimarlığın birçok yazar tarafından yapılmış olan genel tanımı şöyledir: Formunu çevresine göre uydurma yeteneğine sahip, çevre koşullarına göre devamlı uyarlanabilen bir mimarlık veya bina türü. Tepkimeli Mimarlık terimi, 1960'ların sonlarında, sibernetiğin mimarlıkta uygulamaları ile mekan tasarım problemlerinin araştırılmaya başlanmasından sonra Negroponte tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Negroponte, Tepkimeli Mimarlığın, hesaplama teknolojilerinin gücü ile mimari yapıların bütünleşmesi sonucu doğal olarak ortaya çıkan ürün olarak tanımlanabileceğini söyler; bu ürün geleneksel mimarlık ürünlerine göre daha iyi performanslı ve daha rasyonel bir mimari üründür (Negroponte, 1975) (Sterk, 2003a).

Doğal yaşama daha az etkisi olacak şekilde geliştirebilecek yüksek teknoloji ve sürdürülebilir mimarlık ürünlerini üretmek amacıyla Tepkimeli teknolojiler üzerine çalışılmaktadır. Sensör teknolojileri / bilgisayar teknolojileri / uyarımlı teknolojileri, bina ve kullanıcı arasında açık ilişkileri arayan akıllı kabuk ve yapılar üretmek için kullanılmaktadırlar. Tepkimeli Mimarlık için doğal çevreye karşı duyarlı olmak ve sürdürülebilirliği sağlamak önemli olmalıdır. Bu amaçla akıllı aydınlatma sistemleri ve bütünleşik iklimlendirme sistemleri çoğu Tepkimeli Mimarlık ürünü tasarımda kullanılmaktadır. Teorik olarak, Tepkimeli Mimarlık, kullanılan mekan üretme kavramını yeniden değerlendirmeyi gerektirmektedir (Sterk, 2006b). Çünkü geleneksel mimarlardan farklı olarak sistemin ana omurgası mekan değişiklikleri karşılayabilir olmalıdır. Uygulamada ise, bu sistemler, inşaat ve tasarım yöntemlerini hem mühendislik, hem mimarlık uygulamasında yeniden değerlendirmeyi gerektirmektedir (Sterk, 2006b). Bunun en önemli nedeni Tepkimeli Mimarlığı sağlamaya çalıştığı uyarlanabilirlik için, geleneksel mimarlık ürünlerinden farklı olarak çok sayıda hareketli bölümlere sahip olmasıdır.

Tepkimeli bina kabuklarında ve iskeletlerinde kullanılan yapısal sistemleri başlıca özellikleri şunlardır: Kontrol edilebilir rijitlik, hafiflik ve asimetrik bozulmaları karşılayabiliyor olmak (Sterk, 2003a). Sterk, bu nedenle en uygun taşıyıcı sistemin tensegrity sistemler olduğunu belirtmektedir. Sterk, uyarımlı tensegrity sistemlerinin Tepkimeli Mimarlık için en uygun sistem olduğunu düşünmektedir. Bunu destekleyen bir özellik olarak boru ve yüzeylerle yapılar üretilebilmesi özelliğini söylemektedir; böylece hem büyük, hem küçük ölçekte yapılar için çözüm sağlanması için uygun olduğunu eklemektedir (Sterk, 2003a).

Tepkimeli Mimarlıkta fiziksel çevre koşullarına uyum sağlayabilmek kadar öznel istekler de önemli olmaktadır. Öznel istekler, estetik, psikolojik ve çevresel etkilerdir (sıcaklık konfor seviyesi, ışık, akustik performans). Tepkimeli Mimarlık sistemlerinin öznel istekleri karşılaması için bina kısmi kullanıcı modellerini yapmaya uygun kontrol mekanizmalarının sağlanması gerekmektedir. Ayrıca, bu tip mekânlardaki bireylerin özel bilgilerini koruma yöntemleri, “ölçeklenebilirlik, sağlamlık, güzellik ve basitlik” kadar önemlidir (Sterk, 2003b).

3.2 Tepkimeli Mimarlıkla İlgili Disiplinler

Tepkimeli Mimarlık ürünlerini oluşturan sistemlerin farklı uzmanlık alanları tarafından tasarlanması gerekmektedir. Sterk, Tepkimeli Mimari ürünlerinin yapılmasının, ancak farklı disiplinlerin işbirliği içinde yapacağı çalışmalar ile olanaklı olduğunu söylemektedir ve bu disiplinlerin başında robotbilim, yapay zeka, ve yapı mühendisliği olduğunu eklemektedir (Sterk, 2003b). Tepkimeli Mimarlık ürünü malzemeleri için, ilerleyen nanoteknoloji araştırmalarının da önemli rol oynayacağı görülmektedir. Tepkimeli Mimarlık ürününün tasarım sürecinde farklı disiplinlerin örgütlenmesi ve oldukça esnek ve akıllı olan bu sistemin çerçevesini tasarlaması mimardan beklenmektedir.

Tepkimeli Mimarlık ürününün fikir olarak beslendiği ve sistemin tasarımında rol alan disiplinlerin üzerinde durulması gerektiği açıktır. Tepkimeli Mimarlığın ilgili olduğu disiplinlerden bahsedilirken öncelikle biyoloji ve sibernetikten, daha sonra mekatronik, yapay zeka, yapı mühendisliği ve malzeme geliştirme bilgi alanlarından bahsedilmektedir.

3.2.1 Tepkimeli mimarlık ile sibernetik ve biyolojinin ilgisi

1960’larda düşünce olarak ilk ortaya çıktığı zamanlardan itibaren, Tepkimeli Mimarlık ürünü ve bu ürünün tasarımının karmaşıklığına çözüm getirebilecek örgütlenme yöntemleri konusundaki arayışlar, sibernetik ve biyoloji disiplinlerine yönelimi sağlamıştır. Fox, sibernetik üzerine çalışan uzmanların kuramsal çalışmalarının 1960’ların başlarında etkileşimli mimarlığın alt yapısını oluşturduğunu ifade etmektedir (Fox, 2008). Biyolojinin mimarlık içinde yorumlanmasıyla geliştirilen düşünceler 1920’lere kadar dayanıyor olsa da (Mertins, 2007), biyoloji disiplininden yararlanarak tepkimeli yapı üretme konusundaki

alışmalar, “Evrimsel Mimarlık” adı altında Frazer’ın çalışmalarında toplanmaktadır. Frazer mimari tasarım ürünlerinde doğadan öğrenilmesi gereken çok Şey olduğunu düşünmektedir ve Şöyle demektedir (Fox, 2009c): “Doğal ekosistemlerin karmaşık biyolojik yapıları vardır: malzemelerini geri dnştrrleri, değişime ve uyum sağlamaya olanak tanırırlar ve çevresel enerjinin verimli kullanımını sağlarlar.”

Mimarlıkta sibernetik düşüncenin sözü edilmeye başladığı zamanlar 1960’ların sonlarıdır. “Sibernetik’in Mimarlıkla Bağlantısı” (The Architectural Relevance of Cybernetics) adlı makalesinde Pask, sibernetik ve mimarlığın yakın ilişkisinden söz etmektedir ve bunun temelinde mimarların ilk ve en önemli sistem tasarımcıları olması gerçeğinin olduğunu söylemektedir. Ancak mimarların tam bir sistem tasarımcısı gibi çalışmaya başladıkları dönem demiryolu istasyonu veya büyük sergi salonu gibi mekanlara gereksinim duyulmaya başlandığı dönem olarak ifade edilmektedir. zm ise, mimari yapının toplumun ekosisteminin bir parçası olarak görülmesi olmuştur. Pask, işlevselcilik ve “mutualizm”in bir sonucunun yapıların malzeme karakteristiklerinden çok, formlarına vurgu yapma yönündeki değişim olduğunu ve malzeme ve yöntemlerin tasarım sürecinde daha geç gündeme geldiğini söylemektedir. Başka bir sonucun da, mimarların durağan sistemler yerine devingen sistemler tasarlamalarına gereksinim duyulması olduğunu söylemektedir. Sistemin “insan” bileşeninin devingen olduğu bir gerçek olduğuna göre, sistemin “yapı” bileşeninin barındırdığı insanlara göre sürekli düzenlenebilir biçimde tasarlanması gerektiğini belirtmektedir. Pask, zorlukların en önemli kaynağı olan insan etkileşimi ile ancak sibernetik düşüncenin baş edebileceğini vurgulamaktadır (Pask, 1969).

Özellikle AA (Architectural Association) ve MIT AMG (MIT Architecture Machine Group) ile yaptığı çalışmalardan da anlaşıldığı gibi Pask, 1960’lardan 1990’ların başlarına kadar mimarlarla yakın bir iletişim içinde olmuştur. Pask’ın çalışmaları zamanının çok ilerisinde çalışmalardır. Devingen, tepkimeli ve etkileşimli ortamlara olanak tanıyan mimarlığın temelini oluşturmaya önemli ölçüde destek olduğu kabul görmektedir. Pask, 1960’larda mimarlık sistemlerinin eksik tanımlanmış hedefleri konusundaki görüşünü ortaya koyarak Price’in “Fun Palace” projesinde sibernetik uzmanı olarak görev almıştır. 1970’lerde AMG, Pask’in AMG ekibinin felsefesine olan katkılarıyla beraber, işbirlikçiliğe olanak tanıyan bir mimarlık anlayışı üzerine odaklanmışlardır. 1980’lerde ve 1990’ların başlarında AA’daki John Frazer gibi mimarlar, Pask’in uyarlanabilir sistemlerinin yapıların biçim ve davranışlarını

evrimleştirme amacıyla mimari tasarım sürecine nasıl dahil edilebileceği konusuyla ilgilenmeye başlamışlardır (Haque, 2009).

21. yy'ın başlangıcında, Pask'ın Kontrol ve İletişim Kuramı “ubiquitous” (aynı zamanda her yerde mevcut, hazır ve nazır (Redhouse, 2002)) hesaplamanın, insanların, araçların ve paylaştıkları çevrenin nasıl bir arada bulunup yapıcı ilişkilere sahip olabileceği konusunda önerilerde bulunduğu için önem kazanmaktadır. Bireyin çevresinden ve diğer bireylerden öğrenmesi ve çevresiyle iletişime geçmesi bir gereksinim olarak kabul edilebilir. Bu noktada Pask'ın mekanik ve elektrokimyasal sistemlerle ilgili ilk deneylerinin etkileşimli yapıların kavramsal çerçevesinin oluşturulmasını sağladığı gözlenmektedir. Haque, bu etkileşimli yapıların, mekanların kuralcı, kısıtlayıcı ve zorlayıcı olmamasını gerektiren doğal dinamik karmaşıklıklarla ilgilendiğini ve bu bağlamda, Pask'ın öğreti ve iletişim makinelerinin her bir katılımcı ile benzersiz etkileşim profili geliştiren ve tam anlamıyla etkileşimli sistemleri gösterdiğini belirtmektedir. Haque, “Pask anlamın dilin içinde konumlandırılması yaklaşımının tersine, özellikle mimari deneyimin oluşturulmasında, herhangi bir tasarım sürecinde dikkate alınması gereken yorumlamanın ve bağlamın, dilin içinde bulunması gerekli öğeler olduğunu fark etmiştir” demektedir. Özellikle teknolojik ara yüzler ile ilgili daha deneyimlerin hızla arttığı, mimarlığın ve etkileşimli - zaman tabanlı ortamın oldukça geliştiği bu dönemde, Haque, Pask'ın etkileşim modelini tekrar dikkate almanın çok önemli olduğunu eklemektedir. Artık günümüz insanı için bu sistemlerden beklenenler ve bu sistemlerin altyapısını anlama yeteneği çok daha fazladır. Pask tasarım, kuram ve yapıtlarında, “performans”, “iletişim”, “etkileşim” ve “katılım” ile ilgili kesin tanımlamalarda bulunarak böyle sistemlerin oluşturulması ile ilgili özenli bir yol gösterici olmaktadır. Mimarlıkta Pask'çı bir yaklaşımla etkileşimin daha karmaşıklaşması gerekmemektedir. Çünkü bu yaklaşım, teknolojik veya değil, bir ara yüz üzerinden iletişime geçen kullanıcı ve makinenin yaratıcılığına dayanmaktadır. (Haque, 2009).

Glanville, Pask'ın Kontrol ve İletişim Kuramı'nı doğuran ‘etkileşim’ ve ‘öğrenimde drama’ya olan ilgisinin açık olduğunu belirtmektedir. Pask, bir öğrencinin, kendi zihinsel süreçleri içinde, öğrendiğini anlamanın yolunun öğretmenine “geri öğretme”sini (teach it back) sormak olduğunu ifade etmektedir. Böylece Pask, her iki tarafın da öğretilenler (öğretilebilecekler) konusunda uzlaşmaya vardığı, öğretene ile

öğrenen arasındaki ‘iletişim’i göstermektedir. Bu geri öğretme yöntemi Sistem Araştırmaları disiplindeki doktora öğrencilerine verdiği seminerlerde ve Brunel Üniversitesindeki çalışma arkadaşları ile yaptığı yararlı tartışmalar sayesinde daha gelişerek İletişim Kuramının temelini oluşturmuştur (Glanville, 1997). İletişim Kuramı sibernetik disiplini temelinde bir kuram olsa da başta eğitim olmak üzere birçok disiplin içinde kullanılmış çok önemli bir kuramdır. Tepkimeli Mimarlık ürününün örgütlenmesi konusunda da dikkate alınması gerekmektedir.

Sibernetiğin mimarlık ile ilişkisi konusunda Frazer şöyle demektedir (Frazer, 2001):

“Gordon, “Sibernetik’in Mimarlık ile Bağlantısı” isimli makalesinde, mimarlık ve sibernetiğin Stafford Beer’ın yöneylem araştırmasında gösterdiği genel felsefe açısından mimarlık için ortak bir felsefeyi paylaştıklarını iddia etmektedir. İddiası mimarların “gelişim, iletişim ve kontrolün örgütsel sistem özellikleri ile ilgilenmeye mecbur kalmaları nedeniyle ilk ve en önemli sistem tasarımcıları olmalarına” dayanmaktadır. Gordon mimarlık kuramındaki önemli bir boşluğu saptamıştır ve sibernetiği “kuramsal kavramları bir kuram (mimari sibernetik, mimarlığın sibernetik kuramı) üretmek için mimarlık alanında yorumlanabilecek (ve uygun olduğunda gerçek mimari sistemlerle tanımlanabilecek) kadar amaca uygun bir disiplin olduğunu” iddia etmektedir (Pask, 1969). Gordon’un, mimarlık kuramının tarihteki gelişimi ile ilgili çözümlemesi, 1800’lerden önceki, varolan tek “yapı sanatından soyutlanma” (“abstraction from the art of building”) kuramını reddetmektedir. Sıkıntılar, mimari kuralların mantıklı bir uygulaması ile çözümlenebilirdi. Sonuç olarak, mimarlar, sistemleri tasarlıyor olsalar bile, kendilerini sistem tasarımcısı olarak görmeye gerek duymamaktadırlar. Gordon, Kraliçe Victoria dönemiyle ortaya çıkan yeni yapı sorunlarının artık bu yolla çözülemeyeceğini belirtmektedir. Yeni çıkan teknikler geliştirilmiştir (Gordon Meads Tapınağı, Kew’deki Tropik Ev ve Kristal Saray’ı alıntılanmıştır) ve yeni bir mimarlık için bir kuram olmasa da, bunlar sistem tasarım konusunda belirgin örneklerdir.”

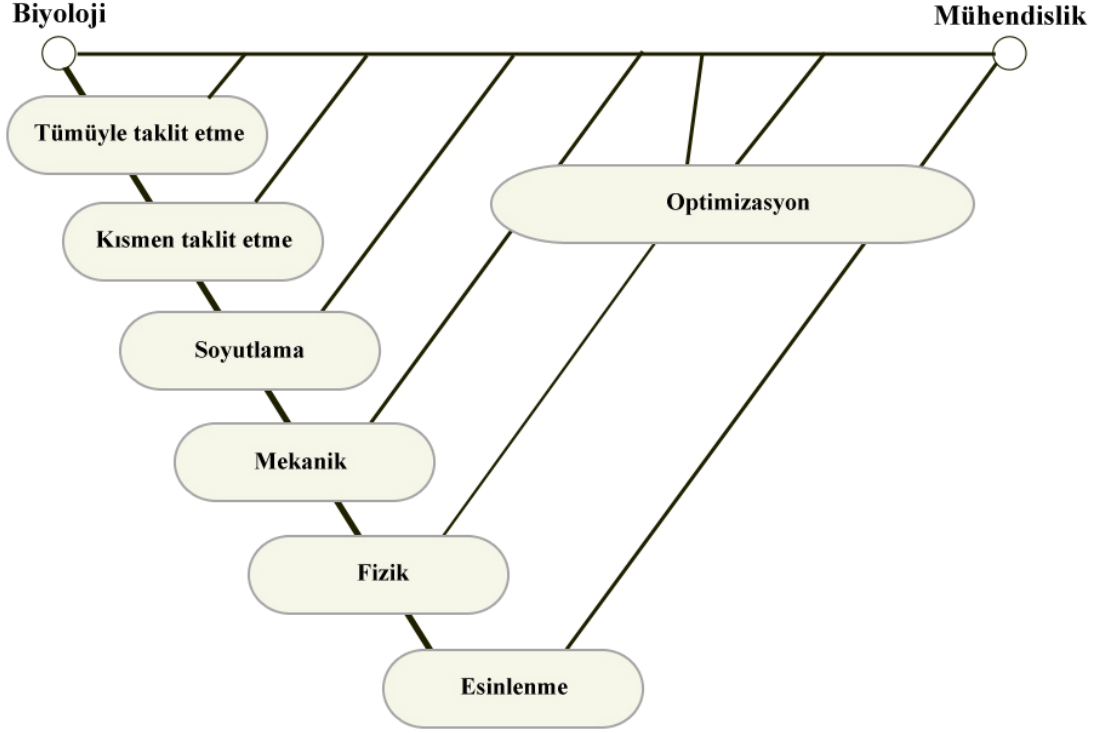
Biyoloji, sadece Tepkimeli Mimarlık içinde değil, birçok mühendislik disiplini içinde ve birçok teknolojinin geliştirilmesi konusunda öncelikli olarak incelenen bir disiplindir. Benyus, biyolojinin mühendislik disiplini içinde kullanılmasının, yani biyomimikrinin, üç yöntemle yapılabileceğinden bahsetmektedir (Şekil 3.1) (Benyus, 1997) (Eggermont, 2008):

- Doğayı model olarak değerlendirmek: Biyomimikri doğadaki nesnelerin yapısını ve süreçlerini insanoğlunun sorunlarını çözmek için taklit edebilir veya onlardan esinlenebilir. Yapısal biyoloji gerçek dünyadaki örnekleri fizik ve matematikte öğrenilen kavramlarla gösterebilir. Yani, mühendislik ve diğer bilimler arasında bir köprü kurabilir.
- Doğayı ölçü olarak değerlendirmek: Biyomimikri yeniliklerimizin doğruluğuna karar verecek ekolojik bir ölçüt sunmaktadır. Neler işe yaramaktadır; neler uygundur; neler kalıcıdır.
- Doğayı yol gösterici olarak değerlendirmek: Doğadan çıkarma modeli güncelliğini tamamen yitirmiştir. Mevcut deneyim seviyemiz kolaylıkla yeniden doğadan öğrenmeye ve sürdürülebilir, kalıcı modeller yaratmaya yönlendirilebilir.

Hensel ve Menges, botanik üzerine 19. yy. başlarında araştırmalar yapan Goethe'nin 'morfoloji' tanımından şöyle bahsetmektedir (Hensel ve Menges, 2008):

“Goethe 'morfoloji'yi formlar üzerine yapılan çalışmalar olarak tanımlar. 'Karşılaştırmalı morfoloji', filogenetik, ontogenetik ve doğanın sistematik bilgisi konusunda bugünkü anlayışın temelleri onun çalışmalarıyla atılmıştır. Goethe, önceden biçimlendirilmiş anlamında kullanılan Gestalt (yani yapılı form) ve devam eden süreç içinde yapılı formu değiştiren Bildung (yani düzenlenme) arasındaki keskin farkı ortaya koymaktadır. 'Bir şey form haline geldiği andan itibaren hemen yeni bir form haline geçmeye, metamorfoz geçirmeye başlar' demektedir. Formun nasıl oluştuğu ve nasıl farklılaştığı, dönüştüğü ve belirli çevresiyle ilişki içinde nasıl yaşamını devam ettirdiği konularını gündeme getirmiştir.”

Hensel ve Menges, mimarlıktaki morfoekolojik yaklaşımın hedefinin 'düzenlenme'yi 'maddeleştirme süreci'den ayırmadan, morfolojik karmaşıklığın ve malzeme bileşenlerindeki performans kapasitesinin üstesinden gelmek olduğunu belirtmektedir. Bu yaklaşımın kökeninde malzeme sistemlerini tasarım sürecindeki üretken sürücüler olarak anlamak fikrinin olduğunu eklemektedirler. Hensel ve Menges, malzeme sistemlerinin, standart bina sistemlerinin ve elemanlarının önceden planlanmış tasarımlara dayanarak inşaat sürecinde kullanılan ikincil sistemler olarak görmemek gerektiğini vurgulamaktadırlar (Hensel ve Menges, 2006).



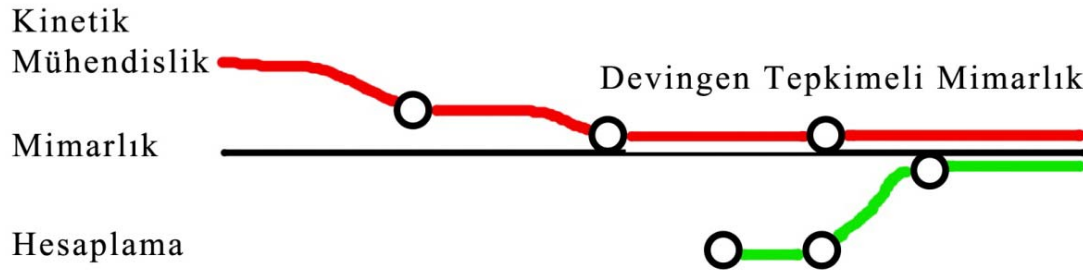
Şekil 3.1 : Biyoloji ve mühendislik arasındaki bağlantılar (Hensel, 2006).

Biyolojinin mimarlık ile ilgisi 21.yy'da Lynn'in çalışmalarından gözlemlenebilir. Örneğin Lynn'in Embryological House Projesi (2000) biyoloji ile mimarlığın arakesitindeki söylemler üzerine yapılan çağdaş projelerden biridir. Burns, Lynn'in “embriyo” ve yumurta” gibi ilgi çekici isimler verdiği bir dizi dijital görsel üzerinden incelendiğinde verilen isimlerin biyolojinin projenin içindeki konumuna yol gösterici nitelikte olduğunu belirtmekte ve Lynn'in tasarım fikirlerinin üretim ve estetiğin çağdaş hali üzerine mimarlık disiplini içinde tartışmaları doğuracağını eklemektedir (Burns, 2007).

3.2.2 Tepkimeli mimarlıkta mekatronik, robotbilim ve yapay zeka

Geçmişte mimarlık ve kinetik mühendislik, yolları birbirinden ayrı olarak devam eden iki bilgi alanı iken, 1960'larda bir arada kullanılmaya başlanmış ve devingen Tepkimeli Mimarlık ürünlerinin tasarlanmasına ön ayak olmuştur (bkz. Şekil 3.2). Günümüzde hesaplama bilgi alanı ile ilgili yapılan çalışmalardaki başarılar Tepkimeli Mimarlığı hem düşünce olarak güçlendirmiş hem Tepkimeli Mimarlığın uygulanabilir hale gelmesini sağlamıştır (Fox, 2009a). Hesaplama bilgi alanının

kinetik mühendisliği ile kesiştiği noktada ise mekatronik başlamaktadır. Tepkimeli Mimarlığın ilgili olduğu bilgi alanları içinde değerlendirmemiz gereken en önde gelen disiplinler olan mekatronik-robotbilim ve yapay zeka, yine hesaplama disiplinindeki başarılar ile gelişmiş alanlardır.



Şekil 3.2 : Devingen tepkimeli mimarlığın oluşumu (Fox, 2009a).

Mekatronik ve robotbilim terimlerinin doğru anlamlarıyla değerlendirmek gerekmektedir. Günümüze kadar çok iyi anlaşılmamış olan mekatronik ve robotbilimin doğru tanımını “Institution of Mechanical Engineers” kuruluşu, web sayfasında şu şekilde açıklamaktadır (Institution of Mechanical Engineers, 2009):

“1970’lerin başlarında, ilk endüstriyel robotların geliştirilmesiyle ilişkili olarak Japon sanayisinde “Mekatronik” kelimesi kullanılmaya başlanmıştır. Robotbilim o zamanlardan beri jenerik terim olarak kabul edilmiştir. Teknoloji kelime haznesindeki özgün bir terim olarak hala bazı çevrelerde tanımlanmamış olup, Mekatronik biliminin sadece bir alt kümesidir. “Mekatronik”, başından itibaren araştırılan bir sürecin açıklanması için mekanik, elektronik ve bilgisayar tabanlı disiplinlerle ilişkilendirilmiş bütünleşik teknolojiler tarafından ayrılmaz bir şekilde birleştirilmiş belirli mühendislik sistem çözümleri üretme amaçlı doğal bir seçimdir. İlk ve en önemli mekatronikler, sadece temel disiplinlerin birleşmesi olarak değil, teknoloji bütünleşmesinin temsilcisi olarak görülmelidir. Aslında mekanik, elektronik ve bilgisayar tabanlı yapıların mekatronik “ürün” bütününde kaynaşması (fusion), sadece, kavramsal aşamalardan bir araya gelen ayrılmaz disiplinlerin sistematik bütünleşmesi sürecinde istenen işlevselliği başarabilir. Sadece mekanik elektroniğe veya bilgisayar tabanlı birimlere başvurmak, kendiliğinden bütün bir sistem çözümünü sağlamayacaktır. Gerçekte mekatronik, çok küçük kameralar ve CD çalarlar gibi gelişmiş ürünlerle çoktan kanıtlandığı gibi, müthiş teknolojik olanakların kapısını açmaktadır. Bunlar, geleneksel bir disiplini sahiplenmek veya bir

araya getirmek yoluyla durdurulabilir ilerlemeler değildir. Kısaca, mekatronik başlı başına bir konu, bilim dalı veya teknoloji değildir; bunun yerine felsefe olarak kabul edilmektedir- bir şeylere bakmak, bir şeyleri yapmanın temel yoludur ve doğası gereği birleşmiş yaklaşımı gerektirir.”

Bu tanımdan anlaşıldığı gibi, Tepkimeli Mimarlığın köklerinde mekatroniği bir felsefe olarak ele alan düşünce yatmaktadır. Bu düşünceye bağlı olarak, Tepkimeli Mimarlıkta mekanik, elektronik ve hesaplama disiplinleri uyarlanabilir, etkileşimli ve devingen mimari yapılar üretme yolunda en temel araçlar olarak kullanılmaktadır.

Tepkimeli Mimarlık ürünlerinden beklenen hareketli olma, devingen ve durağan fiziksel çevre ile etkileşim içinde bulunması özellikleri için gereken diğer bir sistem akıllı ve/veya zeki hareketli sistemlerdir. Öncelikle ‘akıllı’ (smart) ve ‘zeki’ (intelligent) kavramlarının doğru tanımlarını anlamak yararlı olmaktadır. TDK’nın sözlüğünde “akıl” şu şekilde tariflenmektedir: “düşünme, anlama ve kavrama gücü, us”. Yani ‘akıllı’ sıfatı, sadece etkileşime giren, fiziksel çevreye yanıt veren ve yapısını ona göre uyarlayan ürünlere verilmektedir; fakat öğrenme, yorumlama, akıl yürütme, nesnel gerçekleri algılama, yargılama ve düşünce üretme özelliklerine sahip olan yapılara ‘zeki’ sıfatı verilmektedir. ‘Zeka’nın sözlük anlamı ise şu şekildedir: “düşünme, akıl yürütme, nesnel gerçekleri algılama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamı”. Bu tanımlardan da anlaşıldığı gibi, mimarlık disiplini kapsamındaki uygulamaların büyük çoğunluğunun ‘akıllı’ olarak tanımlanması daha uygun olacaktır. ‘Zeki’ ürünler, ‘akıllı’ ürünlerin bir adım ilerisidir. Mimari ürünlerin ‘zeki’ yapılar olarak üretilmeye başlaması, Tepkimeli Mimarlıkta ulaşılmak istenen hedefi tamamlayıcı nitelikte olacaktır.

Akıllı hareketli mimari yapılar, aynı zamanda mekatronik düşünce örnekleridir. Hareketli sistemler üzerine çalışmalar yapan Fox’un yürütücülüğündeki KDG’nin projeleri, bu konuda yapılmış en iyi örneklerden sayılabilir. Bu projelerde akıllı hareketli mimari sistemlerin çoğunlukla enerjinin en az kullanımını amaçlayan, bu amaçla doğal iklimlendirme ve doğal aydınlatma sistemlerini etkin şekilde kullanan mimari yapılar yapmaya yönelik geliştirilen sistemler olduğu görülebilir. Bu sistemler, belirli koşullarda (örneğin rüzgarın çok hızlı olması, havanın karanlık olması veya dış hava sıcaklığının çok düşük olması gibi durumlar) yapay iklimlendirme ve yapay aydınlatma ile desteklenmektedir. Öte yandan mekansal

örgütlenmenin değiştirilmesinde veya akustik gereksinimlerin karşılanmasında akıllı hareketli sistemlerin kullanıldığı örneklerle sıkça rastlanmaktadır.

Tepkimeli Mimarlık ürünleri bünyesindeki elektronik sistem, hareketli sistem ve bilgi sistemini iç içe kullanmaktadır. Bu noktada bir ağ olarak görülebilecek bu sistemin bilgi ağının tasarımı oldukça önem kazanmaktadır. Rzevski bir yazısında belirli hedeflere yönelik birbirleriyle yarışan ve/veya birbirleriyle çalışan ve uzlaşma süreci boyunca belirsiz koşullar altında kararlar verebilen küçük akıllı birimlerden oluşan ağların günümüzde tasarlanabildiğinden bahsetmektedir. İleri seviyede devingen ortamlarda bu tür dağıtımli sistemler, geleneksel merkezci büyük sistemler ve yapılara oranla, verim/maliyet oranı ve dayanıklılık açısından önemli ölçüde iyi sonuçlar verebilmektedir. Bu sistemlerin en önemli elemanları, alınan iletilere yönelik akıl yürütebilen ve birbirleriyle iletişim kurabilen yazılım nesneleri, yani akıllı etmenlerdir (Rzevski, 2003).

3.2.3 Tepkimeli mimarlıkta diğer disiplinler

Tepkimeli Mimarlıkta ürünün fiziksel omurgasını yapı mühendisliği tasarlamaktadır ve geleneksel mimarlıktakinden daha karmaşık durumlarla ilgilenmektedir; çünkü geleneksel mimarlıktakinden çok daha fazla sayıda dinamik kuvvetle hesaplamalar yapmak zorundadır. Yapı malzemeleri geliştirme alanları ise Tepkimeli Mimarlığın gelişmesinde en etkin rol alan bilgi alanlarıdır. Başta nanoteknoloji sayesinde, alışlagelmiş birçok malzeme değişecek ve akıllı, daha ince, daha hafif, daha etkili, hatta bazen çok işlevli yeni malzemeler gündelik yaşamımıza girecektir.

Yapı mühendisliği ve malzeme geliştirme bilgi alanları Tepkimeli Mimarlığın üretiminde rol alan diğer disiplinlerden en önemlileridir.

➤ Yapı Mühendisliği

Tepkimeli Mimarlık ürününde kullanıcı isteklerine ve fiziksel çevreye göre kendini uyarlayabilme yeteneği için gereksinim duyulan esnek formun sahip olması gereken taşıyıcı sistem oldukça karmaşık olmaktadır ve bu nedenle yapı mühendisliğinin yaratıcı çözümlerine duyulan gereksinim artmaktadır. Başarılı bir Tepkimeli Mimarlık ürünü için gereken yapı mühendisliği çözümleri, durağan geleneksel mimari ürünlerin gerektirdiği yapı mühendisliği çözümlerinden daha karmaşıktır ve karşılaşılan sorunlar geleneksel mimari üründen çok farklıdır. Bunun en önemli

nedeni, Tepkimeli Mimarlık ürününün formunun değişebilen ve hareketli bir form olması gerekliliğidir. Belki bu gereksinimin etkisiyle 1980’lerde, yapılarda tepkimeli sistemlerin kullanılması konusu mimarlık alanından tamamen çıkıp, mühendislik disiplinine geçmiştir (Sterk, 2009). Sterk Tepkimeli Mimarlık yapılarının tasarımlarında kullanılması gereken en önemli sistem olarak uyarımlı tensegrity sistemleri işaret etmektedir. Tensegrity (Tensile Integrity: Tensegrity) sistemleri Mungan şöyle tanımlamaktadır (Mungan, 2009):

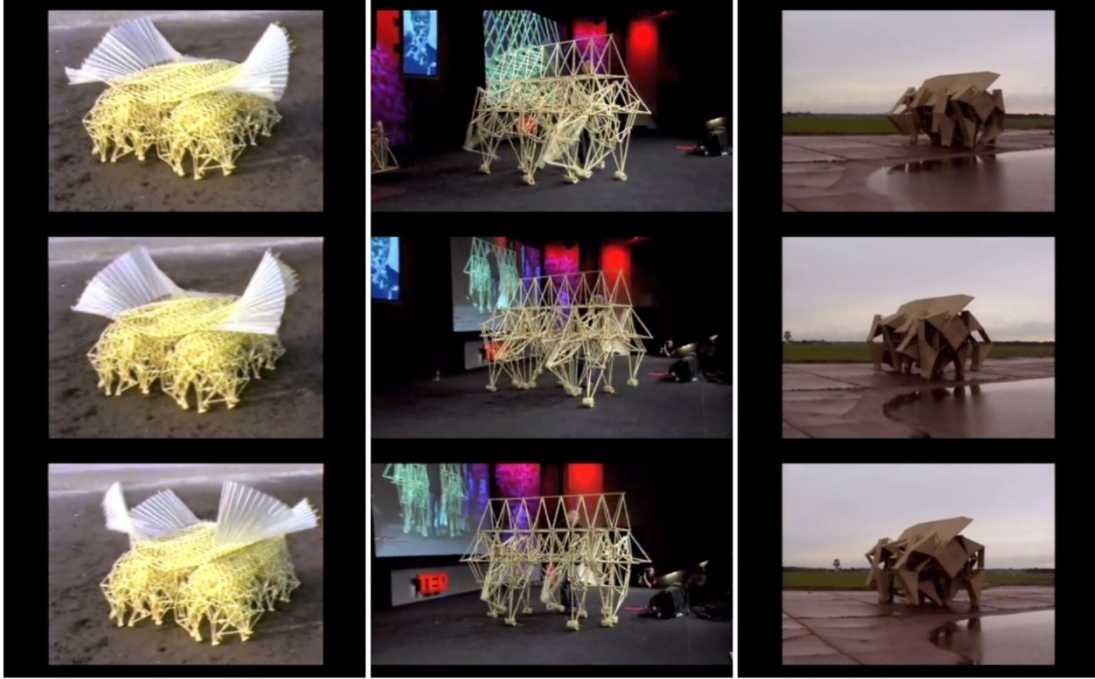
“Meridyen doğrultusundaki kablolar basınç kuvveti alan düşey dikmelere dayanmakta ve düşey dikmeler ise basınç kuvvetini bir sonraki dikmeye eğik bir kablo ile iletmekte, dikmelerin alt v üst uçları yine kablolardan oluşan çekme halkaları yardımıyla birbirlerine bağlanmakta ve denge sağlanmaktadır.”

Sterk uyarımlı tensegrity yapıları şu şekilde anlatmaktadır (Sterk, 2009):

“Uyarımlı tensegrity sistemlerin kullanımı için gerekli kaynaklar havacılık, denizcilik, uzay bilimleri ve inşaat uygulamalarıdır. Uyarlanabilir yapıların diğer türleri için benzer işlerden biri de Chuck Hoberman’ın küreleridir. Bu örnekler, mimarlıkta biçim kontrolünün geliştirilmesi amacıyla günümüzde kullanılabilir olan uygulama bilgilerinin önemli bir bölümü oluşturmaktadır. Uygulama bilgisinin yöntemsel bilgiyle sarmalandığının da sözüne etmeye değer. Yöntemler, tasarımcılara, tasarım sorunlarına karşı hamle yapmanın ve üst düzeyde hedeflere karşı çözümlere ulaşmanın yollarını göstermektedir. Mimarlıkta yöntemler genellikle tasarımda içten dışa veya dıştan içe yaklaşımları oluşturur. Mühendislik alanında, yöntemler büyük sistemlerin içinde belirli bir ögenin nasıl uygulandığına ilişkin hesaplama yaklaşımlarını oluşturur. Biçim kontrollü yapılar ve bina kabuğu sistemleri bugünlerde mimari tasarım yöntemleri tarafından desteklenmediği için, mühendislik yöntemleri mimari bilgi için yeni türlerin geliştirilmesi konusunda çok önemli başlangıç noktaları ortaya koymaktadır.”

Binanın şeklinin binanın kullanımıyla doğrudan ilgili olduğunu bilinmektedir. Isınması, soğutulması, havalandırılması ve yüklerin aktarılması, tamamen bina kabuğunun şekliyle ve içindeki mekanlarla ilişkilidir. Mimari yapılarda form kontrolü, kaynakların en az ölçüde kullanılıp kullanıcının hareketlerine göre biçim alan yeni türde binalar üretilmesi için çok büyük bir potansiyele sahiptir. Tepkimeli Mimarlık alanı üzerine en iyi çalışılmış ve en etkileyici örnekler çoğunlukla üniversite ekiplerinin çalışmalarında bulunmaktadır. MIT, TUD ve AA gibi

üniversitelerin çalışmalarında yapı mühendisliğinin doğal iklimlendirme, doğal aydınlatma, akustik gereksinimler ve farklı mekansal işlevler bağlamında belirleyici nitelikte olduğu görülmektedir (Tez kapsamında bu örnekler Tepkimeli Mimarlık üzerine güncel örnekler bölümü altında incelenmiştir). Böylelikle yapı mühendisliği alanındaki gelişmeler, yenilikler ve yapı mühendisliğine ilham verecek çalışmalar Tepkimeli Mimarlık ürünlerinin tasarımlarını doğrudan etkilemektedir. Örneğin bir kinetik heykeltıraş olan Jansen'ın Kinetic Sculptures projesi en ilham verici projelerdendir. Kinetic Sculptures, yapı mühendisliğinin sanat ile kesiştiği noktada oldukça ilham verici tensegrity sistemlerin kullanıldığı bir etkileyici çalışmadır. Jansen ve ekibi, 'yaratık' olarak adlandırdığı bu mekanizmaları hareketli tensegrity sistemler olarak tasarlamış ve hareketlerini rüzgardan aldıkları enerji ile yapmalarını sağlamıştır (Jansen, 2007) (bkz. Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Kinetic Sculptures Örnekleri (Jansen, 2007).

Jansen kurdukları sistem ile çok ağır kütlelere sahip mekanizmaları bile hiçbir ilave enerji kaynağı gerekmeden kendi halinde hareket etmelerini sağladıklarını belirtmekte ve bu mekanizmaların videoları ile kanıtlamaktadır. Daha da ötesinde, Jansen bu mekanizmalara bir analog 'beyin' ekleyerek adımlarını sayıp hafızalarında tutmalarını sağladıklarını ve deniz kenarında yaşamaya bırakılması düşünülen bu 'yaratık'ların sudan zarar görmesini engellemek amacıyla suya yaklaştıklarında analog algılayıcıları ile oradan uzaklaşmalarını sağlayan bir sistem kurduklarını

göstermektedir (Jansen, 2007). Kinetic Sculptures projesi uyarımlı tensegrity sistemler gibi elektronik ile bütünleşmiş bir yapısal mekanizma olmasa da, Tepkimeli Mimarlık ürünlerinin geleceği konusunda zihin açıcı düşünceleri içinde barındırmaktadır.

➤ Malzeme Geliştirme Bilgi Alanları

Nanoteknolojinin başını çektiği malzeme geliştirme bilgi alanları geleneksel yapı malzemelerinin zayıf noktalarını dikkate alarak daha işlevsel, akıllı ve çevreye daha az zarar veren geri dönüşümlü malzemelerin üretilmesi için çalışmalar yapmaktadır. İç mekanda konfor koşullarını sağlarken dışarıda ekolojiyi olumsuz yönde etkilemeyecek malzemeler Tepkimeli Mimarlığın üretimi yaygınlaşmaya başladığı zamanda ilk olarak ihtiyaç duyulan teknolojiler olmaktadır. Günümüzdeki buna zemin hazırlayan birçok malzeme yaratılmakta ve kullanılmaya başlanmaktadır. Nanoteknoloji sayesinde yakın bir zamanda enerji, aydınlatma, güvenlik ve akıllılık bağlamında çok farklı yeni aşamalara yönlendirecek yeni yapı malzemeleri ortaya çıkacaktır (Elvin, 2009). Bunun yanı sıra üniversitelerde bu konu üzerine araştırmalar yapan laboratuvarlar bina gereksinimleri üzerine odaklanarak yeni malzemelerin yaratılması hedeflenmektedir. TUD'e bağlı Research School Integral Design of Structures'da yapı malzemeleri konusundaki bazı araştırma projeleri şunlardır:

Integral Envelope: Doğadaki organizmaların çevrelerine göre adaptasyon kabiliyetlerini araştırarak bunun bina kabuklarında nasıl uygulanabileceği konusunda yapılan bir araştırmadır (Badarnah, 2007).

Liquid Facade: Bina kabuğunun yapısındaki sıvı bir ortam ile güneş enerjisinden yararlanılarak yapının ısıtma ve soğutma gereksinimini karşılamaya yönelik yapılan bir çalışmadır (Bergsma, 2007).

Adaptable Architecture: Mimari ürünün uyarlanabilen bir ürün olması için fiziksel anlamda devingen malzemeler kullanılabileceği hipotezi üzerinde durulmuştur. Araştırma projesi kapsamında dijital parametrik bir modele bağlı gerçek bir prototip model üretilmiştir (Lelieveld, 2007).

Passive Cooling & Heating Using Adaptable Insulation: Binanın opak çatısı ve zemin kat döşemesi için tasarlanmış hava dolgulu bir panel tasarımı üzerine yapılmış bir araştırma projesidir. Hava dolgu sayesinde yalıtımı sağlanan bu paneller konfor gereksinimlerine göre etkin hale gelmektedir (Spoel, 2007).

3.2.4 Tepkimeli mimarlıkta disiplinler arası işbirliği

İşbirliğini Hobbs şu şekilde tanımlar (Hobbs, 1996):

“Bir müşteri, bir topluluk veya en geniş anlamda toplum tarafından hedefleri belirlenmiş bir projenin başarıyla tamamlanması için uzmanların belirli bir süre boyunca yeteneklerini paylaştıkları bir uzlaşmadır.”

Hobbs, bireysel yeteneklerin sınırları, bireylerin görevlerini tamamlamalarına engel olduğu zaman (bilgi veya güç eksikliği nedeniyle) veya bir görevin daha hızlı ve verimli bitirilmesi gerektiğinde işbirliğine gereksinim duyulduğunu belirtir.

Tepkimeli Mimarlık ürünü örgütlenmesinin karmaşık yapısı, çok sayıda disiplinin mimari tasarım ekibi ile ortak çalışmasını gerektirmektedir. Hu ve Fox, mimarların bu işbirliğini sağlamakta kilit durumunda olduğunu belirtmektedirler (Hu ve Fox, 2006). Tepkimeli Mimarlık ürünü tasarımında çok uzmanlı tasarım ekibinin koordinasyonunu en iyi şekilde sağlayacak pozisyonun mimarın pozisyonu olduğu çok açıktır. Bu noktada farklı bakış açılarıyla eğitilmiş bu uzmanların aynı dilden konuşmasını ve doğru şekilde iletişime geçmesini sağlamak çok önemlidir; çünkü iş birliğinin sağlanması için ekibi oluşturan her bireyin projenin hedefini net olarak anlayabilmesi ve tasarımın bütünlüklü yapısının farkında olarak uzlaşma içinde bulunabilmesi gerekmektedir.

Sterk, mimarların Tepkimeli Mimarlık yapıları üretmek için kullandıkları yöntemler ile mühendislerin kullandıkları yöntemlerin birbirinden oldukça farklı olduğunu belirtmektedir. Mimarlar, yapının rijitlik ölçütleri ve öznel mekansal isteklere uyum sağlayabilecek tepkime yöntemlerine gereksinim duydukları kadar kaplama yöntemlerine de gereksinim duymaktadır (Sterk, 2006b). Öznel istekler estetik, psikolojik ve konfor sağlayacak sıcaklık, aydınlatma ve akustik gibi çevresel etmenleri kapsar. İsteklere yanıt veren bu sistemleri inşa etmek için, bina kısmi kullanıcıları modellerini oluşturabilecek kontrol mekanizmaları gerekmektedir (Sterk, 2006b). Bunlar üç türde girdiyi alan bağlamsal modellerdir: çevresel veri, kullanıcı etkinlik verisi ve kullanıcıların sistemi doğrulamasıyla ilgili verilerdir. Bazı sorunlar olsa da hesaplama ve mühendislik alanındaki son gelişmelerle bunlar olanaklıdır. Ayrıca, yapısal ve mimari yeteneklerin üstünde ve ötesinde, dağılmış hesaplama süreçleri, ağ yapıları ve eşyumluluk, kontrol kuramı, akıllı sistemler ve yapay zeka içinde öğrenilenler ile ilgili bilgiyi gerektirmektedirler (Sterk, 2009).

Yani Tepkimeli Mimarlığı oluşturacak tüm sistemlerin birbirleriyle iletişim halinde ve uyumlu olması bir zorunluluktur. Disiplinler arası işbirliği, Tepkimeli Mimarlık ürününün tasarım sürecinden en önemli gereksinimlerden biridir ve mimar bu işbirliğini sağlama sorumluluğunu üstlenmelidir.

3.2.5 Mimarın rolü ve kullandığı araçlar

Tepkimeli Mimarlık ürününün tasarımında mimarın rolünü tarif ederken öncelikle mimarın anlayışının Tepkimeli Mimarlık düşüncesine paralel olarak 20 yy.da nasıl değiştiğini görmek yararlı olacaktır. Sterk mimarlık disiplininin değişiminden şöyle bahseder (Sterk, 2009):

“Kuramlar, mimarlık disiplinde kullanılan bilginin en üstteki biçimidir ve yöntemlerden veya üsluplardan alınan bilgiden ayrılan kendine özgü bilgiler temin etmektedirler. Kuramlar bina formları ve dünyada varolan görüşler arasında anlamlı ilişkiler kurmak için kullanılmaktadır. Bugünkü mimari tasarımın önemli bir kısmının altını çizen bu değerler, hiç kuşkusuz, genel sistem kuramı ile biçimlenmiştir.”

Sterk 1950’lerde sistem kuramının mimarların dünya görüşlerini tamamıyla değiştirmiş olduğunu belirtir. Bu değişim, mimarları mekan, yapı ve zaman kavramları hakkında sorgulamaya yönlendirdiği için çok önemlidir (Sterk, 2009). Genel sistem kuramı, mimarlık disiplininin, mekan ve insanların mekan üzerindeki etkileri üzerine önceden beri yaptığı varsayımları yeniden biçimlendirmesini istemiştir. Mimarların insanlar için tasarlama yöntemlerini sorgulatan, mekanla ilişkimizi temsil eden daha yeni çok yönlü modelleri üretilmiştir. Mekan, zaman ve akılcılığın basit modellerden kademeli olarak değişiminden sonra yeni değerler ve tasarım hedefleri oluşmuştur. Bu, geri beslemenin mimarlık içinde kullanılan bir araç haline gelmesini sağlayan gelişmelerden biri olarak kabul edilebilir. Mimarlar, geri beslemenin bir mekanizma olarak tepkimeli sistemlerin kullanımı ile doğrudan binalara dahil edilebileceğini ve bu sistemlerin mekanların ve insanların dinamik bir ilişkiye girmesine olanak tanıyabileceğini keşfetmişlerdir. Sterk, bu değişimle 1960’ların ortalarından sonra mimarlıktaki modernizm geleneği yıpranmaya başladığını ve tepkimeli sistemlerin mimarlık disiplini içinde önem verilen bir başlık haline gelmeye başladığını belirtmektedir. Ancak bu hareket uzun süreli olmamıştır. Mimarlar, kendi yeni mimarlıklarını uygulamak için bilgisayar sistemleri ve yapısal

sistemlerle mücadele etmeye başlayınca, 1970'lerin ortasında bu akım durmuştur (Sterk, 2009).

Pask Tepkimeli Mimarlık ürünü üretme sürecinde mimarın rolünün, bir bina veya kenti katalize ederek tasarlamak olmadığını, bunun yerine onların evrimleşmesi için bir sistem tasarlaması gerektiğini belirtmektedir (Pask, 1995).

Hu ve Fox, mimarların Tepkimeli Mimarlık ürünü üretme alanının geliştirilmesi amacıyla etkin bir rol almalarının çok önemli olduğunu söylemektedirler. Bununla beraber, bu düşüncenin içinde mimarların yapısal hesaplar yapması veya tepkimeli sistemin davranışlarını denetleyen hesaplamaları geliştirmesi fikrinin kesinlikle barınmadığını eklemektedirler. Ancak, genel bilgi sahibi olabilecek şekilde basit mekanik ve hesaplama ile ilgili eğitim almaları gerektiğini savunmaktadırlar. Hu ve Fox, mimarın geleneksel rolünün değişmeyeceğini, ancak gelecek nesil Tepkimeli binalarını tanımlayarak ve tasarlayarak, mimarlık görevlerinin yanı sıra mühendislik ve danışmanlık rollerini üstleneceklerini ifade etmektedirler (Hu ve Fox, 2006).

Pask, evrimsel düşüncenin mimarlık için çok önemli olduğunu, mimari tasarımın kanserli değil, sağlıklı büyüebilmesi için evrimsel düşünceyi barındırması gerektiğini ve sorumluluk sahibi mimarın, değişen fiziksel çevreyi inşa edilen yapının başına gelen şeyler olarak görmemesi gerektiğini ifade etmektedir. Pask basit bir sibernetik tasarım örneklemini sunmaktadır (Pask, 1969): “Tepki veren ve uyum sağlayan çevre bağlamında mimari tasarım bir takım bağımsız aşamalara sahiptir:

- Sistemin kullanıcı bağlamında amacının belirlenmesi (ancak amacın çoğunlukla, hatta belki her zaman eksik tanımlanacağı dikkate alınmalıdır),
- Başlıca malzemelerin seçilmesi,
Sistemde programlanacak değişmezlerin seçilmesi (ilk iki maddede mimar, kullanıcının çevresi ile iletişiminin özelliklerini belirlemektedir),
- Yapının neyi öğreneceği ve nasıl uyum sağlayacağını belirlenmesi,
- Uyum sağlama ve gelişme için bir plan seçilmesi: Eğer sistemin amacı eksik tanımlandıysa, plan bir takım evrimsel ilkelere dayanmaktadır.”

Tepkimeli Mimarlık ürünüde biçimin performans ile çok yakından bir ilişkisi vardır ve bu noktada günümüzde mimarın kullandığı bilgisayar tabanlı araçların yetersiz olduğu açıktır. Sterk'e göre, biçimin performans ile ilişkisini anlamaya, bu yakından ilişkiyi gerçekleştirmeye ve yeni yöntemlerle geliştirmeye bağlı değişiklikler,

(Friedman'nın daha önceden söylediği gibi) yapı üretiminde kullanılmaya alışılan araçları ve tasarım yöntemlerini yeniden değerlendirmeyi gerektirmektedir; bu durumda, Bilgisayar Destekli Mimari Tasarım (BDMT) sistemlerinin bu sürecin bir parçası olması gerekmektedir (Sterk, 2006a). Mimarın, yukarıda Pask'ın örneğinde belirtilen aşamaları başarı ile tamamlayabilmesi için kullandığı araçların gözden geçirilmesi ve gereksinim duyduğu yeni araçların tanımlanması gerekmektedir. "Model behaviour" (Model Davranışı) adlı makalesinde şunu vurgulamaktadır (Mahalingam, 2004) (Sterk, 2006a):

"BDMT sistemleri mimari formu betimlemektedir. Bazıları form ile çevre arasındaki alışverişi göstermektedir. Diğerleri elemanlar arasındaki parametrik ilişkileri tarif ederken, ötekiler taşıyıcı sistemdeki kuvvetleri anlatmaktadır. Ancak, Tepkimeli Mimarlık ürününü betimlemeye geleneksel BDMT sistemleri yetmemektedir, çünkü geleneksel sistemlerin yarattığı varsayımlar tam tepkimeli modellerin biçimlenmesine engel olmaktadır. Geleneksel sistemlerdeki modeller kolayca çalışan tepkimeli binalar veya sistemler haline çevrilememektedir."

Tepkimeli yapıların tasarımında ve üretiminde kilit noktalar olarak ifade edilen beş belirleyici özellik şu şekilde tartışılmaktadır (Mahalingam, 2004) (Sterk, 2006a):

- Tasarımda Değişken ve Kontrol Edilebilir Rijitliği Sağlamak: Tüm Tepkimeli Mimarlık ürünleri üretilmesi için temel gereksinim değişken ve ayarlanabilir rijitliktir. Tepkimeli yapılar, çerçeve veya kabuk olarak, en etkili şekilde rijitliklerini ayarlayarak formlarını ve yapısal özelliklerini değiştirebilmelidirler. Değişken rijitliğe sahip sistemlerin tasarımı için dört süreç bir arada uygulanarak destek verilebilir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) Yapının birimselliği (Structural modularity): Birimsel yaklaşımlar, üretilebilirliği sağlarken sistemin karmaşıklığını azaltmaya yardımcı olur.
- 2) Yapının bağlanabilirliği (Structural connectivity): Tüm yapısal sistemin kolaylıkla üretilebilmesi için yapı birimleri arasında bağlantılar tanımlanabilmelidir.
- 3) Yapının yüklenmesi: Rijitlik değişimleriyle oluşan yük aktarımları ve yük aktarımlarının yolları geri beslemeler ile alınabilmelidir.
- 4) Yapının formu: Yapısal sistemin geometrik form sınırları kesin olarak sınanabilir olmalıdır.

- Tasarımcılar için matematiksel ve kontrol modelleri hazırlama: Modeller tasarımcıların sorumlu oldukları sistemleri incelemelerine ve sınamalarına yardımcı olmaktadır. Modeller, özellikle tasarımcının Tepkimeli yapıların rijitliğini denetleme süreçlerini hızlıca geliştirmesini ve düzeltmesini sağlar. İlişkili matematiksel modeller geliştirilmiştir ve bu modeller BDMT sistemleri ile bütünleştirilmelidir. Bu modeller şunları amaçlamaktadır:
 - o Kütleli azaltmak,
 - o Yapının denge durumlarını belirlemek,
 - o İşleticilerin (actuator) konumlandırılması,
 - o Yapının form değiştirmesi için gerekli enerjinin belirlenmesi,
 - o Nemlendirme sistemlerinin sıklık (frekans) ve konumunun hesaplanması,
 - o Yapısal yorulmanın azaltılması,
 - o Yük aktarımının hesaplanması,
 - o Isıl yüklerin hesaplanması.
- Çevresel parametrelerin nitelik ve niceliklerinin genişletilmesi: Günümüzdeki parametrik süreçlerin en önemli sorunu genişletilmiş çevresel modellerin yoksunluğudur. Yapının tepkilerini modellemek için gereken çevresel uyarıcıların bütününe içeren genişletilmiş çevresel modeller için dört uyarıcı gerekmektedir: Işık, nem, sıcaklık ve hava basıncı.
- Tasarımcıların tepkimeli davranışları oluşturmaları ve sınamalarının sağlanması: Önceden belirtilen elemanlar bir araya geldiğinde, Tepkimeli Mimarlık üretmek için verimli bir düzlem sağlamaktadırlar. Ancak sadece bunlarla tasarımcıların tepkimeli davranışları oluşturmaları ve sınaması mümkün olmamaktadır. Yazılımı (kontrolü sağlayan) donanım (birimsel bina yapısı) ile bütünleştirmeye destek olacak ikili bir çerçeveye gereksinim duyulmaktadır.
 - 1) Kontrol paketleme: Tasarımcıların kontrol ve yapı hakkında fikirlere ulaşmasına araç olacak, yapısal modelleri matematiksel denetim modellerine bağlayacak bir çerçeve.
 - 2) Paket dağıtımı: Bütün binalar boyunca denetim paketlerini dağıtmak için yöntemler geliştirilmelidir.
- Yapıların gerçek çıktılarına bağlanması: BDMT aracı üretmedeki son aşama, Tepkimeli Mimarlık ürünlerinin gelişmesine yardımcı olması için gerçek dünya

verilerinin toplanıp sisteme gömülmesi ve bu sayede daha doğru tasarım kararları alınmasının sağlanmasıdır.

Tepkimeli Mimarlık ürününün başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi ve sürdürülmesinde mimarın yukarıdaki özelliklere sahip araçları tasarım sürecinde etkin biçimde kullanması oldukça önemlidir. Papadimitriou, hesaplama tasarımlarının yüksek düzeylerde ifade ve kontrolü sunmakta olduğunu söylemektedir. ‘Dahil olan konseptleri sunmak, yansıtmak ve sınamak nasıl bir soyutlama ile mümkündür’ ve ‘Tepkimeli mekanlar nasıl gerçekleştirilebilir’ sorularını sormanın önemine dikkati çekmektedir. Bu soruların cevabını şu şekilde vermektedir: ekran (dijital model), gerçek model (fiziksel model) ve gerçekleştirilmiş yapıt (üretilmiş Tepkimeli mekan) arasında sürekli bir döngü ve geri besleme oluşturulması gerekmektedir (Papadimitriou, 2006).

Mahalingam’ın vurguladığı noktaların mimarın teknik açıdan sahip olması gereken araçlar olduğu söylenebilir. Mimarın etkin ve belirleyici rol oynadığı tasarım sürecinin en başından itibaren sorumlu olduğu öncelikli konular şöyle özetlenebilir:

- o Tasarım sürecinde kullanıcı bağlamında sistemin amacının (eksik tanımlı da olsa) saptanması,
- o Tepkimeli yapının çevresiyle ve kentle/bölgeyle olan ilişkisinin tanımlanması,
- o Tepkimeli yapının sürdürülebilirliğini sağlayacak yöntemlerin belirlenmesi,
- o Çevreye duyarlı ve projeye uygun malzemelerin seçmesi,
- o Programlanacak değişmezler karar vermesi,
- o Disiplinler arası işbirliğinin sağlanması,
- o Yapının neyi öğreneceğinin ve nasıl uyum sağlayacağını tanımlaması,
- o Yapının uyarlanması ve gelişmesi için bir plan belirlenmesi.

Mimarın sorumlu olduğu diğer konular Tepkimeli Mimarlık ürünleri üretildikçe ortaya çıkacaktır. Ancak şu aşamada birkaç noktaya daha dikkat çekilebilir: Sürdürülebilir bir ürün olarak düşünülen Tepkimeli yapının ömrünün belirlenmesi, yenilenme/onarım yöntemlerinin tasarlanması, geri dönüşümünün nasıl olabileceğinin düşünülmesi ve yapının harcadığı ve/veya kazandırdığı enerjinin hesaplanması konuları da oldukça önemlidir.

Mimarın tüm bu sorumlulukları yerine getirmesi için bilgisayarın önemli ölçüde desteğine gereksinim vardır; çünkü tasarım sürecinde kullanılan araçlar, başarılı bir Tepkimeli Mimarlık ürünü üretebilmek için belirleyici rol oynamaktadır. Beklenen ölçütlerin tümünü karşılayabilen yapıların uygulanabilir hale gelmesi için ilerleyen teknolojilerin uygun şekilde kullanımını sağlamak gerekmektedir. Bunun için, gelişen ve ekonomik hale gelen teknolojilerin doğru kullanımını sağlayacak, yukarıdan belirtilen BDMT olanaklarını tanıyacak ve disiplinler arası iletişimin daha sağlıklı yürümesini sağlayacak ortak bir dil geliştirebilecek tümleşik yazılımlara gereksinim duyulmaktadır. Bu yazılımların sahip olması gereken özellikleri şöyle özetleyebiliriz:

- Matematiksel ve kontrol modelleri hazırlayabilme (Fiziksel çevre kontrolü ve taşıyıcı sistem ile ilgili),
- Çevresel parametrelerin nitelik ve nicelik olarak genişletildiği çevresel modelleri oluşturabilme,
- Tepkimeli davranışların benzetimini yapabilme ve sınavabilme,
- Gerçek dünya verilerini tasarlanan yapıya bağlayabilme.

Bir diğer önemli nokta, Tepkimeli Mimarlık ürününün toplumsal yaşamdaki ve kent içindeki durumudur. Bu yapıların tasarımında mimarın sosyologlar, psikologlar ve benzer sosyal bilgi alanları disiplinleri ile beraber çalışması gerekebilir. Mimarın sosyal, kültürel ve psikolojik konularda tasarım kararlarını değerlendirilmesi ve doğru kararlara ulaşması kendi sorumluluğundadır ve verdiği kararlar Tepkimeli Mimarlık ürününün tanımladığı çevreyi ve geleceğini belirleyici niteliktedir. Tepkimeli Mimarlık ürünün sağlayacağı fırsatlar ve neden olabileceği tehditler tasarımın ilk aşamalarında değerlendirilmesi gereken konulardır. Bu nedenle mimarın Tepkimeli yapı ile ilgili sorgulaması gereken diğer konular şöyle özetlenebilir:

- Yapının yakın çevresiyle iletişiminin sınırları,
- Yapının yakın çevresiyle iletişiminin şekli,
- Yapının kentteki konumu,
- Yapının kentsel projelerdeki etkinliği,
- Yapının kentsel dokuya karşı duyarlılığı,
- Yapının çevresel kirliliğe karşı duyarlılığı,
- Yapının diğer Tepkimeli yapılar ile iletişimi.

3.3 Tepkimeli Mimarlık Ürününün Evrimleşmesi ve Kullanım Süreci

Frazer, doğal çevrenin ayırt edici özellikleri olan simbiyotik davranış ve metabolik dengenin sağlanması konusunda yapılı çevre için bir girişimde bulunulduğunda, mimari formun evrimsel bir doğa modeliyle üretilmesinin önerilebileceğini belirtmektedir (Frazer, 2002). Burns, evrimin bir anlamda tarihin biyolojik hali olduğunu söylemektedir. Evrimin değişimin yolunu aradığını; dönüşüm, farklılık ve belirli dönüşümlerin sürekliliğini, galibiyetini göstermekte ve işaret etmekte olduğunu belirtmektedir. Evrim, tarihte de olduğu gibi olayların esasını anlamak ve yargılamak için zamansal bir modelin üzerine kurulmuştur. Karakterlerin nesilden nesle aktarılmasına dayanan kalıtım fikri üzerinde işlemektedir. Özellikler ve süreklilikleri ancak geriye dönük olarak bilinebilmektedir. Bilim adamları sadece geçmişe bakarak hangi karakterlerin ve davranışların aktarıldığına ve seçildiğine karar verebilir (Burns, 2007).

Tepkimeli Mimarlık bağlamında evrim iki şekilde kullanılabilir:

- 1) Tasarım sürecinde sistemin sabitlerine karar verirken farklı seçenekler üretilip doğal seleksiyon mantığındaki gibi zayıf seçenekleri iptal edip en güçlü olanları ortaya çıkarmak,
- 2) Yapının kullanım sürecinde, değişen fiziksel çevre şartlarına göre adaptasyon sağlanmasına olanak tanıyacak, evrimleşebilen bir sistem tasarlamak.

Frazer'a göre değişen çevreye yanıt veren sanal modeller, savurgan prototipleme ve doğal evrimin yaratıcı gücünü taklit etmektedir. Başarılı gelişmeler desteklenmekte ve evrimleşmektedir. Mimarlık morfogenez, genetik kod, kopyalayarak çoğaltma ve ayıklama ilkelerine uygun olarak yapay yaşam formu gibi ele alınmaktadır. Mimari konseptler, üretken kurallar olarak tanımlanmaktadır ve bu şekilde evrimleri ve gelişmeleri ivmelenebilmekte ve bilgisayar modelleri ile sınanabilmektedirler. Konseptler form üretme amaçlı tanımları içeren bir komut dizisi üreten genetik dil içinde tariflenmektedir. Bilgisayar modelleri, sonradan bilgisayar ortamında performansa bağlı olarak değerlendirilen prototip formların gelişiminin benzetimini yapmak için kullanılmaktadır. Evrimsel adımların çoğu kısa bir zamanda üretilmekte ve beliren formlar çoğunlukla beklenen gibi olmamaktadır. Bu teknikler önceleri nicel mühendislik problemlerine indirgenmiştir; günümüzde ise yapılı çevre ile

ilişkili olan karmaşık sorunlara uygulanabilir hale gelmektedir. Frazer, bunun başarılması için yapısal formun genetik algoritmaların kullanımında nasıl kodlanacağına, hasta tanımlı ve çelişkili ölçütlerin nasıl tanımlanacağına, bu ölçütlerin ayıklanma için nasıl işleyeceğine ve morfolojik ve metabolik süreçlerin yapıllı form ile çevresi arasındaki etkileşime nasıl uyarlanacağına ilişkin konuların dikkate alınması gerektiği belirtmektedir. Bu konuların çözülmesi kaydıyla, bilgisayar, sadece alışlagelmiş şekilde tasarıma destek olmayıp, evrimsel bir ivmelendirici ve üretken güç haline gelebilmektedir. Evrimsel model, genetik bir kod içinde tariflenmiş bir tasarım konsepti gerektirmektedir. Bu kod sonradan, benzetim ortamına yanıt olacak bir seri model üretebilen bir bilgisayar programı içinde değişebilmekte ve gelişebilmektedir. Daha sonra modeller benzetim ortamında evrimleşmekte ve başarılı modellerin kodu seçilmektedir. Sonra, gerçek dünya prototipi için gelişim evrelerinden birine karar verilinceye kadar seçilen kod döngü içinde tekrarlanmaktadır (Frazer, 2002). Genetik tanımı yaratmak için öncelikle farklı ortamlara yanıt veren çeşitli formlarla ifade edilebilecek üretken bir tutum içinde tasarım konsepti geliştirilmektedir. Bunun, birçok tasarımcının belirli tasarım ortamlarına uyarlayabildiği kendine özgü stratejileri ile çalıştıkları bir yöntem olduğu belirtilmektedir. Bu strateji, çoğunlukla tasarımcının çalışmalarının anında tanınabilir olduğu durumlarda çok belirgin ve tutarlı olmaktadır (Frazer, 2002).

Pask, evrimsel düşünceyi barındıran bir mimarlığın, tasarımın kullanım sürecinden ömrünün dolduğu zamana kadar sağlıklı yaşayabileceğini belirtmekte ve bu nedenle mimarın mimari ürünü bu evrimsel bakışla tasarlaması gerektiğini vurgulamaktadır (Pask, 1969). Uyarlanabilir, sürdürülebilir ve etkileşimli mimari ürünlerini hedefleyen Tepkimeli Mimarlığın temel felsefesi evrimsel düşünceyi barındırmaktadır.

3.4 Tepkimeli Mimarlık Ürünü Oluşturan Sistemler ve Özellikleri

Tepkimeli Mimarlık ürünü malzeme ve taşıyıcı sistemi içeren yapısal sistem ile bu sistemin algılayabilir ve uyarlanabilir olan devingen bir sistem haline getiren hareketli sistem ve bilgi sisteminden oluşur. Bu sistemler tümüyle birbiriyle iletişim halinde olan, beraber çalışabilen sistemler olmalıdır. Yani, bir alt sistemin diğerinden bağımsız anlatılması mümkün olmamaktadır. Böylelikle, her ne kadar bu bölümdeki alt başlıklar yapısal sistem, hareketli sistem ve bilgi sistemi olarak ayrılmış olsa da,

bilgi sistemi konusunda yapısal sistem ve hareketli sistem başlıkları altında, hareketli sistem konusundan da yapısal sistem başlığı altında bahsedilebilmektedir. Bu bölümde, birbirinden farklı disiplinlerin uzmanlığıyla tasarlanan ancak bütünleşik davranan bu üç sistemin Tepkimeli Mimarlık kapsamında kendine özgü nitelikleri belirtmek amaçlanmıştır.

3.4.1 Yapısal sistem (malzemeler ve taşıyıcı sistem)

Tepkimeli Mimarlık ürününün yapısal sistemi malzemeler ve taşıyıcı sistem olarak ele alınmıştır. Tepkimeli yapının sağladığı konfor koşullar ve sağladığı mekansal olanaklar göz önüne alındığında performansının oldukça yüksek olması gerektiği görülmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir, akıllı, ekonomik, enerji gereksinimini azaltan ve mekansal esnekliğe olanak tanıyan taşıyıcı sistem ve malzemelerin kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, Tepkimeli yapının taşıyıcı sisteminin uyarlanabilir olması için kontrol edilebilir olması oldukça önemlidir.

Sterk'e göre mimari yapılardaki biçimsel kontrol, mimari tasarım ve mühendislik uygulama alanının doğal bir uzantısıdır. Bunun için gereken bilgi çok iyi bilinen iki temel bilgi üzerinde yapılır (Sterk, 2009):

- Uzun zamandır bilinen, binanın verimliliği ve işlevinin yapısal mekanların formuyla yakından ilişkili olduğu bilgisi,
- Öncekine göre yeni bir düşünce olarak, gömülü hesaplamalı sistemlerin, yapı içindeki aygıtların kontrolünde kullanılabileceği bilgisi.

Her iki bilgi birleştirildiğinde, mimarlık ve mühendisliği kuramsal ve yöntemsel düzeylerde iletme amaçlı kullanılabilir. Yapı formunun kontrolü, şekil değiştiren bina kabukları üretmek için gereksinim duyulan başlıca bileşen olduğu için mimarlık disiplininde önemli bir ilgi alanıdır. Yapı formunun kontrolü, günümüzde, kuramsal ve uygulama kökenli birçok sorunla karşı karşıya gelen mimarların önünde duran önemli bir teknolojik ve yöntemsel engeldir. Kuramsal olarak tepkimeli mimari yapılar, varolan mekan oluşturma kavramını yeniden değerlendirmeye gereksinim duymaktadır. Bu sistemler uygulamada, mühendislik ve mimarlık disiplinlerinde inşaat ve tasarım yöntemlerinin yeniden değerlendirilmesine gereksinim duymaktadır (Sterk, 2009).

3.4.1.1 Yapının fiziksel çevresine ve işlevine uyarlanabilirliği

Bir konutun işyerine dönüştürülmesi gerektiğinde geleneksel bir mimari mekanda mobilyaların ve belki birkaç duvarın değiştirilmesi dışında başka mekansal değişikliklerin yapılması oldukça zahmetli ve maliyetli bir iştir. Tepkimeli Mimarlık ürününde yapının taşıyıcı sisteminin yeni işleve uygun olarak şekillenebilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle Tepkimeli yapının ana sistemi zaten bu değişikliği yapabilecek şekilde planlanmalıdır. Yapının fiziksel çevresine ve farklı işlevlere uyarlanabilirliğini sağlamak için taşıyıcı sistemin kontrol edilebilir, hareketli ve devingen bir sistem olması sağlanmalıdır. Bu yapısal sistemlerin akıllı sistemler olmaları için bilgi ağlarıyla donatılmış olmaları gerekmektedir.

Sterk, mühendislik disiplininde uyarlanabilir yapısal sistem örneklerinin şu konularda gelişmiş olduğunu belirtmektedir: Kütle damperleri, piezoelektrik yapılar, uyarımlı tensegrity sistemler ve konuşlandırılabilir yapısal sistemler (Sterk, 2009).

Tepkimeli Mimarlık için de önemli olan ve mühendislik disiplini içinde gelişen bu alanlar teker teker gözden geçirilebilir. Öncelikle kütle damperleri ele alınırsa, kütle damperlerine günümüzde verilebilecek en iyi örneğin Taipei 101 Gökdeleni'nde rüzgarın etkisine ve titreşime karşı gökdelenin titreşimini azaltmak amacıyla en tepedeki bölümüne yerleştirilen masif çelik küre ile oluşturulan kütle damperi olduğu söylenebilir.



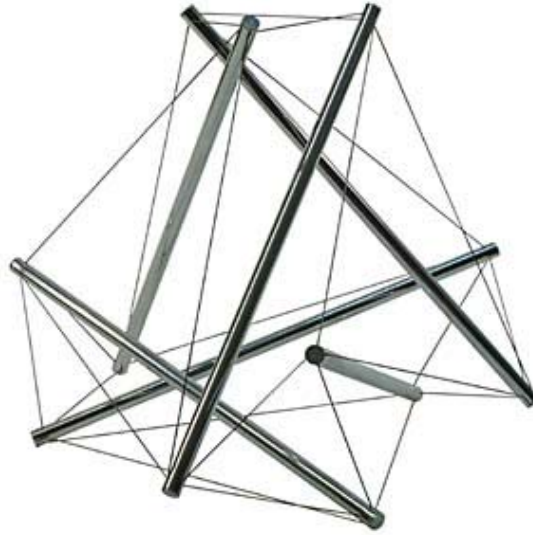
Şekil 3.4 : Piezoelektrik çim (Frazer, 1995).

1992’de yapılan “piezoelektrik çim” projesi ise piezoelektrik yapılara iyi bir örnektir. Piezoelektrik çim üzerindeki bağımsız teller yüzeyde oluşan eğilmeler üzerinden, rüzgarın gücünü iletmektedir. Rüzgarın karmaşık örüntüsü (yön, dalgalanma, vb.) bilgisayarın kontrolü ve yaklaşan rüzgar örüntüleri ile anlaşılmaktadır. Düzenek boyunca rüzgarın örüntüsü diğer çıktı aygıtlarını kontrol etmek için kullanılabilir (Frazer, 1995) (bkz. Şekil 3.4). Yapısal sistemin anlatıldığı bu bölümde uyarımlı tensegrity sistemler ve konuşlandırılabilir yapısal sistemler üzerinde daha detaylı durulmaktadır.

İlk olarak Fuller ve Snelson tarafından geliştirilen Tensegrity sistemler Tepkimeli Mimarlık ürünlerinin uyarlanabilirlik özelliği için en uygun taşıyıcı sistemi sunmaktadır. Tensegrity sistemler Şekil 3.5’de görüldüğü gibi 2 farklı türde öğeden meydana gelmektedir: kendinden gerilimli bir yapı oluşturan germe öğeleri ve basınç öğeleri (Sterk, 2009).

Fox, yapısal sistemde uyarlanabilirliğin sağlanması için sistemin konuşlanabilir, bağlanabilir ve kolay üretilebilir olması gerektiğini belirtir ve uyarlanabilir mekanın barınmadan eğlenmeye, eğitimden sağlığa, ticaretten sanayiye birçok mekansal gereksinime esnek bir şekilde cevap verebildiğini ifade etmektedir. Yeni uygulamalar, dönüşebilen nesnelerin devingen bir şekilde önceden belirlenmiş fiziksel alanı nasıl meydana getirdiğini veya hareketli fiziksel nesnelerin uyarlanabilir mekansal düzenlemeyi oluşturmak için nasıl ortak bir fiziksel mekanı paylaştığını göstermektedir. Uygulamalar ‘istenmeyen ortam ve program’ durumlarına karşı çok kullanımlı iç mekan örgütlenmesinden tüm yapının dönüşebilirliğine kadar farklı çözümleri sağlayabilmektedir. Bazı özel uygulamalar ise akıllı gölgelendirme ve akustik aygıtları içermektedir (Fox, 2009a).

Fox, mimarlıkta kullanılan gelişmiş hareketli sistemlerin mekanik olmayan başka bir makine, yani bilgisayar tarafından kontrol edilen bir makine olarak tanımlanabileceğini söylemektedir. Kontrolün daha yüksek düzeylerine bakılacak olunursa ilginç bir olgunun gözlemlenebileceğini eklemektedir. Fox, Nordenson’nun gömülü hareketli sistemler ile ilgili tanımını şöyle özetlemektedir: “binayı kemikler, kaslar, sinirler ve nasıl tepkiler vermesi gerektiğini bilen bir beyine sahip bir vücut gibi yaratmak”.



Şekil 3.5 : Tensegrity sistem örneği (Url-3, 2009).

Bir gökdelen akıllı statik hareketli bir sistem olarak tasarlanmış olursa, şiddetli rüzgarlar karşısında binayı kontrol etmeyi sağlayan sıradan bir gökdelendeki yapısal malzemelerinin büyük kısmının kullanımını gerektirmediği görülmektedir. Eğer bina duruşunu değiştirebilme, kaslarını sıkabilme ve direncini rüzgarın karşısında arttırabilme yeteneklerine sahipse, yapısal kütlesi geleneksel sistemdekinin yarısı olsa bile yetmektedir. Konuşlandırılabilir ve devingen hareketli sistemlerde de yapının büyük kısmı, dönüşebilir uyarlanabilme yeteneği ile çok amaçlı kullanılabilen tekil bir sisteme indirgenebilmektedir.

Tepkimeli bina ve dış iskelet çerçevelerindeki yapısal sistemlerin başlıca ayırt edici nitelikleri şunlardır:

- 1) Kontrol edilebilir rijitlikte olmalıdır;
- 2) Hafif olmalıdır;
- 3) Asimetrik biçim bozulmalarıyla baş edebilmelidir.

Bu ayırt edici nitelikler, en sağlam ve esnek sonuçlara varabilmek için bir arada bulunmalıdır. Bu nitelikler, bütün başarılı Tepkimeli Mimarlık çalışmalarının gelişmesinde kullanılabilecek temel bir takım ilkeleri şekillendirmektedir. Yapılan binalarda bu niteliklerin başarılması için kullanılan ilkeler ve yöntemler oldukça önemlidir. Uyarmalı tensegrity sistemler bu niteliklerin başarılması için en uygun sistemlerdir (Sterk, 2009).

Tepkimeli yapılarda rijitliği kontrol etme ilkeleri Brian Culshaw'ın "Smart Structures And Materials" adlı kitabında açıkça tanımlanmıştır. Culshaw, herhangi bir tepkimeli

yapı için anahtar özelliğın mukavemetten çok bükölme direncini ayarlama kabiliyeti olması gerektiğini belirtmektedir. Birçok durumda yapının ayarlanabilir mukavemet özelliklerinin, tam kapasitede yükleme durumunda etkin olmak için tasarlanmış çok basit bir yapıda olduğundan daha fazla malzemeyi, daha fazla ağırlığı ve kesinlikle daha fazla karmaşıklığı içerdiğini ifade edilmektedir (Culshaw, 1996). Sterk, rijitliğin kontrolüyle, yumuşama veya sertleşme gerektiren strüktürel alanlarda uyarımları konumlandırarak yük aktarımlarının doğal bir şekilde kontrol edildiğini belirtmektedir. Yumuşatma, devam eden rijitliğin desteğıyle yüklerin aktarımını azaltmaktadır. Benzer şekilde strüktürün yumuşak parçalarının nasıl olduğunun kontrol edilmesiyle farklı biçimler ortaya çıkmaktadır. Bu türde sistemlerde biçim, yük aktarımları ve rijitlik arasında çok zekice iletişimler oluşmaktadır. Sterk, uyarımlı tensegrity sistemlerin bu tür iletişimler kurmaya çok uygun olduğunu ve anahtar strüktürel konumlarda işleticiler yerleştirildiğinde bu iletişimlerin doğal olarak kurulduğunu söylemektedir. İşletici yerleştirilmesi için iki önemli ayırt edici özellik vardır. Birincisi, işleticilerin tensegrity sistemin berraklığını koruyacak şekilde yerleştirilmesidir. İkincisi, onları idare edecek kontrol sisteminin hassas, kolay anlaşılır bir şekilde ve etkili yollarla düzenlenmesi gerekliliğidir. Sterk, uyarıma için en uygun konumun, kullanılan tensegrity sistemin türüne bağılı olarak çeşitlenmekte olduğunu belirtmektedir (Sterk, 2009).

Sterk, hafif yapısal çözümlerin, biçim değıştirme kabiliyetindeki bina kabuklarının gelişimi için önemi vurgulamaktadır. Yapı mühendisliğindeki baskın eğilim, daha fazla hafif ve sağlam yapılar üretme kabiliyetindeki artış olmuştur. Yüklerin aktarımında daha az malzeme kullanma ve yeni yollarla bükölmeleri kontrol etme sayesinde mühendisler yapım yöntemlerini bütünüyle değıştirmeyi başarmıştır. Uyarımlı strüktürlerin gelişimi de bu eğilimle gelişmiştir. Mimarlıkta hafif yapıların kullanımı oldukça önemsenmektedir; çünkü hafif yapılar daha büyük açıklıklara, daha kesintisiz iç mekanlara ve daha şeffaf kabuklara sahip olabilmektedir. Ayrıca daha küçük uyarıma maliyetleriyle (çünkü daha az enerji tüketimini sağlar) daha büyük derecelerde harekete olanak tanımları nedeniyle form değıştirme açısından dikkate alınmalıdır. Tensegrity sistemleri gerilimi ayrı elemanlardaki basınçtan ayırdıkları için yük aktarımlarında en az miktarda kütle kullanmaktadır. Bu, tüm germe kuvvetlerinin belirlenmesini ve kütle etkili kablo sistemleri olarak tasarlanmasını sağlamaktadır (Sterk, 2009).

Sterk, bu üç ayırt edici özelliğin en ilginç olanı asimetrik biçim değişme kabiliyeti olarak belirtmektedir. Mimarlıkta asimetrik biçim değiştirmenin iki temel nedenden dolayı önemli olduğunu söyler (Sterk, 2009):

- 1) Hiçbir yapı, her yüzünde aynı çevresel etmenlere eşit seviyede maruz kalmaz;
- 2) Yapıda iletilen yüklerin dinamik değişikliklerine uyum sağlamak için asimetrik form kontrol sistemlerine ihtiyaç vardır.

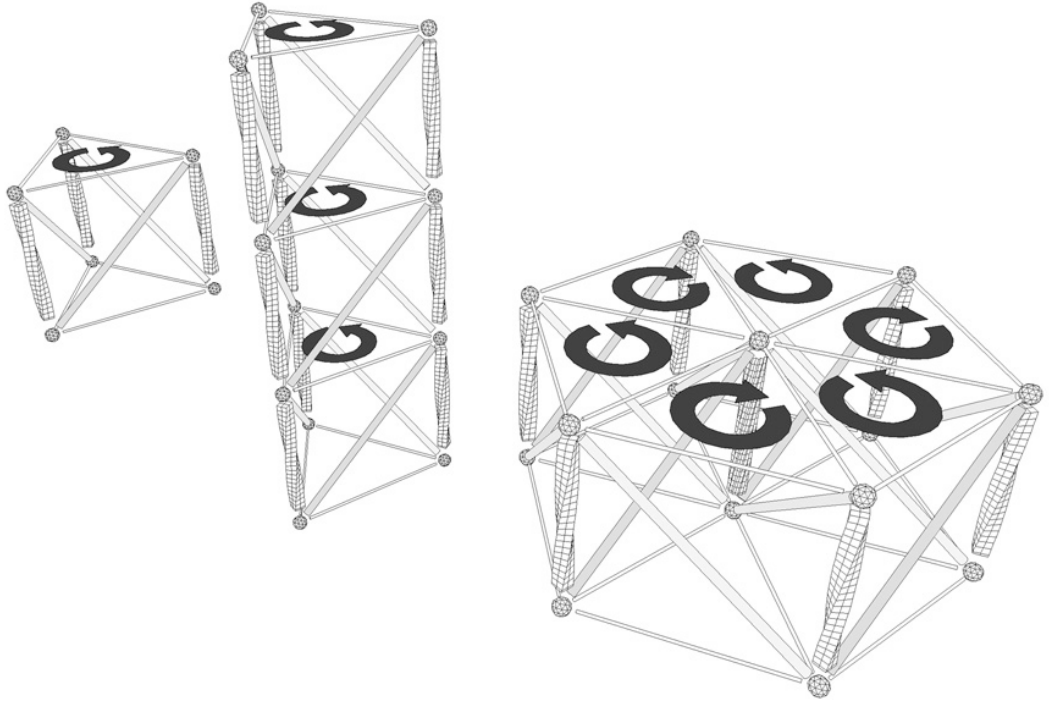
Uyarmalı tensegrity sistemler, uyarma etkinliğinin değişmesiyle simetrik ve asimetrik formlara uyum sağlayabildikleri için, eşsiz bir sistemi biçimlendirmektedir (bkz. Şekil 3.7). Birleşim yerleri yalıtımlı olduğu için asimetrik hareketler yapma kabiliyetindedir ve geometrik olarak bağımsız yollardan hareket edebilmektedir. Bu yalıtım, herhangi bir işleticinin her türlü gereksiz hareket yayılımını ciddi miktarda azaltarak, yapıdaki etkisinin kısıtlanması için doğal bir araç olmaktadır (Sterk, 2009).

Sterk uyarmalı tensegrity yapıların iki temel farklı yolla (borulu veya yüzey yapılar üretmek için) düzenlenebildiklerini, bu açıdan mimarlık için oldukça kullanışlı olduklarını belirtmektedir. Bu iki farklı düzenleme küçük ölçekli veya büyük ölçekli binaların uygulamalarında gereken çeşitliliği sağladıkları için çok önemlidir (Sterk, 2009).

En basit tensegrity birimi bile bir arada ağlandırılarak, Skelton ve Williamson tarafından 2001’de ortaya atılan yönteme uygun sınıflandırılmış, daha karmaşık yapıları oluşturabilmektedir. Williamson ve Skelton, tensegrity yapıları, eksenel olarak yüklenmiş öğelerin sabit birleşiminden oluşan özel uzamsal makaslar olarak sınıflandırmıştır (bkz. Şekil 3.6). Onların sınıf tanımları şu şekildedir: “bir ‘k’ sınıfı tensegrity yapısı, içinde en çok ‘k’ basınç öğelerinin bazı düğümlere bağlandığı yapıdır”. Birinci sınıf yapılar en basit tensegrity birimini oluşturmaktadır. Bu tensegrity sistem sınıfı birçok tensegrity sistemin en temel yapı bloğunu oluşturmaktadır. Bunlar, her biri bir kablo düzeneğine bağlanan dikmeler çemberinden oluşmaktadır. Sterk, eğer düzenekteki herhangi bir kablo yerine germe işletici koyuluyorsa, bir geleneksel tensegrity sistemin uyarmalı tensegrity sistem haline dönüştürülmesinin anlamı kalmadığını söylemektedir (Sterk, 2009).

İkinci sınıftaki tensegrity yapılar, iki adet birinci sınıf yapısı dikmeler arasında rastlantısal bağlantılar üretmek için birbirleri üstünde kümелendiği zaman ortaya çıkmaktadır (Sterk, 2009).

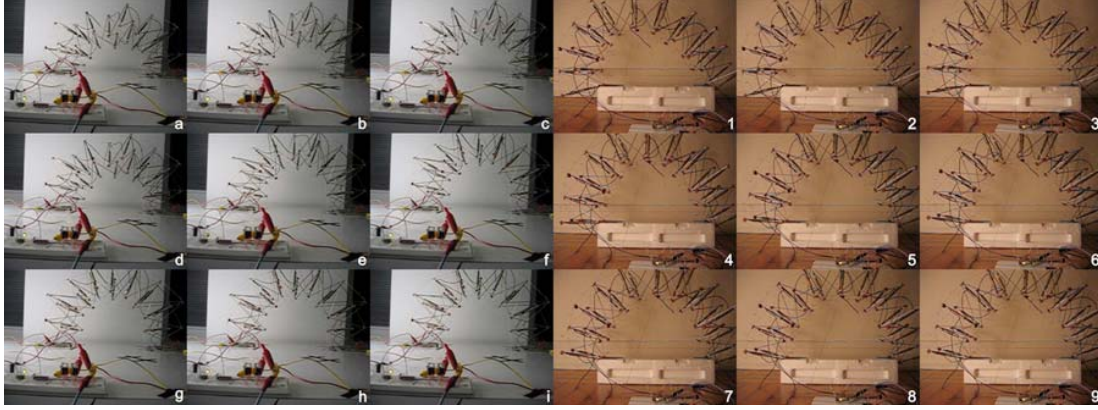
Etki alanı, şekil kontrolüyle ilişkilidir. Sterk yaslanma, genişletme, katlanma ve düzleşme özelliklerini içeren üçüncü sınıfın prototip şekil değişikliklerinin etki alanı ile ilintili olduğunu belirtmektedir. Strüktürel sistemin farklı bölgelerinin daha fazla veya daha az rijitliğe sahip olması ve strüktürü şekillendirmesi için etki alanının bir araç haline dönüştüğünü eklemektedir. Örneğin genel etki alanının sağlanması genişletme ve uyarımayla sonuçlanırken, uyarmanın etki alanını sadece strüktürün bir yarısı için sınırlarsak eğilme başlamaktadır. Rijitlik etmenlerinin kısıtlandırılması bu sisteme uygulanabilmektedir. Rijitlik yapının hareket etmesi gereken serbestlik derecesini kısıtlayarak etkileri azaltmaktadır (Sterk, 2009).



Şekil 3.6 : Tensegrity sistemleri: 1. sınıf, 2.sınıf ve 3.sınıf (soldan sağa) (Sterk, 2009).

Uyarıma etki alanı ve şekil kontrolü doğrudan birbirleri ile ilgilidir ama aynı zamanda strüktürün dengesini sağlama veya hareketli yüklere yanıt verme yollarını birleştirmektedir. Birbirine benzemeyen bina biçimlerinin aynı yükleme koşullarında farklı yanıt vermeleri nedeniyle etki alanı bu senaryolarda kullanışlı hale

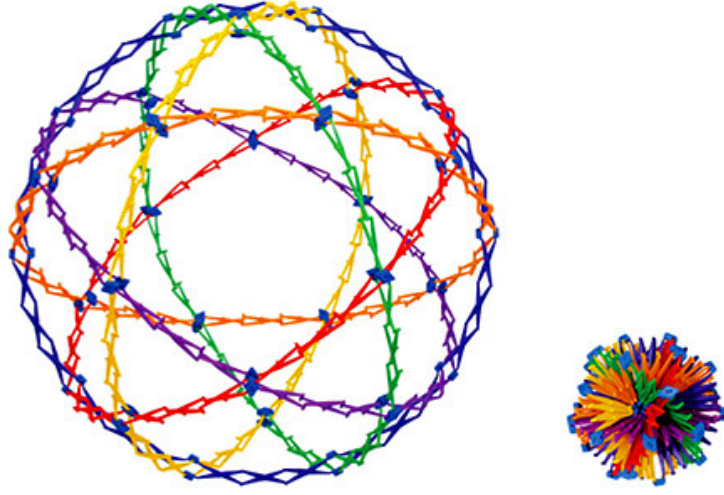
gelmektedir. Bu kontrol örneğinde, hareketli yükler olduğu kadar sabit yüklerden de var olduğunda en az oranda yüklenmiş yapılar üretebilen bina biçimlerini kontrol etmek için değişken etki alanları kullanılmıştır. İç kuvvetler tarafından uyarılanlara tamamlayıcı olarak ‘etki alanı uyarımlarının bu türleri üzerine düşünmek gerekmektedir. Buna örnek olarak bir binanın üzerinden karı silkelemesi verilebilir (Sterk, 2009).



Şekil 3.7 : Uyarımalı tensegrity sistem örneği (Sterk, 2009).

Tepkimeli Mimarlıktaki yapısal sistem ilgilendiren diğer bir konu çevresel duyarlılık bağlamında da savunulan sürdürülebilir aydınlatma ve iklimlendirme sistemleridir. Akıllı aydınlatma sistemleri ve bütünleşik iklimlendirme sistemleri olarak adlandırılan bu sistemlerin temel hedefleri doğal çevreye en az ölçüde etkileyecek şekilde doğal enerji kaynaklarından sonuna kadar yararlanmak, onların yetmediği noktada başka enerji kaynaklarını devreye sokmak ve tüm bunları algılayıcılar ve işleticilerle desteklenmiş bir bilgi ağı ile sunmaktır. Bu sistemlerin hareketli sistemler olması nedeniyle taşıyıcı sistem tasarımları ve malzemeleri oldukça önemlidir.

Tepkimeli Mimarlık için uyarlanabilir yapısal sistemler üzerine yaratıcı çalışmalarda bulunan bir araştırmacı olan Hobermann, Hoberman Küresi adı verilen (bkz. Şekil 3.8), küçük bir küre iken bir noktadan çekildiğinde çok büyük bir küre haline gelebilen oyuncakların da tasarımcısıdır. Hoberman küresini tasarlarken edindiği bakış açısını Tepkimeli Mimarlık ürünlerinde akıllı aydınlatma ve bütünleşik iklimlendirme sistemleri üzerinde kullanmaktadır. Hobermann’ın ekibi, güneşin durumuna göre gözün irisi gibi kısıлып açılan ışıklıktan, işleve göre yer değiştiren ofis duvarına veya farklı gereksinimlere göre açılıp kapanabilen büyük sahne duvarı sistemlerine kadar birçok ilginç projeler ile Tepkimeli Mimarlık konusunda yaratıcı yapısal çözümler üretmektedir (Hobermann, 2008).



Şekil 3.8 : Hobermann küresi

Fuller 1960’larda inşaat uygulamalarının kullandığı malzemelerin çok ağır olması ve yeterince işlevsel ve ekonomik olmaması nedeniyle inşaat uygulamalarında daha az malzemenin kullanılarak daha işlevsel ve ekonomik tasarımların elde edilebileceğini ortaya koymuştur. Fuller’in malzeme azaltma önerisini üzerine ilk çalışmaları Tensegrity çalışmalarıdır. Tensegrity çalışmalarının ardından Dymaxion House projesi gelmektedir (bkz. Şekil 3.9). Dymaxion House’un malzemeleri hafif metal taşıyıcılar ve plastikten oluşmaktadır. Fuller zamanının uçak teknolojilerini kullanarak seri üretime uygun ve çok ekonomik bir konut tasarlamıştır (Davies, 1988). Tepkimeli Mimarlık ürünün de malzeme azaltma düşüncesi ile tasarlanması gerekmektedir; çünkü geleneksel bir mimarlık ürününe oranla daha çok sistemi barındırmaktadır. Gelişen teknolojiler ile malzemelerin çok işlevli ve akıllı hale gelmesi sayesinde günümüzdeki tasarımlar için malzeme azaltma seçenekleri artmaktadır.

Kronenberg daha az kaynak kullanan, karmaşık saha ve program gereksinimlerine etkin şekilde uyaranabilen bu tür yapıların yararının, çevresel sorumluluğun farkında olan ve giderek çoğalan sanayi sektörü ile bağlantılı olduğunu belirtmektedir (Fox, 2009a). Günümüzdeki yeni malzemeler artık çok işlevli, çevreye karşı duyarlı, algılayabilen ve etkileşimli malzemeler haline gelmektedir. Bu yeniliklerin en önemli nedeni hesaplama bilgi alanındaki ve nanoteknoloji alanındaki gelişmelerdir. Artık mimarlıkta kullandığımız malzemeler oldukça hafif ve oldukça çok işlevli veya akıllı olabilecektir ve bu gelişmeler Tepkimeli Mimarlık yapılarının gelişimini de yakından ilgilendirecektir.



Şekil 3.9 : Dymaxion house (Url-10, 2009).

Vallgarda ve Redstorm bilgisayarın mimarlıkta kullanılan kompozit malzemelerin içine girmesi gerektiğini belirtmektedir ve hesaplamanın farklı tipte kompozitlerin içinde nasıl kullanılabileceği konusunda çalışmalar yapmaktadırlar. Dijital hesaplama yeteneğine sahip kompozitler artık birçok farklı özelliğe sahip olabilecektir: ses-görüntü özellikleri, optik özellikler, elektrik özellikleri, ısı özellikler, yalıtım, akustik özellikler, bozulma, şekil değiştirme vb.(Vallgarda, 2007). Vallgarda ve Redstrom ‘hesaplamalı kompozitler’e diye adlandırdıkları bu kompozitlere örnek olabilecek bazı prototipler geliştirmişlerdir. Örneğin International Fashion Machines projesinde, bir tekstilin içindeki renkler elektronik devreler sayesinde değişebilmektedir (Vallgarda, 2007) (bkz. Şekil 3.10).

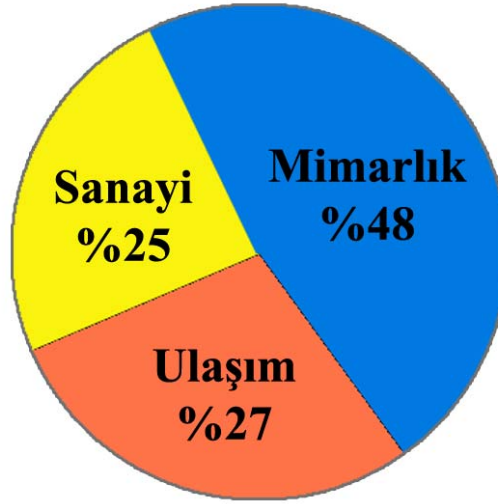


Şekil 3.10 : International fashion machines (Vallgarda, 2007).

3.4.1.2 Çevreye karşı duyarlı olma

Mimarlığın rolü ve bizim onunla ilişkimizin en iyi tanımını kırk yıl önce Charles Eastman “Modern tasarımın etiği insan etkinliklerini kısıtlama olmaksızın olduğu gibi alacaktır ve ona en iyi destek verecek çevreyi üretecektir” diyerek yapmıştır (Eastman, 1972). Bugün çevresel kaygılar tasarım için çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu yüzden, artık odaklandığımız nokta değişmiştir. Günümüzde mimarlığın rolünün, bir yandan binanın yaşamı süresince en az oranda kaynak kullanmasını sağlarken diğer yandan insanoğlunun uğraşlarına destek vermesi olduğu kesin bir dille tanımlanabilir. Bu rol, yapım ve yaşam süreçlerinin tamamında kullanılan kaynakların en aza indirgenmesini içerir. Tepkimeli mimarlık bu hedefe ulaşmak amacıyla hem kullanıcı etkinlikleri hem çevresel değişiklikler için en uygun biçimsel sonucu bulur. Bu özellikler aynı zamanda binanın kütlesini ve gömülü enerji harcamalarını azaltacaktır (Sterk, 2009).

Örneğin, eğer bir mekan bir kış gecesinde ısıtılmak isteniyorsa, tavanın yüksekliği azaltılarak mekanda konfor düzeyini sağlayabilecek ısınma için gereken enerji en aza indirilebilmektedir. Öte yandan, güneşli bir kış sabahında doğrudan güneşin içeri alınması ve mekanın ısıtılması için tavan uygun şekilde yükseltilebilmekte ve güneşin hareketini izlemesi sağlanabilmektedir. Eğer mekanın havalandırılması gerekiyorsa aynı binanın kabuğu binada yüksek ve alçak basınç oluşturacak bölgeler oluşturmak amacıyla şekil değiştirebilmektedir. Bu basınç bölgeleri açıklıklarla daha yüksek seviyede havalandırma sağlaması amacıyla kullanılabilir veya eğer rüzgar çok güçlü ise bina bu rüzgarın etkisiyle oluşacak tehlikeli hareketli yükleri en aza indirmek için aerodinamik profilini değiştirebilmektedir. Burada kullanıcının konforu, binanın kabuğu ve doğal çevre arasındaki ilişki daha açık hale gelmektedir. Binanın kabuğu bizim gereksinimlerimiz ile doğal çevre arasında arabuluculuk yapmaktadır. Tepkimeli bina kabukları, doğal çevrenin bir takım niteliklerini mekanları uygun hale getirmek için etkin olarak kullanabilmesi sayesinde geleneksel bina kabuklarına göre daha üstün durumdadır. Tepkimeli bina kabukları, aynı zamanda, geleneksel binalarda yapılamayacak şekilde yükleri aktarma yollarını kullanabilir. Bu kabuklar gereksiz veya tehlikeli yüklerin aza indirebilir ve mekanların, kullanıcı gereksinimlerini karşılayan iklimlendirme veya diğer sistemlerle işbirliği içinde olmasını sağlayabilir.



Şekil 3.11 : ABD’deki enerji tüketimi grafiği (Mazria, 2003).

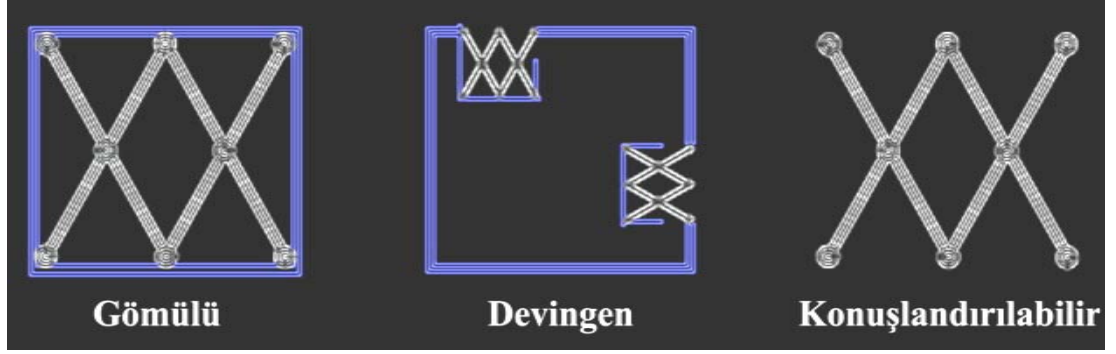
Mazria’nın “Solar Today” dergisindeki bir makalesinde dediği gibi, konutları, ticari sektörü ve sanayi sektörünün bir kısmını mimarlık sektörü adı altında toplarsak, enerji tüketimi açısından mimarlığın çok hassas bir konumda olduğunu görmekteyiz. Mazria ABD’deki enerji tüketimini bu yolla ele aldığında Şekil 3.11’teki grafiğe ulaşmıştır: tüketimin %48’i mimarlık sektörüne aittir. Bu tüketimin miktarı mimarın tasarımına, seçtiği malzemelere ve enerji kaynağı seçimlerine bağlı olduğuna dikkati çekmektedir (Mazria, 2003).

Sürdürülebilir bir ürün olarak düşünülen Tepkimeli yapının ömrünün belirlenmesi, yenilenme/onarım yöntemlerinin tasarlanması, geri dönüşümünün nasıl olabileceğinin düşünülmesi ve yapının harcadığı ve/veya kazandırdığı enerjinin hesaplanması konuları çevreye duyarlılık bağlamında oldukça önemlidir.

3.4.2 Hareketli sistem

Tepkimeli Mimarlık ürünlerinin farklı işlevlere, kullanıcı isteklere veya fiziksel çevre koşullarına uygun olarak form değiştirebilmesi için hareketli mekanizmalara sahip olması gerekmektedir. Bu mekanizmalar yapısal sistem ve kullanılan malzemeler ile işbirliği içinde olmalıdır. Bu nedenle bilgi ağına sahip olmayan bir hareketli sistem düşünülemez. Akıllı hareketli mimari sistemler, mekatronik düşüncenin örnekleridir. Hareketli sistemler üzerine çalışmalar yapan Fox’un yürütücülüğündeki MIT’deki laboratuvarı KDG’nin projeleri, bu konuda yapılmış en iyi örneklerdendir. Fox mimarlıkta hareketin üç şekilde olduğunu söylemektedir:

gömülü hareket, devingen hareket ve konuşlandırılabilir hareket (bkz. Şekil 3.12). Bu mekanizmaların farklı gereksinimlere göre uyarlanabilme yeteneklerini dikkate alarak düzeylerini şu şekilde sıralamaktadır: tek işlevli, işlevde çoklu değişebilen, özdevinimli kontrol ile işlevde çoklu değişebilen ve deneyimsel kontrolle çoklu değişebilen.

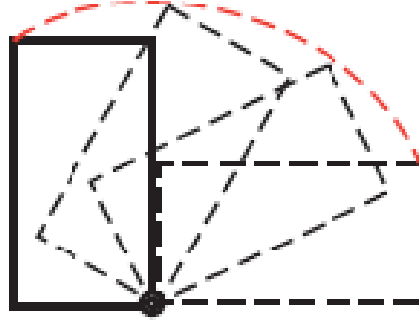


Şekil 3.12 : Mimarlıkta hareketin türleri (Fox, 2009a).

Mimarlıktaki hareketlerin kontrolünün türlerini ise şöyle açıklamaktadır (Fox ve Yeh, 2009):

- 1) İç kontrol: Kendi içsel kayma ve dönme gibi kısıtlamalarına bağlı olarak iç kontrolü içeren kontrol sistemidir. Konuşlandırılabilir ve taşınabilir mekanizmalarda kullanılabilmektedir. Böyle mekanizmalarda hiçbir doğrudan kontrol bulunmamaktadır (bkz. Şekil 3.13)
- 2) Doğrudan Kontrol: Bir elektrik motoru, insan enerjisi veya çevresel koşullara karşı biyomekanik değişiklik gibi herhangi bir enerji kaynağı ile hareketin doğrudan uyarıldığı kontrol türüdür.
- 3) Dolaylı Kontrol: Hareket, bir algılayıcı geri besleme sistemi ile dolaylı olarak kontrol edilmektedir.
- 4) Tepkimeli Dolaylı Kontrol: Bu kontrol sistemi dolaylı kontrole benzer, ama kontrol aygıtı burada çok sayıdaki algılayıcıdan verileri alır ve en uygun kararı vererek enerji kaynağını hareketi başlatması yönünde uyarır.
- 5) ‘Ubiquitous’ Tepkimeli Dolaylı Kontrol: Ağlandırılmış bir bütün içindeki bir arada çalışan çok sayıda özdevinimli algılayıcı/motor (işletici) ile hareket kontrol edilmektedir. Kontrol sistemi çok kesin ve kendinden uyarlanabilir özellikteki bir ‘geri besleme’ kontrol algoritmasını gerektirmektedir.

- 6) Deneyimsel, Tepkimeli Dolaylı Kontrol: Bu kontrol sistemi ya tekil tepkimeli ya da ‘ubiquitous’ tepkimeli kendini ayarlama hareketini kullanmaktadır. Bu sistemler deneyimsel veya öğrenme kapasitesini kontrol mekanizması ile birleştirmektedir ve başarılı deneyimsel uyarlanma yoluyla sistemi ortama değiştirerek optimize etmek yoluyla öğrenmektedir.



Şekil 3.13 : İç kontrol örneği (Fox ve Yeh, 2009).

KDG'nin projelerinde de gözlemlenebileceği gibi, akıllı hareketli mimari sistemler çoğunlukla, enerjinin en az kullanımını amaçlayan, bu amaçla doğal iklimlendirme ve doğal aydınlatma sistemlerini etkin şekilde kullanan mimari yapılar için geliştirilen sistemlerdir. Bu amaçla kullanılan sistemler, belirli koşullarda (örneğin rüzgarın çok hızlı olması, havanın karanlık olması veya dış hava sıcaklığının çok düşük olması gibi durumlar) yapay iklimlendirme ve yapay aydınlatma ile desteklenmektedir. Öte yandan mekansal örgütlenmenin değiştirilmesinde veya akustik gereksinimlerin karşılanmasında akıllı hareketli sistemlerin kullanıldığı örnekler sıklıkla rastlanmaktadır. Tepkimeli Mimarlık uygulamalarında şu sistemler sıklıkla kullanılmaktadır: Akıllı aydınlatma sistemleri, bütünleşik iklimlendirme sistemleri, akıllı enerji üretme sistemleri, vb.

3.4.3 Bilgi sistemi

Tepkimeli Mimarlık ürününün fiziksel çevresiyle, kullanıcılarıyla veya kentle iletişim halinde olmasını sağlayan, çevresel verileri depolamasını ve fiziksel koşulları gereksinimlere uygun olarak dönüştürebilmesini sağlayan sistem bilgi sistemidir. Tepkimeli Mimarlıkta bilgi sistemi algılayıcılar, denetleyiciler ve işleticilerden oluşmaktadır.

Haque, Mimarlığın geleneksel anlamda bir ‘hardware’ olarak düşünölebileceğini, çünkü sabit duvarlardan, çatılardan ve döşemelerden oluşmakta olduğunu söylemektedir. Bir başka açıdan da mimarlığın bir ‘software’ de olduğunu anlaşılabildiğini, çünkü devingen ve geçici seslere, kokulara, sıcaklıklara ve hatta radyo dalgalarına sahip olduğunu, diğör bir açıdan ise sosyal altyapıların tasarlanmış çevrenin temelini oluşturduğunu eklemektedir. Haque bunu daha ileri da ileri götürmektedir: “Mimarlık içindeki insanların mekansal etkileşimlerine göre kendi programlarını yarattıkları ‘çalışan bir sistem’dir.” Haque mimari tasarımın ‘hardspace’den çok ‘softspace’i vurguladığını belirtmektedir. Bunun nedeninin bilgisayarlardaki gibi ‘hardware’in fiziksel makine olması ve ‘software’in bu makineyi canlandıran program olması olduğunu söylemektedir. Mimari bağlamda teknolojinin insanların birbirleriyle ve çevreleriyle etkileşimlerini arttırmak için kullanıldığını ilave etmektedir. Bu nedenle Haque mimarlık için yeni bir işletim sistemi önermektedir: açık kaynaklı sistem (open source system) (Haque, 2004). Haque’nin görüşü, bir noktada Tepkimeli Mimarlığın ortaya çıkış nedenleriyle çakışmaktadır. Bu nokta, değışen gereksinimlere, değışen kullanıcı profillerine ve değışen çevresel koşullara göre uyarlanabilen bir mimarlığa gereksinim duyuluyor olması düşüncesidir. Bu gereksinimleri karşılayan bir binanın, bir organizmadaki sinir sisteminin görevini yapacak bir bilgi sistemine sahip olması gerekmektedir. Günümüz teknolojileri ile bina içinde gömölü bilgi sistemleri kullanılmaktadır. Nelson gömölü sistemin dört şekilde tariflenebileceğini belirtmektedir (Nelson, 2009):

- o Belli bir işlevi yerine getirmek için bir bilgisayarı kullanan elektronik cihaz,
- o Büyük bir sistemin bileşeni olan bir bilgisayar,
- o Bir çip üzerindeki bir bilgisayar,
- o Kullanıcı programlamasına açık olmayan, uygulama yönelimli sistem.

Tepkimeli Mimarlık ürünüde bilgi sisteminin sahip olması gereken en önemli özellik ‘akıllı’, hatta daha ilerisi ‘zeki’ olmasıdır. Günümüze kadar gerçekleştirilmiş örneklerin büyük çoğunluğu ‘akıllı’ olarak nitelendirilmektedir. “Akıllı” sözcüğü binalar için ilk kez ABD’de 1980’lerin başlarında kullanılmaya başlanmıştır. “Akıllı bina” kavramı, gelişen bilgi teknolojileri sayesinde ve artan konforlu yaşam talebi ile fiziksel çevrenin kontrolüne duyulan gereksinimin artmasıyla tetiklenmiştir. Akıllı bina araştırmaları kapsamlıca yürütölmüş ve araştırma sonuçları birçok akademik

dergide yayınlanmıştır. Araştırmaların birçoğu akıllı bina teknolojileri geliştirme konusunda ve verimlilik değerlendirme yöntemleri üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, çok az sayıda yazın akıllı binaların yatırım değerlendirme teknikleri ile ilgilidir. Ayrıca yatırım kararlarını verme aşamasında ve kavramsal mimari tasarımı geliştirme sırasında, yapının akıllı bir bina olarak geliştirilmesi konusunda yapılan bilgilendirme ve destek çalışmaları yetersiz kalmaktadır. Giderek artan akıllı bina yatırımları ve akıllı binaların sağladığı karlılık nedeniyle büyüyen talep, bu yatırımların henüz kavramsal tasarım aşamasında değerlendirilmesine yardımcı olabilecek yöntem ve tekniklerin geliştirilmesi için yapılan yatırımları gerektirmiştir (Wong, 2005). Günümüzde akıllı bina teknolojileri hızla gelişmektedir ancak hala mimari yapının tümüyle bir organizma gibi düşünüldüğü Tepkimeli Mimarlık ürünleri haline gelmesi yaygınlaşamamıştır. Oysaki akıllılık teknolojileri Tepkimeli Mimarlık yapısı içinde gerçekten anlam kazanmakta, işlevsellikleri artmakta ve fiziksel çevre ve öznel isteklere uyaranabilirlik düzeyi yükselmektedir.

Bir bina, yinelemeli olarak diğer etmenlerden oluşan akıllı bir etmen olarak kabul edilebilir. Yani, akıllı binalar, kavramsal düzeyde diğer insanlar, hayvanlar ve robotlar gibi akıllı etmenlere benzetilebilir (Weiss, 1999). Bu benzerlik, geniş kapsamdaki otonom etmenler araştırmalarını bina konusunda da kullanabilmemizi sağlar. Ancak akıllı binalar, kendi çevrelerinde hareket eden hareketli etmenlerden farklı olarak kendi içinde hareketli etmenleri (insanlar, robotlar, vb.) barındırdığı için yeni çözümleri gerektiren özel ihtiyaçlara sahiptir (Rutishauser, 2004).

Bir organizmadaki sinir sistemine benzetilen bilgi sistemi, organizmadaki gibi algılayıcılara, denetleyicilere ve işleticilere sahip olmalıdır ve bilgi ağının/ağlarının kendi içinde/birbirleriyle iletişim halinde olması gerekmektedir. Bilgi ağının en gelişmiş düzeyini oluşturacak yapay zekanın Tepkimeli Mimarlık ürününe sağlayacakları ve kullanıcılara ait tüm bilgileri kayıt altına alan ve dış tehditlere maruz kalabilecek bu bilgi sisteminin güvenliği konularına yazının devamında değinilmektedir.

3.4.3.1 Algılayıcılar ve işleticiler

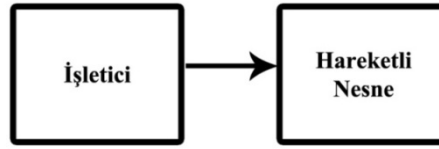
Fox'un mimarlıkta hakeretin kontrolünü seviyelerine ve kullanılan sistemlere göre beşe ayırmaktadır. Fox'un için belirlediği türler üzerinden algılayıcı, denetleyici ve işleticilerin nasıl bir sistem oluşturduğu oldukça net olarak anlaşılmaktadır. KDG'nin

Fox'un belirlediği türler için ürettiği grafikler, kontrol türlerine göre algılayıcılarının ve işleticilerin hareketin kontrolü sürecinde hangi konumda olduklarını açıkça göstermektedir (bkz. Bölüm 3.4.2).

Fox'un sınıflandırdığı 'hareketi kontrol etme' türleri şu başlıklar altında tanımlanmaktadır:

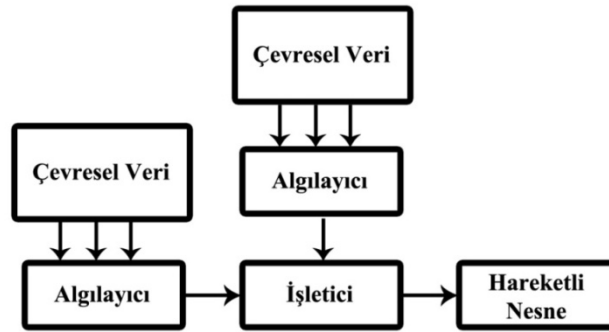
- a) Doğrudan kontrol,
- b) Dolaylı kontrol,
- c) Tepkimeli dolaylı kontrol,
- d) 'Ubiquitous' tepkimeli dolaylı kontrol,
- e) Deneyimsel tepkimeli dolaylı kontroldür.

a) Doğrudan Kontrol: Sadece işletici aracılığıyla hareket tetiklenmektedir. Bu sistem sıradan elektrik düğmelerine basarak aydınlatmanın açılması ile örneklenebilir (bkz. Şekil 3.14).



Şekil 3.14 : Mimarlıkta hareketin doğrudan kontrolü (Fox ve Yeh, 2009).

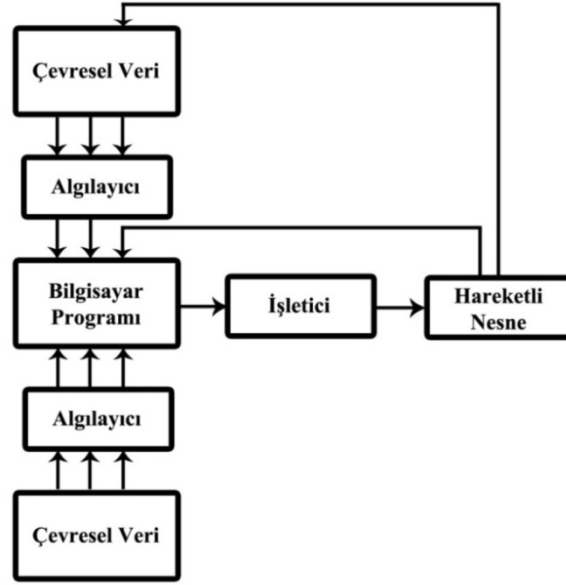
b) Dolaylı Kontrol: Algılayıcılar çevresel verileri toplanmaktadır. Toplanan veri işleticiye gönderilmektedir. İşletici ise hareketi tetiklemektedir. Buna fotoselli aydınlatmalar örnek verilebilir (bkz. Şekil 3.15).



Şekil 3.15 : Mimarlıkta hareketin dolaylı kontrolü (Fox ve Yeh, 2009).

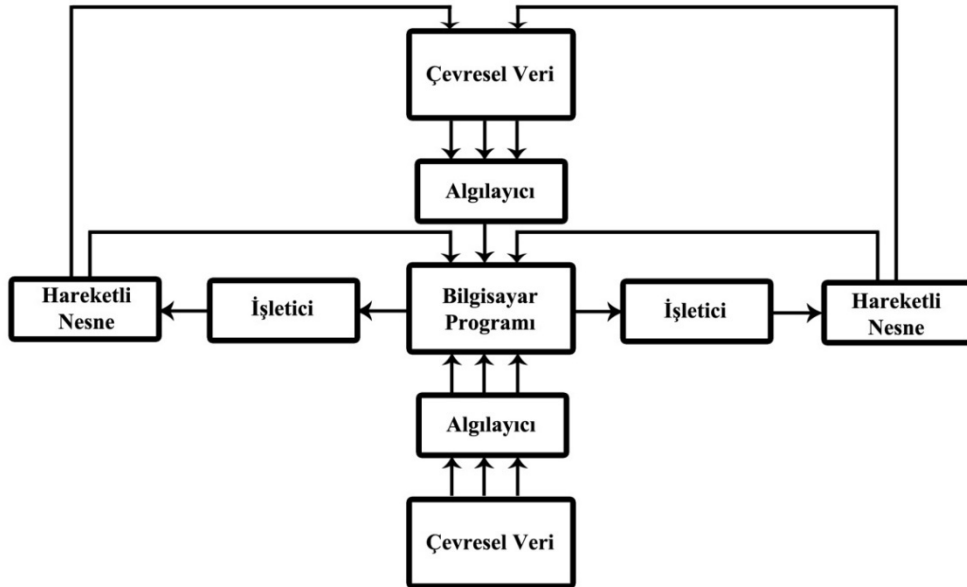
c) Tepkimeli Dolaylı Kontrol: Çevresel veriler algılayıcılar tarafından toplanmakta ve bir bilgisayar programına iletilmektedir. Bu bilgisayar programı verileri değerlendirerek işleticiyi uygun şekilde tetiklemekte ve istenen hareket

sağlanmaktadır. Bu hareket bir yandan çevresel verileri etkilerken diğer yandan ilgili verileri bilgisayar programına iletmektedir (bkz. Şekil 3.16).



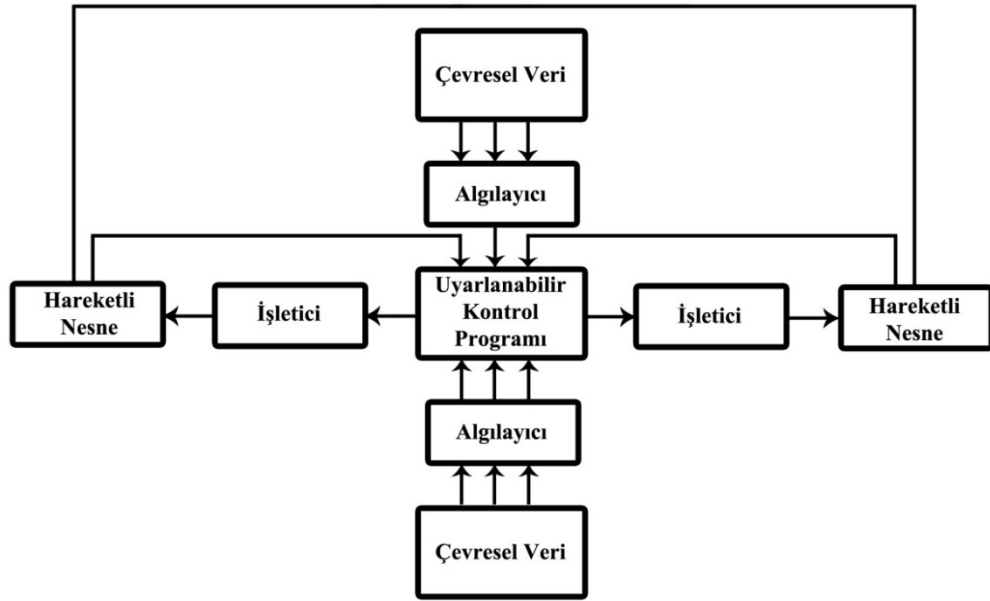
Şekil 3.16 : Mimarlıkta hareketin tepkimeli dolaylı kontrolü (Fox ve Yeh, 2009).

d) ‘Ubiquitous’ Tepkimeli Dolaylı Kontrol: Çevresel veriler algılayıcılar tarafından toplanmakta ve bir bilgisayar programına iletilmektedir. Bu bilgisayar programı verileri değerlendirerek işleticileri uygun şekilde tetiklemekte ve istenen hareketleri sağlanmaktadır. Bu hareketler bir yandan çevresel verileri etkilerken diğer yandan ilgili verileri bilgisayar programına iletmektedir (bkz. Şekil 3.17).



Şekil 3.17 : Mimarlıkta hareketin ‘ubiquitous’ tepkimeli dolaylı kontrolü (Fox ve Yeh, 2009).

e) Deneyimsel, Tepkimeli Dolaylı Kontrol: Çevresel veriler algılayıcılar tarafından toplanmakta ve uyarlanabilirliği sağlayan bir kontrol programına iletilmektedir. Bu kontrol programı verileri değerlendirerek işleticileri uygun şekilde tetiklemekte ve istenen hareketleri sağlanmaktadır. Bu hareketler bir yandan birbirlerini etkilerken diğer yandan ilgili verileri uyarlanabilir kontrol programına iletmektedir (bkz. Şekil 3.18).

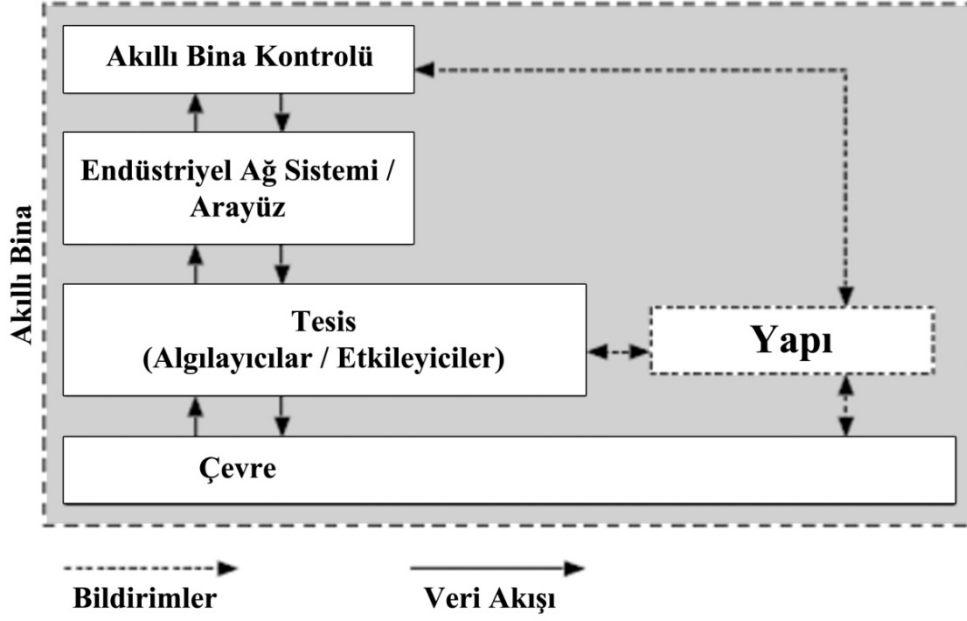


Şekil 3.18 : Mimarlıkta hareketin deneyimsel tepkimeli dolaylı kontrolü (Fox ve Yeh, 2009).

Fox'un belirlediği bu 'hareket kontrolü' türlerinde hareketli nesnenin kendi verilerini bilgisayar programına ilettiği sistemlerde bilgisayar programı verileri derlemekte ve sonrasında kullanabilmektedir. Son 'hareket kontrolü' türünün, yani 'Deneyimsel, Tepkimeli Dolaylı Kontrol'ün, Tepkimeli Mimarlık yapısı için en uygun sistem olduğu açıktır. Bu sistemde hareketli nesnelerin verileri uyarlanabilir kontrol programına iletilmektedir. Uyarlanabilir kontrol programı fiziksel çevre şartlarına göre uyarlanabilir nitelikteki akıllı mimari yapılar yapılarında kullanılması en uygun olan 'hareket kontrol sistemi'dir.

Çok etmenli akıllı bina kontrolü'nün çalışma şekli Rutishauser'in şemasından oldukça net anlaşılmaktadır (bkz. Şekil 3.19). Çok etmenli akıllı bina kontrolü bina çevresini ortak endüstriyel ağ sistemine bağlı algılayıcılar ve etkileyiciler yardımıyla algılamakta ve kontrol etmektedir. Çok etmenli akıllı bina kontrolü kullanıcılarının

çevresel gereksinimlerini kontrol etmeyi öğrenmektedir. Binanın örgütsel yapısı belirlenebilmekte veya öğrenilebilmektedir (Rutishauser, 2004).



Şekil 3.19 : Akıllı binada bilgi akışı diyagramı (Rutishauser, 2004).

3.4.3.2 Bilgi ağları ve iletişimi

Tepkimeli Mimarlık ürünündeki bilgi ağının yapısı ve ağın iç iletişimi Tepkimeli yapının performansını belirleyecek önemli bir sistemdir. Bu nedenle farklı yaklaşımlarla bu sistemlerin performansını yükseltmeyi amaçlayan çalışmalar yapılmaktadır. Fox, Flock Wall isimli dersinin programında, mimarlıkta akıllı ve ağ bağlantılı sistemlerin kullanımları ile ilgili güncel durumu şu şekilde gözlemlemektedir (Fox, 2009f):

“Günümüzde akıllı ve ağ bağlantılı mimari araç gereçle donatılmış olsak da, mimari açıdan bu araç gereçlerin nasıl ve ne zaman kullanıldıkları ve nasıl bir arada çalıştıkları ele alınmamaktadır. Etkileşimli mimarlık genel anlamda, insan-çevre etkileşiminin bağlamsal çerçevede uyum sağlayabilir hale getiren gömülü hesaplama (akıl) ve fiziksel karşılığının (kinetik) birleştirilmesi ile kurulur. Bu iki alanın birleşimi, bir çevrenin kendini yeniden düzenleme kabiliyetini ve fiziksel değişimlere karşı yanıt/tepki vermesini, uyum sağlamasını ve etkileşimli olmasını sağlar. İçsel algılama (inherent sensing), işleme ve çıktı (output) artık bilgisayardan dışarı çıkıp gündelik hayatımızdaki nesnelerin içine girmeye başlamıştır. Tekil aygıtlar, belirli görev yönelimli olsalar bile dikkate değer biçimde birbirleri ile iletişim kabiliyetine

sahiptirler. Merkezi kontrolün olmadığı, sistemin daha çok yanal ilişkiler üzerine dayandığı sürece daha az komutlara dayandığı ağ bağlantılı tekil aygıttaki gibi sistemler için merkezsizleşme çok güçlü bir kontrol taktiği olacaktır. Bu dağıtımli kontrolün güzelliği, büyük bir sisteme uygulandığında beliren davranış (emergent behavior) potansiyeline sahip olmasıdır. Bir beliren davranışı, bir grup basit sistemin kolektif olarak daha karmaşık davranışları şekillendiren bir çevre içinde bulunması ile oluşur. Verilen yanıtların kuralları ve sistemleri birbirleri ile iletişimleri çok basit olabilir, ancak birleşimleri tahmin edilmesi zor, toplu tepki haline gelen etkileşimleri ortaya çıkarır.”

Lee ve ekibi, akıllı bir mimarlık ürünü için gereken koşulları sağlamak amacıyla dağıtımli akıllı ağ bağlantılı aygıtları (DAAA) önermektedirler. DAAA akıllı mekan için yeni mimarlığa ait akıllı bir algılayıcıdır. Bir DAAA üç temel bileşenden oluşmaktadır: algılayıcı, işletici ve iletişim bölümü. DAAA'nın amacı insan ve robotları içeren devingen ortamı algılayıcıları ile izlemek, işleticileri ile verileri almak ve kararları vermek ve diğer DAAA'larla ve ağlar yoluyla etmenlerle iletişime geçmektir (Lee, 2004).

3.4.3.3 Yapay zeka'nın tepkimeli mimarlık ürününe katkıları

Negroponte, Tepkimeli Mimarlıkta yeterli performansı sağlayabilmek için yapay zeka ile mimari çevrenin bütünleşmesinin çok önemli olduğuna inanmaktadır (Bir olay bağlamında ve tepkiye uygunluk anlamında 'ne kadar zeka gerektiğinin' farkında olunması gerektiğini belirtmektedir.) (Sterk, 2003a). Yapay zeka kavramı bazı kaynaklarda şöyle açıklanmaktadır: insan düşüncesinin niteliklerini taklit eden bilgisayar. Basit bir hesap makinesinin yapay zekası yoktur. Ancak yaptığı hatalardan bir şeyler çıkarabilen veya akıl yürütme gücünü gösteren bir makine yapay zekaya sahip demektir. Bu iki uç örnek arasında kesin bir ayrım çizgisi yoktur. Günümüzde bilgisayarlar giderek güçlenmektedir. Buna paralel olarak yapay zekanın standartları da yükselmektedir (Gibilisco, 1994). Yapay zekanın en çok kullanıldığı alan robotbilimdir; çünkü yapay zekaya sahip olmayan bir robot sadece belirli sınırlardaki hareketleri / etkinlikleri olacaktır ama bir şey öğrenemeyecek ve kendini ilerletemeyecektir. Tepkimeli Mimarlık ürününün tasarımı da robot tasarımıdaki sorunlar mevcuttur. Hareketli, uyarlanabilir ve çevresiyle etkileşim halindeki bir sistemin gelişmeye açık bir sistem olması büyük bir gereksinimdir. Tepkimeli

Mimarlık Ürününün evrimleşmesi için gereken sistem yapay zekaya sahip olan bir bilgi ağıdır. Bölüm 3.3’de belirtildiği gibi evrim değişimin yolunu aramakta; dönüşüm, farklılık ve belirli dönüşümlerin sürekliliğini, galibiyetini göstermekte ve işaret etmektedir (Burns, 2007). Tepkimeli Mimarlık bağlamında yapay zeka, aynı evrim gibi iki şekilde kullanılabilir:

- 1) Tasarım sürecinde: Sistemin sabitlerine karar verirken farklı seçenekler üretip akıl yürütme yoluyla zayıf seçenekleri iptal edip en güçlü olan sonuçlara varmak,
- 2) Kullanım sürecinde: Yapının değişen fiziksel çevre şartlarına, değişen kullanıcı profillerine, işlev değişikliklerine ve değişen taleplere göre uyarlanmasına olanak tanıyacak bir sistem olmasını sağlamak.

3.4.3.4 Sistemin güvenliği

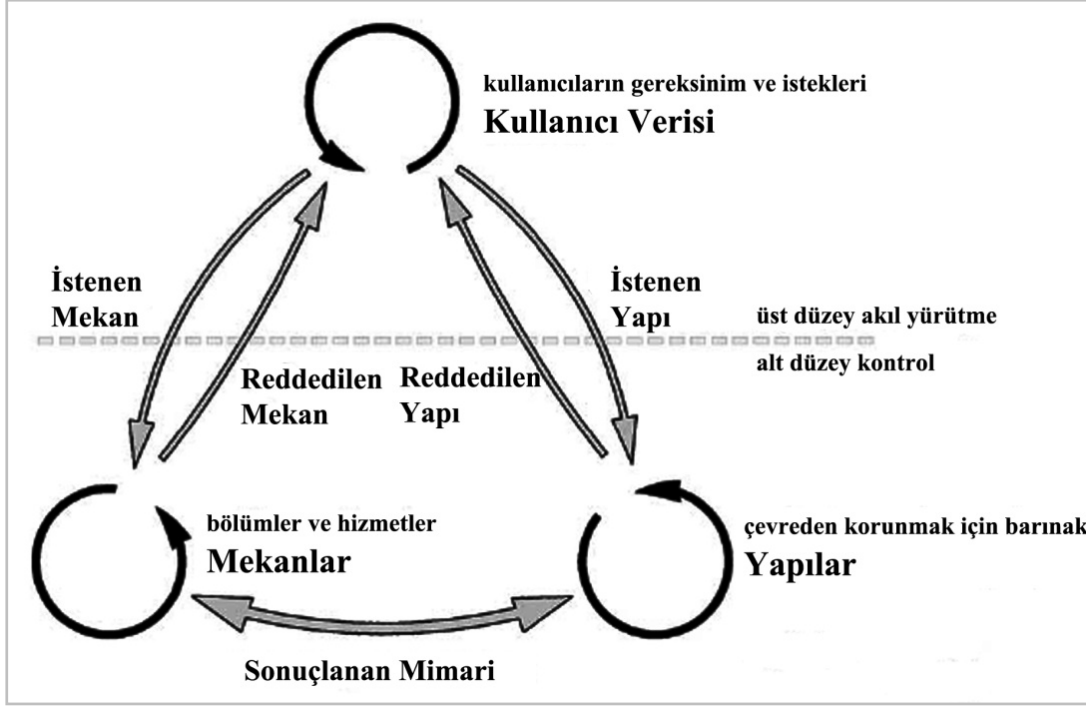
Teknolojinin vaat ettiği büyük yararların yanında kendiliğinden ve fark edilmeden bireyler ve toplum için belirgin yeni tehlikeleri gündeme getirmektedir. En önemli konu da özel/kişisel bilgilerin (mahremiyet) korunması konusudur (Callaghan, 2009). Sterk, Tepkimeli Mimarlık ürünüde barınan bireylerin özel bilgilerini koruma yöntemlerinin, ölçeklenebilirlik, sağlamlık, estetiklik ve basitlik kadar önemli olduğunu belirtmektedir (Sterk, 2009). Tepkimeli Mimarlık geleneksel mimarlıktan farklı olarak ‘beyin ve sinir sistemi’e, yani bir bilgi ağına sahiptir. Bu nedenle Tepkimeli yapı hem fiziksel çevresi ile ilgili verileri, hem içinde yaşayanlar ile ilgili verileri sürekli depolamakta ve bunları kendini geliştirmek ve durumlara göre uyarlanmayı öğrenmek için kullanmaktadır. Bir bilgisayar gibi düşünebileceğimiz bu sistem iyi korunmadığı durumda dış tehditlere açık hale gelebilmektedir. Sisteminin güvenliğinin delinmesi aynı bilgisayarlardaki gibi yollarda olabilecektir: virüsler, trojenler, spamlar, bilgisayar korsanları vb. Tepkimeli Mimarlık ürünüde bilgi sisteminin güvenliğinin sağlanmasını gerektiren tehditler şöyle sıralanabilir:

- 1) Özel / kişisel bilgilerin gizliliğinin bozulması,
- 2) Bilgi sisteminin bozulması,
- 3) Bilgi sisteminin, ‘Tepkimeli yapının kendi çevresine zarar verecek’ şekilde programlanması.

4. GÜNCEL ÖRNEKLER ÜZERİNDEN TEPKİMELİ MİMARLIĞIN DURUMU ÜZERİNE SAPTAMALAR

Birçok araştırmacı tarafından belirtildiği gibi, Tepkimeli Mimarlık ürünü ve tanımladığı çevre, daha işlevsel, daha konforlu, daha çevreci ve ekonomik olacaktır. Yakın zamanda, gelişen teknolojiler sayesinde böyle bir mimarlığın başarılı bir şekilde hayata geçirilebileceği görülmektedir. Halen, böyle bir mimarlığın üretimi için gereken bilginin tamamına sahip olmamakla beraber tepkimeli-etkileşimli-uyarlanabilir mimarlık üretimi için literatürde birçok kavramsal öneriyle karşılaşmaktayız. Günümüzde, Tepkimeli Mimarlık üretmeyi hedefleyen mimarlık ekiplerince veya tasarımcılarca hazırlanmış ve/veya uygulanmış birçok proje bulunmaktadır. Sterk, deCOi Mimarlık'ın projelerinin, tepkimeli mimarlık çalışmalarının en güncel ve en ilham verici uygulamaları olduğunu söylemektedir. NOX ve Diller & Scofidio'nun ise, Tepkimeli Mimarlık ürünü olarak kabul edilebilecek diğer örneklerin önemli bir kısmını yapmış ekipler olduğunu belirtmektedir. Sterk, bu çalışmaların her birinin kendi kulvarında etkileyici örnekler olduğunu söylemekte, ancak her birinin eksik yönlerinin bulunduğunu eklemektedir. Sterk, Negroponte'nin Tepkimeli Mimarlığın ayırt edici özelliklerini tanımlamakta olduğunu belirtmekte ancak inşa etmeye uygun bir model önermediğine dikkati çekmektedir. Öte yandan, deCOi mimarlarının çalışmalarının gerçek dünyadaki hava koşulları ve taşıyıcı yükler fiziksel etkenlere karşı teknik gereksinimleri göz önüne alan bir bina kabuğu tasarlamadıklarını ifade etmektedir. Sterk, Negroponte, Diller & Scofidio ve NOX'un belirli dört örneğini inceleyip, beşinci bir örneğin - Fuller'in tensegrity strüktür modeli - nasıl uygulanabileceğini üzerine tartışmaktadır. Bir tensegrity sistemli yapıya uyarma özelliği ekleyerek, hava koşulları ve strüktürel yükleme koşulları ile gerçek dünyaya uygun bir tepkimeli mimari kabuk önermektedir (Sterk, 2003b). Sterk'ün hibrit kontrol modeli hedeflenen Tepkimeli Mimarlık ürünü yansıtmaktadır (bkz. Şekil 4.1). Buna göre kullanıcı istekleri yapı ve mekanlara ulaşmakta ve burada değerlendirilip onaylanmakta veya geri

çevrilmiştir. Sonuçlanan mimari form, kullanıcı isteklerini binanın çevresel koşullarına ve mekansal kısıtlara uygun olarak şekillenmiş halidir.



Şekil 4.1 : Sterk'ün hibrit modeli (Sterk, 2003b).

Tez kapsamında seçilen örnekler, Tepkimeli Mimarlık ürünü için hedeflenen 'bir organizma gibi yaşama ve gelişme özelliğine tümüyle sahip olmasa da, yeterli bir Tepkimeli Mimarlık ürününe ulaşmanın yolunda atılan adımlar bağlamında incelenmektedir.

4.1 Güncel Örnekler

Seçilen örnekler iki başlık altında toplanmaktadır: Kısmen Tepkimeli Mekan Örnekleri ve Tepkimeli Mimarlık Ürünü Örnekleri.

Bu başlıklar altındaki örnekler, bir sonraki bölümde Tepkimeli Mimarlığın durumu üzerine yapılacak saptamalar için belirli bir çerçeve içinde ve eşdeğer ölçüde incelenmekte ve tanıtılmaktadır. Bu amaçla, her bir örnekte hangi etkenlere karşı, nasıl yanıtlar verildiği, bahsedilen teknolojilerden hangilerini kullandığı ve projenin uygulanıp uygulanmadığı soruların yanıtları aranmaktadır. 4.2 bölümde bu alınan yanıtlar üzerinden değerlendirmelerde ve saptamalarda bulunmaktadır.

4.1.1 Tepkimeli mekan yerleştirmeleri rnekleri

Yerleştirme projelerinin seçimleri, Tepkimeli teknolojileri etkili bir biçimde kullanan ve birbirinden farklı işlevlere veya hedeflerde sahip olmaları ölçütüne dayanarak yapılmıştır. Seçilen yerleştirmeler, “Blur”, “Morphosis”, “Crowbar Coffee”, “Enactive Walkway”, “Audio Grove”, “Living Glass”, “ River Glow”, “Muscle Tower-2”, “Aegis Hyposurface” ve “Flux Binary Waves” projeleridir. Projeler birer birer hangi çevresel etkenlere karşı ne tür tepkiler verdiklerine bakılarak değerlendirilmiştir.

4.1.1.1 “Blur building” projesi



şekil 4.2 : Blur building buhar testi aşamasında (Diller+Scofidio, 2002).

Blur binası “Diller & Scofidio” mimari proje ekibi tarafından tasarlanmış, Swiss Expo 2002’de sergilenen bir medya pavyonudur (bkz. şekil 4.2). Yapının çevresindeki bulutu sürekli kılmak amacıyla nem ve sıcaklık ölçen algılayıcılar ile ortamın nem / sıcaklık koşullarını izlemekte, su fişkırtıcılar ve ısıtıcılarla bulutumsu hacmi dengeye getirmektedir. Kullanıcıların kişisel niteliklerini anlamak için küçük bir form doldurulmaktadır. Kullanıcıların formda verdiği bilgiler bilgi sisteminde kayıtlıdır ve kullanıcının üzerine takılan algılayıcılarda benzer niteliklere sahip başka bir kullanıcıya yaklaşıldığında ışık yakarak durumu haber vermektedir. Yani bilgi

ağının bir kısmı, yapının bulutsu hacminin sürekliliğini sağlamak için ortamın koşullarını düzenlemeyi amaçlarken, bir kısmı kullanıcılar arasındaki iletişimi sağlamaktadır (Diller+Scofidio, 2002). Kullanıcıların birbirleriyle ve çevreleriyle etkileşime geçebilmesine yönelik farklı bir yaklaşıma sahip bir projedir (bkz. Çizelge 4.1). Yerleştirme niteliğindeki bir yapıdır ve Tepkimeli Mimarlık için ilham verici bir örnektir.

Çizelge 4.1 : Blur building’in etkenleri ve yanıtları.

Etkenler	Nem - sıcaklık değerleri, kullanıcı hareketleri ve kullanıcıları kişisel bilgileri
Yanıtlar	Bulutumsu hacmin sıcaklık / nem dengesi ve kullanıcıların iletişimi

4.1.1.2 “Morphosis” projesi



Şekil 4.3 : Morphosis projesinde etkileşimli duvar (Diniz, 2008).

Diniz ve ekibi, bazı dış etkenlere karşı evrimleşen ve değişen bir organizmayı model olarak hazırladıkları Morphosis prototipinde tepkimeli bir mimari malzeme üretmeyi hedefleyerek dönüşebilir formda mimari yüzeyler geliştirmişlerdir (bkz. Şekil 4.3). Bir malzemenin öğrenme yeteneğinin bina ile kullanıcıları arasındaki iletişimi geliştirmek amacıyla nasıl kullanılabileceğini görmek için gerçek bir model üretilmiştir. Bu deneysel çalışmada organizmadaki gibi modelin de bir ‘genotipi’ ve ‘fenotipi’ vardır. Fenotipi, yüzeyin formunu, ses yanıtlarını, işletici ve LED’lerin davranışlarını içermektedir. Modelde dört tip veri kaynağı vardır: kamera, titreşim algılayıcısı, uzaklık algılayıcısı ve ışık algılayıcısı. Bunlar duvara gömülü aygıtlardır. Yüksek sesle çalan müzik, birinin yürüyüp geçmesi, ışık seviyesinin aniden

değişmesi veya birinin duvara yaklaşması gibi durumlarda duvar bunu kayıt altına almaktadır ve formunu değiştirmektedir (Diniz, 2008) (bkz. Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Morphosis’in etkenleri ve yanıtları.

Etkenler	Görüntü, ses, titreşim, yaklaşma ve ışık
Yanıtlar	Formunu değiştirme

4.1.1.3 “Crowbar coffee” projesi



Şekil 4.4 : Crowbar coffee projesi etkin durumda (Leung, 2007).

Sergi alanına sekiz adet tepkimeli nesne yerleştirilmiştir. Her biri antenin sıkılmış, hoşnut ve heyecanlı davranıştaki üç ayrı ritmik hareketini göstermektedir (bkz. Şekil 4.4). Nesneler bir ağ ile birbirine bağlıdır ve “state-machine3” bilgisayar programı kontrolünde bağımsız davranışlar sergileyebilmektedirler. Çalışmanın amacı, davranış mantık kurallarını bir “state-machines” topluluğunun hareketlerine ekleyerek farklı davranışları yapay olarak modellemektir. Her bir nesnenin farklı durumlar için bir dikkat aralığı vardır ve tüm nesnelerin hedeflediği durum öncelikle memnuniyettir; bu hedef, nesnenin ziyaretçilerin tepkileri için çevre etüdü yapmasındaki ve ilgilerinin yoğunlaştığı zamanın uzunluğundaki başarısına göre

şartlandırılmaktadır. Bu yerleştirme projesi, keyif alan ziyaretçilerle yapılan deneyin deneyiminden öğrenme yeteneği ve işe yaramayanların bilgisini derleme yeteneği sayesinde davranış örüntülerini geliştirebilmektedir (Leung, 2007) (bkz. Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3: Crowbar Coffee’nin etkenleri ve yanıtları.

Etkenler	Ziyaretçilerin ilgisi
Yanıtı	İlgi duyulan noktaları öğrenme, yorumlama, ilgi duyulmayanları derleme ve kayıt altına alma

4.1.1.4 “Enactive walkway” projesi



Şekil 4.5 : Enactive walkway yerleşimesi (Url-5, 2009).

Algı güdümlü motor becerilerin sezgisel bilgisinin etkileşimli tasarıma nasıl dahil edilebileceğini araştırmayı hedefleyen, kamusal mekana yönelik bir Tepkimeli yerleştirmedir. 60x180cm boyutlarındaki koridora üstüne basıldığında dikey aksta eğilen ışıklı şeffaf kutularlar gömülmüştür. Aydınlatma oyunları ile etkileşim desteklenmektedir (bkz. Şekil 4.5). Enactive Walkway projesi biçimlendir(me)me,

farklı hisleri bir araya getirme, yüzeyin temassal birlikteliğini destekleme, dokunma şekillerini ve gerçek zamanlı sesleri bünyesinde toplama, gerçek ve temsil arasındaki gerilimi araştırma ve bunları kamusal bir alanda gerçekleştirme işlerini yapmaktadır (Url-5, 2009) (bkz. Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4: Enactive walkway’in etkenleri ve yanıtları.

Etkenler	Ziyaretçilerin dokunmaları ve sesleri
Yanıtı	Hareket ve renkli ışıklar

4.1.1.5 “Audio grove” projesi



Şekil 4.6 : Audio grove etkinlik halindeyken (Möller, 2000).

Moller’in ışık ve ses oyunlarını kullandığı etkileşimli yerleştirmelerinden biri Audio Grove projesidir. Moeller’in 1997’de Tokyo’da Spiral/Wacoal Art Center’da yaptığı etkileşimli ışık ve ses yerleştirmedir (bkz. Şekil 4.6). 12 m çapında dairesel ahşap bir platform üzerine yerleştirilmiş 5,5 m yüksekliğinde 56 direkten oluşmaktadır. Bu direklerin her biri dokunmaya duyarlı algılayıcı bir sistemle tasarlanmıştır. Bu algılayıcı sistem verilerini bir işletici aracılığıyla sese dönüştürmektedir. Oluşan sesler ses algılayıcıları tarafından algılanmakta ve ışık sistemini devreye

sokmaktadır. Bu etkileşimli sistem farklı ses ve ışık oyunlarının oluşumlarını sağlamaktadır. Farklı konumdaki ışıkların devreye girmesiyle platform üzerinde farklı gölge örüntüleri ortaya çıkmaktadır (Möller, 2000) (bkz. Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 : Audio grove’un etkenleri ve yanıtları.

Etkenler	Dokunma
Yanıtı	Ses Gölge gösterisi

4.1.1.6 “Living glass” projesi

David Benjamin ve Soo-in Yang’ın kurduğu ve yürüttüğü “Living” isimli mimarlık ekibinin uygulanmamış bir projesidir. “Living Glass”, kızılötesi algılayıcıları ve solungaçları (gills) sayesinde insanların varlığını saptamaktadır ve odadaki havanın kalitesini denetlemekte ve uygun koşulları sağlayabilmek için açılıp kapanan şeffaf havalandırma kapakları ile odanın havalandırılmasını uygun seviyede havalandırılmasını sağlamaktadır (Rich, 2007).

Bu projede algılayıcılar ve bilgi sistemini kullanmaktadır. Sistem, enerjisini ince film fotovoltaiiklerden sağlamaktadır. “Living Glass”ın, kullanıcıya uygun çevresel konfor şartlarını sağlaması açısından Tepkimeli Mimarlıkta hedeflenen kullanıcı konfor şartlarını sağlama özelliğine sahiptir (Rich, 2007) (bkz. Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 : Living glass’ın etkenler ve yanıtları.

Etkenler	İnsanların varlığı Odadaki havanın kalitesi
Yanıtı	Odadaki havayı uygun değerlere getirme

4.1.1.7 “River glow” projesi

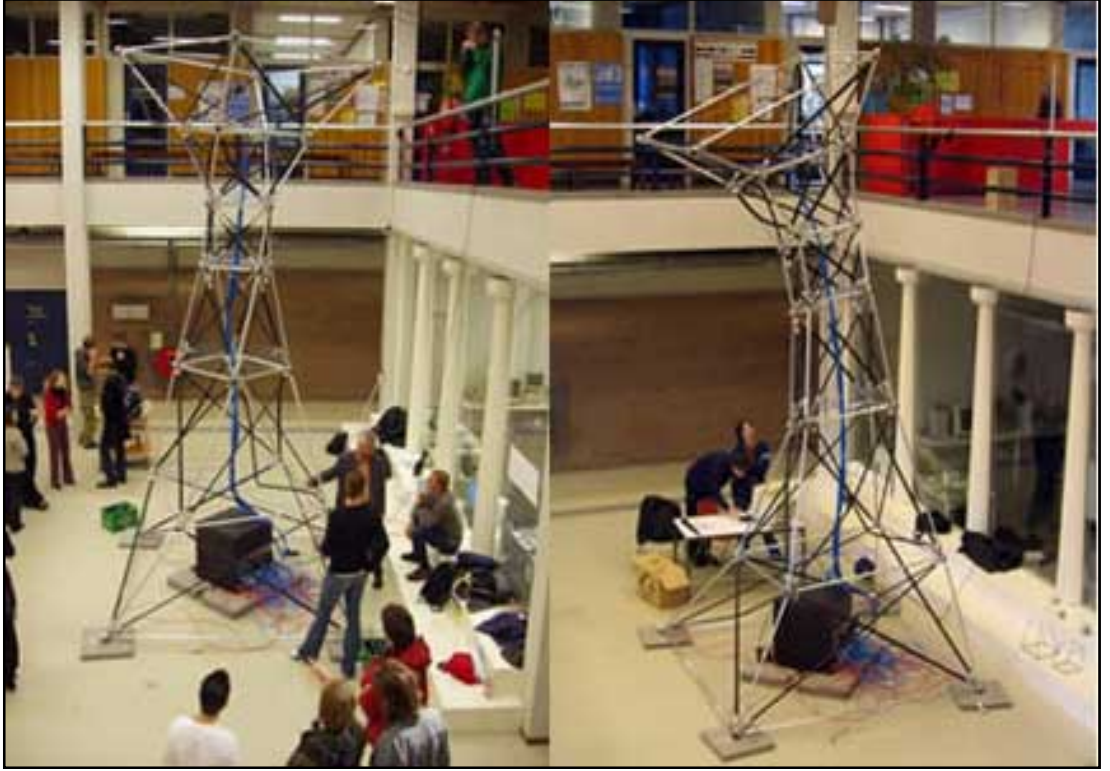
Living ekibinin diğer bir projesidir. “River Glow”, üzerine kurulduğu nehrin kirlilik oranını ph ölçer algılayıcılarla alıp, bu algılayıcılardan alınan verilere göre, LED ışıkların renk ve şiddeti ayarlayarak nehrin üstünde farklı aydınlatma örüntüleri oluşturmaktadır (Rich, 2007).

River Glow’un nehrin kirliliği ile ilgili kentlilerin duyarlı hale gelmesini sağlaması açısından Tepkimeli Mimarlıkta hedeflenen çevreci tutuma uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca kentin fiziksel yapısının kentlilerle iletişim içinde olmasını sağlayan bir Tepkimeli yapı örneği olarak verilebilir (Rich, 2007) (bkz. Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 : River glow’un etkenleri ve yanıtları.

Etkenler	Nehrin kirlilik oranı
Yanıtı	Nehrin kirlilik oranını led ışıklarda betimleme

4.1.1.8 “Muscle tower-2” projesi



Şekil 4.7 : Muscle tower-2 prototipi (Hyperbody Research Group, 2004).

Delft Üniversitesine bağlı, Kas Oosterhuis’in de içinde bulunduğu Hyperbody araştırma ekibi etkileşimli ortamlar ile ilgili çalışmalarına 1990’ların sonlarında başlamıştır (bkz. Şekil 4.7). Projelerin çoğunluğu “Muscle” projeleri olarak isimlendirilmiştir. Muscle Tower-2 projesi, bir seri hava basınçlı kaslarla omurgası bağlara sahip bir yapıdır (bkz. Çizelge 4.8). Formunun Hoberman’ın küresinden esinlenerek tasarlandığı belirtilmektedir (Hyperbody Research Group, 2004).

Harekete duyarlı algılayıcılar sayesinde formunu değiştirerek kullanıcı hareketlerine ve havadaki değişimlere yanıt vermektedir. Algılayıcıları ve bilgi ağlarını kullanan bir tensegrity yapısıdır; yani taşıyıcı sistemi uyarlanabilir yapıdadır. Tepkimeli Mimarlık içinde kullanılabilecek taşıyıcı sistemler için çok önemli bir örnektir.

Çizelge 4.8 : Muscle tower’ın etkenleri ve yanıtları.

Etkenler	Kullanıcı hareketleri
Yanıtı	Form değiştirme

4.1.1.9 “Aegis Hyposurface” projesi



Şekil 4.8 : Aegis hyposurface (Url-13, 2009).

Aegis Hyposurface bir deCOi Mimarlık projesidir. Birmingham Hipodromu Tiyatrosu’na etkileşimli sanat çalışması yapılması için açılmış bir proje yarışması için hazırlanmıştır. Proje alanı, elektronik işleticilerle çevresinden gelen yürüyüş, ses, ışık, vb. gibi etkilere karşı tepki göstererek fiziksel olarak deforme olabilen metalik bir yüzey ile örtülmüştür (bkz. Şekil 4.8). Gerçek zamanlı hesaplamalarla 896 hava basınçlı piston yardımı ile devingen alanlar üretilmektedir (Url-13, 2009) (bkz. Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 : Aegis hyposurface’ın etkenleri ve yanıtları.

Etkenler	Yürüyüş, ses ve ışık
Yanıtı	Form değiştirme

4.1.1.10 “Flux binary waves” projesi

32 adet dönebilen ve ışıklı 3mx60cm’lik panel, 3m’de bir yerleştirilerek kinetik bir duvar oluşturmuştur. Bu kentsel duvar kentlileri yerleştirmenin bir parçası gibi gören, kentin yolcu, ulaşım ağları vb. alt yapılarını ve iletişim kaynaklı elektromanyetik alanları ve hareketlerini izleyen bir duvardır (Url-7, 2009) (bkz. Şekil 4.9).



Şekil 4.9 : Flux binary waves (Url-7, 2009).

Duvar elemanlarının dönüşleri her bir elemanın senkronize hareket etmesini, açısını ve hızını birbirlerine göre ayarlamasını sağlayan mikroişlemciler ile sağlanmaktadır. Bu mikroişlemciler altyapısal hareketleri izleyip, frekans ve yönleri belirleyen kızılötesi algılayıcılara bağlıdır (Url-7, 2009). Sonuç olarak kentteki akışlar ve ritimleri ışık, renkler ve sesle olarak bu yerleştirmede yansımaktadır (bkz. Çizelge 4.10). Bu yerleştirme kentle iletişim içindeki bir Tepkimeli Mimarlık ürününe örnektir.

Çizelge 4.10 : Flux binary waves’in etkenleri ve yanıtları.

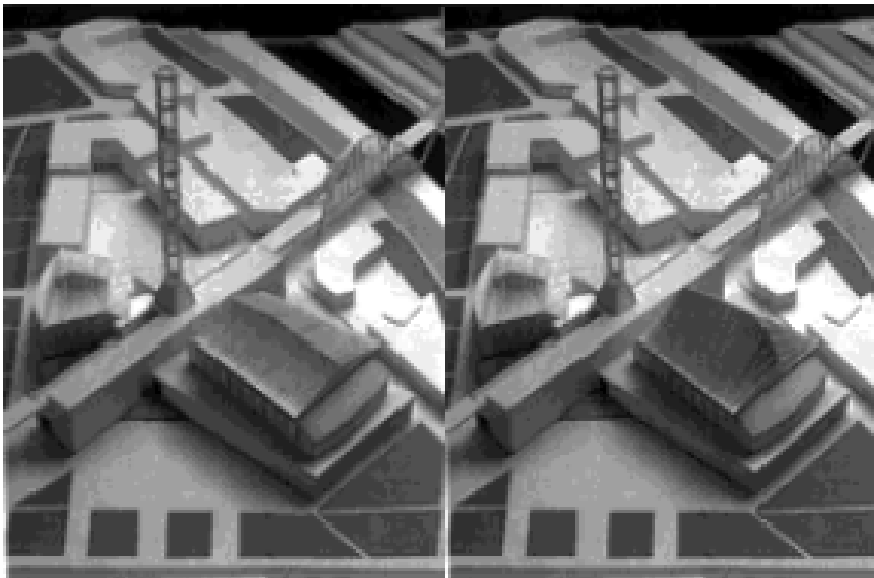
Etkenler	Kentin alt yapılarını oluşturan ulaşım ağlarını ve iletişim kaynaklı elektromanyetik alanları ve hareketlerini
Yanıtı	Form değiştirme, ışık, renk, ses

4.1.2 Tepkimeli yaşama alanı örnekleri

Etkileşimli yaşama alanı projelerinin seçimleri, birbirinden farklı işlevlere veya hedeflerde sahip olmaları ölçütüne dayanarak yapılmıştır. Çevreye duyarlılık bağlamında bütünleşik iklimlendirme ve akıllı aydınlatma sistemlerini kullanan örnekler, formunu işlevinin gerekliliklerine veya fiziksel çevre koşullarına göre değiştirebilen örnekler ve kentsel dokuya göre uyarlanabilen örnekler araştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Seçilen Tepkimeli yaşama alanları şunlardır: “Kinetic Acoustic Roof+Urban Energy Wall”, “Moderating Skylights”, “Divertimento”, “Intelligent Room”, “Aegis Hyposurface”, “E-motive House”, “Interactive Restaurant”, “Leasurator”, “Muscle Room” ve “Smart Village” projeleridir.

4.1.2.1 “Kinetic Acoustic Roof” projesi



Şekil 4.10: Kinetic acoustic roof’un maket fotoğrafı (Url-6, 2009).

Bir KDG kavramsal projesi olan Kinetic Acoustic Roof projesi akustik olarak uyarlanabilir nitelikte bir örnektir (bkz. Şekil 4.10).

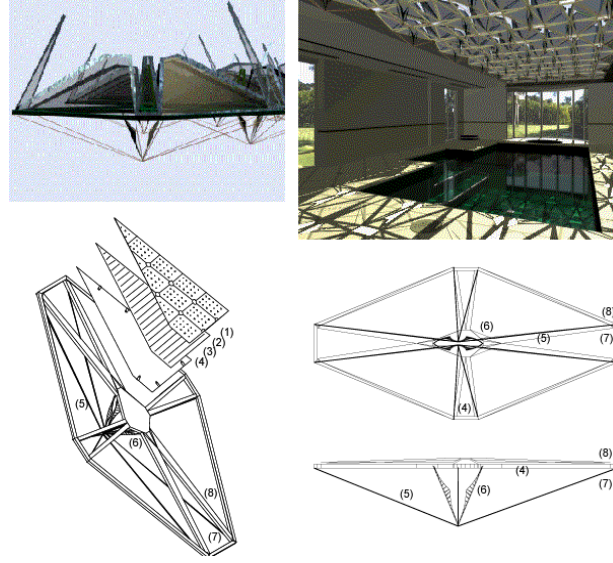
Kinetic Acoustic Roof projesi bir konser salonunu projesidir. Konser salonunun sahnedeki sanatçılar için ve gösterileri izleyen ve dinleyen seyirciler için sahip olması gereken akustik özelliklerinin farklı olduğu belirtilmektedir ve gerçekleştirilen gösterinin müzik türüne göre de konser salonunun farklı akustik özellikleri barındırması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu düşünce temel alınarak, sahnedeki sanatçılar ve seyirciler için farklı akustik gereksinimleri karşılayabilmesi için konser salonunun çatı ve tavan sistemi bir enstrüman gibi akort edilebilecek ve böylece farklı gösterilere uygun akustik gereksinimlere göre uyarlanabilecek bir sistem olarak tasarlanmıştır (Magnoli, 2009) (bkz. Çizelge 4.11). Gösterilerin müzikal niteliklerine bağlı olarak form gerekli verileri almakta ve uygun şekilde kendini akort edebilmektedir. Böylelikle gösteri bazında akustik ihtiyaçlara yanıt verilmektedir. Çatı ve tavanının taşıyıcı sistemi uyarlanabilir yapıdadır ve diyafram gibi çalışan hareketli bir sisteme sahiptir.

Ayrıca bu projede enerjini sürdürülebilir enerji kaynakları ile sağlanması amaçlanmıştır. Ancak KDG web sayfasında yayınladığı kadarıyla proje teknik olarak çözümlenmemiş ve detaylandırılmamış bir projedir.

Çizelge 4.11 : Kinetic acoustic roof'un sistemlerinin değerlendirilmesi.

Yapısal Sistem	Uyarlanabilirlik	✓
	Çevreye Duyarlılık	✓
Hareketli Sistemler	Akıllı Aydınlatma	-
	Bütünleşik İklimlendirme	-
	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değiştirme	✓
	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	-
Bilgi Sistemi	Bilgi Ağlarıyla Kontrol	✓
	Çevreyle Etkileşim	✓
	Yapay Zeka	-
	Sistemin Güvenliği	-

4.1.2.2 “Moderating Skylights” projesi



Şekil 4.11 : Moderating skylights’ın modeli ve çizimleri (Url-4, 2009).

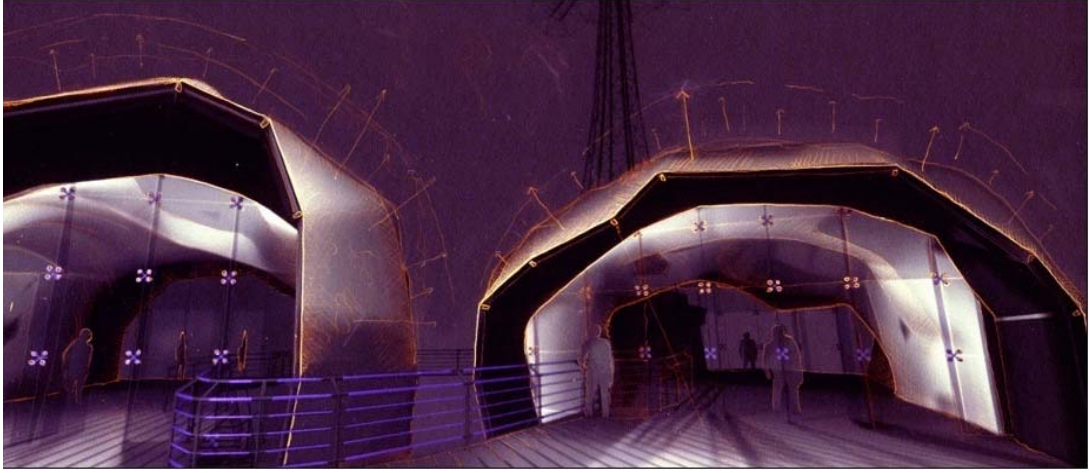
Bir KDG projesi olan bu projede sıcaklık ve aydınlatma koşullarını optimize etmek amacıyla bir arada çalışan ancak bağımsız olan ışıklık elemanları kullanılmaktadır (Fox, 2009d) (bkz. Şekil 4.11).

Sıcaklık ve aydınlık ölçen algılayıcıları ile iç mekandaki aydınlık ve sıcaklık koşullarını ölçmekte ve ışıklıkları konfor koşullarını sağlayacak şekilde ayarlamaktadır (bkz. Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 : Moderating skylights’ın sistemlerinin değerlendirilmesi.

Yapısal Sistem	Uyarlanabilirlik	-
	Çevreye Duyarlılık	✓
Hareketli Sistemler	Akıllı Aydınlatma	✓
	Bütünleşik İklimlendirme	✓
	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değişirme	-
	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	-
Bilgi Sistemi	Bilgi Ağlarıyla Kontrol	✓
	Çevreyle Etkileşim	-
	Yapay Zeka	-
	Sistemin Güvenliği	-

4.1.2.3 “Divertimento” projesi



Şekil 4.12 : Divertimento’nun dijital modeli (Orambra, 2005).

Tepkimeli Mimarlık konusunda önemli çalışmaları ve araştırmaları olan Orambra mimarlık ekibine ait bir proje olan “Divertimento” projesi, kabuğunun formunu dev bir dalga gibi ve rüzgarda bir paraşütün hareketi gibi değiştirebilen bir pavyondur. Orambra, bu yolla, devingen sınırlara sahip bir yeni bir bina türü oluşturmaya çalıştıklarını belirtmektedir.

Orambra ekibi, projelerinin çoğunda Fuller’in tensegrity kuramını, denetlenebilir rijitliğe sahip uyarımlı (devigen) tensegrity yapılar üretmek için bir miktar değiştirdiklerini ifade etmektedirler.

Sıcaklık ve aydınlık ölçen algılayıcıları ile iç mekandaki aydınlık ve sıcaklık koşullarını ölçmekte ve ışıklıkları konfor koşullarını sağlayacak şekilde ayarlamaktadır. Aynı zamanda, pnömatik kas sistemi sayesinde rijitliğini ayarlayabilmekte ve şeklini değiştirebilmektedir (bkz. Çizelge 4.13). Bu ışıklık akıllı bir sisteme sahiptir; bilgi ağını kullanmaktadır ve yapısal uyarlanabilirliğe sahiptir. Sistem birbirinden bağımsız çalışan elemanlardan oluşmaktadır; bu sayede her bir bölge formunu kendi koşullarına uyarlayabilmektedir (Orambra, 2005) (bkz. Şekil 4.12).

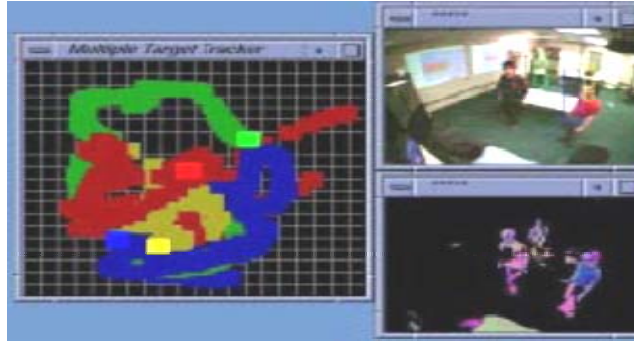
Divertimento projesi uygulanmamış bir projedir ancak Tepkimeli Mimarlık açısından birçok ölçütü içinde barındırmaktadır.

Çizelge 4.13 : Divertimento’nun sistemlerinin değerlendirilmesi.

Yapısal Sistem	Uyarlanabilirlik	✓
	Çevreye Duyarlılık	✓
Hareketli Sistemler	Akıllı Aydınlatma	✓
	Bütünleşik İklimlendirme	✓
	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değiştirme	-
	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	-
Bilgi Sistemi	Bilgi Ağlarıyla Kontrol	✓
	Çevreyle Etkileşim	✓
	Yapay Zeka	-
	Sistemin Güvenliği	-

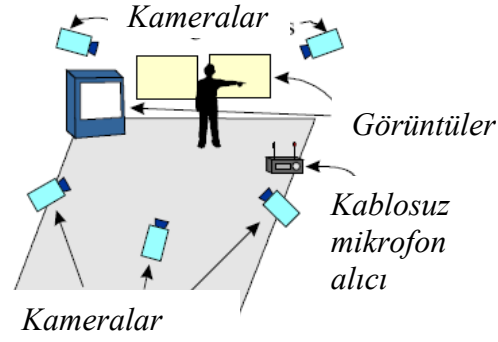
4.1.2.4 “Intelligent room” projesi

Coen’in MIT Yapay Zeka Laboratuvarlarında geliştirdiği ‘Intelligent Room’ projesinde, gündelik sıradan yaşamla bilişimi bütünleştiren ve insan-bilgisayar etkileşimini genişleten deneysel bir ortam sunulması hedeflenmiştir. ‘Intelligent Room’un bir anlamda ‘ubiquitous’ bir ortam sunduğu söylenebilir (bkz. Şekil 4.13).



Şekil 4.13 : Intelligent room’un görüntüleri (Coen, 2009).

Amaç, sıradan bir konferans odasını insan-bilgisayar etkileşimli bir araştırma platformu haline getirmektir (Coen, 2009). Projede odanın içindeki aydınlatma ve iklimlendirme sistemleri kontrol atındadır ve odada bulunan insanlar ve tüm nesneler odaya tanıtılmış durumdadır. Oda, kullanıcılarının sesini tanımaktadır ve onlarla iletişime geçebilmekte, onlara bilgi verebilmekte ve çeşitli isteklerini yerine getirebilmektedir (bkz. Şekil 4.14).



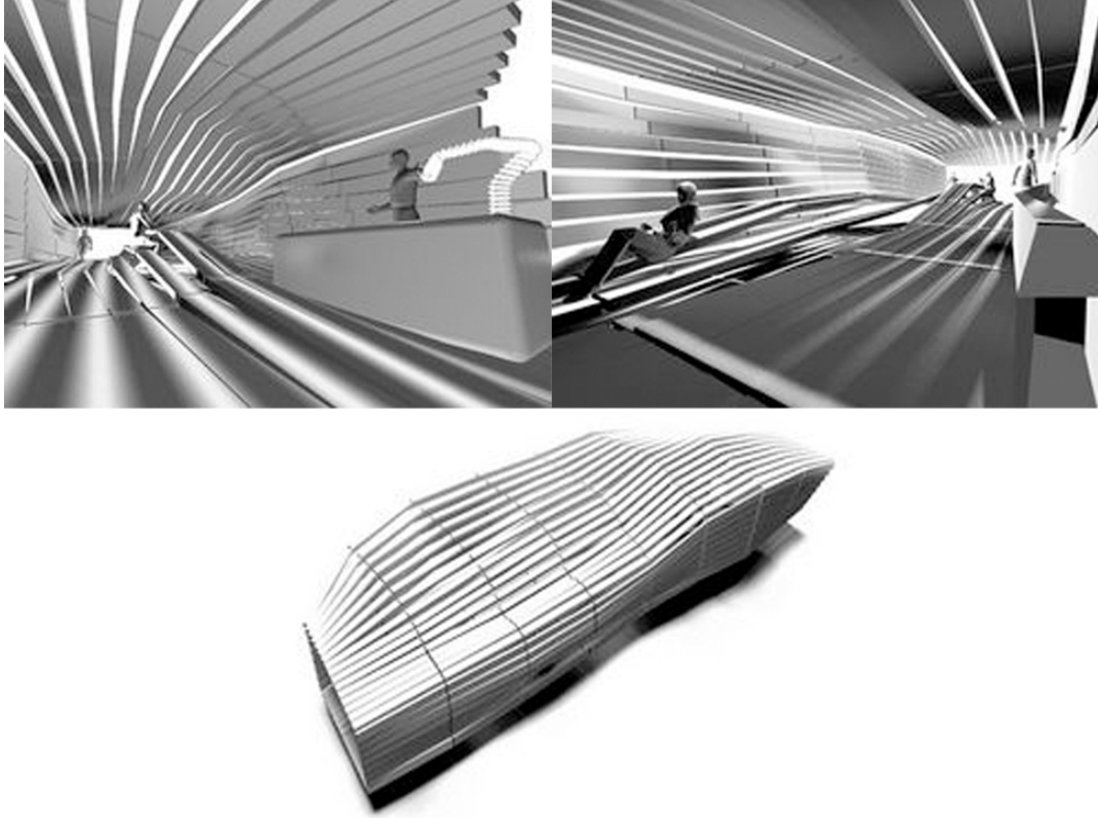
Şekil 4.14: Intelligent room'un basit yerleşimi (Coen, 2009).

Algılayıcıları sayesinde odadaki insanların hareketlerini izlemekte ve hangi koşullarda insanları nereye nasıl yöneldiklerini saptamakta, onların konuşmalarını, komutlarını ve sorularını takip etmektedir. Buna bağlı olarak oda sesli yanıtlar vermekte ve kullanıcı isteklerini yerine getirmektedir. Odadaki insanlar kameralar, mikrofonlar ve algılayıcılarla izlenebilmektedir. Odadaki TV ve stereo sisteme ulaşmak için kızılötesi uzaktan kumanda sistemi kullanılmaktadır. Aydınlatma denetim altıdadır ve ses tanıma sistemi ile kullanıcılar tanınmaktadır. İnternet erişimi, kullanıcılara gerekli bilgileri sözel olarak iletebilmesini sağlamaktadır. İçerdeki tüm nesneler “Intelligent Room” için tanımlı nesnelerdir. Denetimleri ve birbirleriyle iletişimleri için yazılım etmenlerinden oluşan Scatterbrain isimli bir birimsel sistem geliştirilmiştir (Coen, 2009) (bkz. Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14 : Intelligent room'un sistemlerinin değerlendirilmesi.

Yapısal Sistem	Uyarlanabilirlik	-
	Çevreye Duyarlılık	-
Hareketli Sistemler	Akıllı Aydınlatma	-
	Bütünleşik İklimlendirme	-
	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değiştirme	-
	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	-
Bilgi Sistemi	Bilgi Ağlarıyla Kontrol	✓
	Çevreyle Etkileşim	✓
	Yapay Zeka	✓
	Sistemin Güvenliği	-

4.1.2.5 “E-motive House” projesi



Şekil 4.15 : Emotive house’un dijital modeli (Url-9, 2009).

Oosterhuis’in projelerinden biridir. Tamamıyla endüstriyel, programlanabilirlikte esnek, sökülebilir, yenilikçi bir proje olarak tanımlanmaktadır. Oosterhuis projenin yakın gelecekte uygulanabilir hale gelebileceğini belirtmektedir. Bu Tepkimeli evde kullanıcı isteklerine bağlı olarak ıslak hacimler hariç tüm ev form değiştirebilmektedir.

E-motive House’ta Tepkimeli bu yapı hem etken, hem de tepki veren konumdadır. Algılayıcılar kullanıcı hareketlerini ve hava koşullarını algılayabilmekte, toplanan verileri evin ‘beyninde’ yorumlamakta ve hareketlerine karar vermektedir. Böylece kullanıcılar ve ev sürekli iletişim halindedir. Tepkimeli yapının tüm formu pnömomatik kasları sayesinde hareket edebilir şekildedir (bkz. Şekil 4.15). Tüm sistem bir arada, birbiriyle iletişim halinde ve amaca bağlı hareket etmektedir. Bu bir arada hareketin kontrolü farklı programlar ile kontrol edilebilir olmaktadır. Dış yüzeydeki fotovoltaik birimler sayesinde kendi enerjisini üretmektedir (Url-9, 2009) (bkz. Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 : E-motive house’un sistemlerinin değerlendirilmesi.

Yapısal Sistem	Uyarlanabilirlik	✓
	Çevreye Duyarlılık	✓
Hareketli Sistemler	Akıllı Aydınlatma	✓
	Bütünleşik İklimlendirme	✓
	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değiştirme	✓
	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	-
Bilgi Sistemi	Bilgi Ağlarıyla Kontrol	✓
	Çevreyle Etkileşim	✓
	Yapay Zeka	✓
	Sistemin Güvenliği	-

4.1.2.6 “Interactive Restaurant” projesi



Şekil 4.16 : Interactive restaurant uygulamasının fotoğrafları (Url-11, 2009).

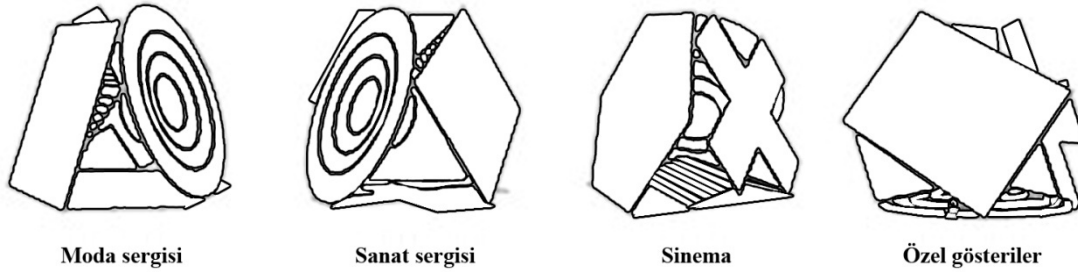
Bu etkileşimli restoran altı temel sistemden oluşmaktadır: Döşeme alanı, Tavan alanı, Masalar, Gösteriş alanı/Cephe, Akustik Duvarlar ve Bar (bkz. Şekil 4.16).

Her bir sistem özdevinimli ve etkileşimlidir; işbirliği içinde bir arada çalışmaktadırlar. Amaç çevreyi isteklere göre uyarlamak ve böylece farklı deneyimleri yansıtmaktır. Cephe dışarıdaki insanlarla, bar içeri girmeye hazırlanan insanlarla, döşeme alanı iç mekandaki insanlarla, tavan döşeme alanıyla ve gösteri alanı geçici olarak döşeme alanını terk eden insanlarla etkileşim halindedir ve tüm bu etkileşimler cepheye ve dışarıdaki insanlara yansıtmaktadır (Url-11, 2009) (bkz. Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16 : Interactive restaurant’ın sistemlerinin değerlendirilmesi.

Yapısal Sistem	Uyarlanabilirlik	-
	Çevreye Duyarlılık	-
Hareketli Sistemler	Akıllı Aydınlatma	-
	Bütünleşik İklimlendirme	-
	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değiştirme	✓
	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	-
Bilgi Sistemi	Bilgi Ağlarıyla Kontrol	✓
	Çevreyle Etkileşim	✓
	Yapay Zeka	-
	Sistemin Güvenliği	-

4.1.2.7 “Transformer Building” projesi



Şekil 4.17 : Transformer building’in işlevlere göre girdiği formlar (Url-8, 2009).

Koolhaas projelerinden biri olan, dört yüzlü bir forma sahip Transformer Building farklı etkinlik programlarına göre formunu uyarlayabilme yeteneğine sahip bir mağaza binasıdır. Formun değişimi mağazadaki etkinliğe göre belirlenmektedir: Moda sergilemeleri, sanat sergileri, sinema ve özel gösteriler (bkz. Şekil 4.17). Binadaki etkinliklerin her biri için bir yüzey düşünülmüştür: Bir altıgen, bir artı, bir dikdörtgen ve bir daire. Etkinlik durumuna göre yapının duvarları döşeme, döşemeleri tavan veya tavanları duvar haline gelebilmektedir (Url-8, 2009) (bkz. Çizelge 4.17).



Şekil 4.18 : Transformer building ve çevresi (Url-8, 2009).

Transformer Building işlev değişikliklerine göre formun değişmesine olanak sağlaması için çelik kafes taşıyıcı, elastik ve yumuşak bir membranla kaplanmıştır (bkz. Şekil 4.18). Uyarlanabilir formdaki bir mimarlık ürününün kabuğunun nasıl olabileceği konusu için önemli bir örnektir.

Çizelge 4.17 : Transformer building’in sistemlerinin değerlendirilmesi.

Yapısal Sistem	Uyarlanabilirlik	✓
	Çevreye Duyarlılık	-
Hareketli Sistemler	Akıllı Aydınlatma	-
	Bütünleşik İklimlendirme	-
	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değiştirme	✓
	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	-
Bilgi Sistemi	Bilgi Ağlarıyla Kontrol	✓
	Çevreyle Etkileşim	-
	Yapay Zeka	-
	Sistemin Güvenliği	-

4.1.2.8 “Muscle room” projesi

Etkileşimli bir otel odası tasarımıdır. Amaç gelen müşterilerin otel odasını kendilerine uygun olarak tasarlayabilmesini sağlamaktır. Başta sadece boş bir oda gibidir; döşeme ve duvarlardaki hareketli parçalar ile şekillendirilebilmektedir.



Şekil 4.19 : Muscle room (Url-12, 2009)

Projenin hareketli sistemi bir bilgi ağıyla kontrol edilebilmektedir (bkz. Şekil 4.19 ve Şekil 4.20). Projenin prototiplerinde malzemelerle ilgili yaşanan sorunlar nedeniyle henüz nihai malzeme kararları alınamamıştır (Url-12, 2009) (bkz. Çizelge 4.18).

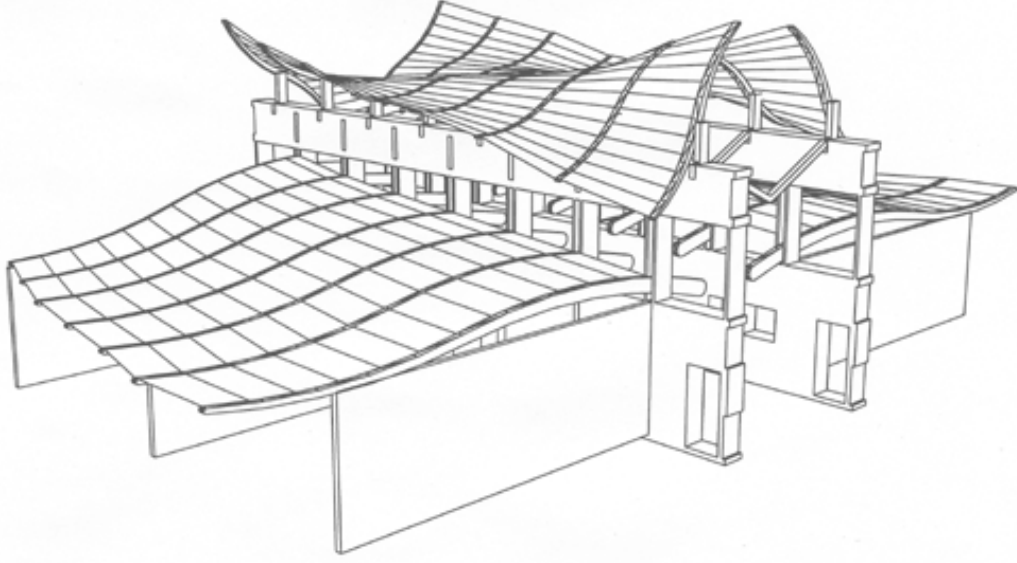


Şekil 4.20: Muscle room prototipi (Url-12, 2009)

Çizelge 4.18 : Muscle room'un sistemlerinin değerlendirilmesi.

Yapısal Sistem	Uyarlanabilirlik	✓
	Çevreye Duyarlılık	-
Hareketli Sistemler	Akıllı Aydınlatma	-
	Bütünleşik İklimlendirme	-
	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değiştirme	✓
	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	-
Bilgi Sistemi	Bilgi Ağlarıyla Kontrol	✓
	Çevreyle Etkileşim	✓
	Yapay Zeka	-
	Sistemin Güvenliği	-

4.1.2.9 “Smart Village” projesi

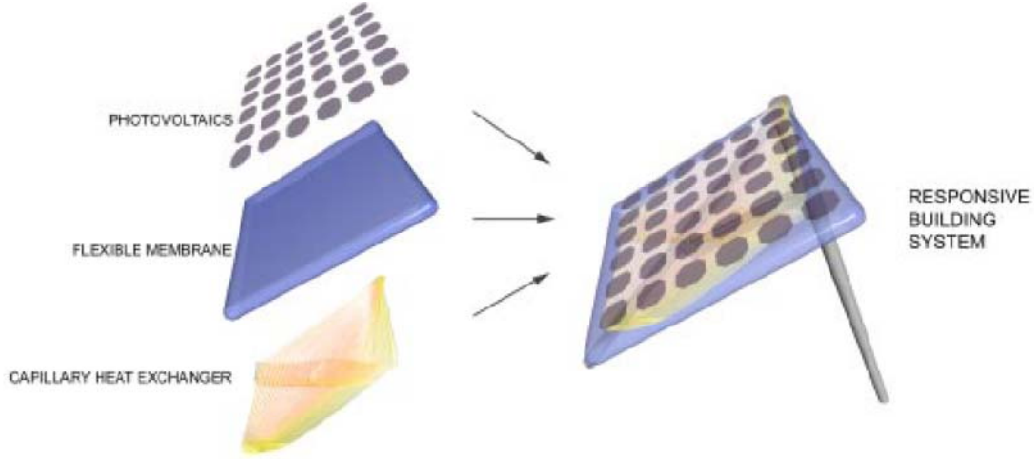


Şekil 4.21 : Smart village’de hareketli çatı (Magnoli, 2001).

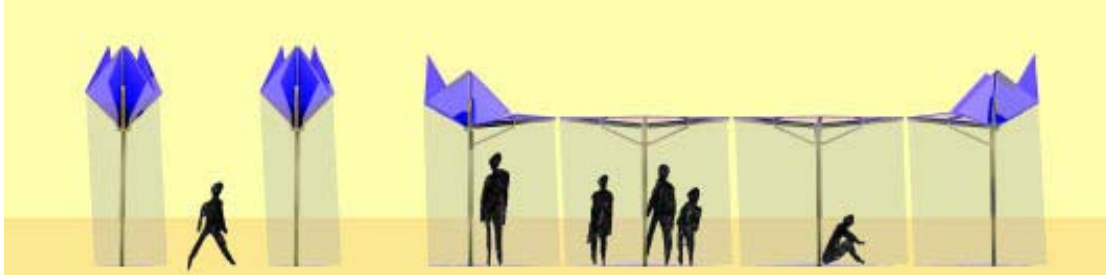
Bu akıllı kasaba tasarımı projesi, ekolojik hedefleri olan büyük ölçekli bir projedir. Tasarımda yenilenebilir enerji ve geri dönüşümlü malzemeler düşünülmektedir. Smart Village ve Smart Village’teki binaların ‘DNA’sı yerel kültürler, tipolojilere, malzemelere ve iklime göre oluşmaktadır. Bir ekosistem olarak ele alınan bu kasabanın projede dört ölçekte tasarım yapılmaktadır (Magnoli, 2001):

- Merkezleştirilmiş kentsel planlama: Amaç, esnek ve her ölçekte uyarlanabilir, farklı durumlara göre bireysel ve iklimsel bağlamlara ilişkin yanıt verebilir ve akıllı tasarım çözümlerine ulaşmaktır.
- Yeniden şekillendirilebilen mekanlar: Elektrik, su, iklimlendirme sistemlerini içinde barındıran duvarlar kentsel sistemin omurgası gibi tasarlanmıştır. Odalar, birleştirilebilen veya odanın uzamasını sağlayabilen ara duvarlar ile bu omurgaya bağlıdır. Birimlerden oluşan sistem sınırsız şekil ve kombinasyona izin vermektedir (bkz. Şekil 4.21).
- Birimsel bina blokları.
- Işık, iklimsel özellikler ve insanlara yanıt veren hareketli yapılar: Tasarımda ilk önce işlevsellik ve çalışma esnasında görüş olanağına engel olmadan, doğal havalandırmadan yararlanılabilecek şekilde doğal aydınlatma olanağı verecek devingen bir çatı sistemi düşünülmektedir. Bu hareketli çatının katmanları, üstte amorf silikon fotovoltaik bir dış kabuğa sahip elastik, yüksek yalıtımlı bir örtü ve

içeride ısı alışverişini düzenleyen suyun döndüğü bir kılcal sistemdir. Bu eleman bir ağacın yaprağı gibi çalışmaktadır (bkz. Şekil 4.22).



Şekil 4.22 : Hareketli çatının tepkimeli yapı sistemi (Magnoli, 2001).



Şekil 4.23 : Smart village’de şemsiyeler (Magnoli, 2001).

Projedeki en dikkat çekici ve Tepkimeli Mimarlık için örnek olarak gösterilebilecek tasarım bir kentsel mobilya olarak kullanılan “şemsiye”dir. Smart Village’deki şemsiyeler Tepkimeli ürün tasarımı olmakla kalmamaktadır; aynı zamanda bir arada çalışan akıllı birimlerdir (bkz. Şekil 4.23).

Tasarımı orta doğu yerel kültürdeki “çadır”a dayandırılan şemsiye, kasabalıların fiziksel çevre ve sosyal gereksinimlerini öncelikli tutmaktadır. Bu amaçla iklim nedeniyle oluşan çevresel ve sosyal gereksinimleri arasındaki karşıtlığı yatıştırmayı hedeflemektedir.

Kızılötesi algılayıcılar, termometre ve bir çip sayesinde her bir şemsiye altından geçen veya altında bekleyen insanları algılayabilmektedir. Konfor şartlarını sağlayacak şekilde açılıp kapanmaktadır. Ayrıca içlerindeki programlanabilir bir çip sayesinde bu şemsiyelerin insanların en çok kullandığı yolları zamanla öğrenmesi ve buna bağlı olarak o hatlardan sürekli insan geçmese de konfor şartlarını sürekli sağlamayı öğrenmesi öngörülmektedir (bkz. Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19 : Smart village'in sistemlerinin değerlendirilmesi.

Yapısal Sistem	Uyarlanabilirlik	✓
	Çevreye Duyarlılık	✓
Hareketli Sistemler	Akıllı Aydınlatma	✓
	Bütünleşik İklimlendirme	✓
	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değiştirme	✓
	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	✓
Bilgi Sistemi	Bilgi Ağlarıyla Kontrol	✓
	Çevreyle Etkileşim	✓
	Yapay Zeka	✓
	Sistemin Güvenliği	-

4.2 Tepkimeli Mimarlığın Ölçütlerinin Belirlenmesi ve Verilen Örnekler Üzerinden Tepkimeli Mimarlığın Durumu Üzerine Saptamalar

Günümüzde Tepkimeli Mimarlık ile ilgili yapılan çalışmalar ilerleyen teknolojilere ayak uydurmaya çalışıyor olsa da, Tepkimeli Mimarlık kavramının ortaya çıkış nedenlerine yanıt verecek düzeye gelmemiştir. Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi Tepkimeli Mimarlığın hedefi kullanıcı gereksinimlerini ve isteklerini tam anlamıyla karşılayan, işlev değişikliklerine göre uyarlanabilen ve verimli enerji kullanımını sağlayan sürdürülebilir yapılar üretmektir. Bunun için teknolojinin sağladığı tüm olanaklardan yararlanmak esas kabul edilmektedir. Verilen örnekler arasından “yerleştirmeler” başlığı altındakiler, etkileşimli mekanlar üretme yolunda atılan adımlardır ve teknolojinin sağladığı olanakların belirli bir kısmını kullanan uygulanmış örnekleri kapsamaktadır. Bu bölüm içinde, verilen yerleştirme örneklerinden bahsedilmemekte, etkileşimli yaşam alanları örnekleri üzerinde durulmaktadır. Bir Tepkimeli Mimarlık ürününün nasıl olması gerektiğini belirleyen ölçütler saptandıktan sonra yaşama alanı örnekleri arasından bir Tepkimeli Mimarlık ürünü olmaya en çok yaklaşmış olan örneklerin ölçütlere uygunluğu değerlendirilmektedir. Çizelge 4.20’de Tepkimeli Mimarlık ürünün örneklerin sistemlerinin özellikleri açısından değerlendirilmesi görülmektedir.

Çizelge 4.20: Tepkimeli mimari proje örneklerinin sistemlerinin özellikleri bağlamında değerlendirilmesi.

	Yapısal sistem (Taşıyıcı sistem ve malzemeler)		Hareketli Sistemler				Bilgi Sistemi			
	Uyarlanabilirlik	Çevreye Duyarlılık	Akıllı Aydınlatma	Bütünleşik İklimlendirme	İşleve/Kullanıcıya Uygun Form Değiştirme	Enerji Üretme Amaçlı Hareketli Sistem	Bilgi Ağları ile Kontrol	Çevreyle Etkileşim	Yapay zeka	Sistemin Güvenliği
4.1.2.1 “Kinetic Acoustic Roof” Projesi	✓	✓			✓		✓	✓		
4.1.2.2 “Moderating Skylights” Projesi		✓	✓	✓			✓			
4.1.2.3 “Divertimento” Projesi	✓	✓	✓	✓			✓	✓		
4.1.2.4 “Intelligent Room” Projesi							✓	✓	✓	
4.1.2.5 “E-motive House” Projesi	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
4.1.2.6 “Interactive Restaurant” Projesi					✓		✓	✓		
4.1.2.7 “Transformer Building” Projesi	✓				✓		✓			
4.1.2.8 “Muscle Room” Projesi	✓				✓		✓	✓		
4.1.2.9 “Smart Village” Projesi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Ortaya çıkış nedenleri ve günümüz teknolojileri baz alınarak, Tepkimeli Mimarlık ürününün sahip olması gereken özellikler şu şekilde özetlenebilir (bkz. Çizelge 4.21):

- Çevreyle etkileşim: Tepkimeli Mimarlık ürünü sahip olduğu bilgi ağı sayesinde kullanıcıları ve çevresiyle etkileşim halinde olmalı, onlarla ilgili verileri toplamalı, kaydetmeli ve gerekli yanıtları verebilmelidir. Bu Tepkimeli Mimarlık ürünü için oldukça önemlidir.
- Bütünleşik iklimlendirme: Günümüzde iklimlendirme sistemleri çoğunlukla aktif iklimlendirmeyi, daha az oranda pasif iklimlendirmeyi kullanmaktadır. Aktif ve Pasif iklimlendirmenin bir arada kullanıldığı örneklerle de rastlanılmaktadır. Tepkimeli Mimarlık ürünlerinde aktif ve pasif iklimlendirmeyi bir arada, bütünleşik iklimlendirme olarak kullanmaz kaçınılmazdır. Ancak, Tepkimeli Mimarlık ürünlerinde bütünleşik iklimlendirme sistemleri mutlaka akıllı sistemler halinde tasarlanmalıdır.
- Akıllı aydınlatma: Günümüzde yapay aydınlatma sistemleri oldukça gelişmiştir. Öte yandan, doğal aydınlatma sistemleri konusundaki iyi çalışılmış örneklerle sıkça rastlanmamaktadır. Enerjinin verimli kullanılması ve kullanıcı konfor koşullarının sağlanması açısından doğal ve yapay aydınlatma sistemlerini bir arada etkin olarak kullanmak oldukça önemlidir. Akıllı bir sistem olması gereken bütünleşik aydınlatma sistemleri tez kapsamında akıllı aydınlatma sistemleri olarak adlandırılmıştır.
- Uyarlanabilir form: Tepkimeli Mimarlık ürününün kullanıcı isteklerine, gereksinimlerine, fiziksel çevre koşullarına ve farklı işlevlere uygun olabilmesi için uyarlanabilir bir forma sahip olması gerekmektedir. Uyarlanabilir formda aranan özellikler şunlardır:
 - o Değişken ve kontrol edilebilir rijitlik: Uyarlanabilir bir forma sahip olan Tepkimeli yapının formunu belirlenmiş sınırlar içerisinde değiştirebilmesi için, bu sınırlara bağlı olarak uygun şekilde hareket etmesi ve kontrol edilebilmesi gerekmektedir. Etkin bir uyarlanabilir formun ilk şartı da değişken ve kontrol edilebilir rijitliktir.
 - o Yapının birimselliği: Sürdürülebilir bir Tepkimeli Mimarlık ürünü için yapının birimselliği konusu dikkate değerdir; çünkü ürünün karmaşık ve hareketli bir yapı olması nedeniyle, gerektiğinde parça değişimine uygun

olması gerekmektedir ve ancak bu şekilde, bir bozulma veya hasar durumunda sistemin tamamı bu durumdan etkilenmeyecektir.

- o Yapı birimlerinin bağlanabilirliği: Bu yapının birimlerinin bir arada çalışması ve kolaylıkla üretilmesi için bağlantı tasarımları oldukça önemlidir.
- o Hafif kütle: Tepkimeli Mimarlık ürünleri formu uyarlanabilir özellikte olması gereken ürünlerdir. Bu nedenle kütlenin hafif olması sistemin hesaplamaları ve formun serbestçe kullanılması açısından oldukça önemlidir.
- Çevreye duyarlılık: Tepkimeli Mimarlık ürünü, ilk olarak verimli enerji kullanımına olanak tanıyan sürdürülebilir bir yapı olmayı hedeflemektedir. Yapının birimselliği, bütünleşik iklimlendirme, akıllı aydınlatma ve kullanılan gelişmiş malzemeler çevreci hedeflere destek olmaktadır. Bu yapıları üretecek mimarların günümüz koşullarını göz önünde bulundurarak ve gerekli sürdürülebilirlik bilgisini edinerek çevreye duyarlılığı ön planda tutması gerekmektedir.
- Öğrenme ve yorumlama yeteneği: Tepkimeli Mimarlık ürünü yapay zekanın kullanılması, yapının kullanıcılar ve fiziksel çevre koşullarına göre evrimleşmesi için çok önemlidir. Yapay zeka, yapının öğrenmesini, yorumlamasını ve öğrendiklerine doğrultusunda davranışlarını uyarlamasını, buna bağlı olarak da sağladığı mekansal hizmetin kullanıcı odaklı olarak geliştirmesini sağlayacaktır ve giderek kendi zekasını geliştirecektir.

Aşağıdaki “Tepkimeli Mimarlık Ürünüden Beklenen Özellikler” çizelgesinde, incelenen yaşama alanı örnekleri, ölçüt olarak kabul edilen özelliklere uygunlukları açısından değerlendirilmiştir. Tepkimeli Mimarlık ürünü ölçütleri ne kadar çok karşılanıyorsa, ürün o derece başarılı olacaktır; çünkü her bir ölçüt bir diğerini desteklemektedir. Ancak Tepkimeli Mimarlık ürünüden beklenen özelliklerin tamamının bulunduğu bir projeye günümüzde rastlanmamaktadır. Beklenen ölçütlere en çok yaklaşan projelerdeki ortak eksiklik yapının ‘zeki’ olmaması durumudur. Yaşama alanı örneklerini değerlendirirken, bu örneklerin çoğunun uygulanmamış örnekler olduğu görülmektedir. Belirlenen ölçütleri en çok karşılayan örnekler Smart Village, E-motive House, Divertimento, Kinetic Acoustic Roof+Urban Energy Wall ve Moderating Skylights projeleridir.

Çizelge 4.21 : Tepkimeli mimarlık ürünü ölçütleri ve verilen örnekler.

	Çevreyle Etkileşim	Bütünleşik İklimlendirme	Akıllı Aydınlatma	Uyarlanabilir Form				Çevreye Duyarlılık (Ekolojik)	Öğrenme ve Yorumlama Yeteneği
				Değişken ve Kontrol Edilebilir Rijitlik	Yapının Birimselliği	Yapı Birimlerinin Bağlanabilirliği	Hafif Kütle		
Kinetic Acoustic Roof				✓			✓	✓	
Moderating Skylights		✓	✓		✓	✓		✓	
Divertimento	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Intelligent Room	✓								✓
E-motive House	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Interactive Restaurant	✓				✓				
Transformer Building							✓		
Muscle Room	✓				✓	✓			
Smart Village	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓

Bu projelerin belirlenen ölçütler bağlamında şöyle yorumlayabiliriz:

Kinetic Acoustic Roof: Yapıdaki Tepkime özellikleri tek taraflıdır: yapı sadece farklı akustik gereksinimlere göre kendini uyarlayabilmektedir.

Moderating Skylights: Çevreye karşı duyarlılığı daha ön plana olan, bütünleşik iklimlendirme ve akıllı aydınlatma sistemlerini kullanan bir yapıdır.

Divertimento: Bütünleşik iklimlendirme ve akıllı aydınlatma sistemlerine sahip uyarlanabilir formda bir yapıdır.

Intelligent Room: Tüm mekan odanın ‘beyin’inde kayıtlıdır ve odanın ‘beyin’i kullanıcıları ile sesli iletişim halindedir. Aynı zamanda yapay zeka kullanılmaktadır. Ancak Tepkimeli Mimarlıktaki uyarlanabilir form, bütünleşik iklimlendirme veya akıllı aydınlatma sistemlerinden herhangi biri kullanılmamaktadır. Bütünleşik iklimlendirme ve akıllı aydınlatma sistemlerine sahip uyarlanabilir formda bir yapıdır.

E-motive House: Tüm ölçütlere uygundur. Ancak çevreye karşı duyarlılığı daha ön plana alınabilir. Ayrıca yapı için yapay zeka öngörülmemiştir.

Interactive Restaurant: Çevrele etkileşim halindedir. Ancak çevreye karşı duyarlılığı gösteren özellikler, bütünleşik iklimlendirme sistemi veya akıllı aydınlatma sistemi öngörülmemiştir. Ayrıca yapı içinde yapay zeka kullanılmamaktadır.

Transformer Building: Farklı işlevlere uygun olarak form değiştirme kabiliyetindedir ve buna bağlı olarak uyarlanabilir bir taşıyıcı sistemi ve buna uygun malzemeleri bulunmaktadır. Ancak diğer Tepkimeli Mimarlık ürünü ölçütlerine uygun özellikler öngörülmemiştir.

Muscle Room: Farklı kullanıcı profillerine uyarlanabilir formda, kullanıcılarla etkileşime girebilen bir Tepkimeli Mimarlık ürünüdür. Ancak diğer Tepkimeli Mimarlık ürünü ölçütlerine yönelik özellikleri barındırmamaktadır.

Smart Village: Tümüyle Tepkimeli Mimarlık yapılarını içeren, hatta kentsel anlamda böyle bir bölge tanımlayan bir proje olması açısından ölçütlere en uygun ve en etkili Tepkimeli Mimarlık örneği olduğu söylenebilir. Tüm Tepkimeli Mimarlık ürünü ölçütlerini karşılamaktadır. Sadece sistemin güvenliği konusunda çalışmalar yapıp yapılmadığı konusunda bilgiye ulaşılamamıştır.

Belirlenen Tepkimeli Mimarlık ölçütleri ve Tepkimeli Mimarlık ürünü tasarımında dikkat edilmesi gereken noktalar göz önüne alındığında irdelenen örneklerden şu sonuçlar çıkarılmaktadır:

- Verilen ölçütlerin tümüne uygun Tepkimeli Mimarlık örneklerinin çok az sayıda olduğu anlaşılmaktadır ve yapılan literatür araştırmasına dayanarak tüm ölçütlere uyan uygulanmış bir ürünün bulunmadığı söylenebilir. Ancak kavramsal olarak geliştirilmiş tümüyle Tepkimeli Mimarlık ürünleri mevcuttur.
- Bilgisayar ile bütünleştirilen yaşama alanı çalışmalarının çoğu ‘akıllı’ ürünlerdir; yapay zekanın kullanıldığı örnekler, yani ‘zeki’ ürünler azınlıkta kalmaktadır. Oysa evrimleşen bir sistem olması istenen Tepkimeli Mimarlık ürününün yapay zekaya sahip olmasını gerektirmektedir.
- Verilen yaşama alanı örnekleri ve yapılan literatür araştırması dikkate alınarak enerjinin verimli kullanılması konusunun önemsendiği saptanmıştır. Hatta birçok örneğin sırf bu amaçla geliştirilmiş olduğu, bütünleşik iklimlendirme sistemleri ve akıllı aydınlatma sistemlerini kullandığı gözlenmiştir.

- Kullanıcı isteklerine ve işlev değişikliklerine bağlı olarak form değiştirme kabiliyetine sahip yapıların tasarımı üzerine yapılan çalışmaların daha bütünsel yaklaşıma sahip olması gerektiği görülmektedir. Yapının sadece çatısının, sadece duvarlarının veya sadece döşemesinin uyarlanabilir olması yeterli olmayacaktır.
- Araştırma kapsamında incelenen örneklerin çoğunda tasarlanan yapının matematiksel modelleri sunulmamıştır; buna bağlı olarak sistemde hangi değişkenlerin, hangi sabitlerin ve hangi etkenlerin dikkate alındığı irdelenememektedir.
- Hiçbir projede Tepkimeli yapının gelecekte nasıl değişeceği, nasıl yenileneceği, sürdürülebilirliği ve geri dönüşümü konusunda fikir verilmemiştir. Çevreye duyarlı olması gerektiği düşünülen Tepkimeli Mimarlık ürünü için bu konuların tasarım aşamasında netleştirilmesi gerekmektedir.
- Verilen örneklerin çoğunda yapının yakın çevresiyle ve bulunduğu bölgeyle ilişkisi ve iletişimi, bu iletişimin nasıl kurulduğu ve kullanıcı ile gerçekleştirdiği iletişimin nasıl olduğu ile ilgili görüşler belirtilmemiştir. Mimarın Tepkimeli Mimarlık yapısının tasarımında üzerinde durması gereken en önemli konulardan birinin yapının çevresi ile ilişkisi ve iletişimi olduğu dikkate alınmalıdır.

4.3 Tepkimeli Mimari Ürünün Tasarım ve Yaşam Sürecindeki Başkalaşımı ve Gelecek ile İlgili Görüşler

Mimarın, Tepkimeli Mimarlık ürününün tasarım sürecinde, geleneksel mimarlık ürünlerine oranla daha etkin rol oynaması gerektiği açıktır. Çünkü mimarlık ürününün tasarımındaki tarafların ve kullanıcının Tepkimeli Mimarlık ürününden beklentileri geleneksel mimarlık ürünündekinden farklıdır: örneğin işveren veya mal sahibi için bu yapının en yararlı tarafı mekansal hizmeti farklı işlevlere ve kullanıcılara uygun olarak sağlayabilmesi, esnekliği, uyarlanabilirliği ve kontrol edilebilirliğidir. Tasarım sürecindeki diğer disiplinler de farklı bir bakış açısına sahip olmaktadır ve sorumlulukları artmaktadır; çünkü tasarlanan her alt sistem doğrudan diğer alt sistemlerle ilişkilidir. Mimarın bu disiplinlerin örgütlenmesini sağlaması tasarım sürecindeki en can alıcı noktadır. Tepkimeli Mimarlıkta, ürünün matematiksel modellerinin oluşturulması, bilgi ağı yapısının tariflenmesi ve bu ağa bağlı sabit ve değişkenlerin belirlenmesi, Tepkimeli Mimarlık ürününün sınırlarının tanımlanması, hareketli sistemlerinin çerçeve olarak tasarlanması ve diğer

disiplinlerin belirtilen bu sistemlerin detaylı tasarımlarında rol oynaması mimarın sorumlu olduğu kabul edilen konulardır. Ancak Tepkimeli Mimarlık yapısında mimari tasarım bu farklı sistemlere doğrudan bağlıdır. Bu nedenle mimar, disiplinler arası işbirliğini sağlayabilmek için farklı disiplinlerin konularına da hakim olabilmeli ve bu bağlamda tasarıma ve tasarım ekibine yön verebilmelidir. Mimarın sağlıklı bir şekilde örgütlediği tasarım ekibi, belirlenen ölçütlere uygun bir Tepkimeli Mimarlık ürünü meydana getirebilecektir. Tasarım sürecinde tasarım ekibinin yapının yaşam süreci senaryolarını gözden geçirmesi, ömrünü ve geri dönüşümünü planlaması dikkat edilmesi gereken noktalardır.

Mimar tasarım sürecindeki etkin rolünü kullanım sürecinde kullanıcı ve Tepkimeli Mimarlık yapısına devreder. Kullanım sürecinde yapı kullanıcı ile beraber bir örgütlenme içinde bulunmaktadır. Bu örgütlenmeyi bir organizmaya benzetmek mümkündür; örgütlenme farklı koşullara göre dengesini bulan bir organizma gibidir. Geleneksel anlamdaki mimarlık ürününün aksine, fiziksel çevre karşı taraf olarak algılanmamaktadır; onun yerine beraber değişen, uyarlanan hatta zamanla evrimleşen bir ‘bir arada yaşama’ durumu söz konusudur.

Kullanıcı, mimarın kontrolünde tüm alt sistemi tasarlanmış tepkimeli yapının mekansal niteliklerini belirleyebilmektedir. Tepkimeli yapı ise kullanıcının gereksinimlerini ve fiziksel çevreyi öğrenerek, fiziksel çevre ve kullanıcı arasındaki arabulucu görevini yerine getirmektedir. Önceleri kullanıcı ve fiziksel çevre tepkimeli yapıyı eğitirken, bir süre sonra tepkimeli yapı kullanıcı ve fiziksel çevre gibi yaşayan bir organizma haline gelebilmektedir. Tepkimeli yapı değişen işlevlere, fiziksel çevre koşullarına ve kullanıcılara göre farklı davranış modelleri geliştirebilecektir. Bu süreç bir konut için düşünüldüğünde, konutun, barınan insanın karakterini ve deneyimlerini yansıtacağı öngörülebilmektedir. Eğer örnek, Muscle Room’daki gibi, bir otel odasının Tepkimeli Mimarlık ürünü olarak tasarlanması olursa, tepkimeli otel odası kendini farklı kullanıcılara göre uyarlamayı öğrenecek, tercih edilen mekansal nitelikleri istatistiksel bilgiler halinde saklayabilecek ve bunları yorumlayarak kullanıcı tercihlerini öngörmeye başlayabilecektir. Daha büyük ölçekte bir örnek düşünülürse, kent içindeki Tepkimeli Mimarlık ürününün değişen kentsel dokuya, sosyal, psikolojik veya fiziksel etkenlere göre yakın çevresi ve bulunduğu kent ile iletişim şeklini değiştirebileceği öngörülebilmektedir. Bu yapılar, değişen kentsel kültürün somut göstergeleri olabilecektir.

Tepkimeli Mimarlık ürününün, özellikle beklenen enerji sıkıntısı nedeniyle, gelecek yıllarda kaçınılmaz bir biçimde yaygın olarak uygulanır hale geleceği düşünülmektedir. Tepkimeli Mimarlık, yüksek teknolojilerin zamanla daha ekonomik hale gelmesi sayesinde sadece üst gelir grubuna değil, alt gelir grubuna da kolaylıkla ulaşabilecektir. Yaygın hale gelen Tepkimeli Mimarlık, farklı bina türlerinde farklı biçimlerde kendini gösterecektir. Bu bağlamda Tepkimeli Mimarlık ürünlerinin nerelerde nasıl kullanılabileceği konusunda en uç örnekler Lehman'ın örnekleridir. Lehman'ın "Sensing Architecture" isimli web sayfasında Tepkimeli Mimarlığın nasıl binalar üretilmesini sağlayabileceği konusunda ileri sürdüğü birçok kurgusal öneriye ulaşılabilmektedir. Örneğin Lehman Tepkimeli Mimarlık ürünü olan hastanelerin hastanın tedavisinin gereklerini anlayabileceğini, stresini ve ağrılarını azaltmaya çalışacağını, hastayı iyileştirme amacıyla kendini şekillendirebileceğini öngörmektedir. Böylelikle hastane odaları belirli hastalıklara, tedavilere ve hasta tiplerine göre etkileşimlerini ayarlayabilecek ve hastane personeline yardımcı olabilecektir (Lehman, 2008a). Lehman kurumsal çalışma alanları için üretilebilecek tepkimeli mekanları şu şekilde anlatmaktadır (Lehman, 2008c):

"Mekanın kültürü kullanıcılarının birbirleri ile, müşteriler ile ve günlük işleri ile ilişkileriyle bağlantılıdır. Kurumlar kendi kültürlerini evrimleştirdikçe, mimari mekan da kullanılan yöntemleri yansıtmakta ve göstermektedir. Peki ya mimari mekan doğrudan çalışanlarla beraber yeni bir kültürün evrimleşmesine yardım ederse nasıl olurdu? Bu kurumsal kültürel evrimi kim yürütecektir? İşveren odaklı bakış açısıyla verimliliği artırma konusunda bir araştırma çok yararlı olabilir. İşverenin kurumla ilgili anlayışı mimari tasarımda açığa vurulmaktadır. Ama neden bu kadarla kalsın ki? Etkileşimli mimarlık ile çalışma alanının mimari kılıfı tüm bu bakış açılarının ve fazlasının ilişkilerini içerebilir. Etkileşimler bütünleştikçe, kurallar ve hedefler, çalışan verimliliği, yaratıcılık, satış ve sağlık gibi birçok konuyu da hedef alacak evrimsel kilometre taşları oluşturabilir."

David H. Freedman'ın "Reality Bites" adlı makalesinde verdiği bilgiye göre, 2008'de bir firmanın ürettiği düşünce okuyan cihaz sayesinde kullanıcı video oyunlarını, bilgisayar teknolojilerini, hatta yaşadığı evi kontrol edebilmektedir (Freedman, 2008). Lehman, bu gibi teknolojiler sayesinde Tepkimeli Mimarlığın sadece hareketlerimizi değil, düşüncelerimizi de okuyarak, kullanıcılarını anlayan ve ikna eden yapılar haline gelebileceğini belirtmektedir (Lehman, 2008b).

Daha geniş ölçekte bakılacak olursa Tepkimeli Mimarlık yapısının nelere aracı olabileceği şaşırtıcı olmaktadır. Kentsel ölçekteki bir Tepkimeli Mimarlık ürününün kentlinin aidiyet ve kentlilik bilincini geliştirme rolünü oynayacağı düşünölebilmektedir. Tepkimeli Mimarlık yapısı belediyelerin aldığı kararlarla kentin içindeki varoluşunu ve iletişimini yeniden düzenleyebilecektir veya kentte fark edilmeden değişen durumları belediyelere bildirebilecektir. Belediye – Tepkimeli Mimarlık yapısı – kentli arasındaki iş birliği sayesinde büyük kentsel projeler kolaylıkla yürütölebilecektir. Tepkimeli yapının sağlayabileceği bu olanaklar, çok daha büyük ölçeklerde nelerin başarılabileceğini düşöndürmektedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tez kapsamında Tepkimeli Mimarlığın mimari tasarım anlayışını, mimari tasarım sürecini, mimari tasarım sürecindeki rolleri ve yaşadığımız çevreyi nasıl değiştirebileceği anlatılmıştır. Tepkimeli mimarlığın ne olduğu, nasıl uygulanabileceği, nasıl yaşayabileceği konuları üzerine durulmuştur. Tepkimeli Mimarlık literatür araştırmaları üzerinden anlatılmış, irdelenmiş, yorumlanmıştır; uygulandığında nasıl süreçlere sahip olacağını belirlenmiştir ve Tepkimeli Mimarlık ürününü üretirken, kabul edilegelmiş mimari tasarım ile yapı kullanım sürecinin başkalaşımını ortaya koyulmuştur. Bu başkalaşıma dayanarak, gelecek için öngörülerde bulunulmuştur. “Sonuç ve Tartışma” bölümünde, ulaşılan sonuçlar ve yapılan değerlendirmelere bağlı olarak tartışılacak noktalara değinilmektedir.

Tepkimeli Mimarlığın kullanıcılarına ve çevresine sağladığı olanaklar şu şekilde özetlenebilir:

- Kullanıcılar ve çevresiyle etkileşim halinde olması,
- Formunu işlev değişikliklerine ve fiziksel çevre koşullarına göre uyarlaması,
- Kullanıcı konfor şartlarını iklimlendirme ve aydınlatma bağlamında en az enerji tüketimi ile sağlaması,
- Kullandığı enerji tüketimini azaltan ve geri dönüşümlü malzemeler ile bir binanın çevreye verdiği zararları azaltması,
- Kullanıcının ve kentin kültürünü ve deneyimlerini kaydetmesi ve yansıtması,
- Sürdürülebilir yaşama mekanları sunması.

Tepkimeli Mimarlık ürününün sunduğu olanakların sonucu olarak doğabilecek fırsatlar ve oluşabilecek tehditler bulunmaktadır. Bu fırsatların en başında, kullanıcının bina bazındaki etkinliğini beraber sürdürdüğü bir organizma gibi kabul edilebilecek Tepkimeli yapının, fiziksel çevre ve kullanıcıların belleği haline gelebileceği, hatta yaşama kültürünü beraber geliştirmeye olanak tanıyabileceği gelmektedir. Gündelik hayatın ve kültürün değişimi bu yapılar üzerinden izlenebilecektir. Tepkimeli Mimarlık kentlilik bilincini, farkındalığı ve aidiyet hissini

arttırabilecek fırsatlar sunabilecektir. Kentsel sorunlar somut değerler ile belirlenebilecek ve izlenebilecektir. Tepkimeli yaşama alanlarındaki kullanıcıların kültürü ve kent kültürü Tepkimeli Mimarlık sayesinde geliştirilebilecektir. Tepkimeli Mimarlık ürünleri kentsel projelere (sosyal, kültürel, ekolojik ..vb.) destek olabilecektir. Tepkimeli yapı, sahip olduğu yapay zeka sayesinde değişen koşullara bağlı olarak kendini ve çevresini geliştirme önerilerinde bile bulunabilecektir. Ayrıca çevreci bir bakış açısıyla üretilen bu yapılar zamanla ekolojik dengenin olumlu yönde değişmesine sebep olabilecektir.

Sunulabileceği tüm bu fırsatların yanında, Tepkimeli Mimarlığın yaratabileceği tehditler de bulunmaktadır. Bu tehditler, çoğunlukla Tepkimeli yapının sahip olduğu bilgi açısından kaynaklanmaktadır. Tepkimeli yapı içindeki tüm etkinlikler kayıt altına alınmaktadır. Bu nedenle ilk tehdidin özel / gizli bilgilerin başkaları tarafından ele geçirilmesi olasılığı olduğu söylenebilir. Bu kurumsal mekanlarda farklı, konut mekanlarında farklı sıkıntılara neden olabilecektir. Özel / gizli bilgilerin çalınması Tepkimeli yapının bilgi ağına bir virüs sokmak ile veya doğrudan bilgi ağına erişmek ile gerçekleştirilebilecektir. İkinci tehdit, bilgi ağı sisteminin çökertilme olasılığıdır. Yine bilgi ağı sistemine gönderilecek bir virüs ile sistemin çalışması engellenebilecektir; kullanıcılar mekanları kullanamaz hale gelebilecektir; kullanıcının sağlığını olumsuz yönde etkileyecek düzeye bile gelebilecektir. Diğer bir tehdit, sistemin kullanıcı istekleri, konforu ve sağlık gereksinimlerini karşılamayacak, hatta sistemin bunların tersine çalışacak hale getirilebileceğidir. Günümüzde tüm bilgisayar kullanıcıların kabusu haline gelen virüslerin, gelecekte üretilen Tepkimeli yapıların bilgi ağlarını da etkileyebileceği ve bunun sonucu olarak kullanıcılara zarar bile verebileceği konusuna dikkat edilmelidir. Sistemin ağ güvenliği, sürdürülebilirliği için dikkat edilmesi gereken bir nokta olacaktır.

Tepkimeli Mimarlık ürününün yaratabileceği bir tehdit olarak ele alınabilecek bir olasılık da, tasarımcıların bu yapıyı tasarlarlarken içine kapalı bir sistem olarak tasarlaması, yapının dışarısı ile iletişimsiz olmasını tercih etmesi olasılığıdır. Bu iletişimsizlik, Tepkimeli yapının sağlayacağı birçok fırsata engel olacaktır. Tepkimeli Mimarlık ürünü kullanıcı ile iletişim içinde olduğu kadar ekolojik, sosyal, kültürel ve yapısal çevresiyle de iletişim halinde olmalıdır. Ancak bu iletişimin sonucu olarak duyarlı ve sürdürülebilir bir yapı olarak yaşamına devam edebilecektir.

İletişimsizliğin tercih edilmesi durumunda ise, Tepkimeli yapıların yoğunlaştığı bir kentte, kentin sosyal ve kültürel yaşamının zayıflama olasılığı ortaya çıkabilecektir.

Mimarın Tepkimeli Mimarlık ürününün iletişimi ve güvenliği konusunda önemli bir sorumluluğu vardır. Tasarımın en başından itibaren, yapının iletişim şekillerini tasarlarken bu fırsatları ve tehditleri göz önünde bulundurması, senaryolarını oluşturması ve bu senaryoları dikkate alarak tasarım kararlarını vermesi gerekecektir.

Son olarak, tez kapsamında yapılan araştırmalar sonucunda, günümüz teknolojilerinin sağladığı olanakların hızla genişlemesi ve yeni teknolojilerin giderek ekonomik hale gelmesi nedeniyle Tepkimeli Mimarlığı geleceğin mimari yapılarında kaçınılmaz şekilde yaygınlaşacağı düşünülmektedir. Tepkimeli Mimarlığın ne olduğu, nasıl tasarlandığı, nasıl bir yazılımla çalıştığı, nasıl malzemelerle uygulandığı ve Tepkimeli Mimarlık ürünü tasarım ekibindeki farklı disiplinlerle nasıl işbirliği içinde çalışılabileceği konularının mimarın hakim olduğu konular olması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AAAI ekibi**, 2008. AI Topic: Brief History of Artificial Intelligence, *Association for the Advancement of Artificial Intelligence Web Site*, <http://www.aaai.org/AITopics/pmwiki/pmwiki.php/AITopics/BriefHistory#mod>, alındığı tarih: 9 Nisan 2009.
- Adam B. ve Smith I. F.C.**, 2008. Active tensegrity: A control framework for an adaptive civil-engineering structure, *Computers and Structures*, Elsevier, ISSN 2215–2223.
- Badarnah L. ve Knaack U.**, 2007. Integral Envelope, *Building Technology Research Projects-2006*, Eekhout M., Tunçer B. ve Visser R.
- Beesley P., Hirosue S. ve Ruxton J.**, 2006. Toward Responsive Architectures, *Subtle Technologies 06*, Toronto, Ont. : Riverside Architectural Press, ISBN: 0-9780978-0-7.
- Benyus J. M.**, 1997. Biomimicry Innovation Inspired by Nature, New York: HarperCollins Publishers, s. V., ISBN 0-06-353322-6.
- Bergsma A. ve Knaack U.**, 2007. Liquid Facade, *Building Technology Research Projects-2006*, Eekhout M., Tunçer B. ve Visser R.
- Bernstein P. G.**, 2001. Articles: The Digital Evolution of Practice in the 21st Century, *Design Intelligence Web Site*, <http://www.di.net/articles/archive/2034/>, alındığı tarih: 05 Mart 2009.
- Boed V.**, 1998. Control and Automation for Facilities Managers: Applications Engineering, CRC Press, s. 1., ISBN 084939872X.
- Burns K.**, 2007. Greg Lynn’s Embryological House Project: The “Technology” And Metaphors Of Metorsmof Architecture, *University of Technology Sydney: UTSiResearch Web Site*, http://epress.lib.uts.edu.au/dspace/bitstream/2100/467/1/Burns_Greg%20Lynn.pdf, alındığı tarih: 23 Nisan 2009.
- Callaghan V., Clarke G. ve Chin J.**, 2009. Opinion: Some socio-technical aspects of intelligent buildings and pervasive computing research, *International Buildings International*, Earthscan, s. 56-74. - ISSN: 1756–6932.
- Chang S.**, 2004. Smart Architectural Surface: Modularized Platform for Polymorphic Functional Changes and Multimodal Interactions, *The Virtual Reality Society of Japan Web Site*, http://www.vrsj.org/ic-at/papers/2004/Workshop_1/W1-6.pdf. alındığı tarih: 23 Nisan 2009.
- Christiansson P.**, 2000. Knowledge Representations And Information Flow In The Intelligent Building, *Proceedings of the Eighth International*

Conference on Computing in Civil and Building Engineering, ISBN 0-7844-0513-1.

- Cisco**, 2009. Internetworking Basics, *Cisco Web Sitesi*, <http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/Intro-to-Internet.html#wp1020560>, alındığı tarih: 7 Nisan 2009.
- Coen M. H.**, 2009. A Prototype Intelligent Environment, Cambridge, MA.
- Computing at Cornell**, 2009. John von Neumann's Universal Constructor, *Computing at Cornell Web Sitesi*, <http://people.cornell.edu/pages/up22/jvn.html> alındığı tarih: 11 Mart 2009.
- Cooperstock J. R.**, 1995. Evolution of a reactive environment, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Denver, Colorado, United States : Addison-Wesley Publishing Co., s. 170-177. - ISBN:0-201-84705-1.
- Cuff D.**, 1991. Architecture, the story of practice, Cambridge, MA : MIT Press.
- Davies C.**, 1988. High Tech Architecture, ISBN 978-0847808815.
- Diller+Scofidio**, 2002. Blur, ISBN 0-8109-2123-5.
- Diniz N.**, 2008, Augmented Membranes, *MIT Media Lab: Fluid Interfaces Group* <http://ambient.media.mit.edu/transitive/ubicomp07papers/diniz.pdf>, alındığı tarih: 23 Nisan 2009.
- Eggermont M.**, 2008. Biomimetics as problem-solving, creativity and innovation tool, *Design and Nature IV*, ISSN 1743-3541.
- Elliott C.**, 2009. Opinion: Intelligent buildings: Systems Engineering For The Built Environment, *Intelligent Buildings International*, Earthscan, - s. 75-81 ISSN: 1756-6932.
- Elvin G.**, 2009. George Elvin: Nanotechnology, Architecture, and The Future of The Built Environment, *University of Illinois at Urbana-Champaign, College of Fine and Applied Arts Web Sitesi* <http://www2.arch.uiuc.edu/elvin/nanotechnologyindex.htm>, alındığı tarih: 07 Nisan 2009.
- Fox M.**, 2009a. Beyond Kinetic, *Robotecture*, <http://robotecture.com/Papers/Pdf/beyond.pdf>, alındığı tarih: 31 Mart 2009.
- Fox M.**, 2009b. Redesigning The Brick, *CAADRIA 2009 Konferansı*.
- Fox M.**, 2009c. IA History, *Robotecture*, <http://robotecture.com/spaceelevatorbase/lectures/ia-history.pdf>, alındığı tarih: 6 Mart 2009.
- Fox M.**, 2009d. KDG Projects: Moderating Skylights, *Robotecture*, <http://www.robotecture.com/kdg/Projects/p07.html>, alındığı tarih: 6 Nisan 2009.
- Fox M.**, 2009e. Kinetics and Mechanical Motions, *Robotecture*, <http://www.robotecture.com/eiw/lectures/Kinetics.pdf>, alındığı tarih: 6 Mart 2009.
- Fox M.**, 2009f. Flock Wall Syballus, *Robotic Architectural Environments*, <http://robotecture.com/flockwall/wip.html>, alındığı tarih: 08 Mart 2009.

- Fox M. ve Kemp M.,** 2008. Introduction, *Interactive Architecture*, Princeton Architectural Press, ISBN-13: 978-1568988368.
- Fox M. ve Yeh B.,** 2009. Intelligent Kinetic Systems, <http://kdg.mit.edu>, alındığı tarih: 07 Mart 2009.
- Frazer J.,** 2002. Generative and Evolutionary Techniques for Building Envelope Design, *Generative Art 2002*, Milan.
- Frazer J.,** 1995. Evolutionary Architecture, Architectural Association.
- Frazer J. H.,** 2001. The cybernetics of architecture: a tribute to the contribution of Gordon Pask, *Kybernetes*, MCB UP Ltd, 2001, Cilt 5/6, s. 641-651, ISSN:0368-492X.
- Frazer J.,** 1995. New Tools: Shape Processing, *An Evolutionary Architecture*, ISBN 1 870890 47 7.
- Freedman D. H.,** 2008, Reality Bites, *Inc.Web Site*, <http://www.inc.com/magazine/20081201/reality-bites.html>, alındığı tarih: 17 Nisan 2009.
- Friedman Y.,** 1975. Toward a Scientific Architecture, The MIT Press.
- Furtado C. L. G. M.,** 2008. Cedric Price's Generator and the Frazers' systems research, *Technoetic Arts: A Journal of Speculative Research*, Intellect Ltd., Cilt VI, s. 55-72.
- Gibilisco S.,** 1994. The McGraw-Hill Illustrated Encyclopedia of Robotics&Artificial Intelligence, s. 13-16.
- Glanville R.,** 1997. Gordon Pask, *International Society for the Systems Sciences Web Sitesi*, http://projects.iss.org/gordon_pask, alındığı tarih: 10 Mart 2009.
- Guasque Y.,** 2005. Immersive and participative environments, *Refresh Konferansı*.
- Haque U.,** 2006. Architecture, Interaction, Systems, *Usman Haque Web sitesi*, <http://www.haque.co.uk>, alındığı tarih: 24 Mart 2009.
- Haque U.,** 2009 Gordon Pask and Architecture, *Usman Haque Web sitesi*, <http://www.haque.co.uk>, alındığı tarih: 24 Mart 2009.
- Haque U.,** 2004. Hardspace, softspace and the possibilities of open source architecture, *Usman Haque Web sitesi*, <http://www.haque.co.uk>, alındığı tarih: 24 Mart 2009.
- Hensel M. ve Menges A.,** 2008. Towards an Inclusive Discourse on Heterogenous Architectures, *Morpho-Ecologies*, ISBN 978 1 902902 53 1.
- Hobbs R.W.,** 1996. Leadership through collaboration, *AIArchitect*, Cilt 3, s. 11.
- Hoberman C. ve Schwitter C.,** 2008. Articles: "Adaptive Structures: Building for Performance and Sustainability", *Design Intelligence Web Site*, <http://www.di.net/articles/archive/2881/> alındığı tarih: 5 Mart 2009
- Hobermann C.,** 2008. Responsive Architecture, *Seed Magazine Video Web Sitesi*, <http://seedmagazine.com/designseries/chuck-hoberman.html>, alındığı tarih: 19 Nisan 2009.

- Hu C. ve Fox M.**, 2006. Starting From The Micro: A Pedagogical Approach to Designing Interactive Architecture, *Game Set Match Conference*, TUD.
- Hyperbody Research Group**, 2004. Muscle Tower -2, <http://www.thegreatesthits.net/hyperbody/mov/>, alındığı tarih: 15 Nisan 2009.
- Institution of Mechanical Engineers**, 2009 What is Mechatronics?, *Institution of Mechanical Engineers Web Sitesi*, <http://www.imeche.org/industries/mic/about/mechatronics-working-group/what-is-mechatronics.htm>, alındığı tarih: 31 Mart 2009.
- Intel Museum**, 2009 Intel's First Microprocessor, *Intel Web Sitesi*, <http://www.intel.com/museum/archives/4004.htm>, alındığı tarih: 07 Nisan 2009.
- Jansen T.**, 2007. The art of creating creatures (video), *Ted Talks Web sitesi*, http://www.ted.com/index.php/talks/theo_jansen_creates_new_creatures.html, alındığı tarih: 22 Mart 2009.
- Kalay Y. E.**, 1999. The future of CAAD: From computer-aided design to computeraided, *Computers in Building, Proceedings of the CAADfutures'99*, s. 65-79.
- Kujuro A. ve Yasuda H.**, 1993. Systems Evolution in Intelligent Buildings, *Communications Magazine*, s. 22-26.
- Lee J. H.**, 2004. Cooperation of Distributed Intelligent Sensors in Intelligent Environment, *IEEE/ASME Transactions On Mechatronics*, Cilt 6, s. 535-543, ISSN: 1083-4435/04.
- Lehman M. L.**, 2008a. Adaptable Healthcare Architecture, *Sensing Architecture Web Site*, <http://sensingarchitecture.com/2008/12/03/adaptable-healthcare-architecture>, alındığı tarih: 17 Nisan 2009.
- Lehman M. L.**, 2008b. Architectural Interactivity through Neural Devices, *Sensing Architecture Web Site*, <http://sensingarchitecture.com/tag/architectural-interactivity/>, alındığı tarih: 17 Nisan 2009.
- Lehman M. L.**, 2008c. Interactive Architecture and Corporate Cultural Evolution, *Sensible Architecture Web Site*, <http://sensingarchitecture.com/2008/11/07/interactive-architecture-and-corporate-cultural-evolution/>, alındığı tarih: 17 Nisan 2009.
- Lelieveld C., Eekhout M. ve Poelman W.** 2007. Adaptable Architecture, *Building Technology Research Projects 2006*, Eekhout M., Tunçer B. ve Visser R.
- Leung C. ve Gage S.**, 2007. Architectural State-Machines Responsive Fiber Optic Field, *Imaging Responsive Architecture*, <http://www.chrisleung.org/documents/000110-CL-GS-ArchitecturalStateMachines.pdf>, alındığı tarih: 22 Nisan 2009.
- Little G.**, 2004. Review New Media / Architecture, *Intelligent Agent*, Christiane Paul, Cilt IV.
- Magnoli G. C.**, 2001. Designing a DNA for responsive architecture: a new built environment for social sustainability, *MIT Media Lab Workshop*.

- Magnoli G. C.**, 2009 KDG Projects: Kinetic Acoustic Roof + Urban Energy Wall, *Robotecture*, <http://www.robotecture.com/kdg/Projects/p12.html>, alındığı tarih: 6 Nisan 2009.
- Mahalingam G.**, 2004. Model behavior, *Intelligent Building And Design*, s. 36-38.
- Mathews S.**, 2005. The Fun Palace: Cedric Price's experiment in architecture and technology, *Technoetic Arts: A Journal of Speculative Research*.
- Mazria E.**, 2003. It's the Architecture, Stupid!, *Solar Today (Mayıs-Haziran)*, s. 48-51.
- Mertins D.**, 2007. Where Architecture Meets Biology: An Interview with Detlef Mertins, *Interact or Die!*, Caroll S. B. ve diğ., Rotterdam, V2 Publishing, ISBN: 978-90-5662-577-1.
- Möller C.**, 2000. Audio Glow, *A Time and Place*, http://www.christian-moeller.com/display.php?project_id=6, alındığı tarih: 6 Nisan 2009.
- Mungan İ.**, 2009. 2000'lerin Eşiğinde Özellik Taşıyan Yapılar ve Yapı Mühendisliği, *İnşaat Mühendisleri Odası Web Sitesi*, <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/12614.pdf>, alındığı tarih: 08 Mart 2009.
- Nakauchi Y.**, 2004. Human Intention Detection and Activity Support System for Ubiquitous Sensor Room, *J Rob Mechatron*, s. 545-55, ISSN:0915-3942.
- Negroponte N.**, 1979. A Preface to Preface, *The Architecture Machine*, MIT Press.
- Nelson C.**, 2009. Embedded Computing Overview, *Walla Walla University Web Sitesi*, http://people.wallawalla.edu/~curt.nelson/engr355/lecture/1_embedded_overviewx.pdf, alındığı tarih: 7 Nisan 2009.
- Orambra**, 2005. Projects: Divertimento, *Orambra Web Sitesi*, <http://www.orambra.com/divertimento.html>, alındığı tarih: 6 Nisan 2009.
- Papadimitriou S. I.**, 2006. Control and emergence in responsive environments, *The 2nd IET International Conference on Intelligent Environments - IE 06, Athens*, Cilt 1, s. 89-91, ISSN: 0537-9989.
- Pask G.**, 1995, Foreword, *An Evolutionary Architecture*, Frazer J., ISBN 1 870890 47 7.
- Pask G.**, 1969, The Architectural Relevance of Cybernetics, *Architectural Design-Sep.1969*, s. 494-496.
- Philco Repair Bench**, 2009. Mystery Control, *Philco Web Sitesi*, <http://www.philcorepairbench.com/mystery/index.htm>, alındığı tarih: 7 Şubat 2009.
- Rabeneck A.**, 1969. Cybermation: A Useful Dream *Architectural Design-Sep.1969*.
- Redhouse**, 2002. İngilizce-Türkçe Redhouse Sözlüğü, Sev Matbaacılık ve Yayıncılık A.Ş., 34. Baskı, ISBN 975-8176-10-6.
- Rich S.**, 2007. Living Glass and River Glow: Developing Responsive Architecture, *World Changing*, <http://www.worldchanging.com/archives/006881>, alındığı tarih: 29 Nisan 2009.

- Rutishauser U., Joller J. ve Douglas R.,** 2004. Control and learning of ambience by an intelligent building, *Ieee T. On Systems, Man And Cybernetics: A, Special Issue On Ambient Intelligence*.
- Rzevski G.,** 2003. On conceptual design of intelligent mechatronic systems, *Mechatronics*.
- Saari P.,** 2001. "Science And Invention - Who Invented The First Personal Computer?", *eNotes Web Sitesi*, <http://www.enotes.com/history-fact-finder>, alındığı tarih: 7 Nisan 2009.
- Senagala M.,** 2005. Kinetic, Responsive And Adaptive: A Complex Adaptive Approach To Smart Architecture, *SIGRADI 2005*.
- Sherbini K. ve Krawczyk R.,** 2004. Overview Of Intelligent Architecture, *1st ASCAAD International Conference, e-Design in Architecture Dhahran, Saudi Arabia*, s. 137-152.
- Spoel W. V.,** 2007. Passive Cooling and Heating Using Adaptable Insulation, *Building Technologies Research Projects-2006*, Eekhout M., Tunçer B. ve Visser R.
- Sterk T. E.,** 2003a. Using Actuated Tensegrity Structures to Produce a Responsive Architecture, *Acadia22 / Connecting Crossroads Of Digital Discourse*, s. 85-93.
- Sterk T. E.,** 2003b. Building upon Negroponte: A Hybridized Model of Control Suitable for Responsive Architecture, *21. eCAAD Konferans Bildirileri, Graz, Austria*, s. 407-414, ISBN 0-9541183-1-6.
- Sterk T. E.,** 2006a. CAAD For Responsive Architecture, *Joint Study Report, Columbus Ohio*, s. 66-70, ISBN-13: 978-0-9792943-0-3.
- Sterk T. E.,** 2006b. Responsive Architecture: User-centred Interactions Within the Hybridized Model of Control, *Game Set and Match II Konferansı*, s. 494-501, Faculty Of Architecture, Delft University Of Technology (The Netherlands), ISBN 0-9059730364.
- Sterk T. E.,** 2009. Shape Control In Responsive Architectural Structures – Current Reasons And Challenges, *4th World Conference on Structural Control and Monitoring*.
- Tecim V.,** 2004. Sistem Yaklaşımı ve Soft Sistem Düşüncesi, *D.E.Ü. İ.İ.B.F.Dergisi*.
- The Network Architecture Lab,** 2009 The Architecture of Interfaces, *The Network Architecture Lab @ The Columbia University*, http://www.networkarchitecturelab.org/teaching/seminars/architecture_of_interfaces, alındığı tarih: 20 Mart 2009.
- Turan D.,** 2003. Turing Makinesi, *BM Dergi (Haziran 2003)*, EMO yayını.
- Url-1** <<http://www.moma.org>>, alındığı tarih: 20 Mayıs 2009.
- Url-2** <http://2.bp.blogspot.com/_VRJgso9Cyew/Rzmx6M4SqtI/AAAAAAAAAB5k/-gUijleg3G0/s1600-h/Cedric_6_ready.jpg>, alındığı tarih: 10 Mayıs 2009.

- Url-3** <<http://www.kennethsnelson.net/icons/struc.htm>>, alındığı tarih: 21 Mart 2009.
- Url-4** <<http://www.robotecture.com/kdg/Projects/p07.html>>, alındığı tarih: 11 Mayıs 2009.
- Url-5** <<http://enactive.walkway.googlepages.com/enactive>>, alındığı tarih: 15 Nisan 2009.
- Url-6** <http://dds.caup.washington.edu/sp01/DDB/2.work/docs.invis/angela_kinetic.pdf>, alındığı tarih: 11 Nisan 2009.
- Url-7** <<http://www.interactivearchitecture.org/600.html>>, alındığı tarih: 22 Nisan 2009.
- Url-8** <<http://www.oma.nl>>, alındığı tarih: 29 Mart 2009.
- Url-9** <<http://www.iaacblog.com/mariapapaloizou/wp-content/uploads/2007/10/emotionhouse-copy.jpg>>, alındığı tarih: 29 Mart 2009.
- Url-10** <<http://cmuarch2013.wordpress.com/2009/02/06/mos-lecture-notes>>, alındığı tarih: 19 Mart 2009.
- Url-11** <<http://robotecture.com/idining>>, alındığı tarih: 24 Mayıs 2009.
- Url-12** <<http://www.protospace.bk.tudelft.nl/live/binaries/7c13c533-6f9b-4f0b-a113-0c0ad9aaa37a/doc/index.html>>, alındığı tarih: 26 Mayıs 2009.
- Url-13** <http://www.sial.rmit.edu.au/Projects/Aegis_Hyposurface.php>, alındığı tarih: 26 Mayıs 2009.
- Vallgarda A ve Redstrom J.,** 2007. Computational Composites, *CHI 2007 Proceedings: Design Theory*.
- Voelcker A.,** 202. The selective environment — an approach to environmentally responsive architecture - Sustainable Framework, *Find Articles.com*, http://findarticles.com/p/articles/mi_m3575/is_1270_212/ai_95792005/pg_2?tag=content;coll, alındığı tarih: 6 Mart 2009.
- Weiss G.,** 1999. Multiagent Systems, A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, ISBN 0-262-23203-0.
- Wong J.K.W., Li H. ve Wang S.W.,** 2005. Intelligent building research: a review, *Automation in Construction*, Elsevier, s. 143–159.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Fatma Zeynep Gürbüz

Doğum Yeri ve Tarihi: Kadıköy 1983

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi: