TEMEL BİLGİ TEKNOLOJİLERİ

3B Yazıcılar ve Geleceğin Üretim Teknolojileri

Katman katman üretim, sektörlerde dönüşüm ve geleceğin olasılıkları



Nereden başlayıp nereye varacağız

01 Tanım ve temel kavramlar
02 Tarihçe ve çalışma prensibi
03 Yöntemler ve karşılaştırma
04 Sektörlerde kullanım
05 Ev ve organ üretimi
06 Sonuç ve kaynaklar

3D yazıcı nedir?

> Eklemeli üretimde malzeme katman katman eklenir.

- Dijital modelden doğrudan fiziksel nesne üretilir.
- Kalıp, zımba veya özel tezgâh gerekmez.
- ISO/ASTM 52900 bu üretim biçimini standartlaştırır.
- Aynı makinede çok farklı parçalar basılabilir.
- Çıktı bir yüzey değil, hacimdir.

Dört temel kazanç

1

Kalıpsız üretim: tek parça için ön yatırım gerekmez.

2

Kişiye özel üretim: her parça kendi verisine göre basılabiliyor.

3

Karmaşık geometri: iç kanal ve kafes yapılar üretilebilir.

4

Dağıtık üretim: dosya gönderilir, parça yerinde basılır.

5

Tasarım hatası üretime geçmeden görülür.

6

Küçük partide hızlı ve ekonomiktir.

İlk adımlar (1981–1987)

1981: Kodama, ışıkla sertleşen reçineyi katman katman biriktirdi. → 1984: Chuck Hull stereolitografi yöntemini geliştirdi. → 1986: Hull, stereolitografi için ABD patentini aldı. → 1987: İlk ticari SLA-1 makinesi satıldı.

- STL dosya biçimi bu yıllarda doğdu.
- Teknoloji başlangıçta yalnızca büyük firmalardaydı.

Masaüstüne iniş (1988–2009)

01

1988: Scott Crump FDM yöntemini geliştirdi.

02

1992: Toz yataklı SLS yöntemi ticarileşti.

03

1990’lar: Teknoloji “hızlı prototipleme” adıyla anıldı.

- 2005: RepRap açık kaynak makine tasarımını yayımladı.
- 2009: FDM patentleri sona erdi, fiyatlar düştü.
- Böylece hobi kullanımı ve topluluk üretimi başladı.

Baskıdan önce bilinmesi gerekenler

Katman: modelin kesitlerinin üst üste biriktirilmesi.

Dilimleme: modeli katmanlara bölen yazılım adımı.

G-code: makineye verilen hareket ve sıcaklık komutları.

STL: yüzey geometrisini taşıyan dosya biçimi.

Destek: sarkık bölgeleri baskı sırasında taşıyan yapı.

Doluluk: parça içinin ne kadarının dolu olduğu.

Modelden parçaya dört adım

BİR YANDA

- Model: CAD yazılımında tasarım veya hazır STL dosyası.
- Dilimleme: katman, doluluk ve destek ayarları yapılır.
- Baskı: makine katmanları üst üste biriktirir.

DİĞER YANDA

- Son işlem: destekler alınır, yüzey temizlenir.
- Hata çoğunlukla ilk katmanın yapışmamasından doğar.
- Her adım bir öncekinin doğruluğuna bağlıdır.

FDM: erimiş filamentin yolculuğu

- Filament dişlilerle ısıtıcı bloğa itilir.
- Nozul çapı genellikle 0,4 mm’dir.
- PLA için nozul 200–210 °C, tabla 50–60 °C.
- Katman yüksekliği 0,1–0,3 mm arasında seçilir.
- Soğutma fanı eriyen plastiğin çökmesini engeller.
- İlk katmanın yapışması baskının kaderini belirler.

Dosyadan makine komutuna

TERİMLER

Dilimleyici modeli yatay katmanlara böler.

İnce katman daha pürüzsüz yüzey verir ama süreyi uzatır.

Doluluk oranı tipik olarak %15–25 arasındadır.

- Destek yapıları havada kalan bölgelere eklenir.
- Baskı yönü, parçanın dayanımını belirler.
- Katmanlar arası yapışma her zaman daha zayıftır.

Başlıca baskı yöntemleri

01

FDM: eritilmiş termoplastik filament, en yaygın masaüstü yöntem.

SLA/DLP/LCD: sıvı reçine, UV ışıkla sertleşir.

SLS: naylon tozu lazerle birleşir, destek gerekmez.

SLM/DMLS: metal tozu tamamen eritilir.

PolyJet: çok malzemeli ve renkli baskı sağlar.

DED: büyük metal parça üretimi ve onarımı.

Reçine baskı: en ince detay

Sıvı reçine lazer veya projeksiyonla sertleştirilir.

Katman kalınlığı 25–100 mikrometreye iner.

Yüzey belirgin biçimde daha pürüzsüzdür.

Diş hekimliği ve kuyumculukta yaygındır.

Baskı sonrası IPA ile yıkama ve UV kürleme gerekir.

Sertleşmemiş reçine cildi tahriş eder.

Toz yatağı: SLS ve metal baskı

01 Toz yatağındaki malzeme lazerle noktasal birleştirilir.

02 SLS'de basılmayan toz destek görevi görür.

03 SLM/DMLS'de titanyum ve çelik tozu eritilir.

04 Topoloji optimizasyonu parçayı hafifletir.

05 İmplant ve havacılıkta kullanılır.

06 Makine yatırımı ve birim maliyet yüksektir.

Teknolojiler karşılaştırması

> FDM en ekonomik yöntem, yüzeyde katman izi kalıyor.

- SLA: en ince detay, reçine son işlem ister.
- SLS: desteksiz ve dayanıklı naylon parça.
- SLM/DMLS: metal parça, en yüksek yatırım maliyeti.
- PolyJet: çok malzemeli, görsel prototip için.
- DED: büyük metal parça ve onarım.

İki yazıcı arasındaki fark

1

2D yazıcı mürekkebi kâğıda aktarır, çıktı yüzeydir.

2

3D yazıcı malzemeyi biriktirir, çıktı hacimdir.

3

Dosya PDF değil, CAD veya STL’dir.

4

Süre saniyeler değil saatlerle ölçülür.

5

Maliyet sayfa değil gram üzerinden hesaplanır.

6

3D baskıda kalibrasyon ve bakım süreklidir.

Asıl rakip CNC

CNC talaş kaldırır, 3D yazıcı malzeme ekler. → CNC hassasiyet ve yüzey kalitesinde üstündür. → 3D baskı iç kanallı geometride rakipsizdir. → Seri üretimde kalıp hâlâ daha ekonomiktir.

- Küçük partide 3D baskı öne geçer.
- İki yöntem çoğu zaman birlikte kullanılır.

Sağlıkta 3D baskı

01

Cerrahi öncesi hastaya özel planlama modelleri basılır.

02

Gözenekli titanyum implantlar kemikle bütünleşir.

03

Kişiye özel protez ve ortez üretilir.

- Diş hekimliğinde reçine model ve kılavuz kullanılır.
- Tıbbi cihazlar ISO 10993 uyumunu gerektirir.
- Sterilizasyon ve belgeleme zorunludur.

Otomotivde prototipten aparata

Test parçaları kalıp beklemeden günler içinde üretilir.

- Fonksiyonel parçalar araç üzerinde doğrulanır.
- Klasik araçların kalkan parçaları yeniden üretilir.
- Birim maliyet seri üretimle yarışamaz.
- Montaj hattındaki jig ve fixture aparatları basılır.
- Metal baskıda fren kaliperi hafifletilir.

Mimarlık: maketten 1:1 betona

BİR YANDA

- Ölçekli maketler sayısal modelden doğrudan basılır.
- Beton ekstrüzyonunda duvar kalıpsız dökülür.
- Karmaşık geometrilerin kalıbı 3D basılır.

DİĞER YANDA

- Restorasyonda rölyef kopyaları üretilir.
- Donatı yerleştirme henüz standart değildir.
- Deprem davranışı ve yönetmelik belirsizdir.

Tarımda pratik kullanım

- Sulama bağlantıları ve sensör yuvaları yerinde basılır.
- Su geçirmez sensör kutuları sahaya göre tasarlanır.
- Dron ve sulama ekipmanının parçaları üretilir.
- Hayvanlar için hafif ortez basılabilir.
- Dış ortamda ASA veya PETG tercih edilir.
- Kırsalda tedarik süresini kısaltır.

Dört sektörün ortak noktası

TERİMLER

Kişiye özel, düşük adet ve karmaşık geometri aranır.

Çoğu zaman nihai ürün değil, ara parça üretilir.

Yaygınlaşmayı makine fiyatı değil bilgi sınırlar.

- Standart ve yüksek adetli işlerde eski yöntem kalır.
- Başarı için tasarım ve malzeme bilgisi gerekir.
- Teknoloji üretim zincirinin arka planında çalışır.

Ev üretimi: bugün nerede?

01

Beton ekstrüzyonu katman katman duvar örer.

WinSun (2014), Apis Cor (2017), ICON (2018) öncü örneklerdir.

Kalıp gerekmediği için biçim özgürlüğü artar.

Duvar birkaç gün içinde tamamlanabilir.

Maliyet iddiaları bağımsız doğrulanmamıştır.

Çoğu örnek tek katlı ve standart planlıdır.

Ev basımının sınırları

Çelik donatının yerleştirilmesi standartlaşmadı.

Katman arayüzlerinin deprem davranışı belirsizdir.

Ruhsat ve denetim mevzuatı bu yöntemi tanımıyor.

Yüzeyde katman izleri kalır, kaplama gerekir.

Tesisat ve yalıtım sonradan eklenir.

Yakın vadede afet konutlarında gerçekçidir.

Biyoyazıcı: hücreyle basmak

01 Biyomürekkep canlı hücre ve hidrojel karışımıdır.

02 Damlacık, ekstrüzyon ve lazer yaklaşımları vardır.

03 Doku iskelesi hücrelerin tutunacağı yapıyı sağlar.

04 2006: Wake Forest'ta mesane dokusu nakledildi.

05 2019: Tel Aviv'de küçük kalp modeli basıldı.

06 Modelde damar ağı ve pompalama yoktu.

Tam organ neden hâlâ uzak?

> Damarlanma: kalın dokuda hücreler beslenemez.

- Olgunlaşma: doku biyoreaktörde haftalarca bekler.
- Bağışıklık: reddedilme ve tümörleşme riski vardır.
- Düzenleme: canlı hücreli ürünlerin ruhsatı tartışmalı.
- Bugün kullanımda olan doku ve implantlardır.
- Tam organ on yılların konusudur.

Teknik, hukuki ve çevresel sınırlar

1
Büyük parça bir günü doldurabilir, hız sınırlıdır.

2
Baskı yönü malzeme davranışını değiştirir.

3
Sertifikasyon ve belgeleme karmaşıktır.

4
Sayısal dosya kolay çoğaldığı için taklit riski var.

5
PLA doğada çözünmez, endüstriyel kompost ister.

6
Reçine atığı kimyasal atık sayılır.

Baskı hızı neden artıyor?

Hızlı FDM makineleri yüksek akışlı nozul kullanır. → Titreşim telafisi, hız artarken kaliteyi korur. → Yeni soğutma ve sensörler baskıyı izler. → Yapay zekâ, dilimleme ayarlarını otomatik seçer.

- Çok nozullu kafalar farklı malzemeyi birleştirir.
- Hedef, seri üretime yaklaşan baskı süreleri.

Malzeme tarafındaki gelişmeler

01

Sürekli elyaf takviyeli baskı metal yerine geçiyor.

02

Yüksek sıcaklık polimerleri motor bölümünde deneniyor.

03

Geri dönüştürülmüş filament pazarı büyüyor.

- İletken ve esnek filamentler sensör baskısında kullanılıyor.
- Beton ve toprak karışımları inşaatta araştırılıyor.
- Biyobozunur reçineler geliştiriliyor.

Üretim nereye gidiyor?

Fabrikalar yerine bölgesel küçük üretim hücreleri.

- Yedek parça tedariki yerine yerinde basım.
- Stok yerine dosya arşivi tutulur.
- Tasarım ile üretim arasındaki mesafe kısalır.
- Standartlar ve sertifikasyon süreci belirleyici olur.
- Teknoloji seri üretimi tamamlar, bitirmez.

Yararlanılan kaynaklar

BİR YANDA

- Gibson, Rosen & Stucker (2015). Additive Manufacturing Technologies.
- Ngo vd. (2018). Composites Part B, 143, 172–196.
- Murphy & Atala (2014). Nature Biotechnology, 32(8), 773–785.

DİĞER YANDA

- ISO/ASTM 52900:2015. Additive manufacturing — Terminology.
- Hull (1986). ABD Patenti 4.575.330.
- Tay vd. (2017). Virtual and Physical Prototyping, 12(3), 261–276.