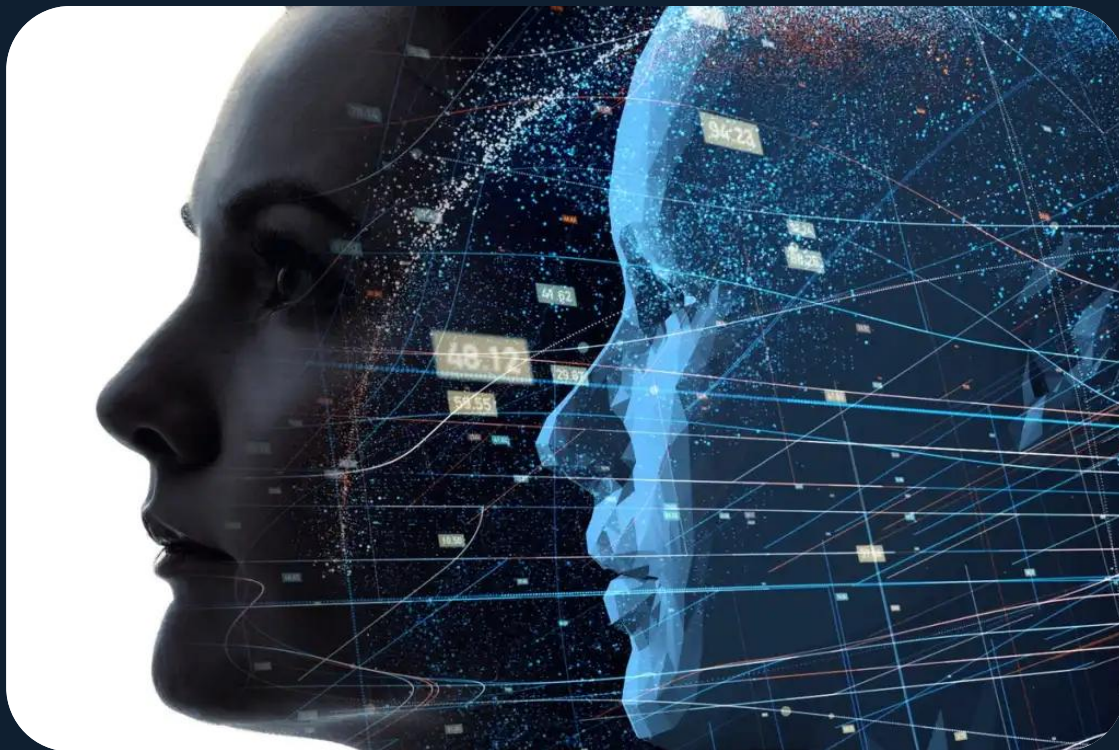


# دوقلوی دیجیتال (Digital Twin) فناوری نوین برای حفاظت و بازآفرینی میراث فرهنگی



دکتر مهسا ترابی

عضو هیئت علمی گروه علم اطلاعات دانشگاه بیرجند

# اگر فردا یک اثر از بین برود، چه چیزی از آن باقی می‌ماند؟



؟

• عکس‌ها؟

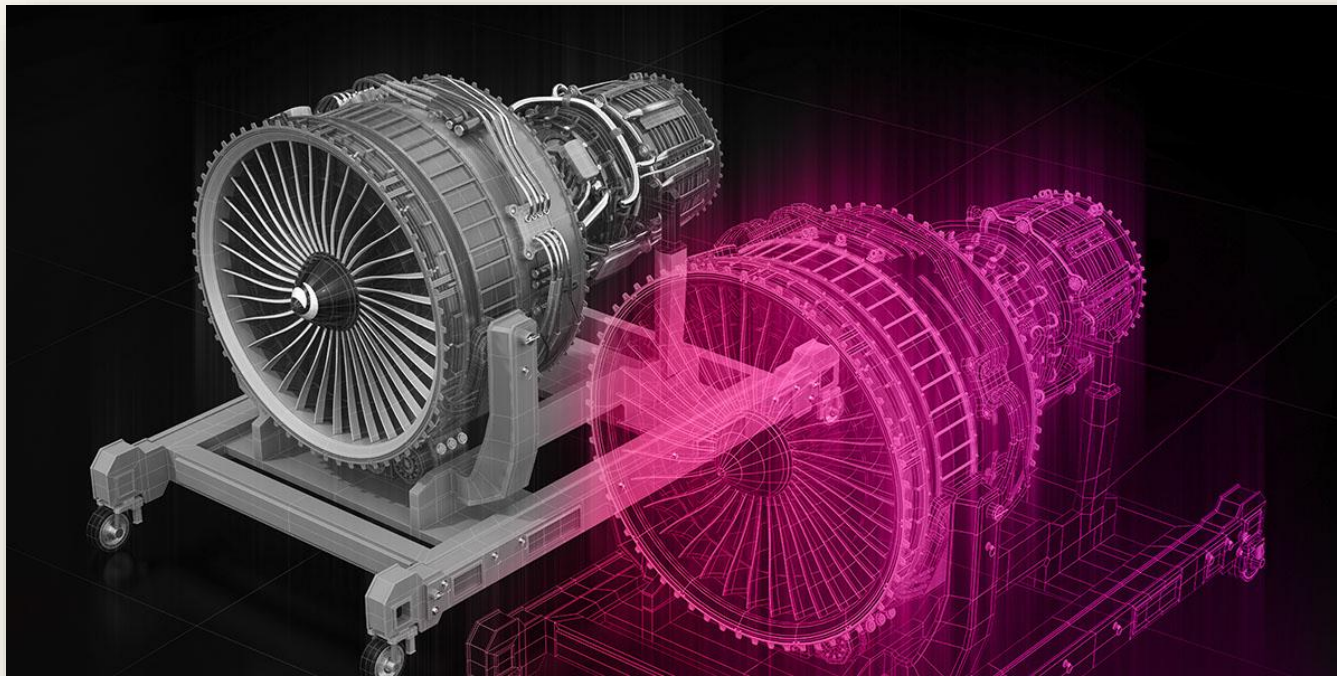
• نقشه‌ها؟

• اسناد؟

• یا یک بازنمایی دیجیتال قابل استناد، قابل تحلیل و قابل به‌روزرسانی؟

# میراث فرهنگی فقط «ساختمان» نیست

- میراث ملموس: بنا، شیء، نسخه خطی، سند، عکس و اثر هنری
- میراث ناملموس: زبان، موسیقی، آیین، داستان، دانش بومی و مهارت
- هدف فناوری: پیوند «اثر» با «دانش و شواهد مربوط به اثر»



# از دیجیتال سازی تا دوقلوی دیجیتال

1

Digitalization →  
سند به داده / تبدیل ماده  
دیجیتال

2

3D Model → بازنمایی  
هندسی

3

HBIM → مدل هندسی +  
اطلاعات ساختمان تاریخی

4

Digital Twin →  
داده + بازنمایی دیجیتال  
+ ارتباط  
تصمیم گیری / تحلیل / پایش



• نتیجه این زنجیره: داده خام – بازنمایی معنادار – تصمیم بهتر

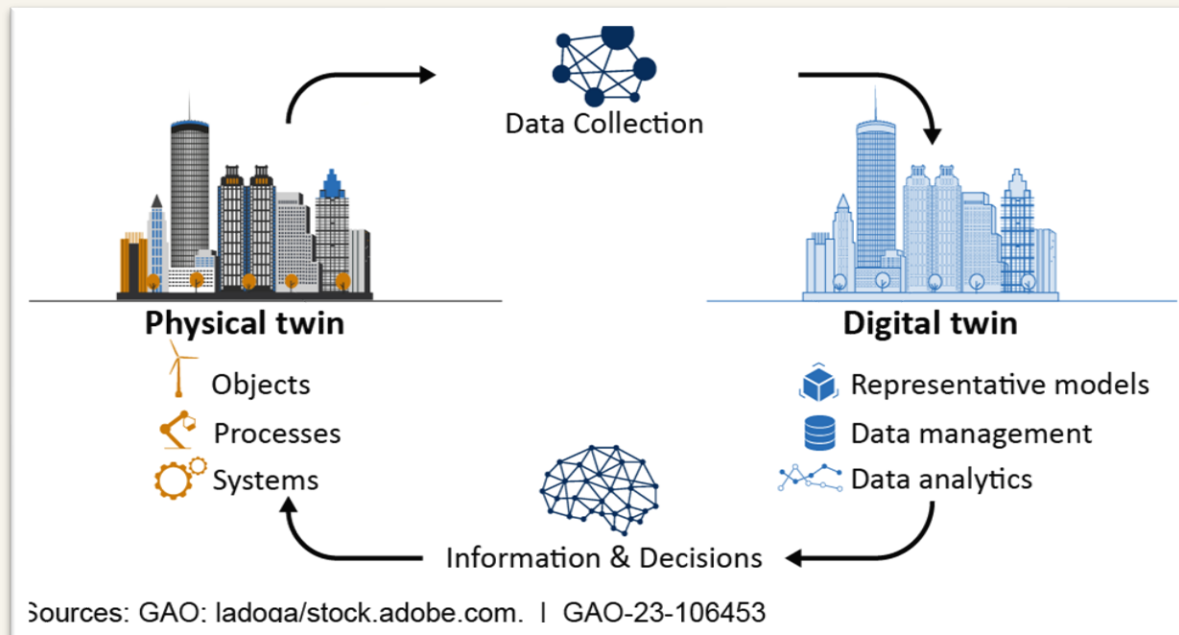
# دوقلوی دیجیتال چیست؟

• بازنمایی دیجیتال یک موجودیت واقعی یا ادراک شده

• قابلیت مشاهده وضعیت و تغییرات موجودیت

• استفاده برای تحلیل، ارزیابی، شبیه‌سازی و پشتیبانی تصمیم

• نکته: «مدل سه‌بعدی» به‌تنهایی Digital Twin نیست



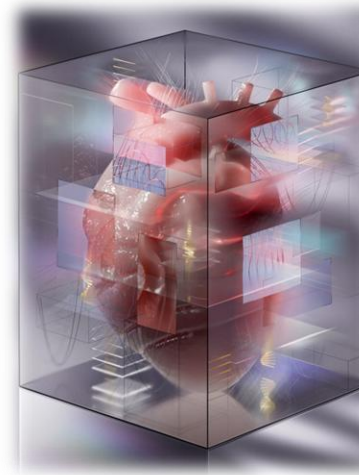
# مدل سه بعدی یا Digital Twin؟

## مدل سه بعدی



- بیشتر هندسه و ظاهر
- ممکن است ثابت باشد
- برای مشاهده مناسب است

## Digital Twin



- هندسه + داده + وضعیت
- قابل اتصال و به روزرسانی
- تحلیل، شبیه سازی و تصمیم

هر مدل سه بعدی Twin نیست.

# پنج جزء اصلی یک Digital Twin میراثی

۱. Physical Asset

اثر واقعی

۲. Digital Model

مدل دیجیتال

۳. Data

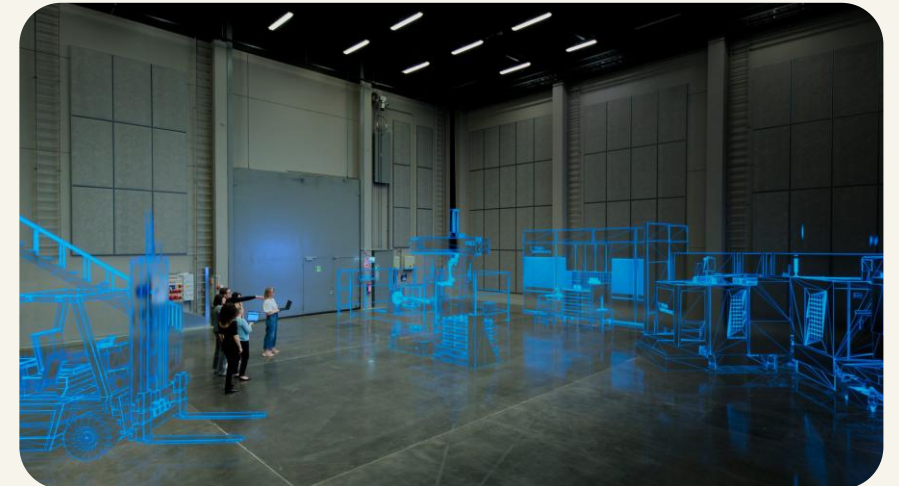
داده‌های تاریخی،  
هندسی و محیطی

۴. Connection

ارتباط با داده/نمونه  
واقعی

۵. Intelligence

تحلیل، شبیه‌سازی و  
تصمیم‌گیری



# چرا برای میراث فرهنگی مهم است؟

• تخریب و بلایای طبیعی

• فرسایش و تغییرات اقلیمی

• محدودیت دسترسی فیزیکی

• پراکندگی اطلاعات در آرشیوها و پایگاهها

• از دست رفتن دانش متخصصان و دشواری تکرار تجربه



ما دقیقاً چه چیزی را حفظ می‌کنیم؟

ما فقط «اثر» را دیجیتال نمی‌کنیم؛  
«دانش مربوط به اثر» را نیز حفظ می‌کنیم.



• پیام کلیدی: «دانش مربوط به میراث» را نیز حفظ می‌کنیم.

# دوقلوی دیجیتال از کجا داده می‌گیرد؟

- Photogrammetry
- LiDAR / Laser Scanning



- تصاویر و ویدئو
- GIS و داده‌های مکانی
- سنسورهای دما، رطوبت، لرزش و نور
- اسناد، آرشیو، کاتالوگ، گزارش مرمت و مخاطرات شفاهی

# Photogrammetry چگونه کار می کند؟

1

گرفتن تعداد  
زیادی تصویر با  
همپوشانی

2

تشخیص نقاط  
مشترک

3

ساخت Point  
Cloud

4

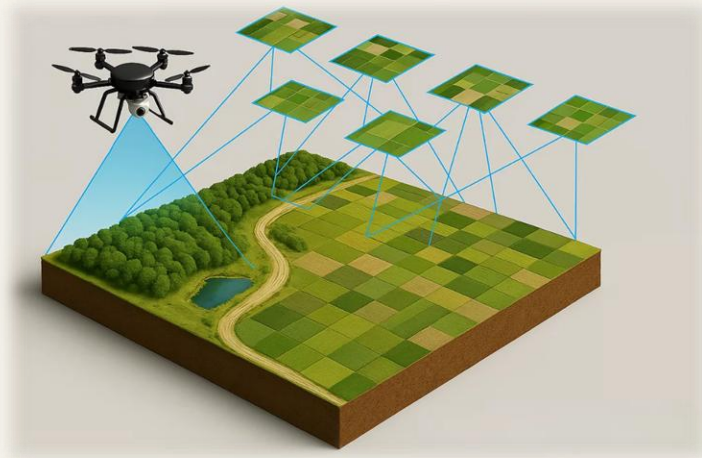
ساخت Mesh  
و Texture

5

مزیت:  
دسترسی پذیرتر و  
کم هزینه تر برای  
بسیاری از  
پروژه ها

6

محدودیت: نور،  
سطوح  
براق/شفاف،  
کیفیت و پوشش  
تصاویر



• نتیجه این زنجیره: داده خام – بازنمایی معنادار – تصمیم بهتر

# LiDAR و Laser Scanning

1

اندازه‌گیری فاصله و تولید  
میلیون‌ها نقطه

2

خروجی مهم: Point  
Cloud

3

مناسب برای ثبت هندسی  
دقیق بناها و فضاها

4

نکته: دقت بالا Digital ≠  
Twin؛ داده باید معنا و  
ارتباط پیدا کند



• نتیجه این زنجیره: داده خام – بازنمایی معنادار – تصمیم بهتر

# Point Cloud چیست؟



**Point Cloud**

Point Cloud → Mesh → Model → Metadata → Twin

# HBIM چیست؟

- Historic Building Information Modeling

- مدل سازی اطلاعات ساختمان تاریخی
- هر عنصر می تواند با داده های غیر هندسی مرتبط شود: مصالح، دوره، آسیب، ترمیم، اسناد و تصاویر
- HBIM یکی از پایه های مهم برای ساخت Twin های میراث معماری است



# GIS چه چیزی به Digital Twin اضافه می‌کند؟

OBJECT

شیء / بنا

SITE

محوطه / محیط

CITY / REGION

شهر / منطقه



زمینه مکانی، بخشی از معنا و حفاظت اثر است.

# Internet of Things (IoT): وقتی Twin «زنده» می‌شود

## Sensor

دما | رطوبت | نور | لرزش

## Digital Twin

دریافت و نمایش وضعیت

## Alert

هشدار | روند | اقدام

Sensor → Data → Twin → Decision



# هوش مصنوعی در Digital Twin

- تشخیص ترک، تغییر رنگ، رطوبت و خوردگی از روی تصویر
- OCR و استخراج اطلاعات از اسناد
- طبقه‌بندی و جستجوی هوشمند
- تشخیص الگوهای تغییر در طول زمان
- پیش‌بینی و پشتیبانی تصمیم



# از حفاظت واکنشی به حفاظت پیش‌بینانه

## حفاظت واکنشی

- آسیب اتفاق می‌افتد
- سپس مشاهده و ارزیابی
- بعد تعمیر و مستندسازی

## حفاظت پیش‌بینانه

- پایش مستمر
- تحلیل روند و تغییر
- پیش‌بینی و مداخله زودهنگام

تصمیم حفاظتی بهتر → HBIM + IoT + Machine Learning

# Digital Twin برای کتابخانه‌ها؟ بله.



• ساختمان کتابخانه

• مخزن و فضاهای نگهداری

• نسخه‌های خطی و مجموعه‌های خاص

• اسناد و عکس‌های تاریخی

• نمایشگاه‌ها و فضاهای فرهنگی

• تجربه و دسترسی مجازی کاربران

# سناریو: Digital Twin یک نسخه خطی



- تصویر با وضوح بالا
- اسکن چندطیفی در صورت نیاز
- OCR/HTR و متن استخراج شده
- Metadata و سابقه مالکیت
- وضعیت حفاظتی و گزارش‌های مرمت
- ارتباط با مقالات، فهرست‌ها و پژوهش‌های مرتبط

# سناریو: Digital Twin مخزن کتابخانه

• نقشه سه بعدی مخزن

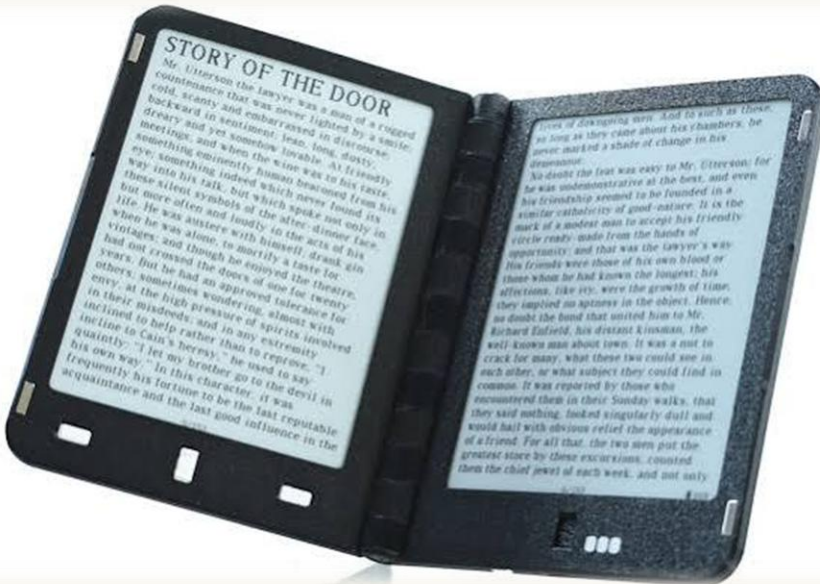
• قفسه/ناحیه – مجموعه – رکوردهای کتابشناختی

• دما و رطوبت هر ناحیه

• هشدارهای حفاظتی

• سوابق تعمیر و مرمت

• داشبورد برای مدیر و کارشناس حفاظت



# سناریو: Digital Twin ساختمان تاریخی دانشگاه



• مدل سه بعدی + نقشه + تاریخچه

• مصالح و اجزای سازه‌ای

• ترک‌ها و نقاط آسیب

• گزارش‌های تعمیر و مرمت

• داده‌های محیطی

• مقایسه وضعیت امروز با دوره‌های قبل

# Case Study: Notre-Dame de Paris

---



- پیش از آتش‌سوزی، اسکن‌های سه‌بعدی با جزئیات بالا ثبت شده بود
- مدل‌ها و داده‌ها به مستندسازی و بازسازی کمک کردند
- Digital/BIM approaches برای مدیریت و بازسازی اهمیت پیدا کردند
- درس کلیدی: ثبت دیجیتال قبل از بحران، ارزش راهبردی دارد

Case Study

# Case Study: موزه China Grand Canal

- پایلوت Digital Twin برای فضاهای نگهداری مجموعه‌ها
- ترکیب داده‌های محیطی و داده‌های مربوط به مجموعه
- هدف: مدیریت هوشمند شرایط نگهداری
- پیام برای کتابخانه: مخزن را می‌توان «دارایی داده‌محور» دید، نه فقط یک اتاق



Case Study

# Case Study: Aldrovandi Digital Twin

---

- پروژه‌ای بین‌رشته‌ای در دانشگاه بولونیا
- پیوند کتابخانه، موزه‌ها، اشیای فرهنگی و فضای نمایشگاهی
- نمونه‌ای از همکاری Information / Heritage / Technology
- Digital Twin یک پروژه صرفاً IT نیست



Case Study

# بازآفرینی میراث: واقعیت، استنباط یا فرضیه؟

Known

شواهد قطعی

Inferred

استنباط

Hypothetical

فرضیه

در بازآفرینی دیجیتال، میزان عدم قطعیت باید برای کاربر قابل مشاهده باشد.

# یک تصویر زیبا الزاماً یک حقیقت تاریخی نیست



• هرچه تصویر واقع‌گرایانه‌تر باشد، امکان برداشت نادرست هم بیشتر است  
• منابع، روش، سطح اطمینان و عدم قطعیت باید مستند باشند

- London Charter: Documentation + Transparency + Sustainability + Access



# نقش کتابدار در اکوسیستم Digital Twin

**Information Curator**

گزینش و سازماندهی

**Metadata Specialist**

توصیف و استاندارد

**Knowledge Integrator**

پیوند منابع

**Digital Preservation**

حفاظت بلندمدت

**Data Steward**

کیفیت و حاکمیت داده

# بدون Metadata، Digital Twin فقط یک مدل زیباست

## Identity

شناسه، عنوان، مکان

## Provenance

منبع، سازنده، تاریخ

## Technical

روش برداشت، دقت،  
فرمت

## Rights

مجوز، مالکیت،  
دسترسی

## Conservation

وضعیت، آسیب،  
مرمت

حافظه و زمینه مدل = Metadata

# یک Digital Twin باید به چه سؤال‌هایی پاسخ دهد؟

۲. کجاست؟

۱. چیست؟

۴. چه اتفاقی افتاده؟

۳. چه زمانی / توسط چه کسی؟

۶. شواهد چیست؟

۵. وضعیت فعلی چیست؟

۷. بعد چه می‌تواند بشود؟



# پیشنهاد پایلوت برای دانشگاه بیرجند

1 شروع کوچک:  
یک اتاق، یک  
مجموعه خاص یا  
یک بنای شاخص

2 Phase 1:  
برداشت و مدل  
سه بعدی

3 Phase 2:  
Metadata +  
Repository

4 Phase 3:  
GIS / اسناد /  
تصاویر

5 Phase 4: IoT  
+  
Dashboard

6 Phase 5: AI  
+ تحلیل و  
پیش بینی



• نتیجه این زنجیره: داده خام – بازنمایی معنادار – تصمیم بهتر



## Case Study محلی: باغ اکبریه بیرجند

### باغ اکبریه

نمونه محلی برای پیوند میراث، مکان، اسناد و تجربه بازدید

### سناریوی Twin

مدل سه بعدی + GIS + تاریخچه + تصاویر + اسناد + وضعیت حفاظت

باغ اکبریه در مجموعه «باغ ایرانی» در سال ۲۰۱۱ در فهرست میراث جهانی یونسکو ثبت شد.

# چالش‌ها را دست‌کم نگیریم



• هزینه و زیرساخت

• کیفیت و استاندارد داده

• حقوق مالکیت فکری و دسترسی

• امنیت و کنترل دسترسی

• پایداری فایل‌ها و نرم‌افزارها

• اعتماد به بازسازی‌های AI

• نیاز به همکاری بین‌رشته‌ای

# از «دیجیتال سازی» به «هوشمندسازی میراث»

SCAN

ثبت دقیق

MODEL

بازنمایی

CONNECT

پیوند

UNDERSTAND

تحلیل

PRESERVE

حفاظت

RE-  
IMAGINE  
آموزش و  
بازآفرینی



- اگر قرار باشد فقط یک دارایی از دانشگاه بیرجند را برای آینده حفظ کنیم، کدام بنا، مجموعه، سند یا فضای کتابخانه‌ای را انتخاب می‌کنیم؟
- و برای ساخت Digital Twin آن، اولین داده‌ای که باید جمع کنیم چیست؟

- 
- NIST — Security and Trust Considerations for Digital Twin Technology (2025)
  - London Charter — Principles for Computer-based Visualisation of Cultural Heritage
  - Europeana — 3D cultural heritage resources (2026)
  - CIDOC CRM — Conceptual Reference Model for Cultural Heritage
  - Journal of Cultural Heritage — Digital Twin applications in heritage and collections
  - UNESCO — World Heritage / Documentary Heritage resources