Instrukcja laboratoryjna 7

Twinmotion i wizualizacja środowisk interaktywnych

1. Cel i kontekst ćwiczenia

Ostatnie laboratorium kursu zamyka jego łuk tematyczny: zaczynaliśmy od surowej sceny z prymitywnych brył w Unity, a kończymy na narzędziu, którego celem jest **fotorealistyczna, komunikatywna prezentacja przestrzeni**. Twinmotion zajmuje wąską, lecz bardzo wartościową niszę: łączy prostotę obsługi typu narzędzi konsumenckich z jakością renderowania klasy AAA: bez konieczności pisania ani jednej linii kodu.

Z perspektywy informatyka i inżyniera Twinmotion jest reprezentantem szerszej kategorii narzędzi **real-time visualization**: platform, które pozwalają przekształcić surowe dane geometryczne: model BIM budynku, model CAD maszyny czy wirtualną rekonstrukcję fotogrametryczną z Lab 5 w przekonywującą wizualizację możliwą do zaprezentowania klientom, decydentom i współpracownikom.

Po zakończeniu tego laboratorium student:

- rozumie pozycję Twinmotion w ekosystemie narzędzi do wizualizacji czasu rzeczywistego
- potrafi zaimportować scenę lub modele 3D z różnych formatów i skonfigurować środowisko wizualizacji
- potrafi konfigurować materiały, oświetlenie i warunki atmosferyczne w Twinmotion
- potrafi tworzyć ścieżki kamery i eksportować animacje prezentujące środowisko
- potrafi wzbogacić scenę o elementy środowiskowe zwiększające realizm (roślinność, ludzie, pojazdy)
- potrafi omówić zastosowania Twinmotion i podobnych narzędzi w środowiskach immersyjnych i inżynierskich
- potrafi dokonaj syntezy wiedzy zdobytej na kursie i wskazać relacje między poznanymi narzędziami

2. Wprowadzenie teoretyczne

2.1. Twinmotion: charakterystyka i pozycja rynkowa

Twinmotion powstał w 2005 roku jako produkt francuskiej firmy Abvent. W 2019 roku został przejęty przez Epic Games i zintegrowany z ekosystemem Unreal Engine. Dziś jest narzędziem przeznaczonym przede wszystkim dla architektów, inżynierów i projektantów wnętrz, ale również dla inżynierów maszyn i specjalistów od wizualizacji przemysłowej.

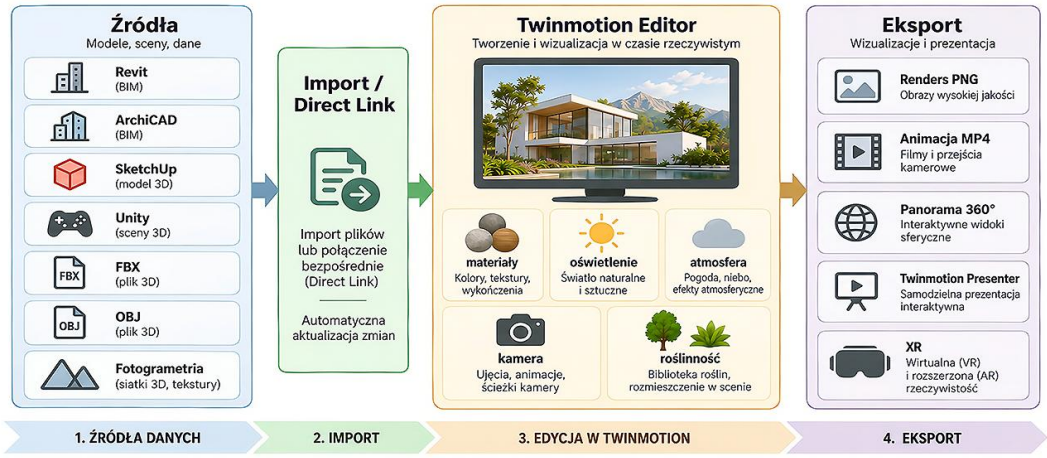
Cecha	Twinmotion	Alternatywy
Podejście	Drag-and-drop, minimal UI: bez kodowania	Lumion (drag-and-drop), D5 Render
Silnik renderowania	Unreal Engine (Lumen, Pathtracer)	Lumion: własny; D5: RTX Pathtracing
Import	FBX, OBJ, SKP (SketchUp), ARCHICAD, Revit	Lumion: FBX, SKP; D5: FBX, Rhino, Revit
Direct Link	Revit, ArchiCAD, SketchUp, Rhino, Vectorworks	Lumion: Revit, SketchUp; D5: Revit, Rhino
Biblioteka zasobów	Twinmotion Library: roślinność, ludzie, pojazdy,	Lumion: 6000+ assetów; D5: Asset Library
Eksport	Renders (PNG/EXR), animacje (MP4), panoramy 360°, Twinmotion Presenter	Lumion: wideo, renders; D5: renders, wideo
Licencja	Darmowy dla educatorów i studentów (EDU)	Lumion: subskrypcja płatna; D5: darmowy
Raytracing	Tak (GPU DXR)	D5: Tak; Lumion: Nie

Licencja edukacyjna Twinmotion

Twinmotion jest bezpłatny dla studentów i instytucji edukacyjnych. Pobieramy go przez Epic Games Launcher → Twinmotion → Get lub bezpośrednio ze strony twinmotion.com/education. Wymagane jest konto Epic Games (bezpłatne) i weryfikacja statusu studenckiego.

2.2. Pipeline importu: droga od modelu do wizualizacji

Twinmotion nie jest silnikiem gier: nie posiada systemu skryptów i nie serwuje interakcji użytkownika na poziomie kodu. Jego pipeline jest jednostronny: **dane geometryczne wchodzą, gotowa wizualizacja wychodzi**. Zrozumienie tego pipe'u pozwala uniknąć frustracji wynikającej z próby użycia Twinmotion do zadań, do których przeznaczone są Unity lub UE.



Rys. 1. Pipeline importu i eksportu w Twinmotion

Twinmotion obsługuje trzy tryby importu, które różnią się stopniem zachowania powiązania z programem źródłowym:

Tryb importu	Opis	Kiedy stosować
Import statyczny (FBX/OBJ/SKP)	Jednorazowe wczytanie pliku. Zmiany w źródle wymagają ponownego importu.	Modele finalne, fotogrametria, zasoby z Lab 2 lub Lab 5
Direct Link (Datasmith)	Synchronizacja na ży wo: zmiany w Revit/ArchiCAD natychmiast aktualizują scenę w TM.	Projekty BIM, iteracyjny rozwój projektu architektonicznego
Import z Unreal Engine (USD/Datasmith)	Eksport sceny UE do Twinmotion przez format USD lub wtyczkę Datasmith.	Zaawansowane sceny UE wymagające wysokości wizualizacji TM

2.3. Renderowanie w czasie rzeczywistym a renderowanie offline

Twinmotion łączy dwa tryby renderowania: **podgląd czasu rzeczywistego** (rasteryzacja: szybka, interaktywna, używana podczas pracy w edytorze) i **Pathtracer** (renderowanie ściezek światła: powolne, ale fotorealistyczne, używane do finalnych eksportów).

Parametr	Podgląd real-time (Rasteryzacja)	Pathtracer (Raytracing)
Prędkość	60+ FPS na nowoczesnym GPU	Kilka-kilkanaście sekund / klatkę
Jakość światła	Przybliżona (Lumen)	Fizycznie poprawna, odbicia, kaustyki
Wymagania GPU	Dowolna karta z DX12	Karta RTX (NVIDIA) lub RX 6000+ (AMD)
Zastosowanie	Praca robocza, prezentacja interaktywna	Finalny render do druku, wideo do klienta
Ustawienie w TM	Domyślny tryb Viewportu	Render / Media → Pathtracer: ON

Pathtracer wymaga karty RTX

Pathtracer w Twinmotion korzysta ze sprzętowego raytracing (DXR). Na kartach bez obsługi DXR (NVIDIA GTX, AMD RX 5000 i starsze) opcja Pathtracer będzie niedostępna lub działać bardzo wolno przez emulację programową. W takim przypadku eksportujemy renderingi w standardowym trybie Lumen: jakość jest niższa, ale w pełni wystarczająca na potrzeby laboratorium.

2.4. System materiałów i biblioteka zasobów

Twinmotion posiada wbudowaną bibliotekę **ponad 10 000 zasobów**: materiałów, roślinności, osób, pojazdów, mebli i obiektów dekoracyjnych. Zasoby biblioteczne są zoptymalizowane pod kątem renderowania w czasie rzeczywistym i posiadają wbudowane parametryzowane właściwości (np. roślinność reaguje na wiatr, ludzie poruszają się w cyklu animacji).

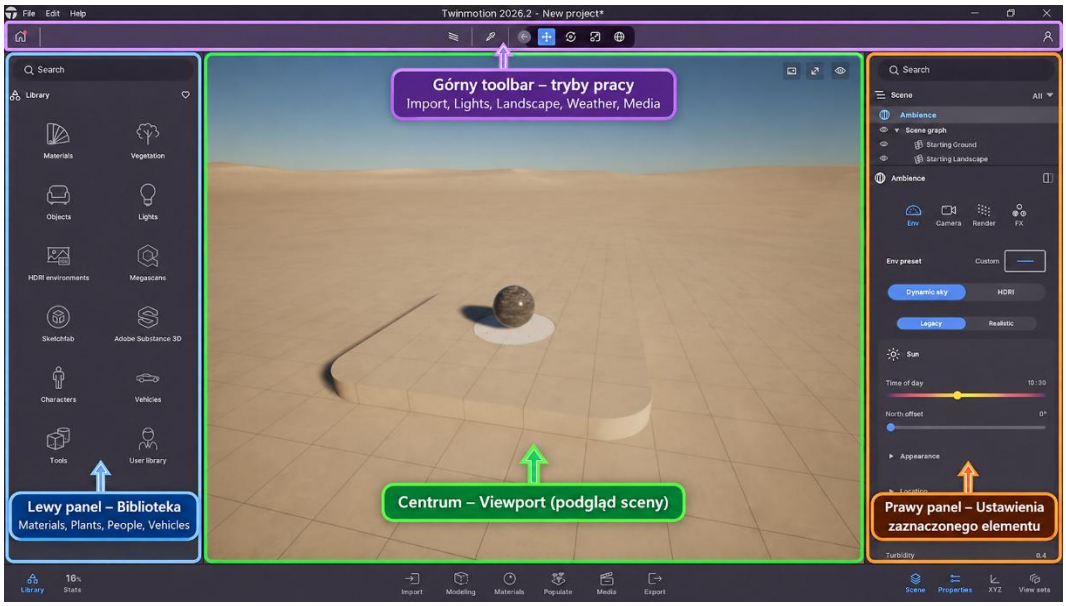
Kategorie biblioteki dostępne przez panel biblioteki (ikona książki):

Kategoria	Zawartość	Uwagi
Materials	Beton, drewno, metal, szkło, tkaniny	PBR, parametryzowalne (skala, kolor, chropowatość)
Plants & Trees	Drzewa, krzewy, trawa, rośliny	Reagują na wiatr; lato / jesień / zima
People	Statyczne i animowane postaci ludzkie	Cykle chodzenia, stania, siedzenia
Vehicles	Samochody, rowery, ciężarówki, pojazdy	Animowane (koła) lub statyczne
Objects	Meble, lampy, sprzęt, elementy dekoracji	Gotowe do użycia, PBR
Lights	Latarnie, światła IES, neon, punktowe	Obsługują profileIES
Skies / HDRI	Ponad 100 środowisk HDR	Realistyczne niebo, oświetlenie HDRI

2.5. Ścieżka kamery i animacja prezentacyjna

Kluczową funkcją Twinmotion z perspektywy komunikacji projektowej jest możliwość tworzenia **ścieżek kamery** (ang. camera paths): animowanych przelotów kamery przez scenę. Animacja taka zastępuje statyczne rendery w przypadku prezentacji, w których klient lub decydent powinien odczuć skalę i proporcje przestrzeni. Twinmotion oferuje trzy rodzaje ścieżek ruchu kamery:

- **Free Camera Path:** użytkownik ręcznie ustawia punkty klucz (keyframes) w przestrzeni 3D. Najpełniejsza kontrola nad tor em kamery.
- **Orbit Camera Path:** kamera krąży wokół wybranego punktu orbity. Idealne do prezentacji obiektu lub budynku z zewnątrz.
- **Animation Player (Sequence):** zapis całej sesji z przesuwania kamery w czasie rzeczywistym, jak nagranie screen-castu: najmniejsza kontrola, ale najszybsza realizacja.



Rys. 2. Interfejs Twinmotion z opisanymi strefami

3. Przygotowanie do ćwiczenia

Twinmotion	Twinmotion 2024 lub nowszy zainstalowany przez Epic Games Launcher. Konto Epic Games (bezpłatne). Licencja EDU aktywowana.
Materiał bazowy	Modele FBX z Lab 2 lub Lab 5 (min. 3 obiekty). Opcjonalnie: cała scena wyeksportowana z Unity (.fbx) lub z Unreal Engine (Datasmith).
Kategoria wizualizacji	Student wybiera jeden z trzech wariantów: (A) przestrzeń architektoniczna, (B) przestrzeń techniczna / przemysłowa, (C) plener / krajobraz z elementem budowlanym.
Folder wyjściowy	Utwórz folder Renders na pulpicie lub w dokumentach. Będą tu zapisywane eksportowane renderingi i animacje.

Eksport sceny z Unity do Twinmotion

Jeśli chcesz korzystać ze sceny zbudowanej w Unity, zainstaluj wtyczkę Twinmotion Exporter for Unity (bezpłatna, dostępna na Unity Asset Store). Eksportuje scenę w formacie Datasmith (.udatasmith), który Twinmotion importuje z zachowaniem hierarchii i materiałów. Alternatywnie wyeksportuj obiekty ręcznie jako .fbx.

4. Ćwiczenia praktyczne

4.1. Import modeli i organizacja sceny

Twinmotion stosuje model sceny zbliżony do innych silników: obiekty rozmieszczone są w trójwymiarowej przestrzeni, posiadają hierarchię i można nimi manipulować przez narzędzia transformacji. Kluczowa różnica polega na tym, że Twinmotion **nie zapisuje hierarchii sceny** w sposób odpowiadający plikom projektu Unity czy UE: plik `.tm` to własny format binarny aplikacji.

Krok 1: Tworzenie projektu

1. Uruchamiamy Twinmotion. Na ekranie startowym klikamy New Project.

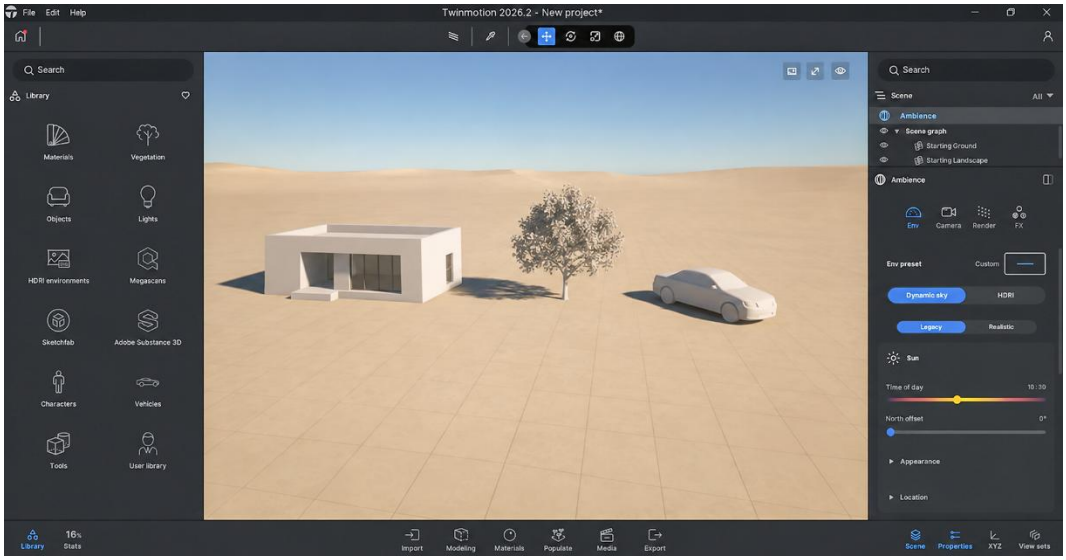
2. Wybieramy podstawową pustą scenę (Blank). Nadajemy projektowi nazwę Lab07_Wizualizacja.
3. Zapisujemy plik przez File → Save (Ctrl+S) w wybranym katalogu.

Krok 2: Import modeli FBX

4. Klikamy przycisk Import (+) na górnym pasku. Wybieramy FBX/OBJ.
5. Wskazujemy plik .fbx z Lab 2 lub Lab 5. W oknie Import Options:
   - **Scale: 1.0**: weryfikujemy po imporcie względem siatki podłogi.
   - **Merge geometries: OFF**: zachowaj oddzielność obiektów dla łatwiejszego przypinania materiałów.
   - **Up Axis: Y-up lub Z-up**: wybór zależy od ustawień eksportu źródłowego (Unity: Y-up).
6. Potwierdzamy Import. Obiekty pojawią się w centrum sceny.
7. Ustawiamy obiekty na podłodze: zaznaczamy, PPM → Snap to Ground (lub klawisz F).
8. Powtarzamy import dla pozostałych modeli i rozmieszczamy je logicznie w przestrzeni.

Krok 3: Dodanie podłoża i kontekstu terenu

9. Lewy panel → zakładka Landscape: dodajemy płaskie podłoże lub teren.
10. Klikamy Add Ground Plane lub ręcznie dodajemy płaszczyznę. Skalujemy do ok. 100 × 100 m.
11. Opcjonalnie: Landscape → Terrain Tools: można wyrzeźbić prosty teren wzgórzami i dolinami.



Rys. 3. Zrzut ekranu sceny po imporcie modeli i ustawieniu terenu

4.2. Konfiguracja materiałów

Przypisywanie materiałów w Twinmotion odbywa się przez **przeciągnięcie zasobu materiału z biblioteki na powierzchnię obiektu** w Viewporcie. Nie ma tutaj ręcznego tworzenia shaderów: gotowe materiały z biblioteki są fotorealistyczne. Mamy jednak dostęp do ich parametrów.

Krok 1: Przypisywanie materiałów z biblioteki

12. Otwieramy lewy panel → Library → Materials.
13. Przeglądamy kategorie: Concrete, Wood, Metal, Glass, Tiles, Painted Wall, Floor, Ground.
14. Przeciągamy wybrany materiał na powierzchnię obiektu w Viewporcie. Twinmotion podkreśli powierzchnię na niebiesko: zwalniamy przycisk myszy, aby zaaplikować.
15. Aby zmienić parametry materiału: zaznaczamy obiekt, w prawym panelu Details widzimy sekcję Material. Regulujemy:

- **Scale:** powtarzalność wzoru tekstury: większa wartość = rzadszy wzor.
- **Color:** odcienie bazowego koloru materiału.
- **Roughness:** chropowatość powierzchni (0 = lustro, 1 = zupełnie matowa).

16. Przypisujemy materiały do wszystkich widocznych powierzchni sceny.

Krok 2: Materiał szkła i przezroczystych powierzchni

17. Z biblioteki wybieramy kategorię Glass.
18. Przeciągamy Glass Transparent na ewentualne okna lub elementy szklane modelu.
19. W prawym panelu: Opacity: przezroczystość (0 = całkowite szkło, 1 = nieprzezroczyste).

> **Materiały z importu vs biblioteka Twinmotion**
>
> Modele FBX często importują się z materiałami zdefiniowanymi w pliku. Twinmotion zazwyczaj tworzy dla nich szare, niesformatowane materiały zastępcze. Należy ręcznie zastąpić je materiałami z biblioteki przez przeciągnięcie. Jeśli model posiada wiele powierzchni, można użyć trybu Multi-select (Shift+klik) i zastosować materiał do kilku powierzchni naraz.

4.3. Konfiguracja oświetlenia i atmosfery

Oświetlenie jest najsilniejszym czynnikiem wpływającym na nastrój wizualizacji. Dobrze skonfigurowane światło może sprawić, że prosty model wygląda fotorealistycznie; złe oświetlenie zdyskredytuje nawet najbardziej szczegółową scenę. Twinmotion zapewnia zaawansowany system atmosferyczny integrujący oświetlenie słoneczne, niebo i pogodę w jeden spójny model.

Krok 1: Oświetlenie słoneczne i pora dnia

20. Górny toolbar → ikona słońca (Weather & Sky).
21. Ustawiamy lokalizację geograficzną (Location): wybieramy Polska, Warszawa: wpływa na kąt słońca.
22. Suwak Date & Time: przesuwamy, aby zmienić porę dnia. Obserwujemy zmianę kąta słońca i kolorystyki nieba.
23. Najlepsze oświetlenie do wizualizacji architektonicznych: tzw. Golden Hour (ok. 1 godzina po wschodzie lub przed zachodem słońca): miękkie, złote światło pod kątem 15–30° od horyzontu.

Krok 2: Warunki atmosferyczne

24. W panelu Weather konfigurujemy:
    - **Cloud Density:** 0 = bezchmurne niebo (ostre cienie), 1 = pełne zachmurzenie (miękkie, rozproszone światło).
    - **Fog:** lekka mgła (0.1–0.2) zwiększa głębię sceny przez stopniowe zanikanie odległych obiektów.
    - **Rain / Snow:** efekty pogodowe: wpływają na wygląd powierzchni (mok ra nawierzchnia zwiększa odbi cie).
25. Przygotowujemy dwie wersje oświetlenia: dzienną (złota godzina) i nocną (ciemne niebo + sztuczne światła). Zapisujemy je jako osobne snapshoty kamerą (krok 4.4).

Krok 3: Oświetlenie sztuczne

26. Lewy panel → Library → Lights. Przeglądamy kategorie: Street Light, Spot Light, Point Light, IES Lights.
27. Przeciągamy latarnię/ reflektor punktowy do sceny. Ustawiamy go na właściwej wysokości.

28. W Details: regulujemy Intensity (natężenie, w luksach lub lumenach), Color (temperatura barwowa: 2700 K = ciepłe, 5000 K = neutralne, 6500 K = zimne) i Radius
29. Dodajemy co najmniej 2 punkty światła sztucznego w pobliżu modeli.

4.4. Kamery i ścieżki ruchu

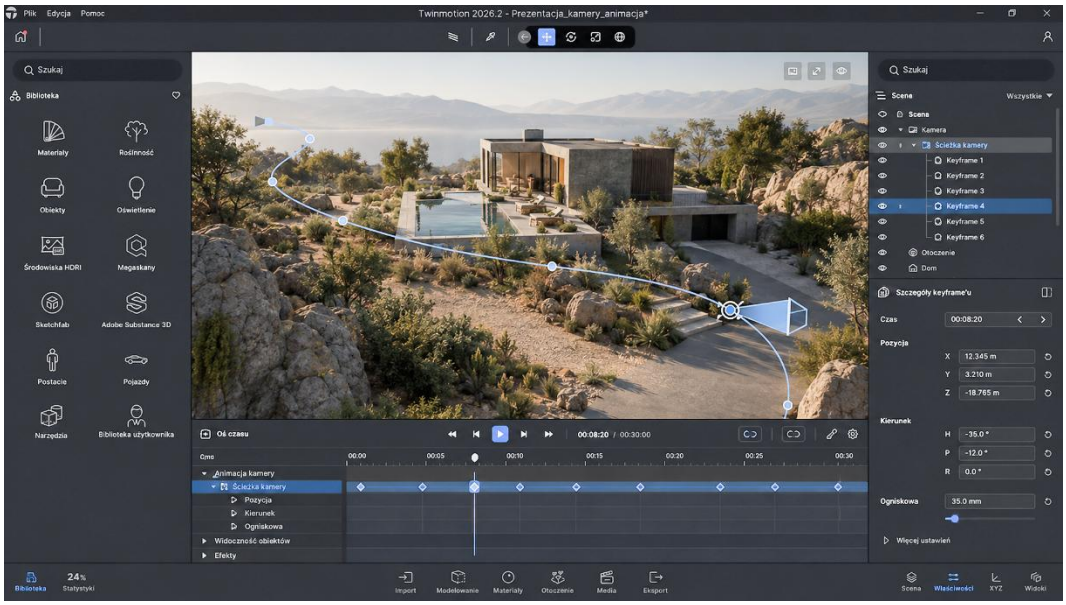
Kamera jest narzędziem narracji wizualnej: to ona decyduje, co widz jest w stanie zobaczyć i w jakiej kolejności. Przemysłowa fotografia architektoniczna i filmoznawstwo wypracowały zestawy konwencji kadrowania, które warto znać i świadomie stosować.

Krok 1: Ustawianie kamer nieruchomych

30. Górny toolbar → Media → Image. Dodajemy nową kamerę (New Camera).
31. Nawigujemy kamerą do interesującego kadru. W panelu kamery konfigurujemy:
    - **Focal Length (mm):** 24 mm: szerokie pole (ujęcia wnętrz, dramatyczne perspektywy); 50 mm: neutralne (zbliżone do ludzkiego oka); 85–135 mm: teleobjektyw (elewacje, portrety).
    - **Exposure:** korekcja ekspozycji (EV): + jaśniejszy obraz, − ciemniejszy. Zaczynamy od EV = 0.
    - **White Balance:** temperatura barwowa kamery. Przy oświetleniu halogenowym ustawiamy 3200 K, przy słonecznym 5600 K.
    - **Depth of Field:** rozmycie tła (bokeh): Focus Distance określa, co jest ostre; Aperture (f-stop): mała wartość (f/1.8) = silne bokeh, duża (f/16) = cała scena ostra.
32. Zapisujemy kamerę. Powtarzamy dla co najmniej 3 różnych kadrów.

Krok 2: Ścieżka kamery: animowany przelot

33. Górny toolbar → Media → Video. Klikamy New Camera Path.
34. Wybieramy tryb Free Camera Path.
35. Przechodzimy do Viewport i ustawiamy kamerę w punkcie startowym. Klikamy Add Keyframe.
36. Przemieszczamy kamerę do kolejnych punktów widokowych, klikając Add Keyframe po każdej istotnej zmianie pozycji lub kierunku.
37. Ustawiamy Duration (czas trwania) i FPS animacji: 25 fps, czas 15–30 sekund.
38. Odtwarzamy podgląd przez Play w panelu. Sprawdzamy płynność ruchu: w razie potrzeby przemieszczamy lub usuwamy nadmiarowe keyframy.



Rys. 4. Edytor ścieżki kamery w Twinmotion

4.5. Wzbogacenie środowiska

Surowa scena składająca się wyłącznie ze zaimportowanych modeli rzadko prezentuje się przekonywująco: brakuje jej kontekstu i skali. Dodanie elementów otoczenia: roślinności, postaci i pojazdów: jest fundamentalną praktyką wizualizacji architektonicznej, określaną jako **entourage**.

Krok 1: Roślinność

39. Library → Plants & Trees. Wybieramy drzewa odpowiadające klimatowi i skali projektu.
40. Przeciągamy drzewo do Viewport i ustawiamy na terenie (F = Snap to Ground).
41. W Details: regulujemy Age (wiek drzewa: wpływa na rozmiar i gęstość listowia), Wind (siła animacji wiatru), Season (pora roku).
42. Dodajemy co najmniej 5 drzew i 3 rodzaje krzewów lub traw w różnych miejscach sceny.
43. Korzystamy z narzędzia Scatter: PPM na terenie → Scatter Objects: automatyczne rozsiewanie wybranego obiektu po powierzchni.

Krok 2: Postaci i pojazdy

44. Library → People. Wybieramy animowane postaci (Animated). Ustawiamy 2–3 osoby w logicznych miejscach sceny (przy wejściu, na chodniku).
45. Library → Vehicles. Dodajemy 1–2 pojazdy (samochody, rowery): zwiększają poczucie skali.
46. Sprawdzamy, czy postaci są poprawnie ustawione na podłożu (Snap to Ground).

Krok 3: Elementy zewnętrzne: detalowanie

47. Korzystamy z Library → Objects: latarnie uliczne, ławki, kosze na śmieci, szyldy.
48. Elementy te pełnią rolę "props": zwiększają czytelność funkcji przestrzeni.
49. Sprawdzamy spójność stylistyczną: unikamy mieszania elementów z bardzo różnych epok lub stylów (np. modernistyczny budynek i średniowieczne wieże).

4.6. Eksport i prezentacja wyników

Praca w Twinmotion kończy się zawsze eksportem: materialnym produktem przekazywanym odbiorcy. Forma eksportu powinna być dobrana do potrzeb komunikacyjnych: projekt badawczy wymaga renderów wysokiej rozdzielczości, prezentacja dla klienta: interaktywnej panoramy albo jakiejś animacji.

Krok 1: Eksport statycznych renderów

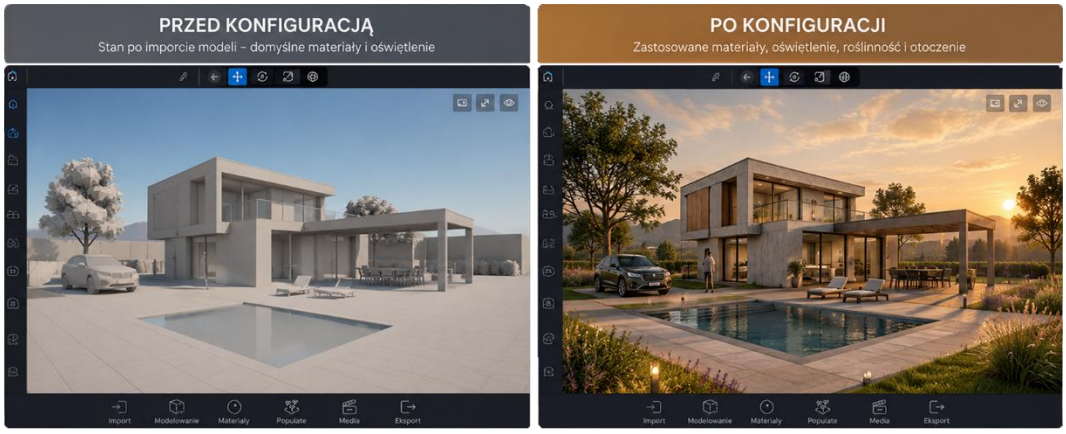
50. Media → Image → zaznaczamy jedną z zapisanych kamer.
51. W ustawieniach eksportu:
    - **Resolution:** 2560 × 1440 (QHD) lub 3840 × 2160 (4K): wysoka jakość do druku.
    - **Format:** PNG (bezstratny, z kanałem alfa jeśli potrzeba) lub JPEG (mniejszy rozmiar).
    - **Pathtracer:** włączamy dla finalnych renderów (jeśli GPU na to pozwala). Ustawiamy Samples: 512.
52. Klikamy Render i wskazujemy folder Renders jako docelowy.
53. Eksportujemy co najmniej 3 różne kadry z różnych por dąb lub kątów.

Krok 2: Eksport animacji

54. Media → Video → zaznaczamy przygotowaną ścieżkę kamery.
55. Ustawienia eksportu:
    - **Format:** MP4 (H.264): najlepsza kompatybilność.
    - **Resolution:** 1920 × 1080 (Full HD) lub 2560 × 1440.
    - **Frame Rate:** 25 lub 30 fps.
    - **Quality:** High.
56. Klikamy Export i czekamy na renderowanie (może trwać kilka minut w zależności od długości i jakości).

Krok 3: Panorama 360° (opcjonalnie)

57. Media → Panorama → New Panorama. Ustawiamy kamerę w centrum kluczowej przestrzeni.
58. Eksportujemy w rozdzielczości 4096 × 2048. Plik można wyświetlić w przeglądarce (threejs), na goglach VR lub na smartfonie.



Rys. 5. Porównanie: scena przed i po konfiguracji oświetlenia i materiałów

5. Analiza zastosowań i podsumowanie kursu

5.1. Twinmotion w środowiskach immersyjnych i projektach inżynierskich

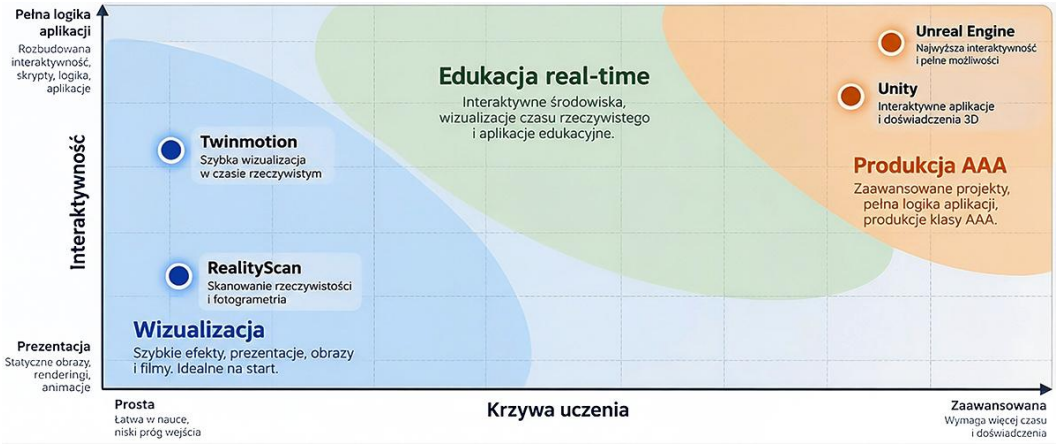
Na podstawie materiałów z wykładu, doświadczeń z ćwiczeń oraz dostępnej literatury przygotowujemy analizę pismenną w dokumentacji projektu.

Obszar zastosowania	Funkcja Twinmotion	Przykłady konkretnych scenariuszy
Środowiska immersyjne (VR/AR)	Eksport panoram 360°, integracja z XR przez Twinmotion Presenter	Wirtualne zwiedzanie muzeum, interaktywny pokaz mieszkania deweloperskiego

Architektura i urbanistyka	Prezentacje konceptualne, symulacje nasłonecznienia	Przetargi projektowe, walidacja planów zagospodarowania
Inżynieria przemysłowa	Wizualizacje maszyn, hal produkcyjnych, urządzeń	Prezentacje inwestycyjne, szkolenia operatorów (przed budową)
Infrastruktura i transport	Modele dróg, mostów, węzłów	Konsultacje społeczne, dokumentacja przetargowa
Cyfrowe bliźniaki (DT)	Podstawa wizualna DT: geometria i kontekst	Integracja z IoT przez platformę Unreal Engine / Omniverse

5.2. Mapa narzędzi: synteza kursu

Siedem laboratoriów kursu pokryło szeroki przekrój narzędzi. Poniższy diagram porządkuje je według dwóch osi: interaktywności (możliwości programowania zachowania) i dostępności (krzywej uczenia). Dokładnie ta samo perspektywa pojawi się zapewne w przyszłej pracy zawodowej, gdy będziemy musieli dobrać narzędzie do konkretnego zlecenia.



Rys. 6. Mapa narzędzi poznanych na kursie

Zestawienie uzupełniamy w dokumentacji projektu o:

- Krótki opis każdego z siedmiu narzędzi (2–3 zdania): czym jest, do czego służy, jakie ma ograniczenia.
- Co najmniej jeden konkretny scenariusz zawodowy, w którym dane narzędzie byłoby pierwszym wyborem.
- Ocenę własnych kompetencji zdobytych w trakcie kursu: co umiem dobrze, co wymaga pogłębienia.

6. Lista kontrolna wykonanych zadań

Przed zakończeniem laboratorium sprawdź, czy wszystkie poniższe elementy zostały zrealizowane:

☐	Projekt Twinmotion Lab07_Wizualizacja zapisany w pliku .tm.
☐	Co najmniej trzy modele FBX zaimportowane i poprawnie rozmieszczone w scenie.
☐	Podłoże / teren dodany i skonfigurowany.
☐	Materiały z biblioteki Twinmotion przypisane do wszystkich widocznych powierzchni.
☐	Co najmniej jeden materiał szklany lub przezroczysty zastosowany.
☐	Oświetlenie słoneczne skonfigurowane z lokalizacją w Polsce i wybraną porą dnia
☐	Warunki atmosferyczne ustawione: chmury, mgła lub efekt pogodowy.

☐	Co najmniej 2 punkty oświetlenia sztucznego dodane do sceny.
☐	Co najmniej 3 kamery nieruchome z różnymi ogniskowymi i ustawieniami DOF.
☐	Scena wzbogacona: min. 5 drzew, 2 postaci animowane, 1 pojazd.
☐	Ścieżka kamery (Camera Path) z min. 5 keyframami, czas 15–30 s.
☐	Eksport: co najmniej 3 rendery statyczne (PNG/JPG) i 1 animacja (MP4).
☐	Analiza zastosowań Twinmotion i mapa narzędzi kursu w Documentation.

7. Literatura i odwołania

7.1. Pozycje podstawowe

[1] Epic Games. (2024). Twinmotion Documentation. https://twinmotion.unrealengine.com/en-US/documentation (dostęp: maj 2026).

[2] Cheng, R., Pereira, F. (2020). Real-Time Visualization for Architecture: Creating Interactive 3D Scenes. Routledge. ISBN 978-1138501317.

[3] Pharr, M., Jakob, W., Humphreys, G. (2023). Physically Based Rendering: From Theory to Implementation (4th ed.). MIT Press. ISBN 978-0262048026. Rozdziały 13–14: Monte Carlo path tracing.

[4] Freeman, M. (2007). The Photographer's Eye: Composition and Design for Better Digital Photos. Ilex Press. ISBN 978-0240809939. Rozdziały 2–3: kompozycja i narracja wizualna.

[5] Watt, A. (2000). 3D Computer Graphics (3rd ed.). Addison-Wesley. ISBN 978-0201398557. Rozdział 7: Oświetlenie i cieniowanie: teoria fizyczna.

7.2. Dokumentacja techniczna

[6] Doyle, M., Reza, E. (2012). Rendering in SketchUp: From Modeling to Presentation for Architecture, Landscape, and Interior Design. Wiley. ISBN 978-1118149928. Poradnik dotyczący entourage i kontekstu w wizualizacjach.

[7] Grieves, M., Vickers, J. (2017). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. W: Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-38756-7_4.

[8] Hocking, J. (2018). Unity in Action: Multiplatform Game Development in C#. Manning Publications. ISBN 978-1617294969. Rozdział 1: Porównanie środowisk tworzenia gier i aplikacji interaktywnych.

7.3. Materiały uzupełniające

Zasób	Opis	URL / źródło
Twinmotion YouTube Channel	Oficjalne tutoriale: import, oświetlenie, animacje, nowe funkcje	youtube.com/@Twinmotion
Enscape	Alternatywna wtyczka do Revit / SketchUp: real-time rendering plug-in	enscape3d.com
Lumion	Konkurencyjna platforma wizualizacji architektonicznej (płatna)	lumion.com
NVIDIA Omniverse	Platforma do tworzenia cyfrowych bliźniaków przemysłowych (advanced)	developer.nvidia.com/omniverse
Chaos V-Ray	Profesjonalny renderer offline; używany w architekturze i filmie	chaos.com/vray

IES Library (AGI32)	Baza fotometrycznych profili lamp IES do realnego oświetlenia	agi32.com / producenci lamp (np. Philips)

7.4. Pełna bibliografia kursu: zestawienie

Poniżej zestawiono wszystkie pozycje literatury podstawowej wymienione w sylabusie przedmiotu oraz w instrukcjach laboratoryjnych 1–7, ułożone alfabetycznie według pierwszego autora. Studenci powinni sięgnąć do tych pozycji podczas realizacji projektu zaliczeniowego.

Pozycja	Pełne dane bibliograficzne	Laboratoria
Unity in Action	Hocking, J. (2018). Unity in Action: Multiplatform Game Development in C#. Manning Publications. ISBN 978-1617294969.	1, 2, 3, 4, 6, 7
Game Programming Patterns	Nystrom, R. (2014). Game Programming Patterns. Genever Benning. ISBN 978-0990582908. Online: gameprogrammingpatterns.com	4
The Design of Everyday Things	Norman, D.A. (2013). The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition. Basic Books. ISBN 978-0465050659.	3
Unity Learn	Unity Technologies. (2024). Unity Learn. https://learn.unity.com	1, 2, 3, 5
Epic Games Documentation	Epic Games. (2024). Unreal Engine Documentation. https://docs.unrealengine.com/5.3/en-US/	6
Twinmotion Documentation	Epic Games. (2024). Twinmotion Documentation. https://twinmotion.unrealengine.com/en-US/documentation	7
RealityScan Documentation	Epic Games. (2024). RealityScan Documentation. https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/realityscan/realityscan-documentation	5