

Comparative Analysis of Selected Game Engines

Analiza porównawcza wybranych silników graficznych

Bartłomiej Szabat*, Małgorzata Plechawska-Wójcik

Department of Computer Science, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 36B, 20-618 Lublin, Poland

Abstract

This article presents a comparative analysis of two popular graphic engines, namely Unity and Unreal Engine 5. The objective of the study was to gather insights into the performance and quality of applications developed using these engines. The research involved creating two games, followed by conducting performance tests and collecting user feedback on the quality and performance of these games. The results indicated that the application developed in Unity exhibited superior performance, while the application developed in Unreal Engine 5 received higher user ratings in terms of visual aspects.

Keywords: game engines; game development; comparative analysis

Streszczenie

W niniejszym artykule przeprowadzono analizę porównawczą dwóch popularnych silników graficznych, Unity i Unreal Engine 5. Głównym celem badania było uzyskanie informacji dotyczących wydajności obu silników oraz jakości aplikacji tworzonych przy ich użyciu. Badanie zostało przeprowadzone poprzez stworzenie dwóch gier, a następnie przeprowadzenie testów wydajnościowych oraz zebranie opinii od użytkowników tych gier na temat jakości i wydajności. Wyniki badań wskazały, że aplikacja stworzona w Unity charakteryzuje się lepszą wydajnością, podczas gdy aplikacja stworzona w Unreal Engine 5 otrzymuje wyższe oceny od użytkowników pod względem wizualnym.

Słowa kluczowe: silniki gier komputerowych; produkcja gier; analiza porównawcza

*Corresponding author

Email address: bartlomiej.szabat@pollub.edu.pl (B. Szabat)

©Published under Creative Common License (CC BY-SA v4.0)

1. Wstęp

Rynek gier komputerowych z roku na rok staje się co raz większy przez co coraz więcej osób decyduje się na rozpoczęcie kariery w dziedzinie tworzenia gier komputerowych. Proces tworzenia gier komputerowych jest niezwykle skomplikowany, ponieważ wymaga zastosowania zaawansowanych technologii, a także integracji takich elementów jak grafika, dźwięk, animacja, mechanika rozgrywki, połączenie wielu graczy czy sztuczna inteligencja. Aby ułatwić ten proces tworzone są silniki graficzne, które pomagają twórcom w szybszy i bardziej efektywny sposób tworzyć gry na różne platformy, zapewniając im dostęp do narzędzi wspomagających połączenie ze sobą wcześniej wymienionych elementów gier komputerowych. Ten artykuł skupia się na porównaniu dwóch popularnych silników graficznych Unity oraz Unreal Engine. Powstało wiele badań porównujących te silniki, jednym z nich jest praca inżynierska A. Šmída [1], który stworzył dwie identyczne gry 3D oparte na grze Pac-Man, następnie porównał je na podstawie własnych odczuć co do procesu tworzenia oraz wydajności obu gier na kilku platformach. W innym przypadku, w badaniu przeprowadzonym przez R. Salama oraz M. Elsayeda [2] silniki zostały porównane pod względem ich specyfikacji technicznej, historii obu silników oraz prostotę ich użytkowania. Można zauważyć, że podobny temat został poruszony w kilku innych pracach [3-6], jednak każda z nich skupiała się na innych aspektach silników lub przeprowadzała porównanie z innymi kryteriami. Na przykład,

w jednym z artykułów autor skupił się na tym, który silnik jest lepszy w pomaganiu rozwijaniu umiejętności programistycznych [5], a w innym badano wykorzystywane techniki oświetlenia otoczenia w czasie rzeczywistym [6]. Istnieją również artykuły, które oprócz silników Unity oraz Unreal Engine skupiają się także na innych silnikach tak jak w artykule A. Barczaka i H. Woźniaka [7] gdzie oprócz Unity i Unreal Engine porównano także silnik Cry Engine 3 lub w badaniach [8, 9] gdzie na podstawie danych technicznych oraz powszechnie dostępnych informacji analizowano możliwości technologiczne nawet 14 silników graficznych. Pod innym kątem porównanie przeprowadzono w "Comparison between famous game engines and eminent games" [10]. W artykule tym analizowano wydajność nie tyle całych silników, co gier powstałych z pięciu najpopularniejszych silników. Przeprowadzono także liczne badania sprawdzające możliwości wykorzystania silników graficznych do celów naukowych. Informacje o takich badaniach możemy przykładowo znaleźć w artykułach takich jak:

- „XR game development as a tool for authentic, experiential, and collaborative learning” [11], którego celem badania było wykorzystanie silnika Unity jako narzędzia do pomocy w nauczaniu biologii w czasie zajęć zdalnych,
- „Comparative analysis of Unity and Unreal Engine efficiency in creating virtual exhibitions of 3D scanned models” [12], w którym autorzy pracy spraw-

dzają możliwości silników Unity i Unreal Engine do tworzenia cyfrowych wystaw dzieł sztuki,

- „Comparison of game engines for serious games” [13], który skupia się na możliwości wykorzystania tych silników do tworzenia gier edukacyjnych.

2. Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy jest porównanie dwóch gier stworzonych za pomocą silnika Unity oraz Unreal Engine 5 w celu uzyskania odpowiedzi na pytanie: który z tych silników pozwala na budowę aplikacji, które lepiej odpowiadają użytkownikom oraz charakteryzują się wyższą wydajnością. Aby wyniki były jak najdokładniejsze stworzono identyczne gry pod względem funkcjonalności

a stworzone gry posiadają niewielką złożoność co oznacza, że nie posiadają napisanych przez użytkownika skomplikowanych skryptów, sztucznej inteligencji czy też wielu scen. Następnie stworzone aplikacje porównano na podstawie ich wydajności oraz ankiety użytkowników.

Teza: Gra stworzona w Unreal Engine 5 wykazuje wyższą wydajność oraz lepsze oceny użytkowników niż gra stworzona w Unity.

Szczegółowe pytania badawcze:

1. Czy gra o niedużej złożoności stworzona na silniku Unreal Engine 5 wykorzystuje mniej zasobów od identycznej funkcjonalnie gry stworzonej w Unity?
2. Czy gra o niedużej złożoności stworzona przy użyciu Unreal Engine 5 osiąga większe średnie liczby klatek na sekundę niż podobna gra stworzona w Unity?
3. Czy aplikacja stworzona za pomocą Unreal Engine 5 uzyskała wyższe oceny od użytkowników?

3. Plan Badań

Plan eksperymentu badawczego składa się z następujących etapów:

1. Stworzenie gier na podstawie, których przeprowadzone będzie badanie
 - a) Stworzenie konceptu gry
 - b) Przygotowanie potrzebnych modeli
 - c) Stworzenie aplikacji w silniku Unity
 - d) Stworzenie aplikacji w silniku Unreal Engine
2. Stworzenie badania wydajności aplikacji
 - a) Przygotowanie testu, który zmierzy średnią ilość klatek na sekundę oraz wykorzystanie zasobów
3. Stworzenie badania ankietowego dla użytkowników aplikacji na około 10 pytań
 - a) Przygotowanie pytań dotyczących wydajności gry
 - b) Przygotowanie pytań dotyczących wyglądu gry
 - c) Przygotowanie pytań dotyczących opinii graczy na temat gry
 - d) Grupa badawcza: Osoby grające na co dzień w gry komputerowe
 - e) Przedział wiekowy: 18-26 lat
 - f) Minimalna liczba badanych osób: 5
4. Przeprowadzenie badania wydajności na komputerach użytkowników
 - a) Przesłanie użytkownikom badanych aplikacji
 - b) wykonanie testu oraz przesłanie wyników

5. Przeprowadzenie ankiety badawczej wśród użytkowników
6. Analiza wyników testu wydajności oraz ankiety użytkowników
7. Wnioski.

3.1. Stworzone aplikacje

Do przeprowadzenia badań stworzono dwie aplikacje w poszczególnych silnikach przedstawiające tę samą scenę. Scena przedstawia górzisty las z małym jeziorem oraz rozpalonym ogniskiem, po której gracz może swobodnie się poruszać. Aplikacje wykonano korzystając z podstawowych funkcji dostępnych w obu silnikach co oznacza, że ograniczono je do funkcji dostępnych bez dodatkowych opłat. W aplikacji stworzonej w Unreal Engine 5 użyto modeli dostępnych w „Quixel Bridge” gdzie znajdziemy całą bibliotekę wysokiej rozdzielczości skanów elementów krajobrazu takich jak drzewa, skały czy trawy. W Unity natomiast modele ograniczone były do „Asset Store”, w którym użytkownicy mogą udostępniać stworzone przez siebie modele oraz skrypty. Aby powstałe aplikacje były do siebie jak najbardziej zbliżone, wykorzystano modele 3D z teksturami o jednakowych rozdzielczościach (2048x2048 pikseli) i zbliżonej złożoności.



Rysunek 1: Zrzut ekranu aplikacji stworzonej w Unreal Engine 5.



Rysunek 2: Zrzut ekranu aplikacji stworzonej w Unity.

W narzędziu „Quixel Bridge” istnieje możliwość wyboru określonej jakości dla wybranych modeli, co nie jest możliwe w przypadku „Asset Store”. Dlatego początkowo skupiono się na modelach przeznaczonych do silnika Unity, a następnie wybrano podobne modele dostępne dla silnika Unreal Engine 5. W rezultacie uzyskano obiekty 3D, z których najbardziej złożony

został wykorzystany do stworzenia góry w aplikacji zrealizowanej w Unreal Engine 5. Ten obiekt zawiera 5184 wierzchołki i 9158 trójkątów, natomiast w aplikacji stworzonej w Unity użyto obiektu o 6038 wierzchołkach i 8071 trójkątach. Po pobraniu i zaimportowaniu obiektów, nie dokonywano żadnych modyfikacji, z wyjątkiem dostosowania ich do sceny poprzez skalowanie lub obrót. Otrzymane obiekty rozłożono na scenach tak, aby wyglądały one jak najbardziej podobnie do siebie. Do oświetlenia sceny w obu silnikach użyto światła kierunkowego imitującego słońce oraz światła punktowych przy tworzeniu ogniska, samo ognisko było stworzone za pomocą „Niagara VFX System” w Unreal Engine 5 oraz wbudowanego systemu cząsteczek w Unity. Finalnie otrzymane sceny posiadały około 6 milionów trójkątów.

3.2. Badanie wydajności oraz ankietowe

Test wydajnościowy został stworzony na podstawie monitorowania liczby klatek na sekundę (FPS) poprzez zewnętrzny program „RTSS Rivatuner Statistics Server”. Test przeprowadzono na różnych urządzeniach z różnymi konfiguracjami sprzętowymi, podczas testu użytkownicy mogli swobodnie poruszać się po aplikacji. Następnie, po 5 minutach, użytkownika prosiło o zrestartowanie aplikacji i przejście określonej ścieżki, podczas której sprawdzano i zapisywano średnią liczbę uzyskanych klatek na sekundę, oraz informacje dotyczące zużycia procesora i pamięci RAM. Dodatkowo, przeprowadzono badanie ankietowe wśród użytkowników, którzy używali porównywanych aplikacji. Ankieta została opracowana w celu zebrania opinii na temat różnych aspektów aplikacji, które podzielono na cztery kategorie

- **Animacja:** Uczestnicy byli pytani o swoje spostrzeżenia dotyczące animacji w obu aplikacjach. Oceniali płynność, realizm i ogólną jakość animacji,
- **Grafika:** Użytkownicy byli proszeni o ocenę grafiki w obu aplikacjach. Badano aspekty takie jak jakość tekstur, oświetlenie, modele postaci i otoczenia oraz ogólną estetykę wizualną gier,
- **Wydajność:** Respondenci zostali zapytani o wydajność aplikacji stworzonych w Unity i Unreal Engine 5. Oceniali płynność rozgrywki, szybkość ładowania, stabilność i ogólną wydajność gier na swoich komputerach,
- **Ogólne wrażenia:** Uczestnicy mieli okazję wyrazić swoje ogólne wrażenia i opinie na temat obu aplikacji. Badano ich preferencje, subiektywne odczucia, satysfakcję z gry oraz ogólną ocenę jakości użytkowej.

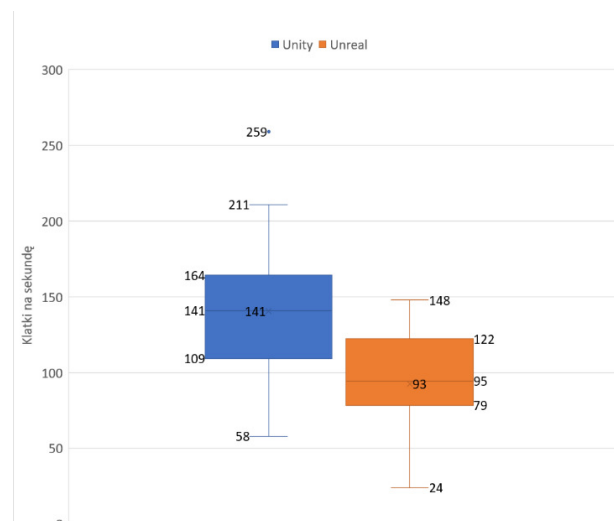
Ankieta została udostępniona online na platformie „Google Forms”, a respondenci mieli możliwość udzielenia szczegółowych odpowiedzi i wyrażenia swoich preferencji.

4. Wyniki

4.1. Wyniki testu wydajnościowego

Badanie przeprowadzono na 15 komputerach osobistych, każdy z nich posiadał inną konfigurację sprzęto-

wą przez co uzyskane wyniki mają dużą rozpiętość. Na podstawie zebranych danych stworzono wykres pudełkowy (ang. *Box plot*) (Rysunek 3) wygenerowanego w programie „Microsoft Excel”. Wykres ten składa się z pudełka, którego dolna krawędź reprezentuje pierwszy kwartył, górna krawędź trzeci kwartył, a linia w środku pudełka to drugi kwartył czyli mediana. Na wykresie pudełkowym, dolna i górna linia wąsów reprezentują minimalną i maksymalną wartość w zbiorze danych. W przypadku pudełka przedstawiającego dane o aplikacji stworzonej w Unity, występuje również punkt, który jest wartością odstającą od głównego zakresu danych. Takie wykresy pozwalają na zilustrowanie dużych ilości danych oraz wyodrębnić wartości odstające od zbioru. Na rysunku poniżej (Rysunek 3) możemy zauważyć, że aplikacja stworzona w Unity wykazywała średnio o 49% większe średnie klatek na sekundę od aplikacji wykonanej w Unreal Engine 5, dodatkowo w najbardziej ekstremalnym przypadku na tym samym komputerze osobistym średnia klatek na sekundę w Unreal Engine 5 wyniosła 24, natomiast w przypadku Unity 58 klatek na sekundę co oznacza, że aplikacja w Unity posiadała aż o 141% większą liczbę klatek na sekundę. Dodatkowo podczas testów zmierzono zużycie zasobów komputera przez aplikację (Tabela 1), w celu uzyskania jak największej liczby klatek na sekundę obie aplikacje zużywały blisko 100% procesora graficznego (GPU), zużycie procesora (CPU) wyniosło 14,3% dla aplikacji w Unity oraz 22,5% dla aplikacji stworzonej w Unreal Engine 5, a zużycie pamięci RAM wyniosło 276 MB dla aplikacji wykonanej w Unity oraz 603 MB dla aplikacji wykonanej w Unreal Engine 5.



Rysunek 3: Wykres otrzymanej liczby klatek na sekundę.

Tabela 1: Odchylenie standardowe pomiaru odległości

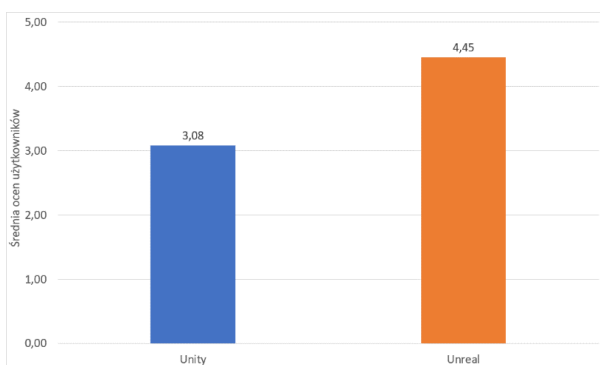
Silnik	Średnie zużycie procesora (%)	Zużycie pamięci RAM (MB)
Unity	14,3	276
Unreal Engine 5	22,5	603

4.2. Wyniki badania ankietowego

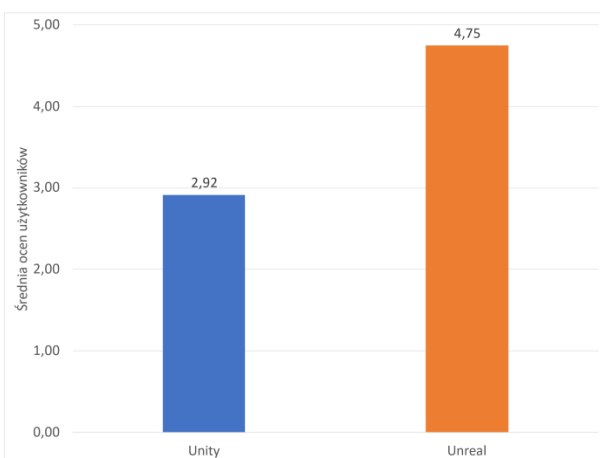
Badaniu ankietowemu poddało się piętnastu użytkowników w wieku od 18 do 26 lat, którzy regularnie korzystają z komputerów do grania w gry. W badaniu zadano pytania w czterech kategoriach

- ogólne wrażenia wizualne,
- efekty otoczenia oraz jakość grafiki,
- animacje postaci oraz otoczenia,
- płynność działania.

W każdej z tych kategorii ankietowani mieli możliwość wyrażenia swojej opinii na podstawie skali od 1 do 5, gdzie 1 oznaczała najniższą jakość lub najgorsze wrażenie, a 5 oznaczała najwyższą jakość lub najlepsze wrażenie. Na podstawie wykresu średnich ocen w kategorii "ogólne wrażenia wizualne" (Rysunek 4) można stwierdzić, że użytkownicy przyznawali znacznie wyższe oceny dla aplikacji stworzonej w Unreal Engine 5. Podobne wnioski można wyciągnąć z wykresu średnich ocen w kategorii "efekty otoczenia oraz jakość grafiki" (Rysunek 5), gdzie aplikacja stworzona w Unity otrzymała średnią ocenę 2,92, co jest jednym z najniższych wyników uzyskanych we wszystkich kategoriach. Natomiast aplikacja stworzona w Unreal Engine 5 otrzymała w tej kategorii najwyższą średnią ocenę jaką jest 4,75.



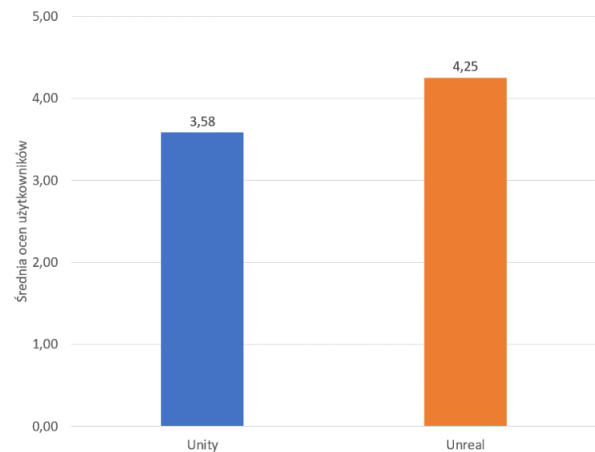
Rysunek 4: Wykres średnich ocen w kategorii ogólne wrażenia wizualne.



Rysunek 5: Wykres średnich ocen w kategorii efekty otoczenia oraz jakość grafiki.

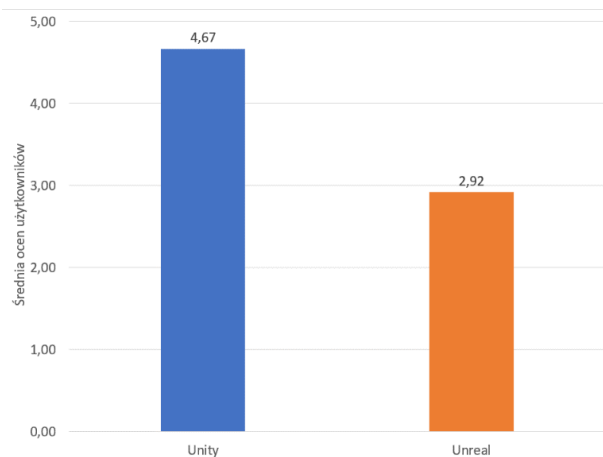
W ramach kategorii "animacje postaci oraz otoczenia" (Rysunek 6) wyniki analizy wykazują, że zarówno Unity, jak i Unreal Engine 5 osiągnęły wysokie oceny w tej

kategorii. Chociaż wyniki były do siebie najbardziej zbliżone, to Unreal Engine 5 nadal uzyskał wyższą ocenę. Unity otrzymało wynik 3,58, wskazując na solidną jakość animacji, podczas gdy Unreal Engine 5 zyskał jeszcze wyższą ocenę 4,25, co świadczy o jeszcze lepszej jakości animacji w tym silniku.



Rysunek 6: Wykres średnich ocen w kategorii animacje postaci oraz otoczenia.

Wśród wszystkich analizowanych kategorii, szczególną uwagę zwraca kategoria „płynność działania” (Rysunek 7). W której jako jedynej Unity otrzymało wyższy wynik niż Unreal Engine 5 z oceną 4,67, a Unreal Engine 5 otrzymał jedyną ocenę poniżej progu 4,0. To wskazuje na pewne niedoskonałości w obszarze optymalizacji silnika Unreal Engine 5, które prowadzą do niezadowolenia użytkowników z utworzonej aplikacji.



Rysunek 7: Wykres średnich ocen w kategorii płynność działania.

5. Wnioski

Głównym celem artykułu było wykazanie podstawowej tezy „Gra stworzona w Unreal Engine 5 wykazuje wyższą wydajność oraz lepsze oceny użytkowników niż gra stworzona w Unity.” W celu weryfikacji tezy, zostały sformułowane szczegółowe hipotezy badawcze. Analizując otrzymane wyniki z testu wydajnościowego można zaobserwować, że aplikacja stworzona w silniku Unreal Engine 5 zużywa nawet dwukrotnie więcej zasobów niż aplikacja stworzona w silniku Unity. Widać to w przypadku zużycia procesora gdzie aplikacja

w Unity zużywała średnio 14,3% procesora (CPU) a aplikacja w Unreal 22,5% oraz zużycia pamięci RAM odpowiednio 276 MB oraz 603 MB, co odpowiada przecząco na pytanie badawcze „Czy gra o niedużej złożoności stworzona na silniku Unreal Engine 5 wykorzystuje mniej zasobów od identycznie funkcjonalnie gry stworzonej w Unity?” Z testu można również wnioskować, że aplikacja stworzona w Unity osiąga znacznie wyższą średnią liczbę klatek na sekundę, wynoszącą 141, w porównaniu do aplikacji opartej na silniku Unreal Engine 5, która uzyskała średnią wartość 94,5 odpowiadając tym samym przecząco na pytanie badawcze „Czy gra o niedużej złożoności stworzona przy użyciu Unreal Engine 5 osiąga większe średnie liczby klatek na sekundę niż podobna gra stworzona w Unity?” Odpowiadając na ostatnie pytanie badawcze „Czy aplikacja stworzona za pomocą Unreal Engine 5 uzyskała wyższe oceny od użytkowników?” Badanie ankietowe wykazało, że aplikacja stworzona w Unreal Engine 5 otrzymała wyższe oceny w niemal wszystkich kategoriach, z wyjątkiem "płynności działania", gdzie aplikacja wykonana w Unity była lepiej oceniana, odpowiadając twierdząco na ostatnie pytanie badawcze. Na podstawie przeprowadzonych badań oraz uzyskanych wyników można stwierdzić, że oba silniki, Unreal Engine 5 i Unity, umożliwiają tworzenie gier o solidnej grafice i wydajności. Jednakże, w porównaniu do Unity, Unreal Engine 5 zapewnia łatwiejszy dostęp do modeli oraz narzędzi umożliwiających tworzenie gier z wysokiej jakości efektami wizualnymi kosztem wydajności. Z drugiej strony, Unity pozwala na tworzenie gier o podobnych funkcjach oraz większej wydajności, ale gorszymi efektami wizualnymi. Warto jednak uwzględnić potencjalny efekt, jaki może wywołać rosnąca złożoność gry na modyfikacje w jej wydajności, co mogłoby prowadzić do zmiany uzyskanych wyników na korzyść drugiej ze stron.

Literatura

- [1] A. Šmíd, Comparison of unity and unreal engine, Czech Technical University in Prague (2017) 41-61.
- [2] R. Salama, M. Elsayed, A live comparison between Unity and Unreal game engines, Global Journal of Information Technology: Emerging Technologies 11 (2021) 1-7.
- [3] H. Al Lawati, The Path of unity or the Path of unreal? A Comparative Study on Suitability for Game Development, Fourth Middle East College Student Research Conference, Muscat, Sultanate of Oman, Journal of Student Research (2019) 791-797.
- [4] P. Skop, Comparison of performance of game engines across various platforms, Journal of Computer Sciences Institute 7 (2018) 116-119.
- [5] I. Pachoulakis, G. Pontikakis, Combining features of the Unreal and Unity Game Engines to hone development skills, Computing Research Repository (2015) 64-68, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1511.03640>.
- [6] C. Lambru, Comparative Analysis of Real-Time Global Illumination Techniques in Current Game Engines, IEEE Access 9 (2021) 125158-125183.
- [7] A. M. Barczak, H. Woźniak, Comparative study on game engines. Studia Informatica. Systems and Information Technology, Systemy i Technologie Informacyjne 1-2 (2019) 5-24.
- [8] E. Christopoulou, S. Xinogalos Overview and comparative analysis of game engines for desktop and mobile devices. International Journal of Serious Games 4 (2017) 21-36.
- [9] A. Andrade, Game engines: A survey. EAI Endorsed Trans. Serious Games 2 (2015) 1-8.
- [10] P. Mishra, U. Shrawankar, Comparison between famous game engines and eminent games, International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence 4 (2016) 69-77.
- [11] J. Cook XR game development as a tool for authentic, experiential, and collaborative learning, Biochemistry and Molecular Biology Education 49 (2021) 846-847.
- [12] A. Ciekankowska, A. Kiszczak-Gliński, K. Dziedzic, Comparative analysis of Unity and Unreal Engine efficiency in creating virtual exhibitions of 3D scanned model, Journal of Computer Sciences Institute 20 (2021) 247-253.
- [13] S. Pavkov, I. Franković, N. Hoić-Božić, Comparison of game engines for serious games, In: 2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), IEEE (2017) 728-733.