

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ INFORMATYKI

PRACA DYPLOMOWA INŻYNIERSKA

TEMAT: EDYTOR MODELI 3D OPARTYCH O
WOKSELE

WYKONAWCA: PAWEŁ ALEKSIEJUK

.....
podpis

PROMOTOR: DR INŻ. ŁUKASZ GADOMER

.....
podpis

BIAŁYSTOK 2022 r.

Karta dyplomowa

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA Wydział..... 	Studia..... stacjonarne/niestacjonarne	Nr albumu studenta.....
 studia I stopnia/studia II stopnia	Rok akademicki.....
		Kierunek studiów..... Specjalność.....
<p>.....</p> <p>Imiona i nazwisko studenta</p> <p>TEMAT PRACY DYPLOMOWEJ:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Zakres pracy:</p> <p>1.</p> <p>2.</p> <p>3.</p> <p>4.</p> <p>Słowa kluczowe (max 5):</p> <p>TO JEST SKAN</p> <p>.....</p> <p><i>Imiona i nazwisko, stopień/ tytuł promotora - podpis</i></p>		
<p>.....</p> <p><i>Data wydania tematu pracy dyplomowej Regulaminowy termin złożenia pracy dyplomowej Data złożenia pracy dyplomowej</i></p> <p><i>- podpis promotora - potwierdzenie dziekanatu</i></p>		
<p>.....</p> <p><i>Ocena promotora Podpis promotora</i></p>		
<p>.....</p> <p><i>Imiona i nazwisko, stopień/ tytuł recenzenta Ocena recenzenta Podpis recenzenta</i></p>		

Subject of diploma thesis

Temat po angielsku.

Summary

Streszczenie pracy po angielsku.

Załącznik nr 4 do „Zasad postępowania przy przygotowaniu i obronie
pracy dyplomowej na PB”
Białystok, dnia 05.01.2020 r.

Gal Anonim

Imiona i nazwisko studenta

12345

Nr albumu

informatyka, stacjonarne

Kierunek i forma studiów

dr inż. Doktor Inżynier

Promotor pracy dyplomowej

OŚWIADCZENIE

Przedkładając w roku akademickim 2019/2020 Promotorowi **dr inż. Doktor Inżynier** pracę dyplomową pt.: **Temat pracy**, dalej zwaną pracą dyplomową, **oświadczam, że:**

- 1) praca dyplomowa stanowi wynik samodzielnej pracy twórczej;
- 2) wykorzystując w pracy dyplomowej materiały źródłowe, w tym w szczególności: monografie, artykuły naukowe, zestawienia zawierające wyniki badań (opublikowane, jak i nieopublikowane), materiały ze stron internetowych, w przypisach wskazywałem/am ich autora, tytuł, miejsce i rok publikacji oraz stronę, z której pochodzą powoływane fragmenty, ponadto w pracy dyplomowej zamieściłem/am bibliografię;
- 3) praca dyplomowa nie zawiera żadnych danych, informacji i materiałów, których publikacja nie jest prawnie dozwolona;
- 4) praca dyplomowa dotychczas nie stanowiła podstawy nadania tytułu zawodowego, stopnia naukowego, tytułu naukowego oraz uzyskania innych kwalifikacji;
- 5) treść pracy dyplomowej przekazanej do dziekanatu Wydziału Informatyki jest jednakowa w wersji drukowanej oraz w formie elektronicznej;
- 6) jestem świadomy/a, że naruszenie praw autorskich podlega odpowiedzialności na podstawie przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2019 r. poz. 1231, późn. zm.), jednocześnie na podstawie przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1668, z późn. zm.) stanowi przesłankę wszczęcia postępowania dyscyplinarnego oraz stwierdzenia nieważności postępowania w sprawie nadania tytułu zawodowego;
- 7) udzielam Politechnice Białostockiej nieodpłatnej, nieograniczonej terytorialnie i czasowo licencji wyłącznej na umieszczenie i przechowywanie elektronicznej wersji pracy dyplomowej w zbiorach systemu Archiwum Prac Dyplomowych Politechniki Białostockiej oraz jej zwielokrotniania i udostępniania w formie elektronicznej w zakresie koniecznym do weryfikacji autorstwa tej pracy i ochrony przed przywłaszczeniem jej autorstwa.

.....

czytelny podpis studenta

Spis treści

Streszczenie	5
Wstęp	11
1 Przegląd istniejących rozwiązań	13
1.1 MagicaVoxel	13
1.2 Mega Voxels Play	14
1.3 Qubicle	15
1.4 Goxel	16
1.5 VoxEdit Beta	17
2 Projekt systemu	19
2.1 Wymagania	19
2.2 Interfejs graficzny	20
2.3 Diagram przypadków użycia i opisy	22
2.4 Diagramy stanów	22
3 Realizacja	27
4 Rozdział 4	29
5 Rozdział 5	31
6 Rozdział 6	33
Podsumowanie	35
Bibliografia	37
Spis tabel	39

Spis rysunków	41
Spis listingów	43
Spis algorytmów	45

Wstęp

Grafika we współczesnym użyciu, kojarzy się głównie z komputerowym przedstawieniem danych. Dane te tworzą medium wizualne, które mogą być wyświetlane między innymi na ekranach naszych monitorów komputerowych. Najczęściej rozróżniamy dwie rodzaje grafik: 2D (ang. *two-dimensional*) i 3D (ang. *three-dimensional*). Grafika 2D polega na przedstawieniu medium wizualnego opartego na obiekcie o dwóch wymiarach, zaś grafika 3D, analogicznie na obiekcie o trzech wymiarach.

Wokselem (ang. *voxel*) nazywamy przedstawienie punktu w trójwymiarze. Nazwa woksół jest połączeniem angielskich słów *volume* oraz *element* i jest to analogiczne połączenie do *picture* i *element* w przypadku piksela (ang. *pixel*). Najczęstszym sposobem

Zainteresowany tymi tematami, postanowiłem prześledzić drogę tworzenia grafiki 3D od strony edytora modeli, tworząc go od podstaw w ramach tej pracy. Edytor ten ma pozwolić użytkownikowi na kreację modelu 3D opartego na woksółach, wykorzystując wbudowane mechanizmy edycji.

Motywacją do napisania tej pracy było chęć stworzenia prostego funkcjonalnego silnika graficznego wraz z narzędziem do tworzenia modeli obsługiwanych przez ten silnik. W późniejszym czasie, planuję rozszerzyć ten projekt, tworząc w pełni funkcjonalną grę 3D.

Zakres pracy obejmował:

- Przegląd podobnych rozwiązań dostępnych na rynku.
- Zdefiniowanie wymagań stawianych wobec rozwiązania.
- Opracowanie prostego silnika 3D.
- Stworzenie narzędzia do edycji modelu 3D.
- Testowanie stworzonego rozwiązania.

Rozdział 1 przedstawia 5 istniejących już na rynku edytorów graficznych opartych o woksół, w celu zaznajomienia się z podstawowymi funkcjonalnościami postawionymi przez ich autorów.

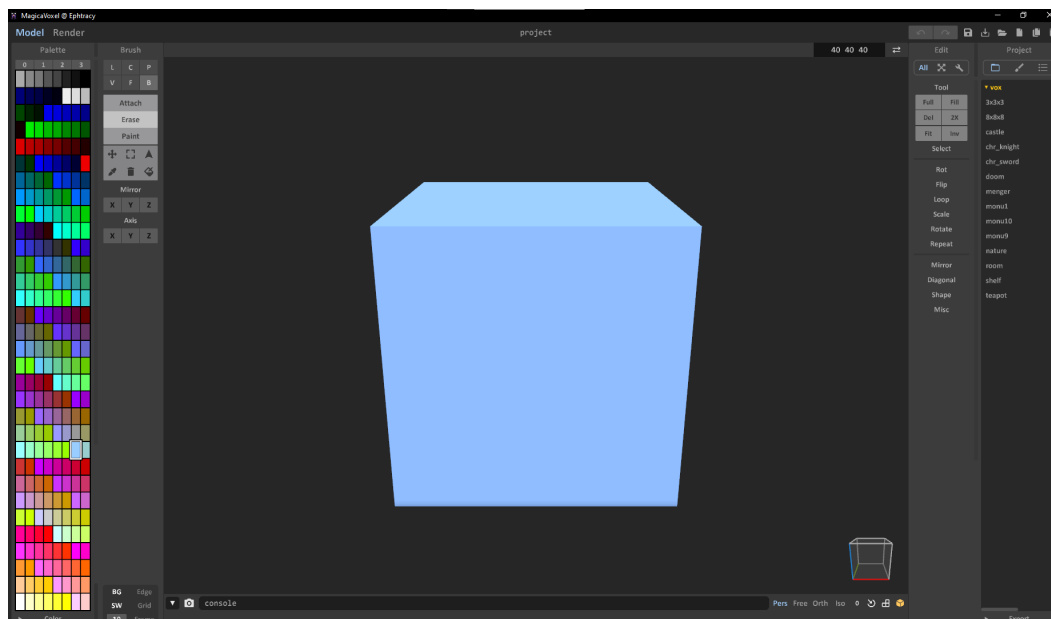
Rozdział 2 skupia się na przedstawieniu dogłębnie projektu systemu, w celu zapoznania się z podstawami działania poszczególnych

1. Przegląd istniejących rozwiązań

Z uwagi na specjalistyczne zastosowanie stworzonego edytora graficznego, a mianowicie tworzenie specjalnych obiektów obsługiwanych przez wbudowany silnik graficzny, istniejące rozwiązania w głównej mierze mają służyć jako wykaz podstawowych, jak i dodatkowych funkcjonalności do możliwej implementacji w ostatecznym rozwiązaniu.

1.1 MagicaVoxel

MagicaVoxel [3] jest najpopularniejszym darmowym desktopowym edytorem wokseli dostępnym aktualnie na rynku. Stworzony i na bieżąco aktualizowany przez użytkownika o pseudonimie @ephtracy pozwala na nie tylko tworzenie modeli, ale też zdjęć do późniejszego udostępniania. Taka funkcjonalność pozwala na przetestowanie modelu w różnych warunkach, które są edytowalne poprzez parametry w wewnętrznym silniku renderującym. Interfejs rozwiązania został przedstawiony na rysunku 1.1



Rysunek 1.1: Ekran startowy programu MagicaVoxel (Windows), źródło: [3]

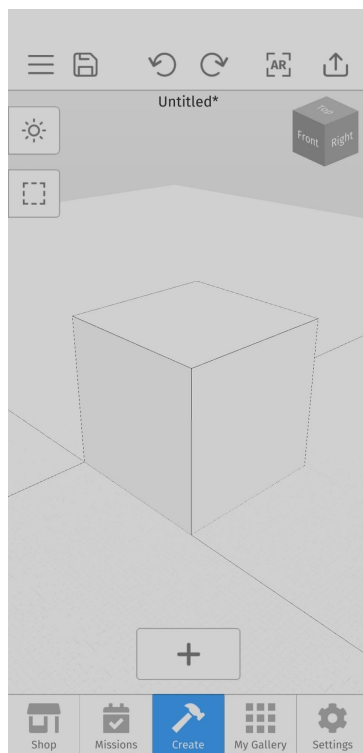
Główne atuty oprogramowania według producenta:

- Zaawansowany wewnętrzny silnik renderujący.
- Całkowicie darmowe oprogramowanie, nawet w przypadku użycia komercyjnego.

MagicaVoxel jest dostępny za darmo na platformach Windows i macOS.

1.2 Mega Voxels Play

Mega Voxels Play [5] to darmowy mobilny edytor stworzony przez Go Real Games. Tak jak większość edytorów wokselowych, pozwala na podstawowe operacje takie jak dodawanie, usuwanie i malowanie. Aplikacja posiada wbudowany sklep, który pozwala na pobranie gotowych modeli, w celu późniejszego wykorzystania. Interfejs rozwiązania został przedstawiony na rysunku 1.2



Rysunek 1.2: Ekran startowy programu Mega Voxels Play (Android), źródło: [5]

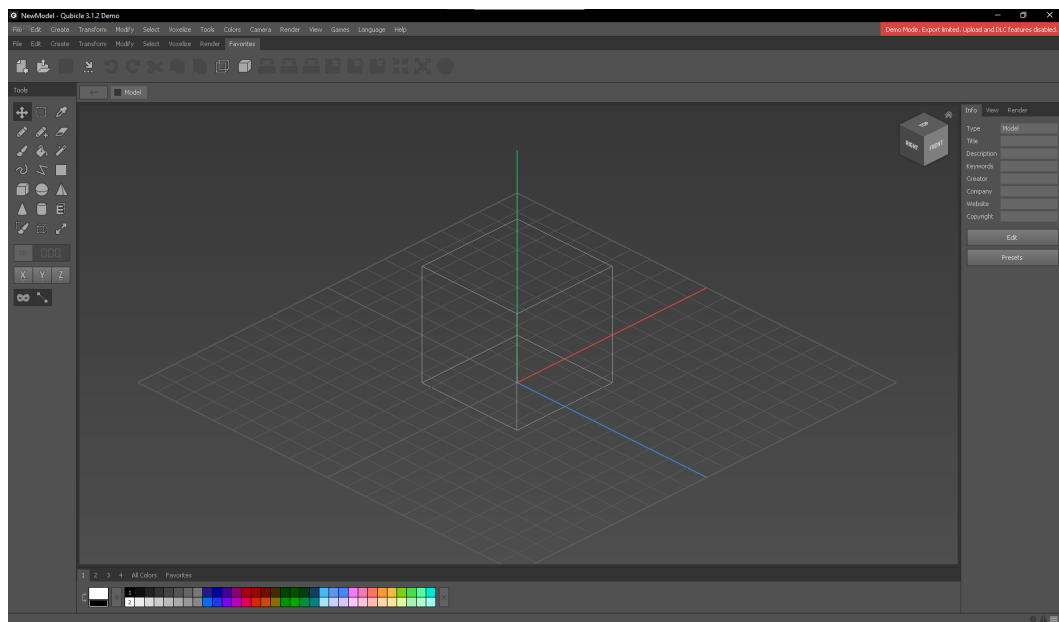
Główne atuty oprogramowania według producenta:

- Duża ilość bazowych modeli do pobrania.
- Prostość w obsłudze.
- Wsparcie dla AR (Rozszerzonej rzeczywistości).
- Różne efekty przetwarzania końcowego.

Mega Voxels Play jest dostępny za darmo na platformach mobilnych (Android i iOS).

1.3 Qubicle

Qubicle [4] jest zaawansowanym desktopowym narzędziem stworzonym przez Mind-desk, przeznaczonym do tworzenia wokselowych modeli. Z porównaniem do poprzedników, aplikacja nie posiada limitu wielkości modeli, co pozwala użytkownikom na swobodne tworzenie wielkich modeli, jak i całych terenów. Dodatkowo oprócz standardowego w edytorach formatu .obj (Waveform File), wspierane są też takie formaty jak .fbx (Autodesk), .dae (Collada). Interfejs rozwiązania został przedstawiony na rysunku 1.3



Rysunek 1.3: Ekran startowy programu Qubicle (Windows, Steam), źródło: [4]

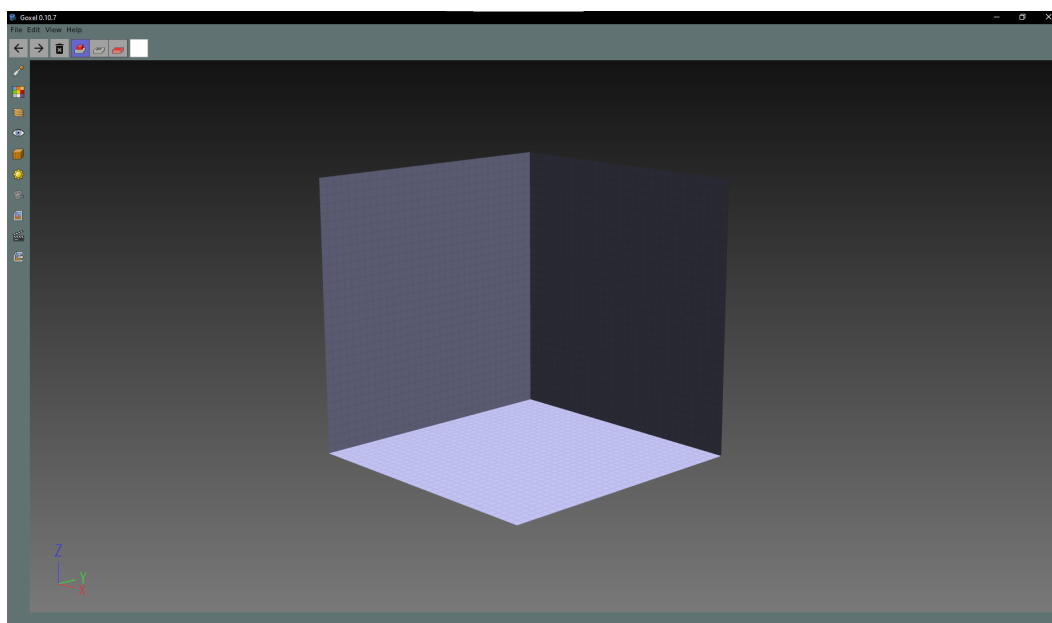
Główne atuty oprogramowania według producenta:

- Bardzo dużo narzędzi do edycji.
- Proste w obsłudze.
- Wbudowane narzędzie do konwersji z modelu siatkowego na model wokselowy.
- Wiele formatów do eksportu modeli.

Qubicle jest dostępny w czterech wersjach na platformach Windows i macOS, wersja okrojona (demo) za darmo, wersja podstawowa (bazowa) za 53.99 PLN, wersja rozszerzona (indie) za 89.99 PLN i pełna opcja (pro) za 410.56 PLN.

1.4 Goxel

Goxel [6] jest otwartym oprogramowaniem do edycji modeli wokselowych na komputery osobiste i urządzenia mobilne stworzone przez użytkownika o pseudonimie @guillaumechereau (GitHub). Główną funkcjonalnością Goxel, jest możliwość tworzenia warstw, w taki sam sposób jak w popularnych aplikacjach do manipulacji obrazami, między innymi takim jaki jest Adobe Photoshop. Interfejs rozwiązania został przedstawiony na rysunku 1.4



Rysunek 1.4: Ekran Startowy programu Goxel (Windows), źródło: [6]

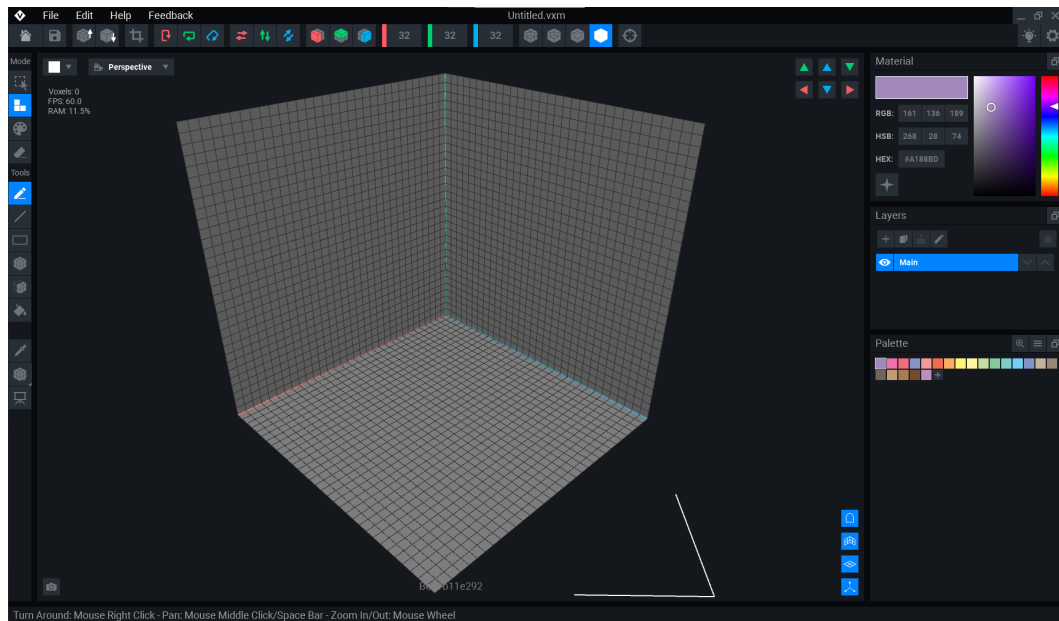
Główne atuty oprogramowania według producenta:

- Nieskończona wielkość sceny.
- Możliwość tworzenia obiektów na różnych warstwach.
- Wieloplatformowość.
- Wiele formatów do eksportu modeli.

Goxel jest dostępny za darmo na platformach Windows, Linux, iOS i macOS, a w przypadku platformy Android za opłatą 25.99 PLN.

1.5 VoxEdit Beta

VoxEdit Beta [8] jest darmowym oprogramowaniem stworzonym przez Pixowl do gry The Sandbox Game. Unikalną funkcjonalnością na tle innych aplikacji do edycji wokseli, jest możliwość montowania szkieletu i jego późniejszej animacji. Interfejs rozwiązania został przedstawiony na rysunku 1.5



Rysunek 1.5: Ekran startowy programu VoxEdit Beta (Windows), źródło: [8]

Główne atuty oprogramowania według producenta:

- Możliwość tworzenia animacji.
- Specjalny tryb edycji bloków.
- Przyjazny interfejs dla użytkownika.

VoxEdit Beta jest dostępny za darmo na platformach Windows i macOS.

2. Projekt systemu

W tym rozdziale zapoznamy się z głównymi rozwiązaniami z zakresu inżynierii oprogramowania i projektowania, które pozwolą nam się zaznajomić z podstawowym działaniem aplikacji, jak i wymogów co do niniejszej pracy.

2.1 Wymagania

Na podstawie informacji zebranych z rozdziału 1 „Przegląd istniejących rozwiązań”, jak i mojej wiedzy na temat programów graficznych, określone zostały podstawowe wymagania dotyczące aplikacji.

2.1.1 Wymagania funkcjonalne

- Tworzenie modeli 3D.
- Prosty interfejs użytkownika.
- Zmiana pozycji i wielkości okienek.
- Edycja modeli w czasie rzeczywistym.
- Tworzenie własnych opisów materiałów
- Zapis i odczyt modelu.
- Zmiana właściwości oświetlenia.

2.1.2 Wymagania нефunkcjonalne

- Możliwość ponownego użycia silnika 3D w innych projektach.
- Wysoka responsywność na zmiany w modelu.
- Działanie na wielu platformach desktopowych (Windows, Linux, macOS).
- Konsola debugująca w czasie rzeczywistym.

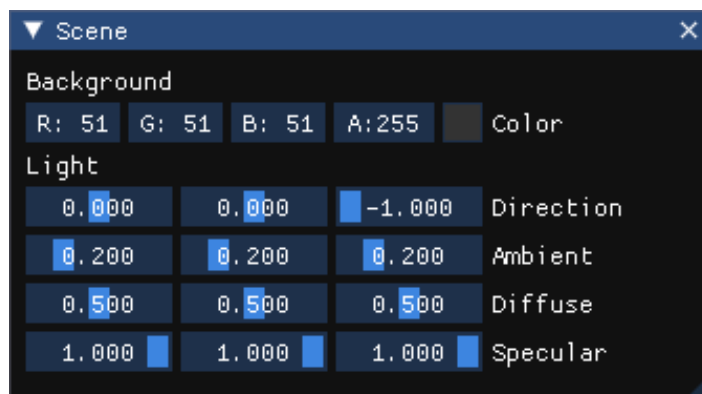
2.2 Interfejs graficzny

Głównym założeniem interfejsu była prostota i customizowalność. Osiągnięte to zostało poprzez wyeksponowanie modelu, który jest renderowany w czasie rzeczywistym przez silnik 3D edytora.



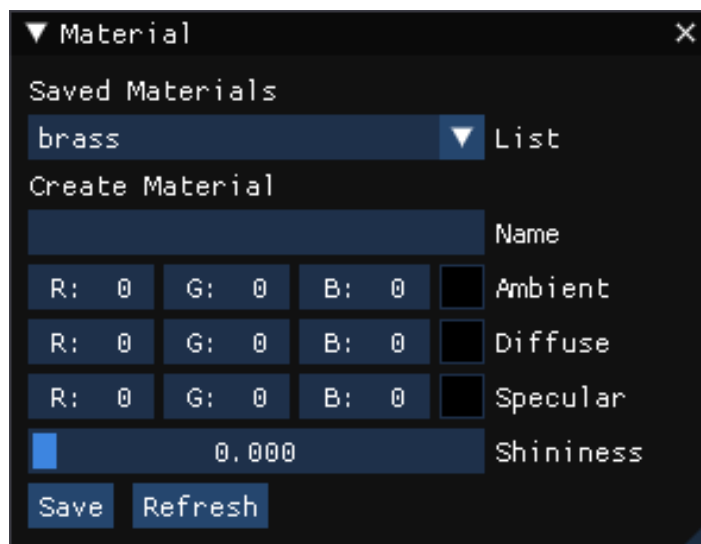
Rysunek 2.1: Ekran startowy programu, źródło: opracowanie własne

By użytkownikowi dać więcej możliwości ustawienia wyglądu wyjściowego, dodano opcję zmiany wartości oświetlenia, jak i tła aplikacji. Wygląd okna „Scene” został ukazany na rysunku 2.2.



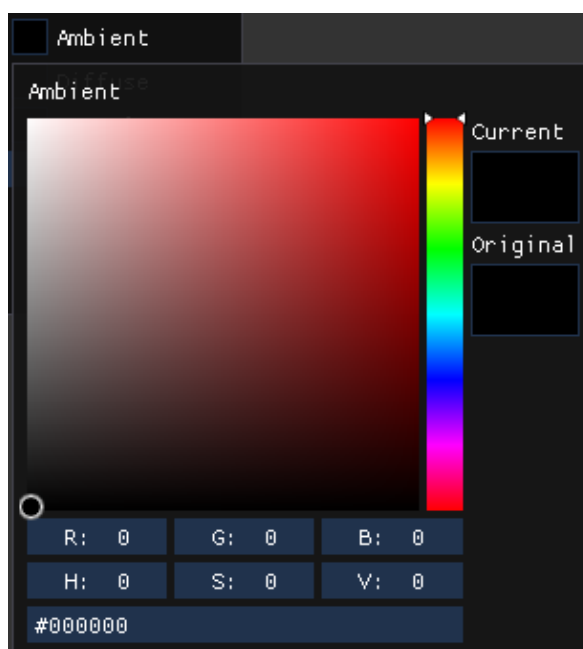
Rysunek 2.2: Okno zmiany ustawień sceny, źródło: opracowanie własne

Zmiana aktywnego materiału odbywa się poprzez wybór z listy dostępnych, jak i stworzonych materiałów w oknie „Material” (rysunek 2.3).



Rysunek 2.3: Okno zmiany bieżącego materiału, jak i jego edycji, źródło: opracowanie własne

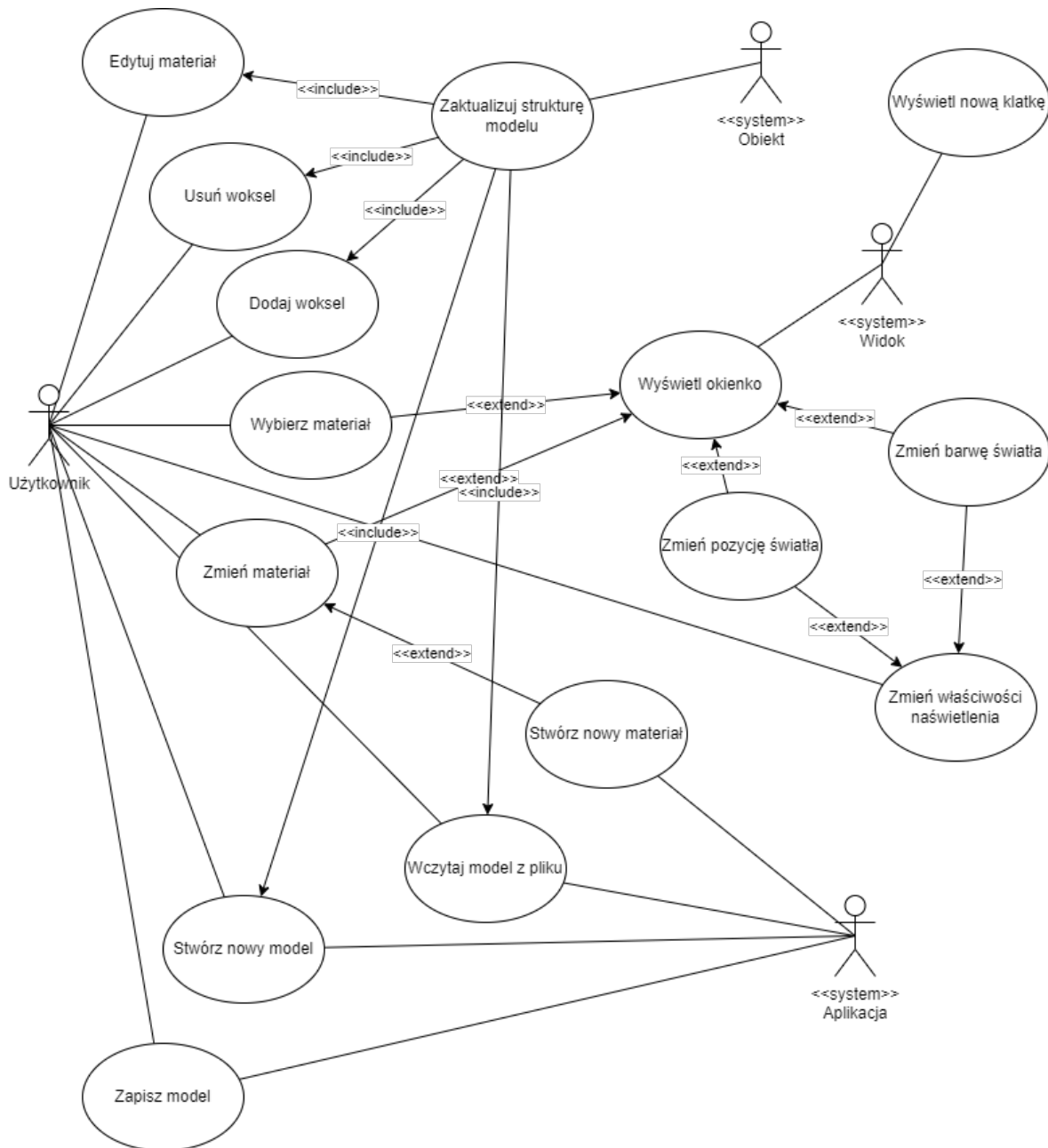
W celu ułatwienia wyboru koloru podczas tworzenia materiału oraz wyboru tła sceny, parametry „Color” w przypadku okna „Scene”, jak i „Ambient”, „Diffuse” i „Specular” w przypadku okna „Material” posiadają opcję wyboru ręcznego z kwadratu kolorów (rysunek 2.4).



Rysunek 2.4: Okno wyboru wartości koloru wraz z podglądem po prawej stronie, źródło: opracowanie własne

2.3 Diagram przypadków użycia i opisy

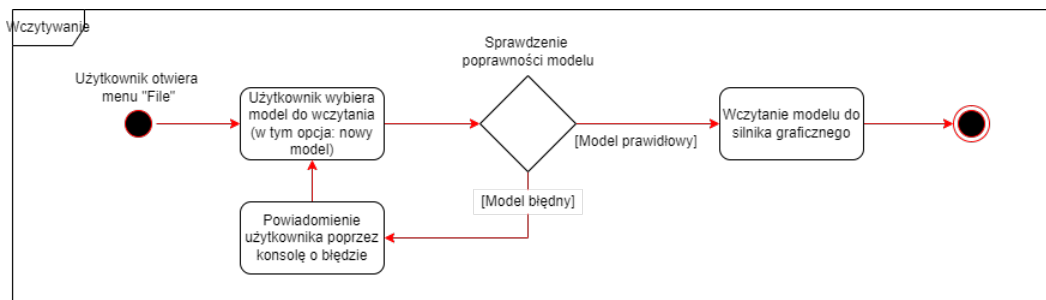
Na przedstawionym poniżej (rysunek 2.5) diagramie przypadków użycia, zawarte są wszystkie najważniejsze wymagania funkcjonalne w formie graficznej.



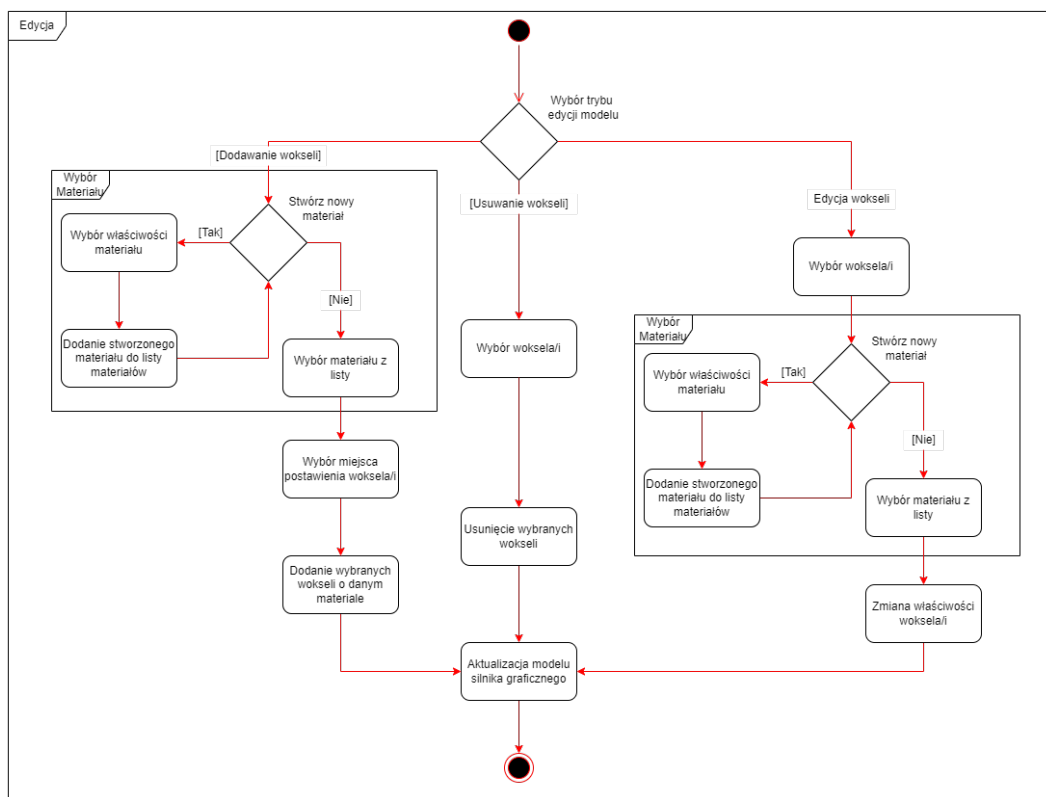
Rysunek 2.5: Diagram przypadków użycia, źródło: opracowanie własne

Głównymi przypadkami użycia tego systemu są metody manipulacji modelu 3D. To one pozwalają nam na dodawanie wokseli, usuwanie ich oraz edytowanie materiału. Przypadki te są odpowiednio opisane w tabeli 2.1, tabeli 2.2 oraz tabeli 2.3.

2.4 Diagramy stanów



Rysunek 2.6: Diagram stanów dla wczytywania, źródło: opracowanie własne



Rysunek 2.7: Diagram stanów dla edycji, źródło: opracowanie własne

Tabela 2.1: Opis przypadku użycia „Dodaj wksel”

Sekcja	Treść
Uczestniczący aktorzy	Użytkownik, Widok, Aplikacja, Obiekt
Warunki wstępne	W okienku „Edit Mode” zaznaczony tryb „Add”
Warunki końcowe	Dodanie wksela do obiektu
Rezultat	Pojawienie się wksela w miejscu wskazanym przez użytkownika
Scenariusz główny	<ol style="list-style-type: none"> 1. Użytkownik wybiera materiał z listy, bądź dodaje swój własny i go zatwierdza. 2. Użytkownik nacelowuje na interesującą go ściankę wksela, w celu postawienia na obok niej nowego wksela, po czym zatwierdza prawym przyciskiem myszy. 3. Aplikacja przekazuje do obiektu dane kliknięcia. 4. Obiekt aktualizuje strukturę danych. 5. Widok zostaje odświeżony w następnej klatce. 6. Użytkownik widzi efekt swojego działania na modelu 3D.
Scenariusz wyjątku	<p>Zdarzenie: Użytkownik nie kliknął na ściankę istniejącego wksela</p> <p>Wynik: Brak dodania wksela do modelu 3D</p>
Zależności czasowe	<ol style="list-style-type: none"> 1. Częstotliwość wykonania: 0 lub więcej na sesję. 2. Typowy czas realizacji: 8.9 ms. 3. Maksymalny czas realizacji: 33,2 ms.
Wartości uzyskane przez aktorów po zakończeniu przypadków użycia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pojawienie się wksela w miejscu i o materiale wybranym przez użytkownika. 2. Obiekt posiada zaktualizowaną strukturę o wksela.

Tabela 2.2: Opis przypadku użycia „Usuń wksel”

Sekcja	Treść
Uczestniczący aktorzy	Użytkownik, Widok, Aplikacja, Obiekt
Warunki wstępne	W okienku „Edit Mode” zaznaczony tryb „Remove”
Warunki końcowe	Usunięcie wskazanego wksela z obiektu
Rezultat	Zniknięcie wksela w miejscu wskazanym przez użytkownika
Scenariusz główny	<ol style="list-style-type: none"> 1. Użytkownik nacelowuje na interesujący go wksel, po czym zatwierdza prawym przyciskiem myszy. 2. Aplikacja przekazuje do obiektu dane kliknięcia. 3. Obiekt zwraca wksel zainteresowania. 4. Aplikacja usuwa zwrócony wksel. 5. Widok zostaje odświeżony w następnej klatce. 6. Użytkownik widzi efekt swojego działania na modelu 3D.
Scenariusz wyjątku	<p>Zdarzenie: Użytkownik nie kliknął w istniejącego wksela</p> <p>Wynik: Brak usunięcia wksela z modelu 3D</p>
Zależności czasowe	<ol style="list-style-type: none"> 1. Częstotliwość wykonania: 0 lub więcej na sesję. 2. Typowy czas realizacji: 5.9 ms. 3. Maksymalny czas realizacji: 16,6 ms.
Wartości uzyskane przez aktorów po zakończeniu przypadków użycia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zniknięcie wksela w miejscu wybranym przez użytkownika. 2. Obiekt posiada zaktualizowaną strukturę bez klikniętego wksela.

Tabela 2.3: Opis przypadku użycia „Edytuj materiał”

Sekcja	Treść
Uczestniczący aktorzy	Użytkownik, Widok, Aplikacja, Obiekt
Warunki wstępne	W okienku „Edit Mode” zaznaczony tryb „Color”
Warunki końcowe	Zmiana materiału we wskazanym miejscu w obiekcie
Rezultat	Zmiana materiału woksela w miejscu wskazanym przez użytkownika
Scenariusz główny	<ol style="list-style-type: none"> 1. Użytkownik nacelowuje na interesujący go woxsel, po czym zatwierdza prawym przyciskiem myszy. 2. Aplikacja przekazuje do obiektu dane kliknięcia. 3. Obiekt zwraca woxsel zainteresowania. 4. Aplikacja zmienia kolor zwróconego woksela na ostatni wybrany materiał. 5. Widok zostaje odświeżony w następnej klatce. 6. Użytkownik widzi efekt swojego działania na modelu 3D.
Scenariusz wyjątku	<p>Zdarzenie: Użytkownik nie kliknął w istniejącego woksela</p> <p>Wynik: Brak zmiany koloru woksela w modelu 3D</p>
Zależności czasowe	<ol style="list-style-type: none"> 1. Częstotliwość wykonania: 0 lub więcej na sesję. 2. Typowy czas realizacji: 3.2 ms. 3. Maksymalny czas realizacji: 16,6 ms.
Wartości uzyskane przez aktorów po zakończeniu przypadków użycia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zmiana właściwości materiału woksela w miejscu wybranym przez użytkownika. 2. Obiekt posiada zmienioną specyfikację materiału w klikniętym wokselu.

3. Realizacja

Prosta tabela 3.1.

Tabela 3.1: Długi podpis tabeli 1, który pojawi się nad nią. Jak chcecie podpis pod tabelą, umieśćcie caption przed samym `end{table}` - ale to niezgodne z wytycznymi.

Kolumna 1	Kolumna 2	Kolumna 3	Kolumna 4
Kolumna 1	Kolumna 2	Kolumna 3	Kolumna 4
Kolumna 1	Kolumna 2	Kolumna 3	Kolumna 4
Kolumna 1	Kolumna 2	Kolumna 3	Kolumna 4

Przykładowa tabela 3.2, nieco bardziej skomplikowana.

Tabela 3.2: Długi podpis tabeli 2, który pojawi się nad nią

Kolumna wyróżniona	Kolumna pierwsza	Kolumna druga	Kolumna kolejna długa nazwa	Przeniesienie słowa	Kolumna kolejna	Kolumna kolejna	Kolumna kolejna	Kolumna kolejna	Kolumna kolejna	Kolumna kolejna
Wiersz jakiś tam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82
Wiersz ze statystykami	11,56	92,38	827,21	41,92	29,71	28,77	29,61	55,02	72,33	95,82

4. Rozdział 4

5. Rozdział 5

6. Rozdział 6

Podsumowanie

Tutaj będzie podsumowanie.

Bibliografia

- [1] J. Autor. Nazwa strony internetowej. <http://www.dlugi.adres.url.zlamie.sie.gdzies.w.srodku.com>, stan z 01.01.2010 r.
- [2] U. Autor and W. Kolejny. Tytuł publikacji. *Nazwa czasopisma*, 12(2):132–145, May 2012.
- [3] @ephtracy. MagicaVoxel. <https://ephtracy.github.io>, stan z 04.02.2021 r.
- [4] Minddesk Software GmbH. Qubicle. <https://www.minddesk.com>, stan z 04.02.2021 r.
- [5] LLC Go Real Games. Mega Voxels Play. <https://www.megavoxels.com>, stan z 04.02.2021 r.
- [6] @guillaumechereau. Goxel. <https://goxel.xyz>, stan z 04.02.2021 r.
- [7] B. Inny. Tytuł publikacji. In *Tytuł książki*, pages 5–32, Feb 2011.
- [8] Pixowl. VoxEdit Beta. <https://www.voxedit.io>, stan z 04.02.2021 r.
- [9] Z. Test and K. Następny. *Tytuł książki*. Wydawca, Adres, 1995.

Spis tabel

Tablica 2.1	Opis przypadku użycia „Dodaj woksel”	24
Tablica 2.2	Opis przypadku użycia „Usuń woksel”	25
Tablica 2.3	Opis przypadku użycia „Edytuj materiał”	26
Tablica 3.1	Krótki podpis tabeli 1 – do spisu treści	27
Tablica 3.2	Krótki podpis tabeli 2 – do spisu treści	27

Spis rysunków

Rysunek 1.1	Ekran startowy programu MagicaVoxel (Windows), źródło: [3] . . .	13
Rysunek 1.2	Ekran startowy programu Mega Voxels Play (Android), źródło: [5] .	14
Rysunek 1.3	Ekran startowy programu Qubicle (Windows, Steam), źródło: [4] .	15
Rysunek 1.4	Ekran Startowy programu Goxel (Windows), źródło: [6]	16
Rysunek 1.5	Ekran startowy programu VoxEdit Beta (Windows), źródło: [8] . . .	17
Rysunek 2.1	Ekran startowy programu, źródło: opracowanie własne	20
Rysunek 2.2	Okno zmiany ustawień sceny, źródło: opracowanie własne	20
Rysunek 2.3	Okno zmiany bieżącego materiału, jak i jego edycji, źródło: opracowanie własne	21
Rysunek 2.4	Okno wyboru wartości koloru wraz z podglądem po prawej stronie, źródło: opracowanie własne	21
Rysunek 2.5	Diagram przypadków użycia, źródło: opracowanie własne	22
Rysunek 2.6	Diagram stanów dla wczytywania, źródło: opracowanie własne . . .	23
Rysunek 2.7	Diagram stanów dla edycji, źródło: opracowanie własne	23

Spis listingów

Spis algorytmów