NightMower

Projekt gry 3D w języku C++ z wykorzystaniem OpenGL

Dokumentacja projektu

2EF-DI 2023/24, L01

Marcin Bator 173592

Bogdan Bosak 173597

Politechnika Rzeszowska,

Grafika Komputerowa 2023/24

# Spis treści

[Spis treści 2](#_Toc156652614)

[1. Założenia projektu 3](#_Toc156652615)

[2. Opis projektu 3](#_Toc156652616)

[3. Zasady gry 5](#_Toc156652617)

[4. Instrukcja gry 5](#_Toc156652618)

[5. Szczegółowy opis etapów 6](#_Toc156652619)

[5.1. Stworzenie obiektu kosiarki (laboratorium III) 6](#_Toc156652620)

[5.1.1. Opis prac 6](#_Toc156652621)

[5.1.2. Omówienie kodu 6](#_Toc156652622)

[5.1.3. Podsumowanie 11](#_Toc156652623)

[5.2. Stworzenie otoczenia i opracowanie ładowania pliku .obj (laboratorium IV) 11](#_Toc156652624)

[5.2.1. Opis prac 11](#_Toc156652625)

[5.2.2. Omówienie kodu 12](#_Toc156652626)

[5.2.3. Podsumowanie 14](#_Toc156652627)

[5.3. Teksturowanie obiektów i sterowanie kamerą (laboratorium V) 14](#_Toc156652628)

[5.3.1. Opis prac 14](#_Toc156652629)

[5.3.2. Omówienie kodu 15](#_Toc156652630)

[5.3.3. Podsumowanie 17](#_Toc156652631)

[5.4. Ruch pojazdu (laboratorium VI) 17](#_Toc156652632)

[5.4.1. Opis prac 17](#_Toc156652633)

[5.4.2. Omówienie kodu 18](#_Toc156652634)

[5.4.3. Podsumowanie 19](#_Toc156652635)

[5.5. Kolizje (laboratorium VII) 19](#_Toc156652636)

[5.5.1. Opis prac 19](#_Toc156652637)

[5.5.2. Omówienie kodu 20](#_Toc156652638)

[5.5.3. Podsumowanie 21](#_Toc156652639)

[5.6. Oświetlenie i fabuła (laboratorium VIII) 22](#_Toc156652640)

[5.6.1. Opis prac 22](#_Toc156652641)

[5.6.2. Omówienie kodu 22](#_Toc156652642)

[5.6.3. Podsumowanie 25](#_Toc156652643)

[6. Podsumowanie 26](#_Toc156652644)

# Założenia projektu

Celem projektu było stworzenie gry 3D na platformę Windows w języku C++ z wykorzystaniem OpenGL. W grze miały zostać zaimplementowane podstawowe zjawiska fizyczne, takie jak sterowanie pojazdem, kolizje z obiektami czy pęd poruszającego się ciała. Wymagane było także teksturowanie obiektów, poruszanie kamerą oraz dodanie prostej fabuły. Wszystkie założenia projektu wynikające z instrukcji do laboratorium zostały zrealizowane i poszerzone o dodatkowe funkcjonalności.

# Opis projektu

Projekt to gra komputerowa o nazwie *NightMower* pozwalająca użytkownikowi na prowadzenie kosiarki do trawy. Celem jest zebranie wszystkich ziemniaków pojawiających się na trawie w losowych miejscach. Po zebraniu wszystkich zwiększa się poziom oraz losują się nowe ziemniaki. Za zebranie ziemniaka gracz dostaje 30 punktów. W zbieraniu przeszkadzają drzewa oraz mur pośrodku: za uderzenie w którąś z przeszkód lub w góry na krawędziach mapy gra zabiera 50 punktów. Najlepszy wynik jest zapisywany do pliku i wyświetlony na ekranie.

Obraz zawierający koło, transport, opona, trawa

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 2.1. – zrzut ekranu z gry*

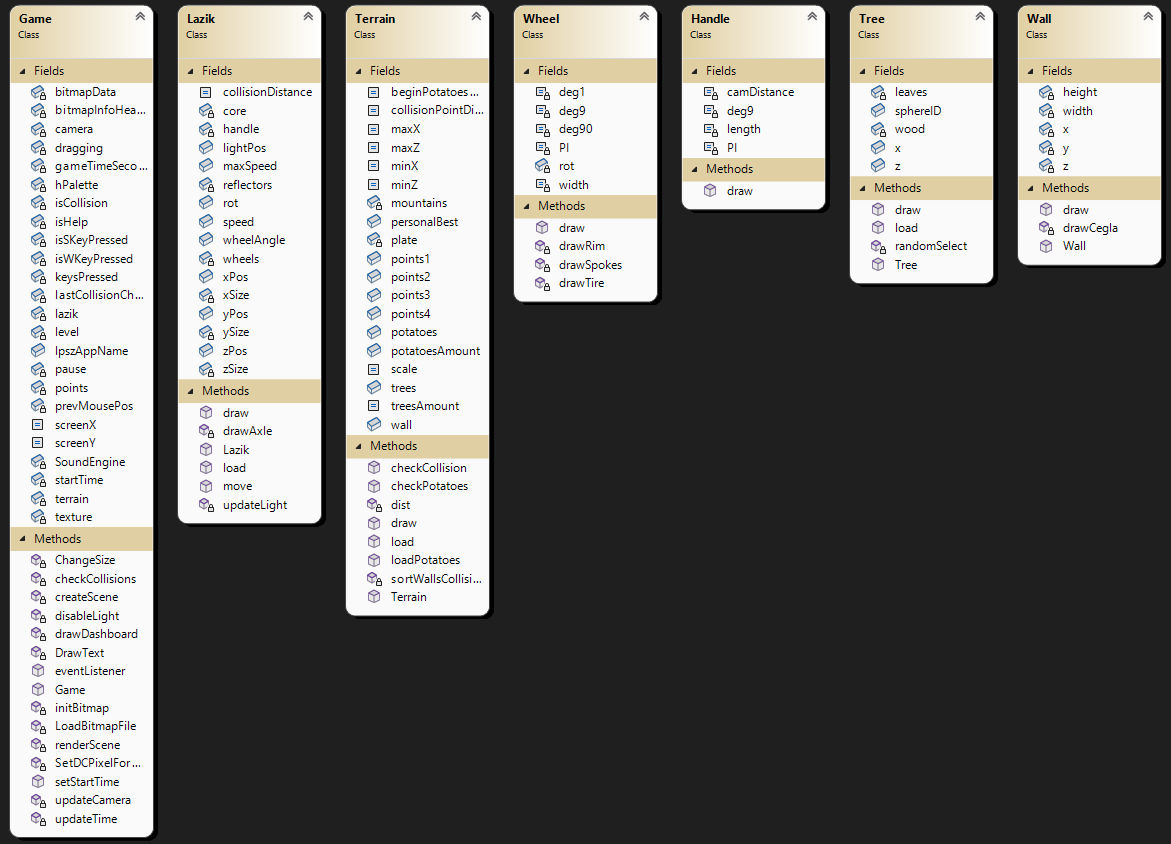
Gracz ma możliwość sterowania kosiarką za pomocą klawiszy. Może on też zwiększać jej prędkość, sterować wysokością świateł, zatrzymać lub zrestartować grę oraz wrócić do początkowej pozycji. Sterowanie kamerą jest możliwe w dwóch płaszczyznach: odległości od kosiarki (w określonych granicach) oraz azymutu.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 2.2. – okno sterowania*

Projekt został napisany w przeważającej części w paradygmacie obiektowym, na tyle na ile pozwalały nieco przestarzałe pryncypia OpenGL w wersji udostępnionej w projekcie *szescian*. Z tego powodu zdecydowano się na niezbyt rygorystyczne podejście co do zasad hermetyzacji, która i tak nie do końca może być zachowana biorąc pod uwagę nieobiektową konstrukcję biblioteki OpenGL. Luźne podejście do wyżej wymienionych zasad pozwoliło na przyspieszenie prac nad projektem i ułatwienie procesu debugowania. Na całość projektu składa się 7 klas oraz 3 struktur, których schemat widać poniżej:



*Rys. 2.3. – schemat klas*

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka, numer

Opis wygenerowany automatycznie

Rys. 2.4. – schemat struktur

Szczegółowe omówienie każdej z klas wraz z zastosowaniem znajduje się w dalszej części dokumentacji.

# Zasady gry

Kosiarka zawsze jest tworzona w punkcie 0,0 na poziomej osi współrzędnych. Granice mapy oraz mur są zawsze położone w tym samym miejscu, zaś położenie drzew jest losowane po uruchomieniu programu.

Położenie ziemniaków jest każdorazowo losowane na początku programu oraz po przejściu na kolejny poziom. Ich liczba początkowo wynosi 5 i jest zwiększana na każdym z poziomów. Liczba poziomów jest nieograniczona. Za zebranie ziemniaka gracz otrzymuje 30 punktów, zaś za kolizję z obiektem zabiera się mu 50 punktów. Najlepszy wynik jest zapisywany do pliku .txt.

# Instrukcja gry

Podczas gry użytkownik ma wgląd w liczbę punktów, rekord punktów, czas rozgrywki oraz poziom. Po naciśnięciu przycisku H na klawiaturze ukazuje się okno z opisem wszystkich przycisków. Gracz może sterować kosiarką za pomocą przycisków W, A, S, D, a także zwiększyć jej prędkość maksymalną przytrzymując Shift.

Sterowanie kamery odbywa się za pomocą myszy. Po przytrzymaniu jej prawego przycisku i poruszaniu zmienia się azymut kamery, a za pomocą suwaka można regulować odległość kamery od kosiarki. Wysokość świateł zmienia się za pomocą strzałek Up/Down. Gracz może zatrzymać rozgrywkę za pomocą przycisku ESC oraz zrestartować ją wciskając R. Pozycja łazika w razie zablokowania może być przywrócona na pole początkowe za pomocą spacji.

# Szczegółowy opis etapów

## Stworzenie obiektu kosiarki (laboratorium III)

### Opis prac

Pierwszym etapem była zmiana implementacji programu *sześcian* napisanego w języku C na projekt obiektowy w języku C++, a także utworzenie obiektu kosiarki składającej się z wielu brył. Kosiarka zbudowana w projekcie może być podzielona na bryły napisane bezpośrednio w języku C++ oraz na bryły zaimportowane w formacie .obj z programu graficznego Blender. Do tych pierwszych zaliczają się: koła, felgi, osie kół oraz rączka kosiarki. Zaimportowane i oteksturowane zostały przednie czujniki/reflektory oraz główny człon łazika.

Obraz zawierający koło, transport, opona, Część samochodowa

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 5.1. – kosiarka*

Każde koło kosiarki składa się z 8 brył elementarnych: opony, sześciu przęseł felgi oraz okrągłego elementu na środku felgi. Pojazd posiada 4 reflektory (spłaszczone walce), dwie osie na których zamocowane są koła, zaś jego rączka składa się z pięciu walców. Podsumowując, na bryłę kosiarki składa się 39 brył napisanych ręcznie w OpenGL oraz 5 brył zaimportowanych z pliku .obj – łącznie 44 bryły.

Kod użyty do importowania tekstur i obiektów został omówiony w części poświęconej budowie otoczenia (rozdział 5.2.).

### Omówienie kodu

Za obsługę kosiarki odpowiedzialna jest klasa Lazik. Posiada ona dane dotyczące obiektu i tekstury, pozycji, rozmiarów pojazdu jak i jest odpowiedzialna za jego ruch oraz rysowanie świateł.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, wyświetlacz

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.1. – klasa Lazik*

Pierwsze trzy pola składowe określają rozmiary kosiarki w trzech płaszczyznach. Następnie znajduje się obiekt klasy Handle (rączka kosiarki – rozdział 5.1.2.3.) oraz 4-elementowa tablica obiektów typu Wheel (koło łazika – rozdział 5.1.2.2.). Pola typu ObjectData – *core* (główny element kosiarki) oraz tablica *reflectors* (reflektory).

Pola publiczne zaczynają się od określenia aktualnej pozycji kosiarki a także kąta jej obrotu, prędkości, prędkości maksymalnej, kąta nachylenia kół oraz aktualnej pozycji światła. Stała *collisionDistance* wyraża promień okręgu o środku w punkcie środkowym łazika jaki jest wykorzystywany do wykrywania kolizji.

Konstruktor ustawia podstawowe parametry obiektu, takie jak rozmiar i pozycję.

Metoda *load* jest dość podobna dla każdej z klas zawierającej obiekty z teksturami, dlatego że odpowiada ona za wywołanie metody *loadFile* z pliku *loader.cpp*, który zostanie omówiony w dalszej części. Z tego powodu zostanie ona zaprezentowana jedynie na przykładzie kosiarki.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.2. – funkcja ładowania obiektów dla kosiarki*

Metoda rysowania kosiarki opiera się na ustawienie środka układu współrzędnych na miejsce przebywania łazika za pomocą funkcji *glPushMatrix*, ustawienie rotacji oraz narysowanie poszczególnych elementów pojazdu.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Oprogramowanie multimedialne, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.3. – funkcja rysowania pojazdu*

Jak wspomniano wyżej, do rysowania łazika użyto wielu walców w różnych wymiarach. Przykładem jest metoda *drawAxle* rysująca walec będący osią kół pojazdu. Po ustawieniu układu współrzędnych w odpowiednie miejsce, funkcja używa rysowania za pomocą trójkątów *GL\_TRIANGLE\_STRIP*.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.4. – funkcja rysowania osi kół pojazdu*

Bardzo podobny do wyżej wymienionego sposób rysowania walców posiada klasa *Handle*, której jedyna metoda *draw* służy do narysowania pięciu walców w różnych rozmiarach i pod różnymi kątami, które składają się w całość jako uchwyt kosiarki.

Zdecydowanie najciekawszą i najbardziej zaawansowaną klasą wykonaną w pierwszym etapie budowania gry jest klasa *Wheel*. Ze względu na skomplikowaną strukturę bryły koła, narysowanie go zostało podzielone na kilka metod:

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.5. – klasa Wheel*

Publiczna funkcja *draw* klasy umożliwia ustawienie strony po której ma znajdować się felga (*mirror)*, rotacji koła względem swojej osi (*rotation*), a także kąta wychylenia koła podczas skrętu (*angle*).

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.6. – metoda draw*

Aby uwidocznić ciągłość obracania się koła pojazdu, rotacja jest ustawiana jako losowa liczba z zakresu od 90 do 180 stopni pomnożona razy parametr *rotation*, przez który tak naprawdę przekazywana jest prędkość pojazdu będąca jednocześnie mnożnikiem szybkości obrotu koła. Dzięki temu szybkość obrotu koła rośnie wprost proporcjonalnie do szybkości pojazdu.

Najbardziej złożoną metodą jest metoda *drawTire*.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.7. – metoda drawTire*

Metoda również korzysta z funkcji rysowania za pomocą trójkątów *GL\_TRIANGLE\_STRIP*. Za pomocą odpowiedniego zmniejszania kąta powierzchni opony względem felgi podczas zbliżania się do jej środka, udało się uzyskać powierzchnię opony bardzo zbliżoną do opony bolidu Formuły 1.

### Podsumowanie

Prace wykonane w pierwszym etapie nie okazały się szczególnie łatwe ze względu na brak wiedzy na temat ładowania plików z formatu .obj do programu. Wszystkie bryły elementarne były pisane ręcznie za pomocą trójkątów. Elementy załadowane do łazika dodane zostały dopiero w późniejszym etapie, który skupił się w większości na opracowaniu pół-autorskiego sposobu importu plików .obj oraz .jpg.

## Stworzenie otoczenia i opracowanie ładowania pliku .obj (laboratorium IV)

### Opis prac

Na tym etapie założeniem było zaprojektowanie kształtu otoczenia w programie Blender, a następnie użycie go w grze. Zdecydowano się na użycie formatu .obj, który przechowuje informacje o współrzędnych wierzchołków trójkątów służących do rysowania obiektu.

Obraz zawierający mapa, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 5.2 – projekt otoczenia w programie Blender*

Wykonanie otoczenia w programie graficznym polegało na podzieleniu obiektu na części za pomocą funkcji *subdivide*, a następnie ukształtowaniu ich za pomocą zmiany położenia zaznaczonych punktów. Następnie należało wyeksportować obiekt do formatu .obj. Podobnie postąpiono przy tworzeniu obiektów pnia oraz korony drzewa a także ziemniaka.

Obraz zawierający zrzut ekranu, linia, sztuka, design

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 5.3. – obiekt pnia drzewa*

Obraz zawierający Balon na gorące powietrze, transport, statek powietrzny

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 5.4. – obiekt korony drzewa*

### Omówienie kodu

Po wyeksportowaniu obiektów, największym wyzwaniem okazało się opracowanie metody do ładowania ich do programu. Z pomocą przyszła biblioteka *TinyObjLoader*, która pozwala parsować zawartość pliku .obj do wektorów wierzchołków oraz tekstur. Link do biblioteki:

<https://github.com/tinyobjloader/tinyobjloader>

Bez wątpienia jednym z najbardziej wymagających etapów było opracowanie funkcji, która pozwoliłaby na załadowanie obiektu, a w kolejnym kroku tekstury do tego obiektu. Pierwotna implementacja była bardzo nieoptymalna, bowiem wywoływana podczas rysowania sceny w każdej klatce gry ładowała za każdym razem obiekt i teksturę z pliku, co powodowało ogromny spadek wydajności programu. Dopiero jej zaktualizowanie przy okazji pracy nad fabułą gry przyniosło skutek w postaci znacznego wzrostu klatkażu. Aby było to możliwe, została wprowadzona struktura *ObjectData*, która przechowuje dane o załadowanych teksturze oraz obiekcie.

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.8. – struktura ObjectData*

Dzięki opracowaniu tej struktury możliwe stało się załadowanie obiektu oraz tekstury tylko na początku gry (funkcja *loadFile*), a następnie rysowanie ich w każdej klatce (funkcja *drawObj*).

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.9. – funkcja loadFile*

Funkcja przyjmuje parametry będące nazwą pliku .obj oraz pliku z teksturą. Następnie ładuje je do struktury z wykorzystaniem funkcjonalności biblioteki *TinyObjLoader*, na końcu zaś zwraca strukturę z odpowiednio ustawionymi polami składowymi.

Obraz zawierający tekst, oprogramowanie, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.10. – funkcja drawObj*

Powyższa funkcja wywoływana jest w każdej klatce gry. Przyjmuje wskaźnik do struktury *ObjectData* z danymi obiektu, jego pozycję, rozmiar, ilość powtarzania tekstury w wymiarze X i Y, a także wartości RGB w razie chęci nadania dodatkowo koloru obiektowi. Jest to tak naprawdę zwykłe ręczne rysowanie trójkątów o wierzchołkach załadowanych uprzednio z pliku .obj. Wykorzystanie metody *drawObj* do narysowania elementów łazika zostało przedstawione na listingu 5.2. Funkcja *loadTexture* użyta do ładowania tekstury została omówiona w kolejnym rozdziale.

Po załadowaniu obiektów przyszedł czas na ułożenie ich na planszy gry. Oprócz otoczenia i drzew użyty został także murek zaprojektowany ręcznie podczas II laboratorium.

Obraz zawierający koło, opona, clipart, wózek ręczny

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 5.5. – efekt załadowania obiektów do gry*

### Podsumowanie

Jak wspomniano wyżej, największym osiągnięciem tego etapu było opracowanie metody, która pozwala na szybkie ładowanie pliku .obj do gry. Główną trudnością było odpowiednie użycie załadowanych wektorów wierzchołków oraz zachowanie zadanej skali.

## Teksturowanie obiektów i sterowanie kamerą (laboratorium V)

### Opis prac

Ten etap zakładał załadowanie tekstur z plików .jpg, tak aby pokryły one załadowane uprzednio obiekty. Do wczytania obrazów została wykorzystana biblioteka *STB\_IMAGE*. Link do biblioteki:

<https://github.com/nothings/stb>

Obraz zawierający trawa, koło, transport, plac zabaw

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 5.6. – gra po załadowaniu tekstur*

Kolejnym etapem była implementacja sterowania kamerą. Rozwiązanie pozwala na ruch kamery po orbicie dookoła kosiarki na pewnej wysokości za pomocą myszki po wciśnięciu jej prawego przycisku. Odległość kamery od kosiarki można regulować za pomocą scrolla.

### Omówienie kodu

Ładowanie tekstur było tak naprawdę rozszerzeniem przedstawionej w poprzednim rozdziale metody ładowania obiektów z pliku. Ponieważ plik .obj posiada również informacje o położeniu tekstury, wystarczyło opracować sposób na załadowanie tekstury do zmiennej typu *Gluint* i użycie jej do pokrycia odczytanych wierzchołków.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.11. – funkcja loadTexture*

Po ustawieniu odpowiednich parametrów tekstury, takich jak powtarzanie i zawijanie, kluczowym momentem metody jest użycie funkcji *stbi­\_load* służącej do załadowania pliku o podanej nazwie. Ważne było ustawienie ostatniego parametru na *STBI\_rgb*, gdyż jest ono konieczne do prawidłowego wyświetlania kolorów.

Wywołanie *loadTexture* ma miejsce w funkcji *loadFile* przedstawionej na listingu 5.9. Użycie funkcji *glGenerateMipmap* wymusza wywołanie wyżej wymienionej metody dopiero po załadowaniu mipmapy podczas inicjalizacji gry – w przeciwnym razie zostanie zgłoszony wyjątek dostępu do stosu. Rysowanie załadowanych tekstur przedstawione jest na listingu 5.10.

Podstawą do wykonania ruchu kamery było odpowiednie ustawienie renderowania pola widzenia. Wykorzystano do tego funkcję *gluPerspective*, która umożliwia ustawienie FOV oraz odległości renderowania, a także modelu wyświetlania.

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.12. – ustawienie pola widzenia*

Pozycja i cel kamery ustawiane są w każdej klatce gry w funkcji *updateCamera* za pomocą *gluLookAt*. Zmienne *camera.azimuth*, *camera.camDistance* oraz *camera.elevation* to składowe struktury *Camera* przechowujące informacje o kącie, odległości kamery od obiektu oraz jej wysokości nad mapą.

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.13. – ustawienie pozycji kamery*

Obliczenia nowych wartości *elevation* oraz *azimuth* mają miejsce w pętli gry w momencie wykrycia wejścia z myszki.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.14. – obliczenie nowego azymutu*

Azymut jest zwiększany o wartość *angleJump* po wykryciu ruchu myszką.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.15. – kod odpowiedzialny za obsługę prawego przycisku myszy i scrolla*

Odległość kamery od łazika jest możliwa do zmiany w zakresie od 150 do 1000.

### Podsumowanie

Etap okazał się dość skomplikowany mimo małej ilości kodu do napisania. Było to spowodowane ograniczoną dostępnością materiałów w internecie pozwalających na zgłębienie działania biblioteki *STB\_IMAGE*. Okazało się że głównym powodem problemów było wywoływanie funkcji ładowania tekstury w nieodpowiednim miejscu, tzn. przed załadowaniem mipmapy przy inicjalizacji gry.

Implementacja ruchu kamery nie przyniosła żadnych większych problemów, gdyż opiera się ona w większości na opracowaniu odpowiednich obliczeń pozycji kamery.

## Ruch pojazdu (laboratorium VI)

### Opis prac

Etap zakładał stworzenie modelu jazdy łazikiem. Opracowany model zawiera mechanikę stopniowego przyśpieszenia i hamowania (pęd ciała), stopniowe skręcanie zależne od szybkości pojazdu a także animację kręcących się kół i skręcania przednich kół.

Obraz zawierający trawa, koło, transport, opona

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 5.7. – pojazd podczas skrętu*

Sterowanie zostało udostępnione pod przyciskami W, A, S, D oraz Shift. Naciśnięcie W lub S powoduje ruch przód/tył, zaś A i D – w lewo i w prawo. Przytrzymanie przycisku Shift podczas jazdy powoduje zwiększenie prędkości maksymalnej łazika.

Kod umożliwia jednoczesne naciskanie przycisku jazdy przód/tył jak i skręcania, a także jazdę do tyłu.

### Omówienie kodu

Model jazdy został zaimplementowany w funkcji *move* będącej metodą klasy łazik.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.16. – Funkcja move*

Funkcja jest wywoływana w każdej klatce gry i przyjmuje m.in. zbiór aktualnie wciśniętych klawiszy oraz zmienne pomocnicze wskazujące na to czy jest wciśnięty przycisk jazdy do przodu lub do tyłu. Funkcję podzielić można zasadniczo na dwa fragmenty: jeden odpowiedzialny za ruch w momencie gdy użytkownik zwiększa lub zmniejsza prędkość, zaś drugi odpowiedzialny za ruch swobodny łazika.

W zależności od tego który klawisz kierunku jest wciśnięty, funkcja zwiększa lub zmniejsza kąt rotacji łazika. Zmiana kąta rośnie wprost proporcjonalnie do szybkości łazika. Podczas skrętu zmieniany jest również aktualny kąt nachylenia kół.

Wywołanie funkcji *move* ma miejsce nie tylko w momencie naciśnięcia

Obliczanie następnej pozycji łazika jest ściśle zintegrowane z mechanizmem wykrywania kolizji, więc mechanizm tego działania zostanie przedstawiony w następnym rozdziale.

### Podsumowanie

Mechanizm ruchu kosiarki nie przysporzył wielu trudności od strony programistycznej, ale wymagał logicznego myślenia i analizy poszczególnych sytuacji. Największym przełomem było wywoływanie funkcji *move* nie tylko przy naciśnięciu przycisków, ale w każdej klatce programu, dzięki czemu możliwe jest odtworzenie ruchu żądanego przez naciskanie wielu przycisków naraz.

## Kolizje (laboratorium VII)

### Opis prac

Wykrywanie kolizji zostało zaimplementowane przy pomocy modelu okręgu o środku w środku kosiarki oraz o promieniu o długości będącej kompromisem pomiędzy najdalej i najbliżej wysuniętym od środka kosiarki punktem. Również obszar wykrywania kolizji dla innych elementów reprezentują okręgi ustawione przy sobie z odpowiednim odstępem. Podczas projektowania kolizji posłużono się następującym modelem:

Obraz zawierający zegar, zrzut ekranu, linia, design

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 5.8. – model kolizji ze ścianą*

W przedstawionym modelu kolizja jest wykrywana, kiedy odległość między środkiem dużego koła (łazik) a jednego z małych kół (ściana) jest mniejsza od sumy promieni tych kół. Pozwala to na dość dokładne odwzorowanie kolizji przy założeniu, że kształt łazika w rzucie na oś XY jest zbliżony do kwadratu.

Aby zwiększyć wydajność, mapa została podzielona na 4 obszary wykrywania kolizji. Dzięki temu program nie musi za każdym razem sprawdzać odległości łazika od wszystkich punktów kolizyjnych, ale tylko tych, które znajdują się w obszarze, w jakim aktualnie znajduje się pojazd.

### Omówienie kodu

Podczas tworzenia drzewa losowane są jego współrzędne (z pominięciem obszaru w promieniu 30 od miejsca utworzenia łazika). Następnie na ich podstawie jest ustawiana wartość *sphereID* oznaczająca numer strefy kolizji w jakiej znajduje się drzewo.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.17. – konstruktor obiektu klasy Tree*

Następnie, przy tworzeniu obiektu klasy Terrain drzewa zostają zapisane do jednego z czterech wektorów – po jednym na każdy obszar kolizji.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.18. – przydzielenie drzew do obszarów kolizji*

W podobny sposób dodawane są punkty kolizji dla otoczenia oraz murku. Klasa terrain posiada także metodę *checkCollision*, która sprawdza odpowiednie punkty kolizji w stosunku do podanych jej w parametrze współrzędnych łazika.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.19. – wykrywanie kolizji*

Powyższa metoda jest wywoływana w każdej klatce podczas ruchu kosiarki w klasie *Game*.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.20. – wykrywanie kolizji w klasie Game*

Metoda *checkCollisions* jest uzupełnieniem funkcji *move* omawianej w poprzednim rozdziale. Wyznacza ona następne koordynaty kosiarki, uwzględniając kąt jej obrotu oraz prędkość. Następnie sprawdza, czy została wykryta kolizja i jeśli tak, to wywoływany jest efekt odbicia pojazdu od przeszkody poprzez ustawienie prędkości na wartość odwrotną pomniejszoną dwukrotnie.

Aby zapobiec ciągłemu wykrywaniu kolizji, nawet wtedy gdy pojazd stoi stykając się jedynie z przeszkodą, sprawdzana jest aktualna prędkość pojazdu. Kolizja jest wykrywana jedynie, jeśli prędkość w momencie uderzenia była większa od 2,2.

### Podsumowanie

Wykrywanie kolizji nie zostało wykonane w najbardziej dokładny sposób, jednak jest to metoda której głównym celem jest utrzymanie optymalności oraz wysokiej wydajności gry. Dla kształtu pojazdu działa ona bardzo dobrze i rzadkością jest sytuacja kiedy pojazd zostaje zablokowany w przeszkodzie – nie zdarza się ona prawie nigdy, jednak w pewnych bardzo specyficznych sytuacjach jej wystąpienie jest możliwe. W takim wypadku użytkownik ma możliwość zresetowania pozycji pojazdu do 0,0 za pomocą klawisza spacji.

## Oświetlenie i fabuła (laboratorium VIII)

### Opis prac

Zasadniczo prace wykonane w tym etapie można podzielić na dwie części – wykonanie oświetlenia oraz zaimplementowanie prostej fabuły.

Oświetlenie w projekcie ma jedno źródło – reflektory pojazdu. Promienie padające z nich oświetlają otoczenie, które domyślnie jest przyciemnione by uzyskać efekt nocnej jazdy. Dodatkowo zostało dodane oświetlenie które rozjaśnia menu użytkownika.

Fabuła gry polega na zbieraniu losowo wygenerowanych ziemniaków i unikaniu kolizji z obiektami dookoła. Po zebraniu wszystkich ziemniaków zwiększa się poziom, losowanych jest więcej ziemniaków niż poprzednio, zaś jeśli pobity został najwyższy wynik zapisany w pliku .txt, to jest on zapisywany.

Wyświetlany jest także interfejs użytkownika, na którym gracz może sprawdzić stan gry oraz sterowanie.

Obraz zawierający zrzut ekranu, koło, tekst, Gra komputerowa

Opis wygenerowany automatycznie

*Rys. 5.9. – oświetlona gra oraz interfejs użytkownika z włączonym sterowaniem*

### Omówienie kodu

Do ustawienia świateł pojazdu używana jest metoda *updateLight* z klasy *Lazik*. Metoda przygotowuje środowisko OpenGL do renderowania, aktywując oświetlenie, ustawiając parametry światła punktowego (GL\_LIGHT0) i definiując pewne właściwości oświetlenia, takie jak kierunek, kąt odcięcia i składowe światła. Dodatkowo inicjalizuje ustawienia kolorów, materiałów i modelu cieniowania, przygotowując scenę do prawidłowego renderowania obrazu 3D.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.21. – metoda updateLight*

Do utworzenia fabuły zbierania ziemniaków został wykorzystany podobny mechanizm wykrywania kolizji jak ten znany z klasy *Tree*. W programie Blender został zaprojektowany model ziemniaka, zaś podczas tworzenia terenu i przy każdym następnym poziomie zostaje załadowany obiekt wraz z teksturą na losowo wybranych koordynatach.

Kolizje ziemniaków są sprawdzane za pomocą funkcji *checkPotatoes*. Po zebraniu ziemniaka gracz otrzymuje 30 punktów, zaś po uderzeniu w przeszkodę zabierane mu jest 50 punktów.

Ziemniaki mają własną fizykę, obracają się one wokół własnej osi, zaś ich wysokość pionową można opisać funkcją y=sin(x), gdzie x wzrasta o 0,1 w każdej klatce. Implementacja fizyki znajduje się w funkcji *draw* klasy *Terrain*.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.22. – fizyka ziemniaków*

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.23. – wykrywanie zebrania ziemniaka*

Jak widać w kodzie powyżej, w momencie zebrania ziemniaka bądź wejścia na wyższy poziom włączany jest dźwięk. Do obsługi plików audio została wykorzystana biblioteka IrrKlang. Link do biblioteki:

<https://www.ambiera.com/irrklang/>

W celu wyświetlania graczowi podstawowych parametrów takich jak poziom, liczba punktów, aktualny rekord czy czas rozgrywki oraz zapoznania go ze sterowaniem wyświetlany jest interfejs użytkownika w 2D. Do jego podświetlenia wykorzystana jest stała GL\_LIGHT1.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

*List. 5.24. – wyświetlanie interfejsu*

### Podsumowanie

Dopracowanie kosmetyczne gry przyniosło w skutkach zwiększenie wydajności oraz komfortu użytkowania. Fabuła jest ciekawa i zachęcająca do gry, ponieważ poziomy nigdy się nie kończą, a maksymalny wynik zebranych ziemniaków ograniczony jest jedynie cierpliwością gracza i pojemnością pamięci RAM, gdyż przy bardzo dużej liczbie ziemniaków wzrasta ilość punktów kolizji do sprawdzenia, a co za tym idzie – spada wydajność.

# Podsumowanie

Projekt "NightMower" to trójwymiarowa gra stworzona w języku C++ z użyciem biblioteki OpenGL. W ramach projektu zrealizowano założenia obejmujące podstawowe zjawiska fizyczne, takie jak sterowanie pojazdem, kolizje z obiektami, oraz pęd poruszającego się ciała. Dodatkowo, w grze zaimplementowano teksturowanie obiektów, poruszanie kamerą, oraz dodano elementy prostej fabuły.

Głównym celem gry jest sterowanie kosiarką, zbieranie ziemniaków rozmieszczonych na trawie oraz unikanie przeszkód w postaci drzew i murów. Gracz zdobywa punkty za zebranie ziemniaków, ale traci je za kolizje z przeszkodami. Najlepszy wynik zapisywany jest do pliku, a gra oferuje także różne funkcje sterowania, takie jak zatrzymywanie, restartowanie, czy powrót do początkowej pozycji.

Projekt został podzielony na kilka etapów, zaczynając od stworzenia obiektu kosiarki, a następnie dodawania otoczenia za pomocą plików .obj z programu Blender. Teksturowanie obiektów oraz sterowanie kamerą zostały zaimplementowane w kolejnych etapach, umożliwiając pełniejsze doświadczenie wizualne dla gracza.

Model ruchu pojazdu obejmuje stopniowe przyśpieszanie, hamowanie, skręcanie zależne od szybkości pojazdu, oraz animację obracających się kół. Ruch pojazdu został zintegrowany z wykrywaniem kolizji, które zostały zamodelowane na podstawie okręgów reprezentujących poszczególne elementy gry.

Wszystkie etapy projektu zostały zrealizowane zgodnie z założeniami, a implementacja gry opiera się na paradygmacie obiektowym w języku C++. Projekt uwzględnia także optymalizacje, takie jak podział obszaru kolizji na mniejsze sektory, co poprawia wydajność gry.

W rezultacie, "NightMower" stanowi kompleksową grę 3D, która oferuje użytkownikowi ciekawe wyzwanie, kreatywną oprawę wizualną, oraz różnorodność w mechanice rozgrywki.

Projekt okazał się niełatwym orzechem do zgryzienia głównie od strony załadowania obiektów i tekstur do gry. Sama logika nie była tak trudna do zaimplementowania, jednak wymagania starszej wersji OpenGL stawiały trudności przez mniejszą dostępność informacji o niej w internecie.