



EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

INFORMATIKAI KAR

PROGRAMOZÁSELMÉLET ÉS SZOFTVERTECHNOLÓGIAI
TANSZÉK

Stilizált 3D szemantikus látvány adott időpontban, adott GPS lokáción

Szerző:

Poros Tamás Gábor

programtervező informatikus BSc

Belső témavezető:

Fábián Gábor

egyetemi adjunktus, PhD

Külső témavezető:

Hiba Antal

kutató, PhD

Budapest, 2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Felhasználói dokumentáció	5
2.1. A feladat ismertetése	5
2.2. Minimum rendszerkövetelmények	5
2.3. Szoftveres követelmények	6
2.4. macOS	6
3. Fejlesztői dokumentáció	7
3.1. Funkcionális követelmények	7
3.1.1. Bemeneti adatokra vonatkozó követelmények	7
3.1.2. Szimulációra, megjelenítésre vonatkozó követelmények	8
3.1.3. Kimeneti adatokra vonatkozó követelmények	9
3.2. Nem funkcionális követelmények	10
3.3. Felhasználói eset diagram	11
3.4. Felhasználói történetek	12
4. Összegzés	15
Köszönetnyilvánítás	16
A. Szimulációs eredmények	17
Irodalomjegyzék	19
Ábrajegyzék	19
Táblázatjegyzék	20
Algoritmusjegyzék	21

1. fejezet

Bevezetés

Az építészetben a térkompozíció alapvető fontosságú, hiszen az épületek és építmények kialakítása során azok formai és térbeli összefüggéseit kell megtervezni. A tervező az ábrázoló geometria szabályaira támaszkodva készíti el a terveket. Régebben párhuzamvonalzóval és papírra rajzolt tustervek készültek. Mára pedig eljutottunk BIM modellek készítéséhez, ahol mind a építészeti tervek, mind a szakági tervek, mind az anyagkimutatás, de a tervek ellenőrzése is a BIM modell segítségével történik. Kézenfekvő volt, hogy a számítógépes grafika témakörében keressek magamnak témát.

A szakdolgozat keretében a SZTAKI önvezető drónok fejlesztésével foglalkozó részlegének munkájába kapcsolódtam be, az általam készített program a kutatás egyik elemét képezi. A szoftvert az automata drónok fejlesztésében részt vevő kutatók arra fogják használni, hogy segítsen a drónok helyzetének validálásában, hibák kiszűrésében. Mindezt úgy, hogy a kutatók a program által készített képeket összevetik a drónok által repülés közben készített felvételekkel.

Az önvezető drónok fejlesztése az utóbbi években egyre nagyobb figyelmet élvező kutatási terület. Az ilyen drónok alkalmazása széles körben elterjed, többek között használják épületek felügyeletére, mezőgazdasági munkák elvégzésére, csomag kézbesítésre, katonai és természetvédelmi feladatokra is. Az önvezető drónok további fejlesztése érdekében számos kutatói csoport dolgozik azon, hogy az automata repülőgépek egyre pontosabbak, hatékonyabbak és biztonságosabbak legyenek.

A kijelölt célterület felett a drónok repülés közben fedélzeti kamerájukkal képeket készítenek, amelyeken kutatók szemantikus szegmentációt hajtanak végre. A szegmentálást végrehajtó program előre definiált logikai osztályokba sorolja a fénykép

pixeleit. A célterületről Lidar, aktív távérzékelési technológiával georeferált pontthalmazt (pontfelhőt) készítenek. A pontfelhő a felszín és a felszínen lévő objektumok (épületek, távvezetékek, fák, stb.) magassági értékeit jelenti. A lézerszkennelt pontfelhőből pedig háromszögelt térbeli hálót generálnak. A háromszögelt térháló elemeit egy neurális háló szemantikusan szegmentálja, a térbeli modell elemeit a megfelelő logikai osztályokba csoportosítja.

A szakdolgozatban szereplő szoftver feladata, hogy a területről készített 3D-s háromszögelt térhálón, a Nap pozíciójának ismeretében, meghatározott kamera útvonal mentén szimulációt hajtson végre. A szimuláció során a megfelelő fénybeállításokkal a szegmentált térhálóról felvételeket készít.

A szoftvert felhasználva a kutatóknak lehetősége van a drónok által készített szemantikusan szegmentált fényképek és a program szimulációs képeinek összehasonlítására. Az összehasonlítást végző szoftver nem a szakdolgozat kereteiben készül. A összehasonlítás eredményeként meghatározható, hogy a drón a tervek szerint halad-e, vagy eltér a megírt repülési tervtől.

2. fejezet

Felhasználói dokumentáció

2.1. A feladat ismertetése

A program feladata szimuláció készítése egy szemantikusan szegmentál térhálóról. A felhasználó grafikus felületen keresztül választhatja ki a szimulációhoz szükséges állományokat. A szimuláció közben mind a billentyűzet, mind a grafikus user interface elemeinek segítségével módosíthatja a szimuláció paramétereit. A fejlesztés eredménye egy C++ programozási nyelven írt, Windows specifikus, DirectX 11 grafikus API alapú felületháló megjelenítő lett. A felületháló környezetét a Nap pozíciójának megfelelő skybox szimulálja, amelyeket a program a megadott paraméterek szerint számolja.

2.2. Minimum rendszerkövetelmények

A program rendszerkövetelményei a Windows SDK rendszerkövetelményei alapján kerültek meghatározásra.

Processzor legalább 1.6 Ghz -es, x86 architektúrájú processzor

Memória 1 GB RAM

Videókártya DirectX 11-et támogató videokártya

Tárhely legalább 100MB szabad tárhely

Operációs rendszer Windows 10 (x86).

2.3. Szoftveres követelmények

A program DirectX11 grafikus API-t használ, emiatt a szükség van a Windows SDK telepítésére. A Windows 8 operációs rendszertől kezdve a DirectX SDK a Windows SDK része. Korábban a DirectX SDK a Windowson történő játékfejlesztés platformjaként működött. Azonban mára, hogy a számítógépek széles körben rendelkeznek Direct3D támogatással, így az egyszerűbb asztali alkalmazások is kihasználhatják a grafikus hardveres gyorsítást. A Microsoft integrálta a DirectX technológiákat az operációs rendszerbe. A program futtatásához nem szükséges telepíteni a korábbi(legacy) DirectX SDK-t. A program kizárólag a Windows SDK által biztosított függvényeket használja.

2.4. macOS

A program implementálása macOS operációs rendszeren történt. A fejlesztés során a Parallels Desktop for Mac szoftver biztosította a szükséges hardvervirtualizációs környezetet a Windows specifikus funkciókhoz. A program futtatásához szükséges minimális rendszerkövetelmények macOS operációs rendszer esetén.

Operációs rendszer legalább macOS 10.14.4 vagy legalább macOS 10.15

Virtuális környezet Parallels Desktop 15

Virtuális operációs rendszer Windows 10

3. fejezet

Fejlesztői dokumentáció

3.1. Funkcionális követelmények

3.1.1. Bemeneti adatokra vonatkozó követelmények

Felhasználói interakció

A program indítását követően a felhasználónak lehetősége van a bemeneti adatokat meghatározni. A bemeneti adatokat a meghatározott formátumú és kiterjesztésű fájlok elérési útvonalának megadásával érheti el.

Bemeneti adatok

- 3D szemantikus térkép (.stl)
- trajektória fájl (.csv)
- szimuláció időpontja (beviteli mező, alapérték a .csv-ben található GPS idő [sec, nsec])
- kamera paraméter file (belső esetleg külső paraméterek és radiális torzítás paraméterek)

Felületháló adatai

A felületháló pontjai méterben adottak egy adott GPS koordinátán (origo) számolt WGS84 flat-Earth approximációból származó Descartes koordináta rendszerben. A felületháló pontjainak GPS koordinátáit, a pontok közötti felületek anyagtulajdonságait tartalmazza egy meghatározott formátumú, .stl kiterjesztésű fájl.

Kamera trajektória

A program előre meghatározott formátumú kamera trajektóriákat képes betölteni. Az útvonal meghatározása kamera állások sorozatával történik. Egy adott sorozatelem adatai : Kamera pozíció (North-East-Down), kamera tájolás (Euler szögek yaw-pith-roll), GPS időpont (sec,nsec)

Bemeneti fájlok ellenőrzése

A program a bemeneteket ellenőrzi és figyelmezteti a felhasználót, ha a bemeneti fájlok szintaktikai vagy szemantikai hibákat tartalmaznak. A program a bemenetek megfelelő betöltése érdekében a bevitel megismétlését kéri, ha hibát észlel.

3.1.2. Szimulációra, megjelenítésre vonatkozó követelmények

Térháló beolvasás

A betöltött adatokat a megfelelő formátumra átalakítva felépíti a felülethálót, elhelyezi a saját koordináta rendszerében. Térhálónak elemeihez tartozó adatok: (pozíció, normál, anyagtulajdonság)

Fényforrás beállítása

Nap helyzetének, (direkcionális fény, párhuzamos megvilágítás irányának) számítás GPS idő és GPS pozíciók átlagának függvényében. A szimuláció során azzal a feltételezéssel élünk, hogy a térháló max 1-2 km átmérőjű. Emiatt a modell térbeli kiterjedése nem haladja meg azt a léptéket, hogy az aktuális modellben a térbeli helyzet változása módosítaná a Nap állását. Statikusnak vesszük a fény irányát a tér függvényében.

Kamera és nézetkezelés biztosítása

Kétféle módszer közül van lehetőség választani: - kamera trajektória lejátszása - szabad barangolás

Kamera trajektória lejátszása

A felhasználó a program nézeti ablakában lejátszhatja a kamera trajektória által meghatározott fix útvonalat, miközben a program futási időben rendereli a felület-

háló aktuális képét. Lehetőség a szimuláció időpontjának módosítására, a fájlban meghatározott időpontok rugalmasan beállíthatóak. Lehetőség van a kamera trajektóriának eltolására és elforgatására a modell felett. A kamera mozgatásának sebessége a trajektória mintavétele határozza meg. Mértéke kb 50Hz. A kamera útvonalat a program egy térbeli vonalláncként jeleníti meg a felületháló felett.

Szabad barangolás

A felhasználó billentyűzet és egér segítségével szabadon bejárhatja. A felvétel utasítás kiadásával a szabad barangolás közben bejárt útvonalról készített képek is kimenthetők. A Nap állása a felvétel előtt egy bemeneti mezőben beállítható időpont megadással, azonban a szimuláció közben a fény iránya statikus marad, az idő függvényében nem változik.

Felhasználói interakció biztosítása

A szimuláció közben a megfelelő billentyűkombinációval, megfelelő gombra való kattintva legyen jelezhet a programnak. A felhasználó szabad kameraállások sorozatával megtekintheti a modellt. A szabad bebarangolás a billentyűzet nyilaival, az egér mozgatásával lehetséges.

Árnyalás és fényelés

DirectX 11 SDK által biztosított programozható modell biztosítja. Vertex és Pixel shaderek megírásra kerülnek.

3.1.3. Kimeneti adatokra vonatkozó követelmények

Képek mentése

A szimuláció során az exportálás parancs kiadásával a nézeti ablakban lejátszott képek kimenthetők .png formátumban.

3.2. Nem funkcionális követelmények

Hatékonyság

- A programnak a betöltött felületháló poligonszámával arányos processzor, GPU és memória terhelést kell generálnia. A memória és merevlemez terhelés a felületháló poligon számával arányos, de nem haladhatja meg a 100 MB-ot.
- A programnak a legtöbb funkció esetén minden bevitelre gyors (1 másodperc alatti) válaszidőt kell biztosítania.
- A felületháló modell betöltése a háttértárról a memóriába több időt vehet igénybe, a maximum elfogadható várakozási idő 5 perc.

Megbízhatóság

- A szabványos használat mellett a programnak maximum 1 millió poligont kell kezelnie hibamentesen, és nem szabad hibaüzenetet vagy hibajelenséget előidéznie.
- Ha a felhasználó hibás bevittet ad meg, a programnak hibaüzenetet kell kiadnia, majd lehetőséget kell biztosítania a bevitt megismétlésére.

Biztonság

- A programnak nincsenek biztonsági követelményei.

Hordozhatóság

- A program futtatása legalább Windows 10-es operációsrendszert igényel
- A programhoz szükséges összes komponens megfelelő használatához telepített Windows SDK-ra van szükség
- A program nem igényel külön telepítést

Felhasználhatóság

- Intuitív felhasználói felületet kell biztosítani, amely egyszerűen használható és könnyen érthető a felhasználók számára. Az instrukcióknak világosnak és pontosnak kell lenniük, hogy segítsék a felhasználókat a program megértésében és használatában.

- ## Fejlesztési

- ### 3.3. Felhasználói eset diagram

[illegible]

11

3.4. Felhasználói történetek

AS A		Felhasználó
I WANT TO		elidítani a programot
SO THAT		végrehajtsam a szimulációt
1	GIVEN	program sikeresen betöltődik és elindul az indítási képernyő
	WHEN	ha megadjuk a triangulált terepmodell elérési útvonalát és sikeresen betöltődik
	THEN	a program jelzi a sikeres beolvasást
2	GIVEN	program sikeresen betöltődik és elindul az indítási képernyő
	WHEN	ha megadjuk a triangulált terepmodell elérési útvonalát és sikertelen a betöltése
	THEN	program figyelmeztet és újra bekéri a modell elérési útvonalát
3	GIVEN	program sikeresen betöltődik és elindul az indítási képernyő
	WHEN	ha megadjuk a kamera trajektória elérési útvonalát és sikeresen betöltődik
	THEN	a program jelzi a sikeres beolvasást
4	GIVEN	program sikeresen betöltődik és elindul az indítási képernyő
	WHEN	ha megadjuk a kamera trajektória elérési útvonalát és sikertelen a betöltése
	THEN	program figyelmeztet és újra bekéri a kamera trajektória elérési útvonalát.
5	GIVEN	program sikeresen betöltődik és elindul az indítási képernyő
	WHEN	ha megadjuk egy tetszőleges időpontot
	THEN	a program jelzi a sikeres időpont megadást
6	GIVEN	program sikeresen betöltődik és elindul az indítási képernyő
	WHEN	ha megadjuk a kamera paramétereket tartalmazó fájl elérési útvonalát és sikeresen betöltődik
	THEN	a program jelzi a sikeres beolvasást
7	GIVEN	program sikeresen betöltődik és elindul az indítási képernyő
	WHEN	ha megadjuk a kamera paramétereket tartalmazó fájl elérési útvonalát és sikertelen a betöltése
	THEN	program figyelmeztet és újra bekéri a modell elérési útvonalát.

3.1. táblázat. Felhasználói eset, program indítása

AS A		Felhasználó
I WANT TO		<i>Barangolás</i> módba lépni
SO THAT		
1	GIVEN	<i>Körséta</i> mód van beállítva
	WHEN	<i>3D Explore</i> gombra kattintva
	THEN	program elindítja a <i>Barangolás</i> módot.

3.2. táblázat. Felhasználói eset, *Barangolás* mód indítása

AS A		Felhasználó
I WANT TO		szabadon barangolni a terepmodell felett
SO THAT		megtekintsem a modellt
1	GIVEN	<i>Barangolás</i> mód van beállítva
	WHEN	a WSAD billentyűk lenyomásával
	THEN	a program módosítja a kamera pozícióját a megfelelő irány alapján, és megjeleníti az újra renderelt képet
2	GIVEN	<i>Barangolás</i> mód van beállítva
	WHEN	a bal egérgomb lenyomásával és az egér mozgatásával
	THEN	a program módosítja a kamera tájolását, és megjeleníti az újra renderelt képet
3	GIVEN	<i>Körséta</i> mód van beállítva
	WHEN	<i>3D Explore</i> gombra kattintva
	THEN	a program elindítja a <i>Barangolás</i> módot

3.3. táblázat. Felhasználói eset, *Barangolás*

AS A		Felhasználó
I WANT TO		<i>Körséta</i> módba lépni
SO THAT		megtekintsem a modellt az kamera útvonal mentén
1	GIVEN	nincs betöltött kamera trajektória
	WHEN	<i>Flythrough</i> gombra kattintva
	THEN	a porgram figyelmeztet, hogy nincs még betöltött trajektória
2	GIVEN	van betöltött trajektória és a <i>Barangolás</i> mód van beállítva
	WHEN	<i>Flythrough</i> gombra kattintva
	THEN	a program elidítja <i>Körséta</i> módot és a kezdő pozícióba helyezi a kamerát

3.4. táblázat. Felhasználói eset, *Körséta* mód indítása

AS A		Felhasználó
I WANT TO		lejátszani a kamera trajektóriát
SO THAT		megtekintsem a modellt az kamera útvonal mentén
1	GIVEN	van betöltött trajektória és a <i>Körséta</i> mód van beállítva
	WHEN	<i>Play</i> gombra kattintva
	THEN	a program elindítja a szimulációt a modell felett a megadott kameraútvonal mentén.
2	GIVEN	van betöltött trajektória és a <i>Körséta</i> mód van beállítva
	WHEN	<i>SPACE</i> billentyűt leütve
	THEN	a program elindítja a szimulációt a modell felett a megadott kameraútvonal mentén.

3.5. táblázat. Felhasználói eset, kamera trajektória lejátszása

AS A		Felhasználó
I WANT TO		megállítani a kamera trajektória lejátszását
SO THAT		
1	GIVEN	a program a trajektróia útvonala mentén halad
	WHEN	<i>Play</i> gombra kattintva
	THEN	a program megállítja a szimulációt az adott kamerapozícióban
2	GIVEN	a program a trajektróia útvonala mentén halad
	WHEN	<i>PAUSE</i> gombra kattintva
	THEN	a program megállítja a szimulációt az adott kamerapozícióban

3.6. táblázat. Felhasználói eset, kamera trajektória lejátszásának megállítása

4. fejezet

Összegzés

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In eu egestas mauris. Quisque nisl elit, varius in erat eu, dictum commodo lorem. Sed commodo libero et sem laoreet consectetur. Fusce ligula arcu, vestibulum et sodales vel, venenatis at velit. Aliquam erat volutpat. Proin condimentum accumsan velit id hendrerit. Cras egestas arcu quis felis placerat, ut sodales velit malesuada. Maecenas et turpis eu turpis placerat euismod. Maecenas a urna viverra, scelerisque nibh ut, malesuada ex.

Aliquam suscipit dignissim tempor. Praesent tortor libero, feugiat et tellus portitor, malesuada eleifend felis. Orci varius natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nullam eleifend imperdiet lorem, sit amet imperdiet metus pellentesque vitae. Donec nec ligula urna. Aliquam bibendum tempor diam, sed lacinia eros dapibus id. Donec sed vehicula turpis. Aliquam hendrerit sed nulla vitae convallis. Etiam libero quam, pharetra ac est nec, sodales placerat augue. Praesent eu consequat purus.

Köszönetnyilvánítás

Amennyiben a szakdolgozati / diplomamunka projekted pénzügyi támogatást kapott egy projektből vagy az egyetemtől, jellemzően kötelező feltüntetni a dolgozatban is. A dolgozat elkészítéséhez segítséget nyújtó oktatók, hallgatótársak, kollégák felé is nyilvánítható külön köszönet.

A. függelék

Szimulációs eredmények

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque facilisis in nibh auctor molestie. Donec porta tortor mauris. Cras in lacus in purus ultricies blandit. Proin dolor erat, pulvinar posuere orci ac, eleifend ultrices libero. Donec elementum et elit a ullamcorper. Nunc tincidunt, lorem et consectetur tincidunt, ante sapien scelerisque neque, eu bibendum felis augue non est. Maecenas nibh arcu, ultrices et libero id, egestas tempus mauris. Etiam iaculis dui nec augue venenatis, fermentum posuere justo congue. Nullam sit amet porttitor sem, at porttitor augue. Proin bibendum justo at ornare efficitur. Donec tempor turpis ligula, vitae viverra felis finibus eu. Curabitur sed libero ac urna condimentum gravida. Donec tincidunt neque sit amet neque luctus auctor vel eget tortor. Integer dignissim, urna ut lobortis volutpat, justo nunc convallis diam, sit amet vulputate erat eros eu velit. Mauris porttitor dictum ante, commodo facilisis ex suscipit sed.

Sed egestas dapibus nisl, vitae fringilla justo. Donec eget condimentum lectus, molestie mattis nunc. Nulla ac faucibus dui. Nullam a congue erat. Ut accumsan sed sapien quis porttitor. Ut pellentesque, est ac posuere pulvinar, tortor mauris fermentum nulla, sit amet fringilla sapien sapien quis velit. Integer accumsan placerat lorem, eu aliquam urna consectetur eget. In ligula orci, dignissim sed consequat ac, porta at metus. Phasellus ipsum tellus, molestie ut lacus tempus, rutrum convallis elit. Suspendisse arcu orci, luctus vitae ultricies quis, bibendum sed elit. Vivamus at sem maximus leo placerat gravida semper vel mi. Etiam hendrerit sed massa ut lacinia. Morbi varius libero odio, sit amet auctor nunc interdum sit amet.

Aenean non mauris accumsan, rutrum nisi non, porttitor enim. Maecenas vel tortor ex. Proin vulputate tellus luctus egestas fermentum. In nec lobortis risus,

sit amet tincidunt purus. Nam id turpis venenatis, vehicula nisl sed, ultricies nibh. Suspendisse in libero nec nisi tempor vestibulum. Integer eu dui congue enim venenatis lobortis. Donec sed elementum nunc. Nulla facilisi. Maecenas cursus id lorem et finibus. Sed fermentum molestie erat, nec tempor lorem facilisis cursus. In vel nulla id orci fringilla facilisis. Cras non bibendum odio, ac vestibulum ex. Donec turpis urna, tincidunt ut mi eu, finibus facilisis lorem. Praesent posuere nisl nec dui accumsan, sed interdum odio malesuada.

Ábrák jegyzéke

3.1. Felhasználói eset diagram	11
--	----

Táblázatok jegyzéke

3.1. Felhasználói eset, program indítása	12
3.2. Felhasználói eset, <i>Barangolás</i> mód indítása	12
3.3. Felhasználói eset, <i>Barangolás</i>	13
3.4. Felhasználói eset, <i>Körséta</i> mód indítása	13
3.5. Felhasználói eset, kamera trajektória lejátszása	13
3.6. Felhasználói eset, kamera trajektória lejátszásának megállítása	14

Algoritmusjegyzék

Forráskódjegyzék