

Användningen av tredimensionella geografiska data i realistiska spelmiljöer

Frida Ringwall

41950

Kandidatavhandling i Datateknik

Handledare: Sébastien Lafond

Fakulteten för naturvetenskaper och teknik

Åbo Akademi

Mars 2020

Abstrakt

Geografiska data är koordinatbaserade data som representerar verkligheten. Då man vill representera geografiska data tredimensionellt använder man sig ofta av punktmolnsdata. Insamling av sådana tredimensionella punktdata kan ske på många olika vis, exempelvis genom flygburen laserskanning och fotogrammetri.

Geografiska data representeras och behandlas oftast i ett GIS, medan grafiken och spelvärlden i spel hanteras av en spelmotor. GIS och spelmotorer använder sig av liknande metoder för att representera data. Dock använder systemen sig ofta av olika format som inte är kompatibla med varandra och därför är det inte alltid direkt användbara i varandras system.

I denna kandidatavhandling diskuteras tredimensionella data som samlas in för användning i GIS, och hur denna data kan användas för att skapa realistiska och verklighetsbaserade 3D miljöer i spel.

Nyckelord: fjärranalys, punktmoln, geografiska data, spel, spelvärldar, GIS

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| 1. Introduktion | 1 |
| 2. Geografiska data och punktmolnsinsamling..... | 2 |
| 2.1. LiDAR..... | 3 |
| 2.1.1. Flygburen skanning | 4 |
| 2.1.2. Annan skanning..... | 4 |
| 2.2. Fotogrammetri..... | 5 |
| 2.3. Klassificering av punktmolnsdata | 5 |
| 2.4. Öppna data | 7 |
| 3. GIS, spelmotorer och kompatibilitet | 7 |
| 3.1. GIS..... | 7 |
| 3.2. Spelmotorer | 8 |
| 3.2.1. Spelvärdseditor | 9 |
| 3.3. Likheter och olikheter mellan GIS och spelmotorer..... | 9 |
| 3.4. Konvertering mellan format | 10 |
| 4. Geografiska data i spel | 11 |
| 4.1. Geografi i spelvärldar..... | 11 |
| 4.1.1. Microsoft Flight Simulator | 12 |
| 4.2. Geografiska data i spelmotorer | 13 |
| 4.2.1. Arbetsmetod: Att skildra landskap i virtuella miljöer | 13 |
| 4.2.2. Visualisering av geografiska data i spelmotorer | 15 |
| 5. Metodik..... | 16 |
| 6. Diskussion..... | 17 |
| 6.1. Arbetsmetod för användningen av geografiska data i spel..... | 18 |
| 6.2. Användningsmöjligheter för en modell över en verklig plats | 19 |
| 7. Konklusion..... | 20 |
| Källor..... | 21 |

1. Introduktion

I denna kandidatavhandling diskuteras metoder för insamlandet av tredimensionella geografiska data och hur man baserat på denna data kan skapa realistiska 3D miljöer i spel.

Geografiska data representeras ofta i ett geografiskt informationssystem (GIS), som är en typ av mjukvarusystem som lagrar och visar geografiska data. Systemen används också för att analysera data och som ett visuellt underlag vid exempelvis planering. [1]

Spelutvecklare använder ofta riktig geografi som en startpunkt i utvecklandet av spelvärldar. Det finns också spel som helt baserats på en verklig plats. [5] Spel utvecklas ofta med hjälp av en spelmotor, som bland annat representerar spelets grafik. Spelmotorer och GIS liknar varandra överraskande mycket. [6] Dock finns det problem som gör att systemen inte fungerar ihop, exempelvis använder de sig ofta av olika dataformat. För att kunna använda geografiska data i spel är man därför tvungen att konvertera mellan format. [5]

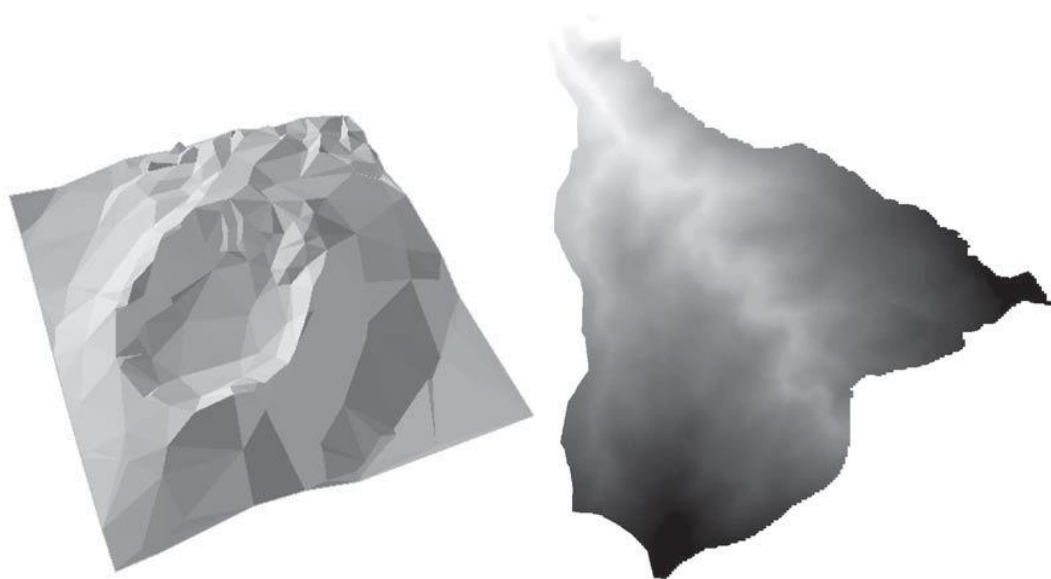
Beroende på noggrannheten och kvalitén som man vill uppnå kan olika metoder och material användas för att skapa en modell av geografiska data. Dessa modeller används i vanliga fall för forskning, exempelvis klassificering av naturtyper i skogslandskap eller vid planering och analys av städer. [11] Hur dessa data kan användas i spel beror långt på vilken spelmotor det rör sig om. Vissa spelmotorer har möjlighet att importera digitala höjdmodeller, men för att få exempelvis punktmolnsdata till en höjdmodell så krävs också ett program som kan sköta konverteringen. [7] Vill man uppnå ett realistiskt utseende måste modellen också vara baserad på noggranna data.

Modeller baserade på verkligheten kunde användas som de är i spel som utspelas i en verklig miljö, eller som lite modifierade för att representera en annan era; exempelvis en idag existerande stad i en post-apokalyptisk miljö. Flera verkliga områden kan också kombineras till en ny miljö, eller så kan verkliga områden användas som en bas som kan modifieras och byggas vidare på.

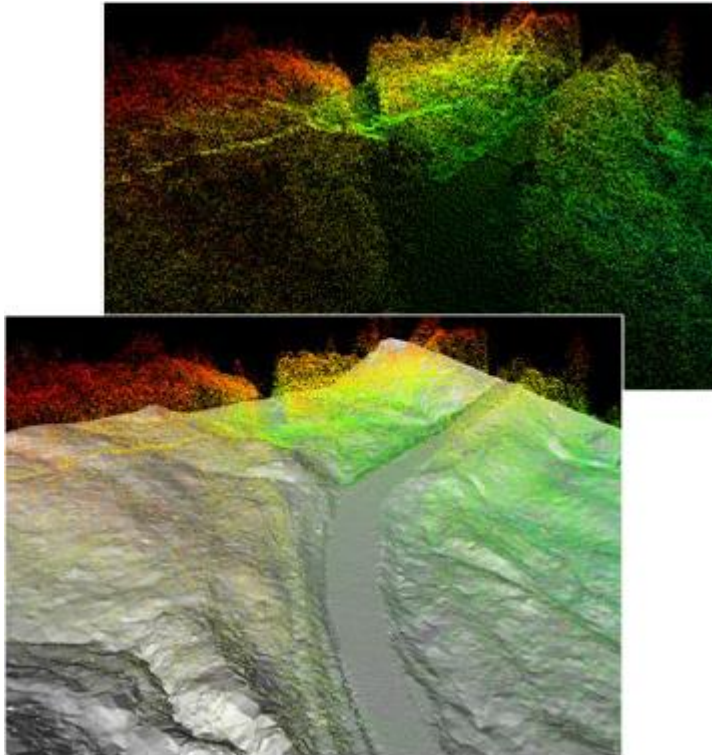
2. Geografiska data och punktmolnsinsamling

Geografiska data innehåller både platsinformation (koordinater) och andra beskrivande attributdata (till exempel längd, värde, datum och namn). Geografiska data finns som vektordata (diskret) eller som rasterdata (kontinuerlig). Vektordata kan klassificeras som endera punkter, linjer eller polygoner som har koordinater. Rasterdata innefattar ett rutsystem som har georefererats, där varje pixel har ett värde. Rasterdata kan exempelvis vara ett flygfotografi eller en höjdmodell där varje pixel representerar ett höjdvärde. Det är möjligt att konvertera från vektordata till rasterdata och tvärtom.

Punktmoln är data med x-, y- och z-koordinater som beskriver något tredimensionellt objekt, exempelvis en terrängyta. En terrängyta representeras ofta med en digital höjdmodell (DEM, digital elevation model). [1] En digital höjdmodell består ofta av punktmolnsdata som konverterats till raster, men kan också bestå av vektordata, då vanligtvis i TIN-format (Triangular Irregular Network). [2] TIN-formatet representerar ytor, med trianglar mellan punkter som inte överlappar varandra. [1] I figur 1 syns exempel på TIN- och rasterdata och i figur 2 syns en jämförelse mellan punktmolnsdata och en digital höjdmodell. Notera att den digitala höjdmodellen inte inkluderar träd och att de punkter som representerar träd därför svävar ovanför modellen.



Figur 1. Höjdmodeller (DEM) i TIN-format respektive rasterformat. [1]



Figur 2. LiDAR-punktmoln, och punkterna ovanpå en digital höjdmödel. [2]

För att samla in punktmolnsdata finns det flera olika metoder som inkluderar både skanning och fotografering. Insamlandet kan ske på många olika nivåer, från små objekt till hela jordens yta. Nedan redogörs för två insamlingsmetoder främst ur synvinkeln att kunna skapa 3D-modeller på en landskapsnivå, såsom ett skogsområde eller en stad.

2.1. LiDAR

LiDAR står för "Light detection and ranging", eller detektering och avståndsbestämning med hjälp av ljus. Det är en typ av fjärranalys som med hjälp av laserpulser samlar in tredimensionella georefererade data i form av punktmoln. Laserpulserna sänds vanligtvis ut från någon mobil farkost, exempelvis ett flygplan. Avståndet till olika objekt beräknas genom att mäta hur länge det tar för laserpulserna att reflekteras tillbaka till sensorn i farkosten. Sensorns exakta plats mäts också (oftast med GPS/GNSS) samt vilken vinkel laserpulsen skickats från. Genom detta samlas tredimensionella koordinater in. Datapunktmolnet som samlas in genom detta är mycket tätt och noggrant.

Eftersom laserpulserna inte kan tränga igenom tjocka moln eller regn så samlas LiDAR-data in endast då det är bra väder. Ofta görs det på natten eftersom vädret ofta är bättre då samtidigt som det är mindre störningar av andra farkoster.

Beroende på vad det är som ska mätas så används olika typer av sensorer. Vanlig mätning på land använder sensorer som arbetar i det nära infraröda (NIR) spektrumet. Om man däremot vill samla in data under vatten (batymetriska data) så används sensorer som arbetar i det gröna spektrumet eftersom dessa genomtränger vattnet. Ibland vill man också mäta marken under träd och detta är möjligt i de flesta skogar eftersom mätningpunkterna är så täta att några mätningar också hittar ner genom trädens vegetation. Den bästa tidpunkten för detta är på vintern då lövträden saknar löv. I regnskogar kan det dock vara svårt att samla in data om marken eftersom vegetationen är så tät och träden inte tappar sina löv.

Punktmolnsdata som samlats in med LiDAR-teknik lagras vanligtvis i formatet LAS. LAS-formatet gör att också andra data kan lagras i punkterna utöver koordinater, såsom klassifikation, datakälla och tidpunkt. [2]

2.1.1. Flygburen skanning

Flygburna topografiska LiDAR-skanningssystem är den vanligaste metoden för att samla in digitala höjdmodeller, eftersom metoden är effektiv på stora områden. De flesta flygburna system kan på en timme samla in data för ett område på 50 kvadratkilometer. Flygburna system är också bra för att samla in batymetriska data. [2] Flygburen laserskanning förkortas ofta ALS (airborn laser scanning), och har 5-10 gånger bättre noggrannhet för höjdmodeller än fotogrammetri. Laserskanning från luften kan också utföras med obemannade luftfarkoster (UAV, unmanned aerial vehicle). [11]

2.1.2. Annan skanning

Skanning som inte innefattar flygburna farkoster används främst då data över mindre områden samlas in. Detta görs med både landburna och havsburna farkoster. Deras sensorer kan mäta på upp till flera kilometers avstånd. Det är exempelvis kustlinjer, tåggränsar och vägar som mäts med denna metod. Stationära

mätningar görs främst då enstaka objekt såsom byggnader mäts. Då man använder sig av dessa metoder får man också noggrannare och tätare data än om man använder sig av flygburna farkoster, men noggrannare data än det är sällan nödvändigt. [2]

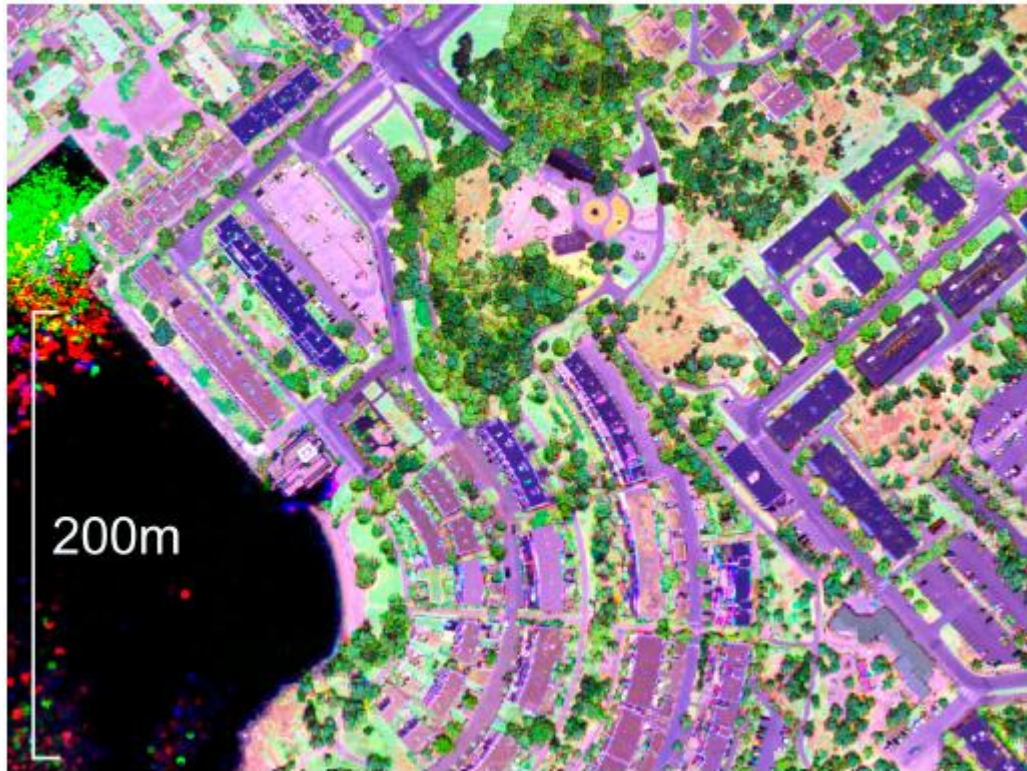
2.2. Fotogrammetri

Fotogrammetriska mätningar är en metod för att samla in punktmoln med hjälp av kamera. Fotografierna som tas gör så att storlek, form och läge hos objekt kan bestämmas, eftersom den mäter objekten från olika vinklar. Detta görs ofta genom flygfotografering med raka stråk, där varje område fotograferas åtminstone två gånger men ur lite olika vinklar så att bilderna överlappar varandra. Bilderna kan också tas från marken och då man skapar modeller över städer brukar man kombinera de båda metoderna för att få ett så noggrant material som möjligt. Fotografierna som tagits slås sedan ihop, vanligtvis med hjälp av programvara. Det kallas för digital bildmatchning. Denna typ av mätning ger efter bildmatchningen tredimensionella koordinater som kan representeras som punktmoln. [4] Den fotogrammetriska metoden är avsevärt billigare än laserskanningar, men uppnår nödvändigtvis inte samma noggranna resultat. [3,4]

En RGB-D-kamera som mäter djup och tar en bild kan också skapa fotogrammetriskt material och punktmoln. Denna typ av kamera fungerar också bra ihop med metoder för att samtidigt kunna lokalisera och kartlägga ett område (SLAM, Simultaneous localization and mapping). [3]

2.3. Klassificering av punktmolnsdata

Då punktmolnsdata samlas in över ett område är det inte bara markens data som samlas in utan också exempelvis byggnader och vegetation såsom träd. Ibland kan det vara till nytta att kunna använda endast delar av punktmolnsdata. Ett exempel är de digitala höjdmodellerna som baseras på endast punkter av markdata [2], i det fallet behöver man kunna skilja dessa punkter från de resterande datapunkterna.



Figur 3. Rå punktmolnsdata klassificerad med hjälp av multispektral ALS. [11]

Klassificering sker genom att varje punkt får ett värde som beskriver till vilket objekt den tillhör, exempelvis "träd" eller "byggnad". Detta görs genom olika klassificeringsmetoder. Ett exempel på en sådan metod är med hjälp av ALS (flygburen laserskanning), där klassificeringen kan göras direkt vid insamlandet av punkterna. [2,11] Det fungerar bäst med mång-retur-skanning, där samma laserpuls ger flera punkter, där en punkt kan vara i toppen av ett träd, en annan är i mitten av trädet och en sista på marken. Genom detta fås en ganska bra klassificering av marken då endast den sista punkten från laserpulsens används, även om tät vegetation och byggnader också klassas som sådana punkter. [2] Det finns också mer avancerade metoder av denna typ av klassificering, exempelvis multispektral ALS där insamlingen kan klassa åtminstone sex olika objekttyper. [11] Exempel på sådan punktmolnsdata syns i figur 3. Klassificering kan också ske efter insamlandet av punktmolnsdata med hjälp av exempelvis maskininlärningsmetoder. [12] Det finns också olika metoder för att välja ut data för endast vissa objekt, exempelvis byggnader [12,13].

2.4. Öppna data

Det är värt att notera att vissa material av geografiska data och punktmolnsdata finns som öppna data. Ett exempel på detta är Lantmäteriverket [14] som har laserskanningsdata över nästan hela Finland. Lantmäteriverket har också DEM-material som är gratis att ladda ner, både i 10m noggrannhet över hela Finland och i 2m noggrannhet över nästan hela Finland. Ett annat exempel är NASA [20] som har 30m DEM över hela världen. Det finns också många andra källor, se exempelvis [21].

3. GIS, spelmotorer och kompatibilitet

I spel visas spelmiljön med en så kallad spelmotor (game engine), medan geografiska data vanligtvis visas i ett GIS (geografiskt informationssystem). [5] I detta kapitel berättas kort om vad dessa är, hur de liknar varandra och hur man konverterar mellan deras format.

3.1. GIS

Ett geografiskt informationssystem (GIS) är en typ av mjukvarusystem som lagrar och visar geografiska data. Med hjälp av GIS kan man göra analyser baserat på platsdata, eller använda data som ett visuellt underlag eller stöd vid exempelvis planering. Det som skiljer GIS från andra informationssystem är att det kan hantera och behandla geografiska data, samt integrera geografiska data med annan typ av data. Vektormaterial lagras ofta i en geodatabas eller som enskilda filer i formatet SHP, och raster lagras i filtyper såsom TIFF, GeoTIFF, JPEG och PNG. GeoTIFF är en georefererad version av TIFF och är ett vanligt format bland digitala höjdmodeller.

Geografiska data i ett GIS representeras i ett koordinatsystem. Det finns många koordinatsystem och vilket som används beror bland annat på skala och vilken plats på jorden det är frågan om. Med kartprojicering ändras jordens ellipsform till en platt yta. Det kanske vanligaste koordinatsystemet är WGS84 (World

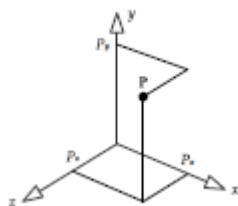
Geodetic System 1984) som exempelvis används i GPS. Eftersom LiDAR-skanning ofta samlar in platsdata med en GPS så har LAS-data vanligtvis koordinatsystemet WGS84.

I dagens läge är de kanske mest relevanta GIS-programvarorna ArcGIS (Esri) och den öppna programvaran QGIS. Också Google Maps och Bing Maps, som har lite mindre funktioner än de andra programmen, kan räknas hit. Python är kanske det mest använda programmeringsspråket inom GIS, och det används både i ArcGIS och QGIS som tilläggspråk (extension language). [1]

3.2. Spelmotorer

En spelmotor hanterar olika funktioner i ett spel, och det varierar från spelmotor till spelmotor vad de innehåller. De flesta spelmotorer innehåller dock en renderingsmotor, en fysik- och kollisionmotor, ett animationssystem, ett ljudsystem, ett system för spelvärdens redigering och ett artificiellt intelligenssystem.

Idag är de flesta 3D spel byggda av tredimensionella objekt i en virtuell värld. En spelmotor håller reda på position (koordinater), riktning och skala på dessa objekt och renderar dessutom dem på skärmen. 3D objekt i spel består nästan alltid av trianglar mellan punkter (hönsnät eller mesh). Vanliga filtyper är OBJ och COLLADA. I 3D miljöer som representerar en plats på landskapsnivå används vanligtvis det kartesiska koordinatsystemet som syns i figur 4.



Figur 4. En punkt representerad i det kartesiska koordinatsystemet. [8]

Exempel på storskaliga spelmotorer som klarar av verkliga 3D världar är Unreal Engine 4 (Epic Games), Source (Valve), CRYENGINE® 3 (Crytek), Frostbite™ (Electronic Arts DICE), och Unity (Unity Technologies). [8]

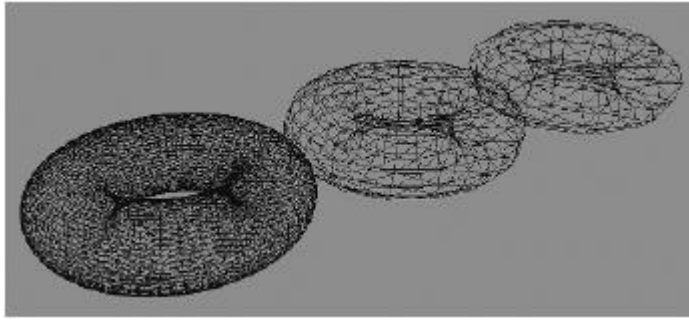
3.2.1. Spelvärldseditor

Alla kommersiella spelmotorer har någon typ av verktyg som spelvärlden kan redigeras med; en så kallad spelvärldseditor (game world editor). En spelvärldseditor bestämmer utgångsläget av spelvärlden och spelobjekten. Den tillåter ofta också användarna att definiera beteenden hos objekten. Med spelvärldseditorn kan spelvärlden visualiseras och med hjälp av dess verktyg kan världens utseende och form ändras. [8] Många spelmotorer har också möjlighet att importera material till spelvärlden och spelvärldseditorn. [5]

3.3. Likheter och olikheter mellan GIS och spelmotorer

GIS och spelmotorers teknologier och system liknar varandra på flera sätt. I både GIS och i spel används koordinatsystem för att skildra objektens positioner i systemet. [1,8] Datamodeller av vektormaterial används också [6], där trianglar mellan punkter (hönsnät eller mesh) ofta används för att visa 3D objekt. [1,8] GIS använder sig av TIN-format [1], medan spel använder sig av exempelvis OBJ eller COLLADA [8]. Digitala höjdmodeller är också något som används i de båda systemen. De använder ofta också flygfotografier eller andra texturer för att täcka modellerna med. I spel finns dock vanligtvis ytorna mer än i GIS.

Andra teknologier systemen har gemensamt är hierarkiska datastrukturer, användningen av lager och olika tekniker för att minimera processoranvändningen. Minimering av processoranvändning görs exempelvis genom att rendera flera nivåer av detaljer, så att objekt som är längre bort inte har samma detaljnivå som de som är nära. I figur 5 syns ett exempel där den närmaste modellen har det tätaste nätet och högsta detaljnivån. De använder sig också av samma typer av algoritmer, såsom ruttplanering (path planning), objektbuffert (object buffering) och platssökning (spatial search). Spel använder sig dock mer av datastrukturer som passar för optimal realtidsrendering och interaktion, medan GIS fokuserar på datastrukturer som är optimerade för analytiska beräkningar.



Figur 5. Modeller (hönsnät/mesh) med olika nivåer av noggrannhet. [5]

Båda systemen lagrar attributdata och använder sig av platsdata. I spel beskriver attributdata bland annat karaktärer och objekt, medan det i GIS beskriver enskilda objekt (exempelvis en vektor) som representerar något i verkligheten, exempelvis en väg. Spel lagrar vanligtvis mycket mera data i ett objekt såsom kollisionsmask, texturdata, animationer och ljud. Detta har lett till att spels attributdata lagras i datastrukturer såsom träd eller hashtabeller, medan GIS attributdata ofta lagras i något typ av tabell eller databas. [6]

GIS och spel skiljer sig också från varandra på andra sätt. Medan spel fokuserar mera på användarinteraktion och navigering, så fokuserar GIS på verktyg som kan användas för analyser. GIS och spelmotorer har inkompatibla format, både då det kommer till data och teknologi, vilket gör det nödvändigt att konvertera mellan formaten. [5]

3.4. Konvertering mellan format

Spel använder sig ofta av modeller som skapats med 3D verktyg såsom 3ds max, Maya och Softimage XSI, medan GIS använder sig av raster och vektorfiler i exempelvis TIN- eller DEM-format. Detta betyder att för att kunna arbeta med geografiskt material i en spelmotor är man ofta tvungen att konvertera mellan filformat. Detta sker i vissa spelmotorer med färdigt inbyggda importverktyg som kan importera sådant material som kan exporteras från ett GIS. [5] Beroende på vilket GIS och vilken spelmotor som används kan också något stödprogram behövas [7], och i andra fall finns det instickningsprogram till spelmotorn som kan sköta importen. Ett exempel är instickningsprogrammet "LiDAR Point Cloud" [15] som kan importera rå laserskanningsdata (LAS) till Unreal Engine.

4. Geografiska data i spel

Geografi används i spelvärldar på många olika sätt. Microsoft Flight Simulator använder sig av geografiska data i form av 3D fotogrammetri och satellitbilder för att skapa spelvärlden [16, 17], medan spel såsom Assassin's Creed: Odyssey använder sig av geografi endast som en inspiration till spelvärlden. [19]

Hur man gör för att samla in och använda geografiska data i realistiska spelvärldar har redan undersökts. Undersökningar om användningen av spelmotorer för att visualisera geografiska punktmolnsdata har också gjorts. I detta kapitel presenteras hur geografi används i spel, och hur man kan gå till väga för att samla in geografiska data och hur de kan användas för att skapa realistiska spelvärldar.

4.1. Geografi i spelvärldar

Enligt artikeln "Videogames: the new GIS?" av Ifan D H Shepherd och Iestyn D Bleasdale-Shepherd [6] finns det ytterst få spel som helt baserats på geografiska data. Geografiskt material används dock väldigt ofta som en startpunkt till en spelvärld, men ofta begränsar den verkliga geografin spelvärlden och då editeras materialet så det ska passa spelvärlden bättre. [5,19] Ofta används riktigt geografi som inspiration och som studie, så att spelvärlden ska få drag från verkligheten och därmed se verklig ut. I sådana fall kanske inte geografiskt material importeras alls utan spelmiljön skapas från grunden men med verkligheten i åtanke. Ett spel som detta gjorts i är spelet Assassin's Creed: Odyssey, där spelutvecklarna studerade det verkliga landskapet av Grekland genom att se på bland annat terrängmodeller och material från Google Earth. I detta fall importerade de inte geografiska data till spelvärlden, utan de förenklade och reducerade geografin till en skala som fungerade för spelvärlden, medan de ändå försökte hålla kvar de mest karakteristiska dragen av Grekland såsom bergskedjor. [19]

Ett spel som använder sig av data över den verkliga världen är spelet Microsoft Flight Simulator som både i gamla [6] och nya [16,17] installationer av spelet använt sig av geografiska data. Nedan berättas lite närmare om hur Microsoft Flight Simulator använder sig av geografiska data.

4.1.1. Microsoft Flight Simulator

Microsoft Flight Simulator är Microsofts äldsta mjukvaru-franchise som fortfarande släpper nya installationer. Det är en flygsimulator vars första installation är från 1982 och där nya installationer kommer med några års mellanrum. [16] I tidigare versioner av spelet använde de sig av digitala terrängmodeller över verkliga platser med flygbilder som visades ovanpå modellen. [6] Deras nästa installation förväntas släppas någon gång under år 2020, och den installationen är speciellt intressant eftersom den använder sig av realtids 3D-fotogrammetriska data för att få spelvärlden (simulatorvärlden) att se verklig ut. [16] Ett exempel på spelvärlden syns i figur 6.



Figur 6. Microsoft Flight Simulator (2020). Skärmbild från spelet av alfa-testaren 'JonasAlexandr2', från utvecklings-uppdateringen den 5.3.2020. [18]

Simulatorn och spelmotorn utvecklas av Asobo Studios. Spelmotorn utnyttjar Microsofts andra resurser och tar bland annat satellitbilder direkt från Bing Maps och använder Azure's molnsystem för att hålla spelet stabilt och uppdaterat för spelarna. Med maskininlärning och processuell generering placeras träd i världen. Annan data som de använder sig av är flygfälts- och väderdata som hjälper spelvärlden att bli verkligare. [16, 17]

Eftersom det är frågan om data över hela världen, som bland annat handlar om 2 petabyte data från Bing Maps, kommer spelarna vara tvungna att streama data.

Spelets användning av realtids data direkt från molntjänster är en metod som ännu är under utveckling. [17]

I artikeln av Charlie Hall [17] konstaterar han, efter att ha provkört spelet, att det ännu finns många fel såsom träd som renderas på fel ställen och områden som helt saknar data. Enligt spelutvecklarna kommer de försöka fixa dessa fel i spelet med mjukvaru-baserade verktyg istället för att fixa felen för hand. Det verkar alltså som att spelet kommer fungera helt utan någon spelvärldseditering för hand.

4.2. Geografiska data i spelmotorer

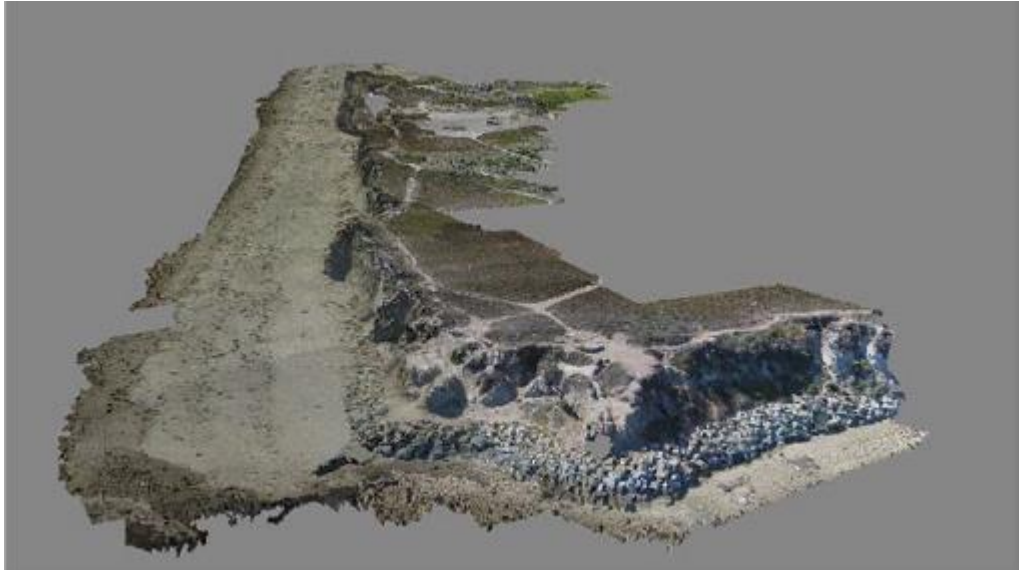
Insamling av tredimensionella geografiska data sker i form av punktmoln då man vill samla in väldigt noggranna data. [2,11] Här nedan presenteras en arbetsmetod för hur geografiska punktmolnsdata kan tas i bruk i spel, samt hur man kan visualisera punktmoln i en spelmotor.

4.2.1. Arbetsmetod: Från geografiska data till spelvärld

I kapitel 9 i boken "Geoplay and Geogame" [7] presenterar Nathaniel J. Henry ett kostnadseffektivt arbetsflöde för att skildra landskap i virtuella miljöer. I denna undersökning samlar de in data över en verklig plats, skapar en modell och avslutar med att importera och städa upp modellen i en spelmotor. De försöker göra arbetsflödet så kostnadseffektivt som möjligt och väljer därför de billigaste metoderna och billig eller gratis programvara. Utrustningen och programmen kostade under 1000 amerikanska dollar.

Insamlingen sker genom flygfotografering med drake i stråk. Då fotografierna har samlats in väljs de bilder med minst 80% överlappning längs med stråket och 60% överlappning bredvid varandra. Fotografier som är suddiga eller där det syns något rörligt objekt exkluderas. Programmet Agisoft PhotoScan används för att skapa punktmoln baserat på fotografierna. Baserat på punktmolnen skapas sedan ett så kallat "hönsnät" (mesh) av det i samma program, som sedan täcks med en mosaik av flygfotografierna. Denna modell (se figur 7) kan exporteras som olika filtyper, och i denna undersökning skapas en DEM i formatet GeoTIFF och ett ortofoto i formatet PNG. DEM konverteras sedan från GeoTIFF till en 16-bit PNG i gråskala i programmet FIJI. Filerna importeras sedan till spelmotorn Unreal Engine

4. DEM importeras som en landskapsyta, medan ortofotot importeras som ett material som sedan används som grundfärg på modellen. Till sist redigeras materialet i spelmotorn med den inbyggda landskapseditorn och de provar att navigera i spelvärlden. Modellen ur första persons synvinkel i spelvärlden syns i figur 8.



Figur 7. Punktmolnet och flygbilderna som en modell i programmet Agisoft PhotoScan. [7]



Figur 8. Modellen ur första persons synvinkel i spelmotorn Unreal Engine 4. [7]

Henry avslutar sin undersökning med en diskussion om modellen och arbetsflödet. Han menar att metoden är värd att använda ur både tids- och kostnadsperspektiv. Modellen är tillräckligt noggrann för att kunna urskilja individuella markdetaljer och modellen påverkar användarupplevelsen positivt. Han påpekar dock att det finns vissa problem med arbetsmetoden såsom att branta vertikala ytor får dålig textur, samt att insamlingsmetoden gör att vegetationen inte blir tillräckligt noggrann. Han föreslår att objekt såsom träd och

stenar kunde representeras som skilda mer detaljrika objekt som ligger ovanpå modellen. Han påpekar också att man kan berika modellen genom att editera den med editeringsverktyget.

En annan undersökning där de importerat geografiska data är artikeln "Spatial data processing for the purpose of video games" av Dominika Chądzyńska och Dariusz Gotlib [9]. Där undersöker de dock importen till ett redan existerande spel och inte hur importen görs till en spelmotor.

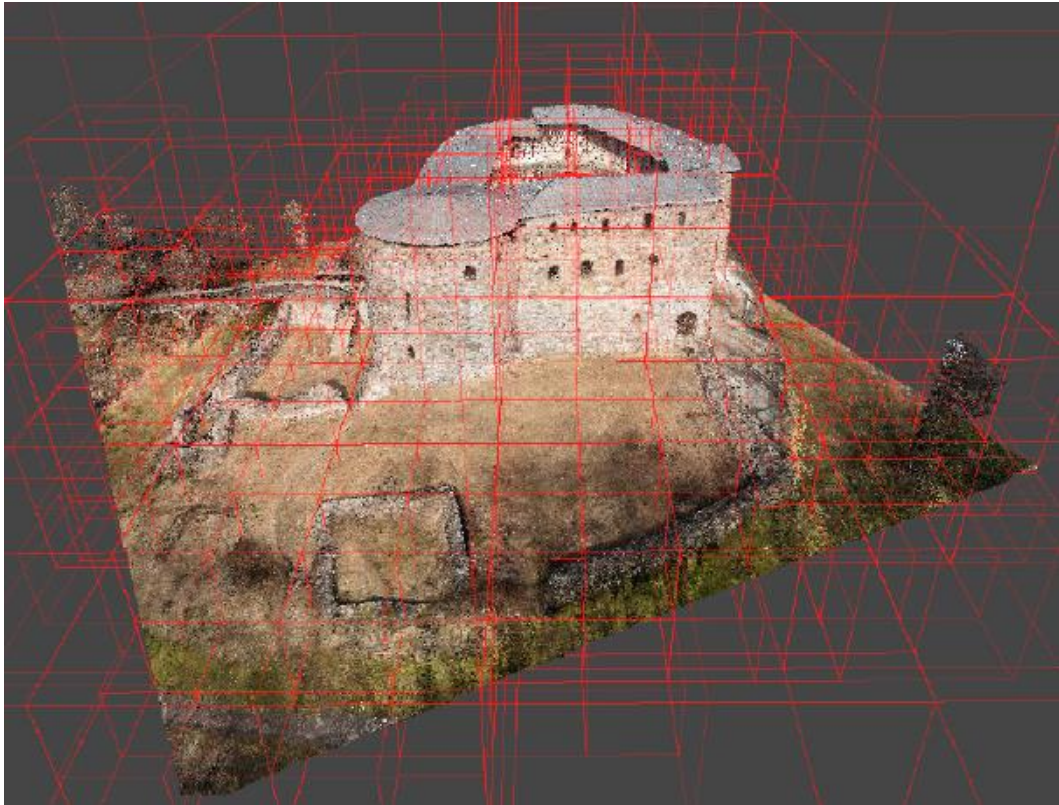
4.2.2. Visualisering av geografiska data i spelmotorer

Det finns undersökningar som ser på geografiska data kan visualiseras i spelmotorer. I dessa undersökningar har inte målsättningen varit ett spel utan det handlar om att visualisera data för exempelvis användning i forskning.

Artikeln "Using game engine for 3D terrain visualisation of GIS data: A review" av Ruzinoor Che Mat et al. [10] är ett exempel. Artikeln jämför olika spelmotorer såsom Torque 3D, Unreal Development Kit (UDK), Unity3D och CryEngine, och hur de hanterar geografiska data i formaten DEM och TIN. Det konstateras att de flesta spelmotorerna har möjlighet att importera denna typ av geografiska data, fast vissa spelmotorer kräver lite mera arbete än andra för att det ska lyckas. I artikeln konstateras också att spelmotorer ger möjlighet till editering av geografiska data.

I artikeln "Nationwide Point Cloud—The Future Topographic Core Data" av Juho-Pekka Virtanen et al. [11] påpekas också att spelmotorer kan användas för att visualisera punktdata. Här används en octree datastruktur för att representera punkterna i spelmotorn Unity 5. Punktmolnet har producerats med fotogrammetri och terrängbilder, resultatet syns i figur 9. Här syns punktmolnet som det är och det har inte konverterats till något annat format.

Ett exempel som också nämndes tidigare är instickningsprogrammet "LiDAR Point Cloud" [15] som kan importera rå laserskanningsdata (.LAS) till Unreal Engine. Det är dock oklart om instickningsprogrammet endast klarar av att visa punkterna eller om det också kan konvertera punkterna till en yta eller modell.



Figur 9. Färgat punktmolnsdata i Unity 5. De röda sträckan representerar octree-strukturen. [11]

5. Metodik

Insamlandet av litteraturen för denna avhandling sköttes uteslutande online. Förutom Googles sökfunktion, användes också IEEEs och ResearchGates sökfunktioner. Några publikationer fanns också rekommenderade i diskussionsforum på nätet.

Kriterierna för litteraturen var att det skulle vara ett publicerat verk såsom en bok eller en vetenskaplig artikel. Några konferensartiklar användes också som källor och för den grundläggande informationen användes kurslitteratur inom ämnet. Eftersom det inte fanns många nya publikationer om geografiska punktmolnsdata i spel var jag också tvungen att acceptera artiklar från nättidningar som källor. Dessa användes för informationen om spelen Assassin's Creed: Odyssey och Microsoft Flight Simulator. Det var ibland svårt att hitta pålitligt material och mycket information fanns på diskussionsforum där påståendena ofta inte hade några källor. För att få ett så pålitligt resultat som möjligt används inte forumdiskussioner som källor i undersökningen.

De flesta artiklar och böcker som valts till detta arbete är inte äldre än 10 år. Det hade varit bäst att använda endast några år gamla artiklar, eftersom spelbranschen är ett område där nya teknologier hela tiden tas i bruk. Eftersom det inte fanns mycket information inom området samlades också information från äldre publikationer in. Den äldsta publikationen som använts som källa är från 2009.

Valet av Microsoft Flight Simulator som ett exempel på spel med geografiska data, baserades på att de i tidigare installationer använt sig av geografiska data och att deras nyaste installation använder sig av geografiska data på ett sätt som inte gjorts (i alla fall i den utsträckningen) förut. Det var också ett av de spel som var mest öppna med vilken data de använder (säkert för att det var Microsoft egna data), och det var därför lätt att hitta information om det.

6. Diskussion

Denna avhandling undersöker hur tredimensionella geografiska data kan användas i skapandet av realistiska miljöer i spel. Utgångspunkten är ur ett GIS- och lantmäteritekniskt perspektiv, vilket gör att undersökningen till stor del är vinklad från det hållet.

Det finns flera metoder för insamlandet av geografiska data för användning i spel. I de källor som använts i detta arbete verkar främst fotogrammetri användas. Detta kan bero på att det ofta är en billigare metod än laserskanning samtidigt som också flygbilder, och därmed en textur till modellen, fås som biprodukt.

Spelet Microsoft Flight Simulator är ett exempel på då man i skapandet av spelvärlden har tillgång till många datakällor och resurser. Eftersom många spelutvecklare inte har tillgång till samma material eller en stor budget, så är det viktigt att det finns arbetsmetoder också för de mindre spelutvecklarna som vill använda sig av geografiska data som spelmiljö.

6.1. Arbetsmetod för användningen av geografiska data i spel

Arbetsmetoden som presenteras i kapitel 4.2.1 är en bra utgångspunkt för insamlandet och användningen av geografiska data i spel. Det bör noteras att det finns mycket gratis geografiskt material på nätet som kunde användas istället för att göra insamlandet av materialet själv. Det bör också noteras att det finns kommersiella GIS-program som kan sköta iallafall en del av de arbetsmoment som i undersökningen sköts av ett flertal program.

Eftersom det finns instickningsprogram som gör att exempelvis LAS-data kan importeras rakt till en spelmotor (se kapitel 4.2.2), så kunde man också försöka ladda in punktmolnsdata rakt till spelmotorn. I sådana fall måste man undersöka om det går att konvertera punkterna till en modell i spelvärldseditorn, eftersom en spelvärld ovanpå punkter antagligen inte skulle fungera.

En höjdmodell (DEM) verkar vara det format som kan hanteras av både GIS och spelmotorer och därför kan det vara ett bra material att använda sig av. DEM-material som baserats på punktmolnsdata är att föredra eftersom det materialet är väldigt noggrant. Om man själv skapar DEM baserat på punktmolnsdata är det viktigt att kunna klassificera punktmolnsdata så att man kan klippa ut endast markdata, så att inte exempelvis träd påverkar höjdmodellen. Träden kommer man antagligen ändå att vilja placera på modellen som ett eget material. Då det gäller byggnader beror det långt på modellen om man vill använda sig av dem som en del av höjdmodellen eller inte. I Microsoft Flight Simulator verkar de ha använt byggnaderna som del av det tredimensionella fotogrammetriska materialet, medan träden läggs till med maskininlärning.

Oberoende om man importerar rå LAS-data eller en höjdmodell till spelmotorn kommer editering i spelvärldseditorn antagligen behövas. I fallet med Microsoft Flight Simulator försöker de dock göra all rendering av spelvärlden automatisk så att mänsklig editering inte ska behövas. Det är dock knappast realistiskt att utveckla en sådan metod för en liten spelvärld, speciellt om man har en liten budget.

Beroende på vilken nivå man arbetar på så kan det vara motiverat att överväga att inte använda sig av geografiska data rakt i spelet. Exempelvis i spelet Assassin's Creed: Odyssey som är satt i det forna Grekland, så skulle det inte fungera med en spelvärld som är lika stor som Grekland. I vissa fall är det alltså motiverat att minska ett område så att det fungerar på spelvärldsnivå, samtidigt som det är bra att minnas att igenkännbara element som exempelvis bergskedjor kan vara en viktig del av spelvärlden.

6.2. Användningsmöjligheter för en modell över en verklig plats

Den främsta användningen för tredimensionella geografiska data i spel är då man vill representera världen som den är. Microsoft Flight Simulator är ett bra exempel på detta, och spelet skulle antagligen inte fungera lika bra om de använde en påhittad spelvärld eftersom en stor poäng med spelet är att man ska kunna utforska den riktiga världen. I artiklarna om spelet utforskade journalisterna ofta sina egna hemstäder och kända platser som de aldrig varit till på riktigt, vilket tyder på att detta påstående stämmer för många spelare.

En annan användning för geografiska data i spelvärldar är då man vill använda sig av en riktigt plats men från en annan era. Exempelvis kunde man genom editering ändra ett material över en idag existerande stad till en post-apokalyptisk version av staden. Ett annat exempel kunde vara att placera staden i framtiden eller i en historisk miljö.

Spelet Assassin's Creed: Odyssey är satt i en historisk miljö och i just detta fall var det motiverat att inte använda sig rakt av geografiska data. Hade de dock valt att begränsa spelmiljön till endast en stad, hade det kanske varit motiverat att använda en digital höjdmodell utan byggnader som bas för spelmiljön.

En kombination av flera verkliga områden kunde också leda till en intressant spelmiljö. Man kunde välja ut endast de intressantaste eller vackraste områdena från en verklig plats, och kombinera dem till en ny, tidigare osedd, miljö.

7. Konklusion

Geografiska data i syfte att skapa realistiska spelmiljöer fås främst genom insamling av punktmolnsdata, exempelvis genom laserskanning eller fotogrammetri. Punktmolnsdata kan representeras som en tredimensionell yta, exempelvis som en digital höjdmodell. Modellen, eller ytan, kan användas i ett spel både som inspiration och direkt som material i spelvärlden. Då man vill använda sig av geografiska data som modell i ett spel finns det många tillvägagångssätt. Det går inte att säga vilket tillvägagångssätt som är bäst utan det beror på hurudan data man har till hands, vilket format det är frågan om, vilken spelmotor man använder och vad man vill åstadkomma med materialet.

Det går att använda geografiska data som den är då målet är att representera verkligheten, men det går också att editera materialet för att uppnå en spelvärld som påminner om verkligheten.

Källor

- [1] Kang-tsung Chang, *Introduction to Geographic Information Systems*. Ninth edition, McGraw-Hill Education, 2019
- [2] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Coastal Services Center, *Lidar 101: An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications*. Revised, 2012. [E-bok] Tillgänglig:
<https://coast.noaa.gov/digitalcoast/training/lidar-101.html>
- [3] Felix Endres et. al., "3D Mapping with an RGB-D Camera". IEEE transactions on robotics, vol. 30, no. 1, 2014
- [4] Lantmäteriet m.fl., *Geodetisk och fotogrammetrisk mättnings- och beräkningsteknik*. 2013. [E-kompendium] Tillgänglig:
<https://www.lantmateriet.se/sv/Om-Lantmateriet/Samverkan-med-andra/Handbok-i-mat--och-kartfragor-HMK/referensbibliotek/kurskompendium/>
- [5] Ahlqvist, Ola, "Converging Themes in Cartography and Computer Games". Cartography and Geographic Information Science, 2014
- [6] Ifan D H Shepherd, Iestyn D Bleasdale-Shepherd, "Videogames: the new GIS?", Science Press, 2009
- [7] Ahlqvist, Ola, Schlieder, Christoph, *Geogames and Geoplay*. Springer International Publishing Switzerland, 2018
- [8] Jason Gregory, *Game Engine Architecture*. Third edition, Taylor & Francis, CRC Press, 2018
- [9] Dominika Chądzyńska, Dariusz Gotlib, "Spatial data processing for the purpose of video games". Polish Cartographical Review, 2016
- [10] Ruzinoor Che Mat et al., "Using game engine for 3D terrain visualisation of GIS data: A review". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2014

- [11] Juho-Pekka Virtanen et al., “Nationwide Point Cloud—The Future Topographic Core Data”. *International Journal of Geo-Information*, 2017
- [12] Minglei Lia et al., “Modelling of buildings from aerial LiDAR point clouds using TINs and label maps”. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2019
- [13] Saad R. Khattak et al., “Reconstructing 3D Buildings from LIDAR using Level Set Methods”. 2013 International Conference on Computer and Robot Vision, 2013
- [14] Lantmäteriverket, “Laserskannat material” *maanmittauslaitos.fi*. Tillgänglig: <https://www.maanmittauslaitos.fi/sv/kartor-och-geodata/expertanvandare/produktbeskrivningar/laserskannat-material>. [Hämtad 27.3.2020]
- [15] Unreal Engine, “LiDAR Point Cloud” *unrealengine.com*, 10.12.2019. Tillgänglig: <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/lidar-point-cloud?sessionInvalidated=true>. [Hämtad 20.3.2020]
- [16] Jessica Conditt, “All I want to do is chill and play 'Flight Simulator'”, *engadget*, 30.9.2019. Tillgänglig: <https://www.engadget.com/2019/09/30/flight-simulator-2020-hands-on-pre-alpha/>. [Hämtad 26.3.2020]
- [17] Charlie Hall, “The biggest surprise of Microsoft Flight Simulator: it makes Bing cool”, *Polygon*, 30.9.2019. Tillgänglig: <https://www.polygon.com/2019/9/30/20885197/microsoft-flight-simulator-bing-maps-hands-on-demo>. [Hämtad 26.3.2020]
- [18] Microsoft Flight Simulator Team, “Development update 5.3.2020”, *flightsimulator.com*, 5.3.2020. Tillgänglig: <https://www.flightsimulator.com/>. [Hämtad 26.3.2020]
- [19] Aaron Kylie, “Inside the intricate world of video game cartography”, *Canadian Geographic*, 31.5.2019. Tillgänglig:

<https://www.canadiangeographic.ca/article/inside-intricate-world-video-game-cartography>. [Hämtad 26.3.2020]

[20] Jet Propulsion Laboratory, Caltech, "U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data", *jpl.nasa.gov*. Tillgänglig: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>. [Hämtad 27.3.2020]

[21] GitHub, "Terrain Data", *github.com*. Tillgänglig: <https://github.com/openterrain/openterrain/wiki/Terrain-Data>. [Hämtad 27.3.2020]