

Matemaattisten funktioyhdistelmien kuviot peligrafiikoissa

Simo Samuli Salonen

Opinnäytetyö

Maaliskuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Ohjelmistotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Salonen, Simo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 6.3.2018
	Sivumäärä 46	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Matemaattisten funktioyhdistelmien kuvat peligrafiikoissa		
Tutkinto-ohjelma Ohjelmistotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Mieskolainen Matti, Salmikangas Esa		
Toimeksiantaja(t)		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tietokonetta ohjelmoimalla piirrettiin kuvioita, jotka rakennettiin matemaattisilla funktioilla, jotka huomioitiin totuuksiksi. Näin esim. grafiikoille, äänille ja tekoälylle saatiin uusi kuvakulma. Tavoitteena pidettiin, että noin 20 prosenttia käyristä saataisiin kelvollisiksi pelimaisemien, kuten järvien, vuorien, pilvien ja kasvien tekoon.</p> <p>Toteutukseen käytettiin Visual Studio 2015-2017-kääntäjäohjelmaa ja kielenä käytettiin C#-kieltä. Perusfunktioiden yhdistelmiä pystyttiin suorittamaan. Esimerkiksi useamman funktion keskiarvolla luotiin uusi funktio ja se piirrettiin näytölle. Toisena tärkeänä menetelmänä ensimmäisen funktion ulostulo annettiin toisen funktion sisääntuloon. Parhaiden käyrien löytämiseen vaadittiinkin ensin karkea- ja sitten hienosäätöä.</p> <p>Tuloksien saamiseksi vaadittiin noin 2-5 funktiota tai toimintoa, kuten yhteenlasku, vähennyslasku, kertolasku ja jakolasku. Voitiin myös käyttää, ja usein kannattikin käyttää, numeroita funktioiden sijaan. Tulokset olivat hyviä, koska käyristä saatiin monimutkaisia, kauniita ja niiden yhdistelmistä saatiin hienot maisemat. Myös lopuista käyristä, esimerkiksi pistejoukoista, saatiin yhteneviä, kun yhdisteltiin pisteet toisiinsa suorilla linjoilla. Toisaalta ilman yhdistelyäkin niitä voitiin käyttää eri tarkoituksiin.</p> <p>Työntuloksena selvisi, että matemaattisten totuusfunktioiden yhdistelmillä voidaan tehdä peleihin sopivia grafiikoita. Lisäksi niihin suunniteltiin työn aikana ääniä, tekoälyjä, fysiikan lakeja hyödyntäviä kaavoja ja kemian lakeja hyödyntäviä kaavoja, mutta niitä ei vielä toteutettu.</p>		
<p>Avainsanat (asiasanat) paraabeli, ympyrä, sini, kosini, tangentti, logaritmi, suora, keskiarvo, kultainen leikkaus, pisteen etäisyys käyrästä</p>		
<p>Muut tiedot Salassa pidettävät liitteet tulee merkitä. Merkinnästä tulee käydä ilmi, mitkä liitteet ovat salassa pidettäviä, mihin salassapito perustuu ja mikä salassapitoaika on. Esimerkiksi: Liitteet 1,4 ja 7 ovat salassa pidettäviä, jotka on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 18.5.2022.</p>		

Author(s) Salonen, Simo	Type of publication Bachelor's thesis	Date 6.3.2018 Language of publication: finnish
	Number of pages 46	Permission for web publication: x
Title of publication Mathematical function combination figures in game graphics		
Degree programme Software Engineering		
Supervisor(s) Mieskolainen Matti, Salmikangas Esa		
Assigned by		
Description <p>The figures were drawn by programming to build mathematical functions. This way, for example graphics, sounds and artificial intelligence were gained with a new image angle. To objective was to complete 20 percent of the curves to be suitable for drawing game scenes, such as lakes, mountains, clouds and plants.</p> <p>Visual Studio 2015-2017 compiler was used for the implementation, and the programming language used was C#. It was possible to perform basic function combinations. For example, the average of many functions was created as a new function and drawn onto the screen. Another important method, which was used was to give one function's output to the other function's input. To find the best curves, first a large adjustment and then a more accurate adjustment was needed.</p> <p>For results, approximately 2-5 functions or procedures were needed, such as addition, subtraction, multiplication and division. It was possible and often useful to use also numbers instead of functions. The results were good, because the obtained curves were complicated, beautiful, and their combinations made fine scenes. Additionally, the rest of the curves, for example plot groups were made solid by connecting the plots with each other using straight lines. On the other hand, also without connecting they could be used for different purposes.</p> <p>As a result of the work it was found out that combinations of mathematical truth functions can be used to create graphics suitable for games. Additionally, during the project sounds, artificial intelligences, laws of physics exploiting formulas and chemistry law exploiting formulas were designed, however, they are not yet completed.</p>		
Keywords/tags (subjects) parabola, circle, sine, cosine, tangent, logarithm, line, average, golden ratio, plot's distance from curve		
Miscellaneous Confidential information must be marked clearly stating which appendixes are confidential and what the confidentiality is based on and how long the period of secrecy is. For example: Appendixes 1, 4 and 7 are confidential which have been removed from the public thesis. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 24, 17: business or professional secret. Period of secrecy is five years and it ends 18.5.2022.		

Sisältö

1	Johdanto	4
2	Historiaa ja taustatietoa	4
3	Työn toteutus	22
4	Tulokset	28
	4.1 Tuloksia bugisena ja lopuksi ilman bugeja.....	28
	4.2 Bugista johtuen ensimmäinen inside päällä löydetyt tulokset.....	33
	4.3 Kaikki inside:it päällä tai vapaasti valitut inside:it.....	37
5	Pohdinta	41
	Lähteet	46

Kuviot

Kuvio 1. Sini käyrä vuoristossa	25
Kuvio 2. Loiva vuori	26
Kuvio 3. Vaarallinen rotko tai joenuoma.....	26
Kuvio 4. Joki	26
Kuvio 5. Toinen joki	27
Kuvio 6. Pätkä joesta	27
Kuvio 7. Pilvi tai pilviä.....	28
Kuvio 8. Esimerkki järvestä.....	29
Kuvio 9. Esimerkki vuoresta	30
Kuvio 10. Kuva lopusta käyttöliittymästä.....	32
Kuvio 11. Kuvassa log, plus, pallo, inside ja pallo muistuttaa hymyilevää suuta.....	34
Kuvio 12. Yhdistelmä 1/x, pallo ja 1/x näyttää hyppyriltä.....	34
Kuvio 13. Kuvassa pallo, 1/x, log ja jako numerolla 3 tekee toisen hassun käyrän.....	34
Kuvio 14. Kuvassa pallo, 1/x, log, inside ja 1/x tekee kolmannen hassun käyrän.....	34

Kuvio 15. Kuvassa pallo, $1/x$, log, inside ja log tekee neljännen hassun käyrän.....	35
Kuvio 16. Pallo, pallo, log, $1/x$ ja pallo tekee kaksi erisuuntaista mutkaa (kuvaa on siirretty 100 pistettä alaspäin).....	35
Kuvio 17. Pallo, pallo, log, inside ja pallo on viides hassu käyrä.....	35
Kuvio 18. Kuviossa potenssin kantaluku (1.1), miinus, miinus, $1/x$ ja pallo ovat joki tai tie.....	35
Kuvio 19. Potenssin kantaluku (1.1), plus, plus, $1/x$ ja pallo voisi olla salmi meressä kahden maapalan välissä.....	36
Kuvio 20. Tan, inside, tan, inside ja $1/x$ tekee hiukkasia, kuten tangentti yleensä tekee.....	36
Kuvio 21. Tan, log, $1/x$, pallo ja tan voisi olla ehkä ilmavirta, esimerkiksi tuuli.....	37
Kuvio 22. Yllä paraabeli kolmenteen, $1/x$, pallo ja jako, numerolla 3 on hauska.....	37
Kuvio 23. Tässä on kaikki insidet, sin, paraabeli, pallo ja pallo tuntuvat rentouttavalta aaltoliikkeeltä.....	37
Kuvio 24. Tässä ei ole yhtään insidea, pallo, $1/x$, paraabeli ja jako numerolla 30.....	38
Kuvio 25. Tässä on kaikki insidet, pallo, pallo, paraabeli, log ja $1/x$	38
Kuvio 26. Tässä on kaikki inside:t, pallo, sin, paraabeli, log ja $1/x$	38
Kuvio 27. Tässä on kolmas inside pois päältä, pallo, sin, paraabeli, log ja $1/x$, on kuin tulivuoren purkaus tai piipusta tuuleen nouseva savu.....	38
Kuvio 28. Tässä on sama kuin edellinen, mutta kolmas ja neljäs inside pois päältä....	39
Kuvio 29. Tässä on pallo, $1/x$, pallo, log ja $1/x$, sekä ensimmäinen ja toinen inside päällä.....	39
Kuvio 30. Tässä on cos, pallo, log, pallo, pallo ja kolmas inside päällä.....	39
Kuvio 31. Tässä on sama kuin edellinen, mutta kolmas ja neljäs inside päällä.....	39
Kuvio 32. Tässä on sama kuin edellinen, mutta toinen inside pois päältä.....	39
Kuvio 33. Tässä on sama kuin edellinen, mutta ensimmäinen ja kolmas inside päällä.....	40
Kuvio 34. Tässä on cos, pallo, log, pallo ja log, sekä ensimmäinen ja kolmas inside päällä.....	40
Kuvio 35. Tässä on sama kuin edellinen, mutta kolmas inside päällä.....	40
Kuvio 36. Tässä on $1/x$, pallo, $1/x$ ja pallo, sekä ensimmäinen ja kolmas inside päällä.....	40

Kuvio 37. Tässä on $1/x$, pallo, $1/x$, pallo, $1/x$, sekä ensimmäinen ja kolmas inside pääl- lä.....	40
Kuvio 38. Pallo, sin, jako, cos ja $1/x$, sekä kaikki insidet pois päältä.....	41
Kuvio 39. Kokemus kasvaa.....	45

1 Johdanto

Koska maailmassa on olemassa paljon matematiikkaa, jota käytetään hyötykäyttöön, voisi olla mielenkiintoista lisätä sitä myös pelkästään kauneus-, huvi-, koriste- ja taidekäyttöön, joka sinänsä myös on hyödyllisiä. Jos rakentaa, piirtää, maalaa tai muuten vain taiteilee pelimaailmaan maisemat, miksei myös osittain matematiikan totuuksien mukaan. Kun ihminen on muokannut luontoa aina, miksei käytettäisi siinä luonnonlakeja. Toisaalta pitää suoda kaikille luovuuden, löytämisen ja kokeilemisen ilo.

Varsinainen työn tarkoitus oli yhdistää matemaattisia funktioita toisiinsa, joista saatiin näin uusia funktioita, jotka piirrettiin tietokoneen näytölle. Tämän työn tarkoitus oli upottaa matemaattisia ominaisuuksia esimerkiksi pelien kasveihin, tavaroihin, järviin, vuoriin ja pilviin. Tavarat voivat olla puu- tai metallisepäntuotteita. Yksinkertainen esimerkki, jossa varsinaista uutta funktioyhdistelmää ei luoda, mutta liitetään kaksi funktiota koordinaatistossa siirtelemällä yhteen, voisi olla, että miekan kärki on paraabeli mutta varsi suora tai hieman kaareva. Työssä tehtiin yhdistelmiä, joista sitten voitiin silmämääräisesti valita niille sopivia käyttötarkoituksia. Toisaalta tarkoitus oli saada uusia funktioita yhdistelemällä matematiikan perusfunktioita.

2 Historiaa ja taustatietoa

Geometria liittyy läheisesti opinnäytetyöhön. Estetiikka ja kauneus ovat myös avainsanoja.

Matematiikassa esiintyy myös esim. filosofiaa, taidetta, musiikkia, runoutta ja grafiikkaa, joista viimeisintä tässä opinnäytetyössä enimmäkseen käsitellään (Geometria) (Matematiikan kauneus) (Estetiikka). Matemaattisilla funktioilla voi tehdä myös efektejä kuten animaatioita tai ääniä. Tiedekeskus Heurekassa oli näyttely matematiikan kauneudesta keväällä 2017, joka yhdistää matematiikkaa ja kauneutta. Sen nimi on ”Sensual Mathematics” ja siinä on myös mukana Aalto-yliopisto. Se on syntynyt kurssilla ”Kristallikukkia peilisaleissa – matematiikka kohtaa taiteen ja arkitehtuurin”. (Virtanen, 2017.) Suomessa on myös olemassa matematiikkalehti Solmu.

On tietenkin olemassa, jo ytimeltään, eikä vain grafiikoiltaan matematiikkaan perustuvia pelejä kuten shakki. Toisaalta shakissa voi vaikkapa liikkua kuningattarella paraabelin liikeradan monen vuoron aikana. Eri asia on se, että onko tämä paraabeli paras tapa voittaa peli. On myös esimerkiksi tammi, mylly, korttipelit, labyrintit ja lukuisat noppapelit, kuten backgammon. Tietenkin tietokonepelit ovat matemaattisia, toiset enemmänkin, kuten lasten matematiikan opetus pelit.

Joistakin peleistä saa myös lähdekoodeja. Internetistä löytyy ohjelmakoodeja peleihin esim. kirjoittamalla selaimeen "old game source code". Paikkoja on useita (noin 3), jossa on osittain samoja pelejä. Tässä keskitytään kuitenkin erääseen DOS-pelejä sisältävään sivustoon (RGB Classic Games). Kaikkiin sen sivuston peleihin ei sivustolla ole lähdekoodia. Lähdekoodeissa on usein GNU eli GENERAL PUBLIC LICENSE. Sen voi lukea pelien mukana olevasta GNU.txt tiedostosta. Muutkin sivut ovat varmasti ihan hyviä ja eri pelityyppejä sisältäviä. Pelejä voi myös pelata online Internet Explorer selaimella tai Safari Selaimella. Tosin sitä varten pitää asentaa Java. Sivulla on 34 avoimen lähdekoodin peliä. Muuten vanhoja DOS-pelejä voi pelata DOSBoxilla (DOS-Box). Muun muassa Hexeniä voi pelata My Abandonwaressa (My Abandonware) DOSBoxilla onlineä asentamatta DOSBoxia. Tällainen mahdollisuus on todella helppo ja kätevä. Avoin lähdekoodi on hyvä opetus ja opiskelu tarkoituksena. ClassicReload (ClassicReload) sivu toimii myös online pelinä hyvin, kuten myös Silvergames.com (Silvergames.com).

Erästä historiallisesti tärkeästä pelistä nimeltään Doom koodin on julkaissut eräs sen ohjelmoija John Carmack. Se on first person shooter eli ensimmäisen persoonan ammuntapeli. Löysin sen sivustolta RGB Classic Games. Doom koodista kävi ilmi esimerkiksi, että siinä käytetään neljää pääilmansuuntaa ja neljää sivuilmansuuntaa. Doom koodi vaatii kuitenkin toimiakseen alkuperäisen pelin. Se myös toimii vain Linux käyttöjärjestelmässä, koska DOS käyttöjärjestelmässä olevan äänikoodin käyttöoikeudet olivat ulkopuolisilta. Avoin lähdekoodi on hyvä, koska näin pidetään (peli)ohjelmoinnin salaisuudet ihmisten muistissa. On melko vaikea löytää pelikoodia, jotka käyttävät matematiikkaa grafiikoina kuten, koristekuvioina vaikka pelihahmon vaatteissa tai pelirakennuksen katon muotona. Tosin pelaamalla pelejä voi havaita niissä palasia, joiden voi arvella olevan peräisin matematiikasta. Jotkut matemaattisen grafiikat, kuten fraktraalit voivat olla hypnoottisia eli lumoavia. Doom koodista

selviää myös, että siinä on moninpeli. Sieltä löytyy myös pelatessa näkyvää tekstiä. Kaikki koodit ovat C-kieltä. Äänikoodista näkee, että äänen laatu voi olla 11025 Hz ja 16 bittiä. (RGB Classic Games)

Paku paku pelin Pascal lähdekoodiin on upotettu Assembler koodia, jota taas käytetään saamaan grafiikat toimimaan (RGB Classic Games). Voidaan esimerkiksi lukea piste ruudulta. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää myös matemaattisen grafiikan peleissä, jolloin koodi on nopeaa. (RGB Classic Games)

Heretic peli on first person shooter eli ensimmäisen persoonan ammuntopeli. Heretic käyttää edellä mainitun Doom pelin pelimoottoria, mutta siinä on se parannus, että voi katsoa ylös ja alas. Siinä voi chattailla eli keskustella vähän muiden pelaajien kanssa. Peliohjaimella ja hiirellä pelatessa kääntyminen on hitaampaa, jotta tähtäys on helpompaa. Vihollisia on muun muassa englanniksi imp ja goblin, jotka voidaan kääntää suomeksi monella tavalla, sekä muumio ja käärme. Imp voi tarkoittaa muun muassa pirua, tonttua, maahista tai paholaista. Goblin voi tarkoittaa muun muassa haltijaa, hiisiä tai menninkäistä. Pelissä on ovia, jotka katoavat 30 sekunnin kuluttua tai avautuvat 5 minuutin kuluttua. Vihollisten tiedostossa huomioidaan lähitaistelu- ja ammusetaisyys. Jos vihollinen on lähitaistelija, se yrittää päästä mahdollisimman lähelle pelaajaa. Vihollisten hyökkäyksissä on satunnaisuutta. Lattiaa voidaan liikuttaa pelissä. Portaikkoja voidaan rakentaa. Pelissä on aseena esimerkiksi varsijousi, toiselta nimeltään jalkajousi. Pelissä on laukaisijoita, kuten oven avaus ja sulkua, lattian nosto ja lasku, valokytin, sekä teleportti. Pelissä oli myös hieman erikoisasioita, joita ei voinut luokitella. Pelissä on myös vipuja ovien, liikkuvien tasojen ja rakentuvien portaiden käyttöön. Yhdessä pelin C-kielisessä tiedostossa käsitellään muistinhallintaa. (RGB Classic Games)

Hexen on Heretic pelin jatko-osa. Pelin koko nimi onkin Hexen: Beyond Heretic. Heretic on valmistettu 1994 ja Hexen 1995. Hexen pelin koodista näkee muun muassa taikojen voiman ja vaikutusalueen. Taikoihin, joita Hexenissäkin on voisi käyttää ja upottaa myös graafista matematiikkaa. Koodista käy ilmi, että siinä piirretään suoria ja seiniä peliin. Koodin mukaan pelissä voi olla 8 pelaajaa verkossa. Näinkin vanhan pelin koodissa mainitaan cd-rom asema ja siinä soitetaan musiikkia sieltä. Koodissa on pelisilmukka. Koodissa on myös tallennusosio. Siinä on myös liikuttelua x- ja y-akselin

suunnassa, sekä kääntö. Lisäksi siinä on koodia lattiaa, kattoa, portaikkoja ja ovia varten. Lattia voi olla vettä, laavaa, mutaa tai jäätä. Lattiat voi myös kohota ja laskeutua. Koodissa on myös välillä kommentoitua koodia, joka ei ole käytössä, esimerkiksi vilkkuvat valot. Siinä on oma osuus pelin lopettamiseen. Siinä piirretään myös tekstiä. Monin pelissä siinä on kaikki vastaan kaikki tyyli ja yhteistyö tyyli. Koodissa mainitaan taistelija, pappi ja velho. Taistelija voi olla aseenkantaja, ritari, sotilas, raivopää tai titaani. Pappi voi olla alttari poika, akolyytti eli apulainen, pappi, kardinaali tai paavi. Velho voi olla oppipoika, lumoaja, velho (sorcerer), velho (warlock) tai velho (archmage). Aseina on kirves, vasara, miekka ja nuija. Sitten lisäksi ovat tuli, jää, myrkky, salama, taikaohjukset ja putoamisvaurio. Ohjukset voivat räjähtää tai kimpoilla. Taika voi hajota esimerkiksi kartion muodossa. Pelissä on myös grafiikan laatu eli yksikoh-taisuustaso. Pelissä on myös valikoita, kuten pää-, hahmo-, taito-, valinnat 1 -, valinnat 2 -, tiedosto-, lataus- ja tallennusvalikko. Esimerkiksi kuvan valoisuutta voi säätää. Valikot piirretään omissa koodi osuuksissaan. Pelissä on tietokone vastustajan teko-älyä, jossa esimerkiksi lähitaistelussa hyvä oleva vihollinen pyrkii ihmispelaajan lähelle. Pelissä on eri valaistustasoja. Pelissä on myös terveys, taikavoima, haarniska ja voima. Siinä on myös avaimia ja teleporttereita. Pelissä on mm. kentauri, minotauros ja demoni. Koodista käy ilmi myös pelaajan liikkumista ja pelin ammuksia käsittelevä ohjelman osuus. Tuuli voi vaikuttaa pelaajan ollessa ilmassa. Asiat voivat myös syntyä uudestaan, kuten pelaaja voi syntyä uudestaan kuoltuaan. Aseilla on erilaisia ominaisuuksia ja vaikutus on hieman satunnainen. Pelissä käytetään tekstuureja esimerkiksi taivaan piirroissa ja kärkiä. Kärjen englannin kielinen nimi on vertex. Myös tasoja piirretään. Piirto käyttää näyttöpuskuria. Koodin sisältä löytyvät huijauskoodit, kuten haavoittamattomuus, kaikki aseet, kaikki taikavoima, avaimet, kaikki pulmapelin osat, kaikki esineet, seuraavaan kenttään hyppääminen ja muita. Pelissä on myös tavaruettelo. Pelissä on erilaisia ääniä, kuten pelihahmon kuolin huudot, oven avaus, aseiden kolahtelu, taikojen äänet, tuuli, vihollisten äänet, pulmapelien äänet ja vaikka veden äänet. Lisäksi pelissä on musiikit. Pelissä on myös varjoja. (RGB Classic Games)

Duke Nukem 3d on first person shooter eli ensimmäisen persoonan ammuntopeli. Pelin koodista näkee, että useampi peliääni, esimerkiksi erilaisten aseiden äänet tai

vastustajien kuolin äänet, voivat olla yhtä aikaa käytössä. Eräässä sen C-kielisessä pelitiedostossa on 10 000 riviä. Siitä käy ilmi, että siinä käännellään ja liikutellaan spritejä ja siinä on kameran etäisyys. Vaikka ei ymmärtäisikään peleissä olevaa kohtuullisen laajaa koodia, koodista saa aina selville jotain, kun muuttujan nimet ovat selvää englantia ja lisäksi on kommentteja. Koodista löytyy erilaisia pelin tavaroita, kuten ammuksia. Siellä on määränä mm. suojen kesto ja sukelluslaitteen ilman määrä. Siellä myös vastaanotetaan tietoa näppäimistöltä. Siinä on aloitus funktio, jossa tarkastetaan riittääkö muistin määrä peliin. Siinä on myös räjähdysen säde. Siellä on myös virheluettelo virheiden varalle ja siellä on äänikortin ja peliohjaimen asetukset, sekä C-kielinen "debug.c" tiedosto. (RGB Classic Games)

Quake on first person shooter eli ensimmäisen persoonan ammuntapeli. Siinä soiteetaan peliäänä CD:ltä. Siinä on myös metsästys kamera vaihtoehto. Peli on sharewarea, jolloin siinä on muistutuskoodi, joka mainostaa ostamaan koko pelin, jossa on lisää peli kenttiä. Peli käyttää puskureita ja välimuisteja. Siinä on paljon assembler eli *.s tiedostoja, vaikka suurin osa on C eli *.c tiedostoja. Koska assembler on nopeaa, sitä käytetään paljon tehoa vaativissa kohdissa, kuten grafiikoiden piirtämisessä ja matematiikka rutiineissa. Pelissä käsitellään pintoja, välejä, suorakulmia, hiukkasia, tekstuureja, läpinäkyvyyttä, reunoja, alueita, vyöhykkeitä, solmuja, sivuja, leikkauksia, kehyksiä, malleja, siveltimiä, palasia, muunnoksia, jäljityksiä, johtamisia, skannausta, taustoja, halkaisuja, vektoreita, runkoja, linkkejä ja rinteitä. Pelissä on myös polygoneja eli monikulmioita ja renderöintiä. Siinä piirretään pikseli laatikoita tietyllä värillä. Taivaalle on oma koodinsa. Pelissä lisäksi dynaamiset valot. Pelin aikana voi ottaa kuvankaappauksia. Koodissa mainitaan myös Linuxista. Pelissä on resoluutio vaatimattomasta 320x200 koosta aina tuon ajan suhteen tarkkaan 1600x1200 koon. Monin pelissä isäntäkone ylläpitää siihen yhteyden ottavia pelaajia. Se toimii modeemilla, sarjaportilla tai lähiverkossa. Siinä on eri nopeuksia sarjaportteja ja modeemeja. Pelissä on paljon tiedostoja moninpeliin. Äänet voivat ympäröidä pelaajaa. (RGB Classic Games)

Rise of the Triad on first person shooter eli ensimmäisen persoonan ammuntapeli. Siinä on muun muassa satunnaislukutaulukko, jossa on 2048 alkia. Koodissa huomioidaan, onko pelin omistajan versio shareware vai rekisteröity. (RGB Classic Games)

Chopper commando helikopteripelissä on koodia pommeille ja niiden aiheuttamille rei'ille. Maakenttä, rakennukset, ihmiset ja laskuvarjo ovat kovakoodattu. Pelaajan helikopterin lisäksi siinä on tankkeja ja sotilaita. Siinä on myös räjähdyksiä. Koodista näkee myös eri tehtävien alkuselostuksen ja loppuselostuksen joko tehtävän onnistumisesta tai epäonnistumisesta. Grafiikat ovat vanhaa CGA grafiikkaa. Pelissä voi käyttää myös hiirtä. Peli on freeware eli vapaasti levitettävä. (RGB Classic Games)

Jumpman Lives! tasohyppelypelissä on tuki vanhemmalle Adlib äänikortille. Koodi käyttää CGA, EGA tai VGA grafiikoita. Koodista käy ilmi, että siinä hypitään ja liikutaan. Koodissa on paljon tiedostoja, mutta ne ovat pieniä. (RGB Classic Games)

KENTRIS on tyypillinen tetris peli joka ei ole iso ja jonka koodi ei ole iso. Siinä on kuitenkin äänet. (RGB Classic Games)

Kiloblaster ammuskelu pelissä on muun muassa koodia eri vihollisten aluksille ja pelaajan ammus, kuten koodin kommentteista näkee. Siinä on myös pisteet. Pelissä on myös joystick eli peliohjain tuki. Siinä on lisäksi Sound Blaster äänikorttituki äänille ja musiikille. Se tukee CGA, EGA ja VGA grafiikkaa. Siinä käytetään keskeytystä näppäimistön lukemisessa, mutta myös assembler koodia. Peli on muuten C-kieltä. (RGB Classic Games)

Word Whiz on teksti peli, joka opettaa vaikeita englannin kielen sanoja. (RGB Classic Games)

Ylhäältä kuvatussa pienessä Catacomb pelissä seikkaillaan velhona. (RGB Classic Games)

Shadow Warrior on first person shooter eli ensimmäisen persoonan ammuntapeli. Miekkailu pelissä käytetään animaatioita. Siinä on myös ristitähtiä. Yhdessä C-kielen tiedostossa käsitellään rajoja ja niiden piirtoa. Siinä on rikkoutuvia seiniä, jotka voivat olla metallia, lasia, paperia, kiveä, kasvia tai puuta. Pelissä on eri persoonallisuuksia kuten taisteleva, puolustava, yllättynyt ja kiertelevä. Pelissä C-kielinen tiedosto, joka käyttää CD-ROM asemaa. Pelissä on myös C-kielinen huijaustiedosto, jossa saa muun muassa kaikki aseet, koko kartan päivityksen, kuolemattomuuden tai hypyn toiseen kenttään. Peli käyttää myös hiirtä. Pelissä on monin peli modeemin välityksellä ja se

voi olla ihmispelaajien yhteistyö tietokonetta vastaan. Pelissä on aseina muun muassa jaloilla erilaisten potkujen potkiminen, nyrkit, miekka, tuliaseita, granaatti, pommi ja miina, sekä muuten ensiapupakkaus. Pelissä on yksi C-kielinen tiedosto, joka käsittelee valaistusta. Valo voi esimerkiksi hajota. Pelissä on erillinen C-kielinen tiedosto valikoille. Hahmo voi muun muassa juosta, seisoa, nousta, ryömiä, polvistua, väistää, istua, hypätä, pudota, uida, sukeltaa, kiivetä, lentää, perääntyä, heittää heitotähdellä, käyttää tuliaseita ja kuolla. Yhdessä tiedostossa on koodia miekkaa varten. Sitä voi heilauttaa vasemmalle tai oikealle. Peli tukee useita vanhoja ja nykyaikaisia äänikortteja, sekä kolmiulotteista ääntä. Spritejä käsittelevä tiedosto on keskikoista isompi, kuten myös aseita käsittelevä. Pelissä on erilaisia avaimia, kuten punainen, sininen, vihreä, keltainen, kultainen, hopeinen ja pronssinen. Pelissä on myös hyppyominaisuus paikasta toiseen. Pelissä on myös extras kansio, jossa on lisää koodia. (RGB Classic Games)

The Catacomb Abyss peli on 3D Shooter eli kolmiulotteinen ammunta. Se on Wolfenstein 3D pelin näköinen. Tosin en saanut Wolfenstein 3D pelin koodia näkymään, joten en voi kertoa sen koodista tässä opinnäytetyössä. The Catacomb Abyss pelissä pelataan velhona, joka heittelee tulipalloja. Siinä on peikkoja, zombie:ta, haamuja, luurankoja, örkkejä, demoneja, velhoja ja lepakoita. Koodissa on funktioita muun muassa tekstin- ja tutkantulostukseen, sekä oven aukaisuun. (RGB Classic Games)

Voidaan laittaa pii ajattelemaan tekoälyllä. Voidaan myös leikkiä jumalaa fysiikan mallinnuksen perusteissa. Käytetään muun muassa massaa(m), aika(t), paikkaa(s), nopeutta(v), kiihtyvyyttä(a), voima(F), liikemäärää(p), gravitaatio(G), kitkakerroin(μ). Kimpoamiset ovat tavallaan helppoja Inside Peliohjelman kirjassa, koska siinä käsitellään vain monikulmioita. Kimpoamiset löytyvät kirjan fysiikka osuudesta. Todellisuudessa siihen vaaditaan silti jonkun verran matematiikkaa. Kirjassa kerrotaan myös jonkun verran hiukkasjärjestelmästä. Törmäilykin oli hyvin yksinkertaista, eikä niin kattavaa. (LaMothe, 2000)

Pelin osatekijät ovat tässä järjestyksessä alustus, pelisilmukkaan siirtyminen, pelaajan syötteen hakeminen, tekoälyn ja pelilogiikan suoritus, seuraavan kuvan muodostaminen, näytön tahdistus, silmukka ja sulkeminen. Inside Peliohjelmointi kirjassa käytiin melko laajasti läpi myös Windows ohjelmointia. Kirja on tosin melko vanha. Se on vuodelta 2000. Hyvä puoli siinä on se, että se on suomen kielinen. Siinä

on kuitenkin DirectX, joka perustuu COMiin eli Component Object Model:iin ja siitä on apua esimerkiksi kuvaan, ääneen, näppäimistöön ja hiireen. Kirjassa on myös bittikarttagrafiikkaa. Osassa vektorirasterointia ja 2d-muunnoksia käsitellään muun muassa viivoja, monikulmioita ja matriiseja. Erään luvun nimi on algoritmit, tietorakenteet, muistinhallinta ja monisäikeisyys. Kirjan mukana tulee muun muassa kääntäjä, lähdekoodi kaikista kirjan ohjelmista, pelimoottoreita, sekä vapaastikäytettävää kuva ja äänimateriaalia. Kirjan pituus on 1002 sivua. (LaMothe, 2000)

Programming Role Playing Games with DirectX kirjan kirjoittajan mukaan roolipelit ovat parhaita pelejä pelata, mutta toisaalta vaikeimpia luoda. Kirja on, sekä aloittelija ohjelmoijille, että keksitason ohjelmoijille. Kirjan voi lukea kokonaan läpi tai käyttää osia siitä apuna. Kirjassa muun muassa käsitellään pelin tarinaa ja grafiikkaohjelmointia DirectXillä. Roolipelejä pelataan myös ilman tietokoneita esimerkiksi lautapeleinä. Voisi käyttää kahta noppaa luovalla tavalla esimerkiksi ensimmäisen nopan silmä luku kertaa toisen. Toisaalta voi käyttää myös yhteenlaskua, vähennyslaskua ja jakolaskua. Tai joku mahtava hahmo voisi vaikka laittaa voimaksi ensimmäisen nopan silmä luku potenssiin toisen nopan silmä luku. Tosin tässä tarvitaan jo laskukonetta tai tietokonetta. Tietokone onkin oiva apu, koska se voi käsitellä pelaajan tai pelaajien vihollisten siirrot. Tietokone myös tallentaa muistiin pelihistorian. Kirjassa mainittiin, että erästä roolipeliä päivitetään koko ajan niin, että vaatii eliniän, että sen pääsee läpi. Tarinoiden, joita roolipeleissäkin on, kertominen on myös taidetta. Pelihahmoja voisi olla roolipeleissä, kuten todellisuudessaakin, fyysikko, matemaatikko, kemisti ynnä muu sellainen, joita roolipeleissä jo enemmän tai vähemmän onkin. Hahmo voikin olla fyysinen, sosiaalinen ja psykologinen. Hahmon luominen pelin alussa on melko tärkeää, jos ominaisuuksia ei voi muuttaa pelin aikana. Tosin pelin aikana kehitystä voi ohjata. Myös peliä ohjelmoitaessa alku on tärkeä ja edelleen ohjelmaa voi kehittää oikeaan suuntaan. Pelin keskusteluissa on hyvä käyttää selkeää kieltä, eikä esimerkiksi slangia. Samaa pätee siinä, että on hyvä tehdä selkeää ohjelmakoodia. Näin pelaaja tai ohjelmakoodin lukea ymmärtää asian. Peli voi olla minä muodossa tai hän muodossa, mutta sitä ei saa muuttaa pelin aikana. Tällä vältetään sekaannuksia. Tosin kirjassa sanotaan, että tarina täytyy kuitenkin aina muuttaa minä muotoon,

koska pelaajan täytyy olla tarinan keskipiste. Alussa, kun valmistaa tarinaa, kannattaa olla vapaan luova ja karsia ylimääräiset osat vasta lopussa. Oli asiat pieniä tai isoja, niin mitään ei kuitenkaan kannata koskaan heittää hukkaan ja kannattaa kirjoittaa muistiin. Tarinaa voi aina muokata täydellisemmäksi. Pelin tekijän pitää tykätä työstään, jotta lopputulos olisi sellainen, että pelaajatkin pitävät pelistä. Tarinan voi luettaa muilla ihmisillä ja kysyä mitä mieltä ne ovat, mitä voisi muuttaa, mikä on sekavaa, mitä puuttuu ja mikä on tarpeetonta. Kirjassa mainitaa, että tarina voi olla vähintään kolme luonnosta. Ne ovat alustava, uudistava ja täydellistävä. Lopuksi kaikki muistiinpanot ja palaset laitetaan yhteen. Pelin tavaroilla esimerkiksi aseilla, voi olla taustatarinoita. Tarinoissa voi olla väli tarinoita. Esimerkiksi päähenkilö muistelee menneisyyttä. Hahmoilla voi olla tunteita, kuten viha, suru, onnellisuus, pelko, jännitys, nöyryytys ja masennus. Tarinaa ei tarvitse vain lukea, vaan sen voi myös kokea. Tarinoita on suoraviivaisia ja ei suoraviivaisia ja ne voivat haarautua. (Adams, J. 2002)

Beginning Direct3D Game Programming kirjassa kerrotaan, että Windowsin ilmestymisaikoina ohjelmoitiin mieluummin DOSissa, koska se oli tehokkaampi. Koska PC laitteita oli erilaisia, ohjelmoijat joutuivat ohjelmoimaan monimutkaista koodia. Sitten tuli DirectX 2.0, joka mahdollisti tehokkaan ohjelmoinnin Windowsissa ja lisäksi valmiin tuen kaikille erilaisille PC tietokoneille. Direct3D tukee erilaisia rautapuolen 3D grafiikka kiihdyttämiä. DirectX 6 ja 7 tuki lisä ominaisuuksia, kuten animaatiota ja kuva hierarkiaa. Lisäksi niissä oli tärkeämpiä ominaisuuksia, kuten rautapuolen muunnos ja salamointi. Lisäksi valo, materia ja ikkuna olioita parannettiin. DirectX 8 versiossa alustus, muistinvaraus ja datan hallinta yksinkertaistettiin yhdistämällä DirectDraw ja Direct3D yhteen käyttäjäliitymään, jota kutsutaan DirectX Graphics, joka taas johti pienempään muistijalanjälkeen ja yksinkertaisempaan ohjelmointimalliin. Uusi ominaisuus oli myös rautapuolen spritejen käyttö hiukkan järjestelmänä, joka taas mahdollisti kipinät, räjähdykset, sateen, lumen ja niin edelleen. 3D tekstuureilla saatiin taas tarkat pikselikohtaiset salama-, valokeila- ja ilmakehäefektit. Direct3Dx Utility Library tuki luetteloinnisen laite asetuksille. Se tuki myös koko ruudun ja ikkunoidun ruudun tilan. Lisäksi siinä on vektori- ja matriisilaskenta tuki. Siinä on myös yksinkertaisempi kuvatiedoston luku ja tekstuurin luonti, sekä yksinkertaisten muotojen, spritejen ja kuutio karttojen tuki.

Siinä myös on pinnoitetut verkot ja tuki muun muassa PNG ja JPG kuvaformaateille. Siinä on myös apukeinoja OpenGL ohjelmien muuttamiseksi DirectX Graphics ohjelmiksi. Siinä on myös vertexejä, jotka ovat suomeksi huippuja, kärkiä tai keskipisteitä. Lisäksi siinä on pikseli varjostus. DirectX 9 versiossa varjostus on muutettu Assembler tyylisestä C-kielen tyyliksi, joka tekee siitä nopeamman. Siinä on myös tunnistus onko piste suorakulman ulkopuolella ja linjan piirron parannus. Siinä on 24-bitin väritarkkuus ja gamma tuki. Siinä on myös parannus renderöintiin. DirectX Graphics soveltuu niin aloittelijalle kuin edistyneelle ja ammattilainen voi kirjoittaa oman grafiikka koodin, joka paremmin sopii heidän tarpeisiinsa. (Engel, W. 2003)

Kirjassa Vintage Games tekijät esittelevät muun muassa pelejä, joista he itse pitävät. Kirjassa on niin paljon tietoa, että kaikki ei sovi tähän opinnäytetyöhön. Siinä on pelejä väliltä vanhasta uuteen. 1992 julkaistu PC peli Alone in the Dark käyttää 3D ja 2D grafiikan yhdistelmiä. Pelin ilmestyessä ne olivat vielä alkutekijöissään. Ohjelmistope-
rusteisia 3D polygoneja olivat hahmot ja esineet, kun taas taustakuvat olivat esihah-
motettuja 2D kuvia. Kirja tosin paljastaa miten pelin alussa pääsee eteenpäin. Pelissä on kauhu teema ja sitä on käytetty ennenkin esimerkiksi 1981 Haunted House pe-
lissä. Vuodelta 1984 Maxwell Manor pelissä kerrotaan sen vaikeustaso, joka on 6 as-
teikolla 1-10. Alone in the Dark on monimutkainen yhdistelmä teknologiaa, pelatta-
vuutta ja tarinaa. (Loguidice, 2009)

Pelissä Castle Wolfenstein vuodelta 1981 melko uutta oli hiiviskelytekniikka, jossa vihollisia vältettiin esimerkiksi älyllä sen sijaan, että ne esimerkiksi tapettiin. Se oli ylhäältäpäin kuvattu ja ohjaus oli sille ajalle kehittynyt ja siinä pystyi käyttämään kahta joystickiä yhtä aikaa. (Loguidice, 2009)

Pelissä Dance Dance Revolution vuodelta 1998 käytetään tanssimattoa. Tämä kan-
nustaakin tietokonepelaajia liikkumaan. Siinä on laihdutustila, opetustila ja harjoitus-
tila. Nintendon Power Pad tanssimatossa on tilaa kahdelle tanssijalle. Se on tehty
Nintendo Entertainment System konsolille. Dance Factoryssä voitiin myös käyttää pe-
laajan omia musiikki CD-levyjä tanssiaskelten luontiin. Karaoke on myös suosittua. On
myös esimerkiksi Guitar Hero, jonka mukana tulee kitaraohjain, sekä Rock Band,
jonka mukana tulee kitara, rummut ja mikrofoni. Lopuksi tuli vielä Nintendon Wii Fit

game ja Wii Balance Board, sekä erilaisia liikkeentunnistimia, kuten Nintendon Wii Remote ja Wii Nunchuck. (Loguidice, 2009)

Peli Diablo vuodelta 1996 teki saman toiminta roolipeleille, minkä Doom vuodelta 1993 teki ensimmäisen persoonan ammutapeleille. Joidenkin pelien alussa täytyy luoda hahmot, jotka kannattaa rakentaa hyvin, koska se voi vaikuttaa pelin kulkuun. Yleensä hahmot kehittyvät pelin kuluessa, joko pelaajan valitsemalla tavalla tai tekemällä asioita. Jälkimmäisessä tapauksessa eräs vaihtoehto on, että esimerkiksi älyä käyttämällä äly kehittyy. Peli Rogue vuodelta 1980 on mallina pelille Hack, joka taas on mallina pelille Nethack. Rogue ja Hack pohjautuvat merkkigrafiikoille, kun taas Nethackista on tehty jo graafinen versio. Roguessa, Nethackissa ja Diablossa on satunnaiset kentät, kuten myös Dungeon Hackissa vuodelta 1993. Myös Hackissa on luultavasti satunnaiset kentät. (Loguidice, 2009)

Kirjassa Vintage Games on myös aikaisemmin tässä opinnäytetyössä mainittu peli Doom vuodelta 1993. Kirjan mukaan se saattaa olla maailman onnistunein ja vaikuttavin peli. Pelissä pystyy tekemään itse kenttiä ja levittämään niitä, mutta niistä ei saa pyytää rahaa. Siinä käytetään näppäimistöä ja hiirtä liikkumiseen ja ampumiseen. Siinä on myös kartta. Peli on kolmiulotteinen ja siinä on myös ylös ja alas suunta. Jatko-osat ja Doom 2 tuottivat pelin tekijöille paljon rahaa. (Loguidice, 2009)

Dune 2 vuodelta 1992 on RTS eli, real-time strategy, eli todellisen ajan strategiapeli. Civilization vuodelta 1991 taas on TBS, eli turn-based strategy, eli vuoropohjainen strategiapeli. Peleissä on myös tärkeitä monimutkainen strategia, tilastot ja historiallinen tarkkuus. RTS peleissä tietokone hyvin hoitaa esimerkiksi sen, että yksikön täytyy, vaikka odottaa puoli minuuttia, että pääsee taas liikkumaan. Kaksinpelissä tai monin pelissä RTS peli vaatii yleensä kaksi tai enemmän tietokoneita verkossa, kun taas TBS pelissä pelaajat voivat vuorotella yhdellä tietokoneella. Dune 2 ensimmäisenä modernina RTSsänä toi hiiren ja näppäimistön yhdistelmän. Lisäksi korkean resoluution grafiikat mahdollistivat suuremman kartan. Grafiikat olivat hyvät, esimerkiksi kolmipyörä näytti kolmipyörältä ja ajoneuvoista jäi renkaanjäljet. Siinä oli kuvan vieritys ja yksiköiden valinta hiirellä. Kirjassa sanotaan myös, että peli on hauska ja siinä on hyvä pelattavuus. RTS peleissä yhdistyy rakennusten rakentaminen, sotayksiköiden rakentaminen, rakennusaineiden keruu ja strateginen taistelu. (Loguidice, 2009)

Final Fantasy VII vuodelta 1997 on kirjan mukaan luultavasti parhaiden koskaan valmistettujen pelien joukossa. Siinä on hiottu pelattavuus, monimutkainen juoni ja hyvin kehitetyt hahmot, jotka kaikki ovat osallisena pelin pelattavuuteen. Se on saanut myös palkintoja, kuten hienoin peli koskaan. Yksi kehittynyt ominaisuus on vapaa maailma ja siitä on hyvä esimerkki The Elder Scrolls IV: Oblivion vuodelta 2007. Tähän ominaisuuteen kuulu tutkimus retkien teko ja vuorovaikutus. Tyypillisesti on länsimaisia ja itämaisia roolipelejä. Länsimaiset pelit ovat esimerkiksi grafiikoiltaan realistisia ja itämaiset sarjakuvamaisia. Japaninkieliset pelit täytyy myös kääntää englanniksi ja päinvastoin. ATB, eli Active Time Battle tarkoittaa, että peli on vuoropohjainen, mutta siinä on aikaraja, missä yksiköt pitää siirtää. Aluksi CD asemat olivat hitaita, mutta oikeilla ohjelmointitavoilla ne toimivat nopeasti. Niiden iso tila mahdollisti elokuvamaiset grafiikat. Final Fantasy VI pelissä vuodelta 1994 on ominaisuus, että jos pelaajan terveys on vähillä, pelaaja voi käyttää tehokasta erikoiskykyä. World of Warcraft vuodelta 2004 voitti suosiossa pelin Final Fantasy XI. Pelit ovat MMO pelejä eli Massive Multiplayer Online pelejä, eli massiivisia monin pelaajan nettipelejä. Final Fantasy XI sai osuuden 3,1 % ja World of Warcraft osuuden 62,2 %. (Loguidice, 2009)

Lento simulaattoreita on realistisia ja yksinkertaistettuja. Kaikkien yksityiskohtien, kuten lentokoneen ohjaamon ja tuulen vaikutuksen teko voi olla vaikeaa. Lisäksi vaikuttaa lentokoneen tyyppi, koneen kunto ja navigointi. Simulaattoreita voi käyttää harjoittelu tarkoitukseen. Realismia voi myös usein säädellä. On myös avaruuslento simulaattoreita, kuten Microsoft Space Simulator vuodelta 1994, jossa on eri avaruusaluksia, avaruusasemia, tehtäviä ja galaksienvälinen matkustus. Lisäksi on muun muassa UFO-, auto-, rullalautailu-, hiihto-, moottoripyörä- ja junasimulaattoreita. Jo ensimmäisellä saatavilla olevan mikrotietokoneen prosessorilla nimeltään 6800 oli mahdollista toteuttaa lentosimulaattori, joka kykeni suorittamaan aritmetiikan ja graafisen näytön, joka vaadittiin reaaliajan simulaattorille. Vuonna 2000 peli nimeltä Microsoft Flight Simulator pääsi Guinnessin ennätysten kirjaan myytyään 21 miljoonaa kappaletta. Tosin simulaattori on kehittynyt aina vaan hienommaksi uusien tietokoneiden myötä. Ensimmäinen versio yhtiön subLOGIC pelistä Flight Simulator ilmestyi kasetille 16K (RAM) Apple 2 vuonna 1980. Ruudunpäivitys pelissä oli hidasta ja se oli renderöity vain neljälle värille. Siinä lennetään hitaalla, mutta liikutettavalla Sopwith

Camelilla. Kuvakulma on lentokoneen ohjaamosta mittareineen. Lisäksi siinä on pieni ilmataisteluosuus. Myöhemmässä TRS-80 tietokoneen versiossa ruudun päivitys parannettiin 3 kertaa sekunnissa 6 kertaa sekuntiin. Lisäksi tuli tutkakulma lisäys. Ääniä ei ollut ja peli oli mustavalkoinen. Resoluutio oli 128 x 48. Kuitenkin tuo ajan mittapuun mukaan peli oli mullistava. Se oli muita sen tietokoneen pelejä parempi. Ensimmäinen Microsoft Flight Simulator julkistettiin IBM PC:lle 1982 ja siinä lennetään Cessna 182 lentokoneella. Siinä oli myös enemmän mittareita ja lentokenttiä ja sää, sekä paremmat grafiikat. Yhtiön subLOGIC Flight Simulator 2 taas paransi vielä Microsoft Flight Simulator peliä, joka toimi esimerkiksi Commodore 64 tietokoneella. (Loguidice, 2009)

Jo 2-ulotteisessa Grand Theft Auto pelin ensimmäisessä versiossa voi kuunnella erilaisia musiikkiradiokanavia varastetuissa autoissa. Grand Theft Auto III vuodelta 2001 on avoimen lopun eli avoimen maailman peli, mutta ei kuitenkaan ensimmäinen. 3D grafiikka ominaisuudella, todellisentapaisella kaupungilla kaupunkilaisineen ja sillä, että joka teko vaikutti tulevaisuuteen, pelaajat tykkäsivät tutkia pelimaailmaa. Peli oli tosin väkivaltainen ja siinä oli rikollisuutta, joiden takia sitä moitittiin. Peli oli kaupallinen menestys ja se sai paljon palkintoja. Pelin kehittäjä Will Wright sanoo muun muassa pelin olevan kuin iso leikkikenttä. Peliä voikin pelata suoraviivaisesti tai ei suoraviivaisesti ja siinä on sivutehtäviä. Siinä on myös tilasto, joka kerää tietoa muun muassa siitä, kuinka pitkällä pelissä on ja kuinka pitkän matkan pelaaja on kävellyt tai ajanut autoa. Pelin autolla ajo osuus on vaativampi kuin kävelyosuus. Grand Theft Auto: Vice City pelissä vuodelta 2002 ollaan 1980-luvulla ja siinä on enemmän kulkuveuvoja ja aseita. Se saavutti 15 miljoonan myynnin vuonna 2008 ja oli iso menestys. Grand Theft Auto: San Andreas pelissä vuodelta 2004 oli parempi tekoäly, sekä rooli- ja hahmonluontiominaisuuksia. Peli on tarkoitettu vain aikuisille. Sitä oli myyty 20 miljoonaa kappaletta vuonna 2008. Grand Theft Auto IV pelissä vuodelta 2008 oli online moninpeli ja 15 erilaisella pelityypillä ja PC-versiolla voi jopa muuttaa peliä. Se sai positiivisia arvosteluja ja myi viikossa julkaisusta 6 miljoonaa kappaletta. (Loguidice, 2009)

Ensimmäisiä baseball-pelejä oli Tornado Baseball vuodelta 1976. Pelikenttä on kuvattu ylhäältä päin. Se vaati kaksi pelaajaa. Siinä oli pelaajia kentällä ja maila kuvassa lyöjää ja mailalla lyötiin. Erilaisia kuvakulmia on sitten tullut lisää. Nykyajan

baseball peleissä kuvakulmia on lukemattomia määriä 3D moottoreilla, mutta tietyt kuvakulmat ovat parhaimpia. Yksi ensimmäisistä koripallopeleistä oli Atarin pallohiirellä ohjattava Atari Basketball vuodelta 1979. Se oli yhden- tai kahdenpelaajan peli, jota näytettiin kulmallisesta sivusuunnasta. Julius Erving and Larry Bird Go One-on-One koripallopelissä vuodelta 1983 Apple II tietokoneelle (myöhemmin monille muille alustoille) on kulmallinen huippu alas kuvakulma pelikentästä. Peli toimi hyvin ja siinä oli rikkoutuva taustalevy, jonka särkeminen sai vihaisen talonmiehen siivoamaan pirstaleet. Kuitenkin eräs hieno asia oli, että se oli yksi ensimmäisistä urheilupeleistä, jossa oli oikeita urheilutähtiä, ottaen huomioon heidän vahvuutensa ja heikkoutensa. Electronic Arts yhtiön etuoikeuspeli NBA Live tarjoaa joukkueet, pelaajat ja heidän liikkeensä. 2009 vuoden versiossa, siinä on päivittäiset pelaaja päivitykset, jotka vaikuttavat heidän suuntauksiin, pelaajaluetteloihin, sekä kylmiin ja kuumiin tilanteisiin. Nämä perustuvat todellisiin pelaajiin. (Loguidice, 2009)

Nyrkkeily pelit, kuten ylhäältäpäin kuvattu Activisionin Boxing vuodelta 1980 ja sivustakuvattu Mattelin Boxing, eivät ole pärjänneet suosiossa niiden läheisille serkuilleen taistelupeleille, kuten "Street Fighter II: Would You Like the Combo?" vuodelta 1991. 4-D Sport Boxing vuodelta 1991 sisältää vaikuttavan 3D taistelumoottorin. Golf pelit ovat melko vaikeita ohjelmoitavia, koska on erilaisia mailoja ja etäisyyksiä. Golfin vuodelta 1978, jälkeen ilmestynyt PGA Golf vuodelta 1979 tarjoaa jo tähtäyksen, swingin ja pallon lentoradan. Siinä on myös hiekkaesteitä, karheikkoja ja puita. Leader Board Golf vuodelta 1986 ensin Commodore 64 tietokoneelle julkistettu golfpeli tarjoaa kolmannen persoonan eli pelaajan takana kuvakulman ja golfkentän uudelleenpiirron aina, kun pallo on lyöty uuteen paikkaan. Golden Tee pelissä vuodelta 1989 siirryttiin 3D golffiin. Siinä oli myös intuitiivinen eli "vaistonvarainen" pallohiiri ohjaus. Atari Soccer jalkapallopelejä vuodelta 1979 hyödynsi myös hyvin pallohiirtä realistisena ohjauksena. Siinä oli 1-4 pelaajaa. Siinä oli mustavalko grafiikat ja se oli ylhäältäpäin kuvattu. Hienoa oli, että iso osa kenttää näkyi kerralla ja lisäksi oli vielä kuvatuudun vieritys. Värikäs International Soccer vuodelta 1983 käytti samantapaista vieritys tekniikkaa, mutta se oli kuvattu kulmallisesta sivu perspektiivistä, joka salli pallon liikkua realistisemmän näköisesti ja saatiin enemmän pelaajia kentälle. Suositettu Sensible Soccer sarja aluksi vuodelta 1992 oli suunnattu Amiga ja Atari ST tyyliin

alustoille ja siinä oli pehmeä animaatio, loistavat äänet ja loistavat grafiikat, jonka takia sitä pelasivat myös ne, jotka eivät muuten välittäneet urheilusta. FIFA sarja aluksi vuodelta 1993 taas oli isometrisestä kuvakulmasta. Ehkä suosituin jalkapallopeli nykyään on Pro Evolution Soccer, joka tunnetaan myös nimellä Winning Eleven. Siinä oli tyrmistyttävä määrä ominaisuuksia ja sille on kunnianosoituksia. Siinä on vaistomaiset ohjaukset ja pelaaja tuntee melkein olevansa osa joukkuetta. Ensimmäinen tärkeä realistinen jääkiekkopeli oli kuvallisesti rikas Mattelsin NHL Hockey. Se oli kahden pelaajan peli kulmallisesta sivusuunnasta, jossa kummallakin pelaajalla oli 3 pelaajaa ja lisäksi maalivahti. On paljon muitakin jääkiekkopelejä ja NHL 2K sarja aluksi vuodelta 2000 perustuu 3D moottoriin. Tennispelit ovat usein kuvattu ylhäältäpäin, mutta yleisempi on ylhäältä ja takaa olevan välimuoto, kuten Activisionin Tennis vuodelta 1981 yhdelle tai kahdelle pelaajalle. Vaikka siinä ei ole yli rajojen lyöntejä ja jokainen pelaaja automaattisesti osuu palloon, niin kulmaa voidaan säätää muuttamalla pelaajan sijaintia. Kun taas Mattelin Tennis vuodelta 1980 tarjoaa sivusta kuvattun kulmatun kuvan ja on kaksinpeli. Lisäksi siinä voi ohjata pelihahmoja täysin ja lisäksi pallon nopeutta ja paikkaa. Ensimmäinen amerikkalaisen jalkapallon peli oli Atari Football vuodelta 1979 tukien kahta tai neljää pelaajaa ja se oli mustavalkoinen. Siinä oli nopeaa toimintaa ja pelivalintoja. Se oli yläpuolelta kuvattu ja siinä oli vasemmalle ja oikealle vieritys. NFL Football oli kahden pelaajan peli vuodelta 1980 samalla lailla ylhäältä kuvattu ja vieritetty kuin Atari Football, mutta värikkäillä animoiduilla pelaajilla. Siinä oli myös paljon kisoja. Myös peli Tecmo Bowl vuodelta 1989 toimi muuten samalla lailla, mutta siinä oli läheisempi kamera ja paljon paremmat grafiikat ja äänet. Siinä oli myös nopeatahtinen pelityyli ja siinä oli mahdollista karistaa mahdolliset taklaajat. John Madden Football pelissä aikaisemmalta vuodelta oli tekniikaltaan hyvä saavutus, koska siinä oli yhdentoista pelaajan jalkapallotiimejä 8 bittisellä teknologialla. John Madden Football '92 vuodelta 1991 sisälsi nauhoituksen, sääilmiöt, kahden pelaaja yhdessä tietokonetta vastaan, loukkaantumiset ja ylimääräisiä pelitiloja. Siinä ei ollut vielä NFL tai NFL Player Association lisenssiä, jonka takia siinä oli esimerkiksi varomaton ambulanssi, joka haki loukkaantuneet pelaajat. Lisenssipeleissä tällaiset humoristiset vapaudet eivät käyneet päinsä. (Loguidice, 2009)

King's Quest: Quest for the Crown vuodelta 1984 sisälsi jo monia ominaisuuksia, mitä on moderneissa seikkailupeleissä. Siinä oli alkeelliset ja eivät täydelliset 3D grafiikat. Siinä oli outo epäkunnioittava huumori. Peli oli tosin vaikea ja siinä kannatti tallentaa usein. Toisaalta peli saattoi jumittua johonkin tilaan, vaikka pelaaja ei kuollutkaan ja silloin vanhemmat tallennukset olivat tarpeen. Läpipeluuohjeet ja kaverien apu olivat jo silloin tarpeen. Vihjekirjoja jopa myytiin. Pelin tekijän, Roberta Williamsin mukaan, hänen ei ollut tarkoitus tehdä peleistä vaikeita vaan keskittyä persoonallisuuksiin ja tarinoihin. Tämä peli ei ollut hänen ensimmäinen. Hänen Mystery House vuodelta 1980 oli ensimmäinen graafinen seikkailupeli. King's Quest V: Absence Makes the Heart Go Yonder vuodelta 1990 tarjosi täyden hiiri tuen, joka lopetti vanhan teksti käyttöliittymän käytön ja siinä oli 256 värin VGA. King's Quest VI: Heir Today, Gone tomorrow pelissä vuodelta 1992 Roberta Williams tekee yhteistyötä toisen Sierran ylistetyn suunnittelijan Jane Jensenin kanssa ja lopultakin pelisarjaan tulee helpompi peli. King's Quest VII: The Princeless Bride vuodelta 1994 on vielä sitäkin helpompi. Toisaalta vaikeista peleistä tykkäävät pelaajat taas eivät pidä helpoudesta. Pelissä on SVGA grafiikat. Sierran Space Quest sarja alkaen vuodelta 1986 tarjoaa tieteiskomediaa. Sierran Leisure Suit Larry sarja alkaen vuodelta 1987 on aikuisille tarkoitettu vielä nykyäänkin tuotannossa oleva seikkailupeli sarja. Sierran Police Quest sarjan alkaen vuodelta 1987 on suunnitellut oikea poliisi. LucasArts taas tarjoaa pelejä, kuten Maniac Mansion vuodelta 1987 ja The Secret of Monkey Island vuodelta 1990, jotka kiistatta kuuluvat loistavimpiin seikkailupeleihin kautta aikojen. LucasArtsin pelit ovat myös paljon helpompia kuin Sierran. Ne ovat paljon anteeksi-antavimpia ja peli ei voinut jäädä jumiin. The Secret of Monkey Island pelissä pystyi ainoastaan yhdessä kohdassa kuolemaan. Pelit, joissa ei voi kuolla, eikä niissä elävänäkään voi jäädä jumiin, ovat paljon mukavampia, niissä on helpompi löytö retkeillä, kokeilla kaikkea, nautiskella tarinasta ja nokkelasta vuoropuhelusta. Vaikka joskus sanotaankin, että seikkailupelit ovat kuolleet, niin pelaajat tulevat aina löytämään aikaa hyvin kirjoitetuille tarinoille, mielenkiintoisille hahmoille ja älykkäille pulmapeleille. Esimerkiksi vuonna 2008 on valmistettu peli nimeltä Penny Arcade Adventures: On the Rain-Slick Precipice of Darkness. (Loguidice, 2009)

Myst seikkailupeli vuodelta 1993 poikkesi muista seikkailupeleistä niin, että siinä oli keskitetty tunnelmaan, löytöretkeilyyn ja monimutkaiseen loogisiin pulmapeleihin. Se

on myös ajaton ja surrealistinen eli epätodellinen. Toiset eivät pidä siitä ja toiset tykkäävät siitä tai jotain siltä väliltä. Siinä on rohkeita uudistuksia grafiikoissa, mutta pelimoottori on pitkästyttävä ja jopa alkukantainen ja sitä on pidetty usein interaktiivisena eli vuorovaikutteisena kuvasarjana. Peli oli lisäksi vaikea. Kuitenkin kirjassa nostetaan Myst loistavimpien ja vaikuttavampien pelien joukkoon. Siinä on mahdollista luoda sanoja pelkästään kirjoittamalla jotain niistä. Siinä on monimutkainen suhde kirjoittamisen, kuvan ja pelaamisen välillä. Se heijastaa suhdetta kirjojen ja pelien välillä, tarjoten itsensä, ehkäpä tarinankerronnan tulevaisuudeksi. Pelin sankarit ovat juuttuneet kirjaan, jonka maailman ovat luoneet voimakkaat taika olennot. Pelaajan pitää löytää puuttuvat sivut vapauttaakseen sankarit. Peli on hahmon kuvakulmasta kuvattu, mutta ei vapaasti liikuttava, 3D peli. Pelin idea on, että aluksi pelissä pelaaja ei edes tiedä, mitä pitää tehdä. Itseasiassa juoni ja hahmot paljastuvat vasta tuntien huolellisen tutkimuksen ja kokeilemisen jälkeen. Tyypillistä Myst sarjalle on, että siinä ei juurikaan käytetä tavaraluetteloa. Ainut, mitä Mystissä voi kerätä ovat kadonneet kirjan sivut. Pelissä kokee ”aha!” elämyksen, kun alkaa ymmärtämään, miten laitteet toimivat kokeile ja onnistu tai epäonnistu taktiikalla. Herkimmät pelaajat nauttivat runsaasta ympäristöstä ja rentouttavasta ilmapiiristä, joka on luotu näkymillä ja loistavasta äänipuolesta. Sen uuden ajan elektroninen musiikki on välillä tummaa ja pahaenteistä. Robyn Millerin tekemä suunnilleen 40 minuutin musiikki sopii peliin hyvin ja siitä on myös erikseen myytävä versio. Myst oli ilmiömäinen menestys vedoten, sekä miehiin, että naisiin. Itseasiassa se oli parhaiten myyty tietokonepeli kautta aikojen, kunnes The Sims vuodelta 2000 saavutti sen vuonna 2002. Mystiä on kuvailtu seikkailupelien toiseksi tulemiseksi. Koska se oli CD-ROM peli, siinä pystyi olemaan videokuvaa, joka taas työllisti halpoja, ei tunnettuja näyttelijöitä. Versiossa Myst: Masterpiece Edition vuodelta 1999 on paremmat grafiikat ja kätevä pelin sisällä oleva vihjeopas. Peli realMyst vuodelta 2000 on täysi 3D peli, joka sallii pelaajan vaellella vapaasti maailmassa. Siinä on kuitenkin samat pulmapelit kuin alkuperäisessä Myst pelissä. Riven pelissä vuodelta 1997 olivat hyvät äänet ja kuvat. Se myi hyvin. Myst III: Exile pelissä vuodelta 2001 oli hyvin suunnitellut pulmapelit ja kunnan näyttelijät. Myös se myi hyvin. Kun taas Uru: Ages Beyond Myst vuodelta 2003 oli pettymys. Siinä oli tarkoitus yhdistää seikkailupeli ja massiivinen monin pelaajan internetpeli. Pelaajat saavat siinä rakentaa omia pulmapelejä. Kuitenkin ohjelmistokehittäjiltä loppui aika ja raha. Pelissä oli kömpelö ohjaus, rajoitettu tallennus ja monta

ikävää pulmapeliä. Toimiluvan takia se onneksi myi hyvin. Peli yritettiin pelastaa, mutta siinä ei onnistuttu. Myst IV: Revelation vuodelta 2004 oli taas menestys. Siinä oli hyvät äänet ja grafiikat, sekä parhaat koskaan nähdyt pulmapelit. Siinä oli myös virheettömät taustakuvat ja taitava elokuvien ohjaus. Myst V: End of Wages pelissä vuodelta 2005 korvattiin vanhat esimallinnetut grafiikat todellisen ajan 3D grafiikoilla ja ne olivat yksityiskohtaiset ja ääni näyttely oli laadukasta. Peli oli hyvä lisä sarjasta pitäville. Myst sarja loi paljon myös johdannaisia. Joka tapauksessa seikkailupelit ovat todella hyvä vastapaino nykyajan toiminta- ja räiskintäpeleille. (Loguidice, 2009)

Pac-Man peli vuodelta 1980 on kuuluisa sen pelihahmosta, joka näyttää pizzalta, josta on otettu palanen. Siitä on tehty jopa sarjakuvia. Peli ei menestynyt Japanissa, mutta oli jättimenestys USAssa. Pelissä ollaan sokkelossa, jossa syödään palloja ja väistellään vihollisia. Viholliset eli haamut tai hirviöt, joita on neljää tyyppiä, on ohjelmoitu ja niillä on oma luonne. Tämä oli eräänlainen keinoäly. Tiettyjä reittejä memällä pärjäsikin paremmin ja peliin julkaistiinkin ohjeita oikeista reiteistä. Toinen täydellinen pelitapa on manipuloida viholliset tiettyihin paikkoihin. Pelaajat, jotka ottavat pelin vakavasti ovat vähemmistöä. Yleensä peliä pelataan, vaikka linja-autoa odotellessa. Eräs pelin edeltäjä oli Cat and Mouse vuodelta 1972. Pelissä K.C. Munchkin vuodelta 1981 on lisäksi pelaajan ohjelmoitavat pelikentät ja liikkuvat pisteet. Pelissä Ms. Pac-Man vuodelta 1981 on lisäksi uusia ja eri lailla käyttäytyviä haamuja. Pelissä Pac-Mania vuodelta 1987 on ruutua isommat kentät. Viimeisin tosi Pac-Man peli on Pac-Man Championship Edition vuodelta 2007. Siinä ovat uudet grafiikat ja äänet ja uusia peli tiloja, mutta se on uskollinen alkuperäiselle pelille. Pac-Manista on tehty myös elektroniikkapelejä. Make Trax pelissä vuodelta 1981 maalataan kenttiä ja Lady Bug pelissä myös vuodelta 1981 pelaaja voi sulkea portteja vihollisten esteeksi. Esteitä käytetään myös pelissä Exidy's Mouse Trap vuodelta 1981. Cosmic Cruncher pelissä vuodelta 1982 on taas paljon kenttiä. (Loguidice, 2009)

Yksi ensimmäisistä autopeleistä oli Drive Mobile vuodelta 1941. Se oli sähkömekaaninen. Siinä oli ohjauspyörä. Tien osaa hoiti pyörivä sylinteri, joka liikkui myös sivusuunnassa. Nykyaikaista näyttöä ei ollut. Auto Test pelissä vuodelta 1959 näytön korvasi filmiprojektori. Se oli tarkoitettu enemmän autokoululaisille, kuin lapsille. Ensimmäinen tosi ralli video peli oli Gran Trak 10 vuodelta 1974. Siinä on ratti, kaasua, jarru ja vaihdekeppi ja se oli ylhäältäpäin kuvattu näytöllä. Siinä ei ollut muita autoja

ja siinä ajettiin vain aikaa vastaan. Epäonneksi kirjanpito virhe sai pelin valmistajan Atarin häviämään rahaa. Gran Trak 20 pelissä samalta vuodelta oli myös kaksinpeli. Kunnianhimoinen peli Indy 800 samalta valmistajalta salli 8 samanaikaista pelaajaa. Speed Race pelin vuodelta 1974 myöhemmin nimellä Racer ominaisuuksia olivat pystysuuntainen vieritys ja hieno törmäyksen tunnistus. Pole Position peli vuodelta 1980 tarjosi sulavamman animaation, sekä monimuotoisen ja puhtaan äänen. Se tarjosi todellisuudessakin olevan the Fuji Speedway radan. Siinä ajettiin ensin aika-ajot ja sitten vasta varsinainen kisa. Pole Position II tuli seuraavana vuonna ja siinä oli kaksi uutta rataa ja parannellut grafiikat. Johdannaisista ja klooneista ei ollut pulaa pelihalli, tietokone ja konsoli markkinoilla. Eräs sellainen oli Pitstop vuodelta 1983, jonka erikoisuus oli, että pelaaja ohjasi varikkomiehiä tankatakseen autoja ja vaihtakseen niiden renkaita. Vuonna 1984 tuli jatkoa, jossa oli kaksinpeli jaetulla ruudulla. Peli Racing Destruction Set vuodelta 1985 oli hyvä siksi, että siinä voi tehdä itse ratoja ja muokata autoja ja siinä oli lisäksi kaksinpeli ja se oli suosittu. 1998 tullessa Hard Drivin' pelissä oli 3D monikulmio grafiikat. Sen tärkein ominaisuus oli kuitenkin tarkka simulaatio varsinaisesta ajosta. Kuvakulma oli siinä auton ulkoapäin kuvatun sijaan auton sisältä. Sen sanotaan olevan maailman ensimmäinen aito ajo simulaattori maailmassa. Siinä on hyvin realistinen vaihteenvaihto. Siihen sai myös tärisevän ratin. Siinä on myös hauskoja stuntteja eli temppu ratoja. Indianapolis 500: The Simulation vuodelta 1989 erottui joukosta auton säädöillä, kuten vaihde suhteet ja renkaiden paine. Siinä oli myös kelausmoodi, jolla ajon pystyi katsomaan uudestaan. Näissä kahdessa edellisessä pelissä oli ennen kaikkea hyvät fysiikat. Virtua Racing pelissä vuodelta 1992 oli renderöidyt grafiikat ja siinä pystyi vaihtamaan kuvakulmaa. Jotkut pelit taas sisälsivät ei realistisia, mutta hyviä peliominaisuuksia. Myös autopelit ovat hyvä vastapaino väkivaltaisille peleille. Oikeassa liikenteessä ei saa varomattomasti, mutta kun tietokonepelissä ajaa kolarin ei tapahdu mitään harmia. (Loguidice, 2009)

3 Työn toteutus

Koodi löytyy paikasta <https://github.com/Salonen/Kuviot> . Tässä aivan aluksi on hyvä tietää seuraava. Oletusarvona funktiot lasketaan yhteenlaskulla, vaikka välissä ei olisi erikseen lisättyä plus laskua. Kun taas Inside eli suomeksi sisäpuolella tarkoittaa tässä työssä, että ensimmäisen funktion tulokset syötetään toisen sisään. Työssä huomattiin tärkeä bugi, jossa ensimmäinen inside oli päällä. Korjauksen vuoksi

lisättiin ylimääräinen mahdollisuus käyttää insideä, jokaisessa neljässä välissä. Bugin korjaaminen teki ohjelmasta todella hyvän. Kaikki funktiot joissa on tämä bugi ovat yhä kelvollisia tuloksia. Täytyy vain olla ensimmäinen inside päällä ja kolme viimeistä pois päältä. Aluksi tässä esitellään bugisia funktioita ja lopuksi bugittomia. Lopussa mainitaan mistä bugittomat funktiot alkavat.

Työn aikana suunniteltiin ja tehtiin ohjelma, joka piirsi käyttäjän valitsemaa matemaattisten funktioiden yhdistelmiä näytölle. Se aloitettiin tekemällä yksinkertainen ohjelma, joka toimi manuaalisesti. Sitten koodiin lisättiin graafinen käyttöliitymä. Toteutus myös kohtuullisesti automatisoitui. Koodi, jossa yhdisteltäisiin vaikkapa jopa 100 funktiota 5 sijaan olisi ollut liian laaja tähän työhön. Koodia kehitettiin pikkuhiljaa työn kuluessa. Muuttujan x arvoa kasvatettiin esimerkiksi 0.1 kerralla, syötettiin se funktioon tai funktioyhdistelmään, ja tuloksena saatiin näin muuttujan y arvo. Tässä esitetyissä funktioissa ei vielä tarvitse paljoakaan laskentatehoa, eikä paljoa näytönohjaimelta, mutta kun valmiilla käyräyhdistelmillä rakennetaan maisema, saattaa se vaatia koneelta tehoa. On hyvä myös tallennella kuvioita esim. kirjoittamalla funktioiden yhdistelmä paperille, kuvaruutukaappauksena tai sitten tekemällä tallennuksen ohjelmaan. Valmiin kuvion voi sitten liittää peliin koodina tai kuvana. Ohjelmoitiin lisäksi käyrän liikuttelu x- ja y-koordinaateissa sekä 90 asteen kääntö ja vielä peilaus x- ja y-akselien suhteen. Esimerkiksi matriiseilla voisi myös kääntää käyrää. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin kaksiulotteisiin grafiikoihin, jotta siitä ei tulisi liian laaja, mutta kolmiulotteisetkin grafiikat ovat myös tärkeitä.

Tämän kappaleen laskutoimitukset ovat karkea arvio, koska kaikki ei välttämättä toimi tai toisaalta voi löytyä vielä ylimääräisiäkin funktioyhdistelmiä. Erilaisia funktioita on työssä esimerkiksi paraabeli, ympyrä, sini, kosini, tangenti, logaritmi, potenssin kantaluku ja $1/x$. Silloin niitä on noin 8. Erilaisia funktioyhdistelmiä pitäisi löytyä silloin noin $8*7*6*5*4*3*2*1$, eli 40320. Tosin tässä koodissa voi yhdistää vain noin 5 funktiota, joten yhdistelmiä on $8*7*6*5*4$, eli "vain" 6720. Olisikin mielenkiintoista laittaa tietokone ajamaan automaattisesti nuo kaikki läpi ja tallentamaan tulokset muistiin. Jos lisäksi animoidaan ja käytetään esimerkiksi kolmea ulottuvuutta saadaan vielä enemmän. Myös erilaisia matemaattisia totuusfunktioita voisi löytää. Joku matemaatikko osaisi varmaan vastata tuohon.

Ohjelmaan syötettiin työn kuluessa matemaattisia funktioita, kuten paraabeli, ympyrä, sini, kosini, tangentti, logaritmi, suora ja neliö (Seppänen, 2005). Siihen tehtiin sitten käyttöliittymä, jossa voitiin yhdistellä funktioita esimerkiksi syöttämällä ensimmäisen funktion ulostulon toisen funktion sisääntuloon. Ohjelmaan laitettiin myös yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskun sekä numeron lisäysmahdollisuus. Myös funktioiden keskiarvokäyrä voitiin laskea. Eräs tapa piirtää oli kahden funktion kuvaajan sisällä oleva käyrä, jonka jokaisen pisteen etäisyys kummankin funktion lähimmistä pisteistä oli sama.

Myöhemmin lisättiin myös useamman funktioyhdistelmän yhdistämisen mahdollisuus siirtelemällä funktioyhdistelmiä koordinaatistossa. Ohjelmaan lisättiin myös mahdollisuus esimerkiksi valita kantaluku ja se, mihin potenssiin se laitetaan, sekä suoran kulmakerroin. Lopuksi lisättiin vielä funktion negatiivinen puoli, koska aikaisemmin oltiin piirretty vain positiivisilla luvuilla 0-200. Nyt luvut ovat miinus 200 viiva plus 200.

Kokemuksen kasvaessa tai puoliksi hyvällä onnella alettiin huomaamaan, miten funktioyhdistelmät kannattaa rakentaa, ja monimutkaisuutta lisäsi se, että pitäisi myös ennakoida vaikka järven muoto, että se näyttää järveltä, koska lopullinen järvi rakennetaan piirtämällä sen reunat erilaisilla funktioyhdistelmäpalojen avulla. Olikin hyvä kirjoittaa yhdistelmiä muistiin kuvauksineen.

Trigonometrisillä funktioilla \cos , \sin , \tan voisi saada aikaan esim. sumua, pilvien täytettä tai vaikka siroteltua hiekkaa. Kuvioita ja koodia ohjelmoitaessa voi käyttää tuntumaa saadakseen hyvän lopputuloksen tai pyrkiä tekemään yksinkertaisia ja järkeviä asioita, että ymmärtäisi mitä tapahtuu. Jos kuitenkin ymmärtää hyvin koodin ja matemaattiset kuviofunktiot voi yrittää monimutkaisempaa tulosta.

Funktioyhdistelmiä voi myös kovakoodata, vaikka automatisointi kannattaa ottaa jo alussa käyttöön senkin takia, että saa toivotut tulokset muistiin.

Ympyrän, logaritmin ja paraabelin yhdistelmällä saatiin hyvin rajattuja alueita kuten järviä, ja toisella tavalla yhdisteltynä ne voivat olla vaikka vuoria. Järvestä voitiin piirtää esimerkiksi reunat ja syvyyden, kuten myös vuoresta reunat ja korkeuden. Niitä siis voidaan käyttää kaksi- tai kolmiulotteisina. Järven syvyys olisi järven pohjan

muoto ja vuoren korkeus vuoren sivukuva. Tässä yhdistellään yksi-, kaksi- ja kolmiulotteista funktiografiikkaa.

Ohjelmaan lisättiin matemaattisten funktioiden yhdistelmien piirto-ohjelmaan vielä rajaus x suunnassa ja zoomaus. Kuviot, joita ohjelmassa on 6 jäävät piirtoalueelle ja niitä voi muuttaa ja laittaa muistiin. Erilaisia funktioita, joita voi yhdistellä on tällä hetkellä 5. Piirtoalueen koko on tällä hetkellä x-suunnassa välillä -200 pikseliä ja 200 pikseliä.

Esimerkiksi ei saatu sinifunktiota ohjelmoitua kunnolla ja lopulta koodi kaatui, joten tyydyttiin helpompaan versioon sinistä tässä opinnäytetyössä. Sinikäyrän ohjelmointi oli helppoa, mutta ei onnistuttu ottamaan esimerkiksi tiettyä palaa sinijaksosta. Joskus meni hetki, että joku virhe saatiin korjattua. Koodiin varmasti jäi vielä puutteita ja vikoja. Toisaalta koodi meinasi paisua turhan laajaksi. Sinikäyrän jakso palasta voisi käyttää myös esimerkiksi järven reunan osana, mutta tässä työssä sitä käytettiin eräänlaisena täyteaineena. Sinikäyrästä saa myös esimerkiksi hyvän vuoriston, koska siinä on helppo kulkea johtuen sen loivista nousuista ja laskuista. Vuoristossa ei ole silloin mitään liian äkkinäistä muutosta (ks. Kuvio 1).

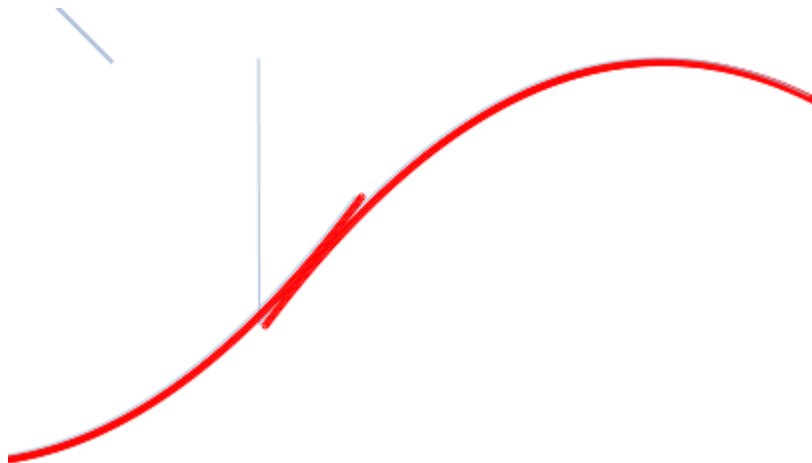


Kuvio 1. Sinikäyrä vuoristossa. Sinikäyrän muotoisessa vuoristossa on helppo kulkea, kun pitää käyrän loivana. Yhdistelmä on ympyrä, sin ja sin. Kuvan koko on kaksinkertaistettu.

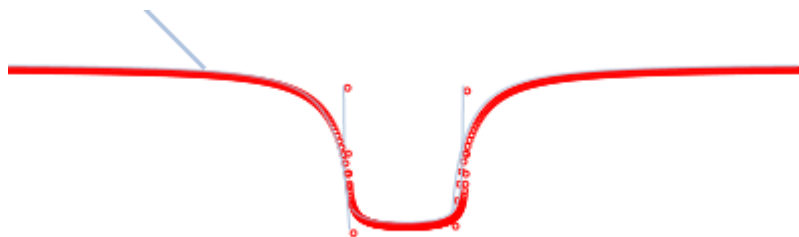
Koodi pyrittiin pitämään kohtuullisen yksinkertaisena, koska jo alkeellisilla yhdistelmillä saa hienoja kuvioita ja myös virheet on näin helppo etsiä ja korjata. Toisaalta vaikka uusia funktiopaikkoja voisi lisätä. Varmuuskopiot olivat työn aikana tärkeitä ja niitä tarvittiinkin välillä, kun koodi tai kääntäjä kaatui. Mitä enemmän funktioita yhdistelmiin tekee sitä enemmän virhemahdollisuuksia kertyy. Aina kannattaakin koittaa löytää valmista parempaa koodia tai keksiä parempaa koodia. Sitten, jos joku muu haluaa yhdistellä funktioita, kannattaakin harkita, tekeekö oman koodin vai käyttääkö valmiita koodeja. Voi myös yhdistellä omia ja valmiita koodeja. Kokeilemalla ja yhteenliittämällä saatiin erilaisia helppoja kuvioita (ks. Kuviot 2-7).

Joskus, kun ohjelmoi jonkin ominaisuuden, niin saattaa toinen ominaisuus taas kadota. Toisinaan kannattikin säilyttää tasapaino ominaisuuksien välillä ja pyrkiä ohjelmoimaan kompromissi. Esimerkiksi satiin aikaan epätarkkaa siniaaltoa, jota voi toisaalta säätää tarkemmaksi.

Ohjelmakoodia kirjoitettiin noin 1000 riviä, mutta koodi on kymmeniä kertoja koodattu uudestaan, siitä on poistettu virheitä, sitä on säädetty ja sitä on muuteltu järkevämmäksi.



Kuvio 2. Loiva vuori. Helposti nouseva ja laskeuduttava vuori. Valmistettu liittämällä kaksi paraabelia x potenssiin 2 jaettuna 300. Ensimmäinen paraabeli aukeaa ylös ja toinen alas.



Kuvio 3. Vaarallinen rotko tai joenuoma. Pelaaja voi esimerkiksi menettää terveysteitään pudotessaan alas tai sitten jyrkänne on vain esteenä tai hidasteena. Ylemmän käyrän funktiot ovat $1/x$, ympyrä ja alemman ympyrä, $1/x$. Alempi funktio on käännetty ympäri kertomalla se miinus yhdellä.

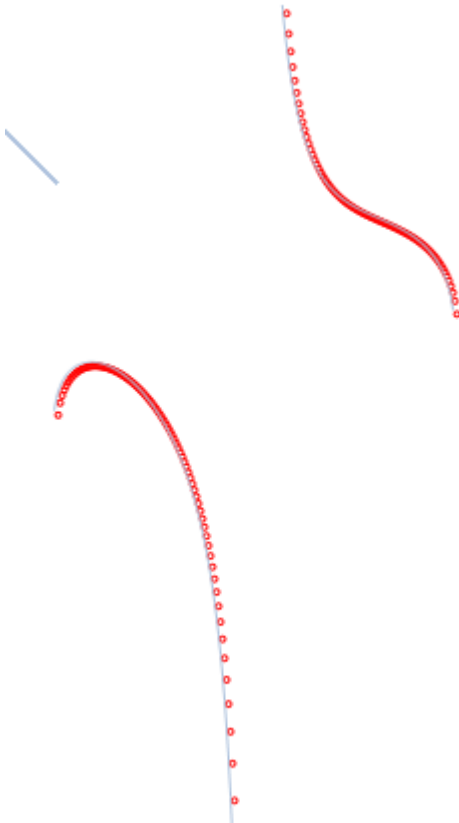


Kuvio 4. Joki. Yllä oleva kuva voisi olla, vaikka joen mutkittelua. Käytetyt funktiot ovat ympyrä, sin, log ja tan. Koodi muuttui jotenkin ja samankaltaisen kuvan saa, kun ottaa tan:gin pois.

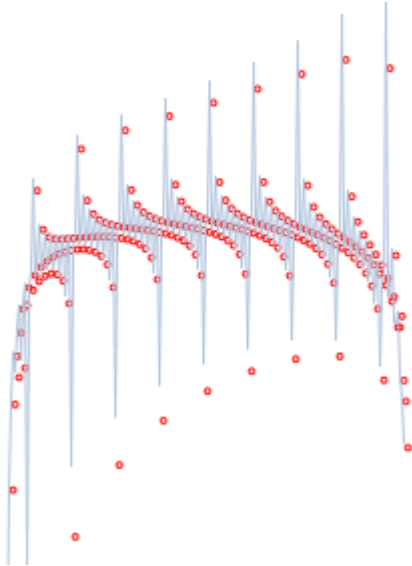
Paremmen tuloksen saaminen vaatisi funktioiden pyörittelyä esimerkiksi 360 astetta tai tarkempi. Tässä opinnäytetyössä funktioita ei kuitenkaan pyöritelty niin tarkasti, koska se vaatisi niin paljon tekemistä.



Kuvio 5. Toinen joki. Käytetyt funktiot ovat $1/x$, sin, log ja sin.



Kuvio 6. Pätkä joesta. Tässä kuvassa on vain lyhyt pätkä joesta suurennettuna. Tämän kaltaisista pätkistä voisi koota jokia. Kuvio voisi sopia myös jonnekin muualle kuin jokeen. Käytetyt funktiot ovat ympyrä, ympyrä, ympyrä sekä $1/x$.



Kuvio 7. Pilvi tai pilviä. Käyttämällä \tan funktiota saadaan usein pistejoukkoja, joita voisi käyttää esimerkiksi pilvissä, sumussa, tuulesa tai hiekassa. Käytetyt funktiot ovat ympyrä, $1/x$, \tan , \tan .

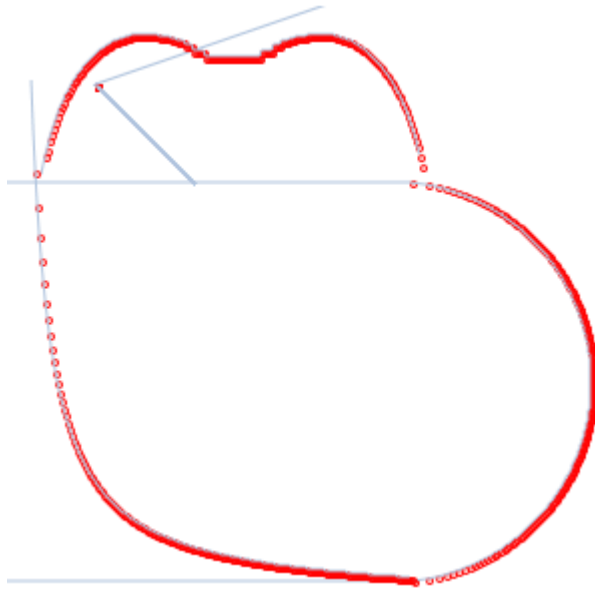
Siniset linjat kuvioissa ovat linjoja jotka yhdistävät punaisia pisteitä niiden piirtojärjestyksessä.

Ohjelmaan lisättiin pieni pallopele, jolla voi testata kenttiä. Siinä kuviot hidastavat palloa, mutta nopeutta voi lisätä ylöspäin nuolinäppäimellä ja vähentää alaspäin nuolinäppäimellä. Pallon tai tarkemmin sen ympärillä olevan neliön törmäys kuvioon muuttaa kuvion väriä. Oikealla ja vasemmalla nuolinäppäimellä muutetaan pallon suuntaa. Peliin olisi ollut hienoa lisätä myös kimpoileva pallo. Sitä yritettiin, että lähtökulma on sama kuin tulokulma, mutta ei pystytty saamaan koodia toimimaan. Inside Peliohjelmointi kirjassa, kerrotaan täydellinen ratkaisu kimpoukseen (LaMothe, 2000). Toisaalta voisi lisätä ammuksia, jotka vaihtavat kuvion väriä. Saatiin myös lisäksi toimimaan sen, että kuvioon törmäys kokonaan poistaa kuvion osan, eikä vain vaihda väriä. Todellisuudenmukaista esim. fysiikkamallinnusta (Inside Peliohjelmointi) käytetään mahdollisuuksien mukaan, mutta pääpaino on taiteellisissa matemaattisissa totuuksia hyödyntävissä funktioyhdistelmäkuvioida.

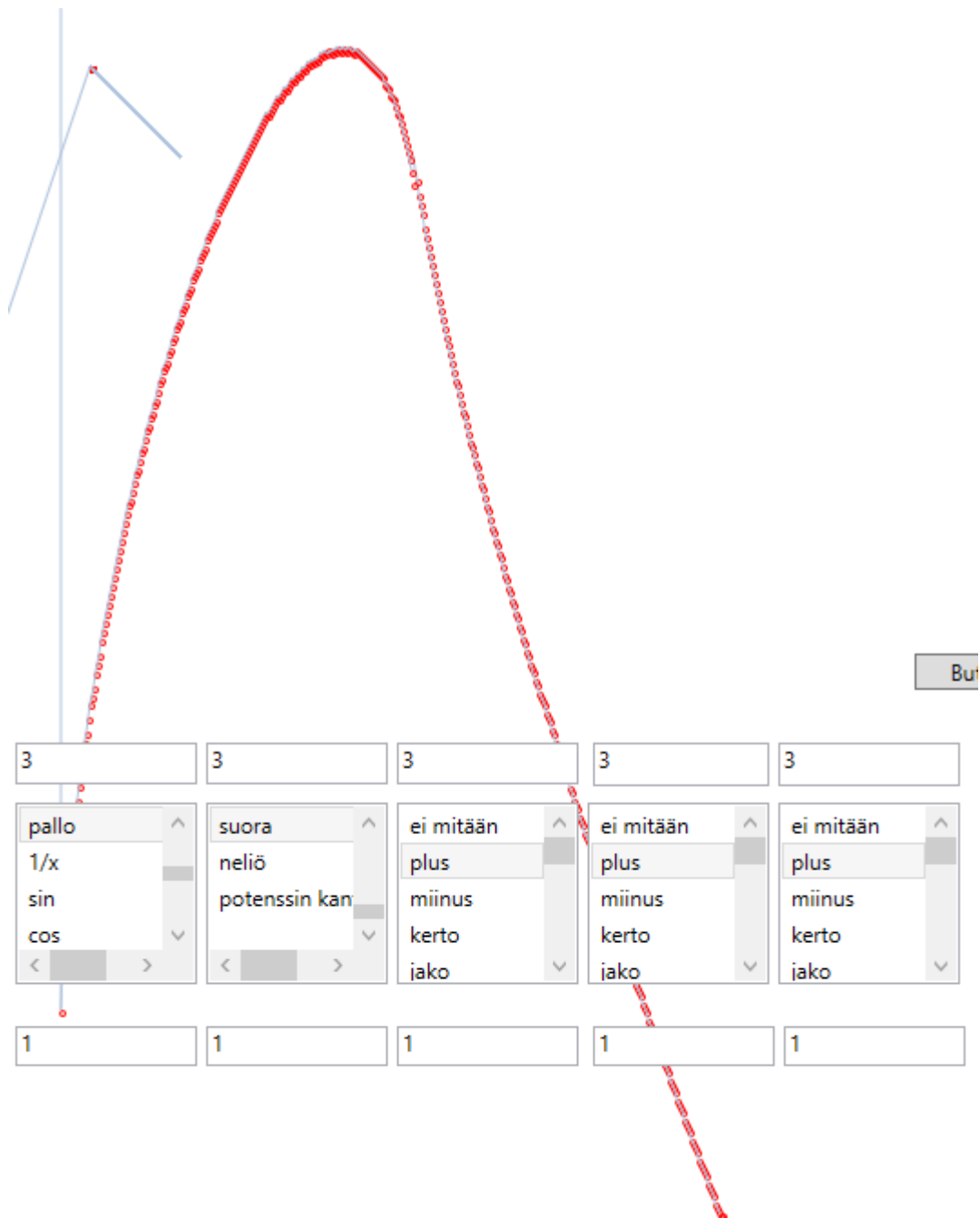
2 Tulokset

3.1 Tuloksia bugisena ja lopuksi ilman bugeja

Jos oikein pitkälle mennään, voisi käyräyhdistelmien yhdistelmiäkin yhdistää, mutta tässä opinnäytetyössä ei käsitellä aihetta niin laajasti. Toisaalta käyrästä voisi tehdä vaikka puulle oksat. Yhdessä funktioyhdistelmässä on tässä työssä yleensä vain noin 2-3 funktiota. Järvien, vuorien, pilvien, metsien ja peltojen rajat voitaisiin tehdä niin, että tehtäisiin noin 2-6 funktioyhdistelmää (ks. Kuviot 8-10) ja edelleen yhdisteltäisiin ne alueen reunoiksi. Siis yhteen esim. järveen tulisi vähintään 2×2 eli 4 funktiota tai enintään 3×6 eli 18 funktiota. Tietysti funktioita voi olla enemmänkin, aina niin paljon kuin tietokoneessa on tehoa. Tuloksena annetaan myös matemaattinen kaava.



Kuvio 8. Esimerkki järvestä, johon käytetty funktioita $1/x$ (vasen alaosa), ympyrä (oikealla) ja 4 sisäkkäistä ympyrää (ylhällä). Koodiin tuli joku muutos 4 sisäkkäisen ympyrän kohdalla. Uudella koodilla saatiin kuitenkin samankaltainen käyrä 3-4 sisäkkäisellä ympyrällä.



Kuvio 9. Esimerkki vuoresta. Ensimmäinen funktio on log ja suora. Toinen funktio on pallo ja suora. Ensimmäinen funktio muuttui koodia muutettaessa ja sen jäljitys on vaikeaa.

```
public Pallero(double xs, double ys, double xx, double yy, double nopeus)
{
    this.xspeed = xs;
    this.yspeed = ys;
    this.x = xx;
    this.y = yy;
    this.nopeus = nopeus;
}
```

Yllä oleva koodin osa kuvaa ruudulla liikkuvan pallon ominaisuuksia.

```

public double Suorita(double s, int toiminto, double apu)
{
    switch (toiminto)
    {
        case 5:
            return -joo.Paraabeli(s, apu);
            break;
        case 6:
            return -joo.Pallo(s, 100)*(apu/3);
            break;
        case 7: if (s + 0.1 != 0) return -(1.0f / ((s + 0.1) / 50.0f)) *
50.0f;
            break;
        case 8:
            return -Math.Sin(s) * apu;
            break;
        case 9:
            return -Math.Cos(s) * apu;
            break;
        case 10:
            return -Math.Tan(s) * apu;
            break;
        case 11:
            return -joo.Log10(s / 100.0f) * 100.0f;
            break;
        case 12:
            return -s * apu;
            break;
        case 13:
            if (s > -apu && s < apu) return -apu;
            else return 0;
            break;
        case 14:
            return -joo.Paraabeli(apu, s);
            break;
    }
    return s;
}

```

Yllä perusfunktioita koodissa. Kohta 7 on $1/x$. Kohta 12 on suora. Kohta 14 on kantaluku potenssiin x .

```

private double F2(int t, double nxd, int index, double y)
{
    if (t == 1) y += -nxd;
    else if (t == 2) y -= -nxd;
    else if (t == 3) y *= nxd;
    else if (t == 4) y /= nxd == 0 ? 1 : nxd;
    else y = 0;
    return y;
}

```

Yllä vielä plus, miinus, kerto ja jako.

Valinta :

Syötä Lue 0

x y peilaa

0 0 0

Käyttöohje. Valitse ensin funktio tai funktioita vasemmalta ListBox:ista tai ListBox:eista. Voit tallentaa yhdistelmän Syötä napilla ja piirtää Piirrä napilla. Valitse napeista voit valita mihin 6 paikkaa tallennat tai luet. Lue näppäimellä voi lukea valitun yhdistelmän. Tyhjennä tyhjentää ruudun. ListBoxien yllä olevat numerot ovat apu numeroita esim. potenssin kantaluku. Ylin numero on valittu muistipaikka. Loput numerot ylhäällä ovat liikuttelua varten.

Piirrä

Tyhjennä

Kaava

Lukitse/Vapauta Pallo

Kaavan nollaus

Valitse muistipaikka :

ei mitään

vaihda x rajaus alku x rajaus loppu zoom

0 -200 200 1

Kuvio 10. Kuva lopusta käyttöliittymästä.

Pallon koodi on tahdistettu ajastimella. Rehellisyyden nimissä täytyy tunnustaa, että koodissa on bugi, koska pallo pysähtyy hetkeksi sen jäkeen, kun funktiokäyrät uudelleen luetaan ja painetaan nuolinäppäimiä. Nuolinäppäimillä ohjattava liikkuva pallo ei kuitenkaan ole tämän työn varsinainen aihe, mutta se on hyvä olla mukana.

Ohjelmointityylillä, jossa suoraan luetaan pikselit näyttöruudulta ja kirjoitetaan ne sinne, koodi olisi nopeampaa. Ei saatu kuitenkaan C Sharpilla luettua pikseleitä

suoraan näytöltä, vaikka Internetissä siihen ohjeet olikin. Voi myös käyttää kaksiulotteista taulukkoa, joka on näytön kuva-alueen kopio. Eli kun näytöllä jotain muuttuu, niin muuttuu se myös kopiassa. Tätä ei kuitenkaan tässä paljoa käsitellä, koska varsinainen funktioiden yhdistys ja piirto on tässä työssä tärkeämpää.

Koodissa funktioyhdistelmät ovat kaksiulotteisena taulukkona, jossa ensimmäinen on monesko yhdistelmä on kyseessä ja toisessa varsinaisen käyrän pisteet ellipsi oliona. Ellipsi on tässä kooltaan ruudulta vielä hyvin erottuva piste. Koodissa käydään aina läpi onko pallo törmännyt käyriin ja jos on, niin siirretään kyseinen ellipsi pois tieltä ruudun vasempaan yläkulmaan.

```
try
    {
    }
catch (global::System.Exception)
    {
        throw;
    }
```

Yllä virheen käsittely, joita on tarkoitus lisätä koodiin, jos tarvitsee, lopuksi.

Koodiin voi lisätä myös itse tehtyjä virheen pois rajauksia. Koodista tarvitsee myös karsia kommentteissa oleva koodi ja toisaalta lisätä kommentteja, siitä mitä koodi tekee.

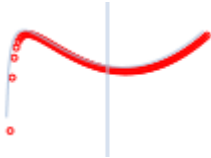
Valmiisiin kuvioihin voisi lisätä myös kuvan rajojen sisään, jossa voisi olla matemaattisia kuvioita toistettuna esimerkiksi värillä täytettyjä ympyröitä. Esimerkiksi järveen voisi liittää, jonkun matemaattisilla funktioilla piirretyn aallon, jota sitten monistetaan aallokiksi. Toisaalta voisi piirtää kerralla koko aallokon esimerkiksi sini-, kosini-, tai tangenttikäyrällä. Piirtoa vai säädellä kuinka paljon monistetaan. Voi olla esimerkiksi vain yksi kuva tai kohtuullinen määrä kuvia.

Työn tulokset ovat toisaalta kuvia, toisaalta ne voi ilmaista myös funktioyhdistelmillä. Siksi esitetään, joitakin löytöretkeilemällä ja järjellä pääteltyjä kuvia funktioyhdistelminä tuloksina. Koska omassa ohjelmassa toimii vain noin 5 funktiota, niin yhdistelmä tekstinä ei vie kovin paljon tilaa. Lisäksi selitetään lyhyt kuvaus, siitä mitä yhdistelmä piirtää.

3.2 Bugista johtuen ensimmäinen inside päällä löydetty tulokset

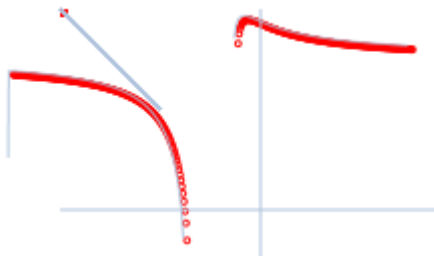
Kuvioissa ensimmäinen inside päällä (ks. Kuviot 11-22). Inside tarkoittaa funktion ulostulon syöttöä toisen funktion sisääntuloon.

Seuraavaksi funktioyhdistelmiä, jotka piirsivät käyriä. Pallo, plus, $1/x$ ja jako numerolla 3 muistutti jokea. Pallo, pallo ja pallo muistuttivat hassuja korvia. Suora 0.7 ja pallo teki kaaren. Suora 0.7 ja log teki myös kaaren. Tan, $1/x$, pallo ja pallo tekivät harvan kaaren. Pallo, sini, pallo ja sini piirsi aalto kaaren.



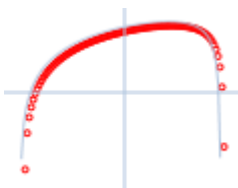
Kuvio 11. Kuvassa log, plus, pallo, inside ja pallo muistuttaa hymyilevää suuta.

Yhdistelmä $1/x$, pallo ja pallo muistuttivat hassuja korvia.

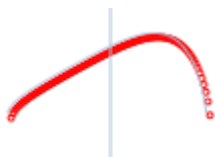


Kuvio 12. Yhdistelmä $1/x$, pallo ja $1/x$ näyttää hyppyriltä.

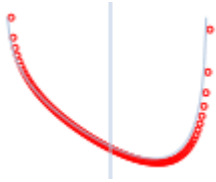
Log, sin, $1/x$ ja pallo teki aalto viivaa. Pallo, pallo, pallo ja $1/x$ piirsivät joen. Yhdistelmä $1/x$, log ja suora oli jyrkkä vuori. Yhdistelmä $1/x$, inside, pallo, inside ja pallo oli tulivuori. Tan, inside, pallo, inside ja pallo muistutti liekehtivää tulta. Pallo, $1/x$ ja log tekee hassun käyrän.



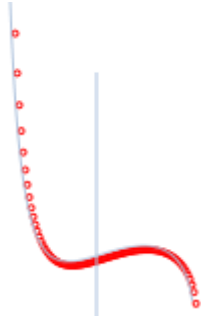
Kuvio 13. Kuvassa pallo, $1/x$, log ja jako numerolla 3 tekee toisen hassun käyrän.



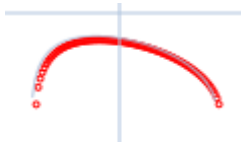
Kuvio 14. Kuvassa pallo, $1/x$, log, inside ja $1/x$ tekee kolmannen hassun käyrän.



Kuvio 15. Kuvassa pallo, $1/x$, log, inside ja log tekee neljännen hassun käyrän.



Kuvio 16. Pallo, pallo, log, $1/x$ ja pallo tekee kaksi erisuuntaista mutkaa (kuvaa on siirretty 100 pistettä alaspäin).



Kuvio 17. Pallo, pallo, log, inside ja pallo on viides hassu käyrä.

Potenssin kantaluku 1.1, inside, $1/x$ ja $1/x$ näytti hyppyriltä.

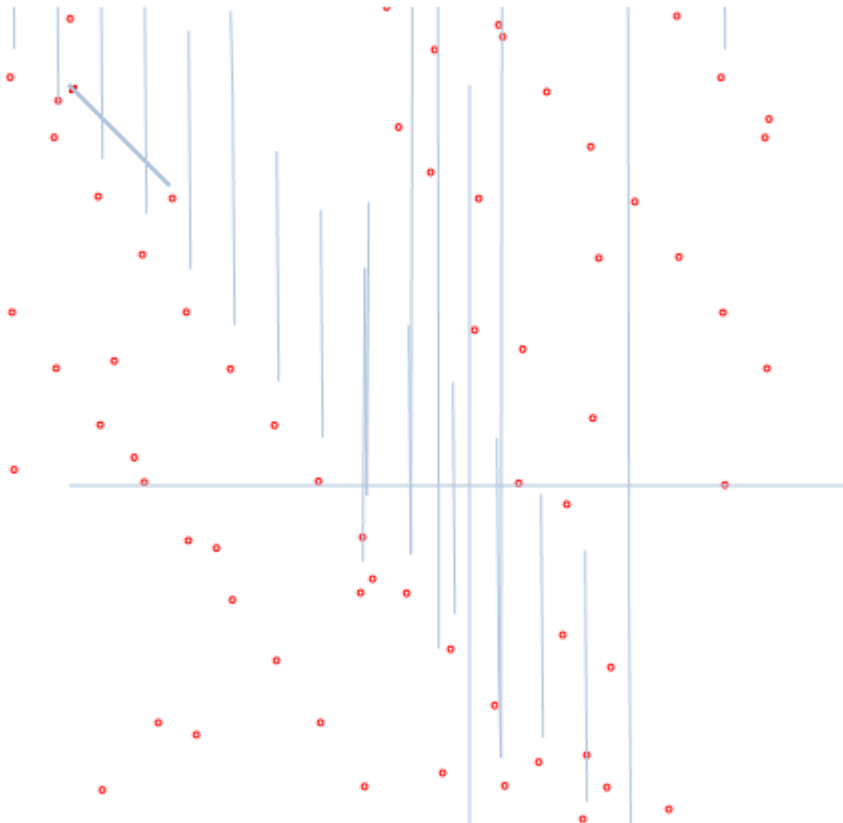


Kuvio 18. Kuviossa potenssin kantaluku (1.1), miinus, miinus, $1/x$ ja pallo ovat joki tai tie.

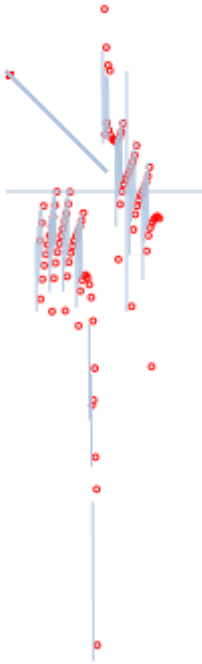


Kuvio 19. Potenssin kantaluku (1.1), plus, plus, $1/x$ ja pallo voisi olla salmi meressä kahden maapalan välissä.

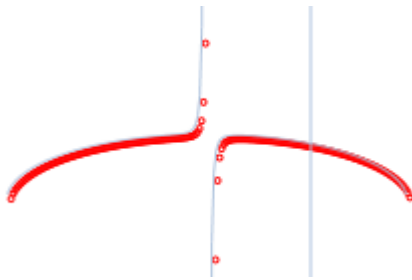
Tan, inside, tan, inside ja pallo teki hiukkasia ja kiinteää ainesta.



Kuvio 20. Tan, inside, tan, inside ja $1/x$ tekee hiukkasia, kuten tangentti yleensä tekee.



Kuvio 21. Tan, log, $1/x$, pallo ja tan voisi olla ehkä ilmavirta, esimerkiksi tuuli.



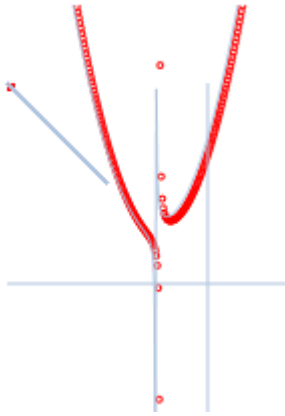
Kuvio 22. Yllä paraabeli kolmenteen, $1/x$, pallo ja jako, numerolla 3 on hauska.

3.2 Kaikki inside:it päällä tai vapaasti valitut inside:it

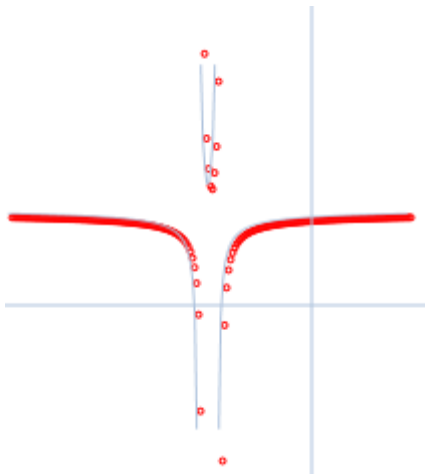
Kuvioissa vapaasti valitut inside:t päällä (ks. Kuviot 23-38). Inside tarkoittaa funktion ulostulon syöttöä toisen funktion sisääntuloon.



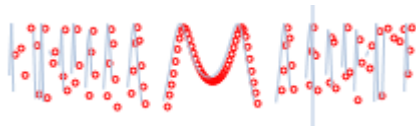
Kuvio 23. Tässä on kaikki insidet, sin, paraabeli, pallo ja pallo tuntuvat rentouttavalta aaltoliikkeeltä.



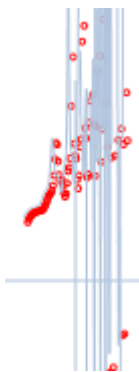
Kuvio 24. Tässä ei ole yhtään insidea, pallo, $1/x$, paraabeli ja jako numerolla 30.



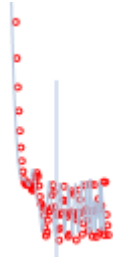
Kuvio 25. Tässä on kaikki insidet, pallo, pallo, paraabeli, log ja $1/x$.



Kuvio 26. Tässä on kaikki inside:t, pallo, sin, paraabeli, log ja $1/x$.



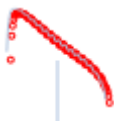
Kuvio 27. Tässä on kolmas inside pois päältä, pallo, sin, paraabeli, log ja $1/x$, on kuin tulivuoren purkaus tai piipusta tuuleen nouseva savu.



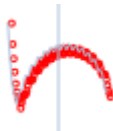
Kuvio 28. Tässä on sama kuin edellinen, mutta kolmas ja neljäs inside pois päältä.



Kuvio 29. Tässä on pallo, $1/x$, pallo, log ja $1/x$, sekä ensimmäinen ja toinen inside päällä.



Kuvio 30. Tässä on cos, pallo, log, pallo ja kolmas inside päällä.



Kuvio 31. Tässä on sama kuin edellinen, mutta kolmas ja neljäs inside päällä.



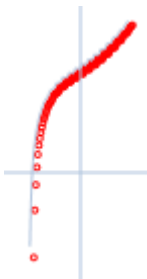
Kuvio 32. Tässä on sama kuin edellinen, mutta toinen inside pois päältä.



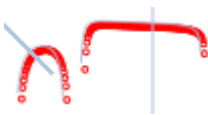
Kuvio 33. Tässä on sama kuin edellinen, mutta ensimmäinen ja kolmas inside päällä.



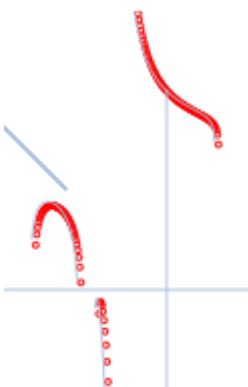
Kuvio 34. Tässä on cos, pallo, log, pallo ja log, sekä ensimmäinen ja kolmas inside päällä.



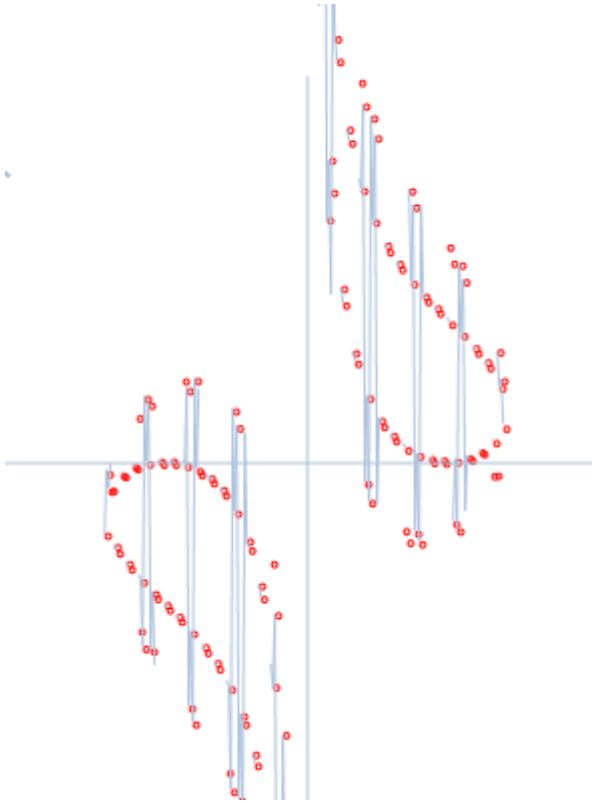
Kuvio 35. Tässä on sama kuin edellinen, mutta kolmas inside päällä.



Kuvio 36. Tässä on $1/x$, pallo, $1/x$ ja pallo, sekä ensimmäinen ja kolmas inside päällä.



Kuvio 37. Tässä on $1/x$, pallo, $1/x$, pallo, $1/x$, sekä ensimmäinen ja kolmas inside päällä.



Kuvio 38. Pallo, sin, jako, cos ja $1/x$, sekä kaikki insidet pois päältä.

Pallo, $1/x$, pallo, $1/x$ ja pallo, tuotti erilaisilla inside yhdistelmillä erilaisia kuvioita.

Pallo, $1/x$ ja pallo, ensimmäinen inside päällä, tuotti jotain.

Tan, $1/x$ ja sin, toinen inside päällä ja zoom 10 antaa tuloksen mukava toistuva käyrä.

Loogisinta on ehkä ensi laittaa ympyrä, log tai $1/x$. Sitten voi lisätä mutkittelun, eli sinin, kosini tai tangentin. Lopuksi voisi ottaa keskiarvon jakamalla funktioiden määrällä. Paraabeli voisi olla loiva. Suora ehkä nimensä mukaan suorentaa. Inside toimintoa kannattaa myös kokeilla esimerkiksi neljänteen funktioon, jolloin viidenteen täytyy laittaa myös joku funktio. Edetä voi esimerkiksi niin, että kun löytää hyvän funktion voi kokeilla eri inside yhdistelmiä.

Historiasta ja taustatiedosta ei löydetty paljoa funktioyhdistelmien käyrien käyttöä, mutta moni asia esimerkiksi matemaattisesti käyttäytyvät graafiset taidat sivusivat sitä.

4 Pohdinta

Tämä opinnäytetyö voi olla myös hieman taiteellinen. Opinnäytetyö on perustaltaan hyvin kaksijakoinen. Siinä on toisaalta funktioiden yhdistely ja piirto-ohjelma C

Sharpilla Visual Studiossa, mutta toisaalta tämä tekstiosa, johon tosin liitän kuvia ohjelmasta, sekä tärkeimpiä, helpoimmin ymmärrettäviä ja olennaisia osia koodista. Koodi ja varsinkin kuvat selitettiin sitten yksityiskohtaisesti. Opinnäytetyössä tasapainoiltiin koodin ja tämän tekstin välillä, mutta pitämällä koodi kohtuullisen helppona ja yksinkertaisena sekä keskittymällä tähän tekstiin, joka on näkyvä osa, saatiin aikaan hyvä tulos. Itseasiassa koodi muutenkin on aika raskasta ylläpidettävää ja sen takia kannattaa pitää se tallessa, jotta ei tarvitsisi aloittaa alusta. Työ onkin vaatinut keskittymistä muiden arkipäivän asioiden kanssa, eikä kannata turhaan viedä ajatuksia pois koodista. Myös koodin aloitus jo työharjoitteluajana noin puoli tuntia päivässä oli melko rankkaa. Toisaalta koodia testaa aina peloissaan, että toimiiko se. Myös varmuuskopiot kaikessa niin tekstissä, kuin työssä ovat olennaisia. Erityisesti koodissa on monta asiaa ja se vaati keskittymistä. Toisaalta on hyvä karsia liian vaikeat asiat koodista pois esim. rajaamalla pallon nopeus niin, että se pysyy vielä kohtuullisen nopeassa liikkeessä, vaikka törmäykset hidastavatkin sitä tai ettei käyriä piirretä liikaa. Koodia voi yrittää tutkia lisää. Debugilla voisi etsiä hitaan kohdan.

On hyvä tasapainoilla monimutkaisuuden ja yksinkertaisuuden välillä, jos haluaa aidolta tai hienolta näyttävät maisemat. Toisaalta on myös makukysymys, minkälaisia kuvioita haluaa. Joskus täytyy työskennellä liukuluvuilla, jotta saadaan hyviä tuloksia. Jos funktiossa on useampi kuin yksi muuttuja, piirtäminen vaikeutuu. Eräs tärkeä alue on myös logojen teko, joissa on matematiikkaa ja grafiikkaa, mutta tässä työssä ei perehdytty siihen, paitsi ehkä johonkin pelin sisäiseen logoon. Tekoälyssä esim. ammuskelupelissä pelaajan tietokonevastustaja voisi tehdä vaikka ympyrän, neliön ja paraabelin keskiarvon liikeradan.

Ohjelmoinnissa on usein hyvä käyttää valmista koodiesimerkkiä ja räätälöidä se sitten omiin tarpeisiin. Erityisesti, jos jotain ei osaa kannattaa käyttää valmista koodia kyseisessä kohdassa. Tässä työssä tavalliset pelimekaaniikat on opeteltu esimerkeistä ja varsinaisen matemaattiset kuviot osuus tehty päätelemällä, järkeilemällä ja kokeilemalla.

Käyriä voi olla hankala ennustaa ja tarvitaan matematiikkaa ja ohjelmointia. Tässä opinnäytetyössä tehtiin funktioyhdistelmiä ja sitten manuaalisesti liitettiin ne toisiinsa. Yhdistelmät kannattaa kirjoittaa muistiin ja kun niitä alkaa olemaan

enemmän niihin on hyvä liittää kuvaus. Käyriä kannattaa, ehkä hieman kokeilla myös manuaalisesti ohjelmoimalla ja kun uutta löytyy voi manuaalisen koodiin, muuttaa ohjelmassa automaattiseksi, jolloin uudet kuviot voi tehdä ohjelmalla.

Vaikka ollaankin vain näin alkeellisella tasolla, meinaavat aina vanhat asiat koodista unohtua, koska asiat ovat niin laajoja. Kannattaakin pitää koodit tai keinot tallessa, koska niitä voi tarvita tulevissa ”projekteissa” eli erilaisissa töissä. Joskus joutuu siirtymään eteenpäin yritys- ja erehdystaatiikan kautta. Asiat muistaa tosin ehkä paremmin jos käyttää järkeään tai jakaa ongelman osiin. Asiat voi oppia kantapäin kautta. Turhia riskejä taas ei kannata ottaa. Esimerkiksi jos yrittää jotain liian vaikeaa saattaa koko homma kaatua. Toisaalta, kun asioita kertaa koodista tekemällä jotain mielekästä, kuten tämän työn kirjoittaminen, koodia saattaa taas ymmärtää hieman paremmin. Vanhat asiat saattavat ehkä jopa palautua mieleen.

C Sharpilla käyttöliittymän teko oli helppoa, joskin virheitä saattaa tulla, kun koodi käy monimutkaisemmaksi. On vaikea tietää, missä vika on ja se onko vika koodaajassa itsessä vai vaikkapa jonkun toisen koodaajan ohjeissa Internetissä. Bugeja voi yrittää rajata ja karsia. Hyvä esimerkki on, että asettaa pallolle järkevän pienimmän mahdollisen nopeuden ja suurimman mahdollisen nopeuden tai että rajoittaa käyrän piirron näytön alueelle. Joskus vaatii paljon mielikuvitusta käsittää kokonaisuus. Kuitenkin Internetistä saa korvaamattoman avun esimerkiksi hakemalla täsmähaun, jossa joku toinen ohjelmoija saa vastauksen kolmannelta ohjelmoijalta samaan ongelmaan kuin sinulla. C Sharpilla saa aikaan esimerkiksi tekstin luku ja kirjoitus palikan, sekä lista, josta voi valita ja sitten ovat vielä napit, joita voi painaa hiiren napilla.

Jos esimerkiksi yhdessä funktiossa on yksi tai useampi muuttujaa voidaan näitä muuttella, eli niillä voisi tehdä ”liikkuvaa kuvaa” eli animaatioita. Toisaalta valmiit tulostäyrät voisi tallentaa kiintolevylle, josta ne voisi myös lukea. Luulin jo tehneeni senkin, mutta ilmeisesti en tai sitten hukkasin kyseisen koodi osuuden. Näin työn loppuvaiheessa voisikin miettiä mitä jäi tekemättä ja että mitä voisi tehdä tulevaisuudessa. 2-ulotteisen kuvan pystyy tietysti muuttamaan myös ääneksi. Tärkeää on kuitenkin, ettei ääni rasita korvia. On hyvä pitää ainakin äänenvoimakkuus pienenä.

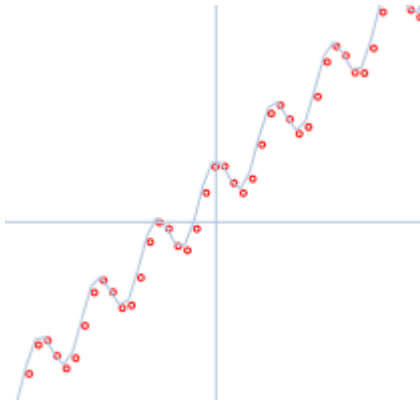
Matemaattinen piirtely voi olla myös luovaa ja taiteellista. Joskus on vaikea muistaa noita matematiikan tuntien asioita, mutta luultavasti kaikilla ne muistuvat viimeistään sitten mieleen, kun palaa matematiikan tunnille. Siksi esimerkiksi voisi arvella, että derivaattaa ja integraalia voisi käyttää myös tässä työssä.

Työhöni oli vaikea löytää muita tietolähteitä, kuin MAOL-taulukot, mutta se olikin sitä parempi. MAOL-taulukoiden asioitahan käsitellään paljon matematiikassa. Entä olisiko mahdollista käyttää todennäköisyyslaskentaa vaikka graafisesti, tekoälynä, musiikissa tai äänenä? Tämän kaltaisiin kysymyksiin voisi vastata, että täytyy tehdä lisää. Tai liittykö todennäköisyys myös fysiikkaan tai kemiaan? Näihin voi löytyä valmiit vastaukset.

Koulun tietokoneella oli hyvä tehdä työtä ja kääntäjä, sekä ohjelma toimi sillä hyvin. Uusien kuvioden löytäminen voi välillä ”tökkiä” ohjelmassani, mutta kannattaa koittaa ”päätellä” uusia yhdistelmiä. Ohjelmassa oli ilmeisesti myös toinen bugi, koska viides funktio ei vaikuttanut, mutta sain sen korjattua. Ohjelma käy vain vähän monimutkaiseksi funktioiden lisääntyessä. Ratkaisu voisi olla kirjoittaa parempi koodi, tavalla tai toisella. Kuitenkin, koska koodi ajaa tarkoituksensa, olisi luultavasti liian raskasta tehdä uusi tämän harjoitustyön tekoaikana. Tämä työ tehtiin aina sen hetkisessä aikamuodossa, mutta muutettiin sen lopuksi aina oikeaan aikamuotoon.

Työn aikana kokeiltiin myös toisenlaista kimpoilusta, että asian voisi ratkaista pallon osalta niin, että katsoo mikä osa pallon kaaresta osuu esteeseen. Peleissä tuntuisi olevan vapaita paikkoja matemaattisille grafiikoille, vaikka 3d-pelin linnan, muurin, pihan tai sen tornien muotona. Kasvejakin on paljon kuten ruohikko, puut, kukat. Myös kuollut luonto, kuten kivet ja vesipaikat ovat hyviä. Ehkäpä kaavoja voisi sulauttaa jopa myös eksoottisiin mielikuvitus eläimiin. Vielä lopuksi kaavoja voisi käyttää, ja on varmasti aikaisemmin käytettykin, pelien, jossa on velhoja, taikureita tai noitia, taikojen tekoon. Esimerkiksi tulipallo etenee ensin suoraan, osuu kohteeseensa ja laajenee sitten vielä kasvavana ympyränä jonkun verran. Lisäksi niitä voi käyttää tekniikan tuotteissakin, kuten autojen tai avaruusalusten muodossa. Sitten vielä roolipeleissä kokemus voisi kasvaa jonkun matemaattien funktion tai funktio yhdistelmän mukaan. Tällainen voisi olla vaikka sinikäyrä, jolloin sinikäyrän korkeus tietyllä hetkellä määrittää paljonko on kokemusta. Kokemus voisi kasvaa myös tasaisesti, kuten suora. Näiden kahden yhdistelmällä saadaan kokemus tietyllä

hetkellä. Tässä mallissa tosin kokemusta menetetään välillä, mutta lopulta kasvu on suurempaa (ks. Kuvio 39).



Kuvio 39. Kokemus kasvaa.

Hahmon parantuessa voisi hyvä olla neliöjuuri funktio, jossa lähellä kuolemaa paranutaan nopeasti ja paremmassa kunnossa hitaammin.

Oli hienoa, että historia ja taustatieto, jota keräsin, sivusi niin hyvin tuloksiani, vaikka erojakin oli. On vaikea sanoa, mikä Doom pelistä teki niin suosittu, mutta se oli ehkä pelattavuus. Erilaisten hirviöiden ampuminen erilaisilla aseilla esimerkiksi Marsin kuutukikohdan hienoissa rakennuksissa, kuten avaruusalusten hangaarissa, vapaasti liikkuen on vaan jotenkin niin monipuolista. Sivutehtävien teko kasvattaa myös usein pelien arvoa. Olisi ehkä hienoa, jos peliarvosteluissa arvosteltaisiin myös pelin koodia. Pulmapeleissä voisi myös olla geometrisiä ongelmia, joissa esimerkiksi pitää arvata funktiot tai matemaattinen kaava, joista käyrä muodostuu tai päinvastoin.

Lähteet

Adams, J. 2002. Programming Role Playing Games with DirectX. 1. p. USA:Premier Press.

ClassicReload. 2018. Viitattu 13.2.2018. <https://classicreload.com/>

DOSBox. 2017. Viitattu 22.1.2018. <http://www.dosbox.com/>

Engel, W. 2003. Beginning Direct3D Game Programming. 2. p. USA:Premier Press.

Estetiikka. 2017. Artikkel. Wikipedia. Viitattu 8.8.2017.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Estetiikka>

Geometria. 2017. Artikkel. Wikipedia. Viitattu 8.8.2017.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Geometria>.

LaMothe, A. 2000. Inside Peliohjelmointi. 1. p. Helsinki:Oy Edita Ab.

Loguidice, B. & Barton, M., L. 2009. Vintage Games. 1. p. China:Focal Press.

Matematiikan kauneus. 2017. Artikkel. Wikipedia. Viitattu 10.8.2017.
https://fi.wikipedia.org/wiki/Matematiikan_kauneus.

My Abandonware. 2017. Viitattu 13.2.2018. <https://www.myabandonware.com/>

RGB Classic Games. 2017. Lähdekoodi verkkosivulla. Viitattu 22.1.2018.
<https://www.classicdosgames.com/misc/source.html>

Seppänen, R., Parkkila, M. & Meriläinen, L. 2005. MAOL-taulukot. 2. p. Keuruu:Otava.

Silvergames.com. 2017. Viitattu 13.2.2018. <https://www.silvergames.com/en/>

Virtanen, S. 2017. Heurekassa avautuu näyttely. Tekniikka ja talous. 8.5.2017.
Viitattu. 8.8.2017. <http://www.tekniikkatalous.fi/tiede/heurekassa-avautuu-nayttely-matematiikan-kauneudesta-katso-kuva-6647335>