



SPLINES FÖR SPELUTVECKLING

En studie av spline-metoder för att skapa
mellansekvenser

SPLINES FOR GAME DEVELOPMENT

A study of spline-methods for creating
cutscenes

Examensarbete inom huvudområdet
Informationsteknologi
Grundnivå 15 högskolepoäng
Vårtermin 2025

Carl Abellsson, William Wilzén

Handledare: Erik Sjöstrand
Examinator: Sanny Syberfeldt

Sammanfattning

Fokuset av denna studie är att undersöka fem olika spline-metoder – linear, Bézier, Hermite, Catmull-Rom och Basis – och jämföra dem med varandra för att klargöra vilka som bäst lämpar sig för kamerarörelser i mellansekvenser inom spelutveckling. Splines, beskrivna av tidigare teoretisk och matematisk forskning som separata kurvor som satts ihop för att bilda en längre, mer komplex kurva, har flera användningsområden inom spelutveckling. Dock är forskningen om dem ur ett spelutvecklingsperspektiv mer begränsat. Testdeltagare ombads använda dessa fem spline-metoder i ett verktyg skapat för studiens ändamål. Därefter fick de svara på en enkät med frågor om användarvänlighet och slutresultat hos de olika spline-metoderna. Översiktligt ansåg testarna att Catmull-Rom var den mest användarvänliga metoden, medan Basis gav bäst slutresultat. Vidare forskning skulle kunna omfatta fler scenarier än endast mellansekvenser, exempelvis animation, skapandet av racing banor eller andra områden där splines går att tillämpa.

Nyckelord: splines, mellansekvens, dataspelsutveckling, användbarhetstest

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
2	Bakgrund	2
2.1	Splines	2
2.1.1	Praktiska användningsområden	3
2.1.2	Linear	4
2.1.3	Bézier	4
2.1.4	Hermite	5
2.1.5	Catmull-Rom	6
2.1.6	Basis	7
3	Problemformulering	8
3.1	Metodbeskrivning	8
3.1.1	Användbarhetstest	8
3.1.2	Datainsamling	9
3.1.3	Dataanalys	10
3.1.4	Urval	12
3.1.5	Forskningsetiska principer	12
4	Genomförande	13
4.1	Implementation	13
4.2	Utvärdering	14
4.3	Resultat	16
4.4	Analys	23
4.4.1	Linear	23
4.4.2	Bézier	23
4.4.3	Hermite	24
4.4.4	Catmull-Rom	24
4.4.5	Basis	25
4.4.6	Sammanställning	25
5	Sammanfattning och diskussion	26
5.1	Sammanfattning	26
5.2	Diskussion	26
5.3	Samhälleliga och etiska aspekter	27
5.4	Framtida arbete	27

1 Introduktion

Splines, inom spelutveckling, har blivit ett kraftfullt verktyg som kan användas för att skapa allt ifrån mellansekvenser (eng. *cutscenes*) till level design till animationer. Formellt sett är en spline en serie av ihopsatta mindre kurvor som tillsammans bildar en längre kurva. De individuella kurvorna skapas var och en för sig, för att sedan sättas ihop till en större helhet. Olika splines har olika egenskaper – och därav olika för- och nackdelar – beroende på vilken metod som används. En spline kan konstrueras och manipuleras av användaren genom att skapa och flytta på kontrollpunkter, som justerar hur en spline böjer sig. Utöver det finns det en del faktorer som användaren generellt inte har någon direkt kontroll över, som exempelvis kontinuiteten hos en given spline. Detta medför därför att olika spline-metoder har fått olika användningsområden. Av dessa valdes metoderna Linear, Bézier, Hermite, Catmull-Rom och Basis för denna studie (Bartels, Beatty & Barsky 1985, s. 1-4; Nyström & Darwiche 2022, s. 1-2).

Utifrån ovanstående bakgrund växte följande frågeställning fram: vilken eller vilka spline-metoder, av Bézier, Hermite, Catmull-Rom, Basis och Linear, passar bäst till ett verktyg för kamerarörelser i mellansekvenser inom spelutveckling med hänsyn till användarupplevelse och resultat? Problemets relevans grundades i faktumet att splines är ett vida använt verktyg inom dataspelsutveckling, och det är i sin tur viktigt att veta vilken typ av spline som passar i olika situationer. För att undersöka frågeställningen genomfördes ett användartest. Ett verktyg utvecklades i Unitys spelmotor, som ämnade att tillåta testare att skapa en kameras rörelsebana genom en scen med hjälp av de fem olika spline-metoderna. Testarna fick sedan se resultatet av vardera spline-metod när kameran interpolerade längs med spline:en de skapat. Efter och under testet ombads de att svara på en enkät, som innehöll både kvantitativa och kvalitativa frågor. Efter de använt varje individuell spline-metod fick de ge sina spontana tankar kring upplevelsen, och fram emot slutet fick de ge en mer översiktlig analys angående vilken spline de tyckte var mest användarvänlig respektive gav bäst slutresultat. Därefter processades den insamlade datan, vilket gjordes på olika sätt beroende på om datan var kvantitativ eller kvalitativ. För den kvantitativa datan, vilken mestadels bestod av rangordningar och Likertskalor, summerades och kategoriserades den med hjälp av exempelvis medelvärdet. Den kvalitativa datan genomgick dock en tematisk analys, vilket innebar att den genomsöktes efter mönster, vilka den sedan kategoriserades utefter (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 268-269, 287-291, 320-325, 329, 332-333).

Under genomförandet ombads testarna att genomföra testet som ovan beskrivits. Verktuget tillät testarna att skapa fem olika splines – en för vardera spline-metod – och enkäten lät dem sedan utvärdera dem. Datan som samlades in av testarna tabulerades sedan för att tillåta slutsatser att dras från den. Den kategoriserades både beroende på om den var kvantitativ eller kvalitativ, eller om den berörde användarvänlighet eller slutresultat. Därefter kunde slutsatser dras. Studien kom fram till att den spline-metod som enligt testarna gav bäst slutresultat var Basis, mycket möjligt på grund av dess högre kontinuitet. Vilken spline-metod som var mest användarvänlig var dock en något mer nyanserad fråga, med linear och Catmull-Rom de som fick högst resultat av testarna, medan linear och Bézier var de metoder som var mest tidseffektiva. Generellt var det dock Catmull-Rom som ansågs vara den översiktligt bästa metoden för det här ändamålet, eftersom den fick bra värderingar både inom slutresultat och användarvänlighet (Foley 1997, s. 491-494).

2 Bakgrund

Bakgrundskapitlet ämnar att ge en teoretisk grund för splines och deras olika egenskaper, vilket utgör en viktig bas för att förstå de tekniska och matematiska koncept som är relevanta för arbetet. Kapitlet introducerar bland annat polynomsegment, kontinuitet och lokal kontroll, alla viktiga koncept för att ge en djupare förståelse för de principer och restriktioner som styr spline-metoder.

2.1 Splines

Enligt Foley (1997, s. 472) kan många kurvor och linjer definieras med hjälp av en polynomfunktion. Dessa polynomfunktioner blir generellt mer och mer komplexa desto längre och mer invecklad kurvan görs. Detta medför att även om polynom kan beskriva komplexa kurvor, är det inte alltid rimligt att konstruera en hel kurva med ett enda långt polynom. Istället är det vanligt att dela upp kurvan i olika segment, var och en definierad av sitt eget polynom, och sedan koppla ihop segmenten till en större helhet, kallad en spline. Parametern u , ett värde som kan interpolera mellan starten och slutet på en spline, varierar därmed mellan u_{min} , det vill säga spline:ens start, och slutet av kurvan u_{max} , det vill säga spline:ens slut; värdena av u som korresponderar till punkterna mellan de mindre, individuella kurvorna kallas noder (eng. *knots*). I stora drag är dessa kurvor baserade på antingen interpolationen eller approximeringen av punkter, kallade *kontrollpunkter* (eng. *control points*, *control vertices*), vars positioner bestäms av användaren. Interpolerande metoder, oftast baserade på *kubiska splines* (eng. *cubic splines*), kan ibland sakna vissa önskvärda egenskaper som approximativa metoder har, men kan samtidigt interpolera mellan alla eller en andel av kontrollpunkterna, beroende av spline-metoden som används. I kontrast till detta har approximativa metoder ett antal fördelar, bland dem möjligheten att kontrollera *kontinuiteten* (eng. *continuity*) mellan kurvor, det vill säga hur sömlös övergången mellan splinens kurvsegment är. Detta behöver dock inte nödvändigtvis korrespondera mot intuitivitet eller önskvärda former (Bartels, Beatty & Barsky 1985, s. 1-4; Foley 1997, s. 1013-1014).

Det finns två olika typer av kontinuitet inom splines – parametrisk och geometrisk. Parametrisk kontinuitet bestäms av första-, andra- och tredjederivatan av en given spline, och kan förkortas C_n (Sprunk 2008, s. 11).

- C_0 är position, det vill säga hur sömlös den positionella övergången mellan två segment av en spline är. Om det första segmentet sluter på samma koordinater som det andra segmentet börjar, är en spline C_0 -kontinuerlig.
- C_1 är förstaderivatan av polynomfunktionen, det vill säga hastighet. Om hastighetsvektorn från slutet av det första segmentet och början av det andra segmentet är detsamma, är en spline C_1 -kontinuerlig.
- C_2 är andraderivatan av polynomfunktionen, det vill säga acceleration. Om accelerationen mellan två segment är kontinuerlig klassas en spline som C_2 -kontinuerlig.
- C_3 är tredjederivatan av polynomfunktionen, vilket kan ses som förändring i acceleration (eng. *jolt*).

Geometrisk kontinuitet handlar dock mer om utseendet av en vektor. Den har inga krav på derivativ kontinuitet, men kräver dock att deras riktningsektorer matchar, det vill säga att varje kontrollpunkts tangenter är arrangerade i en rak linje. Graden av geometrisk kontinuitet kan förkortas G_n (Bartels, Beatty & Barsky 1985, s. 270-271; Foley 1997, s. 480-481; Sprunk 2008, s. 11-12).

- G_0 -kontinuitet kräver endast att två spline-segment möts positionellt. C_0 -kontinuitet medför G_0 -kontinuitet, men det omvända är inte nödvändigtvis sant.
- G_1 är den tangentiella kontinuiteten, vilket innebär att övergången mellan två spline-segment inte har någon inverkan på normalen och tangenten.
- G_2 syftar på en splines kurvatur, vilket främst har applikationer i 3D. En spline blir G_2 -diskontinuerlig när förändringen av normalen eller tangenten över tid inte är kontinuerlig.

Kontinuitet är en åtskiljande faktor när det kommer till olika spline-metoder, men det är vanligt för splines att vara åtminstone C_0 - och C_1 -kontinuerliga, samt G_1 -kontinuerliga (Bartels, Beatty & Barsky 1985, s. 269; Foley 1997, s. 480-481; Sprunk 2008, s. 12).

En annan åtskiljande faktor inom splines är lokal kontroll (eng. *local control*, *localism*), vilket är en egenskap som blir relevant under modifikationen eller manipulationen av ett specifikt segment av en flersegmenterad spline. En spline har lokal kontroll om modifikationen av en kontrollpunkt endast har inverkan på dess direkta grannpunkter. Med andra ord bör inte alla segment av en spline förflyttas när endast en individuell kontrollpunkt justeras – bara de segment som är intilliggande bör påverkas. Ytterligare en faktor som bör nämnas är korrelationen mellan kontrollpunkterna och spline-segmenten, det vill säga hur väl en splines form korresponderar till dess parametrar. Detta kan bero på exempelvis hur många av kontrollpunkterna en spline interpolerar mellan – alla, en andel eller inga (Sprunk 2008, s. 13).

Kortfattat definieras alltså ett spline-segment av olika restriktioner på kontrollpunkter, tangentvektorer och kontinuitet. Olika spline-metoder har olika egenskaper, men kan definieras med hjälp av en 4×4 basmatris M , en geometrivektor V och $T = [1 \ t \ t^2 \ t^3]$, där t representerar hur långt på spline-segmentet en har interpolerat. Detta kan sedan expanderas till följande ekvation.

$$P(t) = [1 \ t \ t^2 \ t^3] \cdot \begin{bmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} & m_{03} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{30} & m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

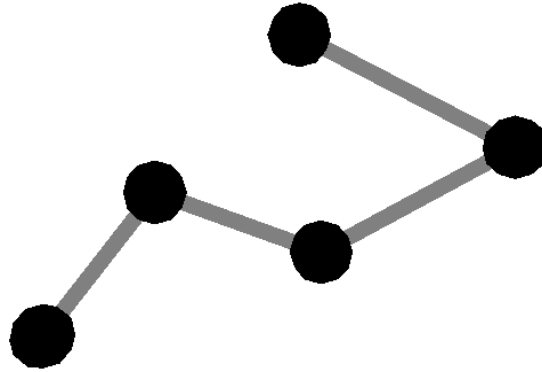
För att utforska hur den ovanstående ekvationen kan beräknas behöver en vända sig mot specifika typer av spline-metoder (Foley 1997, s. 482-483).

2.1.1 Praktiska användningsområden

Inom dataspelsutveckling är splines vedertagna verktyg, och deras användningsområden sträcker sig från mellansekvenser till animation till banor för racingspel. Det finns ett flertal exempel på spelstudior som använt splines för att uppnå sina ändamål, exempelvis hur utvecklaren av spelet GRIP (2018) utnyttjade Unreal Engines splineverktyg för att skapa racingbanan för sitt spel, vilket tillät dem att skapa mer dynamiska banor för sitt spel. Unreal Engine (2018) nämner även att deras spline-verktyg också kan användas för att skapa mer generella vägar och stigar. Splines används dock inte enbart för banor och vägar – de spelar också en roll inom karaktärsanimation. Vidare undersökte Tomai, Salazar och Flores (2021) användbarheten av rekursiva Hermite-splines (se avsnitt 2.1.4) för att skapa människoliknande rörelser i spel. De fann att denna typ av spline är ett rimligt alternativ för att skapa animationer inom spel.

2.1.2 Linear

En linear spline, eller linjär spline, är den simplaste typen av spline. Foley (1997, s. 478) skriver att *polylines*, det vill säga splines, är styckvisa, linjära approximationer av kurvor. Med detta menas att en spline vanligtvis består av hundratals små raka linjer som tillsammans skapar en illusion av jämna, släta kurvor. Om en extrapolerar från detta måste en spline som endast har en enda linje mellan kontrollpunkter vara helt linjär, utan kurv-liknande segment. Detta är vad som kallas en linear spline, där raka, linjära linjer dras mellan en splines kontrollpunkter.



Figur 1: En linear-spline i 2D.

2.1.3 Bézier

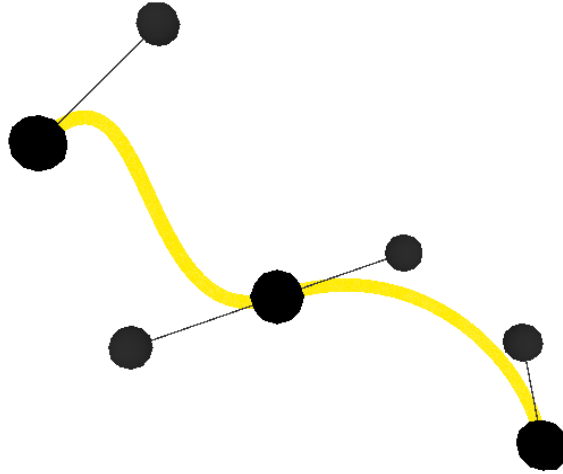
En Bézierkurva representeras av fyra punkter på en polygon P , där $P = \{P_0, P_1, P_2, P_3\}$. Positionen av dessa fyra punkter bestämmer positionen av kurvan i antingen 2D eller 3D.

$$P(t) = (1-t)^3 P_0 + 3t(1-t)^2 P_1 + t^2(1-t) P_2 + t^3 P_3 \quad (2)$$

Polynomfunktionen annoterad enligt Bartels, Beatty och Barsky (1985, s. 149-150) kan sedan översättas till en matrisdefinition av en Bézierkurva. Medan källan endast inkluderar en polynom-baserad definition, är matrisen nedan en standardiserad beräkningsrepresentation härledd genom linjär algebra.

$$P(t) = [1 \ t \ t^2 \ t^3] \cdot \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Eftersom den första och sista vertexen av en Bézierkurva interpoleras genom resulterar detta i C_0 -kontinuitet, och den kan också göras C_1 -kontinuerlig genom att införa restriktioner på den näst sista kontrollpunkten på den första kurvan, den gemensamma slutpunkten, och den näst första kontrollpunkten på den andra kurvan. Olika typer av Bézier-splines inför olika typer av restriktioner, exempelvis kan kollinearitet forceras mellan de tre ovannämnda punkterna, och vidare kan den näst första och näst sista kontrollpunkten spegla varandras längd. Att skapa en bézier-spline som är C_2 -kontinuerlig är möjligt, men det kräver att sätta restriktioner på ännu fler kontrollpunkter. Detta i sin tur innebär att förändringar på en kontrollpunkt kan orsaka förflyttningar på andra kontrollpunkter utöver hela splinen; lokal kontroll går förlorad (Bartels, Beatty & Barsky 1985, s. 151-152, Foley 1997, s. 490).



Figur 2: En Bézier-spline med speglade tangenter i 2D. De mindre cirklarna markerar tangenterna.

2.1.4 Hermite

En Hermite-kurva bestäms av restriktioner på ändpunkterna P_0 och P_1 , samt restriktioner på tangent-/hastighetsvektorerna T_0 och T_1 . Detta medför att geometrivatekorn G kan uttryckas på följande sätt:

$$G = \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ T_0 \\ T_1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

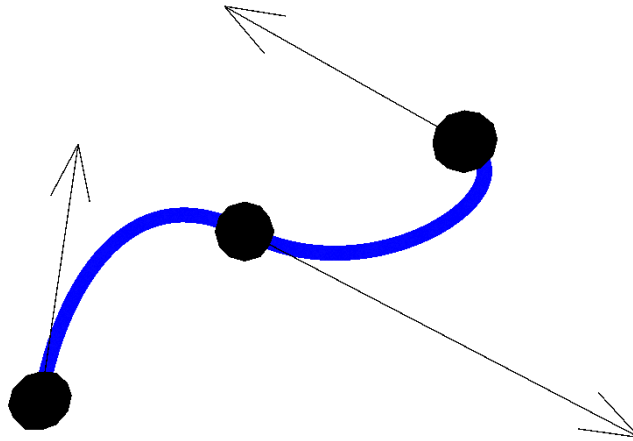
Restriktionerna anoterade ovan kan sedan översättas till matrisform, vilken i sin tur kan inverteras för att uppnå matrisdefinitionen av en hermite-kurva.

$$P(t) = [1 \ t \ t^2 \ t^3] \cdot \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ T_0 \\ T_1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Ytterligare restriktioner kan därefter appliceras på en hermite-spline för att uppnå olika nivåer av kontinuitet. C_1 -kontinuitet kan exempelvis skapas genom att låta tangentvektorerna vara kolinjära, medan G_1 -kontinuitet uppnås på följande sätt:

$$\begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ T_0 \\ T_1 \end{bmatrix} \text{ och } \begin{bmatrix} P_1 \\ P_0 \\ kT_1 \\ T_0 \end{bmatrix} \text{ med } k > 0 \quad (6)$$

I stora drag fungerar en Hermite-spline fungerar likt en Bézier-spline, med den största åtskiljande faktorn att en Bézier-spline låter användaren manipulera fyra kontrollpunkter, medan en Hermite-spline istället låter användaren manipulera två kontrollpunkter och två tangentvektorer (Foley 1997, s. 482-487).



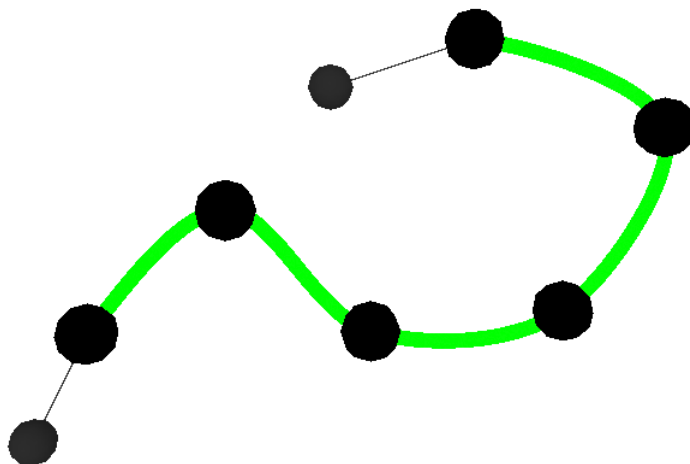
Figur 3: En Hermite-spline i 2D. Pilarna markerar hastighetsvektorena.

2.1.5 Catmull-Rom

Catmull-Rom-splines, även kallade *Overhauser splines*, är en spline-metod som kan interpolera kontrollpunkter P_1 genom P_{n-1} från sekvensen P_0 till P_n , det vill säga genom alla punkter från den näst första till den näst sista. En matrisdefinition för en Catmull-Rom-spline kan konstrueras på följande sätt:

$$P(t) = [1 \ t \ t^2 \ t^3] \cdot \frac{1}{2} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 2 & -5 & 4 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Att en Catmull-Rom spline interpolerar genom majoriteten av sina punkter ger den en större grad av lokal kontroll, men förlorar även sin *convex-hull* egenskap. Inom 3D grafik är en *convex-hull* den konvexa polyedern som formas kring dess kontrollpunkter. Om en spline har denna egenskap ligger dess kontrollpunkter inom den ovannämnda polyedern, men detta krav uppfylls inte av Catmull-Rom-splines (Foley 1997, s. 490, 504-505).



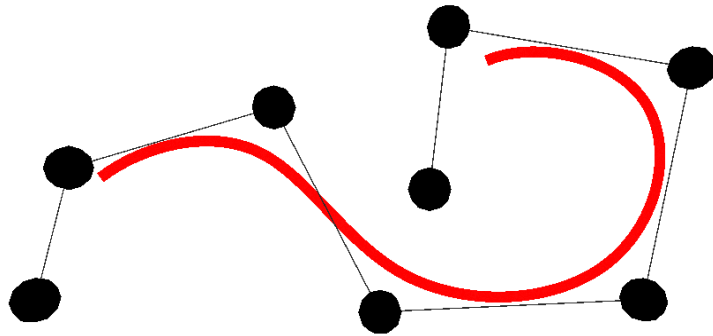
Figur 4: En Catmull-Rom-spline i 2D. Kurvor kan inte dras till den första och sista noden.

2.1.6 Basis

En Basis-spline, ofta förkortad till B-spline, är en spline som inte behöver interpolera sina kontrollpunkter över huvud taget. Den kategoriseras därför som en approximativ metod, istället för en interpolerande metod. Lik samtliga metoder, med undantag av Hermite-splines, består ett spline-segment på en B-spline av fyra kontrollpunkter. Matrisdefinitionen kan annoteras på följande sätt:

$$P(t) = [1 \ t \ t^2 \ t^3] \cdot \frac{1}{6} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

B-splines är naturligt C_2 -kontinuerliga. Denna ökade kontinuitet kommer dock på bekostnad av lokal kontroll, eftersom den inte nödvändigtvis interpolerar genom sina kontrollpunkter. Kurvan kan tvingas till att interpolera genom specifika kontrollpunkter, vilket kan vara användbart för start- och slutpunkterna på en spline. (Foley 1997, s. 491-494).



Figur 5: En Basis-spline i 2D. Den interpolerar inte genom någon nod, och kurvor kan inte dras till den första och sista noden.

3 Problemformulering

I enlighet med bakgrunden har följande frågeställning formulerats: vilken eller vilka spline-metoder, av Bézier, Hermite, Catmull-Rom, Basis och Linear, passar bäst till ett verktyg för kamerarörelser i mellansekvenser inom spelutveckling med hänsyn till användarupplevelse och resultat? Problemets relevans kommer från en splines många olika applikationsområden inom dataspelsutveckling, med användningsområden som sträcker sig från icke-linjära kamerarörelser och simulationer, till AI-rörelser och objektmodellering. Eftersom denna undersökning fokuserade på en kameras rörelse genom en mellansekvens, och eftersom splines är ett vanligt förekommande verktyg för att uppnå detta, blev fem olika spline-metoder utvalda för att utvärdera problemet (Nyström & Darwiche 2022).

Redan existerande verktyg som hanterar splines, till exempel Unitys inbyggda verktyg, övervägdes som alternativ till att genomföra experimentet. Dock, eftersom verktygen, inklusive Unitys egna, sällan omfattade samtliga spline-metoder den här studien ämnar att täcka, skapades ett eget verktyg för att passa studiens ändamål (Unity Technologies). De av denna studien utvalda spline-metoder besitter intressanta egenskaper som skiljer dem från varandra (Bartels, Beatty & Barsky 1985, s. 80, 151-152, 238-239; Foley 1997, s. 480-505, 521-522).

- Linear: väldigt billig; väldigt simpel; enbart C_0 -kontinuerlig.
- Bézier: interpolerar genom var tredje nod; andra punkterna avgör tangenter; kan vara både C_0 eller C_1 -kontinuerlig efter behov.
- Hermite: interpolerar genom varje nod; explicit hastighetsvektor vid varje nod; kan vara både C_0 eller C_1 -kontinuerlig efter behov.
- Catmull-Rom: interpolerar genom alla punkter; C_1 -kontinuerlig.
- Basis: interpolerar inte genom någon nod; C_2 -kontinuerlig.

3.1 Metodbeskrivning

Metodbeskrivningen ämnar att ge en inblick i hur studiens frågeställning planerades att besvaras, samt att beskriva vilka metoder som nyttjats. Överskådligt genomfördes testet som ett användbarhetstest, där den huvudsakliga datainsamlingstekniken var en kvantitativ enkät. Således analyserades datan med kvantitativa metoder baserat på svar från testare som matchade kriterie- och bekvämlighetsurvalet.

3.1.1 Användbarhetstest

Studien genomfördes i form av ett användbarhetstest, där de olika spline-metoderna testades var och en för sig i en kontrollerad testmiljö. Testmiljön utvecklades i Unitys spelmotor och bestod av en scen med diverse hinder genom vilka testarna ombads att skapa en bana för en kamera i en mellansekvens. Urvalet av testare begränsades till personer med utbildning inom någon disciplin av dataspelsutveckling. Testarna presenterades med en start- och slutpunkt mellan vilka de skapade fem olika banor; en för varje typ av spline, och de fick detaljerade instruktioner om hur de skulle använda verktyget. Eventuella frågor under testets gång beviljades också, men observatörerna förblev annars passiva. Målet med användartestet var att undersöka vilken eller vilka spline-metoder som passade bäst till det specifika ändamålet. Scenariot syftade till att emulera en realistisk, verklig situation där splines ofta används (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 524-525).

Verktyget som användarna tillhandahölls gav dem möjligheten att skapa nya noder och modifiera redan existerande noder. Verktyget visualiserade i realtid de kurvor som producerades utifrån de givna nodernas parametrar. För att underlätta urskiljandet av spline-metoder från varandra var visualiseringen färgkodad. Modifikationen av noder fungerade på olika sätt beroende på vilken spline-metod som var vald; exempelvis kunde en Basis-nod modifieras enbart positionellt, medan en Hermite-nod kunde modifieras med både sin position och en tillhörande hastighetsvektor, och en Bézier-nod med sin position och vissa restriktioner som försäkrade att förbindelserna mellan spline-segment var perfekt speglade. Ordningen i vilken användarna fick använda de olika spline-metoderna varierades, med syftet att förhindra att användarens skicklighet med verktyget påverkade resultatet (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 13, 19-22, 197-199).

För att redovisa resultatet av de olika metoderna fick användarna beskåda hur kameran rörde sig utefter sin spline. Syftet med detta var att kunna utvärdera slutresultatet av en given spline och sedan kunna jämföra dem gentemot varandra. Detta gav testet mer nyans eftersom det redovisade egenskaper hos splines som annars skulle ha kunnat gå obemärkta. Ett exempel på detta var den parametriska kontinuiteten av en spline, där C_2 kontinuitet oftast endast märks när kameran färdas längs med en spline (Bartels, Beatty & Barsky 1985, s. 270-271).

3.1.2 Datainsamling

Datainsamlingen genomfördes i två skeden: en kvantitativ enkät (se appendix B) samt observationer under användartestet. Enkäten började med att fråga efter relevant bakgrundsinformation, till exempel testarens erfarenhet inom olika discipliner inom dataspelsutveckling, och deras erfarenhet med användandet av verktyg inom Unitys spelmotor. Detta tjänade syftet att sätta nästkommande frågor i mer kontext, där exempelvis två kontrasterande svar möjligen kunde förklaras med att de härstammade från olika bakgrunder (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 279). För att samla in den relevanta bakgrundsinformationen skapades en lista med fördefinierade discipliner som grupperades enligt följande: 'programmering', 'design', 'grafik', 'ljud/musik' och 'game writing', samt en Likertskala där testarna själva fick värdera sin erfarenhet med verktyg i Unity (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 280).

Efter att testaren hade genomfört en av spline-metoderna i användartestet besvarade de frågor om sina spontana tankar kring upplevelsen. Frågorna delades upp i två former: en Likertskala och ett icke-obligatoriskt fritextsvar. Två frågor använde en Likertskala och ställdes på följande sätt: 'Hur lätt upplever du att en [spline-metod] är att arbeta med?' och 'Hur upplever du att slutresultatet av en [spline-metod] blir?'. Likertskalan gick mellan 'inte alls lätt/bra' och 'mycket lätt/bra'. Detta ämnade att kvantifiera testarens åsikter och utvärdera upplevelsen. Fritextsvarens syfte var att omfatta testarens spontana tankar och ge dem möjligheten att uttrycka åsikter som var omöjliga att förmedla med en strikt kvantitativ enkät (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 268-269, 280-281). Det gav även testaren en chans att uttrycka åsikter om verktyget och scenen som användes för att utföra testet, vilket kunde användas för att upptäcka eventuella bakomliggande variabler (Borg & Westerlund 2014, s. 13). Slutligen fick testarna även ange tiden som testet tog, vilket mättes av observatören Avslutningsvis presenterade enkäten testaren med mer överskådliga frågor. Dessa gav dem en möjlighet att förse sina tidigare svar med ytterligare kontext samt jämföra de olika spline-metoderna mot varandra. Dessa frågor var i form av rangordningsfrågor och ett fritextsvar. Användaren fick rangordna

de fem olika spline-metoderna utefter ett specifikt kriterium. Det fanns tre frågor, där de två första avsåg kriterierna 'vilken spline-metod som var mest användarvänlig' och 'vilken spline-metod som gav bäst slutresultat'. I slutet fanns också utrymme för ett icke-obligatoriskt fritextsvar, där användaren gavs möjlighet att uttrycka sina översiktliga tankar.

Som ett komplement till enkäten observerades testaren. Eftersom det i vissa fall var osannolikt att en testare skulle kunna exakt formulera sina tankar, studerades deras beteenden för att ge undersökningen ytterligare nyans. Observationerna utfördes med en person. Detta kan betraktas som ett problem eftersom en enda observatör inte ger möjlighet att samla information utifrån olika perspektiv som sedan kan kompletteras med varandra för att ge ytterligare insikt. Utöver detta kan observationerna enklare sammanvävas och följaktligen göra datan mer pålitlig. Men eftersom ett flertal observatörer i vissa fall kan uppfattas som avskräckande för testare togs beslutet att enbart ha en observatör per test. Observatören ämnade att vara passiv och att undvika deltagande i testarens uppgift. Det kan dock vara svårt att vara uteslutande passiv i en omgivning, och observatören gav svar på eventuella frågor från testaren men deltog inte aktivt i användartestet. Utöver observationerna loggades även tiden testarna tog på sig att skapa varje spline (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 287-291).

En huvudsakligen kvantitativ metod valdes eftersom syftet var att visa om alternativa spline-metoder hade någon merit och möjligtvis kunde integreras i fler verktyg. De kvalitativa aspekterna av datainsamlingen, alltså fritextsvar och delvis observation, var mer till för att kunna utvärdera hur pass bra testmiljön samt verktyget speglade en realistisk situation där splines skulle kunna användas inom spelutveckling. Den kvalitativa datan var alltså tänkt att översiktligt analyseras för att eventuellt kunna upptäcka brister inom användbarhetstestet, medan de kvantitativa resultaten analyserades djupare med målet att besvara problemformuleringen (Quiéros, Faria & Almeida 2017).

Alternativa metoder kunde exempelvis ha varit en ostrukturerad eller semistrukturerad intervju. En ostrukturerad eller semistrukturerad intervju kunde ha genomförts direkt efter användartestet och hade ämnat att omfatta testarens spontana tankar kring testet. En ostrukturerad intervju kommer i form av öppna frågor, utan specifika förväntningar om format eller svarens innehåll, medan en semistrukturerad intervju har ett antal förutbestämda frågor – både öppna och stängda – men kan sedan avvika till icke-standardiserade eller individanpassade diskussioner. Detta skulle gett testarna möjligheten att mer fritt uttrycka sina tankar i jämförelse med en enkät men skulle också ha problematiserat dataanalysen eftersom den kvalitativa utdatan ofta kan vara svår att ställa i en kvantitativ kontext (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 268-269).

3.1.3 Dataanalys

Det första steget för att analysera insamlad data var att processa den. Detta gjordes på olika sätt beroende på insamlingsmetod: kvantitativ data tabulerades ofta i ett kalkylark, medan kvalitativ data ofta transkriberades eller loggades. Studiens kvantitativa data, vilket också var dess huvudfokus, utgjordes av statistiken insamlad från enkäten. Datan sorterades eller kategoriserades därefter utifrån demografiska kriterier, exempelvis ålder eller kön, men även utifrån disciplin inom dataspelsutveckling. Den insamlade kvalitativa datan, det vill säga fritextsvaren från enkäten och diverse data från observationerna, fungerade som ett komplement till den kvantitativa delen för att ge bredare nyans och genomsöktes samt kategoriserades efter eventuella mönster (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 310-311).

Rangordningsfrågorna angående de olika spline-metoderna kvantifierades på en skala mellan 1 och 5. Heltalen i detta intervall representerade platsen i rangordningen som en specifik spline-metod hade; till exempel om Bézier rangordnades som den näst bästa spline-metoden av en testare, fick den värdet 2. Denna process utfördes för varje testare, och således fick varje spline-metod en lista med heltal som representerade platsen i rangordningen spline-metoden placerades på av varje testare. Detta generaliserades därefter med hjälp av medelvärdet, där varje spline-metod fick ett värde som representerade dess genomsnittliga rangordning, där ett lägre värde motsvarade ett bättre resultat. Även medianen övervägdes, men eftersom rangordningarna innefattade ett slutet intervall undveks extremvärden. Av denna anledning lades mer vikt på medelvärdet, men medianen redovisades ändå för att eventuellt kunna kontrastera medelvärdet (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 311-312).

Likertskalorna som presenterades för testaren efter varje spline-metod kvantifierades på ett liknande sätt. Likertskalorna använde också ett intervall mellan 1 och 5, men resultatet var inverterat jämfört med rangordningsfrågorna, där lägre var sämre och högre var bättre. Av den anledningen var det relevant att invertera något av medelvärdena, för att enklare kunna likställa och jämföra dem med varandra. Dessa två utdatan kunde därefter kontrasteras med varandra för att undersöka om testarnas rangordning stämde överens med deras individuella graderingar, samt om ordningen en testare utförde spline-metoderna i hade någon inverkan på resultatet. Slutligen tolkades den demografiska informationen och informationen kring disciplin i procentform. Procentenheterna bestämdes utifrån andelen testare som angav att de var utbildade inom exempelvis 'design', eller andelen testare som angav att de var 'kvinna'. Dessa kategorier gav sedan ytterligare insikt i om det existerade några mönster som påverkade en testares svar (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 311-312).

Eftersom denna studiens kvalitativa data var av begränsad kvantitet krävdes inga avancerade metoder för att analysera datan. Istället användes den som ett komplement till den kvantitativa datan. Hade den kvalitativa delen varit mer omfattande hade dock en tematisk analys och kategorisering efter data varit relevant. Tematisk analys är en teknik som ämnar att identifiera, analysera och rapportera mönster i kvalitativa data. I detta fall är ett tema ett ämne som anses vara relevant i relation till studien. Teman söks upp systematiskt i ett försök att bevisa eller motbevisa första intryck. Den systematiska analysen fokuserar mycket på konsekvens mellan testdeltagares svar, i ett försök att utesluta ifall ett tema genomsyrar alla svar eller bara några enstaka. Efter att ett antal teman identifierats är det vanligt att betrakta analysen med ett helhetsperspektiv. Detta görs för att undersöka i vilken grad temana relaterar till varandra och vilka egenskaper de delar. (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 320-323). De olika teman som identifierats placeras därefter i kategorier. Hade den här studien haft mer omfattande kvalitativa data hade kategorierna kunnat formats induktivt, det vill säga att kategorierna fått lov att dyka upp av sig själva, istället för att deduktivt utforma kategorier i förhand. Beroende på datan som kategoriserades skulle det sedan vara möjligt att kvantifiera den (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 324-325).

Ytterligare en kvalitativ analysmetod som hade varit relevant vid större mängd kvalitativa data skulle ha kunnat vara en innehållsanalys. Detta medför att klassificera datan efter olika teman och sedan studera frekvensen de förekommer med. En innehållsanalys behandlar data i textform, vilket omfattade denna studiens kvalitativa data, det vill säga fritextsvaren och datan från observationerna. Denna data kan sedan användas för att berika den kvantitativa delen,

genom att bidra med nyans och djup. Detta hade i denna studiens fall kunnat vara fritextsvaren, genom att ge testaren möjligheten att uttrycka sin upplevelse på ett mer utförligt sätt än en Likertskala, och observationerna, genom att studera och logga testarnas progression och kommentarer (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 287, 329, 332-333).

3.1.4 Urval

Eftersom denna studie ämnade att utforska hur olika spline-metoder upplevdes inom spelutveckling tillämpades ett kriterieurval. Kriteriet som fanns var att den som deltog i användartestet skulle ha tidigare erfarenhet inom spelutveckling. Även ett bekvämlighetsurval tillämpades, detta i form av att enbart elever som studerade på Högskolan i Skövde erbjöds att delta i användartestet. Till följd av det tidigare nämnda bekvämlighetsurvalet kategoriserades deltagarna i användartestet utifrån vilka discipliner de hade erfarenhet inom. De kategorier som utformades (se figur 14) baserades på de dataspelsutbildningar på kandidatnivå som erbjuds på Högskolan i Skövde.

För den här studien var ett bekvämlighetsurval att föredra eftersom studiens tidsram var begränsad och att studien genomfördes i anslutning till Högskolan i Skövde som dessutom redan har många som fyller urvalskriteriet. Detta tillåter studien att hitta flera testare utan att behöva allokera en betydligt större del av tidsramen för att söka efter potentiella testare. En möjlig svaghet med detta urval är att det inte nödvändigtvis är helt representativt för spelutvecklare i allmänhet. Detta eftersom testarna är koncentrerade runt Högskolan i Skövde vilket kan innebära att det är möjligt att många har liknande erfarenheter och kunskap kring spelutveckling.

3.1.5 Forskningsetiska principer

Under genomförandet av en studie var det viktigt att deltagarna i testet gjordes medvetna om de rättigheter de var beskyddade av. Kraven som ställs av Vetenskapsrådet (2002) är fyrfaldiga. Det första kravet är informationskravet, vilket innebär att forskaren ska informera undersökningsdeltagarna angående deras uppgift i projektet och de villkor som gäller under deras deltagande. Studien uppfyllde detta krav genom att tydligt informera samtliga testdeltagare om deras uppgifter och villkor, men även om studiens syfte. Det andra kravet är samtyckeskravet, vilket innebär att deltagarna måste samtycka till testet, och har rätten att avsluta testet när som helst utan konsekvenser. Studien uppfyllde detta krav genom att tydligt informera deltagarna om sina rättigheter till att avbryta testet utan konsekvenser när som helst. Det tredje kravet är konfidentialitetskravet, vilket innebär att testdeltagarna ska ges största möjliga konfidentialitet och personuppgifter ska förvaras utan att göras tillgängliga till obehöriga. Denna studie hanterade inga känsliga personuppgifter, men information om deltagarnas ålder och kön samlades in genom en privat enkät och har hållits och kommer fortsätta att hållas konfidentiellt och förvaras utan tillgänglighet för obehöriga. Deltagarna utförde alltså både test och enkät anonymt. Det fjärde och sista kravet är nyttjandekravet, vilket innebär att uppgifter samlade om enskilda personer endast får användas för forskningsändamål. Studien uppfyllde kravet genom att strikt använda all samlad information endast till forskningsändamål.

4 Genomförande

Genomförandet ämnar att beskriva utförandet av den valda metoden. Till en början utvecklades verktyget i Unity, och efter att det var färdigställt fick testarna använda verktyget för att besvara ett antal frågor i en enkät. Därefter sammanställdes och analyserades resultaten med hänsyn till att försöka besvara studiens frågeställning.

4.1 Implementation

Den första delen av undersökningen var användartestet, som nyttjade verktyget som utvecklats under studiens gång (se appendix A för referenser). Verktygets syfte är att redovisa de tidigare nämnda spline-metoderna, och låta testarna jämföra dem mot varandra. Testarna gavs två huvudfunktioner – att förflytta noder och att lägga till/ta bort noder – och blev ombudda att skapa en färd bana för en kamera genom en mellansekvens. Dessa två funktioner finns som separata lägen som kan nås med hjälp av tangentbordsgenvägar, *I* för förflyttning och *U* för att skapa/radera. I förflyttningsläget får testaren upp handtag som de kan använda för att justera individuella noders 3-dimensionella position. I skapa/radera-läget kan användaren vänsterklicka för att skapa nya noder, samt högerklicka på enskilda noder för att radera dem. Generellt skapas noder i slutet av spline:en vid vänsterklick, men om testaren vänsterklickar på ett segment i spline:en mellan två redan existerande noder, infogas en ny nod mellan de två andra noderna. Det går även att placera ut noder genom att klicka på 'Add Node'-knappen i inspektorn. Vidare kan även variabeln 'Spline Method' ändra den metod som används för att generera en given spline. Det är för användaren möjligt att växla mellan spline-metoder för referens eftersom tidigare metoder sparar positionerna av sina noder även när en ny metod valts. Därefter är det också möjligt att starta programmet för att förhandsgranska mellansekvensen. I det läget interpolerar kameran mellan noder, och det går att i inspektorn justera både hastigheten som kameran interpolerar med, samt en kryssruta som bestämmer om gizmos¹ visas när programmet körs.

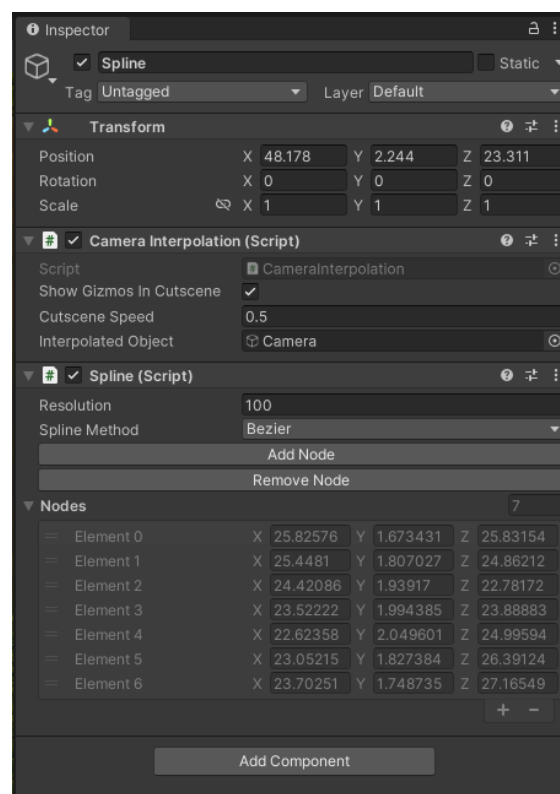


Figur 6: Figuren visar testscenen testarna presenterades med. Till höger är inspektorn där olika parametrar kan ändras, och i mitten är omgivningen testarna fick navigera.

¹ I Unity används gizmos för att skapa visuell felsökning eller andra verktyg i scen-vyn.



Figur 7: Testmiljön.



Figur 8: Inspektorn.

4.2 Utvärdering

Testet fortsatte efter att testarna blev ombudade att läsa igenom instruktionerna (se appendix C) och blev tilldelade den ordning de skulle använda spline-metoderna. Ordningen varierade från testare till testare, och bestämdes av systematisk fördelning. Eftersom testet bestod av fem spline-metoder genererades alla permutationer som dessa fem objekt kan ordnas på genom ekvationen $5! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120$. Dessa permutationer ordnades sedan på ett sätt som jämnt fördelade ordningen på samtliga metoder. Därefter blev testarna givna instruktioner

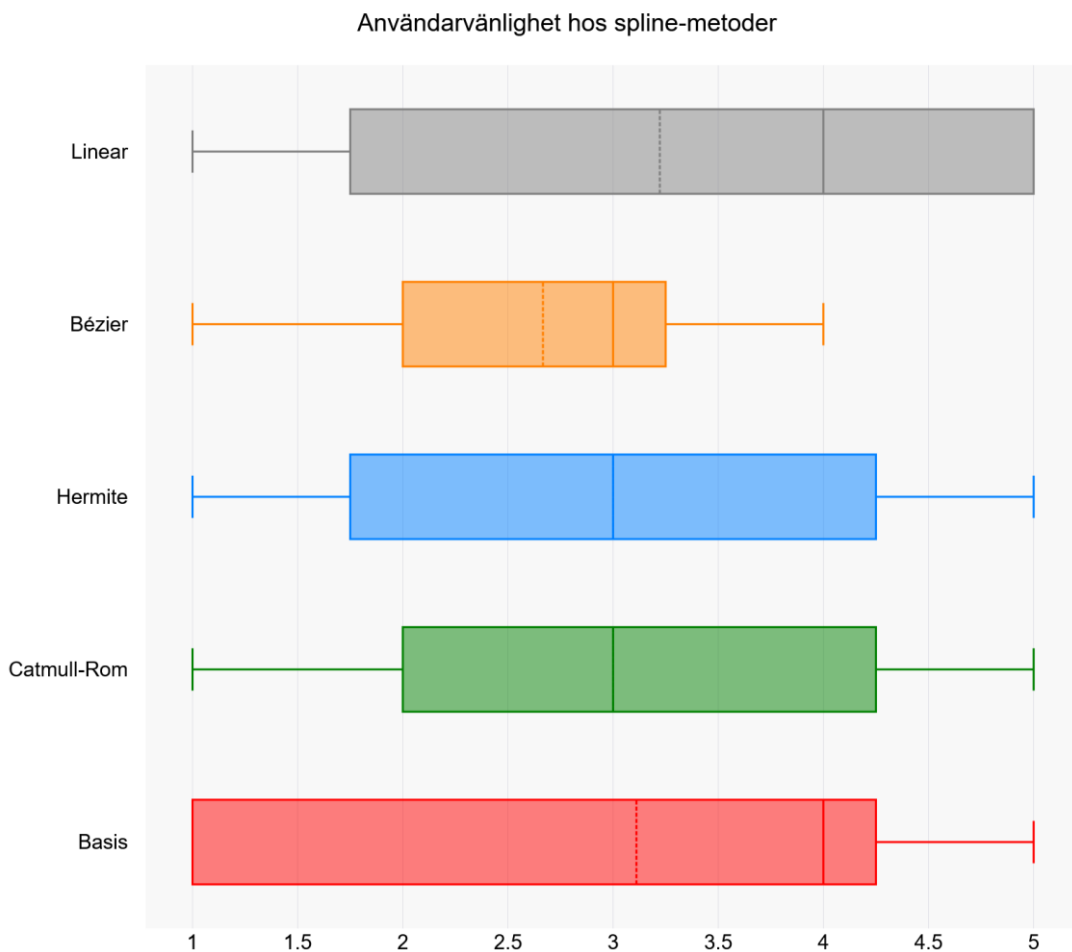
kring hur de skulle konstruera sina splines. Målet var, med en konstant startposition som utgångspunkt, att dra en spline förbi två stycken kontrollstationer och sedan avsluta vid den markerade slutpositionen. Innan testet började gavs testaren tid till att navigera och utforska omgivningen de skulle skapa sina splines inom, och fick själva bestämma när de kände sig redo att starta testet. Därefter startades ett tidtagarur och testet fortskred som det beskrivits ovan.

Parallellt med användbarhetstestet tilldelades testarna även ett formulär som de fick besvara i olika stadier av testet (se appendix B). Innan testet börjat fick de ange grundläggande demografisk information angående ålder och kön, men även annan generell information gällande de discipliner inom spelutveckling de har erfarenhet inom och den mängd erfarenhet de har med att arbeta med verktyg i Unitys spelmotor. Därefter fick testarna svara på ett antal frågor efter de färdigställt varje individuell spline-metod. Dessa frågor relaterade till deras upplevelse med dessa metoder, och testarna fick utvärdera varje spline-metods användarvänlighet² och slutresultat. Det var även i dessa sektioner där tiden testarna tog per spline loggades, och där de mer kvalitativa fritextsvaren nyttjades. Fritextsvaren gav testaren möjlighet att uttrycka åsikter som inte kunde fullständigt yttras i kvantitativa Likert-skalor. Efter att de slutfört alla tester gavs testarna även två rangordningsfrågor där de fick rangordna de olika spline-metoderna gentemot varandra kring de två kriterierna av användarvänlighet och slutresultat. I denna sektion fanns också ytterligare ett icke-obligatoriskt fritextsvar som tillät testarna att uttrycka åsikter om testet i stort.

² Termen 'användarvänlighet' presenterades för testarna som hur lättarbetad varje spline-metod var. I studien kommer en splines användarvänlighet att mätas efter hur lättarbetad den var.

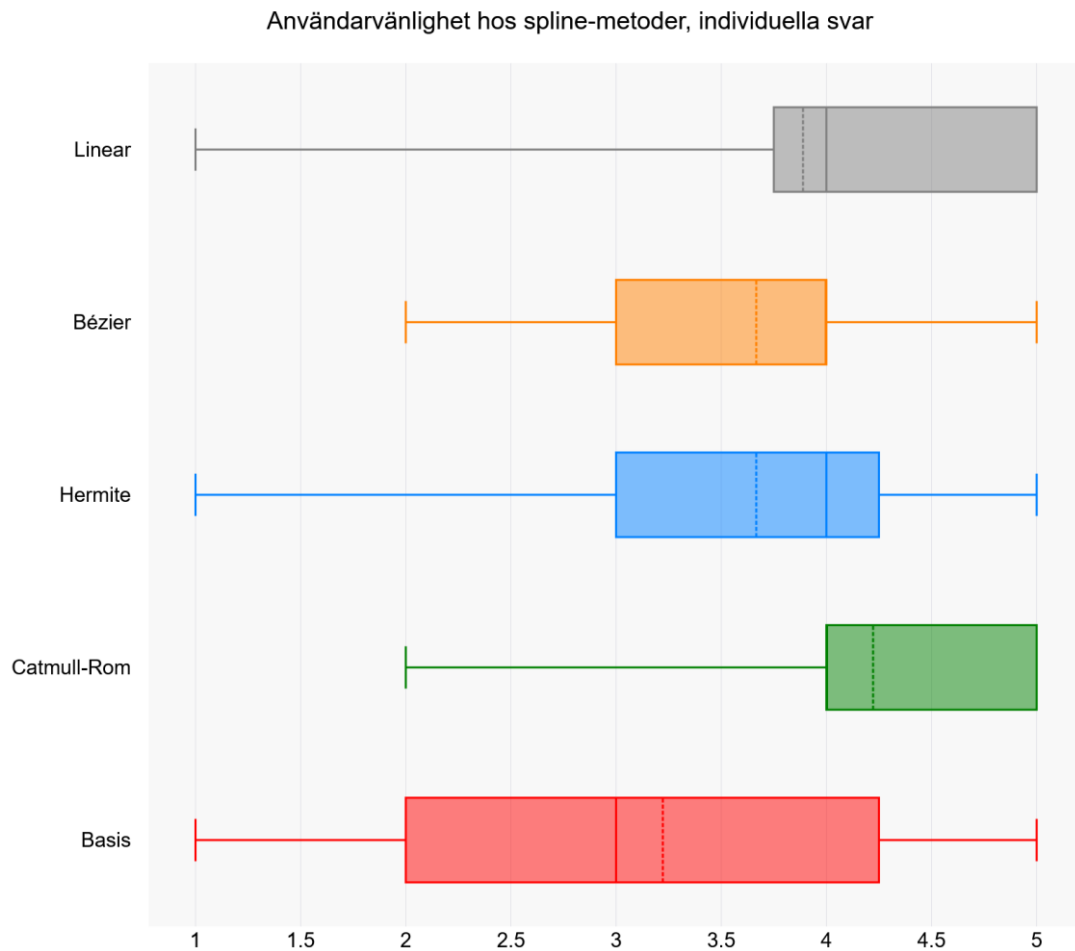
4.3 Resultat

De huvudsakliga parametrar som mättes var användarvänligheten samt slutresultatet hos de fem olika spline-metoderna. Detta gjordes på två olika sätt, dels överskådligt i slutet av enkäten där testarna fick rangordna de olika metoderna efter att de använt allihopa, och dels allt eftersom testet fortskred, med syftet att fånga deras spontana åsikter. Nedan är ett lådagram över spline-metodernas användarvänlighet enligt testarnas åsikter efter att de testat samtliga metoder. Lådagrammets övre och undre gräns, kallade $q1$ och $q3$, innefattar 50% av datapunkterna, och utelämnar de resterande 25% på vardera sida. Den streckade linjen signifierar diagrammets medelvärde, medan den heldragna linjen markerar medianen. Högre värde på x-axeln motsvarar högre användarvänlighet.



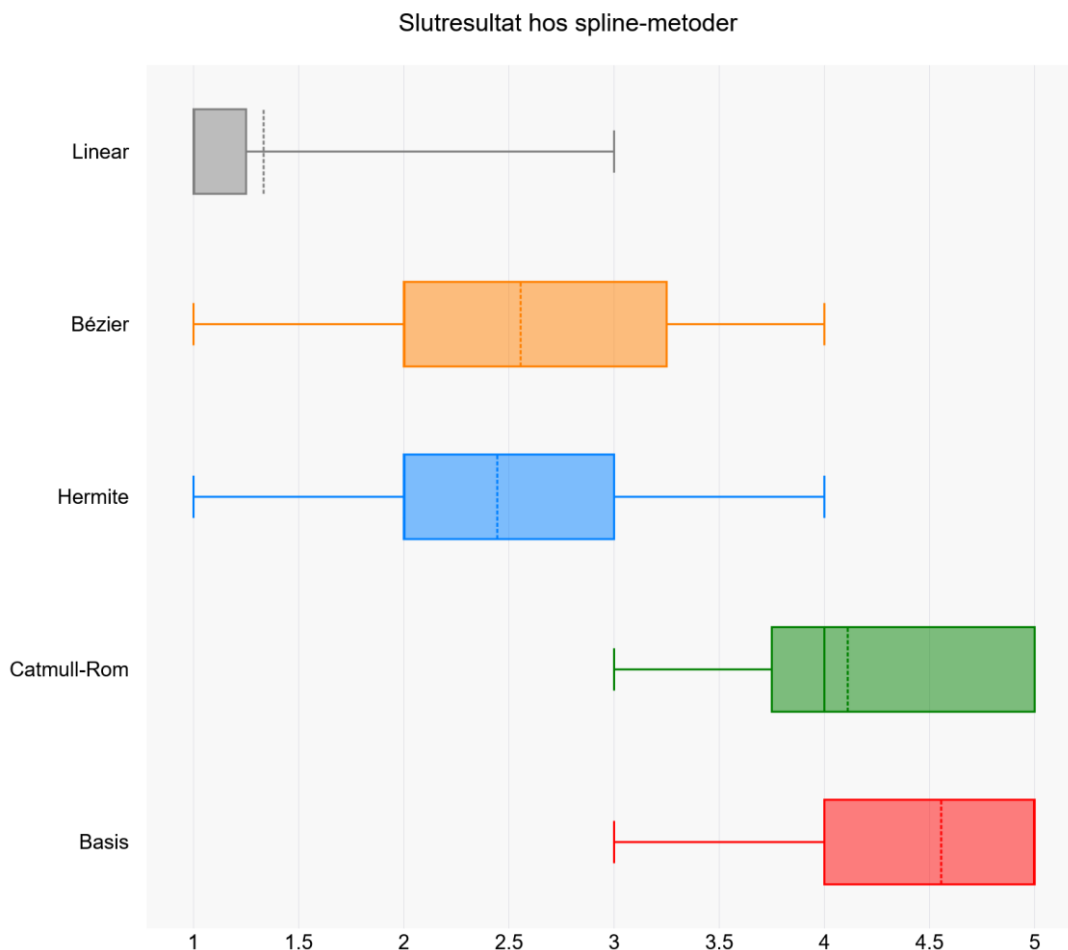
Figur 9: Diagrammet visar användarvänligheten hos de fem olika spline-metoderna där högre värde motsvarar högre användarvänlighet. Diagrammet innefattar testarnas åsikter efter att de använt samtliga spline-metoder.

Diagrammet nedan visar istället åsikterna testarna hade direkt efter att de testat de individuella metoderna, som mer syftade mot att fånga deras spontana åsikter angående användarvänligheten hos de olika spline-metoderna de fått använda.



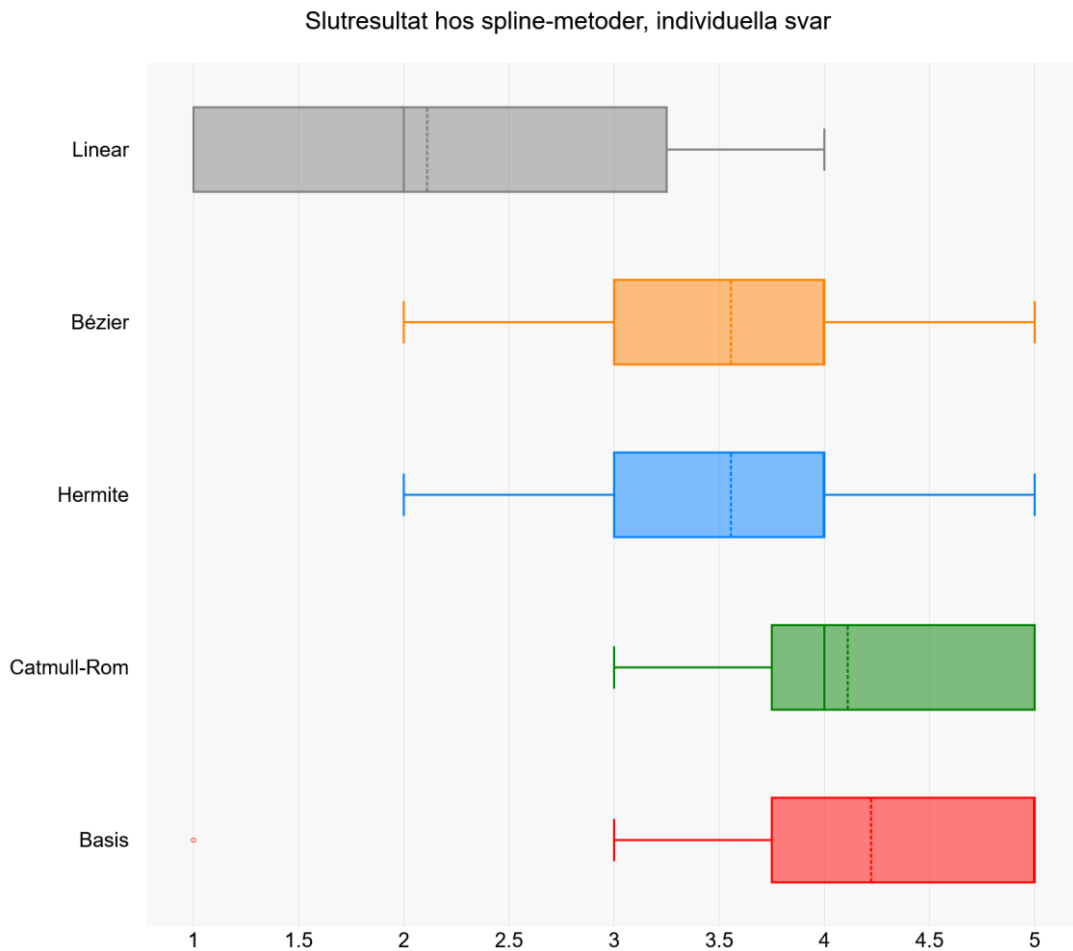
Figur 10: Diagrammet visar användarvänligheten hos de fem olika spline-metoderna där högre värde motsvarar högre användarvänlighet. Diagrammet innefattar testarnas åsikter direkt efter att de fått använda varje individuell spline-metod.

I likhet med föregående diagram skapades också ett lådagram över hur testarna ansåg att slutresultatet kring de olika spline-metoderna blev. Slutresultatet syftar på hur väl testarna tyckte att interpoleringen av kameran längs med spline:en fungerade. Igen markeras medelvärdet av den streckade linjen och medianen av den heldragna linjen. Högre värde på x-axeln motsvarar bättre slutresultat.



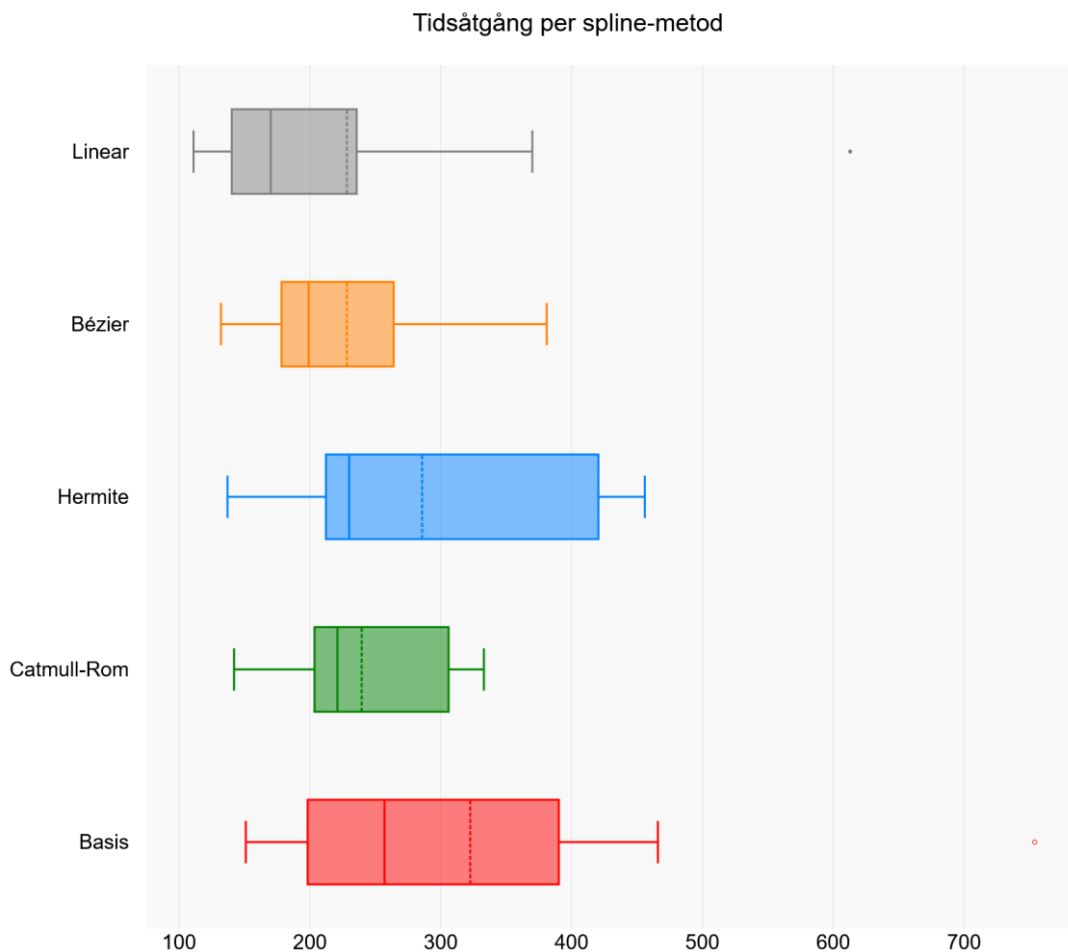
Figur 11: Diagrammet visar slutresultatet hos de fem olika spline-metoderna där högre värde motsvarar bättre slutresultat. Diagrammet innefattar testarnas åsikter efter att de använt samtliga spline-metoder.

Diagrammet nedan visar istället åsikterna testarna hade direkt efter att de testat de individuella metoderna, som mer syftade mot att fånga deras spontana åsikter kring slutresultatet av de spline-metoder de fått testa.



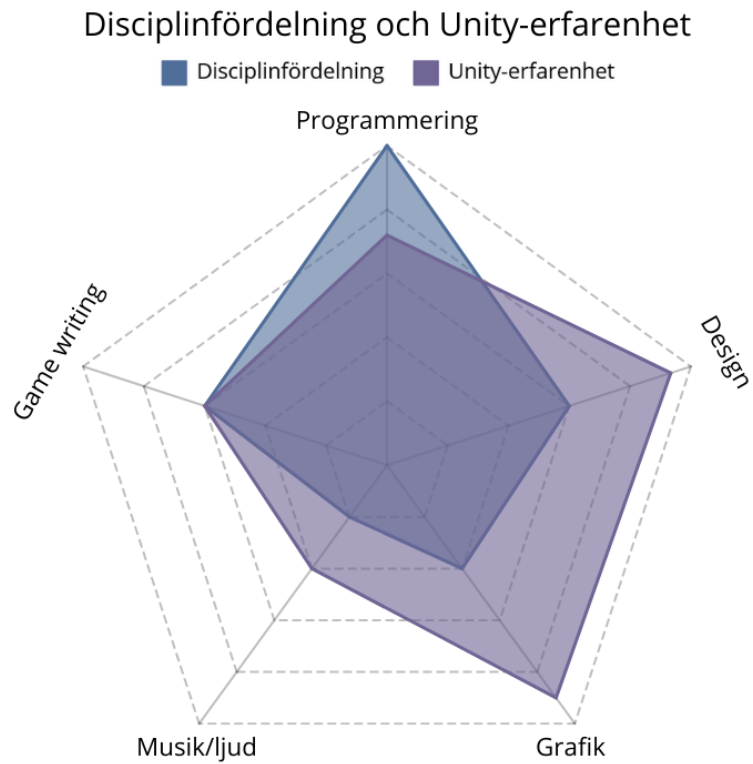
Figur 12: Diagrammet visar slutresultatet hos de fem olika spline-metoderna där högre värde motsvarar bättre slutresultat. Diagrammet innefattar testarnas åsikter direkt efter att de fått använda varje individuell spline-metod.

Som diskuterats tidigare blev testarna tilldelade ordningen på spline-metoderna de skulle testa. Ordningen varierade mellan testarna i syfte att förhindra att en och samma spline-metod alltid kom i början – när testarna var mindre vana vid verktyget – eller slutet – när testarna var mer vana vid verktyget. I genomsnitt tog det ca 1 minut och 30 sekunder längre för testarna att bli färdiga med en metod om det var deras första, men den systematiskt fördelade ordningen gjorde att ingen metod fick varken för- eller nackdel. Ingen tidsskillnad upptäcktes mellan den andra, tredje, fjärde och femte metoden. Med datan justerad för eventuell bias, kan den genomsnittliga tidsåtgången varje spline-metod tog illustreras återigen med hjälp av ett lådagram. Igen markeras medelvärden av den streckade linjen och medianen av den heldragna linjen, medan de ensamma punkterna motsvarar avvikande värden. X-axeln visar tiden i sekunder.



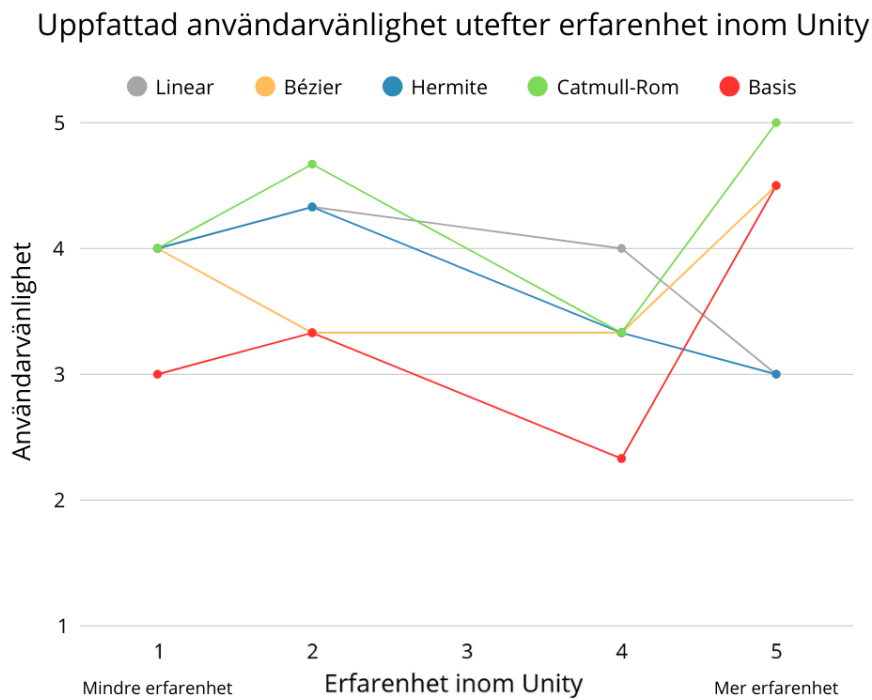
Figur 13: Diagrammet visar tidsåtgången hos de fem olika spline-metoderna där x-axeln representerar tiden i sekunder.

Ytterligare information som loggades var användarnas erfarenhet med användandet av verktyg i Unity, samt de discipliner för spelutveckling de har erfarenhet inom. Diagrammet nedan visar fördelningen av de olika disciplinerna samt medelvärdet av den självvupskattade erfarenheten av att använda verktyg i Unity inom varje disciplin.

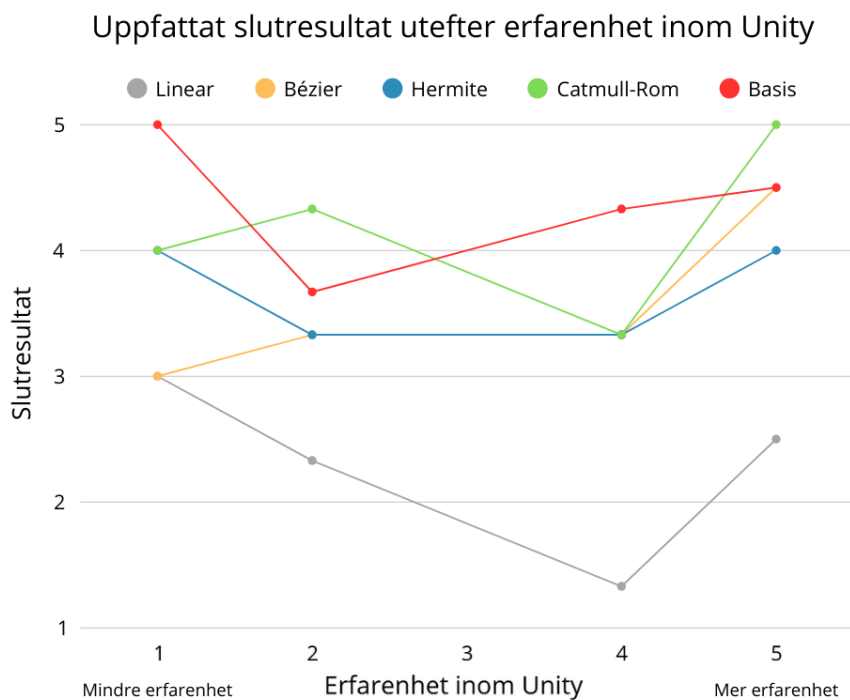


Figur 14: Diagrammet visar fördelningen av testarnas discipliner samt erfarenheten med Unity-verktyg inom varje disciplin.

Graferna nedan illustrerar hur användarvänligheten samt slutresultatet påverkas av användarnas självuppskattade erfarenhet av att arbeta med verktyg i Unity. Y-axeln representerar medelvärdet av användarvänligheten respektive slutresultatet.



Figur 15: Grafen visar hur den uppfattade användarvänligheten påverkas av en testares erfarenhet av att arbeta med verktyg i Unitys spelmotor. Högre värde motsvarar mer erfarenhet respektive bättre användarvänlighet.



Figur 16: Grafen visar hur det uppfattade slutresultatet påverkas av en testares erfarenhet av att arbeta med verktyg i Unitys spelmotor. Högre värde motsvarar mer erfarenhet respektive bättre slutresultat.

4.4 Analys

Analysen ämnar att ge en mer nyanserad reflektion kring resultaten. Den går igenom varje spline-metod för sig och utvärderar dem efter studiens frågeställning, det vill säga användarvänlighet och slutresultat. Slutligen sammanställs alla spline-metoder och jämförs med varandra, i syfte att besvara vilken eller vilka metoder som bäst lämpar sig för respektive kriterium.

4.4.1 Linear

Figur 9 och 10 visar hur inkonsekvent testarna värderade linear splines användarvänlighet. På den överskådliga rangordningsfrågan de blev presenterade i slutet av enkäten hade svaren en stor variationsbredd, med vissa som ansåg den vara den mest användarvänliga och andra som tyckte den var den minst användarvänliga. En möjlig anledning till att testarna gav olika svar var att de synligen hade olika inställningar till hur de använde linear splines. Vissa försökte placera en stor mängd noder för att emulera de andra metodernas jämnare kurvor och ansåg därför att den var mindre användarvänlig. Andra accepterade dock spline:ens mer "hackiga" form och tyckte på grund av det att den var lättare att följa och manipulera. Dock ansåg majoriteten av testarna att linear splines var långt mer användarvänliga direkt efter att de fått använda den, där de fick det näst bästa medelvärdet. Skillnaden mellan denna värdering och den i rangordningsfrågorna kan tydas på flera sätt. En tolkning är att det har med den ordning testarna fick använda den olika spline-metoderna på och att testarna initialt ansåg att linear-splines var lätta att använda, men ändrade sig så snart de fick testa andra metoder. Problemet med detta är att den systematiskt fördelade ordningen borde ha jämnat ut dessa motsägelser tillräckligt för att de inte ska ha en signifikant påverkan på resultatet. En annan möjlig förklaring är att testarna i rangordningsfrågorna helt enkelt värderade de andra spline-metoderna högre, utan att nödvändigtvis tycka att linear var icke-användarvänlig. Problemet med detta är att, som redan nämnts ovan, linear hade det nästa bästa medelvärdet av de fem olika spline-metoderna på skalan av användarvänlighet direkt efter att den använts. Oberoende av detta var linear den metod som krävde delad lägst tidsåtgång, och anledningen till att ett antal av testarna tyckte att detta var en av de mer lätthanterliga metoderna. Slutresultatet är dock lättare att dechiffrera, där linear hade, enligt testarna, i genomsnitt det sämsta resultatet av samtliga spline-metoder, både direkt efter att den testats och i efterhand. Flera av testarna anmärkte att linear var väldigt "hackig" eller "kantig".

4.4.2 Bézier

Bézier-splines är också på vissa sätt svåra att tyda. På användarvänlighetsfrågorna gav testarna spline-metoden ett relativt lågt medelvärde, men variationsbredden var, trots det, stor. Testarna verkade även här inte vara fullkomligt eniga om användarvänligheten, vilket skulle kunna bero på ett antal anledningar. Vissa tyckte att den behövde fler justeringar, och under observationer var det tydligt att många ansåg att denna spline-metod var besvärlig på grund av att varje gång en nod placerades ut medföljde också två tangenter, vilket kunde uppfattas som överväldigande. Andra tyckte att den var intuitiv och lätt att arbeta med, men också att den hade en högre inlärningskurva än många av de andra. Trots detta krävde Bézier lägst tidsåtgång tillsammans med linear, båda med ett medelvärde på exakt 03:48.13. Att Bézier behövde så pass lite tid är något av en anomali, eftersom både enligt fritextsvaren, som ansåg den kräva en brant inlärningskurva, och observationerna, där det var tydligt att Bézier var en spline-metod svår att sätta sig in i, påvisar att Bézier bör ha tagit mer tid än en metod som

linear. Även enligt figur 14 och 15 är det tydligt att Bézier inte påverkas mer än andra spline-metoder av aspekter som erfarenhet, åtminstone enligt testarnas egna uppfattningar. Med slutresultatet kan det beskådas att testarna värderade Bézier någonstans runt mitten, nära Hermite-splines, men ändå under Catmull-Rom och Basis. Att Bézier och Hermite-splines gavs liknande värderingar angående slutresultat beror troligtvis på att de är nära besläktade i uppbyggnad. De delade därför ett antal problem som testarna anmärkte på. Först var det många som märkte att övergången mellan två spline-segment kunde vara "hackig", "ryck[ig]" eller "uppenbar och klumpig". Sedan var det också några som kommenterade att accelerationen mellan noder kunde vara ojämn eller oförutsägbar. Det var dock också testare som kände sig överlag nöjda med resultatet och rangordnade den som den näst bästa metoden med hänsyn till slutresultat.

4.4.3 Hermite

Hermite är på många sätt lik Bézier. Hermite har något bättre resultat på användarvänlighet, åtminstone på rangordningsfrågan på slutet av enkäten. Trots att Hermite och Bézier har liknande uppbyggnad, och trots att de hade liknande värderingar, var det många testare som föredrog den ena långt över den andra. Detta kan bero på de två spline-metodernas tillvägagångssätt i hur de tillåter användaren att manipulera dem. Medan Bézier låter användaren justera två tangenter har Hermite en hastighetsvektor, och det märktes i fritextsvaren och observationerna att många av testarna hade tydliga preferenser angående vilken metod de föredrog. Det var även testare som, likt Bézier, tyckte att denna metod också krävde mycket "finlir" och erfarenhet för att få bättre resultat. Tidsåtgången på Hermite var dock betydligt högre än på Bézier och linear, med en tid på 04:25. Anledningen till detta är svårare att förstå. Ifall Hermite ofta hamnade före Bézier i ordningen testarna fick använda metoderna är det möjligt att de hade mer erfarenhet med den typen av spline när de fick använda Bézier, eftersom Hermite och Bézier är mer lika varandra än andra metoder. Datan motsäger dock detta, och visar att det istället är Bézier som oftast är före i ordningen. Slutresultatet av Hermite-splines var, enligt testarnas åsikter, svårt att urskilja från Bézier. Men jämfört med andra metoder värderades den betydligt lägre än Catmull-Rom och Basis. Det är troligt att detta beror på att testarna hade liknande anmärkningar med Hermite som med Bézier, och kommenterade på att den var "gupp[ig]" eller att den "hackar lite".

4.4.4 Catmull-Rom

Generellt sett är Catmull-Rom en av de mer användarvänliga spline-metoderna, och direkt efter att ha använt den ansåg testarna den som den mest användarvänliga av samtliga metoder. En förklaring till detta är att Catmull-Rom-splines interpolerar mellan alla sina noder, vilket skulle kunna göra den mer intuitiv och lätthanterlig. Testarna själva ansåg att den var smidig, lättjusterlig och enkel att använda. Andra hade dock några få anmärkningar, där en testare exempelvis tyckte att det skulle vara lättare om kurvor även drogs till första och sista noden, vilket är en begränsning med Catmull-Rom-metoden. Tidsåtgången reflekterade på sätt och vis detta, med en tid på 03:59, vilket är snabbare än Hermite, men långsammare än linear och Bézier. Något överraskande värderade testarna Catmull-Rom-metoden bättre på slutresultat än på användarvänlighet när denna metod har både utökad lokal kontroll och interpolerar genom alla sina noder. En förklaring till detta skulle kunna vara att, eftersom Catmull-Rom har vissa fördelar kring användbarhet, tillät detta testarna att skapa en bättre och mer jämn spline som de tillskrev slutresultatet istället för användarvänligheten. Catmull-Rom slutade som den spline-metod med näst bäst slutresultat, och den bästa av de spline-metoder med C_1 -

kontinuitet. Trots detta var det testare som anmärkte att den var något ryckig och hackig, samt att accelerationen kunde vara lite för drastisk. I kontrast till detta var det andra som ansåg att den hade smidiga övergångar mellan noder.

4.4.5 Basis

Överskådligt är Basis en av de minst användarvänliga spline-metoderna. Speciellt direkt efter att testarna fick använda Basis ansåg de att den var den minst användarvänliga med en relativt stor marginal. Detta beror förmodligen på att denna spline inte interpolerar genom någon nod alls, vilket medför att den kan bli svårare att justera. Möjligen av denna anledning var det många testare som kallade den “bökgig” eller “petig”, och att den krävde många justeringar. En testare kommenterade även på att de trodde att den skulle vara svår att redigera i efterhand, eftersom det kan vara svårt att veta vilka noder som korresponderar till vilka spline-segment. Dock var det en testare som tyckte att Basis var “tillfredsställande” att använda, men förklarade vidare att de inte trodde att de hade gillat den om de inte hade fått använda de andra metoderna innan. Basis var även den metod som hade högst tidsåtgång med 05:22, markant högre än Hermite – den metod med näst högst tidsåtgång – på 04:25. Enligt figur 11 och 12 hade Basis dock det bästa slutresultatet enligt testarna. Det var den första metoden där ingen av testarna anmärkte på att övergångarna mellan spline-segment var “hackig” eller “ryckig”. Det är mycket möjligt att detta beror på att Basis är den enda metoden med C_2 -kontinuitet, vilket medför att både hastigheten och accelerationen är kontinuerlig mellan övergångar. Istället ansåg testarna att metoden gav “trevliga kurvor” och att “resultatet blev /.../ bra”.

4.4.6 Sammanställning

Avslutningsvis är det rimligaste sättet att bestämma vilken spline-metod som bör användas att först avgöra vilken aspekt som värdesätts högst. Är det slutresultat fann studien att Basis gav bäst resultat. Användarvänlighet med hänsyn till tidseffektivitet lämpar sig förmodligen linear eller Bézier bäst, medan de mest lättarbetade metoderna förmodligen var linear och Catmull-Rom. Men många av svaren som studien fick var motsägande, och många av testarna hade olika uppfattningar och åsikter, speciellt angående användarvänlighet, och testarnas preferenser varierade stort. Den mest generellt applicerbara spline-metoden är förmodligen Catmull-Rom, eftersom den fick bra betyg på både användarvänlighet och slutresultat. Dock skulle Basis vara ett rimligt alternativ eftersom de flesta av testarna ansåg att den gav ett bättre och mer enhetligt resultat.

5 Sammanfattning och diskussion

Diskussionskapitlet ämnar att ge ett helhetsperspektiv på studien i stort och att sätta studien i ett större sammanhang. Syftet är att bland annat kunna diskutera arbetets trovärdighet och generaliserbarhet, att lyfta den samhällseliga nytta och de eventuella konsekvenserna hos studien, samt att diskutera möjliga vidareutvecklingar på arbetet.

5.1 Sammanfattning

Denna studie valde att utforska följande frågeställning: vilken eller vilka spline-metoder, av Bézier, Hermite, Catmull-Rom, Basis och Linear, passar bäst till ett verktyg för kamerarörelser i mellansekvenser med hänsyn till användarupplevelse och resultat? Undersökningen för att studera detta gjordes i form av en kvantitativ ansats med kvalitativa inslag. Data samlades in via en enkät samt med hjälp av observationer. Parallellt med detta skapades ett verktyg för att skapa splines av de fem tidigare nämnda metoderna. Testarna fick därefter använda samtliga spline-metoder och utvärdera dem efter deras användarvänlighet och det slutresultat de gav. Resultatet visade att linear och Catmull-Rom var överlag de metoder som testarna ansåg mest användarvänliga, medan Basis ansågs vara den med bäst slutresultat. Att linear och Catmull-Rom värderades som de mest användarvänliga metoderna skulle kunna förklaras med att de interpolerar genom alla sina noder – vilket i sin tur skulle kunna göra dem mer lättarbetade. Att Basis upplevdes vara den metod som gav bäst slutresultat skulle också kunna förklaras med en egenskap endast denna spline-metod besitter. Eftersom Basis-splines är C_2 -kontinuerliga innebär detta att de har en kontinuerlig acceleration genom övergångar mellan två spline-segment, vilket av testarna upplevdes mer tillfredsställande.

5.2 Diskussion

Studien utgår från etablerad teori om splines, som beskrivs i källor av Sprunk (2008), Foley (1997) och Bartels, Beatty och Barsky (1985). Dessa källor fokuserar dock huvudsakligen på den matematiska grunden av splines, och inte dess olika praktiska tillämpningar. Denna studie visar att splines kan tillämpas på mellansekvenser inom spelutveckling, vilket i sin tur demonstrerar att teorin även är relevant i detta sammanhang. Vidare indikerar den begränsade mängd spline-metoder både Unity (u.å.) och Unreal Engine (2021) har i sina egna spline-verktyg att fortsatt forskning behövs för att utforska andra spline-metoders användbarhet i spelutveckling. Detta speciellt när denna studie fann att Basis gav bäst resultat, en metod som inte är ett fokus för Unity – som istället har linear, Bézier och Catmull-Rom – eller Unreal Engine – där flera av deras verktyg fokuserar främst på tangentiella splines och enbart ett fåtal erbjuder Basis alls.

En viktig del av studien är dess trovärdighet och generaliserbarhet. Forskningens reliabilitet – det vill säga hur väl det går att återskapa samma resultat vid olika tillfällen och under olika studier – försvagas något av det mindre urval studien använde sig av. Däremot styrks den av en metod väl förankrad i metodlitteratur, vilket gör den tydlig och systematisk, vilket i sin tur lämpar sig för reproducerbarhet. Vidare användes ett standardiserat tillvägagångssätt gentemot testare och datapunkter för att få konsekventa resultat. Slutligen genomfördes även ett pilottest för att i ett tidigt stadium lösa eventuella problem i testprocessen. Studiens validitet, det vill säga om den valda metoden faktiskt mäter det den ska, har tagits hänsyn till genom att minimera effekten av bakomliggande variabler. Exempel på detta är den jämnt

fördelade ordning som testarna blev tilldelade spline-metoderna. Vidare hade studien relevant operationalisering av väl definierade variabler som ämnar att spegla verkligheten i den utsträckning som är möjlig. Detta relaterar även till ekologisk validitet, vilket mäter till vilken grad testmiljön påverkar studiens resultat. Studien, eftersom den är utförd i en kontrollerad labbmiljö, har låg ekologisk validitet eftersom det inte speglar verkliga scenarier. Dock finns det vissa begränsningar som kan påverka resultatens generaliserbarhet. Exempelvis urvalets omfattning på nio testare, vilket försvårar möjligheten att generalisera resultaten i en kvantitativ studie. För att motarbeta detta använde studien inslag av kvalitativa element, vilket gav mer nyans till forskningen. För att stärka generaliserbarheten i framtida forskning kan det vara värdefullt att utöka urvalet, antingen genom att hitta fler personer inom den givna populationen, eller att expandera populationen för att omfatta en större mängd möjliga testare (Sharp, Preece & Rogers 2019, s. 545-546).

5.3 Samhälleliga och etiska aspekter

Vad studien ämnar att bidra med ur en samhällelig synvinkel är att utforska kunskapen om splines inom dataspelsutveckling genom att bygga på redan existerande teori. Eftersom splines är en betydelsefull del av spelutveckling är det viktigt att bilda en vetenskaplig grund till detta – vilket denna studie ämnar att bidra till. Dessutom vill studien också undersöka spline-metoder som också sällan används inom spelutveckling. Exempelvis har Unitys (u.å.) splineverktyg endast tre spline-metoder – linear, Bézier och Catmull-Rom. Av denna anledning vill studien också hjälpa till med att lyfta fram metoder som Basis och Hermite som rimliga alternativ. Sett ur ett forskningsetiskt perspektiv står det att, enligt Vetenskapsrådet (2024), ALLEA, den europeiska federationen av akademier för vetenskap och humaniora, stipulerar en kodex som utgår från fyra grundprinciper: tillförlitlighet, ärlighet, respekt och ansvar. Studien utformades efter dessa ramverk, och har tagit steg för att försäkra undersökningens kvalitet, dess objektivitet och transparens, dess respekt för kollegor, samt för de konsekvenser studien kan tänkas ha. Stegen som togs för att försäkra kvaliteten, objektiviteten och transparensen var, bland annat, inklusionen av appendix över fritextsvar, verktygsreferenser och de instruktioner testarna fick, samt väl förankrad metodlitteratur och struktur som studien har förhållit sig till. Studien tog även steg för att försäkra respekt för kollegor, främst genom att tydligt informera dem om testets villkor och att ge dem högsta möjliga konfidentialitet angående deras personliga information. Konsekvenser att ta hänsyn till skulle kunna vara hur denna studies resultat kan påverka andra områden som har användning av splines, exempelvis applikationsområden i verkliga livet. Verktyg som CAD (eng. *computer-aided design*) och CAM (eng. *computer-aided manufacturing*) som kan användas tillsammans för att både designa och sedan tillverka i princip vilken fysiskt möjlig produkt som helst, förutsatt rätt maskin och material. Vad detta i sin tur medför är att det inte går att försäkra att alla dessa produkter som skulle kunna tänkas använda spline-teori förhåller sig till etiska ändamål (Fitter, Pandey, Patel & Mistry 2014). Även UAVs (eng. *unmanned aerial vehicles*) så som drönare kan använda sig av spline-teori för att avgöra vilken rutt de ska flyga (Howell & Danette Allen 2016). Dessa maskiner kan sedan användas för både etiska och oetiska syften.

5.4 Framtida arbete

Kortsiktigt fortsatt arbete hade kunnat vidareutvecklat ett flertal av studiens fokusområden.

Några dagar till en vecka extra hade öppnat möjligheten att undersöka och jämföra resultat baserat på demografi. Med fler testare hade studien kunnat utökas för att omfatta användare av, exempelvis, bredare åldersintervall, med syftet att undersöka om sådana trender skulle kunna påverka resultatet. Det hade även varit möjligt att låta testare med mer begränsad utbildning inom spelutveckling för att jämföra dessa gentemot de med erfarenhet inom ämnet. Ett större antal testare skulle i allmänhet ge testet mer nyans, göra det mer generaliserbart och utarbeta eventuella avvikande värden. Hade arbetet fortsatt i några extra månader hade studien kunnat utvecklas mer dramatiskt. Detta hade möjliggjort fler scenarier som, likt det redan existerande mellansekvens-verktyget, relaterar till splines. Exempel på detta hade kunnat vara ett verktyg utformat för att skapa banor för racingspel – vars banor ibland genereras med hjälp av splines – för att utforska vilken metod som lämpar sig bäst i det sammanhanget. I den studien hade det också varit relevant att diskutera parametrar som geometrisk kontinuitet mer ingående, eftersom de relaterar till hur kontinuerliga normalerna eller tangenterna till en given yta är, vilket kan vara viktigt för saker som texturering. Likt vad som togs upp i diskussionen, hade det även varit intressant att undersöka fler varianter av olika splines, exempelvis olika kontinuiteter av en Bézier-spline.

Referenser

Bartels, R. H., Beatty, J. C. & Barsky, B. A. (1985). *An Introduction to the Use of Splines in Computer Graphics*. University of Waterloo.

Borg, E. & Westerlund, J. (2014). *Statistik för beteendevetare*. 3 uppl., Kina: Liber.

Fitter, H. N., Pandey, A. B., Patel, D. D. & Mistry, J. M. (2014). A Review on Approaches for Handling Bézier Curves in CAD for Manufacturing. I *12th Global Congress on Manufacturing and Management (GCMM 2014)*. Vellore, Indien 8-10 december 2014, s. 1155-1166. doi:10.1016/j.proeng.2014.12.394

Foley, J. D. (1997). *Computer Graphics: Principles and Practice*. 2 uppl., Addison Wesley.

Howell, L. R. & Danette Allen, B. (2016). *Spline Trajectory Algorithm Development: Bézier Curve Control Point Generation for UAVs*. NASA Langley Research Center. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20160010151/downloads/20160010151.pdf>

Nyström, I. & Darwiche, D. (2022). *Finding Junctions in Spline-based Road Generation*. Malmö University, Studentuppsats. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1675311/FULLTEXT02>

Quierós, A., Faria, D. & Almeida, F. (2017). *Strengths and Limitations of Qualitative and Quantitative Research Methods*. European Journal of Education Studies. doi: 10.5281/zenodo887089

Sharp, H., Preece, J. & Rogers, Y. (2019). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. 5 uppl., Wiley.

Sprunk, C. (2008). *Planning Motion Trajectories for Mobile Robots Using Splines*. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Studentuppsats. <http://www2.informatik.uni-freiburg.de/~lau/students/Sprunk2008.pdf>

Tomai, E., Salazar, R. & Flores, R. (2021). Mimicking Humanlike Movement in Open World Games with Path-Relative Recursive Splines. I *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*. Boston, USA 14-18 oktober 2013, s. 93-99. doi:10.1609/aiide.v9i1.12692

Unity Technologies (u.å.). *Getting started with splines*. <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.splines@1.0/manual/getting-started-with-splines.html>

Unreal Engine (2018). *How the developer of GRIP used splines and the UE4 Marketplace to make a thrilling combat racer*. <https://www.unrealengine.com/en-US/tech-blog/how-the-developer-of-grip-used-splines-and-the-ue4-marketplace-to-make-a-thrilling-combat-racer?>

Vetenskapsrådet (2002). *Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning*. Stockholm: Vetenskapsrådet. https://www.vr.se/download/18.68c009f71769c7698a41df/1610103120390/Forskningsetiska_principer_VR_2002.

Vetenskapsrådet (2024). *God forskningssed*. Stockholm: Vetenskapsrådet. <https://www.vr.se/analys/rapporter/vara-rapporter/2024-10-02-god-forskningssed-2024.html?tag=Etik>

Appendix A – Verktygsreferenser

För utvecklingen av verktyget som använts för att genomföra undersökningen har ett antal källor nyttjats. För att skapa scenen vari testarna utformar sin mellansekvens har *Fantasy Forest Environment - Free Demo* av TriForge Assets (2019) och *Stone Lantern Pack* av Tanuki Digital (2019) använts. De är licensierade under Unitys *Standard Unity Asset Store EULA* och är därav fria att nyttjas. Vidare har också de pilar som representerar hastighetsvektorerna för Hermite-kurvorna skapats med hjälp av ett stycke kod som delades på Unity Discussions. Författaren av denna kod går under användarnamnet AnomalusUndrdog (2011).

Appendix B – Enkätfrågor

Här listas samtliga enkätfrågor som tilldelades testarna. Appendixen är indelad i samma sektioner som testarna fick dem i.

Sektion 1

Denna sektion var den första testarna fick svara på, och tilldelades dem innan de fick använda verktyget. Frågorna var följande:

- Vad är din ålder?
- Vilket är ditt kön?
- Inom vilken/vilka disciplin(er) för spelutveckling har du erfarenhet?
- Hur mycket tidigare erfarenhet har du med att arbeta med verktyg inom Unity?
- I vilken ordning kommer du använda spline-metoderna?

Sektion 2

Denna sektion fick testarna svara på under testets gång. Frågorna nedan repeterades fem gånger, en för varje spline-metod, och testarna fick svara på frågorna som relaterade till en viss metod efter att de använt just den metoden. Frågorna var följande:

- Hur lätt upplever du att en [spline-metod] är att arbeta med?
- Hur upplever du att slutresultatet av en [spline-metod] blir?
- Hur lång tid tog testet?
- Har du några andra tankar kring din upplevelse av [spline-metod]?

Sektion 3

Den sista sektionen ämnar att låta testarna jämföra de olika spline-metoderna med varandra med hjälp av två rangordningsfrågor. Frågorna var följande:

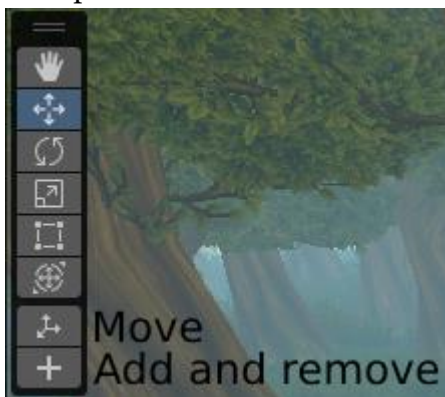
- Rangordna de olika spline-metoderna efter hur lätta att arbeta med du upplever dem att vara.
- Rangordna de olika spline-metoderna efter hur bra du upplevde att deras slutresultat blev.
- Har du några spontana tankar kring testet i stort?

Appendix C – Testinstruktioner

Nedanstående stycken var instruktionerna som tilldelades testarna innan de fick starta testet:

“FORSKNINGSETIK: Du får avbryta testet när som helst du vill utan konsekvenser. Du kommer att ges största möjliga konfidentialitet, och uppgifterna vi samlar in kommer endast att användas i forskningssyfte.

HUR FUNGERAR VERKTYGET?: Verktøget som du tillhandahåller har 2 lägen, **move** och **add and remove**. I add and remove läget (**Shortcut U**) så kan du vänsterklicka på marken för att lägga ut en ny nod. Det går även att vänsterklicka på själva splinekurvan för att infoga en ny nod mellan de existerande noderna. För att ta bort en nod så högerklickar du på den noden som du vill ta bort. Det går även att lägga till och ta bort noder genom inspektorn men då läggs de till och tas bort enbart på slutet av listan. I move-läget (**Shortcut I**) så får varje nod en handle som kan användas för att flytta dem. I inspektorn finns även en variabel som heter Spline Method, denna variabel avgör då vilken metod som används för att bygga upp din spline, vi kommer att tala om i vilken ordning du får testa metoderna. Du får alltid gå tillbaka och kolla på dina föregående splines som referens till både enkätsvar och nya splines. För att använda verktyget måste den spline som ska modifieras vara markerad i scenens hierarki.

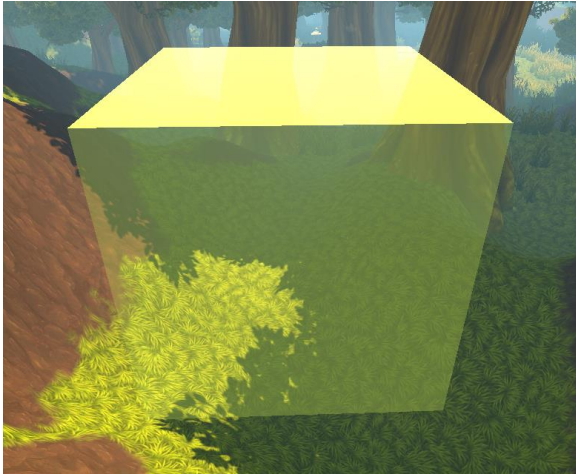


Om du klickar på PLAY så kommer du att kunna förhandsgranska din cutscene. Du kan justera hastigheten som kameran färdas med med en variabel i inspektorn. Du kan också välja om du vill fortsätta att se gizmos (själva spline:en + start- och slutmarkörer).

VÄGEN DU SKA TA: Du kommer att få skapa en spline med de fem olika metoderna. Du kommer att börja skapa spline:en vid startmarkören (den gula kuben). Ditt mål är att ta dig till den gröna kuben, och passera ett antal checkpoints på vägen. Du kommer bli tilldelad de fem olika splinemetoderna i slumpad ordning, och efter du gjort färdig en splinemetod kommer du att snabbt få svara på ett antal frågor i en enkät innan du får gå vidare till nästa splinemetod. Du får tid att utforska omgivningen innan du börjar.

DINA INSTRUKTIONER ÄR FÖLJANDE:

1. Börja med utgångspunkten från den gula kuben



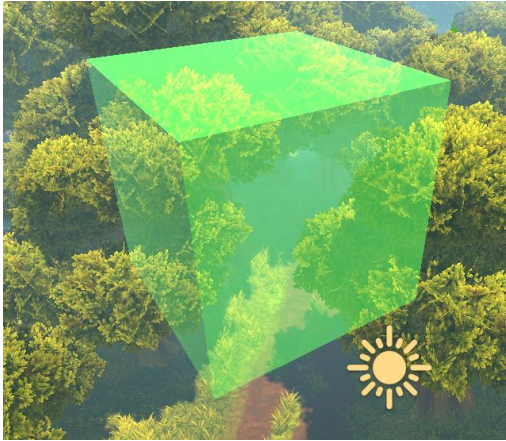
2. Lägg till noder till spline:en för att göra den längre.
3. Dra spline:en förbi checkpoint 1.



4. Dra spline:en förbi checkpoint 2.



5. Avsluta med att dra spline:en till slutpunkten (den gröna kuben)



ATT TÄNKA PÅ:

- Du kan närsomhelst förhandsgranska din spline genom att klicka på PLAY. Detta kommer att visa dig hur slutresultatet av din spline kommer att bli.
- Hur du ritat din spline, utöver att den måste passera genom samtliga checkpoints, är upp till dig. Det viktiga är att du är konsekvent och tar ungefär samma rutt för varje splinemetod.
- Vissa spline-metoder kräver att du placerar ut minst 4 stycken noder innan en kurva kan renderas.
- Du får alltid ställa frågor kring verktyget, splinemetoderna och testmiljön.”

Appendix D – Fritextsvar

Här listas de fritextsvar testarna gav på enkäten. Det var totalt sex stycken olika fritextsvar. En för vardera spline-metod där testarna ombeds skriva ner deras spontana åsikter om just den metoden, och en i slutet där de fick ange sina generella tankar angående testet i stort. Notera att fritextfrågorna inte var obligatoriska, vilket medför att inte alla testare gav svar på dessa. Följande punktlister listar svaren som de skrevs av testarna:

Linear

- älskar hacket, och att vara en mullvad.
- Mycket mer hackigt och o-smooth, annars snabb att hantera.
- Inte bra. Man kan inte kurva den runt objekt och den rör sig hackigt.
- Hade behövt extremt mängd noder för att få denna att inte se ut som att du teleporterar mellan noderna
- väldigt kantigt
- väldigt hackigt
- Väldigt hackigt och blir svårt att anpassa för något som inte bara vill åka raka sträckor, kanske en NPC för ett halvbra indie-spel
- Den va bra när jag fattade! Min envisioned smoothness va nonexistent dock lol

Bézier

- rolig att snurra på :)
- mer smooth än linear, behöver dock fler justeringar vilket gör at det tar mer tid.
- Nej
- mycket lättare att lägga ut och skapa linjen dock så hade nog finjustering tagit mer tid
- den hackade lite
- Lättare att använda än blå men liknande problem, acceleration mellan vissa noder var svåra att förutspå och kräver mycket att lösa. Det var även vissa övergångar på noder som var väldigt uppenbara och klumpiga (mitt fel som monke brain guy). Erfarenhet kan göra denna bra men kräver lite för mycket noder för att den ska kännas smidig. Problem: övergångar och acceleration.
- Ganska intuitivt att använda, nöjd med resultatet, men hade något litet ryck i kameran i första svängen (antagligen en skill issue tbf)

Hermite

- dö. (splinen, inte exjobbarna :)))
- Lätt att använda då man snabbt ser vart "splinen" är, är smooth.
- Jag hade föredragot om man hade kunnat se skillnad på om man flyttar en nod eller modifierar linjen.
- Skapade gupp i kamerarörelsen, som jag tror beror på att jag inte satte extra noden på rätt ställen, var dock svårt att avgöra exakt hur det skulle se ut från bara linjen
- den hackar lite
- Väldigt mycket finlir och kan vara svårt att jämna ut rörelsen över noderna. Kräver erfarenhet för att använda till dess fulla förmåga men kan bli väldigt exakt. lätt att se vart noderna passar in jämfört med röd (jag gjorde den innan) där kan det vara svårare att förstå vart noderna och linjen hör ihop.
- Jag gillade den här

Catmull-Rom

- smoooooooooooooooooooooooooooooooooth
- Första testet, svårt att avgöra hur användarvänligt den är. har inte använt mycket spline-verktyg innan.
- Det hade varit mer praktiskt om en linje faktiskt drogs till den första noden.
- Lätt att placera ut och justera, skapade dock hackningar i rörelsen när den bytte mellan noder
- kan bli irriterande om flyttandet av en node påverkar ett föregående segment
- Väldigt smidig, En trevlig blandning mellan blå och röd (kan var recency bias, tror inte det med tanke på min glädje och nyfikenhet när det kom till att utforska verktyget)Lätt att använda och smidiga övergångar över noderna gjorde det till en det till en njutbar upplevelse. Accelerationen var lite för snabb men den går säkert att ändra senare, att ha en jämn kamerahastighet eller någon maxfast så det inte blir en för snabb eller långsam kamera.
- väldigt lik basis, men när jag använde den här blev det slightly ryckigt, men lätt att använda o säkert bra om jag lär mig varför det blev ryckigt!

Basis

- lite långsammare men najs
- Behöver väldigt många justeringar, petig. Resultatet blev dock bra.
- Jag skulle aldrig någonsin vela gå tillbaka till en spline av denna metod för att redigera den i efterhand.
- Var lite bökigt att lägga ut noder då miljön blev markerad istället för att lägga ut en nod
- fel på index >>:((
- Väldigt trevliga kurvor som inte var för skarpa, kändes som en assassins creed synch point, en häftig överblick på en värld eller en cool transition kan vara gött.
- Väldigt tillfredställande att använda. tror jag hade ogillat den om jag inte hade blivit introducerade till dom andra först dock. very smooth, very nice

Generellt

- döda hermite :)
- Ja
- Miljön hade kunnat varit unselectable vilket hade underlättat att sätta ut noder, annars väldigt kul att se resultat så snabbt
- bézier och hermite typ samma, men alla långt över linear. bättre färg/kontrast för handles. fixa index på basis >>:((. vissa hackar lite när dom byter segment, kan va bra att ha ett option för camera smoothing. ibland försvinner noden jag sätter ut.
- var störande att verktyget "försvann" om man råkade klicka lite fel
- KUL! Cutsscenes ger möjlighet för story vilket detta är ett kul verktyg att leka med och se till att det blir bra! Vill göra det igen!
- Det va kul!