

การออกแบบโมเดลตัวละคร และการสร้างสรรค์ งานแอนิเมชัน 3 มิติ

Character Model Design and 3D Animation Creation

นิภัทร์ ปัญญวานันท์
Nipat Panyawanant

Article History

Received: January 24, 2019

Revised: June 7, 2019

Accepted: June 7, 2019

บทคัดย่อ

การสร้างสรรค์งานแอนิเมชัน คือการถ่ายทอดจินตนาการของผู้กำกับไปสู่ผู้รับชม โดยการสื่ออารมณ์ตามความรู้สึก ซึ่งมีองค์ประกอบหลายประการ เช่น บทและเนื้อเรื่องที่ดีย่อมมีผลต่อการเล่าเรื่อง และกระบวนการทำแอนิเมชันนั้นมีขั้นตอนต่างๆ มากมาย ผู้สร้างสรรค์งานแอนิเมชันต้องศึกษาและฝึกทักษะตั้งแต่ขั้นตอนการขึ้นโมเดล ซึ่งผู้สร้างสรรค์งานต้องออกแบบทั้งตัวละครและฉากให้มีลักษณะเฉพาะตัวของตัวละครทั้งสีหน้าและแววตา เพื่อช่วยสื่ออารมณ์ให้ตรงกับบทหรือเนื้อเรื่อง และให้มีความสอดคล้องกันอย่างลงตัว ตลอดจนมีการศึกษาลักษณะนิสัยของตัวละคร การเคลื่อนไหว การจัดแสงตัวละคร และฉากเพื่อให้สร้างสรรค์งานแอนิเมชันได้อย่างสมบูรณ์

ผู้เขียนศึกษาการออกแบบตัวละครทั้งในประเทศไทย เช่น แอนิเมชันเรื่องยักษ์ ที่นำเรื่องราวเกียรติมาถ่ายทอดเป็นหุ่นยนต์ แต่มีความแตกต่างของตัวละครในเรื่องของขนาดตัวละครหลักได้อย่างน่าสนใจ และในต่างประเทศ เช่น แอนิเมชันเรื่องวอลลิ ซึ่งได้ถ่ายทอดความรักระหว่างหุ่นยนต์สองตัวที่มีความต่างสมัยกัน โดยใช้รูปทรงเรขาคณิตมาเป็นตัวกำกับในการออกแบบที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนและน่าสนใจ ผู้เขียนจึงต้องการที่จะเป็นส่วนหนึ่งในการนำรูปทรงเรขาคณิตแบบง่ายๆ มาถ่ายทอดเพื่อใช้ในงานแอนิเมชันที่น่าสนใจ รวมถึงบทบาทของการนำรูปทรงเรขาคณิตมาเพื่อสร้างข้อกำหนดในการออกแบบตัวละคร 3 มิติสำหรับงานแอนิเมชัน รูปแบบตัวละคร ลักษณะ ท่าทาง อารมณ์ นิสัย อายุ การวิเคราะห์ตัวละครที่มีความสอดคล้องกันหรือขัดแย้งกัน รวมไปถึงการอธิบายขั้นตอนต่างๆ ในการทำงานเพื่อออกมาเป็นงานแอนิเมชัน 3 มิติได้อย่างสมบูรณ์

คำสำคัญ: แอนิเมชัน ขั้นตอนการทำแอนิเมชัน การทำงานแอนิเมชัน

Abstract

Animation creation refers to conveying the imagination of the director to the audience. There are many compositions in emotional media such as good chapters and stories with an effect on the storytelling. Moreover, various

steps are included for animation or animation creation. Animation creators will study and practice various skills from modeling up, in which the creators have to design both characters and scenes. In terms of character characteristics, both facial and eye expressions will help convey emotions in order to promptly match the script or the story. Furthermore, the creators will study the habitual character of the characters, motion, and lighting for characters and scenes to create animation perfectly

The author studied the character design in Thailand, such as the animations, of the giant story, that brought the Ramayana story to be a robot. However, there are differences of characters in the matter of the main character size. In foreign countries, there is an animation about Wall.E that conveys the love between two robots that were different from each other by using geometry shapes to direct and clearly design different and interesting designs. The author wanted to be a part of bringing simple geometry shapes to convey for use in interesting animation works, as well as the role of applying geometry to create requirements for 3D character design for animation character patterns, gestures, emotions, habits, age, and character analysis that is consistent or conflicting, including the explanation of various steps in the work to come out as a complete 3D animation work.

Keywords: Animation, Animation Process, Animation Work

บทนำ

ในปัจจุบันมีสื่อบันเทิงหลากหลายที่สะท้อนอารมณ์ด้านความรู้และจินตนาการของผู้ชม แอนิเมชันนั้นมีความแตกต่างจากสื่ออื่นๆ อย่างเช่น แผ่นพับหรือหนังสือพิมพ์ เป็นต้น เพราะแอนิเมชันสามารถเข้าถึงผู้ชมได้อย่างน่าสนใจทั้งภาพและเสียง รวมถึงสามารถสอดแทรกเนื้อหาสาระให้กับผู้ชมทั้งวัยเด็กและวัยคนทำงานได้อีกด้วย แอนิเมชันที่ตีนั้นควรคำนึงถึงผู้ชมเป็นหลัก โดยผู้ชมควรจะได้รับประโยชน์จากการชม ทั้งนี้ผู้กำกับภาพยนตร์แอนิเมชันควรศึกษานิสัย อารมณ์ ลักษณะ และท่าทางของตัวละคร เพื่อที่จะเข้าถึงบทบาทที่ต้องการจะสื่อสารได้อย่างถูกต้อง (Prachachit, Soodsang, Pirasant, & Pittunnapoo, 2014)

การแสดงออกถึงอารมณ์และความรู้สึกของผู้ชมขณะที่ชมภาพยนตร์ จะต้องอาศัยองค์ประกอบต่างๆ ของตัวละครที่จะส่งต่อให้ผู้ชมรู้สึกคล้ายตามจินตนาการของผู้กำกับภาพยนตร์ที่ต้องการจะสื่อสาร ดังนั้น บทบรรยาย การแสดงออกของตัวละคร ดนตรี และองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทางศิลปะ จึงเป็นสื่อที่นำพาอารมณ์และช่วยบ่งบอกถึงความรู้สึกต่างๆ ของตัวละคร ซึ่งจะส่งผลต่อตัวละครในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง และจะทำให้แอนิเมชันเรื่องนั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทั้งนี้ในการแสดงออกทางสีหน้าท่าทางของตัวละครนั้น ผู้สร้างตัวละครต้องศึกษาเรื่องการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ เพื่อสร้างให้ตัวละครสามารถแสดงถึงอารมณ์ได้อย่างถูกต้อง (Janma, 2017)

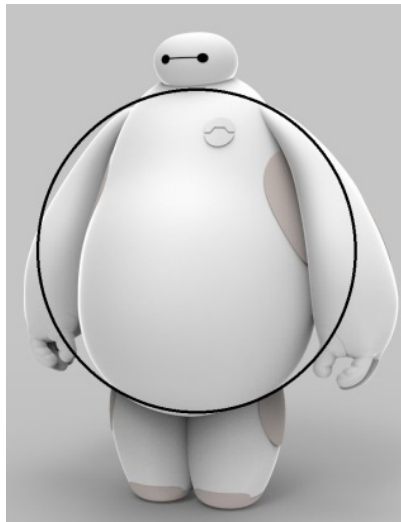
การศึกษาการออกแบบรูปทรงเรขาคณิต

การเตรียมตัวละครเพื่อใช้ในงานแอนิเมชันนั้นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบจากการสร้างรูปลักษณะ บุคลิกภาพ หรือหน้าตาที่แตกต่างกัน รวมไปถึงการเตรียมสีหน้าของตัวละครที่ผู้สร้างสรรค์งานจะต้องศึกษาลักษณะของสีหน้าในแบบต่างๆ เพื่อสื่ออารมณ์ เช่น โกรธ เสียใจ ดีใจ เศร้า หรือเหงา เป็นต้น ทั้งนี้ ลักษณะพิเศษของตัวละครจะช่วยทำให้ตัวละครนั้นน่าสนใจ เช่น หากนำตัวละครตัวนั้นมาแรงเสียดแล้ว แต่ยังสามารถตอบได้ว่าตัวละครนั้นคือตัวละครตัวใด แสดงว่าตัวละครนั้นมีเอกลักษณ์เป็นที่จดจำได้ ดังนั้น การออกแบบตัวละคร จึงถือเป็นสิ่งที่จำเป็นที่นักออกแบบตัวละครแอนิเมชันต้องศึกษา และควรคำนึงถึงหลักการพื้นฐาน คือ ขนาด รูปทรง และสัดส่วน เพื่อสื่อถึงบุคลิกของตัวละคร โดยผู้ออกแบบจะต้องระบุดูกลุ่มเป้าหมายหรือผู้ชมให้ชัดเจน เพราะจะส่งผลต่อการออกแบบตัวละคร (Pesopas, 2002)

การออกแบบรูปทรงเรขาคณิตมีผลต่อการออกแบบรูปทรง เพราะเป็นพื้นฐานในการออกแบบทั้งตัวละครและฉากโดยตัวละครที่ดีควรมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และทำให้ผู้ชมเกิดความจดจำได้ง่าย ดังนั้น รูปทรงเรขาคณิตมีผลต่อการออกแบบต่างกันตามชนิดของรูปทรงนั้นๆ การออกแบบตัวละครโดยอิงจากรูปเรขาคณิตจึงง่ายต่อการแสดงลักษณะนิสัยใจคอของตัวละครผ่านรูปลักษณะทางกายภาพ ดังนี้ (Pesopas, 2002)

1. ตัวละครที่มีรูปร่างต่างๆ เช่น รูปทรงกลมจะมีลักษณะที่น่ารัก ดูเป็นมิตร ไม่มีอันตราย แสดงถึงตัวละครที่ใจดีและเป็นมิตรต่อตัวเอกและคนดู ตัวอย่างตัวละครที่มีรูปร่างกลม เช่น โดราเอมอน เบย์แม็กซ์ เป็นต้น ตัวละครที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมสื่อถึงความแข็งแกร่ง หนักแน่น และหัวแข็ง ยกตัวอย่างการ์ตูนเรื่อง “อัฟ” ที่ตัวละครคุณลุงวัยชราออกแบบเป็นเหลี่ยมมีเอกลักษณ์ที่ชัดเจน และตัวละครที่ดูมีความแข็งแรงสูงจะออกแบบให้มีรูปทรงเป็นสามเหลี่ยม ดูมีกล้ามเนื้อ มีความภูมิฐาน เป็นหนุ่มเต็มวัย เช่น แอนิเมชันเรื่อง “ซูเปอร์แมน” เป็นต้น

2. ตัวละครที่มีหนามหรือเครื่องประดับแหลมคม มีอาวุธ สื่อถึงความดุร้าย และคุกคาม ตัวอย่างเช่น โฟไซดอน บ่งบอกถึงความมีอำนาจและความทรงพลัง การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเรขาคณิตของตัวละครจะช่วยให้ผู้ชมรับรู้ถึงบทบาทของตัวละครในเรื่องที่เปลี่ยนไปได้ ดังภาพที่ 1-3 จะเห็นได้ถึงรูปทรงเรขาคณิตที่แตกต่างกัน ที่บอกได้ถึงองค์ประกอบของตัวละคร ลักษณะนิสัย ท่าทาง และอารมณ์ที่แตกต่างกันออกไปได้อีกด้วย



ภาพที่ 1 รูปทรงกลมกับการออกแบบตัวละคร
ที่มา: Sherman (n.d.)



ภาพที่ 2 รูปทรงสี่เหลี่ยมกับการออกแบบตัวละคร
ที่มา: Myers (2016)



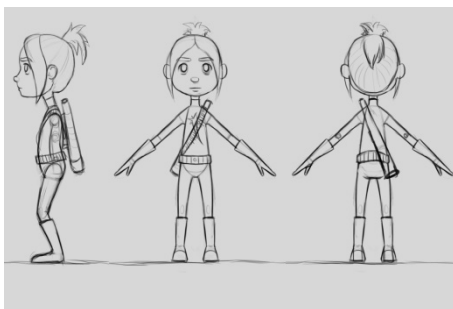
ภาพที่ 3 รูปทรงสามเหลี่ยมกับการออกแบบตัวละคร
ที่มา: Spagnolo (2014)

ในการออกแบบลักษณะตัวละคร (character design) เพื่อกลุ่มเป้าหมาย นักออกแบบสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบและประยุกต์นำไปสร้างสรรค์ หรือสร้างแรงบันดาลใจในการออกแบบตัวละคร เพื่อสร้างความน่าสนใจให้กับสื่อได้หลายประเภท เช่น การ์ตูน เกม งานแอนิเมชัน งานประเภตสื่อสิ่งพิมพ์ และงานโฆษณา เป็นต้น ซึ่งสามารถสร้างมูลค่าได้มหาศาล ดังนั้น หากนำตัวละครมาออกแบบสร้างลักษณะให้ดูน่ารัก ทันสมัย และน่าจดจำ โดยนำเสนอตัวละครและแอนิเมชันในรูปแบบของสติกเกอร์ไลน์ วิทยุยุคใหม่ก็จะสามารถเข้าถึงและให้ความสนใจเกี่ยวกับตัวละครมากขึ้น ซึ่งอาจนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าตัวละครให้เกิดมูลค่าได้อีกด้วย ทั้งนี้ในการกำหนดแนวคิดในการออกแบบ จึงควรกำหนดกลุ่มเป้าหมายให้ชัดเจน เพราะผู้รับชมที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจะเป็นผู้กำหนดลักษณะการออกแบบตัวละคร รวมทั้งทำให้สามารถระบุถึงช่วงวัยของตัวละครที่จะออกแบบได้ ดังนั้นผู้ออกแบบลักษณะตัวละครต้องศึกษาและทำความเข้าใจเพื่อให้ได้ตัวละครที่กลุ่มเป้าหมายสนใจตามวัย เช่น ถ้ากลุ่มเป้าหมายเป็นเด็ก ควรจะออกแบบตัวละครให้น่ารัก ไม่ซับซ้อน และไม่น่ากลัวจนเกินไป สำหรับ

กลุ่มเป้าหมายวัยรุ่น ตัวละครจะออกแบบให้ดูเท่และทันสมัย เป็นต้น ส่วนด้านเนื้อเรื่อง การคุมโทนสี และเสียงประกอบทุกอย่างต้องสอดคล้องกัน สิ่งที่สำคัญอีกประเด็นหนึ่ง คือ ช่องทางที่ต้องการนำเสนอ เนื่องจากสื่อแต่ละประเภทจะมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกัน ถึงแม้จะกำหนดกลุ่มเป้าหมายแล้ว แต่หากเนื้อเรื่อง การออกแบบตัวละคร การคุมโทนสีแสง เสียงประกอบ และสื่อนำเสนอไม่เหมาะสมลงตัว เท่ากับว่าแอนิเมชันเรื่องนั้นไม่สมบูรณ์ (Suntiarpon, Kaewphakdee, Yunnan, & Chaotrakul, 2016)

การออกแบบโมเดล 3 มิติ

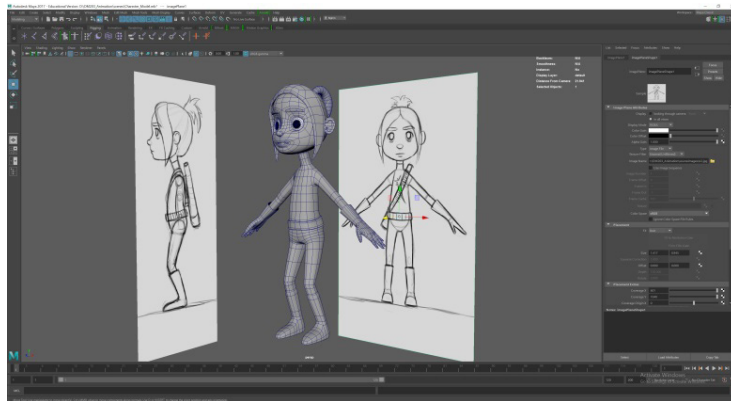
หลังจากที่ได้ข้อมูลต่างๆ ของตัวละครแล้ว จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาออกแบบตัวละคร โดยเริ่มจากการวาดลงกระดาษหลายส่วนต่างๆ ก่อนนำมาขึ้นโมเดลในโปรแกรม 3 มิติ ดังนั้นสัดส่วนที่ถูกต้องแม่นยำจึงมีผลอย่างมากในการขึ้นรูปหรือขึ้นโมเดล ซึ่งสัดส่วนประกอบไปด้วย ด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลัง เพื่อให้เห็นถึงรายละเอียดต่างๆ ได้อย่างสมบูรณ์ และให้ตัวละครอยู่ในลักษณะกางแขนแบบ A pose หรือแบบ T pose เพื่อถ่ายต่อการขึ้นโมเดลในโปรแกรม 3 มิติ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การออกแบบตัวละคร
ที่มา: ผู้เขียนสร้างขึ้น

หลังจากได้แบบตามที่ต้องการแล้วจึงนำแบบที่ได้มาเข้าโปรแกรม 3 มิติ เพื่อขึ้นโมเดลตามอัตราส่วนต่างๆ ดังภาพที่ 5 ที่ผู้เขียนได้ขึ้นโมเดลตามแบบ เพื่อเป็นตัวอย่างสำหรับทำแอนิเมชันต่อไป โดยเริ่มจากรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ โดยสร้างจากทรงกลมเพื่อนำส่วนหัวมาตัดเป็นรูปทรงตามแบบ แล้วเจาะทำช่องไว้ใส่ดวงตาและเริ่มแบ่งสัดส่วนเพื่อดึงจมูกขึ้นมาให้กับส่วนตรงกลางหน้าและปรับแต่งให้สวยงาม ปรับบริเวณปากโดยสร้างริมฝีปากทั้งบนและล่าง และมองจากมุมด้านข้างเพื่อให้เห็นถึงส่วนที่นูนได้อย่างชัดเจน ดัดริมฝีปากตามแบบให้เข้า

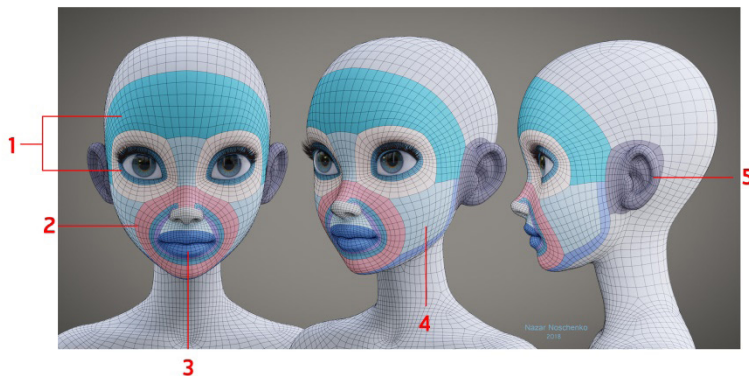
รูปทรงที่สวยงามและควรคำนึงถึงเส้นโดยรอบของปากเพื่อจะสามารถให้ตัวละครอ้าปากได้ สร้างคิ้วแยกส่วนเพื่อการขยับสีหน้าได้ง่ายขึ้น โดยเริ่มจากสร้างสี่เหลี่ยมแล้วนำมาตัดให้เป็นรูปคิ้ว ในการสร้างผมนั้น จะสร้างผมแยกออกมาอีกชั้นหนึ่งโดยใช้ส่วนของศีรษะ เลือกเฉพาะส่วนที่จะทำเป็นผมแล้วดึงขึ้นมาตัดให้เข้ารูปตามแบบ ช่วงลำตัวจะเริ่มจากสี่เหลี่ยม ดัดโครงสร้างตามแบบแล้วค่อยดึงส่วนของแขนและขาออกจากลำตัว จากนั้นจึงเก็บรายละเอียดส่วนต่างๆ ทั้งส่วนรองเท้าและส่วนเข็มขัดให้สวยงาม



ภาพที่ 5 การขึ้นโมเดลโดยใช้โปรแกรม 3 มิติ มายา (Maya)
ที่มา: ผู้เขียนสร้างขึ้น

จากภาพที่ 6 การเดินเส้นช่วงใบหน้ามีส่วนสำคัญมากในการแสดงสีหน้า โดยการเดินเส้นจะต้องเข้าใจถึงตำแหน่งหน้าที่ของเส้นในแต่ละส่วนบนใบหน้า ดังนี้ หมายเลข 1 จะควบคุมช่วงหน้าผากรวมไปถึงบริเวณคิ้วและขอบตา หมายเลข 2 จะเดินเส้นเป็นวงกลมควบคุมรอบปาก หมายเลข 3 จะควบคุมริมฝีปาก หมายเลข 4 จะควบคุมช่วงระหว่างแก้มและสันจมูกด้านบน และหมายเลข 5 จะควบคุมบริเวณหู

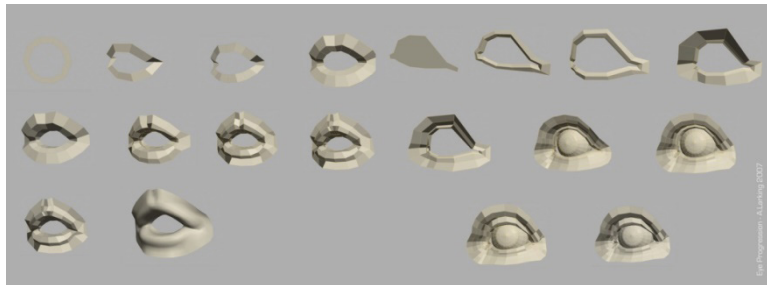
การขึ้นโมเดลหูทำให้ 2 วิธี คือ
1. การขึ้นโมเดลติดกับส่วนหัวได้เลย แต่วิธีนี้ต้องอาศัยความชำนาญสูงเพราะมีส่วนที่ต้องเก็บรายละเอียดพอสมควร
2. การขึ้นโมเดลหูแยกออกมาอีกชั้นหนึ่งแล้วค่อยนำไปต่อกับส่วนหัวในภายหลัง ส่วนผู้เขียนใช้วิธีที่ 2 เพราะจะง่ายในการควบคุมการขึ้นรูปและง่ายในการเก็บรายละเอียดอีกด้วย



ภาพที่ 6 การเดินเส้นใบหน้า
ที่มา: Noschenko (2018)

ช่วงบริเวณปากและเปลือกตาจำเป็นต้องมีเส้นมากเป็นพิเศษเพราะมีการเปลี่ยนแปลงและยืดหยุ่นมากกว่าส่วนอื่น ดังนั้น จำเป็นจะต้องเดินเส้นให้มีความถี่มากกว่าบริเวณอื่นเพื่อใช้ในการกระพริบตาและอำปาก ดังภาพที่ 6 ถ้าเดินเส้นน้อยจะมีปัญหาในส่วนการเคลื่อนไหว ถ้าเส้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่วนริมฝีปากหรือเปลือกตาทะลุไปยังดวงตาหรือฟันที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ ปากควรจะเดินเส้นเป็นวงกลมตามหมายเลข 3

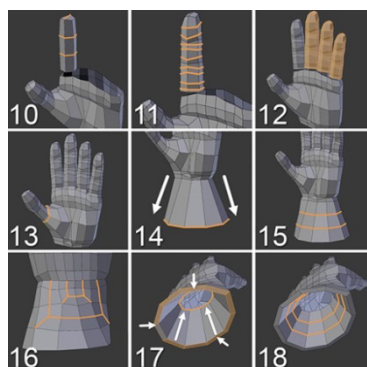
จากภาพที่ 6 โดยการดึงโมเดลให้ยื่นออกเพื่อตัดให้เป็นริมฝีปาก หมุนโมเดลเพื่อดูรอบทิศทางเพื่อให้ปากนั้นสมบูรณ์ ในส่วนดวงตานั้น จะเป็นส่วนที่แสดงสีหน้าและอารมณ์ของตัวละคร ซึ่งจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของการเดินเส้น โดยดวงตาจะสร้างจากวัตถุทรงกลมแล้วนำมาปรับพื้นผิวให้มีส่วนที่เป็นตาขาวและตาดำ หลังจากนั้นจึงคัดลอก (copy) มาวางไว้อีกข้างหนึ่งทำให้โมเดลเกิดความสมบูรณ์ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การเดินเส้นปากและเปลือกตา
ที่มา: Larking (2007a, 2007b)

การเดินเส้นในส่วนข้อมือเริ่มจากการสร้างสี่เหลี่ยมแล้วเพิ่มเส้นตัดให้เป็นข้อมือ ส่วนนิ้วมือผู้เขียนสร้างโมเดลแยกออกจากมือ โดยทำให้เสร็จสมบูรณ์เพื่อเป็นต้นแบบ 1 นิ้วก่อน แล้วจึงคัดลอกออกมาปรับขนาดและตำแหน่งจนครบทั้ง 5 นิ้ว

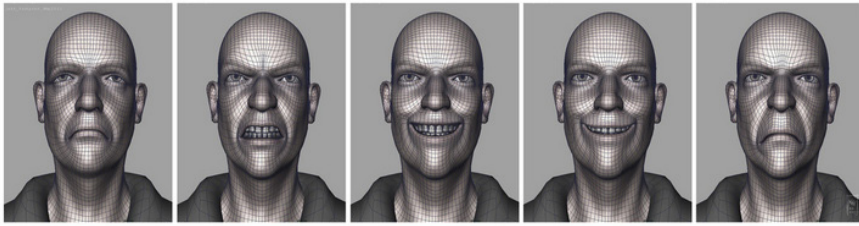
ส่วนท่อนแขนสามารถดึงส่วนข้อมือให้ยาวออกมาได้เลย หรืออาจจะขึ้นเป็นโมเดลอีกชิ้นหนึ่งและนำมาต่อกันเหมือนส่วนนิ้วมือก็ได้ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การเพิ่มนิ้วและข้อมือ
ที่มา: Villar (2014)

การออกแบบสีหน้าในโปรแกรม 3 มิติ (create blend shape deformers) ของตัวละครเป็นส่วนสำคัญมาก เนื่องจากใช้สื่อสารอารมณ์ของผู้กำกับสู่ผู้ชม ผู้ผลิตงานแอนิเมชันจำเป็นต้องศึกษาภาษาคำพูด รวมถึงเรื่องการเดินทางของใบหน้า

จมูก ตา และปากให้มีเส้นเพียงพอต่อการขยับสีหน้า แต่ต้องควบคุมให้จุดและเส้นอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ เพราะถ้าหากมากเกินไปจะทำให้ตัวละครหนักและอาจจะใช้เวลานานในการประมวลผลภาพเพื่อแสดงผลเป็นภาพเคลื่อนไหว ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การแสดงสีหน้าในโปรแกรม 3 มิติ
ที่มา: Blue (2014)

โมเดลแอนิเมชันมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1. โมเดลแบบความละเอียดน้อย (low poly) คือ จะมีการเดินเส้นที่น้อยและเบา เน้นการลงสีบนเนื้อโมเดล (texture)

เป็นตัวช่วยให้งานสมบูรณ์และสวยงามมากกว่าจะใช้โมเดลที่มีเส้นจำนวนมาก เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดของโมเดลมาก นิยมใช้ได้ทั้งงานเกมและแอนิเมชัน ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 โมเดลแบบ 3 มิติ ความละเอียดน้อย
ที่มา: Pommerening and Penkner (2016)

2. โมเดลแบบความละเอียดสูง (high poly) ดังภาพที่ 11 เป็นการขึ้นโมเดลในลักษณะของงานที่มีความละเอียดสูง โดยการเน้นสัดส่วนต่างๆ ให้ปรากฏชัดเจนทั้งรูปร่างและกล้ามเนื้อ จึงเป็นโมเดลที่มีความละเอียดพอสมควรและต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการประมวลผลภาพที่ได้ความเร็วสูงในระดับหนึ่ง ถ้าเป็นงานแอนิเมชัน งานในลักษณะนี้เหมาะกับงานปั้น งานออกแบบของเล่น (art toy) การขึ้นแบบ

ต่างๆ เช่น การหล่อพระ มาสคอตต่างๆ หรือแอนิเมชันที่ต้องการความละเอียดสูง หรือเป็นงานแอนิเมชันแบบผสมระหว่างโมเดลแบบความละเอียดสูงและละเอียดน้อย คือนำโมเดลที่มีความละเอียดสูงมาวางหน้ากล้องเพื่อความสมจริงของภาพให้สวยงาม และใช้โมเดลรายละเอียดน้อยมาวางเป็นฉากด้านหลังของฉาก ก็สามารถทำได้

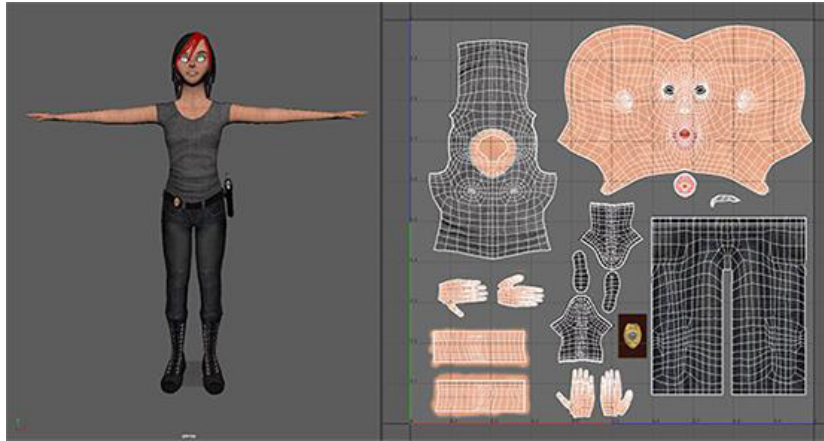


ภาพที่ 11 โมเดลแบบความละเอียดสูง
ที่มา: Kozlowski (n.d.)

การใส่ลวดลายให้กับโมเดล (UV Texture)

การสร้างสรรคงานโดยการใส่ลวดลายให้กับโมเดล (texture) นั้น ถือเป็นขั้นตอนที่ละเอียดพอสมควร เพราะเป็นการใส่ผิวและใส่สีสันทให้ตัวละครมีชีวิต โดยการกางสัดส่วน

ของพื้นผิวโมเดล (การกาง UV) เพื่อกำหนดตำแหน่งในการลงสี เช่น หน้าและลำตัว แล้วลงสีในส่วนต่างๆ ที่ต้องการให้สมบูรณ์ ดังภาพที่ 12

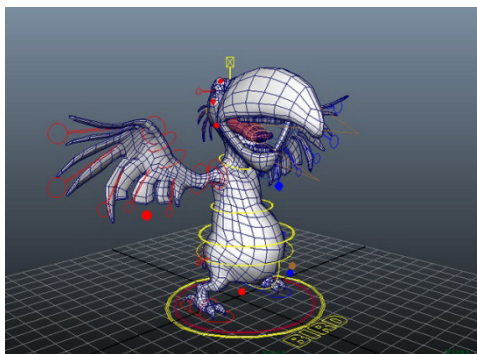


ภาพที่ 12 การใส่ UV Texture ให้กับโมเดล
ที่มา: Autodesk Help (2018)

การใส่กระดูกให้กับตัวละคร (Rigging)

การใส่กระดูกให้กับตัวละคร คือการจำลองกระดูกที่อยู่ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตจริงๆ ผู้สร้างสรรคงานต้องมีความเข้าใจ เรื่องของกระดูกตามตำแหน่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคนและสัตว์ล้วน

แล้วต้องมีกระดูก เพื่อจะทำให้การเคลื่อนไหวนั้นออกมาสมบุรณ์ ดูเป็นธรรมชาติที่สุด สอดคล้องกับการเดินเส้นของโมเดลตาม ข้อพับต่างๆ ที่จะต้องมีรายละเอียดของเส้นที่เพียงพอและ สวยงาม



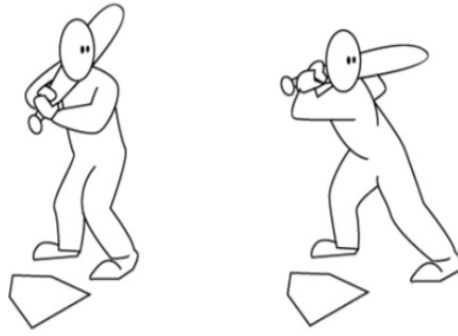
ภาพที่ 13 การใส่กระดูกให้กับตัวละคร
ที่มา: Funny macaw rigged 3D model (2018)

การเคลื่อนไหวแอนิเมชัน

แอนิเมชัน เป็นกระบวนการที่นำเฟรมภาพนิ่งแต่ละ เฟรมของภาพยนตร์มาเรียงต่อกันหรือที่เราเรียกกันว่าภาพติดตา จำนวนภาพจะอยู่ที่ 24 25 หรือ 30 เฟรมต่อวินาที ภาพนั้นจึง จะดูมีชีวิต เกิดการเคลื่อนไหวได้จริงๆ เทคนิคนี้ถูกนำมาพัฒนา ขึ้นเรื่อยๆ นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยกระบวนการสร้าง งานแอนิเมชันนั้น ได้พัฒนามาอย่างต่อเนื่องทั้งแบบ 2 มิติและ

3 มิติ โดยในส่วนของ 3 มิตินั้น มีการคิดค้นทั้งการจัดแสงและ การเคลื่อนไหวของตัวละครอยู่เสมอๆ (Aueragsakul, 2004)

การเตรียมตัวก่อนการแสดงท่าทาง (anticipation) การ แสดงท่าทางต่างๆ นั้น ต้องมีการเตรียมตัวก่อนที่จะถึงท่าหลัก นั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นการยิงปืน การวิ่ง การเดิน หรือการนั่ง โดย การเคลื่อนไหวเหล่านี้ ต้องมีการเตรียมท่าแสดงก่อนที่จะมีการ แสดงการเคลื่อนไหวจริง ดังภาพที่ 14 (Janma, 2004)



ภาพที่ 14 การเคลื่อนไหวแอนิเมชัน
ที่มา: Anticipation (n.d.)

การใช้สีและแสงที่ใช้ในงานแอนิเมชัน

ในแง่ของจิตวิทยาของสี (psychology of color) จะเห็นว่า สีมีอยู่ทุกแห่งในการดำรงชีวิต สีช่วยให้เรารู้สึกมีชีวิตชีวา ก่อให้เกิดอารมณ์และส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมโดยรวมต่างๆ รวมไปถึงความรู้สึกที่มีต่อตนเองและผู้อื่น สีมีอิทธิพลต่อความคิดและทัศนคติ ทั้งในทางจิตสำนึกและจิตใต้สำนึก การใช้สีอย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องเข้าใจถึงผลกระทบทางจิตวิทยาที่ว่า สีสามารถเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในชีวิต ทั้งในด้านจิตใจและการตัดสินใจ ไม่ว่าจะเป็นการเลือกเครื่องแต่งกาย เครื่องประดับ และการจัดสภาพแวดล้อมที่พักอาศัยหรืออาหาร เป็นต้น (Niyomtum, n.d.)

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสีกับปฏิกิริยาตอบสนองของมนุษย์มีความสำคัญมาก เพื่อให้สามารถนำประโยชน์จากความเข้าใจในอิทธิพลของสีไปใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานศิลปะและงานออกแบบให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ สีต่างๆ มีอิทธิพลเหนือจิตใจมนุษย์ โดยสามารถที่จะปลุกเร้าอารมณ์และความรู้สึก ทั้งนี้ สีอุ่นจะให้ความรู้สึกปลุกเร้า (to stimulate) ส่วนสีเย็นจะให้ความรู้สึกผ่อนคลาย (to relax) นักจิตวิทยาหลายคนเห็นพ้องต้องกันว่าสีกับอารมณ์ของมนุษย์มีความเชื่อมโยงกันและสังเกตว่าสีสามารถสื่อถึงอารมณ์ได้

ส่วนการจัดแสง จำเป็นมากที่จะต้องรู้ว่าเราต้องการแสงแบบไหนในฉากนั้นๆ ไม่ว่าจะแสงที่จะใช้จะเป็นแสงจากการจัดแสงด้วยอุปกรณ์ไฟสำหรับงานแอนิเมชัน หรือแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีอยู่แล้วตามสภาพในสถานที่นั้น เช่น แสงแดดที่ส่องลอดเข้ามาในห้องจากทางหน้าต่าง แสงพระอาทิตย์ขึ้นตอนเช้า หรือแสงตามหลอดไฟต่างๆ (Narklada, 2013)

การจัดวางแสงให้กับงานแอนิเมชันนั้น ต้องเข้าใจอารมณ์ของภาพ เช่น ฉากนั้นให้ความรู้สึกอย่างไร มีเหตุการณ์ในการเลือกใช้ไฟอย่างไร เช่น ฉากสงครามควรใช้สีที่ดูรุนแรง เช่น สีแดง หรือสำหรับฉากรักโรแมนติกควรเลือกใช้แสงสีที่ดูอบอุ่น ตัวอย่างภาพที่ 15 แสดงถึงฉากที่ให้ความรู้สึกของตัวละครที่ดูลึกซึ้ง ซึ่งเทคนิคการเลือกใช้สีจะเป็นการสร้างบรรยากาศโดยรวมภายในห้อง ที่บ่งบอกถึงอันตรายที่แอบแฝง และตัวละครที่ยืนย้อนแสงไม่เห็นใบหน้าชัดเจนจะดูลึกซึ้งน่าค้นหา หรือการใช้แสงสว่างและบรรยากาศด้านนอกเพื่อตัดบรรยากาศอึมครึมภายในห้องเป็นการสร้างความแตกต่างที่สวยงาม และการที่เงาของตัวละครพาดยาวทำให้ดูมีอำนาจ ถ้าเป็นการจัดไฟแบบธรรมดาที่มีความสว่างเท่ากันหมด จะไม่ได้อารมณ์ความรู้สึกที่ลึกซึ้งน่าค้นหา ขาดซึ่งเสน่ห์ของภาพโดยสิ้นเชิง ดังนั้น มุมมองด้านภาพ การเลือกใช้สีแสง และการจัดวางฉาก ล้วนมีความสอดคล้องกันทั้งจุดเด่น จุดหลัก และจุดรอง ซึ่งจะทำให้งานดูลงตัวมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 15 การจัดแสงสำหรับแอนิเมชัน
ที่มา: Steve (2015)

การจัดแสงจากสภาพแวดล้อมจริง เป็นการผสมการถ่ายภาพหรือวิดีโอกับงาน 3 มิติเข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 16 การนำโมเดลเข้ามาในฉากจริงนั้น ต้องอาศัยความรู้เรื่องแสงจากธรรมชาติและการสังเกตวัตถุข้างเคียง ยกตัวอย่างภาพข้างล่างนี้ จะมีรถด้านหลังที่เป็นรถของจริงที่ใช้สำหรับเป็นตัวกำหนดการสะท้อนแสงจากเงาใต้ท้องรถ และการวางระยะมุมกล้อง

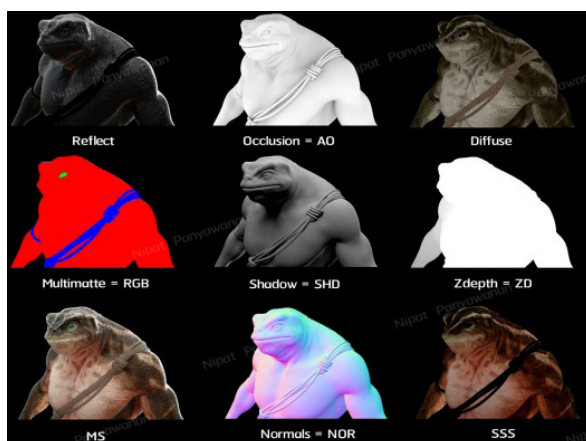
ดังนั้น จึงจำเป็นต้องสร้างลูกทรงกลมวางที่พื้นเพื่อทดสอบแสงจากสภาพแวดล้อมจริง โดยสังเกตการสะท้อนแสงของภาพให้ตรงกันหรือใกล้เคียงที่สุดกับพื้นหลัง โดยใช้ภาพที่สร้างขึ้นมาจากโปรแกรม 3 มิติและใช้เทคนิคการประมวลผลภาพให้กลายเป็นเงาใต้ท้องรถ เพื่อให้ไม่รู้สึกว่ารถคันข้างหน้านั้นโดดเด่นออกมาจากฉากจริง



ภาพที่ 16 การจัดแสงสำหรับแอนิเมชัน
ที่มา: ผู้เขียนสร้างขึ้น

นอกจากการจัดแสงในโปรแกรม 3 มิติแล้ว จะต้องนำแอนิเมชันมาแยกส่วน (layer) เพื่อประมวลผลภาพให้ออกมาในลักษณะต่างๆ หรือที่เรียกว่า เรนเดอร์พาส (render passes) เพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการปรับสีของภาพให้สมบูรณ์ ตามภาพที่ 15 ขั้นตอนนี้มีความซับซ้อนพอสมควร ในที่นี้ผู้เขียนใช้

โปรแกรมมายา (Maya) เพราะเหมาะกับงานประเภทแอนิเมชัน ในขั้นตอนนี้ต้องมีการวางแผนการทำงานที่ดี ในกรณีที่มีตัวละครเป็นจำนวนมาก ควรจะแยกฉาก (scene) ออกมา เพื่อให้ฉากนั้นเบาลง และเพื่อประหยัดเวลาในการประมวลผลภาพแต่ละภาพหรือที่เรียกว่า การเรนเดอร์ (render)



ภาพที่ 17 เรนเดอร์พาส (render passes)

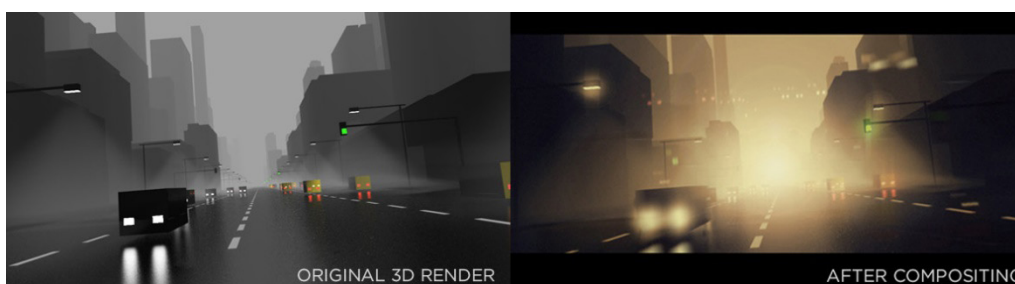
ที่มา: ผู้เขียนสร้างขึ้น

เทคนิคการซ้อนภาพ (compositing) ให้กับงานแอนิเมชัน

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำภาพที่ได้จากขั้นตอนการเรนเดอร์พาส (render passes) ให้มีความยืดหยุ่นในการปรับสีของภาพให้สมบูรณ์เข้ากันสวยงามและเป็นการปรับสีให้ออกมาเป็นอารมณ์ของภาพที่ต่อเนื่องกันในแต่ละฉาก ความต่อเนื่องของภาพนั้นเป็นส่วนสำคัญมาก เพราะจะทำให้อารมณ์ของผู้ชมไหลลื่นไปตามฉากนั้นๆ ผู้ที่ทำงานตำแหน่งนี้จะต้องมีความรู้และความเข้าใจเรื่องการใช้สีในการถ่ายทอดอารมณ์เป็นอย่างดี โดยต้องแต่งเติมให้งานออกมาสวยกว่าขั้นตอน

การจัดแสง และเติมเต็มความสมบูรณ์ของภาพในส่วนที่ขั้นตอนการจัดแสงขาดหายไป เช่น การเติมฝุ่นละออง การเติมแสงสว่าง การเติมความฟุ้งหรือความเบลของภาพ หรือเติมน้ำหนักของสีที่ยังไม่สมบูรณ์ในบางส่วน

การปรับโทนสีของภาพยนตร์แอนิเมชันหรือการเกรดสี (color grading) ที่เหมาะสม นอกจากจะช่วยให้ภาพยนตร์แอนิเมชันมีความสวยงามมากยิ่งขึ้นแล้ว ยังสามารถบ่งบอกถึงบรรยากาศในขณะนั้นได้ดีอีกด้วย และการใช้ภาพอ้างอิงจากตัวอย่างจะช่วยให้การปรับสีมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 18 เทคนิคการซ้อนภาพ (Compositing)

ที่มา: Campbell (2010)

การสร้างแอนิเมชันด้วยคอมพิวเตอร์ (computer animation)

จากความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน จึงมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้การทำงานแอนิเมชันง่ายขึ้น ทำให้ประหยัดเวลาและต้นทุนเป็นอย่างมาก โปรแกรมที่นิยมใช้ในการผลิตงานแอนิเมชัน ได้แก่ โปรแกรมมายา (Maya) ซึ่ง

เป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมจากสตูดิโอทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากเหมาะสมสำหรับการทำแอนิเมชันมากที่สุด เพราะสามารถสร้างตัวละครและฉากได้อย่างไม่ยากนัก สำหรับผู้ทำงานในสายงานแอนิเมชัน การขึ้นโมเดลจากโปรแกรมมายา (Maya) จะได้เส้นที่น้อยสามารถนำมาใส่กระดูก (rigging) เพื่อนำมาเคลื่อนไหวตัวละครได้เลย และยังสามารถ

จัดแสงได้เบ็ดเสร็จในตัวโปรแกรมเดียวอีกด้วย อีกโปรแกรมหนึ่งที่นิยมใช้ในการขึ้นโมเดล คือ โปรแกรมซีบรัช (Zbrush) โปรแกรมนี้เหมาะกับการขึ้นโมเดลที่มีความละเอียดสูงเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ การที่จะนำโมเดลที่มีความละเอียดสูงไปใช้งานแอนิเมชันนั้น ต้องนำไปเดินเส้นใหม่ในโปรแกรมมายาหรือที่เรียกว่า รีโทโปโลยี (Retopology) ซึ่งเหมาะสำหรับโมเดลที่มี

ความเหมือนจริงสูง มีความยุ่งยากกว่าโปรแกรมมายา (Maya) ที่สามารถทำให้เสร็จสิ้นในตัวโปรแกรมได้เลย แต่ถ้าใช้ในงานขึ้นรูป เช่น รูปปั้น งานศิลปะของเล่น (art toy) หุ่นนิ่ง และรูปหล่อพระ โปรแกรมซีบรัช (Zbrush) จะได้รับความนิยมกว่าโปรแกรมมายา (Maya)



ภาพที่ 19 ตัวอย่างงาน 3 มิติ เรื่องก้านกล้วย
ที่มา: Khan Kluy 2 (2009)

ขั้นตอนการสร้างภาพยนตร์แอนิเมชัน 3 มิติ

ขั้นตอนการทำงานแอนิเมชันนั้นมีรายละเอียดอยู่มาก การที่จะทำแอนิเมชันให้ออกมาสมบูรณ์แบบได้นั้นต้องอาศัยความชำนาญ ความอดทน และการฝึกฝนในแต่ละหน้าที่ การแบ่งหน้าที่ต่างๆ นั้นมีความสำคัญและต้องมีความสอดคล้องกัน ต้องอาศัยการทำงานเป็นทีม ถ้าฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งทำงานล่าช้า หรือไม่เสร็จตามกำหนด จะส่งผลให้แผนกอื่นล่าช้าตามไปด้วย ดังนั้น ผู้สร้างสรรค์งานแอนิเมชันต้องมีความรับผิดชอบ ต้องมีความอดทน ต้องมีความร่วมแรงร่วมใจเป็นหนึ่งเดียว และได้แบ่งสัดส่วนของการทำงานแอนิเมชันหลักๆ ดังคำกล่าวของ Rounsang (2008) ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมงาน (pre-production)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เพราะเป็นขั้นตอนการเริ่มต้นของงาน ตั้งแต่ความคิดสร้างสรรค์งาน การเขียนบท เรียบเรียงเนื้อเรื่อง การกำหนดระยะเวลาการทำงาน การวางแผนการออกแบบทั้งตัวละครและฉาก และจัดทำสตอรี่บอร์ด เพื่อจัดทำแอนิเมติกที่สมบูรณ์ทั้งภาพและเสียงประกอบ เพื่อนำเสนอแก่ลูกค้าต่อไป

2. ขั้นตอนผลิต (production)

หลังจากที่ขายงานให้ลูกค้าผ่านแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการลงมือทำ โดยนำภาพที่ได้จากการออกแบบมาเข้าโปรแกรม 3 มิติ แล้วขึ้นโมเดลทั้งตัวละครและฉาก ทำงานใส่กระดูก ทำพื้นผิวและจัดแสง ใส่เทคนิคพิเศษ ประมวลผลภาพแต่ละส่วนออกจากกัน ทั้งตัวละคร ฉาก และเทคนิคพิเศษต่างๆ แล้วนำมาผสมกันในโปรแกรมเอฟเฟกต์เอฟเฟกต์ (After Effects) ซึ่งหลังจากเสร็จงานในขั้นตอนนี้แล้ว จะได้ภาพยนตร์การ์ตูนแอนิเมชันที่พร้อมตัดต่อในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นตอนเก็บงาน (post-production)

ขั้นตอนหลังการผลิตเป็นขั้นตอนการเก็บรายละเอียด การปรับสีปรับแต่งเสียง และการสร้างไฟล์วิดีโอให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งาน ซึ่งงานที่ได้จากขั้นตอนนี้จะเป็นงานที่สมบูรณ์ทั้งภาพและเสียง มีคุณภาพงานที่ดีที่สุดพร้อมนำไปใช้งานจริง

บทสรุป

การขึ้นโมเดล 3 มิติ เพื่อทำงานแอนิเมชันนั้น การเคลื่อนไหวในส่วนต่างๆ ของตัวละครเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยขึ้นส่วนหรือข้อต่อในส่วนต่างๆ ต้องมีความสัมพันธ์กัน เช่น นิ้วกับมือ ใบหน้ากับปากหรือตา หัวกับคอ แขนกับข้อศอก เป็นต้น จึงจำเป็นต้องเข้าใจหลักการการทำงานและให้ความสำคัญกับการเคลื่อนไหวของตัวละคร ทั้งนี้ การขึ้นรูปทรงที่ดีจะส่งผลถึงขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การใส่กระดูก การกำหนดสัดส่วนควบคุมกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆ ให้กับตัวละคร ถ้าเดินเส้นน้อยจนเกินไป อาจทำให้การองการพับของข้อต่อไม่สวยงามหรืออาจจะงอไม่ได้ จึงต้องรู้จักวิเคราะห์และสังเกตจากสิ่งที่มีชีวิตจริงรอบๆ ตัวแล้วนำมาประยุกต์ใช้ในงานแอนิเมชัน รวมถึงศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นคนหรือสัตว์ เพื่อให้งานแอนิเมชันออกมาดูลงตัวสวยงาม ในปัจจุบันการจำลองตัวละครโดยใช้โปรแกรมแอนิเมชัน 3 มิติ เข้ามามีบทบาทสำคัญ โดยเฉพาะในส่วนที่คนหรือสัตว์ไม่สามารถแสดงเองได้ รวมไปถึงการเลียนแบบสิ่งที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติ เช่น คน สัตว์ การเดิน การวิ่ง และสิ่งที่ไม่เป็นจริงไม่มีในธรรมชาติ เช่น ปีศาจหรือสัตว์ประหลาด ซึ่งความสามารถของโปรแกรมแอนิเมชันเหล่านี้ทำให้การทำงาน 3 มิติเป็นที่นิยมทั้งงานด้านแอนิเมชันและภาพยนตร์ที่มักใช้ตัวละครหรือฉากแอนิเมชันผสมผสานอย่างกลมกลืนกับดาราจริงๆ อีกด้วย

การทำงานแอนิเมชันนั้นไม่สามารถจะทำได้หากไม่มีทีมงาน เพราะจำเป็นต้องมีผู้ที่มีความรู้ในหลายเรื่องประกอบเข้าด้วยกัน เช่น 1) ด้านขั้นตอนการเตรียมงาน (pre-production) ซึ่งประกอบไปด้วยความคิด (idea) การเขียนกรอบแสดงเรื่องราว (storyboard) และการออกแบบภาพเคลื่อนไหว (animatic design) 2) ด้านขั้นตอนการผลิต (production) ซึ่งประกอบไปด้วยการกำหนดตำแหน่งภาพ (lay out) การค้นหาข้อมูล (R&D) แบบจำลอง (model) ลวดลายบนพื้นผิว (texture) การใส่กระดูก (rigging) การทำภาพเคลื่อนไหว (animation) การสร้างภาพด้วยเทคนิคพิเศษ (Visual Effects: VFX) การจัดแสง (lighting) และการเรนเดอร์พาส (render passes) และ 3) ด้านขั้นตอนหลังการผลิต (post-production) ประกอบไปด้วย การซ้อนภาพ การปรับสี (compositing color correction) และการใส่เสียงประกอบ (sound) ซึ่งต้องอาศัยความถนัดของแต่ละบุคคลที่มาทำงานร่วมกัน การทำงานเป็นทีมจึงถือเป็นเรื่องสำคัญมาก โดยในบริษัทที่ทำงานด้านแอนิเมชันจึงมีการแบ่งแผนกที่แตกต่างกัน แล้วจึงนำทุกส่วนมาผสมกันให้ออกมาเพื่อให้ได้งานที่สมบูรณ์แบบที่สุด

References

- Anticipation. (n.d.). Retrieved November 5, 2018, from <https://www.evl.uic.edu/ralph/508S99/anticipa.html>
- Aueragsakul, T. (2004). *Kānsāng phāpphayon sūṅg D 'ǣ ni mē chan* [How to make 2D animation]. Bangkok: Media Intelligence Technology.
- Autodesk Help. (2018). UVs products and versions covered. Retrieved March 2, 2019, from <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Maya-Modeling/files/GUID-FDCD0C68-2496-4405-A785-3AA93E9A3B25-htm.html>
- Blue. (2014). Maya animation for parts. Retrieved March, 27, 2018, from <https://forum.kerbalspaceprogram.com/index.php?/topic/81720-maya-animation-for-parts/>
- Campbell, N. (2010). The importance of compositing: A layer by layer breakdown in after effects. Retrieved March 2, 2019, from <https://greyscalegorilla.com/tutorials/the-importance-of-compositing-a-layer-by-layer-breakdown-in-after-effects/>
- Funny macaw rigged 3D model. (2018). Retrieved March 20, 2018, from <http://www.cadnav.com/3d-models/model-22766.html>
- Janma, V. (2004). *Kān 'ōkbæp phāpphayon animation laksana Thai* [Thai style animation design] (Master's thesis, Silpakorn University).

- Janma, V. (2017). *Kān'ōkbāep phāp khluānwai bainā læ pākkhō ngō tuālakhōn 'ænimēchan* [Facial and lip movement design for animation character]. *Art and Architecture Journal*, 9(2), 67-81.
- Kān klāi sōng [Khan Kluay 2]. (2009, March 2). Retrieved November 5, 2018, from <https://www.sanook.com/movie/20559/>
- Kozłowski, K. (n.d.). Bulletstorm, creep high poly model. Retrieved January 3, 2017, from <https://kozłowski.artstation.com/projects/56W8>
- Larking, A. (2007a). Topo larking-eye.jpg. Retrieved March 12, 2019, from http://wiki.polycount.com/w/images/c/c5/Topo_larking-eye.jpg
- Larking, A. (2007b). Topo larking-mouth.jpg. Retrieved March 12, 2019, from http://wiki.polycount.com/w/images/5/5d/Topo_larking-mouth.jpg
- Myers, S. (2016). Character archetypes: "Up". Retrieved May 15, 2019, from <https://gointothestory.blcklst.com/character-archetypes-up-19ee4f871a4a>
- Narklada, A. (2013). *Thritsadi sī (ART112) (Phim khrang thī 9)* [Theory of color (ART112) (9th ed.)]. Bangkok: Rangsit University.
- Niyomtum, S. (n.d.). Chittawitthaya hæng sī [Color psychology]. Retrieved January 2, 2019, from http://rise.swu.ac.th/Portals/184/documents/articles/The_Psychology_of_Color.pdf
- Noschenko, N. (2018). Nazar Noschenko topology.jpg. Retrieved March 12, 2019, from http://wiki.polycount.com/w/images/e/ed/Nazar_Noschenko_topology.jpg
- Prachachit, K., Soodsang, N., Pirasant, J., & Pittungnapoo, W. (2014). Phon khōng katūn 'æ ni mē chan thī mī tō kānraprū læ čhit nuk dān watthanatham khōng chāo čhangwat sīsaket [Effects of cartoon animation in perception and awareness towards cultures of Srisaket residents]. *Art and Architecture Journal*, 5(2), 42-58.
- Pesopas, T. (2002). *Kān'ōkbāep tuālakhōn phūnthān samrap dek* [Basic character design for the children]. *Sripatum Chonburi Journal*, 12(5), 181-189.
- Pommerening, R., & Penkner, A. (2016). 3D low poly characters. Retrieved December 15, 2018, from <https://www.behance.net/gallery/44657667/3D-Low-Poly-Characters>
- Roungsan, N. (2008). *Sāng katūn animation duāi Flash* [Create cartoon animation with Flash]. Bangkok: Provision.
- Sherman, A. (n.d.). Fan art Baymax character. Retrieved May 15, 2019, from <https://albertsherman.artstation.com/projects/9oW3R>
- Spagnolo, F. (2014). Superman-character art design. Retrieved May 15, 2019, from <https://dribbble.com/shots/1385131-Superman-Character-Art-Design>
- Steve. (2015). MDU115.1 research and development blog 3. Retrieved April 26, 2018, from <https://stevenmorris.weebly.com/mdu1151-blog/mdu1151-research-and-development-blog-3>

Suntiarpon, R., Kaewphakdee, K., Yunnan, M., & Chaotrakul, W. (2016). *Kān'ōḵbæp khā ræktœ satikkoelai læ 'ænimechan phayūn*. In *'ēkkasān prakōp kān prachum radap chāt Naresuān wīchhai khrang thī sipsōṅg læ nawattakam kap kānphatthanā prathēt* [Character design, Line sticker and animation “Sea cow” In National conference Naresuan research 12th and innovation with national development] (pp. 1789-1797). Phitsanulok: Naresuan University.

Villar, O. (2014). Learning blender: A hands-on guide to creating 3D animated characters. Retrieved December 26, 2018, from <https://www.oreilly.com/library/view/learning-blender-a/9780133886283/ch07lev2sec20.html>