

เทคนิคการซ้อนภาพแบบดิจิทัลสำหรับพื้นหลังธรรมชาติ

แมน เตมียกุล และ นพพร โชติกกำธร

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Email: tamiyakul@gmail.com, nopporn@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

เทคนิคการซ้อนภาพ (Matting) เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในงานถ่ายภาพยนตร์และรายการโทรทัศน์ เพื่อซ้อนภาพพื้นหลังใหม่เข้าไปแทนที่พื้นหลังเดิม โดยยังคงภาพของนักแสดงหรือวัตถุที่อยู่ด้านหน้าไว้ ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ทำให้เทคนิคการซ้อนภาพ ซึ่งเดิมอาศัยการประมวลผลภาพในระบบอนาล็อก ได้ถูกพัฒนาไปเป็นระบบดิจิทัล บทความนี้นำเสนอหลักการและคุณสมบัติโดยทั่วไปของภาพดิจิทัลและเทคนิคการซ้อนภาพแบบดิจิทัล และความแตกต่างจากระบบอนาล็อกแบบเดิมที่สำคัญ เช่น ใช้งานได้กับวัตถุที่มีความโปร่งแสงบางส่วนหรือทั้งหมด ตลอดจนสามารถใช้ได้กับพื้นหลังธรรมชาติใด ๆ ที่ปรากฏในภาพต้นฉบับได้ แทนที่จะต้องใช้พื้นหลังเป็นฉากสีเขียว เช่น น้ำเงิน หรือเขียว นอกจากนี้ยังได้แนะนำหลักการพื้นฐานของการซ้อนภาพแบบดิจิทัลที่สามารถใช้งานกับพื้นหลังธรรมชาติได้ ตลอดจนนำเสนอทิศทางการพัฒนาเทคนิคดังกล่าวให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ - Digital matting; Alpha channel; Blue screen matting; Depth sensor; Chroma key

1. บทนำ

ในการถ่ายทำภาพยนตร์ สื่อวีดิโอหรือโทรทัศน์ บางครั้งมีความจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนพื้นหลัง (Background) ที่ปรากฏในภาพที่ถ่ายทำในครั้งแรกดด้วยพื้นหรือฉากหลังใหม่ โดยไม่ให้เกิดกระทบกับภาพของผู้แสดงหรือวัตถุที่อยู่ด้านหน้า (Foreground) ทั้งนี้ อาจมีสาเหตุมาจากความจำเป็นในการลดค่าใช้จ่ายในการผลิต คิวนัดหมายนักแสดงในการถ่ายทำที่จำกัดหรือเพื่อประกอบการสร้างเทคนิคพิเศษด้านภาพ (Visual/special effects) ที่ไม่สามารถหา สร้าง หรือจำลองฉากหลังจริงขึ้นมาได้ เป็นต้น ซึ่งเทคนิคในการซ้อนภาพฉากหลังดังกล่าว เป็นที่รู้จักและใช้งานกันอย่างแพร่หลายมาหลายสิบปี แต่อาจเป็นที่รู้จักกันในชื่อที่แตกต่างกัน เช่น เทคนิค การซ้อนภาพแบบบลูสกรีน (Blue screen matting) หรือเทคนิคโคร-

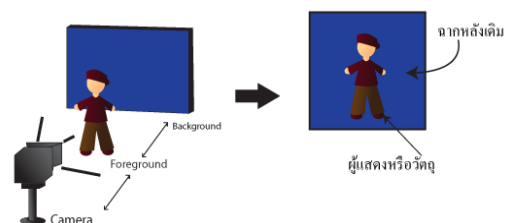
มาคีย์ (Chroma key) เป็นต้น [1] (รูปที่ 1)ในอดีต การซ้อนภาพลงบนแผ่นฟิล์มที่ใช้ในการถ่ายทำภาพยนตร์ต้องอาศัยกระบวนการในการล้างฟิล์มและถ่ายทำซ้ำหลายครั้ง เพื่อให้ได้ผลที่ต้องการ ในขณะที่กระบวนการในระบบการบันทึกภาพด้วยเทปวีดิทัศน์ (Video tape) ที่ใช้กันแพร่หลายในการผลิตรายการโทรทัศน์ จะอาศัยการประมวลผลภาพด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบอนาล็อก ([2-3] กล่าวถึงรายละเอียดเพิ่มเติมและความเป็นมา) ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ต้องอาศัยการจัดฉากหลังและแสงที่เหมาะสม จึงจะได้คุณภาพของภาพที่ต้องการ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญบางประการ กล่าวคือจะให้ผลไม่ดีนักกับบริเวณของภาพที่ปรากฏวัตถุด้านหน้าที่มีขนาดเล็ก เช่น เส้นผม หรือวัตถุที่มีความโปร่งแสงบางส่วน รวมทั้งความจำเป็นที่ต้องจัดฉากหลังในการถ่ายทำให้เป็นพื้นสีเดียว เช่น สีน้ำเงิน หรือ สีเขียว ไม่สามารถ



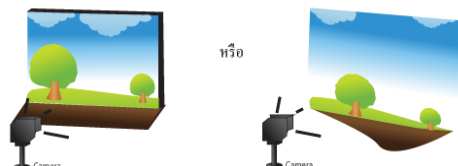
รูปที่ 1. ตัวอย่างการใช้การซ้อนภาพแบบลูสกรีน เพื่อการซ้อนภาพฉากหลัง ในรายการโทรทัศน์ และอุตสาหกรรมภาพยนตร์ (ภาพโดย Mark Barker จาก <http://commons.wikimedia.org>)

ใช้กับภาพที่ถ่ายทำโดยติดพื้นหลังใด ๆ ที่ปรากฏตามธรรมชาติได้ [3-4]

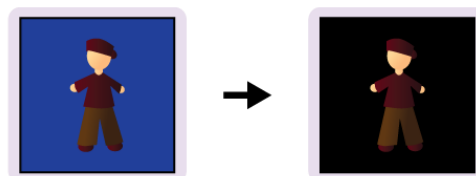
ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลและคอมพิวเตอร์ ทำให้ในปัจจุบัน เทคนิคการซ้อนภาพได้ถูกพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากประสิทธิภาพที่สูงขึ้นของคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งเทคนิคการซ้อนภาพแบบดิจิทัลใหม่ ๆ ที่มีการพัฒนาขึ้น ช่วยลดข้อจำกัดหลายประการของเทคนิคการซ้อนภาพแบบเดิมได้ บทความนี้ได้นำเสนอหลักการโดยทั่วไปของเทคนิคการซ้อนภาพทั้งในระบบเดิมและในระบบดิจิทัล จากนั้นจะอธิบายถึงหลักการพื้นฐานของเทคนิคแบบดิจิทัล พร้อมทั้งระบุข้อดีของเทคนิคดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคแบบเดิมในระบบอนาล็อก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถของเทคนิคการซ้อนภาพแบบดิจิทัลใหม่ ๆ ที่สามารถทำงานได้กับภาพที่ถ่ายโดยติดพื้นหลังใด ๆ ซึ่งเรียกรวม ๆ กันว่าเป็นพื้นหลังธรรมชาติได้ โดยจะได้ยกตัวอย่างหลักการโดยทั่วไปของเทคนิคในกลุ่มดังกล่าวมาพอสังเขป ในช่วงท้ายของบทความจะนำเสนอทิศทางการพัฒนาเทคนิคการซ้อนภาพแบบดิจิทัล ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น [2-6]



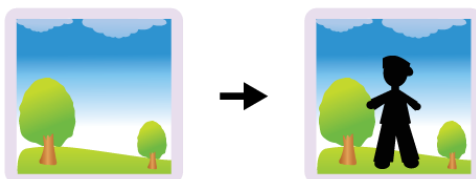
1. ถ่ายภาพนักแสดงที่มีพื้นหลังเป็นสีเดียว



2. ถ่ายหรือสร้างภาพฉากหลังใหม่ที่ต้องการ



3. ตัดฉากหลังออกจากภาพต้นฉบับ



4. ตัดบริเวณที่ซ้อนกับตำแหน่งนักแสดงออกจากภาพฉากหลังใหม่



5. นำภาพที่ได้ขั้นตอนที่จาก 3 และ 4 มารวมกัน

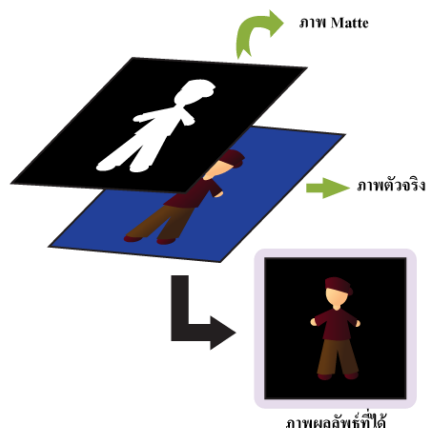
รูปที่ 2. แสดงขั้นตอนการซ้อนภาพพื้นหลังโดยทั่วไป

2. หลักการทั่วไปของการซ้อนภาพพื้นหลัง

การซ้อนภาพพื้นหลังมีหลักการและขั้นตอนโดยทั่วไปแสดงดังในรูปที่ 2. จากภาพ สามารถอธิบายขั้นตอนต่างๆ ได้โดยสังเขป ดังนี้

- 1) ทำการถ่ายภาพนักแสดงหรือวัตถุที่จะปรากฏอยู่ด้านหน้ากล้องในภาพ โดยในขั้นตอนนี้ สำหรับเทคนิคการซ้อนภาพโดยทั่วไป จำเป็นต้องจัดฉาก (Screen) ที่เป็นพื้นหลังสีเดียว เช่น สีน้ำเงิน หรือสีเขียว ในขณะที่เทคนิคการซ้อนภาพแบบดิจิทัลสมัยใหม่ อาจเป็นพื้นหลังใด ๆ เช่น พื้นหลังที่ปรากฏตามธรรมชาติ ณ สถานที่ที่ถ่ายทำนั้น ๆ ในภาพตัวอย่าง แสดงเฉพาะกรณีที่มีพื้นหลังเป็นฉากสีน้ำเงิน เพื่อง่ายต่อการนำเสนอ
- 2) ทำการจัดเตรียมภาพฉากหลังใหม่ ซึ่งอาจจัดทำโดยการวาดหรือสร้างด้วยคอมพิวเตอร์ หรืออาจจะเป็นการถ่ายภาพวัตถุหรือสถานที่จริงก็ได้
- 3) ทำการตัดส่วนที่เป็นฉากหลังออกไปจากภาพที่ถ่ายได้จากขั้นตอนที่ 1 ซึ่งจะมีผลทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นสีดำสนิท
- 4) จากภาพที่ได้ในขั้นตอนที่ 2 ทำกระบวนการเดียวกันกับในขั้นตอนที่ 3 หากแต่ในขั้นตอนนี้ ตัดภาพในบริเวณที่ตรงกับตำแหน่งของนักแสดงในภาพที่ถ่ายจากขั้นตอนที่ 1 แทน
- 5) นำภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 และ 4 มาผสมเข้าด้วยกัน โดยส่วนที่เป็นสีดำในแต่ละภาพ จะไม่มีผลต่อสีหรือความสว่างของภาพบริเวณนั้นหลังการผสมเข้าด้วยกัน ทำให้ในภาพสุดท้าย บริเวณที่เป็นนักแสดงหรือวัตถุที่อยู่ด้านหน้าจะยังคงเหมือนภาพต้นฉบับที่ถ่ายได้จากในขั้นตอนที่ 1 จะมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะบริเวณฉากหลังเดิมที่ถูกแทนที่ด้วยฉากหลังใหม่

ในทางปฏิบัติ การตัดภาพส่วนที่ไม่ต้องการออกจากภาพต้นฉบับในขั้นตอนที่ 3 (หรือขั้นตอนที่ 4 ที่กระทำกับภาพฉากหลังใหม่) จำเป็นต้องทำการสร้างภาพแมท



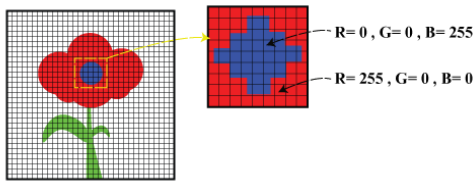
รูปที่ 3. การใช้ภาพแมทในการตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก

(Matte) ซึ่งเป็นภาพที่มีขนาดเท่ากับภาพในขั้นตอนที่ 1 โดยภาพแมทส่วนที่ตรงกับบริเวณของภาพที่ไม่ต้องการให้ถูกตัดออกไป จะมีลักษณะโปร่งแสงเหมือนแผ่นใส ในขณะที่บริเวณที่ต้องการตัดออก จะมีลักษณะทึบแสง เมื่อนำภาพแมทมาวางไว้เหนือภาพต้นฉบับที่เตรียมไว้ (จากขั้นตอนที่ 1 หรือ 2) ก็จะได้ภาพสุดท้ายตามต้องการ (ดูรูปที่ 3 ประกอบ)

กระบวนการในรายละเอียด สำหรับแต่ละขั้นตอนอาจแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้ เช่น ในกรณีของการใช้ฟิล์มภาพยนตร์ ภาพแมทจะถูกสร้างโดยกระบวนการถ่ายภาพลงบนแผ่นฟิล์มที่มีลักษณะเฉพาะ และในการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะกระทำโดยการถ่ายภาพ [2-3] ที่ได้จากการนำฟิล์มของภาพแมทและภาพต้นฉบับมาซ้อนทับกัน สำหรับกรณีของการซ้อนภาพแบบดิจิทัล จะได้กล่าวถึงวิธีการในหัวข้อต่อไป

3. เทคนิคการซ้อนภาพฉากหลังแบบดิจิทัล

ภาพดิจิทัล ไม่ว่าจะเป็นภาพนิ่ง หรือภาพเคลื่อนไหว มีหลักการพื้นฐานเหมือนกัน กล่าวคือ ข้อมูลภาพจะถูกตัดแบ่งออกเป็นบริเวณหรือจุดย่อยๆ เป็นจำนวนมาก แต่ละจุดเรียกว่าพิกเซล (Pixel) โดยการจัดเก็บภาพในรูปแบบ

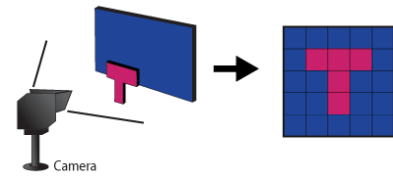


รูปที่ 4. แสดงการจัดเก็บค่าสีในแต่ละพิกเซลของภาพดิจิทัล

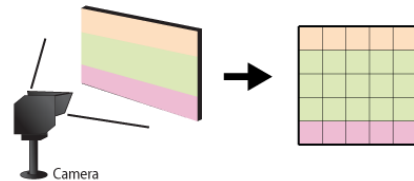
ดิจิทัล จะทำการบันทึกค่าสีหรือความสว่างในแต่ละพิกเซลไว้ (ดูรูปที่ 4 ประกอบ) สำหรับภาพสี แต่ละพิกเซลจะประกอบไปด้วยค่าความสว่างของแม่สีทั้ง 3 อัน ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (Red Green Blue หรือเรียกย่อๆว่า RGB) โดยแต่ละสีจะมีค่าความสว่างระหว่าง 0 ถึง 255 เป็นต้น

เมื่อพิจารณากระบวนการซ้อนภาพดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 2 และ รูปที่ 2 ในกรณีของภาพดิจิทัลจะมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 5

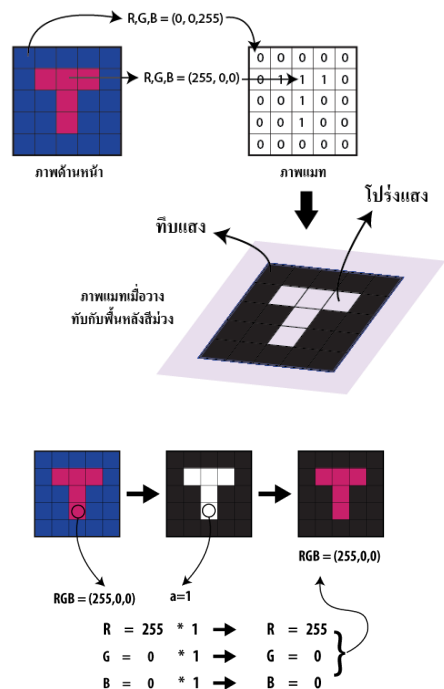
จากรูป หลังผ่านขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะได้ภาพดิจิทัลของนักแสดงหรือวัตถุที่อยู่ด้านหน้า และภาพฉากหลังใหม่ตามลำดับ เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนที่ 3 จะเริ่มจากการสร้างภาพแมทโดยภาพแมทเป็นภาพดิจิทัลที่มีขนาดเท่ากับภาพต้นฉบับ แต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่ในแต่ละพิกเซลของภาพแมท จะทำการจัดเก็บค่าระดับความโปร่งแสงเป็นตัวเลขตัวเดียวที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 แทนการเก็บค่าสี RGB จำนวน 3 ค่าเหมือนในกรณีของภาพต้นฉบับ โดยการสร้างภาพแมท จะขึ้นอยู่กับลักษณะของฉากหลังเดิม ในหัวข้อนี้ จะขอยกตัวอย่างกรณีที่ฉากหลังเป็นพื้นหลังสีเดียว ที่ทราบค่าสีล่วงหน้า ในกรณีนี้ โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อการซ้อนภาพฉากหลัง จะทำการอ่านค่าสีในแต่ละพิกเซลของภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 หาก ณ ตำแหน่งพิกเซลใดมีค่าสีตรงหรือใกล้เคียงกับค่าสีของฉากหลัง (ที่ทราบค่าอยู่ก่อนแล้ว) ก็จะมีการกำหนดค่าสีของภาพแมท ณ ตำแหน่งพิกเซลที่ตรงกันให้เป็นสีดำหรือทึบแสง (ค่าของพิกเซลเท่ากับ 0) หากสีไม่ตรงหรือไม่



1. ภาพดิจิทัล (ขวา) ที่ได้จากการถ่ายภาพวัตถุ โดยใช้พื้นหลังสีเดียว

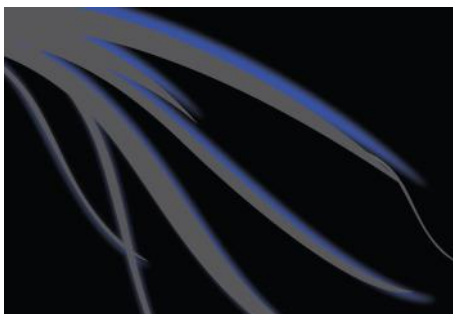


2. ภาพดิจิทัล (ขวา) ที่ได้จากการถ่ายภาพฉากหลังใหม่ที่ต้องการ



3. การสร้างภาพแมท และกระบวนการในการรวมภาพเข้าด้วยกัน

รูปที่ 5. ตัวอย่างขั้นตอนโดยทั่วไปในการซ้อนภาพแบบดิจิทัล



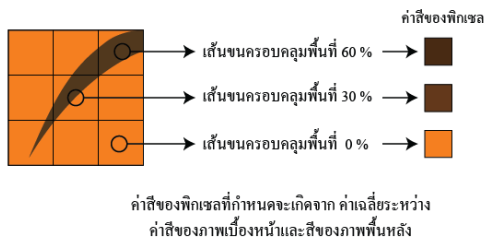
รูปที่ 6 :ตัวอย่างการเกิดบลูสปิล

ใกล้เคียงกับสีฉากหลัง ก็จะกำหนดให้พิกเซลดังกล่าวของภาพแม่ทเป็นจุดโปร่งแสงแทน (ค่าของพิกเซลเท่ากับ 1)

หลังจากได้ภาพแม่ทแล้ว การตัดภาพในส่วนที่ไม่ต้องการ จะกระทำโดยการคูณค่าความโปร่งแสงที่เก็บไว้ในแต่ละพิกเซลของภาพแม่ทเข้ากับค่าสีในพิกเซลที่ตำแหน่งตรงกันกับภาพต้น เป็นผลทำให้ภาพที่ได้ที่อยู่ในส่วนที่ทึบแสงของภาพแม่ท จะปรากฏเป็นสีดำเสมอ ในขณะที่ส่วนที่ตรงกับบริเวณโปร่งแสง จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีจากภาพต้นฉบับแต่อย่างใด อนึ่ง ภาพแม่ทดังกล่าวซึ่งบ่งบอกระดับความโปร่งแสงของแต่ละพิกเซล บางครั้งจะทำการบันทึกรวมไปกับข้อมูลค่าสี RGB ของรูปภาพ โดยเรียกว่าค่าแอลฟา (Alpha value)

สำหรับกรณีของภาพฉากหลังใหม่ ภาพแม่ทที่ใช้เพื่อตัดส่วนของภาพที่ซ้อนทับตำแหน่งวัตถุในภาพต้นฉบับ สามารถสร้างได้จากภาพแม่ทสำหรับรูปภาพต้นฉบับข้างต้น โดยการสลับค่าความโปร่งแสงในแต่ละพิกเซล เช่น ในกรณีที่ค่าเดิมเป็น 0 ให้สลับเป็น 1 ในขณะที่หากเดิมค่าความโปร่งแสงในภาพแม่ทเป็น 1 ให้สลับเป็น 0 ก็จะได้ภาพแม่ทที่ต้องใช้สำหรับภาพฉากหลังใหม่ตามขั้นตอนที่ 4 ดังที่ได้กล่าวไปในหัวข้อก่อนหน้านี้

หลังจากได้ภาพที่ผ่านกระบวนการตัดส่วนภาพออกแล้ว การผสมภาพ ทำได้โดยการนำค่าสีของแต่ละพิกเซลที่ตรงกันของภาพต้นฉบับและภาพฉากหลังใหม่ มาบวกเข้าด้วยกัน [5-7]



รูปที่ 7. ตัวอย่างค่าสีของพิกเซลที่บันทึกได้ ซึ่งเกิดการผสมระหว่างภาพเบื้องหน้าและภาพพื้นหลัง

4. การปรับปรุงคุณภาพในการซ้อนภาพด้วยวิธีการแบบดิจิทัล

วิธีการซ้อนภาพแบบดิจิทัล ดังที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา เป็นวิธีการพื้นฐาน ซึ่งยังคงประสบปัญหาในลักษณะเดียวกับวิธีการเดิมในแบบอนาล็อก อันได้แก่

- ปัญหาความกลมกลืนกันในการผสมผสานระหว่างวัตถุที่อยู่ด้านหน้ากับฉากหลังใหม่ สำหรับบริเวณที่วัตถุด้านหน้ามีขนาดเล็ก เช่น เส้นผม หรือวัตถุที่มีความใสหรือโปร่งแสงบางส่วน เช่น แก้ว หรือกระจก
- ปัญหาแสงสะท้อนจากฉากที่ใช้ในการถ่ายทำภาพผู้แสดง ซึ่งไปปรากฏอยู่ตามขอบของร่างกายหรือเสื้อผ้าของผู้แสดง หรือที่เรียกกันว่าปรากฏการณ์บลูสปิล (Blue spill) จะส่งผลทำให้เห็นขอบรอยต่อระหว่างผู้แสดงกับฉากหลังใหม่ที่ไม่เรียบร้อย อีกทั้งยังอาจทำให้ปรากฏแสงสะท้อนสีเดียวกับฉากหลังเดิม ปรากฏอยู่ตามขอบของวัตถุที่อยู่ด้านหน้าในภาพที่ซ้อนทับฉากหลังแล้ว [8-10] (ดูรูปที่ 6 ประกอบ)

ปัญหาดังกล่าวข้างต้นส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการที่ภาพแม่ทซึ่งได้จากวิธีการที่อธิบายไปในหัวข้อที่ผ่านมา ใช้ระดับความโปร่งแสงได้เพียง 2 ระดับ คือโปร่งแสง (ค่า α หรือค่าแอลฟาเท่ากับ 1) หรือทึบแสง (ค่า α หรือค่าแอลฟาเท่ากับ 0) เท่านั้น ซึ่งใช้งานได้ดี หากว่าค่าสีของพิกเซล ณ บริเวณของภาพที่เป็นส่วนของวัตถุที่อยู่ด้านหน้าที่กล่องบันทึกไว้ จะเกิดจากสีของวัตถุนั้น ๆ เท่านั้น แต่ปรากฏการณ์ที่ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ข้างต้น

ล้วนแล้วแต่ส่งผลทำให้สมมติฐานดังกล่าวไม่เป็นจริง เช่น จากรูปที่ 7 ในกรณีของปลายเส้นขนที่มีขนาดเล็ก สีของ พิกเซล ณ ตำแหน่งที่ตรงกับเส้นขน เกิดจากการผสมกัน ระหว่างสีฉากหลัง ณ ตำแหน่งดังกล่าว กับสีของเส้นขน (ทั้งนี้ เนื่องจากการบันทึกภาพในระบบดิจิทัล ในแต่ละ พิกเซล สามารถจัดเก็บค่าสีหรือความสว่างได้เพียง 1 ค่า เท่านั้น ซึ่งในกรณีที่พื้นที่ของพิกเซลดังกล่าว ประกอบไปด้วยวัตถุที่มีสีต่างกัน ค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของสีทั้งหมด ที่ตกลงบนพื้นที่ดังกล่าว)

ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยกำหนดให้แต่ละ พิกเซลของภาพแมทริกซ์เป็นจำนวนจริงระหว่าง 0 ถึง 1 (แทนที่จะเป็นจำนวนเต็ม 0 หรือ 1 เท่านั้น) ทำให้เมื่อนำ ภาพต้นฉบับมาผสมกับฉากหลังใหม่แล้ว จะได้ค่าสีบริเวณ ขอบของวัตถุที่กลมกลืนกับฉากหลังใหม่มากขึ้น ปัญหา ในทางปฏิบัติ คือจะคำนวณค่าความโปร่งแสงดังกล่าวได้ อย่างไร วิธีการที่มีการพัฒนาขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว มักจะมีพื้นฐานมาจากการจำลองค่าสี ณ พิกเซล ที่มีการ เลื่อมซ้อนกันระหว่างวัตถุที่อยู่ด้านหน้าและวัตถุที่อยู่ใน ฉากหลัง ด้วยสมการต่อไปนี้

$$I_k = a_k F_k + (1 - a_k) B_k \quad (1)$$

โดยที่ จากสมการข้างต้น F_k คือค่าสี ณ พิกเซลที่ k อันเกิดจากวัตถุที่อยู่ด้านหน้า (สำหรับภาพสี F_k จะมี 3 ค่าคือค่า สีแดง เขียว และน้ำเงิน แต่ในที่นี้จะไว้เพื่อให้อธิบายการนำเสนอมีความกระชับ) ส่วน B_k คือค่าสี ณ พิกเซลที่ k อันเกิดจากวัตถุในฉากหลัง ค่า a_k คือค่าความโปร่งแสงของวัตถุที่อยู่ด้านหน้าในส่วนที่ตรงกับตำแหน่งพิกเซลที่ k ส่วน I_k คือค่าสี ณ พิกเซลที่ k ของภาพต้นฉบับที่ถ่ายได้

จากสมการข้างต้น หากวัตถุที่อยู่ด้านหน้ามีลักษณะทึบแสง และไม่เกิดกรณีดังเช่นในรูปที่ 6 ค่าของ a_k จะเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น ซึ่งจะตรงกับสมมติฐานที่ใช้กับ เทคนิคการซ้อนภาพพื้นฐานที่อธิบายไปในหัวข้อที่ผ่านมา

จากสมการที่ 1 หากสามารถคำนวณหรือหาค่า a_k และ F_k จากภาพที่ถ่าย (I_k) ได้ ก็จะสามารถสร้าง ภาพที่ซ้อนฉากหลังใหม่ได้ด้วยสมการต่อไปนี้

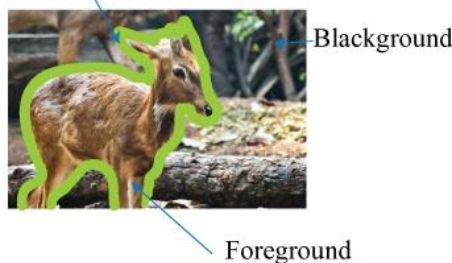
$$J_k = a_k F_k + (1 - a_k) B'_k \quad (2)$$

โดยที่จากสมการข้างต้น B'_k คือค่าสี ณ พิกเซลที่ k ของภาพฉากหลังใหม่ และ J_k คือ ค่าสี ณ พิกเซลที่ k ของภาพใหม่ที่ได้ ปัญหาคือการคำนวณหาค่า a_k และ F_k จาก I_k ด้วยสมการที่ (1) โดยทั่วไป ไม่สามารถหาได้ เนื่องจากมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าถึง 3 ตัว อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ จะอาศัยการเลือกค่าสีของวัตถุที่อยู่ด้านหน้า และค่าสีของวัตถุในฉากหลัง ตรงบริเวณที่ใกล้เคียงกับขอบวัตถุที่ทราบค่าอยู่ก่อนแล้ว ในการประมาณค่า F_k และ I_k เพื่อให้สามารถแก้สมการหาค่าของ a_k ได้ ด้วยวิธีการดังกล่าว สิ่งสำคัญที่จะต้องกำหนด (โดยผู้ใช้) จากภาพต้นฉบับ คือบริเวณในภาพที่เป็นวัตถุที่อยู่ด้านหน้า และบริเวณในภาพที่เป็นวัตถุถัดไปที่อยู่ในฉากหลัง ในหัวข้อจะกล่าวถึงเทคนิคการซ้อนภาพที่ใช้ได้กับพื้นหลังธรรมชาติ รวมถึงวิธีการหาค่าของ a_k ตามแนวทางดังกล่าว ที่สามารถใช้ได้ทั้งในกรณีของพื้นหลังธรรมชาติ และพื้นหลังแบบทราบค่าสีเดียวดังเช่นที่ใช้ในเทคนิคแบบดั้งเดิม

5. เทคนิคการซ้อนภาพสำหรับพื้นหลังธรรมชาติ

การซ้อนภาพพื้นหลังธรรมชาติ มีรายละเอียดของวิธีการที่สำคัญ ที่แตกต่างจากวิธีการพื้นฐานที่ได้อธิบายไปในหัวข้อ 3 คือ ขั้นตอนของการคำนวณภาพแมท เนื่องจากในกรณีจากซ้อนภาพสำหรับพื้นหลังธรรมชาติ จะไม่ทราบข้อมูลค่าสีพื้นหลัง ต่างจากวิธีก่อนหน้านี้ที่ทราบค่าสีพื้นหลัง ตลอดจนค่าความโปร่งแสงของภาพแมท สามารถเป็นค่าใด ๆ ระหว่าง 0 ถึง 1 ได้ ทำให้วิธีในการหาภาพแมทจะมีความแตกต่างไปจากวิธีที่ได้อธิบายไปในหัวข้อที่

ผู้ใช้งานระบายสีเพื่อแบ่งขอบเขต

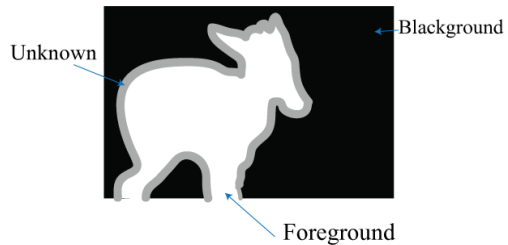


รูปที่ 8. ตัวอย่างการกำหนดขอบเขต

3 โดยสรุปขั้นตอนที่สำคัญ ๆ ดังนี้ (ดัดแปลงมาจากวิธีการใน [8])

- 1) ด้วยเหตุผลที่ว่า การคำนวณหาค่าสีและความโปร่งแสง ไม่สามารถหาได้โดยตรงจากสมการที่ 1 เนื่องจากมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าถึง 3 ตัว ในขณะที่มีสมการเพียง 1 สมการ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องประมาณการค่าของสีวัตถุที่อยู่ด้านหน้า และสีของวัตถุที่อยู่ด้านหลังก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งกระทำได้โดยทำการตัดแบ่งภาพต้นฉบับที่ถ่ายไว้ ออกเป็น 3 ส่วนอย่างคร่าว ๆ (เช่น กำหนดให้ผู้ใช้ระบุบริเวณทั้ง 3 ให้กับโปรแกรม หรืออาจใช้เทคนิคการประมวลผลภาพอื่น ๆ ช่วย หากแต่รายละเอียดจะไม่ขอกว่าถึงในขั้นนี้) อันได้แก่ ส่วนของภาพที่มีแต่วัตถุที่เป็นพื้นหลัง ส่วนของภาพที่มีแต่วัตถุที่อยู่ด้านหน้า และส่วนของภาพที่อาจเกิดจากการผสมผสานระหว่างสีของวัตถุที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลัง (Foreground region, Background region, Unknown region) ดังแสดงในรูปที่ 8 ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาสร้างภาพแสดงขอบเขตทั้งสามส่วนที่เรียกว่า Trimap ดังแสดงในรูปที่ 9 จากภาพ บริเวณสีดำ คือ Background region บริเวณสีขาวคือ Foreground region บริเวณสีเทาคือ Unknown region
- 2) สำหรับแต่ละจุดพิกเซล k ใด ๆ ที่อยู่ใน Unknown region ทำการเลือกจุดพิกเซลที่ใกล้เคียงจาก Background region และใช้ค่าสีของพิกเซลดังกล่าวแทนค่า B_k ที่แท้จริง และในทำนอง

ภาพ Trimap



รูปที่ 9. ตัวอย่างภาพ Trimap ที่แสดงขอบเขตทั้งสามส่วนของภาพ

เดียวกัน ทำการเลือกจุดพิกเซลที่ใกล้เคียงจาก Foreground region และใช้ค่าสีของพิกเซลดังกล่าวแทนค่า F_k ที่แท้จริง เช่น อาจเลือกใช้จุดใน Foreground/background region ที่อยู่ใกล้กับจุดที่ต้องการคำนวณมากที่สุด เป็นต้น

- 3) ทำการคำนวณหาค่าความโปร่งแสง (a_k) จากสมการที่ (1)
- 4) สำหรับตำแหน่งของพิกเซลที่อยู่ใน Background region กำหนดค่า a_k เป็น 0 และตำแหน่งที่อยู่ใน Foreground region กำหนดค่า a_k เป็น 1
- 5) ทำการซ้อนภาพฉากหลังใหม่ โดยใช้สมการที่ (1) โดยอาศัยค่า a_k ที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่แล้ว และค่าประมาณการของ F_k จากในขั้นตอนที่ 2
- 6) คุณภาพของการซ้อนภาพอาจปรับปรุงให้ดีขึ้น ด้วยการคำนวณค่าของ B_k และ F_k ให้ใกล้เคียงกับค่าสีที่แท้จริงมากขึ้น ส่งผลให้รายละเอียดภาพมีความถูกต้องมากขึ้น (ดังเช่น วิธีการที่นำเสนอใน [8-9])

สำหรับผู้สนใจเทคนิคการซ้อนภาพพื้นหลังธรรมชาติแบบต่างๆ เช่น เทคนิคเบย์เซียน (Bayesian) ที่มีการนำกฎความน่าจะเป็นของเบย์มาใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็น หรือ เทคนิคเทคนิคที่อาศัยหลักการเรียนรู้ดังที่ปรากฏใน [10] ที่มีการนำเรื่องระบบการเรียนรู้เข้ามาใช้เพื่อช่วยในการแยกภาพ เป็นต้น สามารถดูได้ที่เอกสารอ้างอิง หรือสืบค้นจากคำสำคัญข้างต้น

6. ปัญหาของวิธีการซ้อนภาพพื้นหลัง ธรรมชาติ และแนวทางการพัฒนา

จากการซ้อนภาพพื้นหลังธรรมชาติที่ได้กล่าวมาแล้วใน
ขั้นต้นนั้น พบปัญหาและข้อผิดพลาดบางประการ โดย
สามารถสรุปปัญหาจากการทำการซ้อนภาพพื้นหลัง
ธรรมชาติได้ดังนี้

- 1) ปัญหาในการระบุหรือกำหนดขอบเขตของภาพจำเป็น
จะต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดในการสร้างภาพ Trimap
ทำให้เกิดความไม่สะดวกและไม่สามารถใช้งานใน
รูปแบบเวลาจริง (Real time) ได้เช่น
การถ่ายทอดสดนอกสถานที่
- 2) ปัญหาด้านความถูกต้องจากการที่ Unknown
region มีขอบเขตพื้นที่มาก ทำให้การประมาณค่า
 F_k และ B_k โดยใช้จุดที่ใกล้ที่สุดจาก
Foreground region และ Background region มี
ความคลาดเคลื่อนสูง เป็นผลทำให้การคำนวณค่า
 a_k เกิดความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย
- 3) ปัญหาวัตถุด้านหน้า หรือฉากหลัง ที่มีรายละเอียด
ของพื้นผิวมาก มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีอย่าง
รวดเร็ว เป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลทำให้การประมาณ
การค่า F_k และ B_k โดยใช้จุดที่ใกล้ที่สุดจาก
Foreground region และ Background region ไม่
มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

แนวทางหนึ่งที่ได้มีการนำเสนอและพัฒนาในปัจจุบัน
เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น กระทำโดยอาศัย
ข้อมูลระยะลึก (Depth information) ของตำแหน่งต่าง
ๆบนวัตถุ ทั้งที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลัง เช่น โดยอาศัย
Depth sensors ในรูปแบบต่าง ๆ [11 –12] หรือโดย
อาศัยข้อมูลภาพที่ถ่ายจากหลายมุมมอง (Multi-view
images) ตัวอย่างของแนวทางการประยุกต์ใช้ข้อมูล
ที่เพิ่มเติมขึ้นมานี้ เช่น การใช้ข้อมูลระยะลึกของวัตถุในภาพ
ในการจำแนกส่วนของภาพเพื่อสร้างเป็นภาพ Trimap
[11-12] จะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้ดังนี้

- 1) ข้อมูลความลึกที่ได้ทำให้สามารถบ่งบอกได้ว่าบริเวณ
ใดเป็นวัตถุเบื้องหน้า จึงไม่จำเป็นต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้
กำหนดขอบเขตบริเวณ
- 2) ข้อมูลความลึกที่ได้ทำให้สามารถลดขอบเขตของ
Unknown region ซึ่งทำให้การประมาณค่า F_k
และ B_k โดยใช้จุดที่ใกล้ที่สุดจาก Foreground
region และ Background region มีความถูกต้อง
มากขึ้น ส่งผลให้ค่า a_k ที่คำนวณได้มีความถูกต้อง
มากขึ้นตามไปด้วย
- 3) ข้อมูลความลึกสามารถใช้ในการจำแนกส่วนของภาพ
ว่าอยู่ในส่วนใด (Foreground/Background/
Unknown region) ได้แม่นยำขึ้น ทำให้สามารถ
ใช้ได้กับส่วนของภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี
อย่างรวดเร็วและหลากหลายได้

7. บทสรุป

การซ้อนภาพฉากหลังมีหลักการโดยทั่วไปคือการนำภาพ
ต้นฉบับที่มีนักแสดงหรือวัตถุที่อยู่ทางด้านมาหน้า มา
ปรับเปลี่ยนพื้นหลังโดยใช้ภาพฉากหลังใหม่ที่เตรียมไว้
ซ้อนเข้าไปบนภาพเดิม โดยเทคนิคการซ้อนภาพสมัยใหม่
ที่เป็นระบบดิจิทัล สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวหรือข้อจำกัดของ
ระบบอนาล็อกเดิม หลายประการ อาทิ เช่น แต่เดิมการ
ซ้อนภาพในระบบอนาล็อกจำเป็นต้องมีการทำภาพแมท
เพื่อนำทับซ้อนและถ่ายภาพใหม่ ซึ่งในระบบดิจิทัลที่มีการ
จัดเก็บในรูปแบบพิกเซลนั้น ทำให้การจัดเก็บและการ
ประมวลผลมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามเทคนิคการ
ซ้อนภาพในระบบดิจิทัลสำหรับภาพฉากหลังธรรมชาติ ที่
ประสบความสำเร็จในทางปฏิบัติ จำเป็นต้องอาศัย
ข้อมูลภาพ Trimap ซึ่งการกำหนดขอบเขตในภาพ
Trimap จำเป็นต้องอาศัยผู้ใช้งานเป็นผู้กระทำ โดยหาก
กำหนดขอบเขตไม่เหมาะสมหรือมีความละเอียดไม่
เพียงพอจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการซ้อน
ภาพได้ สำหรับแนวทางการพัฒนาในปัจจุบันได้มีการนำ
เทคโนโลยี Depth sensor ที่มีความสามารถในการหา
ระยะความลึกหรือระยะห่างของวัตถุเข้ามาช่วยลด

ข้อจำกัดในการหาภาพเบื้องหน้าและเพิ่มคุณภาพการซ้อนภาพให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ส่วนหนึ่งของงานที่นำเสนอในบทความนี้ ได้รับเงินสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Wikimedia Foundation. (2013, March 23). *Chroma key* [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Chroma_key
- [2] W. Forsche. (2012, March 23). *The history of special effects* [Online]. Available: <http://www.youtube.com/watch?v=dgfsz8d-z6i>
- [3] D. R. Shoot. (2012, March 23). *How Digital Matte Painters Work* [Online]. Available: <http://entertainment.howstuffworks.com/digitalmatte-painter.htm>
- [4] Chuang *et al.*, “Blue screens matting,” in *Proc. of Siggraph*, pp. 259-268, 2001.
- [5] Rotthaler, “Virtual Studio Technology: An overview of the possible applications in television programme production,” *EBU Technical Review Summer*, pp. 2-6, 1996.
- [6] Wang, F. and Cohen M.F., “Image and video matting,” *Found. and Trends in Comput. Graph. and Vision*, pp. 97-175, 2008.
- [7] A. R. Smith, “Alpha and the History of Digital Compositing,” *Microsoft Technical Memo 7*, 1995.
- [8] M. A. Ruzon and C. Tomasi, “Alpha Estimation in Natural Image,” in *Proc. CVPR* pp. 18-25, 2000.
- [9] Chuang *et al.*, “Bayesian approach to digital matting,” in *Proc. CVPR*, pp. 264-271, 2001.
- [10] Y. Zheng, C. Kambhamettu, “Learning Based Digital Matting,” *IEEE 12th ICCV*, pp. 889-896, 2009.
- [11] Gokturk *et al.*, “A-Time-Of-Flight Depth Sensor –System,” in *Proc. of the 2004 Conf. Comput. Vision and Pattern Recognition Workshop (CEPRW)*. 3:, pp. 35-44, 2004.
- [12] Gvili *et al.*, “Depth Keying,” in *Proc. SPIE Electron. Imaging*, pp. 564-574, 2003.