โครงการวิจัย

ศึกษาความส่องสว่างและอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงสำหรับการจัดแสง โคร มาคีย์

A Choma-Key System Insensitive to variation of the Luminance
and Correlative Color Temperature

จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล

JIRASAK PRECHAVEERAKUL

โครงการวิจัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2562

คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

โครงการวิจัย ศึกษาความส่องสว่างและอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง สำหรับการจัดแสง โครมาคีย์

ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล

ที่อยู่ คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความส่องสว่างและอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงสำหรับการจัดแสง โครมาคีย์ ภายใต้พื้นฐานการจัดแสงตำแหน่งโคมไฟ 3 ตำแหน่ง ประกอบด้วย ขนาดกำลังไฟฟ้า 1000W จำนวน 5 โคม กำหนดให้เป็นตำแหน่งโคมไฟหลัก ทิศทางแขวนอยู่บนด้านหน้าของตัวแบบ และโคมไฟหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 650W จำนวน 2 โคม กำหนดให้เป็นตำแหน่งโคมไฟส่องฉากทิศทางแขวนอยู่บนด้านซ้ายและขวาของตัวแบบ และโคมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 2000W จำนวน 1 โคม ตำแหน่งส่องหลังทิศทางแขวนอยู่บนด้านหลังของตัวแบบ โคมไฟจากหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้า และ ฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้ม ตกกระทบบนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) ผลการศึกษาพบว่า

ค่าอุณหภูมิสีของแสงหากอยู่ในช่วงโซนร้อน (Warm White) หรือ ระหว่าง 2700K-3600K จะค่อนข้างมีผลกระทบกับการจัดแสงแบบ โครม่าคีย์ คือ ส่งผลกระทบให้ตัวแบบมีค่าความส่องสว่างในทิศทางที่มาก คือมองเห็นตัวแบบได้ค่อนข้างสว่าง และส่งผลต่อฉากผ้าสีเขียวพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างสว่าง แต่สำหรับฉากผ้าสีฟ้าพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างมืด ดังนั้นสำหรับขั้นตอนการตัดต่อจำเป็นต้องเพิ่มค่าความสว่างเฉพาะจุดให้กับฉากผ้าสีฟ้าเพื่อช่วยให้การซ้อนภาพเกิดความสมบูรณ์ทางภาพมากขึ้น

ค่าอุณหภูมิสีของแสงหากอยู่ในช่วงโซนเย็น (Cool White) หรือ ระหว่าง 5600K-6500K จะค่อนข้างมีผลกระทบกับการจัดแสงแบบ โครม่าคีย์ คือ ส่งผลกระทบให้ตัวแบบมีค่าความส่องสว่างในทิศทางที่น้อย คือมองเห็นได้ค่อนข้างมืด แต่ส่งผลต่อฉากผ้าสีเขียวพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างสว่าง แต่ฉากผ้าสีฟ้าพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างมืดดังนั้นสำหรับขั้นตอนการตัดต่อจำเป็นต้องเพิ่มค่าความสว่างเฉพาะจุดให้กับฉากผ้าสีฟ้าเพื่อช่วยให้การซ้อนภาพเกิดความสมบูรณ์ทางภาพมากขึ้น

คำสำคัญ : ความส่องสว่าง (Luminance), อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (Correlated Color Temperature), การจัดแสง โครมาคีย์ (Chroma Key Lighting)

Title Research A Choma-Key System Insensitive to variation of the Luminance and Correlative Color Temperature

By Assistant Prof. Jirasak Prechaveerakul, D.ENG

Address Mass Communication Technology

Fund and Academic Year 2020

ABSTRACT

The research was to study A Choma-Key System Insensitive to variation of the Luminance and Correlative Color Temperature. Under the fundamentals of lighting, 3 lamp positions consist of a power of 1000W of 5 lamps, designated as the main lamp position. The direction hanging on the front of the subject And 2 tungsten-halogen 650W lamps, set to be the position of the directional light lamp hanging on the left and right side of the model And 1 tungsten-halogen 2000W lamp. The position behind the direction hanging on the back of the model Lamp from tungsten-halogen lamp Complete with light filters, 201 Full CTB is blue light waves and 204 Full CTO light filters are orange light waves. Falling on the blue screen and green screen.

The study found that the color temperature of the light, if it is in the warm white zone or between 2700K-3600K, it will have an effect on chroma key lighting, which affects the subject's brightness in the direction that is high. Meaning that the subject can be seen quite bright and affects the green fabric scene. It is found that the luminance value when looking at the eyes is found to be quite bright. But for the blue fabric scene, it is found that the luminance value when looking at the eyes is found to be quite dark Therefore, for the editing process, it is necessary to increase the brightness of the spot in the blue fabric scene to help the image overlapping to be more image perfect.

The color temperature value of the light, if in the Cool White area or between 5600K-6500K, it will have an effect on chroma key lighting, which affects the subject to have less luminous value. Meaning that it can be seen quite dark But affecting the green fabric scene, found that the luminance value when viewed with eyes, found that it is quite bright But the blue fabric scene found that it has the luminance value when viewed with the eyes It was found to be quite dark, so for the editing process, it is necessary to increase

the brightness of the spot in the blue fabric scene to help the image overlapping to have more image perfection.

Key words: Luminance, Correlated Color Temperature, Chroma Key Lighting

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก โครงการวิจัยพื้นฐาน งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2562 คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ บริษัทเล็กไลท์ติ้ง ที่ให้การสนับสนุน การศึกษางานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คณะผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ ศิษย์เก่า และปัจจุบัน สังกัด คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การช่วยเหลือ และสนับสนุน มาเป็นอย่างดี

จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		**I**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**II**
กิตติกรรมประกาศ		**III**
สารบัญ		**IV**
สารบัญตาราง		**VI**
สารบัญภาพ		**VII**
บทที่ 1 บทนำ		**1**
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3	ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง		**4**
2.1	วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
	2.2.1 สีของแหล่งกำเนิดประดิษฐ์หรืออุณหภูมิสีของแสง	6
	2.2.2 แหล่งกำเนิดแสงสว่าง	8
	2.2.3 แสง (Visible Light หรือ แสงสีขาว (White Light)	11
	2.2.4 พื้นฐานค่าสีของแสง	11
	2.2.5 มาตรฐานของสี	16
2.3	โปรแกรมการตัดต่อ Adobe Premiere Pro	20
2.4	อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับงานวิจัย	20
	2.4.1 โคมไฟสำหรับการจัดแสง	24
	2.4.2 หลอดทังสเตน-ฮาโรเจน	24
	2.4.3 เครื่องวัดค่าความรับรังสีรวมของแหล่งกำเนิดแสง	24
	2.4.4 เครื่องวัดแสง (Sekonic Light Meter L-758)	24
	2.4.5 เครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (Konica Minolta S-100A Luminance)	24

บทที่ 3 การออกแบบและติดตั้ง **27**
3.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย 27
3.1.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย 28
3.1.2 วิธีการเก็บข้อมูลวิจัย 29
3.1.3 สถานที่เก็บข้อมูล 29
3.1.4 สตูดิโอสำหรับการจัดแสง 29
3.2 การวัดค่าคุณสมบัติของแสง 30
3.2.1 การตั้งค่าหมวดควบคุมการกระจายแสงของโคมไฟ 32
3.2.2 รายละเอียดเครื่องมือวัดคุณสมบัติทางแสง 32
3.2.3 รายละเอียดการติดตั้งโคมไฟสำหรับการวัด 32
3.2.4 รายละเอียดการวัดค่าคุณสมบัติทางแสง 32

บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผลการวิจัย **44**
4.1 ผลการศึกษาการวิจัย 44
4.1.1 การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้มอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2780K บนฉากสีฟ้า 44
4.1.2 การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K บนฉากสีฟ้า 46
4.1.3 การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้มอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K บนฉากสีเขียว 49
4.1.4 การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K บนฉากสีเขียว 51
4.2 การวิเคราะห์ผลการวิจัย 44
4.2.1 อุณหภูมิของแสงเทียบเคียง 2780K และ 5925K บนฉากสีฟ้า 54
4.2.2 อุณหภูมิของแสงเทียบเคียง 2757K และ 5368K บนฉากสีเขียว 54

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ **56**
5.1 สรุปค่าคุณสมบัติทางแสง 56
5.2 ข้อเสนอแนะ 57
เอกสารอ้างอิง 58
ภาคผนวก การวัดค่าคุณสมบัติทางแสงสำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ 60
ประวัติผู้เขียน 89

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ลักษณะเฉดสีของอุณหภูมิสีของแสง 9
ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิสีของแหล่งกำเนิดแสง 10
ตารางที่ 2.3 สเปคตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าของแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นสีด้วยตา 11
ตารางที่ 2.4 การแปลงค่าสีระบบ RGB เป็น ระบบ HSL 19
ตารางที่ 2.5 รายละเอียดคุณสมบัติตัวอย่างหลอดทังสเตน-ฮาโรเจน 24
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการวัดและบันทึกค่าสำหรับงานวิจัย 39
ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงสีผ้าฉาก สำหรับการจัดแสงโคร ม่าคีย์ 56

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 สีของแสงตามทฤษฎีการทดลองของ วิลเลียม ทอมสัน เคลวิน 6

ภาพที่ 2.2 อุณหภูมิสีไม่ใช้อุณหภูมิความร้อน 7

ภาพที่ 2.3 กราฟอุณหภูมิสีเทียบเคียง 8

ภาพที่ 2.4 แหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ 8

ภาพที่ 2.5 แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ 9

ภาพที่ 2.6 การกระจายพลังงานของแหล่งกาเนิดแสงต่างๆ ตามมาตรฐาน CIE-1931 12

ภาพที่ 2.7 Color Matching Function 13

ภาพที่ 2.8 พื้นฐานค่าสีของแสง 14

ภาพที่ 2.9 ระบบสี RGB และ HSV 17

ภาพที่ 2.10 ระบบสี HLS 17

ภาพที่ 2.11 โปรแกรมตัดต่อวิดีโอ Adobe Premiere Pro 20

ภาพที่ 2.12 โครงสร้างโคมไฟประเภทสปอท เฟรสเนลเลนส์ 21

ภาพที่ 2.13 ลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟประเภทสปอท เฟรสเนลเลนส์ 21

ภาพที่ 2.14 โครงสร้างภายในหลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน 22

ภาพที่ 2.15 โคมไฟ ARRI Junior หลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 650 Watt 23

ภาพที่ 2.16 โคมไฟ ARRI Junior หลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 1000 Watt 23

ภาพที่ 2.17 โคมไฟ ARRI Junior หลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 2000 Watt 23

ภาพที่ 2.18 เครื่องวัดค่าอุณหภูมิสีเทียบเคียงและค่าความสว่าง Sekonic Prodigi Color C-500 25

ภาพที่ 2.19 เครื่องวัดแสง Sekonic Light Meter L-758 25

ภาพที่ 2.20 เครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (Konica Minolta S-100A Luminance and Color Meter) 26

ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดและขั้นตอนการวิจัย 28

ภาพที่ 3.2 (ก) สตูดิโอจัดแสงสาหรับงานวิจัย (ข) สตูดิโอจริงสาหรับการศึกษา 30

ภาพที่ 3.3 หมวดควบคุมการกระจายแสงของโคมไฟที่ตาแหน่ง Spot 31

ภาพที่ 3.4 การคานวณระยะโคมไฟถึงตัวแบบบุคคล 32

ภาพที่ 3.5 การจัดวางระยะตาแหน่งโคมไฟ และตัวแบบบุคคล พร้อมกล้องบันทึกภาพ 33

ภาพที่ 3.6 การติดตั้งตาแหน่งโคมไฟไปยังตัวแบบบุคคล 33

ภาพที่ 3.7 การปรับตาแหน่งโคมไฟไปยังตัวแบบบุคคล 34

ภาพที่ 3.8 ตาแหน่งโคมไฟพร้อมฉากและตัวแบบบคุคคล 34

ภาพที่ 3.9 การบันทึกภาพงานวิจัย 34

ภาพที่ 3.10 ตัวอย่างจุดรับแสงการอ่านค่าของเครื่องวัดบนฉากสีเขียว 35

ภาพที่ 3.11 ตาแหน่งโคมไฟส่องฉากหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 650W บนฉากผ้าเขียวและผ้าน้ำเงิน 36

ภาพที่ 3.12 ตาแหน่งโคมไฟส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 2000W บนฉากผ้าเขียวและผ้าน้ำเงิน37

ภาพที่ 3.13 ตาแหน่งโคมไฟหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 1000W บนฉากผ้าเขียวและผ้าน้าเงิน 38

ภาพที่ 3.14 การวัดคุณสมบัติทางแสง สาหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า 40
จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO
คลื่นแสงสีส้ม ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2780K

ภาพที่ 3.15 การวัดคุณสมบัติทางแสง สาหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า 41
จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB
คลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K

ภาพที่ 3.16 การวัดคุณสมบัติทางแสง สาหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว 42
จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO
คลื่นแสงสีส้มที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K

ภาพที่ 3.17 การวัดคุณสมบัติทางแสง สาหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว 43
จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB
คลื่นแสงสีฟ้าที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K

ภาพที่ 4.1 คุณสมบัติทางแสง การจัดแสงโคร มาคีย์ ฉากสีฟ้า อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2780K 44

ภาพที่ 4.2 ค่าคุณสมบัติทางแสงสาหรับโปรแกรมแปลงค่าสี การจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า 45
อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2780K

ภาพที่ 4.3 ภาพโปรแกรมการซ้อนภาพการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า 46
อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2780K

ภาพที่ 4.4 คุณสมบัติทางแสง การจัดแสงโคร มาคีย์ ฉากสีฟ้า อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 5925K 47

ภาพที่ 4.5 ค่าคุณสมบัติทางแสง สาหรับโปรแกรมแปลงค่าสี การจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า 47
อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K

ภาพที่ 4.6 ภาพโปรแกรมการซ้อนภาพการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า 48
อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K

ภาพที่ 4.7 คุณสมบัติทางแสง การจัดแสงโคร มาคีย์ ฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2757K 49

ภาพที่ 4.8 ค่าคุณสมบัติทางแสง สาหรับโปรแกรมแปลงค่าสี การจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K 50

ภาพที่ 4.9 ภาพโปรแกรมการซ้อนภาพการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K 51

ภาพที่ 4.10 คุณสมบัติทางแสง การจัดแสงโคร มาคีย์ ฉากสีเขียวอุณหภูมิสีแสงเทียบเคียง 5368K 51

ภาพที่ 4.11 ค่าคุณสมบัติทางแสง สาหรับโปรแกรมแปลงค่าสี การจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K 52

ภาพที่ 4.12 ภาพโปรแกรมการซ้อนภาพการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K 53

ภาพที่ 4.13 การจัดแสงโคร มาคีย์ บนโปรแกรมการตัดต่อ 55

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันวงการโทรทัศน์และภาพยนตร์ ที่มีการถ่ายทำทั้งภายในและภายนอกสตูดิโอ มีการนำระบบการทำฉากแทนการทำฉากด้วยไม้ เป็นวิธีสร้างฉากใหม่ด้วยการซ้อนบน ผ้าสีเขียว (Green Screen) หรือ ผ้าสีน้ำเงิน (Blue Screen) และทำการดูดสีดังกล่าวออกด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ และซ้อนฉากที่ต้องการลงบนตัวแบบที่ต้องการซ้อน เพื่อช่วยในกระบวนการถ่ายทำได้เร็วขึ้น และประหยัดงบประมาณ ประกอบกับสามารถสร้างจินตนาการต่างๆ ที่เหนือความจริง ตามบททางโทรทัศน์และภาพยนตร์ เพื่อเพิ่มความน่าสนใจ สำหรับเทคนิคการทำโคร มาคีย์ หรือในปัจจุบันเรียกว่าเทคโนโลยีของฉากเสมือน (Virtual Set) เป็นเทคนิคการประมวลผลภาพที่มีการพัฒนามาจากการใช้งานฉากสีฟ้า (Blue screen) ในเบื้องต้นคือการถ่ายภาพของวัตถุบนฉากหลังสีเดียว ซึ่งโดยปกตินิยมใช้ฉากสีฟ้า แล้วนำภาพที่ถ่ายได้มาประมวลผล เพื่อตัดส่วนที่เป็นฉากหลังสีฟ้าออก และนำไปซ้อนทับกับภาพฉากหลังที่เตรียมไว้ล่วงหน้า เพื่อให้เกิดเป็นภาพที่ดูเหมือนกับวัตถุอยู่ในสถานที่เดียวกับภาพฉากที่เตรียมไว้แล้ว ตัวอย่างที่ชัดเจนของการใช้งานฉากสีฟ้า คือ รายการพยากรณ์อากาศ ซึ่งมีผู้ทำหน้าที่พยากรณ์อากาศยืนอยู่ด้านหน้าของแผนที่แสดงสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปได้ตามที่กำหนด วิธีการถ่ายทำคือ ถ่ายภาพของผู้พยากรณ์อากาศที่ยืนอยู่ด้านหน้าของฉากหลัง แล้วจึงลบส่วนที่เป็นฉากหลังออกแล้วนำไปซ้อนทับลงบนเอาภาพแผนที่ที่เตรียมไว้แล้ว จากหลักการทำโคร มาคีย์ ดังกล่าว ยังมีการนำมาดัดแปลง หรือ ต่อยอด ที่เรียกว่าการทำให้การสร้างภาพเทคนิคพิเศษ (Visual Effect) สำหรับภาพยนตร์ วิดีโอโทรทัศน์และสื่อภาพเคลื่อนไหวอื่นๆ ได้พัฒนาก้าวหน้าตามไปด้วย บางครั้งมีความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติมฉากหลัง (Background) หรือฉากหน้า (Foreground) โดยไม่ให้กระทบกับการแสดงของนักแสดงหรือส่วนอื่นใดของวัตถุที่อยู่ในภาพ สาเหตุอาจเกิดจากจำเป็นในการลดค่าใช้จ่าย การจัดคิวนัดหมายของนักแสดง หรือไม่สามารถหาสถานที่นั้นในการถ่ายทำได้ จึงจำเป็นต้องมีการวาดต่อเติมฉาก (Matte Painting) ซึ่งเป็นการทำงานของคำสั่ง เครื่องมือและองค์ประกอบที่หลากหลาย เริ่มต้นจากการเจาะค่าสีในฉาก (Keying) จากนั้นนำไฟล์วิดีโอที่มีการแยกวัตถุอย่างเรียบร้อยมาประกอบกัน (Composite) ทำการปรับเปลี่ยนทดแทน ลบ เพิ่มเติมด้วยเครื่องมือตัดต่อหรือปัจจุบันใช้โปรแกรมประกอบภาพในคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นการบังส่วนที่ไม่ต้องการแสดงในภาพ (Masking) การสร้างการเคลื่อนที่ตามวัตถุ (Motion Tracking) การเขียนเพิ่มส่วนต่างๆ เข้าไปในภาพ หรือการเพิ่มระบบอนุภาค (Particle Systems) เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อสร้างให้ผลงานมีความสมบูรณ์สมจริงและสวยงามตามจินตนาการของผู้กำกับ

อย่างไรก็ตาม เทคนิคการทำโคร มาคีย์ ดังกล่าว ยังถูกจำกัดด้วย ตัวแปรที่สำคัญ จากแหล่งกำเนิด คือ ค่าความส่องสว่าง (Luminance) ที่สัมพันธ์กับค่าความสว่าง และค่าอุณหภูมิสีของแสงที่ส่งผลต่อความอิ่มสีของแสง หรือ ค่าความผิดเพี้ยน เพียงใด สำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้สำหรับการจัดแสงแบบโคร มาคีย์ มีหลายประเภท มีขนาดกำลังวัตต์ที่แตกต่างกัน เช่น โคมไฟประเภทหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน ที่มีขนาดกำลังวัตต์ ตั้งแต่ 500 วัตต์ ถึง 2,000 วัตต์ และค่าอุณหภูมิสีประมาณ 3,200 องศาเคลวิน และ โคมไฟประเภทหลอดไฟคอมแพ็คฟลูออเรสเซนท์ และ ประเภทหลอดไฟอาร์ก (Hydrargyrum Medium-arc Iodide; HMI) มีขนาดตั้งแต่ 75 วัตต์ ถึง 10,000 วัตต์ อยู่ในกลุ่มอุณหภูมิสีประมาณ 5,600 องศาเคลวิน ซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อ จัดแสงให้กับฉากพื้นหลังที่มีลักษณะสีของผ้า คือ สีเขียว (Green Screen) หรือ สีน้ำเงิน (Blue Screen)

โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความอิ่มสีของฉากบนผ้าสีเขียว และผ้าสีน้ำเงิน เมื่อมีการจัดแสงบนผ้าด้วย 2 สี ดังกล่าว โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง ประเภท หลอดทังสเตน ฮาโรเจน จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงประมาณ 5600K และ หลอดทังสเตน ฮาโรเจน จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีส้ม ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2700K ซึ่งทำให้เกิดอุณหภูมิสีของแสงที่แตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดแสง เพื่อหาค่าความอิ่มสีที่เหมาะสมสำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) ในขั้นตอนการคำนวณ และการนำเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเจาะค่าของ แม่ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ให้สัมพันธ์ กับ ค่าความส่องสว่าง (Luminance)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าความส่องสว่าง (Luminance) สำหรับความอิ่มตัวของฉากที่เหมาะสมสำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key)

2. เพื่อศึกษาค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (Correlated Color Temperature) ที่เหมาะสมสำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key)

3. เพื่อศึกษาค่าที่ได้จากการวัดค่าความส่องสว่าง เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรมการตัดต่อสำหรับการเจาะค่าสีบนฉากทั้ง 2 สี

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

กรณีที่ 1 ศึกษาค่าความเหมาะสมค่าความส่องสว่าง (Luminance) สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) บนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) ดังรายละเอียดดังนี้

1.1 หาค่าความส่องสว่าง จากแหล่งกำเนิดแสงหลอดทังสเตน-ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5600K ที่ตกกระทบบนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) สำหรับการจัดแสง โคร มาคีย์ (Chroma Key)

1.2 หาค่าความส่องสว่าง จากแหล่งกำเนิดแสงหลอดทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้ม ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2700K ตกกระทบบนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) สำหรับการจัดแสง โครมาคีย์ (Chroma Key)

กรณีที่ 2 ศึกษาค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (Correlated Color Temperature) ที่เหมาะสม สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) ดังรายละเอียดดังนี้

2.1 หาค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงจากแหล่งกำเนิดแสงหลอดทังสเตน-ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5600K ที่ตกกระทบบนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) สำหรับการจัดแสงโครม่าคีย์ (Chroma Key)

2.2 หาค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงจากแหล่งกำเนิดแสงหลอดทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้ม ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2700K ที่ตกกระทบบนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) สำหรับการจัดแสงโครม่าคีย์ (Chroma Key)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อศึกษาค่าความส่องสว่าง (Luminance) สำหรับความอิ่มตัวของฉากที่เหมาะสมสำหรับการจัดแสง โคร มาคีย์ (Chroma Key)

2. เพื่อศึกษาค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (Correlated Color Temperature) ที่เหมาะสมสำหรับการจัดแสง โคร มาคีย์ (Chroma Key)

3. เพื่อศึกษาค่าความอิ่มตัวไปหาความสัมพันธ์กับโปรแกรมการตัดต่อสำหรับการเจาะค่าสีบนฉากทั้ง 2 สี

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้มีแนวคิดเพื่อการศึกษาค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงสำหรับการจัดแสง โคร มาคีย์ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยอื่นๆ ที่ใกล้เคียงดังรายละเอียดต่อไปนี้

นิจจัง พันธะพจน์ [17] การวาดต่อเติมฉากเป็นหนึ่งในประเภทของการสร้างภาพเทคนิคพิเศษสำหรับภาพยนตร์ วิดีโอ โทรทัศน์ ที่มีการสร้างมาตั้งแต่ระบบวิดีโออนาล็อกจนถึงระบบดิจิทัล ซึ่งในปัจจุบันพัฒนาเป็นการสร้างงานโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลัก การวาดต่อเติมแกเกิดขึ้นจากความจำเป็นในการปรับเปลี่ยน แก้ไข เพิ่มเติมฉากโดยไม่ให้กระทบกับการแสดงหรือส่วนอื่นใดของวัตถุที่อยู่ในภาพ เป็นการทำงานของคำสั่ง เครื่องมือและองค์ประกอบที่หลากหลาย เริ่มจากการเจาะค่าสีในฉากในแกแล้วจึงนำมาประกอบกันด้วยการทดแทน เพิ่มเติมชิ้นส่วนอื่นเข้าไปในภาพ การบังส่วนที่ไม่ต้องการแสดงในภาพ การสร้างการเคลื่อนที่ตามวัตถุหรือเพิ่มระบบอนุภาคเป็นต้น ในบทความนี้จะกล่าวถึงหลักการ องค์ประกอบสิ่งที่ควรคำนึงถึงของเทคนิคดังกล่าว ที่สามารถนำไปพัฒนาดัดแปลงประยุกต์ใช้ในงานวิดีโอและภาพยนตร์ได้

แมน เตมียกุล และ นพพร โชติกำธร [18] เทคนิคการซ้อนภาพ (Matting) เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่าแพร่หลาย ทั้งในงานถ่ายทำภาพยนตร์ และรายการโทรทัศน์ เพื่อซ้อนภาพพื้นหลังใหม่เข้าไปแทนที่พื้นหลังเดิม โดยยังคงภาพของนักแสดงหรือวัตถุที่อยู่ด้านหน้าไว้ ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ทำให้เทคนิคการซ้อนภาพซึ่งเดิมอาศัยการประมวลภาพในระบบอนาล็อก ได้ถูกพัฒนาไปเป็นระบบดิจิทัล บทความนี้เสนอหลักการและคุณสมบัติโดยทั่วไปของภาพดิจิทัลและเทคนิคการซ้อนภาพแบบดิจิทัลและความแตกต่างจากระบบอนาล็อกแบบเดิมที่สำคัญ เช่น ใช้งานได้กับวัตถุที่มีความโปร่งแสงบางส่วนหรือทั้งหมดตลอดจนสามารถใช้ได้กับพื้นหลังธรรมชาติใด ๆ ที่ปรากฏในภาพต้นฉบับได้ แทนที่จะต้องใช้พื้นหลังเป็นฉากสีเดียว เช่น น้ำเงิน หรือเขียว นอกจากนี้ยังได้แนะนำหลักการพื้นฐานของการซ้อนภาพแบบดิจิทัลที่สามารถใช้งานกับพื้นหลังธรรมชาติได้ ตลอดจนนำเสนอทิศทางของการพัฒนาเทคนิคดังกล่าวให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

พิทยา สร้อยหลง [19] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือการสร้างระบบฉากเสมือนแบบสามมิติ ที่สามารถแสดงผลลัพธ์เปลี่ยนแปลงได้ตามการเคลื่อนที่ของกล้อง โดยส่วนประกอบย่อยต่างๆ ของระบบฉากเสมือนสามมิตินี้ เช่นระบบสร้างภาพสามมิตินี้ เช่นระบบสร้างภาพสามมิติ ระบบซ้อนภาพและตัดภาพฉากหลังหรือระบบสำหรับหาเวกเตอร์การย้ายตำแหน่ง (Translation vector) และเมตริซ์การหมุน

(Rotation matrix) สามารถนำไปใช้ในงานอื่นที่เกี่ยวข้องกันได้ ระบบฉากเสมือนที่สร้างขึ้นนี้สามารถทำงานแบบเวลาจริงที่ความละเอียดปานกลาง เทียบเท่าคุณภาพของวิดีโอแบบ MPEG-1 และสามารถส่งออกข้อมูลที่จำเป็นไปใช้กับโปรแกรมตัดต่อวิดีโอคุณภาพสูงได้ การทำงานของระบบสามารถแยกการประมวลผลออกเป็นส่วนย่อย เพื่อทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์หลายเครื่องได้ โดยใช้การเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่าย ในกรณีที่คอมพิวเตอร์เครื่องเดียวไม่สามารถประมวลผลได้ทันตามความต้องการ และลักษณะการแบ่งการประมวลผลคือ ใช้คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง

A. Yamashita, H. Agata and T. Kaneko [20] กล่าวว่า การใช้เทคนิคโครมา คีย์ ใช้กับสีทุกสีได้ โดยการช่วยแยกส่วนภาพด้านหน้าของสีหลากหลายสี ออกจากพื้นสีส่วนหน้า โดยไม่กระทบกับสีของวัตถุที่อยู่ด้านหน้า ส่วนของภาพด้านหลังที่มีความหลากหลายของสีก็สามารถแยกความหลากหลายของสีเช่นเดียวกับภาพสีด้านหน้า หลังจากนั้นนำภาพด้านหน้ามาซ้อนกับภาพด้านหลังเพื่อให้เป็นภาพเดียวกัน

J. Davidse and R.P. Koppe [21] กล่าวว่าระบบการซ้อนภาพแบบ chroma-key เป็นรูปแบบมาจากการเปลี่ยนสัญญาณประเภทที่เรียกว่า chrominance ที่ขึ้นอยู่กับค่าความส่องสว่าง (Luminance) โดยมีหลักการที่จะต้องติดตั้งฉากพร้อมการให้ค่าความเข้มแสง (Illuminance) ที่มีค่าเฉลี่ยของแสงเกลี่ยเท่ากันตลอดบนฉาก มิฉะนั้นจะเกิดเป็นเงามืด จะส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของภาพเมื่อทำการซ้อนภาพทำให้ภาพที่นำมาซ้อนเกิดความไม่สมบูรณ์ของภาพ เช่น ขาดหาย บิดเบือน เป็นต้น

S.Ricardo Rodrigues, Sanches [22] การศึกษาปัญหาพื้นฐานของการผสานภาพด้านหน้าและภาพด้านหลัง โดยให้วัตถุที่อยู่บนภาพไม่เกิดความแตกต่างจากภาพด้านหลังใช้หลักการผสมโดยเทคนิคโครม่า คีย์ เน้นที่การศึกษาแบบการผสมภาพสมจริง (Mixed Reality; MR) และ หลักการ ARToolkit ผลที่ได้จะเกิดความสมจริงของฉากด้านหน้าและฉากด้านหลังและวัตถุเป็นภาพเดียวกัน โดยไม่สามารถสังเกตเห็นความชัด ลึก ของภาพได้

R.Abhilash [23] กล่าวว่ากระบวนการนำภาพด้านหน้าที่มีวัตถุมาใช้ในการซ้อนภาพด้านหลังเป็นขั้นตอนสำคัญในการตัดต่อภาพและวิดีโอ โดยศึกษาสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบนอกวัตถุของภาพด้านหน้าให้ซ้อนกับภาพหรือฉากด้านหลังที่ต้องการโดยใช้วิธี แมตภาพแบบธรรมชาติ (Natural image matting) เป็นการประมาณค่า สี (Color) และค่าความโปร่งแสง (Alpha) ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดให้เกิดความเท่ากันของเม็ดสี (Pixel) หลังจากการซ้อนภาพด้านหน้าและด้านหลังร่วมกับวัตถุเป็นภาพเดียวกัน

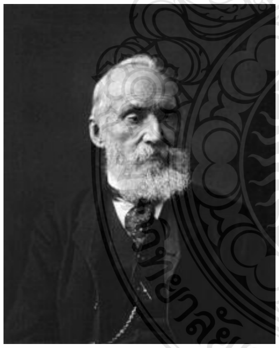
จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล [6] ศึกษาแผ่นกรองแสง (Filter color Temperature) 3 แบบ คือ เต็ม (Full) ครึ่ง (Half) และ สี่ส่วน (Quarter) ที่นำมาปรับอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงเป็นคลื่นแสงสีฟ้า (Color Temperature Blue : CTB) อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงเป็นคลื่นแสงสีส้ม (Color Temperature Orange : CTO) ผลการศึกษางานวิจัย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิสีของแสงระหว่างคุณสมบัติฟิลเตอร์กับการวัดจริง พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้อย และผลการศึกษาค่าคงที่

เปลี่ยนอุณหภูมิองศา สามารถนำค่าจากการคำนวณนำไปใช้ในการตัดสินใจเลือกแผ่นกรองแสงเปลี่ยนอุณหภูมิสีที่ได้ให้ใกล้เคียงที่สุด และค่าคงที่เปลี่ยนอุณหภูมิองศา (Micro Reciprocal Degree ; MIRED) ของแสงจากโคมไฟแหล่งกำเนิดแสงแต่ละประเภท จะช่วยช่างภาพ (Director of Photography) และผู้จัดแสง (Graffer) นำไปใช้ในการตัดสินใจเลือกแผ่นกรองแสงปรับอุณหภูมิสีที่ต้องการให้ใกล้เคียงที่สุด และสามารถหาค่าอุณหภูมิสีของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงได้ เพื่อช่วยขั้นตอนการถ่ายทำได้เร็วขึ้น

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 สีของแหล่งกำเนิดประดิษฐ์ หรือ อุณหภูมิสีของแสง

หากนำวัตถุ เช่น เทียน หรือ ท่อนไม้ นำมาจุดหรือเผาภายในที่มืด ที่อุณหภูมิการเผาไหม้ระดับสูงไปเรื่อยๆ จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดังกล่าวด้วยตา พบว่าจะเริ่มเกิดควันการเผาไหม้ จากนั้นจะเริ่มเกิดการเรืองแสงขึ้นรอบวัตถุ โดยจะเริ่มจากแสงสีแดงเข้ม ไปเป็นสีส้ม สีเหลือง และสีฟ้าเข้มจนกลายเป็นสีน้ำเงิน และเป็นสีขาว ตามลำดับ จนการเผาไหม้สิ้นสุด การเรืองแสงของวัตถุจะไม่สามารถมองเห็นได้ในที่สุด ท้ายสุด จะกลายเป็นขี้เถ้า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีของแสงที่เกิดจากการเรืองแสงวัตถุ เรียกว่า “อุณหภูมิสีเทียบเคียง” (Correlated Colour Temperature : CCT) หน่วยวัด “เคลวิน” (Kelvin : K) การทดลองดังกล่าวเป็นทฤษฎีของ วิลเลียม ทอมสัน เคลวิน (William Thomson Kelvin) แสดงดังภาพที่ 2.1



(ก) William Thomson Kelvin (1824–1907)

(ข) การทดลองของสีของแสงจากเทียนไข

ภาพที่ 2.1 สีของแสงตามทฤษฎีการทดลองของ วิลเลียม ทอมสัน เคลวิน

อุณหภูมิสีไม่ใช่อุณหภูมิความร้อน แต่มีความสัมพันธ์กับความร้อน ในลักษณะแปรผันตรงกัน อุณหภูมิสีจึงเป็นสิ่งที่บอกให้ทราบถึงลักษณะสีของแสง ซึ่งเกิดจากการเรืองแสงของต้นกำเนิดแสง นอกจากนี้อุณหภูมิสีของแสงทำให้การเห็นสีแตกต่างกันไป โดยอุณหภูมิสีต่ำจะทำให้เกิดแสงช่วงคลื่นยาวมองเห็นเป็นสีแดง ส้ม และเหลือง แต่อุณหภูมิสีสูงจะทำให้เกิดแสงช่วงคลื่นสั้นเป็นสีน้ำเงิน หน่วยวัดอุณหภูมิสีมีชื่อเรียกว่า องศาเคลวิล (Kelvin) ดังภาพที่ 2.2 และตารางที่ 2

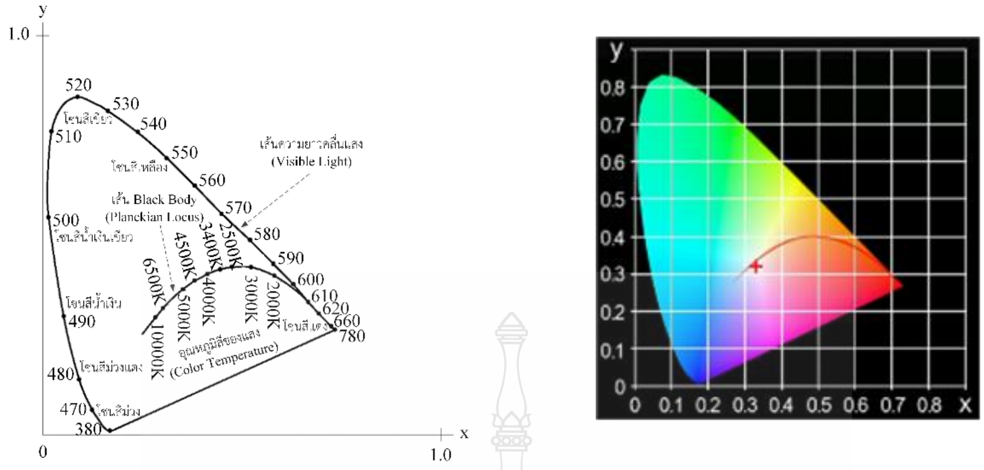
ภาพที่ 2.2 อุณหภูมิสีไม่ใช่อุณหภูมิความร้อน

ที่มา : www.info.gtilite.com/color-temperature

เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสีของแสงได้เป็นระบบจึงสามารถแสดงด้วยกราฟ การกระจายกำลังในสเปกตรัม (Spectral Power Distribution, SPD) ของวัตถุดำ หรือ Plan Kian Radiator ที่การกระจายพลังงานที่ความยาวคลื่น (400-700 nm) ดังภาพที่ 2.3 [13] จากภาพจะได้เส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ (Black Body Locus) ที่เริ่มจากสีของแสง เป็นสีแดง ไปเป็นสีน้ำเงิน (จากขวาไปซ้าย) สิ่งที่เปลี่ยนแปลงตามคือค่า อุณหภูมิสีของแสง เริ่มต้นที่ประมาณ 1000K ไปถึง ค่าอนันต์ ; ∞K ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีของแสง สามารถบอกแหล่งกำเนิดแสงตามมาตรฐาน CIE Standard source เช่น Illuminant A หลอด Incandescent Tungsten ค่าอุณหภูมิสีของแสงประมาณ 2420K หรือ Illuminant D D65 ค่าอุณหภูมิสีของแสงประมาณ 6500K ปัจจุบันแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์มีมากมาย เพื่อนำมาทดแทนค่าอุณหภูมิสีของแสงที่นอกเหนือจากค่าอุณหภูมิสีของแสงที่เกิดบนเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ หรือนำมาทดแทนแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน ของ CIE Standard source ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนซ์ (Fluorescent), หลอดเมทัลฮาไลด์ไอโอไดด์ (Halogen Metal Iodide), หลอดแอลอีดีกำลังสูง (High Power Light Emitting Diode) โดยหาค่าอุณหภูมิสีของหลอดไฟดังกล่าวได้จากการนำค่าอุณหภูมิสีของแสงหลอดไฟวางไปตามเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ จะเรียกค่าสีที่อ่านได้ว่า “อุณหภูมิสีเทียบเคียง” (Correlated Color Temperature : CCT, T_{cp}) มีหน่วยวัดที่เรียกว่า “เคลวิน” (Kelvin : K) แสดงดังภาพที่ 2.3 การหาค่าอุณหภูมิสีของแสงสามารถคำนวณหาค่าได้โดยใช้สูตรของ McCamy ที่จะต้องนำค่า x และ y จากกราฟ CIE-1931 (x, y) นำมาแทนค่าลงในสมการที่ (1) และ (2)

$$n = \frac{(x - 0.3320)}{(0.1858 - y)} \tag{1}$$

$$CCT = 449n^3 + 3525n^2 + 6823.3n + 5520.33 \tag{2}$$



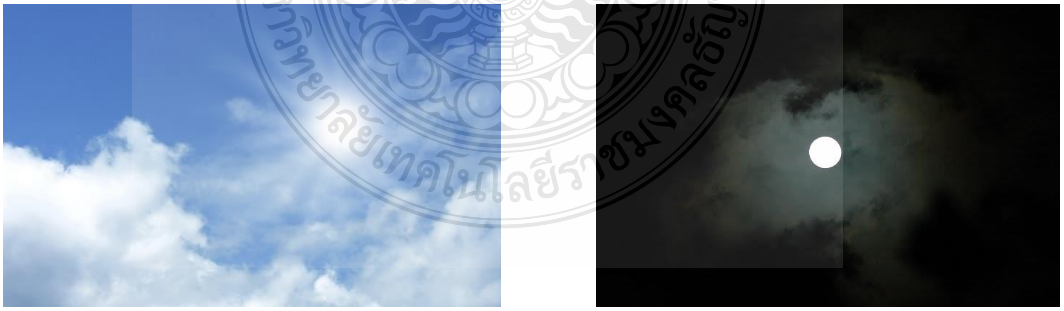
(ก) เส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ

(ข) พื้นฐานค่าสีของแสงจากระบบ The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x, y)

ภาพที่ 2.3 กราฟอุณหภูมิสีเทียบเคียง

2.2.2 แหล่งกำเนิดแสงสว่าง

แสงสว่างที่นำมาใช้สำหรับสำหรับการเพิ่มความสว่างให้กับ นักแสดง ฉาก อุปกรณ์ประกอบฉาก เพื่อกำหนดรายละเอียดในการบันทึกภาพ ประกอบด้วยความสว่างที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ โดยเวลากลางวัน เรียกว่า ดวงอาทิตย์ ส่วนเวลาตอนกลางคืน เรียกว่า ดวงจันทร์ และแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ ได้แก่ เทียนไข การเผาไม้ หลอดไฟประเภทต่างๆ ซึ่งแหล่งกำเนิดแสง ทั้ง 2 ประเภทสามารถนำมาใช้ ภายใน และภายนอกอาคาร หรือ สตูดิโอ ดังภาพที่ 2.4 และ 2.5



(ก) เวลากลางวัน เรียกว่า ดวงอาทิตย์ (ข) เวลาตอนกลางคืน เรียกว่า ดวงจันทร์

ภาพที่ 2.4 แหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ

(ก) เทียนไข

(ข) หลอดไฟทังสเตน

ภาพที่ 2.5 แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

สำหรับการจัดแสงโดยใช้แหล่งกำเนิดแสง ได้แก่ แสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ หรือเรียกว่า แสงแดด และ แสงประดิษฐ์จากหลอดไฟต่างๆ เพื่อการออกแบบความสว่างให้กับ วัตถุ คน สถานที่ เป็น ต้น สำหรับการบันทึกภาพ สามารถหาค่าความสว่างที่เหมาะสม สามารถหาได้จากการวัด โดยใช้เครื่องมือวัดแสง และการคำนวณเพื่อทวนสอบความเหมาะสมของค่าความสว่างที่ถูกต้อง การหาค่าความสว่างจะต้องทราบถึงองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความสว่าง และเข้าใจถึงความสำคัญขององค์ประกอบแต่ละส่วน ซึ่งจะสามารถช่วยนำไปประยุกต์ใช้ในการหาความสว่างกับงานที่ต้องการแสงสว่างแบบเฉพาะทางแบบต่างๆ เช่น การให้แสงสว่าง บนถนน สนามกีฬา ร้านอาหาร ศูนย์การค้า แสดงดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 ลักษณะเฉดสีของอุณหภูมิสีของแสง

ค่าอุณหภูมิสีของแสง (K)	ลักษณะของเฉดสีของแสง
1000-2400	สีอมเหลืองถึงเหลือง
3000	สีเหลือง (Yellow Sun Light)
3800-6000	สีขาวนวลอมเหลือง (Sun Light)
7000-8000	สีขาวนวล (Crystal White)
10000	สีขาวอมฟ้า (Crystal Blue)
12000	สีฟ้าอ่อน (Purple Blue)
15000-16000	สีฟ้าเข้ม (Deep Blue)
17000-18000	สีอมม่วง (Purple Red)
20000	สีชมพู (Pink)

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิสีของแหล่งกำเนิดแสง [13]

ค่าประมาณอุณหภูมิสีของแสง (K)	แสงธรรมชาติ	ค่าประมาณอุณหภูมิสีของแสง (K)	แสงประดิษฐ์ (หลอดไฟ;Illuminant)
-	-	1700	เปลวไม้ขีดไฟ (ขาวส้ม)
-	-	1925	เปลวเทียน (ขาวส้ม)
2300	- แสงพระอาทิตย์ตก	2420	Incandescent Tungsten (ขาวเหลือง; Warm White:WW)
2500	- แสงพระอาทิตย์ขึ้น		
		2856	Standard Illuminant A
3500	- แสงสนธยา (Twilight) ช่วง 10–15 นาที ก่อน แสงพระอาทิตย์ขึ้นหรือตก	2600-3150	Warm white Fluorescent
		3200	Tungsten halogen Film & TV
		2700-3200	Warm white LED
4100	- แสงพระจันทร์	4600-5400	Day white Fluorescent
		4874	Standard Illuminant B
	-	5503	Standard Illuminant D55
5800-6000	-แสงพระอาทิตย์ 9.00-15.00 น. -กลางวันท้องฟ้ามีเมฆ	5600-5800	HMI (Halogen Metal Iodide)
		5500-6000	DayLight LED (ขาว; Daylight:D)
		6000	Xenon (Arc หรือ Flash)
6500	- ท้องฟ้าโปร่งสีน้ำเงิน	6504	Standard Illuminant D65
		5700-7100	Cool white Fluorescent (ขาวเย็น; Cool White:CW)
		6774	Standard Illuminant C
-	-	7000-7500	Cool white LED
-	-	7504	Standard Illuminant D75
12000	- ท้องฟ้าโปร่งขาว	-	-

2.2.3 แสง (Visible Light) หรือ แสงสีขาว (White Light)

เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่ไม่มีมวลสาร แต่สารสามารถเคลื่อนที่ได้ในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับคลื่นวิทยุ แสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 380-760 นาโนเมตร ประกอบด้วยสเปกตรัมของสีหลายๆ สีที่เกิดจาความถี่และความยาวคลื่นของการแผ่รังสีแตกต่างกันแสงเป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่อยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแผ่รังสีความร้อนควบคู่ออกมา มีลักษณะเป็นคลื่นตามขวาง ความยาวคลื่นของแสงที่เห็นจะเป็นสีขาวเรียกว่า แสงสีสเปกตรัม หรือ แผ่รังสีในสเปคตรัม (Spectral power distributions) มีค่าเท่ากับ 400-700 nm สำหรับแสงที่มีความยาวคลื่นแสงต่ำกว่า 400 นาโนเมตร จัดเป็นแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultra-violet) และแสงที่มีความคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร จัดเป็นแสงอินฟาเรด (Infrared) การที่มนุษย์สามารถมองเห็นสีจากวัตถุได้ เนื่องมาจากวัตถุดูดซึมคลื่นแสงและสะท้อนกลับออกมาที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน ทำให้ประสาทตาของมนุษย์รับ และสามารถมองเห็นแยกแยะสีด้วยตา แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สเปคตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าของแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นสีด้วยตา [2],[3]

สีของแสง	ม่วง (Violet)	คราม (Indigo)	น้ำเงิน (Blue)	เขียว (Green)	เหลือง (Yellow)	แสด (Orange)	แดง (Red)
ความยาวคลื่น (nm)	380-430	430-450	450-480	510-550	570-590	590-610	610-720
ความยาวคลื่นเฉลี่ย (cm)	0.000041	0.000043	0.000047	0.000052	0.000057	0.000062	0.000070

2.2.4 พื้นฐานค่าสีของแสง (Basic Colorimetric Parameters)

2.2.4.1 **ระบบการวัดสี** (Color Measuring System)

1. The CIE-1931 X,Y,Z Tristimulus Values ค่าไตรสติมูลัส สร้างขึ้นปี 1931 โดยคณะกรรมาธิการสร้างและพัฒนาระบบกำหนดสีให้เป็นมาตรฐานสากล (Commission Internationale del' E'clairage หรือ International Commission on Illumination: CIE) จากความต้องการแปลงปริมาณการรับรู้สีให้กลายเป็นตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ได้พัฒนาระบบของการวัดสีในรูปของ

Objective ที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์ หรือความคิดของมนุษย์สำหรับการวัดสี ตามแนวคิดของ W. David Wright John Guild ในช่วงปลายทศวรรษที่ที่ 1920 เช่น ระบบ Mansell การวัดสีระบบนี้มีข้อดี

เป็นระบบที่ไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคลทำให้ลดปัญหาการขัดแย้งการมองเห็นสี

เป็นระบบสีที่บอกค่าออกมาเป็นตัวเลข ดังนั้นหากตัวชิ้นงานสีจะซีดลงตามกาลเวลา แต่ค่าตัวเลขของสียังคงบอกถึงค่าสีตั้งต้น

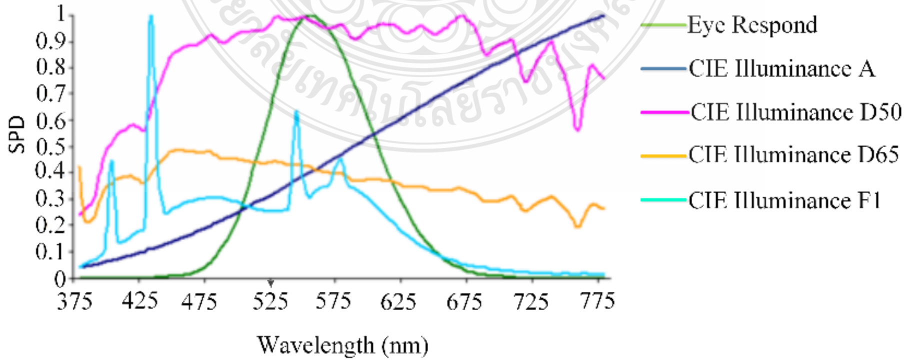
เป็นระบบที่สามารถนำไปคำนวณ และทำนายสูตรสีผสม

เป็นระบบที่วัดสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน เป็นตัวเลข ตามแกน X,Y,Z ทำให้ง่ายต่อการคำนวณ

ระบบ CIE มีแนวคิดจากปัจจัย สำหรับการมองเห็นสีของมนุษย์ ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และสายตามนุษย์ถือเป็นผู้สังเกต ดังนั้นสามารถวัดสีปัจจัยดังกล่าวออกมาเป็นตัวเลขได้ ในการวัดสีของวัตถุจากเครื่องวัดสี ต้องอาศัยแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ หรือแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ เพื่อให้สามารถมองเห็นสีได้ แต่ทั้งนี้สีของแสงจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสง และต้องใช้เครื่องวัดการกระจายคลื่นแสง (Spectroradiometer) เพื่อวัดค่าการกระจายพลังงานที่ความยาวคลื่น (400-700 nm) ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเป็นมาตรฐาน ระบบ CIE ได้กำหนดมาตรฐานการกระจายพลังงานที่ความยาวคลื่นแหล่งกำเนิดแสง (Wavelength, nm CIE Standard source) ได้แก่ Illuminant A, Illuminant B, Illuminant C, Illuminant D เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 2.6 [29]

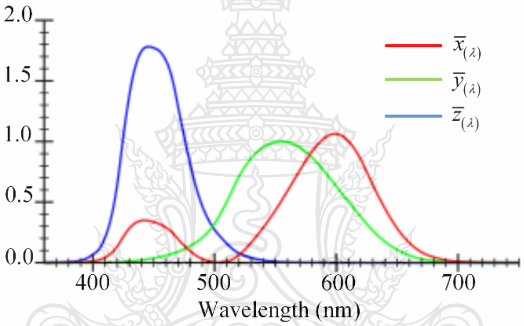
Illuminant A มีค่าการกระจายพลังงานที่ความยาวคลื่น (SPD) ใกล้เคียงแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ประเภท หลอด Incandescent Tungsten ค่าประมาณอุณหภูมิสีของแสง 2420K

Illuminant D มีค่าการกระจายพลังงานที่ความยาวคลื่น (SPD) ใกล้เคียงแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ตอนกลางวัน ค่าประมาณอุณหภูมิสีของแสง จาก สีเหลืองจนถึงสีน้ำเงินได้แก่ D65 ค่าประมาณอุณหภูมิสีของแสง 6500K เป็นช่วงเวลาท้องฟ้าโปร่งสีน้ำเงิน



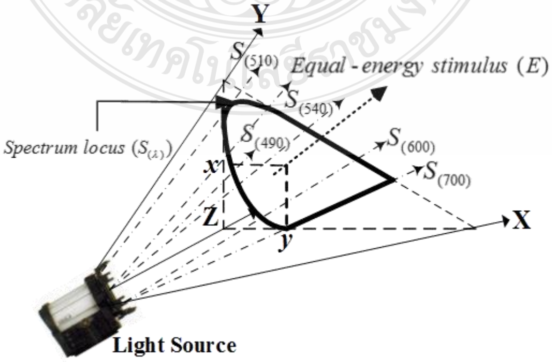
ภาพที่ 2.6 การกระจายพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ตามมาตรฐาน CIE-1931

สำหรับค่าฟังค์ชั่นการปรับค่าสีของระบบ X,Y,Z ตลอดความยาวคลื่น มีการสร้างฟังค์ชั่นสำหรับผู้สังเกตที่ใช้ได้กับมุมมองที่ 2 องศา หรือเล็กกว่า สำหรับการมองเห็นสี เทียบได้กับขนาดเหรียญห้าบาทแล้วยืดแขนออกไปสุดความยาวแขนเมื่อเปรียบเทียบขนาดเหรียญห้าบาทกับขนาดของวัตถุต่างๆ ที่เห็นแล้วมีขนาดเล็กมาก วัตถุที่เห็นมีขนาดใหญ่กว่าเหรียญมีเช่น ฝาผนัง รถยนต์ [29] มาตรฐานสำหรับสีของระบบ X,Y,Z ทั้ง 3 คือ $\bar{x}_{(\lambda)},\bar{y}_{(\lambda)},\bar{z}_{(\lambda)}$ ดังภาพที่ 2.7 แสดงฟังค์ชั่นเชิงปริมาณที่ไม่ใช้คุณลักษณะการดูดกลืนของสีที่แท้จริงมาตรฐานเรตินามนุษย์ แต่เป็นฟังค์ชั่นความไวที่หาจากข้อมูลจริงในการทดสอบโดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองสัมพัทธ์ และความยาวคลื่นสามารถอธิบายด้วยสเปคตรัมปฐมภูมิที่ใช้ในการคำนวณความสว่างหรือระดับความเข้มแสง ที่วัดตามกฎการเพิ่มของ Grassman (Grassman's additive law) และใช้สีของแสงระบบ X,Y,Z ดังภาพที่ 2.8 (ก) และถูกกำหนดไว้ในตารางฟังค์ชั่นการปรับค่าสี $\bar{x}_{(\lambda)},\bar{y}_{(\lambda)},\bar{z}_{(\lambda)}$ ของระบบ X,Y,Z

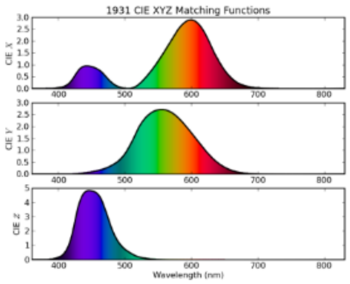


ภาพที่ 2.7 Color Matching Function $\bar{x}_{(\lambda)},\bar{y}_{(\lambda)},\bar{z}_{(\lambda)}$

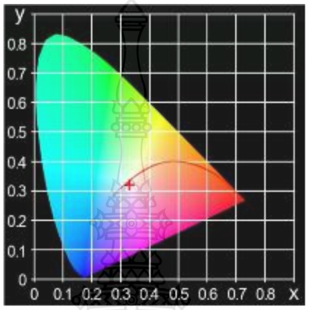
เมื่อสามารถกำหนดค่าปัจจัย สำหรับการมองเห็นสีของมนุษย์ได้ตามที่กล่าว จากนั้นให้นำค่าทั้ง 3 ส่วนมาคำนวณระบุสีของวัตถุด้วยวิธีการคูณตลอดช่วงการกระจายพลังงานที่ความยาวคลื่น (400-700 nm) จะได้ตัวเลข 3 ค่า ตามแนวแกน X,Y,Z แสดงดังสมการที่ (3) ถึง (6) ดังภาพที่ 2.8 (ข) [30]



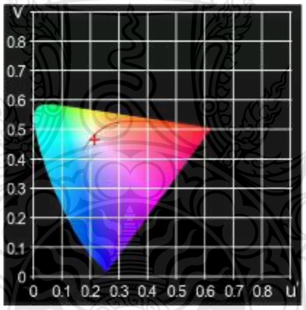
(ก) Tristimulus space based on CIE-1931



(ข) The CIE-1931 X,Y,Z Tristimulus



(ค) The CIE-1931 (x,y)



(ง) The CIE-1976 (u',v')

ภาพที่ 2.8 พื้นฐานค่าสีของแสง

$$X = k\int_{380nm}^{780nm} SPD_{(\lambda)}\bar{x}_{(\lambda)}d_{(\lambda)} \tag{3}$$

$$Y = k\int_{380nm}^{780nm} SPD_{(\lambda)}\bar{y}_{(\lambda)}d_{(\lambda)} \tag{4}$$

$$Z = k\int_{380nm}^{780nm} SPD_{(\lambda)}\bar{z}_{(\lambda)}d_{(\lambda)} \tag{5}$$

$$k = \frac{100.000}{\int_{380nm}^{780nm} SPD_{(\lambda)}\bar{y}_{(\lambda)}d_{(\lambda)}} \tag{6}$$

2. The Chromaticity Coordinates

2.1 The CIE-1931 (x,y) [31] จากการคำนวณหาค่าระบุสีวัตถุ โดยวิธีการคำนวณด้วย ค่าไตรสติมูลัส X,Y,Z ตามมาตรฐาน CIE-1931 แม้ว่าจะระบุเป็นค่าสีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน แต่ยังไม่สามารถระบุสี (Hue) ของวัตถุถึงความสัมพันธ์ของค่าความมืดหรือความสว่างของสี และความเข้มของสี (Chroma) จึงทำให้ไม่สามารถที่จะนำค่าไตรสติมูลัส X,Y,Z ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สำหรับการอ่านค่าสีได้ ดังนั้น การนำวิธีคำนวณค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x,y) มาใช้ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์สำหรับการอ่านค่าสีได้อย่างถูกต้อง โดยกำหนดให้ ค่า x และ y เป็นค่าที่ระบุความเป็นสี ส่วนความสว่างของสีเป็นค่า Y สามารถคำนวณหาค่าได้ดังสมการที่ (7) และ (8) และแสดงดังแผนภูมิที่ใช้บอกสี The CIE-1931 (x,y) CIE Chromaticity Diagram ดังภาพที่ 2.8 (ค) มีลักษณะเป็นรูปเกือกม้า

$$x = \frac{X}{(X+Y+Z)} \tag{7}$$

$$y = \frac{Y}{(X+Y+Z)} \tag{8}$$

2.2 The CIE-1976 (u',v') [31] ระบบค่าการมองเห็นของสี จาก The CIE-1931 (x,y) ในแกน x,y สามารถนำมาพิจารณาในแกน CIE Chromaticity Diagram u,v เพื่อทำการแปลงค่าในแกนนี้สามารถนำมาช่วยในการหาค่า ดัชนีความถูกต้องสีของแสง และค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง แสดงดังสมการที่ (9) และ (10) หรือสามารถคำนวณการหาค่า CIE Chromaticity Diagram u,v ในกรณีที่ทราบค่าแกน The CIE-1931 (x,y) โดยใช้สมการที่ (11) และ (12) และสามารถนำค่าที่ได้มาแสดงดังแผนภูมิที่ใช้บอกสี The CIE-1976 (u',v') CIE Chromaticity Diagram ดังภาพที่ 2.8 (ง)

ดังนั้น หากต้องการคำนวณหาค่าอุณหภูมิสีของแสง (Color Temperature) สามารถคำนวณโดยใช้หลักการหาค่าของ The CIE-1931 (x,y) และ The CIE-1976 (u',v') หรือการพิจารณาจาก CIE Chromaticity Diagram ของทั้ง 2 ระบบได้เช่นกัน

$$u' = \frac{4x}{(-2x+12y+3)} \, or \, \frac{4X}{(X+15Y+3Z)} \tag{9}$$

$$v' = \frac{9y}{(-2x+12y+3)} \, or \, \frac{9Y}{(X+15Y+3Z)} \tag{10}$$

$$x = \frac{27u'}{(18u' - 48v' + 36)} \tag{11}$$

$$y = \frac{12v'}{(18u' - 48v' + 36)} \tag{12}$$

2.2.5 มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ แต่โดยทั่วไป ทุกมาตรฐานมีแนวคิดเดียวกัน คือการแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในพื้นที่ 3 มิติ โดยมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในพื้นที่ซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ได้แก่ ระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง เขียว และน้ำเงิน ระบบ HLS จะมีแกนเป็น ค่าสี (Hue) ความสว่าง(Lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (Saturation) แสดงดังภาพที่ 2.9

1. ระบบสี RGB (Red Green Blue) เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของ แสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน โดยมีการรวมกันแบบ Additive ปกติจะนำไปใช้ในจอภาพ CRT (Cathode Ray Tube) ในการใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ RGBCIE และ RGBNTSC

1.1 ระบบสีแบบ RGB ของ CIE เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย CIE (Commission International l 'Eclairage) อ้างอิงสีแดงที่ 700 nm สีเขียว 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm

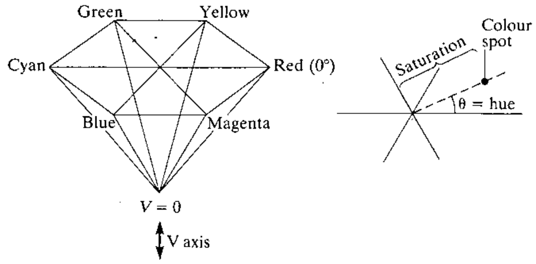
1.2 ระบบสีแบบ RGB ของ NTSC เป็นระบบสีที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน

2. ระบบสี HSV (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียว น้ำเงิน) ในทางปฏิบัติอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดง และเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้น สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปของงองศาได้ ดังนี้คือ สีแดง เท่ากับ 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงิน เท่ากับ 240 องศา Hue สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 13-15

$$red_k = red - \min(red, green, blue) \tag{13}$$

$$green_k = green - \min(red, green, blue) \tag{14}$$

$$blue_k = blue - \min(red, green, blue) \tag{15}$$



ภาพที่ 2.9 ระบบสี RGB และ HSV

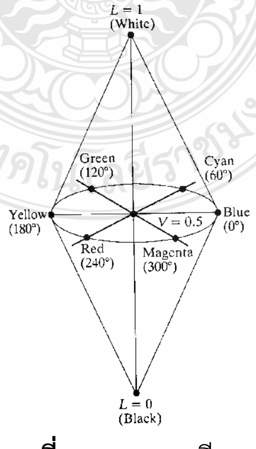
จากลักษณะโมเดลของระบบ Hue พบว่าจะมีค่าอย่างน้อยหนึ่งค่าที่จะเท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าเท่ากับ 0 แล้ว hue จะเป็นมุมของสี (ค่าสี) มีค่าเป็นไปตามสี่ที่สามและถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะทำให้ไม่มีค่าของ Hue หรือสีที่ได้จะมีค่าเท่ากับสีขาว เช่น จอภาพขาว-ดำ ถ้าเกิดมีสีใดสีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือ การให้น้ำหนักในการพิจารณาเมื่อสีแดงมีค่าเท่ากับ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 16-18

$$Hue = \frac{(240 \times blue_k) + (120 \times green_k)}{blue_k + green_k} \qquad (16)$$

$$Saturation = \frac{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)}{\max(red, green, blue)} \qquad (17)$$

$$Value = \max(red, green, blue) \qquad (18)$$

3. ระบบสี HLS (Hue Lightness Saturation) พัฒนาโดย Teletromix Incorporated จะมีลักษณะคล้ายกับ HSV ดังนี้คือสีของระบบจะขึ้นอยู่กับ Hue Lightness และ Saturation ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ระบบสี HLS

Hue คือค่าของสีหลักซึ่งมีสีน้ำเงินอยู่ที่ 0 องศา สีเขียวอยู่ที่ 120 องศา และสีแดงอยู่ที่ 240 องศา Lightness คือค่าความสว่างซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน L โดยที่ L เท่ากับ 0 จะเป็นสีดำ L เท่ากับ 1 จะเป็นสีขาว สามารถคำนวณได้สมการที่ 19

$$Lightness = \frac{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)}{2} \tag{19}$$

Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 20

$$\begin{aligned} Saturation &= \left[\frac{\max(red, green, blue) + \min(red, green, blue)}{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)} \right. if \quad L \langle = 0.5 \\ Saturation &= \left[\frac{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)}{2 - \max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)} \right. if \quad otherwise \end{aligned} \tag{20}$$

ระบบสี YUV ใช้สำหรับโทรทัศน์แบบ PAL และ SECAM ยังมีใช้อยู่ในหลาย ๆ ประเทศ โดย Y คือค่าความสว่างของภาพ ส่วนสัญญาณ U และ V เป็นสัญญาณที่เก็บค่าสีของภาพ ต่อมาได้มีระบบ YIQ มาใช้แทน เนื่องจากพบว่าสัญญาณ I และ Q สามารถลด Bandwidth ได้มากกว่าสัญญาณ U และ V ในขณะที่ได้ภาพที่มีคุณภาพเท่ากัน

การแปลงสีจากระบบ RGB (CIE) ไปเป็น XYZ

การแปลงค่าสีระหว่างระบบสามารถทำได้โดยการใช้ Matrix หลักการคือ ในกรณีที่แบบจำลองสีต้นทางและปลายทางเป็นการผสมสีแบบบวก (Additive mixing) ทั้งคู่ คำนวณหาเมทริกซ์แปลงค่าสีได้จากพิกัดค่าสีของแบบจำลองสีต้นทางและปลายทาง โดยสำหรับแบบจำลองสีคู่หนึ่งๆ ก็จะมีเมทริกซ์อันหนึ่งสำหรับแปลงไป และอีกอันหนึ่งสำหรับแปลงกลับ ซึ่งเมทริกซ์ทั้งสองนี้ก็จะเป็นเมทริกซ์ผกผันของกันและกัน [26] สำหรับการแปลงสีระหว่างระบบ RGB (ICE) กับระบบสีแบบ XYZ จะมีเมตริกสำหรับการแปลงดังสมการที่ 21

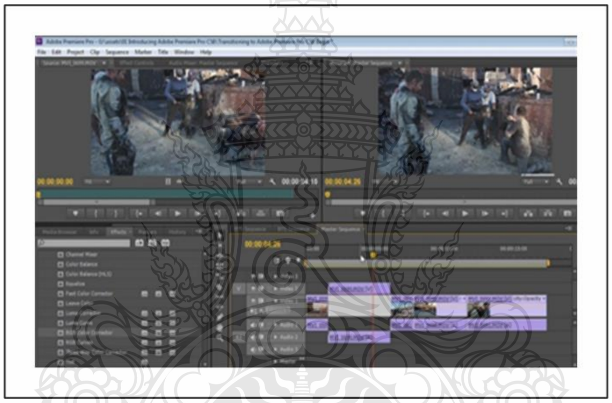
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} R_{CIE} \\ G_{CIE} \\ B_{CIE} \end{bmatrix} \tag{21}$$

ตารางที่ 2.4 การแปลงค่าสีระบบ RGB เป็น ระบบ HSL

Color	Color name	Hex	(R,G,B)	(H,S,L)
	Black	#000000	(0,0,0)	(0°,0%,0%)
	White	#FFFFFF	(255,255,255)	(0°,0%,100%)
	Red	#FF0000	(255,0,0)	(0°,100%,50%)
	Lime	#00FF00	(0,255,0)	(120°,100%,50%)
	Blue	#0000FF	(0,0,255)	(240°,100%,50%)
	Yellow	#FFFF00	(255,255,0)	(60°,100%,50%)
	Cyan	#00FFFF	(0,255,255)	(180°,100%,50%)
	Magenta	#FF00FF	(255,0,255)	(300°,100%,50%)
	Silver	#BFBFBF	(191,191,191)	(0°,0%,75%)
	Gray	#808080	(128,128,128)	(0°,0%,50%)
	Maroon	#800000	(128,0,0)	(0°,100%,25%)
	Olive	#808000	(128,128,0)	(60°,100%,25%)
	Green	#008000	(0,128,0)	(120°,100%,25%)
	Purple	#800080	(128,0,128)	(300°,100%,25%)
	Teal	#008080	(0,128,128)	(180°,100%,25%)
	Navy	#000080	(0,0,128)	(240°,100%,25%)

2.3 โปรแกรมการตัดต่อ Adobe Premiere Pro

"Adobe Premiere Pro" หรือ "Premiere Pro" เป็นโปรแกรมการตัดต่อไฟล์วิดีโอ (Video), ไฟล์ภาพ (Image), ไฟล์เสียง (Audio) เพื่อนำมาประกอบกันเป็นภาพยนตร์ โดยเป็นหนึ่งในโปรแกรมตระกูล Adobe ที่ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพและความสมารถที่เพิ่มมากขึ้น มีหน้าตาของโปรแกรมที่ใช้งานง่าย มีการทำงานที่ไม่ซับซ้อนโดยสามารถจับภาพและเสียงมาวาง (Drag & Drop) ลงบนไทม์ไลน์ เคลื่อนย้ายได้อิสระ และไม่มีการสูญเสียคุณภาพของวิดีโอ สามารถใช้ตัดต่อ ใส่เอฟเฟค ปรับเสียง สร้างชื่อเรื่องข้อความ จนกระทั่งได้ไฟล์ภาพยนตร์ที่สมบูรณ์ และสามารถแปลงไฟล์ที่เสร็จแล้วเป็นไฟล์ในรูปแบบต่าง ๆ เป็นการสร้างไฟล์คุณภาพ หรือแปลงไฟล์ให้ได้รูปแบบสื่อวิดีโอที่หลากหลาย นอกจากนั้นยังสามารถทำงานกับไฟล์ภาพนิ่งและภาพต่อเนื่องได้ เช่น TIFF , TIFF Sequence, PCX,Al Sequence ดังภาพที่ 2.11



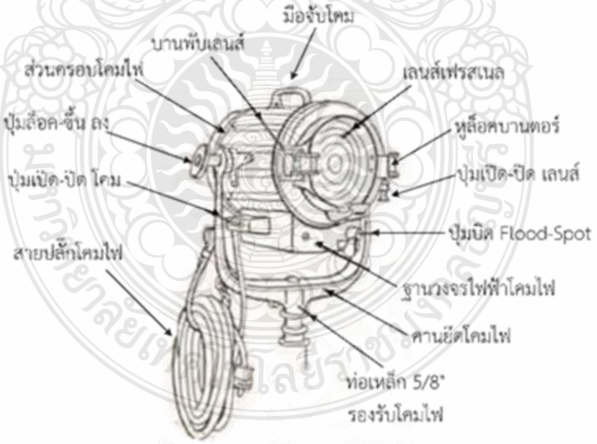
ภาพที่ 2.11 โปรแกรมตัดต่อวิดีโอ Adobe Premiere Pro

2.4 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับงานวิจัย

สำหรับในงานวิจัยนี้พิจารณาเงื่อนไขภายใต้พื้นฐานการจัดแสงตำแหน่งโคมไฟ 3 ตำแหน่ง จากแหล่งกำเนิดแสงของหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน (Tungsten-Halogen Lamp) ขนาดกำลังไฟฟ้า 1000W กำหนดให้เป็นตำแหน่งของโคมไฟหลัก และโคมไฟหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน (Tungsten-Halogen Lamp) ขนาดกำลังไฟฟ้า 650W กำหนดให้เป็นตำแหน่งของโคมไฟเสริม และโคมไฟหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน (Tungsten-Halogen Lamp) ขนาดกำลังไฟฟ้า 2000W กำหนดให้เป็นตำแหน่งโคมไฟส่องหลัง จากนั้นศึกษาการเปลี่ยนค่าความเข้มแสง (Illuminance) ในหน่วย Lux ให้เป็น หน่วย f-stop จะต้องอาศัยอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิจัยดังต่อไปนี้

2.4.1 **โคมไฟสำหรับการจัดแสง (Lamp Housing or Luminaire)**

การจัดแสงโดยอาศัยความสว่างจากแสงประดิษฐ์หลอดไฟประเภทต่างๆ ต้องมีการควบคุมทิศทางแสง เพื่อให้ได้คุณภาพแสงสว่างมาก ลำแสงแคบ และมีลักษณะแสงแข็งกระด้างหรืออ่อนนุ่ม กำหนดทิศทางได้ดี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปแบบของโคมไฟ สำหรับโคมไฟประเภทสปอท (Spot Light) เป็นโคมไฟที่ออกแบบมาเพื่อติดตั้งหลอดไฟรูปทรงที่หลากหลาย และขนาดกำลังวัตต์แตกต่างกันไป เพื่อควบคุมทิศทางแสง และคุณภาพแสงตามหลักการจัดแสงที่กล่าวมา นอกจากนี้ลักษณะของเลนส์เป็นส่วนประกอบสำคัญของโคมไฟทำหน้าที่ควบคุมทิศทาง และคุณภาพของแสง และสำหรับโคมไฟประเภทสปอท ใช้เลนส์ เฟรสเนลเลนส์ (Fresnel Lens) [14] ลักษณะเลนสประเภทนี้ จะอยู่หน้ากระจกของโคมไฟจะมีลักษณะเป็นรอยหยัก ช่วยให้เกิดการเกลี่ยลำแสงที่สะท่อนของแสงออกจากตัวหลอดไฟ และออกจากแผนสะท่อนแสง ส่งผลให่แสงเกิดความสม่ำเสมอทั้งวงแสง ตำแหน่งของเลนส์สวมอยู่หน้าดวงโคมไฟ และอยู่ส่วนหลังของหลอดไฟ ภายในโคมไฟประกอบด้วยตัวสะท้อนแสง ระยะทางระหว่างหลอดไฟกับเลนส์สามารถปรับระยะทางได้ โครงสร้างของโคมไฟประเภทนี้แสดงดังภาพที่ 2.12 [14] และลำแสงสามารถปรับให้กว้างขึ้น หากปรับให้ลำแสงกระจายออก จะหมุนปุ่มบิด ให้อยู่ในตำแหน่งที่เรียกว่า “Flood” และหากปรับให้ลำแสงรวมหรือบีบแคบลง จะหมุนปุ่มบิด ให้อยู่ในตำแหน่ง “Spot” ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้จัดแสง แสดงดังภาพที่ 2.13 โคมไฟประเภทนี้บางครั้งเรียกว่า เฟรสเนลสปอท (Fresnel Spot) มีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 100 วัตต์ ไปจนถึง 25 กิโลวัตต์



ภาพที่ 2.12 โครงสร้างโคมไฟประเภทสปอท เฟรสเนลเลนส์

ภาพที่ 2.13 ลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟประเภทสปอท เฟรสเนลเลนส์

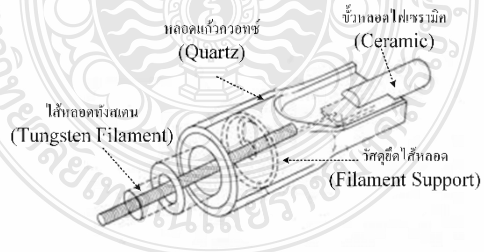
2.4.2 **หลอดทังสเตน-ฮาโรเจน (Tungsten-Halogen Lamp)**

หลอดฮาโลเจน หรือ หลอดไฟควอตซ์ฮาโลเจน หรือหลอดทังสเตนฮาโลเจน ที่พัฒนาขึ้นจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดไฟฮาโลเจนมีไส้หลอดทังสเตนคล้ายกับในหลอดอินแคนเดสเซนต์มาตรฐาน หลอดไฟชนิดนี้ มีไส้หลอดเป็นขดลวดทังสเตน ตัวหลอดแก้วทำด้วยควอตซ์ แก้วซิลิกา หรืออะลูมิโนซิลิเกตหลอม ซึ่งภายในตัวหลอดแก้ว บรรจุแก๊สเฉื่อย และฮาโลเจนปริมาณน้อย เช่น ไอโอดีนหรือโบรมีน วัฏจักรฮาโลเจนเคมีนำทังสเตนที่ระเหยไปกลับมาเป็นไส้หลอดอีกครั้ง ซึ่งขยายอายุการใช้งานของหลอด ด้วยเหตุนี้ หลอดฮาโลเจนจึงสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงกว่าหลอดเติมแก๊สมาตรฐานที่มีกำลังและอายุการใช้งานเท่ากัน หลอดฮาโลเจนจึงมีประสิทธิศักย์ความสว่างสูงกว่า (10-30 ลูเมน/วัตต์) หลอดนี้ให้แสงที่มีอุณหภูมิสีสูงกว่า และด้วยขนาดที่เล็กกว่า หลอดฮาโลเจนใช้งานได้เต็มที่กับระบบของแสงซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าในหลักการของวิธีที่หลอดให้แสงที่ปลดปล่อยออกมา

- <u>การทำงานของหลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน</u>

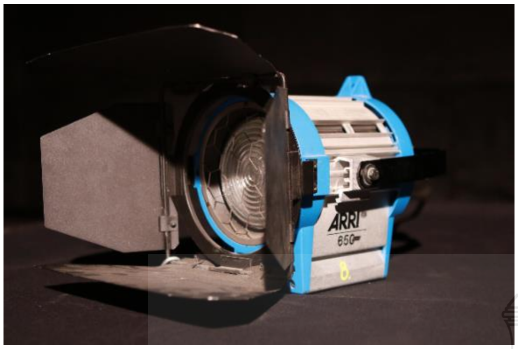
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ ให้กับขั้วหลอดไฟเซรามิคด้านหนึ่ง จะเกิดการเคลื่อนที่ของปริมาณอิเล็กตรอนข้ามไปยังขั้วตรงข้ามจนครบวงจรไฟฟ้าส่งผลให้ขดลวดทังสเตนมีความร้อนเพิ่มขึ้นกลายเป็นสีแดงเกิดเป็นแสงสว่าง และขณะเดียวกันจะทำให้อะตอมของขดลวดทังสเตนหลุดออกมาจากไส้หลอด ส่งผลให้ไส้หลอดบางตัวลง อายุการใช้งานสั้น ดังนั้นจึงต้องใส่สารกลุ่มธาตุก๊าซฮาโรเจน เพื่อลดความร้อนภายในหลอด ดังภาพที่ 2.14-2.17

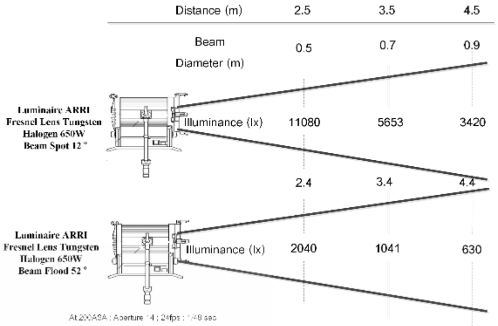
- <u>โครงสร้างหลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน</u>



ภาพที่ 2.14 โครงสร้างภายในหลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน [14]

โคมไฟ ARRI Junior หลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 650 Watt

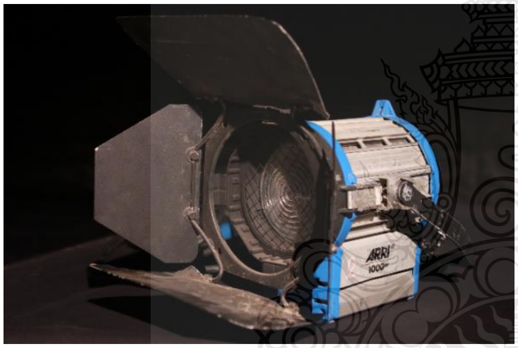


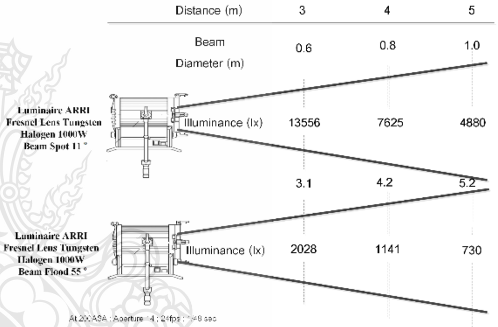


(ก) โครงสร้างภายนอก (ข) ค่า Photomatri Data ของโคมไฟ

ภาพที่ 2.15 โคมไฟ ARRI Junior หลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 650 Watt

โคมไฟ ARRI Junior หลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 1000 Watt

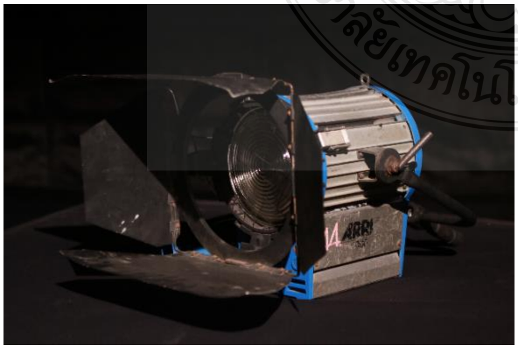


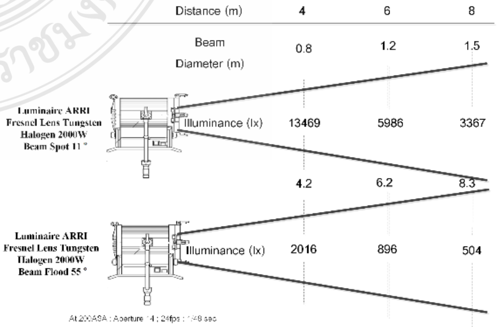


(ก) โครงสร้างภายนอก (ข) ค่า Photomatri Data ของโคมไฟ

ภาพที่ 2.16 โคมไฟ ARRI Junior หลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 1000 Watt

โคมไฟ ARRI Junior หลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 2000 Watt





(ก) โครงสร้างภายนอก (ข) ค่า Photomatri Data ของโคมไฟ

ภาพที่ 2.17 โคมไฟ ARRI Junior หลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 2000 Watt

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดคุณสมบัติตัวอย่างหลอดทังสเตน-ฮาโรเจน

หัวข้อ	รายละเอียด
อุณหภูมิสีของแสง	3200K
ความถูกต้องของแสง (CRI)	100 %
โครงสร้างภายนอก	ครอบด้วยหลอดแก้วที่ทนความร้อนทำจากหิน เรียกว่า ควอทซ์ (Quartz)
โครงสร้างภายใน	ประกอบด้วยไส้หลอดทำจากทังสเตน พร้อมบรรจุ กลุ่มธาตุก๊าซฮาโรเจน เช่น ฟลูออรีน, คลอรีน, โบรมีน, ไอโอดีน เพื่อลดความร้อนภายในหลอด
การให้แสงสว่าง	ส่องสว่างด้วยไส้หลอด
อายุการใช้งาน	สั้น
การเสื่อมสภาพ	ไส้หลอดขาด
ข้อดี	มีขนาดเล็กและเบา
ข้อเสีย	หลอดความร้อนสูง ทำให้สูญเสียพลังงานความร้อน

2.4.3 **เครื่องวัดค่าความรับรังสีรวมของแหล่งกำเนิดแสง (Spectroradiometer)**

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เป็นเครื่องมือวัดเชิงแสงที่ใช้สำหรับการตรวจวัดคุณสมบัติเฉพาะของแสงที่ความยาวคลื่นของการกระจายกำลังการแผ่รังสีในสเปคตรัม (Spectral power distributions) ที่ประสาทตาของมนุษย์รับ และสามารถมองเห็นแยกแยะสีด้วยตา เครื่องมือประเภทนี้สามารถวัดระบบสีของแสงออกมาเป็นตัวเลขได้ มีอยู่หลายระบบด้วยกัน คือ ระบบ Tristimulus Value ระบบ CIE Chromaticity Coordinate ค่าอุณหภูมิสีของแสง (Correlated Color Temperature) ความเข้มแสง (Illuminance or Illumination) หน่วย lux และค่าดัชนีความถูกต้องสีของแสง (Color Rendering Index) การวัดค่าสีของแสงจากเครื่องวัดต้องอาศัยการทำงาน 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดแสง (Light Source) วัตถุรับแสง (Receptor) และระบบประมวลการอ่านค่าสีของแสง (Microprocessor) เนื่องจากการมองเห็นสีของมนุษย์พบว่าแต่ละคน อาจจะอ่านค่าสีแตกต่างกัน สำหรับเครื่องวัดประเภทนี้ให้ค่าที่ได้จากการวัดสีของแหล่งกำเนิดแสง เป็นไปตามทางภาคอุตสาหกรรมตามมาตรฐานสากลของอุตสาหกรรม รวมทั้งยังสามารถที่จะวัดค่าความแตกต่างสีแสงที่มีเฉดสีแหล่งกำเนิดแสงต่างออกไปเพียงเล็กน้อย ส่งผลให้ สามารถกำหนดค่าความแตกต่างสีของแสงได้อย่างถูกต้อง แสดงดังภาพที่ 2.18

ภาพที่ 2.18 เครื่องวัดค่าอุณหภูมิสีเทียบเคียงและค่าความสว่าง Sekonic Prodigi Color C-500

2.4.4 **เครื่องวัดแสง (Sekonic Light Meter) L-758 [6]**

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เครื่องวัดที่มีคุณสมบัติสำหรับวัดแสงตกกระทบหรือแสงตรง (Incident Light) ในหน่วย F-Stop และค่า ปริมาณแสง EV (Exposure Value) ที่ต้องสัมพันธ์กับการตั้งค่าก่อนการวัดด้วยค่า ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) ความไวแสง (ISO) เป็นการวัดแสงที่กระทบวัตถุหรือตัวแบบโดยตรง วิธีการวัดแสงให้นำเครื่องวัดแสงอยู่ตำแหน่งตรงกับวัตถุหรือตัวแบบ โดยหันส่วนรับแสง เซลล์รับแสง (Photo-cell) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า มีลักษณะครึ่งวงกลม ทรงโดมพลาสติกสีขาว ไปยังตำแหน่งกล้องถ่ายภาพ หรือหันไปยังทิศทางของแหล่งกำเนิดแสง ลักษณะการวัดเป็นการวัดแสงตกกระทบโดยตรงแสดงดังภาพที่ 2.19

ภาพที่ 2.19 เครื่องวัดแสง Sekonic Light Meter L-758

2.4.5 **เครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (Konica Minolta S-100A Luminance and Color Meter) [21]**

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องวัดที่มีคุณสมบัติการวัดแสงสะท้อน (Reflected Light) คือวัดปริมาตรของแสงที่สะท้อนจากวัตถุไปยังกล้องถ่ายภาพ เหมือนระบบวัดแสงภายในตัวกล้องภาพนิ่ง นิยมใช้ในงานถ่ายภาพนิ่ง การเทสต์แฟลช เพราะตัวกล้องจะไม่สามารถบันทึกค่าแสงแฟลชไว้ แต่เครื่องวัดแสง

แบบสะท้อน จะบันทึกค่าแสงตอนแฟลชส่องแสงออกมา หรือใช้ในกรณีที่ไม่สามารถเดินเข้าไปวัดแสงที่วัตถุได้ เช่น ถ่ายเทือกเขาจากหน้าผา ถ่ายเมืองทั้งเมือง หรือถ่ายจากเฮลิคอปเตอร์ ระบบวัดแสงเฉพาะจุด (Spot Light) คือการวัดแสงสะท้อนแบบหนึ่ง แต่เป็นพื้นที่เล็ก ๆ เพียงจุดใดจุดหนึ่งที่สำคัญ จึงทำให้มีความถูกต้องแม่นยำดีมากแม้ระยะทางไกล ๆ วิธีการใช้เหมือนกับการส่องกล้อง เล็งให้จุดในวิวไฟนเดอร์ของเครื่องวัดแสง ตรงกับวัตถุที่จะวัดแสงแสดงดังภาพที่ 2.20

ภาพที่ 2.20 เครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (Konica Minolta S-100A Luminance and Color Meter)

บทที่ 3
การออกแบบและติดตั้ง

งานวิจัยนี้ศึกษาความส่องสว่างและอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงสำหรับการจัดแสง โคร มาคีย์ โดยมีการออกแบบและติดตั้งการวัดคุณสมบัติทางแสง และการบันทึกภาพ เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการวิจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

สำหรับการศึกษางานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สอนในรายวิชาเทคนิคการจัดแสงเพื่องานทางโทรทัศน์ ในหน่วยของการจัดแสงรายการโทรทัศน์ในรูปแบบโคร มาคีย์ โดยมีข้อสังเกตว่า ความส่องสว่าง (Luminance) ที่เหมาะสมสำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) หมายถึงความอิ่มตัวของฉาก ที่เกิดจากแสงพื้นหลังหรือแสงส่องวัตถุให้แสงในอัตราส่วนที่เพียงพอ และความสว่างทั่วถึง และยังมีข้อสังเกตค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (Correlated Color Temperature) ที่มีค่า 3200 องศาเคลวิน จากแหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน และ หลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อม ฟิลเตอร์ปรับแสงเป็นคลื่นแสงสีฟ้า 201 Full CTB เพื่อให้อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงมีค่า 5600 องศาเคลวิน เพื่อแก้ปัญหาของการจัดแสงโคร มาคีย์ คือ ขอบของภาพที่ซ้อนมีสีขาวรอบ ๆ วัตถุเรียกว่า Crawling หรือ Tearing และความผิดเพี้ยนของตัวแบบที่เกิดจากเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง และการศึกษาค่ามาตรฐานระบบสี ประกอบด้วย ระบบสี RGB ระบบสี HSV ระบบสี HLS และระบบสี YUV ที่เกิดจากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ตกกระทบลงบนผ้าสีเขียว (Green Screen) และ สีน้ำเงิน (Blue Screen) เพื่อนำค่าที่ได้จากเครื่องมือวัดเปรียบเทียบความแตกต่างกับค่าที่ปรากฏในโปรแกรมการตัดต่อ Adobe Premiere Pro มากน้อยเพียงใด ภายใต้พื้นฐานการจัดแสงตำแหน่งโคมไฟ 3 ตำแหน่ง บนพื้นฐานการจัดแสงตำแหน่งโคมไฟ 3 ตำแหน่ง ประกอบด้วยโคมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 1000W จำนวน 5 โคม กำหนดให้เป็นตำแหน่งโคมไฟหลัก ทิศทางแขวนอยู่บนด้านหน้าของตัวแบบ และโคมไฟหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 650W จำนวน 2 โคม กำหนดให้เป็นตำแหน่งโคมไฟส่องฉากทิศทางแขวนอยู่บนด้านซ้ายและขวาของตัวแบบ และโคมหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 2000W จำนวน 1 โคม ตำแหน่งส่องหลังทิศทางแขวนอยู่บนด้านหลังของตัวแบบ สำหรับภาพรวมของระบบการตรวจวัดในการทำวิจัยครั้งนี้แสดง ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดและขั้นตอนการวิจัย

3.1.1 **วิธีการดำเนินงานวิจัย**

กรณีที่ 1 ศึกษาค่าความส่องสว่าง (Luminance) ที่สัมพันธ์กับขนาดกำลังไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดแสงหลอดทังสเตน-ฮาโรเจน 2000W 1000W และ 650W ที่ตกกระทบบนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และฉากสีเขียว (Green Screen) สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key)

กรณีที่ 2 ศึกษาค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (Correlated Color Temperature) จากแหล่งกำเนิดแสงหลอดทังสเตน ฮาโรเจน ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 3200 องศาเคลวิน และหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อม ฟิลเตอร์ปรับแสงเป็นคลื่นแสงสีฟ้า 201 Full CTB ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5600 องศาเคลวิน ตามตำแหน่งการจัดแสงโคมไฟ 3 ตำแหน่ง ขนาดกำลังไฟฟ้า 2000W 1000W และ 650W สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) ที่ตกกระทบบนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen)

กรณีที่ 3 ศึกษาค่ามาตรฐานระบบสี (Standard Color) ประกอบด้วย ระบบสี RGB ระบบสี HSV ระบบสี HLS และ ระบบสี YUV จากแหล่งกำเนิดแสงหลอดทังสเตน ฮาโรเจน ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 3200 องศาเคลวิน และหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อม ฟิลเตอร์ปรับแสงเป็นคลื่นแสงสีฟ้า 201 Full CTB ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5600 องศาเคลวิน ตามตำแหน่งการจัดแสงโคมไฟ 3 ตำแหน่ง ขนาดกำลังไฟฟ้า 2000W 1000W และ 650W สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) ที่ตกกระทบบนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen)

กรณีที่ 4 ศึกษาความเหมาะสม ของค่าความส่องสว่าง อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง มาตรฐานระบบสี ของภาพที่ได้จากการซ้อนระหว่างภาพฉากหลังของตึกคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน กับ ภาพบุคคล ที่มีการจัดแสง โคร ม่าคีย์ ร่วมกับ ฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen)

3.1.2 วิธีการเก็บข้อมูลวิจัย

เก็บข้อมูลบริเวณปลายจมูกของตัวแบบภายใต้หลักการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) บนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เก็บข้อมูลค่าความส่องสว่าง (Luminance)
2. เก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (Correlative Color Temperature)
3. เก็บข้อมูลค่ามาตรฐานระบบสี RGB ระบบสี HSV ระบบสี HLS และ ระบบสี YUV
4. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดนำมาใส่ค่าลงในโปรแกรมตัดต่อ Adobe Premiere Pro

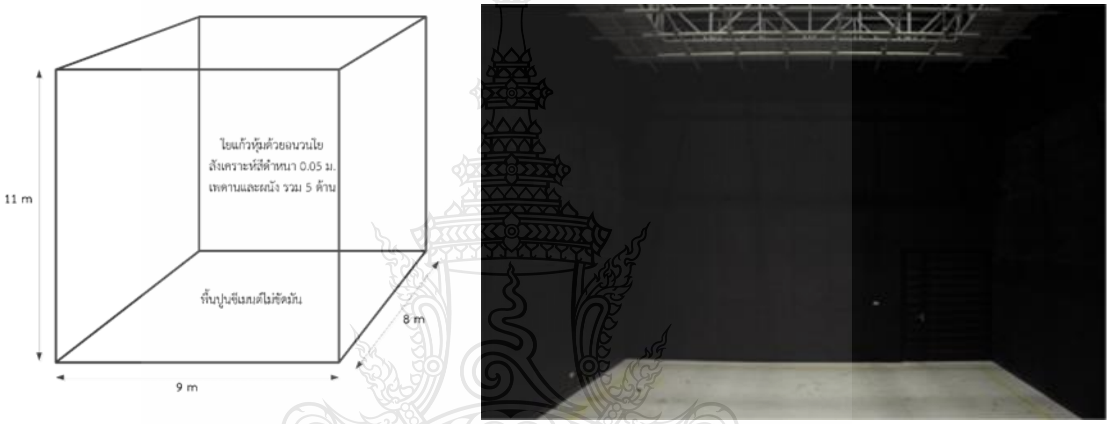
3.1.3 สถานที่เก็บข้อมูล

สตูดิโอสำหรับการถ่ายทำโทรทัศน์และภาพยนตร์ คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต. คลองหก อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110

3.1.4 สตูดิโอสำหรับการจัดแสง

การให้ความสว่างของตัวแบบ วัตถุ ฉาก เป็นต้น ภายในสตูดิโอ สามารถทำได้โดยการยึดหรือวางตำแหน่งของโคมไฟด้วยการนำมาติดตั้งบนพื้นตามจุดที่ต้องการให้เกิดความสว่าง หรือ เกิดจากการนำโคมไฟมาแขวนบนเพดานของสตูดิโอ ทั้งนี้ลักษณะการออกแบบสตูดิโอจะต้องมีพื้นที่กว้างขวาง ขนาดของสตูดิโอ ควรมีขนาดความกว้างหรือความยาวไม่ต่ำกว่า 6 เมตร มีความสูงที่พอเพียงคือไม่ต่ำกว่า 4 เมตร หรือ ควรเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อความสะดวกและความยืดหยุ่นในการทำงาน และควบคุมอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งโคมไฟ อุปกรณ์ประกอบฉาก นอกจากนี้สตูดิโอควรมีความปลอดภัยเรื่องของการวางระบบไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นสายไฟหรือปลั๊กไฟต่างๆ พร้อมระบบตู้จ่ายไฟฟ้าที่ควรต่อสาย

ดินกับระบบไฟฟ้าภายในสตูดิโอ นอกจากนี้ผนังรอบสตูดิโอควรบุฉนวนที่เป็นสีโทนทึบ เพื่อควบคุมคุณภาพของแสง ตามหลักการคุณสมบัติการดูดกลืนแสง และการสะท้อนของแสง ทำให้เกิดแสงมีความเหมาะสมกับการบันทึกภาพ และควบคุมทิศทางแสงที่เกิดจากตำแหน่งโคมไฟ การจัดแสงภายในสตูดิโอที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ติดตั้งโคมไฟบนเพดานสตูดิโอ ตามการจัดแสงหลักการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) บนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) สำหรับสตูดิโอที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีขนาด กว้าง 9 เมตร ยาว 8 เมตร สูง 11 เมตร ผนังและเพดานปิดทึบทำด้วยใยแก้วหนา 0.05 เมตร หุ้มด้วยผ้าใยสังเคราะห์สีดำ และพื้นซีเมนต์ บนเพดานติดตั้งโครงเหล็กสำหรับยึดโคมไฟ แสดงดังภาพที่ 3.2



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.2 (ก) สตูดิโอจัดแสงสำหรับงานวิจัย (ข) สตูดิโอจริงสำหรับการศึกษา

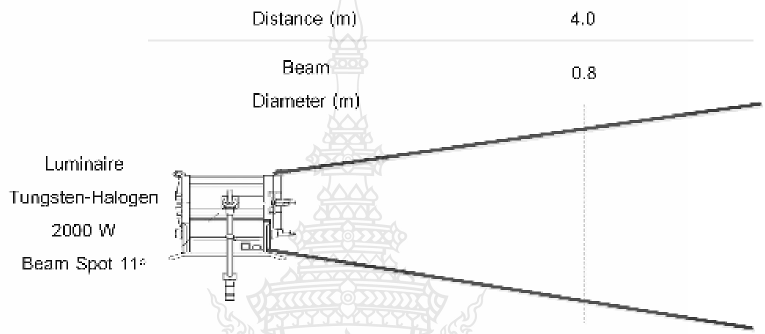
3.2 การวัดค่าคุณสมบัติของแสง

งานวิจัยนี้วัดหาค่าความส่องสว่าง ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ค่ามาตรฐานระบบสี RGB ระบบสี HSV ระบบสี HLS และ ระบบสี YUV บริเวณปลายจมูกของตัวแบบภายใต้หลักการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) บนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) บนพื้นฐานการจัดแสงตำแหน่งโคมไฟ 3 ตำแหน่ง ภายในสตูดิโอ คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สามารถสรุปขั้นตอนการติดตั้งโคมไฟและเครื่องมือวัด ดังต่อไปนี้

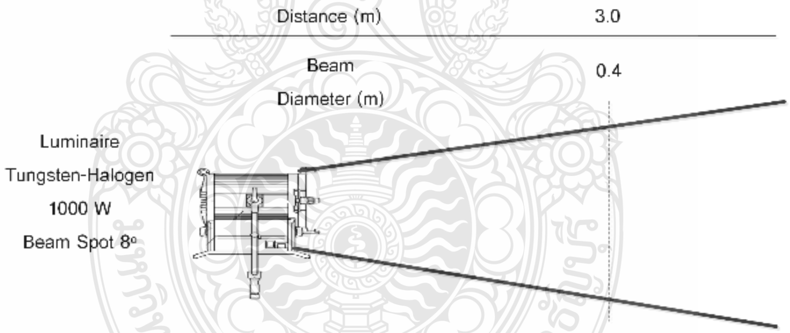
3.2.1 การตั้งค่าหมวดควบคุมการกระจายแสงของโคมไฟ

การควบคุมทิศทางแสงของโคมไฟ สำหรับงานวิจัยนี้จัดเป็นโคมไฟประเภทสปอท (Spot Light) ควบคุมองศาใน ตำแหน่ง“Spot” ให้ลำแสงรวม ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเฉพาะของผู้ผลิตโคมไฟแต่ละบริษัท ที่ระบุในคู่มือผลิตภัณฑ์ เรียกว่า Photometric Data Sheet โดยการปรับปุ่มควบคุมที่อยู่ด้านหลังของ

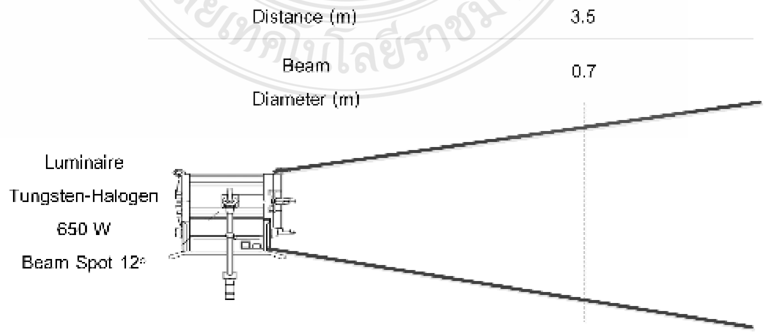
โคมไฟ ประกอบด้วยโคมไฟตำแหน่งไฟส่องหลังหลอดทังสเตน ฮาโรเจน 2000W จำนวน 1 โคม โคมไฟตำแหน่งไฟหลักหลอดทังสเตน ฮาโรเจน 1000W จำนวน 5 โคม และ โคมไฟตำแหน่งไฟส่องฉากหลอดทังสเตน ฮาโรเจน 650W จำนวน 2 โคม สำหรับการตั้งค่าหมวดการกระจายแสงรวมมีค่า 11 และ 8 และ 12 องศา และ ตามลำดับ ทั้งนี้องศาการกระจายแสงตลอดระยะทางไปถึงจุดที่แสงตกกระทบจะมีค่าการกระจายแสงใกล้เคียงแต่จะไม่ส่งผลต่อการศึกษาค่าอุณหภูมิสีของแสง โคมไฟหลอดทังสเตน ฮาโรเจน มีคุณสมบัติอุณหภูมิสีของแสงได้ใกล้เคียง 3200K การวิจัยในครั้งนี้ได้ระบุข้อมูลผลิตภัณฑ์ของโคมไฟทั้ง 3 ประเภท แสดงดังภาพที่ 3.3



(ก) Tungsten-Halogen 2000W



(ข) Tungsten-Halogen 1000W



Tungsten-Halogen 650W

ภาพที่ 3.3 หมวดควบคุมการกระจายแสงของโคมไฟที่ตำแหน่ง Spot

3.2.2 รายละเอียดเครื่องมือวัดคุณสมบัติทางแสง

1. โดยใช้เครื่องวัดแสง (Sekonic Light Meter L-758) สำหรับการอ่านค่าความสว่างในหน่วย f-stop และ ค่าปริมาณแสง (EV)

2. โดยใช้เครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (Konica Minolta S-100A Luminance and Color Meter) สำหรับการอ่านค่าความแสงส่องสว่าง ในหน่วย cd/m^2

3. โดยใช้เครื่องวัดค่าความรับรังสีรวมของแหล่งกำเนิดแสง (UPRtek รุ่น MK350S) หน้าจอแสดงผลประกอบด้วยการอ่านค่า อุณหภูมิสีของแสง (CCT) ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates และ ความเข้มแสง (Illuminance or Illumination) หน่วย lux

4. โดยใช้โปรแกรมแปลงค่าสี Color Converter เพื่อให้ได้ค่าระบบสี RGB ระบบสี HSV ระบบสี HLS และระบบสี YUV ที่เกิดจากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ตกกระทบลงบนผ้าสีเขียว (Green Screen) และ สีน้ำเงิน (Blue Screen)

3.2.3 รายละเอียดการติดตั้งโคมไฟสำหรับการวัด

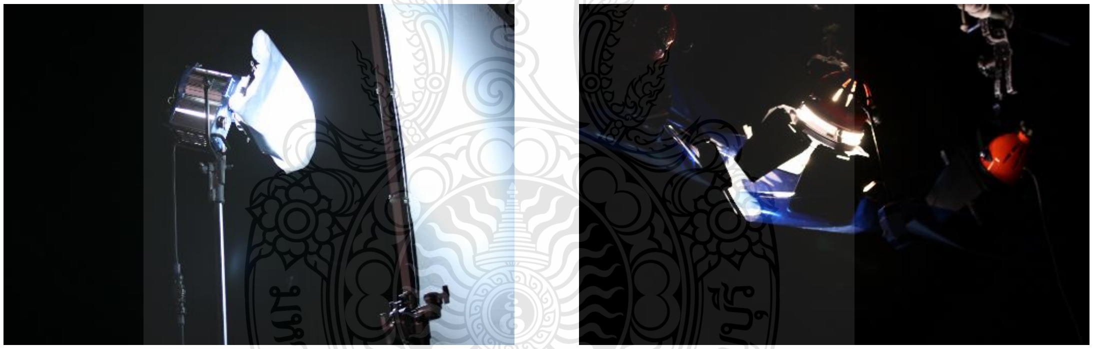
1. โคมไฟทุกประเภทใช้การคำนวณระยะทางตามหลักการหาค่าตามกฎแลมเบิรตโคไซค์ เพื่อคำนวณหาระยะการจัดวางตำแหน่งโคมไฟและ ตำแหน่งตัวแบบบุคคล แสดงดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 การคำนวณระยะโคมไฟถึงตัวแบบบุคคล

2. หลังจากคำนวณหาค่าระยะการจัดวางตำแหน่งโคมไฟ และตำแหน่งตัวแบบบุคคล นำค่าที่ได้กำหนดจุดวางโคมไฟ ตัวแบบบุคคล และจุดวางตำแหน่งกล้องสำหรับการบันทึกภาพ แสดงดังภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 การจัดวางระยะตำแหน่งโคมไฟ และตัวแบบบุคคล พร้อมกล้องบันทึกภาพ

3 เมื่อได้ตำแหน่งของขนาดภาพตัวแบบบุคคลที่เกิดจากตำแหน่งกล้อง ให้ติดตั้งโคมไฟ 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งไฟส่องฉาก คือ โคมหลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน ขนาด 650W จำนวน 2 โคม และ ตำแหน่งไฟส่องหลัง คือโคมหลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน 2000W จำนวน 1 โคม และ ตำแหน่งไฟหลักคือ โคมหลอดไฟทังสเตนฮาโรเจน 1000W จำนวน 5 โคม ร่วมกับการขึงฉากผ้าสีเขียว และสีน้ำเงินตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3.6



(ก) ตำแหน่งไฟส่องฉาก (ข) ตำแหน่งไฟหลัก

ภาพที่ 3.6 การติดตั้งตำแหน่งโคมไฟไปยังตัวแบบบุคคล

4. การตั้งค่าหมวดควบคุมการกระจายแสง ตำแหน่ง Spot จะส่งผลให้เกิดระยะของเส้นผ่านศูนย์กลางของโคมไฟ และควบคุมทิศทางแสงจากโคมไฟให้ตรงกับตัวแบบบุคคล โดยใช้แว่นตัดแสง (Contrast Viewing) ในการหาจุดตำแหน่งของโคมไฟ แสดงดังภาพที่ 3.7

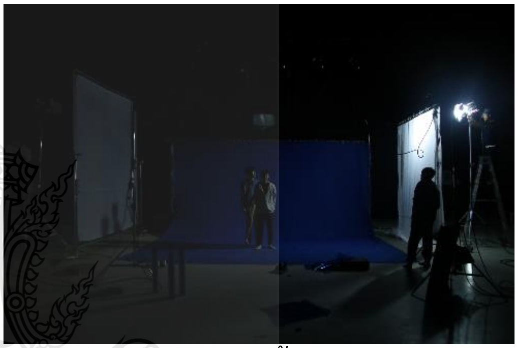
(ก) ตำแหน่งไฟส่องหลัง

(ข) แว่นตัดแสงหาตำแหน่งโคมไฟ

ภาพที่ 3.7 การปรับตำแหน่งโคมไฟไปยังตัวแบบบุคคล

5. ติดตั้งโคมไฟเรียบร้อยพร้อมการขึงฉากผ้าสีเขียว และสีน้ำเงินตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3.8

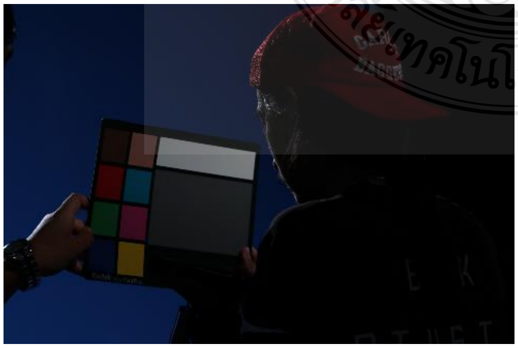
(ก) ฉากเขียว



(ข) ฉากน้ำเงิน

ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งโคมไฟพร้อมฉากและตัวแบบบคุคคล

6. การปรับค่าสี (ColorChecker) เพื่อให้สีของภาพถ่ายใกล้เคียงกับที่ตาเห็น โดยนำแผ่นเท่ากลาง 18 % มาใช้สำหรับการวัดแสงเป็นไปอย่างแม่นยำ พร้อมเก็บภาพการบันทึกภาพตัวแบบบุคคลที่มีขนาดกลาง (Medium Shot) งานวิจัยและเบื้องหลังแสดงดังภาพที่ 3.9



(ก) การปรับค่าสี

(ข) กำหนดภาพขนาดกลาง (Medium Shot)

ภาพที่ 3.9 การบันทึกภาพงานวิจัย

7. การวัดค่าคุณสมบัติทางแสงสำหรับการวิจัย จะกำหนดให้ตำแหน่งจุดวัดแสงของเครื่องวัดประเภทต่างๆ หันไปยังตำแหน่งแสงของโคมไฟในแนวระนาบเดียวกับจุดการวัดค่าแสงที่ปลายจมูกของตัวแบบ จากนั้นให้บันทึกข้อมูลการวัดจากเครื่องวัดแสงประเภทต่างๆ โดยกดปุ่มการบันทึกของเครื่องวัดหน้าจอจะแสดงผลคุณสมบัติทางแสงต่างๆ ตามที่ต้องการ ดังภาพที่ 3.10

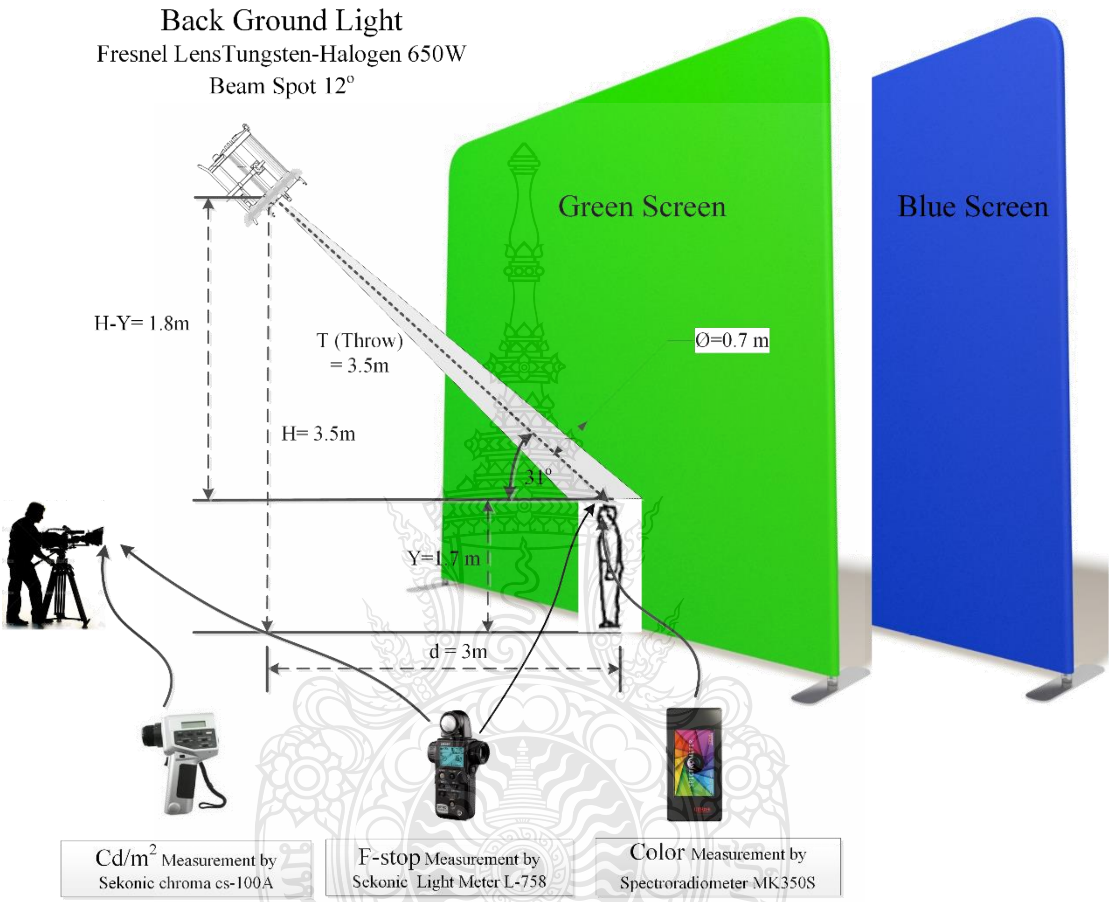
(ก) เครื่องวัดแสง (L-758)

(ข) เครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (S-100A)

(ข) เครื่องวัดค่าสี (MK350S)

ภาพที่ 3.10 ตัวอย่างจุดรับแสงการอ่านค่าของเครื่องวัดบนฉากสีเขียว

6. ข้อมูลการวัดคุณสมบัติทางแสงต่างๆ ตามที่ต้องการ จากเครื่องวัดแสงประเภทต่างๆ ของโคมไฟแต่ละประเภท สำหรับงานวิจัยนี้ผู้ศึกษาได้กำหนดข้อมูลการติดตั้ง ตามข้อมูลคู่มือผลิตภัณฑ์ (Photometric Data Sheet) ดังภาพที่ 3.11-3.13



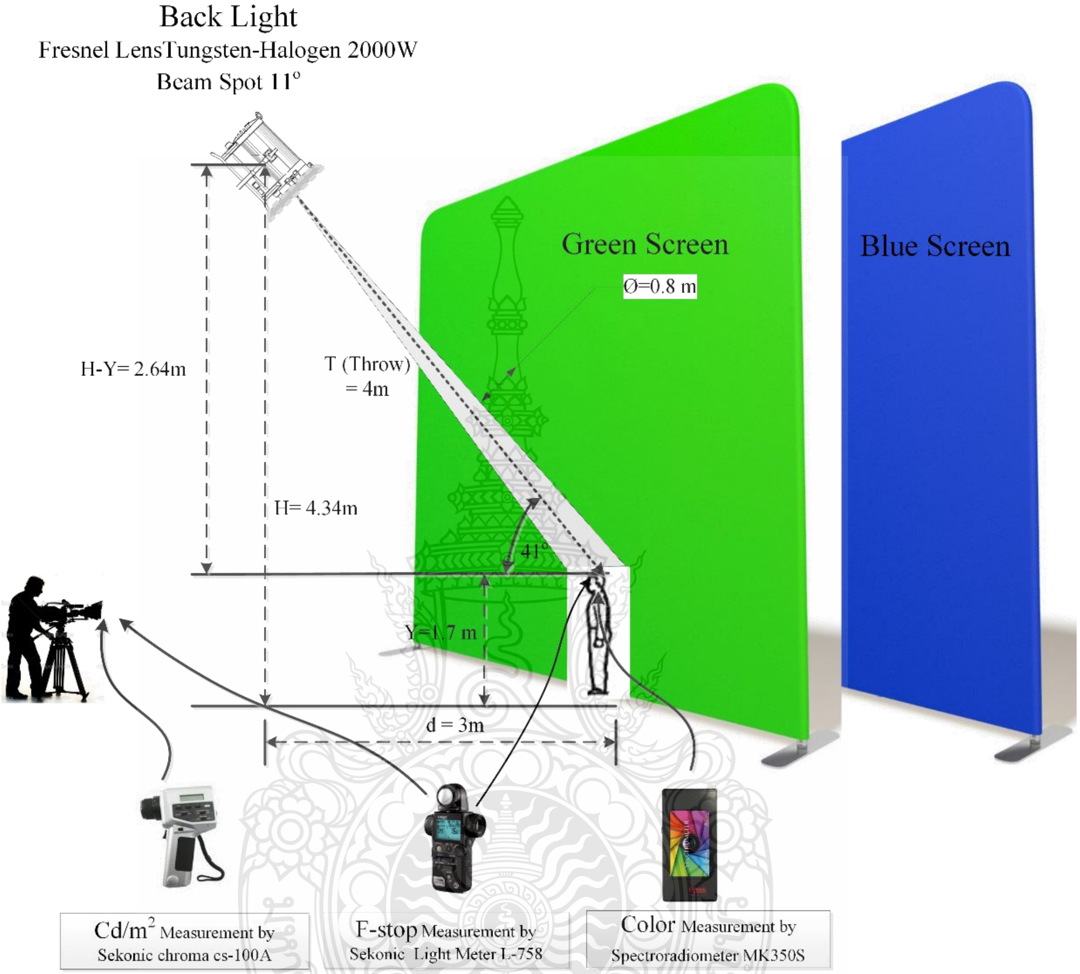
ภาพที่ 3.11 ตำแหน่งโคมไฟส่องฉากหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 650W บนฉากผ้าเขียวและผ้าน้ำเงิน

เมื่อ T คือ ระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงไปยังจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ในทิศทางแนวทำองศากับพื้น คำนวณได้จากหลักการของทฤษฎีพีทาโกรัส มีค่า 3.5 เมตร

d คือ ระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงไปยังจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ในทิศทางแนวระนาบกับพื้น มีค่า 3 เมตร

H คือ ระยะความสูงจากพื้นถึงโคมไฟ ที่ระยะ 3.5 เมตร

y, x คือ ระยะความสูงจากพื้นถึงจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ที่ระยะ 1.7 เมตร



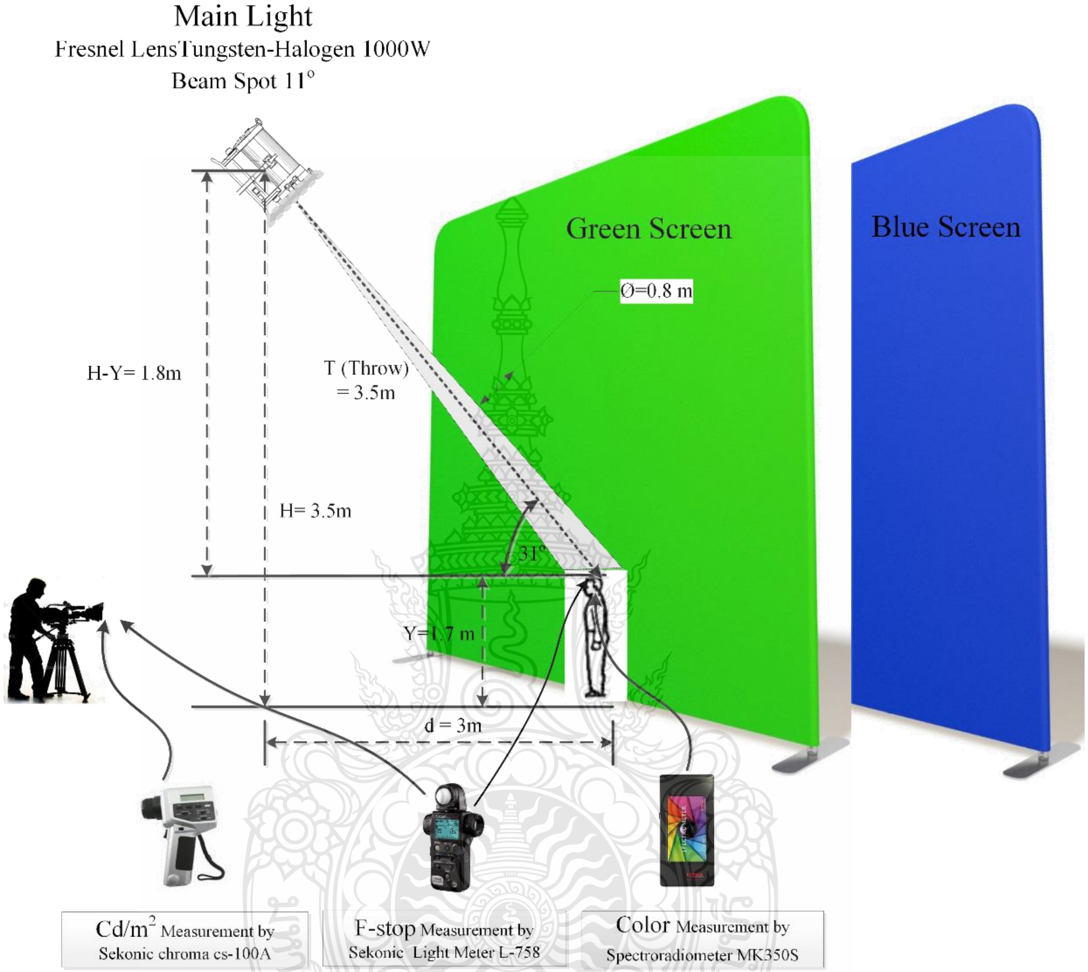
ภาพที่ 3.12 ตำแหน่งโคมไฟส่องหลังหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 2000W บนฉากผ้าเขียวและผ้าน้ำเงิน

เมื่อ T คือ ระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงไปยังจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ในทิศทางแนวทำองศากับพื้น คำนวณได้จากหลักการของทฤษฎีพีทาโกรัส มีค่า 4 เมตร

d คือ ระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงไปยังจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ในทิศทางแนวระนาบกับพื้น มีค่า 3 เมตร

H คือ ระยะความสูงจากพื้นถึงโคมไฟ ที่ระยะ 4.34 เมตร

y, x คือ ระยะความสูงจากพื้นถึงจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ที่ระยะ 1.7 เมตร



ภาพที่ 3.13 ตำแหน่งโคมไฟหลักหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน 1000W บนฉากผ้าเขียวและผ้าน้ำเงิน

เมื่อ T คือ ระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงไปยังจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ในทิศทางแนวทำองศากับพื้น คำนวณได้จากหลักการของทฤษฎีพีทาโกรัส มีค่า 3.5 เมตร

d คือ ระยะระหว่างจุดกำเนิดแสงไปยังจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ในทิศทางแนวระนาบกับพื้น มีค่า 3 เมตร

H คือ ระยะความสูงจากพื้นถึงโคมไฟ ที่ระยะ 3.5 เมตร

y, x คือ ระยะความสูงจากพื้นถึงจุดที่แสงตกกระทบบนตัวแบบบุคคล ที่ระยะ 1.7 เมตร

3.2.4 รายละเอียดการวัดค่าคุณสมบัติทางแสง

สำหรับการศึกษาค่าความเข้มแสง (Illuminance) ในหน่วย Lux ค่าความส่องสว่าง (Luminance) ในหน่วย cd/m^2 ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (CCT) ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x,y) สำหรับนำใช้ในการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) บนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และ ฉากสีเขียว (Green Screen) ของตำแหน่งโคมไฟ การจัดแสงตำแหน่ง Main Light (650W) Fill Light (1000W) Back Light (2000W) ภายในสตูดิโอ จากนั้นบันทึกค่าที่ได้จากการวัดคุณสมบัติทางแสงของโคมไประเภทต่างๆ เพื่อนำไปเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติทางแสงของโคมไประเภทต่างๆ ที่ได้จากการวัด กับการนำค่าสำหรับการตัดต่อด้วยโปรแกรมตัดต่อวิดีโอ Adobe Premiere Pro โดยมีการออกแบบและติดตั้งการวัดคุณสมบัติทางแสงต่างๆ และการบันทึกภาพ ของโคมไฟแต่ละตำแหน่ง จะปรากฏตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.14-3.17

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการวัดและบันทึกค่าสำหรับงานวิจัย

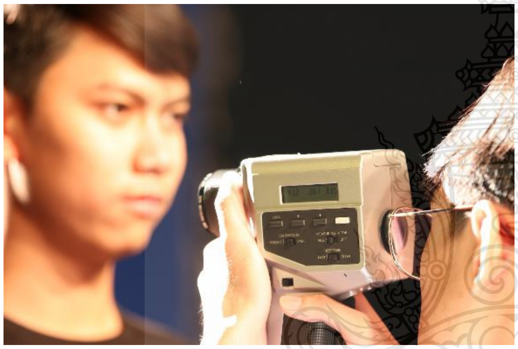
<table>
<tr><td colspan="3">โคร มาคีย์ (Chroma Key) บนฉากสีฟ้า (Blue Screen)
- การจัดแสงตำแหน่ง Main Light (650W) Fill Light (1000W) Back Light (2000W)
จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้ม ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2700K
- การจัดแสงตำแหน่ง Main Light (650W) Fill Light (1000W) Back Light (2000W)
จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5600K
ด้านหน้า <u>ตัวแบบ พร้อมการจัดแสง</u> MCU</td></tr>
<tr><td>Sekonic Light Meter L-758</td><td>Sekonic chroma cs-100A</td><td>UPRtek MK350S</td></tr>
<tr><td>- (E) Illuminance หน่วย F-stop
- (EV) Exposure Value</td><td>- (L) Luminance หน่วย cd/m^2</td><td>- The CIE-1931 Chromaticity Coordinates
- (CCT) correlated color temperature หน่วย K
- (E) Illuminance หน่วย Lux</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="3">โคร มาคีย์ (Chroma Key) บนฉากสีเขียว (Green Screen)
- การจัดแสงตำแหน่ง Main Light (650W) Fill Light (1000W) Back Light (2000W)
จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้ม ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 3200K
- การจัดแสงตำแหน่ง Main Light (650W) Fill Light (1000W) Back Light (2000W)
จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5600K
ด้านหน้า <u>ตัวแบบ พร้อมการจัดแสง</u> MCU</td></tr>
<tr><td>Sekonic Light Meter L-758</td><td>Sekonic chroma cs-100A</td><td>UPRtek MK350S</td></tr>
<tr><td>- (E) Illuminance หน่วย F-stop
- - (EV) Exposure Value</td><td>- The CIE-1931 X,Y,Z Tristimulus Values</td><td>- The CIE-1931 Chromaticity Coordinates
- (CCT) correlated color temperature หน่วย K
- (E) Illuminance หน่วย Lux</td></tr>
</table>

3.2.4.1 การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้มอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2780K บนฉากสีฟ้า

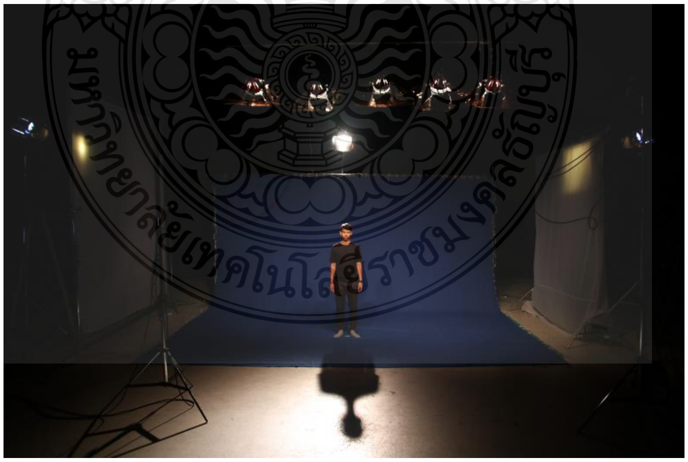
(ก)

(ข)



(ค)

(ง)



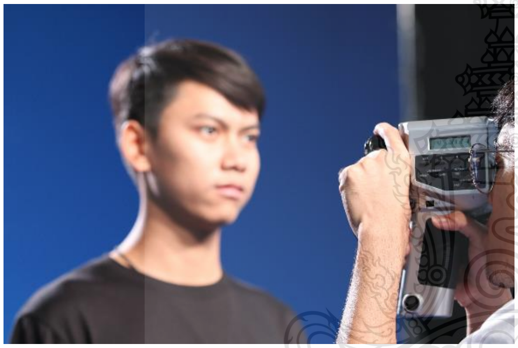
(จ)

ภาพที่ 3.14 การวัดคุณสมบัติทางแสง สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO คลื่นแสงสีส้ม ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2780K

3.2.4.2 การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K บนฉากสีฟ้า

(ก)

(ข)



(ค)

(ง)

(จ)

ภาพที่ 3.15 การวัดคุณสมบัติทางแสง สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB คลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K

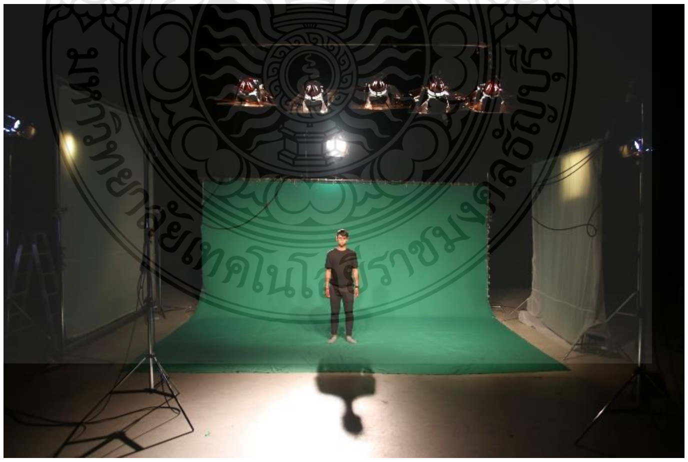
3.2.4.3 การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้มอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K บนฉากสีเขียว

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)



(จ)

ภาพที่ 3.16 การวัดคุณสมบัติทางแสง สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO คลื่นแสงสีส้ม ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K

3.2.4.4 การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K บนฉากสีเขียว

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

ภาพที่ 3.17 การวัดคุณสมบัติทางแสง สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB คลื่นแสงสีฟ้า ที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

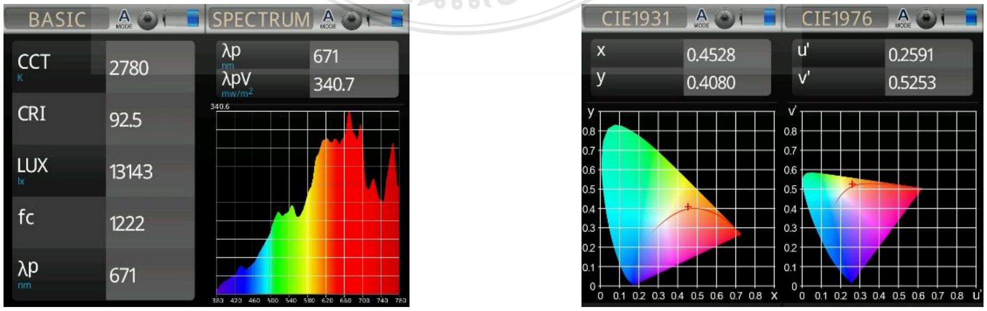
จากการศึกษางานวิจัยการศึกษาค่าความเข้มแสง (Illuminance) ในหน่วย Lux ค่าความส่องสว่าง (Luminance) ในหน่วย cd/m^2 ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates สำหรับนำใช้ในการจัดแสงโคร มาคีย์ (Chroma Key) บนฉากสีฟ้า (Blue Screen) และฉากสีเขียว (Green Screen) ของตำแหน่งโคมไฟทิศทางแสงหลัก 1000W จำนวน 5 โคม ตำแหน่งทิศทางแสงไฟเสริม 650W จำนวน 2 โคม และตำแหน่งทิศทางแสงไฟส่องหลัง 2000W จำนวน 1 โคม จากแหล่งกำเนิดแสงหลอดไฟทังสเตน-ฮาโรเจน ได้ผลการศึกษา และการวิเคราะห์ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาการวิจัย

4.1.1 **การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้มอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2780K บนฉากสีฟ้า**

4.1.1.1 **คุณสมบัติทางแสงจากการวัด**

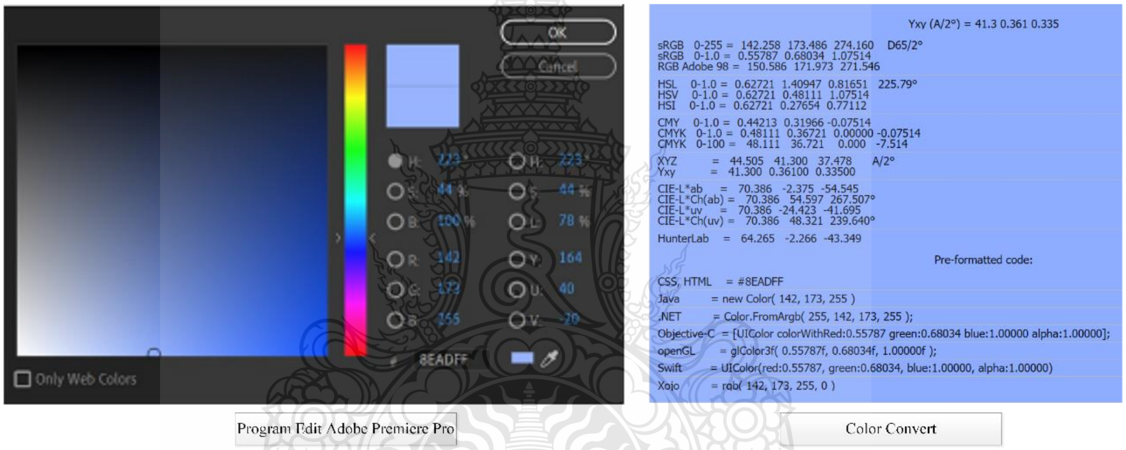
กล้องบันทึกภาพ ได้กำหนดค่าอัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหวในหนึ่งวินาที (Frame rate) มีค่า 25 fps, องศาชัตเตอร์ (Shutter Angle) มีค่า 1/60 sec, ความไวแสง (ISO) มีค่าเท่ากับ 800 จากนั้นวัดค่าคุณสมบัติทางแสงด้วยเครื่องวัดค่าความรับรังสีรวมของแหล่งกำเนิดแสง (UPRtek รุ่น MK350S) ได้ค่าความเข้มแสง (Illuminance) มีค่า 13143 Lux และ มีค่า 1222 fc ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (CCT) มีค่า 2780K และ ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x,y) จากโคมไฟมีค่า (0.4528,0.4080) ค่า The CIE-1976 Chromaticity Coordinates (u',v') จากโคมไฟมีค่า (0.2591,0.5253) และเมื่อนำพล็อตกราฟจุดตัดจะอยู่บริเวณพื้นที่โซนสีส้มบนเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 คุณสมบัติทางแสง การจัดแสงโคร มาคีย์ ฉากสีฟ้า อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2780K

4.1.1.2 คุณสมบัติทางแสงจากโปรแกรมแปลงค่าระบบสี

เครื่องวัดค่าความเข้มแสง (Sekonic Light L-758 meter) วัดค่าความเข้มแสง (Illuminance) ในหน่วย f-stop มีค่า 11 และค่า (EV) ปริมาณแสง (Exposure Value) มีค่า 11.5 นำเครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (Konica Minolta S-100A Luminance) วัดค่า The CIE-1931 X,Y,Z Tristimulus Values ที่บริเวณหน้ากล้องบันทึกภาพ มีค่า (44.5,0.413,0.374) นำค่า X,Y,Z ที่ได้ไปแปลงค่าระบบสี ด้วยโปรแกรมแปลงค่าระบบสี จะได้ค่า R เท่ากับ 142.258 ค่า G เท่ากับ 177.486 ค่า B เท่ากับ 274.160 จากนั้นนำค่า R,G,B ใส่เป็นค่าเริ่มต้นในโปรแกรมการตัดต่อ จะได้ค่า R เท่ากับ 142 ค่า G เท่ากับ 173 ค่า B เท่ากับ 255 และได้ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x,y) จากโคมไฟมีค่า (0.361,0.335) ผลปรากฏว่าได้ค่าพื้นสีของฉากเป็นสีฟ้าที่รหัสเบอร์สี 8EADFF แสดงดังภาพที่ 4.2



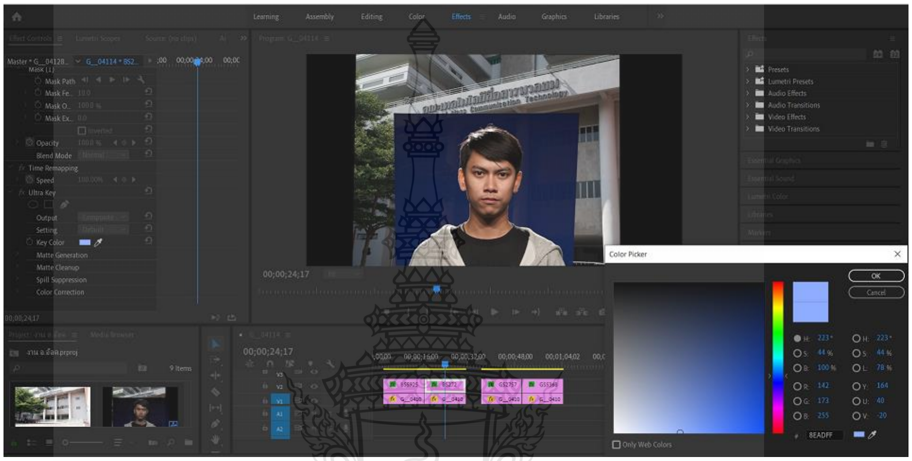
ภาพที่ 4.2 ค่าคุณสมบัติทางแสงสำหรับโปรแกรมแปลงค่าสี การจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2780K

4.1.1.3 **การซ้อนภาพด้วยโปรแกรมตัดต่อ**

หลังจากได้ภาพตัวแบบบุคคลที่เกิดจากการจัดแสง โคร ม่าคีย์ บนฉากสีฟ้า ดังภาพที่ 4.3 (ก) โดยมีค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2780K จากนั้นนำภาพฉากหลังที่ต้องการซ้อน คือภาพหน้าตึกคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน ภาพที่ 4.2 (ข) และป้อนค่า R เท่ากับ 142 ค่า G เท่ากับ 173 ค่า B เท่ากับ 255 ลงในโปรแกรมการตัดต่อตำแหน่ง R,G,B พบว่าพื้นฉากหลังของหน้าโปรแกรมเป็นสีฟ้าที่รหัสเบอร์สี 8EADFF แสดงดังภาพที่ 4.3 (ค)

(ก)

(ข)



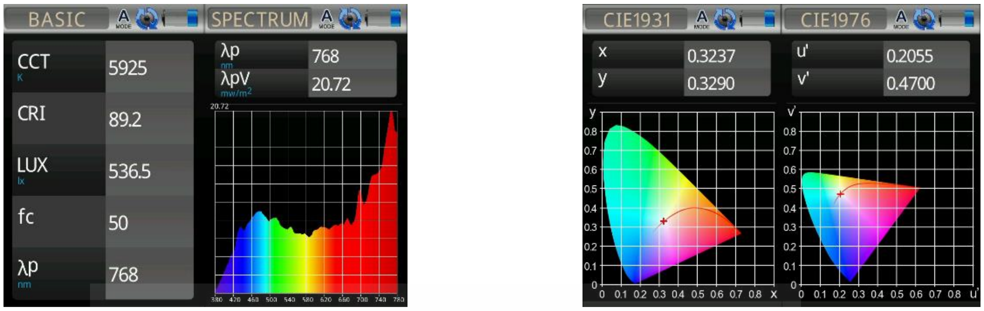
(ค)

ภาพที่ 4.3 ภาพโปรแกรมการซ้อนภาพการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2780K

4.1.2 การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K บนฉากสีฟ้า

4.1.2.1 **คุณสมบัติทางแสงจากการวัด**

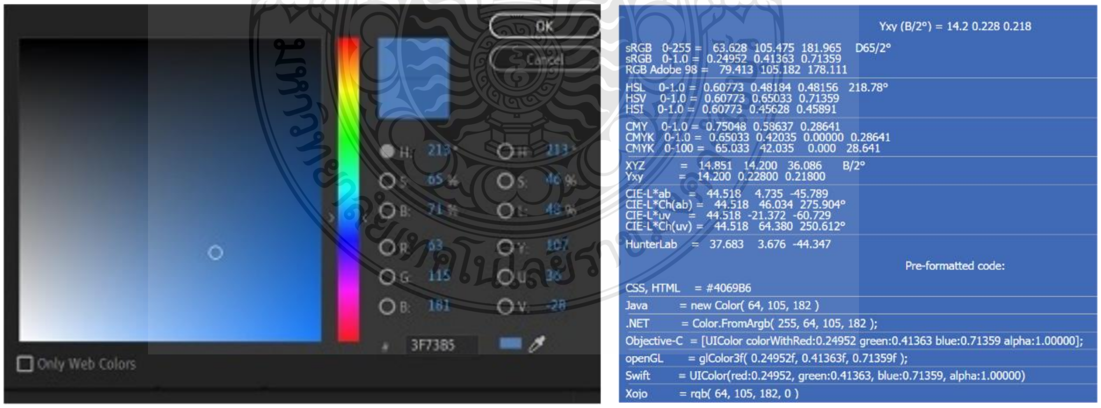
กล้องบันทึกภาพ ได้กำหนดค่าอัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหวในหนึ่งวินาที (Frame rate) มีค่า 25 fps, องศาชัตเตอร์ (Shutter Angle) มีค่า 1/60 sec, ความไวแสง (ISO) มีค่าเท่ากับ 800 จากนั้นวัดค่าคุณสมบัติทางแสงด้วยเครื่องวัดค่าความรับรังสีรวมของแหล่งกำเนิดแสง (UPRtek รุ่น MK350S) ได้ค่าความเข้มแสง (Illuminance) มีค่า 536.5 Lux และ มีค่า 50 fc ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (CCT) มีค่า 5925K และ ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x,y) จากโคมไฟมีค่า (0.3237,0.3290) ค่า The CIE-1976 Chromaticity Coordinates (u',v') จากโคมไฟมีค่า (0.2055,0.4700) และเมื่อนำพล็อตกราฟ จะสังเกตว่าจุดตัดจะอยู่บริเวณพื้นที่โซนสีฟ้าบนเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ แสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 คุณสมบัติทางแสง การจัดแสงโคร มาคีย์ ฉากสีฟ้า อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 5925K

4.1.2.2 คุณสมบัติทางแสงจากโปรแกรมแปลงค่าระบบสี

เครื่องวัดค่าความเข้มแสง (Sekonic Light L-758 meter) วัดค่าความเข้มแสง (Illuminance) ในหน่วย f-stop มีค่า 11 และค่า (EV) ปริมาณแสง (Exposure Value) มีค่า 12.3 นำเครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (Konica Minolta S-100A Luminance) วัดค่า The CIE-1931 Tristimulus Values ที่บริเวณหน้ากล้องบันทึกภาพ มีค่า (14.2,0.228,0.218) นำค่า X,Y,Z ที่ได้ไปแปลงค่าระบบสี ด้วยโปรแกรมแปลงค่าระบบสี จะได้ค่า R เท่ากับ 63.628 ค่า G เท่ากับ 105.475 ค่า B เท่ากับ 181.965 จากนั้นนำค่า R,G,B ใส่เป็นค่าเริ่มต้นในโปรแกรมการตัดต่อ จะได้ค่า R เท่ากับ 63 ค่า G เท่ากับ 115 ค่า B เท่ากับ 181 และได้ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x,y) จากโคมไฟมีค่า (0.228,0.218) ผลปรากฏว่าได้ค่าพื้นสีของฉากเป็นสีฟ้าที่รหัสเบอร์สี 4069B6 แสดงดังภาพที่ 4.5



Program Edit Adobe Premiere Pro

Color Convert

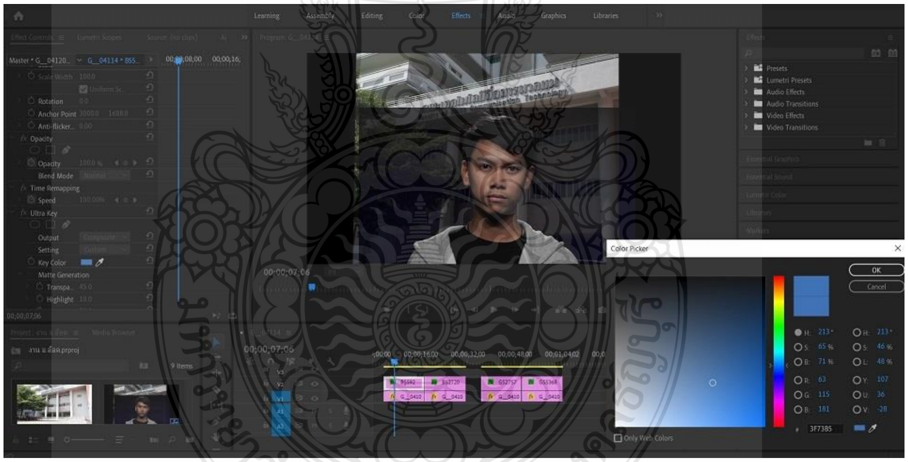
ภาพที่ 4.5 ค่าคุณสมบัติทางแสง สำหรับโปรแกรมแปลงค่าสี การจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K

4.1.2.3 **การซ้อนภาพด้วยโปรแกรมตัดต่อ**

หลังจากได้ภาพตัวแบบบุคคลที่เกิดจากการจัดแสง โคร ม่าคีย์ บนฉากสีฟ้า ดังภาพที่ 4.6 (ก) โดยมีค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K เมื่อนำมาซ้อนกับภาพฉากหลังที่ต้องการซ้อนคือ ภาพหน้าตึกคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน ภาพที่ 4.6 (ข) จากนั้นป้อนค่า R เท่ากับ 63 ค่า G เท่ากับ 115 ค่า B เท่ากับ 181 ลงในโปรแกรมการตัดต่อ พบว่าพื้นฉากหลังของหน้าโปรแกรมเป็นสีฟ้าที่รหัสเบอร์สี 3F73B5 แสดงดังภาพที่ 4.6 (ค)

(ก)

(ข)



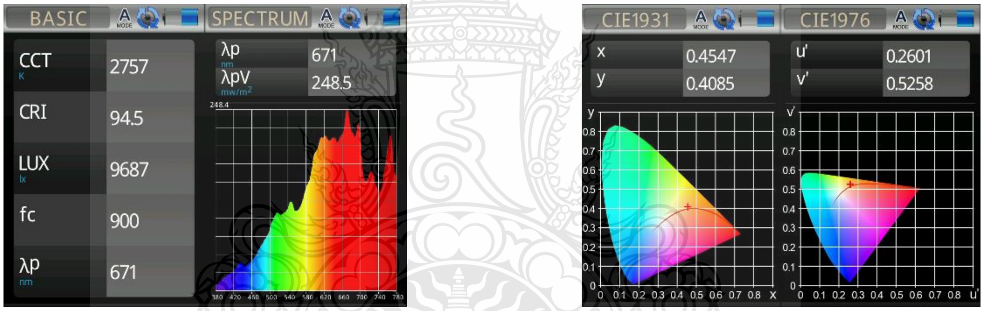
(ค)

ภาพที่ 4.6 ภาพโปรแกรมการซ้อนภาพการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5925K

4.1.3 **การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO เป็นคลื่นแสงสีส้มอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K บนฉากสีเขียว**

4.1.3.1 **คุณสมบัติทางแสงจากการวัด**

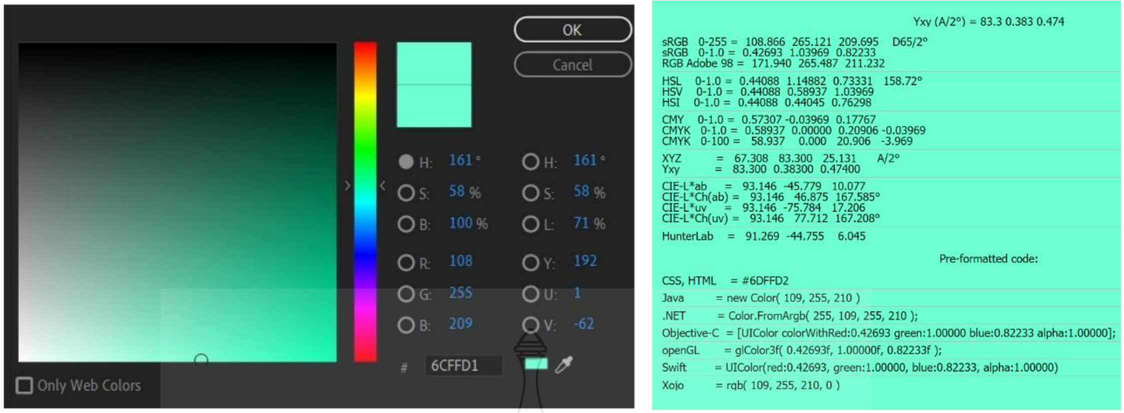
กล้องบันทึกภาพ ได้กำหนดค่าอัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหวในหนึ่งวินาที (Frame rate) มีค่า 25 fps, องศาชัตเตอร์ (Shutter Angle) มีค่า 1/60 sec, ความไวแสง (ISO) มีค่าเท่ากับ 800 จากนั้นวัดค่าคุณสมบัติทางแสงด้วยเครื่องวัดค่าความรับรังสีรวมของแหล่งกำเนิดแสง (UPRtek รุ่น MK350S) ได้ค่าความเข้มแสง (Illuminance) มีค่า 9687 Lux และ มีค่า 900 fc ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (CCT) มีค่า 2757K และ ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x,y) จากโคมไฟมีค่า (0.4547,0.4085) ค่า The CIE-1976 Chromaticity Coordinates (u',v') จากโคมไฟมีค่า (0.2601,0.5258) และเมื่อนำพล็อตกราฟ จะสังเกตว่าจุดตัดจะอยู่บริเวณพื้นที่โซนสีส้มบนเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ แสดงดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 คุณสมบัติทางแสง การจัดแสงโคร มาคีย์ ฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2757K

4.1.3.2 **คุณสมบัติทางแสงจากโปรแกรมแปลงค่าระบบสี**

เครื่องวัดค่าความเข้มแสง (Sekonic Light L-758 meter) วัดค่าความเข้มแสง (Illuminance) ในหน่วย f-stop มีค่า 11 และค่า (EV) ปริมาณแสง (Exposure Value) มีค่า 13.3 นำเครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (Konica Minolta S-100A Luminance) วัดค่า The CIE-1931 Tristimulus Values ที่บริเวณหน้ากล้องบันทึกภาพ มีค่า (83.3,0.383,0.474) นำค่า X,Y,Z ที่ได้ไปแปลงค่าระบบสี ด้วยโปรแกรมแปลงค่าระบบสี จะได้ค่า R เท่ากับ 108.816 ค่า G เท่ากับ 265.121 ค่า B เท่ากับ 209.695 จากนั้นนำค่า R,G,B ใส่เป็นค่าเริ่มต้นในโปรแกรมการตัดต่อจะได้ค่า R เท่ากับ 108 ค่า G เท่ากับ 225 ค่า B เท่ากับ 209 แสดงดังภาพที่ 4.8



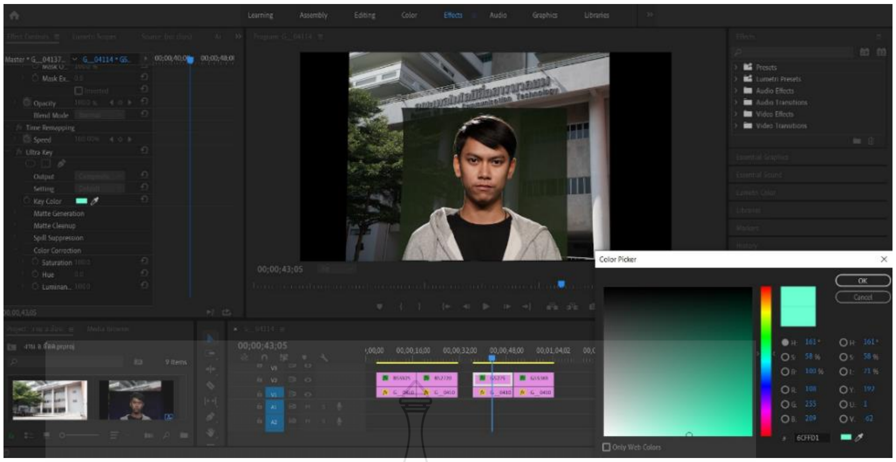
Program Edit Adobe Premiere Pro Color Convert

ภาพที่ 4.8 ค่าคุณสมบัติทางแสง สำหรับโปรแกรมแปลงค่าสี การจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K

4.1.3.3 **การซ้อนภาพด้วยโปรแกรมตัดต่อ**

หลังจากได้ภาพตัวแบบบุคคลที่เกิดจากการจัดแสง โคร ม่าคีย์ บนฉากสีเขียว ดังภาพที่ 4.9 (ก) โดยมีค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K เมื่อนำมาซ้อนกับภาพฉากหลังที่ต้องการซ้อนคือ ภาพหน้าตึกคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน ภาพที่ 4.9 (ข) จากนั้นป้อนค่า R เท่ากับ 108 ค่า G เท่ากับ 255 ค่า B เท่ากับ 209 ลงในโปรแกรมการตัดต่อ พบว่าพื้นฉากหลังของหน้าโปรแกรมเป็นสีฟ้าที่รหัสเบอร์สี 6CFFD1 แสดงดังภาพที่ 4.9 (ค)

(ก) (ข)



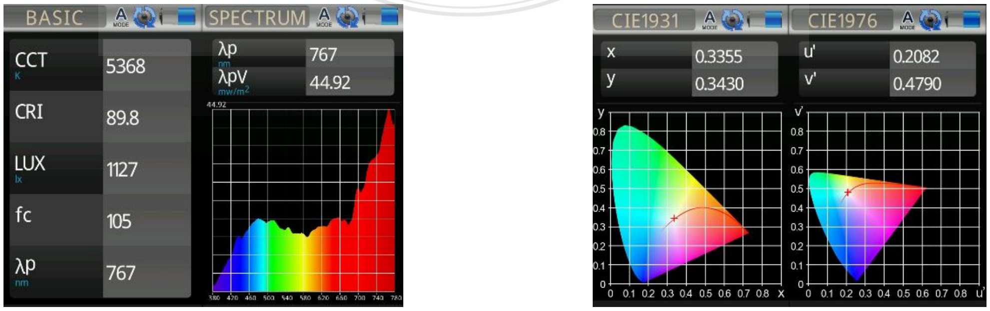
(ค)

ภาพที่ 4.9 ภาพโปรแกรมการซ้อนภาพการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 2757K

4.1.4 **การจัดแสงโคร มาคีย์ จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ที่พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB เป็นคลื่นแสงสีฟ้าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K บนฉากสีเขียว**

4.1.4.1 **คุณสมบัติทางแสงจากการวัด**

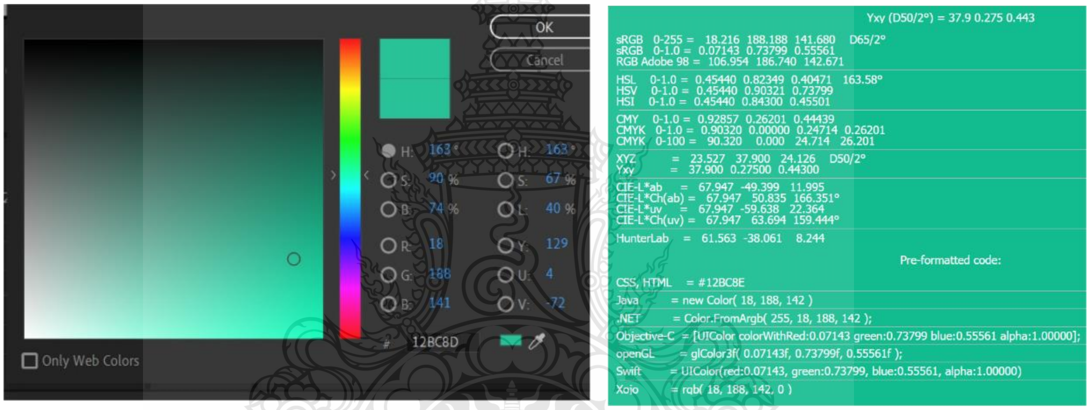
กล้องบันทึกภาพ ได้กำหนดค่าอัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหวในหนึ่งวินาที (Frame rate) มีค่า 25 fps, องศาชัตเตอร์ (Shutter Angle) มีค่า 1/60 sec, ความไวแสง (ISO) มีค่าเท่ากับ 800 จากนั้นวัดค่าคุณสมบัติทางแสงด้วยเครื่องวัดค่าความรับรังสีรวมของแหล่งกำเนิดแสง (UPRtek รุ่น MK350S) ได้ค่าความเข้มแสง (Illuminance) มีค่า 1127 Lux และ มีค่า 105 fc ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง (CCT) มีค่า 5368K และ ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x,y) จากโคมไฟมีค่า (0.3355,0.3430) ค่า The CIE-1976 Chromaticity Coordinates (u',v') จากโคมไฟมีค่า (0.2080,0.4790) และเมื่อนำพล็อตกราฟ จะสังเกตว่าจุดตัดจะอยู่บริเวณพื้นที่โซนสีส้มบนเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ แสดงดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 คุณสมบัติทางแสง การจัดแสงโคร มาคีย์ ฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 5368K

4.1.4.2 **คุณสมบัติทางแสงจากโปรแกรมแปลงค่าระบบสี**

เครื่องวัดค่าความเข้มแสง (Sekonic Light L-758 meter) วัดค่าความเข้มแสง (Illuminance) ในหน่วย f-stop มีค่า 11 และค่า (EV) ปริมาณแสง (Exposure Value) มีค่า 12.2 นำเครื่องวัดค่าแสงส่องสว่าง (Konica Minolta S-100A Luminance) วัดค่า The CIE-1931 Tristimulus Values ที่บริเวณหน้ากล้องบันทึกภาพ มีค่า (37.9,0.275,0.443) นำค่า X,Y,Z ที่ได้ไปแปลงค่าระบบสี ด้วยโปรแกรมแปลงค่าระบบสี จะได้ค่า R เท่ากับ 18.216 ค่า G เท่ากับ 188.188 ค่า B เท่ากับ 141.460 จากนั้นนำค่า R,G,B ใส่เป็นค่าเริ่มต้นในโปรแกรมการตัดต่อ จะได้ค่า R เท่ากับ 18 ค่า G เท่ากับ 188 ค่า B เท่ากับ 141 และได้ค่า The CIE-1931 Chromaticity Coordinates (x,y) จากโคมไฟมีค่า (0.275,0.443) ผลปรากฏว่าได้ค่าพื้นสีของฉากเป็นสีเขียวที่รหัสเบอร์สี 12BC8E แสดงดังภาพที่ 4.11



Program Edit Adobe Premiere Pro　　　Color Convert

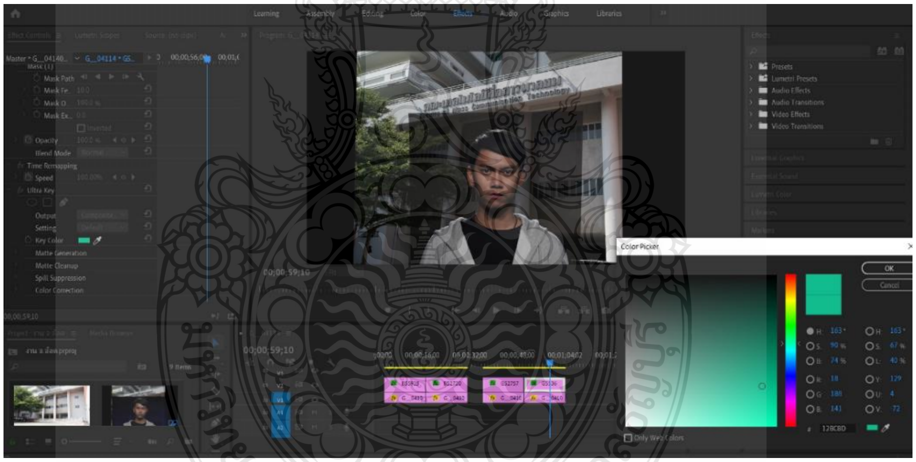
ภาพที่ 4.11 ค่าคุณสมบัติทางแสง สำหรับโปรแกรมแปลงค่าสี การจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K

4.1.4.3 **การซ้อนภาพด้วยโปรแกรมตัดต่อ**

หลังจากได้ภาพตัวแบบบุคคลที่เกิดจากการจัดแสง โคร ม่าคีย์ บนฉากสีเขียว ดังภาพที่ 4.12 (ก) โดยมีค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K เมื่อนำมาซ้อนกับภาพฉากหลังที่ต้องการซ้อนคือ ภาพหน้าตึกคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน ภาพที่ 4.12 (ข) จากนั้นป้อนค่า R เท่ากับ 18 ค่า G เท่ากับ 188 ค่า B เท่ากับ 141 ลงในโปรแกรมการตัดต่อ พบว่าพื้นฉากหลังของหน้าโปรแกรมเป็นสีฟ้าที่รหัสเบอร์สี 12BC8D แสดงดังภาพที่ 4.12 (ค)

(ก)

(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.12 ภาพโปรแกรมการซ้อนภาพการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ประมาณ 5368K

4.2 การวิเคราะห์ผลการวิจัย

4.2.1 อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2780K และ 5925K บน ฉากสีฟ้า

วิเคราะห์ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2780K ซึ่งอยู่บริเวณพื้นที่โซนสีส้มบนเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ ซึ่งตามคุณสมบัติของคลื่นแสงสีส้ม คือสเปคตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์สามารถมองเห็นสีด้วยตาที่ความยาวคลื่นทิศทางมาก คือ 590-610 nm ดังนั้นส่งผลให้เกิดผลกระทบกับตัวแบบบุคคล และมองเห็นได้ค่อนข้างสว่าง สำหรับค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 5925K ซึ่งอยู่บริเวณพื้นที่โซนสีฟ้าบนเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ ซึ่งตามคุณสมบัติของคลื่นแสงสีฟ้า คือสเปคตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์สามารถมองเห็นสีด้วยตาที่ความยาวคลื่นทิศทางน้อย คือ 450-480 nm ดังนั้นส่งผลให้เกิดผลกระทบกับตัวแบบบุคคล และมองเห็นได้ค่อนข้างมืด และ สำหรับจากงานวิจัยการทดลองความอิ่มสีของฉากหลัง [25] สายตาของมนุษย์มีความไวแสงต่อสีต่างๆ ไม่เท่ากัน เมื่อนำไปฉายบนฉากสีขาวแล้วเทียบความสว่างจากแสงจากหลอดสีขาวพบว่า ตาของคนรับรู้แสงสีเขียวสว่างเป็น 59% สีแดงสว่างเป็น 30% และแสงสีฟ้าสว่างเพียง 11% ของแสงสีขาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้พบว่า ฉากผ้าสีฟ้าพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างมืด ตลอดทั้งตัวฉากสีฟ้า ดังภาพที่ 4.13 (ก) (ข)

4.2.2 อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2757K และ 5368K บน ฉากสีเขียว

วิเคราะห์ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2757K ซึ่งอยู่บริเวณพื้นที่โซนสีส้มบนเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ ซึ่งตามคุณสมบัติของคลื่นแสงสีส้ม คือสเปคตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์สามารถมองเห็นสีด้วยตาที่ความยาวคลื่นทิศทางมาก คือ 590-610 nm ดังนั้นส่งผลให้เกิดผลกระทบกับตัวแบบบุคคล และมองเห็นได้ค่อนข้างสว่าง สำหรับค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 5368K ซึ่งอยู่บริเวณพื้นที่โซนสีฟ้าบนเส้นโค้งค่าสีของวัตถุดำ ซึ่งตามคุณสมบัติของคลื่นแสงสีฟ้า คือสเปคตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์สามารถมองเห็นสีด้วยตาที่ความยาวคลื่นทิศทางน้อย คือ 450-480 nm ดังนั้นส่งผลให้เกิดผลกระทบกับตัวแบบบุคคล และมองเห็นได้ค่อนข้างมืด และ สำหรับจากงานวิจัยการทดลองความอิ่มสีของฉากหลัง [25] สายตาของมนุษย์มีความไวแสงต่อสีต่างๆ ไม่เท่ากัน เมื่อนำไปฉายบนฉากสีขาวแล้วเทียบความสว่างจากแสงจากหลอดสีขาวพบว่า ตาของคนรับรู้แสงสีเขียวสว่างเป็น 59% สีแดงสว่างเป็น 30% และแสงสีฟ้าสว่างเพียง 11% ของแสงสีขาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้พบว่า ฉากผ้าสีเขียวพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างสว่าง ตลอดทั้งตัวฉากสีเขียว ดังภาพที่ 4.13 (ค) (ง)

(ก) อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2780K บนฉากสีฟ้า

(ข) อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 5925K บนฉากสีฟ้า

(ค) อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2757K บนฉากสีเขียว

(ง) อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 5368K บนฉากสีเขียว

ภาพที่ 4.13 การจัดแสงโคร มาคีย์ บนโปรแกรมการตัดต่อ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาความส่องสว่างและอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงสำหรับการจัดแสง โคร มาคีย์ ได้สรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

5.1 สรุปค่าคุณสมบัติทางแสง

ค่าอุณหภูมิสีของแสงหากอยู่ในช่วงโซนร้อน (Warm White) หรือ ระหว่าง 2700K-3600K จะค่อนข้างมีผลกระทบกับการจัดแสงแบบ โคร ม่าคีย์ คือ ส่งผลกระทบให้ตัวแบบมีค่าความส่องสว่างในทิศทางที่มาก คือมองเห็นตัวแบบได้ค่อนข้างสว่าง และส่งผลต่อฉากผ้าสีเขียวพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างสว่าง แต่สำหรับฉากผ้าสีฟ้าพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างมืด ดังนั้นสำหรับขั้นตอนการตัดต่อจำเป็นต้องเพิ่มค่าความสว่างเฉพาะจุดให้กับฉากผ้าสีฟ้าเพื่อช่วยให้การซ้อนภาพเกิดความสมบูรณ์ทางภาพมากขึ้น

ค่าอุณหภูมิสีของแสงหากอยู่ในช่วงโซนเย็น (Cool White) หรือ ระหว่าง 5600K-6500K จะค่อนข้างมีผลกระทบกับการจัดแสงแบบ โคร ม่าคีย์ คือ ส่งผลกระทบให้ตัวแบบมีค่าความส่องสว่างในทิศทางที่น้อย คือมองเห็นได้ค่อนข้างมืด แต่ส่งผลต่อฉากผ้าสีเขียวพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างสว่าง แต่ฉากผ้าสีฟ้าพบว่ามีค่าส่องสว่าง (Luminance) เมื่อมองด้วยตาปล่าวพบว่าค่อนข้างมืดดังนั้นสำหรับขั้นตอนการตัดต่อจำเป็นต้องเพิ่มค่าความสว่างเฉพาะจุดให้กับฉากผ้าสีฟ้าเพื่อช่วยให้การซ้อนภาพเกิดความสมบูรณ์ทางภาพมากขึ้น

ดังนั้นหากพิจารณาตามประเภทของแหล่งกำเนิดแสง พบว่า หลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน ให้ค่าค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ช่วงโซนร้อน (Warm White) และ แหล่งกำเนิดแสง เอช เอม ไอ ให้ค่าค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง ช่วงโซนเย็น (Cool White) เหมาะสมกับการจัดแสงโคร ม่าคีย์ บนผ้าฉากสีเขียว ซึ่งสามารถสรุปถึงความสัมพันธ์ให้ชัดเจนขึ้นแสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงกับ
สีผ้าฉากสำหรับการจัดแสงโคร ม่าคีย์

ค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง	ความส่องสว่างบนตัวแบบ หรือ ส่งที่ต้องการบันทึกภาพบนผ้าฉาก	ผ้าฉาก	
		สีเขียว	สีฟ้า
ช่วงโซนร้อน (Warm White)	สว่าง	สว่าง	ค่อนข้างมืด
ช่วงโซนเย็น (Cool White)	ค่อนข้างมืด	สว่าง	ค่อนข้างมืด

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับกรณีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดแสง โคร มาคีย์ ควรมีการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ประเภทของน้ำหนักหรือโทนของผ้าสีเขียว และ สีน้ำเงิน ที่เหมาะสม

2. ความเหมาะสมของผ้าฉากสีอื่น นอกจาก สีเขียว และสีฟ้า

3. การศึกษาแหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดแอลอีดี ที่มีค่าอุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียงประมาณ 4000K เนื่องจากปัจจุบันแหล่งกำเนิดแสงดังกล่าวเป็นที่นิยมในวงการจัดแสง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

[1] Color Temperature Douglas A. Kerr, P.E. Issue 4 November 8, 2005.

[2] วัฒนา ถาวร, การส่องสว่าง. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) จำกัด. 2543.

[3] Alan Bermingham, Location Lighting for Television, Edit, Great Britain: Focal Press, 2003.

[4] ลีลาวดี ก่ำวงษ์ และหทัยพร พ่วงยิ่ง. การควบคุมการผสมสีของหลอดไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2551.

[5] Sheng Liu and Xiaobing Luo, LED Packaging For Lightings Applications Design, Manufacturing and Testing. Noida: Markono Print Media. 2011.

[6] วสันต์ อติศัพท์, การผลิตเทปโทรทัศน์เพื่อการศึกษาและฝึกอบรม. กรุงเทพ : โอเดียนสโตร์, 2533.

[7] Harry C. Box. The Gaffer’s Handbook: film lighting practices, equipment and electrical distribution. 2nd Edition. Great Britain: Focal Press. 1997.

[8] อ้างถึง www.otes.husk.org/post/159884666/tungsten

[9] เอกสารประกอบการอบรม “หมวดที่ 2: ระบบแสงสวางประหยัดพลังงาน (Energy Efficient Lighting) ชุดการจัดแสดงที่ 49, 2560.

[10] อ้างถึง www.kksci.com/elreaning/phi/page/phi_1.html

[11] สมเจตน์ เมฆพายัพ การผลิตรายการโทรทัศน์เบื้องต้น ศูนย์ผลิตรายการโทรทัศน์และวิดีโอเทปเพื่อการศึกษา ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา สำนักบริหารงานการศึกษานอกโรงเรียน กระทรวงศึกษาธิการ, 2549.

[12] โสภณ เจนพานิช เอกสารประกอบการสอนเทคนิคการจัดแสง, มปป.

[13] จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล, การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีแอลอีดีสำหรับงานจัดแสงสตูดิโอ, วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2560.

[14] อ้างถึง www.archimedes-lab.org/what_is_seeing.html

[15] ชัยยงค์ พรหมวงศ์ หน่วยที่ 3 ระบบการแพร่ภาพเพื่อการศึกษา, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2550.

[16] อ้างถึง www.info.gtilite.com/color-temperature

[17] นิจจัง พันธะพจน์ การวาดต่อเติมฉากในการสร้างภาพเทคนิคพิเศษ คณะศิลปกรรมศาสตร์ สาขาวิชาการออกแบบนิเทศศิลป์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 2559.

[18] แมน เตมียกุล และ นพพร โชติกกำธร เทคนิคการซ้อนภาพแบบดิจิทัลสำหรับพื้นหลังธรรมชาติ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2556.

[19] พิทยา สร้อยหลง การสร้างฉากเสมือนโดยการประมวลภาพจากกล้องเดี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2550.

[20] A. Yamashita, H. Agata and T. Kaneko, “Every Color Chromakey,” อ้างถึง www. citeseerx.ist.psu.

[21] J. Davidse and R.P. Koppe, “A Chroma-Key System Insensitive to Variations of the Background Illumination,” Journal of the Society of Motion Picture and Television Engineers, vol. 86, Issue 3, pp. 140-143 Mar. 1977.

[22] S.Ricardo Rodrigues, Sanches A.Carlos Sementille and I.Aparecido Rodello, “The Generation of Scenes in Mixed Reality Environments using the Chromakey Technique,” 17th International Conference on Artificial Reality and Telexistence, 2007.

[23] R.Abhilash, “Natural Image and Video Matting,” International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications,” 2007.

[24] www.fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/image/chap1.htm

[25] www. sites.google.com/site/natnicha2578/home/prawati-khxng-kar-tad-tx-widixo

ภาคผนวก

การวัดค่าคุณสมบัติทางแสง สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์

คุณสมบัติทางแสง

สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO คลื่นแสงสีส้มที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2780K		สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีฟ้า จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB คลื่นแสงสีฟ้าที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 5925K	
Model Name	MK350S PREMIUM	Model Name	MK350S PREMIUM
Serial Number	16J00776	Serial Number	16J00776
Time	2019/09/27_20:13:03	Time	2019/09/27_19:09:01
Memo		Memo	
LUX	13143.7	LUX	536.5204
fc	1221.533	fc	49.8625
CCT	2780	CCT	5925
Duv	-0.00033	Duv	-0.00222
I-Time	430	I-Time	10800
x	0.452846	x	0.323714
y	0.408022	y	0.329032
x10	0.455499	x10	0.323719
y10	0.40822	y10	0.33441
u'	0.259118	u'	0.205502
v'	0.525307	v'	0.469974
u'10	0.260745	u'10	0.203422
v'10	0.525782	v'10	0.472814
deltax	-0.00059	deltax	0.000186
deltay	-0.00103	deltay	-0.00407
deltau'	0.000075	deltau'	0.001711
deltav'	-0.00048	deltav'	-0.00213
LambdaP	671	LambdaP	768
LambdaPValue	340.6937	LambdaPValue	20.72435
LambdaD	584	LambdaD	486
X	14587.63	X	527.8492
Y	13143.7	Y	536.5204
Z	4481.887	Z	566.2324
X10	15524.41	X10	572.6767

Y10	13913.04	Y10	591.5897
Z10	4644.774	Z10	604.7866
S/P	1.46185	S/P	2.473028
Purity	0.583644	Purity	0.035937
CRI	92.53249	CRI	89.19016
R1	90.67882	R1	86.0976
R2	93.7736	R2	90.70923
R3	96.78199	R3	95.2354
R4	87.7524	R4	87.92683
R5	88.67706	R5	87.13009
R6	87.40367	R6	88.98112
R7	98.33676	R7	94.4342
R8	96.85557	R8	83.00685
R9	93.52391	R9	50.25623
R10	85.38435	R10	78.67548
R11	80.74435	R11	85.59856
R12	80.22948	R12	83.8219
R13	89.8496	R13	86.49323
R14	98.22074	R14	97.19188
R15	94.47595	R15	82.67761
CQS	90.93639	CQS	93.9667
GAI	52.29985	GAI	103.0547
TLCI	89.31945	TLCI	94.93263
Rf	92.23859	Rf	91.78309
Rg	100.9434	Rg	103.1391
IRR	69.43881	IRR	3.476122
PPFD	261.107	PPFD	10.55843
PFD-UV	1.221141	PFD-UV	0.0992
PFD-B	23.64842	PFD-B	2.780283
PFD-G	77.75885	PFD-G	3.384449
PFD-R	161.5191	PFD-R	4.464775
PFD-FR	106.6411	PFD-FR	7.426802
380nm	10.00067	380nm	0.532725
381nm	10.00067	381nm	0.532725

382nm	10.00067	382nm	0.532725
383nm	10.43323	383nm	0.558979
384nm	11.29712	384nm	0.615085
385nm	12.58846	385nm	0.712341
386nm	13.87468	386nm	0.824494
387nm	15.05169	387nm	0.946694
388nm	16.05632	388nm	1.066849
389nm	16.88858	389nm	1.184958
390nm	17.62689	390nm	1.303779
391nm	18.33787	391nm	1.424132
392nm	19.09122	392nm	1.549498
393nm	20.03777	393nm	1.684552
394nm	21.17797	394nm	1.829271
395nm	22.25109	395nm	1.977247
396nm	23.06591	396nm	2.121264
397nm	23.61613	397nm	2.258739
398nm	24.04754	398nm	2.374107
399nm	24.42742	399nm	2.468398
400nm	24.76748	400nm	2.551328
401nm	25.11819	401nm	2.64828
402nm	25.47953	402nm	2.759254
403nm	25.97063	403nm	2.877637
404nm	26.60026	404nm	2.996604
405nm	27.33114	405nm	3.116662
406nm	27.94858	406nm	3.238513
407nm	28.43858	407nm	3.362098
408nm	28.98002	408nm	3.499278
409nm	29.72673	409nm	3.654389
410nm	30.68197	410nm	3.825943
411nm	31.73691	411nm	3.986639
412nm	32.82785	412nm	4.130914
413nm	33.73758	413nm	4.24276
414nm	34.21543	414nm	4.319282
415nm	34.26138	415nm	4.360479

416nm	34.14274	416nm	4.391495
417nm	34.08309	417nm	4.430964
418nm	34.12315	418nm	4.48905
419nm	34.29763	419nm	4.580084
420nm	34.60086	420nm	4.703252
421nm	35.45016	421nm	4.872908
422nm	36.92484	422nm	5.076035
423nm	38.99306	423nm	5.316138
424nm	41.02007	424nm	5.58814
425nm	42.83853	425nm	5.883087
426nm	44.47141	426nm	6.178905
427nm	46.08894	427nm	6.44253
428nm	47.69006	428nm	6.673877
429nm	49.07644	429nm	6.874607
430nm	50.25459	430nm	7.058343
431nm	51.14381	431nm	7.216094
432nm	51.84609	432nm	7.353084
433nm	52.36144	433nm	7.469314
434nm	52.56773	434nm	7.533553
435nm	52.54068	435nm	7.551655
436nm	52.2198	436nm	7.519913
437nm	51.68155	437nm	7.470819
438nm	50.95537	438nm	7.410201
439nm	49.93174	439nm	7.340533
440nm	48.69258	440nm	7.269303
441nm	47.34754	441nm	7.202999
442nm	46.37844	442nm	7.161295
443nm	45.83081	443nm	7.144524
444nm	45.80914	444nm	7.174004
445nm	46.07853	445nm	7.241282
446nm	46.63902	446nm	7.34858
447nm	47.2768	447nm	7.476195
448nm	47.91492	448nm	7.614137
449nm	48.57786	449nm	7.749031

450nm	49.27588	450nm	7.868
451nm	49.9904	451nm	7.965895
452nm	50.6168	452nm	8.031725
453nm	51.14457	453nm	8.070269
454nm	51.67967	454nm	8.096805
455nm	52.34295	455nm	8.138203
456nm	53.13818	456nm	8.195855
457nm	53.99537	457nm	8.266004
458nm	54.87371	458nm	8.343918
459nm	55.79382	459nm	8.430995
460nm	56.74971	460nm	8.522161
461nm	57.76849	461nm	8.614304
462nm	58.94261	462nm	8.691195
463nm	60.26067	463nm	8.751532
464nm	61.64902	464nm	8.803904
465nm	62.97084	465nm	8.864104
466nm	64.24453	466nm	8.932749
467nm	65.58379	467nm	9.00661
468nm	67.00857	468nm	9.083336
469nm	68.45448	469nm	9.145844
470nm	69.83792	470nm	9.185981
471nm	71.2354	471nm	9.205079
472nm	72.90879	472nm	9.223356
473nm	74.8746	473nm	9.246716
474nm	76.93063	474nm	9.274741
475nm	78.8279	475nm	9.303922
476nm	80.55174	476nm	9.331313
477nm	82.19753	477nm	9.349936
478nm	83.79836	478nm	9.359546
479nm	85.31997	479nm	9.347255
480nm	86.78508	480nm	9.31669
481nm	88.11473	481nm	9.261984
482nm	89.24475	482nm	9.190564
483nm	90.18267	483nm	9.104871

484nm	91.3691	484nm	9.030807
485nm	92.93188	485nm	8.977595
486nm	94.74471	486nm	8.939026
487nm	96.32729	487nm	8.889225
488nm	97.67847	488nm	8.827477
489nm	99.09286	489nm	8.761231
490nm	100.6892	490nm	8.696326
491nm	102.4649	491nm	8.631351
492nm	104.2579	492nm	8.56432
493nm	106.0649	493nm	8.494792
494nm	107.8628	494nm	8.4224
495nm	109.6452	495nm	8.347883
496nm	111.36	496nm	8.285401
497nm	113.0041	497nm	8.240418
498nm	114.8598	498nm	8.223304
499nm	117.4771	499nm	8.2385
500nm	120.8713	500nm	8.282219
501nm	124.4611	501nm	8.338924
502nm	127.7357	502nm	8.390177
503nm	130.636	503nm	8.431436
504nm	133.4103	504nm	8.463977
505nm	136.0517	505nm	8.48831
506nm	138.4691	506nm	8.510438
507nm	140.7132	507nm	8.534255
508nm	142.5693	508nm	8.552505
509nm	144.1015	509nm	8.561183
510nm	145.4427	510nm	8.562671
511nm	147.0889	511nm	8.568612
512nm	149.1262	512nm	8.581552
513nm	151.0289	513nm	8.587996
514nm	152.5189	514nm	8.582761
515nm	153.2177	515nm	8.546419
516nm	153.2298	516nm	8.475299
517nm	152.5574	517nm	8.371388

518nm	151.5038	518nm	8.260198
519nm	150.357	519nm	8.156512
520nm	149.2005	520nm	8.054063
521nm	148.1245	521nm	7.945681
522nm	147.1814	522nm	7.839151
523nm	146.3696	523nm	7.748857
524nm	145.7213	524nm	7.676988
525nm	145.6702	525nm	7.627234
526nm	146.1523	526nm	7.59006
527nm	146.9972	527nm	7.561062
528nm	147.673	528nm	7.52755
529nm	148.2492	529nm	7.48991
530nm	148.9622	530nm	7.452065
531nm	149.8451	531nm	7.415369
532nm	150.4819	532nm	7.383251
533nm	150.7595	533nm	7.355085
534nm	150.941	534nm	7.334729
535nm	151.4832	535nm	7.32012
536nm	152.3559	536nm	7.308892
537nm	153.2554	537nm	7.29286
538nm	154.0867	538nm	7.270962
539nm	155.3364	539nm	7.266569
540nm	157.0578	540nm	7.283874
541nm	159.2731	541nm	7.332794
542nm	161.5411	542nm	7.396684
543nm	163.57	543nm	7.467893
544nm	164.8689	544nm	7.523924
545nm	165.3967	545nm	7.5578
546nm	165.1455	546nm	7.546976
547nm	164.5686	547nm	7.503338
548nm	163.3475	548nm	7.424187
549nm	161.6853	549nm	7.338226
550nm	159.4224	550nm	7.241574
551nm	156.7362	551nm	7.135487

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

552nm	153.7699	552nm	7.026095
553nm	150.8674	553nm	6.935659
554nm	148.196	554nm	6.868243
555nm	146.1971	555nm	6.821168
556nm	144.7285	556nm	6.776224
557nm	144.1165	557nm	6.752111
558nm	144.0523	558nm	6.75716
559nm	144.4125	559nm	6.783416
560nm	144.7359	560nm	6.799234
561nm	144.8916	561nm	6.794358
562nm	145.3476	562nm	6.77685
563nm	146.2388	563nm	6.759653
564nm	147.5008	564nm	6.753109
565nm	148.7441	565nm	6.758716
566nm	150.0459	566nm	6.767911
567nm	151.4735	567nm	6.764652
568nm	153.0661	568nm	6.750518
569nm	154.813	569nm	6.740151
570nm	156.708	570nm	6.738892
571nm	159.0595	571nm	6.740852
572nm	161.8009	572nm	6.739951
573nm	165.1491	573nm	6.739756
574nm	168.7946	574nm	6.743234
575nm	172.4216	575nm	6.749198
576nm	175.6001	576nm	6.753779
577nm	178.3273	577nm	6.748783
578nm	180.9619	578nm	6.725104
579nm	183.6448	579nm	6.685194
580nm	186.243	580nm	6.643519
581nm	188.7127	581nm	6.610353
582nm	190.8589	582nm	6.577862
583nm	192.7821	583nm	6.53934
584nm	194.306	584nm	6.489906
585nm	195.6084	585nm	6.434336

586nm	197.2891	586nm	6.394382
587nm	199.9256	587nm	6.389473
588nm	203.3824	588nm	6.420332
589nm	206.797	589nm	6.464448
590nm	210.0364	590nm	6.509791
591nm	214.2278	591nm	6.565726
592nm	219.632	592nm	6.633972
593nm	225.9381	593nm	6.735179
594nm	232.199	594nm	6.860502
595nm	238.1988	595nm	6.983228
596nm	243.947	596nm	7.076202
597nm	248.7789	597nm	7.125914
598nm	252.6236	598nm	7.152245
599nm	255.2337	599nm	7.163603
600nm	257.0294	600nm	7.177329
601nm	258.3852	601nm	7.196999
602nm	259.7235	602nm	7.21445
603nm	261.356	603nm	7.226351
604nm	263.4241	604nm	7.23666
605nm	265.7953	605nm	7.250747
606nm	268.494	606nm	7.28547
607nm	271.2928	607nm	7.339156
608nm	274.129	608nm	7.403255
609nm	276.9077	609nm	7.460031
610nm	279.5932	610nm	7.499926
611nm	282.2317	611nm	7.527724
612nm	284.4376	612nm	7.546336
613nm	286.0725	613nm	7.566445
614nm	286.8876	614nm	7.574359
615nm	287.0788	615nm	7.555647
616nm	287.0363	616nm	7.519333
617nm	287.2722	617nm	7.493284
618nm	288.0262	618nm	7.489303
619nm	289.1685	619nm	7.497035

620nm	290.3043	620nm	7.502153
621nm	290.9695	621nm	7.497863
622nm	291.0544	622nm	7.484909
623nm	290.5709	623nm	7.468562
624nm	289.9243	624nm	7.455064
625nm	288.9742	625nm	7.434823
626nm	287.8485	626nm	7.404874
627nm	286.528	627nm	7.368097
628nm	285.1761	628nm	7.333562
629nm	283.9736	629nm	7.300368
630nm	282.9691	630nm	7.266216
631nm	282.4056	631nm	7.267535
632nm	282.1481	632nm	7.312106
633nm	282.5067	633nm	7.379446
634nm	283.3336	634nm	7.427166
635nm	284.5803	635nm	7.460186
636nm	285.9178	636nm	7.503836
637nm	287.2208	637nm	7.559155
638nm	288.4756	638nm	7.611772
639nm	289.3102	639nm	7.650525
640nm	289.5104	640nm	7.676095
641nm	289.1471	641nm	7.697592
642nm	288.6362	642nm	7.726585
643nm	288.0822	643nm	7.762744
644nm	287.3006	644nm	7.795341
645nm	286.0907	645nm	7.807756
646nm	284.4272	646nm	7.792467
647nm	282.5317	647nm	7.754788
648nm	280.6687	648nm	7.70748
649nm	279.4738	649nm	7.674481
650nm	279.4502	650nm	7.669709
651nm	280.5306	651nm	7.695446
652nm	282.2983	652nm	7.744612
653nm	284.0959	653nm	7.798175

654nm	285.7979	654nm	7.847057
655nm	287.4433	655nm	7.88609
656nm	289.2216	656nm	7.918769
657nm	291.0452	657nm	7.936343
658nm	292.5883	658nm	7.919991
659nm	293.7938	659nm	7.878061
660nm	294.9247	660nm	7.83486
661nm	296.4825	661nm	7.814009
662nm	298.7163	662nm	7.812953
663nm	301.8678	663nm	7.831131
664nm	306.0266	664nm	7.874362
665nm	311.3482	665nm	7.947464
666nm	317.953	666nm	8.050544
667nm	324.9866	667nm	8.177938
668nm	331.5671	668nm	8.323306
669nm	336.5029	669nm	8.444869
670nm	339.7845	670nm	8.516016
671nm	340.6937	671nm	8.505304
672nm	339.3479	672nm	8.429573
673nm	336.0163	673nm	8.321045
674nm	331.7228	674nm	8.211763
675nm	326.3223	675nm	8.105113
676nm	319.8138	676nm	7.987195
677nm	313.2797	677nm	7.886507
678nm	307.6849	678nm	7.821587
679nm	304.2273	679nm	7.80173
680nm	302.0235	680nm	7.79463
681nm	300.7664	681nm	7.844072
682nm	299.4575	682nm	7.94064
683nm	297.5622	683nm	8.033516
684nm	295.2107	684nm	8.084049
685nm	292.5383	685nm	8.151876
686nm	290.1447	686nm	8.288479
687nm	288.4365	687nm	8.485358

688nm	287.7378	688nm	8.695276
689nm	288.5657	689nm	8.930836
690nm	290.9524	690nm	9.217614
691nm	294.9428	691nm	9.576269
692nm	300.1278	692nm	9.992473
693nm	306.2158	693nm	10.43711
694nm	311.6059	694nm	10.84449
695nm	315.637	695nm	11.20256
696nm	316.5639	696nm	11.46831
697nm	315.2669	697nm	11.67032
698nm	310.1403	698nm	11.71248
699nm	302.5019	699nm	11.63434
700nm	291.26	700nm	11.42431
701nm	278.3051	701nm	11.18704
702nm	263.6631	702nm	10.91743
703nm	249.2963	703nm	10.65492
704nm	235.9997	704nm	10.42586
705nm	224.8256	705nm	10.26947
706nm	215.6242	706nm	10.18301
707nm	208.7158	707nm	10.15131
708nm	203.5212	708nm	10.14568
709nm	200.1908	709nm	10.18102
710nm	197.8152	710nm	10.25376
711nm	196.5964	711nm	10.3775
712nm	195.8039	712nm	10.52056
713nm	195.1359	713nm	10.68027
714nm	195.0654	714nm	10.85405
715nm	196.4357	715nm	11.05155
716nm	198.7883	716nm	11.29657
717nm	200.9994	717nm	11.58424
718nm	203.1466	718nm	11.8938
719nm	205.8175	719nm	12.19157
720nm	208.7766	720nm	12.43133
721nm	211.1891	721nm	12.63615

722nm	213.0882	722nm	12.83323
723nm	214.3294	723nm	13.04081
724nm	214.5984	724nm	13.23481
725nm	213.9679	725nm	13.35798
726nm	212.8853	726nm	13.42388
727nm	210.4772	727nm	13.43918
728nm	207.0242	728nm	13.45055
729nm	203.2372	729nm	13.47845
730nm	199.7337	730nm	13.50521
731nm	195.8158	731nm	13.5086
732nm	192.0198	732nm	13.49892
733nm	189.0294	733nm	13.50206
734nm	186.69	734nm	13.52939
735nm	184.0928	735nm	13.56183
736nm	181.44	736nm	13.60367
737nm	179.2952	737nm	13.64559
738nm	177.4733	738nm	13.67664
739nm	176.3367	739nm	13.73271
740nm	175.7214	740nm	13.81856
741nm	175.1492	741nm	13.9133
742nm	174.1892	742nm	13.99544
743nm	173.158	743nm	14.09035
744nm	172.6758	744nm	14.17334
745nm	172.6058	745nm	14.22813
746nm	173.0571	746nm	14.308
747nm	174.8246	747nm	14.48352
748nm	178.8455	748nm	14.76965
749nm	184.3517	749nm	15.114
750nm	190.4725	750nm	15.50067
751nm	197.4906	751nm	15.9006
752nm	205.4543	752nm	16.30011
753nm	213.7855	753nm	16.70145
754nm	220.4913	754nm	17.07655
755nm	225.864	755nm	17.41235

756nm	230.5504	756nm	17.70658
757nm	235.5471	757nm	17.99251
758nm	241.2987	758nm	18.27527
759nm	247.185	759nm	18.56283
760nm	252.6714	760nm	18.85253
761nm	256.9331	761nm	19.12111
762nm	261.2719	762nm	19.40225
763nm	266.4788	763nm	19.73235
764nm	272.6647	764nm	20.0885
765nm	278.1837	765nm	20.4009
766nm	281.0032	766nm	20.59627
767nm	280.9371	767nm	20.70143
768nm	278.4123	768nm	20.72435
769nm	273.7404	769nm	20.6505
770nm	267.0367	770nm	20.47333
771nm	258.2784	771nm	20.18481
772nm	248.4203	772nm	19.82541
773nm	237.8978	773nm	19.42949
774nm	227.0618	774nm	19.0333
775nm	217.0259	775nm	18.71623
776nm	208.3671	776nm	18.48748
777nm	203.3779	777nm	18.38153
778nm	201.1485	778nm	18.33579
779nm	201.1485	779nm	18.33579
780nm	201.1485	780nm	18.33579

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คุณสมบัติทางแสง

สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 204 Full CTO คลื่นแสงสีส้มที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 2757K		สำหรับการจัดแสงโคร มาคีย์ บนฉากสีเขียว จากหลอดไฟทังสเตน ฮาโรเจน พร้อมสวมฟิลเตอร์ปรับแสง 201 Full CTB คลื่นแสงสีฟ้าที่อุณหภูมิสีของแสงเทียบเคียง 5368K	
Model Name	MK350S PREMIUM	Model Name	MK350S PREMIUM
Serial Number	16J00776	Serial Number	16J00776
Time	2019/09/27_21:02:23	Time	2019/09/27_21:33:23
Memo		Memo	
LUX	9687.917	LUX	1127.024
fc	900.364	fc	104.742
CCT	2757	CCT	5368
Duv	-0.00033	Duv	-0.00033
I-Time	600	I-Time	5600
x	0.454684	x	0.335469
y	0.408495	y	0.343014
x10	0.457582	x10	0.335934
y10	0.408116	y10	0.347785
u'	0.260096	u'	0.208197
v'	0.525766	v'	0.478978
u'10	0.262141	u'10	0.206679
v'10	0.526056	v'10	0.481434
deltax	-0.00058	deltax	-7.6E-05
deltay	-0.00102	deltay	-0.00072
deltau'	0.000081	deltau'	0.000225
deltav'	-0.00048	deltav'	-0.00037
LambdaP	671	LambdaP	767
LambdaPValue	248.4824	LambdaPValue	44.92129
LambdaD	584	LambdaD	563
X	10783.35	X	1102.233
Y	9687.917	Y	1127.024
Z	3244.853	Z	1056.392

X10	11481.91	X10	1193.851
Y10	10240.68	Y10	1235.968
Z10	3369.984	Z10	1124.007
S/P	1.429187	S/P	2.357506
Purity	0.591143	Purity	0.035779
CRI	94.48608	CRI	89.82443
R1	93.52897	R1	87.43968
R2	95.35121	R2	91.7183
R3	97.20524	R3	95.5377
R4	91.07709	R4	88.72957
R5	91.72076	R5	88.08688
R6	89.92632	R6	89.85464
R7	98.1305	R7	94.21844
R8	98.94858	R8	83.01028
R9	98.04248	R9	52.45752
R10	89.02047	R10	80.53005
R11	85.14549	R11	86.55842
R12	83.98801	R12	84.38382
R13	92.62758	R13	87.87864
R14	98.51205	R14	97.36425
R15	97.28492	R15	84.2337
CQS	92.45974	CQS	93.71227
GAI	51.2195	GAI	97.85422
TLCI	93.30136	TLCI	94.68854
Rf	93.81281	Rf	91.84113
Rg	100.568	Rg	102.579
IRR	51.46806	IRR	7.463298
PPFD	191.0185	PPFD	21.94819
PFD-UV	0.949045	PFD-UV	0.208732
PFD-B	17.10151	PFD-B	5.255333
PFD-G	57.41709	PFD-G	7.094579
PFD-R	117.824	PFD-R	9.745912
PFD-FR	82.11935	PFD-FR	17.16857
380nm	9.223327	380nm	1.497377

381nm	9.223327	381nm	1.497377
382nm	9.223327	382nm	1.497377
383nm	9.404669	383nm	1.551924
384nm	9.776191	384nm	1.661558
385nm	10.36565	385nm	1.827977
386nm	10.99171	386nm	1.996636
387nm	11.60753	387nm	2.172799
388nm	12.16118	388nm	2.358464
389nm	12.65265	389nm	2.553632
390nm	13.15722	390nm	2.764797
391nm	13.69966	391nm	2.988466
392nm	14.34349	392nm	3.22423
393nm	15.16433	393nm	3.459063
394nm	16.16158	394nm	3.692761
395nm	17.04178	395nm	3.930738
396nm	17.61103	396nm	4.175481
397nm	17.87213	397nm	4.422251
398nm	18.07511	398nm	4.632089
399nm	18.30095	399nm	4.803232
400nm	18.56882	400nm	4.949161
401nm	18.87986	401nm	5.112269
402nm	19.23406	402nm	5.292555
403nm	19.60991	403nm	5.487718
404nm	19.98628	404nm	5.690044
405nm	20.39105	405nm	5.901772
406nm	20.89118	406nm	6.121864
407nm	21.48662	407nm	6.349597
408nm	22.09449	408nm	6.59019
409nm	22.62264	409nm	6.841588
410nm	23.08199	410nm	7.101917
411nm	23.63712	411nm	7.344942
412nm	24.31275	412nm	7.567307
413nm	24.99968	413nm	7.753128
414nm	25.48818	414nm	7.903098

415nm	25.77828	415nm	8.017217
416nm	25.89247	416nm	8.110111
417nm	25.92282	417nm	8.19954
418nm	25.93676	418nm	8.303672
419nm	26.15587	419nm	8.464924
420nm	26.58822	420nm	8.68363
421nm	27.29011	421nm	8.971749
422nm	28.16093	422nm	9.301004
423nm	29.21679	423nm	9.67703
424nm	30.42327	424nm	10.10097
425nm	31.73517	425nm	10.56181
426nm	33.0661	426nm	11.03455
427nm	34.27515	427nm	11.47372
428nm	35.36083	428nm	11.87907
429nm	36.10009	429nm	12.22428
430nm	36.54449	430nm	12.52353
431nm	36.75451	431nm	12.77394
432nm	37.09946	432nm	13.01716
433nm	37.57933	433nm	13.25321
434nm	37.91148	434nm	13.4341
435nm	37.98765	435nm	13.55651
436nm	37.75821	436nm	13.6089
437nm	37.34219	437nm	13.61813
438nm	36.7719	438nm	13.59159
439nm	36.05553	439nm	13.51458
440nm	35.28662	440nm	13.40438
441nm	34.50034	441nm	13.27063
442nm	33.83823	442nm	13.16698
443nm	33.31138	443nm	13.10042
444nm	33.13234	444nm	13.10853
445nm	33.29004	445nm	13.18079
446nm	33.78487	446nm	13.3276
447nm	34.37065	447nm	13.53951
448nm	34.95836	448nm	13.79957

449nm	35.57008	449nm	14.08154
450nm	36.21397	450nm	14.34087
451nm	36.8633	451nm	14.56615
452nm	37.38071	452nm	14.7242
453nm	37.75654	453nm	14.82183
454nm	38.08603	454nm	14.88893
455nm	38.51606	455nm	14.98321
456nm	39.0468	456nm	15.10609
457nm	39.61059	457nm	15.24559
458nm	40.17542	458nm	15.39307
459nm	40.78901	459nm	15.55806
460nm	41.47289	460nm	15.73917
461nm	42.23067	461nm	15.93462
462nm	43.02994	462nm	16.12581
463nm	43.84832	463nm	16.3076
464nm	44.74577	464nm	16.47395
465nm	45.73408	465nm	16.62911
466nm	46.78218	466nm	16.77008
467nm	47.7135	467nm	16.89379
468nm	48.50074	468nm	17.0036
469nm	49.26714	469nm	17.09134
470nm	50.15874	470nm	17.1639
471nm	51.20812	471nm	17.22685
472nm	52.41505	472nm	17.30703
473nm	53.74649	473nm	17.40846
474nm	55.12347	474nm	17.52845
475nm	56.44184	475nm	17.65207
476nm	57.66903	476nm	17.77009
477nm	58.78433	477nm	17.86065
478nm	59.79992	478nm	17.92301
479nm	60.84566	479nm	17.94673
480nm	62.00364	480nm	17.94777
481nm	63.13265	481nm	17.92102
482nm	63.93323	482nm	17.87879

483nm	64.3904	483nm	17.82411
484nm	65.08943	484nm	17.78348
485nm	66.25062	485nm	17.76509
486nm	67.6975	486nm	17.74722
487nm	68.82006	487nm	17.68807
488nm	69.62239	488nm	17.58947
489nm	70.55516	489nm	17.50644
490nm	71.78435	490nm	17.45941
491nm	73.18541	491nm	17.43803
492nm	74.42639	492nm	17.40464
493nm	75.50434	493nm	17.35118
494nm	76.51039	494nm	17.25479
495nm	77.5023	495nm	17.11979
496nm	78.55238	496nm	16.99585
497nm	79.69096	497nm	16.92497
498nm	81.07842	498nm	16.91935
499nm	82.92629	499nm	16.95874
500nm	85.21536	500nm	17.03164
501nm	87.70488	501nm	17.11438
502nm	90.10959	502nm	17.18499
503nm	92.25379	503nm	17.25128
504nm	94.06728	504nm	17.33143
505nm	95.5685	505nm	17.42221
506nm	97.0239	506nm	17.49072
507nm	98.58414	507nm	17.53027
508nm	100.0718	508nm	17.53598
509nm	101.337	509nm	17.52976
510nm	102.3935	510nm	17.51628
511nm	103.4314	511nm	17.51334
512nm	104.5096	512nm	17.52411
513nm	105.5418	513nm	17.54092
514nm	106.4976	514nm	17.55455
515nm	107.1392	515nm	17.53412
516nm	107.3581	516nm	17.45913

517nm	107.141	517nm	17.327
518nm	106.6523	518nm	17.15687
519nm	106.0731	519nm	16.97228
520nm	105.4089	520nm	16.78066
521nm	104.7305	521nm	16.59481
522nm	104.1695	522nm	16.42258
523nm	103.8986	523nm	16.2689
524nm	103.9312	524nm	16.13267
525nm	104.2482	525nm	16.0057
526nm	104.6885	526nm	15.87837
527nm	105.1999	527nm	15.76089
528nm	105.6548	528nm	15.65734
529nm	106.0559	529nm	15.5778
530nm	106.4484	530nm	15.52855
531nm	106.8501	531nm	15.50516
532nm	107.3293	532nm	15.47872
533nm	107.882	533nm	15.43277
534nm	108.5288	534nm	15.36451
535nm	109.2089	535nm	15.29126
536nm	109.9328	536nm	15.22294
537nm	110.6961	537nm	15.1806
538nm	111.4975	538nm	15.16634
539nm	112.5936	539nm	15.18757
540nm	113.9656	540nm	15.22671
541nm	115.8046	541nm	15.32378
542nm	117.9254	542nm	15.47812
543nm	120.0462	543nm	15.66256
544nm	121.529	544nm	15.79427
545nm	122.2732	545nm	15.85468
546nm	122.3445	546nm	15.84923
547nm	122.1812	547nm	15.82017
548nm	121.5785	548nm	15.73383
549nm	120.6897	549nm	15.60198
550nm	119.2969	550nm	15.41606

551nm	117.3954	551nm	15.20267
552nm	115.1279	552nm	14.97529
553nm	113.0307	553nm	14.75626
554nm	111.3319	554nm	14.55453
555nm	110.3461	555nm	14.43332
556nm	109.789	556nm	14.38456
557nm	109.7152	557nm	14.39788
558nm	109.7597	558nm	14.40086
559nm	109.8802	559nm	14.38966
560nm	110.0085	560nm	14.3779
561nm	110.1507	561nm	14.37201
562nm	110.6005	562nm	14.37595
563nm	111.3719	563nm	14.38652
564nm	112.365	564nm	14.40124
565nm	113.2836	565nm	14.41395
566nm	114.1972	566nm	14.41427
567nm	115.2157	567nm	14.39703
568nm	116.377	568nm	14.35771
569nm	117.6604	569nm	14.29796
570nm	119.0629	570nm	14.23068
571nm	120.8888	571nm	14.20718
572nm	123.089	572nm	14.23621
573nm	125.748	573nm	14.31082
574nm	128.5517	574nm	14.38441
575nm	131.2434	575nm	14.4314
576nm	133.5585	576nm	14.43904
577nm	135.5085	577nm	14.40572
578nm	137.388	578nm	14.35471
579nm	139.2997	579nm	14.29656
580nm	141.0892	580nm	14.22164
581nm	142.7187	581nm	14.13225
582nm	144.1342	582nm	14.01955
583nm	145.4615	583nm	13.89492
584nm	146.6661	584nm	13.76118

585nm	147.8268	585nm	13.63093
586nm	149.3502	586nm	13.53571
587nm	151.5425	587nm	13.49381
588nm	154.341	588nm	13.50754
589nm	157.2351	589nm	13.54969
590nm	160.0244	590nm	13.60895
591nm	163.0318	591nm	13.71679
592nm	166.3694	592nm	13.86933
593nm	170.1471	593nm	14.06814
594nm	174.1137	594nm	14.27873
595nm	178.0213	595nm	14.48289
596nm	181.6514	596nm	14.66653
597nm	184.522	597nm	14.80632
598nm	186.6637	598nm	14.90984
599nm	188.0999	599nm	14.98282
600nm	189.3006	600nm	15.05116
601nm	190.4387	601nm	15.11717
602nm	191.4687	602nm	15.16508
603nm	192.4487	603nm	15.20028
604nm	193.5698	604nm	15.25734
605nm	194.9178	605nm	15.3473
606nm	196.7283	606nm	15.44256
607nm	198.8465	607nm	15.51634
608nm	201.1631	608nm	15.60507
609nm	203.3918	609nm	15.73032
610nm	205.3091	610nm	15.84399
611nm	206.9474	611nm	15.9006
612nm	208.28	612nm	15.93007
613nm	209.5166	613nm	15.99481
614nm	210.332	614nm	16.0648
615nm	210.4756	615nm	16.07744
616nm	210.1239	616nm	16.03626
617nm	209.8446	617nm	16.00324
618nm	210.0357	618nm	16.01317

619nm	210.7489	619nm	16.05578
620nm	211.6933	620nm	16.10254
621nm	212.4577	621nm	16.12694
622nm	212.7957	622nm	16.12394
623nm	212.6318	623nm	16.11454
624nm	212.245	624nm	16.12004
625nm	211.4448	625nm	16.12297
626nm	210.4058	626nm	16.10983
627nm	209.1612	627nm	16.07084
628nm	207.934	628nm	16.02084
629nm	206.9073	629nm	15.99832
630nm	206.0818	630nm	16.0179
631nm	205.7305	631nm	16.08442
632nm	205.7216	632nm	16.16029
633nm	206.0525	633nm	16.24751
634nm	206.4546	634nm	16.34309
635nm	207.031	635nm	16.47304
636nm	207.8286	636nm	16.64244
637nm	208.6439	637nm	16.84592
638nm	209.2174	638nm	17.05463
639nm	209.588	639nm	17.24588
640nm	210.0213	640nm	17.41558
641nm	210.3485	641nm	17.55367
642nm	210.2518	642nm	17.66247
643nm	209.7185	643nm	17.7492
644nm	209.0723	644nm	17.82532
645nm	208.218	645nm	17.88679
646nm	206.7731	646nm	17.91994
647nm	205.0491	647nm	17.92349
648nm	203.7801	648nm	17.90885
649nm	203.4005	649nm	17.90577
650nm	203.683	650nm	17.93568
651nm	204.3312	651nm	18.00625
652nm	205.407	652nm	18.10946

653nm	206.7818	653nm	18.19918
654nm	208.3374	654nm	18.23342
655nm	209.8387	655nm	18.22212
656nm	211.1876	656nm	18.21579
657nm	212.3269	657nm	18.22053
658nm	213.2567	658nm	18.17811
659nm	214.0444	659nm	18.06071
660nm	214.707	660nm	17.89375
661nm	215.5917	661nm	17.73089
662nm	217.058	662nm	17.59126
663nm	219.431	663nm	17.49031
664nm	222.7459	664nm	17.4266
665nm	226.9624	665nm	17.40907
666nm	232.0674	666nm	17.45029
667nm	237.2563	667nm	17.52694
668nm	241.8345	668nm	17.60502
669nm	245.1849	669nm	17.64818
670nm	247.5651	670nm	17.65927
671nm	248.4824	671nm	17.62008
672nm	247.78	672nm	17.52833
673nm	245.3778	673nm	17.38944
674nm	242.0365	674nm	17.22982
675nm	237.8852	675nm	17.029
676nm	233.1221	676nm	16.77954
677nm	228.5591	677nm	16.56334
678nm	224.698	678nm	16.4325
679nm	222.2096	679nm	16.43688
680nm	220.4711	680nm	16.50007
681nm	219.2876	681nm	16.66317
682nm	218.0862	682nm	16.88545
683nm	216.6399	683nm	17.13321
684nm	215.0374	684nm	17.35968
685nm	213.4358	685nm	17.61685
686nm	212.1089	686nm	17.94198

687nm	211.2977	687nm	18.34423
688nm	211.0183	688nm	18.79868
689nm	211.4233	689nm	19.33827
690nm	212.6454	690nm	19.97183
691nm	214.9355	691nm	20.7032
692nm	218.2252	692nm	21.51149
693nm	222.227	693nm	22.38032
694nm	225.9684	694nm	23.21195
695nm	229.0685	695nm	23.96311
696nm	229.8989	696nm	24.54309
697nm	228.7941	697nm	25.00854
698nm	224.9819	698nm	25.31407
699nm	219.8156	699nm	25.51859
700nm	212.7011	700nm	25.53234
701nm	204.4937	701nm	25.41114
702nm	195.1097	702nm	25.14564
703nm	185.7063	703nm	24.87552
704nm	176.7681	704nm	24.65618
705nm	169.2153	705nm	24.54218
706nm	163.0994	706nm	24.51033
707nm	158.7187	707nm	24.57492
708nm	155.5549	708nm	24.7238
709nm	153.366	709nm	24.9418
710nm	151.5822	710nm	25.17208
711nm	150.5338	711nm	25.39922
712nm	150.1822	712nm	25.65348
713nm	150.6127	713nm	25.98804
714nm	151.1613	714nm	26.4021
715nm	151.5841	715nm	26.86377
716nm	152.3526	716nm	27.34506
717nm	153.8504	717nm	27.85669
718nm	155.948	718nm	28.46116
719nm	157.9646	719nm	29.1155
720nm	159.633	720nm	29.72188

721nm	161.1398	721nm	30.21578
722nm	162.3867	722nm	30.60913
723nm	163.2456	723nm	30.98711
724nm	163.6904	724nm	31.35123
725nm	163.6589	725nm	31.67088
726nm	163.275	726nm	31.93915
727nm	162.3638	727nm	32.10905
728nm	160.956	728nm	32.23293
729nm	158.838	729nm	32.35056
730nm	156.0914	730nm	32.47871
731nm	152.7383	731nm	32.58064
732nm	149.8971	732nm	32.61342
733nm	147.8492	733nm	32.61549
734nm	146.4091	734nm	32.65831
735nm	144.8764	735nm	32.74876
736nm	143.3799	736nm	32.86976
737nm	142.0762	737nm	32.984
738nm	140.7494	738nm	33.1054
739nm	139.8738	739nm	33.28804
740nm	139.4501	740nm	33.50818
741nm	139.0298	741nm	33.72446
742nm	138.0379	742nm	33.86234
743nm	136.7194	743nm	33.90677
744nm	136.3387	744nm	33.9767
745nm	136.905	745nm	34.12961
746nm	138.3009	746nm	34.44847
747nm	140.0806	747nm	34.84822
748nm	142.4451	748nm	35.30196
749nm	145.709	749nm	35.80418
750nm	149.6707	750nm	36.37071
751nm	154.1797	751nm	37.01461
752nm	158.9554	752nm	37.68491
753nm	163.9074	753nm	38.3679
754nm	168.4874	754nm	38.96754

755nm	172.645	755nm	39.47178
756nm	176.6353	756nm	39.93135
757nm	180.6326	757nm	40.42798
758nm	184.479	758nm	40.97032
759nm	188.0139	759nm	41.44314
760nm	191.3611	760nm	41.84056
761nm	194.3849	761nm	42.17082
762nm	197.7016	762nm	42.55228
763nm	201.8805	763nm	43.03075
764nm	206.2457	764nm	43.60943
765nm	209.9621	765nm	44.19663
766nm	212.3793	766nm	44.68714
767nm	213.2378	767nm	44.92129
768nm	212.1197	768nm	44.88843
769nm	208.5885	769nm	44.68495
770nm	203.6584	770nm	44.33897
771nm	197.6422	771nm	43.79271
772nm	190.9138	772nm	43.2271
773nm	183.6732	773nm	42.70628
774nm	176.0583	774nm	42.20793
775nm	169.1548	775nm	41.71116
776nm	163.3028	776nm	41.32365
777nm	160.0669	777nm	41.20712
778nm	158.5884	778nm	41.17331
779nm	158.5884	779nm	41.17331
780nm	158.5884	780nm	41.17331

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล

ประวัติการศึกษา 2544 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2560 วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถานที่ทำงาน คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน สาขาเทคโนโลยีทางภาพและเสียง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ความชำนาญเฉพาะด้าน การจัดแสงภายในและภายนอกสตูดิโอสำหรับการผลิตรายการโทรทัศน์และภาพยนตร์

ผลงานทางวิชาการ หนังสือ

1. หนังสือ เทคนิคสำหรับการเชื่อมขั้วต่อทางภาพและเสียง (Technic For Video and Audio Cable Connectors) สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2558.

ผลงานทางวิชาการ งานวิจัย

1. จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล, การศึกษาคุณสมบัติแผ่นกรองแสงเพื่อปรับอุณหภูมิสีของแสงที่นำมาใช้ร่วมกับโคมไฟทังสเตน-ฮาโรเจน และโคมไฟ เอช เอม ไอ สำหรับการจัดแสงทางโทรทัศน์และภาพยนตร์, โครงการวิจัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2560 คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2560.
2. จิรศักดิ์ ปรีชาวีรกุล, ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสง (Illuminance) กับ ค่ารูรับแสง (f-stop) สำหรับการจัดแสงทางโทรทัศน์และภาพยนตร์, โครงการวิจัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2561 คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2561.