

การออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence เพื่อผู้มีภาวะตาบอดสี

เมธพร เจริญธรรม

TNI

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2563

A DESIGNING COLORBLIND-FRIENDLY VISUALIZATION USING
IN BUSINESS INTELLIGENCE PROGRAM

Methaporn Chengtham

TNI

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Information Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2020

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence เพื่อผู้มีภาวะตาบอดสี

โดย

เมธาพร เจ็จธรรม

สาขาวิชา

เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์ เฉิดโฉม

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่ เดือน พ.ศ.

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ดร.ชัยไชย วรรณบุรณ์)

.....กรรมการ

(ดร.ณัฐกิตต์ จิตรเอื้อตระกูล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์ เฉิดโฉม)

เมธาพร เจิ้งธรรม : การออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence
เพื่อผู้มีภาวะตาบอดสี. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์ เฉิดโฉม, 83 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาการออกแบบการนำเสนอข้อมูลให้เหมาะสมกับ
ผู้มีภาวะตาบอดสี ในปัจจุบันการแข่งขันทางด้านธุรกิจมีมากขึ้น หน่วยงานต่างๆ ทั้งหน่วยงานรัฐและ
เอกชน มีการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลมากขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการนำเสนอที่
ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เช่น ทาโบลว (Tableau), ไมโครซอฟท์ พาวเวอร์ บีไอ (Microsoft Power
BI) การใช้งานไลบรารี (Library) ของภาษาโปรแกรม เช่น ภาษาไพธอน (Python), ภาษาอาร์ (R)
หรือจะเป็นการใช้งานโปรแกรมสำนักงานพื้นฐานอย่าง Microsoft Excel (ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล)
หรือ Microsoft Power Point (ไมโครซอฟท์ พาวเวอร์พอยท์)

นอกจากการออกแบบการนำเสนอให้ตอบโจทย์ธุรกิจ การนำเสนอมีความสวยงาม เข้าใจ
ง่ายแล้ว ยังต้องคำนึงถึง วิธีการออกแบบ ออกแบบอย่างไรที่สามารถให้ผู้ที่มีปัญหาทางการ
มองเห็นสีผิดปกติ สามารถเข้าใจการนำเสนอข้อมูลได้ ทางผู้วิจัยจึงศึกษาหัวข้อดังกล่าวเพื่อเป็น
แนวทางในการออกแบบการนำเสนอข้อมูลให้เหมาะสมและเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหรือนำไป
ประยุกต์ใช้ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง

TNI

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

METHAPORN CHENGTHAM: A DESIGNING COLORBLIND-FRIENDLY
VISUALIZATION USING IN BUSINESS INTELLIGENCE PROGRAM. ADVISOR:
ASST.PROF PRAJAK CHERTCHOM, 83 PP.

A present business competition has increase and a company using data analysis and data visualization for forecasting, setting a market strategy. The popular data visualization tool at the present, such as Tableau Program, Microsoft Power BI. Using a library in programming language such as Python or R. Not only library but also office program such as Microsoft Excel or Microsoft Power point.

Besides Designing data visualization must answer business solution data visualization has good feature, easy to understand, the designer must be recognized designing method for colorblind person.

The researcher aims to study this topic for data visualization designing and aim to study in related guideline.

Graduate School

Field of Study Information Technology

Academic Year 2020

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี จากความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์ เฉิดโฉม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ ให้คำแนะนำแก้ไข ให้คำปรึกษา กำลังใจทั้งในเรื่องการเรียนและเรื่องอื่นๆ จนสารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ จึงขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง

ขอบคุณคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ประสิทธิประสาทวิชา ให้กำลังใจ คำปรึกษาเรื่องต่างๆ และความช่วยเหลือกับผู้วิจัยเสมอ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ให้ความช่วยเหลือเรื่องต่างๆกับผู้วิจัย

ขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นเรียน สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นทุกคนที่ช่วยเหลือผู้วิจัยในการเรียน มาตลอดสองปี

ขอบคุณครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยสนับสนุนในเรื่องทุนทรัพย์ในการศึกษาต่อ กำลังใจ และความช่วยเหลือเรื่องต่างๆ

ขอบคุณเพื่อนๆ โรงเรียนสตรีวรนาถบางเขนและโรงเรียนเทพศิรินทร์ ปทุมธานีที่คอยชวน ผู้วิจัยไปเที่ยว ไปหาของอร่อยและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยเสมอมา

ขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ สาขาภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เป็นกำลังใจ ช่วยเหลือและให้คำแนะนำเรื่องการแปล Textbook, บทความภาษาอังกฤษต่างๆ ที่ผู้วิจัยใช้อ้างอิงในงานวิจัยฉบับนี้

ขอบคุณพี่ๆ เพื่อนร่วมงานบริษัท Toyota Tsusho Nexty Electronics Thailand ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือผู้วิจัยมาตลอดในเรื่องพาไปหาของอร่อย ชวนไปออกกำลังกายและคอยเป็นกำลังใจ ให้ในการเรียนตลอดสองปีที่ผ่านมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า สารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการใช้งาน เพื่อประยุกต์ใช้งานต่อไปในอนาคต

เมธพร เจริญธรรม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1.1 ตา.....	3
2.1.2 การมองเห็น.....	5
2.1.3 วิวัฒนาการการมองเห็นสี.....	5
2.1.4 ตาบอดสี.....	6
2.1.5 สี.....	9
2.1.5.1 ทฤษฎีสี.....	10
2.1.5.2 วรรณะของสี.....	12
2.1.5.3 องค์ประกอบของสี.....	13
2.1.5.4 แสง.....	14
2.1.6 หลักการออกแบบตามมาตรฐานการเข้าถึงเว็บไซต์.....	15

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	2.1.6.1 การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้.....	17
	2.1.6.2 การออกแบบสำหรับคนตาบอดสี.....	21
	2.1.7 การนำเสนอข้อมูล.....	22
	2.1.8 ธุรกิจอัจฉริยะ.....	22
	2.1.8.1 การนำเสนอข้อมูลที่ใช้ในระบบธุรกิจอัจฉริยะ.....	27
	2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	44
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	45
	3.1 ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	47
	3.2 วิเคราะห์ปัญหาที่เป็นปัจจัยของงานวิจัย.....	47
	3.3 สร้างแบบสำรวจสำหรับผู้ใช้งานเครื่องมือในการนำเสนอ.....	47
	3.4 วิเคราะห์และสรุปผล.....	47
4	ผลการวิจัย.....	48
	4.1 ความหมายและนิยามของงานวิจัย.....	48
	4.2 ผลการศึกษาวิจัย.....	52
5	บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	63
	5.1 สรุปผลการวิจัย.....	63
	5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย.....	63
	5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย.....	64

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	65
ภาคผนวก.....	73
ภาคผนวก ก. การตีพิมพ์ผลงานวิจัย.....	74
ภาคผนวก ข. Certificate.....	80
ประวัติย่อผู้เขียนสารนิพนธ์.....	83

THAI

TNI

NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	45
3.2 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	46
4.1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสำรวจ.....	52
4.2 ตารางแสดงระดับความพึงใจแผนภูมิแท่ง.....	55
4.3 ตารางแสดงระดับความพึงใจแผนภูมิแท่งแบบซ้อนต่อกัน.....	56
4.4 ตารางแสดงระดับความพึงใจแผนภูมิวงกลม.....	57
4.5 ตารางแสดงระดับความพึงใจแผนภูมิวงกลม.....	58
4.6 ตารางแสดงระดับความพึงใจแผนภูมิเส้น.....	60
4.7 ตารางแสดงระดับความพึงใจแผนภูมิแบบกระจาย.....	61
4.8 ตารางแสดงระดับความพึงใจแผนภูมิแท่งแบบหลายข้อมูล.....	62

TNI

TAHT - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.1	การทำงานของดวงตา.....	5
2.2	วงสีแสดงอาการตาบอดสี.....	8
2.3	ประเภทของตาบอดสี.....	9
2.4	วงล้อแม่สี.....	12
2.5	วงล้อวรรณะสี.....	13
2.6	ระบบสี.....	13
2.7	วงล้อค่าของสี.....	14
2.8	แถบค่าความเข้มของสี.....	14
2.9	ความยาวของคลื่นแสงในย่านความถี่ต่างๆ.....	15
2.10	ตัวอย่างแผนภูมิที่ออกแบบตามหลักการออกแบบ.....	22
2.11	แผนภูมิแสดงปริมาณ.....	27
2.12	แผนภูมิแสดงปริมาณที่มีข้อมูลมากกว่าหนึ่งชุด.....	27
2.13	แผนภูมิแสดงการกระจายของข้อมูล.....	28
2.14	แผนภูมิแสดงการกระจายของข้อมูล.....	28
2.15	แผนภูมิแสดงสัดส่วน.....	29
2.16	แผนภูมิแสดงสัดส่วน.....	30
2.17	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล.....	30
2.18	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล.....	31
2.19	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล.....	31
2.20	แผนภูมิภูมิสารสนเทศ.....	32
2.21	แผนภูมิเออเรอร์ บาร์.....	32
2.22	แผนภูมิแสดงความไม่แน่นอนของข้อมูล.....	33
2.23	แผนภูมิแสดงความไม่แน่นอนของข้อมูล.....	33
2.24	ตัวอย่างการใช้สีแบบโค้ดดิ้ง รีตันแดนท์.....	34
2.25	ตัวอย่างที่ไม่ดีในการใส่ข้อความในแผนภาพ.....	35
2.26	ตัวอย่างที่ดีในการใส่ข้อความในแผนภาพ.....	35
2.27	การใส่โซลิด (Solid) และข้อความเพื่อเน้นการนำเสนอแทนสี.....	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
2.28 ตัวอักษรแบบมีเชิงและไม่มีเชิง.....	37
2.29 ตัวอย่างของชุดสีที่มีความต่อเนื่องของเฉดสี.....	38
2.30 การไล่เฉดสีเพื่อนำเสนอค่าเฉลี่ยของรายได้ของมลรัฐเท็กซัส.....	39
2.31 ชุดสีที่มีการไล่เฉดแบบแผ่ออก.....	39
2.32 การนำเสนอจำนวนอเมริกันผิวขาวในมลรัฐเท็กซัสแบบการไล่เฉดสีแบบแผ่ออก.....	40
2.33 ตัวอย่างชุดสีในแบบต่างๆ.....	40
2.34 การใช้สีเพื่อเน้นข้อมูลประชากรที่มากที่สุดกับน้อยที่สุด.....	41
2.35 การใช้สีเพื่อบอกความหนาแน่นของข้อมูล.....	41
2.36 ชุดสีที่เหมาะสมกับผู้มีการตาบอดสีและผู้ไม่มีอาการตาบอดสี.....	42
3.1 กรอบแนวคิด.....	45
4.1 แผนภูมิแท่ง.....	55
4.2 แผนภูมิแท่งแบบซ้อนต่อกัน.....	56
4.3 แผนภูมิวงกลม.....	57
4.4 แผนภูมิวงกลม.....	58
4.5 แผนภูมิเส้น.....	59
4.6 แผนภูมิแบบกระจาย.....	60
4.7 แผนภูมิแท่งแบบหลายข้อมูล.....	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อาการตาบอดสีเป็นอาการของคนที่ไม่สามารถแยกแยะสีกันได้เหมือนกับคนทั่วไปไม่ถึงเป็นความผิดปกติและสามารถใช้ชีวิตได้เหมือนคนทั่วไปแต่อาจพลาดโอกาสบางอย่างในชีวิต โดยเฉพาะข้อจำกัดในเรื่องของการเลือกประกอบอาชีพ [1]

ความสำคัญของการมองเห็นสีต่าง ๆ ถือเป็นความสามารถที่จะช่วยให้แยกแยะและจัดหมวดหมู่สิ่งต่าง ๆ ได้ โดยกลไกการมองเห็นสีนั้นเริ่มต้นจากการรับแสงจากเซลล์รับภาพที่จอประสาทตา มีการประมวลผลหลัก ๆ 3 สี ได้แก่ เซลล์สีแดง เซลล์สีเขียว และเซลล์สีน้ำเงิน เมื่อเซลล์ถูกแสงกระตุ้นจะทำการส่งข้อมูลไปยังสมองเพื่อประมวลผลและแยกแยะสีต่าง ๆ ตามลำดับ [2] เราเห็นแสงสีจากเซลล์รูปแท่ง (Rod cell) และรูปกรวย (Cone cell) ที่บุอยู่ตรงเปลือกลูกตาชั้นใน นัยน์ตาแต่ละข้างจะมีเซลล์รูปแท่งประมาณ 120 ล้านเซลล์ และเซลล์รูปกรวยประมาณ 6-7 ล้านเซลล์ เซลล์รูปแท่งทำหน้าที่ตรวจจับรับแสง ภาพสีดำ ขาวและเฉดเทา เซลล์รูปกรวยแต่ละเซลล์จะมีสารสีหรือโปรตีนออปซินทำหน้าที่รับคลื่นแสงสี แดง เขียว และน้ำเงินซึ่งมีคลื่นแสงยาว ปานกลาง และสั้นตามลำดับ เมื่อแสงผ่านเข้ามาถึงนัยน์ตา เซลล์รูปแท่งและรูปกรวยที่อยู่ผนังด้านในจะส่งผลไปยังสมอง สมองจะประมวลผลเพื่อบอกให้เราทราบว่าสีที่เราเห็นนั้นมีสีอะไรบ้าง เซลล์รูปกรวยทั้งสามชนิดจะทำหน้าที่ร่วมกันแล้วส่งไปยังสมองให้รายงานผลออกมา เช่น เมื่อเซลล์รูปกรวยสีน้ำเงินกับสีแดงทำหน้าที่รับภาพได้ทั้งคู่ สมองก็จะบอกเราว่าสีนั้นคือสีม่วง เป็นต้น [3] เซลล์รูปกรวยไวต่อแสงน้อยกว่าเซลล์รูปแท่งในจอตา (ซึ่งสนับสนุนการเห็นในระดับแสงต่ำ) แต่ทำให้รับรู้สี นอกจากนี้ ยังสามารถรับรู้รายละเอียดชัดเจนกว่าและการเปลี่ยนแปลงภาพรวดเร็วกว่า เพราะเวลาการสนองต่อสิ่งเร้าเร็วกว่าของเซลล์รูปแท่ง เซลล์รูปกรวยปกติเป็นหนึ่งในสามชนิด แต่ละชนิดมีสารสีต่างกัน คือ เซลล์รูปกรวย-เอส เซลล์รูปกรวย-เอ็ม และเซลล์รูปกรวย-แอล ฉะนั้นเซลล์รูปกรวยแต่ละเซลล์จึงไวต่อความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นได้ซึ่งสอดคล้องกับแสงความยาวคลื่นสั้น ความยาวคลื่นกลางและความยาวคลื่นยาว เนื่องจากมนุษย์ปกติมีเซลล์รูปกรวยสามชนิดที่มีโฟโตอปซิน (Photopsin) ต่างกัน ซึ่งมีไคโครมรอนต่างกันแล้วสนองต่อการแปรผันของสีต่างวิธีกัน มนุษย์จึงมีการรับรู้ภาพสีได้ มีการแสดงว่า สามสารสีซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับแสงมีองค์ประกอบทางเคมีที่แน่ชัดแปรผันเนื่องจากการกลายพันธุ์ แต่ละปัจเจกบุคคลจึงมีเซลล์รูปกรวยที่ไวต่อสีต่างกัน การทำลายเซลล์รูปกรวยจากโรคจะส่งผลให้ตาบอดสี [4] หรือสามารถอธิบายได้ว่า ในตาของมนุษย์จะสามารถจำและรับรู้สีหลังได้เพียง 3 สีเท่านั้นและที่มนุษย์สามารถเห็นสีได้มากมายนั้นเกิดจากการกระตุ้นเซลล์รูปกรวยแต่ละสีพร้อมกัน ในความเข้ม

ของแต่ละสีที่แตกต่างกัน จึงทำให้เกิดการผสมสีเกิดขึ้น (คล้ายกันกับหลักการผสมสีในทางศิลปะ) เช่น ถ้าได้รับการกระตุ้นสีแดงและสีน้ำเงินเท่ากันและพร้อมกัน จะสามารถมองเห็นเป็นสีม่วง แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าเซลล์รูปกรวยสีแดงมีความผิดปกติ ไม่สามารถแสดงสีแดงได้ จะทำให้เห็นสีอื่นที่ไม่ใช่สีแดง เป็นต้น

เซลล์รับแสงในชั้นเรตินาทั้งเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยจะทำหน้าที่คล้ายกันคือ ทำหน้าที่เปลี่ยนคลื่นแสงให้เป็นกระแสประสาทส่งไปยังสมอง

ระดับความรุนแรงของอาการตาบอดสีแบ่งออกเป็น แบ่งออกเป็น 3 ลำดับคือ ระดับความรุนแรงเล็กน้อย, ระดับความรุนแรงปานกลาง และระดับความรุนแรงมาก [5]

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาปัญหาการนำเสนอข้อมูลให้เหมาะสมกับงานธุรกิจอัจฉริยะ

1.2.2 นำเสนอการใช้สี รูปแบบตัวอักษร กราฟ ที่เหมาะสม สำหรับการนำเสนอข้อมูลในด้านธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence)

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษาและวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการค้นคว้าหลักการการออกแบบรูปแบบการนำเสนอข้อมูล เรื่องการใช้สี การออกแบบรูปแบบที่เหมาะสมกับผู้ที่มีอาการตาบอดสี โดยนำเสนอหลักการการออกแบบสำหรับผู้ที่มีอาการตาบอดสีในระดับความรุนแรงเล็กน้อย

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ศึกษาและนำเสนอหลักการทฤษฎีของสี หลักการการออกแบบการนำเสนอข้อมูลในการออกแบบการนำเสนอข้อมูลให้มีความเหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะตาบอดสีในระดับความรุนแรงเล็กน้อย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้แนวความคิดการพัฒนาการออกแบบการนำเสนอข้อมูล หลักการการออกแบบการนำเสนอข้อมูลในด้านธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence) ให้มีความเหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะตาบอดสี

1.5.2 สามารถนำข้อมูลที่ศึกษา ค้นคว้า มาประยุกต์ในการออกแบบการนำเสนอข้อมูลในด้านธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence) ให้มีความเหมาะสมกับผู้ที่มีอาการตาบอดสี

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเอกสารทางวิชาการ บทความ หนังสือ และแหล่งสารสนเทศทางอินเทอร์เน็ต ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตา

ตา คือส่วนรับแสงสะท้อนของร่างกาย ทำให้สามารถมองเห็น และรับรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้ ตาของสัตว์ต่าง ๆ มีรูปแบบที่ต่างกันออกไป ไม่ว่าจะเป็นตาของ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม, สัตว์ปีก, สัตว์เลื้อยคลาน และสัตว์น้ำ โดยดวงตาของสัตว์ที่พัฒนาแล้ว มักจะมีเพียง 2 ดวง และอยู่ด้านหน้าของใบหน้า เพื่อการมองเห็นแบบ 3 มิติ

ตา คือ อวัยวะที่ทำหน้าที่รับแสง โดยสัตว์แต่ละชนิดจะมีอวัยวะรับแสงที่แตกต่างกัน ตาที่เรียบง่ายที่สุดจะไม่สามารถทำอะไรได้เลยเว้นแต่การรับรู้ว่าสิ่งแวดล้อมนั้นมืดหรือสว่างเพื่อให้สามารถปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ เช่น กลางวันหรือกลางคืน เป็นต้น แต่จะไม่สามารถรับรู้ออกมาเป็นภาพได้ ตาที่ซับซ้อนกว่าจะมีรูปทรงและสีที่เป็นเอกลักษณ์ ในระบบตาที่ซับซ้อน ตาแต่ละดวงจะสามารถรับภาพที่มีบริเวณที่ซ้อนทับกันได้ เพื่อให้สมองสามารถรับรู้ถึงความลึก หรือ ความเป็นสามมิติของภาพ เช่น ระบบตาของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม ตาของสัตว์บางชนิด เช่น กระต่ายและกิ้งก่า ได้ถูกออกแบบมาให้มีส่วนของภาพที่ซ้อนทับกันน้อยที่สุด

เลนส์ ที่อยู่ส่วนข้างหน้าของตาทำหน้าที่เช่นเดียวกับเลนส์ของกล้อง เมื่อคนเราแ่ก่ตัวลง ตาของคนแ่ก่จะไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน และต้องใช้แว่น หรือคอนแทกต์เลนส์ จึงจะสามารถมองเห็นชัดเจนได้ [6]

2.1.1.1 องค์ประกอบของตา (Element of Eye)

ตาสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายๆส่วนด้วยกัน โดยองค์ประกอบหลักๆสามารถแบ่งได้ดังนี้

(1) กระจกตา (Cornea) [7]

เป็นส่วนของตาดำ บางคนเปรียบเปรยว่าเป็นหน้าต่างของดวงตา เพราะตามปกติกระจกตาจะมีความใส และทำให้เกิดการหักเหของแสงมากที่สุด กระจกตาประกอบด้วยเนื้อเยื่อทั้งหมด 5 ชั้น ชั้นบนที่สุดเรียกว่า epithelium เป็นปราการด่านแรกที่ ปกป้องดวงตาจากการได้รับอันตราย ซึ่งชั้น epithelium นี้เป็นชั้นที่มีเซลล์ที่มีความสามารถในการแบ่งตัวได้อย่างรวดเร็ว โดยสามารถแบ่งตัวมาคลุมกระจกตาได้หมดภายใน 3 วัน ทำให้การหายของแผลเกิดได้อย่างรวดเร็ว

หลังการเกิดแผลที่กระจกตาขึ้น ในส่วนของเซลล์ชั้นกลางซึ่งเป็นชั้นที่หนาที่สุดของกระจกตา จะเสริมสร้างความแข็งแรงให้ดวงตา ซึ่งการทำเลสิกจะทำในชั้นนี้ ของกระจกตา

(2) ม่านตา (Iris)

เป็นส่วนที่มีสีซึ่งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเชื้อชาติ บ้างเป็นสีเขียว บ้างเป็นสีฟ้า สีน้ำตาล หรือสีดำหน้าที่ของม่านตาคือช่วยในการควบคุมขนาดของรูม่านตา โดยการหดตัวหรือขยายตัวของกล้ามเนื้อม่านตา

(3) เลนส์แก้วตา (Lens)

เป็นส่วนที่ใสอยู่หลังม่านตา หน้าที่ของเลนส์แก้วตาคือช่วยโฟกัสเพื่อการมองเห็นที่ชัดเจนมากขึ้นสำหรับการอ่านหรือการมองระยะใกล้ โดยการปรับรูปร่างของเลนส์ให้เหมาะสม ในคนที่มีอายุประมาณ 40-50 ปี ความสามารถในการปรับตัวส่วนนี้จะลดลง ทำให้เกิดภาวะที่เรียกว่า “สายตาวายตามอายุ” (Presbyopia) และในช่วงอายุประมาณ 60-70 ปีเลนส์แก้วตาจะมีลักษณะขุ่นและแข็งขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีซึ่งเป็นภาวะที่เรียกว่า “ต้อกระจก” ส่งผลให้แสงหักเหเข้าตาได้ยากขึ้น

(4) รูม่านตา (Pupil)

เป็นรูกลม ๆ ที่เห็นในดวงตา มีหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่ลูกตา เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงจ้า ม่านตาจะหดทำให้แสงเข้าตาได้น้อยลง ส่วนในที่มืดม่านตาจะขยายเพื่อให้แสงเข้าตาได้มากขึ้น

(5) น้ำวุ้นตา (Vitreous)

น้ำวุ้นตาลักษณะคล้ายเจลอยู่ด้านในช่องหลังลูกตา ทำหน้าที่ให้ลูกตาคงรูปลักษณะกลมตลอดเวลา ในผู้ที่มีสายตาสั้นมาก ๆ บางครั้งอาจสังเกตเห็นว่ามีจุดดำหรือใยสีดำลอยไปมาในน้ำวุ้นตา ซึ่งเกิดจากการที่น้ำวุ้นตาเสื่อมนั่นเอง

(6) เส้นประสาท (Optic Nerve)

เป็นตัวส่งผ่านการกระตุ้นของการมองเห็นจากจอประสาทตมายังสมอง

(7) จอประสาทตา (Retina)

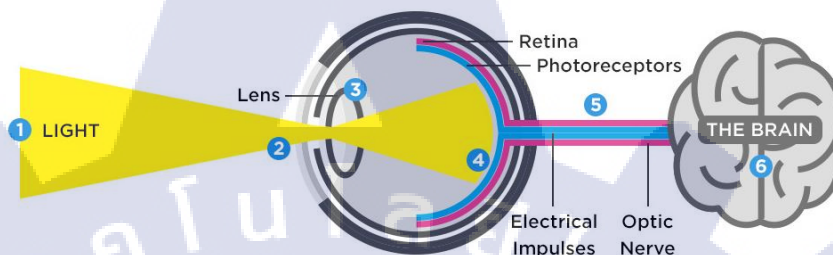
จอประสาทตาประกอบด้วยเส้นประสาทตาที่มีความละเอียดสูงอยู่ในผนังชั้นในของลูกตา ทำหน้าที่คล้ายกับฟิล์มถ่ายรูปโดยจะส่งผ่านรูปไปยังสมอง ซึ่งในภาวะสายตาสั้น การหักเหของแสงจะลงมาถึงจอประสาทตาพอดี

(8) ผนังตาขาว (Sclera)

เป็นส่วนสีขาวของลูกตา ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายต่อลูกตา ช่วยให้เกิดความแข็งแรง

2.1.2 การมองเห็น (Sight)

การมองเห็น หมายถึง [8] ดวงตาเรารับสัญญาณ ปริมาณมากจากบริเวณรอบๆ ส่งสัญญาณไปที่สมอง ทำให้เราเห็นรูปร่าง สี องค์ประกอบ และความเคลื่อนไหว และส่งสัญญาณผ่านเส้นประสาทตาไปยังสมอง ตามลำดับดังนี้



รูปที่ 2.1 การทำงานของดวงตา [8]

จากรูปที่ 2.1 แสงสะท้อนจากวัตถุเข้าสู่ดวงตาเรา หลังจากที่แสงวิ่งทะลุผ่านกระจกตาเข้าสู่ม่านตา รูม่านตา และทะลุผ่านเลนส์ตา จากนั้นกระจกตาและเลนส์ตาจะเบี่ยงเบนแสงให้ตกที่จอประสาทตาไปสู่สมอง หลักจากนั้นสมองจะทำการแปลผลสัญญาณนี้ให้กลายเป็นภาพ

เรามองเห็นภาพต่างๆ ได้เพราะแสงจากสิ่งที่เรามองนั้นสะท้อนเข้าสู่ตาเรา แสงจะเดินทางเป็นเส้นตรงโดยผ่านกระจกตาผ่านรูม่านตา ผ่านแก้วตาไปตกที่จอตา เส้นประสาทที่จอตาจะส่งกระแสประสาทไปที่สมองในส่วนรับการมองเห็น สมองจะทำหน้าที่แปลภาพหัวกลับเป็นภาพหัวตั้งตามสิ่งที่เห็น เมื่อนำการทำงานของนัยน์ตาของเราไปเปรียบเทียบกับกลไกการทำงานของกล้องถ่ายรูปแล้วจะพบว่าคล้ายคลึงกันมาก [9]

2.1.3 วิวัฒนาการการมองเห็นสี (Revolution of Color Vision)

การเห็นสี (อังกฤษ: Color vision) หรือการเห็นเป็นสี [10] เป็นการปรับตัวเพื่อรับรู้สิ่งเร้าทางตาเพื่อให้สามารถแยกแยะแสงโดยขึ้นกับองค์ประกอบทางความยาวคลื่นของมันการเห็นสีจำเป็นต้องมีโปรตีนอ็อปซิน (opsin) ต่างหาก ๆ ที่ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสงต่าง ๆ กัน โดยสัตว์ในแต่ละกลุ่มๆจะมีอ็อปซินต่างหาก ๆ จำนวนไม่เท่ากัน เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยมารวมทั้งสุนัข จะเห็นภาพสีด้วยเซลล์ 2 ชนิด (Dichromacy) แต่ไพรเมตจำนวนหนึ่งรวมทั้งมนุษย์ ก็สามารถเห็นภาพสีด้วยเซลล์ 3 ชนิด (Trichromacy) จึงทำให้สัตว์กลุ่มต่าง ๆ มองเห็นเป็นสีได้ดีไม่เท่ากัน

2.1.4 ตาบอดสี (Color Blindness)

ตาบอดสี [11] เป็นอาการที่ตาของผู้ป่วยแปรผลแปรภาพสีผิดไปจากผู้อื่นที่เป็นตาปกติ ตาเป็นอวัยวะจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตอย่างปกติสุขในสังคมหากเกิดความผิดปกติไม่ว่าจะเป็นเรื่องใดที่มีผลกระทบต่อการมองเห็นบุคคลนั้น ๆ ย่อมได้รับผลกระทบไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง

ภาวะตาบอดสีเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตในสังคมมากพอสมควร โดยปกติแล้วตาของคนเราจะมิเซลล์รับแสงอยู่ 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นเซลล์รับแสงที่รับรู้ถึงความมืด หรือ สว่าง ไม่สามารถแยกสีออกได้และจะมีความไวต่อการกระตุ้นแม้ในที่ที่มีแสงเพียงเล็กน้อย เช่น เวลากลางคืน เซลล์กลุ่มที่สองเป็นเซลล์ทำหน้าที่มองเห็นสีต่าง ๆ โดยจะแยกได้เป็นเซลล์ อีก 3 ชนิด ตามระดับคลื่นแสง หรือ สี ที่กระตุ้น คือ เซลล์รับแสงสี แดง เซลล์รับแสงสีน้ำเงินและเซลล์รับแสงสีเขียวสำหรับแสงสีอื่น จะกระตุ้นเซลล์ดังกล่าวมากกว่าหนึ่งชนิดแล้วให้สมองเราแปลภาพออกมาเป็นสีที่ต้องการ เช่น สีม่วงเกิดจากแสงที่กระตุ้นทั้งเซลล์รับแสงสีแดงและเซลล์รับแสงสีน้ำเงินในระดับที่พอ ๆ กัน ซึ่งเซลล์กลุ่มที่สองนี้จะทำงานได้ดีต้องมีแสงสว่างเพียงพอ ดังนั้นในที่สลัว ๆ เราจึงไม่สามารถแยกสีของวัตถุได้ แต่ยังพอบอกรูปร่างได้ เนื่องจากการทำงานในเซลล์ของกลุ่มแรกอยู่เมื่อเพิ่มแสงสว่างขึ้นเราจึงมองเห็นสีต่าง ๆ ขึ้นมา ดังนี้

(1) ตาบอดสีแดง (Protanomaly) [12]

ตาบอดสีแดงเป็นการบกพร่องตรงเซลล์รูปโคนเป็นเซลล์รับแสงสีแดง หรือมีสารสีที่ดูดกลืนความยาวคลื่นที่ยาวในที่นี้คือแสงสีแดง ความสว่างของสีแดงสีส้มและสีเหลืองจะลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับภาวะปกติบุคคลผู้ที่มีอาการตาบอดสีแบบนี้จะสับสนในเรื่องสีระหว่างสีแดงและสีดำหรือสีเทาเข้มจะทำให้มองไม่เห็นสีแดงของสัญญาณไฟจราจร โดยที่ยังสามารถแยกสีแดงออกจากสีเขียวและสีเหลืองได้โดยอาศัยความสว่างของสี แต่ก็ไม่สามารถแยกได้ทุกสี เช่น สีม่วง (Violet) สีม่วงอ่อน (Lavender) และสีม่วงเข้ม (Purple) ไม่สามารถแยกโดยใช้ความสว่างของสีได้ เพราะมีส่วนประกอบของสีแดงเรื่อๆหรือ เช่น ดอกไม้สีชมพูจะสะท้อนทั้งแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินทำให้มองเห็นเป็นสีน้ำเงิน อาการตาบอดสีแดงสามารถสรุปได้ดังนี้

- เห็นสีแดงทุกเฉดเป็นสีดำ
- คู่สีที่อันตรายคือ คู่สีน้ำตาลเข้มกับสีเขียวเข้ม, คู่สีส้มเข้มกับสีแดงเข้ม
- ไม่สามารถมองเห็นคู่สีน้ำเงินและสีแดงบางเฉด, คู่สีม่วงกับสีชมพูเข้ม
- ไม่สามารถมองเห็นคู่สีเขียวกับสีส้ม

(2) ตาบอดสีเขียว (Deuteranopia)

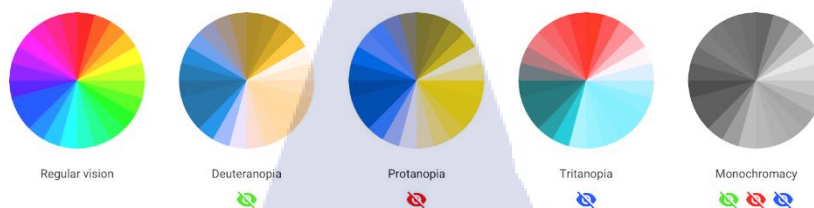
ตาบอดสีเขียวเป็นการบกพร่องตรงเซลล์รูปโคนที่เป็นเซลล์รับแสงสีเขียวหรือมีสารสีที่ดูดกลืนความยาวคลื่นกลางๆ ในที่นี้ คือ แสงสีเขียว ตาบอดสีเขียวจะยากในการหาลักษณะเด่นที่ต่างกันระหว่างสีเขียวกับสีแดงที่มีสีน้ำเงินปนเข้าไปด้วย ในเงื่อนไขนี้บางครั้งอาจจะอ้างถึงข้อบกพร่องในการมองเห็นสีเขียว/แดง บุคคลผู้ที่มีอาการตาบอดสีเขียวจะมีปัญหาในการแบ่งแยกสีเหมือนกับผู้ที่มีการตาบอดสีแดง แต่ไม่มีความผิดปกติทางด้านความสว่างของสี ชื่อของสีแดง สีส้ม สีเหลือง และสีเขียว ในที่นี้หมายถึงจะมีสีต่างไปเล็กน้อยจากสีจริง ๆ โดยที่แต่ละคนอาจจะเห็นสีแตกต่างกันไปทำนองเดียวกับสีม่วง (Violet) สีม่วงอ่อน (Lavender) สีม่วงเข้ม (Purple) และสีน้ำเงินที่มีชื่อเพิ่มขึ้นมานั้นจะสอดคล้องกับสีที่คล้ายๆกันที่เห็น อาการตาบอดสีเขียวสามารถสรุปได้ดังนี้

- ไม่สามารถมองเห็นในการแยกคู่สีแดงกับสีเขียว
- คู่สีที่อันตรายคือ สีน้ำเงินกับสีเขียวกับสีเทาและสีชมพู
- ไม่สามารถมองเห็นคู่สีเขียวสว่างกับสีเหลือง
- ไม่สามารถมองเห็นคู่สีชมพูอ่อนกับสีเทาอ่อน
- ไม่สามารถมองเห็นคู่สีฟ้าอ่อนกับสีม่วง (Lilac)

(3) ตาบอดสีน้ำเงิน (Tritanomaly)

ตาบอดสีน้ำเงินเป็นไดโครเมท (Dichromate) ชนิดหนึ่งที่บกพร่องตรงเซลล์รูปโคนที่เป็นเซลล์รับแสงสีน้ำเงินหรือมีสารสีที่ดูดกลืนความยาวคลื่นสั้นๆในที่นี้ก็คือแสงสีน้ำเงิน ตาบอดสีน้ำเงิน เป็นชนิดของตาบอดสีที่พบเจอได้ยากมากที่สุด อาการตาบอดสีน้ำเงินสามารถสรุปได้ดังนี้

- ไม่สามารถมองเห็นคู่สีฟ้าอ่อนกับสีเทา
- ไม่สามารถมองเห็นคู่สีม่วงเข้มกับสีดำ
- ไม่สามารถมองเห็นคู่สีเขียวกับสีน้ำเงิน
- ไม่สามารถมองเห็นคู่สีส้มกับสีแดง



รูปที่ 2.2 วงสีแสดงอาการตาบอดสี [13]

ในตำราของต่างประเทศจะแบ่งการบอดสีออกเป็น 3 ประเภท และแต่ละประเภทจะมีการแบ่งตามอาการบอดสี ได้แก่ [14]

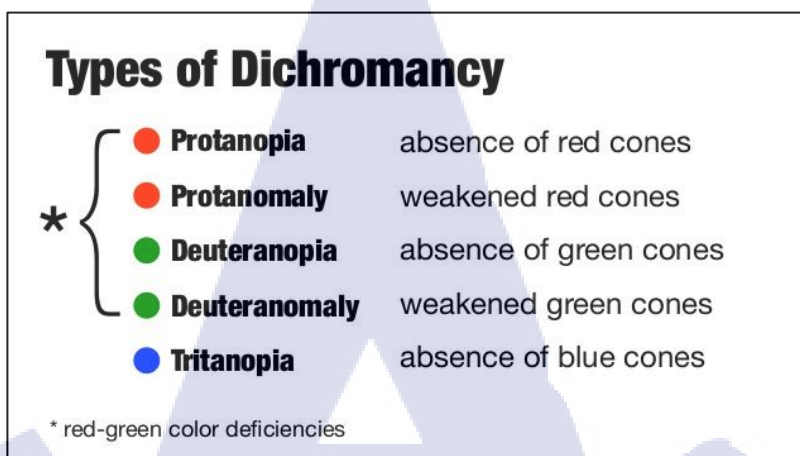
(1) ประเภทบอดสีแดง-สีเขียว

- ตาบอดจางสีเขียว (Deuteranomaly) คือ ยังสามารถมองเห็นสีเขียวได้บ้าง
- ตาบอดจางสีแดง (Protanomaly) คือ ยังสามารถมองเห็นสีแดงได้บ้าง
- ตาบอดสีเขียวแบบไม่สามารถแยกสีแดง, สีส้มและสีเขียวได้ (Deuteranopia)
- ตาบอดสีแดง แบบมองเห็นความสว่างของสีแดงกับสีส้มลดลง จากสีแดง (Protanopia)

(2) ประเภทบอดสีน้ำเงิน-สีเหลือง

- ตาบอดสีน้ำเงิน-สีเหลือง แบบแยกคลื่นความถี่ของแสงสี ทั้งสองไม่ได้ (Tritanopia)
- ตาบอดจางสีน้ำเงิน (Tritanomaly)

(3) ประเภทบอดสีโดยสมบูรณ์ (Complete color-blindness) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าตาบอดเอกรงค์ (บอดทุกสี)



รูปที่ 2.3 ประเภทของตาบอดสี [15]

2.1.5 สี

2.1.5.1 ความเป็นมาของสี

สี เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ มนุษย์ค้นพบสีจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ พืช สัตว์ ดิน แร่ธาตุ เซรามิก ไข่มุก ชีวสี (Wax) น้ำมันจากสัตว์ที่ช่วยให้สีสามารถเกาะติดวัสดุได้ กาวและยางไม้ (Gum Arabic) เคซีน (Casein: ตะกอนโปรตีนจากนม) และสารพลาสติกโพลีเมอร์ (Polymer) มาใช้เป็นส่วนผสม ทำให้เกิดสีชนิดต่าง ๆ ขึ้นมา องค์ประกอบสีแสดงได้ดังนี้ [16]

เนื้อสี (รงควัตถุ)	+	ส่วนผสม	=	สีชนิดต่างๆ
(Pigment)		(Binder)		(Color)

สี ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ในการเสริมความงามทางสุนทรียศาสตร์ (Aesthetics) ทำให้เกิดการสร้างสรรค์ความงามอย่างไม่มีขีดจำกัด โดยมีการพัฒนาเป็นระยะอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากการสกัดพืช สัตว์ ดิน แร่ธาตุ และการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการทางเคมี เพื่อเพิ่มความหลากหลาย สะดวกต่อการเลือกใช้ นอกจากแสงที่เป็นพลังงานเพียงชนิดเดียวที่ให้สีในรูปของรังสี (Ray) ที่มีความเข้มอยู่ในช่วงที่สายตามองเห็นได้

การมองเห็นสีของมนุษย์ เกิดจากการที่แสงที่สะท้อนจากวัตถุนั้นๆ มากระทบตาเรา และส่งไปสมองเพื่อแปลออกมาเป็นสีที่เห็น ดังนั้นในการมองเห็นจึงมีปัจจัยอยู่ 3 อย่าง คือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุที่มีสี และสายตาของคนเรา ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าเมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสง

ส่องมาตกกระทบวัตถุมีสี จะสะท้อนเข้าสู่ตา และตาของมนุษย์เราจะไวต่อแม่สีแสง 3 สีคือ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน [17]

สี คือการรับรู้ความถี่ (ความกว้างคลื่นหรือความยาวคลื่น) ของแสงในทำนองเดียวกันกับที่ระดับเสียง มนุษย์สามารถรับรู้สีได้เนื่องจาก สีในโลกของเรารวมๆแล้วมีประมาณ 1,498 สีทั่วโลกโครงสร้างอันละเอียดอ่อนของดวงตา ซึ่งมีความสามารถในการรับรู้แสงในช่วงความถี่ที่ต่างกัน [18]

ความสำคัญของสี เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของงานศิลปะ มีอิทธิพลต่อความรู้สึก อารมณ์ จิตใจได้มากกว่าองค์ประกอบอื่นๆ มนุษย์มีความเกี่ยวข้องกับสีอย่างแยกไม่ออก โดยใช้สีในประโยชน์ต่างๆ

- ใช้ในการจำแนกสิ่งต่างๆ เพื่อให้เห็นชัดเจน
- ใช้ในการจัดองค์ประกอบของสิ่งต่างๆ เพื่อให้เกิดความสวยงามกลมกลืน เช่น การแต่งกาย การตกแต่งบ้าน
- ใช้ในการจัดกลุ่ม พวก คณะ เช่น คณะสี เครื่องแบบต่างๆ
- ใช้ในการสื่อความหมายเชิงสัญลักษณ์ หรือบอกเล่าเป็นเรื่องราว
- ใช้ในการสร้างสรรค์งานศิลปะ เพื่อให้ความสวยงาม สร้างบรรยากาศ สมจริงและน่าสนใจ
- เป็นองค์ประกอบในการมองเห็นสิ่งต่างๆของมนุษย์

การมองเห็นด้วยตาจะบ่งบอกลักษณะของวัตถุได้ 3 ลักษณะคือ

- สีที่ปรากฏในการมองเห็น เช่น สีแดง สีเขียวหรือสีน้ำเงิน เรียกว่า Hue
- ความสว่างของสีซึ่งเป็นการสะท้อนของแสงที่มีค่าต่างกันเรียกว่า Lightness
- ความสดใส ความเข้มและความบริสุทธิ์ของสี เรียกว่า Chroma

2.1.5.1 ทฤษฎีสี

ทฤษฎีสีแสงนี้ มีชื่อเรียกอีกหลายชื่อ เช่น แม่สีบวก (Additive Color) แม่สีของนักวิทยาศาสตร์ (Scientific Color) หรือแม่สี แสงสีประเภนี้ เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกันระหว่างสี ความร้อน แสง จากการค้นพบของ เซอร์ไอแซค นิวตัน พบว่า แสงอาทิตย์มีสีต่าง ๆ รวมกันอยู่ เมื่อให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านแท่งแก้ว รูปสามเหลี่ยม (Prism) แสงที่ผ่านออกมาอีกด้านหนึ่งจะมี 7 สี คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง และถ้านำสีทั้ง 7 นี้ มาเรียงบนวงกลมนำไปหมุนเร็ว ๆ บนแป้นหมุน จะเห็น

สี ทั้ง 7 รวมกันเป็นสีขาวแสดงให้เห็นว่า แสงในธรรมชาตินั้นมีอยู่ถึง 7 สี แต่รวมกันอยู่ เรียกว่า สเปกตรัม (Spectrum) [19]

ในวิชาทัศนศิลป์ ทฤษฎีสี เป็นการแนะนำแนวทางปฏิบัติสำหรับการผสมสีและผลทางตาของการผสมสีบางอย่าง มินิยาม (หรือหมวดหมู่) ของสีโดยอาศัยวงล้อสี ได้แก่ แม่สี สีทุติยภูมิและสีตติยภูมิ [20]

แม่สี (Primary Color) คือสามสีขั้นต้น ที่เมื่อผสมกันก็จะทำให้เกิดสีอื่นๆ ต่อไป แม่สีได้แก่ สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงิน

แม่สีของแสง ประกอบไปด้วย แดง เขียว น้ำเงิน เรียกว่าสีพื้นฐานบวก (Additive Primary Colors) เกิดจากการหักเหของแสงสีขาวแม่สีแสงเป็นที่รู้จักกันในชื่อ RGB ที่ใช้ในการบันทึกภาพ ภาพยนตร์ งานโทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ การจัดแสดงเพื่อการแสดงบนเวที [21]

สีที่เกิดใหม่ของแม่สีทั้ง 3 สีที่ผสมกัน เรียกว่า สีพื้นฐานลบ (Subtractive Primary Colors)

น้ำเงิน + เขียว = ฟ้า (Cyan)

แดง + น้ำเงิน = แดงอมชมพู (Magenta)

แดง + เขียว = เหลือง (Yellow)

ใช้ประโยชน์ในระบบการพิมพ์ออฟเซต (Offset) หรือเรียกว่า ระบบสี CMYK โดยมีการเพิ่มสีดำ (Black) เพิ่มขึ้นมา

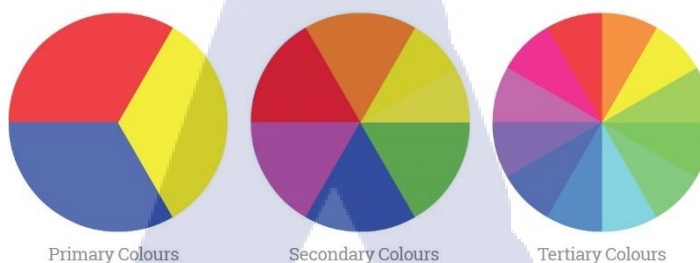
สีขั้นที่ 2 (Secondary Color) สีที่เกิดจากแม่สีผสมกันในอัตราส่วนที่เท่ากัน จะทำให้เกิดสีใหม่ 3 สี ได้แก่

- สีแดง ผสมกับ สีเหลือง ได้ สีส้ม (Orange)
- สีแดง ผสมกับ สีน้ำเงิน ได้ สีม่วง (Purple)
- สีเหลือง ผสมกับ สีน้ำเงิน ได้ สีเขียว (Green)

สีขั้นที่ 3 (Tertiary Color) สีที่เกิดจากแม่สี ผสมกับ สีขั้นที่ 2 ในอัตราส่วนที่เท่ากัน จะได้สีอื่นๆอีก 6 สีคือ

- สีแดง ผสมกับ สีส้ม ได้ สีส้มแดง (Vermillion)
- สีแดง ผสมกับ สีม่วง ได้ สีม่วงแดง (Magenta)
- สีเหลือง ผสมกับ สีเขียว ได้ สีเขียวเหลือง (Chartreuse)
- สีน้ำเงิน ผสมกับ สีเขียว ได้ สีเขียวน้ำเงิน (Teal)
- สีน้ำเงิน ผสมกับ สีม่วง ได้ สีม่วงน้ำเงิน (Violet)

- สีเหลือง ผสมกับ สีส้ม ได้ สีส้มเหลือง (Amber)



รูปที่ 2.4 วงล้อแม่สี [22]

2.1.5.2 วรรณะของสี

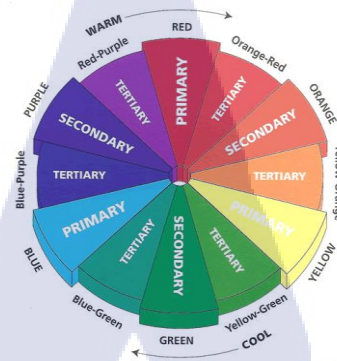
วรรณะของสี คือสีที่ให้ความรู้สึกร้อน-เย็น ในวงจรสีจะมีสีร้อน 7 สี และสีเย็น 7 สี ซึ่งแบ่งที่ สีม่วงกับสีเหลือง ซึ่งเป็นได้ทั้งสองวรรณะ แบ่งออกเป็น 2 วรรณะ

(1) วรรณะสีร้อน (Warm tone)

ประกอบด้วยสีเหลือง สีส้มเหลือง สีส้ม สีส้มแดง สีม่วงแดงและสีม่วง สีในวรรณะร้อนนี้จะไม่ใช่สีสดๆ ดังที่เห็นในวงจรสีเสมอไป เพราะสีในธรรมชาติย่อมมีสีแตกต่างไปกว่าสีในวงจรสีธรรมชาติอีกมาก ถ้าหากว่าสีใดค่อนข้างไปทางสีแดงหรือสีส้ม เช่น สีส้มตาลหรือสีเทาอมทอง ก็ถือว่าเป็นสีวรรณะร้อน

(2) วรรณะสีเย็น (Cool tone)

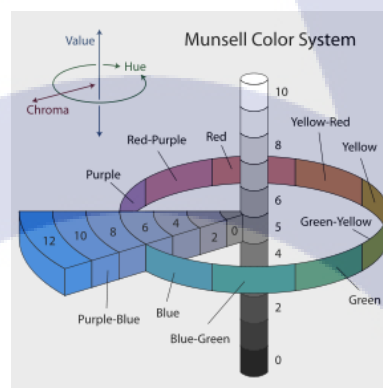
ประกอบด้วย สีเหลือง สีเขียวเหลือง สีเขียว สีเขียวน้ำเงิน สีนํ้าเงิน สีม่วงน้ำเงิน และสีม่วง ส่วนสีอื่นๆ ถ้าหนักไปทางสีน้ำเงินและสีเขียวก็เป็นสีวรรณะเย็นดังเช่น สีเทา สีดำ สีเขียวแก่ เป็นต้น จะสังเกตได้ว่าสีเหลืองและสีม่วงอยู่ทั้งวรรณะร้อนและวรรณะเย็น ถ้าอยู่ในกลุ่มสีวรรณะร้อนก็ให้ความรู้สึกร้อนและถ้าอยู่ในกลุ่มสีวรรณะเย็นก็ให้ความรู้สึกเย็นไปด้วย สีเหลืองและสีม่วงจึงเป็นสีได้ทั้งวรรณะร้อนและวรรณะเย็น [23]



รูปที่ 2.5 วงล้อวรรณะสี [24]

2.1.5.3 องค์ประกอบของสี

สีแต่ละย่อมประกอบด้วยองค์ประกอบต่อไปนี้ ตามระบบสีของมันเซลฮิว (Munsell Hue)



รูปที่ 2.6 ระบบสี [25]

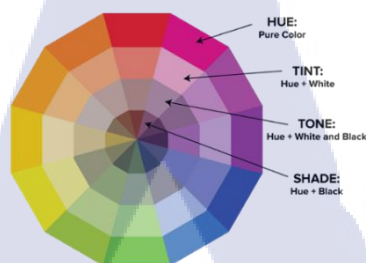
(1) ตัวสี (Hue)

เป็นลักษณะความแตกต่างของสี ซึ่งย่อมแตกต่างกันไปตามความถี่ของคลื่นแสง เช่นสีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน เป็นต้น ลักษณะของตัวสีนี้ถือได้ว่าเป็นมิติที่ 1 ของสี

(2) ค่าของสี (Value)

ความสว่างความมืดของแต่ละสี โดยทั่วไปจะกำหนดไว้เป็น 10 ระยะตั้งแต่ 0-10 ค่าของสีระยะ 0 จะเป็นสีดำและระยะ 10 จะเป็นสีขาว ในธรรมชาติเมื่อนำลูกบิลเลียดสีเขียวมาวางไว้ในส่วนที่รับแสงจ้าที่สุดจะเห็นลูกบิลเลียดเป็นสีขาว แต่ถ้าเราก่อยๆปิดห้องให้มีมืดลงทีละน้อยสีเขียวของลูกบิลเลียดนั้นจะค่อยๆคล้ำลงจนเมื่อไม่มีแสงสว่างเลย ลูกบิลเลียดนั้นจะ

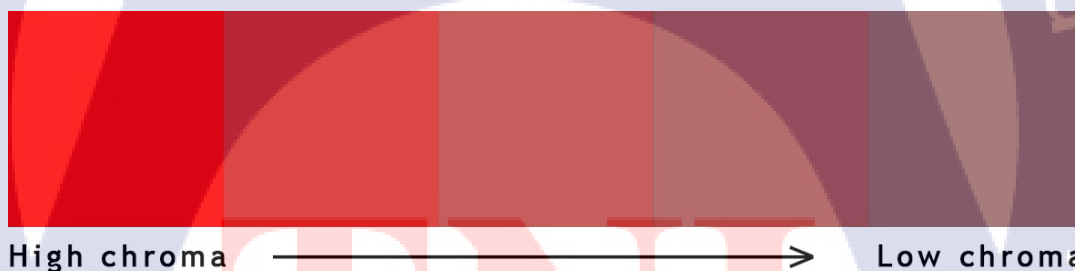
เป็นสีดำ ในการผสมสีให้ตัวสีจางลงจนกระทั่งขาว สีในลักษณะนี้เรียกว่า “สีทินต์” (Tint) และอาจใช้สีดำผสมสีให้ค่อยๆคล้ำลงจนเป็นสีดำเรียกว่า “สีเฉด” (Shade) ค่าของสีนี้ถือได้ว่าเป็นมิติที่ 2 ของสี



รูปที่ 2.7 วงล้อค่าของสี [26]

(3) ความเข้มของสี (Chroma)

ความเข้มของสีจะมีระดับใดนั้นขึ้นอยู่กับว่าตัวเนื้อสีสามารถสะท้อนความเข้มนั้นจะมีความเข้มออกมาได้มากน้อยเพียงไร โดยสามารถสกัดออกมาเป็นตัวเลขได้ตั้งแต่ 1,2,4 ตามลำดับ ยิ่งตัวเลขสูงสีมาก คุณสมบัติของสีแต่ละสีจะให้ความเข้าได้ไม่เท่ากัน นับเป็นมิติที่ 3 ของสี [27]



รูปที่ 2.8 แถบค่าความเข้มของสี [28]

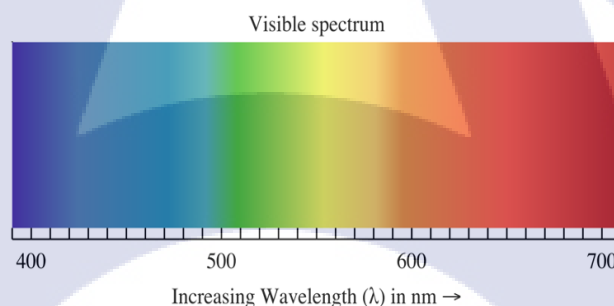
2.1.5.4 แสง

แสง ในความหมายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในบางส่วนของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า คำนี้ปกติหมายถึง แสงที่มองเห็นได้ ซึ่งตามนุษย์มองเห็นได้และทำให้เกิดสัมผัสการรับรู้ภาพ แสงที่มองเห็นได้ปกตินิยามว่ามีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400–700 นาโนเมตร ระหว่างอินฟราเรด (ที่มีความยาวคลื่นมากกว่าและมีคลื่นกว้างกว่านี้)

และอัลตราไวโอเล็ต (ที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าและมีคลื่นแคบกว่านี้) ความยาวคลื่นนี้หมายถึงความถี่ช่วงประมาณ 430–750 เทระเฮิรตซ์ [29]

คลื่นแสงมีความยาวคลื่นในช่วงที่แตกต่างกันออกไป โดยความยาวคลื่นแสงที่สั้นที่สุดที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ คือ ความยาวคลื่นประมาณ 400 นาโนเมตรซึ่งเป็นสเปกตรัมของแสงสีม่วง และความยาวคลื่นที่ยาวที่สุดที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้ คือ ความยาวคลื่นประมาณ 700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นสเปกตรัมของแสงสีแดง โดยเรียกช่วงคลื่นแสงซึ่งอยู่ในขอบเขตที่กล่าวมานี้ว่า สเปกตรัมที่ตามองเห็นได้ (Visible Spectrum) [30]

คลื่นแสงที่มีขนาดยาวกว่า 700 นาโนเมตร ได้แก่แสงอินฟราเรด (Infrared ray) คลื่นไมโครเวฟ (Microwave ray) คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ ส่วนคลื่นที่สั้นกว่า 400 นาโนเมตร ได้แก่ แสงอัลตราไวโอเล็ตหรือแสงยูวี (Ultra violet light หรือ UV light) รังสีเอ็กซ์ (X-ray) และรังสีแกมมา (Gamma ray) ซึ่งตาคนเรามองไม่เห็นเนื่องจากจอตาคนเราไม่มีเซลล์รับรู้การเห็นสีนั้น ๆ [31]



รูปที่ 2.9 ความยาวของคลื่นแสงในย่านความถี่ต่าง ๆ [32]

2.1.6 หลักการออกแบบเว็บไซต์ตามมาตรฐานการเข้าถึงเว็บไซต์ (Web Accessibility)

มาตรฐานการเข้าถึงเว็บไซต์ (Web Accessibility) หรือในความหมายภาษาไทยคือ “เว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้” หมายถึงหลักการในการสร้างเว็บไซต์ให้สามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้โดยผู้ใช้ใด ๆ โดยอุปกรณ์ใด ๆ ไม่เว้นแม้แต่เว็บเบราว์เซอร์และไม่มีข้อจำกัดด้านความพิการทางร่างกายเช่น ความพิการในด้านการมองเห็นหรือด้านการได้ยิน [33]

หรืออีกหนึ่งความหมายคือ ความสามารถในการเข้าถึงได้ทางเว็บ คำภาษาอังกฤษเรียกว่า Web accessibility หรือคำย่อว่า WA หมายถึง การสร้างเว็บไซต์เพื่อให้ผู้ใช้ทุกคน สามารถเข้าถึงเนื้อหาและบริการของเว็บไซต์ได้อย่างเท่าเทียมกัน รวมทั้งสามารถรับรู้ เข้าใจ ค้นหา และมีปฏิสัมพันธ์กับเว็บไซต์ ตลอดจนป้อนข้อมูลกลับไปยังเว็บไซต์ได้ โดยคำนึงถึงอุปสรรคในการรับรู้

ข่าวสาร ของคนบางกลุ่ม เช่น คนพิการ ผู้สูงอายุ ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วต่ำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังคำนึงถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเข้าถึงเว็บไซต์ด้วย เช่น เครื่องพีดีเอ โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

ในปัจจุบันมาตรฐาน Web Accessibility หรือ WCAG เวอร์ชันล่าสุดคือ เวอร์ชัน 2.0 เป็นมาตรฐานขององค์กร World Wide Web Consortium (W3C) ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับเป็นมาตรฐานในการออกแบบ พัฒนาเว็บไซต์ให้ผู้พิการในด้านต่างๆสามารถเข้าถึง รับข้อมูลจากเว็บไซต์ได้ [34]

นอกเหนือจากมาตรฐานที่ออกแบบเพื่อให้คนที่พิการในด้านต่างๆแล้ว มาตรฐาน Web Accessibility ยังครอบคลุมไปถึงกลุ่มผู้ใช้งานปกติได้อีกด้วย ได้แก่

- ผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือ, นาฬิกาอัจฉริยะ (Smart Watch), โทรทัศน์อัจฉริยะ (Smart TVs) หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีหน้าจอขนาดเล็ก หรือการแสดงผลในรูปแบบอื่น ๆ เป็นต้น
- ผู้ใช้งานสูงอายุ
- ผู้ใช้งานทุพพลภาพชั่วคราว เช่น แขนหัก, แวนสายตาหาย เป็นต้น
- ผู้ใช้งานที่มีข้อจำกัดในการมองเห็น เช่น อยู่ในที่มีแสงสว่างมากหรืออยู่ในสถานที่ไม่สามารถรับฟังเสียงได้
- ผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตความเร็วต่ำหรือมีแบนด์วิธอยู่ในระดับต่ำ [35]

ในมาตรฐาน Web Accessibility ได้ระบุถึงการใช้สีภายในเว็บไซต์ในข้อกำหนดที่ SC 1.4.1 ไว้ว่า การใช้สีเป็นการสื่อความหมายในอีกรูปแบบหนึ่ง เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นการกระทำ, ความพร้อมในการตอบสนอง หรือการเห็นความแตกต่างกันของภาพ, สื่อต่าง ๆ (ระดับ A) [36]

ข้อกำหนดในการใช้สีบนเว็บไซต์ ตามมาตรฐานข้อที่ 1.4.1 ได้แก่

- ต้องคำนึงถึงผู้ใช้ที่สามารถมองเห็นได้เพียงบางส่วนหรือมีข้อจำกัดในการมองเห็นสี
- ต้องคำนึงถึงผู้ใช้ที่เป็นผู้สูงอายุที่อาจจะมองเห็นสีได้ไม่ดี
- ต้องคำนึงถึงผู้ใช้ที่เป็นตาบอดสีที่ต้องรับข้อมูลผ่านการใช้สี
- ต้องคำนึงถึงผู้ใช้ที่อ่านแต่ตัวหนังสือเท่านั้น, ผู้ใช้ที่มีข้อจำกัดในการมองเห็นสี หรือเห็นเป็นสีขาวดำ ที่อาจจะไม่สามารถรับข้อมูลที่เป็นการใช้สีได้
- ต้องคำนึงถึงผู้ใช้ที่ประสบปัญหาในการแยกระหว่างสีที่สามารถมองเห็นได้ หรือสีที่สามารถรับฟังได้ผ่านตัวหนังสือ
- ต้องคำนึงถึงผู้ใช้ที่ใช้ตัวอักษรเบรลล์หรือใช้การสัมผัสตัวหนังสือเพื่อรับข้อมูลต่าง ๆ [37]

นอกจากนี้ ยังมีการสรุปแนวทางในการออกแบบสำหรับคนตาบอดสีด้วย ได้แก่

- ออกแบบแผนภูมิและกราฟต่างๆด้วยความระมัดระวัง ตรวจสอบให้มั่นใจว่าการใช้ข้อความต่างๆหรือการเน้นข้อความสำคัญต่างๆ เช่น การใช้ช่องว่าง, รูปทรงต่างๆ
- ข้อความที่อยู่บนภาพควรมีอัตราส่วนการตัดกันของสีที่ 4.5:1 เป็นอย่างน้อย และใช้ข้อความเท่าที่จำเป็น
- คำนึงถึงการใช้ข้อความและพื้นหลังที่เหมาะสม
- สำหรับตัวอักษรขนาดปกติ ให้มีอัตราส่วนการตัดกันของสีอย่างน้อย 7:1
- ตัวอักษรขนาดใหญ่ (มากกว่า 18 พอยต์/24 พิกเซล หรือ 14 พอยต์/19 พิกเซลในรูปแบบตัวหนา) มีขนาดของอัตราส่วนอย่างน้อย 3:1
- สำหรับข้อความที่เป็นลิงค์ให้มีขนาดอย่างน้อย 3:1 และมีตัวบ่งชี้ (เส้นใต้) และควรปรากฏลิ้งค์เมื่อใช้เมาส์ชี้ที่เหนือข้อความ [38]

2.1.6.1 การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface)

ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface, UI) หมายถึง สิ่งที่มีไว้ให้ผู้ใช้ในการกระทำกับระบบหรือสิ่งของต่างๆ ซึ่งอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครื่องกล อุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าใด ๆ หรือระบบที่มีความซับซ้อนอื่น ๆ เพื่อให้สิ่งๆนั้นทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ [39]

ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้สามารถจัดได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ได้แก่

- ส่วนที่นำข้อมูลเข้า หรือส่วนส่งงาน เรียกว่า อินพุต (Input)
- ส่วนที่ใช้แสดงผลลัพธ์ หรือส่วนที่ไว้อรับคำสั่งจากผู้ใช้ เรียกว่า เอาต์พุต (Output)

การใช้งานระบบใด ๆ ที่มีความสลับซับซ้อน จะมีหลักการทำงานพื้นฐานอยู่ 3 ส่วนคือ ส่วนอินพุต (Input) ส่วนการประมวลผล (Process) และส่วนเอาต์พุต (Output) ซึ่งส่วนการนำเข้าและส่วนแสดงผลลัพธ์เป็นส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้โดยตรงจึงเรียกว่า ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

ส่วนต่อประสานผู้ใช้ (UI) เป็นการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ เป็นพื้นที่ให้มนุษย์และเครื่องจักรมีปฏิสัมพันธ์กัน [40] หรือจะกล่าวอย่างละเอียดได้ดังนี้ สื่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) หมายถึง สื่อกลางในการติดต่อและโต้ตอบระหว่างผู้ใช้งานกับระบบคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อทางด้านฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์ หากเป็นสื่อทางด้านฮาร์ดแวร์จะประกอบไปด้วย อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ เช่น เมาส์ คีย์บอร์ด

ลำโพง เครื่องพิมพ์ เป็นต้น แต่หากเป็นสื่อทางด้านซอฟต์แวร์ จะหมายถึง ลักษณะการแสดงผลทางจอภาพและทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์กัน

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ระบบสารสนเทศทุกระบบซอฟต์แวร์ทุกประเภทจะต้องมีองค์ประกอบส่วนนี้รวมอยู่ด้วยแน่นอน ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดก็ตาม หากการประมวลผลข้อมูลของคอมพิวเตอร์เป็นเพียงการนำข้อมูลเข้าและประมวลผลข้อมูลนั้นเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการแสดงผลลัพธ์ใดๆ ก็มิอาจกล่าวได้ว่าเป็นการทำงานของ “ระบบคอมพิวเตอร์” ได้แน่นอน เนื่องจากคำว่า “ระบบ” จะต้องมีส่วนประกอบครบทุกส่วน ได้แก่ ส่วนนำเข้า (Input) ส่วนประมวลผล (Process) และส่วนผลลัพธ์ (Output) ซึ่งการแสดงผลลัพธ์ออกทางจอภาพในอดีต ส่วนใหญ่เป็นการในรูปแบบของบรรทัดคำสั่ง (Command Line) เป็นการติดต่อกับผู้ใช้โดยแสดงเป็นคำสั่งให้ผู้ใช้ปฏิบัติจึงเกิดการโต้ตอบหรือมีปฏิสัมพันธ์กันขึ้น ต่อมาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาขีดความสามารถมากขึ้น ทำให้นักพัฒนามีเครื่องมือในการสร้างสื่อประสานได้ง่ายและสวยงามมากขึ้น ด้วยรูปแบบที่เรียกว่า “สื่อประสานแบบกราฟิก (Graphic User Interface : GUI)” โดยสามารถสร้างสื่อประสานให้มีหลายรูปแบบ เช่น เมนูคำสั่ง แบบฟอร์มการถาม-ตอบ เป็นต้น ซึ่งในช่วงต้นอาจจะยังมีรูปแบบ สีสัน และความละเอียดของภาพไม่มากนัก แต่ปัจจุบันทุกรูปแบบของสื่อประสานกับผู้ใช้มีสีสันสวยงาม มีการใช้งานที่ง่ายดายมากขึ้น และที่สำคัญคือผู้ใช้สามารถประสานติดต่อหรือโต้ตอบกับระบบได้ด้วยการใช้เสียงพูด (Natural Language) หรือนิ้วสัมผัส ที่นับว่าเป็นการอำนวยความสะดวกมากยิ่งขึ้นให้ผู้ใช้ที่มีความชำนาญไม่มากนัก [41]

ระบบสารสนเทศหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทุกชนิดจะต้องมีองค์ประกอบสำคัญที่เรียกว่า “สื่อประสานกับผู้ใช้” และเช่นเดียวกันกับการพัฒนาระบบสารสนเทศชนิดอื่น การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะต้องมีการออกแบบสื่อประสานผู้ใช้ เพื่อใช้เป็นสื่อกลางในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบ

ดังนั้น การออกแบบสื่อประสานผู้ใช้จึงถือเป็นหัวใจสำคัญต่อการบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการสร้างและพัฒนา ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม การสร้างสื่อประสานกับผู้ใช้ให้มีคุณภาพและประสบความสำเร็จ ผู้สร้างมักต้องพบกับความซับซ้อนของปัจจัยแวดล้อมต่างๆ เช่น ความซับซ้อนของเทคโนโลยี ความซับซ้อนทางจิตวิทยา ความซับซ้อนทางด้านฟิสิกส์ และความซับซ้อนของปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ อีกมากมายในระหว่างการออกแบบสื่อประสานผู้ใช้นั้น นอกจากผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของสื่อประสานผู้ใช้ทั้งในส่วนของผู้ใช้ระบบและส่วนของระบบคอมพิวเตอร์ ผู้ออกแบบยังควรคำนึงถึงและพิจารณาถึงสิ่งต่อไปนี้

- คำนึงถึงขณะที่ผู้ใช้กำลังปฏิบัติงานจริงกับระบบ
- คำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ระบบ

- คำนึงถึงความสามารถรอบด้านที่ต้องปรับให้เข้ากับระบบอื่น ๆ ด้วย
- คำนึงถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยตัวผู้ใช้อย่าง
- คำนึงถึงคุณภาพของเครื่องมือที่ผู้ใช้จะหยิบใช้
- สามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ได้อย่างลงตัว โดยไม่มีปัญหาเรื่องฮาร์ดแวร์
- คำนึงถึงระดับความต้องการของผู้ใช้
- คำนึงถึงความอ่อนล้าของระบบที่เกิดจากการใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานานๆ
- คำนึงถึงมาตรฐานการใช้คำสั่งที่ต้องมีความเหมือนกัน
- คำนึงถึงความสนุกสนานเมื่อใช้งานระบบอยู่
- การเลือกใช้อุปกรณ์ Input และ Output ที่ดี
- การออกแบบหน้าจอการทำงานให้สวยงาม ดูน่าใช้
- ลำดับขั้นตอนการใช้โปรแกรมต้องไม่ซับซ้อน
- สามารถรองรับจำนวนสารสนเทศที่ผ่านเข้า - ออก ได้อย่างเหมาะสม
- พิจารณาใช้ไอคอน และสัญลักษณ์ต่างๆ ให้เหมาะสม
- ผู้ใช้จะต้องเข้าใจรูปแบบการแสดงผลสารสนเทศได้อย่างง่ายดาย

การแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากระบบการตัดสินใจ สามารถแสดงได้ทั้งแบบมีสีและขาวดำ ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้ระบบแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการแสดงผลแบบสีมีทั้งข้อดีและข้อเสียดังต่อไปนี้

ประโยชน์ของการแสดงผลแบบสี

- สามารถให้ความรู้สีก่อนโนนเวลามอง
- สามารถแสดงให้เห็นถึงการเน้นข้อความหรือการให้ความสำคัญแก่ข้อความหรือสารสนเทศบนแหล่งเอกสารได้
- ช่วยให้สามารถแบ่งแยกรายละเอียดที่มีความซับซ้อนให้ดูได้ง่ายขึ้น
- สามารถเน้นส่วนที่เป็นข้อความเตือนให้เด่นชัดขึ้นได้

ปัญหาที่เกิดจากการแสดงผลแบบสี

- เป็นปัญหาต่อผู้ใช้งานที่มีอาการตาบอดสี
- ความละเอียดของสีอาจจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้กับอุปกรณ์ต่างชนิดกัน

- ความถูกต้องของสื่ออาจจะคลาดเคลื่อนเมื่อมีการใช้อุปกรณ์ต่างชนิดกัน การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานที่ดีควรคำนึงถึงความเหมาะสมและแนวความคิด

(1) ผู้ใช้ระบบมักจะตัดสินใจโปรแกรมจากหน้าต่าง แทนที่จะเป็นฟังก์ชันการใช้งาน การดีไซน์หน้าต่างการใช้งานที่ไม่ดีเป็นสาเหตุใหญ่ที่สุดที่ทำให้บางโปรแกรมนั้นไม่เคยถูกนำไปใช้งาน

(2) ควรหลีกเลี่ยงการใช้การใช้คำศัพท์ด้านเทคนิคกับผู้ใช้งาน ไม่ควรใช้คำศัพท์ด้านเทคนิค เช่น ไดเรกทอรี (Directory), ไฟล์ ไอเดนติไฟเออร์ (File Identifier)

(3) การแสดงให้เห็นไปในแนวเดียวกัน คำสั่งและตัวเมนูควรใช้แบบอักษรประเภทเดียวกันควรใช้แบบและขนาดตัวอักษรเหมือนกันและตำแหน่งของข้อความควรปรากฏในตำแหน่งเดียวกันเวลาที่มีการแสดงของข้อความ

(4) ระบบการตอบกลับเมื่อเจอข้อผิดพลาด

(5) การแนะนำช่วยเหลือผู้ใช้งาน มีการแนะนำ, การสาธิตวิธีการใช้งานหรือมีคู่มือการใช้งานออนไลน์

(6) ความหลากหลายของผู้ใช้งานวางแผนพัฒนาให้เหมาะสมสำหรับผู้ใช้งานทุกกลุ่มและให้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้ใช้งาน

(7) ความบกพร่องทางกายภาพของผู้ใช้งาน

ในการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานต้องออกแบบโดยคำนึงถึงหลักการออกแบบโดยพื้นฐานของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานนั้นต้องสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ข้อ ดังนี้ [42]

- สามารถออกแบบหน้าต่างหรือสื่อให้ด้านการมองเห็น
- ส่วนติดต่อผู้ใช้งานเข้าใจง่าย มีความสามารถที่จะทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจว่าแต่ละส่วนที่ปรากฏในส่วนติดต่อผู้ใช้งานมีความหมายว่าอย่างไร
- ส่วนติดต่อผู้ใช้งานจะสามารถทำให้ผู้ใช้งานมีปฏิสัมพันธ์กับมันได้อย่างไร ในกรณีที่ส่วนติดต่อผู้ใช้งานนั้นได้รับการออกแบบไม่ดีแล้วจะเกิดปัญหา เช่น
- ระบบไม่สามารถแสดงข้อมูลที่ถูกต้องและ/หรือไม่ครบถ้วน
- ผู้ใช้งานสับสน ไม่สามารถเข้าใช้งานระบบได้
- ผู้ใช้งานเกิดความรู้สึกไม่อยากเข้าใช้งานระบบอีก

2.1.6.2 การออกแบบสำหรับคนตาบอดสี

ปัญหาในการออกแบบสำหรับคนตาบอดสีโดยเฉพาะเรื่องการใช้สีนั้น เป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบควรให้ความสำคัญ ไม่ว่าผู้ออกแบบจะอยู่ในอุตสาหกรรมด้านไหนก็ตาม ผู้ออกแบบควรคำนึงการออกแบบที่สามารถทำให้คนที่เห็นและไม่เห็นตาบอดสีสามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆได้เท่าเทียมกัน ผู้ออกแบบควรพิจารณาการใช้สี ในกรณีที่ใช้สีสื่อความหมาย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) ลิงค์

ใช้สีที่แตกต่างกันเพื่อบ่งชี้ให้ผู้ใช้ทราบว่าลิงค์เข้าสู่เว็บไซต์ แนะนำผู้ออกแบบให้ใช้การขีดเส้นใต้

(2) แผนภูมิและกราฟ

การใช้กราฟและแผนภูมิมักจะใช้สีเพื่อเป็นการเน้น แยกข้อมูล ควรใช้พื้นผิวหรือลายต่าง ๆ (เช่น เส้น, จุด, เครื่องหมายแฮช (#) และอื่น ๆ) แทนการใช้สี

(3) แผนที่

แผนที่ส่วนใหญ่จะใช้สีในการแสดงข้อมูลเส้นทางของรถประจำทาง, ทางด่วน และทางหลวงชนบท

(4) เกม

ส่วนใหญ่ในเกมต่างๆ จะใช้สีในการแบ่งทีมของผู้เล่นหรือเพื่อบอกความแตกต่างในระบบเกม ผู้ออกแบบควรพิจารณาการออกแบบเกมด้วยการเพิ่มข้อบ่งชี้ (Indicator) เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างวัตถุ (Object) ระหว่างทีมของผู้เล่น (Team) และอื่น ๆ ผู้ออกแบบสามารถนำตัวชี้วัดนี้มาใช้ในการออกแบบ

(1) ไม่ควรใช้สีผสมกัน

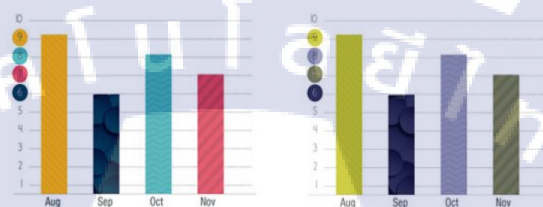
ผู้ออกแบบไม่ควรใช้สีที่มีการตัดกันของสีมากเกินไป เช่น สีแดงกับสีเขียว, สีเขียวกับสีน้ำตาล, สีน้ำเงินกับสีม่วง, สีเขียวกับสีน้ำเงิน, สีเขียวอ่อนกับสีเหลือง, สีน้ำเงินกับสีเทา, สีเขียวกับสีเทา และสีเขียวกับสีดำ

(2) ใช้สีที่มีความตัดกันสูง

คนตาบอดสีสามารถแยกเฉดสี, ความสว่างของสี และค่าความบริสุทธิ์ของสีได้ดีกว่า ใช้พื้นผิว ลายต่าง ๆ ในการใช้แผนที่, แผนภูมิ, กราฟ และอินโฟกราฟิก ควรประกอบด้วยพื้นผิว (เช่น เส้น, จุด, เครื่องหมายแฮช (#)) เพิ่มลงไปในการใช้สีเพื่อสื่อความหมาย

(3) ออกแบบชิ้นงานในมุมมองของคนที่เป็นตาบอดสี
ทดลองใช้เว็บไซต์ที่สามารถจำลองการมองเห็นของผู้
ที่มีอาการตาบอดสี และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแบบจากคำแนะนำที่ได้รับ

โดยปกติ หน้าที่ของแผนภูมิและชุดของข้อมูล คือถ่ายทอดข้อมูล ดังนั้นจึงควร
ออกแบบให้เหมาะสมกับผู้ที่มีอาการตาบอดสี จากภาพ แผนภูมิทางด้านซ้ายได้รับการออกแบบให้ทุก
คนทั้งผู้ที่มีอาการและไม่มีอาการบอดสี แต่ในแผนภูมิทางขวาคือภาพที่ผู้ที่มีอาการตาบอดสีประเภท
บอดสีแดง-สีเขียว และในแผนภูมิดังกล่าวมีการใส่พื้นผิวต่างๆ เพื่อแสดงให้เห็นว่ามีข้อมูลชุดใดบ้าง



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างแผนภูมิที่ออกแบบตามหลักการออกแบบ [43]

2.1.7 การนำเสนอข้อมูล

การนำเสนอภาพข้อมูล หรือ การนำเสนอข้อมูลเชิงกราฟิก เป็นการศึกษาด้าน
นำเสนอข้อมูลจากภาพ หมายถึง (การแสดง) ข้อมูลที่ถูกทำให้เป็นนามธรรมนามในลักษณะแบบแผน
อย่างใดอย่างหนึ่ง รวมถึงแสดงคุณลักษณะหรือตัวแปรของหน่วยของข้อมูลหรืออาจจะกล่าวได้อีก
อย่างหนึ่งว่าการนำเสนอภาพข้อมูล [44] การนำเสนอที่ดีมีได้หมายความว่า เป็นการเสร็จสิ้นของการ
ดำเนินงานทางสถิติ แต่การนำเสนอที่ดีจะช่วยปูพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะข้อความจริง
ต่างๆ ตลอดจนการเปรียบเทียบข้อมูลจะได้รับการนำเสนอให้แลเห็นเด่นชัด ความเข้าใจของผู้ใช้สถิติ
ในเรื่องการนำเสนอข้อมูล จะช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลเหล่านั้นได้อย่างฉลาดและถูกต้อง
ในการนำเสนอข้อมูลอาจทำได้ทั้งอย่างไม่มีแบบแผน และอย่างมีแบบแผน การนำเสนออย่างไม่มีแบบ
แผน หมายถึง การนำเสนอที่ไม่มีกฎเกณฑ์อะไร ที่จะต้องถือเป็นหลักมากนัก การนำเสนอแบบนี้ได้แก่
การแทรกข้อมูลลงในบทความ และข้อเขียนต่างๆ ส่วนการนำเสนออย่างมีแบบแผนนั้น เป็นการ
นำเสนอที่จะต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ ที่ได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน ตัวอย่างการนำเสนอแบบนี้
ได้แก่ การนำเสนอในรูปตาราง รูปกราฟ และรูปแผนภูมิ เป็นต้น [45]

2.1.8 ธุรกิจอัจฉริยะ

ธุรกิจอัจฉริยะ หรือ Business Intelligence คือ ซอฟต์แวร์ที่นำข้อมูลที่มีอยู่เพื่อจัดทำรายงานในรูปแบบต่างๆ ที่เหมาะสมกับมุมมองในการวิเคราะห์และตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน และใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลของงานในมุมมองต่างๆ โดยธุรกิจอัจฉริยะนั้นจะประกอบไปด้วยข้อมูลและโปรแกรมแอปพลิเคชัน ด้านการวิเคราะห์มากมายหลายระบบ เช่น ดาต้าแวร์เฮาส์ (Data Warehouse), ดาต้ามาร์ท (Data Mart), การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Operations Research & Numerical Methods) เป็นต้น [46]

ธุรกิจอัจฉริยะเป็นชุดของเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและชุดคำสั่งงานเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูล ที่มาจากระบบสารสนเทศต่าง ๆ นำมาวิเคราะห์ด้วยชุดคำสั่งงานให้เป็นสารสนเทศที่ผู้ใช้ประสงค์ตามที่กล่าวมาแล้วนั้น เพื่อให้การทำงานบรรลุตามเป้าหมายการทำงานของปีไอจึงประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนหลัก คือ

- (1) ชุดเครื่องมือในการคัดแยก (Extract) เปลี่ยนแปลง (Transform) และบรรจุ (Load) ในที่จัดเก็บ

เครื่องมือชุดนี้เป็น ที่รู้จักกันในชื่อที่เรียกว่า อีทีแอล (ETL) เนื่องจากข้อมูลในแหล่งกำเนิดข้อมูลมีทั้งจำนวนและปริมาณที่สูงมาก ในการวิเคราะห์ ข้อมูลผู้ใช้ข้อมูลจะมีความต้องการข้อมูลเฉพาะอย่างไม่ใช่ข้อมูลทั้งหมดและที่สำคัญคือข้อมูลที่ต้องการนั้นไม่ได้อยู่ในแหล่งข้อมูล เดียวกันทั้งหมด เครื่องมือชุดนี้จะช่วยทำหน้าที่คัดแยกข้อมูลเฉพาะที่ผู้ใช้ต้องการจากทุกแหล่งข้อมูลมารวมกัน เมื่อข้อมูลมาจาก แหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันทำให้เกิดความแตกต่างในเรื่องต่าง ๆ เช่น ขนาดของข้อมูล ลักษณะ รูปแบบ ดังนั้นเครื่องมืออีทีแอล จะทำการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing) เพื่อให้ข้อมูลมีความสม่ำเสมอ สอดคล้องกันทั้งหมด ก่อนจะนำบรรจุลงที่เก็บ ที่เรียกว่า คลังข้อมูล (Data Warehouse)

- (2) คลังข้อมูล (Data Warehouse)

เป็นที่จัดเก็บข้อมูลนำมาจากแหล่งข้อมูลภายในองค์กร ซึ่งก็คือระบบสารสนเทศ ในระดับปฏิบัติการ แหล่งข้อมูลภายนอกที่ผู้บริหารเห็นว่ามีจำเป็นต้องใช้ในการทำงานการตัดสินใจของผู้บริหาร และข้อมูล ส่วนบุคคล (Personnel Data) เช่น ข้อมูลที่ผู้บริหารบันทึกไว้สำหรับในการทำงานของตนเอง ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกนำมาจัดเตรียม ให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมจะทำงานเชิงวิเคราะห์ (Analytical Data) ตามที่ผู้บริหารต้องการได้คลังข้อมูลจะเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้วยชุดคำสั่งงานต่าง ๆ เช่น การประมวลผลเชิงวิเคราะห์แบบออนไลน์หรือโอแลป (On-Line Analytical Processing, OLAP) การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) และระบบสารสนเทศอื่น ๆ เป็นต้น

(3) ชุดคำสั่งงานเพื่อการวิเคราะห์

จะประกอบไปด้วยชุดคำสั่งงานหลายชุดคำสั่งที่จะทำการวิเคราะห์ในประเด็นที่แตกต่าง หลากหลายกันไปผู้ใช้จะเลือกชุดคำสั่งงานตามที่ต้องการมาใช้อันได้แก่

- ชุดคำสั่งงานในการจัดทำรายงาน

รวมถึงการนำเสนอรายงานจากการสอบถามที่ไม่ได้มีการคาดการณ์ไว้ก่อน (Ad Hoc Query) รายงานที่นำเสนอ มักจะเป็นผลการดำเนินงานตามตัวบ่งชี้การดำเนินงานต่าง ๆ ของหน่วยงาน หรือการติดตาม ค่าเป้าหมายของการดำเนินงานที่สำคัญ การนำเสนอรายงานมักจะอยู่ในรูปแบบของกราฟเพื่อทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายผ่าน Dashboard

- การประมวลผลเชิงวิเคราะห์ แบบออนไลน์ หรือโอ แอล บ (Online Analytical Processing, OLAP)

เป็นชุดคำสั่งงาน ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานวิเคราะห์ข้อมูลที่มาจากคลังข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นบ่อยจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลหลายมิติ (Multidimensionality) เพื่อช่วยให้ผู้วิเคราะห์ได้มองเห็นข้อมูลในเชิงลึกในมิติต่าง ๆ เป็นการเสริมความเข้าใจในสถานการณ์ ให้มากขึ้น

- การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

เป็นชุดคำสั่งงานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อค้นหาความสัมพันธ์ในระหว่าง ข้อมูลที่ไม่เคยมีการค้นพบมาก่อน หรือคาดการณ์กันมาก่อน การได้ค้นพบสิ่งใหม่ก่อนผู้อื่น อาจจะสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ผลการวิเคราะห์ที่นำเสนอจากการทำเหมืองข้อมูล เช่น การวิเคราะห์เพื่อจัดประเภทลูกค้า การค้นหากลุ่มของลูกค้า การค้นหาลักษณะหรือพฤติกรรมของลูกค้าในแต่ละกลุ่ม การพยากรณ์พฤติกรรมของลูกค้าที่อาจจะพาไปสู่การกระทำที่ไม่ดีเช่น การฉ้อโกง องค์กร เป็นต้น [47]

ธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence) สามารถนิยามได้อีกว่า เป็นชุดของการคำนวณทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์วิธีการ การวิเคราะห์ทางธุรกิจ (Business Analytics) หมายถึง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เข้ามาทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อช่วยในการดำเนินธุรกิจ แบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

(1) การวิเคราะห์แบบพื้นฐาน (Descriptive Analytics)

รูปแบบของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบพื้นฐานที่สุด โดย เน้นการอธิบายว่ากำลังเกิดขึ้น หรืออาจจะเกิดอะไรขึ้น สามารถอธิบายถึงสาเหตุการเกิดต่าง ๆ ได้ เช่น รายงานธุรกิจ รายงานผลดำเนินงานที่ผ่านมา ตัวอย่างของการวิเคราะห์แบบพื้นฐาน

(2) การวิเคราะห์แบบพยากรณ์ (Predictive Analytics)

รูปแบบการใช้ข้อมูลที่มีความซับซ้อนขึ้นมา โดยจะเป็นการ “พยากรณ์” หรือ “ทำนาย” สิ่งที่กำลังเกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลในอดีต ร่วมกับโมเดลทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ หรือร่วมกับการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) นอกจากนี้การวิเคราะห์แบบพยากรณ์ (Predictive Analytics) ยังทำให้สามารถวิเคราะห์ หาโอกาสและความเสี่ยงต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ด้วย เช่น การรู้แนวโน้มทางการตลาด การพยากรณ์ยอดขาย คำนวณ “ความน่าจะเป็น” ที่บุคคลจะสามารถชำระหนี้ได้ในอนาคต เป็นต้น [48]

(3) การวิเคราะห์แบบให้คำแนะนำ (Prescriptive Analytics)

รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูล ที่มีความซับซ้อนและยากที่สุด เพราะไม่เพียงแต่พยากรณ์หรือทำนายว่าอะไรจะเกิดขึ้น แต่ยังให้คำแนะนำในทางเลือกต่าง ๆ รวมถึงผลที่จะตามมาของแต่ละทางเลือกด้วย รวมทั้งมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนการวิเคราะห์ เมื่อได้รับข้อมูลเพิ่มเติมเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์แบบให้คำแนะนำ (Prescriptive Analytics) จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่กว้างขวาง หลากหลายมากกว่าเพียงแค่ข้อมูลในอดีต [49]

ธุรกิจอัจฉริยะ หรือ Business Intelligence คือ เครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านธุรกิจ หรือ Business Analytics ในส่วนการวิเคราะห์พื้นฐานและการวิเคราะห์แบบให้คำแนะนำหรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ธุรกิจอัจฉริยะ คือชุดของวิธีการดำเนินงาน, กระบวนการ, สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยีการแปรรูปข้อมูลดิบให้เป็นข้อมูลที่สามารถนำเสนอข้อมูลเชิงลึกเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจในด้านการวางแผนกลยุทธ์ และการดำเนินการทางธุรกิจ [50]

ข้อได้เปรียบของการนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจ มีดังนี้

(1) ใช้งานง่าย

ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านฐานข้อมูลเมื่อผู้ใช้เลือกรายการที่ต้องการ แล้วระบบจะสามารถผลิตผลลัพธ์ได้ตามต้องการ

(2) ข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำ

ทำให้สามารถใช้ข้อมูล เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้เกิดความ ได้เปรียบคู่แข่งในเชิงกลยุทธ์

(3) สามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลและคลังข้อมูลได้

ผู้ใช้สามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลที่หลากหลายทั้งภายในและภายนอกมาทำการวิเคราะห์ได้โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรม เช่น การใช้งานโปรแกรม Excel Access, SQL Server และ Oracle เป็นต้น

(4) สามารถนำข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของตารางไปใช้งาน [48]

ดังนั้นนิยามของคำว่า ธุรกิจอัจฉริยะ คือ การนำเอาข้อมูลสารสนเทศที่มีอยู่มาก่อนให้ประโยชน์สูงสุด เพื่อช่วยให้เกิดการตัดสินใจที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยใช้เทคโนโลยีเป็นส่วนประกอบที่ทำให้ประสบผลสำเร็จ หรือสรุปได้ว่า ธุรกิจอัจฉริยะ หรือ BI เป็นสถาปัตยกรรมที่รวบรวมเครื่องมือต่างๆเพื่อนำข้อมูลที่มีอยู่เดิมมารวบรวม จัดเก็บ สร้างวิธีการเข้าถึงข้อมูลให้เหมาะกับการวิเคราะห์สถานการณ์ เพื่อแสดงความสัมพันธ์และทำนายผลลัพธ์ของแนวโน้มที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงการวิเคราะห์แบบจำลองหลายมิติ (Multidimensional Model) ของแต่ละหน่วยงาน ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานในองค์กรทำการตัดสินใจทางธุรกิจที่ดีขึ้นและทำให้สามารถวิเคราะห์การดำเนินงานได้อย่างเหมาะสม [51]

นอกจากความหมายของธุรกิจอัจฉริยะแล้ว ในส่วนของธุรกิจอัจฉริยะที่ยังมีส่วนการทำงานอยู่เบื้องหลัง เพื่อซึ่งให้ได้มาของข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ส่วนนั้นใช้ชื่อเรียกว่า ระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence Systems)

ระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence Systems) คือ ระบบที่เข้ามาช่วยพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา พัฒนาระบบการตัดสินใจขององค์กร ในปัจจุบันมีเครื่องมือที่สามารถเข้ามาช่วยในเรื่องกระบวนการของการตัดสินใจมากมาย ความแตกต่างของเครื่องมือเหล่านี้สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทหลักๆคือ

(1) ประเภทที่ใช้ในการรายงานข้อมูล

เครื่องมือประเภทที่ใช้ในการรายงานข้อมูลจะเป็นการศึกษา, คัดกรองข้อมูลที่สนใจรวบรวมข้อมูล, สรุปข้อมูลหรืออื่นๆอีกขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน

(2) ประเภทวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือในลักษณะนี้จะเป็นการทำงานทางด้านสถิติ, การทำเหมืองข้อมูล, การศึกษาวิจัยการดำเนินงานและยังมีอัลกอริทึมที่สามารถทำนาย, ประเมินการวิเคราะห์และหาจุดสมดุลภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้ [52] ระบบธุรกิจอัจฉริยะใช้เครื่องมือ (Tool) ที่สำคัญคือ คลังข้อมูล (Data Warehouse), การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) [48]

โดยเครื่องมือทั้งสองประเภทยังมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

(1) ให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย

ทำให้เจ้าของธุรกิจ ผู้บริหาร หรือพนักงานที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย ช่วยให้สามารถวิเคราะห์และตัดสินใจทางธุรกิจได้อย่างแม่นยำ

(2) ธุรกิจอัจฉริยะช่วยเปลี่ยนสภาพข้อมูลให้พร้อมใช้

ระบบสามารถเปลี่ยนสภาพ (Transform) จาก ข้อมูล (Data) ไปสู่สารสนเทศ (Information) และองค์ความรู้ (Knowledge) สุดท้ายทำให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจในทางธุรกิจได้ (Make Business Decision) อย่างชาญฉลาด แล้วนำไปปฏิบัติจนเกิดผล (Take Action)

(3) ช่วยเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันทางธุรกิจขององค์กร

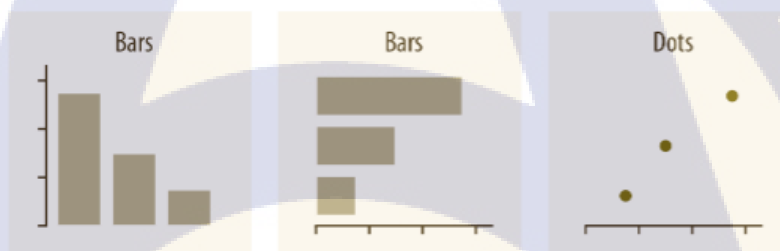
- (4) ช่วยให้มีสามารถในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.8.1 การนำเสนอข้อมูลที่ใช้ในระบบธุรกิจอัจฉริยะ

การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆมีมากมาย หลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้ผู้วิเคราะห์ควรพิจารณาจากข้อมูลที่ใช้ และรายละเอียดอื่นๆ ประกอบการออกแบบการนำเสนอข้อมูล ในหัวข้อนี้เป็นการเลือกใช้แผนภูมิ แผนภาพ กราฟต่างๆ ในการนำเสนอข้อมูล ให้เหมาะสมกับชนิดและประเภทของข้อมูล

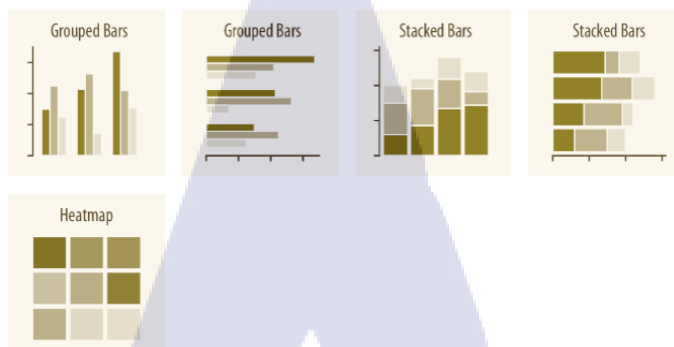
(1) แผนภูมิแสดงปริมาณ (Amount)

แผนภูมิชนิดนี้มักใช้ในการนำเสนอข้อมูลที่เป็นจำนวนที่มีชนิดของข้อมูลเพียงชุดเดียว เช่น การแสดงจำนวนต่างๆ แผนภูมิชนิดนี้ประกอบไปด้วยแผนภูมิรูปแท่ง (Bar) ทั้งแบบแนวนอนและแนวตั้ง และแผนภูมิแบบจุด (Dot)



รูปที่ 2.11 แผนภูมิแสดงปริมาณ [53]

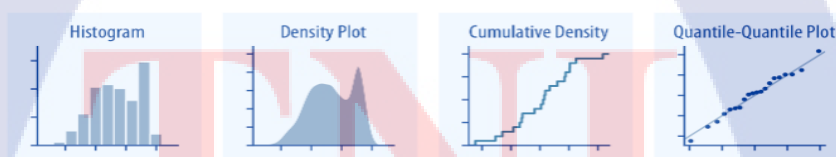
ในกรณีที่ต้องการแสดงจำนวนชุดของข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดหรือมากกว่า มักนิยมใช้แผนภูมิในรูปแบบ Group แผนภูมิแบบ Stack ที่ใช้แกน x และ แกน y ในการกำหนดการแสดงผลข้อมูล หรือ การใช้แผนภูมิแบบ Heat map เป็นต้น



รูปที่ 2.12 แผนภูมิแสดงปริมาณที่มีข้อมูลมากกว่าหนึ่งชุด [53]

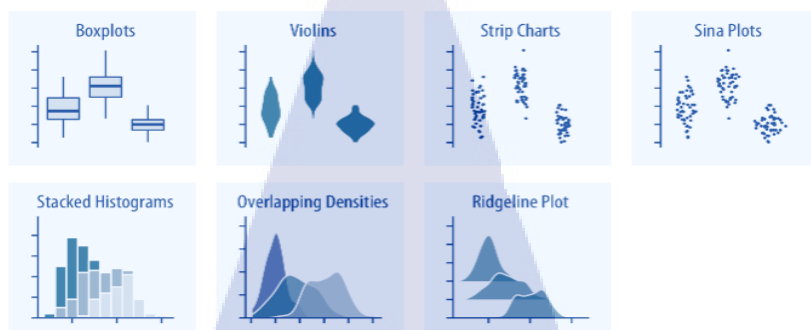
แผนภูมิแท่ง เป็นการนำเสนอเพื่อเน้นแนวเปรียบเทียบของแต่ละอย่าง โดยพยายามสร้างกราฟที่เรียบง่าย และเข้าใจได้ง่าย โดยสามารถเปรียบเทียบได้มากกว่า 1 ด้าน (ใน Excel จะเรียกว่า Series) เป็นกราฟที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบข้อมูล หากเปรียบเทียบข้อมูลคนละประเภทกัน ควรใช้คนละแกน เช่น การเปรียบเทียบยอดขายกับกำไรกราฟแท่งแบบต่อกัน เป็นการนำเสนอเพื่อให้เห็นการรวมกันของข้อมูลเพื่อนำมาต่อๆ กัน ว่าได้เท่าใด ไม่ได้ต้องการนำข้อมูลแต่ละด้าน (หรือ Series) มาเปรียบเทียบกัน แต่ต้องการนำทุกๆ Series มารวมกัน กราฟชนิดนี้เหมาะสำหรับการนำยอดรวมมาเปรียบเทียบกัน ข้อมูลที่นำเสนอควรเป็นข้อมูลในหน่วยเดียวกัน [53]

(2) แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของข้อมูล (Distribution)



รูปที่ 2.13 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของข้อมูล [53]

แผนภูมิฮิสโตแกรมและแผนภูมิที่แสดงความหนาแน่นของข้อมูลเป็นการนำเสนอข้อมูลที่ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อนสำหรับการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล แต่ในรูปแบบการนำเสนอข้อมูลแบบนี้จำเป็นต้องมีตัวแปรอย่างน้อยสองตัว



รูปที่ 2.14 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของข้อมูล [53]

แผนภูมิแบบบ็อกซ์, ไวโอลิน, แผนภูมิแถบ และแผนภูมิชีนาเหมาะสำหรับการนำเสนอข้อมูลที่มีการกระจายตัวของข้อมูลมาก แผนภูมิแบบเนินเป็นอีกหนึ่งแผนภูมิที่สามารถใช้แทนกันกับแผนภูมิไวโอลินได้ และยังเป็นแผนภูมิที่ได้รับความนิยมมากอีกด้วยเช่นกัน เพราะสามารถนำเสนอข้อมูลที่จำนวนการกระจายของข้อมูลได้มากหรือข้อมูลที่มีการกระจายตัวอยู่ตลอดเวลา

(3) แผนภูมิแสดงสัดส่วน

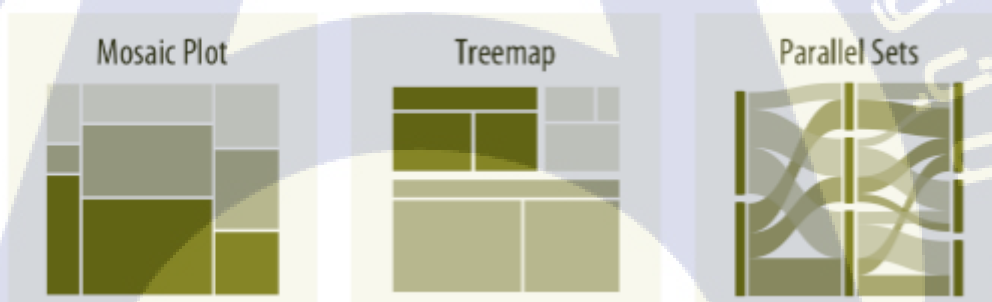


รูปที่ 2.15 แผนภูมิแสดงสัดส่วน [53]

แผนภูมิแสดงสัดส่วนสามารถนำเสนอข้อมูลได้ในรูปแบบของ แผนภูมิวงกลม (Pie Chart), แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบ (Side-by-Side), หรือแผนภูมิแบบซ้อนกัน (Stacked bar) แผนภูมิแบบแท่งสามารถจัดรูปแบบให้อยู่ในรูปแบบแนวตั้งหรือแนวนอนก็ได้ แผนภูมิวงกลมจะเป็นการนำเสนอข้อมูลทั้งหมดและเน้นส่วนที่จะต้องการนำเสนอ แต่อย่างไรก็ตามแผนภูมิวงกลมสามารถเปรียบเทียบข้อมูลได้ง่ายกว่าแผนภูมิแบบแท่งเปรียบเทียบ แผนภูมิแบบซ้อนกันมีลักษณะที่หนาแน่นมากเกินไป ไม่เหมาะสมที่จะนำมานำเสนอข้อมูลแบบเดี่ยว มีจำนวนของชุดข้อมูลไม่มาก แต่แผนภูมินี้เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการนำเสนอข้อมูลที่มีจำนวนมาก

แผนภูมิแท่ง เป็นการนำเสนอเพื่อเน้นแนวเปรียบเทียบของแต่ละอย่าง โดยพยายามสร้างกราฟที่เรียบง่าย และเข้าใจได้ง่าย โดยสามารถเปรียบเทียบได้มากกว่า 1 ด้าน (ใน Excel จะเรียกว่า Series) เป็นกราฟที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบข้อมูลหากเปรียบเทียบข้อมูลคนละประเภทกัน ควรใช้คนละแกน เช่นการเปรียบเทียบยอดขายกับกำไร กราฟแท่งแบบต่อกัน เป็นการนำเสนอเพื่อให้เห็นการรวมกันของข้อมูลเพื่อนำมาต่อๆ กัน ว่าได้เท่าใด ไม่ได้ต้องการนำข้อมูลแต่ละด้าน (หรือ Series) มาเปรียบเทียบกัน แต่ต้องการนำทุกๆ Series มารวมกัน กราฟชนิดนี้เหมาะสำหรับการนำยอดรวมมาเปรียบเทียบกัน ข้อมูลที่นำมาต่อกันควรเป็นข้อมูลในหน่วยเดียวกัน

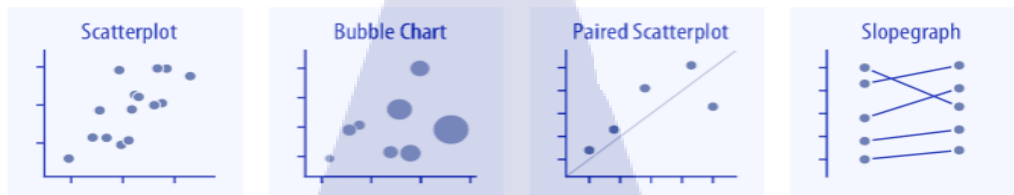
แผนภูมิวงกลม ใช้สำหรับการเปรียบเทียบสัดส่วนของข้อมูลโดยเทียบกับผลรวมของทุกๆ ข้อมูลรวมกัน เพื่อเปรียบเทียบเชิงสัดส่วน เช่น ส่วนแบ่งทางการตลาด (Market Share) เป็นต้น โดยกราฟที่อยู่ในกลุ่มนี้ที่เลือกใช้ได้ เช่น Donut, Tree map เป็นต้น กราฟวงกลมเน้นดูสัดส่วนเทียบกับยอดรวม การใช้กราฟชนิดนี้ไม่ควรใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลเกิน 10 รายการ เพราะจะทำให้ดูยากหรือรายละเอียดเยอะเกินไป [53]



รูปที่ 2.16 แผนภูมิแสดงสัดส่วน [53]

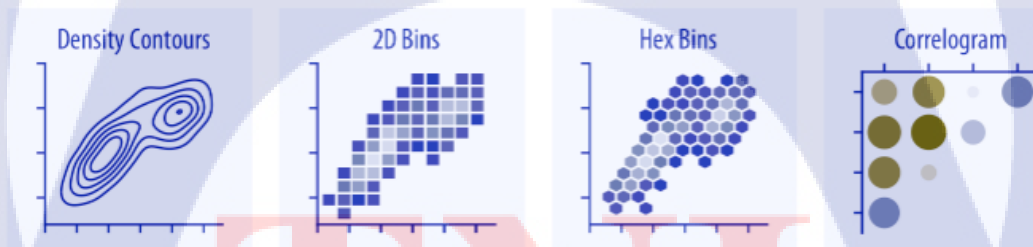
แผนภูมิโมเสค, แผนภูมิต้นไม้ หรือ แผนภูมิแบบขนาน เหมาะสำหรับ การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตัวแปรหลายกลุ่ม แผนภูมิโมเสคสามารถนำเสนอข้อมูลรวมกันได้หลายกลุ่ม แต่ในขณะที่แผนที่ต้นไม้นั้นไม่สามารถนำเสนอข้อมูลลักษณะนั้นได้

(4) แผนภาพแสดงความสัมพันธ์แกน X และ แกน Y



รูปที่ 2.17 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล [53]

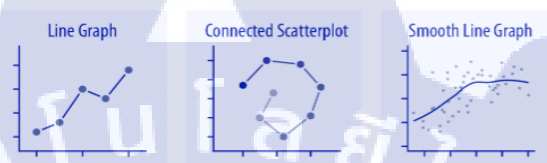
แผนภูมิแบบกระจาย (Scatter Plot) เป็นต้นแบบในการนำเสนอข้อมูลที่ตัวแปรแบบเชิงปริมาณที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ แต่ถ้าเรามีตัวแปรของข้อมูล 3 ตัวแปร เราสามารถนำตัวแปรมาสร้างเป็นจุดและเพิ่มขนาดของจุดตามขนาดของตัวแปรนั้นได้ โดยที่เรียกแผนภาพดังกล่าวนี้ว่า แผนภูมิแบบบับเบิล (Bubble Chart) สำหรับการจับคู่ข้อมูล จะใช้การจับคู่ด้วยการใช้แกน X และ แกน Y เพื่อวัดค่าที่เหมือนกันในแต่ละหน่วย ข้อมูลที่จับคู่สามารถแสดงเป็นกราฟความชันของจุดที่จับคู่ที่เชื่อมต่อกับเส้นตรง เป็นกราฟที่สามารถให้ข้อมูลได้ถึง 3-4 มิติด้วยกัน ทั้งแกน X แกน Y และ ขนาด ของวงกลมด้วย และสีของวงที่อาจจะไม่เหมือนกันก็ได้ [53]



รูปที่ 2.18 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล [53]

สำหรับการนำเสนอข้อมูลที่มีจำนวนมาก แผนภาพกระจายไม่สามารถสื่อความหมายของข้อมูลได้ ในลักษณะนี้ควรใช้แผนภาพเส้นชั้นความสูง (Density Contour), แผนภาพแบบเส้นสองมิติ หรือแบบแผนภาพรังผึ้งเป็นทางเลือกในการนำเสนอข้อมูลที่ดีกว่า เพราะแผนภาพชนิดนี้สามารถแสดงข้อมูลได้ตั้งแต่สองชุดขึ้นไป แต่ในทางกลับกันเราสามารถเลือกใช้แผนภาพสหสัมพันธ์ (Correlogram) ที่เป็นแผนภาพที่ใช้ความสัมพันธ์ของข้อมูลแบบสหสัมพันธ์ (Correlation)

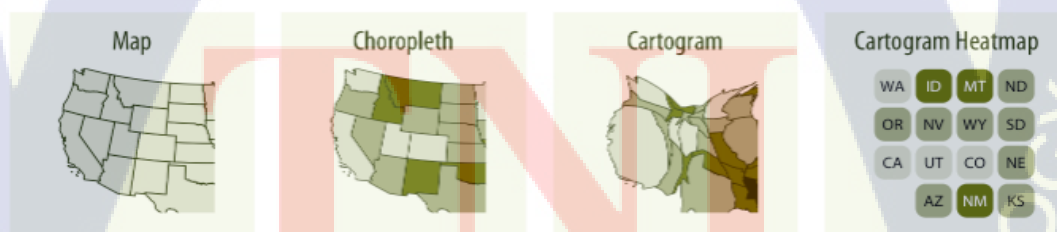
ใช้เปรียบเทียบข้อมูลเพื่อดูแนวโน้ม (Trends) โดยอาจจะเทียบกับมิติของเวลา (Time Series) เช่น กราฟยอดขายรายไตรมาส กราฟจำนวนลูกค้าใหม่ในแต่ละเดือน เป็นต้น กราฟในกลุ่มนี้ จะมี แผนภูมิเส้น (Line Chart) ,แผนภูมิแสดงพื้นที่ (Area Chart) ซึ่งจะมีทั้งแบบ Cluster และ แบบ Stack กราฟชนิดนี้ใช้ดูแนวโน้มของข้อมูล แผนภูมิเส้นสามารถกำหนดแนวโน้ม (Trend line) ได้แต่ต้องเลือกความสัมพันธ์ให้เหมาะสม เช่น ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear), ความสัมพันธ์แบบเลขชี้กำลัง (Exponential) หรือ Power เป็นต้น [53]



รูปที่ 2.19 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล [53]

(5) แผนภูมิภูมิสารสนเทศเชิงพื้นที่

แผนภาพลักษณะนี้จะแสดงเป็นข้อมูลออกมาในรูปแบบของแผนที่ แผนภาพลักษณะนี้จะไปสัมพันธ์กับพื้นผิวโลก ตัวอย่างเช่น พื้นผิวและระยะทางโดยเฉลี่ย นำเสนอในรูปแบบของภาพสองมิติ นอกจากนี้เรายังสามารถแสดงความแตกต่างของข้อมูลด้วยการใส่สีลงไปบนแผนที่ ตัวอย่างเช่น แผนที่โคโรเพลทที่แสดงความแตกต่างของข้อมูล หรือแผนที่ที่แสดงข้อมูลในรูปแบบของรูปทรง เช่น แผนภูมิคาร์โตแกรม (Cartogram) เป็นต้น

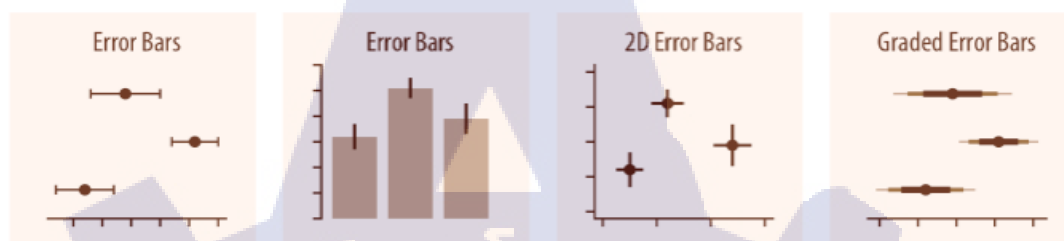


รูปที่ 2.20 แผนภูมิภูมิสารสนเทศ [53]

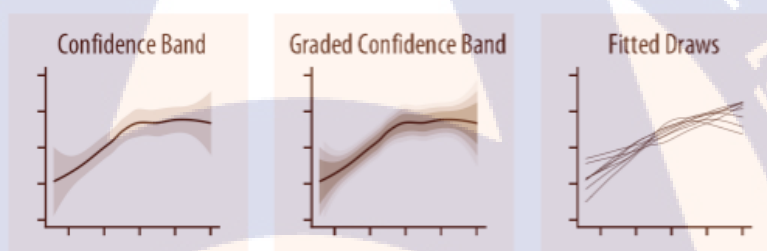
(6) แผนภูมิแสดงความไม่แน่นอนของข้อมูล

แผนภูมิเออร์เรอร์ บาร์ (Error Bar) เป็นแผนภูมิที่แสดงค่าของข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์หรือจากการวัด แผนภูมิชนิดนี้ขยายไปตามแนวของแนวนอนและหรือแสดงค่า

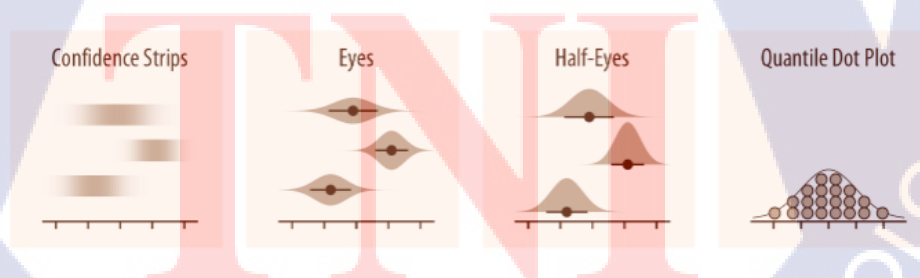
ของข้อมูลที่คาดการณ์ไว้ในแนวตั้ง จุดอ้างอิงสามารถนำเสนอได้หลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น แสดงแบบเป็นจุดหรือแสดงแบบเป็นแท่ง ในรูปแบบของแผนภาพ เกรดเด็ต เออร์เรอร์ (Graded Error) สามารถแสดงข้อมูลหลายตำแหน่งในเวลาเดียวกันได้



รูปที่ 2.21 แผนภูมิเออร์เรอร์ บาร์ [53]



รูปที่ 2.22 แผนภูมิแสดงความไม่แน่นอนของข้อมูล [53]



รูปที่ 2.23 แผนภูมิแสดงความไม่แน่นอนของข้อมูล [53]

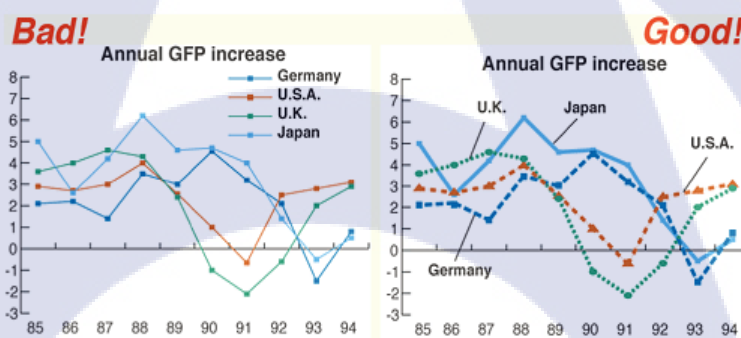
ในหัวข้อลักษณะการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ นั้น เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับในงานธุรกิจอัจฉริยะมาก เพราะจะทำให้ทุกคนที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์นั้น

สามารถเห็นข้อมูลที่ซ่อนอยู่ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด การเลือกรูปแบบในการนำเสนอ การใช้สีและรายละเอียดต่างๆก็สำคัญมากในงานการนำเสนอข้อมูล

นอกจากแผนภูมิในการนำเสนอข้อมูลตามที่ได้นำเสนอไปแล้วนั้น ยังมีรูปแบบของแผนภูมิสำหรับการนำเสนอข้อมูลอีกมากมาย ผู้ใช้ควรพิจารณาจากข้อมูลที่มีอยู่และเลือกใช้แผนภูมิให้เหมาะสมกับการนำเสนอข้อมูล

นอกจากวิธีการนำเสนอข้อมูลให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้ เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์จากข้อมูลดิบไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์หรือตามเป้าหมายที่ต้องการได้แล้ว การเลือกใช้สีที่เหมาะสมก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่จะทำให้สามารถมองเห็นข้อมูลได้อย่างชัดเจน เป็นที่สังเกตได้ง่าย สื่อความหมายได้ตรงประเด็น การใช้สีในการนำเสนอข้อมูลควรมีลักษณะดังนี้

(1) การใช้สีแบบโค้ดดิ้ง รีดันแดนท์ (Coding Redundant)

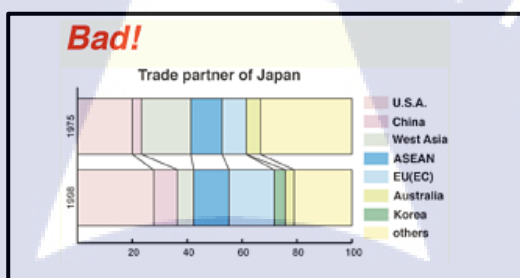


รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการใช้สีแบบโค้ดดิ้งรีดันแดนท์ [54]

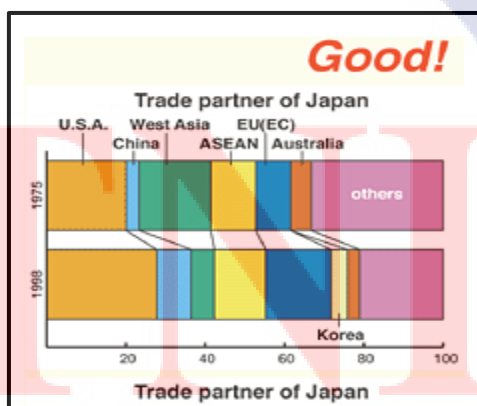
ในรูปที่ 2.24 รูปทางซ้ายมือใช้สีเพียงอย่างเดียว แต่รูปทางขวามือใช้ทั้งสีและรูปทรงต่างๆทำให้ข้อมูลแต่ละชุดมีความแตกต่างกัน ทำให้สามารถสังเกตได้ง่ายขึ้น

- รูปทรง สัญลักษณ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าเส้นทำให้สามารถจำแนกได้ง่าย
- เส้นที่มีรูปทรง สัญลักษณ์ที่แตกต่างกันไป (แบบโซลิด (Solid) และแบบจุด) ทำให้สังเกตได้ง่ายขึ้นถึงแม้จะไม่มีการใช้สีเลยก็ตาม

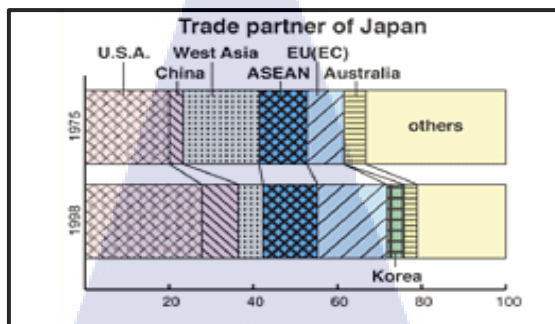
- กำหนดรูปทรง สัญลักษณ์ให้แตกต่างกัน ตัวอย่างในรูปทางขวาที่มีการใช้วงกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ในการจำแนกเส้นทางข้อมูลไม่ให้เกิดความสับสน
- ควรใส่คำสำคัญ (Keyword) เพื่อหลีกเลี่ยงในการใช้สีในการเปรียบเทียบเหมือนในรูปตัวอย่างที่ 2.24 เพราะถ้าใช้สีในการเปรียบเทียบเวลาแสดงข้อมูลที่มีพื้นที่ที่เล็กมากๆ ผู้ที่มีอาการตาบอดสีจะแยกสีได้ยาก
- ควรมีการพัฒนาการออกแบบให้เป็นในรูปแบบขาวดำด้วยแต่ในขณะเดียวกันข้อมูลต้องครบถ้วนสมบูรณ์



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างที่ไม่ดีในการใส่ข้อความในแผนภาพ [54]



รูปที่ 2.26 ตัวอย่างที่ดีการใส่ข้อความในแผนภาพ [54]



รูปที่ 2.27 การใส่โซลิด (Solid) และข้อความเพื่อเน้นการนำเสนอแทนสี [54]

จากตัวอย่างกราฟรูปที่ 2.19 ที่มีการใช้แค่สีในการนำเสนออย่างเดียว และสีที่ใช้มีความคล้ายกันมาก ทำให้อธิบายลักษณะของสีหรือเรียกชื่อสีไม่ถูก ผู้ที่มีอาการตาบอดสีจะไม่สามารถแยกแยะสีจากกราฟรูปที่ ได้ ส่วนในรูปที่ 2.20 ได้แก้ไขในการใช้สีให้มีความเข้มของสีมากขึ้นและใช้สีที่แตกต่างกัน และเพิ่มการนำเสนอข้อมูลด้วยการใส่ข้อความเพื่อบอกส่วนต่างๆ ของข้อมูลให้เข้าใจง่าย อ่านง่ายมากขึ้น

ตัวอย่างสุดท้าย ในรูปที่ 2.21 ถือได้ว่าเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด เพราะมีการใส่โซลิด (Solid) ให้เห็นถึงความแตกต่างของข้อมูล อ่านง่าย และชัดเจนมากขึ้น ในตัวอย่างรูปที่ 2.21 สามารถนำไปทำสำเนาหรือแฟกซ์ข้อมูลเป็นข่าวทำได้

หลังจากที่ออกแบบรูปแบบการนำเสนอได้รูปแบบอย่างทีกล่าวมาก่อนหน้านี้แล้ว มาถึงขั้นตอนการเลือกใช้สีในการนำเสนอให้อ่านง่ายมากขึ้น สีไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่นักออกแบบต้องใส่ใจเลือกให้เหมาะสมกับผู้ที่มีอาการตาบอดสีเท่านั้น การเลือกใช้สี รูปทรงและสัญลักษณ์ที่แตกต่างกันช่วยให้อ่านง่ายขึ้น ใช้เวลาในการทำความเข้าใจน้อยลงและนักออกแบบยังสามารถนำวิธีการต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกคนอีกด้วย หลักการมีทั้งหมด 4 ข้อดังนี้

- (1) หลีกเลี่ยงที่จะใช้สีในการเน้นข้อมูลเพียงอย่างเดียว
- (2) หลีกเลี่ยงการใช้ข้อความหรือวัตถุที่มีสีกลมกลืนกับพื้นหลัง
- (3) ใช้ตัวอักษรและสัญลักษณ์ให้หนาหรือใหญ่

เพราะเวลามองวัตถุที่มีขนาดเล็ก เซลล์รูปกรวยจะทำงานเพียงบางส่วน ผู้ที่มีอาการตาบอดสีจะมองข้อความหรือสัญลักษณ์ที่เล็กได้ยากมาก สำหรับการเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรควรใช้รูปแบบ แอเรียล (Arial) หรือ เฮลเวทิกา (Helvetica) หรือควรเลือกใช้รูปแบบที่ไม่เล็กกว่ารูปแบบตัวอักษรแบบ ไทมส์ (Times) หรือนิวยอร์ก (New York)

- (4) รมั้ดระวังในการใช้สีแดง

สำหรับผู้ที่ไม่มีการตาบอดสีจะรู้สีที่สว่าง สดใส แต่สำหรับผู้ที่มีการตาบอดสี โดยเฉพาะผู้ที่มีการตาบอดสีแดงจะเห็นสีแดงเป็นสีที่ออกไปทางสีน้ำเงินหรือสีเขียวเข้ม เพราะผู้ที่มีการตาบอดสีแดงไม่สามารถมองเห็นคลื่นความยาวของสีแดงได้ และจะเห็นสีแดงเข้มเป็นสีออกไปทางสีดำ ดังนั้น นักออกแบบควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวอักษรสีแดงบนพื้นหลังสีดำ [54]

2.1.8.2 ตัวอักษร

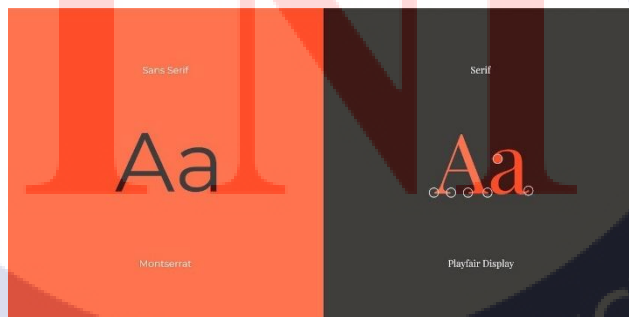
ตัวอักษรหรือ [55] ฟอนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือแบบมีเชิง (Serif) และแบบไม่มีเชิง (San Serif) มีรายละเอียดดังนี้

(1) ตัวอักษรแบบมีเชิง (Serif)

เป็นตัวอักษรที่มีเส้นยื่นของฐานและปลายตัวอักษรในทางราบที่เรียกว่า Serif ลักษณะของตัวอักษรจะมีเส้นตัวอักษรเป็นแบบหนา บางไม่เท่ากัน เหมือนการเขียนประดิษฐ์ด้วยขนนก หรือปากกาปากแบน มีหลายรูปแบบแตกต่างกันไป ตัวอักษรแบบนี้ ให้ความรู้สึกถึงความเก่า ความขลัง จึงมักใช้กับงานที่เป็นทางการ กึ่งไปทางพิธีรีตองหรือเรื่องราวในเชิงอนุรักษ์นิยม ถ้าเป็นงานพิมพ์ ก็จะใช้เป็นตัวพาดหัวเรื่องมากกว่าที่เป็นเนื้อหาให้อ่าน

(2) ตัวอักษรแบบไม่มีเชิง (San Serif)

เป็นลักษณะของตัวอักษรที่มีรูปแบบเรียบง่าย ต่างจากแบบแรกคือ ไม่มีเชิง หมายถึงไม่มีเส้นยื่นออกมาจากปลายฐานและปลายของตัวอักษรในทางราบ เป็นตัวอักษรที่นิยมเป็นอย่างมาก เพราะเรียบง่าย ทันสมัย เหมาะกับการนำไปใช้ออกแบบหลายชนิด ในหนังสือ มักนำไปใช้วางเป็นเนื้อหาให้อ่าน เพราะมีรูปร่างที่อ่านง่าย โดยทั่วไปนิยมใช้ในงานพิมพ์ทั่วไปและงานประชาสัมพันธ์ [56] ฟอนต์แบบไม่มีเชิงได้แก่ คาลิบรี (Calibri), แอเรียล (Arial), เวอร์ดานา (Verdana), เซนจูรี กอทิก (Century Gothic)



รูปที่ 2.28 ตัวอักษรแบบมีเชิงและไม่มีเชิง [57]

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่นิยมใช้และมีความเหมาะสมกับสถานการณ์

ต่างๆ มีดังต่อไปนี้

- คาลิบรี (Calibri) เป็นอักษรที่มีขนาดเล็ก ดูภูมิฐาน และดูเป็นงานเป็นการ
- แอเรียล (Arial) เป็นสีที่ใช้ได้ในเกือบทุกสถานการณ์
- เวอร์ดানা (Verdana) เป็นตัวอักษรที่ดูสะอาดตา และพบเห็นได้บ่อย แต่น้อยกว่า แอเรียล (Arial) เพียงเล็กน้อย แต่มีความคลาสสิกอยู่ในตัว
- เซนจูรี กอทิก (Century Gothic) แบบอักษรดั้งเดิม ดูทันสมัย ภูมิฐานและดูมีความมั่นใจ [55]

ข้อความภาษาไทยควรเลือกใช้ฟอนต์สำหรับภาษาไทยโดยเฉพาะ เนื่องจากให้ ความสวยงามมากกว่าฟอนต์ที่ถูกออกแบบมาสำหรับการพิมพ์ภาษาอังกฤษ ตัวอย่างเช่น การใช้ฟอนต์คาลิบรี (Calibri) กับข้อความที่เป็นภาษาอังกฤษและเป็นมาใช้ฟอนต์คันนิต (Kanit) เมื่อ เป็นข้อความที่เป็นภาษาไทย

2.1.8.3 สัดส่วนของสี

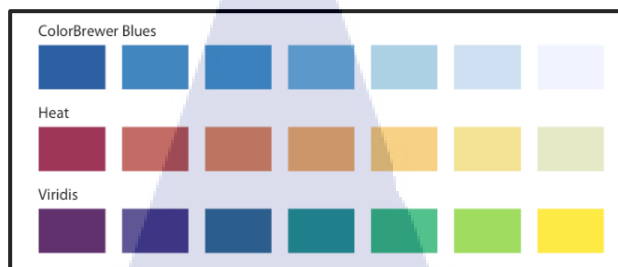
หลักการพื้นฐานการออกแบบการนำเสนอข้อมูลมีทั้งหมด 3 ประการ คือ

(1) สีคือเครื่องมือในการจำแนก

เราใช้สีในการแยกแยะข้อมูลที่แตกต่างกัน เช่น การใช้สีเพื่อแยก ประเทศแต่ละประเทศออกจากกัน หรือการใช้สีเพื่อแสดงถึงผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ผลิตในโรงงาน เป็นต้น

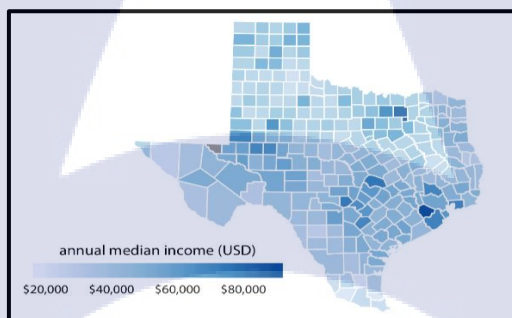
(2) สีคือการนำเสนอข้อมูล

สีเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการนำเสนอข้อมูล เช่น การนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรายได้, อุณหภูมิ หรือความเร็ว ในกรณีนี้ จะเลือกใช้สีที่มีเฉดสีที่มีความต่อเนื่องกัน ชุดสีที่มีความต่อเนื่องกันมีที่มาจากสี (ยกตัวอย่างเช่น การไล่เฉดสีน้ำเงินไปถึงเฉดสีฟ้า หรือมากกว่านั้น ตัวอย่างเช่น การไล่เฉดจากสีแดงเข้มไปจนถึงสีเหลืองอ่อน ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.22

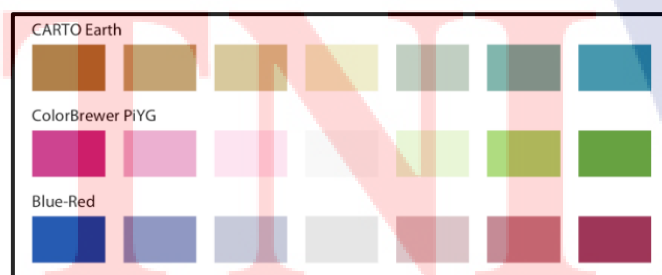


รูปที่ 2.29 ตัวอย่างของชุดสีที่มีความต่อเนื่องของเฉดสี [58]

ชุดสีน้ำเงิน คัลเลอร์บริวเวอร์ บลู (Color Brewer Blues) นั้น เป็นชุดสีที่ต่างกันอย่างสิ้นเชิงจากสีน้ำเงินเข้มไล่ไปถึงสีฟ้า ส่วนในชุดสี ฮีท (Heat) และวีริดิส (Viridis) มีความหลากหลายของสีจากสีแดงเข้มไล่ไปจนถึงสีเหลืองอ่อนและจากสีน้ำเงินอมเขียวไล่ไปจนถึงสีเหลืองอ่อน

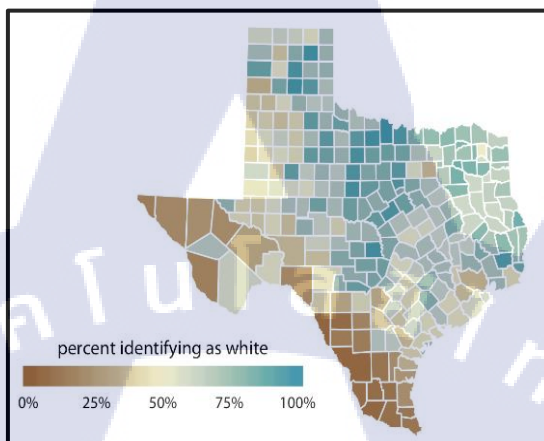


รูปที่ 2.30 การไล่เฉดสีเพื่อนำเสนอค่าเฉลี่ยของรายได้ของมลรัฐเทกซัส [58]



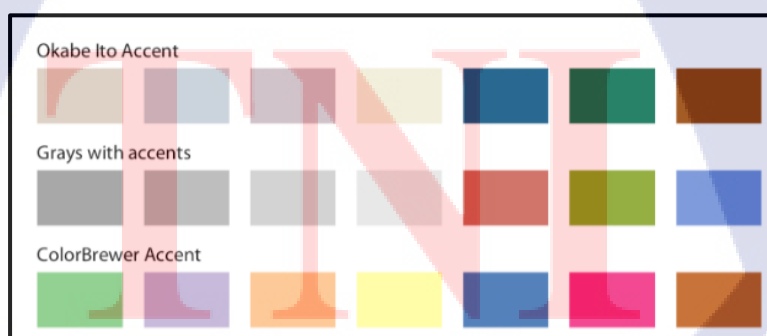
รูปที่ 2.31 ชุดสีที่มีการไล่เฉดสีแบบแผ่ออก [58]

จากรูปตัวอย่างที่ 2.31 เป็นชุดสีที่มีไล่สีเพื่อมาบรรจบกันตรงกลาง สีมักจะใช้กับชุดสีประเภทนี้คือน้ำตาลไล่ไปถึงสีกรีนิช บลู (Greenish Blue) ตัวอย่างในชุดสี คาร์โต เอิร์ธ (CARTO Earth) จากสีชมพูไล่ไปถึงสีเขียว สีเหลืองหรือสีน้ำเงินไล่ไปจนถึงสีแดง เป็นต้น

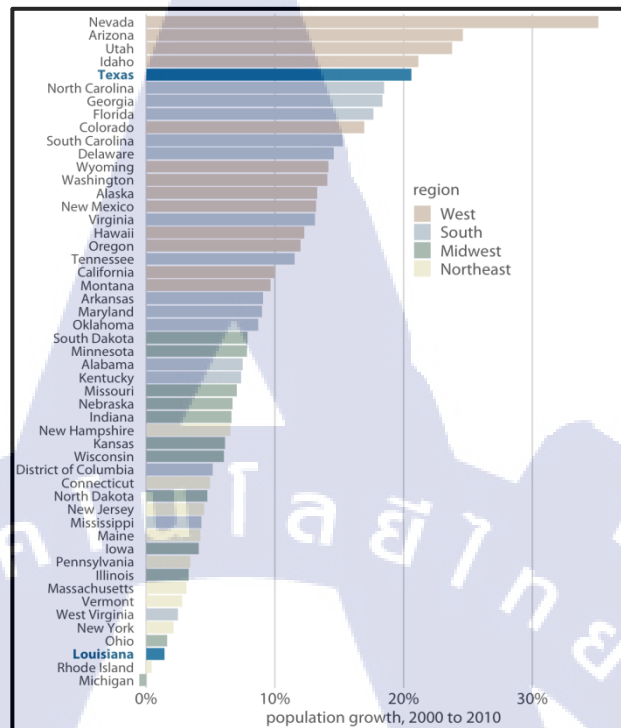


รูปที่ 2.32 การนำเสนอจำนวนอเมริกันผิวขาวในมลรัฐเท็กซัสแบบการไล่เฉดสีแบบแผ่ออก [58]

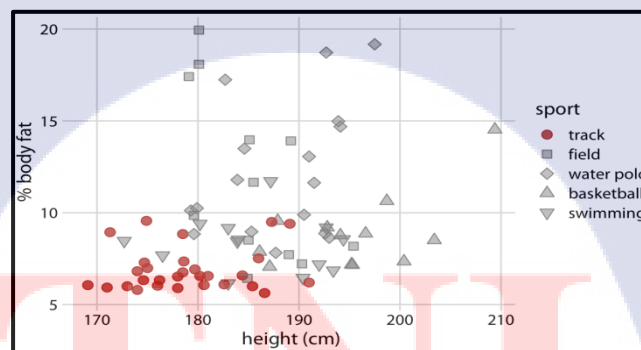
(3) สีคือเครื่องมือในการเน้นข้อความหรือข้อมูลที่สำคัญ
สีเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการเน้นข้อมูลที่สำคัญ สีสามารถ
จำแนกประเภทชุดของข้อมูลที่สำคัญๆ โดยการเน้นข้อมูลที่ต้องการนำเสนอมักจะใช้สีสดใสในการ
นำเสนอเพื่อให้ข้อมูลมีความโดดเด่น ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.33 ตัวอย่างชุดสีในแบบต่าง ๆ [58]



รูปที่ 2.34 การใช้สีเพื่อบ่งชี้ข้อมูลประชากรที่มากทีสุดกับน้อยที่สุด [58]



รูปที่ 2.35 การใช้สีเพื่อบอกความหนาแน่นของข้อมูล [58]

Set of colors that is unambiguous both to colorblinds and non-colorblinds									
Original	Simulation			Hue	for Photoshop, Illustrator, Freehand, etc.			for Word, Power Point, Canvas, etc.	
	Protan	Deutan	Tritan		C,M,Y,K (%)	R,G,B (0-255)	R,G,B (%)		
1					Black	—°	(0,0,0,100)	(0,0,0)	(0,0,0)
2					Orange	41°	(6,50,100,0)	(230,159,0)	(90,60,0)
3					Sky Blue	202°	(80,0,0,0)	(86,180,233)	(35,70,90)
4					bluish Green	164°	(97,0,75,0)	(0,158,115)	(0,60,50)
5					Yellow	56°	(10,5,90,0)	(240,228,66)	(95,90,25)
6					Blue	202°	(100,50,0,0)	(0,114,178)	(0,45,70)
7					Vermilion	27°	(0,80,100,0)	(213,94,0)	(80,40,0)
8					reddish Purple	326°	(10,70,0,0)	(204,121,167)	(80,60,70)

รูปที่ 2.36 ชุดสีที่เหมาะสมกับผู้มีการตาบอดสีและผู้ไม่มีการตาบอดสี [59]

สำหรับรูปที่ 2.36 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

- (1) ใช้สีแดงเวอร์มิเลียน (Vermilion) หรือสีแดงอมส้ม
- (2) หลีกเลี่ยงการใช้สีเหลืองกับสีเขียวด้วยกัน
- (3) ใช้สีเขียวบลูิช กรีน (Bluish Green) หรือสีเขียวอมน้ำเงิน
- (4) ใช้สีม่วงเรดดิช เพอร์เพิล (Reddish purple) แทนการใช้สีม่วง
- (5) สีเวอร์มิเลียน (Vermilion) หรือสีแดงส้มกับสีเหลือง มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน สามารถเลือกนำมาใช้ได้
- (6) การใช้สีฟ้ากับสีน้ำเงินต้องให้ทั้งสองสีนี้มีค่าความสว่างและความอิ่มตัวแตกต่างกันจนสังเกตเห็นได้ชัด
- (7) การใช้เส้นที่มีขนาดเล็กและบางกับตัวอักษรตัวเล็กที่เป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินเป็นที่สังเกตได้ยาก ถ้าต้องการใช้เส้นและตัวอักษรในลักษณะนี้ควรใช้สีน้ำเงินเข้มหรือสีส้ม

จากรูปที่ 2.36 ที่อธิบายการใช้ชุดสีแล้ว ผู้ใช้ควรเลือกใช้สีจากชุดสีตามรายละเอียด

ต่อไปนี้

- (1) เลือกใช้สีวรรณะร้อนและวรรณะเย็นด้วยกัน
- (2) ในกรณีที่มีการใช้สีวรรณะร้อนสองสีหรือสีวรรณะเย็นสองสี สีควรมีค่าความสว่างและค่าความอิ่มตัวให้แตกต่างกัน
- (3) หลีกเลี่ยงการผสมสีที่มีค่าความอิ่มตัวหรือค่าความสว่างน้อย [59]

นอกจากการใช้สีให้มีความเหมาะสมแล้ว การใช้สีก็ยังมีการใช้ในลักษณะการสื่อความหมาย โดยการใช้สีเพื่อสื่อความหมายมีทั้งหมด 5 ประเภท ดังนี้

(1) การใช้สีแสดงความถี่ (Sequential Color)

เป็นการใช้เพียง 1 สีโดยไล่ลำดับความเข้มของสีจากเข้มที่สุดไปยังความเข้มน้อยที่สุด ตัวอย่างการใช้ เช่นการแสดงความถี่ของยอดขายสินค้าต่อพื้นที่จังหวัด โดยสีเข้มที่สุดแทนด้วยพื้นที่ที่มียอดขายสูงสุดและสีเข้มน้อยที่สุดแทนด้วยยอดขายที่ต่ำที่สุด

(2) การใช้สีแสดงความแตกต่าง (Diverging Color)

ในส่วนนี้จะคล้ายกับ การใช้สีแสดงความถี่ (Sequential Color) แต่จะแตกต่างโดยใช้สำหรับเปรียบเทียบข้อมูลที่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มโดยเริ่มจากจุดศูนย์กลาง (Midpoint) ตัวอย่างเช่นการใช้วัดผลของข้อมูลระหว่างด้านบวกและด้านลบ หรือจำนวนข้อมูลจาก 2 กลุ่มเปรียบเทียบกัน เช่นผลนับคะแนนเลือกตั้งระหว่าง 2 พรรคการเมือง หรือการแสดงผลของอุณหภูมิจากร้อนที่สุดไปหาเย็นที่สุดโดยจุดศูนย์กลางคือค่าของอุณหภูมิโดยเฉลี่ย

(3) การใช้สีเพื่อการจัดกลุ่ม แบ่งประเภท (Categorical Color)

ใช้แทนการใช้สีเพื่อแยกความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละประเภทออกจากกันให้ชัดเจน ดังนั้นจึงสามารถใช้สีอะไรก็ได้แทนประเภทของข้อมูลแต่ละชนิด เช่นตัวอย่างการใช้สีแทนด้วยชื่อจังหวัดต่างๆ

(4) การใช้สีเพื่อเน้นข้อมูลสำคัญ (Highlight Color)

ใช้ในกรณีที่ต้องการเน้นข้อมูลที่ต้องการนำเสนอเป็นพิเศษ โดยการแทนข้อมูลด้วยสีเดียวกันทั้งหมดยกเว้นข้อมูลที่ต้องการให้เน้นเป็นพิเศษ

(5) การใช้สีเพื่อแสดงความผิดปกติ (Alerting Color)

คล้ายกับการใช้สีเพื่อเน้นข้อมูลสำคัญ (Highlight Color) แต่ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงข้อมูลที่เน้นให้เห็นถึงความผิดปกติ เพื่อวัตถุประสงค์สำหรับการแจ้งเตือน โดยเน้นการใช้สีแดงแทนเหตุที่อันตรายหรือใช้สีส้มเป็นสัญลักษณ์ในการแจ้งเตือน [60]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ซานนท์ ชื่นนิรันดร์และคณะ [61] ได้พัฒนาสีในการ์ตูนแอนิเมชัน (Animation) 3 มิติ สำหรับผู้ที่มีอาการตาบอดสีแดงและสีเขียว เพื่อให้ผู้ที่มีอาการตาบอดสีในกลุ่มดังกล่าวสามารถรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน (Animation) ได้

สมชาย ปราการเจริญและคณะ [62] ได้พัฒนาโปรแกรมรูปภาพสำหรับคนตาบอดสี โดยใช้รูปแบบการทดสอบฟาร์มส์เวิร์ธ ดี-15 (The Farmsworth D-15 test) ซึ่งเป็นการทดสอบตาบอดสีโดยการเรียงเม็ดสีใหม่ตามเฉดสีที่เรียงมาในแถวที่กำหนดไว้ การทดสอบนี้สามารถทดสอบอาการตาบอดสีได้ด้วยตนเองอย่างคร่าวๆ ในส่วนของสีภาพ โปรแกรมยังสามารถเปลี่ยนสีภาพไปตามรูปแบบของการบอดสีได้

J.A.Kulesza et al. [63] ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการใช้สีในการนำเสนอข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ 4 รูปแบบได้แก่ ภาพสีปกติ (Normal), ภาพขาวดำ (Grayscale), ภาพสำหรับคนตาบอดสีแดงและภาพสำหรับคนตาบอดสีน้ำเงิน ในรูปแบบการนำเสนอทั้งหมด 5 รูปแบบได้แก่ Jet, Parula, Blue-white-red Diverging, Colorblind-Intensive Qualitative และ Colorblind sensitive

C.Egan et al. [64] พัฒนาโปรแกรมเลียนแบบ (Emulator) ชื่อว่า “Hertfordshire Color-blind Emulator” หรือ HCBE ขึ้น เพื่อจำลองการมองเห็นสีให้กับนักศึกษาที่มีอาการตาบอดสีในรูปแบบของการเรียนแบบ E-Learning โดยโปรแกรมห้สามารถจำลองการบอดสีได้ทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ ตาบอดสีแดง, ตาบอดสีเขียว, ตาบอดสีน้ำเงินและตาบอดสีขาวดำ วิธีการทำงานของโปรแกรมนี้อาศัยอัลกอริทึมรูปภาพและเลือกให้แสดงผลในรูปแบบการบอดสีที่ต้องการ

เอกลักษณ์ สุมณพันธุ์ และคณะ [65] พัฒนาโปรแกรมสำหรับอ่านค่าแถบสีตัวด้านทานด้วยหลักการประมวลผลภาพ (Image Processing) สำหรับผู้ที่มีปัญหาทางด้านสายตาให้สามารถอ่านค่าแถบสีของตัวด้านทานได้ด้วยการแปลงสีจากระบบสีพื้นฐานหรือระบบ RGB เป็นระบบ Hue, Saturation, Value (HSV) โดยใช้หลักอัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-nearest Neighbor - KNN)

E.Lamiaa et al. [66] ทดลองและเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ในอุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Smartphone) สำหรับผู้ที่มีอาการตาบอดสี อัลกอริทึมที่ใช้ในการเปรียบเทียบประกอบไปด้วย LMS algorithm, Color-Blind Filter Service (CBFS) algorithm, LAB corrector algorithm และ Shifting color algorithm ผลจากการเปรียบเทียบและทดลอง LMS algorithm สามารถแสดงค่าสีให้กับผู้ที่มีอาการตาบอดสีทั้ง 3 ประเภทได้ใกล้เคียงที่สุด ในขณะที่อัลกอริทึมอื่น ๆ นั้น มีความสามารถในการแสดงค่าสีใกล้เคียงและเหมาะสมสำหรับตาบอดสีแต่ละประเภทได้เพียง 1 กลุ่มเท่านั้น เช่น Shifting color algorithm นั้นสามารถแสดงค่าสีได้เฉพาะประเภทตาบอดสีน้ำเงิน (Tritanopia) เท่านั้น

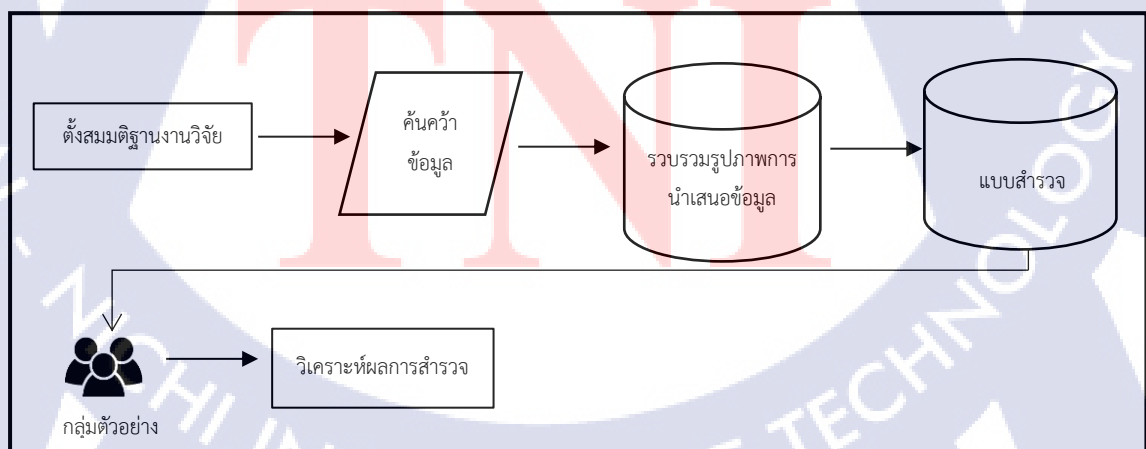
บทที่3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence เพื่อผู้มีภาวะตาบอดสี นักศึกษาได้มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนหลัก	ขั้นตอนย่อย
ขั้นตอนการนิยามปัญหา	ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหางานวิจัย ขั้นที่ 2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการนำเสนอข้อมูล, การออกแบบที่เหมาะสมกับผู้ที่มีอาการตาบอดสี
ขั้นตอนการดำเนินงาน	ขั้นที่ 3 สร้างแบบสอบถามสำหรับนักออกแบบหรือผู้ที่ทำงานโดยใช้เครื่องมือในงาน Business Intelligence ขั้นที่ 4 วิเคราะห์และสรุปผลการค้นคว้าเพื่อเป็นแนวทางสำหรับนักออกแบบ
ขั้นตอนการสรุปผล	ขั้นที่ 5 จัดทำและนำเสนอบทความทางวิชาการสำหรับงานสารนิพนธ์ ขั้นที่ 6 สรุปผลและจัดทำสารนิพนธ์



รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิด

งานวิจัยเรื่อง การออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence เพื่อผู้มีภาวะตาบอดสี มีขั้นตอนดำเนินการ 4 ขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการนำเสนอข้อมูล รวมไปถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับตา องค์ประกอบของตา ความรู้พื้นฐานเรื่องสี และความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการออกแบบเว็บไซต์ที่เหมาะสมกับผู้ที่มีอาการตาบอดสี

3.2 วิเคราะห์ปัญหาที่เป็นปัจจัยของงานวิจัย

3.2.1 ศึกษาข้อมูลและปัญหา

การศึกษาข้อมูลและปัญหาในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบการนำเสนอข้อมูล

3.2.2 วิเคราะห์แนวทางปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลือกหัวข้อวิจัยของปัญหาที่กล่าวมาจากข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเห็นถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบการนำเสนอข้อมูล

3.2.3 เสนอหัวข้อกับอาจารย์ที่ปรึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ปัญหาที่เกิดขึ้น ทฤษฎีการเรียนรู้การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางการออกแบบสำหรับนำไปใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการนำเสนอข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลที่ศึกษามาเสนอหัวข้อต่ออาจารย์ที่ปรึกษาโดยใช้ชื่อหัวข้อว่า “การออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence เพื่อผู้มีภาวะตาบอดสี”

3.3 สร้างแบบสำรวจสำหรับผู้ใช้งานเครื่องมือการนำเสนอในงาน Business Intelligence

ในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบแบบสำรวจสำหรับการสำรวจข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยแบบสำรวจประกอบไปด้วย การสำรวจข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสำรวจ และคำถามเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องมือการนำเสนอข้อมูล

3.4 วิเคราะห์และสรุปผลการค้นคว้าเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการนำเสนอ

การรวบรวมและจัดระเบียบข้อมูล เพื่อนำมาสรุปและวิเคราะห์ผลสำรวจที่ได้ว่า สอดคล้องกับทฤษฎีและงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้า

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ในการด้านการวิจัยเอกสาร แหล่งข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ และการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) คือการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research)

4.1 ความหมายและนิยามของงานวิจัย

4.1.1 งานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research)

เป็นการวิจัยที่แสวงหาความจริงในสภาพที่เป็นอยู่โดยธรรมชาติ (Naturalistic Inquiry) ซึ่งเป็นการศึกษาโดยมองภาพรวมทุกมิติ (Holistic perspective) ด้วยตัวผู้วิจัยเอง เพื่อหาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่สนใจกับสภาพแวดล้อมนั้น ให้ความสำคัญกับข้อมูลที่เป็นความรู้สึกนึกคิด คุณค่าของมนุษย์ และความหมายที่มนุษย์ให้ต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ รอบตัว เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตีความสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย (Inductive Analysis)

(1) วัตถุประสงค์

เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางสังคม (Contextual) เนื่องจากปรากฏการณ์ทางสังคมบางประการ ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลธรรมดาทั่วไป จึงต้องพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับขนบธรรมเนียมประเพณี วัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมต่างๆ เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางสังคมที่นักวิจัยต้องการศึกษา

(2) ลักษณะของข้อมูล

การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) มีความต้องการข้อมูลที่หลากหลาย รอบด้าน เพื่อเข้าใจบริบทของสังคม ซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานของงานวิจัย ที่ต้องการศึกษาชุมชนหรือสังคม มีการเก็บรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพสิ่งแวดล้อม สังคม เศรษฐกิจ การเมือง การปกครอง ความเชื่อ พิธีกรรมอย่างละเอียด แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลวัฒนธรรมและสังคม เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาสังคมและวัฒนธรรมทั้งหมด

(3) วิธีการเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลขนาดเล็ก ไม่เน้นการสำรวจจากคนจำนวนมาก เทคนิคการวิจัยไม่มีการแยกขั้นตอนของการเก็บข้อมูลกับการวิเคราะห์ข้อมูลออกจากกัน การเก็บข้อมูลใช้วิธีการสังเกตและการสัมภาษณ์ รวมทั้งการเข้าไปอยู่ในชุมชนเพื่อให้ได้ข้อมูลหลายด้าน

(4) การตั้งสมมติฐานและการทดสอบสมมติฐาน

ไม่เน้นการตั้งสมมติฐาน แต่ถ้ามีสมมติฐานอาจมีการปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้มาสะท้อนให้เห็นว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ไม่สอดคล้องกับสภาพข้อเท็จจริง

(5) การทดสอบความตรง (Validity) ความเที่ยง (Reliability)

ไม่เน้นการใช้แบบสอบถามการทดสอบความเชื่อถือได้และความถูกต้องของข้อมูล จะทำโดยนักวิจัยในขณะทำการสัมภาษณ์ โดยดูว่าคำตอบที่ได้มาสอดคล้องกับบริบทของชุมชนและสังคมนั้นๆหรือไม่

(6) ระยะเวลา

ใช้เวลาในการศึกษานาน ทำให้ดูเหมือนได้ปริมาณงานไม่มากนัก แต่มีความลึกซึ้ง เนื่องจาก ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการเก็บข้อมูล ทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีความถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ ขั้นตอนการวิจัยเชิงคุณภาพ ประกอบด้วย

(1) การกำหนดปัญหาในการวิจัย

ปัญหาที่ใช้ในการวิจัยเชิงคุณภาพมี 2 ประเภท คือการวิจัยลักษณะทั่วไปของปรากฏการณ์ และการวิจัยลักษณะเฉพาะเจาะจง เช่น การวิจัยเพื่อหาสาเหตุ ปัจจัยกำหนด กระบวนการ และผลกระทบ ทั้งนี้การศึกษาปรากฏการณ์เหล่านี้จะต้องเป็นการศึกษาที่มองรอบด้านและคำนึงถึงบริบท (Context) ของปรากฏการณ์นั้นๆ

(2) การสำรวจวรรณกรรม

ผู้วิจัยต้องทำการสำรวจวรรณกรรมเพื่อทบทวนว่ามีผู้ใดทำวิจัยในหัวข้อที่ศึกษาหรือไม่ เพื่อนำมาเป็นเครื่องมือในการกำหนดกรอบแนวคิด และสรุปแนวคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

(3) การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยมีบทบาทสำคัญในการเก็บข้อมูลที่ได้จากการสังเกต จดบันทึก สัมภาษณ์ และข้อมูลเอกสาร เพื่อหาข้อสรุป หรือตั้งสมมติฐานจากข้อเท็จจริงที่พบจากการวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยต้องกำหนดตัวอย่าง และสนาม (หรือพื้นที่) ของการวิจัยให้ชัดเจน รวมทั้งต้องรวบรวมข้อมูลที่เป็นบริบทของข้อมูลการวิจัยทั้งหมด ถือเป็นสำคัญของการวิจัยเชิงคุณภาพ เนื่องจากผู้วิจัยจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยเข้าไปมีส่วนร่วมในเหตุการณ์ และใช้เทคนิคในการสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดเกี่ยวกับโลกทัศน์ ความรู้สึก ค่านิยม ประวัติ คุณลักษณะ

(4) การวิเคราะห์ข้อมูลและเสนอรายงาน

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพจะใช้วิธีการจำแนกและจัดระบบข้อมูลเพื่อตอบคำถามว่าคืออะไร เป็นอย่างไรและหาความสัมพันธ์ของข้อมูล แยกแยะเงื่อนไข เพื่อทราบสาเหตุ ความสัมพันธ์ กระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

4.1.2 การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research)

เป็นวิธีค้นหาความรู้และความจริง โดยเน้นที่ข้อมูลเชิงตัวเลข มีการออกแบบการวิจัย โดยมีการควบคุมตัวแปรที่ศึกษา จัดเตรียมเครื่องมือรวบรวมข้อมูลที่มีคุณภาพ ทั้งความเที่ยงและความตรงที่สามารถวัดได้ใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์และประมวลผลข้อสรุปที่ได้จากการวิจัยให้เกิดความคลาดเคลื่อน (Error) น้อยที่สุด

(1) วัตถุประสงค์

ในการวิจัยคือ การให้คำอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แนวทางที่เรียกว่า ปฏิฐานนิยม (Positivism) การอธิบายปรากฏการณ์เป็นการนำเสนอเชิงตัวเลข ทางสถิติ เช่น ร้อยละของประชากร ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสัมพันธ์ของความพึงพอใจ

(2) ลักษณะของข้อมูล

เป็นการศึกษาสภาพทั่วไปของสังคมมีการกำหนดตัวแปรต่างๆ ในการเก็บข้อมูล อาจได้มาจากแหล่งข้อมูล ข้อมูลปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ การเสนอจะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ และแปรผลจากค่าสถิติที่ใช้วัด

(3) วิธีการเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลด้วยวิธีการสำรวจ เน้นการเก็บข้อมูลจากคนจำนวนมาก เพื่อทำการวิเคราะห์และทดสอบทฤษฎีหรือสร้างทฤษฎีและให้ความหมายในเชิงวิชาการมากกว่าการศึกษาแง่มุมของชุมชน

(4) การทดสอบความตรง (Validity) ความเที่ยง (Reliability)

การเก็บข้อมูลในงานวิจัยเชิงปริมาณส่วนใหญ่มาจากแบบสอบถาม ดังนั้นวัดเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ต้องมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือทุกคนเมื่ออ่านหรือใช้เครื่องมือแล้วจะเข้าใจความหมายได้ตรงกันเสมอ ไม่ว่าจะอ่านเวลาใดก็ตาม รวมทั้งการแปลผลออกมาเป็นคะแนนต้องมีเกณฑ์ที่แน่นอน ไม่ว่าใครจะเป็นผู้แปลผลต้องมีค่าคะแนนที่ตรงกันเสมอ ความตรงในงานวิจัยเชิงปริมาณควรประกอบด้วย ความตรงตามเนื้อหา เครื่องมือที่ใช้ต้องสามารถวัดได้ตามเนื้อหาที่ต้องการ ความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ เป็นการหาความตรงของเครื่องมือโดยการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการนำเครื่องมือกับเกณฑ์มาตรฐานไปทดลองใช้ประกอบด้วย ความตรงตามสภาพการณ์และความตรงเชิงพยากรณ์ ประการสุดท้าย การวัดความตรง

ตามโครงสร้าง เป็นลักษณะของเครื่องมือที่มีรูปแบบหรือโครงสร้างตามทฤษฎีที่ควรจะเป็นในการวัดทางจิตวิทยา หรือแบบวัดที่มีหลายมิติ

(5) ระยะเวลา

โดยส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการวิจัยน้อยกว่าการวิจัยเชิงปริมาณ เนื่องจากเมื่อได้ข้อมูลจากการวิจัย นักวิจัยสามารถวิเคราะห์ได้จากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น SPSS ในการแปลผลข้อมูลเบื้องต้น ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้เร็วกว่าการวิจัยเชิงปริมาณ

ขั้นตอนวิจัยเชิงปริมาณ ประกอบด้วย

(1) การเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำการวิจัย (Research a Topic)

ผู้วิจัยจะต้องตัดสินใจก่อนว่าจะวิจัยเรื่องอะไร แล้วกำหนดเป็นหัวเรื่องที่ จะวิจัย

(2) การกำหนดปัญหาในการวิจัย (Formulating the Research Problem)

เป็นการตั้งปัญหาในเรื่องที่ต้องการวิจัยเพื่อหาคำตอบ หรือเป็นการแจกแจงวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยต้องกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน และเป็นปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้

(3) การสำรวจวรรณกรรม (Extensive Literature Survey)

เป็นการทบทวนเอกสารต่างๆ แนวคิดทางทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องที่ต้องการศึกษา เพื่อหาแนวคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย และสำรวจให้แน่ใจว่าไม่วิจัยซ้ำกับผู้อื่น ซึ่งการวิจัยควรเน้นการเสริมสร้างให้เกิดความรู้ใหม่

(4) การตั้งสมมติฐานการวิจัย (Formulating Hypothesis)

เป็นการคาดคะเนคำตอบของปัญหาในการวิจัย หรือคาดคะเนความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่จะศึกษาไว้ล่วงหน้าแล้วจึงหาข้อมูลมาพิสูจน์

(5) การออกแบบการวิจัย (Research Design)

เป็นการวางแผนกำหนดวิธีการในการดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาในการวิจัย เช่น การเก็บข้อมูล การเลือกเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการวิจัย บุคลากรและงบประมาณที่ใช้

(6) การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

เป็นการวางแผนว่าจะเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างไร จะใช้ข้อมูลปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ และถ้าเป็นข้อมูลทุติยภูมิควรจะเก็บอย่างไร การสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูล ถ้าเป็นข้อมูลทุติยภูมิจะใช้ข้อมูลจากแหล่งใด

(7) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมได้จะนำมาตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อน จึงทำการประเมินผลและวิเคราะห์ผลที่ได้และพิสูจน์กับสมมติฐานที่ตั้งไว้

(8) การเขียนรายงานผลการวิจัยและจัดพิมพ์เผยแพร่ (Research Report)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการวิจัย ผู้วิจัยจะต้องเขียนรายงาน เพื่อให้ผู้อื่นทราบถึงกิจกรรมที่ดำเนินในขั้นตอนต่างๆ และสิ่งที่ค้นพบจากการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะต้องเขียนรายงานตามรูปแบบของการเขียนรายงานการวิจัย และเขียนด้วยความซื่อสัตย์ในสิ่งที่ค้นพบ [67]

4.2 ผลการศึกษาวิจัย

ผลการวิจัยฉบับนี้ได้ทำการออกแบบและสำรวจโดยใช้การตอบแบบสำรวจผ่าน Google Form ข้อมูลจากแบบสำรวจประกอบไปด้วย ผู้ที่ไม่มีอาการตาบอดสีจำนวน 11 คน และผู้มีอาการตาบอดสีจำนวน 1 คน เป็นประเภทตาบอดสีแดง-สีเขียว 1 คน รวมผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมดจำนวน 11 คน สามารถจำแนกรายละเอียดได้ดังในตารางที่ 4.1

4.2.1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสำรวจ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

ข้อมูล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
- ชาย	5	40.0
- หญิง	6	60.0
2. ช่วงอายุ		
- ต่ำกว่า 20 ปี	0	0
- อายุ 20-29 ปี	9	90.0
- อายุ 30-39 ปี	2	10.0
- อายุ 40 ปีขึ้นไป	0	0

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ (ต่อ)

ข้อมูล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
3. การศึกษา		
- ต่ำกว่าปริญญาตรี	0	0
- ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า	9	90.0
- ปริญญาโท	1	10.0
- ปริญญาเอก	1	0
- อื่น ๆ	0	0
4. อาชีพ		
- พนักงานบริษัทเอกชน	5	50.0
- ที่ปรึกษาระบบ SAP	1	10.0
- วิศวกรระบบ	1	10.0
- พนักงานขาย	1	10.0
- วิศวกรซอฟต์แวร์	1	10.0
- เจ้าหน้าที่ฝึกอบรม	1	10.0
- อาจารย์มหาวิทยาลัย	1	10.0
5. ตำแหน่งของอาชีพ		
- ระดับปฏิบัติการ	9	90.0
- ระดับปฏิบัติการอาวุโส	1	10.0
- ระดับอาวุโส	0	0
- ระดับหัวหน้างาน	0	0
- ระดับผู้จัดการขึ้นไป	1	10.0

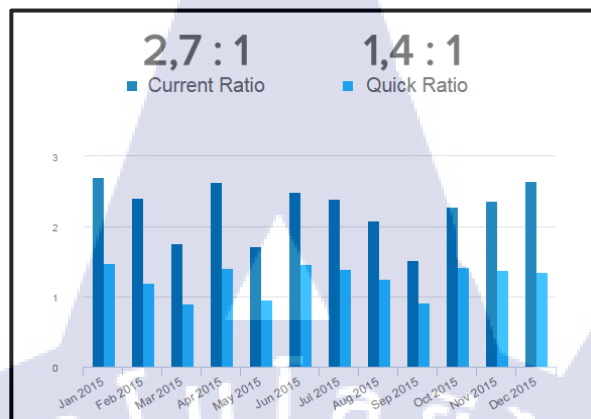
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ (ต่อ)

ข้อมูล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
6. เครื่องมือที่ใช้		
- Microsoft Power point	2	10.0
- Microsoft Excel	6	50.0
- Microsoft Power BI	1	8.30
- Tableau	0	0
- Python Library	0	0
- R Library	0	0
- Google Chart	0	0
7. ความถี่ในการใช้เครื่องมือ		
- 1 ครั้งต่อสัปดาห์		
- 2 ครั้งต่อสัปดาห์	3	25.00
- 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์	4	33.30
- 1 ครั้งต่อเดือน	0	0
- 2 ครั้งต่อเดือนขึ้นไป	1	8.30
- ทุกวัน	1	8.30

4.2.2 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจความพึงพอใจ

ผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมด 12 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่ไม่มีการتابอดสี จำนวน 11 คน และกลุ่มผู้ที่มีการتابอดสีจำนวน 1 คน โดยเป็นประเภทการบอดสีแดง-เขียว พบการบอดสีประเภทนี้ได้ในประชากรเพศชายมากกว่าประชากรเพศหญิง

(1) แผนภูมิแท่ง (Column Chart)



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแท่ง

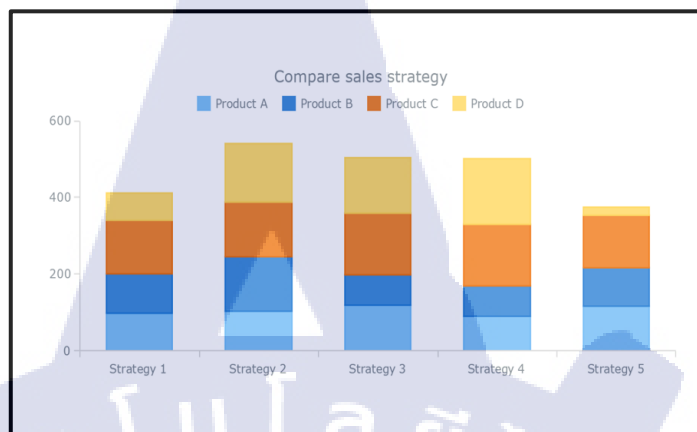
ผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมด 12 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่ไม่มีการتابอดสีจำนวน 11 คน และกลุ่มผู้ที่มีการتابอดสีจำนวน 1 คน ตอบแบบสำรวจในหัวข้อนี้สรุปได้จากตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงความพึงพอใจในรูปที่ 1

ระดับความพึงพอใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความพึงพอใจน้อยที่สุด (1)	2	16.70
ความพึงพอใจน้อย (2)	2	16.70
ความพึงพอใจปานกลาง (3)	3	25.00
ความพึงพอใจมาก (4)	5	41.70
ความพึงพอใจมากที่สุด (5)	0	0

ข้อสังเกตจากการสำรวจคือผู้ตอบแบบสำรวจที่มีการتابอดสีแดงและสีเขียว มีความพึงพอใจในแผนภูมิดังกล่าวในระดับความพึงพอใจมาก (4) เนื่องจากการบอดสีประเภทนี้สามารถแยกความแตกต่างของสีโทนน้ำเงินได้ การบอดสีประเภทนี้จะไม่สามารถแยกสีแดง สีเหลือง สีเขียว และสีที่อยู่ในโทนสีม่วง ผู้ที่มีการتابอดสีประเภทนี้จะมองเห็นสีโทนสีม่วงเข้มกว่าความเป็นจริง และในแผนภูมินี้ ยังมีสัญลักษณ์ที่แทนความหมายของข้อมูลที่ต้องการนำเสนอได้อย่างชัดเจน

(2) แผนภูมิแท่งแบบซ้อนต่อกัน (Stacked Chart)



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแท่งแบบซ้อนต่อกัน

ผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมด 11 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่ไม่มีการตอบดสีจำนวน 11 คน และกลุ่มผู้ที่มีการตอบดสีจำนวน 1 คน ตอบแบบสำรวจในหัวข้อนี้สรุปได้จากตารางที่ 4.3 ดังนี้

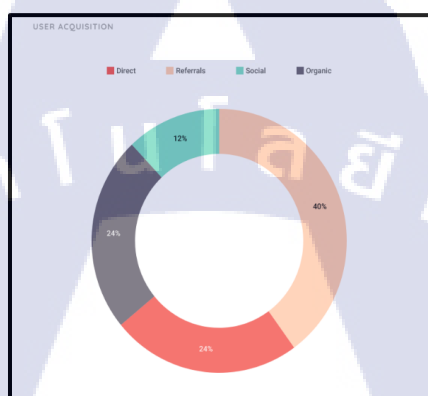
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงความพึงพอใจในรูปที่ 2

ระดับความพึงพอใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความพึงพอใจน้อยที่สุด (1)	0	0
ความพึงพอใจน้อย (2)	2	16.70
ความพึงพอใจปานกลาง (3)	4	33.30
ความพึงพอใจมาก (4)	5	41.70
ความพึงพอใจมากที่สุด (5)	1	8.30

ผู้ตอบแบบสำรวจที่มีการตอบดสีแดงและสีเขียว มีความพึงพอใจในแผนภูมิดังกล่าวในระดับความพึงพอใจ (3) เนื่องจากการตอบดสีประเภทนี้สามารถแยกความแตกต่างของสีโทนน้ำเงินได้ การตอบดสีประเภทนี้จะไม่สามารถแยกสีแดง สีเหลือง สีเขียว แต่ในส่วนที่เป็นสีเหลืองและสีส้มใน

แผนภูมินี้ ผู้ที่มีอาการตาบอดสีแดง-สีเขียว จะเห็นสีส้มเป็นสีเหลืองแต่เป็นในโทนที่อ่อนกว่า เนื่องจากสีส้มมีส่วนผสมที่มาจากสีแดงจึงทำให้ผู้ที่มีอาการบอดสีประเภทนี้ยังสามารถมองเห็นสีส้มได้ แต่ในบางคนจะไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีส้มได้ และในแผนภูมินี้ยังมีสัญลักษณ์ที่แทนความหมายของข้อมูลที่ต้องการนำเสนอได้อย่างชัดเจน

(3) แผนภูมิวงกลม (Donut Chart)



รูปที่ 4.3 แผนภูมิวงกลม

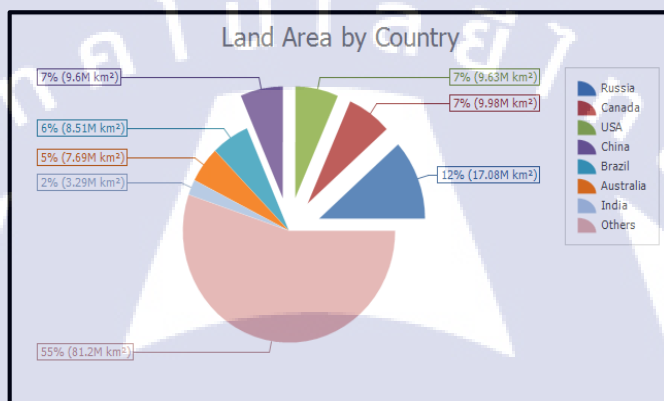
ผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมด 11 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่ไม่มีอาการตาบอดสีจำนวน 11 คน และกลุ่มผู้ที่มีอาการตาบอดสีจำนวน 1 คน ตอบแบบสำรวจในหัวข้อนี้สรุปได้จากตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงความพึงพอใจในรูปที่ 3

ระดับความพึงพอใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความพึงพอใจน้อยที่สุด (1)	4	33.30
ความพึงพอใจน้อย (2)	1	8.30
ความพึงพอใจปานกลาง (3)	5	41.70
ความพึงพอใจมาก (4)	2	16.70
ความพึงพอใจมากที่สุด (5)	0	0

ผู้ตอบแบบสำรวจที่มีอาการตาบอดสีแดงและสีเขียว มีความพึงพอใจในแผนภูมิดังกล่าวในระดับความพึงพอใจ (3) ในแผนภูมินี้มีการใช้สีแดงกับสีเขียว แต่ไม่ได้ใช้ทั้งสองสีใกล้กัน ทำให้ผู้ที่มีอาการบอดสีแดง-สีเขียวยังสามารถแยกความต่างของสีได้ และในแผนภูมินี้มีสัญลักษณ์ที่แทนความหมายของข้อมูล จากในแผนภูมินี้มีสัญลักษณ์ที่แทนความหมายทั้งรูปทรง ข้อความและจำนวน ข้อสังเกตในการการนำเสนอผ่านแผนภูมินี้คือ ใช้สีในการบอกจำนวนด้วยสีที่ตัดกันกับสีพื้นหลังที่เหมาะสม

(4) แผนภูมิวงกลม (Donut Chart)



รูปที่ 4.4 แผนภูมิวงกลม

ผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมด 11 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่ไม่มีอาการตาบอดสีจำนวน 11 คน และกลุ่มผู้ที่มีอาการตาบอดสีจำนวน 1 คน ตอบแบบสำรวจในหัวข้อนี้สรุปได้จากตารางที่ 4.5 ดังนี้

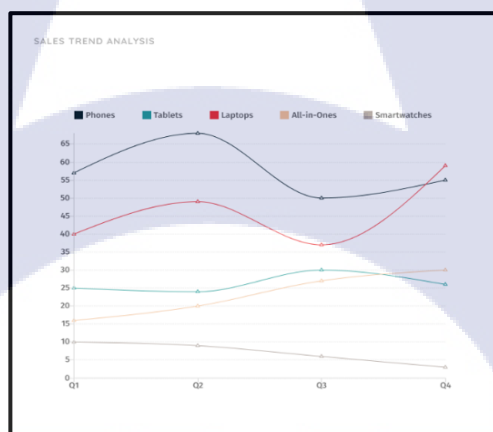
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงความพึงพอใจในรูปที่ 4

ระดับความพึงพอใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความพึงพอใจน้อยที่สุด (1)	0	0
ความพึงพอใจน้อย (2)	1	8.30
ความพึงพอใจปานกลาง (3)	5	41.70
ความพึงพอใจมาก (4)	4	33.30
ความพึงพอใจมากที่สุด (5)	2	16.70

ผู้ตอบแบบสำรวจที่มีอาการตาบอดสีแดงและสีเขียว มีความพึงพอใจในแผนภูมิดังกล่าวในระดับความพึงพอใจ (3) เนื่องจากสีที่ผู้ที่มีอาการตาบอดสีประเภทนี้ไม่ได้ยู่ติดกัน ทำให้ผู้ที่มีอาการตาบอดสียังสามารถแยกความแตกต่างของสีได้

ข้อสังเกตของแผนภูมินี้คือ ผลจากการตอบแบบสำรวจอยู่ในระดับ ความพึงพอใจปานกลาง (3) และ ความพึงพอใจมาก (4) มีผู้ตอบ 5 คนและ 4 คนตามลำดับ ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสำรวจทั้งผู้ที่ไม่มีอาการตาบอดสีและผู้ที่มีอาการตาบอดสีพึงพอใจแผนภูมินี้ เนื่องจากแผนภูมินี้มีการใช้ขนาดของตัวอักษร การแสดงรายละเอียดของข้อมูลกระชับ สื่อความหมายได้ชัดเจน ไม่สามารถตีความไปเป็นอย่างอื่นได้ และมีการใช้สีที่พยายามหลีกเลี่ยงคู่สีที่ทำให้ผู้ที่มีอาการตาบอดสีไม่สามารถมองเห็นด้วยกันได้

(5) แผนภูมิเส้น (Line Chart)



รูปที่ 4.5 แผนภูมิเส้น

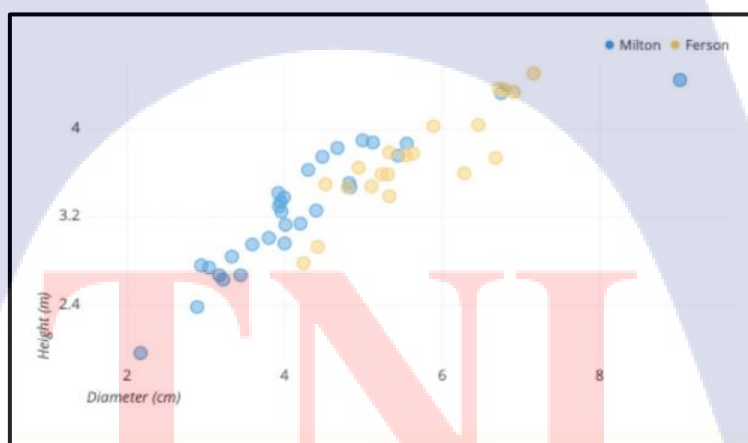
ผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมด 11 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่ไม่มีอาการตาบอดสีจำนวน 11 คน และกลุ่มผู้ที่มีอาการตาบอดสีจำนวน 1 คน ตอบแบบสำรวจในหัวข้อนี้สรุปได้จากตารางที่ 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงความพึงพอใจในรูปที่ 5

ระดับความพึงพอใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความพึงพอใจน้อยที่สุด (1)	0	0
ความพึงพอใจน้อย (2)	1	8.30
ความพึงพอใจปานกลาง (3)	4	33.30
ความพึงพอใจมาก (4)	5	41.70
ความพึงพอใจมากที่สุด (5)	2	16.70

ผู้ตอบแบบสำรวจที่มีอาการตาบอดสีแดงและสีเขียว มีความพึงพอใจในแผนภูมิดังกล่าวในระดับความพึงพอใจมาก (4) แผนภูมิดังกล่าวมีการใช้คู่สีที่ทำให้ผู้ที่มีอาการตาบอดสีแดง-เขียวไม่สามารถแยกได้ แต่ภายในแผนภูมิยังมีรายละเอียดต่างๆที่จำเป็น เช่น สัญลักษณ์ ข้อความที่ใช้แทนค่าและความหมาย และเส้นที่ใช้บอกค่าของข้อมูลมีสัญลักษณ์ที่กำหนดค่าของมูลให้สามารถสังเกตได้ง่ายขึ้น

(6) แผนภูมิแบบกระจาย (Scatter)



รูปที่ 4.6 แผนภูมิแบบกระจาย

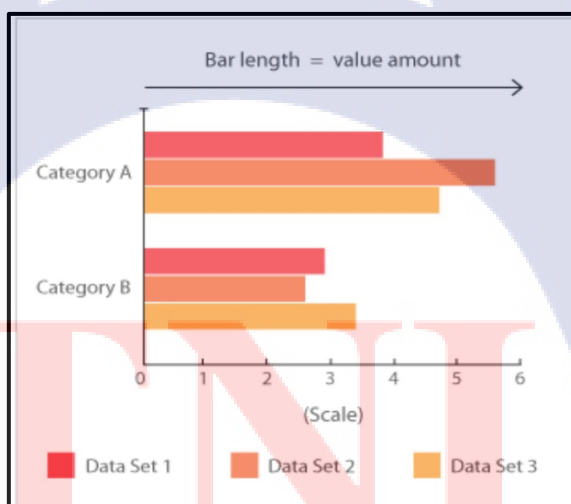
ผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมด 11 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่ไม่มีอาการตาบอดสีจำนวน 11 คน และกลุ่มผู้ที่มีอาการตาบอดสีจำนวน 1 คน ตอบแบบสำรวจในหัวข้อนี้สรุปได้จากตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงความพึงพอใจในรูปที่ 6

ระดับความพึงพอใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความพึงพอใจน้อยที่สุด (1)	1	8.30
ความพึงพอใจน้อย (2)	2	16.70
ความพึงพอใจปานกลาง (3)	2	16.70
ความพึงพอใจมาก (4)	3	25.00
ความพึงพอใจมากที่สุด (5)	4	33.30

ผู้ตอบแบบสำรวจที่มีอาการตาบอดสีแดงและสีเขียว มีความพึงพอใจในแผนภูมิดังกล่าวในระดับความพึงพอใจ (3) แผนภูมิดังกล่าวมีการใช้คู่สีที่ทำให้ผู้ที่มีอาการตาบอดสีแดง-เขียวอาจจะไม่สามารถแยกได้ คือ สีเหลือง แต่ในส่วนของสีน้ำเงินที่แสดงของข้อมูลอีกชุดหนึ่ง ผู้ที่มีอาการตาบอดสียังสามารถมองเห็นได้ ที่สำคัญคือในแผนภูมินี้มีสัญลักษณ์ที่แสดงความหมายของข้อมูล

(7) แผนภูมิแท่งแบบหลายข้อมูล (Multi bar chart)



รูปที่ 4.7 แผนภูมิแท่งแบบหลายข้อมูล

ผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมด 11 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่ไม่มีอาการตาบอดสีจำนวน 11 คน และกลุ่มผู้ที่มีอาการตาบอดสีจำนวน 1 คน ตอบแบบสำรวจในหัวข้อนี้สรุปได้จากตารางที่ 4.8 ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงความพึงพอใจในรูปที่ 7

ระดับความพึงพอใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความพึงพอใจน้อยที่สุด (1)	0	0
ความพึงพอใจน้อย (2)	1	8.30
ความพึงพอใจปานกลาง (3)	4	33.30
ความพึงพอใจมาก (4)	5	41.70
ความพึงพอใจมากที่สุด (5)	2	16.70

ผู้ตอบแบบสำรวจที่มีอาการตาบอดสีแดงและสีเขียว มีความพึงพอใจในแผนภูมิดังกล่าวในระดับความพึงพอใจน้อย (2) ในแผนภูมินี้ใช้สีโทนแดงและโทนสีส้ม ซึ่งเป็นสีที่ทำให้ผู้ที่มีอาการตาบอดสีแดง-เขียว ไม่สามารถมองเห็นสีหรือแยกสีได้ ผู้ที่มีอาการตาบอดสีประเภทนี้จะมองเห็นสีแดงและสีส้มเป็นสีที่ออกโทนสีเหลือง ในกรณีนี้ไม่ควรใช้สีที่ทำให้ผู้ที่มีอาการตาบอดสีแยกสีได้ยากหรือแยกสีไม่ได้

บทที่ 5

บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence เพื่อผู้มีภาวะตาบอดสี ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังที่กล่าวไปในบทที่ 1 ได้นำเสนอข้อสรุปดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence เพื่อผู้มีภาวะตาบอดสี ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังที่กล่าวไปในบทที่ 1 ได้ข้อสรุปดังนี้

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

5.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence ยังมีจำนวนน้อย ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับตาบอดสีส่วนใหญ่จะเน้นไปทางด้านการพัฒนาแอปพลิเคชัน (Application) และการพัฒนาการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อแก้ไขปัญหาความบกพร่องของการมองเห็น ผู้วิจัยจึงพยายามรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการบอดสี การออกแบบที่เกี่ยวกับอาการตาบอดสีจากบทความและสื่อสารสนเทศทั้งในและต่างประเทศ

5.2.2 ในส่วนของการสำรวจ ด้วยจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ผู้วิจัยสามารถหาผู้ที่มีอาการตาบอดสีได้เพียง 1 คน สำหรับการทำแบบสำรวจดังกล่าว

5.2.3 แบบสำรวจที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นในการสำรวจครั้งนี้ยังมีข้อบกพร่อง กล่าวคือแบบสำรวจมีคำถามที่ยังไม่ครอบคลุมในส่วนที่สำคัญ คือ ไม่มีในส่วนของการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแผนภูมิที่นำมาเป็นตัวอย่างในแบบสำรวจนี้ จึงทำให้ขาดส่วนสำคัญในการวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับการมองเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบสำรวจแต่ละคน และยังขาดในส่วนการสำรวจการใช้รูปแบบตัวอักษร

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.3.1 สำหรับการวิจัย สามารถปรับเปลี่ยนกลุ่มตัวอย่างหรือเพิ่มการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการทำวิจัยและการนำไปใช้กับผู้มีการตาบอดสี



บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] โรงพยาบาลปิยะเวท, “ตาบอดสี,” [Online]. Available: http://www.piyavate.com/service/frontend/service_article_detail/id/14/article/291 [Accessed: September 19, 2019].
- [2] Rama Channel., “ตาบอดสี ความผิดปกติในการมองเห็น ที่ส่งผลโดยตรงกับชีวิตประจำวัน,” [Online]. Available: <https://med.mahidol.ac.th/ramachannel/home/article/ตาบอดสี-ความผิดปกติในการมองเห็น> [Accessed: September 19, 2019].
- [3] สุภาพร สุกสีเหลือง, “ตาบอดสี ใครคิดว่าจะไม่สำคัญ,” *Thai Journal of Genetics*, ปีที่ 8, ฉบับพิเศษ, หน้า 43-46, 2558.
- [4] วิกีพีเดีย, “เซลล์รูปกรวย,” [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/เซลล์รูปกรวย> [Accessed: September 19, 2019].
- [5] Colblindor, “Color Blind Essentials,” [Online]. Available: [Color-Blind-Essentials.pdf\(color-blindness.com\)](http://Color-Blind-Essentials.pdf(color-blindness.com)) [Accessed: September 19, 2019].
- [6] วิกีพีเดีย, “ตา,” [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/ตา> [Accessed: January 13, 2020].
- [7] Laser Vision, “องค์ประกอบของตา (Anatomy of Eye),” [Online]. Available: <https://www.laservisionthai.com/health-corner/องค์ประกอบของตา-anatomy-eye> [Accessed: January 13, 2020].
- [8] Essilor, “การทำงานของดวงตา,” [Online]. Available: <https://www.essilor.co.th/vision/how-eyes-work> [Accessed: January 13, 2020].
- [9] Physics World, “นัยน์ตาและส่วนประกอบ,” [Online]. Available: <http://physicsworld.nanacity.com/physicsworld/lesson/see1.htm?i=1> [Accessed: January 13, 2020].
- [10] วิกีพีเดีย, “วิวัฒนาการของการเห็นสี,” [Online]. Available: th.wikipedia.org/wiki/วิวัฒนาการของการเห็นสี [Accessed: January 13, 2020].
- [11] วิกีพีเดีย, “ตาบอดสี,” [Online] Available: <https://th.m.wikipedia.org/wiki/ตาบอดสี> [Accessed: December 10, 2019].
- [12] Colorblind Awareness, “Type of Color Blindness,” [Online]. Available: <http://www.colourblindawareness.org/colour-blindness/types-of-colour-blindness/> [Accessed: December 10, 2019].

- [13] UX Collective, “*Color Blindness: How to Design an Accessible User Interface*,” [Online]. Available: <https://uxdesign.cc/color-blindness-in-user-interfaces-66c27331b858> [Accessed: May 04, 2021].
- [14] J. Gordinier, “*Color Blind Accessibility Guidelines and Recommendation*,” [Online]. Available: <http://www.geraldgordinier.com/wp-content/uploads/2016/09/color-blind-accessibility-1.pdf> [Accessed: December 10, 2019].
- [15] SlideShare, “*Accessibility & Color: Addressing Color Blindness in the User Experience*,” [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/saturdave/accessibility-color-addressing-color-blindness-in-the-user-experience> [Accessed: April 04, 2021].
- [16] ภัคณัย ทองทิอำพร, “*การมองเห็นและการวัดสี*,” [Online]. Available: http://www.dss.go.th/images/st-article/pep_7_2550_Color_Measurement.pdf [Accessed: December 10, 2019].
- [17] วิกีพีเดีย, “*สี*,” [Online]. Available: <https://th.m.wikipedia.org/wiki/สี> [Accessed: January 01, 2020].
- [18] ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, “*ทฤษฎีสี*,” [Online]. Available: http://www.math.cmru.ac.th/web56/option/doc_document/1378538114.pdf [Accessed: December 8, 2019].
- [19] ฟิสิกส์ราชวมงคล, “*เรื่องที่ 4.2.1 ทฤษฎีสีแสง*,” [Online]. Available: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour1.htm> [Accessed: January 13, 2020].
- [20] สมศักดิ์ คล้ายสังข์, “*ทฤษฎีสี (Theory of Color)*,” [Online]. Available: http://www.elfms.ssu.ac.th/somsak_kl/file.php/1/2-2560/1/w8_theory_of_color.pdf [Accessed: January 13, 2020].
- [21] คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, “*Color Theory*,” [Online]. Available: <http://www.student.chula.ac.th/~57442114/info3.htm> [Accessed: January 13, 2020].
- [22] PDI Design, “*Graphic Design: What Are The Primary, Secondary and Tertiary Colors*,” [Online]. Available: https://www.vancouverwebsitedesign.ca/graphic-design-and-the-use-of-colors/View_Larger_Image [Accessed: April 04, 2021].

- [23] ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, “ทฤษฎีสี,” [Online]. Available: http://www.math.cmru.ac.th/web56/option/doc_document/1378538114.pdf [Accessed: September 15, 2019].
- [24] Broad Oak Primary School, “Urban Pioneers Knowledge Organizer,” [Online]. Available: http://www.broadoak.manchester.sch.uk/serve_file/416206 [Accessed: May 05, 2021].
- [25] Terrestrial, “รู้จักกับระบบสี Munsell, Ostwald, CIE, Gerritsen, NCS,” [Online]. Available: <https://goterrestrial.com/2018/03/08/munsell-ostwald-color-system/> [Accessed: May 04, 2021].
- [26] Papermore, “Shades Tones & Tints / เฉด โทน และ ทินท์,” [Online]. Available: <https://papermore.co/2019/07/28/shades-tones-tints-เฉด-โทน-ทินท์/> [Accessed: May 05, 2021].
- [27] วิกิพีเดีย, “แสง,” [Online]. Available: <https://th.m.wikipedia.org/wiki/แสง> [Accessed: January 13, 2020].
- [28] Online College of Art & Design, “OCAD Studio: Hue, Chroma and Value,” [Online]. Available: <https://drawandpaint4free.artcoursework.com/2017/09/09/ocad-studio-hue-chroma-and-value/> [Accessed: May 05, 2021].
- [29] ธนิกานต์ ศรีต้นวงศ์, “การประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์ประกอบกล่องเพื่อการถ่ายภาพสเปกตรัมแสงที่เลี้ยวเบนผ่านเกรตติง,” [Online]. Available: http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Phys/Thanikan_S.pdf [Accessed: September 15, 2019].
- [30] โรงพยาบาลจะนะ, “ตาบอดสี (Color Blindness),” [Online]. Available: Chanahospital.go.th/content/ตาบอดสี-color-blindness [Accessed: September 15, 2019]
- [31] ฟิสิกส์ราชมงคล, “เรื่องที่ 4.1.1 ทฤษฎีการมองเห็นสีของมนุษย์,” [Online]. Available: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm> [Accessed: January 13, 2020].
- [32] Athens Science Cafe, “Color Blindness: It’s not all Black and White,” [Online]. Available: <https://athensscienceobserver.com/2016/09/15/colorblindness-its-not-all-black-and-white/> [Accessed: September 15, 2019].

- [33] ปรีดี ปลื้มสำราญกิจ, “ความสามารถในการเข้าถึงได้ทางเว็บ,” [Online]. Available: <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jlis/article/download/2165/2198> [Accessed: January 17, 2020].
- [34] Designil, “Web Accessibility คืออะไร? ทำไมจึงสำคัญ?,” [Online]. Available: <https://www.designil.com/web-accessibility.html> [Accessed: December 31, 2019].
- [35] RAInMaker, “รู้จักกับ Web Accessibility เขียนบทความอย่างไรให้ผู้พิการทางสายตา เข้าถึงได้,” [Online]. Available: <https://www.rainmaker.in.th/web-accessibility-content> [Accessed: December 31, 2019].
- [36] W3C Working Group Note, “Use of color Understanding SC 1.4.1,” [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/2016/NOTE-UNDERSTANDING-WCAG20-20161007/visual-audio-contrast-without-color.html> [Accessed: December 31, 2019].
- [37] W3C Working Group Note, “Use of color Understanding SC 1.4.1,” [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/2016/NOTE-UNDERSTANDING-WCAG20-20161007/visual-audio-contrast-without-color.html> [Accessed: January 02, 2020].
- [38] RAInMaker, “รู้จักกับ Web Accessibility เขียนบทความอย่างไรให้ผู้พิการทางสายตา เข้าถึงได้,” [Online]. Available: <https://www.rainmaker.in.th/web-accessibility-content> [Accessed: December 31, 2019].
- [39] วิกีพีเดีย, “ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้,” [Online]. Available: <https://th.m.wikipedia.org/wiki/ส่วนต่อประสานผู้ใช้> [Accessed: January 17, 2020].
- [40] Wikipedia, “User Interface,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/User_interface [Accessed: January 27, 2020].
- [41] มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, “บทที่ 5 ส่วนการจัดการสื่อประสานผู้ใช้ (User Interface Management),” [Online]. Available: academic.udru.ac.th/~samawan/content/บทที่%205ส่วนการจัดการส่วนสื่อประสานกับผู้ใช้.pdf [Accessed: January 13, 2020].
- [42] มัลลิกา เกลี้ยงเกล้า, “User Interface Design การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้,” (เอกสารประกอบการสอนสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ), สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2555.

- [43] University of Wisconsin, “*Designing for Colorblindness*,” [Online]. Available: <https://ce.uwex.edu/wp-content/uploads/2016/06/DesignForColorBlindness.pdf> [Accessed: January 13, 2020].
- [44] วิกีพีเดีย, “*การนำเสนอภาพข้อมูล*,” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/การนำเสนอภาพข้อมูล> [Accessed: September 15, 2019].
- [45] มูลนิธิโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, “*การนำเสนอข้อมูล*,” [Online]. Available: <https://www.saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=6&chap=11&page=t6-11-infodetail05.html> [Accessed: May 09, 2021].
- [46] Sundae, “*Business Intelligence คืออะไร มีประโยชน์ต่อธุรกิจอย่างไร*,” [Online]. Available: <https://www.sundae.co.th/article/?cmd=article&id=49> [Accessed: May 09, 2021].
- [47] ศรีสมรัก อินทุจันทร์ยง, “*Business Intelligence กับการบริหาร วางแผน และตัดสินใจ*,” *วารสารบริหารธุรกิจ*, ปีที่ 36, ฉบับที่ 137, หน้า 3-7, มกราคม-มีนาคม 2556.
- [48] R. F. Van der Lans, *Business Intelligence and Data Warehousing*, Massachusetts: Elsevier Science Press, 2012.
- [49] C. Vercellis, “*Business Intelligence Data Mining and Optimization for Decision Making*,” Milano: Wiley Press, 2006.
- [50] R. Suwanwishanee, “*Business Analytic*,” [Online]. Available: <https://www.digital.cmru.ac.th/Uploads/files/Business%20analytic.pdf> [Accessed: January 13, 2020].
- [51] ศราวุธ สุนทรนันท์, “*ระบบ Business Intelligence ที่มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพขององค์กรในอุตสาหกรรมขนส่ง: กรณีศึกษาบริษัท ขนส่งจำกัด*,” การศึกษาอิสระ บธ.ม. (การจัดการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2559
- [52] ระวีวรรณ แก้ววิทย์ และคณะ, “*การพัฒนาธุรกิจอัจฉริยะด้วยคลังข้อมูล Business Intelligence Development with Data Warehouse*,” [Online]. Available: https://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/jan_mar_11/pdf/aw22.pdf. [Accessed: January 13, 2020].
- [53] C. O. Wilke, “*Fundamentals of Data Visualization*,” [Online]. Available: <https://serialmentor.com/dataviz/index.html> [Accessed: September 24, 2019].

- [54] M. Okabe et al., “*Example of Redundantly Coded Drawings*,” [Online]. Available: <https://jfly.uni-koeln.de/color/#cudo> [Accessed: September 24, 2019].
- [55] สุธาทรร ล้าเลิศกุล, *เลือกฟอนต์ให้โดนใจและเหมาะสมกับงานนำเสนอ, ใช้ฟอนต์อะไรดี*, กรุงเทพฯ: ม.ป.พ, 2561.
- [56] สุทัศน์ ปาละมะ, “*การออกแบบตัวอักษรและภาพสำเร็จรูปในรูปแบบเลขคณิตล้านนา*,” วิทยานิพนธ์ ศป.ม. (การออกแบบนิเทศศิลป์), มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ, 2548.
- [57] Annecy Agency, “*How Font Choices Impact Political Perception*,” [Online]. Available: <https://www.annecyagency.com/post/how-font-choices-impact-political-perception> [Accessed: May 05, 2021].
- [58] O. Claus, “*Color Scales*,” [Online]. Available: [https:// serialmentor.com /dataviz/index.html](https://serialmentor.com/dataviz/index.html) [Accessed: September 24, 2019].
- [59] M. Okabe et al., “*Set of Color that is Unambiguous both to Colorblinds and Non-Colorblinds*,” [Online]. Available: <https://jfly.uni-koeln.de/color/#cudo> [Accessed: September 24, 2019].
- [60] Softnix, “*แนวทางการใช้สีใน Data Visualization*,” [Online]. Available: <https://www.softnix.co.th/2019/03/26/แนวทางการใช้สีใน-data-visualization/> [Accessed: January 17, 2020].
- [61] ชานนท์ ชื่นนรินทร์ และคณะ, “การวิเคราะห์แยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีเพื่อประยุกต์ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, ปีที่ 35, ฉบับที่ 4, หน้า 413-433, กรกฎาคม-สิงหาคม 2559.
- [62] สมชาย ปรากการเจริญ และคณะ, “โปรแกรมรูปภาพสำหรับคนตาบอดสี,” *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 2, หน้า 32-37, กรกฎาคม-ธันวาคม 2548.
- [63] J.A. Kulesza, et al, “*Standardization of Color Palettes for Scientific Visualization*,” [Online]. Available: [https://sites.nationalacademies.org /cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_179889.pdf](https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_179889.pdf) [Accessed: September, 2020].

- [64] C. Egan et al, “Do you see what I see? – Understanding the Challenges of Colour-Blindness in Online Learning,” [Online]. Available: <https://uhra.herts.ac.uk/bitstream/handle/2299/7690/904570.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Accessed: September, 2020].
- [65] เอกลักษณ์ สุ่มนพันธุ์ และคณะ, “การพัฒนาโปรแกรมเพื่ออ่านค่าแถบสีตัวด้านทานด้วยการประมวลผลภาพ,” วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, ปีที่ 3, ฉบับที่ 1, หน้า 54-65, มกราคม-มิถุนายน 2558.
- [66] E. Lamiaa et al, “Smartphone based Image Color Correction for Color Blindness,” [Online]. Available: <https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/8160/5068> [Accessed: March, 2021].
- [67] แหวดดาว พรหมเสน, การวิจัยเชิงคุณภาพและการวิจัยเชิงปริมาณ,” วารสาร มทร. อีสาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 95-102, มกราคม-มิถุนายน 2554.

ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก

การตีพิมพ์ผลงานวิจัย

TNI



การออกแบบวิธีการนำเสนอโปรแกรม Business Intelligence เพื่อผู้มีความตาบอดสี

เมธพร เจริญธรรม¹, ประจักษ์ เจริญธรรม²

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

ch.methaporn.st@tni.ac.th¹, prajak@tni.ac.th²

บทคัดย่อ — ในปัจจุบันการแข่งขันทางด้านธุรกิจมีมากขึ้น หน่วยงานต่าง ๆ มีการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลมากขึ้น เครื่องมือที่นิยมในปัจจุบัน ได้แก่ Tableau, Power BI หรือจะเป็นเครื่องมือที่เป็นส่วนต่อประสานแพลตฟอร์ม (Platform) ของภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรม เช่น ภาษาไพธอน (Python) ภาษาอาร์ (R) นอกจากการออกแบบการนำเสนอให้ดูสวยงาม เข้าใจง่ายแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกหนึ่งอย่างคือ จะออกแบบอย่างไรให้ผู้ที่มีความบกพร่องในการมองเห็นสีสามารถเข้าถึงการนำเสนอข้อมูลได้ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมกับผู้มีความตาบอดสีสำหรับผู้ใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลด้านธุรกิจอัจฉริยะให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ — การนำเสนอ, โปรแกรมธุรกิจอัจฉริยะ, ตาบอดสี

ABSTRACT — The present business competition is increase.

A company using data analysis and data visualization tools for forecast, setting a marketing strategy. The popular data visualization tools at the present, such as library for visualize data on Python programming, R Programming, or data analysis and data visualization tools, such as Power BI, Tableau.

A part from the designing and easy to understand, designer or users should be concern about friendly designing for color-blindness person. This research aim to guild designer or user for designing data visualization on Business Intelligence field.

Keywords — Visualization, Business Intelligence Program, Colorblindness.

I. บทนำ

อาการตาบอดสีเป็นอาการของคนที่ไม่สามารถแยกแยะสีได้เหมือนกับคนทั่วไปไม่ถือเป็นความผิดปกติและสามารถใช้ชีวิตได้เหมือนคนทั่วไป แต่อาจพลาดโอกาสบางอย่างในชีวิต [1] โดยเฉพาะข้อจำกัดในเรื่องของการเลือกประกอบอาชีพ ความสำคัญของการมองเห็นสีต่าง ๆ ถือเป็นความสามารถที่จะช่วยให้แยกแยะและจัดหมวดหมู่สิ่งต่าง ๆ ได้ [2] โดยกลไกการมองเห็นสีนั้นเริ่มต้นจากการรับแสงจากเซลล์รับภาพที่จอประสาทตา มีการประมวลผลหลัก ๆ 3 สี ได้แก่ เซลล์สีแดง เซลล์สีเขียว และเซลล์สีน้ำเงิน เมื่อเซลล์ถูกแสงกระตุ้นจะทำการส่งข้อมูลไปยังสมองเพื่อประมวลผลและแยกแยะสีต่าง ๆ ตามลำดับ

[3] ระดับความรุนแรงของอาการตาบอดสีแบ่งออกเป็น แบ่งออกเป็น 3 ลำดับคือ ระดับความรุนแรงเล็กน้อย, ระดับความรุนแรงปานกลาง และระดับความรุนแรงมาก

II. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

II.1 ทฤษฎีตาบอดสี

เราเห็นแสงสีจากเซลล์รูปแท่ง (Rod cell) และรูปกรวย (Cone cell) ที่บุอยู่ตรงเปลือกลูกตาชั้นใน [4] นิยมนำแต่ละข้างจะมีเซลล์รูปแท่งประมาณ 120 ล้านเซลล์ และเซลล์รูปกรวยประมาณ 6-7 ล้านเซลล์ เซลล์รูปแท่งทำ

หน้าที่ตรวจจับแสง ภาพสีดำ ขาวและเฉดเทา เซลล์รูปกรวยแต่ละเซลล์จะมีสารสีหรือโปรตีนที่จับกับตัวรับที่รับคลื่นแสงสีแดง เขียว และน้ำเงินซึ่งมีคลื่นแสงยาว ปานกลาง และสั้นตามลำดับ เมื่อแสงผ่านเข้ามาถึงนิยมนำเซลล์รูปแท่งและรูปกรวยที่อยู่หนึ่งด้านในจะส่งผลไปยังสมอง สมองจะประมวลผลเพื่อบอกให้เราทราบว่าสิ่งที่เรากำลังเห็นมีสีอะไรบ้าง เซลล์รูปกรวยทั้งสามชนิดจะทำหน้าที่ร่วมกันแล้วส่งไปยังสมองให้รายงานผลออกมา เช่น เมื่อเซลล์รูปกรวยสีน้ำเงินกับสีแดงทำงานที่รับภาพได้ทั้งคู่ สมองก็จะบอกเราว่าสีนั้นคือสีม่วง เป็นต้น

[5] เซลล์รูปกรวยไวต่อแสงน้อยกว่าเซลล์รูปแท่งในจอตา (ซึ่งสนับสนุนการเห็นในระดับแสงต่ำ) แต่ทำให้รับรู้สี นอกจากนี้ ยังสามารถรับรู้รายละเอียดดีกว่าและการเปลี่ยนแปลงภาพรวดเร็วกว่า เพราะเวลาการสนองต่อสิ่งเร้าเร็วของเซลล์รูปแท่ง เซลล์รูปกรวยปกติเป็นหนึ่งในส่วนชนิด แต่ละชนิดมีสารสีต่างกัน คือ เซลล์รูปกรวย-เอส เซลล์รูปกรวย-เอ็ม และเซลล์รูปกรวย-แอล ฉะนั้นเซลล์รูปกรวยแต่ละเซลล์จึงไวต่อความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นได้ซึ่งสอดคล้องกับแสงความยาวคลื่นสั้น ความยาวคลื่นกลางและความยาวคลื่นยาว เนื่องจากมนุษย์ปกติมีเซลล์รูปกรวยสามชนิดที่โฟโตอปซิน (Photopsin) ต่างกัน

II.1.1 ประเภทของตาบอดสี

ประเภทของตาบอดสีสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท รายละเอียดดังนี้ [6]

ตาบอดสีแดง (Protanomaly) ตาบอดสีแดงเป็นการบกพร่องตรงเซลล์รูปโคนเป็นเซลล์รับแสงสีแดงหรือมีสารสีที่ดูดกลืนความยาวคลื่นที่ยาวในที่สุดสีแดง ความสว่างของสีแดงจะลดลงและสีเหลือง จะลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับภาวะปกติบุคคลผู้ที่มีอาการตาบอดสีแดงแบบนี้ จะสับสนในเรื่องสีระหว่างสีแดงและสีน้ำเงินหรือสีเทาเข้มจะทำให้มองไม่เห็นสีแดงของสัญญาณไฟจราจรโดยที่ยังสามารถแยกสีแดงออกจากสีเขียวและสีเหลืองได้โดยอาศัยความสว่างของสี แต่ก็ไม่สามารถแยกได้ทุกสี เช่น สีม่วง (สีไวโอเล็ต) สีม่วงอ่อน (สีลาเวนเดอร์) และสีม่วงเข้ม (สีเพอร์เพิล) ไม่สามารถแยกโดยใช้ความสว่างของสีได้เพราะว่ามีส่วนประกอบของสีแดงเรื่อ ๆ เช่น ดอกไม้สีชมพูจะสะท้อนทั้งสีแดงและแสงสีน้ำเงินทำให้มองเห็นเป็นสีน้ำเงิน

อาการตาบอดสีแดง ไม่สามารถแยกสีดังต่อไปนี้

- เห็นสีแดงทุกเฉดเป็นสีดำ
- คู่สีที่อันตรายคือ คู่สีน้ำตาลเข้มกับสีเขียวเข้ม, คู่สีส้มเข้มกับสีแดงเข้ม
- คู่สีน้ำเงินบางเฉดกับสีแดงบางเฉด, คู่สีม่วงกับสีชมพูเข้ม
- คู่สีเขียวกับสีส้ม

ตาบอดสีเขียว (Deuteranopia) ตาบอดสีเขียวเป็นการบกพร่องตรงเซลล์รูปโคนที่เป็นเซลล์รับแสงสีเขียวหรือมีสารสีที่ดูดกลืนความยาวคลื่นกลาง ๆ ในที่สุด สีเขียว ตาบอดสีเขียวจะยากในการหาลักษณะ

เด่นที่ต่างกันระหว่างสีเขียวกับสีแดงที่มีสีน้ำเงินปนเข้าไปด้วย ในเงื่อนไขนี้ บางครั้งอาจจะอ้างถึงข้อบกพร่องในการมองเห็นสีเขียว/แดง บุคคลผู้ที่มีอาการตาบอดสีเขียวจะมีปัญหาในการแบ่งแยกสี เหมือนกับผู้ที่มีการตาบอดสีแดง แต่ไม่มีความผิดปกติทางด้านความสว่างของสี สีของสีแดง สีส้ม สีเหลือง และสีเขียว ในที่นี้หมายถึงจะมีสีต่างไปเล็กน้อยจากสีจริง ๆ โดยที่แต่ละคนอาจจะเห็นแตกต่างกันไปทำนองเดียวกับสีม่วง (สีไวโอเล็ต) สีม่วงอ่อน (สีลาเวนเดอร์) สีม่วงเข้ม (สีเพอร์เพิล) และสีน้ำเงินที่มีชื่อเพิ่มขึ้นมานั้นจะสอดคล้องกับสีที่คล้าย ๆ กันที่เห็น

อาการตาบอดสีเขียว ไม่สามารถแยกสีดังต่อไปนี้

- คู่สีแดงกับสีเขียว
- สีน้ำเงินกับสีเขียวกับสีเทาและสีชมพู
- คู่สีเขียวสว่างกับสีเหลือง
- คู่สีชมพูอ่อนกับสีเทาอ่อน
- คู่สีฟ้าอ่อนกับสีม่วง (สีม่วงดอกไลลิก)

ตาบอดสีน้ำเงิน (Tritanomaly) ตาบอดสีน้ำเงินเป็นโรคโครโมโซมชนิดหนึ่งที่เกิดพร่องตรงเซลล์รูปโคนที่เป็นเซลล์รับแสงสีน้ำเงินหรือมีสารสีที่ดูดกลืนความยาวคลื่นสั้นๆในที่นี้ก็คือแสงสีน้ำเงิน ตาบอดสีน้ำเงิน เป็นชนิดของตาบอดสีที่พบเจอได้ยากมากที่สุด

อาการตาบอดสีน้ำเงิน ไม่สามารถแยกสีดังต่อไปนี้

- คู่สีฟ้าอ่อนกับสีเทา
- คู่สีม่วงเข้มกับสีดำ
- คู่สีเขียวกับสีน้ำเงิน
- คู่สีส้มกับสีแดง

ในตำราของต่างประเทศจะแบ่งประเภทการบอดสีออกเป็น 3 ประเภท และแต่ละประเภทจะมีการแบ่งตามอาการบอดสี ได้แก่ [7]

- I) ประเภทบอดสีแดง-สีเขียว
 - ตาบอดสีเขียว (Deuteranomaly)
 - ตาบอดสีแดง (Protanomaly)
 - ตาบอดสีเขียว แบบไม่สามารถแยกสีแดง, สีส้ม และสีเขียวได้ (Deuteranopia)
 - ตาบอดสีแดง แบบมองเห็นความสว่างของสีแดงกับสีส้มลดลงจากสีเดิม (Protanopia)
- II) ประเภทบอดสีน้ำเงิน-สีเหลือง
 - ตาบอดสีน้ำเงิน-สีเหลือง แบบแยกคลื่นความถี่ของแสงสีทั้งสองไม่ได้ (Tritanopia)
 - ตาบอดสีน้ำเงิน (Tritanomaly)
- III) ประเภทตาบอดสีโดยสมบูรณ์ (Complete color-blindness)

ตาบอดสีโดยสมบูรณ์ คือ ไม่สามารถรับรู้สีใดๆ ได้ จะมองเห็นวัตถุต่างๆ เป็นสีขาวและดำ (Grey Scale)

II.III แสง

แสง ในความหมายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง [8] เป็นการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในบางส่วนของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า คำนี้ปกติหมายถึง แสงที่มองเห็นได้ ซึ่งตามนุษย์มองเห็นได้และทำให้เกิดสัมผัสการรับรู้ภาพ แสงที่มองเห็นได้ปกตินิยามว่ามีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400–700 นาโนเมตร ระหว่างอินฟราเรด (ที่มีความยาวคลื่นมากกว่าและมีคลื่นกว้างกว่านี้) และอัลตราไวโอเล็ต (ที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่าและมีคลื่น

แคบกว่านี้) ความยาวคลื่นนี้หมายถึงความถี่ช่วงประมาณ 430–750 เทระเฮิรตซ์

[9] คลื่นแสงมีความยาวคลื่นในช่วงที่แตกต่างกันออกไป โดยความยาวคลื่นแสงที่สั้นที่สุดที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ คือ ความยาวคลื่นประมาณ 400 นาโนเมตรซึ่งเป็นสเปกตรัมของแสงสีม่วง และความยาวคลื่นที่ยาวที่สุดที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้ คือ ความยาวคลื่นประมาณ 700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นสเปกตรัมของแสงสีแดง โดยเรียกช่วงคลื่นแสงซึ่งอยู่ในขอบเขตที่กล่าวมานี้ว่า สเปกตรัมที่ตามองเห็นได้ (Visible Spectrum)

[10] คลื่นแสงที่มีความยาวกว่า 700 นาโนเมตร ได้แก่ แสงอินฟราเรด (Infrared ray) คลื่นไมโครเวฟ (Microwave ray) คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ ส่วนคลื่นที่สั้นกว่า 400 นาโนเมตร ได้แก่ แสงอัลตราไวโอเล็ตหรือแสงยูวี (Ultra violet light หรือ UV light) รังสีเอ็กซ์ (X-ray) และรังสีแกมมา (Gamma ray) ซึ่งตาคนเรามองไม่เห็นเนื่องจากจอตาคนเราไม่มีเซลล์รับรู้การเห็นสีนั้นๆ

The Visible Spectrum



รูปที่ 1 ความยาวคลื่นแสง [11]

II.IV แนวทางในการออกแบบสำหรับคนตาบอดสีตามมาตรฐานการเข้าถึงเว็บไซต์ (Web Accessibility)

1.ออกแบบแผนภูมิและกราฟต่างๆด้วยความระมัดระวัง[12] ตรวจสอบให้แน่ใจว่าการใช้ข้อความต่างๆหรือการเน้นข้อความสำคัญต่างๆ เช่น การใช้ช่องว่าง, รูปทรงต่างๆ

ข้อความที่อยู่บนภาพควรมีอัตราส่วนการตัดกันของสีที่ 4.5:1 เป็นอย่างน้อย และใช้ข้อความเท่าที่จำเป็น

2. คำนี้ถึงการใช้ข้อความและพื้นที่หลังที่เหมาะสม

3. สำหรับตัวอักษรขนาดปกติ ให้มีอัตราส่วนการตัดกันของสีอย่างน้อย 7:1

4. ตัวอักษรขนาดใหญ่ (มากกว่า 18 พ้อยต์/24 พิกเซลหรือ 14 พ้อยต์/19 พิกเซลแบบตัวหนา) มีขนาดของอัตราส่วนอย่างน้อย 3:1

5. สำหรับข้อความที่เป็นลิงค์ให้มีขนาดอย่างน้อย 3:1 และมีตัวบ่งชี้ (เช่น เส้นใต้) และควรปรากฏลิงค์เมื่อใช้เมาส์ชี้ที่เหนือข้อความ

II.IV การออกแบบสำหรับคนตาบอดสี

ปัญหาในการออกแบบสำหรับคนตาบอดสีโดยเฉพาะเรื่องการใช้สีนั้น เป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบควรให้ความสำคัญ ไม่ว่าผู้ออกแบบจะอยู่ในอุตสาหกรรมด้านไหนก็ตาม ผู้ออกแบบควรคำนึงการออกแบบที่สามารถทำให้คนที่เห็นและไม่เป็นตาบอดสีสามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆได้เท่าเทียมกัน

[13] ผู้ออกแบบควรพิจารณาการใช้สี ในการนี้ที่ใช้สื่อความหมาย

- ลิงค์ : ใช้สีที่แตกต่างกันเพื่อนำให้ผู้ใช้ทราบว่าเป็นลิงค์ที่เข้าสู่เว็บไซต์ และนำผู้ออกแบบให้ใช้การขีดเส้นใต้
- แผนภูมิและกราฟ : การใช้กราฟและแผนภูมิก็จะใช้สีเพื่อเป็นการเน้น แยกข้อมูล ควรใช้พื้นผิว ลายต่างๆ (เช่น เส้น, จุด, เครื่องหมายแฉก (ศ) และอื่นๆ) แทนการใช้สี

- แผนที่ : แผนที่ส่วนใหญ่จะใช้สีในการแสดงข้อมูลเส้นทางของรถประจำทาง, ทางด่วน และทางหลวงชนบท
- เกม : ส่วนใหญ่ในเกมต่างๆ จะใช้สีในการแบ่งทีมของผู้เล่นหรือเพื่อบอกความแตกต่างในระบบเกม ผู้ออกแบบควรพิจารณาการออกแบบเกมด้วยการเพิ่มข้อบ่งชี้ (Indicator) เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างวัตถุ (Object) ระหว่างทีมของผู้เล่น (Team) และอื่นๆ

ผู้ออกแบบสามารถนำตัวชี้วัดนี้มาใช้ในการออกแบบ

- ไม่ควรใช้สีผสมกัน เช่น สีแดงกับสีเขียว, สีเขียวกับสีน้ำเงิน, สีน้ำเงินกับสีม่วง, สีเขียวกับสีน้ำเงิน, สีเขียวอ่อนกับสีเหลือง, สีน้ำเงินกับสีเทา, สีเขียวกับสีเทา และสีเขียวกับสีดำ
- ใช้สีที่มีความตัดกันสูง คนตาบอดสีสามารถแยกแยะได้, ความสว่างของสี และค่าความบริสุทธิ์ของสีได้ดีกว่า
- ใช้พื้นผิว ลายต่างๆ ในการใช้แผนที่, แผนภูมิ, กราฟ และอินโฟกราฟิก ควรประกอบด้วยพื้นผิว (เช่น เส้น, จุด, เครื่องหมาย, ข้อ (ศ)) เพิ่มลงไปในการใช้สีเพื่อสื่อความหมาย
- ออกแบบขึ้นมาในมุมมองของคนที่เป็นตาบอดสี



รูปที่ 2 การนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมกับคนที่เป็นตาบอดสี [14]

จากในรูปที่ 2 นั้น เป็นการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมกับคนที่เป็นตาบอดสี เพราะมีการใส่รายละเอียดต่างๆ เช่น เส้น, ลายพื้นผิวต่างๆ เพื่อให้สังเกตเห็นได้ง่าย เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน ถึงแม้ว่าคนเป็นตาบอดสีเห็นข้อมูลชุดนี้ก็สามารถเข้าใจได้

II.V การใช้สีที่เหมาะสมกับผู้มีอาการตาบอดสี

Set of colors that is unambiguous both to colorblinds and non-colorblinds

Original	Proton	Decon	Trilon	Hex	CIE L*a*b*	for Photoshop, Illustrator, for Word, PowerPoint, etc.
1	Black	Black	Black	000000	(0,0,0)	(0,0,0)
2	White	White	White	FFFFFF	(100,0,0)	(100,0,0)
3	Blue	Blue	Blue	0000FF	(25,0,-100)	(25,0,-100)
4	Green	Green	Green	00FF00	(100,100,-50)	(100,100,-50)
5	Yellow	Yellow	Yellow	FFFF00	(100,100,0)	(100,100,0)
6	Red	Red	Red	FF0000	(100,-50,-50)	(100,-50,-50)
7	Purple	Purple	Purple	800080	(50,-50,100)	(50,-50,100)
8	Brown	Brown	Brown	8B4513	(50,20,20)	(50,20,20)

รูปที่ 3 สีที่เหมาะสมสำหรับคนที่เป็นตาบอดสี [15]

คำอธิบายสำหรับรูปที่ 3 [16]

- สีแดงสำหรับผู้มีอาการตาบอดสีโดยเฉพาะสีแดง Vermilion (สีแดงอมส้ม เป็นสีแดงที่มีสีส้มมาเจือจาง) หลีกเลี่ยงการใช้สีเหลืองกับสีเขียวด้วยกัน

- สำหรับการใช้สีเขียวให้ใช้สี Bluish Green (สีเขียวอมน้ำเงิน)
- การใช้สีม่วงให้เลือกใช้ Reddish purple แทนการใช้สีม่วง เพราะในสีม่วงมีสีน้ำเงินผสมอยู่ด้วย
- ระหว่างสี Vermilion (สีแดงอมส้ม) กับสีเหลือง มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน สามารถเลือกนำมาใช้ได้
- สีฟ้ากับสีน้ำเงินต้องให้ทั้งสองสีนี้มีความสว่างและความอิ่มตัวแตกต่างกันจนสังเกตเห็นได้ชัด
- ไม่ว่าจะเป็นผู้ที่ไม่ได้มีอาการตาบอดสี แต่การที่จะให้มาดูเส้นที่เล็กและบางกับตัวอักษรตัวเล็กที่เป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินก็อ่านยากแล้ว ถ้าจะให้เส้นและตัวอักษรในลักษณะนี้ควรใช้สีน้ำเงินเข้มหรือสีส้ม

II.IV วิธีการเลือกสีที่สามารถสังเกตได้ง่าย [17]

หลังจากที่ออกแบบรูปแบบการนำเสนอได้รูปแบบอย่างทีกล่าวก่อนหน้านี้แล้ว มาถึงขั้นตอนการเลือกใช้สีในการนำเสนอให้อ่านง่ายมากขึ้น สีไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่นักออกแบบต้องใส่ใจการเลือกให้เหมาะสมกับผู้มีอาการตาบอดสีเท่านั้น การเลือกสีก็ควรคำนึงถึงลักษณะที่แตกต่างกันก็ช่วยทำให้อ่านง่ายขึ้น ใช้เวลาในการทำความเข้าใจน้อยลงและนักออกแบบยังสามารถนำวิธีการต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ให้กับทุกคนอีกด้วย หลักการมีทั้งหมด 4 ข้อดังนี้

1. หลีกเลี่ยงที่จะใช้สีในการเน้นข้อมูลเพียงอย่างเดียว
2. หลีกเลี่ยงการใช้ข้อความหรือวัตถุที่มีลักษณะใกล้เคียงกันกับพื้นหลัง ตัวอย่างเช่น ตัวอักษรสีแดงบนพื้นหลังสีเขียว หรือตัวอักษรสีสว่างบนพื้นหลังสีเข้ม เป็นต้น
3. ใช้ตัวอักษรและสัญลักษณ์ให้หนาหรือใหญ่เท่าที่จะเป็นไปได้ เพราะเวลาคนเรามองวัตถุที่เล็ก เซลล์รูปทรงจะทำงานเพียงบางส่วน ผู้ที่มีอาการตาบอดสีจะมองข้อความหรือสัญลักษณ์ที่เล็กได้ยากมาก สำหรับการเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรควรใช้รูปแบบ Arial, Helvetica, Times หรือ New York
4. ระมัดระวังในการใช้สีแดง สำหรับผู้ที่ไม่มีอาการตาบอดสีจะรู้สึกว่าเป็นสีแดงที่สว่าง สดใส แต่สำหรับผู้ที่มีอาการตาบอดสี โดยเฉพาะผู้มีอาการตาบอดสีแดงจะเห็นสีแดงเป็นสีที่ออกไปทางสีน้ำเงินหรือสีเขียวเข้ม เพราะผู้ที่มีอาการตาบอดสีแดงไม่สามารถมองเห็นคลื่นความยาวของสีแดงได้ และจะเห็นสีแดงเข้มเป็นสีออกไปทางสีดำ ดังนั้น นักออกแบบควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวอักษรสีแดงบนพื้นหลังสีดำ

ฟอนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ [18] คือแบบมีเชิง (Serif) และแบบไม่มีเชิง (San Serif) ซึ่งรูปแบบของเชิงตัวอักษรจะเป็นขีดเล็กๆ อยู่ปลายตัวอักษร จะทำให้รู้สึกถึงความสง่างามและเป็นทางการ หรือถ้าพิมพ์ตัวเล็กก็จะดูสวยงามเพราะมีช่องว่างตัวหนังสืออยู่มาก ฟอนต์แบบไม่มีเชิงนั้นจะตรงข้ามกันคือจะไม่ขีดที่ปลายตัวอักษร ให้ความรู้สึกเรียบง่ายและทันสมัย หากพิมพ์ตัวใหญ่ก็จะดูหนักแน่น เหมาะที่จะใช้เป็นตัวเรื่องหรือชื่อเรื่อง

ฟอนต์แบบไม่มีเชิง ได้แก่ Calibri, Arial, Verdana, Century Gothic

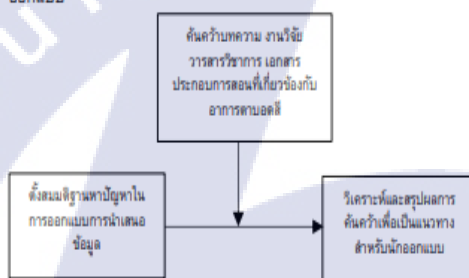
- Calibri เป็นอักษรที่มีขนาดเล็ก ดูดูฐาน และดูเป็นงานเป็นการ
- Arial เป็นสีที่ใช้ได้ในเกือบทุกสถานการณ์

- Verdana เป็นตัวอักษรที่ดูสะอาดตา และพบเห็นได้บ่อย แต่ น้อยกว่า Arial เพียงเล็กน้อย แต่มีความคลาสสิกอยู่ในตัว
- Century Gothic แบบอักษรดั้งเดิม ดูทันสมัย ภูมิฐาน และดูมีความมั่นใจ

III. การวิเคราะห์

กรอบแนวคิดสำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ตั้งสมมติฐาน เริ่มจากการหาปัญหาที่คิดว่าเป็นปัญหาในการ ออกแบบการนำเสนอข้อมูล
- ขั้นที่ 2 ศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ งานวิจัย วารสารวิชาการ เอกสาร ประกอบการสอนที่เกี่ยวข้องกับการตาบอดสี
- ขั้นที่ 3 วิเคราะห์และสรุปผลการค้นคว้าเพื่อเป็นแนวทางสำหรับนัก ออกแบบ



รูปที่ 4 กรอบแนวคิดวิจัย

IV. สรุป

แนวทางสำหรับการออกแบบรูปแบบการนำเสนอข้อมูลให้เหมาะสมกับคน ตาบอดสี สรุปได้ดังนี้

- ไม่ควรใช้สีที่อันตรายสำหรับคนตาบอดสี เช่น สีแดงกับสีเขียว, สี แดงกับสีดำ
- ใช้สีที่ตัดกันมากๆ สีที่ใช้แต่ละสีต้องมีค่าความอิ่มตัว (Saturation Value) ที่แตกต่างกันมากจนสังเกตเห็นได้ชัด
- เพิ่มลวดลายต่างๆ เช่น จุด, เส้น, รูปทรงเรขาคณิต ในการทำ แผนภูมิ กราฟต่างๆ เพื่อให้สังเกตเห็นได้ง่าย
- หลีกเลี่ยงการใช้สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรเป็นคู่สีอันตราย เช่น ตัวอักษรสีแดงพื้นหลังสีดำ เป็นต้น
- ขนาดของตัวอักษร ขนาดอักษรปกติควรใช้ขนาดอักษรมากกว่า 18 พ้อยต์ และแบบตัวหนาขนาด 14 พ้อยต์
- การเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรแบบมีเชิง (Serif) ควรเลือกใช้แบบ Times และ New York หรือแบบไม่มีเชิง (San Serif) อย่าง Arial และ Helvetica
- ให้ผู้ออกแบบคิดอยู่เสมอว่าให้สีเพื่อให้ง่ายต่อการรับรู้ข้อมูล ไม่ใช่ ใช้สีในการสื่อความหมายของข้อมูล แต่ถ้าใช้สีในการสื่อความหมาย ของข้อมูลให้มีสัญลักษณ์หรือข้อความสั้นๆ นอกความหมายของ ข้อมูลกำกับไว้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ที่ให้โอกาสในการนำเสนอแนวคิดในการทำงาน วิจัยตามความสนใจของผู้วิจัย ทั้งได้ให้คำปรึกษาด้านแนวคิดและทฤษฎีที่ เกี่ยวข้องตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยจนสามารถกำหนดขอบเขตของ งานวิจัยได้อย่างเหมาะสม และสามารถนำไปพัฒนาต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] โรงพยาบาลปิยะเวท. "ตาบอดสี", [Online]. Available: http://www.piyavate.com/service/frontend/service_article_detail/14/article/291.
- [2] Rama Channel. "ตาบอดสี ความผิดปกติในการมองเห็น ที่ส่งผลโดยตรงกับ ชีวิตประจำวัน", [Online]. Available: <https://med.mahidol.ac.th/ramachannel/home/article/ตาบอดสี-ความผิดปกติในการ/>
- [3] Colblinder, "COLOR BLIND ESSENTIALS", "The cause of color blindness", pp.6.
- [4] สุภาพร สุกสีเหลือง. "ตาบอดสี: ใครคิดว่าไม่สำคัญ", Thai J. Genet.2015, 8 (S), หน้า 43-46.
- [5] เซลล์รูปกรวย, [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/เซลล์รูปกรวย>
- [6] Color Blind Awareness, [Online]. Available: <http://www.colourblindawareness.org/colour-blindness/types-of-colour-blindness/>
- [7] Jerry Gordinier. "Color Blind Accessibility Guidelines and Recommendation", [Online]. Available: <http://www.geraldgordinier.com/wp-content/uploads/2016/09/color-blind-accessibility-1.pdf>.
- [8] ธนิษกันต์ ศรีสังวรงค์, "การประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์ประกอบกล้องเพื่อการถ่ายภาพ สเปกตรัมแสงที่เอื้ออำนวยผ่านแกรตติง", [Online]. Available: http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Phys/Thanikan_S.pdf.
- [9] พิธิศักดิ์ธรรมมงคล. "เรื่องที่ 4.1.1 ทฤษฎีการมองเห็นสีของมนุษย์", [Online]. Available: <http://www.rmuphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>
- [10] โรงพยาบาลปิยะเวท. "ตาบอดสี (Color blindness)", [Online]. Available: <https://www.piyavate.com/content/ตาบอดสี-color-blindness>.
- [11] Neil Humphrey. "When the Invisible Becomes Visible" [Online]. Available: <https://possibility.teledyneimaging.com/invisible-becomes-visible/>.
- [12] Jerry Gordinier. "Color Blind Accessibility", [Online]. Available: <http://www.geraldgordinier.com/wp-content/uploads/2016/09/color-blind-accessibility-1.pdf>.
- [13] "Designing for colorblindness", University of Wisconsin, [Online]. Available: <https://ce.uwex.edu/wp-content/uploads/2016/06/DesignForColorBlindness.pdf>.
- [14] "Designing for colorblindness", University of Wisconsin, [Online]. Available: <https://ce.uwex.edu/wp-content/uploads/2016/06/DesignForColorBlindness.pdf>.
- [15] Masataka Okabe and Kei Ito. "Set of colors that is unambiguous both to colorblinds and non-colorblinds," [Online]. Available: <https://fly.uni-koeln.de/color/#cudo>.
- [16] Masataka Okabe and Kei Ito. "Set of colors that is unambiguous both to colorblinds and non-colorblinds," [Online]. Available: <https://fly.uni-koeln.de/color/#cudo>.
- [17] Claus O. Wilke, "Color Scale", Fundamentals of Data Visualization, [Online]. Available: <https://serialmentor.com/dataviz/index.html>.
- [18] สุภาพร สุกสีเหลือง. "ชุดด้วยภาพ พร้อมตัวอย่างให้ ให้ง่ายต่อการมองเห็น", บทที่ 7 เลือก ฟอนต์ให้โดนใจและเหมาะสมกับงานนำเสนอ, ใช้ฟอนต์อะไรดี, หน้าที่ 92.

ภาคผนวก ข
Certificate

TNI



