



การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐาน Fundamentals of Computer Vision

Introduction to Computer Vision

ภิญโญ แท้ประสาธสิทธิ์

(pinyotae at gmail dot com, pinyo at su.ac.th,)

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

สัปดาห์แรก.1

Topic Outline



- ภาพและการมองเห็น
 - อะไรคือภาพ
 - อะไรคือการมองเห็น (ด้วยคอมพิวเตอร์) ?
- ความเกี่ยวข้องของวิชาการมองเห็นของคอมพิวเตอร์และศาสตร์อื่น ๆ
- ทำไมถึงต้องมีการเรียนรู้และวิจัยเกี่ยวกับการมองเห็นของคอมพิวเตอร์
- การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น
- รู้จักกับวิชาการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ให้มากขึ้น

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาธสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

2

ภาพและการมองเห็น



- ภาพ (image) คือ สิ่งที่ถูกเห็น
 - จะเป็นภาพหนึ่งมิติก็ได้ (มักถูกนำมาให้ประกอบการอธิบายทฤษฎีต่าง ๆ)
 - ถ้ามีเวลามากำกับก็อาจจะถือเป็นภาพสามมิติ เช่น วีดีโอของภาพสามมิติ
 - มากกว่าสามมิติมักจะไม่มีแม่แบบทางด้านการมองเห็น ข้อมูลที่เข้ามาประมวลผลมักจะถูกระบุว่าสัญญาณหลายมิติมากกว่าที่จะเป็นภาพหลายมิติ
- การมองเห็น (Vision) คือการมองเห็นภาพ รับรู้ผ่านสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์หรือสัญญาณชีวภาพโดยมากจะเป็นสองมิติหรือสามมิติ
- การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) จะเน้นที่ความสามารถในการดึงข้อมูลออกมาจากภาพที่เครื่องมองเห็น มักจะเกี่ยวข้องกับการรับรู้ (perception), การประทับจำ (registration), และความฉลาด (intelligence)

28 มกราคม 2558

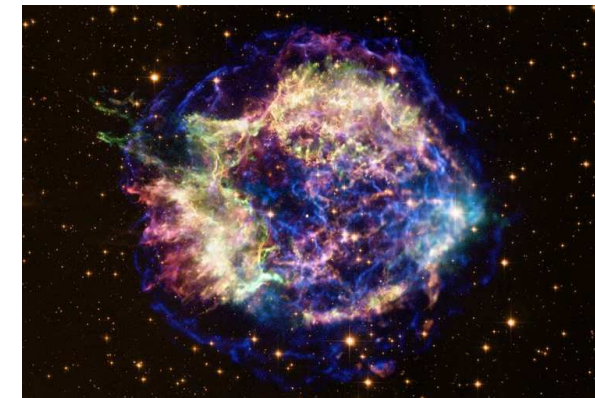
ภิญโญ แท้ประสาธสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

3

ภาพดิจิทัลอาจได้มาจากสัญญาณหลายประเภท



- ภาพมักถูกสร้างจากสัญญาณอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ส่วนใหญ่มาจากแสงที่ตามองเห็น (visible spectrum)
- ภาพไม่จำเป็นต้องมาจากแสงที่ตามองเห็นแต่เพียงอย่างเดียว



Supernova Remnant Cassiopeia A – Blend of X-ray and visible spectrum
(image courtesy: NASA, Chandra, Hubble)

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาธสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

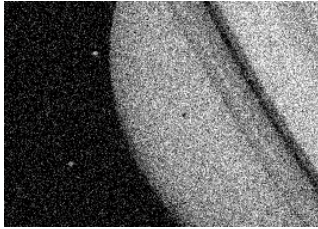
4

การประมวลผลภาพและการมองเห็นของคอมพิวเตอร์

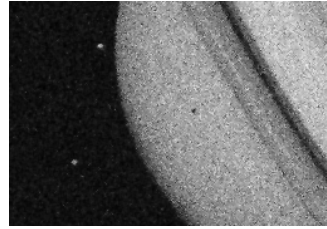


การประมวลผลภาพเน้นที่การทำให้ภาพมีคุณสมบัติตามความต้องการของผู้ใช้

- แต่ในปัจจุบันขอบเขตของงานประมวลผลภาพก็รวมไปถึง
 - การแยกพื้นที่ในภาพ (image segmentation)
 - การรู้จำภาพ (image recognition)
 - การประทับจำภาพ (image registration)
- งานบางส่วนของงานประมวลผลภาพกับการมองเห็นของคอมพิวเตอร์มีลักษณะเหมือนกัน



ภาพดาวเสาร์ที่เต็มไปด้วยสัญญาณรบกวน



ภาพที่ผ่านการลดสัญญาฉบับรวม

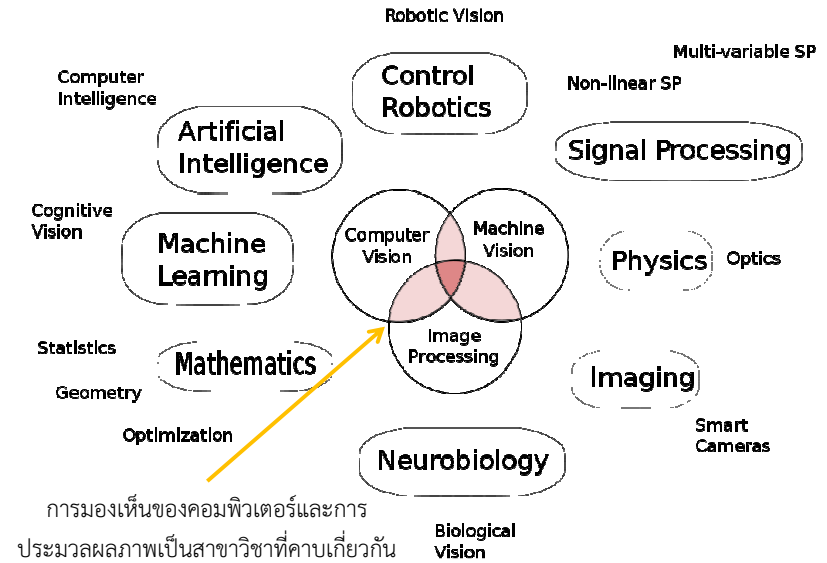
ภาพจาก MathWorks (สัญญาอนุญาตเป็นการสงเคราะห์)

5

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ความเกี่ยวข้องกับศาสตร์แขนงอื่น



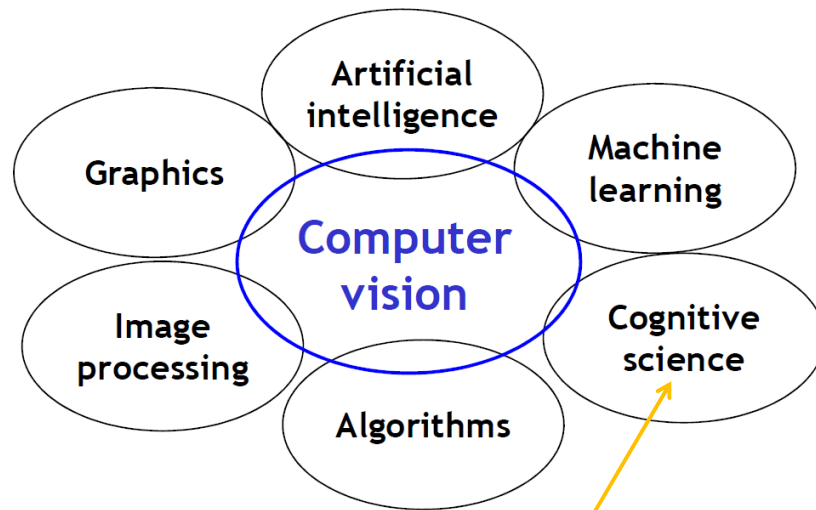
28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาพจาก wikipedia.org

6

ความเกี่ยวข้องกับสาขาอื่นแบบย่อ ๆ สไลด์ภาคคอม



มีแค่วิชาเดียวที่ไม่อยู่ในหลักสูตรภาคคอมทั่วไป

Slide credit: Kristen Grauman and Bastian Leibe

7

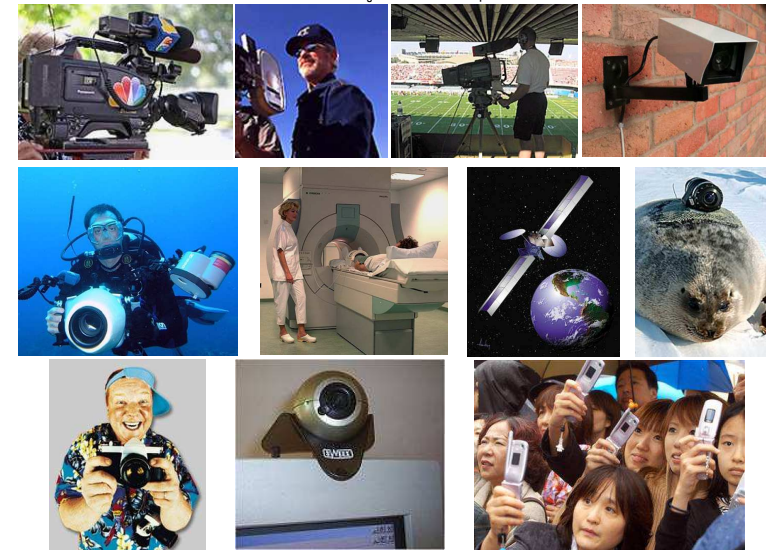
28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาธสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ทำไมต้องศึกษาคอมพิวเตอร์วิชั่น



เพราะการมองเห็นผ่านสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์มีอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน มีการใช้งานที่แพร่หลายในสาขาต่าง ๆ



28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาธสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Slide credit: Kristen Grauman

8

ทำไมต้องศึกษาคอมพิวเตอร์วิชัน (2)



- กล้อง ภาพนิ่ง และ ภาพเคลื่อนไหวมีอยู่ทุกที่
- การประยุกต์ใช้ที่มีประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
 - การแสดงผลสามมิติจากการนำภาพสองมิติมารวมกัน
 - การตรวจตราความปลอดภัยแบบอัตโนมัติ (ค้นหากิจกรรมที่ต้องสงสัยของคนในภาพ)
 - การติดต่อภาพยนตร์
- ทำให้เข้าใจการทำงานของการทำงานของมนุษย์ดียิ่งขึ้นด้วย
- ยังมีสิ่งลึกลับทางด้านวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจอีกมาก
 - การรู้จำวัตถุในบุคคลเกิดขึ้นได้อย่างไร

Slide credit: Robert T. Collins

28-Jan-15

Pinyo Taeprasartsit, Silpakorn University, Thailand

9

Topic Outline



- ภาพและการมองเห็น
 - อะไรคือภาพ
 - อะไรคือการมองเห็น (ด้วยคอมพิวเตอร์) ?
- ความเกี่ยวข้องของวิชาการมองเห็นของคอมพิวเตอร์และศาสตร์อื่น ๆ
- ทำไมถึงต้องมีการเรียนรู้และวิจัยเกี่ยวกับการมองเห็นของคอมพิวเตอร์
- การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น
- รู้จักกับวิชาการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ให้มากขึ้น

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

10

การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น



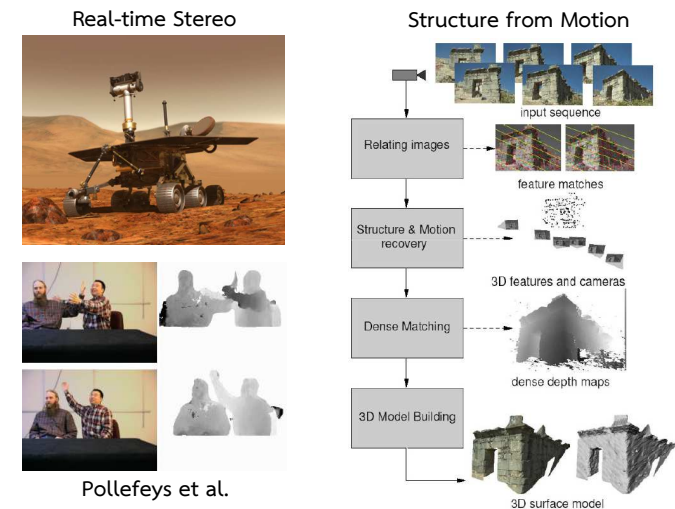
- การทำความเข้าใจภาพโดยอัตโนมัติผ่านระบบคอมพิวเตอร์
 - การคำนวณคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ระยะทางจากข้อมูลทางภาพ (การวัดคุณสมบัติ / measurement)
 - การรู้จำวัตถุ บุคคล สถานที่ และ กิจกรรม ตลอดจนการหาความสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านี้ (การรับรู้และการแปลความหมาย / perception and recognition)
 - การแบ่งขอบเขตรูป (segmentation)
- การประยุกต์ใช้ที่เจาะจงในแขนงใดแขนงหนึ่ง
 - การทหาร
 - การกีฬา
 - การแพทย์

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

11

การวัดคุณสมบัติในภาพ



วัดระยะได้จากการใช้กล้องหรือเซนเซอร์สองตัวขึ้นไป

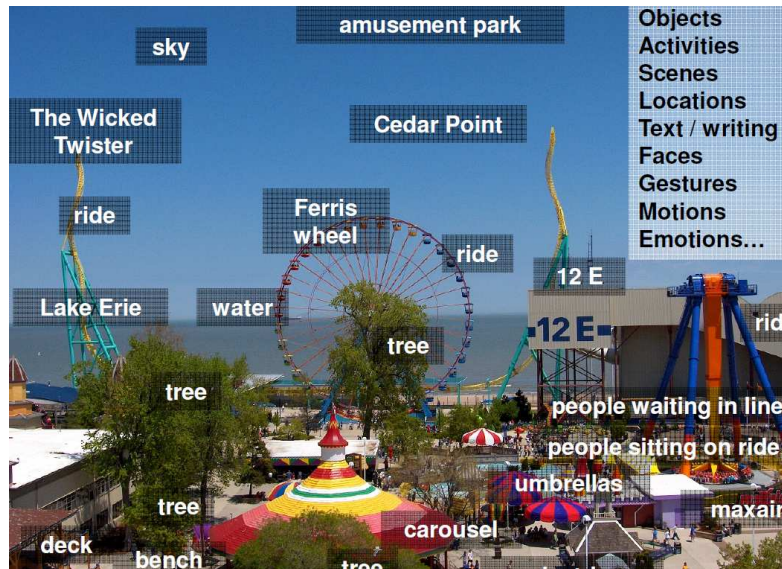
28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

12

Slide credit: Kristen Grauman and Bastian Leibe

การมองเห็นทำให้เกิดการรู้จำและตีความหมาย



Slide credit: Kristen Grauman

13

28 มกราคม 2558

ปัญญา แท้ประสาฬหิธี มหาวิทยาลัยศิลปากร

Face Detection and Recognition



Tag Your Friends

This will quickly label your photos and notify the friends you tag. Learn more



Image: Facebook

14

28 มกราคม 2558

ปัญญา แท้ประสาฬหิธี มหาวิทยาลัยศิลปากร

การแบ่งขอบเขตของรูป



- กรรไกรอัจฉริยะ (Intelligent Scissors or Live-wire Segmentation)



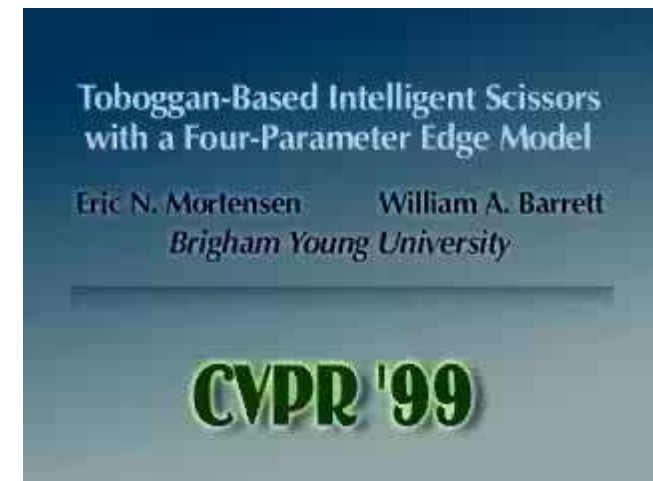
Image: Mortensen SIGGRAPH 1995

15

28-Jan-15

Pinyo Taeprasartsit, Silpakorn University, Thailand

Intelligent Scissors in Action



http://web.engr.oregonstate.edu/~enm/publications/CVPR_99/toboggan_scissors.mov

28 มกราคม 2558

ปัญญา แท้ประสาฬหิธี มหาวิทยาลัยศิลปากร

16

การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานที่เกี่ยวกับการมองเห็น

- การทำความเข้าใจภาพโดยอัตโนมัติผ่านระบบคอมพิวเตอร์
 - การคำนวณคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ระยะทางจากข้อมูลทางภาพ (การวัดคุณสมบัติ / measurement)
 - การรู้จำวัตถุ บุคคล สถานที่ และ กิจกรรม ตลอดจนการหาความสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านี้ (การรับรู้และการแปลความหมาย / perception and recognition)
 - การแบ่งขอบเขตรูป (segmentation)
- การประยุกต์ใช้ที่เจาะจงในแขนงใดแขนงหนึ่ง
 - การทหาร
 - การกีฬา
 - การแพทย์

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

17

ตัวอย่าง: การประยุกต์ใช้การมองเห็นสีในการทหาร

- เป็นการประยุกต์เชิงวิศวกรรมที่มีพื้นฐานมาจากความรู้ทางระบบประสาท
- การมองเห็นสี คือ ความสามารถของสิ่งมีชีวิตหรือเครื่องกลในการแยกแยะวัตถุโดยอาศัยความยาวคลื่นที่วัตถุเหล่านั้นสะท้อนหรือปล่อยออกมา



(Image Courtesy: Wikipedia.org)

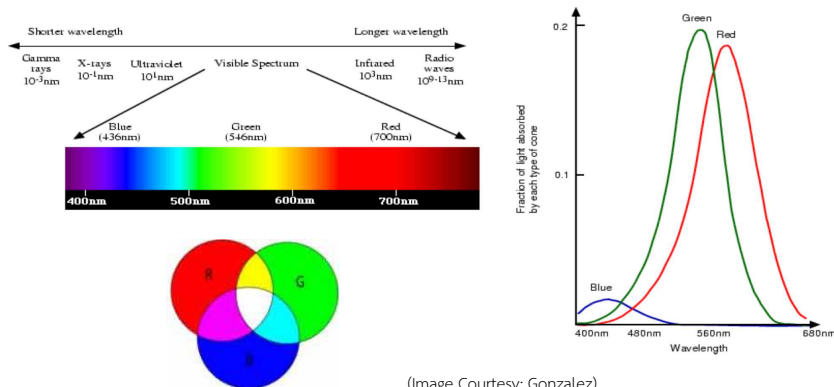
28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

18

การรับรู้สีของตามนุษย์

- ตาของมนุษย์สามารถรับรู้คลื่นความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าได้ในช่วงความถี่ประมาณ 400 – 750 nm
- ตาของมนุษย์ไม่ได้ไวต่อสีแต่ละอันเท่ากันหมด แต่ไวต่อสีเขียวมากที่สุด



(Image Courtesy: Gonzalez)

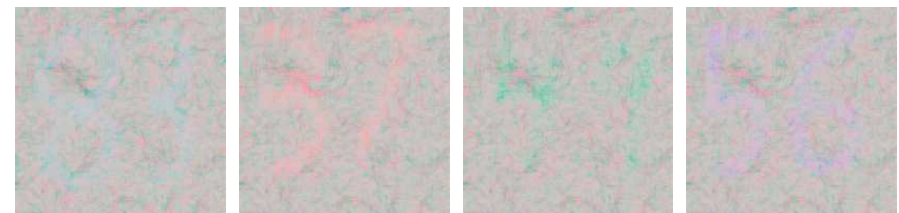
28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

19

ตาบอดสี

- ตาบอดสี (Color blindness or color vision deficiency) ในมนุษย์คือความสามารถรับรู้ความแตกต่างระหว่างสีบางอย่างหรือทั้งหมดที่คนทั่วไปรับรู้ได้
- โดยมากเป็นผลจากกรรมพันธุ์ แต่ก็บางกรณีเกิดขึ้นจากความเสียหายที่ตา ระบบประสาท หรือ สมอง หรือการได้รับสารเคมีบางชนิด
- ตาบอดสีมีอยู่หลายประเภท คนจำนวนมากตาบอดสีแดงเขียว



(Image Courtesy: Wikipedia.org)

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

20

การมองเห็นสีกับการประยุกต์ใช้ทั่วไป



- การออกแบบภาพกราฟิกที่ดีขึ้น: ไม่พึ่งพาแต่การใช้ความแตกต่างของสีเพื่อให้ข้อมูล
- การออกแบบอุปกรณ์ที่ดีขึ้น: อุปกรณ์สำหรับใช้ในยามฉุกเฉินบางอย่าง มีแต่สีขาวและดำเท่านั้น ทายได้หรือไม่ว่าทำไม?
- การออกแบบระบบสัญญาณไฟจราจร
- การเพิ่มความสามารถในการมองเห็นของมนุษย์



28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

21

แว่นมองกลางคืน (Night-Vision Goggles)



การมองเห็นในกลางคืน (Night Vision) คือ ความสามารถในการมองเห็นผ่านขบวนการทางชีวภาพ หรือเทคโนโลยีในสภาพแวดล้อมที่มืดหรือมีแสงน้อย



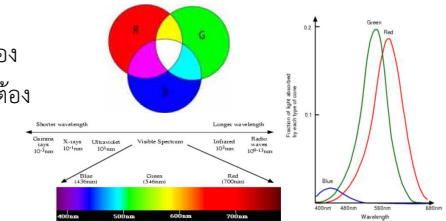
(Image Courtesy: U.S. Army)

เทคนิคพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง:

เป็นการผนวกของสองวิธี คือ การขยายพิสัยคลื่นความถี่ และการขยายพิสัยความเข้มแสง

คำถามที่น่าสนใจ

- ทำไมเราเลือกที่จะใช้สีเขียวในการแสดงผลที่กล้อง
- ทำไมเราไม่เพิ่มความเข้มแสงขึ้นไปตรง ๆ ทำไมต้องขยายพิสัย



ข้อสังเกต: การแก้ปัญหาทางเทคนิคบางทีก็ต้องอาศัย ความรู้จากหลาย ๆ แขนงประกอบกัน

(Image Courtesy: Gonzalez)

28 มกราคม 2558

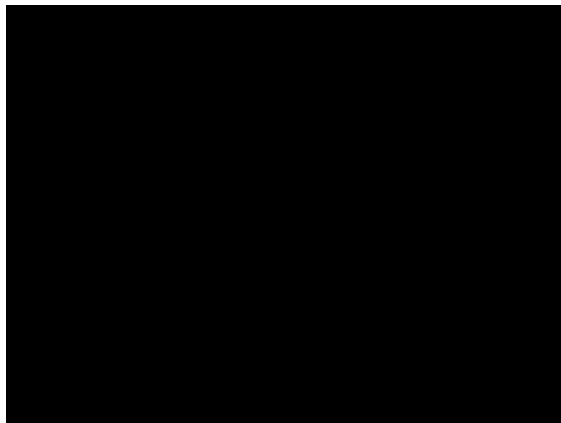
ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

22

การประยุกต์ใช้ทางการกีฬา (1)



- การวางซ้อนภาพในการถ่ายทอดกีฬาโดยอัตโนมัติ



(Video courtesy: NFL SuperBowl 2010, obtained from YouTube)

<http://www.youtube.com/watch?v=j3L09liVopc>

28 มกราคม 2558

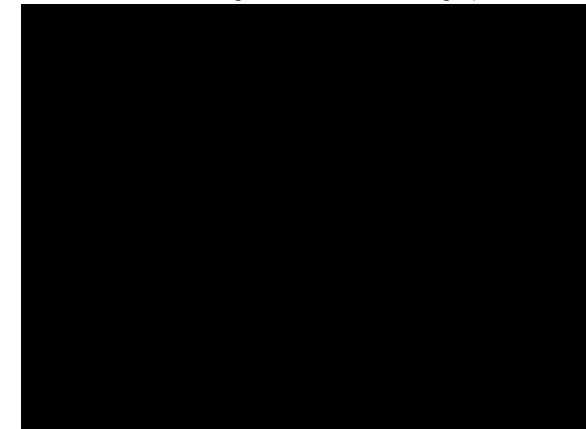
ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

23

การประยุกต์ใช้ทางการกีฬา (2)



Hawk-Eye: ระบบการติดตามลูกบอลและบอกตำแหน่งเชิงสามมิติ (Ball-Tracking and 3D-Positioning System)



(Video courtesy: Australian Open 2009, obtained from YouTube)

<http://www.youtube.com/watch?v=E5-abgnmGIU>

28 มกราคม 2558

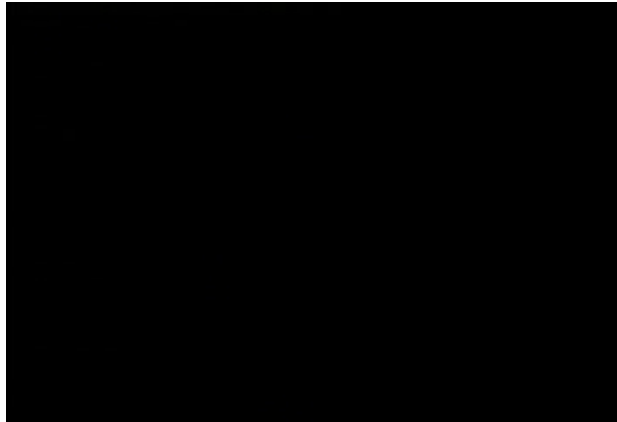
ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

24

การประยุกต์ใช้ทางการกีฬา (3)



- EyeVision: 3D Dynamic Video Panorama



(Video courtesy: Takeo Kanade, Carnegie Mellon University; NFL SuperBowl XXXV)
http://www.ri.cmu.edu/events/sb35/eyevision_best_of.mpg

28 มกราคม 2558

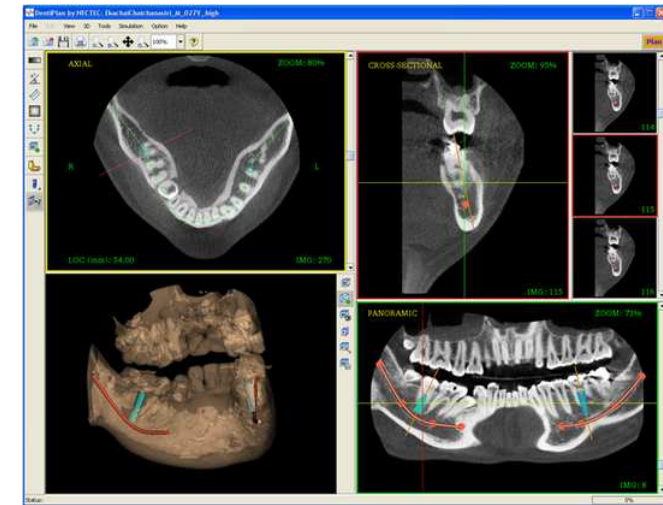
วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

25

การประยุกต์ใช้งานด้านการแพทย์ (1)



NECTEC's DentiPlan: ซอฟต์แวร์ช่วยวางแผนผ่าตัดสำหรับงานทันตกรรมรากฟันเทียม



28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

26

Image Courtesy: NECTEC

DentiPlan's Features

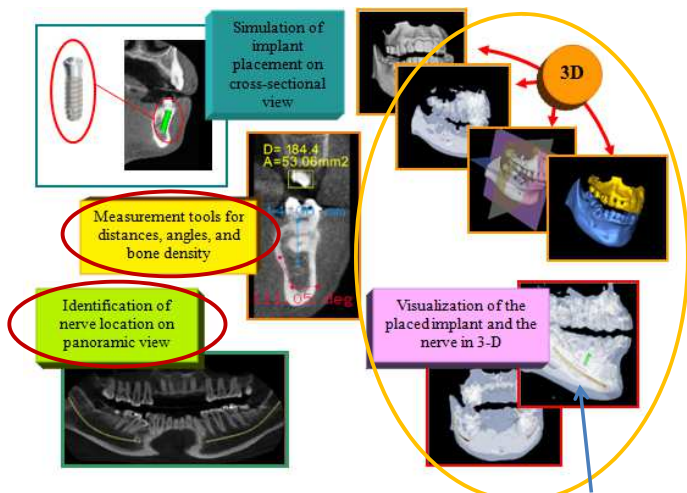


Image Courtesy: NECTEC

Computer graphics is usually an integral part
of a computer vision system

28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

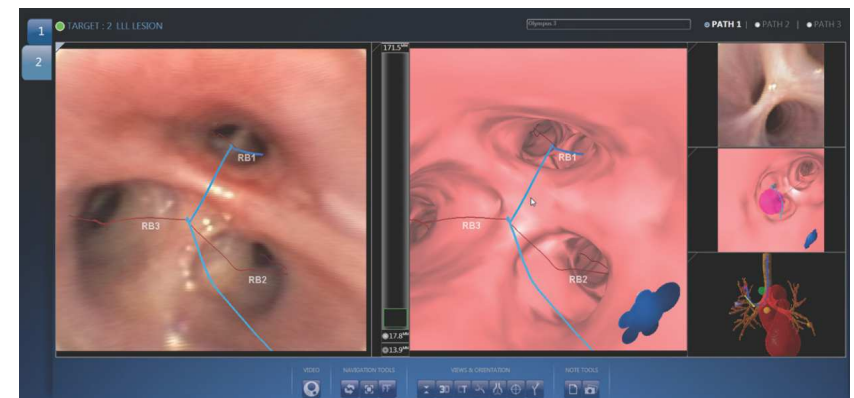
27

การประยุกต์ใช้งานด้านการแพทย์ (2)



การวินิจฉัยมะเร็งปอด

- Penn State's Virtual Navigator and Tree Analyzer
- Broncus' LungPoint® Virtual Bronchoscopic Navigation

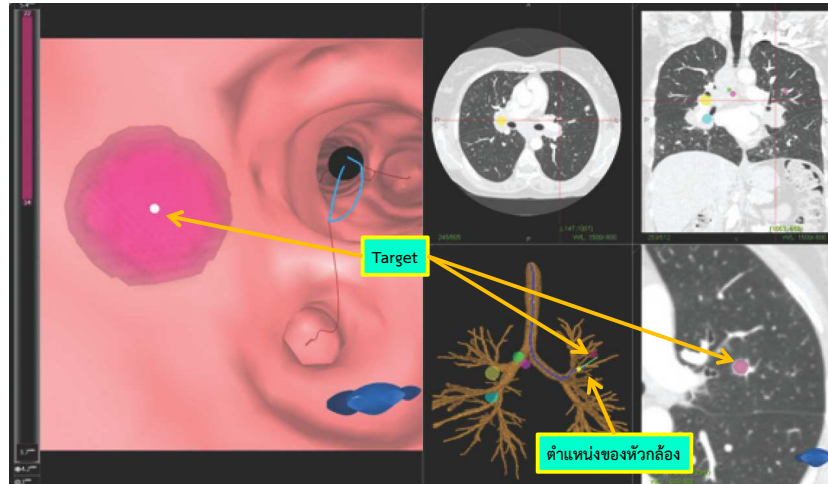


28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

28

(Image Courtesy: Broncus' LungPoint® Virtual Bronchoscopic Navigation)



(Image Courtesy: Broncus' LungPoint Virtual Bronchoscopic Navigation)

The system allows the physician to see a target behind the airway wall



- ภาพและการมองเห็น
 - อะไรคือภาพ
 - อะไรคือการมองเห็น (ด้วยคอมพิวเตอร์) ?
- ความเกี่ยวข้องของวิชาการมองเห็นของคอมพิวเตอร์และศาสตร์อื่น ๆ
- ทำไมถึงต้องมีการเรียนรู้และวิจัยเกี่ยวกับการมองเห็นของคอมพิวเตอร์
- การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น
- รู้จักกับวิชาการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ให้มากขึ้น

Topic Outline สำหรับการทำความเข้าใจวิชา

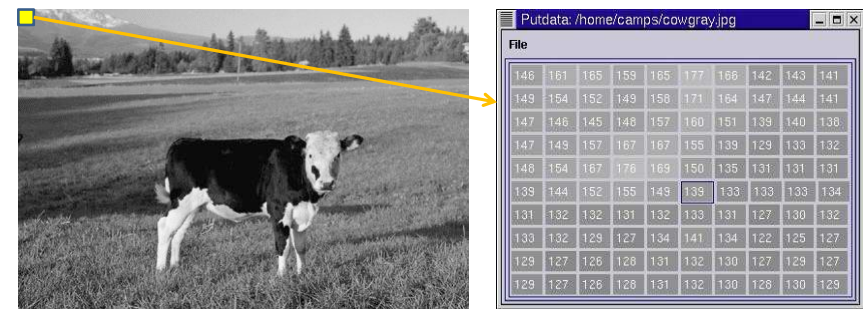


- อินพุตของปัญหาคืออะไร
- เรื่องรุ่น ๆ ในคอมพิวเตอร์วิชั่น
- คณิตศาสตร์กับขีดจำกัดในการแก้ปัญหา
- ตามหาข้อมูลทางเรขาคณิตเพื่อแก้ปัญหา
- ผลของแสงกับภาพที่เกิดขึ้น
- การรับรู้ที่คลาดเคลื่อนของตามมนุษย์ ('imperfection' of human vision)
- บทสรุปของคอมพิวเตอร์วิชั่นกับการแก้ปัญหา

อินพุต: ภาพดิจิทัล



- สำหรับภาพสองมิติก็คืออาร์เรย์สองมิติของตัวเลข

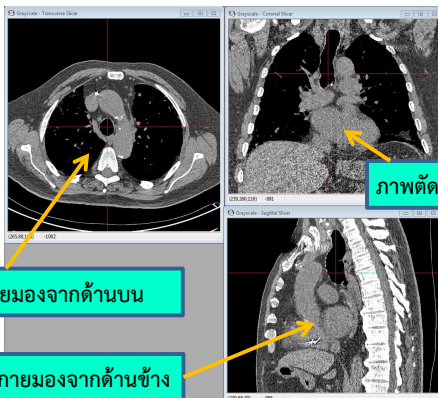


- ในกรณีที่มันเป็นภาพสี เราก็มักจะต้องจัดการกับอาร์เรย์สามตัวที่เก็บข้อมูลของสี แดง เขียว และ น้ำเงิน (RGB color format)
- องค์ประกอบย่อยแต่ละอันในภาพเรียกว่าพิกเซล (pixel, มาจาก picture + cell)
- ภาพวิดีโอทั่วไปก็สามารถจัดให้เป็นอาร์เรย์สองมิติหลาย ๆ เฟรมมาประกอบกัน

อินพุต: ภาพดิจิทัลสามมิติ



- ในกรณีที่ภาพสามมิติเป็นอาร์เรย์สามมิติมาแต่แรก โดยมากจะจัดภาพเป็นแผ่นสองมิติ (2D slice) แล้วนำมาประกอบกันเป็นชั้น ๆ เพื่อให้ได้ภาพสามมิติ



ภาพตัดขวางร่างกายมองจากด้านหน้า

ภาพตัดขวางร่างกายมองจากด้านบน

ภาพตัดขวางร่างกายมองจากด้านข้าง

- องค์ประกอบย่อยของภาพเรียกว่าออกเซลล์ (voxel, มาจาก volume + cell)

28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

33

ทำไมคอมพิวเตอร์วิชันถึงเป็นเรื่องยาก



พวกเรากำลังพยายามทำการอนุมานสิ่งต่าง ๆ ในโลกจากอาร์เรย์ของตัวเลข

146	161	165	159	165	177	166	142	143	141
149	154	152	149	158	171	164	147	144	141
147	146	145	148	157	160	151	139	140	138
147	149	157	167	167	155	139	129	133	132
148	154	167	176	169	150	135	131	131	131
139	144	152	155	149	139	133	133	133	134
131	132	132	131	132	133	131	127	130	132
133	132	129	127	134	141	134	122	125	127
129	127	126	128	131	132	130	127	129	127
129	127	126	128	131	132	130	126	130	129

ภาพบริเวณหลังของวัว?

ปัญหาในที่นี้ก็คือว่า: ข้อมูลเจาะจงกับพื้นที่มากเกินไป, ขาดข้อมูลเชิงบริบท, เลือกระดับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่เหมาะสม
แต่เดี๋ยวก่อน ที่จริงเรื่องที่มีนัยสำคัญกว่านี้ก็มีอยู่อีก ...

28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

34

เรื่องวุ่น ๆ ในคอมพิวเตอร์วิชัน



- เรามักจำแนกวัตถุจากข้อมูลเชิงเรขาคณิตที่เราจำมาก่อนหน้า
- ถ้าเรารู้มาแต่แรกว่าวัตถุแต่ละอันมีลักษณะทางเรขาคณิตเป็นยังไง มีพื้นผิวทำจากอะไร แสงในสภาพแวดล้อมเป็นอย่างไร มุมมองของผู้สังเกตอยู่ที่ไหน
 - ➔ มันก็เป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งในโลกของคอมพิวเตอร์กราฟฟิกว่าเราจะกำหนดให้พิกเซลแต่ละอันมีค่าเท่าไร (เหมือนที่เราเห็นในเกม)
 - ➔ เราก็น่าจะตอบได้โดยง่ายว่าของในภาพคืออะไร (หรือว่าไม่ใช่)?
- ปัจจัยทางด้านกราฟฟิกเมื่อมารวมกันแล้วเกิดเป็นพิกเซลจริง แต่เราไม่สามารถจำแนกปัจจัยนั้นจากค่าของพิกเซลได้ เพราะกระบวนการกำเนิดภาพเป็นกระบวนการที่ย้อนกลับไม่ได้ (irreversible process)
 - ➔ การจะตอบได้ว่าของในภาพคืออะไร ยังไงก็เป็นเรื่องยากอยู่ดี

28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

35

แล้วการมองเห็นของมนุษย์ล่ะ



คุณบอกได้มั๊ยว่าในภาพนี้มีอะไรอยู่บ้างสักสามอย่าง



28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

36

Image: Robert T. Collins

Slide credit: Robert T. Collins

Congratuations!



ยินดีด้วยคุณสามารถทำสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ในทางคณิตศาสตร์

มีอะไรเกิดขึ้น?

คุณได้ใช้สมมติฐานที่มีรากฐานอยู่บนความรู้ก่อนหน้า (prior knowledge) และประสบการณ์ (experience) เกี่ยวกับวิถีและความเป็นไปในโลก

ทำไมล่ะ?

การกู้โครงสร้างเชิงสามมิติกลับมาจากภาพเพียงภาพเดียวเป็นปัญหาที่ผิดปกติทางคณิตศาสตร์

สรุปก็คือ ...

เราไม่สามารถแก้ปัญหบางอย่างในคอมพิวเตอร์วิชั่นด้วยคณิตศาสตร์ ☹

Slide credit: Robert T. Collins

28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

37

มารู้จักกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แก้ได้และไม่ได้กันก่อน



ปัญหาที่ถูกรูปแบบ (Well-posed problem) มาจากนิยามโดย Jacques Hadamard ซึ่งเขาเชื่อว่า แม่แบบทางคณิตศาสตร์ (mathematical models) ของปรากฏการณ์ทางกายภาพควรมีคุณสมบัติสามข้อต่อไปนี้

1. มีผลเฉลย
2. มีผลเฉลยเฉพาะ (Unique solution)
3. ผลเฉลยขึ้นอยู่กับข้อมูลในโทโพโลยีที่สมเหตุสมผล

ถ้าแม่แบบทางคณิตศาสตร์ขาดคุณสมบัตินี้ไปแม้แต่เพียงอย่างเดียวจะถือว่าเป็นปัญหาที่ผิดปกติทางคณิตศาสตร์ (mathematically ill-posed)

28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

38

สาเหตุหลักของการเกิด ill-posed problem



โดยทั่วไปแล้ว ill-posed problem มักจะเกิดขึ้นจากการที่เราพยายามทำการอนุมานกฎเกณฑ์หรือผลเฉลยจากจำนวนตัวอย่างที่จำกัด

➔ แต่อันที่จริงกฎเกณฑ์หรือผลเฉลยเฉพาะอาจจะมีก็ได้

เราสามารถสรุปสาเหตุหลักของการเกิดปัญหา ill-posed ได้ดังนี้

- ขอบเขตของสมมติฐานกว้างเกินไป
- ข้อมูลไม่พอ
- มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เราไม่รู้จักร (hidden variables)

แล้วเราจะแก้ปัญหานี้ยังไงดี?

28 มกราคม 2558

วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

39

Prior Knowledge



เราสามารถแก้ปัญห ill-posed ได้ด้วยการผนวก prior knowledge เข้าไปในการแก้ปัญหา

ความเป็นไปได้ในการใช้ Prior knowledge กับปัญหา ill-posed

1. จำกัดขอบเขตของสมมติฐานทำให้มีผลเฉลยเฉพาะ
 2. เลือกเฉพาะผลเฉลยที่ดีที่สุดจากผลเฉลยทั้งหมด
- เช่น หากเราระบุขอบเขตไปว่าสิ่งที่ยืนสองขาแล้วตัวตั้งตรงได้คือ มนุษย์ เท่านั้น และห้ามนับหุ่นขี้ผึ้ง หุ่นยนต์ (คนเหล็ก iRobot) ฯลฯ ผลเฉลยเฉพาะก็อาจจะมียได้
 - ถ้าเราบอกว่าเลือกเอาเฉพาะที่คิดว่าใช้ที่สุดให้เป็นผลเฉลยเฉพาะไปเลยก็ได้เหมือนกัน
 - Prior knowledge แก้ปัญหาทางการคำนวณได้ แต่ไม่ได้บอกว่าเราจะได้อะไรที่ถูกต้องที่สุดออกมาจากการทำปัญหา ill-posed ให้เป็น well-posed

28 มกราคม 2558

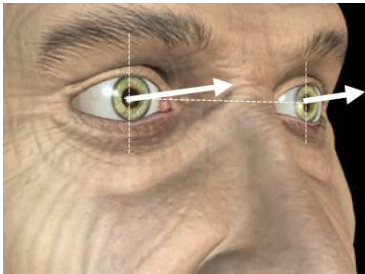
วิทยุ โทรทัศน์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

40

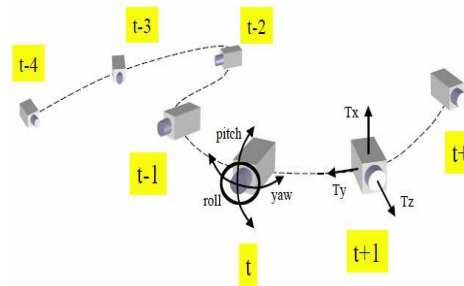
ตามหาข้อมูลทางเรขาคณิต



- เราสามารถเก็บข้อมูลเชิงสามมิติมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลทางเรขาคณิตได้
- แต่กล้องเราจับภาพเป็นสองมิติ แล้วเรื่อนี้มันจะเป็นไปได้อย่างไร?
- มีอยู่สองวิธีหลัก ๆ ที่ใช้กันอยู่มาก คือ stereo vision และ structure from motion



Stereo vision ใช้กล้องสองตัวขึ้นไป



Structure from motion เป็นการเคลื่อนกล้องตัวเดียวเพื่อจับภาพหลาย ๆ มุม

Slide credit: Robert T. Collins

41

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

แล้วต้องเคลื่อนกล้องแค่ไหนถึงจะพอ



- เรื่องของ Illusion ทำให้เราถูกหลอกได้ง่าย ๆ
- การหมุนกล้องไปเพียงเล็กน้อยใช้ว่าจะช่วยได้ ช้าช้าอาจจะเข้าใจผิดไปด้วย



28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

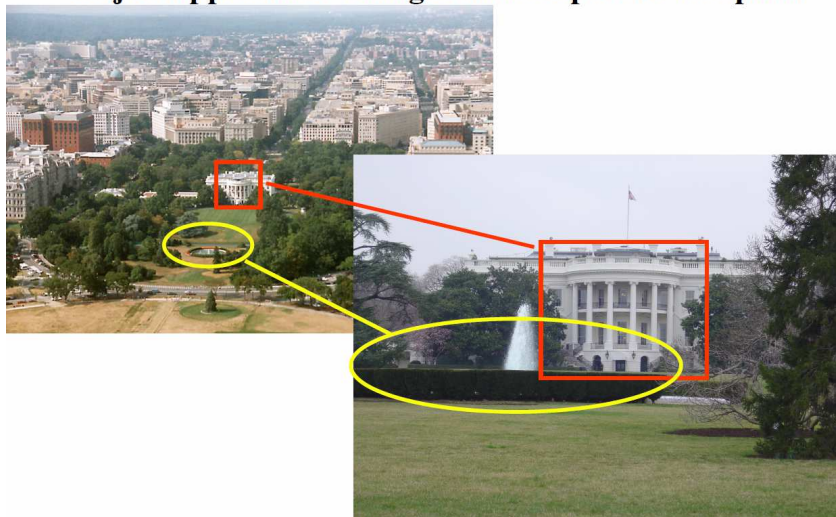
Video courtesy: http://www.grand-illusions.com/opticalillusions/dragon_illusion/

42

เรื่องวุ่น ๆ เกี่ยวกับการหาข้อมูลจากหลายมุมมองกล้อง



Object appearance changes with respect to viewpoint



Slide credit: Robert T. Collins

43

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Human Perception: Color Constancy



- กลไกทางการมองเห็นของมนุษย์มีจุดอ่อนที่ทำให้เราเข้าใจผิดได้ง่าย โดยเฉพาะเรื่องของ color constancy
- Color constancy is an example of [subjective constancy](#) and a feature of the human [color perception](#) system which ensures that the perceived color of objects remains relatively constant under varying illumination conditions [wikipedia].
- คอมพิวเตอร์ดูเหมือนจะเข้าใจอะไรได้ยาก (โปรแกรมยาวมาก) แต่มันก็ไม่ถูกหลอกด้วยเรื่อง color constancy
- แล้วเราควรเชื่อตาของเราหรือตาของคอมพิวเตอร์?

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

44

Color Constancy Example

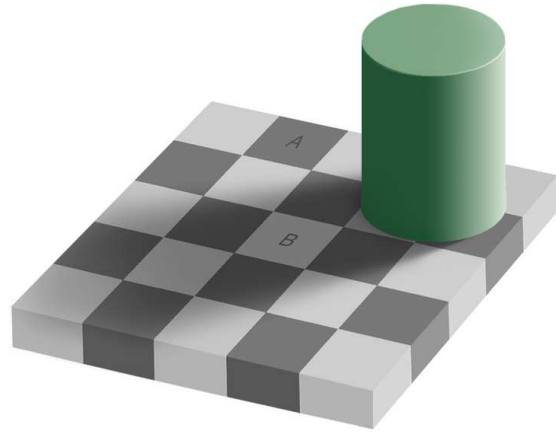


Image credit: Edward H. Adelson (obtained from Wikipedia)

ถ้ามีคนบอกว่าสีในช่อง A และ B เป็นสีเดียวกัน คุณจะเชื่อหรือไม่?
พิสูจน์ได้ด้วยตัวเองผ่านการใช้โปรแกรม XnView
(กด Ctrl+Shift+I เพื่อแสดงข้อมูลเกี่ยวกับสี)

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

45

อิทธิพลของแสงกับภาพที่ปรากฏ



Object appearance also varies with respect to lighting magnitude and direction

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Slide credit: Robert T. Collins

46

บทสรุปของคอมพิวเตอร์วิชันกับการแก้ปัญหา



- แม้ว่าคณิตศาสตร์ไม่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาบางอย่างในคอมพิวเตอร์วิชันได้ มันก็เป็นพื้นฐานของคอมพิวเตอร์วิชันที่สำคัญมาก
- ข้อมูลทางเรขาคณิตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากในการแก้ปัญหาคอมพิวเตอร์วิชัน ไม่ต้องแปลกใจถ้าเราจะเห็นคณิตศาสตร์อยู่ทั่วไปในวิชานี้
- ถ้าเรารู้จักปัญหาดีพอ เราสามารถใช้ prior knowledge จำกัดขอบเขตที่โปรแกรมจะทำงาน ปัญหาที่อาจจะถูกแก้ไขได้ไม่ยากนัก
- Prior knowledge ที่เลือกใช้เป็นตัวกำหนดความสามารถของวิธีการที่สำคัญมาก ปัญหาจะแก้ได้ไม่ได้ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่เราเลือกใช้

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

47

สรุปภาพรวมเกี่ยวกับการมองเห็นของคอมพิวเตอร์



- “Vision is the act of knowing what is where by looking.” –Aristotle
- คอมพิวเตอร์วิชันมีการประยุกต์ใช้งานที่แพร่หลายในแทบทุกวงการ
- อินพุตมักเป็นภาพสองมิติ แต่ภาพสามมิติก็แพร่หลายสำหรับการใช้งานบางอย่าง
- เราต้องการข้อมูลทางเรขาคณิตมาตอบคำถามบ่อย ๆ แต่กระบวนการสังเคราะห์ภาพสองมิติทำให้ข้อมูลเรขาคณิตบางอย่างหายไป
- เราหาข้อมูลเชิงสามมิติได้จากการเปลี่ยนมุมมองในการรับภาพหรือใช้กล้องหลายตัว
- ข้อมูลทางด้านแสงและสีของวัตถุเป็นสิ่งที่ช่วยได้มากในหลาย ๆ ปัญหา แต่การจัดแสงในการเก็บภาพตัวอย่างทำให้ข้อมูลประเภทนี้มีความสำคัญน้อยลง
- ตาของมนุษย์ที่จริงก็มีปัญหาในการจำแนกวัตถุเหมือนกันโดยเฉพาะเรื่องสี คอมพิวเตอร์ก็มีแต่ มักจะเป็นปัญหาคอนละแบบ

28 มกราคม 2558

ภิญโญ แท้ประสาทสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

48

เรื่องอื่น ๆ



- คอมพิวเตอร์วิชั่นเป็นวิชาที่ต้องใช้ไหวพริบและการเป็นคนช่างสังเกตในการแก้ปัญหา
- เป็นวิชาที่ผสมผสานระหว่างคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์
- ปัญหาทางคอมพิวเตอร์วิชั่นจำนวนมากที่ยังไม่มีวิธีการใดที่โดดเด่นถึงขั้นที่ผู้คนรู้สึกพอใจในผลลัพธ์ที่ได้ เช่น การหาวัตถุที่มีความสมมาตร
- มีวิธีการทางคณิตศาสตร์บางอย่างสมองมนุษย์ไม่สามารถทำได้โดยง่าย
➔ อัลกอริทึมด้านคอมพิวเตอร์วิชั่นบางอันมีความสามารถมากกว่ามนุษย์