

بینایی کامپیوتر
فصل هفتم
مدل سازی زمینه

BACKGROUND MODELING

محمد جواد فدائی اسلام

اردیبهشت ۱۴۰۵

مدل سازی پس زمینه یا تفریق پس زمینه

BACKGROUND MODELING OR BACKGROUND SUBTRACTION

- جداسازی اشیاء متحرک یا foreground از اطلاعات ثابتی که background نامیده می شود.
- دو مساله بسیار مرتبط باهم در تفریق پس زمینه عبارت است از شناسایی تغییرات پس زمینه و آشکارسازی جسم متحرک است.
- تغییرات پس زمینه ممکن است ناشی از تغییرات نوردهی و یا از جنس حرکت برگ ها در اثر وزش باد باشد.

مراحل تفریق پس‌زمینه

- Background Modeling
 - تعیین نوع مدلی که برای تغییرات پس‌زمینه در نظر گرفته شده است.
- Background Initialization
 - ساخت زمینه از روی چند فریم اولیه
- Background Maintenance
 - مکانیزمی برای به روز رسانی پس‌زمینه
- Foreground Detection
 - شناسایی پیش‌زمینه

تفریق پس زمینه



background

ground truth (GT)

foreground mask.

تفریق پس زمینه (ساده ترین شرایط)

1. دوربین ثابت

2. تغییرات نوردهی وجود ندارد

3. پس زمینه ثابت است

- حرکتی مانند حرکت برگ ها وجود ندارد و هرپیکسل به صورت تک حالت مدل مدل شود.
- هیچ جسم پس زمینه ای به صحنه اضافه یا کم نمی شود. (به طور مثال ماشینی در صحنه متوقف نمی شود.)

چالش‌های مدل‌سازی پس‌زمینه

۱- تصویر نویزی (ویدئوی با کیفیت پایین)

۲- لرزش دوربین در اثر باد یا موارد دیگر

۳- تنظیم خودکار دوربین

اغلب دوربین‌های مدرن امروزی دارای تنظیم خودکار فاصله کانونی، کنترل بهره دوربین و کنترل روشنی خودکار دارند که موارد فوق سطوح رنگی بین فریم‌های مختلف را به هم می‌زند.

Auto focus, Automatic gain control, auto brightness control

۴- تغییرات نوردهی

تدریجی: تغییرات نوری در روز و در بیرون اتاق

ناگهانی: روشن کردن لامپ در اتاق

۵- نبود اطلاعات کافی برای ساخت پس‌زمینه اولیه

چالش‌های مدل‌سازی پس‌زمینه (ادامه)

۶- پوشش

عدم تشخیص پیش‌زمینه در اثر یکرنگی با زمینه

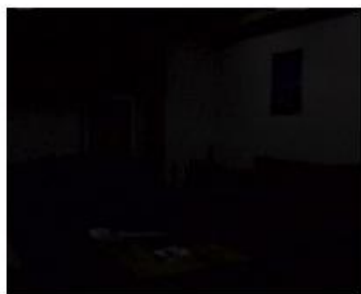
۷- اگر پیش‌زمینه رنگ یکنواختی داشته باشد. در اثر حرکت و تفریق آن با فریم قبلی بخش‌هایی از آن زمینه شناخته می‌شود.

۸- جابه‌جایی و ورود یک شی در پس‌زمینه

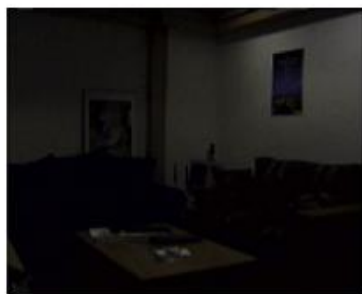
۹- پس زمینه پویا

۱۰- سایه

تغییرات نوردهی



(a) Low Illum.



(b) Moderate Illum.



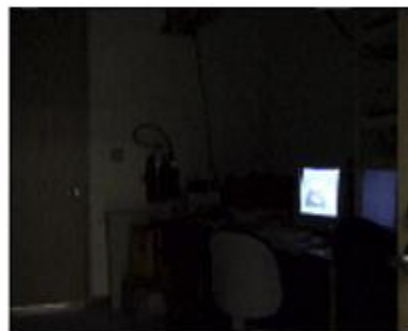
(c) High Illum.



(d) Foreground mask.



(a) Light-on.



(b) Light-off.



(c) Foreground mask.

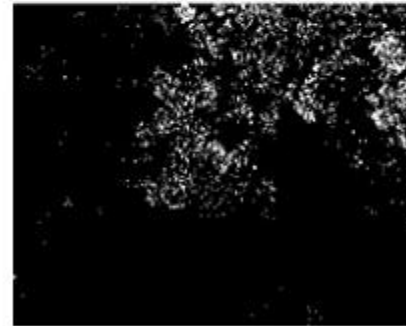
پس زمینه پویا



(a) Water Surface.



(b) Fountain.



(c) Waving trees.

سایه



روش‌های مرسوم پایه برای یافتن زمینه

- یافتن مقدار زمینه برای هر پیکسل با استفاده از میانگین، مد، میانه
- تعیین یک آستانه T
- در صورت برقراری رابطه زیر، پیکسل مربوط به پیش‌زمینه است.
$$|I_t(x, y) - B_{t-1}(x, y)| > T$$
- زمینه ایجاد شده تا زمان $t - 1$:
$$B_{t-1}(x, y)$$
- مقدار پیکسل در زمان t :

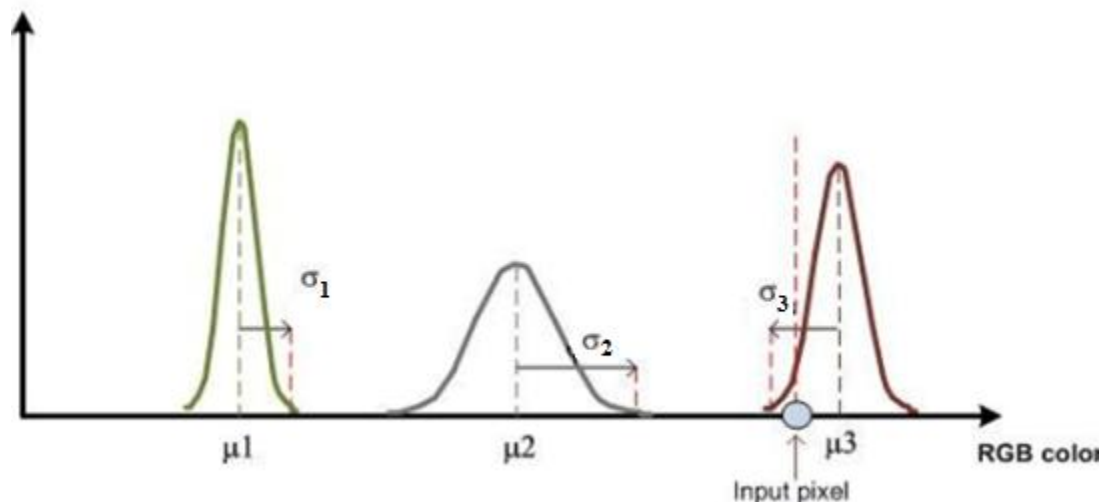
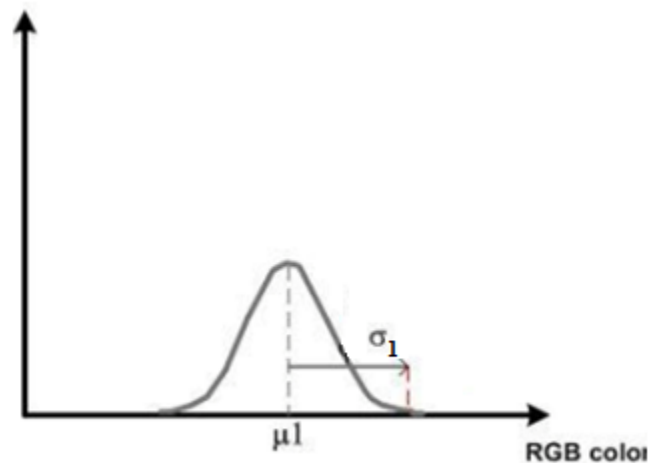
$$I_t(x, y)$$

۲- روش گوسی مخلوط (روش آماری)

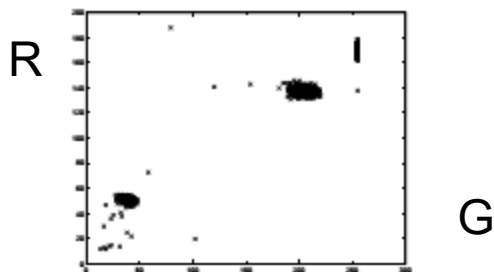
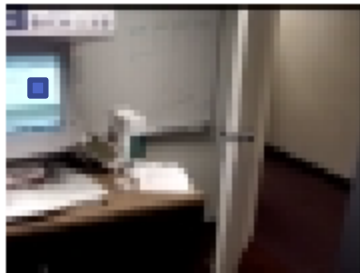
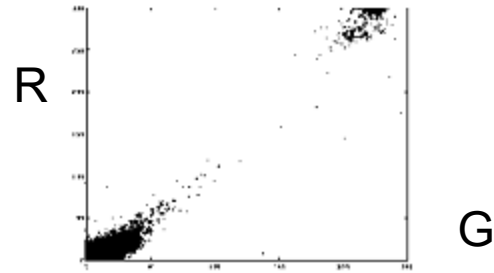
مدل سازی رفتار آماری یک پیکسل

- اگر صحنه ثابت باشد یک مدل گوسی مناسب است.

- اگر صحنه پویا باشد، چند مدل گوسی برای مدل سازی رفتار مناسب است. چون پیکسل رفتار چندحالتی دارد. به طور مثال، پیکسل متناظر با برگ در باد پاییزی، گاهی به رنگ زرد، گاهی نارنجی و گاهی زمینه سیاه رنگ است.



روش گوسی مخلوط (مثال) GAUSSIAN MIXTURE MODEL (GMM)



● مقدار دو حالتی یک پیکسل در فضای پویای سطح آب و مانیتور

روش گوسی مخلوط

○ اگر X_t نشان دهنده مقدار پیکسل در

زمان t باشد احتمال رخ داد این مشاهده برابر است با

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^K w_{i,t} \times \eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t})$$

$$\eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t}) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-1/2(X_t - \mu_t)^T \Sigma^{-1} (X_t - \mu_t)}$$

K تعداد توزیع های گوسی

$w_{i,t}$ وزن تابع گوسی i در زمان t

$\mu_{i,t}$ میانگین

$\Sigma_{i,t}$ کواریانس. اگر صرفا تصویر خاکستری باشد به

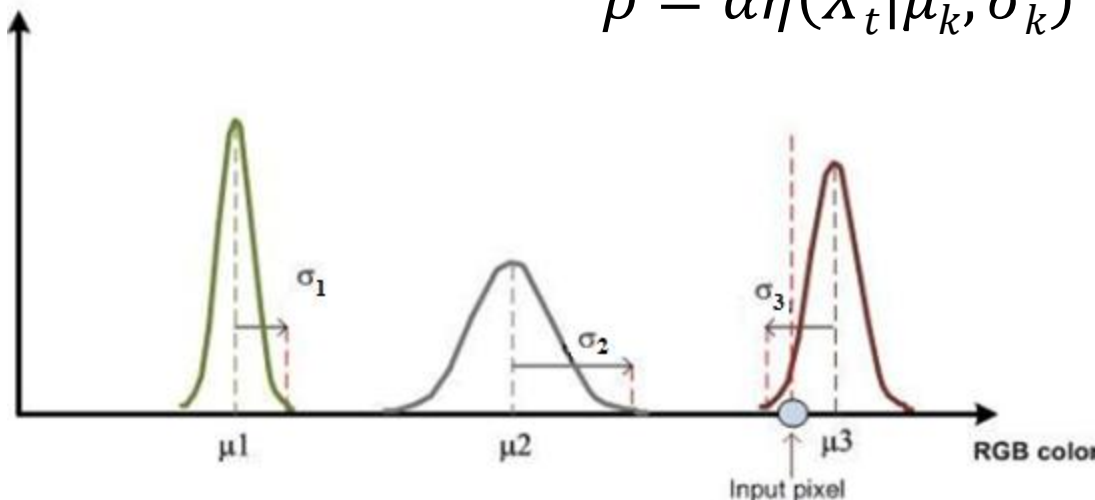
واریانس تبدیل می شود.

روش گوسی مخلوط (به روزرسانی)

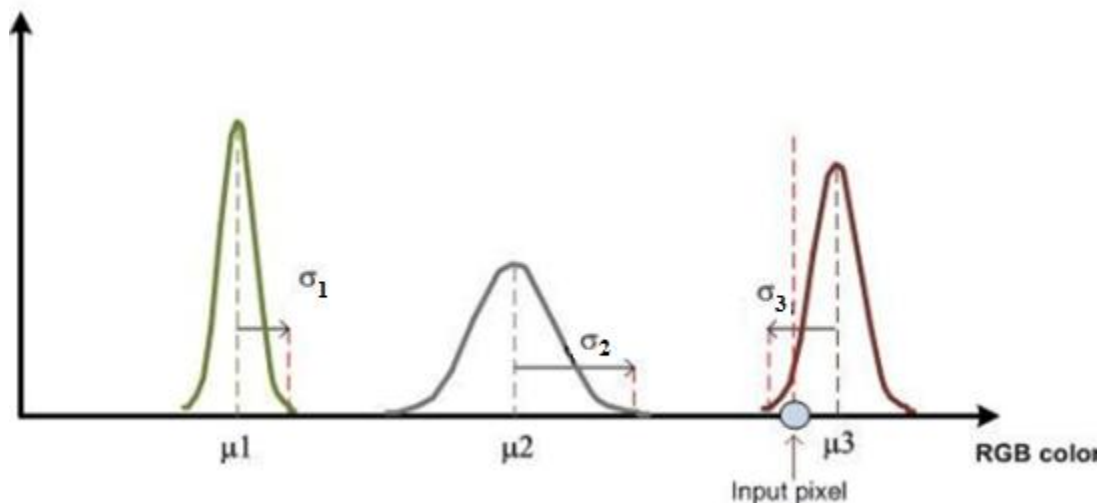
$$w_{k,t} = (1 - \alpha)w_{k,t-1} + \alpha(M_{k,t})$$

$$M_{k,t} = \begin{cases} 1 & \text{for the model which matched} \\ 0 & \text{for the remaining models} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \mu_t &= (1 - \rho)\mu_{t-1} + \rho X_t \\ \sigma_t^2 &= (1 - \rho)\sigma_{t-1}^2 + \rho(X_t - \mu_t)^T(X_t - \mu_t) \\ \rho &= \alpha\eta(X_t|\mu_k, \sigma_k) \end{aligned}$$



روش گوسی مخلوط (به روزرسانی - ادامه)



به طور مثال اگر پیکسل متعلق به حالت سوم باشد میانگین و واریانس آن تغییر می کند و وزن آن زیاد می شود. میانگین و واریانس حالت اول و دوم ثابت می ماند و تنها وزن آنها کم می شود.

روش گوسی مخلوط
(محاسبه تعداد حالات یک پیکسل)

$$B = \operatorname{argmin}_b \left(\sum_{k=1}^b w_k > T \right)$$

T حداقل تعداد زمینه برای یک پیکسل

B تعداد گوسین های متعلق به یک پیکسل است. یا به عبارتی تعداد حالات پیکسل را نشان می دهد.

T is low $\rightarrow$ uni-modal

T is high $\rightarrow$ multimodal

استخراج زمینه با میانگین

```
1  import cv2
2  import numpy as np
3  import matplotlib.pyplot as plt
4  # Path to video
5  video_path = "geneseecclip_short.avi"
6  # Open video
7  cap = cv2.VideoCapture(video_path)
8  frames = []
9  while True:
10     ret, frame = cap.read()
11     if not ret:
12         break
13     # Convert frame to grayscale (2D)
14     gray_frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
15     # Append frame to list
16     frames.append(gray_frame)
17 # Release video
18 cap.release()
19 # Convert list of frames into a 3D matrix
20 # Shape: (num_frames, height, width)
21 video_matrix = np.array(frames)
22 print("3D Matrix Shape:", video_matrix.shape)
23 print("Data Type:", video_matrix.dtype)
24 mean_frame = np.mean(video_matrix, axis=0)
25 print("Mean frame shape:", mean_frame.shape)
26 # Show array as image
27 plt.imshow(mean_frame, cmap='gray')
28 plt.axis('off') # Hide axes
29 plt.show()
```

- T. Bouwmans, “Traditional and recent approaches in background modeling for foreground detection: An overview”, Computer Science Review, 11-12, 2014, 31-66.
- C. Stauffer, E. Grimson, “Adaptive background mixture models for real-time tracking,” CVPR, 1999, pp. 246–252.