

# Lab 3 - Human Pose Estimation

## Algorithm

`subset` 中有多個 `list`，每個 `list` 表示一個肢段，下面程式碼使用兩層 `for` 迴圈，檢查任兩相異肢段 `i` 和 `j` 是否含有相同的身體部位 `k`，若有，則將兩個 `list` 代表的肢段取聯集合併。

```
for i in range(len(subset)):
    for j in range(len(subset)):
        if i == j:
            continue
        for k in range(18):
            if subset[i][k] == subset[j][k] and subset[i][k] != -1:
                _merge(subset, i, j)
                break
```

合併任兩相異肢段 `i` 和 `j` 的程式碼如下，若肢段 `i` 有缺少的部位，直接拿肢段 `j` 的部位來補，同時將該部位從肢段 `j` 中移除 (設為 `-1`)，對 18 個部位都完成合併後，兩肢段的調整分數和部位數量。

```
def _merge(subset, i, j):
    # merge subset j into subset i
    for k in range(18):
        if subset[i][k] == -1:
            subset[i][k] = subset[j][k]
            subset[j][k] = -1

    # sum the score
    subset[i][-2] += subset[j][-2]
    subset[j][-2] = 0

    # sum the parts_num
    subset[i][-1] = sum(1 for k in subset[i][: -2] if k != -1)
    subset[j][-1] = 0
```

## Output Subset

### Single-Person HPE

第一張圖片 (單人) 的輸出如下，合併前缺少的肢段用 `-` 符號表示，最後輸出一個人體，具有 18 個肢段。

Before merge:																			
-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.389038	2	
-	1	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.357748	2	
-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.086762	2	
-	-	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.939169	2	
-	-	-	-	-	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.071531	2	
-	-	-	-	-	-	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.166428	2	
-	1	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	2.096831	2	
-	-	-	-	-	-	-	-	8	9	-	-	-	-	-	-	-	1.395299	2	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	10	-	-	-	-	-	-	1.773626	2	
-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	2.124627	2	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	12	-	-	-	-	1.475687	2	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	13	-	-	-	1.776658	2	
0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.526892	2	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	2.617893	2	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	17	2.682880	2	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	2.593307	2	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	18	2.619303	2
-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	2.260966	2
-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	2.183982	2
After merge:																			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	41.138625	18

## Multi-People HPE

第二張圖片 (多人) 的輸出如下，合併前後缺少的肢段用 - 符號表示，最後輸出五個人體。

值得注意的是，在合併前的輸入中，第 18、19 個 **list** (index 從 0 開始數) 有出現衝突，兩者右手肘的 ID 皆為 18，但右手腕分別為 22 和 24，顯然不合理，這裡我採用的處理方式是以先進行連接的部位為主，若該部位已經被連接過，即便其他肢段有連接還是選擇忽略。

Before merge:																		
-	8	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.624541	2
-	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.444423	2
-	7	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.408509	2
-	6	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.590792	2
-	9	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.598043	2
-	5	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.575364	2
-	6	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.673228	2
-	8	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.530610	2
-	7	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.501115	2
-	9	-	-	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.624586	2
-	-	14	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.503165	2
-	-	13	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.501071	2
-	-	10	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.288154	2
-	-	12	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.117554	2
-	-	11	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.385443	2
-	-	-	15	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.367872	2
-	-	-	16	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.288682	2
-	-	-	19	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.142484	2
-	-	-	18	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.821305	2
-	-	-	18	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.912533	2
-	-	-	-	-	25	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.467228	2
-	-	-	-	-	28	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.226827	2
-	-	-	-	-	29	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.396205	2
-	-	-	-	-	27	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.265215	2
-	-	-	-	-	26	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.002365	2
-	-	-	-	-	-	30	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.179598	2
-	-	-	-	-	-	34	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.809267	2
-	-	-	-	-	-	34	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.808720	2
-	-	-	-	-	-	32	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.819834	2
-	-	-	-	-	-	33	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.780407	2
-	5	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	2.421915	2
-	6	-	-	-	-	-	-	41	-	-	-	-	-	-	-	-	2.469561	2
-	7	-	-	-	-	-	-	42	-	-	-	-	-	-	-	-	2.244989	2
-	8	-	-	-	-	-	-	44	-	-	-	-	-	-	-	-	2.378077	2
-	9	-	-	-	-	-	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	2.463581	2
-	-	-	-	-	-	-	-	40	45	-	-	-	-	-	-	-	2.200998	2
-	-	-	-	-	-	-	-	41	46	-	-	-	-	-	-	-	2.173703	2
-	-	-	-	-	-	-	-	42	49	-	-	-	-	-	-	-	1.739245	2
-	-	-	-	-	-	-	-	44	47	-	-	-	-	-	-	-	1.926272	2

-	-	-	-	-	-	-	-	43	48	-	-	-	-	-	-	-	-	1.521094	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	50	-	-	-	-	-	-	-	2.351231	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	52	-	-	-	-	-	-	-	1.882203	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	54	-	-	-	-	-	-	-	2.032772	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	51	-	-	-	-	-	-	-	2.203026	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	53	-	-	-	-	-	-	-	0.610361	2
-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	-	-	-	-	-	-	2.564656	2
-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	-	-	-	-	-	-	2.467904	2
-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	-	-	-	-	-	-	2.477796	2
-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	-	-	-	-	-	-	2.216990	2
-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-	-	-	-	-	-	2.118437	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	60	-	-	-	-	-	2.271741	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	61	-	-	-	-	-	2.502175	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	64	-	-	-	-	-	1.669747	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	63	-	-	-	-	-	2.275224	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	62	-	-	-	-	-	1.552549	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	65	-	-	-	-	2.514765	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	69	-	-	-	-	2.440864	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62	67	-	-	-	-	1.980321	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	68	-	-	-	-	2.499753	2
0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.526063	2
4	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.619564	2
3	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.670884	2
2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.519260	2
1	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.618104	2
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	-	-	-	2.414039	2
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-	-	-	2.543358	2
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74	-	-	-	2.619859	2
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	-	-	-	2.658496	2
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73	-	-	-	2.674278	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-	80	-	2.678671	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74	-	84	-	2.663938	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73	-	83	-	2.508014	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	-	81	-	2.611710	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	-	82	-	2.331314	2
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	-	-	2.558686	2
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	-	-	2.666634	2
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78	-	-	2.640040	2
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77	-	-	2.601985	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	-	88	2.491765	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	-	85	2.647652	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	-	86	2.512921	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78	-	87	2.228252	2
-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	2.210725	2
-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	-	2.155811	2
-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83	-	2.611563	2
-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81	-	2.441616	2
-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	-	2.438396	2
-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	2.441654	2
-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85	2.401347	2
-	-	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86	2.491423	2
-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	2.212416	2
After merge:																			
3	8	13	18	22	28	33	37	44	47	52	59	62	67	73	78	83	87	44.879153	18
2	7	12	16	20	27	32	36	42	49	54	57	64	69	72	77	82	-	37.669371	17
1	6	11	17	-	26	31	-	41	46	51	56	61	65	71	76	81	86	42.080621	16
4	9	14	19	24	29	34	38	43	48	53	58	63	68	74	79	84	88	45.564141	18
0	5	10	15	21	25	30	35	40	45	50	55	60	-	70	75	80	85	41.044243	17

Test Images

Single-Person HPE



Multi-People HPE



## Challenges and Solutions

起初我沒有注意到 `subset` 中的肢段可能發生衝突，因此實作 helper function `_merge` 如下：

```
def _merge(subset, i, j):
    # merge subset j into subset i
    for k in range(18):
        if subset[j][k] != -1:
            subset[i][k] = subset[j][k]
```

```
subset[j][k] = -1

# ... skip below ...
```

判斷肢段  $j$  若有尚未合併的部位，則將其合併至肢段  $i$  中，並將該部位自肢段  $j$  移除。

然而，第二張測試圖片中的第 18、19 個 `list` (index 從 0 開始數) 有出現衝突，兩者右手肘的 ID 皆為 18，但右手腕分別為 22 和 24，在這樣的演算法下會部位 22 會在後面被部位 24 覆蓋掉，以致於最終輸出如下，有兩個人共享右手腕 24。

```
After merge:
3  8  13  18  24  28  33  37  44  47  52  59  62  67  73  78  83  87  44.879153  18
2  7  12  16  20  27  32  36  42  49  54  57  64  69  72  77  82  -    37.669371  17
1  6  11  17  -   26  31  -   41  46  51  56  61  65  71  76  81  86  42.080621  16
4  9  14  19  24  29  34  39  43  48  53  58  63  68  74  79  84  88  45.564141  18
0  5  10  15  21  25  30  35  40  45  50  55  60  -   70  75  80  85  41.044243  17
```

因此修正 `_merge` 如下：

```
def _merge(subset, i, j):
    # merge subset j into subset i
    for k in range(18):
        if subset[i][k] == -1:
            subset[i][k] = subset[j][k]
        subset[j][k] = -1

    # ... skip below ...
```

修正後就得到正確答案

```
After merge:
3  8  13  18  22  28  33  37  44  47  52  59  62  67  73  78  83  87  44.879153  18
2  7  12  16  20  27  32  36  42  49  54  57  64  69  72  77  82  -    37.669371  17
1  6  11  17  -   26  31  -   41  46  51  56  61  65  71  76  81  86  42.080621  16
4  9  14  19  24  29  34  38  43  48  53  58  63  68  74  79  84  88  45.564141  18
0  5  10  15  21  25  30  35  40  45  50  55  60  -   70  75  80  85  41.044243  17
```