

?????????

????????? ?????????????????? ???????, ?????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ?????????? (???????)
????????????? ? ?????? ?????? ??? ??????? ?????????? ?????????? ?????????) ? ?????????? ??????????, ??????????????, ???
??????, ? ?????????????? ?????????????????? ?????????????? ?????????? ??? ??????? ?????? ?????????????????? ??????,
????????? ?????????????? ??????, ?????????????? ?????? ?????????? ???, ?????????? ?????????? ?????? ?????? ? ??????
????????? ?????????? ?????? ?????? ?????????? ????? – ??? ?????????? ?????????????? ?????????? [1]. ??????????????
????? – ??????? ?????? ? ?????????? ??????????????, ?????????????? ?? ?????????? ? ?????????? ? ??????????
????????????? ??????, ?????????????? ?? ??????????????. ?????????????? ?????? ?????????????? ?????? ???
????????????? ?????????????? ?????????? ?????? (3D) ?? ?????? ?????????????? (2D). ?????, ??????
????? ??? ?????????? ? ??????? ?????? ?????????? ?????????? ?? ??????????????. ????? ?????? ? ?????????? ??????
????????, ??????????????, ?????????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????????? ?????? ??????
????????? ??????. ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ? ?????????? ?? ?????????? ? ?????????? ??????????
?? ?????????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ?????? ??
????????? ?????????? ? ?????????????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????, ?????????? ?????????? ?????????? ???
????????? ?????????? ?? ?????????????? ?????????? [2]. ?????? ?????? ?????????? ? ?????????????? ??????????
????????? ?????? ??? ?????????? ?????????????? ?????????? ?????? ?????????? ?????????? ?? ?????????????? ??????????,
????? ??? ??????, ??????????????, ??????? ?????? [3].

? ? ? ?????? ? ?? ? ?????? ?????????????????? ?????? ?????????????????? ?????? ?????? ??????????????????, ??????????
????????????? (? ?????????????????? ?????? ??? ?????????? ???????????, ?????? ??? ?????????? ? ?????????????? ??????????)
?? ?????????????? ??? ?????????? ?????? ?? ?????????? ?????????????????????? ?????????? ?????????????????????? ??????.
????????? ?????????? ?????????? ? ?????????? ?????????????? ???????????????, ?????????????? ?? ?????????????? ??? ???,
????????? ?????? ?????? ?????? ?????????????? ??? ?????????? ?????????? ? ??? ?????????? ? ?????????? ???????????,
????????? ?????????? ?????????? ???????????, ?????????? ?????????????????????? ?????? ??????, ?????????? ???????????????
?????????, ?????????? ??????????????. ???????????, ?????? ?????????????? ? ?????????? ?????????? ??????????????????-??????
????? ?????????? ?????????????????? ?????? ?????????? ? ?????????? ?????? ?????? ?????????????? ??????????????.
????? ? ?????????? ???????????, ?????????? ?????????? ?????????? ? ?????? ?????????????? ?????????? ?
????????????? ? ??? ?????????? ?????? ?????????? ?????????? ? ?????? ?????????? ? ?????????????? ???????????, ???
????? ?????????????? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????????? ? ???????????????. ?????????? ? ??????????
????????????? ?????????? ?????????? ?????? ?????? ?????????? ? ?????????????? ?????????? ?
????????????? [4].

???????????? ? ?????????? ? ?????????? ? ?????????? ? ?????????? ?

???????????? ? ?????????????? ? ?????????????? ? ?????????????? ? ?????? ? ?????????????? ? ?????????? ? ?????? ? ?????? ? ????
????????? ? ?????????? ? ?????? ??? ?????????? ??????????????, ?????????????? ? ?????????? ??????????. ?????????? ??
????? ?????????? ?????????? ? ???;

???????? ? ?????????? ?????????? ?? ? ?????????????? — ???? ?????? ?????????? ??????????, ? ?????? ?????? ?????? ??????????????
????????????? ???????? ??? ? ?????????? ?????? ?????????????? ?????? ?? ??????????????, ?????????? ?????? ??????
????????? ? ???????? ?????????? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ??????????. ? ?????????????? ?? ?????????? ??????????, ??????
????? ?????????????????????? ?????????????? ?????????????????? ??????, ?????????? ???????, ?????????? ???????.

????????? ??????? ?? ??? ??????????????:

1. ?????? ??????? ?????????? ? ?????????????? ?? ?????????????? ?? ?????????????? (?????????? ?????? ?????? ?????), ?????? ?????????? ?????????????? ??????? (55%) ?????????? ??-?? ?????? ?????????????? ??????. ???, 34% ?????????????? ??????? ? ?????????? ? ????????, 23% — ? ?????????????? ?????? ?????????? ?????????? ? ?????????? ?????????? . ? 13% ?????????? ??????? ???????, ?????? ?????????? ??? ??????????.
 2. ?????????? ??????? ?? ?????????? ?? 30% (?? ?????????? ?????????? ?? ?????????????????? ??????),
 3. ?????????? ?????????? (????????????? ?????????? ?????????? ??????????),
 4. ?????? ??????? ?????????? ?? ?????????????? ?????????????? (?????? ?????????? ?????? ??????);
 5. ?????? ?????????? ?????????? ?????? ?????????????? ???????????, ??????????, ?????????? ???????, ?????????????? ???????, ?????????????? ?????? ??????) ? ?.?. [9].

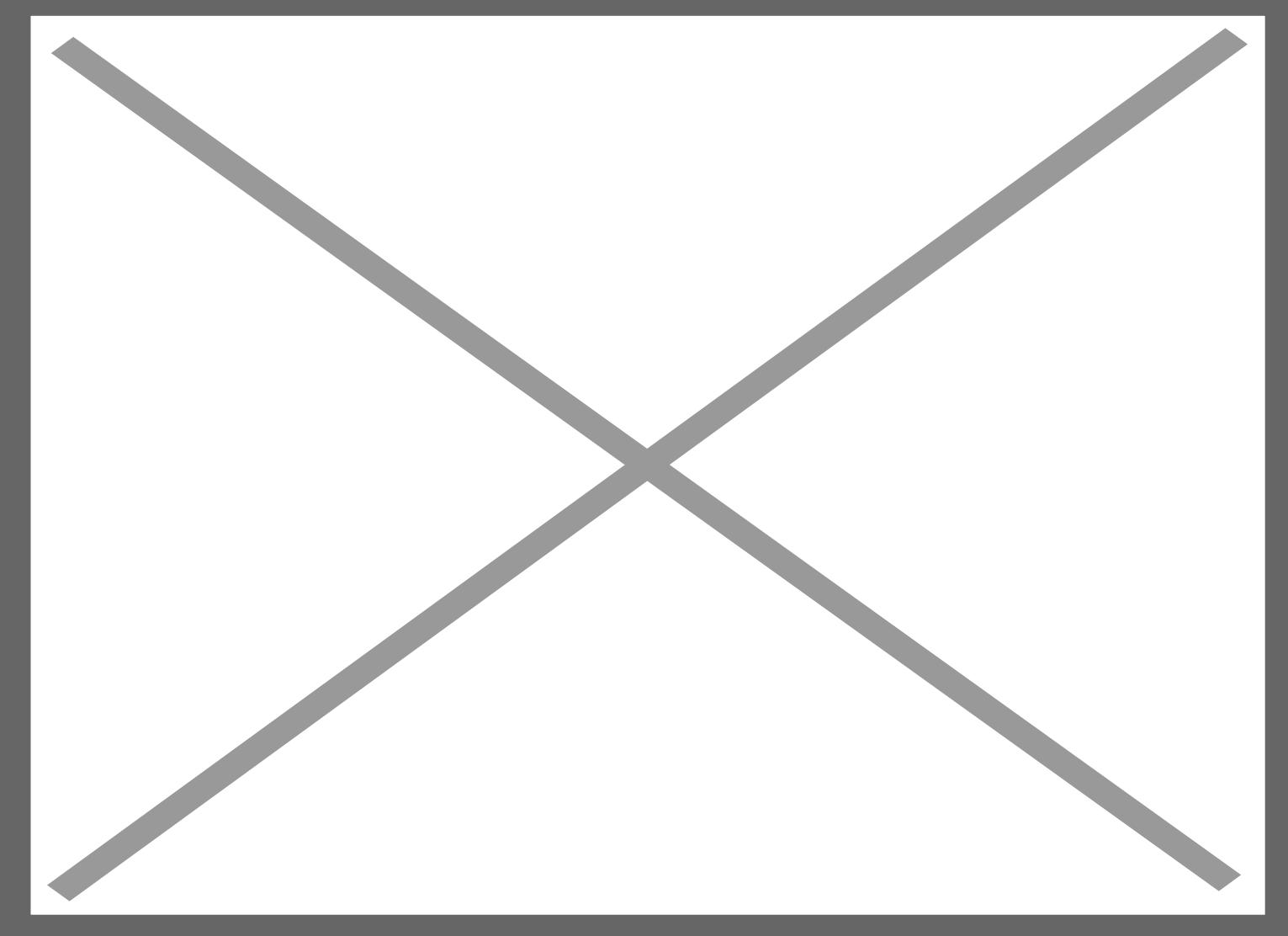
?????? — ?????????? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????? ? ?????????? ?????? ?? ?????????? ?????? ????????

???????????? ???? ?????? ??? ?????????? ??????.

?????? ?????? ??????:

1. ?????? ? ?????????????? ?????????? ??????.
2. ?????????? ?????? ?? ?????????? ?????? ? ?????????? ??????.
3. ?????? ?????? ???????, ?????? ?????? ?? ?????????? ??????.
4. ?????????? ?????? ?????? ? ?????? ?????? ??????.
5. ?????? ?????????????????? ??????.

image not found or type unknown



???. 1. ?????????? ?????????? ?????? ? ?????????? ? ?????? ?????????????? ??????

????????????? ??????????????

????? ? ?????????? ??????.

??? ?????????? ?? ?????? ?????????? ?????? ? ?????? ?????? ?????????? ?????? ?????? ?? ??????.

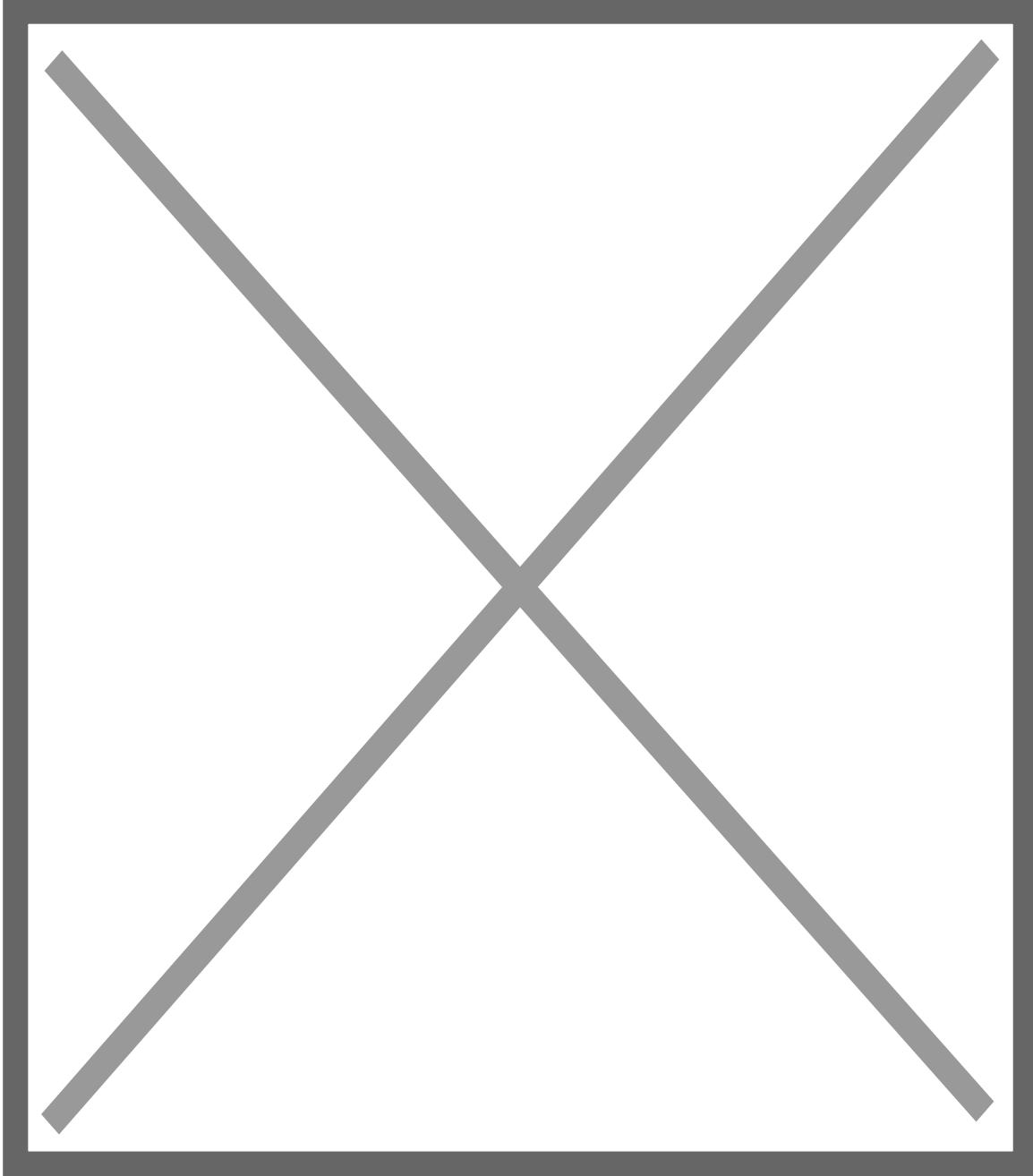
????????? ??????.

????????? ?????????????????? ?????????? ??????????? ?????????? ?????????? ??????????. ?????????? ?????? ?????? ?????????????? ?? ?????????
?????????? ?????????? ?????? ??? ??????? ? Label Studio. ??????? ?????????? ?????: ?????????? ?????? ?????? ?????? ?
????????? ??????? ? ?????? ??? ?? ????, ???? ?? ?????? ??? ?????? ??? ?????? ??? ?????? ?????? ?????? ?? ?????? ???????????.

??? ???????? ????:

- ??????? ?? ???, ????? ???? ?????????? ?????? ??????????? ?????????? ?? ??????? ??????
 - ??????? ?? ???, ????? ?????????????????? ?????? ??? ?? ??????? ?????? ?? ???????, ?? ? ?? ??????? ?????? ???, ????? ?????????? ?????? ?? ??????? ???????
 - ??????? ?? ?????? 50 ??????????? ??????? ???????, ?????? ?????? ???????
 - ?????????? ?????????? ???????, ?????? ?????? ???????????, ?????? ?????????? ??????? ?????? ??? ??????????? ??? ???????.

Image not found or type unknown



???. 2. ??????? ?? ??????? ?? ?????????????? [10]

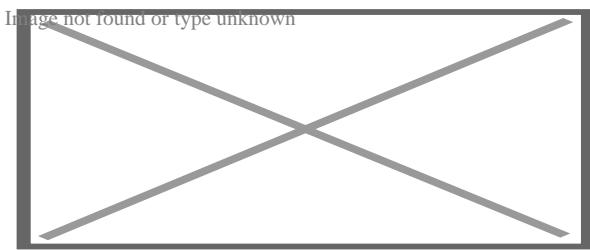
?????? ??????? ??????????, ?????????? ??????? ?? ??????????? ????????. ?????? ?????????? ?????????? ?? ????????????

????? ??????? ?????????? ?? ?????????????? ? ?? ??? ??? ?????????????? ? ?????? ?????????? ?????????????? ??????????????.
?????? ?????????????? ?????????????? - ??????, ? ??????? ?? ??? ????? ?????? ?????????? ??????????????, ? ?? ?????? ???
?????? ??????? ??????? ?????? ????? ?????????????? ?????? ?????? ? ?????????????? ???????????. ????????, ????
?????? ?????????? ?????????? ??????? ?? ?????? ?????? ?????? ?????????????? ????, ??????? ?????????? ??????????
??????, ??????? ?? ??? ?????? ?????? ?????? ?????????????? ????, ??????? ?????????? ?????????? ??????????,
????????? ??????????, ????, ??? ??????-? ??????? ????. ?????????????? ?????????? ?????????? ?????? ???
????????? ?????? ?????????????? ?????????????? ????, ?????????? ? ?????????????? ?????????? — ??????????
?????? ?? ?????????????? ?????? ? ??? ???????, ??? ?? ?????? ?????????? ?????? ?????????? ?? ??????????.
???????, ???? ?????? "?????????" ?????? ?????? ??????????, ?????????????????? ?????????? ???, ?? ???
???????, ?????????????????? ???? ?????? ?? ?????? ?????????? ??????????, ???? ?????????????? ???? ??? ??????, ??? ?
????? ??????. ?????? ?????????????? ?????????? ?????????? ?????????? ? ?????????????????? ?????????? ??????????
?????? ?????????? ??????????. ??????, ??????? ?????? ?????? ?????????? ??????????, ??????????, ? ???
?????, ??? ?????? ?????? ?????? ? ?????? ?????? ??????????, ??? ?????????? ?????? ?????????? ?????????? [11].

?????? ?????????????? ? ?????????? — ??????, ? ?????? ? ?????????? ? ?????????????? ? ?????????????? ?????? ??????????
?????? ?????????????? ??????, ?????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ?????? ?? ?????????? ???
??????, ????? ????? ?????????????? ??????, ?? ?????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ??? ??????????
?????????????, ? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ??? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????
????? ??????. ????? ?????????????? ?????? ?????? ?????? ?????? "????????????????? ?????". ?????????????? ?????
????? ?????? ??? ??? ?????? ??????, ?????? ? ??????, ??? ? ??? ?????? ?????? ??????. ?????? ? ??????
????????? ?????????????? ?????????? ??? ?????? ??????????????, ??? ? ?????????? ?????? ?????????? ?????????? ??????
?????. ?????? ?????? ?????? — ??????, ? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ?????? ?????????? ?????????? ??
????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?? ?????????? ?????????? ?????? ? ?????????? ?????? ???
????????????? ?????? ?? ?????????? ?????? ?????? ?????? ??????. ? ?????? ?? ?????????????? ? ??????????????,
????? ???????, ?????? ?????????? ?? ?????????? ?????????? ??????????.

????????

? ?????????? ?????????????????? ? ?????????????? ? ?????????? ?????????? ??? ?????????????? ?????????????????? ??????????????????
 ?????????????????? ?????? ? ?????????? ?????????? ??? ?????? ?????????????????? ?????????? ?????????????????? ?????
 (IoU). ? ?????????? ?????????? ?????????? ? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????????????? ?????????? ?????????? (????. mean
 average precision), ?????????? ?? ??? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? (????. average precision, AP).



??? 3. ??????? ??????? ?????????? ?????????? ?????????????? ?????????????? ??? ???? ? ? ?????? IoU

????????????????

????????????? ?????? (?????. two-stage methods) ??? ??????, ??????????? ?? ?????????? (?????. region-based methods) ?????????????? ??? ?????? ??? ?????????????????? ??????????. ?????? ?????? – ??? ?????????????? ?????? ?? ?????????? ??????????, ? ??????? ? ??????? ?????????????? ?????????? ?????? ??????. ?????? ?????? – ??? ??????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ?????? ?????????? ?????????? ?????? ?????????? ?????? ?????????? ?????? ?????????? ?????? ?????????? ?????? ?????????? (R-CNN, Region-based Convolutional Network) ??????? ? ?????????? ?????????? ??????. ?????? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ??????

????????? ??????????? ?? ?????? ???????, ??????????? ?? ??????, ??? ?????.

?????? ??????? - YOLO (You Look Only Once) ??????????? ??????? ??????? ? ?????? ???????
???????. ?????? ??????? ??????????? ??????? ?????????????? ?? ?????? ?? N×N ??????. ??? ?????? ??????
????????? ?????? ?????????? ???????, ?? ??? ?????? ?????????? ?????????????? ?? ?????????????? ??????????????
????????????? ??????. ?????? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????????? ??????????????
????? ??? ?????? ?? ?????? ?? ?????????? ?????? ?????? ?????????????? ??????, ??? ?????? ?????? ? ???????, ?
????? ?????? ?????????? ?? ???, ??? ?????????????? ?????? ?????? ?????? ? ??? ??????. ??? ?????? ?????????? ???
????? ??? ?????? ?????? ?????????? ?? ??????? ?????????? ?????????? ???, ??? ?????? ?????????? ? ??? ?????? ??????
??????.

????? ?????????? ?????? ??? ?????? ?????? ?????? ? ?????? ?????? ? ?????? - ??? ?????????? ?????? ??????.

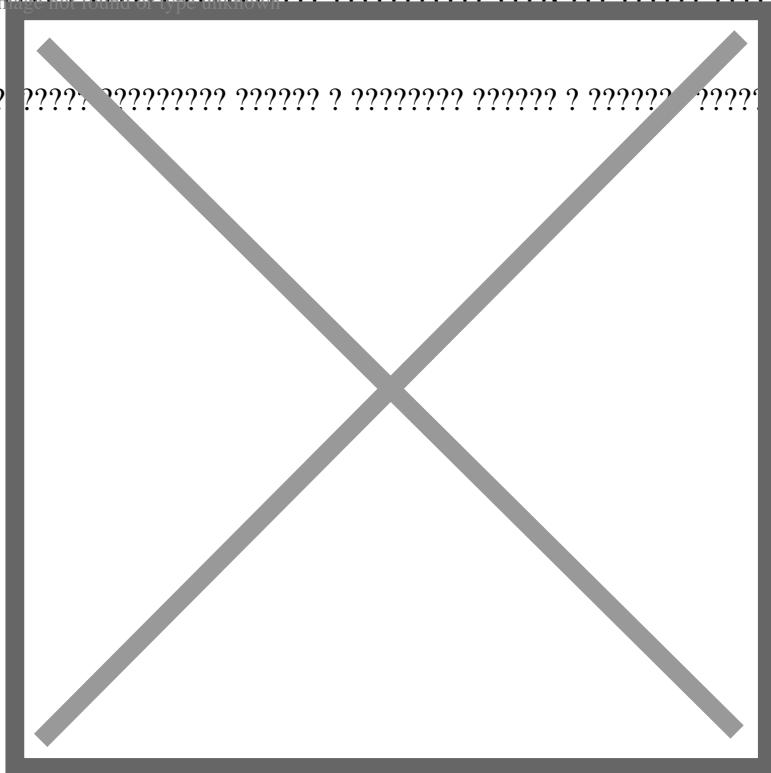
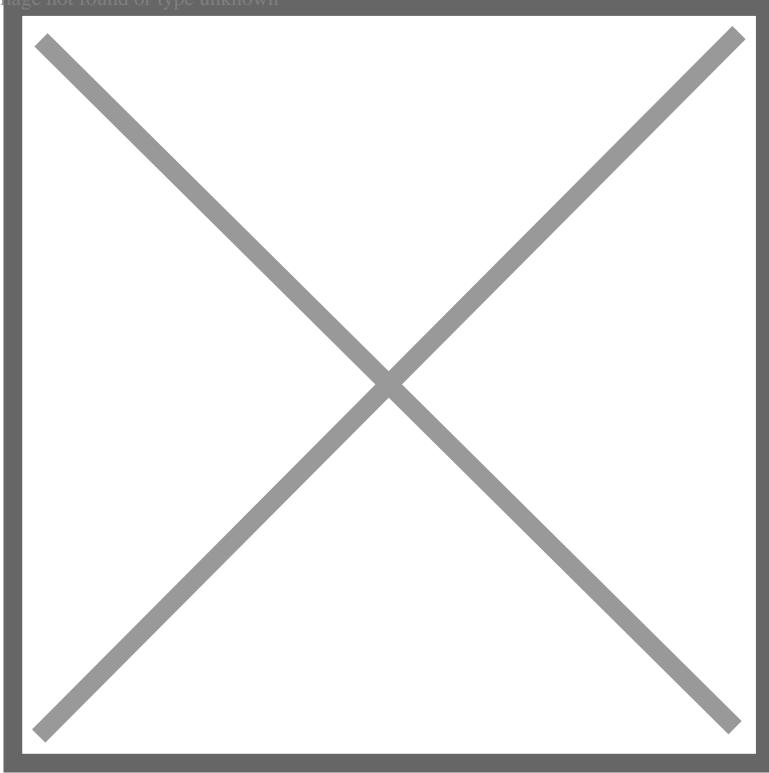


Image not found or type unknown



???. 4. ?????????? ?????? Yolov5s ??????? ?? ????????, epoch = 50

???????????????	P	R	mAP0.5
?????	0.884	0.899	0.888
????????????? ????	0.846	0.893	0.877
???????	0.889	0.883	0.871
????	0.917	0.921	0.917

????? ?????????????? ??????, ?????????? ?? ?????????? ?????? YOLO ?????????? ??????? ?? 3?
????? ??????? ?? 4 ??????? ??? 85 %.

???????

????????? ??????? – ?????????? ??????? ?? ?????????? ??????. ?? ?????? ?????? ?????????????? ??????
????? ??????? ?????????????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????? ?????????????? ??????
?? ?????????? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ?????? ?????????????? ??????
????????????? ??????, ?????????? ?? ?????????? ?????? ?????? ?????????????? ?????? ?????? ?????????? ???
????????????? ?????? ? ??????? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????????????? ?????? ?????? ???????, ?????? ???
?????? ????????, ?????????? ?? ??????. ??????, ?????? ?????????? ?????? ?????? ?????? (?????? ?
????????? ??? ??), ?????? ??? ?????????????? ??? ?????????????? ?? ?????????? ?????? ?? ??????? ?????? ?

?????????? ???????? ?? ???? ?? ??????????????. ?????? ?????????????? ????????, ????????????
??????????, ??????? ?? ??????-????????? ?????? ?????? ?????????????????? ??????, ???????????, ??????????
?? ??????? ?????? ?????? ??????. ? ?????? ?????????????? ?????? ?????????????? ???????, ?????????????
?????????? ?????? ?????, ?????????????? ?????????????????????? ?? ?????? ?????? ?????????? ?????????????? ???????,
????????? ?????????? ?????? ?????? ? ?????? ?????? ?????? ??? ??????????????.