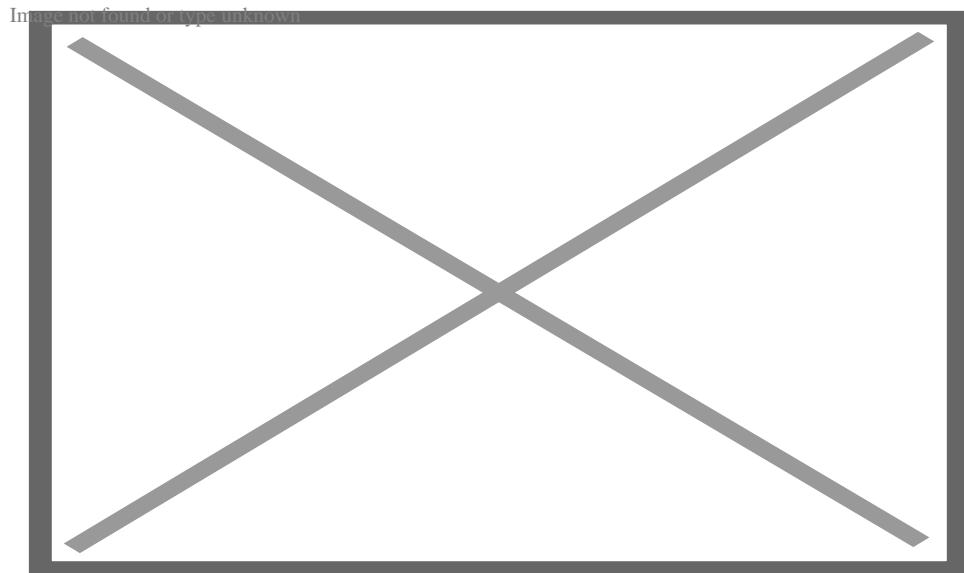


???????????? ?????????????????? ??????????????, ?????????????? ???? ??????????? ??????? ?? ????? ?????????????????, ?????????????  
????????????????? ?????????? (?), ?????????? ?????????????????? ?????????? ?????? ?????????? ?????????????? ? ?????????,  
????????????????? ?? ?????????? ??? ?????? (?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

????????? ?? ?????????? ??????????????? ??????????? ? ?????????? ?? ?????????? ?, ?????????? ?? ?????????? ?????????? ?????? ?????????? «? ?????????? ??????????????? ?????????? ? ?????????? ?????????? ??????????», ? ?????? ?????????? ?????? ?????????????? ??????????, ?????????????, ? ?????? ???????, ???? ? ?????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????????, ? ?????? ?????, ?????? ?????????? ?????????? ?????????? [1]. ?????????? ?? ? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ?? ?????? ?????????? ?????????? ?? ?????? ?????? ? ?????? ?????? ?????????? ?????????, ?? ? ?????? ??????.

?? ??????? 1 ?????????? ?????????? ?? ???????? ??? ?????????????????????????? ??????????????, ??????????????  
????????? ??????????, ?????????? ?? ?????????? ?????????? ? ??, ?????? ??????, ?? ?????????? ?? ???? ?????????? ?? ????  
????????? ? 2021 ?. ?????????? ?????????? ?????????? ?? ?????????? ?????? ?? ??????. ??? ? ? ?????????? ?  
2020 ?. ? ?????????? ?????????????? ?????? ? ??? ?????????? ?? ??? ?????????????? ??????????, ???  
????????? ??????, ??? ??? ?????????? ?????????? ?? 0,4 ?????.



??? 1. ?????????????? ??????? ?????????? ? ?????????????????? ?????????????? ? ?????????? ? ?????????? ?  
?????? ?? ??????, % ?? ?????? ??????. 2021 ?. [2, 3]

???????????? ? ?????????? ? ??????? ? ? ?????????????????? ? ?????????? ? ?????????????????????? ? ?????????????? ? ?????? ? ???? ? ?????????????  
????????????? ? ??????????, ?????? ? ??????? ? ?????????????????? ? ??????, ??????????????, ?????????, ? ?????????????? ? ??????????  
????????? ? ?????????? ? ?????????????????? ? ?????????; ? ?????????????? ? ?????? ? ?????????????????????? ? ??????????  
??? ? ?????????????? ? ?????? ? ??????????; ? ?????????? ? ?????????? ? ?????????? ? ?????????? ? ?????????? ? ?????????? ?  
??-?????????????; ? ?????? ? ?????????? ? ? ?????????????????? ? ?????????? ? ???????, ? ?????????? ? ?????????? ? ??????????????

?????? ?????????????? ? ?.?. [4].

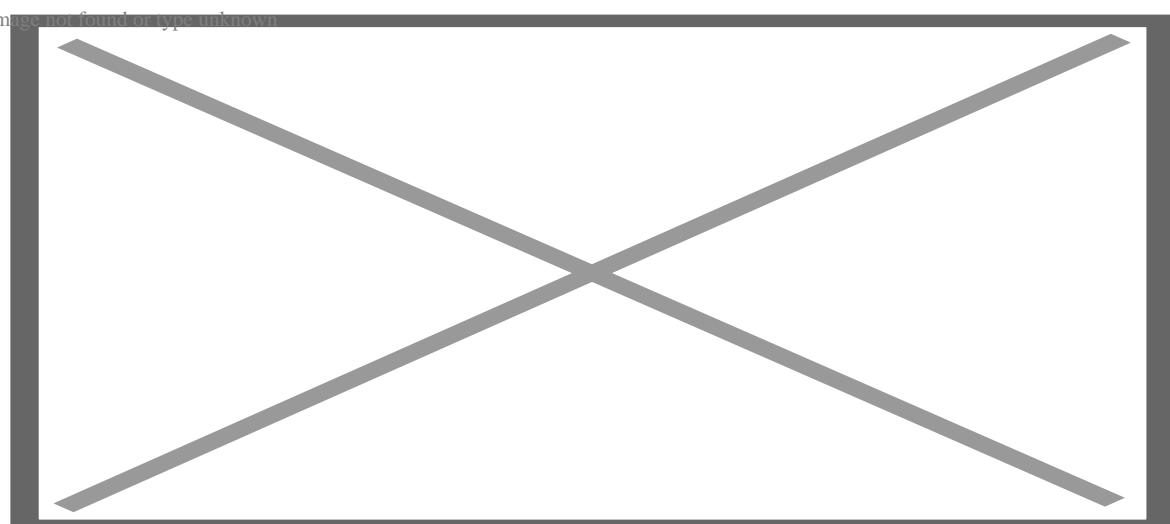
?????? ?????????? ?????????? ??????? ?????????????? ?????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ??? ?????? ? ??????????????????  
?????????????, ?????????? ??????? ? ???????? ?????????? ?????????????? ?????????????? ?? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ? ??????????  
?????? ??????????. ?????? ?????????????? ?????? ?????????????? ?? ?????? ?????????? ?????????? ?????????????? (?? ?  
????????????), ?????????????? ?? ??????? ?????????? ?????? ? ?????????????? ?????????????? ?????????? ? ?????? ??????????  
?????-????????? ? ?????????? ?????????? ?????????? ??????????. ?????????????, ?????????????????? ?? ???? ??????????  
????????? ???????, ?????? ??? ?????????????? ? ?????????????? ?????????????? ??-??????, ??? ?????????????? ??????????????  
????????? ?????????? ?????????? ?????????????????????? ??????, ?????? ?????????????? ??????????, ?????????????? ?  
????????????? ?????????? ??-??????, ?????? ? ??? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????????????? ?????????? ???? ?  
??????, ??? ?????????????? ?????????? ?????? ?????????????? ? ?????? ?????????? ??????. ?-??????, ??????????????  
????????? ?????? ? ??? ?????? ?????????? ?????????? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????????????? ?????? ?  
????????? ??????, ?????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ?????? ?????? ?????????????? ?????? ?  
????????? ?????? ?????? ???, ??? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????????????? ? ?????????? ?????? ?????????? ?????? ?  
????????? ?????? ?????? ???, ??? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????????????? ? ?????????? ?????? ?????????? ?????? ?  
?????????.

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

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

?????????? ? ?? ?????? ??????????????. ?????????????????? ??????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ??  
?????????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? [5, 6, 7] ? ?????????? ?????,  
????????????? ?????????????? ?????? «????????? ?????????? ??????????» ? ?????? ?????????? ??????????  
(????????? ? ??????????) ? ???, ? ?????? ?????????? ??????-????????? ?????????? ?????????? ??????????  
????????? ?? 2017–2030 ????. ? ???????? ?????????????????? ?????? ?????????????? ????,  
??????????, ?????? ?????? ?????? ?????? ?????? (???, ??????, ???), ?????????????? ?????????? ?????????????? ?  
????????? ?????? ? ?????? ?????? ?????????? ?????? ?????? ??????????, ? ?????? ?????????? ??????,  
????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??? ?????? ?????????? ?????? ??????????.

????????????? ?????????????? ? ?? ????????????. ?????????????? ????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????-????????? (?????????? ??????????), ?????????? ?????????? ?? ?????? (???. 2).



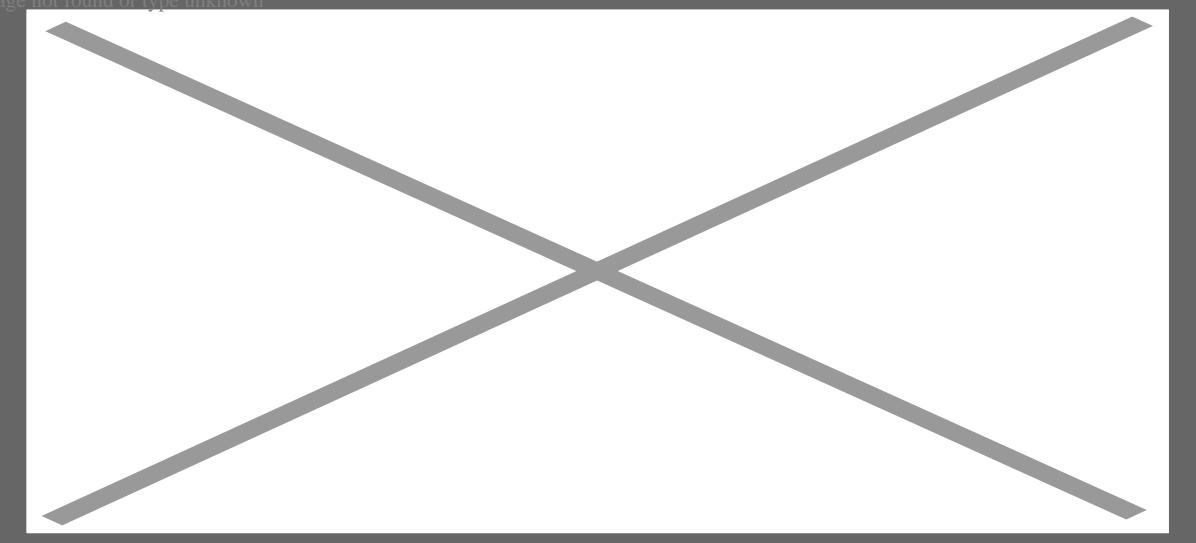
??? 2. ?????????????? ??? ???? ?????????? ??? ???? ???? ??????

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

? ?????????? ?????????????? ?????????? ??? ?????? ?????? ?????????????????????? ??? ? ?????? ?????? ?????????????? DenseNet ? GoogleNet, ?????????? ?????????? ?????????? ? ?????? ? ?????? ?????????????? ?????????? ?? ?????????????? ?????? ImageNet [8]. ?????????? ?????? ?????? ?????? ?? ?????????? ? ?????????? ? ?????????? ?????? ? ?????????? ?????? ? ?????????? ? ?????????? ?????? ??????, ?????????? ??? ?????????? ?????? ?????? ?????????? ??? ?????? ?????????? ??? ?????? ?????????? ?????? ?????????? ??????, ?????? ? ?????? ?????????? ?????????? ??????????, ??? ?????? ?????? ?????? ??? ?????? ??? ?????? ?????????? ?????? ??????, ?????????? ?????? ?????? ?????????? ?????? ??????.

??? ?????? ?????????????????? ?????????????? ? ?????????????????????? ??????? ??? ?????? ??-?????? ???  
????????? ??????? ?????? (???. 3) ? ??????????, ????????????, ?????????? ?????? ?????? ?????? ??????????????????  
?????? ?????? ????????. ??? ?????????????? ?????? ???????, ? ??????? ?? ?????????? ??????? ??????? ???????,  
??????, ? ?? ?????????? – ?????????????? [9]. ?????? ?????? ?????? ?????????????????? ??????????????  
?????????, ?????????? ?????????? ? ?????????????? ?????? (????????????? ?????), ??? ???????, ??? ??????????  
?????? ??? ?????? ????? (??????? ???). ?????? ???????, ?? ?????????? ??????? ?????????? ??????????  
????????????????? ???????, ? ??? ?????????? – ?????????? ??????????????????????.

Image not found or type unknown



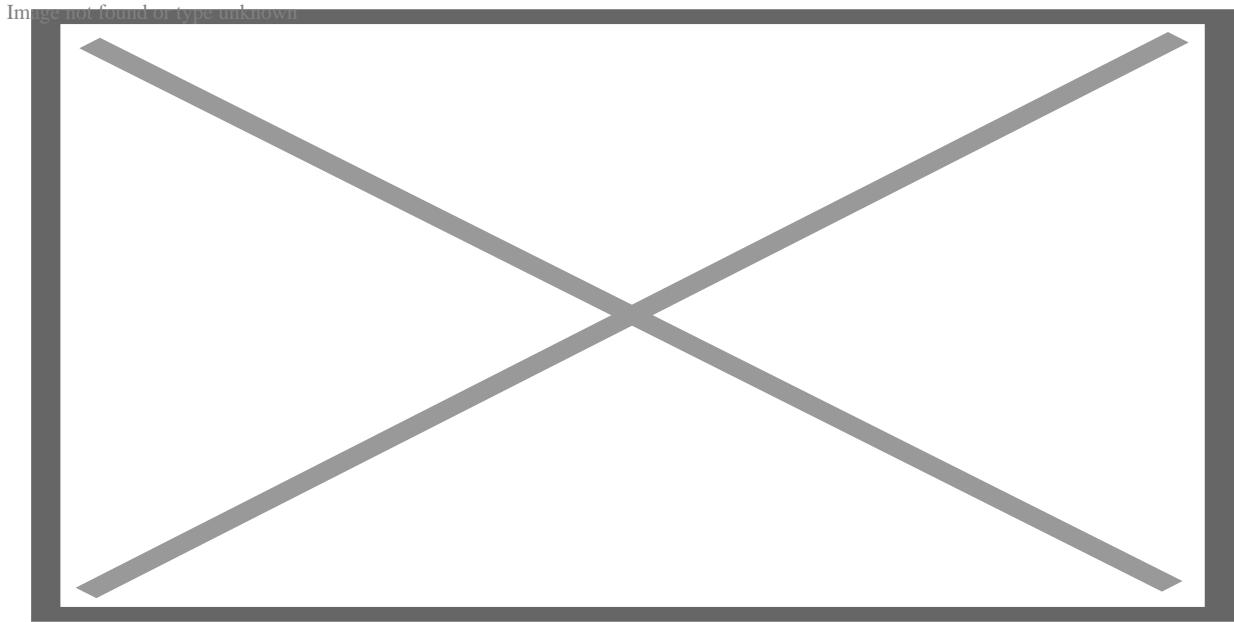
???. 3. ??????? ?????? ?????????????????? (????????? ??????? ?? ??????  
????????????? ??????????????)

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

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

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

?????????? 4 ?????????????? ??????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????: ?????? ??????????????  
 (????? ??????????) ? ?????? ?????????? (???????, ?????????), ?????????? ?????? ? ?????????????? ?????????????? ?????????,  
 ?? ? ?? ? ? ?????? ?????? ?? ?????? ?????????????? ?????????? ?????????????? ?????????????? ? U-Net [9]. ?????? ??  
 ?????????????? ?????????????? ?????????????? U-Net ?????????? ?? ?????????????? ?????????? ? ?????????????? ??????????????  
 ?????? ?? ?????????? ?????????????? ??? ?????, ??? ?????? ?????? ?????? ?????????? ? ?????????? ?????????? ?????????, ???  
 ?????? ? ?????????????????????????? ?????????????? ?????????? ?????? ??? ??????????. ?????? U-Net ???  
 ?????????????? ?????????? ?? ?????? ??? ?????????? ? ??????????????, ?? ? ?????????????? ? ??????????????  
 ?????????? ??? ??? ?????????????? ??????? ?????????? ???????, ??? ??? ?????? ?????????? ??? ??????  
 ?????????????????????? ??????????????, ??? ?? ?????? ?????????? ?????????????? ??????? ?????????????? ??????? ?  
 ?????????????? ??????. ??? ?????? ?????????? ?????????????? ?????????? ?????????????? ?????????? ?????????????? ????????  
 ?????????? ?????????? ???????, ?????????? ? ?????????? ?????????????? ?????????????? ?????????? ?????????????? ??????.



???. 4. ??????????? ??????????? ??????? ? ??????????? ?????? ??????? ?????????????? ??????  
(?????? ?? ?????? ?? ?????? ???????????  
???????????????)

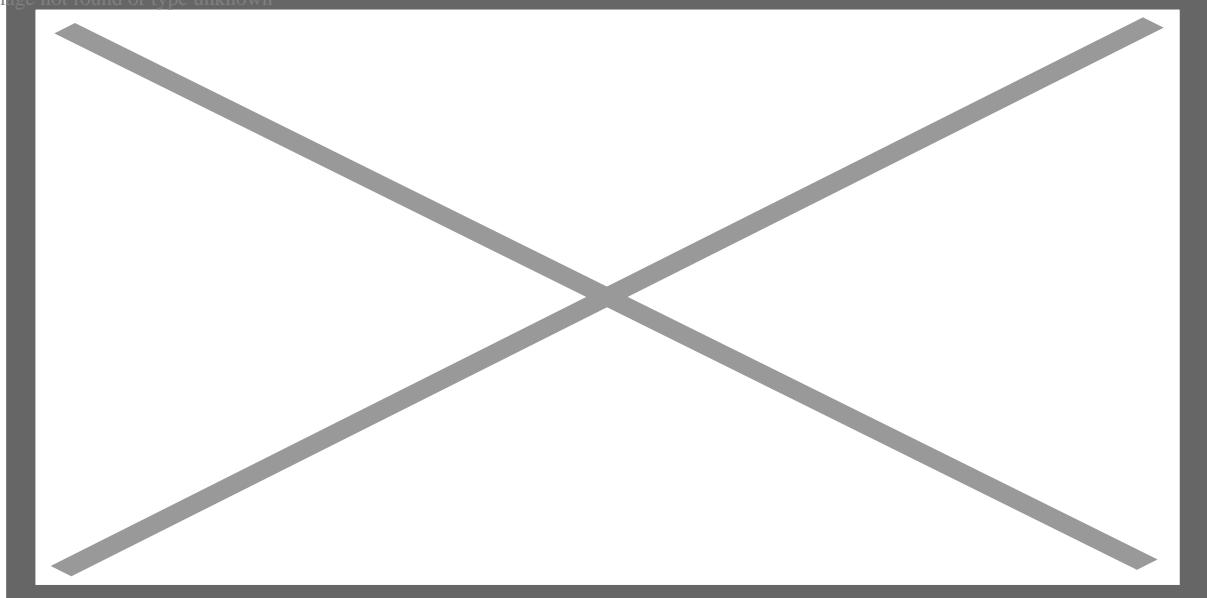
?? ??????? 4 ???????, ?? ?????????? ??????? ?????????? ??????? ???????, ?? ?????? ??????? ? ??????????????,  
 ?????????? ?????????-????????????? ??? ?????? ??????. ?????? ?????????? ??? ?????????? ??? ??????  
 ?????? ??? 214 ?????????? (? ??? ?????? ??????? ??????????? 268 ???????, 214 ?????????? ?  
 ??????? ?????????????? ?????? 54 ? ? ??????? ?????????? ?????? ??? ?????? ?????????????????? ??????).

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

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

? ??????? ?????? ??????? ????. ?????????????? ?????????????? ?????????????? ????????, ?????????????? ? ??????????????  
????????? ?????????????? ?????????????????, ??????????????? ?? ??????? ?????????????????? ?????? ?????????????? ?  
????????? ??????????????. ?????? IT-??????? ??????? ??????? ?????????? ??? ?????????? ?????????????? ???  
?????? ???????????, ? ? ?????? ??????? ?? ?????????? ?????? – ????????????. ?????????? ? ??????????????  
????????????? ?????????????? ??????? ? ??????? ?????? ?????? ?????????? ? ?????????????? ?????????? ? ??????????  
????????? ??????? ??????????????: ?????? ? ?????????????? ?????????????? ?? ?????? ? ??????????????; ??????????  
????????? ?????? ? ?????????????? ?????????????? ?????????? ?? ?????? ??????????; ?????????? ??????????  
????????? ?????? ?? ?????????????? ?????? ? ?????????? ??????; ?????????? ? ?????????????? ?????????? ? ???  
????? ?????????? ??????? ? ??.

Image not found or type unknown



???. 5. ?????????????????? ?????????? ?????????????? ?????????? ?????????????? ?????????? ?????????? ?? ???  
????????????? ?????????? (????????????? ??????????)

????????????? ??????????? ?????????? ?????? ?????????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????????????????????????  
?????-????????? ???, ? ??????????, ?????????? ?????????????? ?????????? ?????????? ?????????? ? ???, ??? ??????????????  
????????? ?????? ? ?????????? ?????????? ?????????????? ?????????? ?????? ?????? ?????? ? ?????????? ?????? ??????????  
????? ? ?????????? ?????????????? ?????????? ??????????????. ???????, ??? ?????????????? ?????? ??????  
????????????? ?????????? ?????? ?????????????????? ? ?????????? ??????????????, ?????????? ?????????? ?????????? ??????????  
?????? ?????, ?????????? ?????? ?????? ?????????? ??????????. ? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????????  
????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ???????, ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ? ????????  
????????????? ? ?????????? ?? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????????????  
?????????????, ? ?????????????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????????????  
????????????? ??????????, ?????????? ?? ?????????? ?????? ?????? ?????????? ?????????? ?????????? ?????? ??????  
????????? ?????? ?? ?????????? ?????????????? ??? ?????????? (????????????? ?????????? «????????? ?????????? ??»)  
? ?????????? ?????????????? ?????? ?????????? ?????? (????????????? ?????????? «????????? ?????????? ??»  
?????????).