



ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒՅԱՆ ԿԱՐԾԻ ԸԸ

Մելքոնյան Վահագն Վևորգի «Թիրախին ներկայացված ԱԹՍ ավտոափրկողի մշակում համակարգչային տեսողության կիրառմամբ» թեմայով Ե.13.04 - «Հաշվողական մեքենաների, համալիրների, համակարգերի և զանգերի մաթեմատիկական և ծուգրային ապահովում» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աատիճանի հայցման համար ներկայացված ատենախոսության վերաբերյալ

Գրախոսվող թեկնածուական ատենախոսությունը նվիրված է անօդայու թռչող սարքերի համար համակարգչային տեսողության հիման վրա թիրախի հայտնաբերման, հետևման և ինքնավար մոտեցման համակարգի մշակմանը: Աշխատանքի նպատակն է նախագծել և իրագործել թեթև, մոդուլային և իրական ժամանակում աշխատող ԱԹՍ ավտոափրկոտային համակարգ, որը միավորում է տեսողական ընկալումը, թիրախի հետևումը, կառավարման ալգորիթմները և օպերատորի հետ փոխգործակցությունը:

Թեմայի արդիականությունը պայմանավորված է նրանով, որ ԱԹՍ-ների կիրառությունը արագորեն ընդլայնվում է անվտանգության, արդյունաբերական, քաղաքացիական և պաշտպանական խնդիրներում, որտեղ պահանջվում է շարժվող օբյեկտների արագ հայտնաբերում, հետևում և մոտեցում՝ սահմանափակ բարտային հաշվարկային ռեսուրսների և փոփոխվող միջավայրային պայմանների պայմաններում: Նման համակարգերում առանձին հայտնաբերման, հետևման կամ կառավարման մեթոդների արդյունավետությունը բավարար չէ, կարևոր է դրանց համատեղ, ցածր ուշացումով և թռիչքային հարթավի հետ ինտեգրված աշխատանքը:

Վերագոտության ընթացքում մշակվել է ROS 2 միջավայրի վրա հիմնված բաշխված ճարտարապետություն, որը կապում է YOLO-ի վրա հիմնված հայտնաբերման մոդուլը, KCF-MixFormerV2 հիրբիդային հետևման մեխանիզմը, տեսողական սերվիկառավարման և PID կարգավորիչների վրա հիմնված մոտեցման համակարգը, PX4/uORB ինտեգրումը և QGroundControl-ի ընդլայնված օպերատորական միջերևույթ: Համակարգը նախատեսված է Jetson դասի բարտային հաշվարկային սարքերի և սաանդարտ multirotor ԱԹՍ հարթակների վրա աշխատելու համար:

Աշխատանքի գիտական նորույթը կայանում է ոչ միայն առանձին ալգորիթմական բաղադրիչների, այլև դրանց միասնական ԱԹՍ interception համակարգի մեջ ինտեգրման մեջ: Մասնագիրապես՝ մշակվել է բարտային սահմանափակ ռեսուրսների համար հարմար հիրբիդային տեսողական հետևման pipeline, առաջարկվել է տեսողական սխալների հիման վրա roll, thrust, yaw և pitch կառավարման կառուցվածք, ներգրվել են թռիչքի ընթացքում կարգավորվող PID պարամետրեր և ստեղծվել է HITL փորձարկումների ու իրական թռիչքային փորձերի միջոցով գնահատման միջավայր:

Աշխատանքի գործնական նշանակությունը հաստատվում է համակարգի իրականացմամբ և փորձարկմամբ ինչպես Gazebo/PX4 HITL միջավայրում, այնպես էլ իրական

թռիչքներում: Փորձարկումները ընդգրկել են թիրախի տարբեր արագություններ, շարժման ուղղություններ, սկզբնական դիրքային և անկյունային շեղումներ, քամու ազդեցություն և տարբեր հեռավորություններ: Իրական փորձերում համակարգը ցուցադրել է բարձր հաջողության ցուցանիշներ stationary և շարժվող թիրախների դեպքում:

Ատենախոսությունը կազմված է ներածությունից, եինգ բովանդակային գլխից, եզրակացությունից և օգտագործված գրականության ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 113 էջ է: Կառուցվածքը տրամաբանական է և հաջորդաբար ներկայացնում է խնդրի արդիականությունը, առկա աշխատանքների վերլուծությունը, ընդհանուր ճարտարապետությունը, տեսողական ընկալումը, կառավարումը և փորձարարական գնահատումը:

Ատենախոսության արդյունքները ներկայացվել են գիտական միջոցառումներում, մրցույթներում և աշխատաժողովներում, իսկ հիմնական արդյունքները արտացոլված են վեց գիտական հրատարակումներում: Սեզմագիրը բավարար չափով ներկայացնում է աշխատանքի հիմնական դրույթները և ստացված արդյունքները:

Վերոնշյալի հետ մեկտեղ անհրաժեշտ է նշել, որ հիմնական դիտողությունները կապված են համակարգի և դրա տարբեր բաղադրիչների սխալների քանակական գնահատման հետ: Առանձին դիտողություն կա նաև կառավարման մոտեցման համեմատական քննարկման վերաբերյալ:

1. Աղյուսակներ 6 և 7-ում ներկայացված detector-ի գնահատման մասում UAV դասի տվյալները, ըստ նկարագրության, հիմնականում ստացվել են AirSim սիմուլյացիոն միջավայրից, իսկ Աղյուսակ 7-ի արդյունքները տրված են միջինացված տեսքով՝ առանց դասային կամ dataset-ային բաժանման: Այդ պատճառով պարզ չէ, թե իրական, ոչ սիմուլյացիոն UAV թիրախների համար detector-ը ինչ ճշգրտություն ունի: Ցանկալի կլիներ ներկայացնել առանձին դասերի գնահատում, հասկապես UAV դասի համար, օրինակ՝ confusion matrix կամ per-class AP/Recall:

2. Հետևման ազդրիթոմը գնահատվել է UAV123 և VisDrone-SOT benchmark տվյալների վրա և օգտագործվել է HITL ու իրական թռիչքային փորձերում, սակայն այդ փորձերում tracking-ը առանձին քանակապես չի գնահատվում: Այսինքն՝ չեն ներկայացվում tracking loss, drift, IoU, re-detection հաճախականություն կամ target-out-of-view դեպքերի ցուցանիշներ, ինչի պատճառով դժվար է առանձնացնել tracker-ի ներդրումը end-to-end interception արդյունքներում:

3. Փորձարարական արդյունքներում ձախողումները հիմնականում դասակարգվում են որպես "ground hit" և "timeout" դեպքեր: Սակայն այդ վերջնական ելքերը չեն բացահայտում ձախողման իրական պատճառը՝ օրինակ տեսողական հետևման կորուստ, թիրախի տեսադաշտից դուրս գալ, քամու ազդեցություն կամ ուշացում: Ցանկալի կլիներ ձախողումները վերլուծել նաև ըստ պատճառների, ինչը կօգներ ավելի հստակ գնահատել համակարգի սահմանափակումները:

4. Աղյուսակ 19-ում ներկայացված համեմատությունը պետք է մեկնաբանել զգուշությամբ, քանի որ համեմատվող համակարգերը տարբերվում են սենսորային կազմով, հաշվարկային հարթակներով, փորձարարական միջավայրով և հաջողության չափման

մեթոդաբանությամբ: Ցանկալի կլիներ աղյուսակում կամ դրան կից տնօրոնում ավելի հստակ առանձնացնել այդ տարբերությունները:

5. Կառավարման մասով ցանկալի կլիներ աշխատանքում ավելի հստակ համեմատել առաջարկված մոտեցումը վերջին և թեմատիկորեն մոտ աշխատանքների հետ՝ ոչ միայն փորձարարական արդյունքների, այլև կառավարման գաղափարի տեսանկյունից: Մասնավորապես՝ համեմատության մեջ կարող էին դիտարկվել H. Yan, K. Yang, Y. Cheng, Z. Wang, D. Li. «Precise Interception Flight Targets by Image-Based Visual Servoing of Multicopter», IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2025, K. Yang, C. Bai, Z. She, Q. Quan. «High-Speed Interception Multicopter Control by Image-Based Visual Servoing», IEEE Transactions on Control Systems Technology, 2025, D. Zheng, H. Wang, J. Wang, S. Chen, W. Chen, X. Liang. «Image-Based Visual Servoing of a Quadrotor Using Virtual Camera Approach», IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2017, ինչպես նաև M. Leomanni, F. Ferrante, A. Dionigi, G. Costante, P. Valigi, M. L. Fravolini. «Quadrotor Control System Design for Robust Monocular Visual Tracking», IEEE Transactions on Control Systems Technology, 2024: Այս համեմատությունը կօգներ ավելի հստակ ցույց տալ, թե աստղաբեկիչ roll/thrust PID սխեմայի ամենամոտերը և yaw/pitch ուղղորդման համադրումը ինչպիսիք են առըցելվում IBVS, virtual-camera և robust monocular tracking մոտեցումներին:

Աշխատանքում նկատված վիճակներն են Արցախյան 3-ի և Ադրբայջանի 6-ի վերնագրերի անհամապատասխանությունները դրանց բովանդակությանը, էջ 28-ում Արցախյան 3-ը վերաբերում է կառավարման մեթոդների համեմատությանը, իսկ էջ 52-ում Ադրբայջանի 6-ը՝ օգտագործված տիպային համալսարաններին: Ցանկալի է դրանք շտկել աշխատանքի վերջնական տարբերակում:

Նշված նկատառումները կրում են խորհրդատվական բնույթ և չեն նվազեցնում աշխատանքի գիտական ու գործնական արժեքը:

Ամփոփելով կարելի է արձանագրել, որ Մելքոնյան Վահագն Գևորգի «Թիրախին հետևող ԱԹՍ ավտոպիլոտի մշակում համակարգչային տեսողության կիրառմամբ» թեմայով առեմաթատությունը արդիական ամառում և ինքնուրույն հետազոտություն է, որն ունի գիտական նորույթ և գործնական նշանակություն ԱԹՍ-ների տեսողական հետևման, բորտային կառավարման և իրական ժամանակի autonomous interception համակարգերի ոլորտում:

Վերը շարադրվածը հիմք է տալիս նկրակացնելու, որ Մելքոնյան Վահագն Գևորգի առեմաթատությունը համապատասխանում է Հայաստանի Հանրապետությունում գիտական աստիճանադրման կանոնակարգով սահմանված պահանջներին, իսկ հեղինակը աշխատի է Ե.13.04 - «Հաշվարկական մեթոդների, համալիրների, համակարգերի և ցանցերի մաթեմատիկական և ծրագրային շարահյուսում» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հիմնադր:

Երևանի պետական համալսարան

Մաթեմատիկական և և կիրառական հիմնարկի Գիտությունների ֆակուլտետ

Մեքենայական ուսուցման խմբի ղեկավար Հ. Խաչատրյան



Կապ ապրտծ եմ.
ԵՊԳ գիտական վարչապետ,
Բ. Գ. Բ., դպրոց
ՄԿԻԿ Վ. Գրիգորյան

Շ
15.05.26թ.