«6D074600 – Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін дайындалған Ибраев Айдос Саятұлының **«Инерциалдық-спутниктік навигациялық жүйелердің дәлдігін арттыру тәсілдері мен алгоритмдерін жасау»** тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ғылыми кеңесші, техника ғылымдарының докторы Д.Ш. Ахмедовтың

ПІКІРІ

А.С. Ибраевтың диссертациялық жұмысы жерсеріктің навигациялық қабылдағыштарды (ҒНСЖ – құрамында GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo) инерциалдық навигация жүйелерімен (ИНЖ) интеграциялауға арналған. Мұндай интеграция нәтижесінде әр ішкі жүйенің кемшіліктерінен арыла отырып артықшылықтарын біріктіретін кешенді гибридті навигация жүйесі құрылады. Сөйтіп, кешенді ИНЖ/СНЖ жүйелердің сигнал үзіліссіздігі (GPS сигналынсыз жұмыс істей алуы), нысанның бұрыштық ориентациясын есептеу мүмкіндігі, навигациялық мәлімет жинау жиілігінің жоғарылығы, салыстырмалы түрде арзан датчиктердің көмегімен жоғары дәлдікті қамтамасыз етуі сияқты т.б. артықшылықтарын атап көрсетуге болады.

Инерциалдық навигация жүйесі мен ҒНСЖ модульдерін біріктіре пайдалану қолданбалы навигацияның үзіліссіз ақпарат берілу талап етілетін бірқатар есептерін шешуге мүмкіндік береді. Мұндағы үзіліссіздік ұғымы ретінде жерсеріктердің навигациялық сигналдарының жоғалуымен (қалалық құрылыстар арасында, көпірлер астында және т.б.) қатар, ҒНСЖ екі өлшеуінің аралығында өтетін уақыт интервалын да түсіну қажет. ҒНСЖ шынайы уақыт режимінде қолданудың тағы бір проблемасы – жерсеріктер шоғыры құрамының өзгеруі, навигациялық сигналдың рефракциясы, тропосфералық кешігулер секілді әсерлерден туындайтын навигациялық сигналдардың секіріс тәрізді ауытқулары болып табылады. Жоғарыда айтылған факторларға тәуелді орналасуды анықтаудағы мұндай ауытқулар бірнеше ондаған метрге жетуі мүмкін. ИНЖ қолдану осындай секірістерді тиімді фильтрациялап, навигациялық мәліметті тегістеуге мүмкіндік береді. Ал, траекториялық өңдеу әдістерін пайдалану көліктің жоғары дәлдікті тегістелген траекториясын құрастыру мүмкіндігін туындатады.

Жұмыстың негізгі нәтижелері:

- инерциалдық датчиктердің дәлдігін арттыру алгоритмдері жасалды;
- инерциалдық навигация жүйесінің бағдарламалық-математикалық кешені жасалды;
- Көліктің орналасуын одометрияның көмегімен анықтау бағдарламалық-математикалық қамтамасыздандыруы жасалды;
- Гибридті ИНЖ/Одометрия, ИНЖ/ҒНСЖ/Одометрия жүйелерінің бағдарламалық-математикалық модельдері жасалды.

Зерттеу жұмысында көрсетілген нәтижелер шынайы өлшеулер негізінде әр түрлі тәжірибелік сынақтарды жүзеге асыру барысында алынды. ИНЖ одометрияның көмегімен интеграциялау инерциалдық датчиктердің

навигациялық ақпаратын ондаған есе арттыруға мүмкіндік берді. Мұндай жүйе автомобильді ҒНСЖ сигналдарына қолжетімсіз аралықтарда жеткілікті ұзақ уақыт бойы навигациялық ақпаратпен қамтамасыз ете алады. ИНЖ/ҒНСЖ/Одометрия модульдерін интеграциялау нәтижесінде ізденуші дәлдігі жағынан европалық аналогтарынан кем түспейтін отандық салыстырмалы түрде арзан, толықтай автономды жоғары дәлдікті гибридті навигация жүйесін құрастырды.

Зерттеліп отырған есеп белгілі, оған көптеген жарияланымдар арналған. Әлемдік ғалымдар ҒНСЖ және ИНЖ модульдерін интеграциялау проблемасымен соңғы 15 жылда белсенді түрде айналысуда. Дегенмен, ол жарияланымдарда қосымшаларды жүзеге асыру үшін аса маңызды математикалық модельдер мен интеграция алгоритмдерінің бөліктері көрсетілмей, тек қана интеграцияланған жүйелер жұмыс жасауының соңғы нәтижелері ғана сипатталады. Оның үстіне, бағдарламалық қамтамасыздандыру жазуға жарамды айқын алгоритмдік сызба сипатталған дереккөздер іс жүзінде жоқтың қасы. Бұған себеп – мұндай бағдарламалық кешеннің не коммерциялық құпия, немесе әзірлеушінің интелектуалдық меншігі болатындығы.

Автор жасаған модельдерді практика жүзінде қолдану әртүрлі жылжымалы нысандардың қозғалысын мониторингілеу, ҒНСЖ сигналдары жоқ кездегі жерүсті жылжымалы нысандарының навигациясы, стратегиялық, тактикалық және қанатты зымырандарды бағыттау және т.б. сияқты әскери және тұрмыстық навигацияның Қазақстан үшін өте маңызды есептерін шешуге мүмкіндік береді. Бұл жұмысты кейінгі кезде Google, Yandex, Tesla, сияқты басқа да ірі компаниялар белсенді жасап шығарып жатқан жүргізушісіз жүретін көліктер жасап шығарудағы Қазақстанның алғашқы қадамы деп қарастыруға болады.

Ізденуші алған теориялық және практикалық нәтижелер үлкен ғылыми және практикалық қызығушылық тудырып, автордың жеткілікті деңгейдегі ғылыми квалификациясы туралы қорытынды жасауға мүміндік береді. Ізденуші есептің міндетін дұрыс анықтай біледі, сандық және иммитациялық модельдеу әдістерін сәтті қолдануға қабілетті, сандық модельдеу нәтижелері анализінің негізінде қойылған міндетті шешу үшін алынған нәтижелердің техникалық қолдану жолдарын анықтай алады, Есепті шешуді тәжірибелік нұсқаға дейін жеткізе біледі.

Жоғарыда аталған себептерге сүйене отырып, «Инерциалдық-спутниктік навигациялық жүйелердің дәлдігін арттыру тәсілдері мен алгоритмдерін жасау» тақырыбындағы диссертациялық жұмыс докторлық диссертацияларға қойылатын барлық талаптарды қанағаттандырады, ал оның авторы А.С. Ибраев философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

Ғылыми жетекші,
Техника ғылымдарының докторы Д.Ш. Ахмедов

Кадрлар бөлімі

Подпись директора заверяю.
Менеджер по персоналу
Тлебекова Б.С