«6D074600 – Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы бойынша Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған іздenушi Ибраев Айдос Саятулының «Инерциалдық-спутниктік навигациялық жүйелердің дәлдігін арттыру тәсілдері мен алгоритмдерін жасау» тақырыбында жазылған диссертациясына ресми пікір берушінің

СЫН-ПІКІРІ

1. Зерттеу тақырыбының өзектілігі және жалпы ғылыми, жалпы мемлекеттік бағдарламалармен (практикалық және ғылым мен техника дамуының сұраныстарымен) байланысы

Жерсеріктік радионавигациялық жүйелер адамзат өмірінің көптеген салаларында қолданылады. Мұндай жүйелер СНЖ тұтынушысының координаттары, жылдамдығы және жүйелік шкаламен салыстырғандағы уақыттан тұратын күй векторын жоғары дәлдікпен бағалауға мүмкіндік береді. Бұларға қоса, кейбір тұтынушылар қолданушының ориентация параметрлері сияқты қосымша ақпараттан тұратын кеңейтілеген күй векторына мұқтаж. Оның үстіне, ҒНСЖ қабылдағыштың навигация-уақыттық анықтаулар (НУА) қарқыны 1-10 Гц аспайды және шапшаң қозғалатын нысандар үшін көбінесе жеткіліксіз болады. Тұтынушы қозғалысының динамикасы жоғары болғанда, НУА дәлдігі мен ҒНСЖ қабылдағыштың кедергіге төтепбергіштігі төмендей береді.

Мұндай кемшіліктерді компенациялау үшін әлемдік практикада көбінесе тұтынушының СНЖ навигациялық құрылғысын (ТНҚ) инерциалдық навигация жүйелерімен (ИНЖ) біріктіру әдістері қолданылады. Осындай бір біріне мүлдем ұқсамайтын навигациялық жүйелерге тән қателіктерінің сипаттары түбегейлі әртүрлі болатындығына байланысты ИНЖ және СНЖ бір-бірін өзара толықтырып тұратын жүйелер болып табылады. Интеграция нәтижесінде екі жүйенің де артықшылықтары біріктіріліп, НУА қабылдаудың қарқындылығы мен дәлдігі артады, кедергіге төтепбергіштігі жоғарылайды, навигациялық ақпараттың шынайылығы мен үзіліссіздігі нығая береді. Гибридті ИНЖ/СНЖ кейде инерциалдық-спутниктік навигациялық жүйелер (ИСНЖ) деп те аталады.

Инерциалдық және жерсеріктік навигация жүйелерін гибридизациялауда оптималды комплексті фильтрация есебін шешу арқылы максималды ұтымдылыққа қол жеткізуге болады. Диссертациялық жұмыста жүзеге асырылған Калман фильтрациясын пайдаланып әлсіз байланысқан интеграция әдісі – жүзеге асыруға жұмсалатын еңбек пен дәлдіктің жоғарылығы жағынан ең тиімді әдіс болып табылады.

Жоғарыда аталған себептерге байланысты, инерциалдық және жерсеріктік навигация жүйелерін интеграциялау әдістері мен оның дәлдігін арттыру тәсілдерін зерттеп, жетілдіру – өзекті ғылыми-техникалық мәселе.

2. Диссертацияға қойылатын талап деңгейіндегі ғылыми нәтижелері.

Жұмыстың ғылыми нәтижелері ретінде зерттеу барысында жасалған келесі әдістер, алгоритмдер мен модельдерді атап көрсетуге болады:

- Инерциалдық навигация қателіктерінің моделі, олардан құтылу алгоритмдері;
- Үш өстік акселерометр және гироскоптан тұратын инерциалдық модульдің көмегімен нысанның кеңістіктегі орны, жылдамдығы және ориентация бұрыштарын анықтау алгоритмдері;
- Одометрдің көмегімен көлік локализациясын анықтау моделі;
- Әлсіз байланысқан интеграция әдісі бойынша ИНЖ/Одометрия және ИНЖ/СНЖ/Одометрия гибридті жүйелерінің математикалық-бағдарламалық кешені.

3. Ізденуші диссертациясында тұжырымдалған әрбір нәтиженің, тұжырымдары мен қорытындыларының негізделуі және шынайылық дәрежесі.

Ғылыми нәтижелердің шынайылығы мен тиімділігі нақтылы интелектуалды көліктердің қатысуымен өткізілген эксперименталдық сынақтан өткізу арқылы дәлелденген. Зерттеу нәтижелері, жалпылай алғанда, басқа шетелдік зерттеушілердің нәтижелерімен үйлеседі. Аталған тәжірибелер жүзінде, ізденуші жасаған алгоритмдердің көмегімен есептелген көлік навигациясының дәлдігі европалық аналогтарынан кем түспейтіні анықталды.

4. Ізденушінің диссертациясында тұжырымдалған әрбір ғылыми нәтиже (қағида) мен қорытындының жаңашылдық деңгейі.

Сын-пікір беріліп отырған жұмыста сипатталған әдістер бұрыннан белгілі болғанымен, оларды практика жүзінде жүзеге асыруға қажетті кейбір математикалық модельдер мен нақты алгоритмдік сызбалар жобалаушының интелектуалдық меншігі ретінде қорғалып, коммерциялық құпия күйінде сақталады да, ашық баспаларда жарияланбайды. Оның үстіне, бұл тақырып Қазақстан территориясында бұған дейін зерттеу жүргізілмеген тың бастама болып табылады. Ұсынылған диссертациялық жұмыс оқырманға кешенді навигациялық жүйелер жасау процессінің кейбір құпиялары туралы құнды ақпарат береді.

5. Алынған нәтижелердің практикалық және теориялық маңыздылығы.

Теориялық тұрғыдан қарағанда, бұл еңбекті нақтылы датчиктерді қолданып инерциалдық-жерсеріктік гибридті навигация жүйелерін жасаудағы әр кезеңі егжей-тегжейлі сипатталған толық әдістемелік нұсқаулық ретінде қарастыруға болады.

Инерциалдық-жерсеріктік навигация жүйелері азаматтық және әскери навигацияның көптеген салаларында қолданылады. Инерциалдық навигация

ақпаратының дәлдігін одометрияның көмегімен жақсарту жерүстілік көлік навигациясында пайдаланылады. Жұмыста сипатталған кешенді навигациялық жүйелер, компьютерлік көру жүйесімен қатар, жүргізушісіз жүретін көліктер жасаудың негізін құрайды.

6. Диссертацияның негізгі қағидасының, нәтижесінің, тұжырымдары мен қорытындыларының жариялануының жеткіліктігіне растама.

Диссертацияның негізгі нәтижелері мен қорытындылары дереккөздер тізімінде сілтеме жасалған 7 ғылыми жұмыста: 1 мақала Scopus базасында индекстелетін журналда, 3 жұмыс Қазақстанда және шетелде өткен халқаралық ғылыми конференция материалдарында, 3 жарияланым ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған басылымдарда жарық көрген. Сонымен қатар, ізденушінің диссертация тақырыбы бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған басылымдар тізіміне кірмейтін 7 мақаласы бар.

7. Диссертация мазмұнындағы және рәсімдеуіндегі кемшіліктер мен ұсыныстар.

1. Диссертацияда баяндалған барлық алгоритмдер мен модельдер еуропалық тегіс көшелер жағдайында сынақтан өткізілген. Қазақстандық ойшұңқыры көп, тегіс емес жолдар инерциалдық навигация мен одометрияның дәлдігіне кері әсерін тигізетіні сөзсіз.

2. Ориентация бұрыштарының дәлдігін арттыру үшін, қосымша магнетометрден алынған мәліметпен интеграциялауды ұсынамын.

Аталған ескертулер мен ұсыныстар диссертацияның құндылығын төмендетпейді.

8. Диссертация мазмұнының Ғылыми дәреже беру ережелерінің талаптарына сәйкестігі.

Диссертацияның ғылыми-практикалық нәтижелері «Ғылыми дәрежелер беру» ережелерінің талаптарын толықтай қанағаттандырады, ал авторы 6D074600 – «Ғарыштық техника және технологиялары» мамандығы бойынша PhD дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

Ресми рецензент:
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география және табиғатты пайдалану факультеті картография және геоинформатика кафедрасының профессор м.а. т.ғ.д., **Бекмурзаев Б.Ж.**

РАСТАЙМЫН
әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Ғылыми кадрларды даярлау және аттестаттау басқармасының бастығы
ЗАВЕРЯЮ
Начальник управления подготовки и аттестации научных кадров КазНУ им. аль-Фараби
Р.Е. Кудайбергенова
«_____» _____ 20____ж./г.