ROBOTOTEXNIK TIZIMLARDAGI AXBOROT QURILMALARINI KOMPYUTER YORDAMIDA LOYIHALASHNING ZAMONAVIY USULLARI

Xolboyeva Nodira Xabibdjon qizi
Buxoro davlat texnika universiteti, Buxoro, O‘zbekiston
xalbaevanodirabegim@gmail.com

Annotatsiya. *Axborot qurilmalari robotning fizik muhiti bilan uning boshqaruv tizimi o‘rtasidagi aloqani ta’minlaydi. Shu sababli ularni loyihalashda sezish va o‘lchash ko‘rsatkichlari, signallarga ishlov berish, mexanik integratsiya hamda ma’lumotlarni yetkazib berish vaqti hisobga olinishi kerak. Ushbu maqolada o‘zaro muvofiqlashtirilgan modellar, qayta foydalaniladigan komponentlar, simulyatsiya va tizimli hujjatlashtirish orqali kompyuter yordamida loyihalash mazkur vazifalarni bajarishga qanday yordam berishi ko‘rib chiqiladi. Qo‘lda loyihalash, kompyuter yordamida loyihalash va to‘liq avtomatik loyihalash o‘rtasidagi farqlar ochib berilib, loyihalash tizimi uchun zarur tashkiliy va texnik resurslar tushuntiriladi. Texnik topshiriqni amalda yaratilgan va sinovdan o‘tkazilgan qurilmaga aylantirish uchun bosqichli ish jarayoni taklif etiladi. Geometrik modellarni simulyatsiya muhitlariga o‘tkazish, sintez va tahlil o‘rtasidagi bog‘liqlik hamda sensor va boshqaruv interfeyslarini tekshirishga alohida e’tibor qaratiladi. Maqola konseptual muhandislik sharhi bo‘lib, unda tajribaviy o‘lchovlar yoki samaradorlik oshishining miqdoriy natijalari keltirilmaydi. Asosiy fikr shundan iboratki, ishlab chiqish davomida talablar, modellar va sinov dalillari o‘zaro muvofiq bo‘lganda loyihalashni avtomatlashtirish eng katta foyda beradi. Simulyatsiya muhandislik qarorlarini qabul qilishga yordam berishi mumkin, biroq uning xulosalari modeldagi farazlarga bog‘liq bo‘lib, qurilmani foydalanishga topshirishdan oldin uning real ishlashi bilan solishtirib tekshirilishi kerak.*

Kalit so‘zlar: *kompyuter yordamida loyihalash; robototexnik tizimlar; axborot qurilmalari; sensorlar integratsiyasi; modelga asoslangan loyihalash; simulyatsiya; loyihani verifikatsiya qilish.*

Kirish

Robototexnik tizim o‘z holati va faoliyat yuritayotgan muhiti haqida ishonchli axborotga muhtoj. Sensorlar, signallarni moslashtirish sxemalari, ma’lumotlarni yig‘ish modullari va ishlov berish bloklari ushbu axborotni boshqaruv qurilmasiga yetkazib beradi. Mazkur maqolada axborot qurilmalari atamasi ushbu komponentlar va ular bilan bog‘liq interfeyslarni anglatadi. Ularning vazifasi faqat o‘lchov

ma’lumotlarini yig‘ish bilan cheklanmaydi: ular vazifa talab qiladigan vaqt va aniqlik chegaralarida talqin qilish mumkin bo‘lgan ma’lumotlarni yetkazib berishi kerak.

Bunday qurilmalarni loyihalash bir-biri bilan bog‘liq bir nechta muhandislik qarorlarini qabul qilishni talab etadi. Sensor aniqlik talabiga javob berishi, biroq unga ajratilgan joy yoki quvvat chegarasidan oshib ketishi mumkin. Aloqa interfeysi barcha zarur o‘zgaruvchilarni uzatishi, ammo boshqaruvga ta’sir qiladigan kechikishlarni keltirib chiqarishi mumkin. Mexanik joylashtirish ham o‘lchash sifatini o‘zgartirishi mumkin. Ushbu bog‘liqliklar sensorlar quyi tizimini robotning mexanik va boshqaruv arxitekturasidan mustaqil ravishda ishlab chiqishni qiyinlashtiradi.

Texnik adabiyotlarda mexatronik modullar, robototexnik ilovalar va sanoat avtomatikasidagi axborot qurilmalari yoritilgan [1–3]. Ushbu doiraga tayangan holda, maqolada kompyuter yordamida loyihalash muvofiqlashtirilgan muhandislik jarayoni sifatida ko‘rib chiqiladi. Maqsad — loyihalash tizimi talablar, modellar, dasturiy ta’minot va hujjatlarni qanday tashkil etishi kerakligini, shuningdek, zamonaviy simulyatsiya usullarining natijalarini real ishlashning isboti deb qabul qilmagan holda ulardan qanday foydalanish mumkinligini tushuntirishdir.

Tadqiqot doirasi va tahliliy yondashuv

Muhokama muhandislik faoliyatining konseptual tahlili va texnik hujjatlarni maqsadli o‘rganishga asoslanadi. Asosiy ish jarayoni talablarni belgilash, modellarni ishlab chiqish, loyiha sintezi, tahlil, amaliy amalga oshirish va sinov bosqichlari atrofida tashkil etilgan. Dasturiy ta’minot hujjatlarida modellar almashinuvi va simulyatsiya imkoniyatlariga misollar keltiriladi [4, 5]. Raqamli egizaklar bo‘yicha tadqiqotlar va sanoat robotlari xavfsizligi standartlarining e’lon qilingan qo‘llanish doirasi qo‘shimcha kontekst beradi [6–8]. Ushbu ish adabiyotlarning tizimli sharhi yoki loyihalash platformalarining tajribaviy taqqoslanishi hisoblanmaydi.

Taklif etilgan ish jarayoni uning kirish va chiqish ma’lumotlari o‘rtasidagi muvofiqlik asosida baholanadi. Har bir bosqichda muhandislik qarori muayyan talab va tegishli dalil turi bilan bog‘langan bo‘lishi kerak. Geometriyani tekshirish komponentning yig‘ma konstruksiyaga sig‘ishini aniqlashi mumkin, biroq komponent o‘lchash aniqligi talabiga javob berishini tasdiqlay olmaydi. Xuddi shuningdek, dasturiy ta’minotning muvaffaqiyatli bajarilishi sensor interfeysi mo‘ljallangan apparat vositasida to‘g‘ri ishlashini o‘z-o‘zidan tasdiqlamaydi.

Loyihalash usullari va muhandisning roli

Loyihalash mo‘ljallangan vazifa, foydalanish sharoitlari va qabul qilish mezonlarini belgilaydigan texnik topshiriqdan boshlanadi. Robototexnik axborot

qurilmasi uchun ushbu topshiriqda o‘lchanadigan kattaliklar, zarur o‘lchash diapazonlari, yo‘l qo‘yiladigan noaniqlik, diskretlash talablari, interfeys xususiyatlari va tegishli muhit cheklovlari ko‘rsatilishi kerak. Noaniq talablar modeldagi farazlarga aylanishidan oldin aniqlashtirilishi lozim.

Hisoblash vositalari va inson mulohazasining roliga ko‘ra loyihalashning uch turini ajratish mumkin. Qo‘lda loyihalashda muhandislar integratsiyalashgan hisoblashga asoslangan loyihalash muhitidan foydalanmasdan yechimlarni ishlab chiqadi va tekshiradi. Kompyuter yordamida loyihalashda dasturiy ta’minot modellashtirish, hisoblash, chizmalar tayyorlash va hujjatlashtirishni qo‘llab-quvvatlaydi, muhandislar esa farazlarni tanlaydi va natijalarni baholaydi. To‘liq avtomatik loyihalashda belgilangan o‘zgartirishlar yoki qidiruvlar ketma-ketligi shu ketma-ketlik davomida inson aralashuvisiz bajariladi. Ushbu farqlashning chegaralari 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval. Loyihalash usullari va mas’uliyat

Loyihalash usuli	Hisoblash vositalarining roli	Muhandisning mas’uliyati
Qo‘lda loyihalash	Integratsiyalashgan hisoblashga asoslangan loyihalash jarayoni mavjud emas	Yechimni ishlab chiqish va tekshiruvlarni bevosita bajarish
Kompyuter yordamida loyihalash	Dasturiy ta’minot modellashtirish, tahlil va hujjatlashtirishga yordam beradi	Farazlarni belgilash, yechimlarni tanlash va natijalarni baholash
To‘liq avtomatik loyihalash	Oldindan belgilangan jarayon yechimlarni yaratadi yoki o‘zgartiradi	Muammoni belgilash va yaratilgan yechimni baholash

Avtomatlashtirish muhandislik muammosini belgilash zaruratini yo‘qotmaydi. Yaratilgan joylashuv yoki optimallashtirilgan parametrlar to‘plami uni hosil qilishda qo‘llanilgan cheklovlar, ma’lumotlar va modellarga bog‘liq bo‘lib qoladi. Muhandislar ushbu shartlar mo‘ljallangan qo‘llanish holatini aks ettirishini va hisobga olinmagan ta’sirlar taklif etilgan yechimni yaroqsiz qilishi mumkinligini aniqlashi kerak.

Kompyuter yordamida loyihalash tizimining arxitekturasi

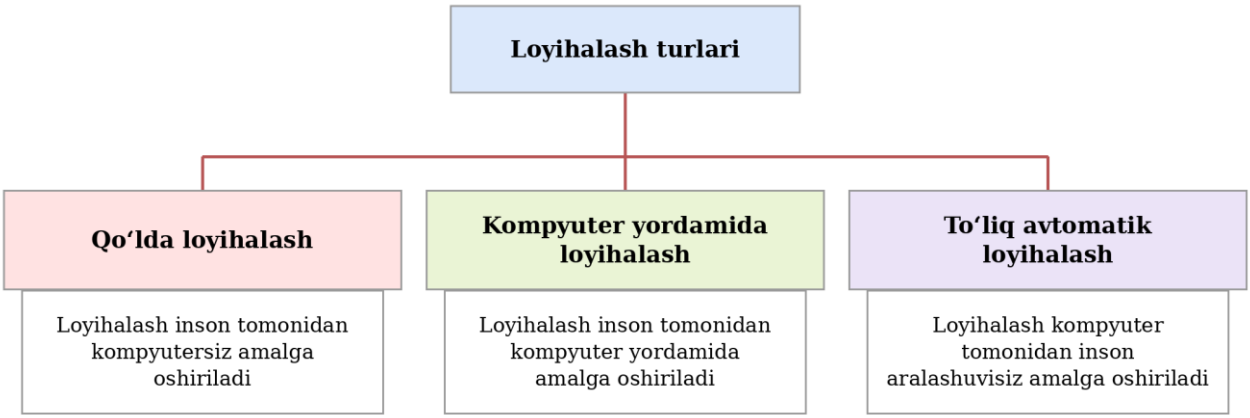
Kompyuter yordamida loyihalash tizimi muhandislik usullarini hisoblash resurslari bilan birlashtiradigan tashkiliy va texnik muhitdir. Uning funksiyalari komponentlarni tanlash, geometrik modellashtirish, matematik tahlil, sxemalarni ishlab chiqish, konfiguratsiyani boshqarish va ishlab chiqarish hujjatlarini tayyorlashni o‘z ichiga olishi mumkin. Loyihaning bir qismidagi o‘zgarishlar

boshqa qismlarda ham aks etishi uchun ushbu funksiyalar o‘zaro muvofiq ma’lumotlar almashishi kerak.

Tizimni muhandislik quyi tizimlari va yordamchi xizmatlarga ajratish mumkin. Muhandislik quyi tizimlari sensorlar joylashuvini ishlab chiqish yoki signallarga ishlov berish zanjirini tahlil qilish kabi muayyan vazifalarni bajaradi. Yordamchi xizmatlar umumiy kutubxonalar, loyiha ma’lumotlari, kirish huquqlari va hujjat versiyalarini yuritadi. Ushbu farqlash chizma tayyorlash dasturi yoki simulyatsiya paketini to‘liq loyihalash tizimi deb noto‘g‘ri qabul qilishning oldini olishga yordam beradi.

Arxitekturani tavsiflash uchun ta’minotning yetti turini ajratish foydalidir. Tashkiliy ta’minot mas’uliyatlar, ko‘rib chiqish tartiblari va tasdiqlash vakolatlarini belgilaydi. Uslubiy ta’minot muhandislik vazifalari qanday bajarilishi va tekshirilishini aniqlaydi. Matematik ta’minot modellar, sonli usullar va optimallashtirish algoritmlarini taqdim etadi. Axborot ta’minoti komponentlar haqidagi ma’lumotlar, kalibrlash qaydlari va loyihalash tarixini ta’minlaydi. Dasturiy ta’minot zarur funksiyalarni amalga oshiradi. Texnik ta’minot hisoblash resurslari, interfeyslar va sinov uskunalaridan iborat. Lingvistik ta’minot loyihani tavsiflashda qo‘llanadigan tillar, belgilashlar va ma’lumotlar ta’riflarini belgilaydi.

Ushbu ta’minot turlari o‘zaro bog‘liq. Komponentlar kutubxonasidagi qaydlarda o‘lchov birliklari yoki foydalanish sharoitlari ko‘rsatilmagan bo‘lsa, uning qiymati cheklangan bo‘ladi. Turli jamoalar o‘zaro mos kelmaydigan koordinata tizimlaridan foydalansa, tahlil algoritmi mazmunli taqqoslashni ta’minlay olmaydi. Shuning uchun loyihalash tizimi o‘lchov birliklari, parametr ta’riflari va model versiyalarini har kimning individual talqiniga qoldirmasdan, aniq ko‘rsatishi kerak.



Axborot qurilmasini loyihalashning bosqichli ish jarayoni

Ishlab chiqish jarayonini o‘zaro qayta aloqa mavjud bo‘lgan uch bosqichda tashkil etish mumkin. Birinchi bosqichda qurilmaning konseptual tavsifi va robotdagi o‘rni belgilanadi. Unda o‘lchash vazifasi, ko‘zda tutilgan ma’lumotlar

yo‘li, ishlash muhiti va boshqa quyi tizimlar bilan o‘zaro ta’sirlar aniqlanadi. Bu darajada funksional sxemalar va interfeys tavsiflari tegishli natijalar hisoblanadi.

Ikkinchi bosqichda konsepsiya parametrlashtirilgan modellarga aylantiriladi. Muhandislar nomzod sensorlar va ishlov berish tuzilmalarini tanlaydi, signal va aloqa xususiyatlarini belgilaydi hamda tahlilda foydalanish mumkin bo‘lgan modellarni tuzadi. Zarur model o‘rganilayotgan savolga bog‘liq. Geometrik model joylashtirish va qismlarning o‘zaro to‘qnashuvini tekshirishga yordam beradi, dinamik model esa vaqtga bog‘liq xatti-harakatni o‘rganishga xizmat qiladi. Sxema xususiyatlari signal sifatini belgilaydigan hollarda elektr modeli talab etiladi.

Uchinchi bosqichda qurilmaning amaliy yechimi va uni qabul qilish uchun zarur dalillar ishlab chiqiladi. Uning natijalari ishlab chiqarish chizmalari, elektr va ulanish sxemalari, dasturiy konfiguratsiyalar, kalibrlash yo‘riqnomalari va sinov tartiblarini o‘z ichiga oladi. Prototip sinovlarining natijalari hisobga olinmagan farazlar yoki o‘zaro mos kelmaydigan talablarni aniqlab, oldingi bosqichlarga qaytishni talab qilishi mumkin. 2-jadvalda har bir bosqichning asosiy natijalari va tekshiruvlari ko‘rsatilgan.

2-jadval. Loyihalash bosqichlari va verifikatsiya dalillari

Bosqich	Asosiy natijalar	Zarur tekshiruvlar
Konsepsiyani belgilash	Funksional tavsif, o‘lchash talablari va interfeys chegaralari	Talablar tushunarli va robot vazifasiga muvofiq
Modelni ishlab chiqish	Parametrlashtirilgan geometriya, signal modellari va nomzod komponentlar	O‘lchov birliklari, farazlar, interfeyslar va modellashtirilgan xatti-harakat mos
Amaliy amalga oshirish va sinov	Chizmalar, dasturiy konfiguratsiya, kalibrlash yo‘riqnomalari va sinov qaydlari	Yaratilgan qurilma belgilangan sharoitlarda qabul qilish mezonlariga javob beradi

Sintez va tahlil butun ish jarayoni davomida amalga oshiriladi. Sintez nomzod arxitektura yoki parametrlar to‘plamini yaratadi; tahlil esa uning texnik topshiriqqa javob berishini tekshiradi. Qoniqarsiz tahlil natijasi talablarning izohsiz o‘zgartirilishiga emas, hujjatlashtirilgan qayta ko‘rib chiqishga olib kelishi kerak. Talabning o‘zini o‘zgartirish zarur bo‘lsa, buning sababi va oqibatlari alohida ko‘rib chiqilishi lozim.



Zamonaviy hisoblash usullari

Parametrik modellashtirish va komponentlardan qayta foydalanish

Parametrik modellashtirish o‘lchamlar va loyiha xususiyatlarini o‘zaro bog‘liq o‘zgaruvchilar shaklida ifodalaydi. U muhandislarga har bir loyihani alohida tuzmasdan sensorlarning muqobil joylashuvi, mahkamlash usullari va korpus o‘lchamlarini o‘rganish imkonini beradi. Qayta foydalaniladigan komponentlar ham, ularning interfeys ta’riflari va ishlash chegaralari yangi qo‘llanish uchun yaroqli bo‘lib qolgan taqdirda, chizma va hisoblash ishlarining takrorlanishini kamaytirishi mumkin.

Qayta foydalanish avvalgi modelni nusxalash bilangina cheklanmaydi. Loyihachi komponentning tahriri, o‘lchash diapazoni, quvvat talablari, aloqa protokoli va kalibrlashga oid farazlarini tekshirishi kerak. Bir robotda ishlagan komponent boshqa muhitga o‘rnatilganda yoki boshqa yuklanish sharoitida ishlatilganda boshqacha tahlilni talab qilishi mumkin.

Modellar almashinuvi va ko‘p sohalarni qamrab oluvchi simulyatsiya

Modellar almashinuvi geometrik loyihalashni muhandislik tahlili bilan bog‘laydi. MathWorks hujjatlarida CAD yig‘ma modellarini, Unified Robot Description Format formatidagi modellarni va Robotics System Toolbox modellarini Simscape Multibody muhitiga import qilish bayon etilgan. Import qilingan tavsif qo‘llab-quvvatlanadigan kirish formatiga muvofiq jismlar, bo‘g‘inlar va cheklovlar yordamida qayta tuziladi [4]. Bu mavjud yig‘ma konstruksiya tavsifidan simulyatsiya modeli uchun asos sifatida foydalanish mumkinligiga misoldir.

Importdan keyin muhandislar o‘lchov birliklari, koordinata tizimlari, bo‘g‘in ta’riflari va tahlil uchun zarur xususiyatlarni tekshirishi kerak. To‘g‘ri ko‘rinayotgan modelda ham nomaqbul massa xususiyatlari bo‘lishi yoki ayrim fizik ta’sirlar hisobga olinmagan bo‘lishi mumkin. Sensor shovqini, signal kechikishi, ishqalanish va ijro mexanizmining xatti-harakati o‘rganilayotgan masalaga sezilarli ta’sir qilsa, modelda aks ettirilishi kerak. Model murakkabligi qabul qilinadigan qarorga mos bo‘lishi lozim: qo‘shimcha tafsilot faqat tahlilning ishonchliligi yoki tegishliligini oshirgandagina foydalidir.

Modelga asoslangan ishlab chiqish va apparat sinovlari

Modelga asoslangan ishlab chiqish quyi tizimning mo‘ljallangan xatti-harakatini bajariladigan modellar va sinov holatlari bilan bog‘laydi. Masalan, loyihachi tanlangan diskretlash oralig‘i yoki filtrlash strategiyasi boshqaruv qurilmasiga yetib boradigan ma’lumotlarga qanday ta’sir qilishini o‘rganishi mumkin. MathWorks robototexnikani ishlab chiqish imkoniyatlarini bayon etadi; ular sensorlarni modellashtirish, boshqaruvni loyihalash va simulyatsiyadan apparat vositalari ishtirokidagi yopiq kontur sinovlariga o‘tuvchi verifikatsiyani o‘z ichiga oladi [5]. Ushbu imkoniyatlar har bir loyiha uchun kafolatlangan natijalarni emas, ishlab chiqishning mumkin bo‘lgan bosqichlarini ko‘rsatadi.

Dasturiy ta’minot ishtirokidagi yopiq kontur sinovi (software-in-the-loop) bajariladigan dasturiy ta’minotni simulyatsiya muhitida baholaydi. Apparat vositalari ishtirokidagi yopiq kontur sinovi (hardware-in-the-loop) tanlangan fizik apparat vositalarini tizimning boshqa elementlari simulyatsiyasiga ulaydi. Ikkinchi yondashuv ideallashtirilgan modelda kuzatilmaydigan interfeys va bajarilish vaqti muammolarini aniqlashi mumkin. Har ikki yondashuv mos sinov ssenariylarini va tizimning qaysi qismlari fizik tarzda mavjudligi, qaysilari esa simulyatsiya qilinishining aniq bayonini talab etadi.

Raqamli egizaklar va foydalanish jarayonidagi qayta aloqa

Raqamli egizak virtual tasvirni fizik tizim haqidagi axborot bilan bog‘lash orqali modellashtirishni ishga tushirish va foydalanish bosqichlariga kengaytirishi mumkin. Malik, Shao va Tarakhovsky ishlab chiqarishdagi robot tizimining raqamli egizagida qaysi komponentlar aks ettirilishi kerakligini o‘rganadi va undan qurilmaning butun hayot sikli davomida foydalanishni muhokama qiladi [6]. Ularning ishi robotni faqat alohida geometriya sifatida modellashtirishdan ko‘ra, integratsiyalashgan tizim sifatida ko‘rib chiqishni qo‘llab-quvvatlaydi.

Axborot qurilmasi uchun foydalanish jarayonidagi qayta aloqadan sensorning modellashtirilgan xatti-harakatini o‘lchangan xatti-harakat bilan taqqoslash yoki almashtirish va qayta kalibrlashdan keyingi o‘zgarishlarni o‘rganish uchun foydalanish mumkin. Bunday foydalanish parametrlarni yangilash va ma’lumotlar

sifatini tekshirishning aniq tartibini talab etadi. Statik uch o‘lchamli model ayni robotni tasvirlagani uchungina undan foydalanish jarayonidagi raqamli egizak sifatida qaralmasligi kerak.

Sensorlar integratsiyasi va funksional hujjatlashtirish

Sensorlar quyi tizimi to‘liq o‘lchash zanjiri sifatida loyihalanishi kerak. Uning elementlari o‘lchanadigan fizik kattalik, sezgir element, signalni moslashtirish, ma’lumotlarni yig‘ish, ishlov berish va boshqaruv qurilmasiga yetkazib berishni o‘z ichiga oladi. Har bir interfeys o‘lchov birliklari, diapazonlar, vaqt parametrlari va ma’lumotlarning yaroqliligi haqidagi farazlarni kiritadi. Ushbu farazlarni qayd etish quyi tizim boshqaruv uchun zarur axborotni ta’minlay olishini tekshirish imkonini beradi.

Avtomatlashtirishning funksional sxemasi har bir komponentning vazifasini va axborot komponentlar o‘rtasida qanday harakatlanishini ko‘rsatadi. Ulanish sxemasi amaliy amalga oshirish uchun zarur fizik yoki elektr ulanishlarni qayd etadi. Boshqaruv algoritmi o‘lchangan axborotdan harakatni tanlashda qanday foydalanilishini tavsiflaydi. Ushbu hujjatlar turli maqsadlarga xizmat qiladi va loyiha o‘zgargan sari o‘zaro muvofiq bo‘lib qolishi kerak.

Foydali hujjatlar o‘lchov ma’lumotlari mavjud bo‘lmay qolganda yoki yaroqsiz holga kelganda tizimning xatti-harakatini ham belgilaydi. Qo‘llanish holatiga qarab, muhandislar sensorning uzilishi, qiymatning diapazondan chiqishi, aloqa xabarining yo‘qolishi yoki kalibrlash tekshiruvining muvaffaqiyatsiz yakunlanishini hisobga olishi kerak bo‘lishi mumkin. Qabul sinovlari odatiy ishlash bilan bir qatorda ushbu holatlardagi xatti-harakatni ham tekshirishi lozim. Boshqaruv qurilmasi nosozlik ta’sir qilgan o‘lchovdan yaroqli kirish ma’lumoti sifatida foydalanishda davom etsa, nosozlikni aniqlashning o‘zi yetarli emas.

Verifikatsiya va xavfsizlik masalalari

Loyihani verifikatsiya qilish amaliy yechim belgilangan talablarga javob berishini tekshiradi. Validatsiya esa ushbu talablar va hosil bo‘lgan tizim mo‘ljallangan foydalanish uchun mosligini tekshiradi. O‘lchash qurilmasi belgilangan diskretlash chastotasiga javob berishi, biroq robotning haqiqiy vazifasi uchun yetarli axborot bermasligi mumkin. Ushbu farq simulyatsiya ssenariylari va fizik sinovlarni tanlashga yo‘nalish berishi kerak.



Robotlar mos sharoitlarda takrorlanuvchi vazifalarni barqaror xatti-harakat bilan bajarishi mumkin, biroq avtomatlashtirish ularning aniqligini kafolatlamaydi. Noto‘g‘ri dasturlash, kalibrlash xatolari, sensor nosozliklari, mexanik deformatsiyalanish xususiyati va nomaqbul ishlash sharoitlari natijaga ta’sir qilishi mumkin. Shuning uchun loyiha haqidagi da’voda u baholangan sharoitlar va uni qo‘llab-quvvatlovchi dalillar ko‘rsatilishi kerak.

Sanoat robotlari xavfsizligi robot darajasida ham, uning qo‘llanishi darajasida ham ko‘rib chiqilishi kerak. ISO 10218-1:2025 sanoat robotlariga, ISO 10218-2:2025 esa sanoat robotlari qo‘llanishlari va robotlashtirilgan yacheykalarga taalluqlidir [7, 8]. Ushbu manbalar sanoatda foydalanishga tegishli bo‘lib, ularni tibbiy, maishiy yoki boshqa robot toifalarini ham qamrab oladi deb hisoblash kerak emas. Tegishli talablar haqiqiy tizim va foydalanish holati uchun tanlanishi lozim.

Simulyatsiya ehtimoliy muammolarni aniqlashga yordam beradi, ammo talablarga muvofiqlik yoki xavfsiz ishlashni o‘z-o‘zidan tasdiqlamaydi. Qabul qilish real o‘lchovlar, interfeyslar yoki xatti-harakatga bog‘liq bo‘lgan hollarda fizik sinovlar zarur bo‘lib qoladi. Yakuniy loyiha hujjatlarida har bir talab uni baholashda foydalanilgan model, ko‘rik, hisoblash yoki sinov bilan bog‘langan bo‘lishi kerak.

Muhokama

Taklif etilgan ish jarayonida muvofiqlik loyihalashni avtomatlashtirishning markaziga qo‘yiladi. Parametrik modellar muqobil variantlarni o‘rganishga, umumiy komponent ma’lumotlari qayta foydalanishga, simulyatsiya esa amaliy amalga oshirishdan oldingi tahlilga yordam beradi. Ularning amaliy qiymati ular o‘rtasida uzatiladigan axborot ayni bir loyihani tavsiflashiga bog‘liq. Sensor haqidagi eskirgan qayd yoki qayd etilmagan parametr o‘zgarishi texnik jihatdan murakkab tahlilning ishonchliligini susaytirishi mumkin.

Avtomatlashtirish takrorlanadigan muhandislik ishlarini kamaytirishi mumkin, biroq ushbu maqolada ishlab chiqish vaqti, xarajatlar yoki fizik sinovlarning qisqarishi miqdoriy baholanmagan. Bunday natijalarni aniqlash uchun belgilangan boshlang‘ich taqqoslash holati va nazorat qilinadigan taqqoslash yoki

hujjatlashtirilgan loyiha dalillari talab etiladi. Shu sababli hech bir dasturiy platforma barcha holatlar uchun afzal deb taqdim etilmaydi. Platformani tanlash talab etiladigan modellashtirish funksiyalari, almashinuv formatlari, apparat interfeyslari va muhandislar jamoasining malakasiga asoslanishi kerak.

Ish jarayonini amaliy baholashda boshqa jihatlari bo‘yicha taqqoslanadigan loyihalar oldindan belgilangan ko‘rsatkichlar, jumladan, ko‘rib chiqishga sarflangan mehnat, integratsiya nuqsonlari hamda simulyatsiya qilingan va o‘lchangan xatti-harakat o‘rtasidagi moslik asosida taqqoslanadi. Bunday baholash taklif etilgan afzalliklarni oldindan qabul qilish o‘rniga sinovdan o‘tkazadi. Mazkur maqola ushbu ish uchun muhandislik tuzilmasini taqdim etadi va uning natijalarini talqin qilish imkonini beradigan zarur qaydlarni aniqlaydi.

Xulosa

Robototexnik axborot qurilmalarini kompyuter yordamida loyihalash talablar, sensor modellari, mexanik integratsiya, dasturiy ta’minot va amaliy amalga oshirish hujjatlarini muvofiqlashtirishi kerak. Qo‘lda, kompyuter yordamida va to‘liq avtomatik loyihalash o‘rtasidagi farq qaysi vazifalar hisoblash vositalari orqali bajarilishini va qaysi qarorlar muhandis mas’uliyatida qolishini aniqlashtiradi.

Aniq qayta aloqaga ega bosqichli jarayon tahlil yoki sinovda muammo aniqlanganda nomzod yechimlarni qayta ko‘rib chiqish imkonini beradi. Parametrik modellashtirish, modellar almashinuvi va simulyatsiya ularning farazlari va interfeyslari tekshirilgan holda ushbu jarayonga yordam berishi mumkin. Apparat sinovlari va foydalanish jarayonidagi qayta aloqa esa faqat virtual modelning o‘zi tasdiqlay olmaydigan xatti-harakat haqida dalillar beradi.

Asosiy tavsiya — texnik topshiriq, loyihaning joriy holati va qabul qilishda foydalaniladigan dalillar o‘rtasida kuzatib borish mumkin bo‘lgan bog‘liqlikni saqlashdir. Ushbu bog‘liqlik loyihalashni avtomatlashtirishni audit qilish imkonini beradi va muhandislarga axborot qurilmasi robototexnik tizimga integratsiya qilishga tayyorligini hal etish uchun asoslangan tayanch yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Alimova, N. B. (2023). Mexatron modullar va robotlarning informatsion qurilmalari. Ziyo nashr-matbaa. https://mechauz.uz/storage/files/aPJfdSpuqW0kZjEUhbUgRb4zXMjZTUpNEXd6P8W8.pdf

[2] Kalandarov, P. I. (2021). Avtomatika asoslari va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish. Toshkent. https://staff.tiiame.uz/storage/users/702/books/hxdyWc64rxc4ylSk9H8CT0vh6AhFuTBsvP6yTtUW.pdf

[3] Abdurzoqov, J. T., va Orifqulova, M. F. (sana ko‘rsatilmagan). Tibbiyotni raqamlashtirish va robot texnikasi, 377–378-betlar. Taqdim etilgan manbada nashr yili va nashr qilingan joy ko‘rsatilmagan.

[4] MathWorks. (sana ko‘rsatilmagan). Modellarni import qilish. Simscape Multibody hujjatlari. https://www.mathworks.com/help/sm/cad-import.html

[5] MathWorks. (sana ko‘rsatilmagan). Robototexnika va avtonom tizimlar. https://www.mathworks.com/solutions/robotics.html

[6] Malik, A., Shao, G., va Tarakhovsky, J. (2024). Ishlab chiqarishdagi robot tizimlari uchun raqamli egizaklar. Raqamli egizaklar, simulyatsiya va metakoinot nashrida. Springer. Nashr haqidagi qayd va annotatsiya: https://www.nist.gov/publications/digital-twins-robot-systems-manufacturing

[7] Xalqaro standartlashtirish tashkiloti. (2025). ISO 10218-1:2025 Robototexnika — Xavfsizlik talablari — 1-qism: Sanoat robotlari. E’lon qilingan qo‘llanish doirasi: https://www.iso.org/standard/73933.html

[8] Xalqaro standartlashtirish tashkiloti. (2025). ISO 10218-2:2025 Robototexnika — Xavfsizlik talablari — 2-qism: Sanoat robotlari qo‘llanishlari va robotlashtirilgan yacheykalar. E’lon qilingan qo‘llanish doirasi: https://www.iso.org/standard/73934.html