TA'LIMIY ROBOTOTEXNIKA UCHUN AMALIYOTGA YO'NALTIRILGAN KO'P BOSQICHLI MODEL: KONSTRUKSIYAGA ASOSLANGAN TA'LIMDAN O'RNATILGAN TIZIMLAR VA AVTONOM ROBOTOTEXNIKAGACHA

Umidjon Kenjayev
Robototexnika ta'limi mutaxassisi, O'zbekiston
Angren, O'zbekiston
https://doi.org/10.5281/zenodo.23134592

ANNOTATSIYA

Ta'limiy robototexnika fan, texnologiya, muhandislik, matematika, dasturlash va muammolarni hal qilish ko'nikmalarini amaliy ta'lim muhitida birlashtirishga imkon beruvchi fanlararo yondashuv sifatida rivojlanib bormoqda. Biroq robototexnika ta'limi ko'pincha boshlang'ich konstruksiyalash faoliyatidan o'rnatilgan tizimlar va avtonom robototexnikagacha bo'lgan izchil rivojlanish o'rniga alohida loyihalar yoki individual apparat platformalari atrofida tashkil etiladi. Ushbu maqolada ta'limiy robototexnika uchun amaliyotga yo'naltirilgan ko'p bosqichli model taklif etiladi. Ushbu model o'quvchilarning texnik murakkablik va mavhumlik darajasi ortib borishiga muvofiq ta'lim jarayonini bosqichma-bosqich tashkil etadi.

Taklif etilayotgan model LEGO Education WeDo kabi konstruksiyaga asoslangan robototexnikadan boshlanib, boshlang'ich elektronika, sensor va ijro mexanizmlari tizimlari, Arduino asosidagi dasturlash, ESP8266/ESP32 asosidagi Internet buyumlari (IoT) ilovalari, STM32 asosidagi o'rnatilgan tizimlar hamda bir platali kompyuterlar asosidagi robototexnikagacha davom etadi. Model loyihaga asoslangan ta'lim, hamkorlikda o'qitish, konstruktivizm, hisoblash tafakkuri, muhandislik dizayni va takroriy muammolarni hal qilish yondashuvlarini birlashtiradi. Yoshga mos ta'lim muhitlari o'rtasidagi o'tishga hamda texnologik mavhumlik to'siqlarini bosqichma-bosqich kamaytirishga alohida e'tibor qaratiladi.

Maqolada ta'limiy robototexnika bo'yicha so'nggi tizimli sharhlar va meta-tahlillar natijalari umumlashtirilib, ular amaliyotda qo'llash mumkin bo'lgan robototexnika o'quv dasturi modeliga aylantiriladi. Taklif etilayotgan model sababiy ta'limiy ta'sirlarning isboti sifatida emas, balki oldindan va keyingi testlar, kvazi-eksperimental, longitudinal hamda aralash metodli tadqiqotlar yordamida empirik baholanishi mumkin bo'lgan metodologik asos sifatida taqdim etiladi.

Model boshlang'ich ta'limiy robototexnika bilan yanada ilg'or o'rnatilgan tizimlar ta'limi o'rtasidagi amaliy tafovutni bartaraf etishga qaratilgan bo'lib, rivojlanayotgan ta'lim ekotizimlarida mahalliy sharoitga moslashtirilgan robototexnika o'quv dasturlarini ishlab chiqish uchun asos yaratadi.

Kalit so'zlar: ta'limiy robototexnika; robototexnika o'quv dasturi; STEM ta'limi; hisoblash tafakkuri; loyihaga asoslangan ta'lim; Arduino; ESP32; o'rnatilgan tizimlar; muhandislik ta'limi; robototexnika savodxonligi.

1. KIRISH

Robototexnika, o'rnatilgan tizimlar, sun'iy intellekt va Internet buyumlari texnologiyalarining jadal rivojlanishi maktab va maktabdan tashqari ta'limda texnologik savodxonlikning ahamiyatini oshirmoqda. Ta'limiy robototexnika amaliy muhitni yaratib, unda o'quvchilar bir vaqtning o'zida mexanik konstruksiyalar, elektronika, dasturlash, sensorlar, ijro mexanizmlari va hisoblash tizimlari bilan ishlash imkoniyatiga ega bo'ladilar.

An'anaviy kompyuterga asoslangan dasturlash mashg'ulotlaridan farqli ravishda, ta'limiy robototexnika o'quv jarayoniga jismoniy komponentni olib kiradi. O'quvchi shunchaki dastur yozmaydi; u algoritmning motorlar, sensorlar, mexanizmlar va boshqaruv tizimlari orqali jismoniy harakatga qanday aylanishini kuzatadi. Ushbu o'zaro ta'sir mavhum hisoblash tushunchalarini real muhandislik obyektlari bilan bog'lash imkonini beradi.

So'nggi tadqiqotlar robototexnikaning STEM ta'limidagi ahamiyati ortib borayotganini ko'rsatmoqda. Robototexnikaga asoslangan STEM ta'limi bo'yicha tizimli sharhlardan birida LEGO asosidagi platformalar eng ko'p qo'llaniladigan vositalardan biri bo'lgani va loyihaga asoslangan ta'lim yetakchi pedagogik yondashuvlardan biri ekanligi aniqlangan.

2026-yilda 58 ta tadqiqot va 5 806 nafar ishtirokchini qamrab olgan uch darajali meta-tahlilda ta'limiy robototexnika aralashuvlarining o'quv natijalariga umumiy ta'siri o'rtacha va katta darajada ekanligi qayd etilgan. Shu bilan birga, taqqoslash sharti kuzatilgan ta'sirlarni talqin qilishda muhim moderator bo'lishi mumkinligi ko'rsatilgan.

Biroq mavjud ijobiy dalillar robotni shunchaki sinfga olib kirish avtomatik ravishda mazmunli ta'lim natijasini ta'minlaydi degani emas. Ilgari o'tkazilgan tizimli tadqiqotlarda tanlanma hajmi, aralashuv davomiyligi, o'qitish dizayni, baholash vositalari va tadqiqot sifati bo'yicha sezilarli farqlar mavjudligi aniqlangan. Shu sababli yanada qat'iy tadqiqot dizaynlari va aniq pedagogik modellar zarur.

Bu muammo, ayniqsa, robototexnika ta'limi jadal rivojlanayotgan, biroq o'quvchilar uchun rivojlanishning standartlashtirilgan ketma-ketligi hali yetarli darajada shakllanmagan ta'lim muhitlari uchun dolzarbdir.

Ushbu maqolaning asosiy g'oyasi shundan iboratki, ta'limiy robototexnika alohida-alohida robot yasash faoliyatlari majmuasi sifatida emas, balki o'quvchilarning quyidagi bosqichlar orqali asta-sekin rivojlanishini ta'minlovchi izchil ta'lim yo'nalishi sifatida tashkil etilishi kerak:

Konstruksiya → elektronika → dasturlash → sensorlar va boshqaruv → o'rnatilgan tizimlar → Internet buyumlari → avtonom robototexnika → muhandislik loyihalari

2. MUAMMO BAYONI

Ko'plab boshlang'ich robototexnika dasturlarida ikkita asosiy cheklov mavjud.

Birinchidan, ular asosan konstruksiya va vizual dasturlashga qaratilishi mumkin. Bunday faoliyatlar yosh o'quvchilarni mexanik tuzilmalar va hisoblash tafakkuriga kiritishda samarali bo'lishi mumkin, biroq keyinchalik elektron sxemalar, sensorlar, mikrokontrollerlar va matnli dasturlashga o'tishda sezilarli konseptual bo'shliq yuzaga kelishi mumkin.

Ikkinchidan, ayrim dasturlar to'g'ridan-to'g'ri Arduino yoki boshqa mikrokontrollerlardan boshlanadi. Ular texnik jihatdan kuchli bo'lsa-da, boshlang'ich bilimga ega bo'lmagan yoki yosh o'quvchilar uchun kognitiv yuklamani oshirishi mumkin. Chunki bunday holatda o'quvchi bir vaqtning o'zida elektr tushunchalari, dasturlash sintaksisi, elektron sxema, xatoliklarni aniqlash va mexanik konstruksiyani o'zlashtirishi kerak bo'ladi.

Shu sababli o'quv dasturi mavhumlik to'siqlarini bosqichma-bosqich kamaytiruvchi rivojlanish modelini ta'minlashi kerak.

Ushbu maqolada ko'rib chiqilayotgan ilmiy muammo quyidagicha ifodalanadi:

“Ta’limiy robototexnikani konstruksiya, elektronika, dasturlash, hisoblash tafakkuri, muhandislik dizayni va o‘rnatilgan tizim kompetensiyalarini bosqichma-bosqich rivojlantiruvchi ko‘p bosqichli ta’lim yo‘nalishi sifatida qanday tashkil etish mumkin?”

3. NAZARIY ASOS

3.1. Ta'limiy robototexnika fanlararo STEM ta'limi sifatida

Ta'limiy robototexnika birgina texnik yo'nalishni emas, balki bir nechta STEM sohalarini birlashtiradi.

Nisbatan oddiy robotning o'zi quyidagi bilimlarni talab qilishi mumkin:

- mexanik konstruksiya;
- elektr zanjirlari;
- sensorlar;
- ijro mexanizmlari;
- dasturlash;
- boshqaruv mantiqi;
- matematika;
- muammolarni hal qilish;
- muhandislik dizayni.

Tizimli tadqiqotlar robototexnikaga asoslangan STEM ta'limida dasturlash, STEM ta'limi, transfer qilinadigan ko'nikmalar va loyihaga asoslangan ta'limga katta e'tibor qaratilishini ko'rsatadi.

Shu sababli robototexnikani shunchaki dasturlashning maktabdan tashqari ko'rinishi sifatida qarash to'g'ri emas.

3.2. Konstruktivizm va artefaktlar orqali o'rganish

Robototexnikaning ta'limiy qiymati o'quvchining moddiy artefaktlarni yaratish imkoniyati bilan chambarchas bog'liq.

Harakatlanuvchi mexanizm yaratgan o'quvchi darhol jismoniy qayta aloqa oladi. Agar mexanizm ishlamasa, o'quvchi uning tuzilishini tekshirishi, konstruksiyani o'zgartirishi, dasturni tahrirlashi va natijani qayta sinab ko'rishi mumkin.

Bu quyidagi takroriy o'rganish siklini yaratadi:

Loyihalash → Qurish → Dasturlash → Sinash → Xatoni aniqlash → O'zgartirish → Qayta sinash

Bunday sikl loyihaga asoslangan ta'lim va muhandislik dizayni bilan ayniqsa yaxshi uyg'unlashadi.

4. TAKLIF ETILAYOTGAN KO'P BOSQICHLI ROBOTOTEXNIKA TA'LIMI MODELI

Taklif etilayotgan o'quv dasturi oltita asosiy bosqichdan iborat.

Bosqich	Asosiy muhit	Asosiy kompetensiyalar
I	LEGO WeDo / konstruksiyaviy robototexnika	Konstruksiya, mexanizmlar, ketma-ketlik
II	Boshlang'ich elektronika	Tok, kuchlanish, qarshilik, elektr zanjirlari
III	Arduino	Dasturlash, sensorlar, ijro mexanizmlari, boshqaruv
IV	ESP8266/ESP32	IoT, aloqa, tarmoqqa ulangan robototexnika
V	STM32 / ilg'or o'rnatilgan tizimlar	Mikrokontroller arxitekturasi, real vaqt boshqaruvi
VI	Raspberry Pi / Jetson / avtonom	Kompyuter ko'rishi, sun'iy intellekt, avtonom

Bosqich	Asosiy muhit	Asosiy kompetensiyalar
	robototexnika	tizimlar

Bosqichlarni qat'iy yosh chegaralari sifatida tushunmaslik kerak. O'quvchining tayyorgarligi, avvalgi tajribasi, kognitiv rivojlanishi va ta'lim maqsadlari keyingi bosqichga o'tishni belgilashi kerak.

5. I BOSQICH: KONSTRUKSIYAGA ASOSLANGAN ROBOTOTEXNIKA

Birinchi bosqichda LEGO Education WeDo kabi konstruksiyaga yo'naltirilgan platformadan foydalaniladi.

Asosiy maqsad murakkab dasturlash sintaksisini o'rgatish emas. Aksincha, o'quvchilarda quyidagi kompetensiyalarni rivojlantirish ko'zda tutiladi:

- mexanik konstruksiya ko'nikmalari;
- sabab va oqibatni tushunish;
- ketma-ketlik;
- algoritmik fikrlashning boshlang'ich shakllari;
- hamkorlikda muammolarni hal qilish;
- fizik modellarni yaratish va sinash.

Odatdagi loyihalar quyidagilarni o'z ichiga olishi mumkin:

- harakatlanuvchi transport vositalari;
- yuruvchi mexanizmlar;
- aylanuvchi mexanizmlar;
- ko'taruvchi tizimlar;
- sensor orqali boshqariladigan modellar;
- oddiy avtomatlashtirilgan mashinalar.

LEGO WeDo va WeDo 2.0 bo'yicha yaqinda o'tkazilgan tizimli sharhlar ushbu platformalar bilan olib borilgan ta'limiy aralashuvlarda hisoblash tafakkuri, muammolarni hal qilish, motivatsiya, o'ziga ishonch va ayrim kreativlik ko'rsatkichlari bilan ijobiy bog'liqliklar mavjudligini qayd etadi. Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarda tanlanma hajmining kichikligi va metodologik cheklovlar ham ko'rsatiladi.

Bu WeDo platformasidan boshlang'ich muhit sifatida foydalanishni qo'llab-quvvatlaydi, biroq har bir WeDo darsi avtomatik ravishda yuqoridagi natijalarni hosil qiladi degan xulosani bermaydi.

6. II BOSQICH: ELEKTRONIKA ASOSLARI

Ikkinchi bosqichda o'quvchilar robot tizimlari asosida yotuvchi fizik-elektrik tamoyillar bilan tanishadilar.

Asosiy tushunchalar:

- elektr toki;
- kuchlanish;
- qarshilik;
- Om qonuni;
- ketma-ket va parallel ulanish;
- LEDlar;
- tugmalar va kalitlar;
- potensiometrlar;
- buzzerlar;
- boshlang'ich sensorlar;

- motorlar.

Bu bosqich muhim, chunki o'quvchi robot faqat mexanik obyekt emasligini anglay boshlaydi.

Konseptual rivojlanishni quyidagicha ifodalash mumkin:

Energiya → Elektr zanjiri → Sensor → Boshqaruvchi → Ijro mexanizmi → Mexanik harakat

Ushbu bosqichda o'quvchilar ta'riflarni yodlashdan ko'ra tajribalar o'tkazishlari kerak.

Masalan, qarshilik tushunchasini faqat tushuntirish o'rniga o'quvchilar qarshilik qiymatining o'zgarishi LED orqali o'tuvchi tok va uning yorqinligiga qanday ta'sir qilishini amaliy tajriba orqali o'rganishlari mumkin.

7. III BOSQICH: ARDUINO ASOSIDAGI ROBOTOTEXNIKA

Arduino matnli dasturlash va mikrokontroller asosida boshqaruvni o'rganish imkonini beradi.

Grafik dasturlashdan matnli dasturlashga o'tish mavhumlik darajasining muhim oshishini anglatadi.

O'quvchilar bosqichma-bosqich quyidagilarni o'rganishlari mumkin:

- o'zgaruvchilar;
- ma'lumot turlari;
- shart operatorlari;
- sikllar;
- funksiyalar;
- raqamli kirish/chiqish;
- analog kirish;
- PWM;
- sensor ma'lumotlarini qayta ishlash;
- motorlarni boshqarish;
- ketma-ket aloqa.

Loyihalar quyidagilarni o'z ichiga olishi mumkin:

- avtomatik yoritish;
- to'siqni aniqlash;
- chiziq bo'ylab harakatlanuvchi robot;
- harorat monitoringi;
- avtomatik shlagbaum;
- aqlli maktab qo'ng'irog'i;
- robot qo'l;
- oddiy avtonom transport vositasi.

Boshlang'ich ta'limda Arduino qo'llanilishi bo'yicha tizimli tadqiqotlar ham uning hisoblash tafakkuri va STEM yo'nalishidagi ta'lim bilan bog'liqligini ta'kidlaydi.

8. IV BOSQICH: ESP8266/ESP32 VA TARMOQQA ULANGAN ROBOTOTEXNIKA

O'quvchilar mikrokontrollerlarning asosiy tamoyillarini o'zlashtirgandan so'ng, tarmoqqa ulangan robototexnika bilan tanishtirilishi mumkin.

ESP8266 va ESP32 quyidagilarni o'rgatish imkonini beradi:

- Wi-Fi aloqasi;
- Bluetooth;
- Internet buyumlari;
- veb-interfeyslar;
- masofaviy monitoring;

- sensor tarmoqlari;
- mobil qurilmalar bilan aloqa;
- bulutga ulangan loyihalar.

Konseptual o'tish quyidagicha bo'ladi:

Robot → Aqlli robot → Tarmoqqa ulangan robot

Masalan, an'anaviy harorat sensori loyihasi tizimga aylantirilishi mumkin: u haroratni o'lchaydi, ma'lumotni Wi-Fi orqali uzatadi va ma'lumotlarni raqamli interfeysda aks ettiradi.

Ushbu bosqich o'quvchilarga zamonaviy robototexnika tobora ko'proq o'zaro bog'langan texnologik tizimlarning bir qismi sifatida ishlayotganini tushunishga yordam beradi.

9. V BOSQICH: STM32 VA O'RNATILGAN TIZIMLAR

Keyingi bosqichda yanada ilg'or mikrokontroller tushunchalari kiritiladi.

O'quvchilar quyidagilarni o'rganishlari mumkin:

- mikrokontroller arxitekturasi;
- GPIO;
- taymerlar;
- uzilishlar;
- ADC;
- PWM;
- aloqa protokollari;
- UART;
- I²C;
- SPI;
- real vaqt boshqaruvi.

Ushbu bosqichda o'quvchi shunchaki plata dasturlashdan mikrokontroller arxitekturasini tushunishga o'tadi.

Maqsad Arduino o'rniga STM32'ni shunchaki “texnik jihatdan kuchliroq” bo'lgani uchun qo'yish emas. Aksincha, STM32 o'quvchi turli mikrokontroller arxitekturalari va periferik qurilmalarining nima sababdan mavjudligini tushunishga tayyor bo'lganida kiritilishi kerak.

10. VI BOSQICH: BIR PLATALI KOMPYUTERLAR VA AVTONOM ROBOTOTEXNIKA

Yakuniy bosqich robototexnikani yuqori darajadagi hisoblash bilan birlashtiradi.

Mumkin bo'lgan platformalar:

- Raspberry Pi;
- Raspberry Pi Pico/Pico W;
- Jetson platformalari;
- kameralar;
- mashinaviy o'rganish tizimlari;
- kompyuter ko'rishi vositalari.

O'quvchilar bosqichma-bosqich quyidagilarni o'rganishlari mumkin:

- tasvirlarni olish;
- obyektlarni aniqlash;
- vizual navigatsiya;
- avtonom qaror qabul qilish;

- robotlar o'rtasidagi aloqa;
- yuqori darajadagi boshqaruv tizimlari.

Yakuniy ta'lim maqsadi shunchaki harakatlanuvchi robot yaratish emas.

Maqsad o'quvchiga quyidagi to'liq texnologik zanjirni tushunishga imkon berishdir:

Muammo → Talablar → Mexanik dizayn → Elektronika → O'rnatilgan boshqaruv → Dasturiy ta'minot → Sensorlar → Qaror qabul qilish → Sinov → Optimallashtirish

11. ALOHIDA ROBOTOTEXNIKA DARSINING PEDAGOGIK TUZILISHI

Ko'plab amaliy robototexnika darslarining asosiy kamchiliklaridan biri shundaki, o'quvchilarga tayyor ko'rsatmalar beriladi va ular oldindan belgilangan robotni shunchaki takrorlaydilar.

Kuchliroq dars tuzilmasi quyidagicha:

1-bosqich — Muammo. O'qituvchi real hayotdagi muammoni taqdim etadi.

2-bosqich — Gipoteza. O'quvchilar texnik yechimlarning mumkin bo'lgan variantlarini taklif qiladilar.

3-bosqich — Loyihalash. O'quvchilar zarur mexanik, elektron va dasturiy komponentlarni aniqlaydilar.

4-bosqich — Konstruksiya. O'quvchilar prototip yaratadilar.

5-bosqich — Dasturlash. O'quvchilar boshqaruv mantiqini amalga oshiradilar.

6-bosqich — Sinov. Robot oldindan belgilangan sharoitlarda sinovdan o'tkaziladi.

7-bosqich — Xatolarni tuzatish. O'quvchilar nosozlik sababini aniqlaydilar.

8-bosqich — Optimallashtirish. O'quvchilar tizimni takomillashtiradilar.

9-bosqich — Refleksiya. O'quvchilar nima ishlagani, nima ishlamagani va nima sababdan shunday bo'lganini tushuntiradilar.

Bu robototexnikani “o'qituvchi ko'rsatmasini takrorlash” jarayonidan muhandislikka asoslangan ta'lim jarayoniga aylantiradi.

12. LOYIHAGA ASOSLANGAN TA'LIM

Loyihaga asoslangan ta'lim o'quv dasturining markaziy komponentlaridan biri bo'lishi kerak.

Biroq “loyihaga asoslangan” degani o'quvchilarga shunchaki katta robot yasash vazifasini berish degani emas.

Ilmiy va pedagogik jihatdan mazmunli loyiha quyidagilarga ega bo'lishi kerak:

- aniq muammo;
- o'lchanadigan talablar;
- cheklovlar;
- loyihalash qarorlari;
- prototip yaratish;
- sinov;
- takroriy takomillashtirish;
- yakuniy baholash.

Masalan:

Loyiha: Avtonom chiziq kuzatuvchi robot

Oddiy topshiriq:

“Chiziq bo‘ylab yuruvchi robot yasang.”

o'rniga topshiriq quyidagicha shakllantirilishi mumkin:

“Belgilangan tezlik va tashqi muhit sharoitlarida yo‘ldan og‘ishni minimallashtirgan holda oldindan belgilangan trayektoriya bo‘ylab harakatlana oladigan mobil robotni loyihalang va dasturlang.”

Bunday shakllantirish muhandislik tafakkurini rivojlantiradi va baholash imkonini yaratadi.

13. BAHOLASH MODELI

Robototexnika o'quv dasturida faqat yakuniy robot ishlash-ishlamasligini baholash yetarli emas.

Taklif etilayotgan baholash modeli beshta yo'nalishni o'z ichiga oladi.

Yo'nalish	Namunaviy ko'rsatkich
Konstruksiya	Mexanik tuzilma funksional
Elektronika	Elektr sxema to'g'ri tuzilgan
Dasturlash	Algoritm kerakli xatti-harakatni ta'minlaydi
Muhandislik	O'quvchi texnik muammolarni aniqlaydi va hal qiladi
Kommunikatsiya	O'quvchi loyihalash qarorlarini tushuntira oladi

Baholash to'rt darajada amalga oshirilishi mumkin:

Boshlang'ich → Rivojlanayotgan → Yetarli daraja → Ilg'or

Muhim jihat shundaki, baholash faqat yakuniy natijani emas, muhandislik jarayonini ham rag'batlantirishi kerak.

Tizimli sinov va xatolarni tuzatish jarayonidan o'tgan, biroq yakunda ishlamagan robot ham tayyor loyihani nusxalab ishlatgan robotga qaraganda ko'proq o'rganish jarayonini namoyish qilishi mumkin.

14. HAMKORLIKDA O'QITISH

Robototexnika tabiiy ravishda jamoaviy ishlash imkoniyatlarini yaratadi.

Loyiha davomida quyidagi rollar taqsimlanishi mumkin:

- mexanik muhandis;
- elektronika muhandisi;
- dasturchi;
- tester;
- hujjatlashtirish bo'yicha mas'ul.

O'quvchilar bir texnik yo'nalish bilan doimiy cheklanib qolmasligi uchun rollar navbat bilan almashtirib borilishi kerak.

Bu robototexnikaning fanlararo xususiyatini qo'llab-quvvatlaydi.

Ta'limiy robototexnika bo'yicha tadqiqotlarda ham hamkorlikda o'qitish va loyihaga asoslangan ta'lim robototexnika faoliyatlarida qo'llaniladigan asosiy pedagogik yondashuvlar qatorida qayd etilgan.

15. O'QITUVCHI KOMPETENSIYASI

Robototexnika o'quv dasturi o'qituvchining texnik va pedagogik muammolarni aniqlash qobiliyatidan kuchliroq bo'la olmaydi.

Robototexnika o'qituvchisi ideal holatda quyidagi bilim va ko'nikmalarga ega bo'lishi kerak.

Texnik kompetensiyalar:

- elektronika;

- dasturlash;
- sensorlar;
- motorlar;
- mikrokontrollerlar;
- mexanik tizimlar;
- xatolarni aniqlash va tuzatish.

Pedagogik kompetensiyalar:
- yoshga mos ta'lim;
- loyiha ishlab chiqish;
- shakllantiruvchi baholash;
- hamkorlikda o'qitish;
- differensiallashtirilgan ta'lim.

Tadqiqot kompetensiyalari:
- ma'lumot yig'ish;
- baholashning ishonchliligi;
- tadqiqot dizayni;
- etik tartiblar;
- statistik tahlil.

Shu sababli o'qituvchilarni tayyorlash faqat ma'lum bir robot konstruktorini qanday yig'ishni o'rgatish bilan cheklanmasligi kerak.

16. O'ZBEKISTON TA'LIM MUHITIGA MOSLASHTIRISH

Taklif etilayotgan model O'zbekiston ta'lim muhitiga moslashtirilishi mumkin.
Amaliy rivojlanish ketma-ketligi quyidagicha bo'lishi mumkin:

6–10 yosh:
LEGO WeDo → mexanizmlar → boshlang'ich sensorlar → oddiy dasturlash.

10–13 yosh:
Elektronika → sensorlar → ijro mexanizmlari → Arduino'ga kirish.

13–16 yosh:
Arduino → robototexnika loyihalari → aloqa → ESP32/IoT.

16–18 yosh:
Ilg'or mikrokontrollerlar → STM32 → o'rnatilgan tizimlar → avtonom robototexnika.

18+ yosh:
Ilg'or robototexnika → o'rnatilgan tizimlar → IoT → kompyuter ko'rishi → robototexnika muhandisligi → o'qituvchilarni tayyorlash.

Ushbu yosh chegaralarini universal qat'iy qoidalar sifatida emas, yo'naltiruvchi mezonlar sifatida ko'rish kerak.