Նախագիծ: AI Robot Arm

1. Փաստաթղթի կառավարման բաժին

1.1 Տարբերակների պատմություն

Version	Ամսաթիվ	Փոփոխության նկարագրություն	Հեղինակ
v0.1	24/02/2026	Սկզբնական տարբերակ Գաղափարի մշակում և պլանավորում	Միլենա Պետրոսյան
v0.2	05/03/2026	Ավելացվել է տեխնիկական բաժին Սենսորների փորձարկում	Միլենա Պետրոսյան
v1.0	28/03/2026	Աշխատող և ավարտուն նախագիծ	Միլենա Պետրոսյան

1.2 Փաստաթղթի կարգավիճակ

- Պատրաստ է ցուցադրման

1.3 Պատասխանատուներ

Դեր	Անուն	Պարտականություն
AI/ML Developer	Միլենա Պետրոսյան	Կոդ և ինտեգրում, ծրագրավորում
Hardware Engineer	Միլենա Պետրոսյան	Սարքեր
Researcher	Միլենա Պետրոսյան	հետազոտող

---

2. Համառոտ նկարագիր

AI Robot Arm: Ռոբոտացված AI ձեռքը համակարգ է, որը իրական ժամանակում կրկնում է մարդու ձեռքի շարժումները:

1. Ի՞նչ խնդիր եք լուծում

Նախագիծը լուծում է մարդու ձեռքի շարժումները ճանաչելու և դրանք ռոբոտացված համակարգի միջոցով կրկնելու խնդիրը: Շատ դեպքերում մարդկանց համար դժվար է հեռավար կառավարել մեխանիկական համակարգերը կամ ցուցադրել ճշգրիտ շարժումներ: Ստեղծած համակարգը տեսախցիկի միջոցով հետևում է մարդու ձեռքի և մատների շարժումներին, մշակում է տվյալները արհեստական բանականության օգնությամբ և փոխանցում դրանք ռոբոտացված ձեռքին, որը կրկնում է նույն շարժումները իրական ժամանակում:
Բացի շարժումները կրկնելուց, համակարգը կարող է նաև ճանաչել որոշակի ժեստեր և ցուցադրել դրանց անվանումները էկրանին: Սա կարող է օգտակար լինել ռոբոտատեխնիկայի, կրթության, ժեստերի ճանաչման և խելացի կառավարման համակարգերի զարգացման մեջ: Նախագիծը նաև ցույց է տալիս, թե ինչպես կարելի է համատեղել արհեստական բանականությունը, համակարգչային տեսողությունը և Arduino-ն մեկ միասնական համակարգում:

2. Ի՞նչ նոր բան եք առաջարկում

Առաջարկում եմ խելացի համակարգ, որը համատեղում է տեսախցիկը, արհեստական բանականությունը և ռոբոտացված ձեռքը մեկ նախագծի մեջ:

Նախագծի առանձնահատկությունն այն է, որ այն կարող է միաժամանակ և՛ կրկնել շարժումները, և՛ ճանաչել որոշ ժեստեր: Օրինակ՝ համակարգը կարող է հասկանալ հատուկ ձեռքի դիրքեր և ցուցադրել դրանց անվանումները: Այս ամենը իրականացվում է Python ծրագրավորման լեզվի, համակարգչային տեսողության տեխնոլոգիաների և Arduino միկրոկառավարիչի միջոցով:

Նախագիծը կարող է ապագայում օգտագործվել տարբեր ոլորտներում՝

1. Ֆիզիկական ծանր աշխատանքում
2. Բժշկության մեջ
3. Ստորջրյա հետազոտություններում

3. Ի՞նչ արդյունք եք ստացել

Նախագծի իրականացման արդյունքում ստեղծվել է աշխատող նախատիպ , որը կարողանում է իրական ժամանակում ճանաչել մարդու ձեռքի շարժումները, կրկնել դրանք ռոբոտացված ձեռքի միջոցով և որոշ ժեստերի համար ցուցադրել համապատասխան անվանումները էկրանին:

Համակարգում օգտագործվել են 2 AI մոդելներ: Առաջին մոդելը նախատեսված է ժեստերի ճանաչման համար: Այն տեսախցիկի միջոցով տեսնում է ձեռքի դիրքը, համեմատում է այն նախապես սովորած տվյալների հետ և որոշում, թե ինչ ժեստ է ցուցադրված: Այս մոդելի համար օգտագործել ենք KNN (K-Nearest Neighbors) ալգորիթմը, որը համեմատում է ընթացիկ ձեռքի դիրքը նախապես սովորած օրինակների հետ և ընտրում ամենամոտ համապատասխանությունը: Վերջնական արդյունքում համակարգը էկրանին ցուցադրում է տվյալ ժեստի անվանումը:

Մոդելի աշխատանքը կարելի է համեմատել աշակերտի հետ: Եթե աշակերտին ցույց տանք քիչ օրինակներ կամ սխալ տվյալներ, նա նույնպես սխալ կսովորի: Այդ պատճառով իրականացրել եմ preprocessing՝ մաքրելով բոլոր անորակ և սխալ նկարները, որպեսզի ստանանք ավելի ճշգրիտ արդյունք և բարձր ճանաչման որակ:

Երկրորդ մոդելը հիմնված է MediaPipe գրադարանի վրա: Այն ձեռքի վրա տեղադրում է 21 կետ և այդ կետերի շարժման միջոցով հասկանում է, թե որ մատն է շարժվում և ինչ դիրքում է գտնվում ձեռքը: Արդյունքում, երբ ձեռքը հայտնվում է տեսախցիկի դիմաց, էկրանին երևում են այդ կետերը, իսկ համակարգը կարողանում է հետևել ձեռքի շարժումներին և փոխանցել դրանք ռոբոտացված ձեռքին:

Նախագծում օգտագործվել են երկու dataset-ներ՝

• HandGesture Dataset, որը պարունակում է մոտ 23 հազար տարբեր ժեստերի նկարներ,

• FreiHAND Dataset, որը պարունակում է մոտ 20 հազար ձեռքի նկարներ:

Լեյբլները համապատասխանել են ժեստերի անվանումներին, ինչը թույլ է տվել մոդելին սովորել տարբեր ժեստերի ճիշտ տարբերակումը:

Մեր հիմնական նպատակը համակարգի real-time աշխատանքն էր, որպեսզի ռոբոտացված ձեռքը հնարավորինս արագ արձագանքի մարդու շարժումներին: Կարևոր է նաև նշել, որ ռոբոտացված ձեռքը ամբողջությամբ պատրաստվել է զրոյից:

Որպեսզի գնահատենք մոդելների աշխատանքի արդյունավետությունը, օգտագործել ենք մի քանի չափանիշներ՝

• ժեստերի ճանաչման ճշգրտությունը,

• միջին սխալի չափը,

latency-ն, այսինքն՝ որքան արագ է համակարգը արձագանքում և փոխանցում շարժումը ռոբոտացված ձեռքին:

Փորձարկումների ընթացքում նկատեցինք, որ եթե շարժումների արագությունը շատ մեծանում է կամ լուսավորությունը վատ է լինում, համակարգը երբեմն սխալ է ճանաչում ժեստերը: Դա կարելի է համեմատել արագ շարժվող ավտոբուսի համար կարդալու հետ. եթե այն շատ արագ է անցնում, հնարավոր է սխալ կարդալ թիվը:

Վերջնական արդյունքում համակարգը կարողանում է ճանաչել մոտ 50 տարբեր կլասներ, որոնք համապատասխանում են տարբեր ժեստերի: Ռոբոտացված ձեռքը հաջողությամբ կրկնում է մարդու շարժումները իրական ժամանակում, իսկ համակարգը ցուցադրում է ճանաչված ժեստերի անվանումները:

---

3. Նախագծի նկարագրություն

✔ Գաղափար

Ի՞նչ է Robot arm -ը և ինչպե՞ս է այն աշխատում:

Աշխատանքի ընթացքը

Մեր մոդելը ընդունում է ձեռքի վրա գտնվող 21 կետ, և ըստ այդ կետերի դիրքի հասկանում է, թե որ ժեստն ենք հիմա կատարում: Ստացված տվյալները փոխանցվում են համակարգչին, իսկ համակարգիչը դրանք ուղարկում է Arduino-ին:

Հայտնաբերում.Տեսախցիկը ֆիքսում է մարդու ձեռքը և փոխանցում պատկերը համակարգին:

Հետևում և վերլուծություն. MediaPipe մոդելը ձեռքի վրա տեղադրում է 21 կետ և դրանց միջոցով հասկանում ձեռքի և մատների շարժումները:

Ժեստերի ճանաչում.KNN մոդելը համեմատում է ձեռքի դիրքը սովորած ժեստերի հետ և որոշում, թե ինչ ժեստ է ցուցադրված: Այնուհետև ժեստի անվանումը ցուցադրվում է էկրանին:

Շարժումների փոխանցում.Համակարգը տվյալները փոխանցում է Arduino-ին, և ռոբոտացված ձեռքը կրկնում է մարդու շարժումները իրական ժամանակում:

✔ Նպատակներ

Ի՞նչ ենք ուզել ստանալ:

Նախագծի հիմնական նպատակը ստեղծել ռոբոտացված ձեռք էր, որը կկարողանա իրական ժամանակում ճանաչել մարդու ձեռքի շարժումները և հնարավորինս ճշգրիտ կրկնել դրանք: Մենք նաև ցանկանում էինք, որ համակարգը կարողանա ճանաչել տարբեր ժեստեր և ցուցադրել դրանց անվանումները էկրանին:

Ճշգրտություն. Ստեղծել այնպիսի համակարգ, որը ճիշտ կհասկանա ձեռքի և մատների շարժումները նույնիսկ նման ժեստերի դեպքում: Դրա համար օգտագործել ենք AI մոդելներ և ձեռքի 21 կետերի վերլուծություն:

Օպտիմալացում (Արագություն).Իմ նպատակն էր, որպեսզի համակարգը աշխատի real-time ռեժիմում, այսինքն՝ ռոբոտացված ձեռքը հնարավորինս արագ արձագանքի մարդու շարժումներին առանց մեծ ուշացման: Այդ պատճառով մենք չափել ենք նաև latency-ն՝ որքան արագ է համակարգը փոխանցում շարժումը ռոբոտացված ձեռքին:

Կիրառելիություն (Օգտակարություն). Ցանկանում էի ստեղծել համակարգ, որը կարող է օգտագործվել ռոբոտատեխնիկայի, ուսուցման և gesture recognition համակարգերի մեջ: Կարևոր է նաև նշել, որ ռոբոտացված ձեռքը ամբողջությամբ պատրաստվել է զրոյից:

✔ Խնդիր

Ինչո՞ւ ենք ընտրել այս թեման և ի՞նչ խնդիր ենք լուծում:

Ինչու այս թեման. Ես ընտրել եմ այս թեման, որովհետև հետաքրքրված եմ արհեստական բանականությամբ և ռոբոտատեխնիկայով, և ամբողջ նախագիծը իրականացրել եմ ինքնուրույն:

Իմ նպատակն է ստեղծել համակարգ, որը տեսախցիկի միջոցով ճանաչում է մարդու ձեռքի շարժումները և կրկնում դրանք ռոբոտացված ձեռքով՝ իրական ժամանակում:

Համակարգը լուծում է շարժումների ճանաչման և մարդու ու ռոբոտի պարզ փոխազդեցության խնդիրը՝ առանց բարդ կառավարման սարքերի:

4. Սարքերի ինտեգրում

Arduino Uno – հիմնական կառավարիչը, որը ստանում է տվյալները և կառավարում սերվո շարժիչները
Տեսախցիկ – ֆիքսում է ձեռքի շարժումները իրական ժամանակում

MediaPipe (Python library) – համակարգչային տեսողության գրադարան, որը հայտնաբերում է ձեռքի 21 կետերը և հետևում շարժումներին:
OpenCV (Python library) – գրադարան, որը օգնում է մշակել տեսախցիկի պատկերները և աշխատել real-time վիդեոյի հետ:
Scikit-learn – KNN (Python library/model) – գրադարան, որը օգտագործվում է ժեստերի ճանաչման համար՝ համեմատելով ձեռքի դիրքերը և որոշելով համապատասխան ժեստը:
MG996R servo motor – կառավարում է մատների և ձեռքի շարժումները:
Stepper motor + driver – ապահովում է հիմնական մեխանիկական շարժումները և սահուն պտույտները:

---

5. Տեխնիկական տվյալներ + տեխնոլոգիաներ

Սարքերի տվյալներ

Arduino Uno – փոքր չափսերով միկրոկոնտրոլեր, ցածր էներգիայի սպառում (~5V), աշխատում է 0–70°C միջակայքում, կապը՝ USB/Serial
Նոութբուքի տեսախցիկ (Laptop camera) – օգտագործվում է որպես հիմնական տեսախցիկ՝ իրական ժամանակում ֆիքսում է ձեռքի շարժումները
Sensor Shield V5.0 – ընդլայնման շիլդ, որը հեշտացնում է սենսորների և շարժիչների միացումը Arduino-ին՝ ապահովելով արագ և հարմար կապ
Stepper motor – բարձր ճշգրտությամբ պտույտներ ապահովող շարժիչ, աշխատում է 12V լարումով
MG996R servo motor – հզոր սերվո շարժիչ, բարձր մոմենտով, օգտագործվում է ձեռքի մատների և մեխանիկական մասերի ավելի ուժեղ և ճշգրիտ կառավարման համար

Օգտագործված տեխնոլոգիաներ

Arduino (C/C++) – օգտագործվել է ռոբոտացված ձեռքի շարժիչների և մեխանիկական մասի կառավարման համար:
Python – հիմնական ծրագրավորման միջավայրը, որտեղ կատարվում է ամբողջ վերլուծությունը և AI-ի աշխատանքը:
MediaPipe (Python library) – տեսախցիկից ստացված պատկերում հայտնաբերում է ձեռքի 21 կետերը և հետևում դրանց շարժմանը, հասկանալով մատների դիրքը:
OpenCV (Python library) – օգտագործվում է նոութբուքի տեսախցիկից պատկեր ստանալու և real-time մշակման համար:
KNN ալգորիթմ (Scikit-learn library) – համեմատում է ձեռքի կետերի դիրքերը և հասկանում, թե ինչ ժեստ է ցուցադրված՝ հիմնվելով սովորած օրինակների վրա:

---

6. Արդյունքներ և վերլուծություն

Նախագծի արդյունքներ

Փորձարկումների արդյունքում ռոբոտացված ձեռքի համակարգը ցույց է տվել լավ և կայուն աշխատանք real-time ռեժիմում:
Համակարգը ժեստերի ճանաչման մեջ հասնում է մոտ 90% ճշգրտության, այսինքն՝ մեծ մասամբ ճիշտ է հասկանում ձեռքի դիրքը և ցուցադրված ժեստը
MediaPipe-ի միջոցով ձեռքի 21 կետերի հետևումը աշխատում է կայուն և օգնում է ճիշտ հասկանալ մատների շարժումները
KNN մոդելը բավական արագ է արձագանքում, և latency-ն փոքր է, այսինքն՝ շարժման և ռոբոտի արձագանքի միջև ուշացում գրեթե չի զգացվում
Լույսի վատ պայմաններում կամ շատ արագ շարժումների դեպքում կարող են լինել փոքր սխալներ:

Վերլուծություն

Տեսախցիկից ստացված տվյալների որակը մեծ ազդեցություն ունի արդյունքի վրա:
Որքան լավ են մաքրված տվյալները (preprocessing), այնքան ավելի ճիշտ է աշխատում մոդելը:
Real-time ռեժիմում համակարգը ավելի զգայուն է արագ շարժումների նկատմամբ:

Նպատակին հասնել

- Հասել եմ հիմնական նպատակին՝ ստեղծել ռոբոտացված ձեռք, որը կարողանում է իրական ժամանակում ճանաչել և կրկնել մարդու ձեռքի շարժումները, ինչպես նաև ճանաչել ժեստերը:
- Համակարգը աշխատում է իրական ժամանակում:
- Տեսակավորումը կատարվում է առանց մարդու ուղղակի միջամտության:

---

7. Բյուջե և ռեսուրսներ

Բյուջե և ռեսուրսներ

Սարքեր և նյութեր (ծախսեր)

Arduino Uno – հիմնական կառավարման համակարգ
Նոութբուքի տեսախցիկ – պատկերների ստացման համար
Sensor Shield V5.0 – սենսորների և շարժիչների միացման հեշտացման համար
MG996R servo motor – ռոբոտացված ձեռքի շարժումների համար
Stepper motor – հիմնական մեխանիկական պտույտների համար
Լրացուցիչ նյութեր՝ մետաղական և պլաստիկ կոնստրուկցիաներ (ձեռքի կառուցման համար)
Միացնող լարեր և սնուցման տարրեր

Ծրագրային ռեսուրսներ (անվճար)

Python (MediaPipe, OpenCV, Scikit-learn) – AI և տեսախցիկի վերլուծության համար
Arduino IDE – միկրոկոնտրոլերի ծրագրավորման համար

Ընդհանուր ծախսերը

Նախագիծը իրականացվել է համեմատաբար ցածր բյուջեով, քանի որ օգտագործվել են ուսումնական և մատչելի բաղադրիչներ։ Այն կարելի է դասել միջին արժեքային մակարդակի DIY (do-it-yourself) նախագծերի շարքին։

Մարդկային ռեսուրսներ

Այս նախագիծը իրականացրել եմ ես՝ ամբողջությամբ ինքնուրույն։ Ես եմ կատարել ծրագրավորումը, էլեկտրական միացումները, մեխանիկական հավաքումը և բոլոր փորձարկումները։

Նախագծի վրա աշխատել եմ մոտ 2 ամիս։ Այդ ընթացքում եղել են ինտենսիվ փուլեր և ավելի հանգիստ աշխատանքային օրեր. մոտ 3 շաբաթ աշխատել եմ օրական շուրջ 10 ժամ, մնացած ժամանակ՝ օրական մոտ 1–2 ժամ՝ շարունակական բարելավումների և փորձարկումների համար։

Այսպիսով, ամբողջ նախագիծը պահանջել է երկար և հետևողական աշխատանք՝ տարբեր փուլերում համակարգը զարգացնելու և վերջնական աշխատող տարբերակ ստանալու համար։

---

8. Եզրակացություն

✔ Ի՞նչ ստացվեց / Ինչի՞ հասաք

Այս աշխատանքի արդյունքում ես ստեղծել եմ աշխատող նախատիպ, որը կարողանում է տեսախցիկից ստացված տվյալների հիման վրա հասկանալ ձեռքի դիրքը և փոխանցել այն ռոբոտացված ձեռքին։
Համակարգը կայուն աշխատում է real-time ռեժիմում, ճանաչում է տարբեր ժեստեր և որոշ դեպքերում ցուցադրում է դրանց անունները։
Ընդհանուր առմամբ, ինձ հաջողվել է միավորել տեսախցիկը, AI մոդելները և Arduino-ն մեկ համակարգի մեջ և ստանալ գործնական արդյունք, որը ցույց է տալիս, թե ինչպես կարելի է ծրագրային և մեխանիկական մասերը համատեղել մեկ աշխատող լուծման մեջ։

✔ Ի՞նչն էր նորարար / ինչո՞վ է յուրահատուկ

Այս նախագծի նորարարությունը այն է, որ համակարգում միավորվում են տարբեր AI և վիզուալ տեխնոլոգիաներ՝ մեկ ընդհանուր արդյունք ստանալու համար։ Մարդը պարզապես ցույց է տալիս ձեռքի շարժումը, իսկ համակարգը այն իրական ժամանակում ճանաչում և վերարտադրում է ռոբոտացված ձեռքով։
Հատկապես յուրահատուկ է այն, որ համակարգը չի օգտագործում ձեռքի վրա ֆիզիկական կառավարման սարքեր. ամբողջ գործընթացը կատարվում է միայն տեսախցիկի տվյալների հիման վրա։
Բացի այդ, նույն համակարգը կարողանում է նաև տարբերել որոշ ժեստեր և դասակարգել դրանք, ինչի շնորհիվ այն ոչ միայն կրկնօրինակում է շարժումները, այլ նաև «հասկանում» է դրանց տեսակը։
Այսպիսով, ստացվում է մեկ միասնական, ավտոմատ աշխատող համակարգ, որը համատեղում է շարժման ճանաչումը, կրկնօրինակումը և պարզ AI-դասակարգումը։

✔ Ի՞նչը կարելի է բարելավել ապագայում

Ապագայում կարելի է բարելավել ռոբոտացված ձեռքի կառուցվածքը՝ օգտագործելով ավելի որակյալ և թեթև նյութեր, որպեսզի այն լինի ավելի ամուր և հարմար օգտագործման համար։
Բացի այդ, համակարգը կարելի է դարձնել կրելի (wearable), այնպես որ ձեռքը ամրացվի մարդու ձեռքին կամ նախաբազկին և անմիջապես կրկնի շարժումները։
Կարելի է նաև զարգացնել AI մոդելները և սենսորները, որպեսզի համակարգը ավելի ճշգրիտ աշխատի տարբեր պայմաններում և արագ շարժումների դեպքում։