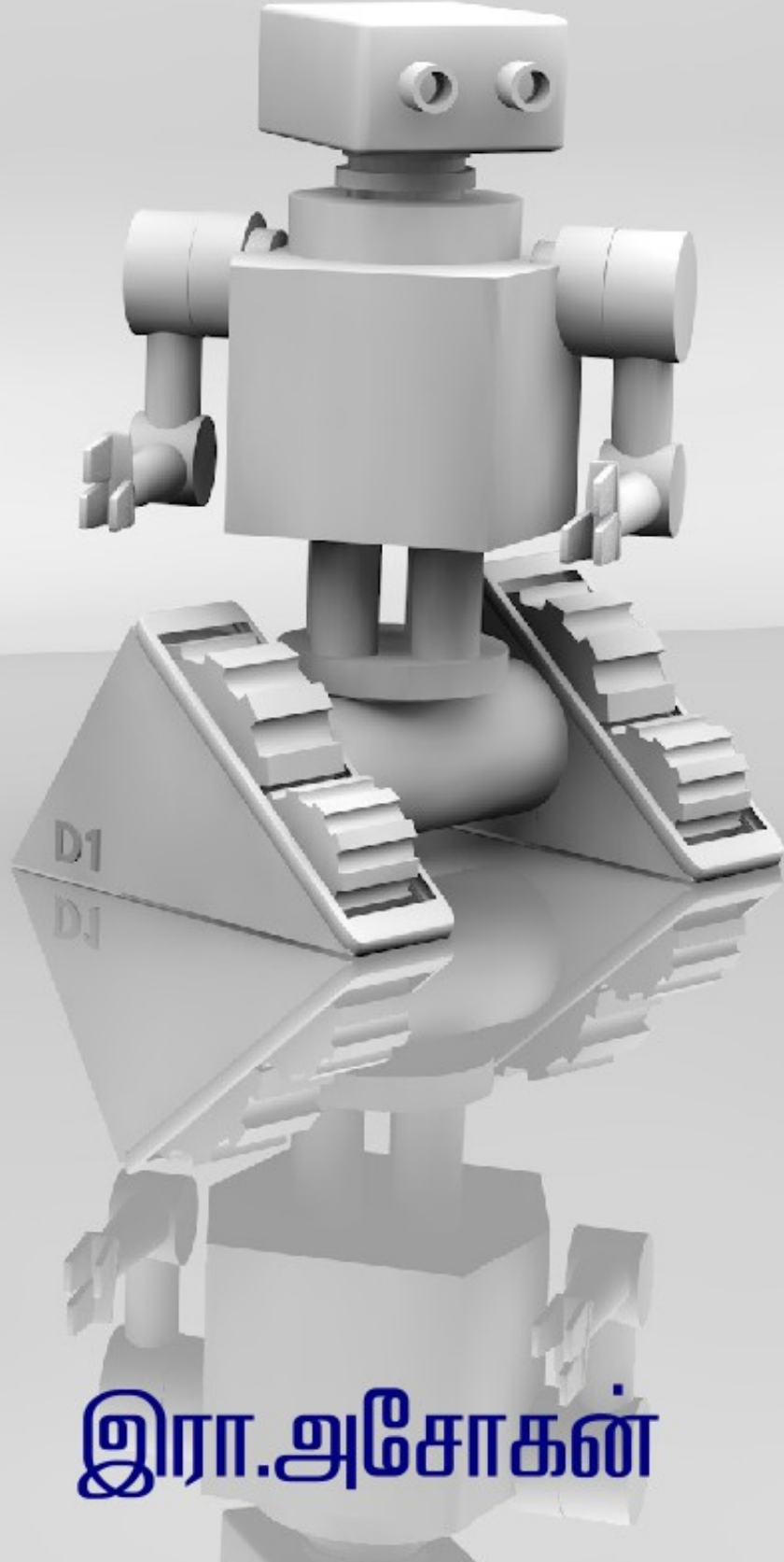


எளிய தமிழில்
ROBOTICS



இரா.அசோகன்

எளிய தமிழில் Robotics

- கணினி அறிவியல்

இரா. அசோகன்

- ashokramach@gmail.com

அட்டைப்படம் : லெனின் குருசாமி - guruleninn@gmail.com

மின்னுலாக்கம் : சி.ராஜேஸ்வரி - sraji.me@gmail.com

வெளியீடு : FreeTamilEbooks.com

உரிமை – Creative Commons Attribution Share Alike CC-BY-SA

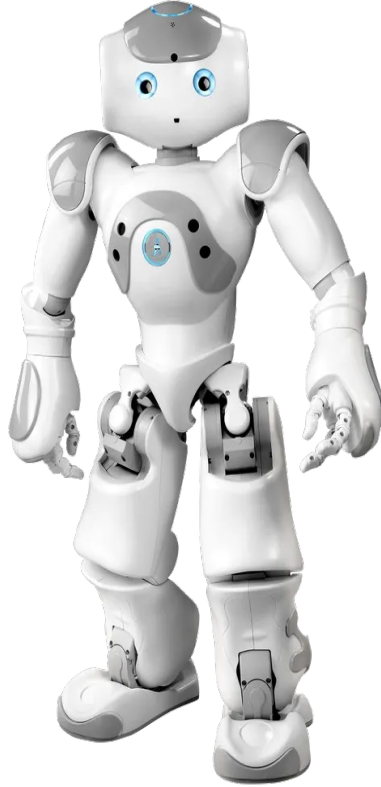
உள்ளடக்க அட்டவணை

Robotics 1. நிலம், நீர், வானம் எங்கும் எந்திரன்மயம்!.....	4
Robotics 2. தொழில்துறை எந்திரன்கள்.....	8
Robotics 3. கொஞ்சம் கோட்பாடு கொஞ்சம் கைப்பயிற்சி.....	11
Robotics 4. சேவை எந்திரன்கள்.....	14
Robotics 5. எந்திரனை நிரல் எழுதி இயக்குதல்.....	17
Robotics 6. கூட்டுவேலை எந்திரன்கள் (Collaborative Robots or Cobots).....	19
Robotics 7. மோதல் தவிர்ப்பு.....	22
Robotics 8. நகர்வு திட்டமிடல் (Motion planning).....	25
Robotics 9. முடுக்க மானி (Accelerometer).....	28
Robotics 10. எந்திரன் கை (Robotic Arm).....	30
Robotics 11. புதிர்பாதைக்குத் தீர்வு காணுதல் (Maze solving).....	33
Robotics 12. சுவரை ஒட்டியே செலுத்துதல் (Wall Following).....	36
Robotics 13. வரைபடம் தயாரித்து தன்னிடங்குறித்தல் (Simultaneous Localization And Mapping – SLAM).....	39
Robotics 14. எந்திரனியல் விதிகள் (Laws of Robotics).....	42
Robotics 15. எந்திரனுக்கு நிரல் எழுதும் வகைகள்.....	45
Robotics 16. பார்வை மூலம் பின்தொடர்தல் (Visual Tracking).....	48
Robotics 17. எந்திரன் கட்டுப்படுத்திகள்.....	51
Robotics 18. லெகோ பூஸ்ட் (Lego Boost).....	53
Robotics 19. ஸ்பார்க்கி (Sparki) அர்டுயினோ (Arduino) எந்திரன்.....	55
Robotics 20. மற்றும் சில எந்திரன் தொகுப்புகள்.....	58
Robotics 21. டர்டிப்பாட் 3 – பர்கர் (Turtlebot 3 – Burger).....	61

Robotics 1. நிலம், நீர், வானம் எங்கும் எந்திரன்மயம்!

தானியங்கியியல் (Robotics) என்றவுடனே நம் மனக்கண்ணில் தோன்றுவது எந்திர மனிதன் தான். டெர்மினேட்டர், ஸ்டார் வார்ஸ் படத்தில் வந்த C3P0 மற்றும் R2D2, வால்-E, ரஜினிகாந்தின் எந்திரன் மற்றும் ரோஸி எந்திரப் பணிப்பெண் போன்ற திரைப்படங்களில் வந்த கற்பனை ஆளுமைகள் இந்த எந்திர மனிதனின் கவர்ச்சியை வளர்த்து விட்டன.

தவிரவும் மனித இயக்குனரின்றி தானாகவே இயங்கும் (automatic) எந்திரங்கள் யாவற்றையும் தானியங்கி என்றுதான் சொல்கிறோம். இக்காரணத்தினால் Robotics துறையைத் தமிழில் எந்திரனியல் என்று சொல்வதே மிகப் பொருத்தமாக இருக்கும்.



மனித உருவ எந்திரன்

எந்திரனுக்குத் தேவையான அம்சங்கள் இவை. சூழலின் நிலையைக் கண்டறிய உணரிகள்(sensors), சூழலின் நிலையை மாற்றுவதற்கான இயக்கிகள் (actuators) மற்றும் சூழல்களின் நிலையை உணரிகளின் மூலம் சமிக்ஞையாகப் பெற்று இயக்கிகளின் செயல்முறைகளைக் கட்டுப்படுத்தும் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு (controller).

இருப்பினும் மேற்கண்ட அம்சங்கள் உள்ள எல்லாத் தானியங்கிகளையும் எந்திரன் என்று சொல்லிவிட முடியாது. எடுத்துக்காட்டாக பல தானியங்கி படிகள் (Escalators) யாராவது அருகில் வந்தால்தான் ஓடத் துவங்கும். ஏறியவர்கள் யாவரும் இறங்கிவிட்டால் நின்றுவிடும். இவற்றுக்கான உணரிகள் உண்டு.

உணரிகளிலிருந்து சமிஞ்சை கிடைத்தவுடன் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு விசைகளைத் துவக்கவும் நிறுத்தவும் செய்கிறது. நடைமுறையில், இந்த வகை சாதனங்களை மின்னணு கட்டுப்பாட்டு எந்திரம் (Mechatronic device) என்று மட்டுமே கூறலாம். ஆனால் இவற்றை எந்திரன் என்று கூற முடியாது. ஏனெனில் இவற்றுக்குத் தன்னியக்கமும் (autonomy) தடைகளைச் சமாளிக்கும் வழிகளைக் கண்டறியும் திறனும் (resourcefulness) கிடையாது.

ரூம்பா (Roomba) போன்ற தூசுறிஞ்சி தானியங்கிகள், மாற்றுத் திறனாளிகளுக்கும், முதியோர்களுக்கும் உதவும் தானியங்கி சக்கர நாற்காலிகள், PR2 மற்றும் Care-O-Bot போன்ற பல்வேறு வீட்டு வேலைகளைச் செய்யும் உதவியாளர் தானியங்கிகள் வணிக ரீதியாக வந்து விட்டன. டா-வின்சி (Da-Vinci) மற்றும் ஜீயஸ் (Zeus) போன்ற மிக அண்மைத் தொழில்நுட்பம் கொண்ட தொலைநோக்கு அறுவை சிகிச்சை எந்திரன்களும் வணிக ரீதியாகக் கிடைக்கின்றன. சில தொழிற்சாலைகளில் இரவுப்பணிக்கு எந்திரங்களை ஓடவிட்டு விளக்கை அணைத்துவிட்டு வீட்டுக்குச் சென்றுவிடுகிறார்கள் (lights-out manufacturing). இதிலிருந்து தொழிலக தன்னியமாக்கலில் எந்த அளவு எந்திரன்கள் புழக்கத்தில் வந்துவிட்டன என்று தெரிந்துகொள்ளலாம்.

இன்று நாம் மென்பொருள் மூலம் எளிதாகத் தரவுகளை உருவாக்குகிறோம், அனுப்புகிறோம், உருமாற்றம் செய்கிறோம். இதேபோல் தானியங்கிகள் மூலம் அனேகமாக எல்லாப் பொருட்களையும் எளிதாக உருவாக்கவும், அனுப்பவும், உருமாற்றம் செய்யவும் இயலக்கூடிய நாள் வெகு தொலைவில் இல்லை. இன்றே தானியங்கிகள் சுரங்கத்தில் இருந்து தாதுப்பொருட்களை வெட்டி எடுக்கின்றன, கச்சாப் பொருட்களிலிருந்து பாகங்களை உருவாக்குகின்றன மற்றும் பாகங்களிலிருந்து முழு உற்பத்திப் பொருட்களை தொகுக்கின்றன.

இயந்திரன் கைகள் (Robotic arms)



எந்திரன் கை

தொழில் துறையில் பயன்படுத்தப்படும் பல தானியங்கிகள் முழு இயந்திர மனிதர்கள் போல் இல்லையென்றாலும் இவற்றில் பல இயந்திரக் கைகள் போல் வேலை செய்கின்றன. மேலும் இவற்றில் இயந்திரக் கண்கள் போன்ற உணரிகள் உண்டு. நாம் கண்ணால் பார்த்து கையால் செய்யக்கூடிய வேலைகளை இவற்றால் பெரும்பாலும் செய்ய முடியும். நாம் செய்யக் கூடியனமான மேலும் நம்மால் செய்ய முடியாத சில வேலைகளைக் கூட இவற்றால் செய்ய முடியும். எடுத்துக்காட்டாக நம் கைகளை விட மிக அதிகமாக பளு தூக்க முடியும். நம் கைகளை விட அதி வேகமாக நகர்த்த முடியும். நம் மணிக்கட்டு மற்றும் முழங்கை திரும்பக்கூடிய கோணத்தைவிட அதிகமாகத் திருப்பவும் முடியும். இவை எல்லாவற்றையும் விட முக்கியமாக இடர்விளையக்கூடிய இடங்களில் தானியங்கிகள் இன்றியமையாததாக ஆகி விட்டன.

பறக்கும் எந்திரன்கள் (Flying robots)

எந்திரன்கள் எப்போதுமே நடந்து, உருண்டு செல்பவைதான் என்று நினைத்தீர்களா என்ன? சில எந்திரன்கள் பறந்தும் செல்லக்கூடியவை. இவற்றைத் தானோட்டி வானூர்தி (drone) என்று சொல்கிறோம். நேரடியான கட்டுப்பாடு இல்லாமல் நடவடிக்கை எடுக்கும் திறன்தான் முக்கியமாக ஒரு தானியங்கியை ஒரு தொலைக் கட்டுப்பாடு செய்த சாதனமாக இல்லாமல் ஒரு உண்மையான எந்திரனாகச் செய்கிறது.

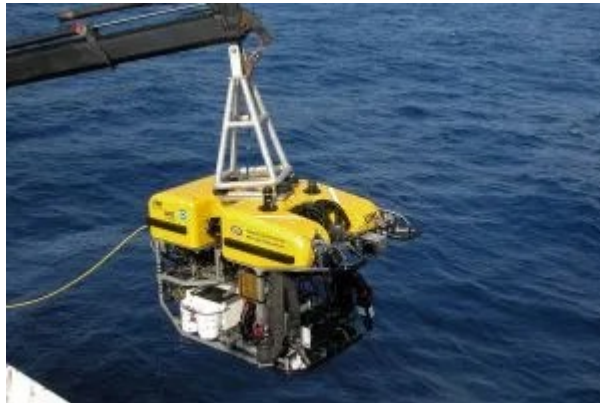


தானோட்டி வானூர்தி

ஊர்திமேல் உள்ள உணரிகள் மற்றும் புவிநிலை காட்டி (GPS) ஆகியவற்றுடன் இணைந்து செயல்படும் மென்பொருள் கட்டுப்பாட்டு மூலம் பயணத்திட்டம்படி தன்னியக்கமாகப் பறந்து இவற்றால் இலக்கை அடைய முடியும். நவீன உலகின் பலவிதமான அம்சங்களிலும் தானோட்டி வானூர்திகள் பயனுக்கு வந்துவிட்டன, புகைப்படம், தொலைக்காட்சி செய்திகளிலிருந்து, சுற்றுச்சூழல் கண்காணிப்பு மற்றும் தொல்பொருளியல் வரை.

நீர்மூழ்கி எந்திரன்கள் (Diving robots)

நிலத்திலும் வானத்திலும் மட்டும்தானென்றில்லை, நீரிலும் எந்திரன்கள் பல வேலைகளைச் செய்கின்றன. படகு எந்திரன்கள் மட்டுமல்ல, வணிக ரீதியான நீர்மூழ்கிகள் பல. புவியியல் விஞ்ஞானிகள், தொல்பொருள் ஆராய்ச்சியாளர்கள், இராணுவம், புகைப்படக்காரர்கள் மற்றும் கடலடி ஆராய்ச்சியாளர்கள் நீர்மூழ்கி எந்திரன்களை பல வேலைகளுக்குப் பயன்படுத்துகிறார்கள்.



நீர்மூழ்கி எந்திரன்

இவை அமுக்கமானிகள், திசைகாட்டி மற்றும் டாப்ளர் சோனார் (Doppler Sonar) ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி, இருக்கும் இடம் மற்றும் ஆழம் போன்ற திசையமைவுகளைத் துல்லியமாக மதிப்பிடுகின்றன. தானோட்டி வானூர்திகளுக்காக உருவாக்கப்பட்ட பல கருத்தாக்கங்கள் நீருக்கடியில் மிகவும் வேறுபட்ட சூழ்நிலையிலும் வேலை செய்கின்றன.

நன்றி தெரிவிப்புகள் (Acknowledgements)

1. [Robot – PNG images and cliparts for web design](#)
2. [uArm Metal Open Source Robot Arm by Siaopan – Wikipedia](#)
3. [Gray drone white board by Adonyi Gábor on Pxhere](#)
4. [The science ROV 'Hercules' by Brennanphillips – Wikipedia](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: தொழில்துறை எந்திரங்கள் (Industrial Robots)

முதல் எந்திரனை 1954 இல் ஜார்ஜ் டெவல் (George Devol) என்பவர் தொழில்துறைக்கே உருவாக்கினார். தொழில்துறை எந்திரங்களின் அடிப்படைக் கருத்துகள் எண்ணிம கட்டுப்பாடு மற்றும் தொலைக் கையாளுதல் (remote manipulation) ஆகியவற்றிலிருந்து உருவாகியுள்ளன. தொழில்துறைத் தானியங்கிகளைப் பொதுவாக ஐந்தாறு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

Robotics 2. தொழில்துறை எந்திரங்கள்

முதல் எண்ணிம கட்டுப்பாடு மற்றும் நிரல் எழுதி இயக்கக்கூடிய எந்திரனை 1954 இல் ஜார்ஜ் டெவல் (George Devol) என்பவர் உருவாக்கினார். ஜெனரல் மோட்டார்ஸ் நிறுவனத்துக்கு முதல் யூனிமேட் (Unimate) என்ற பெயர் கொண்ட எந்திரனை இவர் விற்றார். 1961 ஆம் ஆண்டில் அமெரிக்காவில் நியூ ஜெர்ஸியிலுள்ள ஒரு ஆலையில் அச்சு வார்ப்பு எந்திரத்திலிருந்து பழுக்கக் காய்ச்சிய உலோக பாகங்களை எடுத்து அடுக்கி வைக்க இந்த எந்திரன் நிறுவப்பட்டது. இது ஒரு எந்திரன் கை (Robotic Arm). கணினியால் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட இதற்கு டெவால் பெற்ற முதல் காப்புரிமைதான் நவீன எந்திரனியல் தொழில்துறைக்கு அடித்தளமாக இருக்கிறது.



யூனிமேட் எந்திரன்

எந்திரன் வகைகள்

தற்காலத்தில் எந்திரன்கள் பல துறைகளில் பயன்பாட்டுக்கு வந்துவிட்டன.

- தொழில்துறை எந்திரன்கள் (Industrial Robots)
- சேவை எந்திரன்கள் (Professional Service Robots)
- கூட்டுவேலை எந்திரன்கள் (Collaborative Robots or Cobots)
- மருத்துவ எந்திரன்கள் (Medical robots)
- கட்டுமான எந்திரன்கள் (Construction robots)
- வேளாண் எந்திரன்கள் (Agricultural robots)
- இராணுவ எந்திரன்கள் (Military Robots)

தொழில்துறை எந்திரன்களின் அடிப்படைக் கருத்துகள் எண்ணிம கட்டுப்பாடு மற்றும் தொலைக் கையாளுதல் (remote manipulation) ஆகியவற்றிலிருந்து உருவாகியுள்ளன.

தொலைக் கையாளுதல்

எந்திரங்கள் புழக்கத்திற்கு வருவதற்கு முன்னர் இடர்மிகுந்த பகுதிகளில் தொலைக் கையாளுதல் (remote manipulation) என்ற தொழில்நுட்பமே பரவலாகப் பயன்பாட்டில் இருந்தது. தொலைக் கையாளுதல் என்பது தூரத்திலுள்ள பணியை செய்யும் சாதனமாகும். இது மனித தொழிலாளர்கள் எளிதில் அல்லது பாதுகாப்பாக அணுக முடியாத சூழலில் பயன்படுத்தப்படலாம். எடுத்துக்காட்டாக கதிரியக்கப் பொருட்களைக் கையாளுவதற்கு, அல்லது சில ஆழ்கடற்பகுதிகளைச் சார்ந்த மற்றும் விண்வெளி வேலைகளுக்கு. தற்கால எந்திரங்களில் மனித பொறி இயக்கருக்குப் பதிலாக எண்ணிம கட்டுப்பாட்டைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஆகவே தற்கால தொழில்துறை எந்திரங்கள் மனிதக் கை மற்றும் தொலைக் கையாளுதலுடன் வடிவவியலில் சில ஒற்றுமைகளைக் கொண்டுள்ளன.

எண்ணிம கட்டுப்பாடு

ஹென்றி போர்டு (Henry Ford) தொகுப்பு வரிசை (assembly line) உற்பத்தி முறையை உருவாக்கினார். இது ஒரு பொருளின் ஒரே மாதிரியை தொடர்ந்து உருவாக்குவதற்கு சிறந்த உற்பத்தி முறை ஆகும். ஆனால் ஒரு மாதிரியை மாற்றி மற்றொரு மாதிரி தயார் செய்ய வேண்டுமென்றால் நிறைய எந்திர அமைப்புகளை மாற்ற மெனக்கெட வேண்டும், நேரமும் எடுக்கும். இக்காரணத்தால் “Model T” சீருந்தை கருப்பு நிறத்தில் மட்டுமே தயாரித்து விற்பனை செய்தார். “உங்களுக்கு எந்த நிறம் வேண்டுமானாலும் கிடைக்கும், ஆனால் அது கருப்பு நிறமாக இருக்க வேண்டும்!” என்ற அவருடைய கோட்பாடு மிகவும் பிரபலமானது.

நவீன உற்பத்தி தொழிற்சாலைகள் சிறிய அளவில் பல்வேறு வகையான பொருட்களை உற்பத்தி செய்ய வேண்டும். நீண்ட காலத்திற்கு ஒரே தயாரிப்பின் ஒரே மாதிரியையே அதிகமான எண்ணிக்கையில் தயார் செய்து பயனில்லை. தயாரிப்பு மாதிரிகள் மற்றும் உற்பத்தி கால அட்டவணைகளில் அடிக்கடி ஏற்படும் மாற்றங்களுக்கு ஏற்ப உற்பத்தி அமைப்பில் நெகிழ்வுத்தன்மை தேவை.

தற்காலத் தொழில்துறை எந்திரங்கள் நிரலால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. நிரல்களையும், சேமிக்கப்பட்ட தரவுகளையும் மாற்றியமைப்பதன் மூலம் இவை பல்வேறு செயல்பாடுகளைச் செய்ய முடியும், இது எண்ணிம கட்டுப்பாடுகளின் பயன்பாட்டிலிருந்து உருவான ஒரு அம்சமாகும்.

இவ்வாறு கணினி எண்ணிம கட்டுப்பாடு (CNC) மற்றும் தொலைக் கையாளுதலின் (remote manipulation) ஒருங்கிணைப்பு எந்திரனியல் என்ற ஒரு புதிய பொறியியல் துறையையே உருவாக்கியது

தொழில்துறைத் தானியங்கிகள்

தொழில்துறைத் தானியங்கிகளைப் பொதுவாக ஐந்தாறு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்:



தொழில்துறை எந்திரன் வகைகள்

- செங்குத்து ஆய முறை எந்திரங்கள் (Cartesian): X , Y மற்றும் Z ஆக 3 அச்சுகளில் நேரியல் இயக்கங்கள் மூலம் பாகங்களை எடுத்து வைத்தல் வேலைகளுக்கு உகந்தது. இது நாம் மணிக்கட்டை மேலும் கீழும், உள்ளும் வெளியும், இடமும் வலமும் நகர்த்துவதற்கு சமமானது. இவை பார்த்தால் உத்தர பாரந்துக்கி (gantry crane) போன்று இருப்பதால் இவற்றுக்கு உத்தர எந்திரன் என்றும் பெயருண்டு.
- உருளை வடிவ எந்திரங்கள் (Cylindrical): இவற்றுக்கும் மூன்று அச்சுகளில் இயக்கம் உண்டு. ஆனால் இரண்டு நேரியல் ஒன்று வட்ட இயக்கம்.
- மூட்டு இணை எந்திரன் கை (SCARA – Selective Compliance Articulated Robot Arm): ஒரு தொகுப்பில் x , y , z மற்றும் சுழல் இயக்கம் கொண்டிருக்கும்.
- ஆறு அச்ச எந்திரங்கள் (6-Axis): ஒரு சீருந்தின் மீது இருக்கைகளைப் பொருத்துவது போன்ற பெரிய தொகுப்பு வரிசை வேலைகளை இவற்றால் தான் செய்ய முடியும்.
- இணைகர எந்திரங்கள் (Delta): ஒரு செலுத்துப் பட்டையிலிருந்து (conveyor belt) பாகங்களைப் எடுத்து அவற்றைப் பெட்டிகளிலோ அல்லது மற்றொரு செலுத்துப் பட்டை மீதோ வைத்தல் போன்ற பரிமாற்ற வேலைகளுக்குப் பயன்படுகிறது.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Razor Robotics – UNIMATE PUMA 200 Robot Arm](#)
2. [NPTEL – Industrial robotics – Common Robot Configurations](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: கொஞ்சம் கோட்பாடு கொஞ்சம் கைமுறைப் பயிற்சி

வெறும் கோட்பாடுகளை மட்டும் படித்தால் சலிப்புத் தட்டும் மற்றும் புரிவதும் கடினம். ஆகவே கொஞ்சம் கைமுறைப் பயிற்சியை இடையிடையே செய்வோம். இதற்கான வன்பொருள்களில் தொடக்கத்திலேயே செலவை இழுத்து விடாமல் பயிற்சிக்கு வேறு என்ன வழி என்று பார்ப்போம்.

Robotics 3. கொஞ்சம் கோட்பாடு கொஞ்சம் கைப்பயிற்சி

பயிற்சி வழிக் கற்றல்

கோட்பாடுகள் உருவமற்றவை. அதிகமானால் சலிப்புத் தட்டும், புரிந்து கொள்வதும் கடினம். கைப்பயிற்சியில் விளையாட்டாகக் கற்றுக்கொள்ளலாம். ஆனால் வெறும் கைப்பயிற்சி மட்டுமே செய்தால் நாம் முயற்சிப்பது வேலை செய்தாலும் ஏன் வேலை செய்தது என்று தெரியாது. ஏதாவது பிரச்சினை வந்து கொஞ்சம் மாற்ற வேண்டுமென்றால் எதை மாற்றுவது, ஏன் என்றும் புரியாது. எனவே கொஞ்சம் கைப்பயிற்சிகளுடன் கொஞ்சம் அடிப்படைகளைக் கலந்து படித்தால் எளிதாகப் புரியும் மற்றும் சலிப்புத் தட்டாது.

உணர், திட்டமிடு, செய்

எந்திரனியலில் கருத்தியல் (paradigm) என்பது ஒரு எந்திரன் எவ்வாறு இயங்குகிறது என்பதற்கான ஒரு மன மாதிரி (mental model) ஆகும். உணர், திட்டமிடு, செய் என்ற மூன்று அடிப்படை வேலைகளை எந்த வரிசையில் செய்கிறோம் என்பதை வைத்து எந்த எந்திரனியல் கருத்தியலை நாம் பின்பற்றுகிறோம் என்று சொல்லலாம்.

சிலர் எந்த வேலையையும் நிதானமாக யோசனை பண்ணி திட்டமிட்டுச் செய்வர். இதை முன்யோசனை (deliberative) முறை என்று கூறலாம். படிவரிசை (hierarchical) அல்லது முன்யோசனை மன மாதிரியை இவ்வாறு விவரிக்கலாம். எந்திரன் தன்னிடமுள்ள உணரிகளால் சுற்றுச்சூழலை முதலில் உணர்கிறது. இவற்றைப் பொறுத்து அடுத்த நடவடிக்கையைத் திட்டமிடுகிறது. பின்னர் செயல்படுகிறது. இவ்வாறு ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் வெளிப்படையாக அடுத்த நடவடிக்கையைத் திட்டமிட்ட பின்னரே செயல்படுகிறது.

மற்றும் சிலரோ எடுத்தேன் கவிழ்த்தேன் என்று செய்வர். இதை எதிர்வினை (reactive) முறை என்று கூறலாம். உணரிகளில் சுற்றுச் சூழலைப் பற்றி என்ன தெரிய வந்ததோ அதற்கு எதிர்வினையாக உடன் செயல்படுதல். இந்த மன மாதிரியில் திட்டமிடுதல் என்ற படிநிலை கிடையாது.

முன்யோசனை முறையே சிறந்ததாகத் தோன்றும். பலரும் இதையே பரிந்துரை செய்வர். எனினும் வண்டி ஓடிக் கொண்டிருக்கும் போது குறுக்கே திடீரென தடை வந்தால் யோசனை செய்து நேரத்தை வீணடிக்க மாட்டோம். உடனடியாகத் திருப்புவோம் அல்லது நிறுத்தியை அழுத்துவோம். ஆகவே சூழலைப் பொறுத்து நமக்கு இரண்டு முறைகளுமே தேவைப்படலாம்.

இம்மாதிரி முன்யோசனை மற்றும் எதிர்வினை இரண்டையும் கலந்து செயல்படுவதைக் கலப்பு (hybrid) மன மாதிரி என்று கூறலாம். இந்த முறையில் ஒவ்வொரு பணியையும் எவ்வாறு சிறந்த முறையில் துணைப்பணிகளாகப் பிரித்துக் கொள்வது என்றும் ஒவ்வொரு துணைப்பணியையும் எவ்வாறு செய்து முடிப்பது என்றும் எந்திரன் முதலில் திட்டமிட்டுக் கொள்ளும். இந்தப் படிநிலையை மேற்கொண்ட பணியைத் திட்டமிடல் (mission planning) என்று கூறலாம். இம்மாதிரி முதலில் திட்டமிட்டுக்கொண்டு வேலை தொடங்கிய பின்னர் எதிர்வினை மன மாதிரி போலவே செயல்படும்.

பயிற்சி பெற செலவும், மெனக்கெடும்

ஒரு எந்திரன் வன்பொருளை அதன் பாகங்களிலிருந்து நீங்களே தொகுத்து, நிரல் எழுதி, பலவித செயல்பாடுகளை செய்து பார்க்க முடிந்தால் அதுவே இணையற்ற பயிற்சி ஆகும். இக்காரணத்தால் வன்பொருளுக்குப் பெருமளவு செலவு செய்தால்தான் இத்தொழில்நுட்பத்தைக் கற்றுக்கொள்ள முடியும் போலிருக்கிறதே என்று பயப்பட வேண்டாம். செலவின்றியும், செலவு குறைவாகவும் கற்றுக்கொள்ளும் பல வழிமுறைகளை இக்கட்டுரைத் தொடரில் காணலாம்.

பயிற்சி முறைகளை செலவு மற்றும் மெனக்கெடு கூடு வரிசையில் கீழே காணலாம்:

1. இணைய பாவனையாக்கிகளில் (Online simulators) இலவசமாகப் பயிற்சி எடுத்துக் கொள்ள முடிந்தால் செலவும் இல்லை, மெனக்கெடும் குறைவு. மேலும் தொடக்கத்தில் தடுமாற்றத்தையும் குறைக்கலாம்.

2. திறந்த மூல பாவனையாக்கிகளை (*Open source simulators*) பதிவிறக்கி, நிறுவி பயிற்சி செய்வதில் செலவு இல்லை. ஆனால் நிறுவி இயக்க கொஞ்சம் மெனக்கெட வேண்டும். இதற்குக் கைம்மாறாக இணையத்தில் இல்லாத பல பயிற்சிகளையும் செய்ய முடியும்.
3. உங்கள் ஊரில் எந்திரன் பயிற்சி நிறுவனம் இருந்தால் அவர்களுடைய வன்பொருளைப் பயன்படுத்தி கைப்பயிற்சி எடுத்துக் கொள்ளலாம். பயிற்சிக் கட்டணச் செலவு உண்டு. ஆனால் மெனக்கெடு குறைவு. எந்த வன்பொருளை வாங்கினால் உங்கள் நாட்டத்துக்கும், குறிக்கோள்களுக்கும், செலவுத்திட்டத்துக்கும் மிகவும் பொருத்தமானதாக இருக்கும் என்று தெளிவாக முடிவு செய்ய வழி வகுக்கும்.
4. இறுதியாக வன்பொருள் தொகுப்புகளை (*hardware kit*) வாங்கித் தொகுத்து, நிரல் எழுதிக் கைமுறையாக இயக்குவதுதான் அதி உன்னதப் பயிற்சியாகும்.

பார்வைக் கோணத்தைக் கட்டுப்படுத்தல் (*Viewpoint Control*)

எந்திரன் திறனளவிடல் (*Robot Benchmark*) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் மென்பொருள் ஏதும் நிறுவாமல் பயிற்சி பெறலாம். இந்த இணைய தளத்தில் பாவனையாக்கியைப் பயன்படுத்தி பல பயிற்சிகளை உருவாக்கியுள்ளனர். இந்த இணைய தளத்தில் ஒரு கணக்கு உருவாக்குங்கள். இதில் தொடக்க நிலை முதல் பயிற்சி பார்வைக் கோணத்தைக் கட்டுப்படுத்தல் (*Viewpoint Control*). இந்தப் பயிற்சியில் தொடங்கு (*Start*) பொத்தானை அழுத்தி உள்நுழையுங்கள். இதுவரை மற்ற பயனர்கள் எடுத்த மதிப்பெண்படி வரிசைப்படுத்திக் காட்டப்பட்டிருக்கும். இந்த திறனளவிடலை நிரல் எழுதி கட்டுப்படுத்துங்கள் என்ற (*Start programming this benchmark*) பொத்தானை அழுத்தி பயிற்சியைத் தொடங்குங்கள். தைமியோ 2 (*Thymio II*) என்ற எந்திரனை பாவனையாக்கியில் காணலாம்.



பார்வைக் கோணத்தைக் கட்டுப்படுத்தல்

பயிற்சி எவ்வாறு செய்வது என்ற விவரங்கள் 3 தத்தல்களில் (*tabs*) கொடுக்கப்பட்டிருக்கும்.

- **மேலோட்டம் (Overview):** சுட்டியைப் பயன்படுத்தி முப்பரிமாணக் கண்ணோட்டத்தைத் தேவையான கோணத்துக்கு எப்படி நகர்த்திக் கொண்டுவருவது என்று இந்தப் பயிற்சியில் நீங்கள் கற்றுக் கொள்வீர்கள்.
- **அளவு நிலைகள் (Metrics):** ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் மற்றும் நோக்குநிலையில் பார்வையை வைக்க வேண்டிய பயிற்சியில் இந்த தத்தல் உங்கள் முன்னேற்றத்தைக் காண்பிக்கும். எந்திரன் திறனளவிடல் தரவுத்தளத்தில் உங்கள் செயல்திறனையும் இது பதிவு செய்யும். இந்த தத்தலின் கீழே சித்தரிக்கப்பட்டிருக்கும் மேற்புறப் பார்வையில் (top view) உள்ளபடி முடிந்தவரை நெருக்கமாகப் பெற பார்வைக் கோணத்தை நகர்த்தவும். படத்தில் உள்ளதை விட வேறொரு உருவ விகிதத்தைப் (அகல உயர விகிதம்) பயன்படுத்தினால், நீங்கள் சரியான பார்வைக் கோணத்தைப் பெறமாட்டீர்கள் என்பதை நினைவில் கொள்ளுங்கள். எனவே ஒரு நல்ல விளைவைப் பெற உதவும் வகையில் உங்கள் சாளரத்தின் அளவை மாற்ற வேண்டியிருக்கலாம். மேலே காட்டப்படும் நிறைவு சதவீதம் உங்கள் பார்வைக் கோணத்தின் நிலை இலக்கு பார்வைக் கோணத்தின் நிலைக்கு எவ்வளவு நெருக்கமாக இருக்கிறது என்பதைக் குறிக்கிறது. நல்ல மதிப்பெண் வந்தவுடன் பதிவுசெய் (Record) என்ற பொத்தானை அழுத்தி அதைப் பதிவு செய்ய முடியும்.
- **ஆணைகள் (Instructions):** கண்ணோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த சுட்டியை எவ்வாறு பயன்படுத்துவது என்பதை இந்த தத்தல் உங்களுக்கு விளக்குகிறது.
 - **சுழற்று:** இடது சுட்டி பொத்தானைக் கொண்டு ஒரு 3D பொருளில் சொடுக்கி, சுட்டியை இழுக்கவும். அப்பொருளைச் சுற்றி கண்ணோட்டம் சுழலும்.
 - **நகர்த்து:** வலது பொத்தானை காட்சியில் சொடுக்கி சுட்டியை இழுக்கவும்.
 - **பெரிதாக்கு:** 3D காட்சியில் சொடுக்கி சுட்டியின் சக்கரத்தை உருட்டவும். சுட்டியின் சக்கரத்தை அழுத்தி, முன்னோக்கி அல்லது பின்னோக்கி சுட்டியை இழுப்பதன் மூலமும் பெரிதாக்கவும், சிறிதாக்கவும் இயலும்.
 - **சாய்:** 3D காட்சியில் சுட்டியின் சக்கரத்தை அழுத்தி இடது அல்லது வலது பக்கம் சுட்டியை இழுக்கவும். ஒரே நேரத்தில் இடது மற்றும் வலது சுட்டி பொத்தான்களை அழுத்துவது சுட்டியின் சக்கரத்தை அழுத்துவதற்கு சமமானதாகும்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [RobotBenchmark – Online Robot Programming](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **சேவைத் தானியங்கிகள் (Professional Service Robots)**

1979 ஆம் ஆண்டில் அமெரிக்காவில் மூன்று மைல் தீவு (Three Mile Island) அணுமின் நிலைய விபத்து. கதிரியக்கப் பொருட்களைக் கையாளக்கூடிய சிறப்பு எந்திரன் உருவாக்கம். இதைத் தொடர்ந்து தொழில்சார் துப்புரவு எந்திரன்கள், பார்வையிடல் எந்திரன்கள், கள எந்திரன்கள், வாடிக்கையாளர் சேவை எந்திரன்கள், சரக்கு கையாளும் எந்திரன்கள், வேளாண் எந்திரன்கள், கட்டுமான எந்திரன்கள் இன்ன பிற.

Robotics 4. சேவை எந்திரன்கள்

மூன்று மைல் தீவு (Three Mile Island)

1979 ஆம் ஆண்டில் அமெரிக்காவில் மூன்று மைல் தீவு அணுமின் நிலையத்தில் விபத்து ஆகி கதிரியக்க பொருட்கள் கசிந்து விட்டன. மேல் தளத்தைப் பார்வையிட முடிந்தது. பல பாதுகாப்பு முன்னேற்பாடுகள் செய்துகொண்டு சுத்தம் செய்யும் வேலையைத் தொடங்க முடிந்தது. ஆனால் கீழ்த்தளத்திலிருந்த நிலவறையைப் பார்க்க இயலவில்லை. ஆகவே பிரச்சினையின் பரிமாணத்தை அளவிடக்கூட இயலவில்லை.



ரோவர் எந்திரனுடன் விட்டேக்கர்

பிட்ஸ்பர்கில் உள்ள கார்னகி மெல்லன் பல்கலைக்கழகத்தில் எந்திரனியல் பேராசிரியர் வில்லியம் விட்டேக்கர் தலைமையிலான மாணவர்கள் குழுவினர் கதிரியக்கப் பொருட்களைக் கையாளக்கூடிய ஒரு சிறப்பு எந்திரனை உருவாக்கும் வேலையைத் தொடங்கினர். இவர்கள் ஆறு மாதம் கடுமையாக உழைத்து ரோவர் என்ற பெயரிட்ட ஆறு சக்கர எந்திரனை உருவாக்கினர். இதில் ஒரு காணொளி படக்கருவி, அதற்கான மின் விளக்குகள் மற்றும் மின்சார மற்றும் தகவல் தொடர்பு கம்பி வடங்களை

சுருட்டியும் பிரித்தும் விடக்கூடிய சாதனங்கள் பொருத்தப்பட்டிருந்தன. பின்னர் பல கருவிகளையும் சாதனங்களையும் சிறப்பாகத் தயாரித்துப் பொருத்தினர். இதை அடித்தளத்தில் இறக்கிவிட்டு பார்வையிடவும், சோதனைகள் செய்யவும் மற்ற பல பணிகளுக்கும் பல ஆண்டுகள் பயன்படுத்தினர்.

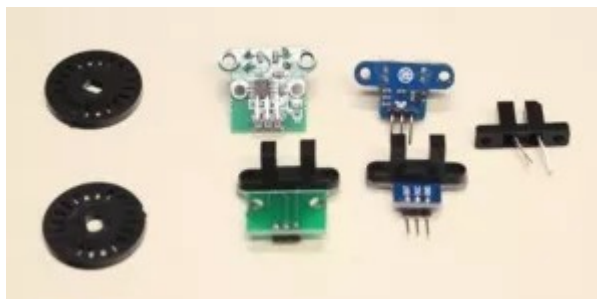
நாம் முந்தைய கட்டுரையில் பார்த்ததுபோல் எந்திரன்கள் தொழிற்சாலையில் பிறந்தவை. இருப்பினும் தொழில்நுட்பங்களில் விரைவாக ஏற்பட்ட முன்னேற்றங்களால் தொழிற்சாலை சூழலுக்கு வெளியில் பல சேவைகளுக்கு எந்திரன்கள் வந்துவிட்டன. இவை அருவருப்பான, இடர்மிருந்த, அதிக நேரம் எடுக்கக்கூடிய மற்றும் திரும்பத்திரும்பச் செய்ய வேண்டிய வேலைகளை அயராமல் செய்கின்றன.

சேவை எந்திரன் வகைகள்

- **தொழில்சார் துப்புரவு எந்திரன்கள் (Industrial Cleaning Robots):** இவை தொழிற்சாலை தளங்கள், கிடங்குகள், அரங்கங்கள், அலுவலகங்கள், சாலைகள் ஆகியவற்றை சுத்தம் செய்யப் பயன்படுகின்றன.
- **பார்வையிடல் எந்திரன்கள் (Inspection Robots):** மனிதரால் உள்ளே சென்று பார்க்கக் கடினமான அல்லது அணுக சாத்தியமற்ற பகுதிகளில் நீங்கள் பார்க்க வேண்டுமா? அப்படியானால், ஒரு பார்வையிடல் எந்திரன் உங்களுக்குத் தேவை. குழாய்கள் மற்றும் மதகுகள், சுரங்கக் குழாய்கள், வடிதுளை குழாய்கள், மர வீடுகளின் கீழ் உள்ள இடைவெளிகள் ஆகியவற்றை பார்வையிட்டு ஆய்வு செய்ய இவை பயன்படுகின்றன.
- **சரக்கு கையாளும் எந்திரன்கள் (Logistics Robots):** கிடங்குகள் மற்றும் பண்டக சாலைகளில் சரக்குகளைக் கையாளவும், அடுக்கி வைக்கவும், எடுத்துக் கொடுக்கவும் இவை முக்கியமாகப் பயன்படுகின்றன. இவற்றைத் தானியங்கு வழிகாட்டப்பட்ட வண்டிகள் (Automated Guided Vehicles – AGV) என்றும் சொல்கிறார்கள். இவை தரையிலுள்ள கோடுகள் அல்லது கம்பிகளைப் பின்தொடரும். ரேடியோ அலைகள், காந்தங்கள் அல்லது சீரொளிகளையும் வழிசெலுத்தலுக்குப் பயன்படுத்தலாம். புகைப்படக் கருவிகளை வைத்து பார்வை மூலம் செல்லும் எந்திரன்களும் வந்து விட்டன.
- **வாடிக்கையாளர் சேவை எந்திரன்கள்:** பெரும்பாலான வாடிக்கையாளர் சேவை எந்திரன்கள் ஒரு பொருளைக் கண்டுபிடிப்பதில் அல்லது பணியை நிறைவு செய்வதில் வாடிக்கையாளர்களுக்கு உதவப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சில்லறை வணிகத்தில் இவை சிறப்பு மற்றும் பல்பொருள் அங்காடிகளிலும், விருந்தோம்பல் துறையிலும் உதவுகின்றன.
- **கள எந்திரன்கள் (Field Robots):** இவை சுரங்கங்கள், காடுகள், வயல்வெளிகள் போன்ற கரடுமுரடான பகுதிகளில் வேலை செய்ய வல்லவை.
- **வேளாண் எந்திரன்கள் (Agriculture Robots):** வேளாண்மையில் பொதுவாக அறுவடை, காய் பழம் போன்றவற்றைப் பறித்தல், களைகள் கட்டுப்பாடு ஆகியவற்றுக்கு எந்திரன்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
- **கட்டுமான எந்திரன்கள் (Construction Robots):** பொதுவாக இந்த எந்திரன்கள் அபாயகரமான மற்றும் வருந்தி உழைக்கும் பணிகளைச் செய்கின்றன. முக்கியமாக இவை தகர்த்தல் வேலைக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. உடைத்தல், நொறுக்கல், துளை போடுதல், அள்ளுதல் ஆகிய வேலைகளுக்குத் தேவையான கைமுனை சாதனங்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இவை பார்த்தால் வாளி அகழி (excavator) போலிருக்கும், ஆனால் ஓட்டுனர் இருக்கை இருக்காது.

நகர்வை அளத்தல்

எந்திரனின் உணர்வுகளில் மிகவும் பொதுவானது நகர்வு பற்றிய உணர்வாகும். அதாவது தன் சொந்த இயக்கத்தைக் கண்காணிக்கும் எந்திரனின் திறன். இதற்கு ஒரு எளிய வடிவமைப்பு துளையிட்ட குறியாக்கி சக்கரங்களைப் (encoder wheels) பயன்படுத்துகிறது. சக்கரத்தின் ஒரு புறத்தில் எல்.இ.டி (LED) ஒளிர்கிறது. சக்கரத்தின் மறுபுறத்தில் ஒரு ஒளியுணரி (optical source-sensor) அந்த ஒளிக்கதிரைப் பெறுகிறது.



குறியாக்கி சக்கரங்கள் மற்றும் ஒளியுணரிகள்

எந்திரன் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரம் நகரும் போது, துளையிட்ட சக்கரம் சுற்றுவதால் ஒளியை மறைக்கிறது. அடுத்து கொஞ்சம் நகர்ந்தபின் ஒளி திரும்பவும் தெரியவரும். கணினி இம்மாதிரி சக்கர சுழற்சியின் அடிப்படையில் எவ்வளவு தூரம் நகர்ந்தது என்பதைக் கணிப்பீடு செய்ய முடியும். எடுத்துக்காட்டாக உங்கள் குறியாக்கி சக்கரத்தில் சமமான இடைவெளியில் 20 துளைகள் இருந்தால் ஒவ்வொரு துளைக்கும் சக்கரம் 18 பாகைகள் (360 பாகைகளை 20 ஆல் வகுத்து) சுற்றியது என்பதைக் குறிக்கிறது. அடுத்து சக்கரத்தின் விட்டத்தை வைத்து எவ்வளவு தூரம் நகர்ந்தது என்றும் கணக்கிடலாம்.

இம்மாதிரி குறியாக்கி சக்கரமும் ஒளியுணரியும் அதி நவீனத் தொழில்நுட்பமல்ல. உங்களுடைய கணினி சுட்டியில் உருட்டி (mouse scroll wheel) சுற்றும் அளவைக் கணிக்க இவையே பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Scientific American](#)
2. [DroneBot Workshop](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **எந்திரனை நிரல் எழுதி இயக்குதல்**

எந்திரன் கைக்கு நிரல் எழுதும் வகைகள். கற்பித்தல் பதக்கம் (teach pendant). எந்திரனை பைதான் மொழியில் நிரல் எழுதி இயக்குதல் கைப்பயிற்சி. தைமியோ 2 எந்திரனின் இடக் கட்டுப்பாடு (Thymio II position control)

Robotics 5. எந்திரனை நிரல் எழுதி இயக்குதல்

தேவையான இயக்கங்களின் வரையறையை முன்னரே கொடுத்துவிட்டால் எந்திரன் மனிதத் தலையீடு இல்லாமல் அவற்றைச் செய்ய முடியும். ஆனால் நமக்குத் தேவையான வேலை செய்யுமாறு அமைப்பை அடையாளம் கண்டு மற்றும் குறிப்பிட்டு வடிவமைத்து முன்கூட்டியே நிரல் எழுத வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, எடுத்து வைத்தல் (pick-and-place) வேலை செய்யும் எந்திரன் கைமுனை சாதனம் (end effector) எந்தத் தோற்ற அமைவில் இருக்க வேண்டும் என்று நாம் முடிவு செய்து நிரல் எழுத வேண்டும்.

எந்திரன் கைக்கு நிரல் எழுதும் வகைகள்

நிரல் எழுதும் வகைகளுக்கு எடுத்துக்காட்டாக எந்திரன் கையைப் (Robotic Arm) பார்ப்போம். நாம் முன்னரே பார்த்தது போல இது தொழில்துறையில் மிகவும் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதற்கு நாம் பல நிலைகளில் நிரல் எழுதலாம்.

- **மூட்டு நிலை நிரலாக்கம்:** எந்திரன் கையில் ஒவ்வொரு மூட்டுக்கும் இயக்கம், நிலை ஆகிய அடிப்படைச் செயல்களுக்கு நிரல் எழுதலாம்.
- **பணி நிலை நிரலாக்கம்:** முழுப் பணிகளையோ அல்லது துணைப் பணிகளையோ ஒன்றன்பின் ஒன்றாகச் செய்யச் சொல்லலாம். எடுத்துக்காட்டாக, சிவப்பு வண்ணம் பூசு அடுத்து பல்லிணைப் பெட்டியைத் (gear box) தொகு.
- **எந்திரன் நிலை நிரலாக்கம்:** உயர் மட்டத்தில் எந்திரனின் நிலைகள், நோக்கு நிலைகள் மற்றும், தேவைப்பட்டால், வீச்சுப் பாதைகள் நிரலாக்கம்.

கற்பித்தல் பதக்கம் (Teach pendant)



கற்பித்தல் பதக்கம்

கற்பித்தல் பதக்கம் என்பது கம்பி மூலமாகவோ அல்லது கம்பி இல்லாமலோ எந்திரனை இயக்கவல்ல கைக்கருவி. X-Y-Z திசைகளில் எந்திரனின் கையை எவ்வளவு தூரம் நகர்த்த வேண்டும் என்று நிரல் எழுதுவது கடினமான வேலை. கற்பித்தல் பதக்கம் மூலம் நாம் தேவையான தூரம் நகர்த்தி அதைப் பதிவு செய்தோம் என்றால் அதை எந்திரன் திருப்பிச் செய்ய வல்லது. அதாவது ஒவ்வொரு அச்சிலும் நாம் நகர்த்திய தூரங்களைக் கணக்கிட்டு, நாம் நகர்த்திய பாதையையும் பார்த்து நிரல் உண்டாக்கும். பின்னர் நமக்குத் தேவையான போது அந்த நிரலை ஓட்டினால் அதையே திரும்பச் செய்யும்.

எந்திரனை பைதான் மொழியில் நிரல் எழுதி இயக்குதல் கைப்பயிற்சி

எந்திரன் திறனளவிடல் (*Robot Benchmark*) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் மென்பொருள் ஏதும் நிறுவாமல் பயிற்சி பெறலாம் என முந்தைய கட்டுரையில் பார்த்தோம். அவற்றில் இது இரண்டாம் பயிற்சி. முதல் பயிற்சியை செய்தபின் இதைச் செய்வது நன்று.

“Robot Programming” என்ற இந்தப் பயிற்சி ஒரு எந்திரனைத் துல்லியமாகக் குறிப்பிட்ட இடத்திற்கு நகர்த்தும் பயிற்சி. முதலில் எந்திரனைக் கட்டுப்படுத்தும் நிரலில் எவ்வாறு தேவையான மாற்றங்கள் செய்து சேமிப்பது என்று கற்றுக் கொள்வோம். மேலும் எந்திரனைத் தொடக்க இடத்தில் கொண்டு சென்று, நாம் மாற்றி அமைத்த நிரல்படி ஓட்டித் தேவையான இடத்தைத் துல்லியமாகச் சென்றடைகிறதா என்று பார்ப்போம்.



தையியோ 2 எந்திரனும் இலக்கும்

மூல நிரல் தொகுப்பியைத் திறக்கவும். சுட்டியின் வலது பொத்தானை அழுத்தி தோன்றும் பட்டியலில் “Edit controller” தேர்வு செய்யவும். எந்திரனைக் கட்டுப்படுத்தும் மூல நிரல் தொகுப்பியில் திறக்கும். இது ஒரு எளிய பைதான் நிரல். நிரலைத் திருத்தவும்: 7 ஆம் வரியிலுள்ள மாறியின் (variable) மதிப்பை 0 என்பதிலிருந்து 10 என்று மாற்றவும். உங்கள் நிரலை சேமிக்க Ctrl+S ஐ அழுத்தவும்.

“Play” பொத்தானை அழுத்தினால் எந்திரன் நிரலில் குறிப்பிட்ட தூரம் ஓடும். செயல்திறன் தத்தலில் உங்கள் மதிப்பெண் பதிவு செய்யப்படும். அவர்கள் கொடுத்த இடத்தில் துல்லியமாக நிறுத்தினால் 100 மதிப்பெண் கிடைக்கும். குறைந்த மதிப்பெண் கிடைத்தால் நிரலில் மாற்றம் செய்து, சேமித்து திரும்பவும் ஓட்டலாம். “Reset” பொத்தானை அழுத்தினால் திரும்பவும் பழைய இடத்திலிருந்து ஓடும்.

ஓட்டிப் பார்க்கும்போது முனையத்தில் சில வெளியீடுகள் வரும். இது உங்கள் நிரல் சரியாக ஓடுகிறதா என்று நல்ல பின்னூட்டம் கொடுக்கக்கூடும். கருவிப்பட்டையில் “Console” தேர்வு செய்து நீங்கள் முனையத்தைத் திறந்து இந்த வெளியீடுகளைப் பார்க்க முடியும்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Staubli RX-Paint robotic arm teach pendant – Wikipedia.](#)
2. [RobotBenchmark – Online Robot Programming](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **கூட்டுவேலை எந்திரன்கள் (Collaborative Robots or Cobots)**

நம் வேலைக்குத் தக்க நிறுவி அமைத்தல் எளிது. தொழிலாளர் பாதுகாப்புக்காக விசைப் பின்னூட்டம் (force feedback) மற்றும் மோதல் தவிர்ப்பு (collision avoidance) ஆகிய உள்ளார்ந்த அம்சங்களைக் கொண்டுள்ளன. விலையும் குறைவு. ஆகவே குறு, சிறு மற்றும் நடுத்தரத் தொழில் நிறுவனங்கள் மதிப்பீடு செய்யலாம்.

Robotics 6. கூட்டுவேலை எந்திரன்கள் (Collaborative Robots or Cobots)

தொழில்துறை எந்திரன்கள் பொதுவாக கனரக இயந்திரங்கள் வகையில் அடங்குபவை. மேலும் இவை மிகத் துரிதமாக இயங்குபவை. ஆகவே பாதுகாப்புக்காக தொழில்துறை எந்திரன்களைச் சுற்றி கம்பி வலை தடுப்பு போடுவது வழக்கம். தொழிற்சாலையில் வேலை செய்பவர்கள் தற்செயலாக எந்திரன்களின் அருகில் செல்ல நேரிட்டால் கடுமையான விபத்துகள் நிகழக்கூடும் என்பதாலேயே இந்த முன்னெச்சரிக்கை எடுக்கப்படுகிறது.

சமீப காலத்தில் பார்வை உட்பட பல்வேறு உணரிகளில் ஏற்பட்டுள்ள தொழில்துறை மேம்பாடுகள் காரணமாக புது வகையான தொழில் துறை எந்திரன்கள் சந்தைக்கு வந்துள்ளன. இவற்றை வலை கம்பிக்குப் பின்னால் தனிமைப்படுத்தி வைக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. இவை எடையில் இலேசாக இருப்பது மட்டுமல்லாமல் தொழிற்சாலையில் வேலை செய்யும் தொழிலாளர்களுக்கு உதவியாக அவர்களுக்கு அருகிலேயே பாதுகாப்பாக வேலை செய்ய வல்லவை. ஆனால் முன்னதாக இடர் மதிப்பீடு செய்வது அவசியம்.



கூட்டுவேலை எந்திரன்

நம் வேலைக்குத் தக்க நிறுவி அமைத்தல் எளிது

பொதுவாகக் கணினியில் வன்பொருள் மற்றும் மென்பொருட்களை நிறுவிய பின் அமைப்பு வடிவாக்கம் (configuration) செய்து, நமக்குத் தேவையான சரி செய்து, பின்னர் தான் பயன்படுத்த முடியும். செருகி உடன் பயன்படுத்தக்கூடிய மென்பொருள் மற்றும் மின்னணுவியல் சாதனங்களை ஆங்கிலத்தில் plug-and-play என்று கூறுவர்.

வழக்கமாகத் தொழில்துறை எந்திரன்களை நிறுவி அமைக்க சில வாரங்கள் ஆகும். ஆனால் இந்தக் கூட்டு வேலை எந்திரன்களை முழுமையாக plug-and-play என்று சொல்ல முடியாது. எனினும் சில மணி நேரங்களில் நிறுவி அமைக்க இயலும். நிரல் எழுதத் தேவையில்லை. கைக்கணினி மூலம் அமைக்க முடியும். அல்லது கூட்டு வேலை எந்திரனின் கைகளை நமக்குத் தேவையானபடி சரி செய்து கொள்ளலாம். வேலை மாறினால் அதற்குத் தகுந்தபடி எளிதில் மாற்றியும் நிறுவிக்கொள்ளலாம்.

தொழிலாளர்களுக்குப் பாதுகாப்பானவை

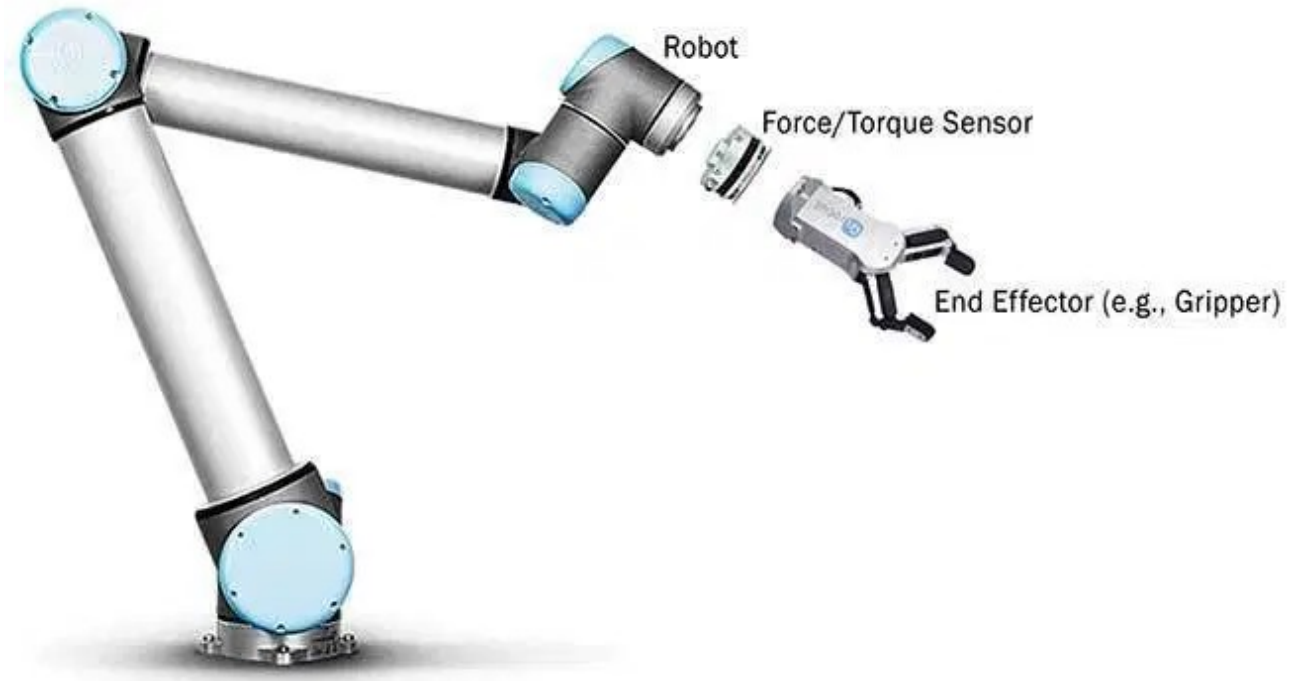
கூட்டு வேலை எந்திரங்கள் வேலை செய்கையில் தொழிலாளர்களுக்கு இடையூறு நேராமல் இருப்பதற்காக அவற்றைக் கம்பிவலை தடுப்பில் வைக்க வேண்டிய தேவையில்லை. அவற்றால் இடையூறுகளை உணர முடியும். மனிதர்கள் அல்லது மற்ற இடையூறுகளில் மோதலைத் தவிர்க்க வேகத்தை குறைத்துக் கொள்ளவும் அல்லது திரும்பிப் பின் பக்கம் செல்லவும் முடியும். கூட்டு வேலை எந்திரங்கள் தொழிலாளர் பாதுகாப்புக்காக விசைப் பின்னூட்டம் (force feedback) மற்றும் மோதல் தவிர்ப்பு (collision avoidance) ஆகிய உள்ளார்ந்த அம்சங்களைக் கொண்டுள்ளன. மோதக் கூடிய நிலையை முன்னறிதல் மற்றும் மோதல் தவிர்ப்பு பற்றி விவரமாக அடுத்த கட்டுரையில் காணலாம்.

விசை (force) மற்றும் திருகுவிசை (torque) உணரிகள்

திருகுவிசைக் கைக்குறடு (torque wrench) பயன்படுத்தித் தேவையான அளவு மட்டுமே திருகுவிசை வைத்துத் திருகுவது உங்களுக்கு தெரிந்திருக்கலாம். இதுவும் ஒரு மாதிரியான திருகுவிசை உணரிதான். ஆனால் துல்லியம் குறைவு. திருகுவிசை நாம் அமைத்த வரம்புக்கு மேல் சென்றால் பிடிப்பை விடுவித்து விடும்.

பல வேலைகளில் தொழில்துறை எந்திரங்களுக்கு விறைப்புத்தன்மை (rigidity) தேவைப்படுகிறது. தொகுத்தல் போன்ற வேலைகளில் தேவையான துல்லியத்தை அடைவதற்கு இது மிகவும் அவசியமாகிறது. எனினும், சூழ்நிலையில் ஒரு எதிர்பாராத மாற்றமோ அல்லது தடங்கலோ ஏற்பட்டால் அதை எந்திரனால் உணர முடியாது மற்றும் அதற்கு ஏற்ப தன் இயக்கங்களை மாற்றிக் கொள்ள முடியாது. இது எந்திரனியலில் ஒரு கடினமான பிரச்சினையாகும்.

சான்றாக, ஒரு எந்திரன் சுழல்தண்டை ஒரு துளைக்குள் தொகுக்க வேண்டும் என்று வைத்துக் கொள்வோம். பாகங்கள் நேரமையாமல் இருந்து எந்திரன் அதிக விசையைப் பயன்படுத்தினால் பாகங்கள் சேதமாகலாம். இதே தொகுப்பை ஒரு இயந்திரக் கைவினைஞர் செய்தால் விசை அதிகமாகத் தேவைப்படும் போது ஏதோ சரியில்லை என்று புரிந்துகொண்டு நேரமையை சரி செய்வார். ஆனால் எந்திரன்களுக்கு இந்தப் பின்னூட்டம் கிடையாது. கொடுத்த நகர்த்தல்களை கொடுத்த வேகத்தில் நிரலில் கூறிய படி செய்யக்கூடியவை. ஆகவே இதை உணர முடியாது.



விசை மற்றும் திருகுவிசை உணரி பொருத்திய கூட்டுவேலை எந்திரன்

விசை மற்றும் திருகுவிசை உணரி பொருத்திய கூட்டுவேலை எந்திரன்

எந்திரனுக்கு இந்த உணர்வைக் கொடுக்கக்கூடியவை விசை மற்றும் திருகுவிசை உணரிகள். நவீன கூட்டு வேலை எந்திரன்களில் இந்த உணரிகள் பெரும்பாலும் படத்தில் கண்டவாறு பொருத்தப்படுகின்றன. இதற்கான மேம்பாடு செய்த மென்பொருட்களும் உடன் வருகின்றன. சமீபத்தில் [உலோக வெட்டு கருவி \(machine tool\) தயாரிப்பாளர்கள் கண்காட்சியில் இந்தியாவிலேயே தயாரிக்கப்பட்ட கூட்டு வேலை எந்திரன் செயற்காட்சி அளிக்கப்பட்டதாம்.](#)

விலையும குறைவு

கணினித் துறையில் ஏற்பட்டுள்ள மேம்பாடுகள் காரணமாக திறன் வாய்ந்த கணினிகள் குறைந்த விலையிலும் சிறிய அளவிலும் கிடைக்கின்றன. மேலும் எந்திரனியலில் சமீபத்தில் ஏற்பட்ட மேம்பாடுகளால் இந்தக் கூட்டு வேலை எந்திரன்கள் குறைந்த விலையில் கிடைக்கின்றன. மேற்கத்திய நாடுகளில் ஒரு தொழில்துறை எந்திரன் வாங்கி நிறுவித் தயார் செய்ய ஒரு தொழிலாளருக்கு இரண்டு வருடம் கொடுக்கும் சம்பளம் அளவு முதலீடு செய்ய நேரிடும் என்று குத்துமதிப்பாகச் சொல்கிறார்கள். ஆனால் கூட்டு வேலை எந்திரன்களுக்கு இதில் மூன்றில் ஒரு பங்குதான் முதலீடு தேவைப்படும்போல் தெரிகிறது. [குஜராத் மாநிலத்தில் நெசவு இயந்திரம் தயாரிக்கும் ஒரு சிறு நிறுவனத்தார் கூட்டு வேலை எந்திரன் வாங்கி நிறுவி இயக்குவதால் எம்மாதிரிப் பயன் கிடைக்கிறது என்று இந்தக் காணொளியில் விளக்குகிறார்கள்.](#) ஆகவே குறு, சிறு மற்றும் நடுத்தரத் தொழில் நிறுவனங்கள் கூட்டுவேலை எந்திரன்களை தங்கள் வேலைக்கு ஆகுமா என்று மதிப்பீடு செய்யலாம்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [LBR iiwa specifically designed by Kuka Robotics company to work with humans – Wikipedia](#)
2. [Photonics Media – NORA BERECKZI, OPTOFORCE](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **மோதல் தவிர்ப்பு (Collision Avoidance)**

ப்ரைடென்பெர்க் வண்டி (Braitenberg vehicle) என்ற எளிமையான இடையூறு தவிர்ப்பு (obstacle avoidance) நிரல் எழுதும் வினைச்சரம். பலவகை நெருங்கமை உணரிகள் (Proximity sensors). இடையூறு தவிர்ப்பு கைப்பயிற்சி.

குறிப்பு: அடுத்த கட்டுரையில் வரும் கைப்பயிற்சியை செய்து பார்க்க பைத்தான் நிரல்மொழி ஓரளவு தெரிந்திருக்க வேண்டும்.

Robotics 7. மோதல் தவிர்ப்பு

ப்ரைடென்பெர்க் வண்டி (Braitenberg vehicle)

ப்ரைடென்பெர்க் வண்டி என்பது இத்தாலியக் கணினி வல்லுநர் வாலண்டினோ ப்ரைடென்பெர்க் ஒரு சிந்தனைப் பரிசோதனையில் உருவாக்கிய கருத்துரு. இடையூறுகள் உள்ள சூழலில் உணரிகளின் உதவியுடன் வண்டி தன்னியக்கமாகச் செல்ல இது அடிப்படையாக உள்ளது. ஆகவே இது எளிமையான இடையூறு தவிர்ப்பு (obstacle avoidance) நிரல் எழுதும் வினைச்சரமாகப் (algorithm) பயன்படுகிறது.

இதன் எளிமையான அமைவில் மின்கலம் (photo cell) போன்ற சாதாரணமான உணரிகளை நேரடியாக சக்கரங்களுடன் இணைக்கலாம். ஒவ்வொரு சக்கரமும் தனி மின்விசை மூலம் நேரடியாக இயக்கப்படவேண்டும். எனவே உணரியிலிருந்து சமிக்ஞைகள் கிடைத்தவுடன் சக்கரம் உடனடியாக அதன்படி இயங்கும். நாம் முன்னொரு கட்டுரையில் பார்த்த உணர், செய் என்ற எதிர்வினை (reactive) முறை எந்திரனியல் கருத்தியலை (paradigm) நினைவுகூறுங்கள். இது எளிமையான வினைச்சரமாக இருப்பினும் இதன்படி வண்டி செல்வதைப் பார்த்தால் மிகவும் சிக்கலானதாக மட்டுமல்ல அறிவார்ந்ததாகக் கூடத் தோன்றக்கூடும்.

நெருங்கமை உணரி (Proximity sensor)

நெருங்கமை உணரி என்பது நேரடியாகத் தொடாமல் அருகிலுள்ள பொருட்களின் இருப்பைக் கண்டறியும் உணரி ஆகும். நெருங்கமை உணரி பெரும்பாலும் ஒரு மின்காந்தப்புலம் அல்லது மின்காந்தக் கதிர்வீச்சை (அகச்சிவப்பு போன்ற) உமிழ்கிறது. அந்தப் புலத்தில் அல்லது திரும்பி வரும் சமிக்ஞையில் மாற்றங்கள் உள்ளனவா என்று சரி பார்க்கிறது.

எந்தப் பொருளை உணர முயற்சித்திறோமோ அதை நெருங்கமை உணரியின் இலக்கு என்று சொல்லலாம். அந்த இலக்கின் தன்மையைப் பொறுத்து வெவ்வேறு உணரிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கலாம். சான்றாக இலக்கு நெகிழியாக இருந்தால் மின்தேக்கி (capacitive) அல்லது ஒளிமின் உணரியையும் அது உலோகமாக இருந்தால் மின் தூண்டல் (inductive) உணரியையும் பயன்படுத்தலாம்.



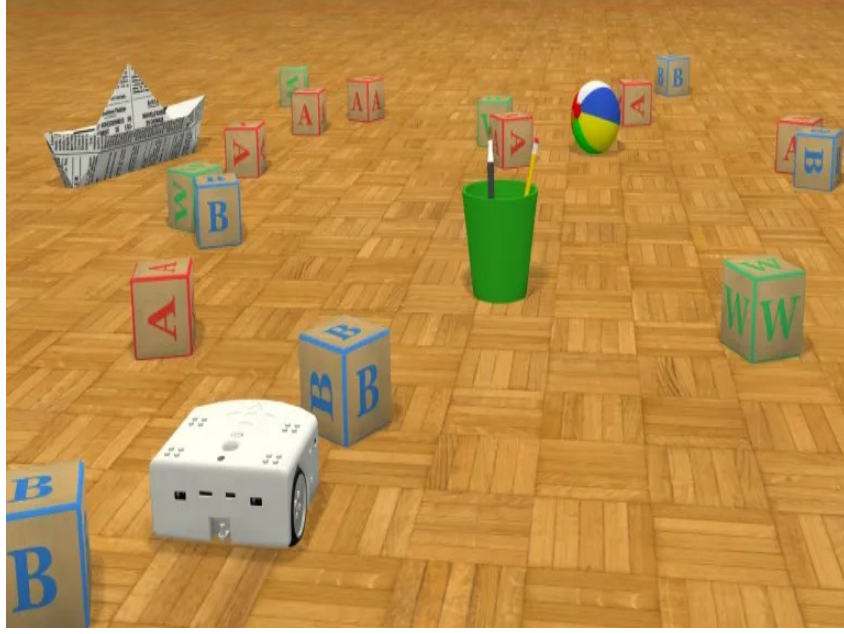
திறன்பேசிகளில் உள்ள ஒளியியலில் வேலை செய்யும் நெருங்கமை உணரி

ஒளியியல் உணரிகள் ஒவ்வொரு திறன்பேசிக்கும் தொடக்கத்திலிருந்தே ஒரு அவசியமான பகுதியாக இருக்கின்றன. பயனர்கள் பேசுவதற்காக திறன் பேசியை தங்கள் காதுக்கருகில் கொண்டு சென்றவுடன் திரையை அணைக்கவும் மற்றும் தொடுதல் செயல்பாட்டை செயலிழக்கவும் இது வழி செய்கிறது.

இடையூறு தவிர்ப்பு (Obstacle Avoidance)

குறிப்பு: இந்தக் கட்டுரையில் உள்ள கைப்பயிற்சியை செய்து பார்க்க பைதான் நிரல்மொழி ஓரளவு தெரிந்திருக்க வேண்டும். கடினமாக இருந்தாலும் முயற்சி செய்து பாருங்கள். மேலும் கற்றுக்கொள்ள இது உங்களை ஊக்குவிக்கும்.

எந்திரன் திறனளவிடல் (Robot Benchmark) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் முதல் இரண்டு பயிற்சிகளைச் செய்தபின்னர் இதைச் செய்வது நன்று. பைதான் நிரலாக்க மொழியைப் பயன்படுத்தி, தைமியோ 2 எந்திரனுக்கு இடையூறுகளைத் தவிர்ப்பதில் திறம்பட செயல்படும் படிமுறைகளை உருவாக்குவதே இந்தப் பயிற்சியின் நோக்கமாகும். இந்தப் போட்டியில் சிறந்த செயல்திறன் சுமார் 36 நொடிகள் ஆகும். நீங்கள் இதை மீற முடியுமா அல்லது இதற்கு மிக அருகில் நெருங்க முடியுமா என்பதுதான் சவால்.



இடையூறு தவிர்ப்பு

அறையின் எதிர்ச் சுவரை கூடியவரை விரைவாக எந்திரன் அடைய வேண்டும். அதே நேரத்தில் தடைகள் அனைத்தையும் தவிர்க்க வேண்டும். இடையூறுகள் ஒவ்வொரு ஓட்டத்திலும் சீரற்ற வகையில் மாற்றி அமைக்கப்படும். முந்தைய ஓட்டங்களில் பார்த்த இடர்களை அடுத்த ஓட்டங்களில் பயன்படுத்தாமலிருக்கவே இந்த யுக்தி. அறையிலுள்ள எந்த ஒரு இடையூறு மேலும் மோதினால் அது பணியை முடிப்பதில் உடனடியாகக் தோல்வியடைந்ததாகக் கருதப்படுகிறது.

நேரத்தை எவ்வாறு குறைப்பது? வேகத்தை அதிகப்படுத்தலாம். ஆனால் அதிக வேகத்தில் தடைகள் மேல் மோதக்கூடிய இடர் அதிகமாகிறது. ஆகவே அதற்குத் தகுந்தாற்போல் உணரிகளின் செயல்பாட்டைச் சரி செய்ய வேண்டும்.

மேலும் நம் இலக்கு எந்தத் திசையில் இருக்கிறது என்று நமக்குத் தெளிவாகத் தெரியாவிட்டால் நாம் திசை தடுமாறி உள்ளேயே சுற்றிக் கொண்டிருக்கக் கூடும். ஆகவே தைமியோ 2 எந்திரனில் ஒரு திசைகாட்டி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இருப்பினும் கொடுக்கப்பட்ட நிரலில் இதை எவ்வாறு பயன்படுத்துவது என்று சொல்லவில்லை. திசைகாட்டிக்கான துணுக்கு நிரல் தனியாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதை நீங்கள் தேவையானபடி சேர்த்துக் கொள்ளலாம். திசைகாட்டி சாதனத்தின் முழு ஆவணங்களுக்கான இணைப்பும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [The optical proximity sensor of a smartphone by Pancho507 – Wikimedia Commons](#)
2. [RobotBenchmark – Obstacle Avoidance](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **நகர்வு திட்டமிடல் (Motion planning)**

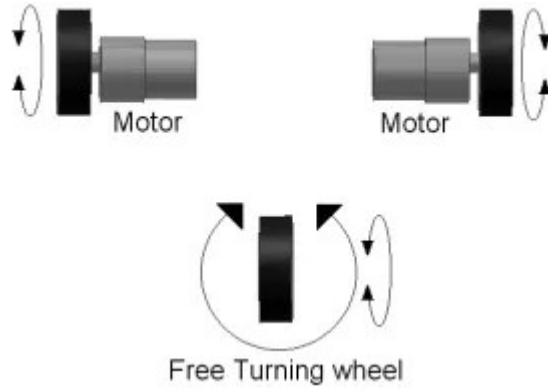
எந்திரன் நகர்வு வகைகள். தனித்தனியாக செலுத்தப்படும் சக்கர எந்திரன் (*Differential wheeled robot*). நகர்வு திட்டமிடல். சதுரப் பாதையைப் பின்பற்றுதல் கைப்பயிற்சி.

Robotics 8. நகர்வு திட்டமிடல் (Motion planning)

எந்திரன் நகர்வு வகைகள்

- **சக்கர எந்திரன்கள்:** நாம் பயிற்சிகளில் பார்க்கும் தைமியோ 2 போன்ற பல பயிற்சி எந்திரன்கள் சக்கர வகையே.
- **சுழல்நெறிப் பட்டை எந்திரன்கள்:** கவச வாகனம் (military tank) போன்ற சுழல்நெறிப் பட்டைகளில் (tracks) நிலையாக நிற்கவும், கரடுமுரடான புலங்களில் நகரவும் இவையே சிறந்தவை. பரவலாக விற்கப்படும் லெகோ மைண்ட்ஸ்டார்ம்ஸ் மற்றும் பூஸ்ட் பயிற்சி எந்திரன் தொகுப்புகள் சுழல்நெறிப் பட்டைகள் கொண்டவை.
- **நடக்கும் எந்திரன்கள்:** படிக்கட்டுகளில் ஏறுவது நடக்கும் எந்திரன்களால்தான் முடியும். ஆர்பாட்டிக்ஸ் ஹெக்ஸி (ArcBotics – Hexy) என்ற நடக்கும் பயிற்சி எந்திரன் தொகுப்பு பற்றி பின்னொரு கட்டுரையில் விவரமாகப் பார்ப்போம்.

தனித்தனியாக செலுத்தப்படும் சக்கரங்கள் கொண்ட எந்திரன் (Differential wheeled robot)



தனித்தனியாக செலுத்தப்படும் இரண்டு சக்கரங்கள் (two separately driven wheels) மற்றும் திரும்பும் உடனோடி சக்கரம் (swivel caster)

பெரும்பாலான எந்திரன்கள் கார் போல ஓடுவதில்லை. இரண்டு முக்கிய சக்கரங்கள் உண்டு, ஒவ்வொரு சக்கரத்துக்கும் தனித்தனியான மோட்டார் உண்டு. மூன்றாவது திரும்பும் சக்கரம் எந்திரன் சாய்ந்துவிடாமலிருக்க பின்புறத்தில் உடனோடியாக இருக்கும். அலுவலகங்களில் நாற்காலிகளின் கால்களில் நீங்கள் திரும்பும் சக்கரம் பார்த்திருக்கலாம்.

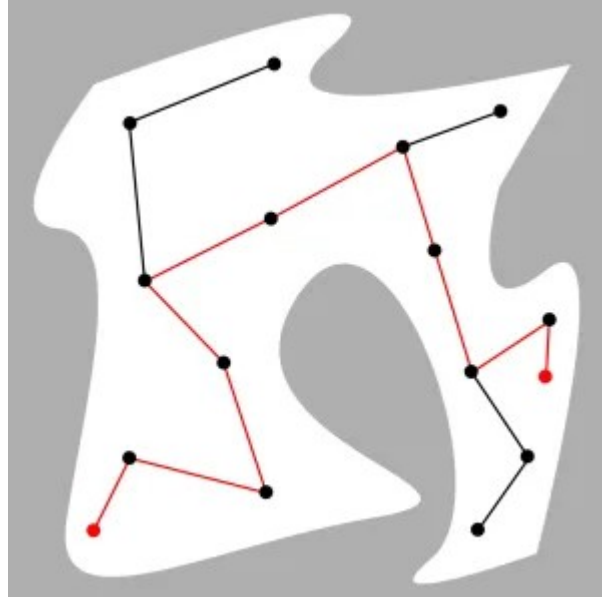
இரு சக்கரங்களும் ஒரே வேகத்தில் ஒரே திசையில் சுழன்றால் எந்திரன் நேர்கோட்டில் முன்னோக்கியோ அல்லது பின்னோக்கியோ ஓடும். இரு சக்கரங்களும் ஒரே வேகத்தில் ஆனால் ஒன்றுக்கொன்று எதிர் திசையில் சுழன்றால் எந்திரன் நகராது, ஆனால் இருந்த இடத்திலேயே திரும்பிக் கொண்டிருக்கும்.

இம்மாதிரி எந்திரன்களைக் கொடுத்த இலக்கை நோக்கி நகர்த்த நிரல் எழுதுவது எளிது. இலக்கை நோக்கித் தேவையான கோணம் இருந்த இடத்திலேயே திரும்பி பின்னர் நேர்கோட்டில் இலக்கை அடைய முடியும்.

நகர்வு திட்டமிடல்

நகர்வு திட்டமிடலுக்கு நாம் நல்லதொரு வினைச்சரம் உருவாக்க வேண்டும். இதையே வழிசெலுத்தல் புதிர் அல்லது பியானோ நகர்த்தல் புதிர் என்றும் கூறுவர். கொடுத்த இடத்தில் இருந்த கொடுத்த விதிமுறைகள்படி இலக்கை அடையும் வழியைத் துணைப் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கும் திட்டம் தயார் செய்வதை நகர்வு திட்டமிடல் என்று கூறுகிறோம். இடையூறுகளைத் தவிர்க்க வேண்டும், தரையிலிட்ட

கோட்டின் மேல்தான் செல்ல வேண்டும் அல்லது சுவரை ஒட்டிச் செல்ல வேண்டும் என்று பல மாதிரியான விதிமுறைகள் இருக்கலாம்.



இலக்கை அடையும் வழி திட்டமிடல்

எடுத்துக்காட்டாக நம் எந்திரன் ஒரு கட்டடத்துக்குள் ஒரு இலக்கைச் சென்றடைய வேண்டும் என்று வைத்துக் கொள்வோம். வழியில் சுவரில் மோதாமலும் படிக்கட்டுகளில் கவிந்து விழாமலும் எந்தப் பாதையில் நேர்கோட்டில் சென்று எந்த இடத்தில் நின்று எவ்வளவு பாகைகள் திரும்பி எப்படிச் சென்றடைவது என்று நம் வினைச்சரம் முதலில் கணித்துக் கொள்ளும். அடுத்த இவற்றை சக்கரங்களின் சுழல்வேகமாக மாற்றி ஆணைகளை நேரடியாகச் சக்கரங்களுக்கு அனுப்பும்.

சதுரப் பாதையைப் பின்பற்றுதல்

[எந்திரன் திறனளவிடல் \(Robot Benchmark\)](#) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் இரண்டு மீட்டர் பக்கம் உள்ள சதுரப் பாதையை நம்முடைய எந்திரனால் துரிதமாகவும் துல்லியமாகவும் பின்பற்ற வைப்பதே இந்த சவால்.



சதுரத்தின் ஒவ்வொரு பக்கத்திற்கும் மூன்று அளவுருக்களை அடிப்படையாக வைத்து செயல்திறனைக் கணக்கிடுகிறது. முதலில் சதுரப் பாதைக்கு எவ்வளவு நெருங்கிச் சென்றது, இரண்டாவது எவ்வளவு துரிதமாகச் சென்றது, மூன்றாவது அந்தப் பக்கத்தின் இலக்குக்கு எவ்வளவு அருகில் நெருங்கி வந்தது. இவற்றில் நேரத்துக்கு இரண்டு பங்கு எடையும் மற்ற இரண்டுக்கும் ஒரு பங்கு எடையும் வைத்து எடையிட்ட சராசரியைக் (weighted average) கணக்கிடுகிறது.

இந்த எந்திரனின் சக்கரங்களில் நகர்ந்த தூரம் அளவிடும் உணரிகள் உண்டு. இதை வைத்து நகர்ந்த தூரத்தைத் துல்லியமாகக் கணக்கிட்டு நிறுத்தினால் நாம் அதிக மதிப்பெண் பெற முடியும்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Three wheeled differential steering by Patrik – Wikimedia Commons](#)
2. [A path through configuration space using a road map by Simeon87 – Wikimedia Commons](#)
3. [RobotBenchmark – Square Path](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **முடுக்க மானி (Accelerometer)**

உங்கள் திறன் பேசியில் முடுக்க மானி செய்யும் வேலைகள். இ-பக் (E-puck) கல்வி எந்திரன். திறந்த வன்பொருள் (open hardware). தலைகீழ் ஊசல் (Inverted Pendulum) கைப்பயிற்சி.

Robotics 9. முடுக்க மானி (Accelerometer)

உங்கள் திறன் பேசியை நீளவாட்டத்தில் இருந்து அகலவாட்டத்திற்குத் திருப்புகிறீர்கள் என்று வைத்துக் கொள்வோம். நீங்கள் பார்த்துக் கொண்டிருக்கும் காணொளியோ அல்லது நீங்கள் பயன்படுத்திக் கொண்டிருக்கும் செயலியோ நீளவாட்டத்தில் இருந்து அகலவாட்டத்திற்குத் திரும்புகிறது அல்லவா? இதன் பின்னால் இருப்பது தான் முடுக்கமானி. உங்கள் தேகப் பயிற்சியை அளவிடும் செயலிகள் நீங்கள் எடுக்கும் தப்படிகளை எண்ணிக் காட்டும். மற்றும் சில வண்டியோட்டும் செயலிகள் உங்கள் வண்டி செல்லும் வேகத்தையும் காட்டும். இவை யாவுமே முடுக்க மானிகளால் நடைபெறுகின்றன.

இ-பக் (E-puck) கல்வி எந்திரன்

அடுத்து வரும் பயிற்சியில் இந்த எந்திரனையே பயன்படுத்தப் போகிறீர்கள். தொடக்கத்தில் இது கல்வியில் பயன்படும் எந்திரனாகவே வடிவமைத்து வெளியிடப்பட்டது. [இது ஒரு திறந்த வன்பொருள் ஆகும்.](#) ஆகவே இது பல நிறுவனங்களால் உருவாக்கி விற்பனை செய்யப்படுகிறது. இதன்விளைவாக இதே போன்ற அம்சங்களைக் கொண்ட வணிக எந்திரன்களை விட இதன் விலை குறைவாக உள்ளது. ஆகவே இதை அறிவியலாளர்கள் ஆராய்ச்சிக்கும் பரவலாகப் பயன்படுத்துகிறார்கள்.



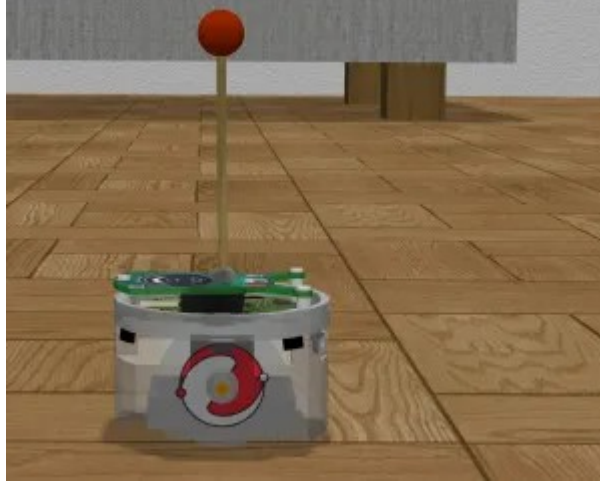
இ-பக் கல்வி எந்திரன்

திறந்த வன்பொருள் (open hardware)

[திறந்த அல்லது திறந்த மூல வன்பொருள்](#) என்றால் என்ன? ஒரு பொருளின் வடிவமைப்புத் தரவரைவுகள் எல்லாம் வெளியிடப்பட்டுள்ளன என்று வைத்துக் கொள்வோம். அதன் திட்டங்கள் (schematics), நீலப் படிவங்கள் (blueprints), தர்க்க வடிவமைப்புகள் (logic designs), கணினி உதவி வடிவமைப்பு (CAD) வரைபடங்கள், கோப்புகள் போன்ற “மூலக் குறியீடுகள்” யாவருக்கும் கிடைக்கும். இவற்றை அனுமதிக்கப்பட்ட உரிமங்களின் கீழ் எவரும் மாற்றலாம் அல்லது விரிவாக்கலாம். அந்தப் பொருளின் பாகங்களுக்கான முழுவிலவரமும் வெளியிடப்படுவதால் பல நிறுவனங்களும் தனி நபர்களும் அந்தப் பொருளைத் தயார் செய்து விற்பனை செய்யலாம்.

தலைகீழ் ஊசல் (Inverted Pendulum)

எந்திரன் திறனளவிடல் (Robot Benchmark) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் இதற்கு முந்தைய பயிற்சிகளைச் செய்தபின்னர் இதைச் செய்வது நன்று. ஒரு இ-பக் எந்திரனை வைத்து ஒரு நுனியில் எடை வைத்த குச்சியை பக்கவாட்டில் சாய்ந்து விழாமல் முடிந்தவரை செங்குத்தாக நிறுத்துவது தான் இந்த சவால். இந்த நுனியில் எடை வைத்த குச்சியைத்தான் தலைகீழ் ஊசல் என்று சொல்கிறார்கள்.



தலைகீழ் ஊசலை சமன் செய்ய முயலும் இ-பக் எந்திரன்

கம்பங்கூத்தாடிகள் ஒரு குச்சியை விரல் நுனியில் செங்குத்தாக நிறுத்தி நெடுநேரம் சமன் செய்வதை நீங்கள் பார்த்திருப்பீர்கள். அதே வேலையைச் செய்ய ஒரு சக்கர எந்திரனுக்கு பைதான் மொழியில் நிரல் எழுதுவதே இந்தப் பயிற்சியின் நோக்கம். பாவனையின்போது சில சீரற்ற நிலைகுலைவு விசைகள் (random perturbation forces) ஊசலின் மேல் தரப்படும். நேரம் ஆக ஆக நிலைகுலைவு விசையின் அளவு அதிகமாகும். இவற்றை உங்கள் நிரலால் அதிக நேரம் சமாளிக்க முடிந்தால் அதிக மதிப்பெண் பெற முடியும்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Photo of the e-puck mobile robot by Stéphane Magnenat – Wikipedia](#)
2. [RobotBenchmark – Inverted Pendulum](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **எந்திரன் கை (Robotic Arm)**

விடு நிலைகள் (Degrees of freedom). எந்திரன் கைமுனை சாதனங்கள் (End Effectors or End Of Arm Tooling – EOAT). எடுத்து வைத்தல் (Pick And Place).

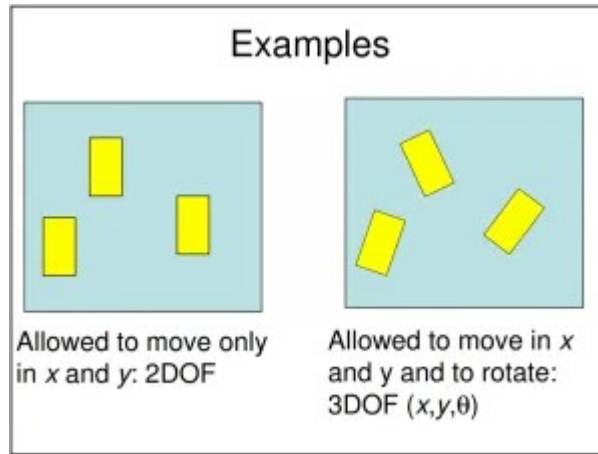
Robotics 10. எந்திரன் கை (Robotic Arm)

விடு நிலைகள் (Degrees of freedom)

விடு நிலைகள் என்றால் என்ன? எந்திரன் கையில் ஒவ்வொரு மூட்டும் ஒரு விடு நிலை என்று சொல்லலாம். அதாவது எந்திரன் கை வளைய, சுழள அல்லது முன்பின் நகரக்கூடிய இடம். எந்திரன் கைகளில் மூட்டுகள் வழக்கமாகத் தொடர் முறையில்தான் (serial) இருக்கும். தற்போது இணை முறையிலும் (parallel) மூட்டுகள் வைத்து சில எந்திரன்கள் வருகின்றன. தொடர் முறை மூட்டு எந்திரன் கைகளில் எத்தனை இயக்கிகள் உள்ளன என்று எண்ணினால் அதுதான் விடு நிலைகள் எண்ணிக்கை.

வேறுவிதமாகச் சொல்லப்போனால் தனித்தனியாகச் சார்பின்றி கட்டுப்படுத்தக்கூடிய (independently controllable) இயக்கங்களை விடு நிலைகள் என்று கூறலாம்.

சக்கர எந்திரன்களை எவ்வாறு வகைப்படுத்துவது?



இரண்டு மற்றும் மூன்று விடுநிலைகள்

எடுத்துக்காட்டாக, இடதுபக்கப் படத்திலுள்ள வண்டிகள் முன்னும் பின்னும் போக முடியும் மற்றும் பக்கவாட்டாக இடமும் வலமும் போக முடியும் என்று வைத்துக் கொள்வோம். இவற்றுக்கு இரண்டு விடுநிலைகள் உள்ளன என்று சொல்வோம். வலதுபக்கப் பக்கம் உள்ள படத்தில் உள்ள வண்டிகள் இவை தவிர மேற்கொண்டு தேவையான கோணங்களில் திரும்பவும் முடியும் என்று வைத்துக்கொள்வோம். இவற்றுக்கு மூன்று விடுநிலைகள் உள்ளன என்று சொல்வோம். நம்மால் நிரலில் இந்த மூன்றையும் தனித்தனியாகக் கட்டுப்படுத்த முடியும்.

எந்திரன் கைமுனை சாதனங்கள் (End Effectors or End Of Arm Tooling – EOAT)

வெற்றிடப் பிடிப்பி (Vacuum gripper) அதன் வேலைக்குத் தகுந்தாற்போல் மாற்றக்கூடிய நெகிழ்வுத்தன்மையால் உற்பத்தியில் நிலையானதாக உள்ளது. பொருட்களைப் பிடித்துத் தூக்க இந்த வகையான எந்திரன் பிடிப்பி ஒரு ரப்பர் அல்லது பாலியூரிதின் உறிஞ்சும் கிண்ணத்தைப் பயன்படுத்துகிறது.

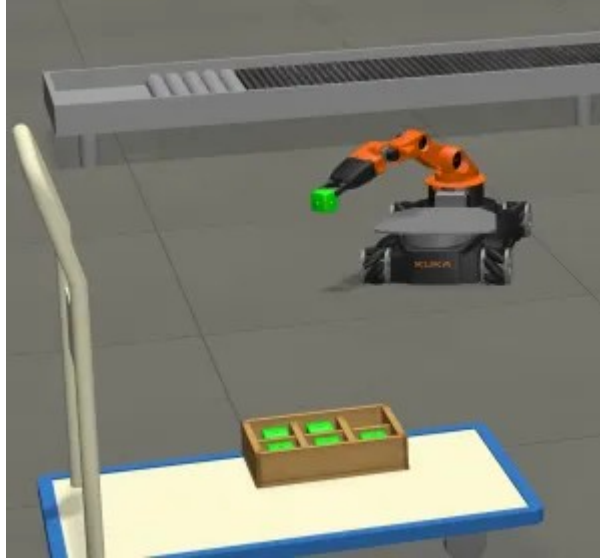
நீர்முத்தப் பிடிப்பி (Hydraulic gripper) மிகவும் பலம் வழங்குகிறது. ஆகவே அதிக அளவிலான விசை தேவைப்படும் வேலைகளுக்கு அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகிறது. 2000 psi வரை வழங்கக்கூடிய ஏற்றிகளிலிருந்து (pump) இந்த எந்திரன் பிடிப்பிகளுக்கு அந்த அளவுக்கு பலம் கிடைக்கிறது.

இவற்றின் கச்சிதமான அளவு மற்றும் லேசான எடை காரணமாக காற்றழுத்தப் பிடிப்பிகள் (Pneumatic grippers) பிரபலமானவை. உற்பத்தித் துறையில் இவற்றை எளிதாக எந்திரங்களுக்கு இடையில் உள்ள இறுக்கமான இடங்களில் பொருத்த முடியும்.

மின்காந்தப் பிடிப்பிகள் (Electromagnetic grippers) நேர்மின் சக்தியைப் பயன்படுத்துகின்றன. இவற்றைக் கட்டுப்படுத்துவதும் எளிது, பிடிப்பியிலிருந்து பாகத்தை விடுவிப்பதும் எளிது.

எடுத்து வைத்தல் (Pick And Place)

எந்திரன் திறனளவிடல் (Robot Benchmark) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் இதற்கு முந்தைய பயிற்சிகளைச் செய்தபின்னர் இதைச் செய்வது நன்று. குகா (Kuka) நிறுவனத்தின் யூபாட் (youBot) என்ற சக்கர எந்திரனைப் பயன்படுத்தி செலுத்துப் பட்டையிலிருந்து (conveyor belt) ஒரு கனசதுரத்தை எடுத்து அதற்கான பெட்டியில் வைப்பதுதான் இந்தப் பயிற்சியின் குறிக்கோள்.



குகா யூபாட் சக்கர எந்திரன் கை - எடுத்து வைத்தல்

முக்கிய திறன் அளவிடல் என்னவென்றால் பச்சை கனசதுரத்தை எடுத்து வண்டி மீது உள்ள பெட்டியில் காலியாக உள்ள இடத்தில் வைக்க எந்திரன் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் தான். செலுத்துப் பட்டை ஓடத் தொடங்கியவுடன் காலக்கணிப்பி ஓடத்துவங்கும். கனசதுரத்தைப் பெட்டியில் வைத்தவுடன் நின்றுவிடும். உடன் இதற்கு மொத்தமாக எடுத்த நேரம் பதிவு செய்யப்படும்.

பைதான் நிரலாக்க மொழியைப் பயன்படுத்தி செயல்திறனை மேம்படுத்துவது எப்படி? செயல்படுத்தும் நேரம் குறைக்க பல்வேறு உத்திகள் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, நீங்கள் வண்டியின் வேகத்தை அதிகரிக்கலாம், படிநிலைகளின் நேரத்தைக் குறைக்க வழி பார்க்கலாம், மற்றும் இயக்கங்களை இணையாகச் செய்யலாம். அதாவது வண்டி ஓடி நின்ற பின்தான் கையைத் திருப்புவது என்று இல்லாமல் வண்டி ஓடும் போதே கையைத் திருப்பலாம்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [J-C. Latombe. Robot Motion Planning – Carnegie Mellon University](#)
2. [RobotBenchmark – Pick And Place](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **புதிர்பாதைக்கு விடை காணுதல் (Maze solving)**

முட்டு சந்துகளை நிரப்புதல் (*dead-end filling*). ஆழம்-முதல் தேடல் (*Depth-first Search*). அகலம்-முதல் தேடல் (*Breadth-first search*). ஸ்டார் வார்ஸ் (*Star Wars*) படங்களில் வரும் ஒரு எந்திரன் பாத்திரம் பிபி-8. குழியிலிருந்து தப்பித்தல்.

Robotics 11. புதிர்பாதைக்குத் தீர்வு காணுதல் (Maze solving)

ஒரு எந்திரன் தன்னியக்கமாக புதிர் பாதையில் இருந்து வெளியேறும் வழியைக் கண்டுபிடிப்பதைத்தான் புதிர்பாதைக்குத் தீர்வு காண்பது என்கிறோம். சீரற்ற சுட்டி (random mouse), சுவர் பின்பற்றல் (wall follower), பிளேட்ஜ் (Pledge), மற்றும் ட்ரெமாக்ஸ் (Trémaux's) ஆகியவை ஒரு எந்திரனோ அல்லது ஆளோ முன்பின் தெரியாத புதிர் பாதையில் உள்ளே மாட்டிக் கொண்டால் வெளியேறும் வழியைக் கண்டு பிடிப்பதற்கான வினைச்சரங்கள்.

முட்டு சந்துகளை நிரப்புதல் (dead-end filling)

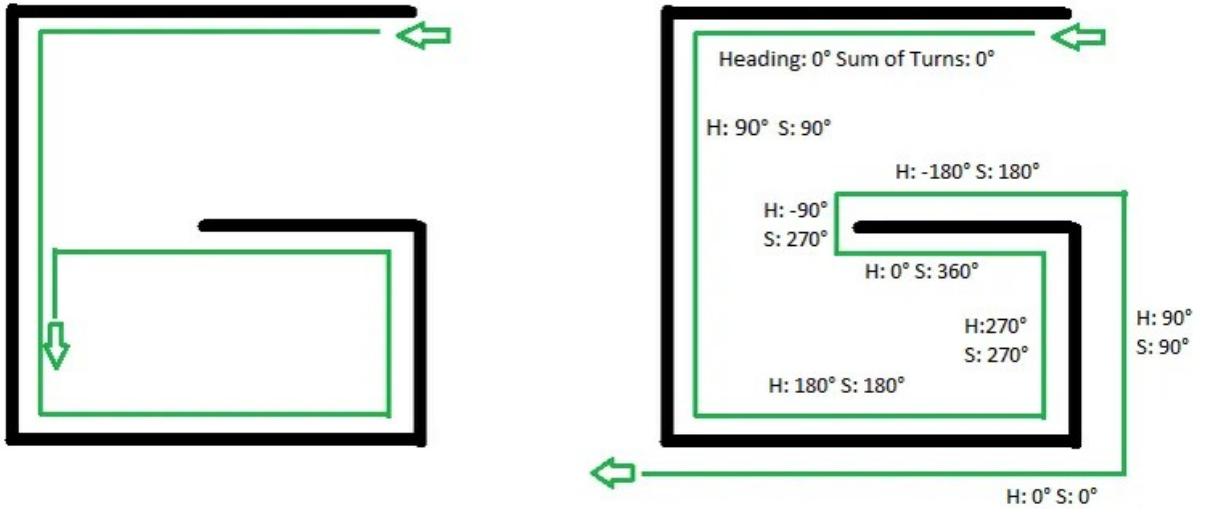
ஆனால் நீங்கள் முழு புதிர் பாதையையும் மேலிருந்து பார்க்க முடியும் என்று வைத்துக் கொள்வோம். இதற்கு முட்டு சந்துகளை நிரப்புதல் போன்ற வினைச்சரத்தைப் பயன்படுத்தலாம். எல்லா முட்டு சந்துகளையும் நிரப்பிவிட்டால், மீதம் இருப்பது நாம் வெளியே செல்லும் வழி தானே?

ஆழம்-முதல் தேடல் (Depth-first Search)

புதிர்பாதைக்குத் தீர்வு காணும் வினைச்சரம் உருவாக்க நீங்கள் அதை ஒரு கிளைப்படமாக உருவாக்கலாம். இதற்குத் தீர்வு காண ஆழம்-முதல் தேடல் உண்மையில் ஒரு நல்ல மீள்சுருள் தேடல் தான். இதன் விதிமுறை என்னவென்றால் முதலில் வலது கோடியில் உள்ள கிளையைப் பின்பற்றுவோம். அதில் வெளியேறும் வழி கிடைக்கவில்லை என்றால் திரும்பி வருவோம். திரும்பி வரும் வழியில் நமக்கு கிடைக்கும் இடது பக்கமோ அல்லது நேராகவே செல்லும் முதல் வாய்ப்பை எடுத்துக் கொள்வோம். அங்கிருந்து திரும்பவும் வலது கோடியில் உள்ள கிளையைப் பின்பற்றுவோம். இம்மாதிரி ஒவ்வொரு கிளையையும் அதன் முழு ஆழத்துக்குச் சென்று பார்த்து விடுவதால் இதை ஆழம்-முதல் தேடல் என்று கூறுகிறோம்.

அகலம்-முதல் தேடல் (Breadth-first search)

இதற்கு மாறாக அகலம்-முதல் தேடல் வழிமுறையில் ஒரு படியில் இருக்கும் எல்லா கிளைகளையும் முயற்சி செய்த பின்னர்தான் அடுத்த படிக்கு இறங்கிச் செல்வோம்.



புதிர்பாதைக்குத் தீர்வு காணுதல்

தொடரற்ற புதிர் பாதைகளுக்கு சுவரை ஒட்டிச் செல்லும் முறையில் தீர்வு காணலாம். ஆனால் உள்ளே செல்லும் வழியும் வெளியேறும் வழியும் புதிர் பாதையின் வெளிச்சுவர்களில் இருக்க வேண்டும். எந்திரன் புதிர்பாதையின் உட்பக்கத்தில் இருந்து தொடங்கி, வெளியே செல்லும் வழி தொடரற்ற

பகுதியில் இருந்தால் உள்ளேயே சுற்றிச் சுற்றி வரக் கூடும். [பிளேட்ஜ் வினைச்சரம் \(Pledge algorithm\)](#) மூலம் இதற்குத் தீர்வு காணலாம்.

குழியிலிருந்து தப்பித்தல்

[எந்திரன் திறனளவிடல் \(Robot Benchmark\)](#) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் இதற்கு முந்தைய பயிற்சிகளைச் செய்தபின்னர் இதைச் செய்வது நன்று. பிபி-8 என்பது ஸ்டார் வார்ஸ் (Star Wars) படங்களில் வரும் ஒரு எந்திரன் பாத்திரம் ஆகும். இது 2015 ஸ்டார் வார்ஸ்: த ஃபோர்ஸ் அவேகன்ஸ் (The Force Awakens) மற்றும் 2017 ஸ்டார் வார்ஸ்: தி லாஸ்ட் ஜெடி (The Last Jedi) ஆகியவற்றிலும் வருகிறது. இது கோளவருவான உடலும் தளையற்று இயங்கும் குவிமாடத் தலையும் கொண்ட எந்திரன். இது எந்திரன் பொம்மையாகத் தற்போது சந்தையில் கிடைக்கிறது. இந்த பொம்மையைக் கைக்கணினி அல்லது திறன்பேசி மூலம் இயக்கலாம்.



ஸ்டார் வார்ஸ் BB-8 எந்திரன்

நமது பாவனையாக்கியில் BB-8 எந்திரன் ஒரு பாலைவனத்தில் குழியில் மாட்டிக்கொண்டிருக்கிறது. இதை விரைவாகக் குழியிலிருந்து வெளியேற வழிசெய்யவேண்டும் என்பதுதான் சவால். ஒரு நிமிடத்திற்கும் அதிகமான நேரத்தை எடுத்துக் கொண்டால் ஆட்டம் நின்றுவிடும்.

எந்திரனைக் குழியிலிருந்து எவ்வளவு விரைவாக வெளியேற்றினீர்கள் என்பதை அடிப்படையாக வைத்து மதிப்பெண் கொடுக்கிறார்கள். தப்பவில்லையெனில், தப்பிக்க எவ்வளவு அருகில் நெருங்கி வந்தீர்கள் என்பதை வைத்து மதிப்பெண் கிடைக்கும்.

தப்பினால் மதிப்பெண் 50% முதல் 100% வரை கிடைக்கும். அக்கணமே தப்பித்தால் 100% கிடைக்கும். இருக்கும் ஒரு நிமிடத்தின் கடைசி விநாடியில் தப்பித்தால் 50% தான் கிடைக்கும். தப்பவில்லையெனில் குழியின் விளிம்பிலிருந்து எட்டிய தூரத்துக்கு நேரியல் தொடர்பாக 0% முதல் 50% வரை மதிப்பெண் கிடைக்கும்.

பைதான் நிரலாக்க மொழியைப் பயன்படுத்தி செயல்திறனை மேம்படுத்துவது எப்படி? குழியின் சாய்வு அதிகமாக இருப்பதால் எந்திரன் முன்னும் பின்னும் ஓடுவதில் வெளியே வற முடியாது போலிருக்கிறது. ஆகவே ஒரு பக்கம் மேல்நோக்கி ஓடித் திரும்பி குழிக்குள் உருண்டு மறுபக்கம் ஏறும் உந்துவேகத்தைப் பயன்படுத்த வழிபார்க்க வேண்டும். சரியான தருணங்களில் திசையை மாற்றினால் எந்திரன் தப்பிப்பதற்கு வாய்ப்பிருக்கிறது. நீங்கள் எந்திரனின் தற்போதைய திசைவேகத்தை அளவிடுவதற்கு சுழல் காட்டி உணரியைப் (gyro sensor) பயன்படுத்தலாம்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Left: Left-hand solver trapped in a maze Right: Pledge algorithm solution by Randomperson321 – Wikimedia Commons](#)
2. [PNG image: Robot PNG](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **சுவரை ஒட்டியே செலுத்துதல் (Wall Following)**

கோட்டின் மேல் செலுத்துதல். சுவரை ஒட்டியே செலுத்துதல். பயனீர் 3-DX எந்திரனை சுவரை ஒட்டியே செலுத்துதல்.

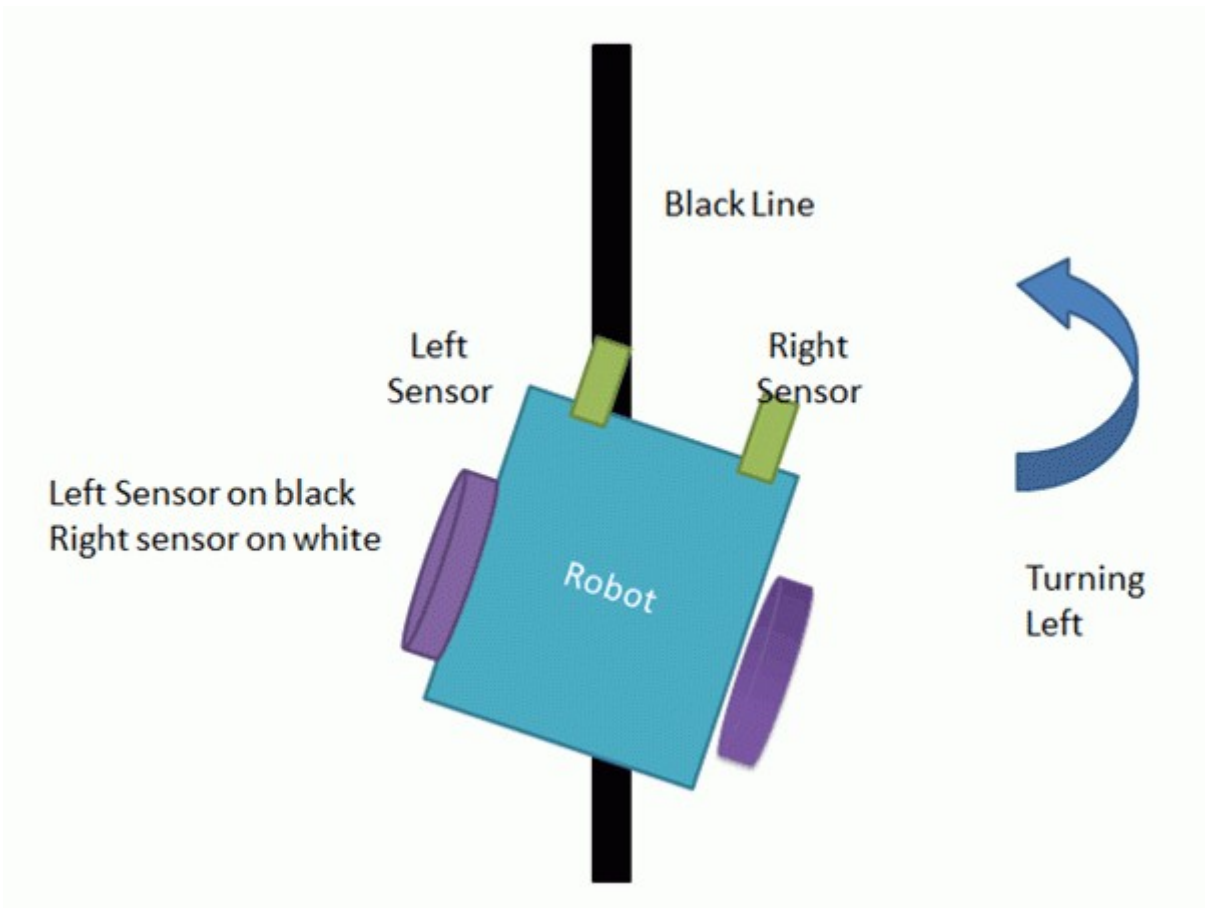
Robotics 12. சுவரை ஒட்டியே செலுத்துதல் (Wall Following)

எந்திரன்கள் தானியங்கியாக இயங்க ஏதேனும் ஒரு தன்னிடங்குறித்தல் திறமை தேவைப்படுகிறது, இதைப் பயன்படுத்தி, தான் செய்ய வேண்டிய வேலைக்கான பாதையை மட்டுமல்லாமல் அந்தப் பாதையிலுள்ள இடையூறுகளையும் எந்திரன் அடையாளம் கண்டு கொள்ள முடியும். இதற்கு, எடுத்துக்காட்டாக, புவி நிலை காட்டி (Global Positioning System – GPS), புள்ளிகளாலான மேகம் (Point-cloud) போன்ற பல்வேறு வழிமுறைகள் உள்ளன.

வண்டி செலுத்துவதில் அடிப்படைகளான கோட்டின் மேல் செலுத்துதல் (Line Following) மற்றும் சுவரை ஒட்டியே செலுத்துதல் (Wall Following) ஆகியவற்றை நாம் இங்கு விவரமாகப் பார்ப்போம்.

கோட்டின் மேல் செலுத்துதல்

இந்த எந்திரன் கோட்டின் மேல் ஓட இரண்டு அகச்சிவப்பு நெருங்கமை உணரிகளைப் (infrared proximity sensors) பயன்படுத்துகிறது. உணரிகளிலிருந்து வரும் சமிஞ்சைகளை வைத்து அர்ட்யுயினோ நுண்கட்டுப்படுத்தி சக்கரங்களிலுள்ள விசைகளுக்கு (motors) ஆணைகளை அனுப்புகிறது.



கோட்டின் மேல் செலுத்துதல்

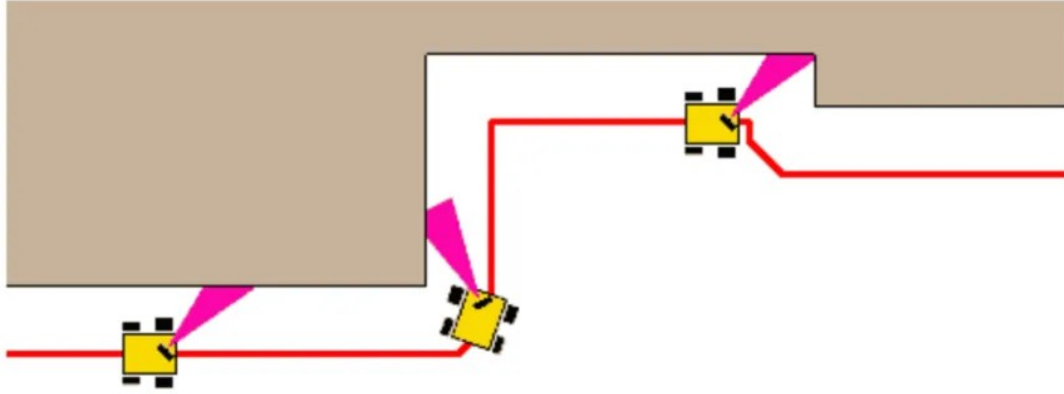
இதற்கு சமிஞ்சைகள் நான்கு விதமாக வரலாம் :

1. முதலாவது, இரண்டு உணரிகளுக்கும் கோடு தெரியவில்லை. கோடு மையத்தில் உள்ளது, இரண்டு உணரிகளும் தரையைத் பார்க்கின்றன என்றே இதற்குப் பொருள். ஆகவே இரண்டு விசைகளும் முன்னோக்கிச் சுற்றும், ஆகவே வண்டி முன்னோக்கிச் செல்லும்.

2. இரண்டாவது, இடது பக்கம் உள்ள உணரி மட்டும் கோட்டைப் பார்க்கின்றது. கோடு இடது பக்கம் திரும்புகிறது என்று இதன் பொருள். ஆகவே இடது பக்கம் உள்ள விசை பின்னோக்கிச் சுற்றும் வலது பக்கம் உள்ள விசை முன்னோக்கிச் சுற்றும். இதன்விளைவாக வண்டி இடது பக்கம் திரும்பும்.
3. மூன்றாவது, வலது பக்கம் உள்ள உணரி மட்டும் கோட்டைப் பார்க்கின்றது. கோடு வலது பக்கம் திரும்புகிறது என்று இதன் பொருள். ஆகவே வலது பக்கம் உள்ள விசை பின்னோக்கிச் சுற்றும் இடது பக்கம் உள்ள விசை முன்னோக்கிச் சுற்றும். இதன்விளைவாக வண்டி வலது பக்கம் திரும்பும்.
4. நான்காவது, இரண்டு உணரிகளுக்கும் கோடு தெரிகின்றது. கோட்டின் முடிவில் குறுக்கே கோடு போட்டிருந்தால், கோட்டின் முடிவுக்கு வந்து விட்டோம் என்பதே இதன் பொருள். ஆகவே இரண்டு விசைகளும் நின்றுவிடும், வண்டியும் நின்றுவிடும்.

சுவரை ஒட்டியே செலுத்துதல்

நாம் எந்திரனில் இரண்டு தூர உணரிகளை (distance sensors) சுவர் இருக்கும் பக்கத்தில் பொருத்தினால் அதை சுவரை ஒட்டியே செல்லச் செய்யலாம்.



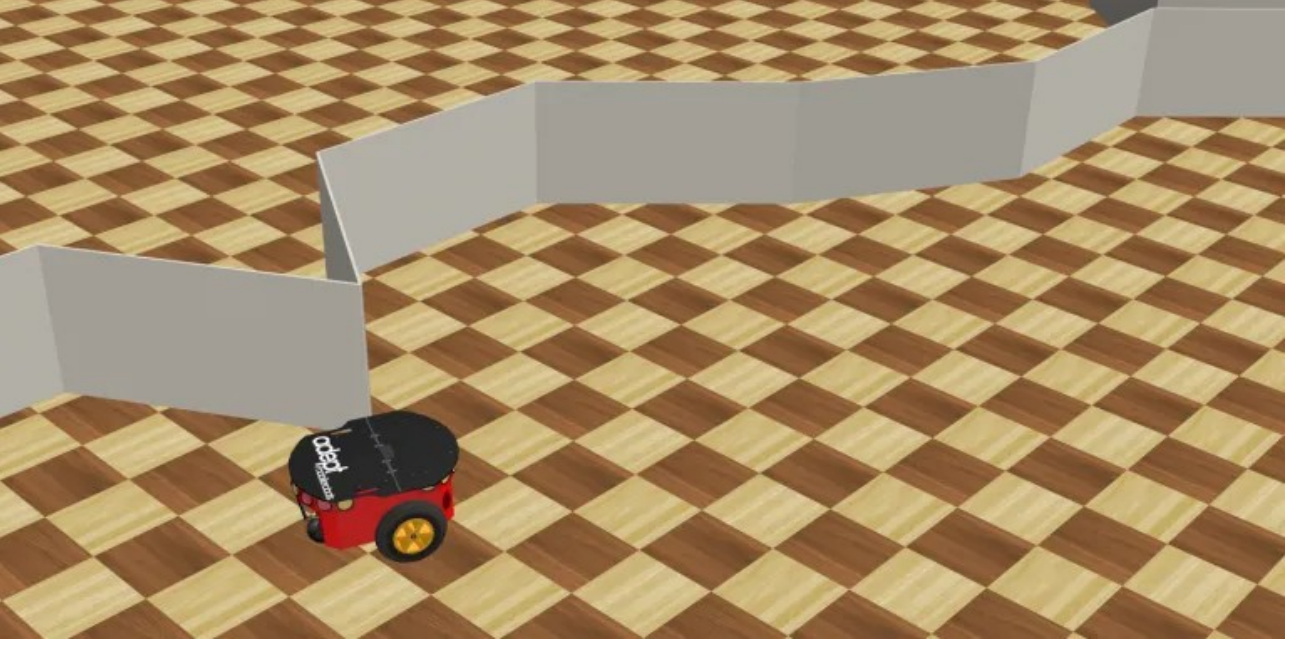
சுவரை ஒட்டியே செலுத்துதல்

இதில் நமக்கு சமிஞ்சைகள் மூன்று விதமாக வரலாம்:

1. முதலாவது, இரண்டு தூர உணரிகளும் ஒரே தூரத்தைக் காட்டுகின்றன. எந்திரன் சுவருக்கு இணையாக இருக்கிறது என்பதே இதன் பொருள். ஆகவே வண்டியை நேராக முன் நோக்கி ஓடச் செய்வோம்.
2. இரண்டாவது, முன் பக்கம் இருக்கும் உணரி அதிக தூரத்தைக் காட்டுகிறது. சுவர் இடது பக்கம் திரும்புகிறது என்று தெரிகிறது. ஆகவே வண்டியை இடது பக்கம் திரும்பச் செய்வோம்.
3. மூன்றாவது, முன் பக்கம் இருக்கும் உணரி குறைந்த தூரத்தைக் காட்டுகிறது. சுவர் வலது பக்கம் திரும்புகிறது என்று தெரிகிறது. ஆகவே வண்டியை வலது பக்கம் திரும்பச் செய்வோம்.

பயனீர் 3-DX எந்திரனை சுவரை ஒட்டியே செலுத்துதல்

எந்திரன் திறனளவிடல் (Robot Benchmark) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் இதற்கு முந்தைய பயிற்சிகளைச் செய்தபின்னர் இதைச் செய்வது நன்று. எந்திரனை சுவரை ஒட்டியே வேகமாகவும் துல்லியமாகவும் செலுத்தும் நிரல் எழுதுவதே இந்த சவால்.



பயனீர் 3-DX எந்திரனை சுவரை ஓட்டியே செலுத்துதல்

எந்திரன் சுவரிலிருந்து 50 செமீ தூரத்தில் இருக்க வேண்டும். ஒரு நிமிட நேரத்தில் கூடிய அளவு அதிக தூரம் செல்வதே இதன் குறிக்கோள். பைதான் நிரலாக்க மொழியைப் பயன்படுத்தி செயல்திறனை மேம்படுத்துவது எப்படி?

எந்திரன் முதலில் சுவருக்கு அருகில் சென்றடைய சிறந்த பாதையைக் கணக்கிடும். அந்த இடத்தை சென்றடைந்த பின்னர் சுவரையொட்டியே 50 செமீ தூரத்தில் நகரும். சுவர் திரும்பும் போது அதை ஓட்டியே திரும்பாமல் எந்திரன் குறுக்கு வழியில் சுவரின் அடுத்த பகுதிக்குச் சென்று விட்டால் அதற்குத் தண்டம் உண்டு.

இதன் அடிப்படைக் கட்டுப்படுத்தி பக்கவாட்டிலுள்ள இரண்டு சோனார் (sonar) உணரிகளை மட்டுமே பயன்படுத்துகிறது. இவை ஊடொலி மூலம் வேலை செய்கின்றன. சுவர் கிட்டத்தட்ட நேராக இருக்கும் வரை மட்டுமே இது ஒழுங்காக செயல்படும். கூர்மையான திருப்பங்களைக் கையாள்வதில் இது மிகவும் மோசமானது. இதை மேம்படுத்த நீங்கள் முன் பக்கத்திலுள்ள உணரிகளையும் பயன்படுத்த முயற்சிக்கலாம்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Line Follower Robot Using Arduino By Aarav G](#)
2. [IIT, Kanpur – robocon16 – Wall Following](#)
3. [RobotBenchmark – Wall Following](#)

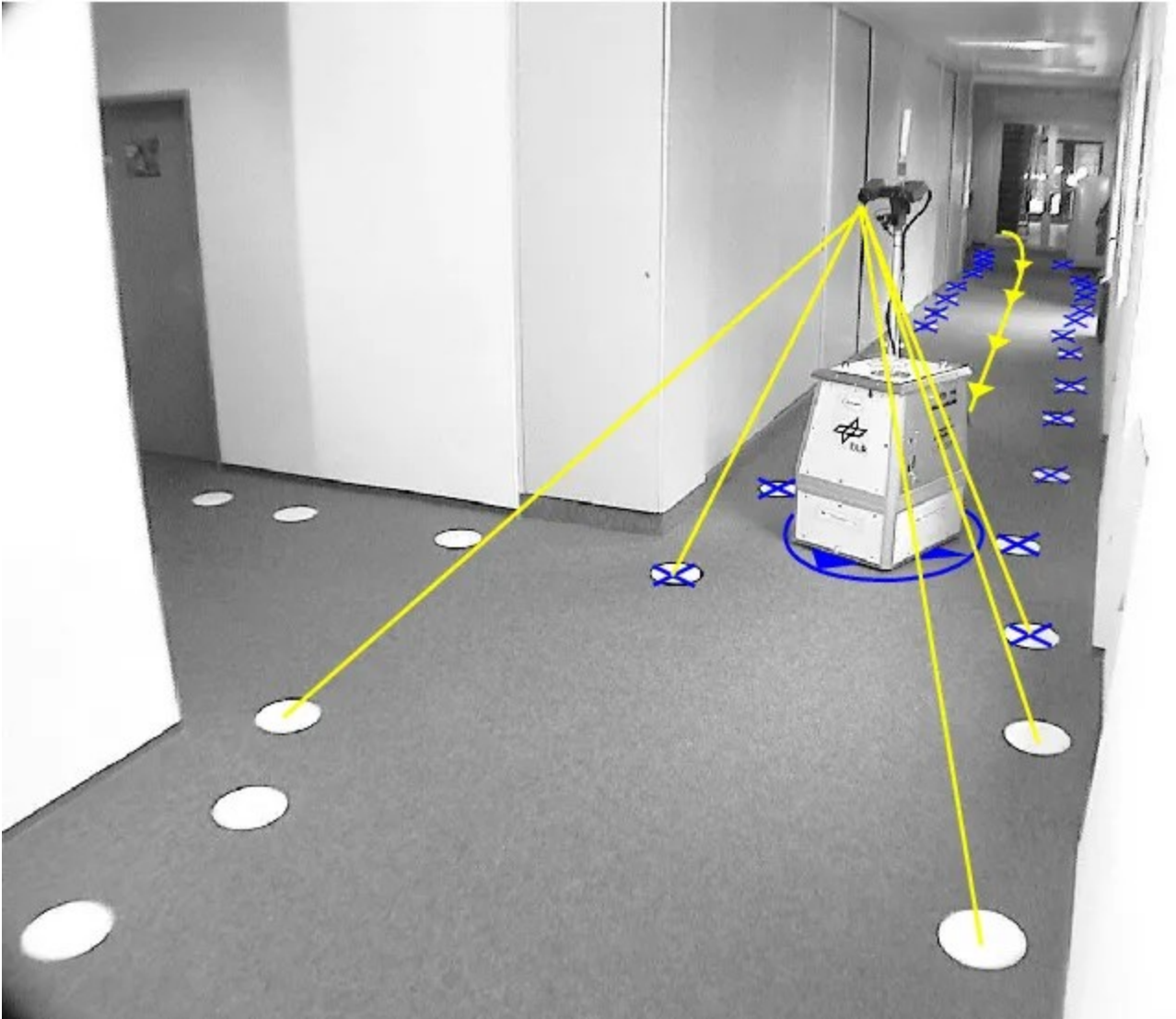
இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **வரைபடம் தயாரித்து தன்னிடங்குறித்தல் (Simultaneous Localization And Mapping – SLAM)**

நெடுஞ்சாலையில் வண்டியோட்டுதல் (Highway Driving). தடங்காட்டும் கோடுகளை நிழற்படக் கருவியால் கண்டுபிடித்தல்.

Robotics 13. வரைபடம் தயாரித்து தன்னிடங்குறித்தல் (Simultaneous Localization And Mapping – SLAM)

எந்திரன் இடங்குறித்தல் (localization) என்பது ஒரு நகரும் எந்திரன் தன் சூழலையும் அதற்குள் தான் அமைந்துள்ள இடத்தையும் கண்டறியும் செயல்முறை ஆகும். ஒரு தன்னியக்க எந்திரனுக்குத் தேவையான மிக அடிப்படை திறன்களில் இடங்குறித்தல் ஒன்றாகும். என்ன சூழலில் எந்த இடத்தில் இருக்கிறோம் என்று தெரிந்தால்தான் இலக்கை நோக்கி எப்படிச் செல்வது என்று திட்டமிட முடியும். இதை வைத்துத்தான் அடுத்த செயல்களைப் பற்றிய முடிவுகள் எடுக்க முடியும்.

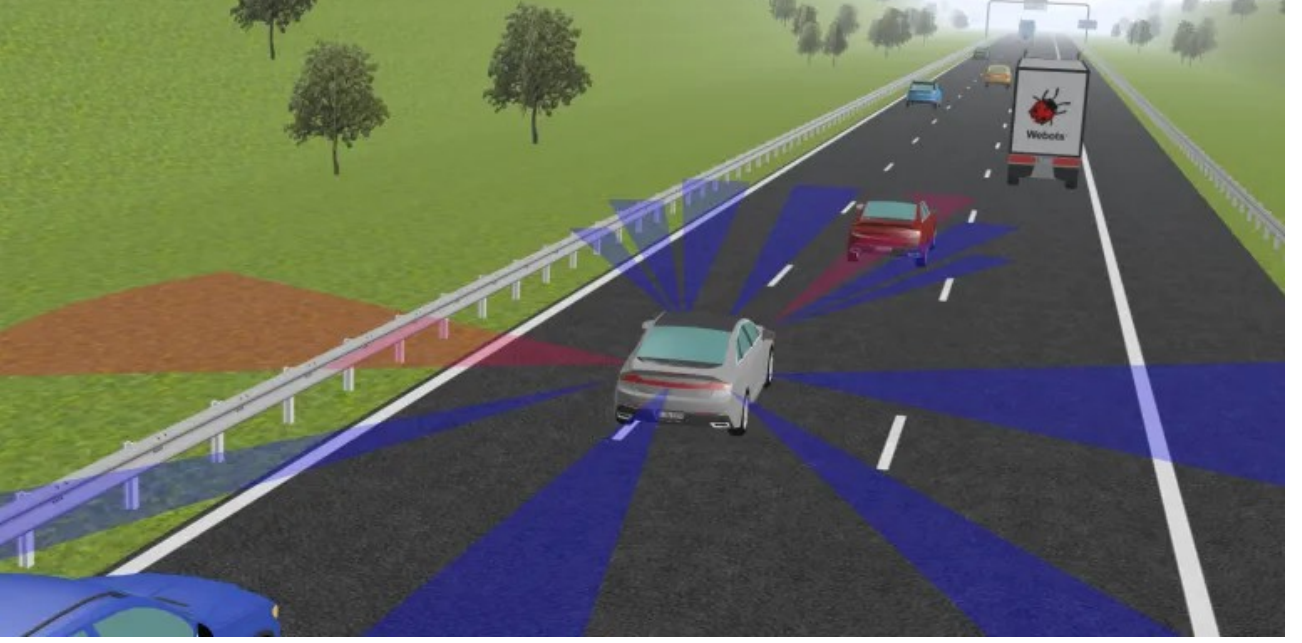
எந்திரனியலில் வண்டியை செலுத்துவது எப்படி என்று பார்க்கும் போது, மேற்கண்டவாறு வரைபடம் தயாரித்து தன்னிடங்குறித்தல் என்பது ஒரு முன்பின் தெரியாத சூழலின் வரைபடத்தைக் கட்டமைத்தல் ஆகும். முன்னால் பார்த்த சூழலைப் புதுப்பிப்பதற்கும் இதையே பயன்படுத்தலாம். இதற்குத் தீர்வு காண பல வினைச்சரங்கள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் சில திறந்த மூல மென்பொருளாகவும் கிடைக்கின்றன. மேற்கத்திய நாடுகளில் பரவலாக விற்பனையாகும் ஐ-ரோபோ (iRobot) நிறுவனத்தின் ரூம்பா (Roomba) போன்ற துப்புரவு எந்திரன்கள் வேலை செய்யும் அறையின் வரைபடத்தைத் தயாரிக்க இம்மாதிரி வினைச்சரங்களையே பயன்படுத்துகின்றன.



தடங்காட்டும் புள்ளிகளை நிழற்படக் கருவியால் கண்டுபிடித்தல்

நெடுஞ்சாலையில் வண்டியோட்டுதல் (Highway Driving)

எந்திரன் திறனளவிடல் (Robot Benchmark) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் இதற்கு முந்தைய பயிற்சிகளைச் செய்தபின்னர் இதைச் செய்வது நன்று. லின்கன் MKZ என்பது ஃபோர்ட் நிறுவனம் தயாரிக்கும் சீருந்து. வேறு எந்த வண்டிகள் அல்லது பொருட்களின் மீதும் மோதாமல் ஒரு நிமிடத்திற்குள் ஒரு லின்கன் MKZ சீருந்தை முடிந்தவரை அதிக தூரம் செலுத்துவதே இந்தப் பயிற்சியின் இலக்காகும்.



நெடுஞ்சாலையில் தானியக்கமாக வண்டியோட்டுதல்

வண்டி கட்டுப்படுத்தியை மதிப்பீடு செய்ய பயன்படுத்தப்படும் திறனளவு ஒரு நிமிடம் கழித்து சாலையில் பயணம் செய்த தூரம்தான்.

மற்ற வண்டிகளை அல்லது நிலையான பொருட்களை நம் வண்டி தொட்டாலும் அல்லது நாம் அவசரகாலப் பாதையில் சென்றாலும், பாவனையாக்குதல் உடன் நிறுத்தப்படும். ஏற்கனவே பயணித்த தொலைவு பதிவு செய்யப்படும்.

பைதான் நிரலாக்க மொழியைப் பயன்படுத்தி செயல்திறனை மேம்படுத்துவது எப்படி? அவர்கள் கொடுத்துள்ள அடிப்படைக் கட்டுப்படுத்தி நம் வண்டியை நேராகச் செலுத்தும். மேலும் மற்றொரு வாகனம் முன்னால் வந்தால் பாதுகாப்பான தூரத்தை வைத்திருப்பதற்காக தன் வேகத்தைக் குறைக்கும்.

வேகத்தை குறைப்பதற்குப் பதிலாக, பக்கவாட்டிலுள்ள தூர உணரிகளைப் பயன்படுத்தி அடுத்த தடத்துக்கு மாற்றி முன்னாலுள்ள வண்டியைத் தாண்டிப் போக முடியுமா என்று பார்க்கலாம். ஆனால் இடது பக்கத்திலுள்ள தடத்தில்தான் முன்னாலுள்ள வண்டியைத் தாண்டிப் போக முடியும்.

தடங்காட்டும் கோடுகளை நிழற்படக் கருவியால் கண்டுபிடித்தல்

சிறிது நேரம் கழித்து சாலை வளைய ஆரம்பிக்கும். ஆகவே நீங்கள் சாலையின் வளைவையும் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். அவ்வாறு செய்ய ஒரு எளிய வழி தூர உணரிகளை வைத்து வலது மற்றும் இடது புற சாலையோரத் தடைகளின் தூரம் தெரிந்துகொள்வதுதான். தடங்காட்டும் கோடுகளை நிழற்படக் கருவியால் கண்டுபிடிப்பது இதைவிட மிகவும் சிறப்பான வழியாக இருக்கும்.

தூர உணரிகள் மட்டுமல்லாமல் பின் சக்கர அச்சுகளின் மையத்தில் ஒரு புவிநிலைகாட்டியும் (GPS), மற்றும் முன்புறம் பொருட்களை அடையாளம் கண்டுகொள்ளக் கூடிய புகைப்படக் கருவியும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. தேவைக்கேற்ப இவற்றையும் பயன்படுத்தலாம்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

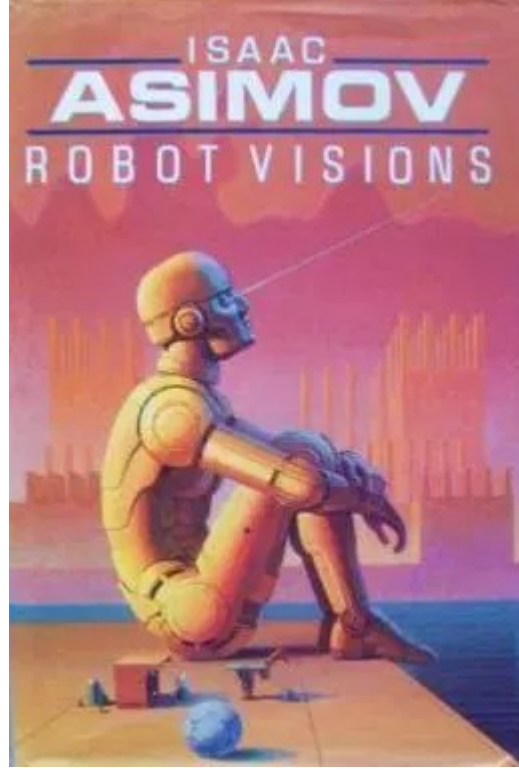
1. [Researchgate.net](https://www.researchgate.net/publication/321111111) – uploaded by Udo Frese
2. [RobotBenchmark – Highway Driving](https://www.robotbenchmark.com/)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **எந்திரனியல் விதிகள் (Laws of Robotics)**

மனித உருவ எந்திரன் (Humanoid) விரைவாக நடத்தல். எப்படி இந்த எந்திரனின் வேகத்தை அதிகரிப்பது?

Robotics 14. எந்திரனியல் விதிகள் (Laws of Robotics)

ஐசாக் அசிமோவ் (Isaac Asimov) என்பவர் பாஸ்டன் பல்கலைக்கழகத்தில் உயிரி வேதியியல் (Biochemistry) பேராசிரியர் மற்றும் எழுத்தாளர். அறிவியல் சார்ந்த கருத்துகள், கோட்பாடுகள், புதிய கண்டுபிடிப்புகள் ஆகியவற்றைப் பாமர மக்களும் புரிந்துக் கொள்ளும்படி எளிதாக எழுதிப் பிரபலமானவர். அறிவியல் புனைகதைகளில் முன்னோடி. இக்காரணங்களால் செவ்வாய் கிரகத்தில் ஒரு எரிமீன் வீழ்ச்சி நிலக்குழிக்கு (impact crater) இவர் பெயரே இடப்பட்டுள்ளது.



ஐசாக் அசிமோவ் எழுதிய எந்திரன் தொலைநோக்கு

எந்திரனியலுக்கான மூன்று விதிகளை இவர் 1942 இல் ஒரு சிறுகதையில் அறிமுகப்படுத்தினார். இது 1950 இல் வெளியிடப்பட்ட “எந்திரனாகிய நான்” (I, Robot) தொகுப்பிலும் சேர்க்கப்பட்டது.

1. முதல் விதி – ஒரு எந்திரன் மனிதர்களுக்குத் தீங்கிழைக்கக் கூடாது மற்றும் மனிதர்களுக்குத் தீங்கு நேரக்கூடிய நேரத்தில் செயலற்ற நிலையில் இருக்கக் கூடாது.
2. இரண்டாவது விதி – ஒரு எந்திரன் மனிதர்களின் கட்டளைகளுக்குக் கீழ்ப்படிய வேண்டும், அவ்வாறு கீழ்ப்படிவது முதல் விதிக்கு முரணாக இருந்தாலொழிய.
3. மூன்றாவது விதி – ஒரு எந்திரன் தன்னைப் பாதுகாத்துக்கொள்ள வேண்டும், அத்தகைய பாதுகாப்பு முதல் அல்லது இரண்டாம் விதிகளுடன் முரண்படாத வரை.

அடுத்து வந்த புனைகதைகளில் முழு கோள்கள் மற்றும் மனித இனங்களின் அரசாங்கத்திற்கு எந்திரன்கள் பொறுப்பேற்பது போல் வந்த பின்னர் அடுத்த அறிவியல் புனைகதையில், அசிமோவ் நான்காவது விதியை உருவாக்கி அதை சுழியம் விதியாக மற்ற விதிகளுக்கெல்லாம் முன்பாகச் சேர்த்தார்.

0. ஒரு எந்திரன் மனித இனத்துக்குத் தீங்கிழைக்கக் கூடாது, மற்றும் மனித இனத்துக்குத் தீங்கு நேரக்கூடிய நேரத்தில் செயலற்ற நிலையில் இருக்கக் கூடாது.

முக்கியக் குறிப்பு: மேற்கண்ட விதிகள் அறிவியல் ரீதியாக உருவாக்கப்பட்டவை அல்ல. இவை புனைகதை எழுத்தாளரால் உருவாக்கப்பட்டவை.

எந்திரன்கள் இயல்பிலேயே இந்த விதிமுறைகளைப் பின்பற்றுவதில்லை. எந்திரன்களை உருவாக்கும் மனிதர்கள்தான் நிரல் எழுதும் போது இவற்றை மனதில் கொண்டு எழுத வேண்டும். சந்தையில் தற்போதுள்ள துப்புரவு எந்திரன்கள் போன்றவை மனிதர்களுக்குத் தீங்கு விளைவிக்கிறோம் என்பதை அறியும் திறனற்றவை. விபத்துக்களைத் தடுக்க முட்டுத் தாங்கிகள் (bumpers), எச்சரிக்கை ஒலி எழுப்பிகள் (warning beepers), பாதுகாப்புக் கூண்டுகள் (safety cages) அல்லது கட்டுப்படுத்தப்பட்ட அணுகல் பகுதிகள் (restricted access zones) போன்ற பல பாதுகாப்பு அமைப்புகள் உண்டு. தற்போது தயாரிக்கப்படும் அதிநவீன எந்திரன்களால்கூட மேற்கண்ட எந்திரனியல் விதிகளைப் புரிந்து கொள்ளவும் நடைமுறைப்படுத்தவும் இயலாது.

மனித உருவ எந்திரன் (Humanoid) விரைவாக நடத்தல்

எந்திரன் திறனளவிடல் (Robot Benchmark) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் இதற்கு முந்தைய பயிற்சிகளைச் செய்தபின்னர் இதைச் செய்வது நன்று.

நாம் முதல் கட்டுரையில் பார்த்த படம் ஆல்டெபாரான் NAO என்ற மனித உருவ எந்திரன். இங்கு சவால் என்னவென்றால் இந்த எந்திரனை 10 மீட்டர் தூரம் முடிந்தவரையில் விரைவாக நடக்க வைக்க நிரல் எழுத வேண்டும்.



மனித உருவ எந்திரன் விரைவாக நடத்தல்

பாவனையாக்கம் தொடங்கியவுடன் நிறுத்து கடிகாரம் தொடங்குகிறது. எந்திரன் நிறுத்து கடிகாரத்தின் முன் கடக்கும் போது, ஒரு உணரி எந்திரன் முன்னிருப்பதைக் கண்டுபிடித்து கடிகாரத்தை நிறுத்தும். இந்த கட்டத்தில் நிறுத்து கடிகாரத்தில் காட்டப்படும் நேரம் செயல்திறன் என பதிவு செய்யப்படுகிறது. எந்திரன் கீழே விழுந்து விட்டால் அல்லது தவழ்ந்து செல்ல முயன்றால் 30 வினாடிகள் தண்டம் சேர்க்கப்படும். அதன் உடலின் செங்குத்து நிலை மையம் 20 செ.மீ. விட கீழே சென்றால் அத்தகைய நிலை அடைந்தது என்று முடிவு செய்யப்படும்.

எப்படி இந்த எந்திரனின் வேகத்தை அதிகரிப்பது?

நீங்கள் இந்த எந்திரனைக் கட்டுப்படுத்தும் பைத்தான் நிரலைப் பார்த்தால், இது 'forward.motion' என்ற கோப்பிலுள்ள இயக்கத்தை ஒட்டுகிறது என்பது தெரியும்.

இந்த இயக்கம் 1360 மில்லி விநாடிகள் (மிவி) நீடிக்கும். இதை இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம்: முதல் பகுதி 360 மிவி நீளமானது தொடக்க நிலையிலிருந்து எந்திரனை நடக்கத் தொடங்கும் தோற்ற அமைவுக்குக் (posture) கொண்டு வரும். இரண்டாவது பகுதி 1000 மிவி, அதாவது ஒரு வினாடி, நீடிக்கும் நடை சுழற்சி (walk cycle) ஆகும். இதை மீண்டும் மீண்டும் செய்யும் போது எந்திரன் தொடர்ந்து நடந்து கொண்டே இருக்கும்.

நடை வேகத்தை மேலும் மேம்படுத்த நீங்கள் முயற்சி செய்யலாம். இயக்கக்கோப்பில் நடை சுழற்சி இயக்கத்துக்குப் பயன்படுத்தப்படும் கால்களின் ஒவ்வொரு நிலைக்குமான மூட்டு அமைப்புகள் (ரேடியன்களில்) உள்ளன. இந்தக் கோப்பை லிபர் ஆபிஸ் அல்லது எக்செல் போன்ற ஒரு விரிதாளில் திறந்து மாற்றங்கள் செய்து மீண்டும் சேமிக்கலாம்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Isaac Asimov – Robot Visions – Wikipedia](#)
2. [RobotBenchmark – Humanoid Sprint](#)

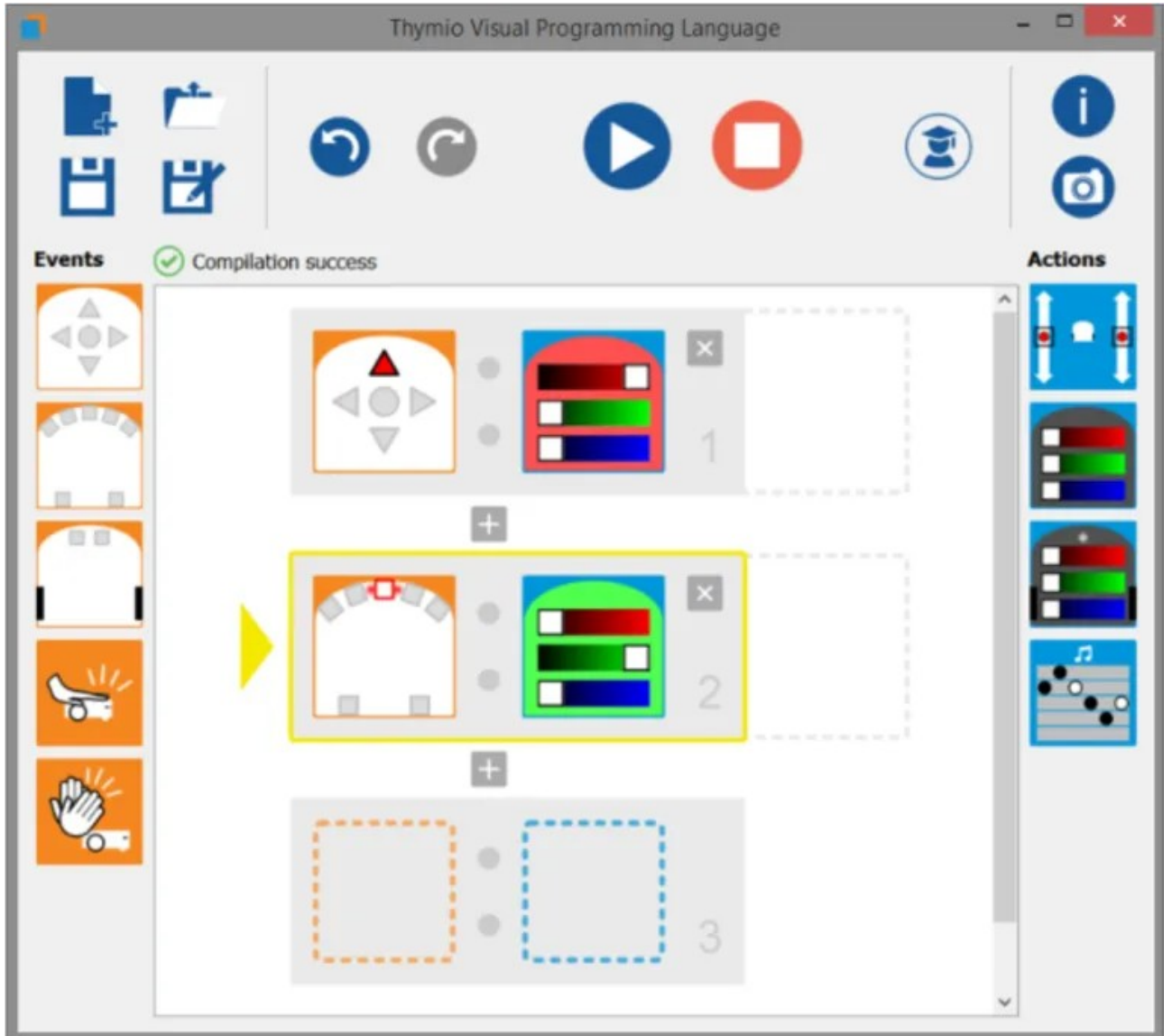
இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **எந்திரனுக்கு நிரல் எழுதும் வகைகள்**

வரைகலை நிரல் இயற்றிகள். எளிதாக்கப்பட்ட உரை நிரலாக்கம். இடைநிலை நிரல் இயற்றிகள். முழுமையான நிரலாக்க மொழிகள். மனித உருவ எந்திரன் (humanoid) நெடுந்தொலை நடத்தல் (marathon).

Robotics 15. எந்திரனுக்கு நிரல் எழுதும் வகைகள்

வரைகலை நிரல் இயற்றிகள்

நிரல் என்றால் என்ன? சான்றாக, இன்ன சமிக்ஞை கிடைத்தால் இன்ன வேலையைச் செய் என்று நாம் நிரலாக்க மொழியில் எழுதலாம். இது சிறுவர்களுக்குக் கடினமானது. இதற்குப் பதிலாக சமிக்ஞைக்கு ஒரு படமும் வேலைக்கு மற்றொரு படத்தையும் இழுத்துப் போட்டு அவற்றைத் தேவையானபடி இணைக்க இயலுமென்றால் சிறுவர்களால் செய்ய முடியும். இம்மாதிரி இழுத்துப்போடுவதால் இம்முறையை *drag-and-drop* நிரலாக்கம் என்றும் சொல்லலாம். திரைக்குப் பின்னால் இந்தப் படங்கள் மற்றும் இணைப்புகளிலிருந்து தேவையான உரைகளைத் தானே இயற்றிக் கொள்ளும். இது ஆறு வயது மற்றும் அதற்கு மேற்பட்ட சிறுவர்களுக்குக் கற்றுக்கொள்ள எளிதானது. [எம்ஐடி \(MIT\) உருவாக்கிய ஸ்கிராட்ச் \(Scratch\)](#) என்ற மொழி தான் பரவலாகத் தெரிந்தது. இதைப்போல லெகோ (Lego) நிறுவனம் பூஸ்ட் (Boost) மற்றும் மைண்ட்ஸ்டார்ம்ஸ் (Mindstorms) எந்திரன்களுக்கு இதேபோன்ற வரைகலை நிரல் மொழியை வெளியிட்டுள்ளார்கள். தைமியா 2 போன்ற மற்ற சில எந்திரன்களுக்கும் இம்மாதிரி வரைகலை நிரலாக்க மொழி உண்டு.



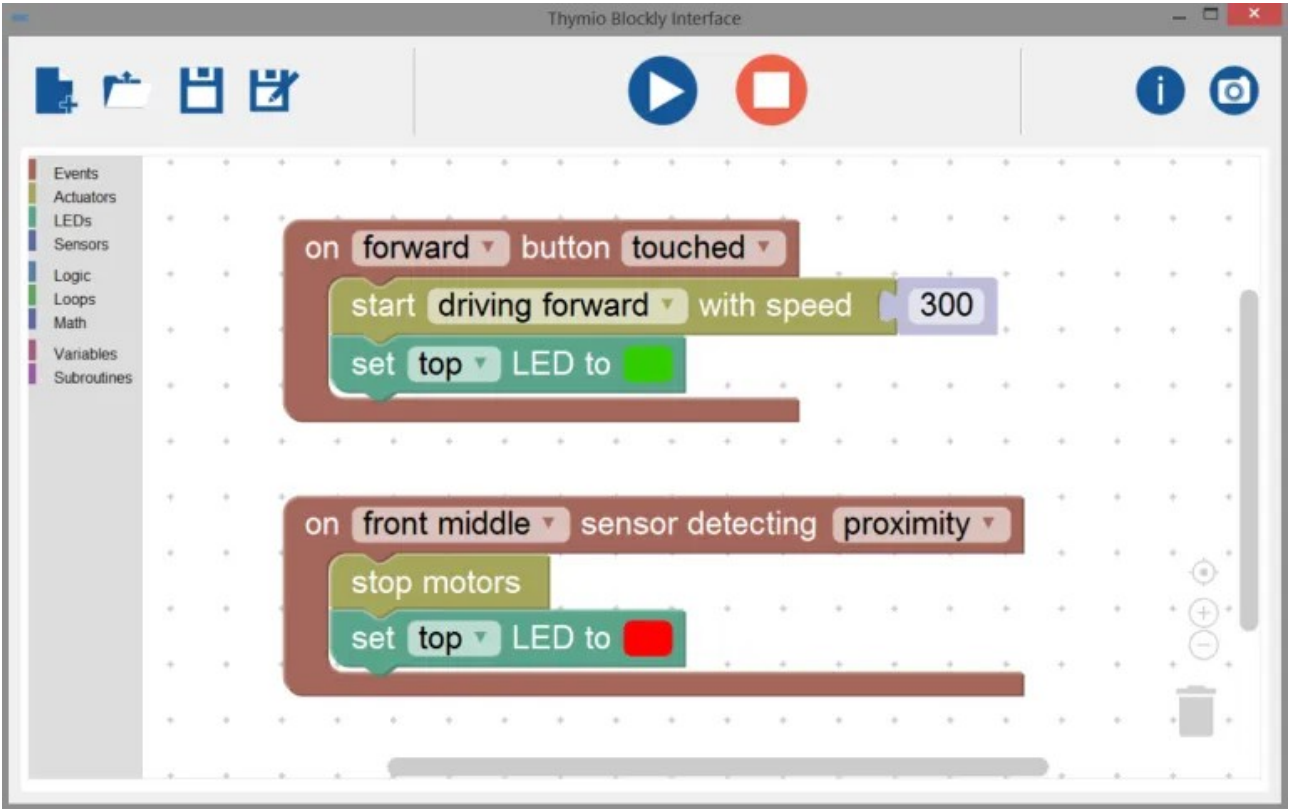
வரைகலை நிரல் இயற்றி

எளிதாக்கப்பட்ட உரை நிரலாக்கம்

12 வயது மற்றும் அதற்கு மேற்பட்ட சிறுவர்கள் உரை நிரலாக்கம் செய்யமுடியும். ஆனால் ஜாவா, பைதான் போன்ற முழுமையான நிரலாக்க மொழிகளில் பல சிக்கலான அம்சங்கள் இருப்பதால் இவர்களுக்கு மிகவும் கடினமாக இருக்கும். இம்மாதிரி சிக்கலான அம்சங்களை விலக்கி எளிதாக்கப்பட்ட நிரல் மொழிகளை வெளியிட்டுள்ளார்கள். சான்றாக, தைமியா 2 எந்திரனுக்கு அசேபா (Aseba) என்ற எளிதாக்கப்பட்ட உரை நிரல் மொழியை வெளியிட்டுள்ளார்கள்.

இடைநிலை நிரல் இயற்றிகள்

கூகுள் நிறுவனம் பிளாக்லி (Blockly) என்ற நிரல் மொழியை உருவாக்கியுள்ளனர். இதில் படங்களுக்குப் பதிலாக உரைச் சொற்கள் கொண்ட கட்டைகள் உள்ளன. சிறுவர்கள் இந்தக் கட்டைகளை இழுத்துப் போட்டுத் (drag-and-drop) தேவையானபடி இணைக்கலாம். இது வரைகலை நிரல் இயற்றிகளுக்கும் உரை நிரல் எழுதுவதற்கும் இடைநிலையாகப் பயன்படுகிறது. இது 9 வயது மற்றும் அதற்கு மேற்பட்ட சிறுவர்களுக்குக் கற்றுக்கொள்ள எளிதானது.



இடைநிலை நிரல் இயற்றி

முழுமையான நிரலாக்க மொழிகள்

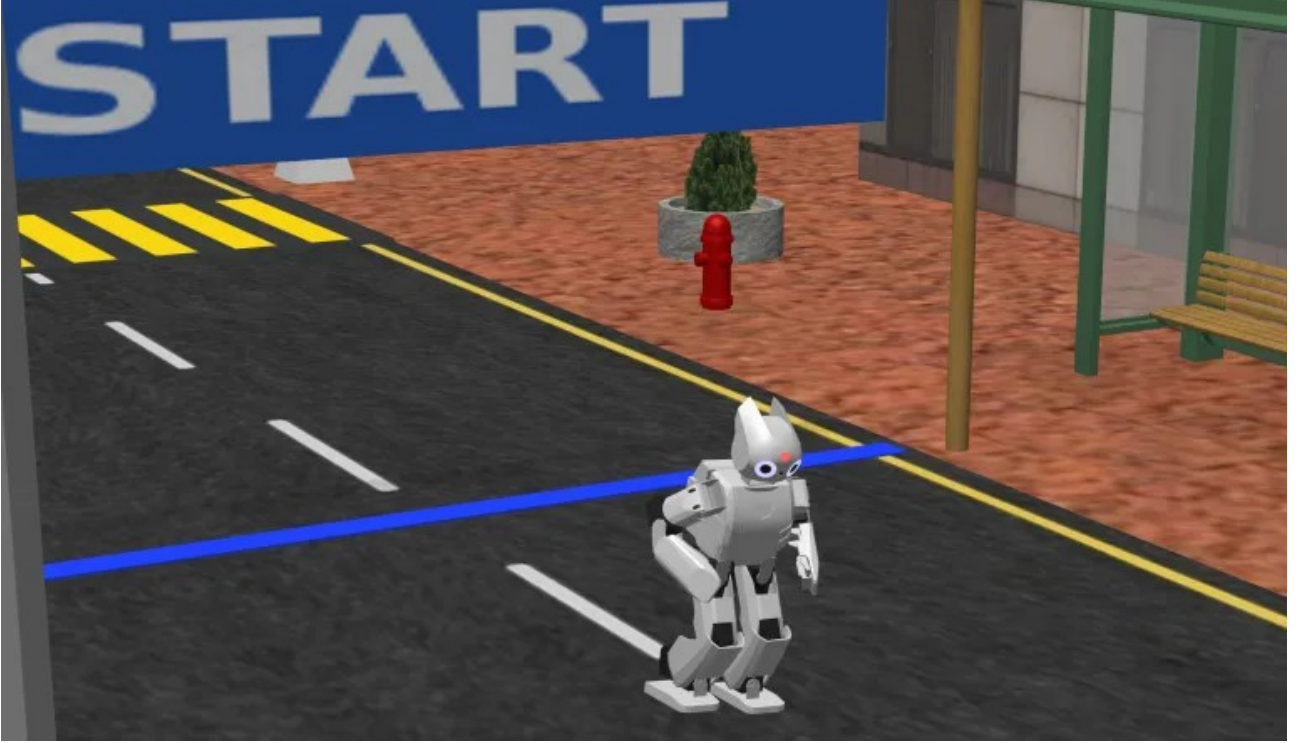
உயர்நிலைப் பள்ளி மற்றும் கல்லூரி மாணவர்கள் நேரடியாக முழுமையான நிரலாக்க மொழிகளைக் கற்றுக் கொள்வதே உசிதம். மேற்கண்ட நிரலாக்க வகைகளில் ஓரளவு பயிற்சி இருந்தால் இது மிகவும் எளிதாக இருக்கும். இல்லாவிடினும் மிகவும் கடினமல்ல. முழுமையான நிரலாக்க மொழிகளில் கீழ்க்கண்ட பயன்கள் உள்ளன:

- இவற்றில் சக்தி வாய்ந்த நிரல் தொகுப்புகள் உள்ளன. இவற்றை வைத்து உங்கள் எந்திரனை பிரமிக்க வைக்கும் அரிய வேலைகளைச் செய்ய வைக்கலாம்.

- தமிழ்நாடு மற்றும் இந்திய அளவிலான போட்டிகளில் கலந்து கொள்ளலாம்.
- நீங்கள் விளையாட்டாக கற்றுக்கொண்டால் படிப்பை முடித்துவிட்டு எம்மாதிரி வேலைக்குச் சென்றாலும் இந்தப் பயிற்சி உறுதுணையாக இருக்கும்.

மனித உருவ எந்திரன் (humanoid) நெடுந்தொலை நடத்தல் (marathon)

எந்திரன் திறனளவிடல் (Robot Benchmark) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் இதற்கு முந்தைய பயிற்சிகளைச் செய்தபின்னர் இதைச் செய்வது நன்று. இது ஒரு ரோபோடிஸ் OP2 என்ற மனித உருவ எந்திரனை அதன் மின்கலம் ஆற்றல் இழக்கும் முன்னர் கூடிய அளவு நெடுந்தொலை நடக்க வைக்கும் சவால்.



மனித உருவ எந்திரன் நெடுந்தொலை நடத்தல்

இதில் முக்கிய திறனளவு எந்திரன் பயணம் செய்த தூரம்தான். இது தெருவுக்கு இணையாக இருக்கும் x-அச்சில் எந்திரனின் ஆரம்ப மற்றும் இறுதி நிலைக்கு இடையேயான தூரம். எந்திரன் கீழே விழுந்து விட்டால் அல்லது தவழ்ந்து செல்ல முயன்றால் அளவீடு உடனடியாக முடிந்துவிடும்.

ROBOTIS OP2 என்ற பெயர் கொண்ட இந்த எந்திரன் நடக்கும் பாணி மேலாளர் (RobotisOp2GaitManager) என்ற பைதான் நிரலைப் பயன்படுத்துகிறது.

இந்த நடை மேலாளரின் அளவுருக்களை நீங்கள் தேவைக்கேற்ப தனிப்பயனாக்கலாம். இதன் மூலம் சிறந்த செயல்திறனை உருவாக்குவதற்கான ஒரு அமைப்பு கண்டுபிடிப்பது சாத்தியமே.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Scratch – block-based visual programming language by MIT Media Labs](#)
2. [Blockly – block-based visual programming language by Google](#)
3. [RobotBenchmark – Humanoid Marathon](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: பார்த்துப் பின்தொடர்தல் (Visual Tracking)

ஒரு குழப்பமான சூழலில் நகரும் பொருளைத் தொடர்ந்து கண்காணித்தல். வெற்றி விகிதத்தை மேம்படுத்துவது எப்படி?

Robotics 16. பார்வை மூலம் பின்தொடர்தல் (Visual Tracking)

இந்த இணைப்பில் ஒருவர் ஆன்ட்ராய்டு திறன்பேசியின் புகைப்படக் கருவியை வைத்து ஒரு பொருளை அடையாளம் கண்டு அதைப் பின்தொடர்தல் திட்டத்தை செயல்படுத்தி விவரங்கள் கொடுத்துள்ளார். இதை இயக்கும் நுண்கட்டுப்படுத்தி அர்டுயினோ. அர்டுயினோ மற்றும் திறன் பேசியைத் தவிர மற்ற பாகங்கள் வாங்க செலவு சுமார் ரூபாய் 5000 என்கின்றார். இந்த செயலி ப்ளூடூத் ஊடலை வழியாகக் காணொளியைக் கணினிக்கு அனுப்புகிறது. இந்தக் காணொளியிலிருந்து நமக்குத் தேவையான உருவத்தை நாம் அடையாளம் காண வேண்டும். இதற்கு ஓப்பன் சிவி (OpenCV) என்ற திறந்த மூல மென்பொருளைப் பயன்படுத்துகிறோம்.



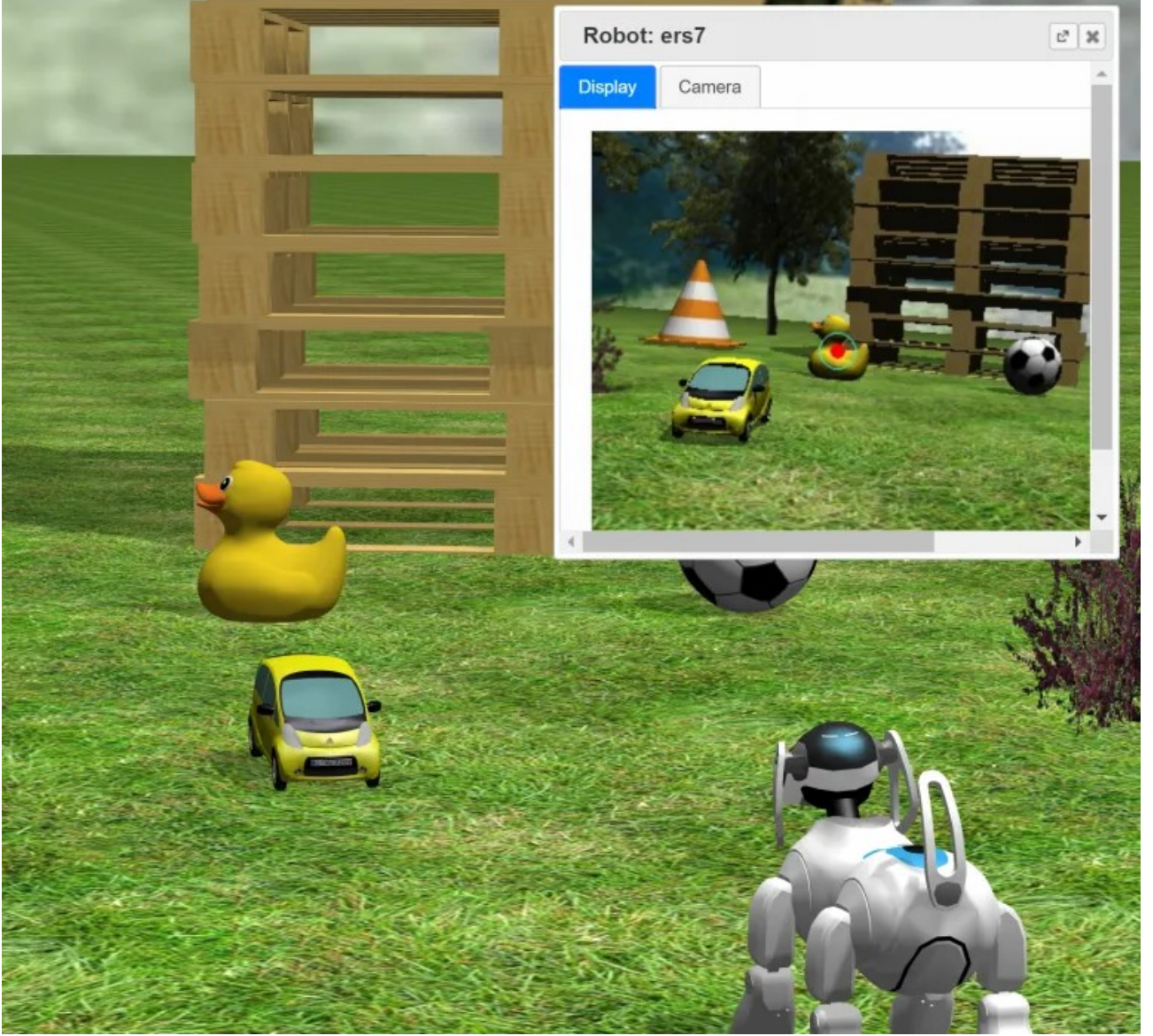
ஆன்ட்ராய்டு திறன்பேசியின் நிழல்படக் கருவி மூலம் பார்த்துப் பின்தொடர்தல்

“கண்காணிக்கும் பொருள் எங்கெல்லாம் செல்கிறதோ அங்கெல்லாம் நிழல்படக்கருவி திரும்பிப் பார்க்க வேண்டும் என்பது என்னுடைய முதல் குறிக்கோள். ஒரு நாய் பந்தைத் துரத்தி ஓடுவது போல கண்காணிக்கும் பொருள் போகுமிடமெல்லாம் என் எந்திரன் பின்னால் ஓட வேண்டும் என்பது என்னுடைய இரண்டாம் குறிக்கோள். எந்திரனின் தலையிலுள்ள நிழல்படக்கருவி திரும்பக்கூடிய

அமைப்பில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஆகவே இதனால் இடமும், வலமும், மேலும், கீழும் தலையைத் திருப்பிப் பார்க்க முடியும்.”

ஒரு குழப்பமான சூழலில் நகரும் பொருளைத் தொடர்ந்து கண்காணித்தல்

எந்திரன் திறனளவிடல் (Robot Benchmark) என்ற இந்த இணைய தளத்தில் நாம் இதற்கு முந்தைய பயிற்சிகளைச் செய்தபின்னர் இதைச் செய்வது நன்று. ஒரு அய்போ (Aibo) எந்திரனை பொருட்கள் சிதறிக் கிடக்கும் குழப்பமான சூழலில் நகரும் ஒரு ரப்பர் வாத்தைத் தொடர்ந்து கண்காணிக்க வேண்டும் என்பதுதான் சவால்.



நகரும் ரப்பர் வாத்தைக் கண்காணித்தல்

நிரலாக்க மொழி பைதான். நிழற்படக் கருவி பொருத்தப்பட்டிருக்கும் எந்திரன் மாதிரியானது நாய் உருவம் கொண்ட சோனி ஐபோ ஈஆர்எஸ் -7 (Sony Aibo ERS-7) ஆகும். இதனால் தன் தலையைத் திருப்பி எத்திசையிலும் பார்க்க முடியும். மற்றும் நாம் கண்காணிக்க வேண்டிய இலக்குப் பொருள் ஒரு மஞ்சள் வண்ண ரப்பர் வாத்து ஆகும்.

எந்திரனில் வலது சுட்டியை சொடுக்கி காட்சி சாளரத்தைத் திறக்க முடியும். எந்திரன் பார்க்கும் திசையில் நிழற்படக் கருவிக்குத் தெரியும் காட்சி இந்த சாளரத்தில் தெரியும்.

இந்தத் திறன் அளவிடல் 2 நிமிடங்கள் மற்றும் 20 விநாடிகள் நீடிக்கும். ரப்பர் வாத்தைத் தொடர்ந்து கண்காணிக்கும் விகிதத்தை வைத்து செயல்திறனுக்கு மதிப்பெண் அளிக்கப்படுகிறது. அதாவது எத்தனை சதவிகித சட்டகங்களில் நிழல்பட மையத்தில் நாம் கண்காணிக்கும் பொருள் பதிவு செய்யப்பட்டது என்பதுதான் செயல் திறன் அளவு.

வெற்றி விகிதத்தை மேம்படுத்துவது எப்படி?

முக்கிய இலக்கை இரண்டு தனிப் பணிகளாகப் பிரித்துக் கொள்ளலாம். முதல் பணி நிழற்படக் கருவியில் இலக்குப் பொருளைத் துல்லியமாகக் கண்டறிதல். இரண்டாவது பணி நிழற்படக் கருவியை அகலவாட்டிலும் உயரவாட்டிலும் திருப்பி இலக்குப் பொருளைப் படத்தின் மையத்திலேயே இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்ளுதல்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [*Object Tracking Robot – By Nikus – INSTRUCTABLES*](#)
2. [*RobotBenchmark – Visual Tracking*](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **எந்திரன் கட்டுப்படுத்திகள்**

ஏன் அர்டுயினோ? ஏன் ராஸ்பெரி பை? குறைந்த செலவில் ஷான்க்பாட் (Shonkbot)

Robotics 17. எந்திரன் கட்டுப்படுத்திகள்

எந்திரனின் மூளை என்று சொல்லக்கூடிய கட்டுப்பாட்டு மையமாக செயல்புரிய நமக்கு ஒரு நுண்கட்டுப்படுத்தி அல்லது கணினி தேவை. நகரும் எந்திரன் என்றால் இது கையடக்கமாக இருப்பது அவசியம். மேலும் முக்கியமாக துணைக்கருவிகள், திறந்த மூல நிரல் முன்மாதிரிகள், கேள்வி பதில் மன்றங்கள் இருந்தால் நாம் செய்ய முயலும் வேலைகளுக்கு மிகவும் உதவியாக இருக்கும்.

அர்டுயினோ (Arduino) போன்ற நுண்கட்டுப்படுத்திகளும் மற்றும் ராஸ்பெரி பை (Raspberry Pi) போன்ற கையடக்கக் கணினிகளும் இத்தேவைகளையெல்லாம் பூர்த்தி செய்யக் கூடியவை.

ஏன் அர்டுயினோ?

நுண்கட்டுப்படுத்திகள் ஒரு நேரத்தில் ஒரே வேலையைச் செய்யக்கூடியவை. ஆகவே உங்கள் குறிக்கோள் ஒரு எளிய வேலையைத் திரும்பத் திரும்பச் செய்ய வேண்டுமென்றால் நுண்கட்டுப்படுத்தியே போதும்.

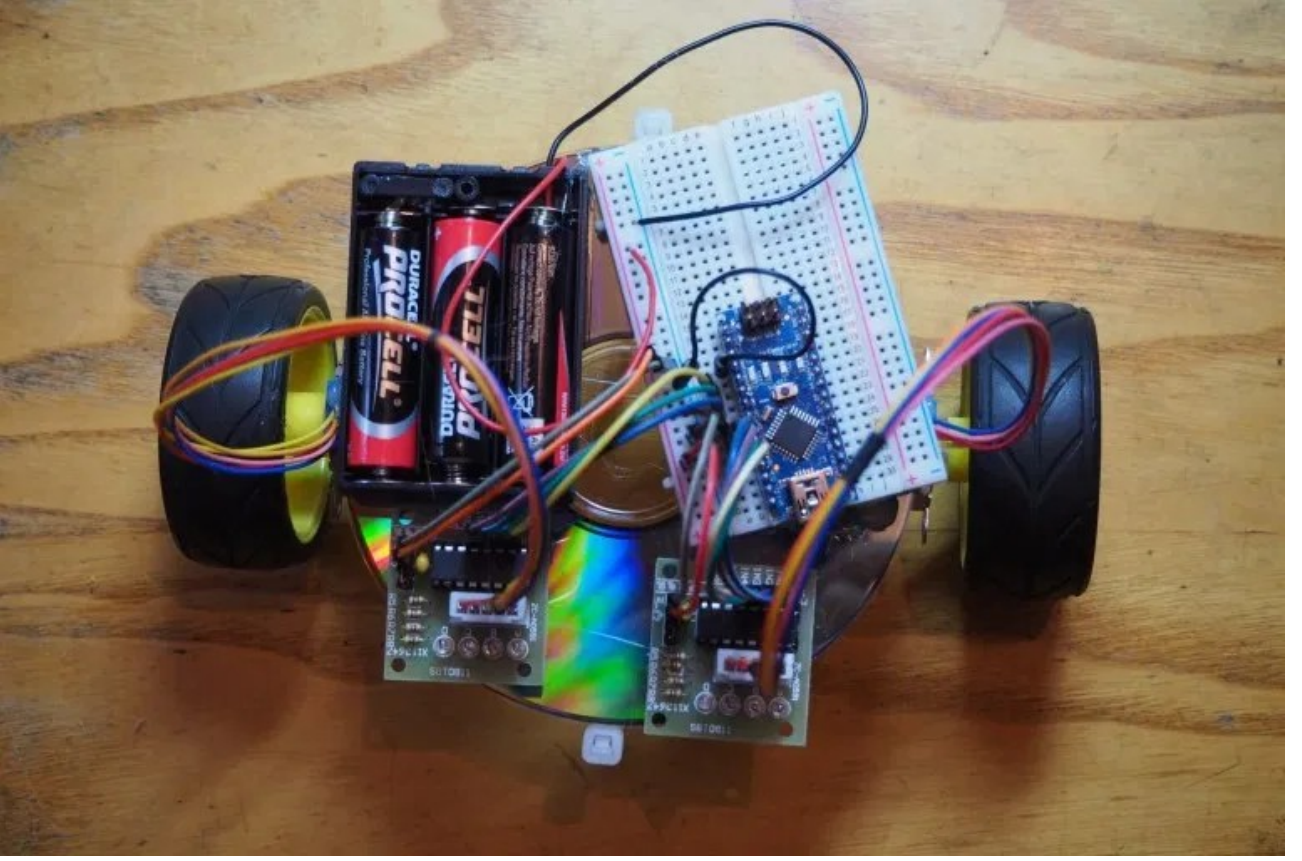
சந்தையில் பல நுண் கட்டுப்படுத்திகள் இருக்கும்போது நாம் ஏன் அர்டுயினோவைப் பரிந்துரைக்கிறோம்? முதலாவதாக இதில் என்னென்ன மின்னணுவியல் பாகங்களைப் பயன்படுத்தியுள்ளார்கள் என்ற விவரக்குறிப்புகளை முழுவதுமாக வெளியிட்டுள்ளார்கள். அடுத்து இதற்கான மென்பொருட்களும் திறந்த மூலமாகக் கிடைக்கின்றன. மற்ற நுண் கட்டுப்படுத்திகளுக்கு சில்லு மொழியில் (assembly language) நிரல் எழுத வேண்டும். இது மிகவும் கடினமானது. அர்டுயினோவில் நமக்கு மிகவும் பரிச்சயமான C, C++ மற்றும் ஜாவா போன்ற மொழிகளில் நிரல் எழுதலாம். மேலும் இதைக் கணினியுடன் இணைத்துத் தேவையான மாற்றங்கள் செய்வதும் எளிது.

ஏன் ராஸ்பெரி பை?

மறுபுறம், ராஸ்பெரி பை பொதுப் பயன்பாட்டுக்கான ஒரு சிறிய கணினி ஆகும். இது லினக்ஸ் இயங்குதளத்துடன் வருகிறது, ஆகவே ஒரே நேரத்தில் பல நிரல்களை இயக்கும் திறன் இதற்கு உண்டு. நீங்கள் சிக்கலான வேலைகளைச் செய்ய வேண்டுமென்றால் ஒரே நேரத்தில் பல நிரல்களை ஓட்ட வேண்டியிருக்கும். இதுபோன்ற வேலைகளைச் செய்ய ராஸ்பெரி பை போன்ற கணினியே தேவைப்படும்.

குறைந்த செலவில் ஷான்க்பாட் (Shonkbot)

ஒரு குறுந்தகட்டில் இரு சக்கரங்களைப் பொருத்தி வண்டியாகப் பயன்படுத்தும் மிகச் சிக்கனமான எந்திரன் இது. வரைபேனாவைப் பொருத்தி நிரல் மூலம் தரையில் காகிதத்தில் எழுதலாம்.



குறைந்த செலவில் ஷான்க்பாட் எந்திரன்

இது அர்டுயினோ நானோவைப் பயன்படுத்திக் கட்டப்பட்டது. இரு படிநிலை மின்னொறிிகள் (stepper motors) அவற்றின் இயக்கிகளுடன், 3 AA மின்கலங்கள் ஆகியவைதான் முக்கிய பாகங்கள். ஒரு அகச்சிவப்பு எல்.இ.டி, ஒளி டிரான்சிஸ்டர் மற்றும் ஒரு ஒலிப்பியைச் சேர்த்தால், இது பொருட்களை கண்டுபிடிக்கவும் அல்லது மற்ற ஷான்க்பாட்களுடன் தொடர்புகொள்ளவும் முடியுமாறு மேம்பாடு செய்யலாம்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Shonkbot – Bristol Hackspace – Matthew Venn](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: லெகோ பூஸ்ட் (Lego Boost)

நிரல் எழுதக் கற்றுக்கொள்வது இன்றைய தலைமுறைச் சிறுவர்களுக்கு அவசியம் – லெகோ பூஸ்ட்டை இயக்கும் திறந்த மூல நிரல்கள்

Robotics 18. லெகோ பூஸ்ட் (Lego Boost)

லெகோ மைண்ட்ஸ்டார்ம்ஸ் (Mindstorms) என்பது பல புதிய அம்சங்கள் உள்ள மாதிரி. இருப்பினும் இதன் பாதி செலவில், பாதி மெனக்கெடுதலில் முக்கால்வாசிக்கு மேல் கற்றுக் கொள்ளக் கூடியது அவர்களின் வயதில் இளையவர்களுக்கான மாதிரி லெகோ பூஸ்ட்தான். இதில் பயிற்சி செய்ய உங்களிடம் ஒரு ஐபாட் அல்லது ஆண்ட்ராய்டு கைக்கணினி இருக்க வேண்டும். திறன்பேசிகளையும் பயன்படுத்தலாம் என்று சொல்கிறார்கள். ஆனால் அவற்றின் சிறிய திரைகளில் வரைபடங்களின் விவரங்களைப் பார்ப்பது கடினமாக இருக்கலாம்.



லெகோ பூஸ்ட் வெர்னி (Vernie) சுழல்நெறிப் பட்டை (track) எந்திரனும், அதை இயக்கும் கைக் கணினியில் ஓடும் செயலியும்

நிரல் எழுதக் கற்றுக்கொள்வது இன்றைய தலைமுறைச் சிறுவர்களுக்கு அவசியம்

இம்மாதிரி பொம்மைகளை வைத்துப் பாடமாக இல்லாமல் விளையாட்டாகவே கற்றுக் கொள்வது எளிது.

வெர்னி (படத்திலுள்ளது), ஃபிரான்கி என்ற பூனை, M.I.R. 4, கித்தார் 4000 மற்றும் ஆட்டோ பில்டர் ஆகிய ஐந்து வெவ்வேறு எந்திரன்கள் கட்டும் துண்டுகள் பூஸ்ட் தொகுப்பில் உள்ளன. மற்றும் இவற்றைக் கட்டுவதற்கான செயல் முறைகளும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இத்துடன் ஒரு பொழுதுபோக்கான செயலியும் வருவதால் இளம் சிறுவர்கள் கூட எளிதாகக் கற்றுக் கொள்ள முடியும்.

செயலாக்கமும் நிரலாக்கமும் உங்கள் கைக்கணினியில் நடைபெறுகின்றன. மேலும் இசை, ரோபோ பேசுவது போன்ற ஒலி விளைவுகள் எந்திரன் வழியாக அல்லாமல் உங்கள் கைக்கணினியின் ஒலிபெருக்கி வழியாக வெளியே வரும்.

இந்தத் தொகுப்பில் மொத்தம் 847 பாகங்கள் உள்ளன. இவற்றில் முக்கியமானது நகர்வு மையம் (Move Hub). இதில் இரண்டு விசைகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. மேலும் செயலாக்கங்கள் யாவும் இதனுள்ளேயே நடைபெறுகின்றன. உங்கள் கைக்கணினியில் எழுதிய நிரல்களை ப்ளூடூத் வழியாக இதற்கு அனுப்பும். இவை தவிர ஒரு ஒளி மற்றும் அகச்சிவப்பு உணரியும், ஒரு தனி விசையும் வருகின்றன. இவை இரண்டும் நகர்வு மையத்துடன் கம்பி மூலம் இணைக்கப்படுகின்றன.

லெகோ பூஸ்ட்டை இயக்கும் திறந்த மூல நிரல்கள்

அவர்கள் கொடுத்த பயிற்சிகளை முதலில் செய்யலாம். ஆனால் அவற்றில் திறந்த மூல மென்பொருட்களைப் பயன்படுத்தி மேலும் செய்வதுதான் முக்கிய சவால்.

லெகோ பூஸ்ட்டுக்கு இரண்டு பேர் திறந்த மூலமாக பைதான் நிரல் எழுதியுள்ளனர். நீங்கள் இவற்றை முயற்சி செய்து பார்க்கலாம்.

1. [பைலெகோபூஸ்ட் pylgbst](#)
2. [பைபூஸ்ட் pyb00st](#)

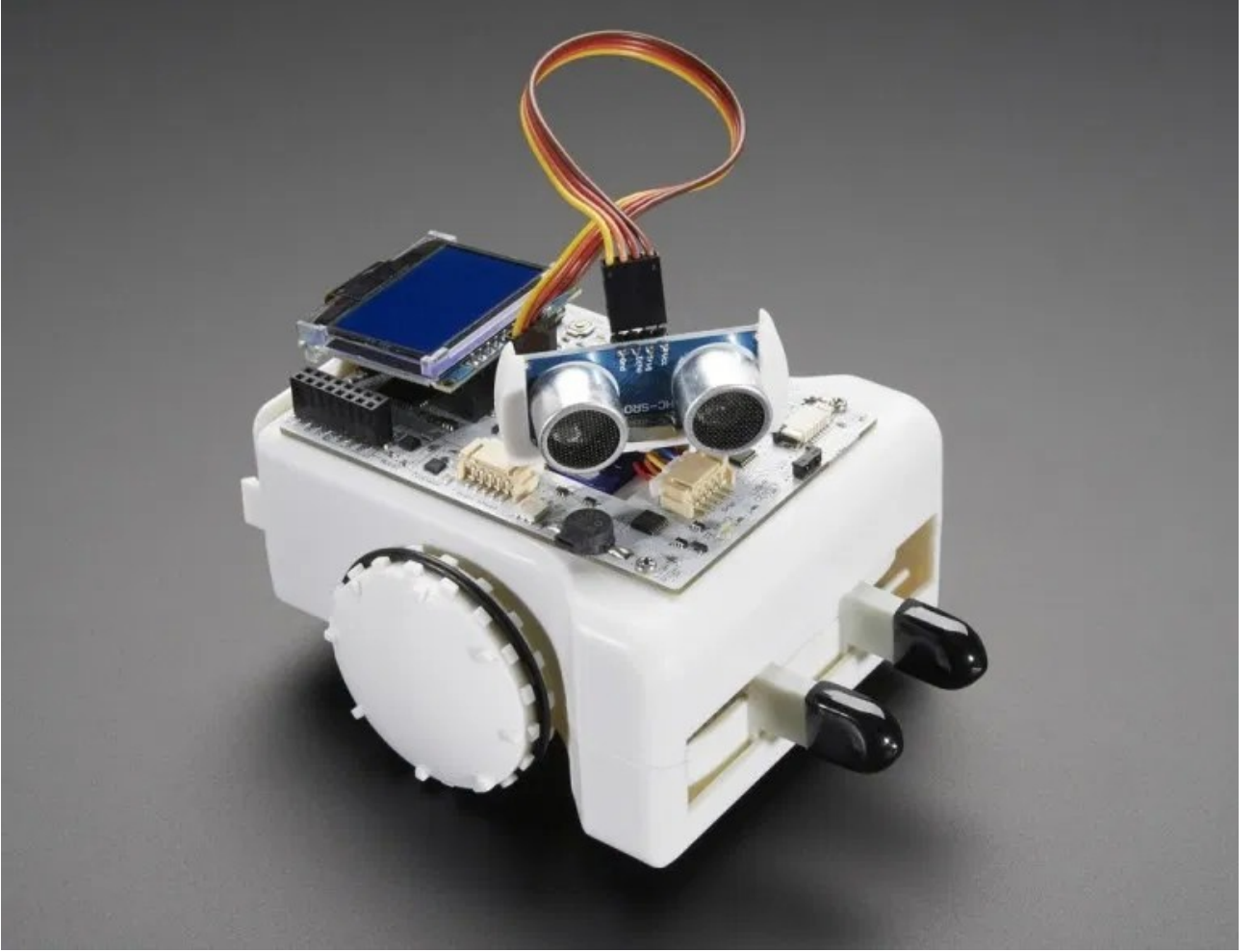
நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Lego Boost review – cnet.com](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: ஸ்பார்க்கி (Sparki) அர்டுயினோ (Arduino) எந்திரன் இழுத்து விடுதல் (drag-and-drop) முறையில் நிரல் எழுதுதல்

Robotics 19. ஸ்பார்க்கி (Sparki) அர்டுயினோ (Arduino) எந்திரன்

ஆர்பாட்டிக்ஸ் (ArcBotics) ஸ்பார்க்கி ஒரு சாதாரண பொம்மையல்ல. எந்திரனியல் பற்றியும் அதன் அடிப்படைகளான அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பங்களையும் மாணவர்கள் மிகவும் ஆர்வத்துடன் கற்றுக்கொள்ள உதவும் ஒரு கல்விக்கான அடிப்படைத் தளமாகும்.



ஆர்பாட்டிக்ஸ் ஸ்பார்க்கி எந்திரன்

ஸ்பார்க்கி நடுநிலைப் பள்ளி மற்றும் உயர்நிலைப் பள்ளி மாணவர்களை இலக்காகக் கொண்டது. ஸ்பார்க்கிக்கு 4 AA மின்கலங்கள் தேவை. நீங்கள் வழக்கமான கார (alkaline) மின்கலங்கள் அல்லது மீண்டும் மின்னேற்றவல்ல (rechargeable) மின்கலங்களைப் பயன்படுத்தலாம்.

குறைந்த விலை எந்திரன்களில் வரும் மலிவான மின்விசைகள் போலல்லாமல் இதில் துல்லியமாகக் கட்டுப்படுத்தக்கூடிய படிநிலை மின்விசைகள் (stepper motors) உள்ளன. ஒரு பச்சை-நீலம்-சிவப்பு (பநீசி) எல்இடி (RGB LED) மற்றும் ஒரு தொனி ஒலியெழுப்பி உண்டு. எந்த சிறுவர்களின் எந்திரன்களிலும் இல்லாத ஒரு எல்கிடி (LCD) காட்சித்திரை கூட உண்டு. இந்த அம்சங்கள் நம்மால் செயல்படுத்தக்கூடிய திட்டங்களைக் கணிசமாக நீட்டிக்கின்றன.

இது அர்டுயினோ நுண்கட்டுப்படுத்தியை (Arduino microcontroller) அடிப்படையாகக் கொண்டது. எனவே நீங்கள் விரும்பியவாறு இந்த எந்திரனை மேலும் விரிவாக்க முடியும்.

இதன் தூரம் உணரிக் கண்கள் ஒரு திரும்பக்கூடிய பீடத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. எனவே இதனால் 'தலையைத்' திருப்பிப் பார்க்க முடியும். இதற்கு ஒளி உணரிகள், முடுக்க மானி (accelerometer), காந்தமானி (magnetometer), அகச்சிவப்பு உணரி போன்ற பல உணரிகள் உள்ளன. மற்றும் ஒரு அகச்சிவப்பு தொலைவியக்கியும் உண்டு.

தொலைவியக்கியால் இயக்கும் நிரலை ஸ்பார்க்கியில் நிறுவியே அனுப்புகிறார்கள். நீங்களாக நிரல் எழுதி இயக்கக் கற்றுக்கொள்ளும்வரை இதை வைத்துத் தொடங்கலாம். ஸ்பார்க்கியை ஓட்டவும் மற்றும் அதன் சில அம்சங்களை முயற்சி செய்து பார்க்கவும் இந்தத் தொலைவியக்கியைப் பயன்படுத்தப்படலாம்.

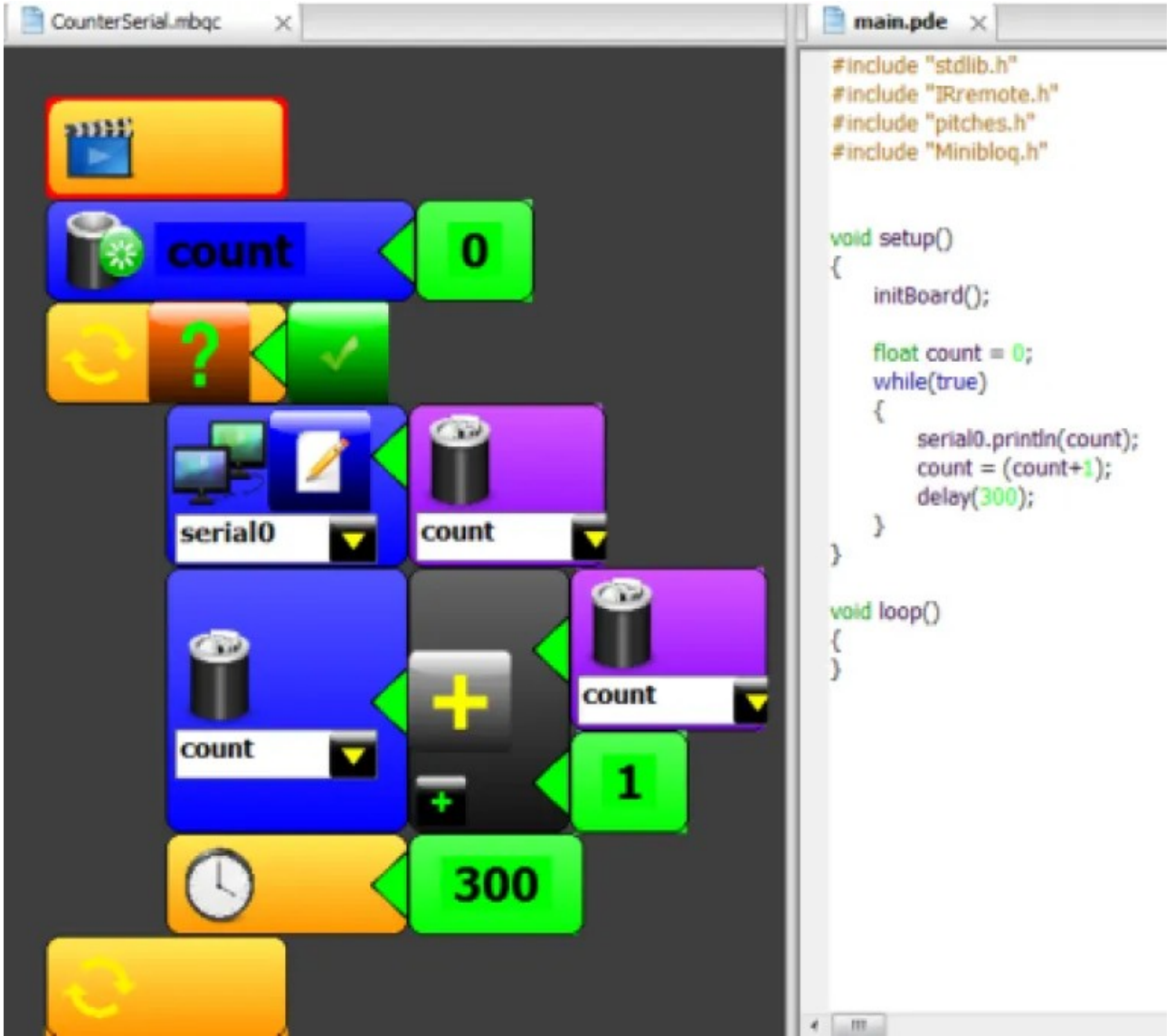
இந்த எந்திரனை வைத்து நீங்கள் கீழ்க்கண்டவை போன்ற பல திறன்களைக் கற்றுக் கொள்ளலாம்:

- ஓரத்தைத் தவிர்த்தல் (Edge avoidance)
- கோட்டைத் தொடர்தல் (Line following)
- புதிர் பாதைக்குத் தீர்வு காணுதல் (Maze solving)
- சுவரைத் தவிர்த்தல் (Wall avoidance)
- அறைக்குள் வலம்வரல் (Room navigation)
- பொருளை மீட்டெடுத்தல் (Object retrieval)
- ஒளியைத் தொடர்தல்/தவிர்த்தல் (Follow/hide from light sources)
- உருவத்தை வரைதல் (Shape drawing)
- கணினி உள்ளிடுதல் (Computer input)
- மற்ற ஸ்பார்க்கிகளுடன் விளையாடுதல்

ஸ்பார்க்கிடுயினோ (SparkiDuino) என்பது ஸ்பார்க்கி எந்திரனுக்கு நிரல் எழுத உதவும் ஒரு திறந்த மூல ஒருங்கிணைந்த நிரலாக்க சூழல் (IDE).

இழுத்து விடுதல் (drag-and-drop) முறையில் நிரல் எழுதுதல்

மினிப்ளாக் (Minibloq) என்பது அர்டுயினோவுக்கு ஒரு வரைகலை நிரல் இயற்றியாகும். இதில் ஸ்க்ராட்ச் (Scratch) நிரலாக்கம் போன்று எளிதான இழுத்து விடுதல் (drag-and-drop) முறையில் நிரல் எழுதலாம். இதன் முக்கிய நோக்கம் பள்ளி மாணவர்களுக்கு நிரலாக்கம் கற்பிப்பதில் உதவுவதாகும். இது சிறப்பாக தொடக்க, நடுத்தர மற்றும் உயர்நிலைப் பள்ளிகளில் எந்திரனியல் கற்றுக் கொடுக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.



நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Adafruit Industries – Sparki](#)
2. [Example Minibloq program showing serial communications and a counter by Gijs.noorlander – Wikimedia Commons](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **மற்றும் சில எந்திரன் தொகுப்புகள்** தைமியோ 2 (Thymio II), லெகோ மைண்ட்ஸ் டார்ம்ஸ் (Lego Mindstorms), பிராக்கியோ (Braccio) எந்திரன் கை, ஹெக்சி (Hexy) நடக்கும் எந்திரன், டர்டில்பாட் (Turtlebot)

Robotics 20. மற்றும் சில எந்திரன் தொகுப்புகள்

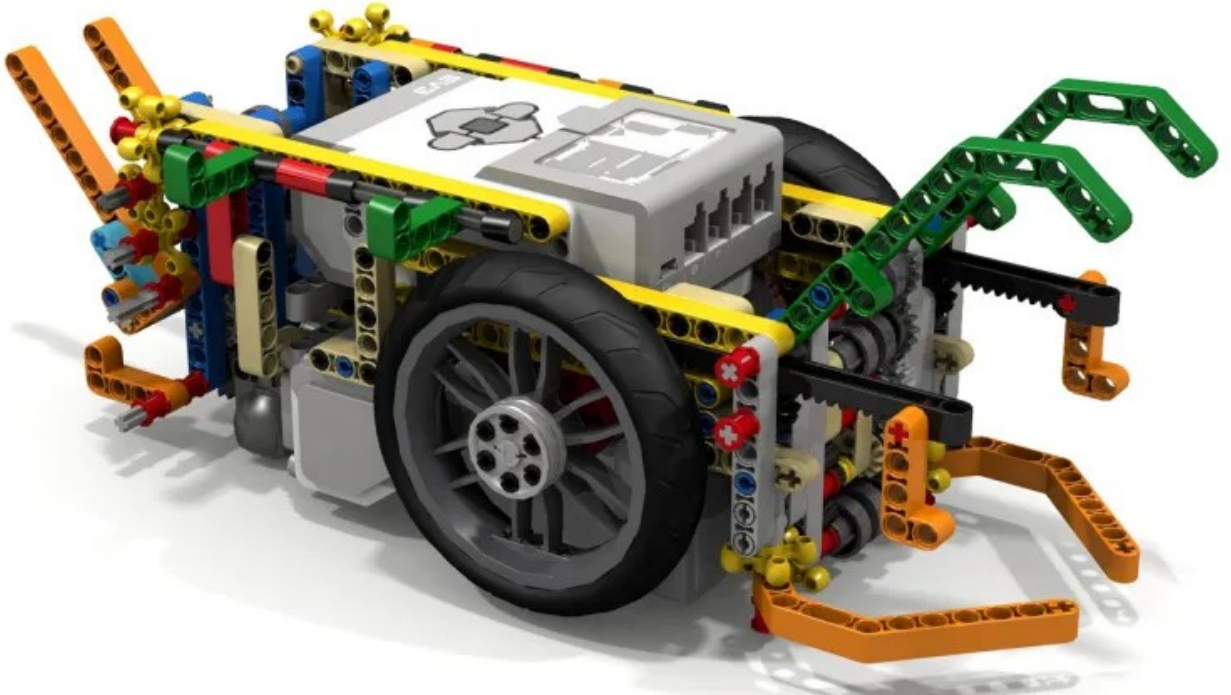
எந்திரன் தொகுப்புகளை வாங்கும் முன் கருத்தில் கொள்ள வேண்டியவை

1. நீங்கள் யாருக்காக எந்திரன் தொகுப்பை வாங்கப் போகிறீர்களோ அந்த வயது வரம்புக்குத் தோதான நிரல் எழுதும் வகை அதில் உண்டா என்று முக்கியமாக உறுதிப்படுத்தவும்.
2. கற்றுக்கொள்ள மட்டும்தான் என்றால் நீங்கள் பாவனையாக்கிகளிலேயே கற்றுக்கொள்ள முடியும். உங்கள் பள்ளியிலோ, கல்லூரியிலோ அல்லது ஊரிலோ ஒரு எந்திரன் போட்டியில் பங்கு பெறுவது போன்ற பெரிய குறிக்கோளை வைத்து அதற்குத் தகுந்த எந்திரன் தொகுப்பை வாங்குவது பயனுள்ள செயல்.
3. எந்திரன் தொகுப்புகளுடன் வரும் படிப்படியான வழிமுறைகளைப் பின்பற்றி பல திட்டங்களும் மாதிரிகளும் செய்ய முடியும். இருப்பினும் அதற்குமேல் அதில் எதுவும் சவால் இல்லை. திறந்த மூல மென்பொருட்களை பயன்படுத்தி மேலும் அந்த எந்திரனை விரிவாக்கி புதிய பல வேலைகளை செய்வதற்கு வழி இருக்கிறதா என்றும் பாருங்கள்.

தைமியோ 2 (Thymio II)

நாம் முந்தைய கட்டுரைகளில் பல பயிற்சிகளில் பார்த்த எந்திரன் தான் இது. இதன் அடிப்படை வேலைத்திறன்கள் மற்றும் பல்வேறு நிரலாக்க சூழல்கள் மனதை ஈர்க்கும் எந்திரன்களின் உலகத்தைக் கண்டறிய 6 வயது முதலான சிறுவர்களுக்கு வழி செய்கின்றன. நீங்கள் உங்களுக்கு ஒத்த மொழிகளையும் சூழல்களையும் தேர்ந்தெடுப்பதன் மூலம் தைமியோவின் நிரலாக்கத்தை எளிதாகக் கற்றுக்கொள்ள முடியும்.

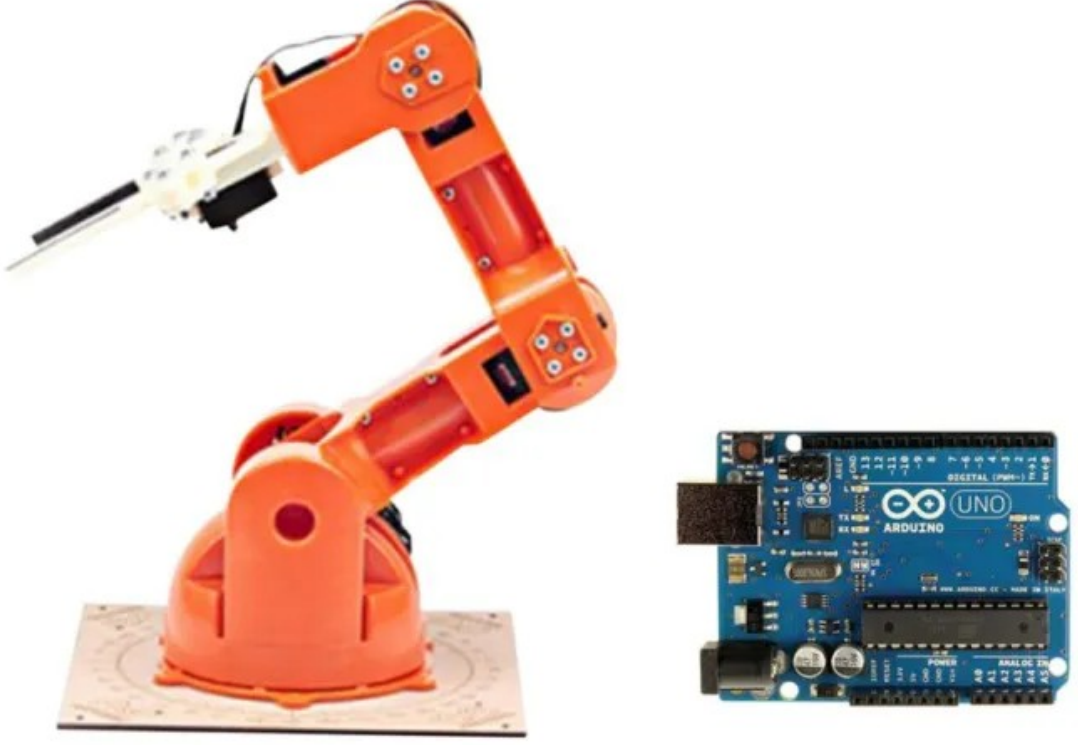
லெகோ மைண்ட்ஸ்டார்ம்ஸ் (Lego Mindstorms)



லெகோ மைண்ட்ஸ்டார்ம்ஸ்

கொடுக்கப்பட்ட படிப்படியான வழிமுறைகளைப் பின்பற்றி டிராக்கர், ராப்டார், ஸ்பைகர், எவர்ஸ்டார்டர், கிரிப்பர் என்ற ஐந்து அருமையான எந்திரன்களை உருவாக்கலாம். இவி3 டெவ் (ev3dev) என்ற திறந்த மூல மென்பொருளைப் பயன்படுத்தி மேலும் பல திட்டங்களைச் செய்து பார்க்கலாம். ஓபன் ராபர்ட்டா (OpenRoberta), இவி3 பைதான் (EV3Python), ஸ்கிராட்ச் (Scratch) மொழிகளிலிலும் நிரல் எழுதலாம்.

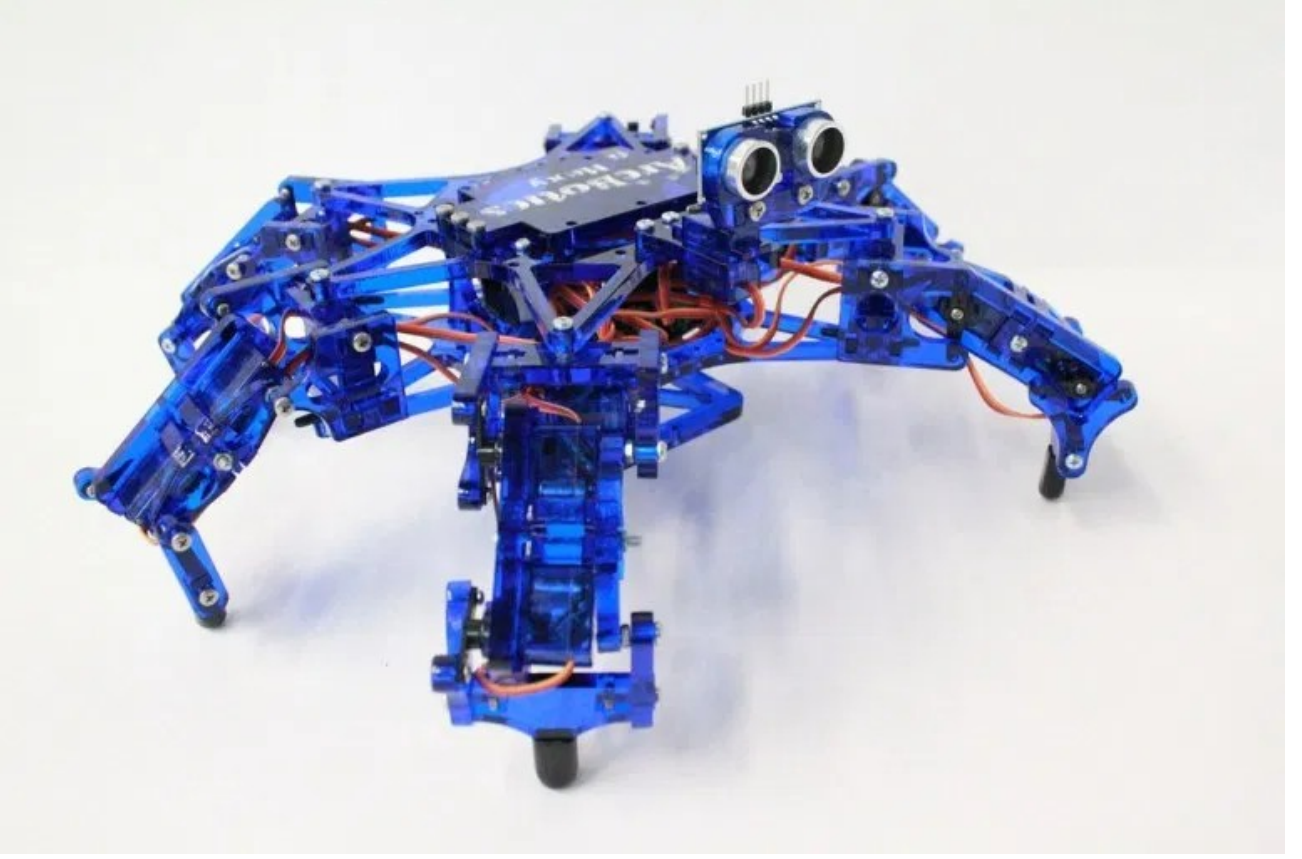
அர்டுயினோ பிராக்கியோ (Braccio) எந்திரன் கை



அர்டுயினோ பிராக்கியோ எந்திரன் கை

இந்த எந்திரன் கையால் பல மாதிரிப் பொருட்களை கைப்பிடியில் பிடித்துக் கொள்ள முடியும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு நிழற்படக் கருவியை இதன் கையில் பிடிக்க வைத்து, நிரல் எழுதி, நீங்கள் எங்கு செல்கிறீர்களோ அங்கெல்லாம் பார்வையால் பின் தொடர வைக்கலாம். இது அர்டுயினோ என்ற நுண் கட்டுப்படுத்தியைப் பயன்படுத்துவதற்காகவே உருவாக்கப்பட்டது.

ஹெக்சி (Hexy) நடக்கும் எந்திரன்



ஆர்பாட்டிக்ஸ் ஹெக்ஸி நடக்கும் எந்திரன்

இது சிலந்தி போன்று ஆறு கால்களில் நடக்கும் எந்திரன். இது அணிவகுப்பு போல் நடக்கும் மற்றும் நடனம் ஆடும். நாம் முன்னர் பார்த்த ஸ்பார்க்கி எந்திரனைத் தயாரிக்கும் ஆர்பாட்டிக்ஸ் நிறுவனமே இதையும் தயாரிக்கிறது. இதன் நிரல்கள் யாவும் திறந்த மூலமாகக் கிடைக்கின்றன. இதற்கு நீங்கள் பைதான் மொழியில் நிரல் எழுதலாம்.

நன்றி தெரிவிப்புகள்

1. [Lego Mindstorms](#)
2. [Arduino Braccio](#)
3. [Arcbotics Hexy](#)

இத்தொடரில் அடுத்த கட்டுரை: **டர்டிஸ்பாட் 3 – பர்கர் (Turtlebot 3 – Burger)**

ராஸ் (ROS – Robot Operating System)

Robotics 21. டர்டில்பாட் 3 – பர்கர் (Turtlebot 3 – Burger)

இது வரை நாம் பார்த்த எந்திரன் தொகுதிகள் கீழ்க்கண்ட வகையில் மிகவும் பயனுள்ளவை:

- ஆறு வயது முதல் பல்வேறு வயது வரம்புக்கு உட்பட்ட சிறுவர்கள் கற்றுக்கொள்ள எளிதாக நிரல் எழுதும் வகைகள் பல உண்டு.
- கைமுறையாக செயல்படுத்திப் பார்க்க பல வழிமுறைகள் இருப்பதால் எந்திரனியல் அடிப்படைகளை ஆழமாகப் புரிந்துகொள்ள வாய்ப்புகள் அதிகம்.
- சிறுவர்கள் விளையாட்டாக தொழில் நுட்பத்தையும், நிரல் எழுதுவதையும் மட்டுமல்லாமல் அறிவியலையும், கணிதத்தையும் ஆர்வத்துடன் கற்றுக்கொள்ள வழிவகுக்கின்றன.

நாம் இதுவரை பார்த்த பாவனையாக்கியில் செய்யக்கூடிய பயிற்சிகளை எல்லாம் வெற்றிகரமாக செய்து முடித்து விட்டீர்கள் என்று வைத்துக் கொள்வோம். உங்கள் எந்திரனியல் கல்வி மற்றும் பயிற்சியில் அடுத்தபடி என்ன? அடுத்த சவால் என்ன? எந்திரனியலில் நடைமுறைக்கு பயன்படக்கூடிய ஏதாவது ஒரு திட்டத்தை செயல் படுத்தலாம். இது கல்லூரிப் பயிற்சிக்கு உதவலாம் அல்லது வணிக ரீதியாகவும் இருக்கலாம். இதற்கு உங்களுக்கு நடைமுறையில் பயன்படுத்தக்கூடிய எந்திரனியல் மென்பொருள் தொகுப்பு ஒன்று தேவை. அதுதான் ராஸ்!

ராஸ் (ROS – Robot Operating System)

ராஸ் என்பது பொழுதுபோக்குக்காக மட்டுமல்லாமல் வணிக ரீதியாகவும் பரவலாக பயன்படுத்தப்படும் திறந்த மூல மென்பொருள் தொகுப்பு. இதில் கீழ்க்கண்ட மென்பொருட்கள் அடங்கியுள்ளன:

- சந்தையில் பரவலாகக் கிடைக்கக்கூடிய எந்திரனியல் வன்பொருட்களை இயக்கக்கூடிய ஓட்டி மென்பொருட்கள் (hardware drivers).
- எந்திரனியலில் பயன்படும் வினைச்சரங்களை (algorithms) செயல்படுத்திய மென்பொருள் தொகுப்புகள். அதுவும் மிகவும் மேம்படுத்திய சமீபகால வினைச்சரங்கள்.
- நிரலாளர்களுக்கு அவசியம் தேவையான சக்தி வாய்ந்த நிரல் கருவிகள் (developer tools).

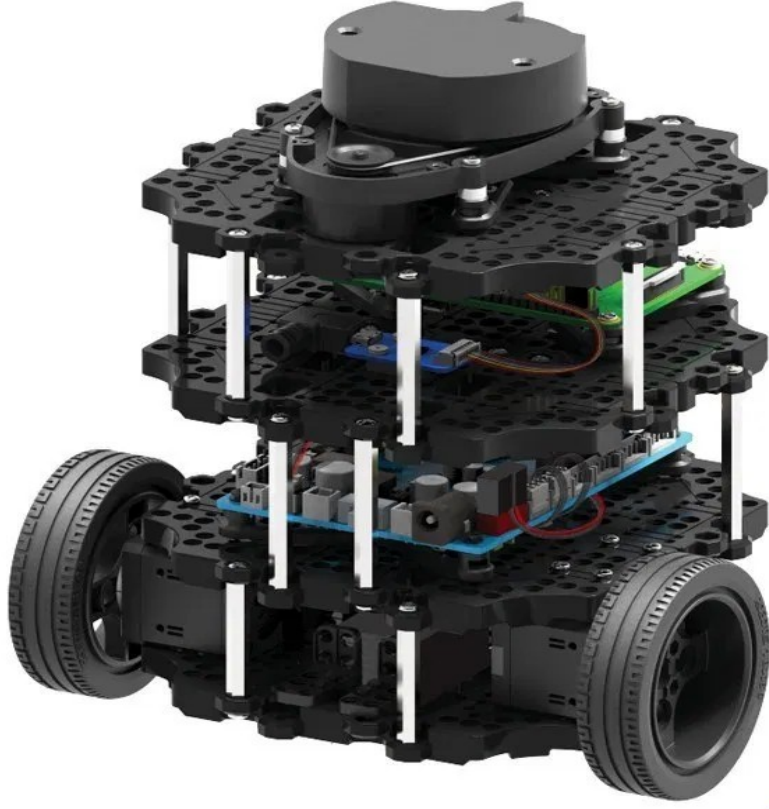
ராஸ் மென்பொருளை 125 க்கும் மேலான எந்திரனிகளில் பயன்படுத்திவருகிறார்கள். இவற்றில் பல வணிக ரீதியானவை. மேலும் இவர்களில் பலர் தங்கள் வேலைக்காக உருவாக்கிய மென்பொருள் தொகுப்புகளையும் (software packages) திறந்த மூலமாகப் பகிர்ந்துள்ளார்கள். எடுத்துக்காட்டுகள்:

- இடையூறு தவிர்ப்பு (Obstacle Avoidance)
- வரைபடம் தயாரித்து தன்னிடங்குறித்தல் (Simultaneous Localization And Mapping – SLAM)
- சுவரை ஓட்டியே செலுத்துதல் (Wall Following)
- தானியங்கியாக வண்டியை செலுத்துதல் (Automated Driving)

மேலும் அவர்களுக்கு என்னென்ன பிரச்சினைகள் வந்தன, எப்படித் தீர்வு கண்டார்கள் என்பதையும் மன்றங்களில் பகிர்ந்துகொள்கிறார்கள்.

புரிகிறது, ஆனால் ராஸ் கற்றுக் கொண்டால் தான் வணிக ரீதியாக எதையும் செயல்படுத்த முடியும் போல் தெரிகிறது. ஆனால் எதையாவது செயல்படுத்தினால்தான் ராஸ் கற்றுக் கொள்ள முடியும். இந்தப் பிரச்சனைக்கு என்ன தீர்வு? அதுதான் டர்டில்பாட் 3 பர்கர்!

டர்டில்பாட் 3 பர்கர்



டர்டில்பாட் 3 – பர்கர்

குறைந்த விலை கணினியில் திறனையும் வசதியையும் மிகவும் குறைக்காமல் ராஸ் மென்பொருளை முழுமையாக நிறுவி வேலை செய்து பார்க்க இது ஒரு நல்ல எந்திரன் தொகுதி. மேலும் நகரும் எந்திரனில் பல விதமான உணரிகளை சோதனை செய்து பார்க்கவும் இது மிகவும் சிறந்தது.

நீங்கள் பொழுதுபோக்குக்காகவோ அல்லது வேடிக்கை விளையாட்டுக்காகவோ ஒரு எந்திரன் வாங்க விரும்பினால் அது இதுவல்ல. மேம்பட்ட எந்திரனியல் (advanced robotics) மற்றும் கணினி அறிவியல் கருத்துக்களைக் (computer science concepts) கற்றுக்கொள்ள விரும்பினால் நீங்கள் வாங்க விரும்பும் எந்திரன் இதுவாகும்.

இத்துடன் இக்கட்டுரைத் தொடர் முற்றும். நன்றி!

ashokramach@gmail.com