

WRO Future Engineers 2025-এর জন্য একটি স্ব-চালিত রোবট প্রকল্পের বিশদ প্রতিবেদন

১. ভূমিকা: WRO Future Engineers 2025 প্রতিযোগিতার প্রেক্ষাপট এবং প্রকল্পের সারসংক্ষেপ

World Robot Olympiad (WRO) একটি বিশ্বব্যাপী আন্তর্জাতিক রোবটিক্স প্রতিযোগিতা, যা শিক্ষার্থীদের বিজ্ঞান, প্রযুক্তি, প্রকৌশল এবং গণিত (STEM) বিষয়ে আগ্রহী করে তুলতে কাজ করে। 2025 সালের WRO-এর মূল থিম হলো "The Future of Robots" (রোবটদের ভবিষ্যৎ)। এই থিমের অধীনে, প্রতিযোগীরা কীভাবে রোবট ভবিষ্যতের শহরগুলোকে নতুন রূপ দিতে পারে, মহাবিশ্বে মানুষের জীবন সম্প্রসারণে সহায়তা করতে পারে, অথবা AI-চালিত রোবট কীভাবে আমাদের জীবনের প্রতিটি দিককে উন্নত করতে পারে, তা নিয়ে গবেষণা করবে^১। WRO-এর Future Engineers বিভাগটি বিশেষত 14 থেকে 22 বছর বয়সী শিক্ষার্থীদের জন্য তৈরি করা হয়েছে, যেখানে তাদের একটি স্ব-চালিত গাড়ির চ্যালেঞ্জে অংশগ্রহণ করতে হয়^২। এই বিভাগটি উন্মুক্ত হার্ডওয়্যার ব্যবহারের সুযোগ দেয়, যা রোবটিক্স প্রকৌশলের বাস্তব প্রয়োগের একটি চমৎকার ক্ষেত্র তৈরি করে^৩।

এই প্রতিবেদনটির লক্ষ্য হলো WRO Future Engineers 2025 চ্যালেঞ্জের জন্য একটি কার্যকরী স্ব-চালিত রোবট তৈরির একটি সম্পূর্ণ রূপরেখা এবং নির্দেশিকা প্রদান করা। এই রোবটটি ব্যবহারকারীর অনুরোধ অনুসারে Raspberry Pi 3, Arduino Uno, ক্যামেরা, আল্ট্রাসোনিক সেন্সর, জিপিএস এবং জাইরোস্কোপ ব্যবহার করে ডিজাইন করা হবে। প্রকল্পটি একটি শক্তিশালী, নমনীয় এবং নির্ভরযোগ্য সমাধান তৈরি করবে, যা প্রতিযোগিতার নির্দিষ্ট প্রয়োজনীয়তাগুলো পূরণের জন্য সুপরিকল্পিত।

এই প্রকল্পের মূল আর্কিটেকচার একটি ডুয়াল-কন্ট্রোলার সিস্টেমের ওপর ভিত্তি করে তৈরি। এতে Raspberry Pi 3 প্রধান প্রসেসর (মাস্টার) হিসেবে কাজ করবে এবং Arduino Uno একটি স্ল্যাভ প্রসেসর হিসেবে থাকবে। এই আর্কিটেকচারটি জটিল কম্পিউটেশনাল কাজগুলো (যেমন কম্পিউটার ভিশন এবং পথ পরিকল্পনা) এবং রিয়েল-টাইম নিয়ন্ত্রণের (যেমন মোটর নিয়ন্ত্রণ এবং সেন্সর ডেটা সংগ্রহ) মধ্যে কাজগুলোকে বিভক্ত করে, যা রোবটের সামগ্রিক কর্মক্ষমতা এবং নির্ভরযোগ্যতা নিশ্চিত করবে।

২. রোবটের স্থাপত্য এবং উপাদানসমূহের ভূমিকা

২.১ ডুয়াল-প্রসেসর আর্কিটেকচার কেন?

WRO Future Engineers প্রতিযোগিতার মতো চ্যালেঞ্জিং কাজের জন্য, একক প্রসেসর ব্যবহার করার চেয়ে একটি ডুয়াল-প্রসেসর আর্কিটেকচার প্রায়শই অধিক কার্যকরী প্রমাণিত হয়। Raspberry Pi 3 একটি শক্তিশালী সিঙ্গেল বোর্ড কম্পিউটার (SBC) যা লিনাক্স-ভিত্তিক একটি পূর্ণাঙ্গ অপারেটিং সিস্টেম চালায়। এই বৈশিষ্ট্যটি এটিকে OpenCV-এর মতো জটিল কম্পিউটার ভিশন লাইব্রেরি ব্যবহার করে ইমেজ প্রসেসিং এবং অ্যালগরিদম কার্যকর করার জন্য আদর্শ করে তোলে⁷। তবে, এর নন-রিয়েল-টাইম অপারেটিং সিস্টেমের কারণে, এটি নির্দিষ্ট সময়-সীমাবদ্ধ কাজগুলোতে (timing-critical tasks) বিলম্ব বা অনির্ভরযোগ্যতা তৈরি করতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, যদি অপারেটিং সিস্টেম অন্য কোনো গুরুত্বপূর্ণ প্রক্রিয়ায় ব্যস্ত থাকে, তাহলে মোটর নিয়ন্ত্রণের জন্য পাঠানো কমান্ডে সামান্য বিলম্ব ঘটতে পারে, যা রোবটের গতিপথে নেতিবাচক প্রভাব ফেলবে।

অন্যদিকে, Arduino Uno একটি মাইক্রোকন্ট্রোলার যা একটি সরল এবং স্থির আর্কিটেকচারের উপর ভিত্তি করে তৈরি। এটি কম-ল্যাটেন্সি অপারেশনের জন্য অত্যন্ত দক্ষ, যেমন সেন্সর ডেটা পড়া এবং মোটরের গতি ও দিক নিয়ন্ত্রণের জন্য পালস-উইথ মড্যুলেশন (PWM) সিগন্যাল পাঠানো⁹। Arduino-এর এই রিয়েল-টাইম সক্ষমতা এটিকে সেন্সর-ভিত্তিক প্রতিক্রিয়া এবং সুনির্দিষ্ট মোটর নিয়ন্ত্রণের জন্য আদর্শ করে তোলে। এই দুটি প্রসেসরকে একত্রিত করে, Pi "মস্তিষ্কের" মতো কাজ করবে—যা জটিল সিদ্ধান্ত গ্রহণ এবং ডেটা বিশ্লেষণ করবে, এবং Arduino "স্নায়ুতন্ত্রের" মতো কাজ করবে—যা Pi-এর নির্দেশাবলীকে দ্রুত এবং নির্ভুলভাবে কার্যকর করবে¹²। এই সমন্বয়টি Pi-এর কম্পিউটেশনাল শক্তিকে কাজে লাগিয়ে Arduino-এর রিয়েল-টাইম নির্ভরযোগ্যতার সুবিধা গ্রহণ করে, যা প্রতিযোগিতার জন্য একটি শক্তিশালী ভিত্তি তৈরি করবে।

২.২ উপাদানসমূহের ভূমিকা

- **Raspberry Pi 3:** এই প্রকল্পটি মূলত Raspberry Pi 3-এর ওপর ভিত্তি করে তৈরি হবে। এটি রোবটের প্রধান প্রসেসিং ইউনিট হিসেবে কাজ করবে। এর প্রধান কাজগুলোর মধ্যে রয়েছে ক্যামেরা থেকে প্রাপ্ত ইমেজ বিশ্লেষণ করা, লেনের পথ অনুসরণ করার জন্য কম্পিউটার ভিশন অ্যালগরিদম কার্যকর করা, এবং জিপিএস ও জাইরোস্কোপ থেকে প্রাপ্ত ডেটা ব্যবহার করে উন্নত নেভিগেশন এবং পথ পরিকল্পনা করা⁷।
- **Arduino Uno:** এটি একটি স্ল্যাভ মাইক্রোকন্ট্রোলার হিসেবে কাজ করবে, যা Pi-এর থেকে কমান্ড গ্রহণ করবে এবং রিয়েল-টাইম কাজগুলো পরিচালনা করবে। এর কাজগুলোর মধ্যে রয়েছে মোটরের গতি ও দিক নিয়ন্ত্রণ করা, আল্ট্রাসনিক সেন্সর থেকে ডেটা সংগ্রহ করা এবং জাইরোস্কোপ ডেটা Pi-এর কাছে পাঠানো⁹।
- **ক্যামেরা:** এটি রোবটের "চোখ" হিসেবে কাজ করবে। WRO-এর Future Engineers প্রতিযোগিতায়, স্ব-চালিত গাড়িকে ট্র্যাকে লেনের লাইন এবং ট্র্যাফিক সাইন (যেমন লাল বা সবুজ রঙের পিলার) শনাক্ত করতে হয়¹⁴। ক্যামেরা এই শনাক্তকরণের জন্য প্রয়োজনীয় ভিডিও স্ট্রিম প্রদান করবে।
- **আল্ট্রাসনিক সেন্সর (HC-SR04):** এই সেন্সরগুলো রোবটের সামনে এবং পাশে স্থাপন করা হবে যাতে

বাধা শনাক্ত করা যায়। এটি শব্দ তরঙ্গ ব্যবহার করে বস্তু থেকে দূরত্ব পরিমাপ করে, যা স্ব-চালিত রোবটের বাধা এড়ানোর (obstacle avoidance) জন্য অপরিহার্য⁷।

- **জিপিএস (GPS):** জিপিএস সেন্সর রোবটের পরম অবস্থান (absolute position) সম্পর্কে তথ্য দেবে। যদিও এটি ইনডোর প্রতিযোগিতার পরিবেশে সীমিত কার্যকারিতা সম্পন্ন হতে পারে, তবে এটি সেন্সর ফিউশন অ্যালগরিদমে অবস্থানগত তথ্য সরবরাহের জন্য একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস হিসেবে কাজ করবে¹⁸।
- **জাইরোস্কোপ (Gyro):** জাইরোস্কোপ, যেমন MPU-6050, রোবটের কৌণিক বেগ (angular velocity) এবং ওরিয়েন্টেশন (yaw, pitch, roll) পরিমাপ করে¹⁹। এটি রোবটের গতিপথের পরিবর্তন এবং ঘূর্ণনের সময় নির্ভুল নেভিগেশনের জন্য অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ⁹।

টেবিল ১: হার্ডওয়্যার কম্পোনেন্ট এবং তাদের ভূমিকা

হার্ডওয়্যার কম্পোনেন্ট	প্রধান কার্যকারিতা	সংযুক্ত প্রসেসর
Raspberry Pi 3	উচ্চ-স্তরের সিদ্ধান্ত গ্রহণ, কম্পিউটার ভিশন	মাস্টার (Master)
Arduino Uno	রিয়েল-টাইম মোটর এবং সেন্সর নিয়ন্ত্রণ	স্ল্যাভ (Slave)
ক্যামেরা	লেনের লাইন ও ট্র্যাফিক সাইন শনাক্তকরণ	Raspberry Pi
আল্ট্রাসোনিক সেন্সর	বাধা শনাক্তকরণ এবং দূরত্ব পরিমাপ	Arduino Uno
জিপিএস	রোবটের পরম অবস্থান সম্পর্কে তথ্য সরবরাহ	Raspberry Pi
জাইরোস্কোপ (MPU-6050)	কৌণিক বেগ এবং ওরিয়েন্টেশন পরিমাপ	Arduino Uno
মোটর ড্রাইভার (L298N)	ডিসি মোটর নিয়ন্ত্রণ	Arduino Uno
ডিসি মোটর	রোবটকে চালিত করা	মোটর ড্রাইভারের মাধ্যমে Arduino-এর সাথে

৩. হার্ডওয়্যার ইন্টারফেসিং: সংযোগ স্থাপন এবং ইলেকট্রনিক্স

৩.১ Pi এবং Arduino-এর মধ্যে সংযোগ

Raspberry Pi এবং Arduino-কে সংযুক্ত করার সবচেয়ে সহজ এবং নিরাপদ উপায় হলো একটি USB ক্যাবল ব্যবহার করে সিরিয়াল যোগাযোগ স্থাপন করা। Pi-তে যখন Arduino-কে USB-এর মাধ্যমে সংযুক্ত করা হয়, তখন Pi স্বয়ংক্রিয়ভাবে এটিকে /dev/ttyACM0 বা এ ধরনের একটি ডিভাইস হিসেবে শনাক্ত করে¹³। এই পদ্ধতিটি অত্যন্ত নির্ভরযোগ্য এবং হার্ডওয়্যারের ক্ষতি হওয়ার ঝুঁকি নেই। যদিও GPIO পিন ব্যবহার করে সরাসরি সিরিয়াল যোগাযোগ করা সম্ভব, তবে Raspberry Pi (3.3V) এবং Arduino (5V)-এর মধ্যে ভোল্টেজ পার্থক্যের কারণে একটি ভোল্টেজ লেভেল কনভার্টার (Logic Level Converter) প্রয়োজন হয়¹³। এই অতিরিক্ত হার্ডওয়্যার এবং এর সাথে সম্পর্কিত জটিলতা এড়ানোর জন্য, USB পদ্ধতিটিই এই প্রকল্পের জন্য বেশি উপযোগী। এই পদ্ধতি প্রতিযোগিতার প্রস্তুতির সময় বাঁচায় এবং সরঞ্জাম সুরক্ষিত রাখতে সহায়তা করে।

৩.২ ক্যামেরা, সেন্সর এবং মোটর সংযোগ

- **ক্যামেরা সংযোগ:** একটি Raspberry Pi ক্যামেরা সরাসরি Pi-এর CSI পোর্টে যুক্ত করা যায়। বিকল্পভাবে, একটি স্ট্যান্ডার্ড USB ওয়েবক্যাম (যেমন Logitech C270) Pi-এর USB পোর্টের মাধ্যমে সংযুক্ত করা যেতে পারে⁷।
- **আল্ট্রাসনিক সেন্সর সংযোগ:** HC-SR04 সেন্সরের Trig এবং Echo পিনগুলো Arduino Uno-এর যেকোনো ডিজিটাল পিনে সংযুক্ত হবে¹⁵। একাধিক সেন্সর ব্যবহার করা হলে, প্রতিটি সেন্সরের জন্য আলাদা পিন নির্ধারণ করতে হবে।
- **জাইরোস্কোপ সংযোগ:** MPU-6050-এর মতো জাইরোস্কোপ সেন্সর I2C প্রোটোকল ব্যবহার করে Arduino-এর সাথে সংযুক্ত হয়। এই সংযোগের জন্য, সেন্সরের SDA পিনটি Arduino Uno-এর A4 পিনের সাথে এবং SCL পিনটি A5 পিনের সাথে যুক্ত করতে হবে¹⁹।
- **মোটর ও ড্রাইভার:** ডিসি মোটরগুলো সরাসরি Arduino-এর সাথে যুক্ত করা যাবে না, কারণ এর পিনগুলো মোটরের জন্য প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ সরবরাহ করতে পারে না¹¹। তাই, একটি L298N মোটর ড্রাইভার মডিউল ব্যবহার করা হবে। Arduino-এর কিছু ডিজিটাল পিন মোটর ড্রাইভারের IN1, IN2 ইত্যাদি পিনের সাথে যুক্ত হবে, যা মোটরের দিক নিয়ন্ত্রণ করবে। আর Arduino-এর PWM-সক্ষম পিনগুলো ড্রাইভারের ENA বা ENB পিনের সাথে যুক্ত হবে, যা মোটরের গতি নিয়ন্ত্রণ করবে¹⁰।

৪. কোর অ্যালগরিদম: কম্পিউটার ভিশন ও লেনের পথ অনুসরণ

৪.১ কম্পিউটার ভিশনের জন্য পরিবেশ সেটআপ

প্রকল্পের জন্য Raspberry Pi-তে প্রয়োজনীয় সফটওয়্যার পরিবেশ স্থাপন করা একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপ। এর জন্য প্রথমে Pi-এর অপারেটিং সিস্টেম (Raspberry Pi OS) আপডেট করা উচিত: `sudo apt-get update` && `sudo apt-get upgrade` ²⁴। এরপর, কম্পিউটার ভিশনের জন্য প্রধান লাইব্রেরি OpenCV ইনস্টল করতে হবে। এটি

pip বা apt কমান্ড ব্যবহার করে সম্পন্ন করা যায়। `sudo apt install python3-opencv` কমান্ডটি সাধারণত একটি স্থিতিশীল সংস্করণ ইনস্টল করে ²⁵।

৪.২ লেনের পথ অনুসরণ (Lane Following) অ্যালগরিদম

ল্যাবের পথে গাড়ি চালানোর জন্য একটি কার্যকর ল্যাবের পথ অনুসরণ (lane following) অ্যালগরিদম ডিজাইন করা প্রয়োজন। এই প্রক্রিয়াটি বেশ কয়েকটি ধাপে সম্পন্ন হবে:

1. **ইমেজ ক্যাপচার ও প্রাক-প্রক্রিয়াকরণ:** ক্যামেরা থেকে লাইভ ভিডিও স্ট্রিম ক্যাপচার করা হবে। প্রতিটি ফ্রেমকে দ্রুত প্রক্রিয়াকরণের জন্য প্রথমে গ্রেস্কেলে রূপান্তর করা হবে এবং এরপর হালকাভাবে ব্লার করা হবে ⁷।
2. **এজ ডিটেকশন ও লাইন শনাক্তকরণ:** এরপর Canny Edge Detection অ্যালগরিদম ব্যবহার করে ইমেজ থেকে লেনের লাইনগুলোর প্রান্ত (edges) শনাক্ত করা হবে। ক্যানি অ্যালগরিদম ইমেজের তীব্রতা গ্রেডিয়েন্ট (intensity gradient) বিশ্লেষণ করে, যা লাইনের অবস্থান খুঁজে বের করতে সাহায্য করে। এই প্রান্তগুলো শনাক্ত করার পর, Hough Transform অ্যালগরিদম ব্যবহার করে সেই প্রান্তগুলো থেকে সরলরেখা (lines) বের করা হয় ⁷।
3. **প্রোপোরশনাল-ডিফারেনশিয়াল (PD) কন্ট্রোল:** লেনের মাঝখানে থাকার জন্য রোবটকে নিয়ন্ত্রণ করতে একটি PD কন্ট্রোল লুপ ব্যবহার করা হবে। একটি সাধারণ প্রোপোরশনাল কন্ট্রোল (P control) অ্যালগরিদম কেবল রোবটের লাইনের কেন্দ্র থেকে দূরত্ব (ye) ব্যবহার করে মোড় নেওয়ার নির্দেশ দেয়। এর ফলে রোবট বারবার লাইন অতিক্রম করে (overshoot) এবং দুলতে (oscillate) থাকে। এই দুলুনি কমানোর জন্য, একটি ডিফারেনশিয়াল (D) টার্ম যোগ করা হয়। এই টার্মটি রোবটের হেড অ্যাঙ্গেল (ψ_e) বা লাইনের দিকে তার মোড় নেওয়ার প্রবণতাকে বিবেচনায় নেয় ²⁷। এই তিনটি উপাদানকে একত্রিত করে, কন্ট্রোল সিগন্যালটি রোবটকে মসৃণভাবে এবং স্থিতিশীলভাবে লাইন অনুসরণ করতে সাহায্য করবে, যা প্রতিযোগিতার জন্য অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

৫. অবস্ট্যাকল অ্যাভয়ডেন্স এবং অ্যাডভান্সড নেভিগেশন

৫.১ আল্ট্রাসনিক সেন্সর দ্বারা বাধা শনাক্তকরণ

রোবটের সামনে এবং পাশে আল্ট্রাসনিক সেন্সর স্থাপন করা হবে যাতে রোবট তার গতিপথে কোনো বাধা শনাক্ত করতে পারে¹⁷। প্রতিটি সেন্সর তার সামনে একটি শব্দ তরঙ্গ নির্গত করে এবং সেই তরঙ্গের প্রতিধ্বনি (echo) ফিরে আসার সময় পরিমাপ করে¹⁵। শব্দের গতি ব্যবহার করে, এই সময়কে দূরত্বে রূপান্তর করা হয়⁷। যদি সামনে অবস্থিত সেন্সরটি কোনো বাধা নির্দিষ্ট দূরত্বের (যেমন 30 সেন্টিমিটার) মধ্যে শনাক্ত করে, তাহলে রোবটটি তাৎক্ষণিকভাবে থামবে, পেছনে যাবে এবং গতিপথ পরিবর্তন করবে⁷।

৫.২ সেন্সর ফিউশন: জিপিএস, জাইরো এবং কম্পাস

রোবটের ওরিয়েন্টেশন এবং অবস্থান নির্ধারণের জন্য জাইরোস্কোপ, জিপিএস এবং অন্যান্য সেন্সর থেকে প্রাপ্ত ডেটা একত্রিত করে একটি সেন্সর ফিউশন অ্যালগরিদম ব্যবহার করা হবে। প্রতিটি সেন্সরের নিজস্ব সীমাবদ্ধতা রয়েছে। জাইরোস্কোপ স্বল্প সময়ের জন্য অত্যন্ত নির্ভুল কৌণিক ডেটা সরবরাহ করে, তবে সময়ের সাথে সাথে এতে "ড্রিফট" (drift) দেখা দেয়, অর্থাৎ এর পরিমাপ ভুল হতে শুরু করে⁹। অন্যদিকে, জিপিএস ড্রিফটের সমস্যা ছাড়াই পরম অবস্থান (absolute position) প্রদান করে, কিন্তু এটি ইনডোর পরিবেশে (যেমন প্রতিযোগিতার হল) অনির্ভরযোগ্য হতে পারে এবং এর ডেটা রিয়েল-টাইম গতিবিধির জন্য যথেষ্ট দ্রুত নাও হতে পারে¹⁸।

এই সীমাবদ্ধতাগুলো কাটিয়ে ওঠার জন্য, একটি সেন্সর ফিউশন কৌশল ব্যবহার করা হবে। এই কৌশলটি জাইরোস্কোপের দ্রুত এবং নির্ভুল ডেটাকে কাজে লাগিয়ে তাৎক্ষণিক ওরিয়েন্টেশন নির্ধারণ করবে, আর পর্যায়ক্রমে জিপিএস থেকে প্রাপ্ত অবস্থান ডেটা ব্যবহার করে জাইরোস্কোপের ড্রিফট সংশোধন করবে। একই কৌশল ব্যবহার করে, রোবটের মোটরের এনকোডার থেকে প্রাপ্ত ডেটাও যোগ করা যেতে পারে, যা অডোমেট্রি (odometry) তথ্য সরবরাহ করবে। এই সমন্বিত পদ্ধতি রোবটের অবস্থান এবং ওরিয়েন্টেশনের একটি নির্ভরযোগ্য অনুমান তৈরি করবে, যা রোবটকে অপ্রত্যাশিত পরিস্থিতিতেও সঠিক পথে থাকতে সাহায্য করবে। একটি GitHub প্রকল্পে Gyro (MPU) ব্যবহার করে "angular drift" কমানোর উদাহরণ এই পদ্ধতির কার্যকারিতা প্রমাণ করে⁹।

টেবিল ২: WRO Future Engineers 2025 মূল্যায়নের মাপকাঠি

মূল্যায়নের দিক	বিবরণ
প্রযুক্তিগত প্রকৌশল দক্ষতা	রোবটের যান্ত্রিক ডিজাইন, সমাবেশ এবং ব্যবহৃত

	হার্ডওয়্যার উপাদানগুলোর কার্যকর ব্যবহার।
সফটওয়্যার প্রকৌশল দক্ষতা	রোবটের আচরণ এবং কার্যকারিতা সমর্থন করার জন্য প্রয়োজনীয় কোড তৈরি। এতে সেন্সর ব্যবহার এবং একাধিক ডিভাইসের মধ্যে সংযোগের মতো বিষয়গুলো অন্তর্ভুক্ত।
গবেষণা এবং উন্নয়ন	প্রতিযোগিতার থিমের সাথে সম্পর্কিত একটি নির্দিষ্ট সমস্যা চিহ্নিত করা এবং একটি সৃজনশীল সমাধান নিয়ে আসা।
প্রোটোটাইপিং	ধারণাটিকে একটি কার্যকরী রোবট সমাধানে পরিণত করা।
উদ্ভাবন	নতুন এবং সৃজনশীল সমাধান যা প্রতিযোগিতার চ্যালেঞ্জকে অনন্য উপায়ে মোকাবেলা করে।
প্রজেক্ট ডকুমেন্টেশন	GitHub রেপোজিটরিতে প্রকল্পের অগ্রগতি, হার্ডওয়্যার স্কিম্যাটিকস, এবং কোড বিস্তারিতভাবে নথিভুক্ত করা ³ ।

৬. প্রোগ্রামিং কৌশল এবং কোড কাঠামো

৬.১ ভাষা এবং প্ল্যাটফর্ম

এই প্রকল্পের জন্য দুটি প্রধান প্রোগ্রামিং ভাষা ব্যবহৃত হবে: Raspberry Pi-এর জন্য পাইথন এবং Arduino Uno-এর জন্য Arduino C++। পাইথনের বিস্তৃত লাইব্রেরি (যেমন OpenCV, PySerial) এটিকে উচ্চ-স্তরের কাজগুলোর জন্য আদর্শ করে তোলে, যেখানে Arduino C++ তার গতি এবং রিয়েল-টাইম পারফরম্যান্সের কারণে নিম্ন-স্তরের হার্ডওয়্যার নিয়ন্ত্রণের জন্য উপযুক্ত।

৬.২ কাজের বিভাজন

Pi এবং Arduino-এর মধ্যে সিরিয়াল যোগাযোগের মাধ্যমে ডেটা আদান-প্রদান হবে। একটি উদাহরণ হিসেবে, Pi-এর পাইথন কোডটি ক্যামেরা থেকে প্রাপ্ত ইমেজ বিশ্লেষণ করবে, লেনের অবস্থান নির্ণয় করবে এবং সেই অনুযায়ী একটি কমান্ড (যেমন, "বাঁয়ে ঘোরো ৩০ ডিগ্রি") সিরিয়াল পোর্টের মাধ্যমে Arduino-তে পাঠাবে¹³। Arduino-এর C++ কোডটি সিরিয়াল পোর্ট থেকে এই কমান্ডটি গ্রহণ করবে এবং মোটর ড্রাইভারকে নিয়ন্ত্রণ করে রোবটকে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোণে ঘোরাবে। Arduino-এর কোডটি সেন্সর ডেটা (যেমন আল্ট্রাসনিক এবং জাইরোস্কোপ থেকে) পড়বে এবং Pi-কে পাঠাতে থাকবে। এই কাজের বিভাজন কোডটিকে মডুলার এবং রক্ষণাবেক্ষণে সহজ করে তোলে।

৬.৩ কোড ডকুমেন্টেশন

WRO-এর নিয়ম অনুযায়ী, অংশগ্রহণকারী দলগুলোকে তাদের প্রকল্পের অগ্রগতি একটি পাবলিক GitHub রেপোজিটরিতে নথিভুক্ত করতে হয়। এই নিয়মটি কেবল একটি আনুষ্ঠানিকতা নয়, বরং এটি একটি শিক্ষণীয় পদ্ধতি। এটি শিক্ষার্থীদের একটি পেশাদার প্রকৌশল কর্মপ্রবাহ (professional engineering workflow) অনুসরণ করতে উৎসাহিত করে, যেখানে ভার্সন কন্ট্রোল, কোড শেয়ারিং এবং সহযোগিতামূলক কাজ গুরুত্বপূর্ণ³। একই সাথে, এটি ভবিষ্যতের প্রতিযোগীদের জন্য একটি উন্মুক্ত জ্ঞানভাণ্ডার তৈরি করে, যা নতুন দলগুলোকে অনুপ্রাণিত করে এবং শেখাকে সহজ করে তোলে। এটি WRO-এর মূল নীতি "Participating and learning are more important than winning" (অংশগ্রহণ এবং শেখা জেতার চেয়ে বেশি গুরুত্বপূর্ণ)-এর সাথে সরাসরি জড়িত¹।

৭. প্রজেক্ট ম্যানেজমেন্ট এবং প্রতিযোগিতার প্রস্তুতি

একটি সফল রোবট প্রকল্প বাস্তবায়নের জন্য কার্যকরী প্রজেক্ট ম্যানেজমেন্ট অপরিহার্য। পুরো প্রক্রিয়াটিকে কয়েকটি ধাপে ভাগ করা যেতে পারে:

- **ধারণা ও পরিকল্পনা:** প্রতিযোগিতার নিয়মাবলী ভালোভাবে বোঝা এবং চ্যালেঞ্জের জন্য একটি কার্যকরী কৌশল তৈরি করা।
- **হার্ডওয়্যার সংগ্রহ ও একত্রিতকরণ:** প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো সংগ্রহ করা এবং রোবটের যান্ত্রিক কাঠামো তৈরি করা।
- **প্রোগ্রামিং ও টেস্টিং:** প্রতিটি উপাদানের জন্য কোড লেখা, তাদের মধ্যে যোগাযোগ স্থাপন করা, এবং বারবার পরীক্ষা করে অ্যালগরিদমগুলো নিখুঁত করা।
- **ডকুমেন্টেশন:** GitHub-এ নিয়মিতভাবে কোড আপডেট করা এবং প্রকল্পের পুরো প্রক্রিয়া, হার্ডওয়্যার স্কিম্যাটিকস, এবং চ্যালেঞ্জ সমাধানের কৌশলগুলো বিস্তারিতভাবে নথিভুক্ত করা।

WRO-এর নিয়ম অনুযায়ী, একটি দলে ২ বা ৩ জন শিক্ষার্থী থাকতে পারে এবং একজন কোচ তাদের গাইড করবেন। তবে, কোচ রোবট তৈরি বা কোড করতে পারবেন না¹। এটি শিক্ষার্থীদের নিজেদের দক্ষতা বিকাশে

উৎসাহিত করার জন্য একটি গুরুত্বপূর্ণ নীতি।

বাংলাদেশের শিক্ষার্থীরা WRO প্রতিযোগিতায় ইতিপূর্বে সাফল্য অর্জন করেছে। উদাহরণস্বরূপ, WRO 2022-এর Future Engineers বিভাগে বাংলাদেশের টিম Lazy-go রোবট মেডেল লাভ করে³⁰। এই ধরনের সাফল্য দেশের তরুণ প্রকৌশলীদের জন্য অনুপ্রেরণার একটি চমৎকার উৎস হিসেবে কাজ করে।

৮. উপসংহার এবং ভবিষ্যৎ নির্দেশনা

এই প্রতিবেদনটি WRO Future Engineers 2025 প্রতিযোগিতার জন্য Raspberry Pi 3, Arduino Uno, ক্যামেরা, আল্ট্রাসনিক, জিপিএস এবং জাইরোস্কোপ ব্যবহার করে একটি স্ব-চালিত রোবট তৈরির একটি সম্পূর্ণ রোডম্যাপ প্রদান করে। ডুয়াল-প্রসেসর আর্কিটেকচার, কম্পিউটার ভিশন, সেন্সর ফিউশন এবং PD কন্ট্রলের মতো মূল কৌশলগুলো ব্যবহার করে একটি শক্তিশালী ভিত্তি স্থাপন করা হয়েছে, যা রোবটকে চ্যালেঞ্জগুলো কার্যকরভাবে মোকাবেলা করতে সক্ষম করবে।

যদিও এই প্রকল্পটি একটি শক্তিশালী প্রোটোটাইপ হিসেবে কাজ করে, তবে বাস্তব প্রতিযোগিতার জন্য আরও সূক্ষ্ম সমন্বয় এবং পরীক্ষা প্রয়োজন। রোবটের গতি বৃদ্ধির সাথে সাথে রিয়েল-টাইম পারফরম্যান্স নিশ্চিত করা, উন্নত অ্যালগরিদম (যেমন Kalman Filter) ব্যবহার করে সেন্সর ডেটা ফিউশনকে আরও শক্তিশালী করা, এবং বিভিন্ন লাইটিং কন্ডিশনে কম্পিউটার ভিশন অ্যালগরিদমের নির্ভুলতা উন্নত করা ভবিষ্যতের উন্নতির সম্ভাব্য ক্ষেত্র।

সর্বোপরি, WRO-এর মূল উদ্দেশ্য হলো শেখা এবং মজা করা। অংশগ্রহণকারী দলগুলোকে জেতার চেয়ে শেখার মানসিকতা নিয়ে এই প্রকল্পের দিকে এগিয়ে যাওয়া উচিত। পরীক্ষামূলকভাবে বিভিন্ন ধারণা নিয়ে কাজ করা এবং নিজেদের সমাধানগুলো তৈরি করাই হলো এই প্রতিযোগিতার সবচেয়ে বড় শিক্ষা।

Works cited

1. 2025 Season - WRO Association, accessed August 17, 2025, <https://wro-association.org/competition/2025-season/>
2. WRO-2025-Future-Innovators-General-Rules.pdf, accessed August 17, 2025, <https://wro-association.org/wp-content/uploads/WRO-2025-Future-Innovators-General-Rules.pdf>
3. WRO® 2025, accessed August 17, 2025, <https://wro-association.org/wp-content/uploads/WRO-2025-Future-Engineers-Self-Driving-Cars-General-Rules.pdf>
4. WRO 2025 Challenges - Robotique Zone01, accessed August 17, 2025, <https://www.zone01.ca/index.php/en-ca/pages/wro-2025-challenges>
5. www.wroindia.org WRO Season 2025 Changes and Important Rules, accessed August 17, 2025, <https://wroindia.org/wp-content/uploads/2025/01/WRO-Season-2025-Changes-and-Important-Rules.pdf>
6. Categories - WRO Association, accessed August 17, 2025,

- <https://wro-association.org/competition/categories/>
7. ishanambike/Self-driving-Car-Using-Raspberry-Pi - GitHub, accessed August 17, 2025, <https://github.com/ishanambike/Self-driving-Car-Using-Raspberry-Pi>
 8. (PDF) A Raspberry Pi Computer Vision System for Self-driving Cars - ResearchGate, accessed August 17, 2025, https://www.researchgate.net/publication/361804896_A_Raspberry_Pi_Computer_Vision_System_for_Self-driving_Cars
 9. oracleapolloo/WRO-FUTURE-ENGINEERS-2025 - GitHub, accessed August 17, 2025, <https://github.com/oracleapolloo/WRO-FUTURE-ENGINEERS-2025>
 10. How To Control a DC Motor with an Arduino - Projects - All About Circuits, accessed August 17, 2025, <https://www.allaboutcircuits.com/projects/control-a-motor-with-an-arduino/>
 11. Transistor Motor Control | Arduino Documentation, accessed August 17, 2025, <https://docs.arduino.cc/learn/electronics/transistor-motor-control/>
 12. Raspberry Pi Web Controlled / Autonomous Robot - Instructables, accessed August 17, 2025, <https://www.instructables.com/Raspberry-Pi-Web-Controlled-Autonomous-Robot/>
 13. Raspberry Pi Arduino Serial Communication - Everything You Need To Know, accessed August 17, 2025, <https://roboticsbackend.com/raspberry-pi-arduino-serial-communication/>
 14. Tasks Future Engineers 2025 – World Robot Olympiad Switzerland, accessed August 17, 2025, <https://wro.swiss/tasks-future-engineers-2025/>
 15. Complete Guide for Ultrasonic Sensor HC-SR04 with Arduino | Random Nerd Tutorials, accessed August 17, 2025, <https://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04/>
 16. Ultrasonic sensor with Arduino - Complete Guide, accessed August 17, 2025, <https://projecthub.arduino.cc/lucasfernando/ultrasonic-sensor-with-arduino-complete-guide-284faf>
 17. Obstacle Avoiding Robot Project using Arduino and Ultrasonic Sensor - Circuit Digest, accessed August 17, 2025, <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/arduino-obstacle-avoiding-robot>
 18. Vision-GPS Fusion for Guidance of an Autonomous Vehicle in Row Crops - Aalborg Universitets forskningsportal, accessed August 17, 2025, <https://vbn.aau.dk/files/169722/fulltext>
 19. Accelerometer and Gyroscope Sensor with Arduino - Little Bird Guides, accessed August 17, 2025, <https://learn.littlebirdelectronics.com.au/guides/accelerometer-and-gyroscope-sensor-with-arduino>
 20. Accelerometer, Compass and gyroscope for GPS receiver - Sensors - Arduino Forum, accessed August 17, 2025, <https://forum.arduino.cc/t/accelerometer-compass-and-gyroscope-for-gps-receiver/371680>
 21. Raspberry Pi - Arduino Serial Communication : 4 Steps - Instructables, accessed

August 17, 2025,

<https://www.instructables.com/Raspberry-Pi-Arduino-Serial-Communication/>

22. Safest way to connect Raspberry Pi to Arduino Uno R3, accessed August 17, 2025, <https://raspberrypi.stackexchange.com/questions/12636/safest-way-to-connect-raspberry-pi-to-arduino-uno-r3>
23. DexterTaha/WRO-2024-FUTURE-ENGINEERS: This ... - GitHub, accessed August 17, 2025, <https://github.com/DexterTaha/WRO-2024-FUTURE-ENGINEERS>
24. Object Detection on Raspberry Pi : 6 Steps - Instructables, accessed August 17, 2025, <https://www.instructables.com/Object-Detection-on-Raspberry-Pi/>
25. Installing OpenCV on the Raspberry Pi - Pi My Life Up, accessed August 17, 2025, <https://pimylifeup.com/raspberry-pi-opencv/>
26. Installing OpenCV - The Raspberry Pi Guide, accessed August 17, 2025, <https://raspberrypi-guide.github.io/programming/install-opencv>
27. Fast line-following robots, accessed August 17, 2025, <https://www.a1k0n.net/2018/11/13/fast-line-following.html>
28. Path Planning in Localization Uncertaining Environment Based on Dijkstra Method - Frontiers, accessed August 17, 2025, <https://www.frontiersin.org/journals/neurobotics/articles/10.3389/fnbot.2022.821991/full>
29. Connect Your Raspberry Pi and Arduino Uno! : 6 Steps (with ..., accessed August 17, 2025, <https://www.instructables.com/Connect-Your-Raspberry-Pi-and-Arduino-Uno/>
30. Bangladeshi team wins bronze at World Robot Olympiad 2022 | The Daily Star, accessed August 17, 2025, <https://www.thedailystar.net/shout/news/bangladeshi-team-wins-bronze-world-robot-olympiad-2022-3174566>