

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# روبات مسیریاب

(به همراه دستور کار آزمایشگاه روباتیک)

دکتر جواد راستی

عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی دانشگاه اصفهان



سرشناسه	: راستی، جواد، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: روبات مسیریاب (به همراه دستور کار آزمایشگاه روباتیک)/جواد راستی.
مشخصات نشر	: تهران: پارسیا، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۱۳۶ ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۱۰-۱۵-۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: روباتیک
موضوع	: روبات‌ها — طرح و ساختمان
موضوع	: روبات‌ها — برنامه‌نویسی
موضوع	: روبات‌ها — نرم‌افزار
رده بندی کنگره	: TJ ۲۱۱,۲۹۳ ۱۳۹۲
رده بندی دیویی	: ۸۹۲/۶۲۹
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۳۱۴۶۰۱

## روبات مسیریاب

دکتر جواد راستی

پارسیا

نسخه ۱۰۰۰

محمدرضا نصیرنیا

اول - ۱۳۹۲

۹۷۸-۶۰۰-۷۰۱۰-۱۵-۰

مؤلف:

ناشر:

شمارگان:

مدیر تولید:

نوبت چاپ:

شابک:

**پارسیا**  
تهران پارسیا

قیمت: تومان

نمایشگاه دائمی و مرکز فروش:

نوآور: تهران - خ انقلاب، خ فخرآزی، خ شهدای ژاندارمری نرسیده به خ دانشگاه ساختمان ایرانیان،

پلاک ۵۸، طبقه دوم، واحد ۶

تلفن: ۰۹۱۲۶۰۶۲۳۸۳ - ۶۶۴۸۴۱۸۹

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است.

## فهرست مطالب

مقدمه

### سلامی به روبات‌ها

چرا روبات مسیریاب؟

روبات مسیریاب چه می‌کند؟

طراحی روبات مسیریاب

حسگر (Sensor) و عملگر (Actuator)

طرح کلی یک روبات مسیریاب

روبات مسیریاب چگونه هدایت می‌شود؟

ساخت روبات مسیریاب در پنج روز

### روز اول: روز حسگر

الف) مقاومت متغیر با نور، LDR (Light Dependent Resistor)، فوتوسل (Photocell)، فوتو-رزیستور

(Photo-Resistor)

ب) دیود مادون قرمز (فروسرخ - Infra Red: IR)

ج) فوتوترانزیستور

فرستنده/گیرنده‌های مادون قرمز

اشباع حسگرها

تعداد حسگرها

کار در آزمایشگاه (۱) ساخت مدار حسگر

### روز دوم: روز مبدل

مدار سویچ

مدار ترانزیستوری

مدار سویچ با آپ‌امپ

ولتاژ نقطه آتش چقدر باید باشد؟

مدار اشمیت‌تریگر؛ مداری با دو سطح سویچ

کار در آزمایشگاه (۲) ساخت مدار سویچ  
تبدیل خروجی آنالوگ حسگر به مقدار دیجیتال به کمک ADC

کار در آزمایشگاه (۳) آشنایی با ADC

### روز سوم: روز پردازشگر

مدار منطقی

میکروکنترلر

کار در آزمایشگاه (۴) طراحی بخش پردازشگر

### روز چهارم: روز موتور

آرمیچر یا موتور DC

مدار کنترلی آرمیچر با رله

معکوس کردن جهت چرخش موتور

تراشه‌های راه‌انداز موتور

کنترل سرعت موتور DC به روش PWM (Pulse Width Modulation)

کار در آزمایشگاه (۵) راه‌اندازی موتور DC

موتور پله‌ای (Stepper Motor)

مدار راه‌انداز موتور پله‌ای

تولید رشته‌های «صفر» و «یک»

با فر

مدار تقویت جریان

نمایشگرهای روبات

تراشه‌های راه‌انداز موتور پله‌ای

کار در آزمایشگاه (۶) راه‌اندازی موتور پله‌ای

### روز پنجم: روز مکانیک

ساخت یک روبات مسیریاب

از کجا شروع کنیم؟

مدار کامل روبات مسیریاب بدون میکروکنترلر

قطعات لازم برای ساخت این روبات

مدار کامل روبات مسیریاب با میکروکنترلر (بدون PWM)

نرم افزار میکرو کنترلر

قطعات لازم برای ساخت این روبات

مدار کامل روبات مسیریاب با میکرو کنترلر (با PWM)

نرم افزار میکرو کنترلر

چند پرسش و پاسخ در مورد این روبات ها

کلام آخر

### آشنایی با دنیای روبات ها

روبات لایرنت (هزار تو - Micro Mouse – Maze – Labyrinth)

روبات مین یاب (Deminer)

روبات های مین یاب خود کار

روبات های مین یاب غیر خود کار (دستی)

لیگ شبیه سازی فوتبال (Soccer Simulation League)

لیگ شبیه سازی دوبعدی فوتبال

لیگ شبیه سازی مربی فوتبال

شبیه سازی سه بعدی فوتبال

روبات های آتش نشان (Fire Fighting Robots)

روبات های جنگجو (Battle bots)

روبات های امداد گر (Rescue Robot)

رقابت های جونیور (Junior Challenges)

سگ-روبات (RoboDog)

روبات های پرنده

روبات انسان نما (Humanoid)

آسیمو

بینایی روبات

روبات های صنعتی

نانوروبات ها (Nano Electro-Mechanical Systems: NEMS)

### آشنایی با رشته های دانشگاهی روباتیک

کارشناسی مهندسی روباتیک

کارشناسی ارشد مکاترونیک

**پیوست**

تاریخچه روباتیک

میکروکنترلر AVR مدل Atmega16

میکروکنترلر AVR مدل Atmega32

فرستنده/گیرنده مادون قرمز CNY70

پروگرامر STK200/300

تراشه راه انداز موتور L293

نحوه کنترل موتور DC به کمک L293

نحوه کنترل موتور پله ای به کمک تراشه L293

راه اندازی موتور پله ای به کمک تراشه L297

تراشه مقایسه کننده LM393

تراشه مقایسه کننده LM339

تراشه مقایسه کننده LM392

تراشه مقایسه کننده LM311

قطعات و تجهیزات لازم برای آزمایشگاه روباتیک

**کتابشناسی روباتیک**

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

## مقدمه

ساخت روبات از موضوعات بسیار جالب و آموزنده است که مجموعه اطلاعاتی از علوم مکانیک، الکترونیک، کنترل، کامپیوتر (سخت افزار و نرم افزار) و هوش مصنوعی را در قالب یک ماشین هوشمند نمود عملی می بخشد. شاید ساخت تک تک اجزایی که در یک روبات به کار می رود (مانند مدار کنترلی، برنامه نرم افزاری، بخش ارتباط با کامپیوتر، حسگرها، عملگرها، موتورها و بدنه مکانیکی) کار چندان مشکلی نباشد، اما در کنار هم قرار دادن این اجزاء، برقراری ارتباط مناسب بین آنها، جبران سازی ضعف های یک بلوک به کمک بلوک های دیگر و در نهایت به وجود آوردن روباتی که تا چند روز پیش از آن، چیزی جز چند قطعه و بدنه و مدار نبود و حال به صورت موجودی هوشمند به حرکت درآمده و آنچه را شما دستور می دهید، انجام می دهد، یک «عملیات مهندسی کامل» است؛ آنچه انتظار می رود یک دانشجوی مهندسی در هر رشته ای (مکانیک، برق، کامپیوتر، صنایع و ...) قادر به انجام آن باشد.

این نوشتار یک کتاب درسی نیست؛ بنابراین توضیحات تخصصی و دقیق راجع به حسگرها و عملگرها و الکترونیک و مکانیک اجزاء کمتر در آن وارد شده است. هدف این نوشته، آشنا کردن شما با دانش روباتیک و به صورت ویژه بیان اصول ساختن یک روبات ساده مانند روبات مسیریاب به زبان گویا و قابل فهم است تا شما به خودتان اعتماد کنید که «می توانید».

مطالب این نوشته با فرض اینکه خواننده از اصول ابتدایی الکترونیک، مدارهای منطقی و میکروکنترلرها آگاه است به رشته تحریر درآمده است. اما اگر هر کدام از این مطالب را نمی دانید، به جای اینکه تا وقتی که واحد درسی آن را بگیرید به خود استراحت بدهید، دست به کار شوید و با جستجو در منابع و پرسش از آنان که می دانند راه خود را برای رسیدن به هدف باز کنید.

مراحل ساخت روبات مسیریاب در این کتاب در پنج روز (پنج مرحله) بیان شده است که در هر روز، با یکی از بلوک های اساسی روبات ها آشنا می شوید. در پایان هر روز، تکالیف عملی تحت

عنوان «کار در آزمایشگاه» پیشنهاد شده که با انجام آن‌ها، نکات مطرح شده را به صورت عملی تمرین می‌کنید، بلوک‌های یک روبات را جداگانه می‌سازید و در انتها با کنار هم قرار دادن آن‌ها تولد روبات خود را جشن می‌گیرید! این تکالیف را می‌توانید با فراهم کردن تجهیزاتی ساده و ارزان (که لیست آن‌ها در انتهای کتاب آمده است) در منزل انجام دهید. سه مدار کامل روبات مسیریاب نیز در این کتاب توضیح داده شده است. با انجام این مراحل می‌توانید یک روبات مسیریاب ساده را بسازید و ضمناً با مراحل ساخت روبات‌های دیگر نیز آشنا شوید.

این مطالب حاصل دانسته‌ها و تجربیات سال‌های دور نگارنده در گروه روباتیک دانشگاه اصفهان است. وظیفه خود می‌دانم از دکتر کمال جمشیدی سرپرست این گروه که به من آموخت هر کس وظیفه‌ای در قبال آنچه هست دارد که با انجام آن وظیفه باید دین خود را نه به زبردستان که به زبردستان ادا کند و «حق‌الزحمه» آن را نه از مسئولان که از «او» که می‌بیند و می‌داند بگیرد، صمیمانه تشکر و قدردانی کنم. در نوشتن این مطالب از دانسته‌ها و یادآوری‌های دوستان گران‌قدم دکتر احسان خویش اردستانی و دکتر محمد حکمت‌نژاد بسیار استفاده برده‌ام. نقشه و برنامه ضمیمه و نیز بخشی از مطالب این کتاب حاصل تلاش‌های دانشجویان خوبم آقایان داوود ریسی، محسن عبداللهی و بهزاد کدخدایی است. از همگی یاران سپاسگزارم.

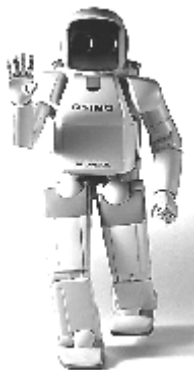
نسخه اولیه این کتاب با عنوان «روبات تعقیب خط» که اولین تجربه من بود، مورد استقبال کم‌نظیری قرار گرفت و در مدت کوتاهی در بازار کمیاب شد. خدای بزرگ را بر این نعمت سپاسگزارم. امیدوارم این نوشته بتواند راهگشای شما گردد برای آنچه که می‌توانید باشید و آنچه باید باشید. نظرات و پیشنهادهای خود را به آدرس [rasti@eng.ui.ac.ir](mailto:rasti@eng.ui.ac.ir) یا [noavar33@yahoo.com](mailto:noavar33@yahoo.com) ارسال فرمایید تا نسخه‌های بعدی این نوشتار جامع‌تر و کامل‌تر ارائه گردد.

دکتر جواد راستی

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱



## سلامی به روباتها



تاکنون به اطراف خود نگاه دقیقی انداخته‌اید؟ انسان‌هایی را دیده‌اید که در موقعیت‌های خطرناکی کار می‌کنند؟ به این موضوع فکر کرده‌اید که ای کاش یک موجود مصنوعی می‌توانست به جای این انسان انجام وظیفه کند؟

من در یک شهر صنعتی زندگی می‌کنم و می‌توانم ده‌ها موقعیت این چنین را نام ببرم:

- کارگری که در ارتفاع زیاد مشغول تراشیدن رسوبات مواد مذاب از دیواره کوره است.
  - کارگری که در چاه‌ها و استخرهای فاضلاب با گازهای خفه‌کننده و جانوران موذی مشغول لجن‌کشی است.
  - کارگری که دیواره‌های داخلی لوله‌های قطور را رسوب‌زدایی می‌کند.
  - کارگری که نزدیک منابع رادیواکتیو که برای سنجش سطح مواد مذاب در دیگ استفاده می‌شود، کار می‌کند.
  - کارگری که در کارگاهی مملو از گازهای سمی کار می‌کند.
  - کارگری که در محیطی با رطوبت یا دمای بسیار بالا یا بسیار پایین و یا سروصدای زیاد و آزاردهنده کار می‌کند.
  - و ...
- نه فقط موقعیت‌های خطرناک، که:
- انجام کارهایی که نیاز به دقت و سرعت عمل زیاد دارد (مانند عمل جراحی یا مقابله با

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

- جانیتهکاران در عملیات پلیسی؛ فیلم «پلیس آهنی» را دیده‌اید؟!)
- تکراری و خسته کننده است (مانند بستن یک پیچ روی قطعه در یک کارخانه صنعتی که در روز هزاران بار باید تکرار شود؛ فیلم «عصر جدید» چارلی چاپلین را به خاطر دارید؟!)
- انجام آن برای بشر مشکل است (مانند اکتشافات فضایی یا زیردریایی، امدادگری، آتش نشانی و جوشکاری در ارتفاع زیاد؛ فیلم «جنگ ستارگان» را دیده‌اید؟!)
- و ...

نیز نیازمند یک موجود مصنوعی هوشمند است؛ موجودی که:

- بتواند اطلاعاتی را از دنیای خارج جمع آوری کند،
- بر اساس این اطلاعات و نیز برنامه‌ای که به آن داده شده و حتی الامکان بدون دخالت مستقیم انسان تصمیم‌گیری کند،
- تصمیمات خود را به مرحله اجرا در آورد.

این موجود در یک دید کلی، **روبات** نامیده می‌شود.

این کتاب آغازی است بر ورود شما به دنیای رباتیک؛ دنیایی که قرار است به زودی چهره زندگی ما را تغییر دهد.

تاکنون به این چهره زیبا و هیجان‌انگیز فکر کرده‌اید؟!

- ✓ وقتی به فروشگاه می‌روید، یک روبات به جای فروشنده به شما خوشامد می‌گوید.
- ✓ تمام فروشگاه‌ها ۲۴ ساعته می‌شوند؛ چون روبات‌های فروشنده خستگی نمی‌شناسند.
- ✓ وظیفه نظافت و نگهداری از ساختمان بر عهده روبات سرایدار خواهد بود.
- ✓ وقتی سوار تاکسی و اتوبوس می‌شوید، یک روبات را در جای راننده می‌بینید.
- ✓ وقتی خودرو خود را به تعمیرگاه می‌برید، شاگرد مکانیک یک روبات است.
- ✓ وقتی به آرایشگاه می‌روید، کافی است مدل موی مورد نظر خود را به روبات آرایشگر بگویید تا دقیقاً مطابق آن عمل کند.
- ✓ در بیمارستان یک روبات تمیز و سفید، بدون خستگی و ناراحتی و اشتباه از بیمار شما پرستاری می‌کند.
- ✓ کارهای منزل را یک روبات بدون غرغر کردن! برای شما



انجام می‌دهد.

✓ دیگر برای خریدن روزنامه یا مجله لازم نیست خودتان قدم رنجه کنید! روبات خدمتکار

این کار را برای شما انجام می‌دهد.

✓ در جنگ یا مقابله با جنایتکاران، دیگر جان انسان‌ها در معرض خطر قرار نمی‌گیرد؛ این

روبات‌ها هستند که پیش‌مرگ انسان‌ها می‌شوند.

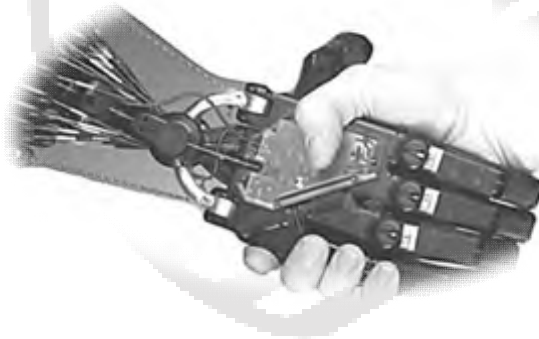
✓ گفته می‌شود هدف از مسابقات روبات‌های فوتبالیست، ساخت تیمی از این روبات‌ها تا سال

۲۰۵۰ است که بتوانند یک تیم حرفه‌ای فوتبال را شکست دهند! چه سرشکستگی بزرگی!

✓ اکنون نوبت شماست! پرنده خیال خود را پرواز دهید...

در پیوست کتاب با تاریخچه روباتیک آشنا خواهید شد. دنیای آینده، دنیای همکاری انسان‌ها و

روبات‌ها برای رسیدن به زندگی بهتر است.



### چرا روبات مسیریاب؟

روبات مسیریاب (تعقیب خط - Line Tracing (Tracking - Following) Robot) ساده‌ترین عضو

خانواده روبات‌هاست. خانواده بزرگی که اعضای آن در حیطه مسابقات (مانند روبات‌های

مین‌یاب، لایبرنت، موش پنیریاب، جنگجو، فوتبالیست و ...)، در صنعت (مانند روبات‌های نقاش،

جوشکار، مونتاژکننده قطعات و ...) یا در حیطه نظامی (مانند روبات‌های جاسوس، تیرانداز،

زیردریایی و ...) جای پای خود را محکم کرده‌اند. روبات مسیریاب با وجود بی‌پیرایه بودن و

سادگی، دارای تمام اجزایی است که باید در یک روبات وجود داشته باشد. به همین لحاظ، شاید

یکی از بهترین و ساده‌ترین دروازه‌های ورود به علم روباتیک، ساختن یک روبات مسیریاب باشد.

به همین دلیل در این نوشته به معرفی کلی اجزای این روبات می‌پردازیم و آنچه را که باید برای

ساخت آن انجام شود، مرور می کنیم.

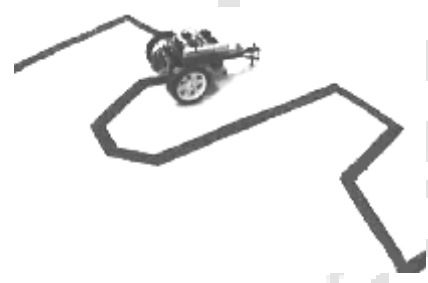
پس لطفاً پرنده خیال خود را از پرواز در دنیای آینده روباتیک بازدارید و سعی کنید اولین گام را محکم بردارید.

### آینده از آن شماست...

از همین ابتدا فراموش نکنید که این مطلب روزنامه نیست! به جای خواندن آن در حین تماشای تلویزیون یا داخل اتوبوس، دست به کار شوید و وسایل لازم برای ساخت این روبات را (که خوشبختانه ارزان و ساده است) فراهم آورید و همگام با خواندن مطالب، اجزاء و قطعات را بسازید تا بتوانید به زودی شاهد قدم زدن روبات خود باشید!

### روبات مسیریاب چه می کند؟

صورت مسئله ساخت روبات مسیریاب در مسابقات مختلف دارای جزئیات زیاد و متنوع و بعضاً متفاوتی است؛ اما اصل موضوع در همه آنها این است که روبات مسیریاب باید بتواند یک خط مشکی رنگ به عرض ۱/۸ سانتی متر (معمولاً چسب برق) را در یک صفحه سفید با بیشترین سرعت



و کمترین خطا دنبال کند. یعنی وقتی در ابتدای خط مشکی تنظیم و سپس روشن شود، بدون نیاز به دخالت کاربر و بدون دانستن نقشه مسیر، خط مشکی را تعقیب کند و به نقطه پایان برسد. نمونه‌ای از مسیر مسابقات روبات مسیریاب را در شکل روبرو می بینید.

اخیراً مقررات جدیدی از جمله امکان وجود بریدگی در خط، دروازه‌های توقف، وجود تونل، پیچ‌های ۹۰ درجه، حلقه، تقاطع، خط‌های رنگی و ... به قوانین مسابقات اضافه شده است. ترسی به خود راه ندهید! اگر روبات خود را در ساده‌ترین حالت ممکن بسازید، اضافه کردن این امکانات به آن کار مشکلی نیست. دست کم بهتر از نشستن و تماشا کردن است!

روبات‌های مسیریاب کاربردهای پیشرفته‌ای هم دارند. خودروهای اتوماتیک که جاده را از طریق یک راهنمای ممتد مغناطیسی دنبال می کنند، روبات‌های کارگر که در کارخانه‌ها یا بیمارستان‌ها مسیر مشخصی را از طریق یک راهنمای رنگی، مغناطیسی یا الکترونیکی حک شده روی زمین

دنبال می‌کنند و ... از جمله روبات‌های پیشرفته مسیریاب هستند.

### طراحی روبات مسیریاب

شاید تاکنون در بیمارستان‌ها خطوط رنگی که روی دیوارها یا کف سالن‌ها برای جهت‌نمایی رسم می‌شوند را دیده باشید. مثلاً برای رسیدن به اورژانس باید خط قرمز را دنبال کنید، برای رسیدن به آزمایشگاه باید به دنبال خط زرد بروید و ...

اکنون فرض کنید می‌خواهید به دنبال خط قرمز حرکت کنید. شما باید:

- ✓ به کمک چشمان خود خط قرمز را ببینید.
- ✓ به کمک مغز خود پیام‌های بینایی را پردازش کرده و راه را پیدا کنید.
- ✓ به کمک پاهای خود، فرمان مغز برای دنبال کردن خط را اجرا کنید.

روبات مسیریاب باید جایگزین انسان برای این هدف شود. اما چشم و پای روبات چیست؟

### حسگر (Sensor) و عملگر (Actuator)

حسگر برای روبات مانند حواس پنج‌گانه برای انسان است؛ به بیان دیگر، حسگر وسیله‌ای است (معمولاً یک مدار الکترونیکی) که مقدار یک کمیت فیزیکی (مثل نور، دما، فشار، رطوبت و ...) را به یک کمیت الکترونیکی (مثل تغییر مقاومت یا ولتاژ) تبدیل می‌کند تا دستگاه‌های الکترونیکی بتوانند از روی مقدار کمیت الکترونیکی، نمایی از کمیت فیزیکی داشته باشند و در مورد آن قضاوت و تصمیم‌گیری کنند. نوع حسگر به نوع روبات بستگی دارد؛ مثلاً:

نوع روبات	نوع حسگر
مسیریاب	نوری
آتش‌نشان	نوری یا حرارتی
مین‌یاب	فلزیاب یا حساس به مواد منفجره
امدادگر	مادون قرمز یا حساس به گاز CO2

عملگر برای روبات مانند دست و پا برای انسان است. به بیان دیگر، عملگر یک وسیله الکترومکانیکی است که باید فرمان مغز روبات را اجرا کند. موتورها و چرخ‌های یک روبات مسیریاب یا بخش آب‌پاش یک روبات آتش‌نشان عملگرهای آن‌ها هستند.