

# کاربرد ربات‌های خودکار برای تعلیم علوم و مهندسی

علی کاوه

عضو پیوسته گروه علوم مهندسی فرهنگستان علوم

علیرضا میرغفاری

کارشناس ارشد مهندسی سازه

**چکیده:** هدف اصلی این مقاله، بررسی یک دوره آموزش برای یادگیری تفکر نقادانه و خلاقانه گروهی بین‌رشته‌ای است که هر دانشجو با ساختن حیوان رباتیکی خود در این آموزش و همکاری شرکت می‌کند. اهداف اصلی این دوره، طرح کلی آن، مسابقه پایانی و چگونگی ارزیابی شرکت‌کنندگان، در این مقاله تشریح شده است.

## ۱. مقدمه

یکی از عوامل مهم در پیشرفت کارهای اجرایی و پژوهشی مهندسی، مشارکت منطقی گروه متخصصان و مهندسان می‌باشد. امروزه حجم پروژه‌های مهندسی در اندازه‌ای است که مشکل بتوان آنها را بصورت انفرادی در حد مطلوب بانجام رساند. پژوهشها نیز معمولاً فعالیتهای گروهی را لازم دارند و در اغلب موارد همکاری محققان با تخصصهای مختلف ضرورت پیدا می‌کند. نگاهی به مجلات علمی دهه‌های پیشین نشانگر این واقعیت است که در گذشته دور بسیاری از مقالات بصورت انفرادی تهیه و تألیف می‌شد، در حالی غالب مقالات این مجلات در دهه گذشته توسط گروههای تحقیقاتی تهیه شده‌اند. در کشورهای پیشرفته تقدیر از نخبگان علمی از حالت انفرادی بصورت قدردانی از نخبگان گروهی تبدیل شده است.

موفقیت در کارهای گروهی در هر کشور به خصوصیات اجتماعی آن بستگی دارد. در این میان آموزش نقش مهم و کلیدی ایفا می‌کند و باید از دوران کودکی مدنظر قرار گیرد. بازیها و ورزشهای گروهی، نقاشی دسته‌جمعی دیوارهای کلاس توسط دانش‌آموزان دوره‌های ابتدایی، تهیه روزنامه‌های دیواری، اجرای نمایشنامه‌های دسته‌جمعی، مطالعات و انجام پروژه‌های گروهی، کار و فعالیت در فضاهای وسیع با جداکننده‌های ساده نمونه‌هایی از این اقدامات هستند که می‌توانند در بالا بردن حس همکاری مؤثر باشند. در دانشگاهها نیز به این امر باید توجه لازم مبذول داشت و کار گروهی دانشجویان را تشویق کرد. تشکیل گروه‌های فوق‌برنامه مناسب می‌تواند در راستای تحقق این هدف باشد.

نوشتار حاضر که بر اساس مقاله [۱] تهیه و تدوین شده است، نمونه موفق از آموزش جهت ارتقاء حس همکاری و تشویق به کار گروهی دانشجویان را ارائه می‌دهد.

## ۲. دوره رباتهای خودکار

اگر روزی گذرتان به کلاس "ربات‌های خودکار"<sup>۱</sup> در دانشگاه Case Western Reserve بیفتد، دیدن سی دانشجویان رشته‌های متنوع علوم و فنون که روی زمین نشسته‌اند و اطرافشان را قطعات مختلف لگو<sup>۲</sup> فرا گرفته است، شما را شگفت‌زده خواهد کرد. در این دوره به مسائل جدی آموزش

مهندسی و علوم پرداخته می‌شود و دانش‌آموزان با طراحی، ساخت، برنامه‌ریزی و آزمایش ربات خودکار خویش در یک مسابقه عمومی شرکت می‌کنند. در این دوره رباتیک، آموزش یک روش کاربردی، جامع و همه‌گیر برای ابداع و تحلیل سیستم‌های مرکب و پیچیده دنیای امروز و همین‌طور راهکارهای تازه استفاده از ربات به کار گرفته شده است. دوره ربات‌های خودکار که در سال ۱۹۹۵ شکل گرفت ریشه در تحقیقات انجام شده در مرکز CWPU در مورد رباتیک بر اساس ساختارهای زنده دارد [۲]. طرح این دوره به میزان قابل توجهی مدیون شیوه ابداع شده در MIT است؛ که در ابتدای کار برای آموزش دبیرستانی K-12 بکار گرفته شد [۳] و در مراحل بعد برای دانشجویان کارشناسی طراحی گردید [۴]. دوره‌های مشابهی نیز در دانشگاه‌های "ادینبرو" و نقاط دیگر برگزار شده‌اند، اما دو عامل وجه تمایز دوره فوق از دیگر دوره‌هاست [۵].

اول اینکه، رقابت دوره فوق از نظر فنی به طور قابل ملاحظه‌ای مشکلتر است و دوم آنکه برگزارکنندگان این دوره اهداف آموزشی وسیعتری را مد نظر قرار داده‌اند. آنچه در این دوره آموزش داده می‌شود برای دانشجویان رشته‌هایی مانند علوم و مهندسی کامپیوتر، زیست‌شناسی، مهندسی برق، عصب‌شناسی، مهندسی سیستمها، مهندسی پزشکی و فیزیک بسیار جذاب است. در این مقاله اهداف آموزشی دوره، طرح کلی آن، مسابقه پایانی و چگونگی ارزیابی شرکت‌کنندگان تشریح می‌شود.

### ۳. اهداف آموزشی

چرا حتی بهترین دانشجویان، مرحله وارد شدن به یک حرفه را با دشواری طی می‌کنند؟ در بیشتر برنامه‌هایی که دانشجویان مهندسی کامپیوتر برای کاربری صنعتی تهیه می‌کنند، نرم‌افزار فقط جزئی از یک ساختار عظیم پیچیده است. این نرم‌افزار باید با در نظر گرفتن مؤلفه‌های دیگر بصورت گروهی و از طریق همکاری نزدیک با کسانی که با این مؤلفه‌های متنوع سر و کار دارند، ساخته شود.

عمدتاً دانشجویان رشته‌های مختلف علمی و مهندسی، چهار نکته را دلیل اصلی بروز مشکل در وارد شدن به یک حرفه می‌دانند:

۱. به دانشجو چگونگی برخورد با مسائلی که حل آنها نیاز به یک روش جامع و مرکب دارد، آموخته نمی‌شود.

۲. به ندرت این امکان به وجود می‌آید که دانشجویان با موضوعات واقعی که در این گونه مسائل مطرح است، مواجه شوند.

۳. آنها برای حل مشکلات خود با کار گروهی و جمع‌آوری و بکاربردن اطلاعات مربوط به رشته‌های مختلف کمتر تشویق می‌شوند.

۴. بندرت آنها فرصت تفکر انتقادی و موشکافانه می‌یابند.

برای حل مسائل موجود در مهندسی و علوم، استفاده از شیوه‌های جامع و مرکب ضروری است. از دید بسیاری از دانشجویان علوم و مهندسی، اگر هر فرد روی یک مؤلفه از پروژه پیچیده به تنهایی و بدون در نظر گرفتن مؤلفه‌های دیگر آن کار کند، کل ساختار به عنوان یک پیکره کامل کار خواهد کرد. در صورتی که چنین نیست و اگر ویژگی‌های هر یک از قطعات سیستم و اندرکنش بین آنها در نظر گرفته نشود، مشکلات غیرمنتظره‌ای پیش خواهد آمد. نیاز ما به حل مسائلی از این نوع، هر روز افزایش می‌یابد. کاربرد نرم‌افزار به عنوان جزء غیرقابل دسترس یک سیستم مثل یک هواپیما، یک اجاق مایکروویو یا یک دستگاه کپی افزایش می‌یابد. در یک چنین ساختارهایی ترکیب و ایجاد اعتدال در طرح و کاربرد زمینه‌هایی مثل الکترونیک، مکانیک و کنترل حیاتی است.

به طور مشابه در آموزش زیست‌شناسی، بر چگونگی تحلیل استحال گونه جانوران به سلولها و مولکولها تأکید زیادی می‌شود، اما به آنها گفته نمی‌شود که به چه ترتیب این اجزا به عنوان زیرساختهای حسی، بافتی و کنترل عصبی با هم پیوند خورده‌اند تا یک سیستم فعال زنده را به وجود آورند. به هر حال امروزه آگاهی ما در حال تکامل است و می‌دانیم که کارکرد کلی تابعی از امتزاج کنترل عصبی، بیومکانیک پیرامونی و محیط اطراف است [۶].

مسائل علمی و مهندسی دنیای بیرون کلاس، خصوصیات واقعیت‌گونه مشابهی دارند. برخلاف مسائل موجود در کتب، تنها یک جواب منحصر به فرد درست وجود ندارد. به علاوه، این دنیای واقعی پیرامون ماست که صحت یا نادرستی فرضیات خاص علمی - مهندسی ما را روشن خواهد کرد؛ نه استاد کلاس درس و هیچ‌گاه نباید محدودیت منابعی از قبیل زمان، سرمایه و مواد را از نظر دور داشت و بالاخره ابزار موجود در دنیای ما هیچ‌گاه رفتار ایدآل مدل‌گونه ندارند. به عنوان مثال، برنامه‌ای که فرض می‌کند حسگرها همیشه مقادیر معتبر و دقیق، و موتور همواره سرعت و گشتاور خواسته شده را می‌دهد، در رویارویی با مسائلی مثل انواع خطاها، اطلاعات نادرست،

خروجیهای غیر قابل اعتماد، یا خرابیهای محتمل با مشکل مواجه می‌شود. دانشجویانی که تجربه عملی ندارند، به میزان قابل توجهی اهمیت این مسائل دنیای واقعی را دست‌کم می‌گیرند.

امروزه کار روی مسائل علمی و مهندسی از طریق همکاری گروههای متنوع علمی و صنعتی به طور فزاینده‌ای انجام می‌گیرد و رویه‌ای که در آن یک شخص به صورت انفرادی و بدون ارتباط با دیگران کار می‌کرد، طرد شده است.

طراحی هواپیما نیاز به افرادی، با سابقه کار در دینامیک سیالات، نرم‌افزار کنترل، مکانیک، مواد و شبیه‌سازی کامپیوتری دارد. به طور مشابه، درک اینکه چگونه سیستم عصبی یک جاندار رفتار خاصی را پایه‌ریزی می‌کند، به کارگروهی افرادی از رشته‌های الکتروفیزیولوژی، زیست‌شناسی مولکولی، مکانیک زیستی، رفتارشناسی و شبیه‌سازی کامپیوتری نیازمند است.

متأسفانه نظام آموزشی کنونی، بر حل مسائل به صورت انفرادی و در محدوده رشته خاصی تأکید دارد. در نتیجه دانشجویان نمی‌توانند مهارتهای جمعی لازم را برای کارگروهی مؤثر به دست آورند و چگونگی غلبه بر موانع ارتباطی را که در ساز و کارهای رشته‌های متنوع وجود دارد، نخواهند آموخت.

دانشجویان عمدتاً فکر می‌کنند که آموزش فرایندی است که باید روی آنها انجام پذیرد؛ نه چیزی که آنها باید فعالانه به خاطر خودشان کسب کنند. علت این مسأله را باید در این دانست که آنها وادار به تفکر منتقدانه نشده‌اند و این نه تنها باعث محدود شدن قدرت یادگیری ایشان می‌شود، بلکه مانع از ایجاد قابلیت یادگیری درازمدت آنها به عنوان متخصصان علمی و مهندسی خواهد شد. باید دانست که اتخاذ این رویه منحصراً تقصیر دانشجویان نیست، رویه کنونی آموزش، شنیدن سخنرانیهای طویل‌المدت غیرفعال را دنبال می‌کند و از ایجاد اشتغالات فعال ناتوان است؛ دانشجو را به دنبال یافتن همان جوابی که استاد می‌خواهد، می‌فرستد. او را از کند و کاو خلاقانه در گزینه‌های متنوع باز می‌دارد و بالاخره متضمن حفظ و تکرار مکرر و عادت‌وار، بدون تحلیل نقدگونه مسأله است [۷].

#### ۴. یادگیری ساخت یک ربات

شناخت عامل اصلی که به طور ذاتی و همزمان تمام وجوه مسأله را به هم پیوند می‌زند، برای رفع مشکلات آموزشی ضروری است. این مسأله مسئولان دانشگاه را بر آن داشته است تا دوره‌ای را

برگزار کنند که در آن گروه‌های دانشجویی از رشته‌های متنوع ربات‌های حیوان‌مانند خود را طراحی، اجرا و برنامه‌ریزی کنند. در انتهای دوره، دانش‌آموختگان در یک رقابت عمومی شرکت می‌کنند که در آن هر تیم متشکل از دو ربات، یک سری تخم‌مرغ‌های پلاستیکی را جمع‌آوری و از هم جدا می‌کنند و آنها را در دو لانه که هر یک با چراغ پلاریزه خاصی متمایز شده است، دسته‌بندی می‌کنند.

ترم با گروه‌بندی دانشجویان در دسته‌های سه نفره آغاز می‌شود. گرچه این امکان به دانشجویان داده می‌شود تا خود گروه مورد نظرشان را تشکیل دهند، باید به ترکیب افراد گروه توجه کافی مبذول داشت؛ چون دانشجویان از رشته‌های متنوعی در دوره شرکت می‌کنند، برگزارکنندگان سعی می‌کنند مطمئن شوند که یکی از افراد گروه، در برنامه‌نویسی از مهارت بالایی برخوردار باشد و لااقل یک عضو گروه به مکانیک تسلط کافی داشته باشد. به هر گروه یک جایگاه، متشکل از میز و تعدادی صندلی، یک کامپیوتر و یک کیت ربات اختصاص می‌یابد. در حال حاضر، کارگاه دارای ترکیبی از کامپیوترهای رومیزی و قابل حمل مکینتاش است و توانایی ارائه خدمات به سی‌محصل (ده گروه سه‌تایی) را در هر دوره دارد. گذشته از تعیین گروه‌ها، مهمترین کار روز اول کلاس به تنظیم کامل هر کیت برای حصول اطمینان از وجود کلید ابزار و مواد لازم اختصاص می‌یابد.

دانشجویان، یک کیت استاندارد حاوی تمام چیزهایی که در طول دوره لازم خواهند داشت، دریافت می‌کنند. روی هم رفته بیش از ۱۳۰۰ قطعه در هر کیت موجود است که ارزش بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ دلار دارد. قابلیت سرهم شدن و کارکردن قطعات به سادگی، برای هدف آموزشی مورد نظر یک ضرورت است تا به دانشجو امکان ترکیب و استفاده از اجزا به اشکال نامحدودی داده شود. لذا بیشتر این قطعات، اجزای ساختمانی لگو هستند و شامل انواع صفحات، تیر، خار، محور، چرخ، قرقره، چرخ‌دنده، پروانه و نظایر آنهاست. اجزای ساختمانی دیگری نیز مثل انواع فنر، نوارهای پلاستیکی و فیلترهای پلاریزه‌کننده موجود است. کیت همچنین شامل تعدادی موتور DC، لامپ‌های نئون و انواع مختلفی از حسگرهای نوری، تماسی، خمشی و حسگرهای شکست شعاع نوری است. موتورها و حسگرها عمدتاً قطعات ارزان‌قیمت خارج از رده و مازاد بر نیازی هستند که برای هماهنگی با دیگر اجزای مجموعه اصلاح شده‌اند و در ضمن به راحتی قابل استفاده مجدد هستند و می‌توانند با همخوانی کامل به دیگر قطعات ساختمانی اتصال یابند.

یکی از مهمترین قطعات کیت، تابلو میکروکنترلر ۶/۲۷ می‌باشد که در دانشگاه MIT طراحی شده است [۸]. این تابلو ۳۰۰ دلاری از یک ریزپردازندهٔ ۶۸HC۱۱، مارک Motorola با حافظهٔ ۳۲ کیلوبایتی تشکیل می‌شود. دستگاه فوق، توانایی کار با حداکثر هشت ورودی دیجیتال و شانزده ورودی آنالوگ را دارد و می‌تواند شش موتور DC یک سر و موتور دو لامپ فلوسنت یا LED را راهبری کند. دو کلید خودکار، چهار کلید DIP و یک مقاومت متغیر، امکان ایجاد ورودیها را به استفاده کننده می‌دهد و یک صفحه LCD ۱۶×۲ کارا کتری و یک زنگ پیزوالکتریک مولد خروجیها هستند. تابلو به وسیلهٔ پیل‌های قابل شارژ تغذیه می‌شود و در نتیجه امکان عملکرد کاملاً مستقل ربات‌ها ایجاد شده است. برنامه‌ریزی تابلو توسط یک زبان برنامه‌نویسی تفسیر شده از خانوادهٔ C به نام IC انجام شده است و دارای مجموعه‌ای از مراجع و پنجره‌هاست که امکان پرسش و گرفتن جواب را ایجا- می‌کند. گرچه تابلوهای ۶/۲۷ به صورت یکپارچه، دیگر به شکل تجاری عرضه نمی‌شوند، اما یک میکروکنترلر مشابه به نام Haady Board را می‌توان از اکثر فروشندگان تهیه کرد.

طی نیمهٔ اول دوره، دانشجویان برای آشنایی با قطعات کیت یک سری تمرینهای منظمی انجام می‌دهند. آنها شروع به یادگیری چگونگی برنامه‌ریزی تابلو به زبان IC و ساخت انواع سازه‌های مکانیکی با قطعات موجود می‌کنند. اولین تمرین آنها طراحی یک وسیلهٔ موتوری است که بتواند به روشی غیر از کاربرد چرخ یا زنجیر حرکت کند. گذشته از کسب تجربه با ساخت چنین وسیلهٔ متحرک سریع، توانمند و مستحکم از قطعات لگو، دانشجویان قادر به کشف ظرفیتهای پیش‌بینی شده در قطعات کیت می‌شوند. طی این تمرینهای سازمان‌یافته، یک سری سخنرانیهای کوتاه با هدف دادن اطلاعات فنی لازم، تشریح طرق مختلف برای ساخت و کنترل ربات و بالاخره ایجاد زمینه‌های زیست‌شناختی مرتبط، برگزار می‌شود. برای مثال، در خصوص تمرین ساخت دستگاه متحرک جدید انواع روشهای حرکت جانوران مرور می‌شود [۹]. با این کار، دانشجویان تشویق می‌شوند که چیزهایی را که قبلاً ناممکن می‌دانسته‌اند، آزمایش کنند و این منجر به ساخت انواع وسائل متحرک جالبی می‌شود که توانایی قدم‌زدن، لی‌لی کردن، شنا، بالا و پایین رفتن، لغزیدن، غلتیدن و خزیدن روی زمین را دارند.

در گام بعدی، دانشجویان عهده‌دار انجام دادن تمرینهایی می‌شوند که آنها را قدم به قدم در معرض یکایک مسائل طراحی خاصی که در جریان رقابت نهایی برایشان پیش خواهد آمد، قرار

می‌دهد. در ابتدا کار با ساخت و برنامه‌ریزی یک سکوی حسگر که قادر به جهت‌گیری در امتداد یک منبع نور پلاریزه است، شروع می‌شود. سپس آنها نحوه طراحی و برنامه‌ریزی وسیله‌ای را فرا می‌گیرند که می‌تواند تخم‌مرغهای سیاه پلاستیکی را از انواع رنگی تشخیص دهد، این تکالیف که بیشتر جنبهٔ شناسایی دارند، اهمیت ایجاد تعادل بین الکترونیک، مکانیک و نرم‌افزار را روشن خواهند کرد. مثلاً نرم‌افزار لازم برای هر دو تمرین ذکر شده، بسته به نوع انتخاب حسگر نوری و طرح ضمایم فیزیکی آن می‌تواند ساده یا خیلی پیچیده باشد.

به عنوان سومین تمرین، دانشجویان یک سکوی متحرک موتوری می‌سازند که قادر به ادامهٔ حرکت بالاتر از موانع است. گذشته از کسب تجربهٔ بیشتر در ساخت سازه‌های متحرک با استفاده از واحدهای ساختمانی داده شده، این تمرین زمینهٔ به وجود آمدن گزینه‌های طراحی مهمی را به وجود می‌آورد. برای مثال راههای مختلف بسیاری برای ردیابی موانع وجود دارد (می‌توان از حسگرهای ضربه‌ای، انحرافی یا توقفی نام برد) و هر روش دارای مسائل کارکردی و پیچیدگی نرم‌افزاری مختلفی است که باید خود دانشجویان این مسائل را کشف کنند.

چهارمین تمرین، ادغام دستگاه جهت‌یاب نوری با ریات احترازکننده از موانع است تا ریاتی ساخته شود که قادر به یافتن و رسیدن به منبع نور پلاریزه باشد. این تمرین، باعث پدید آمدن مسائل مرکب مهمی در طراحی نرم‌افزاری و مکانیکی و آشنایی با مشکلات جدیدتر مثل تعیین یک منبع نوری برای جهت‌گیری و رسیدن به آن خواهد شد، و بالاخره با الحاق قسمت جداکننده تخم‌مرغها، ریاتی ساخته می‌شود که می‌تواند یک تخم‌مرغ رنگی را شکار و آن را به لانه منتقل کند. اکنون دانشجویان با تمام مسائل اساسی که در رقابت نهایی با آنها سر و کار خواهند داشت، دست و پنجه نرم کرده‌اند. به هر حال معمولاً ریات ساخته شده در این مرحله خیلی ضعیف عمل می‌کند؛ چراکه طراحی مکانیکی و نرم‌افزاری هر جزء کاملاً جدا از دیگر قسمت‌ها صورت گرفته است. در واقع، برخی از دانشجویان از عهدهٔ تکمیل این تکلیف نهایی بر نمی‌آیند و علت این مسأله آن است که فرضیاتی که در ساخت یک جزء ابتدایی بکار گرفته شده است، با کارکرد جزء بعدی همخوانی ندارد. بروز این مشکل عمدی بوده است؛ برگزارکنندگان دریافته‌اند که دانشجویان فقط با تجربه کردن شخصی این مشکلات، می‌توانند به طور کامل اهمیت پیچیدگی در ارتباط با مسائل را حین طراحی یک دستگاه کامل، درک کنند.

در نیمهٔ دوم، تمرینهای مدون به پایان می‌رسد و قواعد کامل مسابقهٔ شکار تخم‌مرغ ارائه



می‌شود. با ادغام دو دسته سه نفره در یک گروه، تیمی تشکیل می‌شود که مجموعاً دو ربات را در رقابت نهایی شرکت خواهد داد. بسته به عملکرد هر یک از دسته‌های سه نفره در نیمه اول ترم، سعی خواهد شد که تعادل لازم در تیمهای مرحله نهایی به وجود آید. اولین خواسته از گروههای جدید ارائه یک استراتژی مشترک برای رقابت نهایی است. این مستلزم آن است که دسته‌های سه نفره که کارکردن با یکدیگر را به خوبی فرا گرفته‌اند، گروهشان را طوری تکامل دهند که به صورت پویا در قالب تیم شش نفره فعالیت کنند. پس از این تمهیدات، هر تیم موظف است که طرح خود را رسماً ارائه و از آن دفاع کند. گرچه یک طرح که به خوبی به جوانب آن فکر شده باشد به ندرت رد می‌شود، اما به دانشجویان تأکید می‌شود که طرحهای ساده و استوار معمولاً بهتر از انواع غامض و شکستنده عمل می‌کند.

پس از تأیید طرح اولیه، دانشجویان چهار هفته مهلت دارند تا ربات مسابقه خود را بسازند. با توجه به اینکه بیشتر دانشجویان ساخت یک ربات نمونه را تا این زمان به پایان رسانده‌اند، شاید فرصت داده شده برای ساخت زیاد به نظر برسد، اما دانشجویان بر اساس آنچه در نیمه اول ترم فرا گرفته‌اند، میل دارند با تغییر در برخی از تصمیمات قبلی و طراحی یک سیستم کاملاً پیچیده که مدت کلی تیمشان را پوشش دهد، یک ربات جدید بسازند. طی نیمه اول ترم، دانشجویان در می‌یابند که نرم‌افزاری که ساختار ضعیفی دارد، برای اداره پیچیدگی رو به رشد رفتار ربات، ناتوان است. بنابراین آنها غالباً در ایجاد یک سبک نرم‌افزاری سعی زیادی می‌کنند تا امکان گردهم آوردن و آزمایش امکانات رفتاری متعدد لازم را برای یک ربات مسابقه فراهم سازند. بعضی از سبکهایی که به کار رفته است عبارتند از:

۱. سبک ماشینی وضعیت محدود
  ۲. سبک پردازش چندگانه که در آن هر رفتار به صورت یک جریان مستقل عمل می‌کند و از طریق حافظه مشترک با بقیه اعمال ارتباط برقرار می‌کند.
  ۳. سبک استقرایی که در آن اعمال برتر می‌توانند رفتار درجات پایین‌تر را ابطال یا متوقف کنند.
- [۱۰]

برگزارکنندگان در پایان دوره یک سری آزمونهای آمادگی برگزار می‌کنند که دقیقاً شرایط رقابت نهایی را دارا می‌باشند. شرکت در این آزمونها الزامی است. گرچه در طول ترم دانشجویان تشویق می‌شود که ربات را آزمایش کنند، اما این آزمایش غیررسمی غالباً اتفاقی و بدون تأثیر کافی

است؛ ریات‌ها اکثراً به تنهایی و بدون وجود رقیب پا به میدان می‌گذارند و این در حالی است که دانشجویان تخم‌مرغها را یکی پس از دیگری در اختیارشان می‌گذارند و آنها را با دست در جهت یکی از لانه‌ها قرار می‌دهند. علاوه بر این، هرگاه ریات گیر بیفتد، آن را مجدداً راه می‌اندازند. اما طی مسابقه واقعی، چهار ریات با هم در گود هستند، نحوه پراکنندگی تخم‌مرغها دائماً در حال تغییر است و دانشجو اجازه دست زدن به ریات را ندارد. لذا عملکرد ناامیدکننده ریات‌ها در رقابت‌های آمادگی باعث اقدام سریع در رفع عیوب و طرح مجدد ریات در روزهای منتهی به رقابت نهایی می‌شود.

### ۵. مسابقه شکار تخم‌مرغ

بی‌شک مسابقه نهایی، نقطه اوج تلاش دانشجویان در کل طول ترم می‌باشد. بنابراین مهم است که بتوان بازتاب اهداف آموزشی را ارزیابی کرد. برگزارکنندگان دوره خواهان یک رقابت پرمحتوا و آزاد هستند تا امکان عرضه طرحها و استراتژی‌های متنوع بسیاری فراهم آید. آنها خواستار تکلیفی بودند که آمیزه‌ای از همکاری و رقابت را در برداشته و دارای تداوم کافی برای آشکار کردن این مسائل بفرنج باشد. آنها همچنین می‌خواستند اینکار از نظر فنی توأم با رقابت باشد، بگونه‌ای که دانشجویان مجبور شوند بصورت گروهی کار کرده محدودیتهای مربوط به مصالح و تواناییهای خود را از بین بردارند و با در نظر گرفتن محدودیتهای کیت، طرح قابل قبولی ارائه دهند. برای ایجاد یک جو دوستانه به جای فضای رقابت‌آمیز، آنها از اعطای جوایز مالی به برندگان خودداری کردند و از آنجا که رقابت، رخدادی عمومی است، دانشجویان انگیزه بالایی برای ارائه ریات‌های موفق دارند. بالاخره تفریحی بودن مسابقه برای دانشجویان و ناظرین به اندازه بقیه جنبه‌ها دارای اهمیت است. همه این دلایل برگزارکنندگان دوره را بر آن داشت تا رقابت پایانی را به مسابقه ریات‌ها برای شکار تخم‌مرغ تبدیل کنند.

تیمها متشکل از دوریات به رقابت در جمع‌آوری هرچه بیشتر تخم‌مرغهای رنگی می‌پردازند، در حالی که باید از انتخاب انواع پلاستیکی سیاهرنگ احتراز کنند. شکار تخم‌مرغها در یک محوطه بسته که لانه‌ها در دو انتهای آن جای دارند، برگزار می‌شود. کف میدان مسابقه با یک زیرانداز خاکستری مفروش شده است و دیوارها یکدست سیاهرنگ هستند. دیواره و کف لانه‌ها سفیدرنگ است. در پشت هر لانه یک چراغ پلاریزه قرار دارد، یکی از لانه‌ها نور عمودی پلاریزه

شده ساطع می‌کند و دیگری نور آفتی. در جلو هر لانه یک لبه کوتاه وجود دارد که مانع از غلتیدن خود به خود تخم‌مرغها از خارج یا به داخل لانه می‌شود.

در شروع هر مرحله از مسابقه به هر تیم به طور تصادفی یکی از لانه‌ها اختصاص می‌یابد، ربات‌ها جلو لانه مربوط قرار می‌گیرند، چهل تخم‌مرغ رنگی و ده عدد از نوع سیاه‌رنگ به صورت یکنواخت در میدان مسابقه پخش می‌شود. هر مرحله ده دقیقه طول می‌کشد و طی این زمان، دانشجویان اجازه لمس ربات‌ها را ندارند. در پایان هر دوره، امتیاز هر گروه با شمارش تخم‌مرغهای موجود در لانه محاسبه می‌شود. امتیاز برابر است با تعداد تخم‌مرغهای رنگی منهای چهار برابر تعداد تخم‌مرغهای سیاه‌رنگ پلاستیکی. امتیازدهی طوری ترتیب یافته است که رباتی که قادر به تمایز تخم‌مرغهای رنگی از انواع سیاه‌رنگ نباشد، به طور متوسط هیچ امتیازی به دست نیاورد. در صورت تساوی، یک قانون حذفی وجود دارد که رباتی را که اولین تخم‌مرغ را به سبد رسانده باشد، به عنوان برنده می‌شناسد. رقابت کلی به صورت یک مسابقه دو حذفی اصلاح شده پایه‌ریزی گشته که گروه‌بندی رقبا بر اساس عملکردشان در مرحله مقدماتی آزمایشی است. استراتژی‌های بسیاری در محدوده این قیود قابل توجه امکان‌پذیر است. ساده‌ترین تاکتیک این است که هر دو ربات یک تیم، تخم‌مرغهای رنگی را یکی یکی یا به صورت چندتایی جمع‌آوری و به لانه منتقل کنند. راه دیگر این است که یکی از ربات‌های تیم تخم‌مرغهای سیاه را جمع و آنها را در سبد حریف خالی کند. یا آنکه ربات‌ها بر حسب نوع تخم‌مرغی که پیدا می‌کنند، به طرف یکی از دو سبد حرکت کنند. برخی روشها برای سد کردن راه لانه نیز موجود است. مثلاً می‌توان یک ربات را مأمور سد راه سبد مربوط به تیم مقابل کرد تا نتواند تخم‌مرغهای رنگی را به سبدشان برسانند، همین‌طور امکان بستن راه لانه خودی برای معانعت از ریخته‌شدن تخم‌مرغهای سیاه توسط حریف در آن نیز وجود دارد. به علاوه، از آنجا که تابلو ۶/۲۷ دارای یک زمان‌سنج است، ربات‌ها توانایی تغییر استراتژی در خلال مسابقه را دارا هستند. مثلاً چون حرکت هم‌زمان چهار ربات باعث کشیده شدن تخم‌مرغها به طرف دیواره میدان می‌شود، برخی ربات‌ها از نیمه مسابقه به تعقیب در امتداد دیوار می‌پردازند. در ابتدای مسابقه، بعضی از دانشجویان از کلیدهای DIP موجود در روی تابلو، برای انتخاب تاکتیک‌های متفاوت بر حسب روش کار حریف استفاده می‌کنند. در طول این چند سال، برگزارکنندگان دوره شاهد نمونه‌هایی از هر یک از روشهای ذکر شده با درجات موفقیت متغیری بوده‌اند. در حالی که تاکنون آنها شاهد ساخته شدن بیش از هفتاد

ریات بوده‌اند، هیچ‌گاه تکرار یک طرح خاص را ندیده‌اند. یک ریات جمع‌آوری‌کننده تخم مرغ لازم است برای کسب موفقیت قادر به حل مجموعه‌ای از مسائل دشوار باشد. چون این ریات‌ها فاقد بینایی هستند، برایشان یافتن یک تخم‌مرغ متضمن جستجوی تصادفی یا ساخت یافته است. ریات‌ها معمولاً به زاینده‌هایی مجهز هستند که امکان مواجهه با یک تخم‌مرغ را برایشان افزایش می‌دهد، در حالی که ریات مشغول حرکت است، یک تخم‌مرغ به طور اتفاقی به محوطه تشخیص می‌گلد. حضور یک تخم‌مرغ معمولاً با قطع شدن شعاع نوری موجود بین یک جفت ساطع‌گر و ردیاب مادون قرمز، تأیید می‌شود و این باعث بسته‌شدن دریچه‌ای جهت جلوگیری از خارج شدن تخم‌مرغ می‌شود. وقتی یک تخم‌مرغ ردیابی شد، رنگش توسط حسگر بازتابی - که غالباً توسط چراغ نئون جهت دستیابی به تشخیص قابل اطمینان همراهی می‌شود - مشخص می‌شود. اگر رنگ تخم‌مرغ از نوع مطلوب برای ریات باشد، باید در قدم بعدی دنبال نور پلاریزه لانه مناسب بگردد. اگر پیدا کردن منبع نور مناسب ممکن نباشد، ریات یا باید مجدداً دنبال آن بگردد یا منبع نور لانه حریف را پیدا و در جهت مخالف حرکت کند. غالباً حرکت ریات‌ها در برگشت به سوی لانه، به صورت عقب عقب می‌باشد تا از برداشتن تخم‌مرغهای اضافی که رنگشان مشخص نیست جلوگیری شود. در اثر خطاهای موجود در هدایت ریات باید دائماً مسیر را حین نزدیک شدن به لانه تصحیح کرد. از آنجا که کف لانه سفید است، ریات‌ها معمولاً از یک حسگر نوری دیگر برای تعیین اینکه آیا واقعاً به مقصد رسیده‌اند، استفاده می‌کنند. پس از رسیدن، باید تخم‌مرغ‌ها و ریات از لانه خارج شود، شروع به جستجوی هدف بعدی کند. حین مسابقه، ریات مجبور به استفاده از نوعی روش ردیابی و احتراز از موانع است تا بین ریات‌های دیگر از جمله ریات هم‌تیمی‌اش، گرفتار نشود. وقتی با موانع سر و کار داریم، وقفه و الگوهای تصادفی، جهت پیشگیری از گیرافتادن در چرخه‌های رفتاری نامؤثری پایان ضروری است.

با توجه به ساختار غیرمعمول این دوره، ارزیابی عملکرد دانشجویان مشکل است. از آنجا که امکان دارد، بدون آنکه تقصیری متوجه دانشجو باشد، حین مسابقه کارها مطابق میل پیش نرود، برگزارکنندگان تصمیم گرفته‌اند به جای آنکه روی رقابت پایانی متمرکز شوند، ارزیابی خود را بیشتر بر اساس مجریان طراحی انجام دهند. بنابراین، پایه اصلی ارزیابی دانشجویان، یک دفترچه طراحی خواهد بود که باید در کل طول ترم آن را به همراه داشته باشند. مقصود از داشتن چنین دفترچه‌ای، در دست بودن یک پرونده روزانه از فعالیتهای دانشجو در طول ترم است. در این

دسترسی، نه تنها نقشه‌های مکانیکی دقیق و فهرست منابع برنامه‌ریزی طرح‌های نهایی موجود خواهند بود، بلکه بایگانی کاملی از ایده‌های اولیه و آزمایش و تصحیحات بعدی آنها خواهد بود. گذشته از این دفترچه‌های طراحی، ارزیابی انفرادی از مشارکت دانشجو در فعالیتهای گروه و تیم، بخش دیگر ارزیابی ما را تشکیل می‌دهد. و سرانجام با شرکت هر گروه در یک مسابقه پایانی و ضبط آن، هر فرد موظف خواهد بود که یک جنبه از طرح پایانی ربات را ارائه و از آن دفاع کند.

### ع. جمع‌بندی

برگزاری دوره با موفقیت همراه بوده است. برای انطباق با نیاز دانشجویان، دوره در ترمهای پاییز و بهار ارائه می‌شود و این در حالی است که در هر ترم یک لیست انتظار نیز وجود دارد. رقابت عمومی شکار تخم مرغ نظر بیش از صد بیننده را به خود جلب می‌کند و گذشته از این، رسانه‌های خبری محلی نیز آن را مد نظر قرار می‌دهند. برای انگیزش هر چه بیشتر شرکت‌کنندگان در مورد جزف مربوط به مهندسی و علوم، دوره در کانون بعضی از فعالیتهای گسترده‌تر قرار دارد. یک طرح اقتباسی که روش کار مشابهی را به کار می‌برد، برای دوره مهندسی دانشجویان تازه‌وارد در CWRU ایجاد شده است. برای جذب دانش‌آموزان سالهای سوم و چهارم دبیرستان به مرکز CWRU، بازدیدهای مقطعی از کارگاه به عمل می‌آید. یک برنامه تابستانی، مخصوص مدرسان دبیرستانها، آنها را با کاربرد این گونه مطالب در کلاسهایشان آشنا می‌کند. نمایش ربات‌ها به دانش‌آموزان دبستانی باعث ایجاد اشتیاق فراوان در آنها برای مهندسی و علوم شده است. برای دادن فرصت لازم به دانشجویان برای کشف هر چه بیشتر ایده‌های خلاقشان، به طور مداوم سعی می‌شود که فن‌آوری قابل ارائه به دانشجویان گسترش یابد. به طور مثال، مرکز اخیراً در حال ایجاد یک پایانه ارتباطات رادیویی روی تابلو ۶/۲۷ است تا امکان تبادل اطلاعات و پیامهای ساده بین دوربات هم‌تیمی را در طول مسابقه فراهم آورد.

در ابتدای دوره چهار هدف آموزشی معرفی می‌شود: امتزاج کارکردهای متفاوت، حل مسائل واقعی، کارگروهی افراد ماهر در زمینه‌های مختلف و فکرکردن به روش منتقدانه. دوره ربات‌های خودکار تمام این اهداف را پوشش می‌دهد. ساخت یک ربات متضمن این است که دانشجویان، الکترونیک، کنترل و سیستم‌های مکانیکی را به شکل یک دستگاه پویا در کنار هم گردآوری کنند. در این حین، آنها با اندرکنش بین زیرساختهای متنوع مواجه می‌شوند و این امکان برایشان به

وجود می‌آید که حین ساخت ریات، بین این زیرساخت‌های متفاوت تعادل ایجاد کنند. به علاوه، این دوره دانشجویان زیست‌شناسی را تشویق می‌کند که با مسائل مربوط به استفاده از یک وسیله فیزیکی برای عملکرد قابل اطمینان در یک محیط حقیقی آشنا شوند و این کار با ایجاد فرصت ساخت ریات پیش می‌آید. بنابراین دوره یک نمای منحصر به فرد از مسائل متعدد که سیستم‌های عصبی مجبور به حلشان هستند، ارائه می‌کند.

مسئله ساخت یک ریات خودکار، مسائلی چون حل مشکلات دنیای واقعی، کارگروهی افراد مبتکر در زمینه‌های مختلف و اندیشه نقادانه و خلاقانه را نیز در بر می‌گیرد. ساخت یک ریات واقعی به جای برنامه‌ریزی شبیه‌سازی، دانشجویان را سریعاً با غیرآیدال بودن دستگاه‌های واقعی دنیا روبه‌رو می‌کند و بلافاصله آنها را با نتیجه موفقیت یا شکست فکرشان مواجه می‌کند.

با واداشتن افراد به کارگروهی، آنها تشویق می‌شوند که در مهارت‌های فردی با یکدیگر شریک شوند و این امکان را به آنها می‌دهد تا در وظایف ویژه‌ای تخصص پیدا کنند و فرصت کسب تجارب درون‌گروهی برای ارائه دفاع از نظرهاشان و در نهایت رسیدن به یک توافق همگانی را که برای کل گروه بهترین راه است، فراهم می‌کند. از آنجاکه این دوره دانشجویان انبوهی از رشته‌ها را به خود جذب می‌کند، آنان می‌فهمند که دیدگاه‌های بسیار متفاوت از یکدیگر برای حل یک مسئله مشکل می‌تواند مفید باشد و آنها برانگیخته می‌شوند که با فهم زبان یکدیگر، موانع موجود را در خصوص با رشته‌های دیگر از میان بردارند. دانشجویان سه شیوه تشویق می‌شود که از آموزش ارائه شده در این دوره بهره‌گیرند: اول، اشتیاق ساخت یک دستگاه پویا، دوم، انگیزه عملکرد خوب در رقابت عمومی و سوم، دریافتن این موضوع که برای خلاقیت، بیش از یک راه حل صحیح وجود دارد.

گذشته از این اهداف وسیع آموزشی، این دوره دانشجویان را با روش‌های جدید تحقیقی در ریاتیک و عصب‌شناسی زیستی آشنا می‌کند [۲]. این زمینه‌ها شامل روش‌های الهام یافته از زیست‌شناسی در ریاتیک و مدل‌های فیزیکی و عددی ساختار عصبی رفتار در جانداران است [۱۱]. گذشته از همه اینها، انگیزه اولیه برای ایجاد دوره ریات‌های خودکار، علاقه وافر دانش‌آموزان مقاطع پایین تحصیلی به تحقیقات در دست اجرا در این زمینه در مرکز CWRU بوده است.

لذا دوره، دانشجویان کارشناسی با استعداد را برای ادامه تحصیل در این زمینه‌های تحقیقاتی

جذب می‌کند. در واقع برخی از روشهای به کار رفته در این دوره در حال استفاده شدن در تحقیقات عصب - زیستی و ریاضیات است [۵، ۱۲ و ۱۳].

همانطوری که ملاحظه گردید برای ارتقاء کارگروهی در بین دانشجویان مهندسی، دوره‌ای در سطح دانشگاه طراحی و اجرا شده و دامنه آن به دانش‌آموزان دبیرستانی و دبستانی نیز گسترش یافته است. طبیعی است در هر سطحی از جامعه طراحی و اجرای پروژه‌های مشابه ضروری بوده و شعار انجام کارگروهی فقط در صورت تشکیل چنین دوره‌هایی قابل تحقق خواهد بود.

## مراجع

1. R.D. Beer, H.J. Chiel, and R.F. Drushel, "Using autonomous robotics to teach science and engineering", Communications of the ACM, No. 6, Vol. 42, (1999) 85-92.
2. R.D. Beer, R.D. Quinn, H.J. Chiel and R.E. Ritzmann, "Biologically-inspired approaches to robotics, Communications of the ACM, No. 3, Vol. 40, (1997)30-38.
3. M. Resnick, Behavior construction kits, Communications of the ACM, No. 7, Vol. 36, (1993)64-71.
4. F.G. Martin, Circuits to Control: Learning Engineering by Designing LEGO Robots, Ph.D. Dissertation, NMIT Program in Media Arts and Sciences, Cambridge, Mass, 1994.
5. J. Donnett and T. Smithers, LEGO vehicles: A technology for studying intelligence systems. In J.A. Meyer and S.W. Wilson, Eds, From Simulation of Adaptive Behavior, MIT Press, Cambridge Mass, 1991, pp. 540-549.
6. H.J. Chiel and R.D. Beer, The brain has a body: Adaptive behavior emerges from interactions of nervous system, body and environment, Trends in Neurosciences Vol. 20, (1997)553-557.

7. H.J. Chiel, Critical thinking in a neurobiology course, Bioscene, Vol. 22, (1996)3-14.
8. F.G. Martin, The 6.270 Robot Builder's Guide < MIT Media Lab., Cambridge, Mass, 1992.
9. R.M. Alexander, Exploring Biomechanics: Animals in Motion, W.H. Freeman, NY, 1992.
10. R.A. Brooks, New approaches to robotics, Science, Vol. 253, (1991)1227-1232.
11. R.D. Beer, Intelligence as Adaptive Behavior: An Experiment in Computational Neuroethology, Academic Press, 1990.
12. T.M. Morse, T.C. Frree and S.R. Lockery, Robuēt spatial navigation in a robot inspired by chemotaxis in *C. elegans*. Adaptive Behavior, 1998.
13. B. Webb, A cricket robot, Sci. Amer., Dec. 1996, pp. 94-99.