

## تدوین نرم افزار آموزشی رباتیک به کمک سیستم چندرسانه ای

محرم حبیب نژاد کورایم

آزمایشگاه تحقیقاتی رباتیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران

**چکیده:** در سیستم آموزشی متداول، مدرس موضوعات را تشریح می کند، در حالی که می توان از یک رایانه برای این منظور استفاده کرد. بدین منظور و برای آموزش قدم به قدم باید برای هر شخص ساختاری ویژه تهیه شود و بهترین راه حل تهیه نرم افزاری بر پایه سیستم های چندرسانه ای است که می تواند موضوعات مورد نظر را به صورت صوتی و تصویری ارائه کند. طراحی چنین نرم افزاری برای مبحث رباتیک موضوع این مقاله است. در این مقاله ابتدا به بررسی نمونه هایی از نرم افزارهای طراحی شده به صورت چندرسانه ای و شرایط موجود برای طراحی های مشابه پرداخته شده است، سپس توضیحات بخش های مختلف برنامه آموزشی رباتیک، که موضوع اصلی مقاله است، داده شده و در پایان نتایج حاصل از این طراحی آورده شده است.

**واژه های کلیدی:** آموزش قدم به قدم، چندرسانه ای، رباتیک، صوت و تصویر.

## ۱. مقدمه

ایران دارای شرکت‌های بزرگ و کوچک مانند اتومبیل‌سازی، ماشین‌های الکتریکی، ماشین‌سازی، تولیدات شیمیایی، نساجی و ... است. یکی از راه‌های بهبود تکنولوژی تولید، پیشرفت در اتوماتیک کردن فرایندها و افزایش درصد استفاده از رایانه‌ها و ربات‌ها در کارخانه‌هاست که خود به آموزش علم ریاتیک نیاز دارد. یکی از راه‌های اصلی، آموزش افراد و دادن اطلاعات به آنهاست و یکی از طرق آموزش، برگزاری کلاس‌های آموزشی است. به تجربه ثابت شده است که تفاوت بین افراد، با توجه به قابلیت‌های آموختن و دانش قبلی، باعث به وجود آمدن تضادهایی در روند آموزش یک مجموعه می‌شود. این تفاوت‌ها به شرایط سنی، تجربه، نوع شغل و ... مربوط می‌شود. بنابراین، امکان پیشرفت آموزشی در کلاس با یک سرعت و به صورتی که برای تمام شرکت‌کنندگان رضایت‌بخش باشد، وجود نخواهد داشت. افرادی که سرعت فراگیری بیشتری دارند باید منتظر بمانند تا بقیه افراد به آنها برسند و افراد کندتر هم نمی‌توانند خود را با سرعت معمولی پیشرفت مجموعه وفق دهند و این باعث افت روحی و آموزشی آنان می‌شود [۴]. به همین دلیل، این نکته به نظر می‌رسد که باید برای یادگیری هر فرد به صورت جداگانه و با سرعت خودش در مقایسه با آموزش هر چه بیشتر مطالب برای کل مجموعه اهمیت بیشتری قایل شد. به همین دلیل، ما تصمیم گرفتیم تا برای آموزش ریاتیک نرم‌افزاری بر پایه سیستم‌های چندرسانه‌ای طراحی کنیم. آموزش از طریق این نرم‌افزار به صورت قدم به قدم و از طریق عرضه اطلاعات به کمک صوت و تصویر است که بسیار مؤثرتر از استفاده از منابع رایج است.

به طور کلی، استفاده از نرم‌افزار و ارائه آن در زمینه ریاتیک بیشتر شامل نرم‌افزارهایی تخصصی برای حل معادلات یا برنامه‌نویسی ربات‌های صنعتی است. از طرف دیگر، نرم‌افزارهایی نیز به منظور شبیه‌سازی ربات‌ها در مراکز صنعتی ارائه شده است. نرم‌افزارهای آموزشی که تاکنون نوشته شده نیز محدود به موضوعاتی خاص و برای مراکز صنعتی یا آموزشی مربوط بوده است.

اما سیستم نرم‌افزاری ما کاملاً متفاوت از دیگر سیستم‌هاست، زیرا اساس آن سادگی عرضه اطلاعات به طور جامع و گسترش کیفیت ارتباط بین مدرس و شاگرد است. این نرم‌افزار باعث افزایش و بهبود کیفیت آموزشی می‌شود و الگویی برای استفاده عملی از سیستم‌های چندرسانه‌ای در زمینه ارائه موضوعات دانشگاهی و صنعتی است.

رشد و توسعه علوم رایانه‌ای و پیشرفت‌های روزافزون در سال‌های اخیر و توجه زیاد طراحان

و مهندسان مختلف به رایانه به عنوان ابزاری که توان انجام دادن عملیات محاسباتی سریع و عاری از هر گونه خطا را دارد، از جمله عواملی است که باعث شده است تا رایانه به عنوان جزء لاینفک صنعت محسوب شود و چه بسا اجرای بسیاری از پروژه‌های صنعتی بدون بهره‌گیری از آن غیرممکن باشد.

با توجه به ماهیت انعطاف‌پذیر نرم‌افزار و سخت‌افزار رایانه، امکان استفاده از تمام منابع رسانه‌ای از قبیل صدا، تصویر، فیلم و غیره وجود دارد. تلفیق عوامل بالا؛ یعنی صدا، تصویر و فیلم در یک نرم‌افزار را اصطلاحاً چند رسانه‌ای<sup>۱</sup> می‌نامند.

در چند سال اخیر، نقش نرم‌افزارهای چند رسانه‌ای در آموزش و تعلیم علوم مختلف و تجهیزات مربوط به هر کدام از آنها بیش از پیش آشکار شده است. برخلاف کتاب‌ها و نوشته‌های دیگر که معمولاً پدیدآورنده آنها یک نفر است، برای تهیه یک نرم‌افزار چندرسانه‌ای اغلب یک گروه تلاش می‌کنند [۳ و ۵].

عبارت "نرم‌افزارهای چند رسانه‌ای آموزشی" در حقیقت به معنای آموزش از طریق رایانه است که به ارائه یک موضوع و پرسش‌ها و تمرین‌های مربوط به آن اشاره می‌کند. از طریق نرم‌افزارهای آموزشی می‌توان مطالب مورد نظر را به شیوه‌های مختلف آموزش داد و با توجه به اینکه افراد مختلف با علاقه‌های متفاوت به موضوع و مقدار تمرین متفاوت راه‌های گوناگونی را برای فکرکردن و آموختن در پیش می‌گیرند، این شیوه بسیار سودمند و مفید خواهد بود.

تجربه نشان داده است که انجام دادن و عمل کردن به آموخته‌ها بر یادگیری افراد تأثیر فراوانی دارد. در نرم‌افزارهای چندرسانه‌ای آموزشی از طریق دیدن، شنیدن و عمل کردن به کاربر این امکان داده می‌شود که مطلب را به بهترین نحو فراگیرد. این نرم‌افزارها مزایای فراوانی دارند که به دو صورت عمده نمود پیدا می‌کنند:

- دسته اول مزایایی هستند که به پایین آمدن هزینه آموزش در مراکز تحقیقاتی کمک می‌کنند.
  - دسته دوم مربوط به آن دسته از مزایایی می‌شود که موجب بالارفتن بازده فراگیری می‌شوند.
- ربات ATLAS-II یک نمونه از ربات‌های آموزشی است که در دانشگاه علم و صنعت ایران در آزمایشگاه رباتیک برای آموزش از آن استفاده می‌شود. برنامه شبیه‌ساز این ربات راکه حرکات

ریات ATLAS-II را شبیه‌سازی می‌کند، می‌توان به عنوان یکی از اولین قدم‌ها در آموزش مفاهیم علمی، به خصوص علم ریاتیک دانست [۲].

مقادیر زیادی از این نرم‌افزارهای آموزشی تا به امروز تهیه شده‌اند که برای نمونه تعدادی از آنها را بیان می‌کنیم.

در دانشکده پزشکی آنکونا<sup>۱</sup> در ایتالیا، یکی از واحدها مربوط به مرد جوانی بود که دچار حمله آسم شده بود. اطلاعات مربوط به این شخص، از زمان و مکان بیماری تا آزمایش‌های خون و پوست در اختیار دانشجویان قرار گرفته بود. این آزمایش نشان داد که این روش نتایج بسیار مثبتی در بر خواهد داشت، به شرط آنکه در کنار روش تدریس قدیمی مورد استفاده قرار گیرد، نه به جای آن [۵].

در سال ۱۹۹۳، مرکز پلی تکنیک چابو<sup>۲</sup> در ناگویای ژاپن یک دوره مکترونیک (علم کنترل الکترونیکی دستگاه‌های مکانیکی) برگزار کرد. پس از برگزار شدن تعدادی کلاس و با توجه به عدم دسترسی به نتایج مطلوب، این مرکز تصمیم گرفت از سیستم آموزشی چند رسانه‌ای استفاده کند. در این سیستم تمام موضوعات آزمایشگاهی از طریق رایانه برای افراد توضیح داده می‌شد و نمونه‌های غیر قابل دسترس از طریق رایانه در اختیار آنان قرار می‌گرفت [۴].

نمونه دیگر نرم‌افزارهای چند رسانه‌ای آموزشی مربوط به نرم‌افزاری با نام اپسیلون<sup>۳</sup> است. این نرم‌افزار در سال ۱۹۹۶ در دانشگاه موناش<sup>۴</sup> و پس از آنکه دانشجویان رشته ریاضی در این دانشگاه نتایج مطلوبی کسب نکردند، طراحی شد. این برنامه ابتدا به عنوان یک نرم‌افزار برای ارائه عناوین درس جبر در یک محیط زنده و فعال مورد استفاده قرار گرفت و بعدها شامل موضوعات جبر خطی و مباحث بیشتری در زمینه علم ریاضیات شد. این نرم‌افزار از سال ۱۹۹۸، در اختیار دانشجویان دانشگاه موناش قرار گرفته است [۶].

## ۲. نرم‌افزار آموزشی ریاتیک

این برنامه برای ایجاد محیطی مناسب به منظور تفهیم مباحث اساسی دانش ریاتیک از امکانات

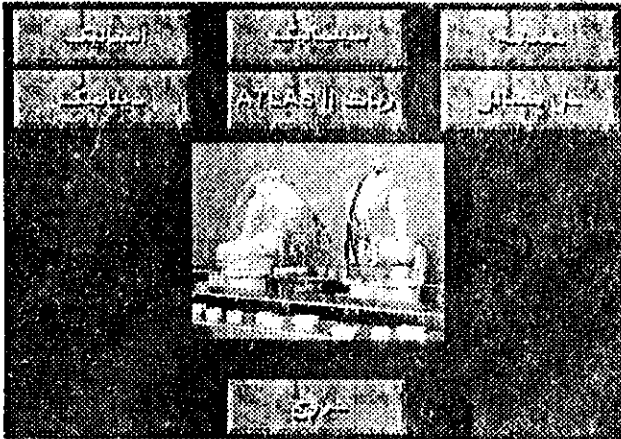
۱. Ancona

۲. Chubu

۳. Epsilon

۴. Monash

مختلف و متنوعی استفاده می‌کند. محیط محاوره‌ای آن به گونه‌ای طراحی شده است که امکان کار در آن بسیار ساده باشد و به سهولت بتوان به امکانات و اطلاعات آن دسترسی پیدا کرد. این نرم‌افزار از شش قسمت اصلی تشکیل شده است که کاربر می‌تواند هر یک را به دلخواه انتخاب کند. عناوین این قسمت‌ها در زیر توضیح داده می‌شوند (شکل ۱):



شکل ۱. منوی اصلی برنامه رباتیک

#### ۱.۲. معرفی برنامه و قسمت‌های آن

این برنامه به بخش‌های زیر تقسیم شده است:

- مقدمه

- تاریخچه و معرفی ربات‌ها

- اتوماسیون و ربات‌ها

- طبقه‌بندی ربات‌ها

- اجزای ربات

- مشخصات

- سینماتیک

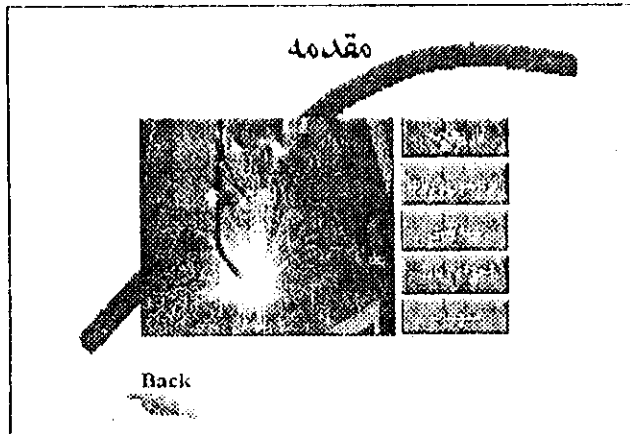
- سینماتیک مستقیم
- سینماتیک معکوس
- حرکت ديفرانسیلی
- استاتیک
- ماتریس ژاکوبین حالت دست
- تبدیل نیروها و ممان‌ها
- تجزیه و تحلیل نیرو و ممان
- محاسبه ژاکوبین ربات
- دینامیک
- روش لاگرانژ
- روش نیوتن - اولیور
- دینامیک معکوس
- حل مسائل
- پرسش‌های چهارجوابی
- مثال‌ها و تمرین‌ها
- برنامه شبیه‌ساز ربات آزمایشگاهی ATLAS-II

#### ۲.۲. مقدمه

هدف از این بخش بالا بردن درک کاربر از یک ربات است. همچنین، چگونگی استفاده از یک ربات و اینکه چگونه این وسیله باعث پیشرفت صنایع می‌شود، در این فصل توضیح داده شده است. این فصل خود شامل پنج قسمت است که عبارت‌اند از: تاریخچه، اتوماسیون و ربات‌ها، طبقه‌بندی، اجزای ربات و مشخصات (شکل ۲).

در بخش تاریخچه در مورد ربات‌ها و ساختمان و نحوه پیدایش آنها توضیحاتی داده شده است. قسمت اتوماسیون و ربات‌ها، نحوه استفاده از ربات‌ها در صنعت را نشان می‌دهد. در مبحث بعد، طبقه‌بندی، نحوه طبقه‌بندی ربات‌ها و طرق گوناگون آن بیان شده است. در گزینه اجزای مکانیکی ربات، اجزای مورد استفاده برای ساختن یک ربات آورده شده است و در قسمت

مشخصات، مشخصات یک ریات بر حسب اینکه در چه قسمتی مورد استفاده قرار گیرد، بیان می‌شود.



شکل ۲. زیرمنوی بخش مقدمه

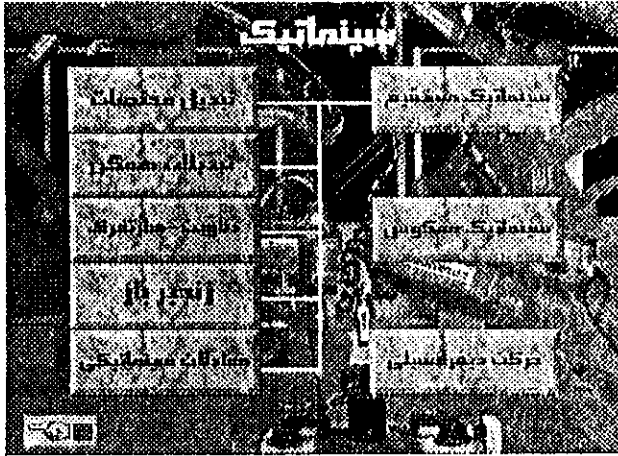
### ۳.۲. سینماتیک

هدف از این فصل آموزش مدل‌سازی سینماتیکی ریات است. این فصل شامل سه بخش عمده می‌باشد. این بخش‌ها عبارت‌اند از: سینماتیک مستقیم، سینماتیک معکوس و حرکت دینامیکی (شکل ۳).

هر یک از سه بخش فوق شامل مباحث مختلف است. برای مثال، بخش سینماتیک مستقیم شامل تبدیل مختصات، تبدیلات همگن، روابط دناویت - هارتنبرگ، زنجیر باز و معادلات سینماتیکی است.

در این قسمت ابتدا مسئله سینماتیک مستقیم؛ یعنی تعیین موقعیت نهایی ابزار با معلوم بودن متغیرهای مفصل و اتصالات، تعریف و سپس مقدمات ریاضی لازم از جمله موقعیت و جهت جسم صلب، تبدیلات مختصات و تبدیلات همگن بیان می‌شود. پس از آشنایی کاربر با مفاهیم ریاضی و درک مسئله سینماتیک مستقیم، به مدل‌سازی سینماتیکی ریات پرداخته می‌شود و روش نامگذاری دناویت - هارتنبرگ برای توصیف ارتباط سینماتیکی بین دو لینک مجاور، معرفی

می‌گردد. سپس با استفاده از روش دناویت - هارتنبرگ، موقعیت و جهت پنجه به صورت تابعی از تغییر مکان‌های مفصل بیان می‌شود.



شکل ۳. زیرموی بخش سینماتیک

مسئله سینماتیک معکوس بیانگر محاسبه متغیرهای مفصل با معلوم بودن موقعیت و جهت مطلوب ابزار است. پس از معرفی مسئله سینماتیک معکوس و مفاهیم ریاضی آن، حالت ابزار و رابطه آن با حل مسئله سینماتیک معکوس شرح داده می‌شود. در انتها، مسئله سینماتیک معکوس ربات آموزشی Rhino-XR3 و مدل‌سازی آن به عنوان یک مثال آورده شده است. در مبحث حرکت دینامیکی، مسائل سینماتیک و سینماتیک معکوس لحظه‌ای و حالت تکین توضیح داده شده است.

#### ۴.۲. استاتیک

در این فصل، استاتیک ربات‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین، پس از بررسی نیروها و ممان‌ها، سختی ربات‌ها و پس از آن ژاکوبین ربات توضیح داده شده است. سرفصل‌های این بخش عبارت‌اند از:  
ماتریس ژاکوبین حالت دست، تبدیل نیروها و ممان‌ها، تجزیه و تحلیل نیرو و ممان و محاسبه



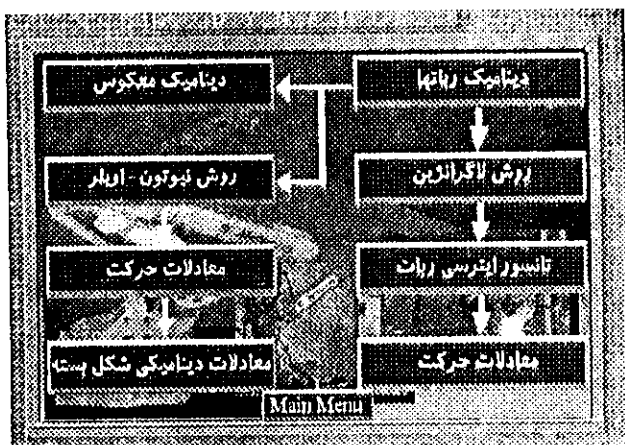
ژاکوبین ریات (شکل ۴).



شکل ۴. زیرمنوی بخش استاتیکی

## ۵.۲. دینامیک

این فصل شامل بخش‌های اصلی به صورت زیر است (شکل ۵):  
 دینامیک ریات‌ها، روش لاگرانژ، روش نیوتن - اوسر و دینامیک معکوس.



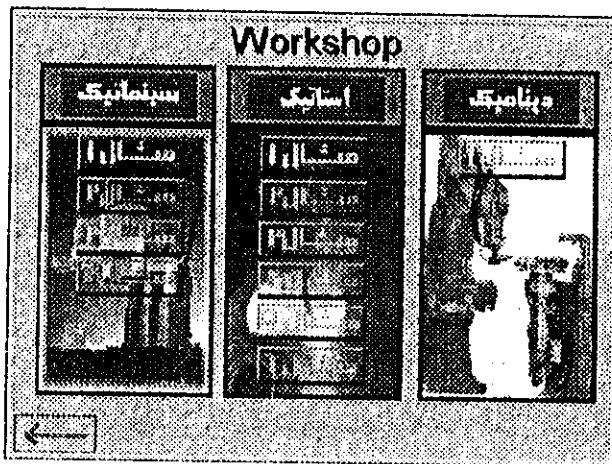
شکل ۵. زیرمنوی بخش دینامیک

این بخش هم می‌تواند به صورت پیوسته مطالعه شوند یا با استفاده از کلیدهایی که در منوی اصلی این فصل وجود دارند، فراخوانده شوند. نمونه‌ای از این کلیدها، همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است، معادلات حرکت، تانسور اینرسی و معادلات دینامیکی شکل بسته است.

در بخش دینامیک ربات‌ها توضیحات کلی در مورد نحوه بررسی و مدل‌سازی دینامیکی ربات‌ها داده شده است. بخش‌های روش لاگرانژ و روش نیوتن - اویلر شامل موضوعات مدل‌سازی دینامیکی ربات از طریق روش‌های مربوط است. در هر یک از این بخش‌ها پس از تدریس اصول مدل‌سازی نحوه به دست آوردن معادلات حرکت گفته شده است. در قسمت دینامیک معکوس مسائل بازگشتی در دینامیک مورد بحث می‌باشد.

#### ۶.۴. حل مسائل

در این فصل برای سنجش آموزش کاربری سؤالاتی همراه با پاسخ به دو صورت تستی و تشریحی وجود دارد (شکل ۶). کاربر به دلخواه می‌تواند یکی از این دو دسته را با توجه به قسمت مورد نظر (سینماتیک، استاتیک و دینامیک) انتخاب کند و معلومات خود را بیازماید. سؤالات چندگزینه‌ای امکان ارزشیابی مفاهیم فرا گرفته شده را به وسیله آزمون برای کاربر فراهم می‌کند و با اندک تغییراتی می‌توان سؤالات متعدد دیگری را در زمینه سینماتیک بدان اضافه کرد.



شکل ۶. زیرمنوی بخش مسائل

۷.۲. ربات ATLAS-II

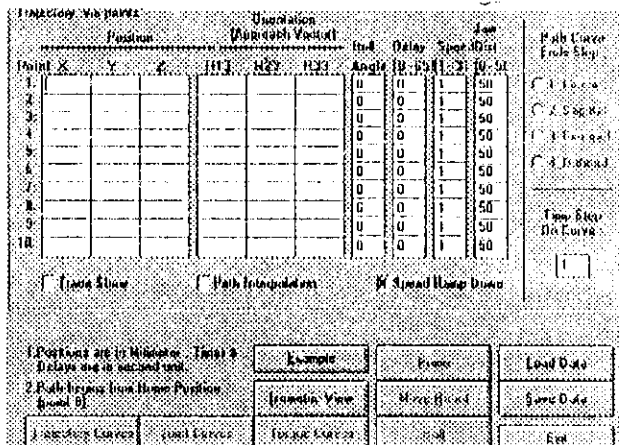
در این قسمت از برنامه کاربر می تواند آموخته های خود را از طریق ربات آموزشی ATLAS-II که در آزمایشگاه رباتیک دانشگاه علم و صنعت ایران وجود دارد، به اجرا بگذارد و نتایج را به صورت عملی دریافت کند. در منوی اصلی این قسمت از برنامه (شکل ۷) انتخاب های زیر وجود دارد:

۱. سینماتیک مستقیم؛
۲. سینماتیک معکوس؛
۳. دینامیک و حرکت نقطه به نقطه؛
۴. آزمایش ها.

با انتخاب گزینه "دینامیک و حرکت نقطه به نقطه" پنجره مربوط به این منو باز می شود. این پنجره بسته به اینکه درون یابی مسیر انتخاب شده باشد یا خیر، دارای دو حالت است. در حالت اول که "درون یابی مسیر" انتخاب نشده است، مسیر حرکت پنجه به صورت نقطه به نقطه است. در این حالت، مسیر از طریق نقطه هایی که توسط کاربر وارد شده اند، مشخص می شود و به دلیل گسستگی مسیر و عدم وجود معادله خاص، پروفیل گشتاور را نمی توان به دست آورد.

حالت دوم با انتخاب "درون یابی مسیر" حاصل می شود. در این حالت، با استفاده از تکنیک درون یابی، از نقاط وارد شده توسط کاربر یک منحنی عبور داده می شود و با استفاده از سرعت

مفاصل مسیر حرکت تخمین زده می شود.



شکل ۸. ربات آموزشی ربات

### ۳. نتیجه گیری

در این مقاله نرم‌افزاری آموزشی در زمینه مبحث رباتیک به صورت چند رسانه‌ای توضیح داده شد. در حالی که اکثر برنامه‌های آموزشی که به این صورت طراحی شده‌اند، به عنوان جایگزینی برای استاد مورد استفاده قرار می‌گیرند، تفاوت برنامه ما با برنامه‌های دیگر در این است که این برنامه برای بالا بردن کیفیت ارتباط بین استاد و شاگرد طراحی شده است. ما برای باوریم که این طراحی چند رسانه‌ای می‌تواند خلاقیت‌های بسیاری را در پی داشته باشد و همچنین، می‌توان از این نوع طراحی برای آموزش‌های دیگر در دانشگاه و صنعت استفاده کرد.

### مراجع

1. Tatsuya, K. and Takashi, K., Developing multimedia training materials for use with small robot controls at chubu polytechnic center in Japan, JEEE Magazine, Vol. 39, No. 3, pp. 349-356, 1996.
2. Varsavsky, C., Epsilon: An interactive learning environment for first year mathematics, Proc. Computer Based Learning in Science, Leicester, 1997.
3. Doobelin Ernest, A., Measurement Systems, Application and Design, McGraw-Hill, 1990.
4. Shimon, Y., Nof Handbook of industrial Report, John Wiley & Sons, 1999.
5. Klafter Richard, D., Chmielewski Thomas, A., Negin Michael, Robotic Engineering, An integrated Approach, Prentice - Hall, 1989.
6. Roth, W.M., Affordances of Computers in Teacher - Interaction: The Case of Interactive Physice, Journal of Research in Science Teaching, Vol. 32, No. 4, pp. 329-347, 1995.
7. Hennessy, S., Twiggert, D., Driver, R., O'shea, T., O'malley, C.E., Byard, M., Draper, S., Hartley, R., Mohamed R., and Seanlon, E., Design of Computer augmented curriculum for mechanics, International Journal of Science Education Vol. 17, No. 1, pp. 75-92, 1995.

8. Habibnejad, M., Baghaet S. and Azmoudeh, A., Robotics multimedia software for conceptual understanding, Proc. 7th Annual Conf on Mechatronics and Machine Vision in Practice, pp. 11-16, 2000.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۱/۲/۱)