

۱۷۱۲۱۷

هوش مصنوعی

(راہبردی نوین)

ویراست سوم

جلد اول

اثر:

استیوارت جی راسل و پیتر نورویک

Artificial Intelligence

A Modern Approach

Third Edition

Stuart J. Russel and Peter Norvig

برگردان و مگردآوری:

دکتر حسین حاج رسولیها

(PEng.; PhD. UMIST)

انتشارات نیاز دانش

سرشناسه	راسل، استیوارت جاناثان Russel, Stuart Jonathan
عنوان و نام پدیدآور	هوش مصنوعی (راهبردی نوین) / استیوارت جی. راسل، پیتر نورویگ: برگردان و گردآوری حسین حاج رسولیها.
مشخصات نشر	تهران، نیاز دانش، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	۵۶۰ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-6481-21-0
وضعیت فهرست‌نویسی	فیب
یادداشت	عنوان اصلی: Artificial intelligence, 3rd ed, 2009.
یادداشت	کتاب حاضر نخستین بار تحت عنوان "هوش مصنوعی: رهیافتی نوین" با ترجمه رامین رهنمون و آناهیتا هماوندی توسط انتشارات ناقوس در سال ۱۳۸۱ منتشر شده است.
یادداشت	کتابنامه.
عنوان دیگر	هوش مصنوعی: رهیافتی نوین.
موضوع	هوش مصنوعی
شناسه افزوده	نوریگ، پیتر، ۱۹۵۶-م.
شناسه افزوده	Norvig, Peter
شناسه افزوده	حاج رسولیها، حسین، ۱۳۳۵ -، مترجم
رده‌بندی کنگره	Q ۳۳۵ / ۲۸۹ ۱۳۹۱
رده‌بندی دیویی	۰۰۶/۳
شماره کتابشناسی ملی	۲۹۹۷۲۳۸



www.ketab.ir

نام کتاب	هوش مصنوعی (راهبردی نوین)
پدیدآورندگان	استوارت جی راسل و پیتر نورویگ
برگردان و گردآوری	دکتر حسین حاج رسولیها
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	حمیدرضا محمد شیرازی - محمد شمس
ناشر	نیاز دانش
صفحه‌آرا	واحد تولید انتشارات نیاز دانش
نوبت چاپ	ششم - ۱۴۰۱
شمارگان	۱۰۰
قیمت	۲۵۰۰۰۰ ریال

ISBN:978-600-6481-21-0

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۲۱-۰۰

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیه‌ی CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است، متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

آدرس انتشارات: تهران، میدان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، تقاطع وحید نظری، پلاک ۲۵۵، طبقه ۱، واحد ۲

۰۲۱-۶۶۴۷۸۱۰۶-۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۰۹۱۲-۲۱۰۶۷۰۹

برنام آن که جان را فکرت آموخت

سخن مترجم

از مدت‌ها پیش نیاز به یک اثر جامع و فراگیر ترجمه شده در عرصه‌ی مسایل هوش مصنوعی حس می‌شد. از یک سو کتاب درسی سودمندی که همه‌ی نیازهای مرتبط با آموزش هوش مصنوعی در کلاس درس دانشگاهی را به زبان فارسی مرتفع سازد وجود نداشت و از طرف دیگر چالش‌هایی که دانشجویان این درس از لحاظ درک موضوعات مربوط به زبان لاتین با آن مواجه بودند دردسرافرین شده بود. تجربه‌ی چندین ساله‌ی نگارنده‌ی این سطور از تدریس هوش مصنوعی از لحاظ پیچیدگی و ظرافت آن سبب شد تا تفکر ترجمه‌ی یک اثر جامع و فراگیر در این عرصه، نیاز خود را بیش از پیش تجلی نماید. اما آن‌چه بیش از همه اهمیت داشت و سبب نگرانی عمیق بود شجاعت و اعتمادبه‌نفس در برگردان و نگارش کامل، جامع و بدون خطا از نقطه‌نظر علمی در رابطه با یک اثر مهم مانند کتاب حاضر بود. پس از اطمینان از چیره شدن بر این چالش‌ها و حصول اطمینان از این موضوع که ارزش علمی و قلم نویسندگان اصلی کتاب که به حق افرادی شایسته و ارزشمند از لحاظ علمی به‌شمار می‌آیند در ترجمه‌ی اثر آن‌ها رعایت و حفظ خواهد شد، تصمیم به گام نهادن در برگرداندن این اثر گرفته شد. کتاب «هوش مصنوعی - راهبردی نوین» به یقین یکی از جامع‌ترین کتاب‌های دانشگاهی در عرصه‌ی هوش مصنوعی است که در بیش از یک صد مؤسسه‌ی آموزش عالی معتبر جهانی به‌عنوان مرجع درسی برای دانشجویان شاخه‌های کامپیوتر، برق گرایش رباتیک، مکترونیک، هوافضا و مهندسی پزشکی در مقاطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی شناخته شده است.

بنابر تجربه‌ی نسبتاً طولانی تدریس درس هوش مصنوعی موضوعات مربوط به 27 فصل کتاب حاضر در دو بخش و در قالب دو جلد به‌منظور کاربرد در مقطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی تدوین شده است. با این امید که نیاز دانشجویان هر دو مقطع را تأمین نماید. بدیهی است جلد اول کتاب به شکل کامل، تمامی موضوعات سرفصل درس هوش مصنوعی را برای ارایه در مقطع کارشناسی شاخه‌های مهندسی کامپیوتر، برق گرایش رباتیک، مکترونیک، هوافضا و مهندسی پزشکی پوشش می‌دهد. جلد دوم اثر به‌همراه جلد نخست آن نیاز دانشجویان تحصیلات تکمیلی را همراه با پیوندهای اینترنتی اشاره شده در این جلد تأمین می‌نماید. این امید وجود دارد کمبودی که دانشجویان عزیز در این زمینه حس می‌نمودند با انتشار برگردان کامل کتاب هوش مصنوعی - راهبردی نوین مرتفع گردد. در انتهای سخن لازم می‌داند از تمامی همکاران فرهیخته و دانشجویان گران‌قدر که مطالب ترجمه شده را مطالعه و با نگاه عمیق خود بررسی و تحلیل می‌کنند، تقاضا نماید کاستی‌ها و خطاهای احتمالی را که ناگزیر جلوگیری از آن‌ها در این حجم گسترده از مطالب و موضوعات میسر نمی‌باشد، گوشزد و اعلام نمایند تا در ویراست‌های بعدی این نقطه‌نظرهای به غایت ارزشمند مورد استفاده قرار گیرد. جای دارد در این لحظه از همسر و فرزندانم که با شکیبایی و تلاش بی‌ظنیر در مقاطع گوناگون کمک‌های فکری لازم و ستودنی را پیشنهاد نمودند و نیز مسئولین مرکز نشر نیاز دانش به‌ویژه آقایان مهندس شیرازی و شمس که با علاقه‌مندی و حساسیت قابل تحسین به دنبال چاپ و نشر این اثر بودند و سایر فعالان در عرصه‌ی قلم‌نگاری و آماده‌سازی کتاب صمیمانه سپاسگزاری نماید و آرزوی توفیق ایشان را در ارایه‌ی خدمات فرهنگی و پژوهشی به جامعه‌ی جوان و پویای دانشجویی کشور که به حق معماران شایسته‌ی ایران فردا خواهند بود از ذات بی‌مثالش آرزو نماید.

پیش‌درآمد

هوش مصنوعی (AI) دامنه‌ی بسیار وسیعی دارد و این کتاب نیز بسیار عظیم است. تلاش ما بر آن بوده است که چشم‌انداز کاملی از هوش مصنوعی را مورد مطالعه و کنکاش قرار دهیم. در این تلاش خواهان آن بوده‌ایم که تقریباً تمامی زمینه‌های علمی مرتبط با هوش مصنوعی شامل: منطق، احتمالات، ریاضیات پیوسته، برداشت و درک موضعی، استدلال و تعقل‌گرایی، یادگیری، کنش و واکنش را به‌همراه هر موضوع دیگری از تجهیزات ریز الکترونیکی تا ربات‌های کاوشگر فضایی را در پوشش موضوعات این اثر قرار دهیم. این اثر از نقطه‌نظر وسعت بخشیدن به عمق مطالب نیز بسیار بزرگ و بااهمیت به‌شمار می‌آید.

عنوان اصلی کتاب «هوش مصنوعی» و زیرعنوان آن «راهبردی نوین» است. گزینش «راهبردی نوین» به جای آنکه از لحاظ مفهوم یک عبارت تہی باشد، تلاش دارد آن‌چه تاکنون در هوش مصنوعی شناخته شده است را در قالب یک چارچوب متعارف تشریح کند. این زیرعنوان به دنبال توصیف پیشینه تاریخی هریک از شاخه‌های شناخته شده در AI نیست. بنابراین در این مقطع لازم است از آن گروه که زیرشاخه‌های آن‌ها در این قالب شامل تأمل اندک شده‌اند پژوهش‌خواهی به‌عمل آید.

آن‌چه در ویراست سوم جدید است. در ویراست جدید (سوم) تغییرات بنیادی اعمال شده در AI از زمان نشر ویراست قبلی آن در سال 2003 میلادی گنجانیده شده است. فناوری‌های کاربردی بسیار مهمی در AI در این فاصله‌ی زمانی روی داده است، از جمله می‌توان از بهره‌گیری گسترده و عملی شناسایی و تشخیص صدا و محاوره، ماشین‌های مترجم بی‌درنگ، خودروهای خودمختار و ربات‌های خانگی نام برد. نقطه عطف‌های الگوریتمی مانند راهکاری برای بازی‌های بسیار دشواری چون شطرنج و چکرز در این فاصله طراحی و پیشنهاد شده است. بدیهی است به‌همی این موارد، پیشرفت‌های شگرف نظری به‌ویژه در محدوده‌ی استدلال و تعقل‌گرایی احتمالی، یادگیری ماشین و ماشین‌های یادگیر و بینایی ماشین را بایستی اضافه نمود. آن‌چه از نقطه‌نظر حلاق ما اهمیت دارد تکامل مستمر تفکر در این عرصه می‌باشد و بنابراین اصل سازماندهی اثر حاضر را به‌گونه‌ای انجام داده‌ایم که تغییرات عمده‌ی ذیل را شامل گردد:

- تأکید بیشتر و عمیق بر روی شرایط محیطی قابل مشاهده و غیرقطعی (تصادفی) به‌ویژه در محدوده‌های کاوش و طراحی مجموعه‌های غیراحتمالی و تصادفی. اصولی مانند باور حالت¹ که عبارت است از مجموعه‌ای از محیط‌ها (دنیاها) و تخمین یا گمانه‌زنی حالت² به‌منظور نگهداری باور حالت همگی در این مجموعه از مطالب اثر حاضر معرفی شده‌اند و به آن‌ها نظریه‌ی احتمالات نیز افزوده شده است.
- علاوه بر بحث پیرامون انواع محیط‌ها و عامل‌های هوشمند، در این اثر نگاه عمیقی به انواع نمادها و بیان‌هایی که یک عامل می‌تواند از آن‌ها بهره گیرد نیز شده است. در این رابطه بیان اتمی³ که یک عامل هوشمند می‌تواند از آن بهره گیرد و هر حالت از دنیای (محیط) آن‌که به گونه‌ی یک جعبه‌ی سیاه در نظر گرفته می‌شود و نماد تجزیه شده⁴ (پارامتریک) که در آن هر حالت عامل مجموعه‌ای از زوج ارزش و صفت می‌باشند، کاملاً از یکدیگر تفکیک

1- Blief State

2- State Estimation

3- Atomic Representation

4- Factored Representation

شده‌اند. بدیهی است این تمایز برای حالت سوم که عبارت است از نماد ساخت یافته^۱ و در آن دنیا و محیط عامل شامل اشیا و روابط بین آن‌ها می‌باشد نیز لحاظ شده است.

• نگاه عمیق و پرمحتوایی به موضوع نقش‌پردازی و سازماندهی اضطراری به‌ویژه در محیط‌های قابل مشاهده معطوف شده است که رویکرد جدید نقش‌پردازی سلسله‌مراتبی را نیز در درون خود جای داده است.

• افزودن مطالب و موضوعات جدید پیرامون مدل‌های احتمالات (منطقی) درجه اول شامل مدل‌های فضای آزاد^۲ که در آن‌ها هم عدم قطعیت و نیز حیات اشیا وجود دارد از جمله‌ی موارد اضافه شده به اثر حاضر می‌باشد.

• در نشر سوم کتاب فصل مربوط به مباحث یادگیری ماشین کاملاً بازنگری شده است و تأکید بیشتر بر انواع الگوریتم‌های یادگیری نوین و قراردادن هر یک در جایگاه نظری مطمئن آن‌ها شده است.

• موضوعات مربوط به بازیابی اطلاعات و موتورهای جستجوی وب و نیز روش‌های یادگیری از مجموعه‌ی پایگاه داده‌ها و بانک‌های اطلاعاتی عظیم از جمله‌ی موارد دیگر اضافه شده به اثر جاری است.

• به جرأت می‌توان ادعا کرد 20 درصد از حجم مطالب فعلی کتاب کاملاً جدید می‌باشند و 80 درصد باقیمانده پژوهش‌های پیشین را تشکیل می‌دهد که مجدداً با این دیدگاه بازنویسی شده‌اند تا تصویری یگانه را از موضوعات هوش مصنوعی ارائه دهند.

چارچوب و سازماندهی کتاب. تنها عامل یکپارچگی تمامی بخش‌های این اثر فلسفه‌ی وجودی یک عامل هوشمند است. ما AI را به‌عنوان مطالعه‌ی عامل‌های هوشمندی می‌شناسیم که قادر به دریافت برداشت‌ها و آگاهی‌هایی از محیط اطراف خود می‌باشند و در برابر آن‌ها کنشی را انجام می‌دهند. هر عامل هوشمند قادر است یک تابع را پیاده‌سازی نماید که هدف آن تابع نگاشت زنجیره‌ی برداشت‌ها به کنش‌ها و عملیات مربوط به آن می‌شود.

به این منظور روش‌های گوناگونی را برای تعریف این توابع مورد مطالعه قرار می‌دهیم. از جمله می‌توان عامل‌های واکنش‌گرا، طرح پردازان بی‌درنگ (زمان واقعی) و یا سیستم‌های نظری تصمیم‌گیرنده را نام برد. نقش بنیادی یادگیری به منظور گسترش افق و دانش طراحان به محیط‌های ناشناخته که سبب محدودیت طراحی عامل‌های هوشمند است از جمله مطالب دیگر موضوعات این اثر است. این محدودیت طراحی سبب رویکرد دانش انحصاری استدلال‌گرایی و بیان یک عامل را شکل می‌دهد. دو موضوع ریاتیک و بینایی به‌عنوان دو چالش مستقل از یکدیگر تحلیل نمی‌شوند بلکه وقوع آن‌ها در ارتباط با دستیابی به اهداف صورت می‌پذیرد و این نیز یکی از موضوعات مهم تحلیلی این اثر می‌باشد. تأکید بر اهمیت محیط‌های هدفمند در ارتباط با طراحی مناسب برای عامل‌های هوشمند از جمله موارد دیگر مورد بحث این کتاب را تشکیل می‌دهند.

هدف اصلی ما انتقال عقاید و باورهایی است که در طول 50 سال گذشته در پژوهش‌های AI و در طی دوهزار سال گذشته انجام شده است. تلاش شده از تعاریف رسمی و خشک پرهیز و در همان حال دقت و ظرافت موضوعات نیز رعایت گردد. الگوریتم‌های تصادفی کاذب (Pseudocode Algorithms) معرفی شده‌اند تا شالوده‌ی کلیدی این باورها را پایه‌ریزی نمایند. بدیهی است کدهای کاذب در پیوست (ب) توصیف شده‌اند.

این اثر در اصل به‌منظور بهره‌برداری در هر دو مقطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی به نگارش درآمده و سازماندهی آن در قالب 27 فصل نیز به‌همین منظور بوده است. نمونه سرفصل‌های گزینش شده در هر دوره را می‌توان از سامانه‌ی اصلی کتاب در آدرس [URL](http://www.aima.cs.berkeley.edu) ذیل ملاحظه نمود:

<http://www.aima.cs.berkeley.edu>

تنها پیش‌نیاز این کتاب آشنایی با اصول و مفاهیم علوم کامپیوتر مانند طراحی الگوریتم، ساختمان داده‌ها، آن هم با درک کافی از این موضوعات می‌باشد. اصول ابتدایی و مبانی ریاضیات مانند جبر خطی و انتگرال از جمله ابزار مفید برای درک برخی دیگر از مباحث است. پیوست (ب) موارد لازم در این خصوص را تأمین نموده است.

تمرین‌های انتهایی هر فصل نیازمند آگاهی‌های گوناگون هستند. تمرین‌های نیازمند برنامه‌نویسی جامع با واژه‌ی برنامه‌نویسی مشخص شده‌اند. این پرسش‌ها را می‌توان به کمک منبع ذخیره‌ی برنامه‌ها در سامانه‌ی اینترنتی اشاره شده در بالا پاسخگویی نمود. برخی از این پرسش‌ها در مقیاس یک پایان‌نامه‌ی دانشجویی به‌شمار می‌آیند. تعدادی از تمرین‌های هر فصل نیازمند پژوهش فراتر از متن کتاب می‌باشند و با واژه‌ی پژوهش مشخص شده‌اند.

در سرتاسر کتاب نکات مهم پررنگ (*Bold*) شده‌اند. آدرس سامانه‌ی اینترنتی کتاب شامل مطالبی از جمله موارد ذیل است:

- پیاده‌سازی الگوریتم‌ها با بهره‌گیری از زبان‌های گوناگون برنامه‌نویسی.
- فهرستی از بیش از 100 مؤسسه‌ی آموزش عالی معتبر جهان که از این کتاب به‌عنوان مرجع اصلی درس خود بهره می‌گیرند به‌همراه پیوندهای اینترنتی این مؤسسه‌ها.
- تعداد 800 پیوند به‌ترتیب درآمده از سامانه‌های مفید در ارتباط با AI.
- فهرست فصل به فصل مطالب کمک آموزشی و پیوندهای اینترنتی لازم AI.
- دستورالعمل‌های لازم جهت پیوستن به همایش‌های مجازی AI و بسیاری موضوعات دیگر.

شرح تصویر جلد کتاب. یکی از نکات مهم جلد کتاب تصویر آخرین موقعیت از دور ششم بازی شطرنج بین قهرمان جهانی این بازی، گری کاسپاروف و برنامه‌ی هوش مصنوعی آبی عمیق (*DEEP BLUE*) از IBM در سال 1997 میلادی است که سرانجام آن شکست قهرمان جهان برای نخستین بار از یک ربات هوشمند بود. شخص کاسپاروف در بالای تصویر نشان داده شده است و در سمت چپ وی ربات انسان‌نمای مشهور، اسیمو (*Asimo*) ایستاده است. در سمت راست او نیز توماس بیس (*Thomas Bayes*) ریاضی‌دان مشهور قرار دارد که نظریه‌های وی در ارتباط با احتمالات به‌عنوان مقیاس اندازه‌گیری تفکر شالوده‌ی بسیاری از فناوری‌های نوین AI را در حال حاضر تشکیل می‌دهد. در ذیل همه‌ی این تصاویر کاوشگر مریخ قرار دارد، یک ربات مهاجرت نموده به این کره‌ی قرمز در ماه مارس 2004 میلادی که از آن زمان تاکنون به کاوش خود در سطح مریخ ادامه می‌دهد. در سمت راست کاوشگر مریخ آلن تورینگ ریاضی‌دان مشهور که نظریه‌های وی شالوده‌ی اساسی علوم کامپیوتر را به‌طور کلی و هوش مصنوعی را به ویژه تشکیل می‌دهد. در پائین تصویر جلد کتاب نخستین ربات طراحی شده که قادر به ترکیب برداشت‌های خود از محیط اطراف و سپس مدل‌سازی آن محیط، یادگیری و نقش‌اندازی آن‌ها می‌باشد و با نام *Shakey* معروف است ترسیم شده است. همراه این ربات، طراح و خالق آن چارلز رین قرار دارد. سرانجام در سمت راست پائین تصویر، ارسطو ریاضی‌دان معروف قبل از میلاد ملاحظه می‌شود که بنیانگذار اصول منطق است و نظریه‌های وی تا انتهای قرن 19 میلادی تأثیرگذار بودند. در سمت چپ تصویر ارسطو، نماد یک الگوریتم نقش‌گرا بازهم از ارسطو و به

زبان اصل یونانی آن است و در پس عنوان کتاب شبکه‌ی CPSC بیس برای تشخیص پزشکی و کاربرد آن در هوش مصنوعی قرار گرفته است. در پس زمینه صفحه‌ی شطرنج بخشی از یک الگوی منطقی بیس برای آشکارسازی و تشخیص انفجارهای هسته‌ای منتج از سیگنال‌های زلزله، یکی دیگر از کاربردهای هوش مصنوعی نشان داده شده است.

تقدیر و سپاس. سرانجام سپاس بی‌کران به سوی صدها نفر از اندیشمندان، پژوهشگران، استادان و دانشجویان که هریک از آن‌ها بنابر فراخور توان و بضاعت علمی خویش در نگارش و خلق این اثر سهم چشمگیر و شایسته‌ای دارند. فهرست اسامی آن‌ها شامل چندین صفحه در کتاب اصلی به تحریر درآمده است. به همه‌ی این انسان‌های فرهیخته نهادهای علمی و پژوهشی چون دانشگاه‌ها و سازمان هوا و فضاوردی آمریکا، ناسا را نیز بایستی اضافه نمود.

شرح حال پدیدآورندگان اثر

استیورات راسل در سال 1962 در شهر پورترموث انگلستان به دنیا آمد وی مدرک B.A. خود را در رشته‌ی فیزیک در سال 1982 میلادی با درجه‌ی ممتاز از دانشگاه آکسفورد دریافت نمود و موفق به اخذ P.h.D. در سال 1986 میلادی در شاخه‌ی علوم کامپیوتر از دانشگاه استانفورد آمریکا شد. پس از آن به عضویت هیأت علمی دانشگاه برکلی کالیفرنیا درآمد. در حال حاضر استاد علوم کامپیوتر و مدیر مرکز سیستم‌های هوشمند آن دانشگاه و دارنده‌ی کرسی افتخاری مهندسی اسمیت - زاده در آن دانشگاه است. در سال 1990 جایزه‌ی پژوهشگر جوان ریاست جمهوری آمریکا از بنیاد علوم ملی آمریکا را دریافت نمود و در سال 1995 یکی از برندگان مشترک جایزه‌ی علمی تفکر (Thought Award) بود. او در سال 1996 کرسی استادی میلر دانشگاه کالیفرنیا را نیز به‌دست آورد و به‌عنوان جانشین ریاست دانشگاه در سال 2000 برگزیده شد. در سال 1986 سخنرانی یادبود Forsyth را در دانشگاه استانفورد ایراد نمود. وی در حال حاضر استاد و عضو اسبق شورای جامعه‌ی هوش مصنوعی آمریکا است. بیش از 100 مقاله در موضوعات گوناگون هوش مصنوعی و اثرهای دیگری چون بهره‌گیری از دانش در شبیه‌سازی و نیز مطالعه پیرامون تحقق استدلال گرایبی محدود در رباتیک از جمله آثار ماندگار وی به همراه این اثر می‌باشد.

پیتر نرویک در حال حاضر مدیر بخش پژوهش گوگل است و در بین سال‌های 2002 تا 2005 مدیر مسئول الگوریتم‌های موتورهای جستجوی اینترنتی بود. او استاد جامعه‌ی آمریکایی هوش مصنوعی و رباتیک می‌باشد. پیش از این وی به‌عنوان مدیر پژوهش‌های رایانه‌ای ناسا در مرکز پژوهش‌های AMES در توسعه و تکمیل پروژه‌های هوش مصنوعی و رباتیک ناسا نقش مهمی ایفا نموده است. به‌عنوان سرپرست پژوهشگران *Junglee* وی نخستین سرویس بازیابی اطلاعات اینترنتی را پایه‌گذاری نمود. او مدرک B.S. خویش را در رشته‌ی ریاضیات کاربردی از دانشگاه بران دریافت نمود و مدرک P.h.D. را نیز در رشته‌ی علوم کامپیوتر از دانشگاه برکلی کالیفرنیا اخذ کرد. او دریافت کننده‌ی جایزه‌ی ممتاز نوآوری‌های مهندسی از دانشگاه برکلی و مدال نوآوری‌های استثنایی از سازمان ملی هوا و فضاوردی آمریکا ناسا می‌باشد. او در حال حاضر استاد دانشگاه جنوب کالیفرنیا (USC) و عضو پژوهشگر برکلی است. آثار دیگر وی عبارتند از: نظریه‌های برنامه‌نویسی AI، مطالعه زبان برنامه‌نویسی *Lisp* و *Verbmobil*، سیستم ترجمه و تفسیر محاوره رودررو در هوش مصنوعی به کمک سیستم عامل UNIX می‌باشند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول / پیش گفتار	۱۷
۱-۱-۱ هوش مصنوعی (AI) چیست؟	۱۸
۱-۱-۱-۱ ایفای نقش انسانی: رویکرد آزمایش آلن تورینگ	۱۸
۱-۱-۱-۲ تفکر انسانی: رویکرد الگوی علوم شناختی	۱۹
۱-۱-۱-۳ تفکر عقلانی (تعقل‌گرا) رویکرد قوانین تفکر	۲۰
۱-۱-۱-۴ ایفای نقش عقلانی: رویکرد عامل تعقل‌گرا	۲۱
۲-۱ شالوده‌های هوش مصنوعی (AI)	۲۲
۱-۲-۱ فلسفه	۲۲
۲-۲-۱ ریاضیات	۲۵
۳-۲-۱ اقتصاد	۲۷
۴-۲-۱ علوم عصبی	۲۸
۵-۲-۱ روانشناسی	۳۱
۶-۲-۱ مهندسی کامپیوتر	۳۳
۷-۲-۱ نظریه‌ی کنترل و بردارهای مجازی	۳۴
۸-۲-۱ زبان‌شناسی	۳۵
۳-۱ پیشینه تاریخی هوش مصنوعی	۳۶
۱-۳-۱ دوران پایه‌ریزی هوش مصنوعی (مابین سال‌های ۱۹۴۳ تا ۱۹۵۵)	۳۶
۲-۳-۱ زایش هوش مصنوعی (سال ۱۹۵۶)	۳۷
۳-۳-۱ اشتیاق اولیه و انتظارات فراوان (سال‌های ۱۹۵۲ تا ۱۹۶۹)	۳۸
۴-۳-۱ بخشی از واقعیت (سال‌های ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۳)	۴۰
۵-۳-۱ سیستم‌های برنامه‌نویسی دانش: (بین سال‌های ۱۹۶۹ تا ۱۹۷۹)	۴۲
۶-۳-۱ تبدیل AI به یک صنعت (۱۹۸۰ تاکنون)	۴۵
۷-۳-۱ بازگشت شبکه‌های عصبی (۱۹۸۶ تاکنون)	۴۵
۸-۳-۱ گزینش روش‌های علمی از AI (۱۹۸۷ تاکنون)	۴۵
۹-۳-۱ ظهور عوامل هوشمند (۱۹۹۵ تاکنون)	۴۷
۱۰-۳-۱ دسترسی به مجموعه بانک‌های داده‌ی بسیار بزرگ (از سال ۲۰۰۱ تاکنون)	۴۸
۴-۱ هنر امروز AI	۴۹
۵-۱ خلاصه‌ی مطالب فصل	۵۱
فصل دوم/عامل‌های هوشمند	۵۵
۱-۲ عامل‌های هوشمند و فضای حالت آن‌ها	۵۵
۲-۲ رفتار خوب: مبنای عقلانیت	۵۸
۱-۲-۲ عقلانیت	۵۹
۲-۲-۲ خودمختاری، یادگیری و دانش بی‌پایان	۶۰
۳-۲ طبیعت محیط‌های عامل (فضای حالت)	۶۲
۱-۳-۲ مشخص نمودن محیط عامل	۶۲

۶۵	۲-۳-۲ ویژگی‌های محیط‌های عامل
۷۰	۴-۲ ساختار عامل‌های هوشمند
۷۰	۲-۴-۱ برنامه‌های عامل
۷۲	۲-۴-۲ عامل‌های هوشمند انعکاسی ساده
۷۵	۳-۴-۲ عامل انعکاسی بر مبنای الگو
۷۷	۴-۴-۲ عامل‌های هوشمند بر مبنای هدف (هدفمند)
۷۸	۵-۴-۲ عامل‌های هوشمند بر مبنای سودمندی
۸۰	۶-۴-۲ عامل‌های یادگیر
۸۳	۷-۴-۲ چگونه عناصر برنامه‌ی عامل کار می‌کنند؟
۸۵	۵-۲ خلاصه‌ی مطالب فصل
۹۱	فصل سوم/ حل مسائل از طریق جستجو
۹۲	۱-۳ عامل‌های حل مسئله (PSA)
۹۵	۱-۱-۳ مسایل و راه‌حل‌های بهینه تعریف شده
۹۶	۲-۱-۳ قالب‌بندی مسئله
۹۸	۲-۳ مسایل نمونه
۹۸	۱-۲-۳ مسایل تفریحی
۱۰۲	۲-۲-۳ مسایل دنیای واقعی
۱۰۵	۳-۳ کاوش برای راه‌حل
۱۰۹	۱-۳-۳ زیرساخت برای الگوریتم‌های جستجو
۱۱۱	۲-۳-۳ اندازه‌گیری کارایی الگوریتم‌های حل مسئله
۱۱۲	۴-۳ استراتژی کاوش ناآگاهانه
۱۱۲	۱-۴-۳ جستجوی عرض - نخست
۱۱۵	۲-۴-۳ الگوریتم جستجوی هزینه - یکنواخت
۱۱۷	۳-۴-۳ الگوریتم جستجوی عمق - نخست
۱۱۹	۴-۴-۳ جستجوی عمق - محدود شده
۱۲۱	۵-۴-۳ جستجوی تکرار عمق به گونه‌ی عمق - نخست
۱۲۳	۶-۴-۳ جستجوی دوطرفه
۱۲۴	۷-۴-۳ مقایسه‌ی استراتژی‌های جستجوی ناآگاهانه
۱۲۵	۵-۳ استراتژی‌های جستجوی (اکتشافی) آگاهانه
۱۲۵	۱-۵-۳ جستجوی حریص بهترین - نخست
۱۲۷	۲-۵-۳ جستجوی A*: حداقل‌سازی مجموع کل تخمین هزینه‌ی راه‌حل
۱۳۴	۳-۵-۳ جستجوی اکتشافی با محدودیت حافظه
۱۳۷	۴-۵-۳ یادگیری بهتر کاوش
۱۳۸	۶-۳ توابع تخمین
۱۳۹	۱-۶-۳ تأثیر دقت تخمین بر کارایی
۱۴۰	۲-۶-۳ تولید تخمین‌های پسندیده از مسایل ساده شده
۱۴۲	۳-۶-۳ تولید تخمین‌های پسندیده از زیرمسئله‌ها: بانک‌های داده‌ی الگوگرا
۱۴۴	۴-۶-۳ یادگیری تخمین‌ها از طریق تجربه
۱۴۴	۷-۲ خلاصه‌ی مطالب فصل

۱۵۵	فصل چهارم/عبور از جستجوهای کلاسیک
۱۵۶	۱-۴ الگوریتم‌های جستجوی موضعی و بهینه‌سازی مسایل
۱۵۷	۱-۱-۴ جستجوی پیمایش تپه
۱۶۱	۲-۱-۴ گداختگی یا تابکاری شبیه‌سازی شده (SA)
۱۶۲	۳-۱-۴ جستجوی پرتو موضعی یا نسبی
۱۶۳	۴-۱-۴ الگوریتم‌های ژنتیک
۱۶۸	۲-۴ جستجوهای موضعی یا نسبی در فضاهای حالت پیوسته
۱۷۱	۳-۴ کاوش با عملیات غیرقطعی (تصادفی)
۱۷۱	۱-۳-۴ دنیای غیرقابل پیش‌بینی جاروبرقی
۱۷۳	۲-۳-۴ درخت‌های جستجوی AND-OR
۱۷۵	۳-۳-۴ تلاش، تلاش مجدد
۱۷۶	۴-۴ جستجو با مشاهدات نسبی
۱۷۶	۱-۴-۴ جستجوی بدون مشاهده (بدون رؤیت)
۱۸۱	۲-۴-۴ جستجوی به همراه مشاهدات
۱۸۳	۳-۴-۴ حل مسایل از نوع مشاهده‌ی نسبی
۱۸۴	۴-۴-۴ عامل محیط‌های مشاهده‌پذیر نسبی
۱۸۷	۵-۴ عامل‌های جستجوی آنلاین و محیط‌های ناشناس
۱۸۷	۱-۵-۴ مسایل جستجوی آنلاین
۱۸۸	۲-۵-۴ آزمون هدف GOAL-TEST
۱۹۰	۳-۵-۴ عامل‌های جستجوی آنلاین
۱۹۱	۳-۵-۴ جستجوی موضعی (نسبی) آنلاین
۱۹۴	۴-۵-۴ یادگیری در جستجوی آنلاین
۱۹۴	۶-۴ خلاصه‌ی مطالب فصل
۲۰۱	فصل پنجم/جستجوهای رقابتی
۲۰۱	۱-۵ بازی‌ها
۲۰۴	۲-۵ تصمیم‌گیری بهینه در بازی‌ها
۲۰۶	۱-۲-۵ الگوریتم کمینه - بیشینه (minimax)
۲۰۶	۲-۲-۵ تصمیم‌گیری‌های بهینه در بازی‌های شامل چند بازیکن
۲۰۸	۳-۵ هرس آلفا - بتا
۲۱۱	۱-۳-۵ انضباط حرکت‌ها
۲۱۳	۴-۵ تصمیم‌گیری‌های بی‌درنگ ناقص
۲۱۳	۱-۴-۵ توابع ارزیابی
۲۱۶	۲-۴-۵ جستجو در نقطه‌ی قطع یا برش
۲۱۸	۳-۴-۵ هرس به جلو
۲۱۹	۴-۴-۵ جستجو در برابر ارجاع
۲۲۰	۵-۵ بازی‌های تصادفی
۲۲۲	۱-۵-۵ توابع ارزیابی بازی‌های شانس (احتمالی)
۲۲۴	۶-۵ بازی‌های مشاهده‌پذیر نسبی
۲۲۴	۱-۶-۵ بازی شطرنج مشاهده‌پذیر نسبی (کریگ اسپیل)
۲۲۸	۲-۶-۵ بازی‌های ورق

۲۳۰	۷-۵ رویکردهای جایگزین
۲۳۲	۸-۵ خلاصه‌ی مطالب فصل
۲۴۱	فصل ششم/چالش رضایت‌مندی شرط
۲۴۱	۱-۶ بازی‌ها
۲۴۲	۱-۶ تعریف مسایل CSP
۲۴۲	۱-۱-۶ مسئله‌ی نمونه: رنگ‌آمیزی نقشه
۲۴۴	۲-۱-۶ مسئله‌ی نمونه: برنامه‌ریزی خط تولید کارخانه
۲۴۶	۳-۱-۶ تغییرات در قالب‌بندی
۲۴۹	۲-۶ انتشار محدودیت: استنتاج در CSP
۲۴۹	۱-۲-۶ پایداری گره
۲۵۰	۲-۲-۶ پایداری کمان (قوس)
۲۵۱	۳-۲-۶ پایداری مسیر
۲۵۲	۴-۲-۶ پایداری K
۲۵۳	۵-۲-۶ محدودیت‌های مطلق (فراگیر)
۲۵۴	۶-۲-۶ نمونه مسئله‌ی سودکو (Sudoku)
۲۵۶	۳-۶ جستجوهای بازگشت به عقب برای CSPها
۲۵۹	۱-۳-۶ متغیر و نظم ارزش‌ها
۲۶۰	۲-۳-۶ جایگزینی جستجو و استنتاج
۲۶۲	۳-۳-۶ عقب‌گرد هوشمند فهرست: نگاره به عقب (مطالعه وضعیت قبل)
۲۶۴	۴-۶ جستجوی موضعی یا نسبی برای CSPها
۲۶۷	۵-۶ ساختار مسایل
۲۷۲	۶-۶ خلاصه‌ی مطالب فصل
۲۷۷	فصل هفتم/عامل‌های منطقی
۲۷۸	۱-۷ عامل‌های بر مبنای دانش
۲۸۱	۲-۷ دنیای تخیلی: هیولاها!
۲۸۵	۳-۷ منطق
۲۸۹	۴-۷ منطق گزاره‌ای: یک منطق بسیار ساده
۲۸۹	۱-۴-۷ قواعد (syntax)
۲۹۱	۲-۴-۷ مفاهیم (Semantics)
۲۹۳	۳-۴-۷ یک مبنای دانش ساده (KB ساده)
۲۹۳	۴-۴-۷ یک فرآیند استنتاج ساده
۲۹۵	۵-۷ اثبات نظریه‌ی گزاره‌ای
۲۹۷	۱-۵-۷ استنتاج و اثبات
۲۹۹	۲-۵-۷ اثبات از طریق تجزیه
۳۰۵	۳-۵-۷ عبارت‌های هورن و عبارت‌های قطعی
۳۰۶	۴-۵-۷ زنجیره‌ی پیشرو و پس‌رو
۳۰۹	۶-۷ ارزیابی مؤثر الگوی گزاره‌ای
۳۰۹	۱-۶-۷ الگوریتم کامل پویش به عقب
۳۱۲	۲-۶-۷ الگوریتم‌های جستجوی موضعی
۳۱۳	۳-۶-۷ چشم‌انداز مسایل تصادفی SAT

۳۱۵	۷-۷ عامل‌های بر مبنای منطق گزاره‌ای
۳۱۵	۱-۷-۷ حالت جاری دنیا
۳۲۰	۲-۷-۷ یک عامل ترکیبی (هایبرید)
۳۲۱	۳-۷-۷ پیش‌بینی منطقی حالت
۳۲۴	۴-۷-۷ برنامه‌ریزی یا نقش‌اندازی از طریق استنتاج گزاره‌ای
۳۲۷	۸-۷ خلاصه‌ی مطالب فصل
۳۳۵	فصل هشتم/منطق مرتبه‌ی نخست
۳۳۵	۱-۸ بازنگری مجدد توصیف (بیان)
۳۳۷	۱-۱-۸ زبان تفکر
۳۳۹	۲-۱-۸ ترکیب بهترین موارد از زبان‌های طبیعی و رسمی
۳۴۱	۲-۸ قواعد و مفاهیم منطق مرتبه‌ی نخست
۳۴۱	۱-۲-۸ الگوهای برای منطق مرتبه‌ی نخست
۳۴۳	۲-۲-۸ نمادها و تفسیرها
۳۴۵	۳-۲-۸ عبارات‌ها
۳۴۶	۴-۲-۸ جمله‌های اتمی (تجزیه‌ناپذیر)
۳۴۶	۵-۲-۸ جمله‌های پیچیده
۳۴۶	۶-۲-۸ کمیت‌دهندگان
۳۵۱	۷-۲-۸ برابری
۳۵۱	۸-۲-۸ بهره‌گیری از نماد "معنون مفهوم جایگزین"
۳۵۳	۳-۸ بهره‌گیری از منطق مرتبه‌ی نخست
۳۵۳	۱-۳-۸ پرسش‌ها و پاسخ‌ها در منطق مرتبه‌ی نخست
۳۵۴	۲-۳-۸ قلمروهای سببی (خویشاوندی)
۳۵۷	۳-۳-۸ اعداد، مجموعه‌ها و فهرست‌ها
۳۵۹	۴-۳-۸ دنیای هیولاها
۳۶۴	۴-۸ مهندسی دانش در منطق مرتبه‌ی نخست
۳۶۲	۱-۴-۸ فرآیند مهندسی دانش
۳۶۴	۲-۴-۸ قلمرو مدارهای الکترونیکی
۳۶۸	۵-۸ خلاصه‌ی مطالب فصل
۳۷۷	فصل نهم/استنتاج در منطق مرتبه‌ی نخست
۳۷۸	۱-۹ استنتاج مرتبه‌ی نخست در برابر منطق گزاره‌ای
۳۷۸	۱-۱-۹ قوانین استنتاج کمیت‌نماها
۳۷۹	۲-۱-۹ کاهش به سمت استنتاج گزاره‌ای
۳۸۱	۲-۹ یکتایی (یگانگی) و ترفیع
۳۸۱	۱-۲-۹ قانون استنتاج مرتبه‌ی نخست
۳۸۳	۲-۲-۹ یکتایی (یگانه‌سازی)
۳۸۵	۳-۲-۹ ذخیره و بازیابی
۳۸۷	۳-۹ زنجیره‌سازی مستقیم (پیشرو)
۳۸۷	۱-۳-۹ گزاره‌های قطعی مرتبه‌ی نخست
۳۸۸	۲-۳-۹ الگوریتم ساده‌ی زنجیره‌سازی مستقیم
۳۹۱	۳-۳-۹ زنجیره‌سازی مستقیم کارآمد

۳۹۶	۴-۹ زنجیره‌سازی معکوس (غیرمستقیم).....
۳۹۶	۱-۴-۹ الگوریتم زنجیره‌سازی معکوس.....
۳۹۷	۲-۴-۹ برنامه‌نویسی منطقی.....
۳۹۹	۳-۴-۹ پیاده‌سازی کارآمد برنامه‌های منطقی.....
۴۰۲	۴-۴-۹ استنتاج‌های افزونه و حلقه‌های لایتناهی (پایان‌ناپذیر).....
۴۰۳	۵-۴-۹ مفاهیم پایگاه داده‌ی Prolog.....
۴۰۴	۶-۴-۹ برنامه‌نویسی منطقی مشروط (CLP).....
۴۰۵	۵-۹ تجزیه.....
۴۰۵	۱-۵-۹ قالب متعارف عطفی برای منطق مرتبه‌ی نخست.....
۴۰۷	۲-۵-۹ قانون استنتاج تجزیه.....
۴۰۸	۳-۵-۹ نمونه‌های چند اثبات.....
۴۱۱	۴-۵-۹ تمامیت (کمال) تجزیه.....
۴۱۴	۵-۵-۹ برابری.....
۴۱۷	۶-۵-۹ استراتژی تجزیه.....
۴۱۸	۷-۵-۹ کاربردهای عملی اثبات‌گران تجزیه.....
۴۱۹	۶-۹ خلاصه مطالب فصل.....
۴۲۵	فصل دهم/برنامه‌ریزی کلاسیک.....
۴۲۵	۱-۱۰ تعریف برنامه‌ریزی کلاسیک.....
۴۲۹	۱-۱-۱۰ مثال ۱: حمل و نقل هوایی کلاسیک.....
۴۳۰	۲-۱-۱۰ مثال ۲: لاستیک چرخ یدک.....
۴۳۱	۳-۱-۱۰ مثال ۳: دنیای قالب‌ها.....
۴۳۲	۴-۱-۱۰ پیچیدگی برنامه‌ریزی کلاسیک.....
۴۳۳	۲-۱۰ الگوریتم‌های برنامه‌ریز در قالب جست‌وجوی فضای حالت.....
۴۳۴	۱-۲-۱۰ جست‌وجوی مستقیم (پیشرو) فضای حالت.....
۴۳۴	۲-۲-۱۰ جست‌وجوی غیرمستقیم (پس‌رو یا معکوس) فضای حالت.....
۴۳۷	۳-۲-۱۰ توابع اکتشافی یا ابتکاری برنامه‌ریزی.....
۴۴۰	۳-۱۰ گراف‌های برنامه‌ریزی.....
۴۴۳	۱-۳-۱۰ گراف‌های برنامه‌ریزی برای تخمین‌های اکتشافی.....
۴۴۵	۲-۳-۱۰ الگوریتم گراف برنامه‌ریز (GRAPHPLAN).....
۴۴۸	۳-۳-۱۰ خاتمه الگوریتم GRAPHPLAN.....
۴۵۰	۱۰-۴ دیگر روش‌های برنامه‌ریزی کلاسیک.....
۴۵۱	۱-۴-۱۰ برنامه‌ریزی کلاسیک در قالب رضایت‌مندی بولین.....
۴۵۲	۲-۴-۱۰ برنامه‌ریزی به‌عنوان استنتاج منطق مرتبه‌ی نخست: محاسبات موقعیت‌ها.....
۴۵۴	۳-۴-۱۰ برنامه‌ریزی به‌عنوان رضایت‌مندی شرط (CS).....
۴۵۴	۴-۴-۱۰ برنامه‌ریزی در قالب پالایش نسبی طرح‌های بهره‌مند از نظم.....
۴۵۶	۵-۱۰ تحلیل رویکردهای برنامه‌ریزها.....
۴۵۷	۶-۱۰ خلاصه‌ی مطالب فصل.....
۴۶۳	فصل یازدهم/برنامه‌ریزی و ایفای نقش در دنیای واقعی.....
۴۶۳	۱-۱۱ زمان، برنامه‌های زمان‌بندی و منابع.....
۴۶۵	۱-۱-۱۱ توصیف محدودیت‌های زمانی و منابع.....

۴۶۶	۲-۱-۱۱ حل مسایل زمان بندی
۴۶۹	۲-۱۱ برنامه ریزی سلسله مراتبی
۴۷۰	۱-۲-۱۱ عملیات سطح بالا
۴۷۲	۲-۲-۱۱ کاوش پیرامون راه حل های ابتدایی (خام)
۴۷۴	۳-۲-۱۱ جست و جو پیرامون راه حل های انتزاعی
۴۸۰	۳-۱۱ برنامه ریزی و عمل در قلمروهای (محیط های) غیر قطعی
۴۸۲	۱-۳-۱۱ برنامه ریزی فاقد حسگر
۴۸۷	۲-۳-۱۱ برنامه ریزی احتیاطی
۴۸۹	۳-۳-۱۱ برنامه ریزی مجدد آنلاین
۴۹۲	۴-۱۱ برنامه ریزی چند عاملی
۴۹۴	۱-۴-۱۱ برنامه ریزی عملیات چندگانه ی همزمان
۴۹۶	۲-۴-۱۱ برنامه ریزی چند عاملی: تعاون و هماهنگی بین عامل ها
۴۹۹	۵-۱۱ خلاصه ی مطالب فصل

فصل دوازدهم/توصیف دانش ۵۰۳

۵۰۳	۱-۱۲ مهندسی هستی شناسی (علم اطلاعات)
۵۰۶	۲-۱۲ طبقه ها (مقوله ها) و اشیا
۵۰۹	۱-۲-۱۲ ترکیب فیزیکی
۵۱۱	۲-۲-۱۲ اندازه گیری ها
۵۱۳	۳-۲-۱۲ اشیا: موجودات و کالاهای
۵۱۴	۳-۱۲ رخدادها
۵۱۶	۱-۳-۱۲ فرآیندها
۵۱۷	۲-۳-۱۲ تناوب های زمانی
۵۱۹	۳-۳-۱۲ جریان ها و اشیا
۵۱۹	۴-۱۲ رخدادها و اشیا ذهنی
۵۲۴	۵-۱۲ سیستم های استدلال برای رده بندی ها
۵۲۴	۱-۵-۱۲ شبکه های مفهومی
۵۲۸	۲-۵-۱۲ منطق های توصیف
۵۲۹	۶-۱۲ استدلال با اطلاعات پیش فرض
۵۳۰	۱-۶-۱۲ انحصار و منطق پیش فرض
۵۳۳	۲-۶-۱۲ سیستم های نگهداری حقیقت (TMS)
۵۳۶	۷-۱۲ دنیای خرید اینترنتی
۵۳۷	۱-۷-۱۲ پیوندهای تعقیب
۵۴۰	۲-۷-۱۲ پیشنهاد های قابل مقایسه
۵۴۱	۸-۱۲ خلاصه ی مطالب فصل