

هوش مصنوعی پیشرفته

ویراست سوم

جلد دوم

اثر:

استیوارت جی راسل و پیتر نورویگ

Artificial Intelligence

A Modern Approach

Third Edition

Stuart J. Russel and Peter Norvig

برگردان و گردآوری:

دکتر حسین حاجرسولیا

(PEng.; PhD. UMIST)

انتشارات نیاز دانش

برنام آن که جان را فکرت آموخت

سخن مترجم

نیاز به یک اثر جامع و فراگیر ترجمه شده در عرصه‌ی مسایل هوش مصنوعی از مدت‌ها پیش احساس می‌شد. از یک سو کتاب درسی سودمندی به زبان فارسی که همه‌ی نیازهای مرتبط با آموزش هوش مصنوعی در کلاس درس دانشگاهی را 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 در سرفرین 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 متجلی نماید. اما آنچه بیش از همه اهمیت داشت و سبب نگرانی عمیق بود، داشتن شجاعت و اعتمادبه‌نفس در برگردان کامل، جامع و بدون خطا از نقطه‌نظر علمی در رابطه با یک اثر مهم مانند کتاب حاضر بود. پس از یقین 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 این مقطع وظیفه‌ی خود می‌دانم از همه‌ی استادان ارجمند دانشگاه‌های سرزمین پهناور ایران چون اصفهان، صنعتی اصفهان، تهران، یزد، شیراز، تربیت مدرس، رازی، بوعلی و نیز واحدهای متعدد دانشگاه آزاد اسلامی که با پیشنهادهای گران‌سنگ خود و نیز یادآوری واژگان جدید سبب بالندگی ترجمه‌ی جلد دوم این اثر شدند و نیز جوانان برومند ایران زمین و به ویژه دانشجویان عزیزم که پیشنهاداتی سودمند را در قالب‌های گوناگون ارایه نموده‌اند سپاسگزاری و قدردانی نمایم.

در انتهای سخن بار دیگر لازم می‌دانم از تمامی همکاران فرهیخته و دانشجویان گران‌قدر که مطالب ترجمه شده‌ی 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 به‌غایت 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 ارائه‌ی 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.

حسین حاج رسولیها - تهران، بهار ۱۳۹۳

تقدیم بہ:

ہمدی مشاہیر مقدم و معاصر ایران زمین

بہ ویژه خوارزمی، پورسینا، بیرونی و خیام

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 تهی 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 راهکار برای بازی‌های بسیار دشوار 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 علایق 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 **حالت باور^۱** که عبارت است از مجموعه‌ای از محیط‌ها (دنیاها) و **تخمین یا گمانه‌زنی حالت^۲** 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 بهره‌گیر نیز شده است. در این رابطه بیان **اتمی^۳** که یک عامل هوشمند می‌تواند از آن بهره‌گیر و هر حالت از دنیای (محیط) آن که به‌گونه‌ی یک جعبه‌ی سیاه در نظر گرفته می‌شود و **نماد تجزیه شده^۴** (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 رباتیک 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.

1- Structured Representation
2- Open Universe Models

این اثر در اصل به منظور بهره‌برداری در هر دو مقطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی به نگارش درآمده و سازماندهی آن در قالب 27 فصل نیز به همین منظور بوده است. نمونه سرفصل‌های گزینش شده در هر دوره را می‌توان از سامانه‌ی اصلی کتاب در آدرس URL 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 بیز (*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 پایین 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 رُسن 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 بازم از ارسطو و به

زبان اصل یونانی آن است و در پس عنوان کتاب شبکه‌ی CPSC بیز برای تشخیص پزشکی و کاربرد آن در هوش مصنوعی قرار گرفته است. در پس‌زمینه صفحه‌ی شطرنج بخشی از یک الگوی منطقی بیز 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 پورتموث 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 PhD. 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 استدلال‌گرایی محدود در رباتیک از جمله آثار ماندگار وی به همراه این اثر می‌باشد.

پیتر نروینگ 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 دریافت‌کننده‌ی 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 رودرو در هوش مصنوعی به کمک سیستم عامل UNIX می‌باشند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل سیزدهم / اندازه‌گیری عدم قطعیت	۲۱
۱-۱۳ عملیات در شرایط عدم قطعیت	۲۱
۱-۱-۱۳ خلاصه‌سازی عدم قطعیت	۲۲
۲-۱-۱۳ عدم قطعیت و تصمیم‌گیری‌های عقلانی	۲۴
۲-۱۳ علامت‌گذاری احتمالات پایه	۲۶
۱-۲-۱۳ مفهوم از احتمالات چیست؟	۲۶
۲-۲-۱۳ زبان گزاره‌ها در اظهارهای احتمالی	۲۹
۳-۲-۱۳ بنداشت‌های احتمالات و معقولی آنها	۳۳
۳-۱۳ استنتاج با بهره‌گیری از توزیع مشترک کامل احتمالات	۳۵
۴-۱۳ استقلال	۴۰
۵-۱۳ قانون بیز و کاربرد آن	۴۲
۱-۵-۱۳ اعمال قانون بیز به یک مورد ساده	۴۳
۲-۵-۱۳ بهره‌گیری از قانون بیز به منظور ترکیب شواهد	۴۴
۶-۱۳ بازنگری مجدد دنیای هیولا	۴۷
۷-۱۳ خلاصه مطالب فصل	۵۱
فصل چهاردهم / استدلال‌گرایی احتمالی	۵۷
۱-۱۴ توصیف دانش در یک قلمرو فاقد قطعیت	۵۷
۲-۱۴ مفاهیم شبکه‌های بیز	۶۰
۱-۲-۱۴ توصیف تابع توزیع مشترک کامل	۶۱
۲-۲-۱۴ روابط استقلال مشروط در شبکه‌های بیز	۶۶
۳-۱۴ توصیف مؤثر توزیع مشروط	۶۶
۴-۱۴ استنتاج کامل و دقیق در شبکه‌های بیز	۷۲
۱-۴-۱۴ استنتاج از طریق شمارش	۷۳
۲-۴-۱۴ الگوریتم حذف متغیر	۷۵
۳-۴-۱۴ پیچیدگی استنتاج دقیق	۸۰
۴-۴-۱۴ الگوریتم‌های خوشه‌بندی	۸۱
۵-۱۴ استنتاج تقریبی در شبکه‌های بیز	۸۱
۱-۵-۱۴ روش‌های نمونه‌گیری مستقیم	۸۲
۲-۵-۱۴ استنتاج در شبیه‌ساز زنجیره‌ای مارکو	۸۸
۶-۱۴ الگوهای رابطی و احتمال مرتبه‌ی نخست	۹۲
۱-۶-۱۴ دنیاهای ممکن	۹۳
۲-۶-۱۴ الگوهای احتمال رابطی	۹۵

۹۹.....	۱۴-۳-۶ الگوهای احتمال فضای آزاد
۱۰۱.....	۱۴-۷ رویکردهای دیگر استدلال گرایی عدم قطعیت.....
۱۰۲.....	۱۴-۷-۱ روش‌های بر مبنای قانون برای استدلال گرایی عدم قطعیت
۱۰۴.....	۱۴-۷-۲ توصیف ناآگاهی (جهالت) یا نظریه دمستر و شیفر.....
۱۰۶.....	۱۴-۷-۳ توصیف ابهام یا مجموعه‌ها و منطق فازی
۱۰۸.....	۱۴-۸ خلاصه‌ی مطالب فصل

فصل پانزدهم / استدلال گرایی احتمالی در گذر زمان ۱۱۹

۱۲۰.....	۱۵-۱ زمان و عدم قطعیت
۱۲۰.....	۱۵-۱-۱ حالت‌ها و مشاهدات
۱۲۲.....	۱۵-۱-۲ الگوهای انتقالی و حسگر
۱۲۴.....	۱۵-۲ استنتاج در الگوهای گذرا (موقتی)
۱۲۶.....	۱۵-۲-۱ غربال‌گری و پیش‌بینی.....
۱۲۸.....	۱۵-۲-۲ هموارسازی
۱۳۱.....	۱۵-۲-۳ احتمال یافتن بهترین رشته
۱۳۴.....	۱۵-۳ الگوهای پنهان مارکو
۱۳۵.....	۱۵-۳-۱ الگوریتم‌های ماتریس ساده شده
۱۳۸.....	۱۵-۳-۲ مثال الگوی پنهان مارکو: موضعی‌سازی
۱۴۱.....	۱۵-۴ فیلترهای کالمن
۱۴۲.....	۱۵-۴-۱ نوسازی توزیع گاسین
۱۴۳.....	۱۵-۴-۲ یک مثال ساده‌ی تک بُعدی.....
۱۴۶.....	۱۵-۴-۳ موضوع کلی
۱۴۷.....	۱۵-۴-۴ کاربرد فیلترینگ کالمن
۱۴۹.....	۱۵-۵ شبکه‌های پویای بیز
۱۵۰.....	۱۵-۵-۱ ساخت DBN
۱۵۵.....	۱۵-۵-۲ استنتاج دقیق در DBN.....
۱۵۷.....	۱۵-۵-۳ استنتاج تقریبی در DBN.....
۱۶۰.....	۱۵-۶ نگهداری و رهگیری تعداد انبوهی از اشیا.....
۱۶۴.....	۱۵-۷ خلاصه‌ی مطالب فصل

فصل شانزدهم / تصمیم‌سازی‌های ساده ۱۷۱

۱۷۲.....	۱۶-۱ ترکیب باور و نیاز در شرایط عدم قطعیت.....
۱۷۳.....	۱۶-۲ مبانی نظریه‌ی سودمندی
۱۷۳.....	۱۶-۲-۱ محدودیت‌ها (قیدها) روی ترجیحات عقلانی.....
۱۷۵.....	۱۶-۲-۲ سودمندی در نتیجه‌ی ترجیحات
۱۷۷.....	۱۶-۳ توابع سودمندی
۱۷۸.....	۱۶-۳-۲ سودمندی دارایی (پول)
۱۸۱.....	۱۶-۳-۳ سودمندی مورد انتظار و یأس پس از تصمیم‌گیری
۱۸۳.....	۱۶-۳-۴ قضاوت انسانی و فقدان عقلانیت.....

۱۸۶	۴-۱۶ توابع سودمندی با صفت‌های متعدد.....
۱۸۶	۱-۴-۱۶ چیرگی یا تسلط.....
۱۸۹	۱۶-۴-۲ ساختار ترجیحی و سودمندی با صفات متعدد.....
۱۹۱	۱۶-۵ شبکه‌های تصمیم‌ساز.....
۱۹۲	۱۶-۵-۱ توصیف یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری با کمک شبکه‌ی تصمیم‌سازی.....
۱۹۳	۱۶-۵-۲ ارزیابی شبکه‌های تصمیم‌ساز.....
۱۹۴	۱۶-۶ ارزش اطلاعات.....
۱۹۵	۱۶-۶-۱ یک نمونه مثال ساده.....
۱۹۵	۱۶-۶-۲ رابطه‌ی کلی محاسبه‌ی ارزش اطلاعات کامل.....
۱۹۷	۱۶-۶-۳ ویژگی‌های ارزش اطلاعات.....
۱۹۸	۱۶-۶-۴ پیاده‌سازی یک عامل هوشمند جمع‌آوری اطلاعات.....
۲۰۰	۱۶-۷ سیستم‌های خبره‌ی تصمیم‌سازی نظری.....
۲۰۳	۱۶-۸ خلاصه‌ی مطالب فصل.....

فصل هفدهم/تصمیم‌سازی‌های پیچیده..... ۲۱۱

۲۱۲	۱۷-۱ مسایل تصمیم‌گیری زنجیره‌ای (پی‌درپی).....
۲۱۵	۱۷-۱-۱ سودمندی‌ها در گذر زمان.....
۲۱۸	۱۷-۱-۲ سیاست‌گذاری‌های بهینه و سودمندی حالت‌ها.....
۲۱۹	۱۷-۲ الگوریتم تکرار ارزش.....
۲۲۰	۱۷-۲-۱ معادله‌ی بلمن برای سودمندی‌ها.....
۲۲۰	۱۷-۲-۲ الگوریتم تکرار ارزش.....
۲۲۲	۱۷-۲-۳ همگرایی الگوریتم تکرار ارزش.....
۲۲۵	۱۷-۳ تکرار سیاست‌گذاری.....
۲۲۸	۱۷-۴ تحلیل MDP های مشاهده‌پذیر نسبی.....
۲۲۸	۱۷-۴-۱ تعریف مسایل POMDP.....
۲۳۱	۱۷-۴-۲ تکرار ارزش برای مسایل POMDP.....
۲۳۵	۱۷-۴-۳ عامل‌های آنلاین برای مسایل POMDP.....
۲۳۸	۱۷-۵ تصمیم‌سازی با حضور چندین عامل (نظریه‌ی بازی‌ها).....
۲۳۹	۱۷-۵-۱ بازی‌های تک حرکتی.....
۲۴۸	۱۷-۵-۲ بازی‌های تکرارشونده.....
۲۵۰	۱۷-۵-۳ بازی‌های زنجیره‌ای.....
۲۵۷	۱۷-۶ الگو یا روش طرح.....
۲۵۷	۱۷-۶-۱ مزایده‌ها (حراجی‌ها).....
۲۶۳	۱۷-۶-۲ منافع مشترک.....
۲۶۵	۱۷-۷ خلاصه‌ی مطالب فصل.....

فصل هجدهم/یادگیری از امثال..... ۲۷۳

۲۷۴	۱۸-۱ قالب‌های یادگیری.....
۲۷۶	۱۸-۲ یادگیری نظارتی.....

۲۷۹.....	۱۸-۳ یادگیری درختان تصمیم‌ساز.....
۲۷۹.....	۱۸-۳-۱ توصیف درخت تصمیم‌ساز.....
۲۸۰.....	۱۸-۳-۲ توصیف گرایشی درختان تصمیم‌سازی.....
۲۸۲.....	۱۸-۳-۳ استنتاج درختان تصمیم‌ساز از امثال (نمونه‌ها).....
۲۸۸.....	۱۸-۳-۵ عمومی‌سازی و شایستگی بیش از حد.....
۲۹۱.....	۱۸-۳-۶ وسعت کاربرد درختان تصمیم‌سازی.....
۲۹۲.....	۱۸-۴ ارزیابی و گزینش بهترین فرضیه.....
۲۹۴.....	۱۸-۴-۱ گزینش الگو: پیچیدگی در برابر تناسب برانندگی.....
۲۹۶.....	۱۸-۴-۲ از نرخ خطا تا اتلاف.....
۲۹۹.....	۱۸-۴-۳ انتظام.....
۳۰۰.....	۱۸-۵ نظریه‌ی یادگیری.....
۳۰۳.....	۱۸-۵-۱ مثال یادگیری PAC: یادگیری فهرست‌های تصمیم‌سازی.....
۳۰۵.....	۱۸-۶ رگرسیون و طبقه‌بندی با الگوهای خطی.....
۳۰۶.....	۱۸-۶-۱ رگرسیون خطی تک متغیر.....
۳۰۹.....	۱۸-۶-۲ رگرسیون خطی چند متغیر.....
۳۱۲.....	۱۸-۶-۳ طبقه‌بندی خطی با یک آستانه‌ی دشوار.....
۳۱۵.....	۱۸-۶-۴ طبقه‌بندی خطی همراه با رگرسیون منطقی.....
۳۱۷.....	۱۸-۷ شبکه‌های عصبی مصنوعی.....
۳۱۸.....	۱۸-۷-۱ ساختارهای شبکه‌ی عصبی.....
۳۲۰.....	۱۸-۷-۲ شبکه‌های عصبی تغذیه‌ی مستقیم تک لایه (اداراک‌کننده‌ها).....
۳۲۲.....	۱۸-۷-۳ شبکه‌های عصبی چند لایه‌ی تغذیه مستقیم.....
۳۲۴.....	۱۸-۷-۴ یادگیری در شبکه‌های چندلایه.....
۳۲۸.....	۱۸-۷-۵ سازه‌های شبکه‌ی عصبی یادگیر.....
۳۲۹.....	۱۸-۸ الگوهای غیرپارامتری.....
۳۳۰.....	۱۸-۸-۱ الگوهای نزدیک‌ترین همسایه.....
۳۳۲.....	۱۸-۸-۲ یافتن نزدیک‌ترین همسایگان با درختان از نوع $k-d$
۳۳۴.....	۱۸-۸-۳ درهم‌ریزی حساس-موضع.....
۳۳۵.....	۱۸-۸-۴ رگرسیون غیرپارامتری.....
۳۳۸.....	۱۸-۹ ماشین‌های بردار پشتیبان.....
۳۴۳.....	۱۸-۱۰ یادگیری جمعی (گروهی).....
۳۴۷.....	۱۸-۱۰-۱ یادگیری فعال (آنلاین).....
۳۴۹.....	۱۸-۱۱ یادگیری عملی ماشین.....
۳۴۹.....	۱۸-۱۱-۱ موضوع مطالعاتی ۱: تشخیص ارقام دست‌نویس.....
۳۵۲.....	۱۸-۱۱-۲ موضوع مطالعاتی ۲: قیمت مسکن و درک واژگان.....
۳۵۴.....	۱۸-۱۲ خلاصه‌ی مطالب فصل.....

فصل نوزدهم/ دانش یادگیری..... ۳۶۳

۳۶۳.....	۱۹-۱ قالب‌بندی منطقی از یادگیری.....
۳۶۴.....	۱۹-۱-۱ مثال‌ها و فرضیه‌ها.....

۳۶۶	۱۹-۱-۲۱ کاوش بهترین - فرضیه‌ی - جاری
۳۶۹	۱۹-۱-۳ جستجو با کمترین التزام
۳۷۴	۱۹-۲-۲ دانش یادگیری
۳۷۵	۱۹-۲-۱ پارهای مثال‌های ساده
۳۷۶	۱۹-۲-۲ پارهای از الگوهای عمومی
۳۷۸	۱۹-۳-۱ یادگیری بر مبنای تشریح
۳۷۹	۱۹-۳-۱ استنتاج قواعد کلی از مثال‌های آموزشی
۳۸۱	۱۹-۳-۲ افزایش کارایی
۳۸۳	۱۹-۴-۱ یادگیری با استفاده از اطلاعات مرتبط
۳۸۴	۱۹-۴-۱ تعیین فضای فرضیه
۳۸۴	۱۹-۴-۲ بهره‌گیری از اطلاعات مرتبط و موضوع یادگیری
۳۸۷	۱۹-۵-۵ برنامه‌نویسی منطقی استنتاجی
۳۸۷	۱۹-۵-۱ یک مثال
۳۹۰	۱۹-۵-۲ روش‌های یادگیری استنتاجی فراز به فرود
۳۹۴	۱۹-۵-۳ یادگیری استقرایی به کمک قیاس معکوس
۳۹۶	۱۹-۵-۴ انجام کشف با برنامه‌نویسی منطقی استنتاجی
۳۹۸	۱۹-۶ خلاصه‌ی مطالب فصل

فصل بیستم / یادگیری الگوهای احتمالی ۴۰۱

۴۰۲	۲۰-۱ یادگیری آماری
۴۰۶	۲۰-۲ یادگیری به کمک داده‌های کامل
۴۰۶	۲۰-۲-۱ یادگیری پارامتر با درست‌نمایی بیشینه: الگوهای گسسته
۴۰۹	۲۰-۲-۲ الگوهای خام بیز
۴۱۰	۲۰-۲-۳ یادگیری پارامتر درست‌نمایی بیشینه: الگوهای پیوسته
۴۱۲	۲۰-۲-۴ یادگیری پارامتر بیزین
۴۱۵	۲۰-۲-۵ ساختار شبکه‌های یادگیری بیزین
۴۱۶	۲۰-۲-۶ تخمین فشردگی (چگالی) به کمک الگوهای غیرپارامتری
۴۱۸	۲۰-۳ یادگیری با متغیرهای پنهان شده: الگوریتم EM
۴۲۰	۲۰-۳-۱ خوشه‌سازی بدون نظارت: یادگیری ترکیبات گاوسین
۴۲۳	۲۰-۳-۲ یادگیری شبکه‌های بیزین با متغیرهای پنهان
۴۲۵	۲۰-۳-۳ عامل یادگیر الگوهای پنهان مارکو
۴۲۶	۲۰-۳-۴ قالب عمومی الگوریتم EM
۴۲۷	۲۰-۳-۵ سازه‌های شبکه‌های یادگیری بیز با استفاده از متغیرهای پنهان شده
۴۲۸	۲۰-۴ خلاصه‌ی مطالب فصل

فصل بیست و یکم / یادگیری تقویتی ۴۳۳

۴۳۳	۲۱-۱ پیش‌گفتار
۴۳۵	۲۱-۲ یادگیری تقویت شده‌ی خنثی
۴۳۷	۲۱-۲-۱ پیش‌بینی مستقیم سودمندی

۴۳۸.....	۲-۲-۲۱ برنامه‌نویسی تطبیق‌پذیر پویا
۴۴۰.....	۳-۲-۲۱ یادگیری تفاضلی موقتی (گذرا)
۴۴۴.....	۳-۲۱ یادگیری تقویت شده‌ی فعال
۴۴۴.....	۱-۳-۲۱ پویش (کاوش)
۴۴۸.....	۲-۳-۲۱ یادگیری یک تابع عملیات- سودمندی
۴۵۱.....	۴-۲۱ تعمیم یادگیری تقویت شده
۴۵۵.....	۵-۲۱ جستجوی خط مشی (سیاست‌گذاری)
۴۵۸.....	۶-۲۱ کاربردهای یادگیری تقویت شده
۴۵۸.....	۱-۶-۲۱ کاربردهای انجام بازی‌ها
۴۵۹.....	۲-۶-۲۱ کاربرد در کنترل ربات
۴۶۱.....	۷-۲۱ خلاصه‌ی مطالب فصل

فصل بیست و دوم / پردازش زبان‌های طبیعی ۴۶۵

۴۶۶.....	۱-۲۲ الگوهای زبان
۴۶۶.....	۱-۱-۲۲ الگوهای کاراکتر N-gram
۴۶۸.....	۲-۱-۲۲ هموارسازی الگوهای n-گرام
۴۷۰.....	۳-۱-۲۲ ارزیابی الگو
۴۷۰.....	۴-۱-۲۲ الگوهای واژه‌ای N-گرام
۴۷۲.....	۲-۲۲ طبقه‌بندی متن
۴۷۴.....	۱-۲-۲۳ طبقه‌بندی با استفاده از فشرده‌سازی داده‌ها
۴۷۵.....	۳-۲۲ بازبازی اطلاعات
۴۷۶.....	۱-۳-۲۲ توابع کسب امتیاز IR
۴۷۷.....	۲-۳-۲۲ ارزیابی سیستم IR
۴۷۸.....	۳-۳-۲۲ پالایش‌های IR
۴۸۰.....	۴-۳-۲۲ الگوریتم رتبه‌بندی پیج (PageRank)
۴۸۱.....	۵-۳-۲۲ الگوریتم جستجوی عنوان: HITS
۴۸۲.....	۶-۳-۲۲ پاسخگویی پرسش
۴۸۴.....	۴-۲۲ استخراج اطلاعات
۴۸۵.....	۱-۴-۲۲ نظریه‌ی ماشین‌های حالت محدود برای استخراج اطلاعات
۴۸۸.....	۲-۴-۲۲ الگوهای احتمالاتی استخراج اطلاعات
۴۹۰.....	۳-۴-۲۲ میدان‌های مشروط تصادفی استخراج اطلاعات
۴۹۲.....	۴-۴-۲۲ استخراج هستی‌شناسی از کالبد‌های بزرگتر
۴۹۳.....	۵-۴-۲۲ تولید خودکار قالب
۴۹۵.....	۶-۴-۲۲ قرائت ماشین
۴۹۷.....	۵-۲۲ خلاصه‌ی مطالب فصل

فصل بیست و سوم / ارتباط به کمک زبان‌های محاوره‌ی طبیعی ۵۰۱

۵۰۱.....	۱-۲۳ گرامر ساختار فراز
۵۰۴.....	۱-۱-۲۳ واژه‌نامه‌ی زبان E ₀

۵۰۴.....	۲۳-۱-۲ قواعد دستوری (گرامر) زبان E ₀
۵۰۷.....	۲۳-۲ تحلیل ترکیب (تجزیه).....
۵۱۰.....	۲۳-۲-۱ احتمالات یادگیری (PCFG).....
۵۱۲.....	۲۳-۲-۲ مقایسه‌ی دو الگوی چارچوب آزاد و مارکو
۵۱۳.....	۲۳-۳ الحاق تفسیرهای گرامری و معنایی
۵۱۳.....	۲۳-۳-۱ تحلیل واژگانی PCFG
۵۱۴.....	۲۳-۳-۲ تعریف رسمی قوانین گرامر الحاقی
۵۱۵.....	۲۳-۳-۳ توافق موردی و توافق نهاد- فعل
۵۱۷.....	۲۳-۳-۴ تفسیر مفاهیم
۵۲۰.....	۲۳-۳-۵ پیچیدگی‌ها
۵۲۶.....	۲۳-۴ ترجمه‌ی ماشین
۵۲۹.....	۲۳-۴-۱ سیستم‌های ترجمه‌ی ماشین
۵۲۹.....	۲۳-۴-۲ ماشین‌های ترجمه‌ی آماری
۵۳۴.....	۲۳-۵ تشخیص گفتار
۵۳۶.....	۲۳-۵-۱ الگوی آوا
۵۴۰.....	۲۳-۵-۲ الگوی زبان
۵۴۰.....	۲۳-۵-۳ ساخت یک تشخیص دهنده‌ی گفتار
۵۴۲.....	۲۳-۶ خلاصه مطالب فصل

فصل بیست و چهارم/ادراک ۵۴۹

۵۵۱.....	۲۴-۱ اطلاعات تصویر
۵۵۱.....	۲۴-۱-۱ تصاویر بدون عدسی: اتافک تاریک
۵۵۴.....	۲۴-۱-۲ سیستم‌های عدسی
۵۵۵.....	۲۴-۱-۳ نقشه‌نگاری مقیاس‌گذاری شده
۵۵۵.....	۲۴-۱-۴ نور و سایه
۵۵۷.....	۲۴-۱-۵ رنگ
۵۵۹.....	۲۴-۲ عملکرد ابتدایی پردازش تصویر
۵۵۹.....	۲۴-۲-۱ تشخیص لبه (نیش)
۵۶۳.....	۲۴-۲-۲ تاروپود (بافت)
۵۶۴.....	۲۴-۲-۳ جریان نور
۵۶۶.....	۲۴-۲-۴ قطعه‌بندی تصاویر
۵۶۸.....	۲۴-۳ تشخیص اشیا به کمک ظاهر آنها
۵۷۰.....	۲۴-۳-۱ ظواهر پیچیده و عناصر الگو
۵۷۱.....	۲۴-۳-۲ تشخیص عابر پیاده به کمک ویژگی‌های
۵۷۴.....	۲۴-۴ بازسازی دنیای سه بعدی (3D)
۵۷۵.....	۲۴-۴-۱ اختلاف منظر (دیدگشت) حرکت
۵۷۶.....	۲۴-۴-۲ بینایی در عمق با دو چشم
۵۷۸.....	۲۴-۴-۳ بینایی چندگانه
۵۷۹.....	۲۴-۴-۴ بافت (تاروپود)

۵۸۰	۲۴-۴-۵ سایه‌اندازی
۵۸۲	۲۴-۴-۶ حد فاصل (محیط مرئی)
۵۸۳	۲۴-۴-۷ اجسام و ساختار هندسه‌ای صحنه‌ها
۵۸۶	۲۴-۵-۵ تشخیص اشیا به کمک اطلاعات ساختار
۵۸۷	۲۴-۵-۱ هندسه‌ی بدن: بازیابی بازوان و پاها
۵۸۹	۲۴-۵-۲ ظاهر همسان: رهگیری مردمان در ویدیو
۵۹۰	۲۴-۶-۶ بهره‌گیری از بینایی
۵۹۲	۲۴-۶-۱ واژگان و تصاویر
۵۹۳	۲۴-۶-۲ بازسازی با استفاده از رویت‌های بی‌شمار
۵۹۴	۲۴-۶-۳ بهره‌گیری از بینایی به منظور کنترل تحرک
۵۹۷	۲۴-۷ خلاصه مطالب فصل

فصل بیست و پنجم / رباتیک ۶۰۱

۶۰۱	۲۵-۱ پیش‌گفتار
۶۰۴	۲۵-۲ سخت‌افزار ربات
۶۰۴	۲۵-۲-۱ حسگرها
۶۰۷	۲۵-۲-۲ اندام‌های ربات
۶۱۱	۲۵-۳ ادراک رباتیک
۶۱۲	۲۵-۳-۱ موضعی‌سازی و نقشه‌نگاری
۶۱۹	۲۵-۳-۲ سایر گونه‌های ادراک
۶۲۰	۲۵-۳-۳ یادگیری ماشین و ادراک ربات
۶۲۱	۲۵-۴ برنامه‌ریزی برای حرکت (جابه‌جایی)
۶۲۱	۲۵-۴-۱ فضای پیکربندی
۶۲۴	۲۵-۴-۲ روش‌های تجزیه‌ی سلول
۶۲۶	۲۵-۴-۳ اعمال تغییر در توابع هزینه
۶۲۸	۲۵-۴-۴ روش‌های تجزیه‌ی اسکلت
۶۲۹	۲۵-۵ برنامه‌ریزی حرکت‌های فاقد قطعیت
۶۳۱	۲۵-۵-۱ روش‌های قدرتمند
۶۳۴	۲۵-۶ جابه‌جایی
۶۳۴	۲۵-۶-۱ پویایی و کنترل
۶۳۷	۲۵-۶-۲ کنترل میدان پتانسیل
۶۳۸	۲۵-۶-۳ کنترل انفعالی (واکنشی)
۶۴۰	۲۵-۶-۴ کنترل یادگیری تقویت شده
۶۴۱	۲۵-۷ معماری‌های نرم‌افزار رباتیک
۶۴۱	۲۵-۷-۱ معماری استقرایی
۶۴۳	۲۵-۷-۲ معماری 3 لایه
۶۴۴	۲۵-۷-۳ معماری خط لوله
۶۴۵	۲۵-۸ قلمروهای کاربردی
۶۵۰	۲۵-۹ خلاصه‌ی مطالب فصل

فصل بیست و ششم / بنیان‌های فلسفی هوش مصنوعی ۶۵۹

- ۶۶۰ ۲۶-۱ هوش مصنوعی ضعیف: آیا ماشین‌ها قادر به عملکرد هوشمند هستند؟
- ۶۶۱ ۲۶-۱-۱ بحث از نقطه‌نظر ناتوانی
- ۶۶۳ ۲۶-۱-۲ تردیدهای ریاضی
- ۶۶۴ ۲۶-۱-۳ بحث پیرامون عدم رسمیت
- ۶۶۷ ۲۶-۲ هوش مصنوع قوی: آیا واقعاً ماشین‌ها قادر به تفکر هستند؟
- ۶۷۰ ۲۶-۲-۱ حالت‌های ذهنی و مغز درون خمره
- ۶۷۱ ۲۶-۲-۲ فلسفه‌ی ذهن و تجربه‌ی جایگزینی مغز
- ۶۷۳ ۲۶-۲-۳ طبیعت‌گرایی بیولوژیکی و اتاق چینی
- ۶۷۷ ۲۶-۲-۴ هوشیاری، تجربیات واقعی و شکاف توضیحی
- ۶۷۸ ۲۶-۳ اصول اخلاقی و تهدیدهای توسعه و تکامل هوش مصنوعی
- ۶۸۴ ۲۶-۴ خلاصه‌ی مطالب فصل

فصل بیست و هفتم / هوش مصنوعی: حال و آینده ۶۸۷

- ۶۸۸ ۲۷-۱ عناصر عامل
- ۶۹۱ ۲۷-۲ معماری عامل
- ۶۹۳ ۲۷-۳ آیا در جهت درست حرکت می‌کنیم؟
- ۶۹۶ ۲۷-۴ فرجام موفقیت AI برای انسان چیست؟
- ۶۹۹ پیوست‌ها