جلد اول

هـــوش مـصـنـوعی

رویـــکردی مـــدرن

ویراست چهارم

نویسندگان: استوارت جی. راسل | پیتر نورویگ

مترجم:

دکتر بهروز مینایی

(دانشیار و عضو هیئت علمی

دانشگاه علم و صنعت ایران)

هوش مصنوعی- رویکردی مدرن

ویراست چهارم

(جلد اول)

مترجم: دکتر بهروز مینایی
ناشر: انتشارات مدیریت دانش
طراحی و صفحه‌آرایی: همتا بیداریان
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
چاپ اول: ۱۴۰۱
قیمت: ۱,۵۵۰,۰۰۰ ریال
شابک: ۲-۰-۹۴۸۱۲-۶۲۲-۹۷۸

ISBN: 978-622-94812-0-2

حق چاپ برای انتشارات مدیریت دانش محفوظ است.

تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۰۲۰۱۵۷۵۳- ۰۹۱۲۵۷۲۳۲۰۴

سرشناسه: جی. راسل، استوارت J. Russell، Stuart
هوش مصنوعی- رویکردی مدرن (جلد اول)/ ویراست چهارم نویسندگان: استوارت جی. راسل، پیتر نورویگ/ مترجم: بهروز مینایی
تهران: مدیریت دانش ۱۴۰۱
۴۸۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.
ISBN: 978-622-94812-0-2
وضعیت فهرست نویسی: فیپا.
یادداشت: عنوان اصلی کتاب: Artificial Intelligence “A Modern Approach” Fourth Edition_ Global Edition
موضوع: هوش مصنوعی-- Artificial intelligence
شناسه افزوده: نورویگ، پیتر Norvig، Peter
شناسه افزوده: مینایی، بهروز، ۱۳۴۱ -، مترجم
رده‌بندی کنگره:
رده‌بندی دیویی:
شماره کتابشناسی ملی:

فهرست مطالب

پیشگفتار ۱۱

فصل اول: مقدمه ۱۵

۱-۱ هوش مصنوعی چیست؟ ۱۶
۱-۱-۱ عمل انسان‌گونه: رویکرد آزمون تورینگ ۱۶
۱-۱-۲ تفکر انسان‌گونه: رویکرد مدل‌سازیِ شناختی ۱۷
۱-۱-۳ تفکر عقلانی: رویکرد «قوانین تفکر» ۱۸
۱-۱-۴ عمل عقلانی: رویکرد عامل عقلانی ۱۹
۱-۱-۵ ماشین‌های سودمند ۲۰
۱-۲ مبانی هوش مصنوعی ۲۲
۱-۲-۱ فلسفه ۲۲
۱-۲-۲ ریاضی ۲۵
۱-۲-۳ اقتصاد ۲۷
۱-۲-۴ علوم اعصاب ۲۹
۱-۲-۵ روان‌شناسی ۳۲
۱-۲-۶ مهندسی کامپیوتر ۳۴
۱-۲-۷ نظریه کنترل و سایبرنتیک ۳۶
۱-۲-۸ زبان‌شناسی ۳۷
۱-۳ تاریخچه هوش مصنوعی ۳۸
۱-۳-۱ شروع هوش مصنوعی (۱۹۴۳-۱۹۵۶) ۳۸
۱-۳-۲ اشتیاق اولیه، آرزوهای بزرگ (۱۹۵۲-۱۹۶۹) ۴۰
۱-۳-۳ اندکی از واقعیت (۱۹۶۶-۱۹۷۳) ۴۳
۱-۳-۴ سیستم‌های خبره (۱۹۶۹-۱۹۸۶) ۴۴
۱-۳-۵ بازگشت شبکه‌های عصبی (۱۹۸۶-اکنون) ۴۷
۱-۳-۶ استدلال احتمالی و یادگیری ماشین (۱۹۸۷-اکنون) ۴۸
۱-۳-۷ داده‌های بزرگ (۲۰۰۱- اکنون) ۵۰
۱-۳-۸ یادگیری ژرف (۲۰۱۱- اکنون) ۵۰
۱-۴ آخرین دستاوردها ۵۱
۱-۵ ریسک‌ها و مزایای هوش مصنوعی ۵۶
خلاصه ۶۱

فصل دوم: عامل‌های هوشمند ۶۳

۲-۱ عامل‌ها و محیط‌ها ۶۳
۲-۲ رفتار خوب: مفهوم عقلانیت ۶۶
۲-۲-۱ سنجه‌های عملکرد ۶۷
۲-۲-۲ عقلانیت ۶۸
۲-۲-۳ علم مطلق، یادگیری و خودمختاری ۶۹
۲-۳ ماهیت محیط‌ها ۷۱
۲-۳-۱ مشخص کردن محیط وظیفه ۷۱
۲-۳-۲ خصوصیات محیط‌های وظیفه‌ای ۷۳
۲-۴ ساختار عامل‌ها ۷۸
۲-۴-۱ برنامه‌های عامل ۷۸
۲-۴-۲ عامل‌های بازتابی ساده ۸۰
۲-۴-۳ عامل‌های بازتابی مدل‌محور ۸۳
۲-۴-۴ عامل‌های آرمان‌محور ۸۴
۲-۴-۵ عامل‌های سودمندی‌محور ۸۷
۲-۴-۶ عامل‌های یادگیرنده ۸۹
۲-۴-۷ طرز کار مؤلفه‌های برنامه‌های عامل ۹۱
خلاصه ۹۴

فصل سوم: حل مسائل از طریق جستجو ۹۵

۳-۱ عامل‌های حل مسئله ۹۶
۳-۱-۱ مسائل و راه‌حل‌های جستجو ۹۷
۳-۱-۲ فرمول‌بندی مسائل ۹۹
۳-۲ مسائل نمونه ۱۰۰
۳-۲-۱ مسائل استانداردشده ۱۰۰
۳-۲-۲ مسائل جهان واقعی ۱۰۴
۳-۳ الگوریتم‌های جستجو ۱۰۶
۳-۳-۱ جستجوی اول-بهترین ۱۰۹
۳-۳-۲ ساختمان داده‌های جستجو ۱۱۰
۳-۳-۳ مسیرهای زاید ۱۱۱
۳-۳-۴ اندازه‌گیری عملکرد حل مسئله ۱۱۲
۳-۴ استراتژی‌های جستجوی ناآگاهانه ۱۱۳
۳-۴-۱ جستجوی عرضی ۱۱۳
۳-۴-۲ الگوریتم دایکسترا یا جستجوی هزینه یکسان ۱۱۵
۳-۴-۳ جستجوی عمقی و مسئله حافظه ۱۱۷
۳-۴-۴ جستجو با عمق محدود و تعمیق تکراری ۱۱۹
۳-۴-۵ جستجوی دوطرفه ۱۲۲

۶-۴-۳ مقایسه الگوریتم‌های جستجوی ناآگاهانه ۱۲۴
۵-۳ استراتژی‌های جستجوی آگاهانه (هیورستیک) ۱۲۴
۱-۵-۳ جستجوی اول-بهترین حریصانه ۱۲۵
۲-۵-۳ جستجوی A* ۱۲۷
۳-۵-۳ منحنی‌های میزان جستجو ۱۳۰
۴-۵-۳ جستجوی رضایت‌بخش: توابع هیورستیک غیرقابل‌قبول و جستجوی وزن‌دار A* ۱۳۲
۵-۵-۳ جستجو با حافظه محدود ۱۳۴
۶-۵-۳ جستجوی هیورستیک دوطرفه ۱۳۹
۶-۳ توابع هیورستیک ۱۴۱
۱-۶-۳ تأثیر دقت توابع هیورستیک بر عملکرد ۱۴۲
۲-۶-۳ تولید توابع هیورستیک از مسائل راحت ۱۴۴
۳-۶-۳ تولید توابع هیورستیک از زیرمسائل: پایگاه‌های داده الگو ۱۴۶
۴-۶-۳ تولید توابع هیورستیک با نقاط عطف ۱۴۷
۵-۶-۳ یادگیری جستجوی بهتر ۱۵۰
۶-۶-۳ یادگیری تجربی توابع هیورستیک ۱۵۰
خلاصه ۱۵۱

فصل چهارم: جستجو در محیط‌های پیچیده ۱۵۵

۱-۴ جستجوی محلی و مسائل بهینه‌سازی ۱۵۵
۱-۱-۴ جستجوی تپه‌نوردی ۱۵۷
۲-۱-۴ تبرید شبیه‌سازی‌شده ۱۶۱
۳-۱-۴ جستجوی پرتوی محلی ۱۶۱
۴-۱-۴ الگوریتم‌های تکاملی ۱۶۲
۲-۴ جستجوی محلی در فضاهای پیوسته ۱۶۷
۳-۴ جستجو با اعمال غیرقطعی ۱۷۱
۱-۳-۴ جهان جاروبرقی نامنظم ۱۷۱
۲-۳-۴ درختان جستجوی AND-OR ۱۷۲
۳-۳-۴ تلاش کنید، دوباره تلاش کنید ۱۷۵
۴-۴ جستجو در محیط‌های تا حدودی قابل‌مشاهده ۱۷۶
۱-۴-۴ جستجوی بدون مشاهده ۱۷۶
۲-۴-۴ جستجو در محیط‌های تا حدودی قابل‌مشاهده ۱۸۱
۳-۴-۴ حل مسائل تا حدودی قابل‌مشاهده ۱۸۳
۴-۴-۴ عامل مربوط به محیط‌های تا حدودی قابل‌مشاهده ۱۸۴
۵-۴ عامل‌های جستجوی آنلاین و محیط‌های ناشناخته ۱۸۷
۱-۵-۴ مسائل جستجوی آنلاین ۱۸۸
۲-۵-۴ عامل‌های جستجوی آنلاین ۱۹۰
۳-۵-۴ جستجوی محلی آنلاین ۱۹۲

۴-۵-۴ یادگیری در جستجوی آنلاین ۱۹۴
خلاصه ۱۹۵

فصل پنجم: مسائل ارضای محدودیت ۱۹۷

۵-۱ تعریف مسائل ارضای محدودیت ۱۹۷
۵-۱-۱ مسئله نمونه: رنگ‌آمیزی نقشه ۱۹۸
۵-۱-۲ مسئله نمونه: زمان‌بندی کار کارگاهی ۲۰۰
۵-۱-۳ انواع فرمالیسم CSP ۲۰۱
۵-۲ انتشار محدودیت: استنتاج در CSPها ۲۰۵
۵-۲-۱ سازگاری گره ۲۰۵
۵-۲-۲ سازگاری با کمان ۲۰۶
۵-۲-۳ سازگاری مسیر ۲۰۷
۵-۲-۴ سازگاری K ۲۰۸
۵-۲-۵ محدودیت‌های سراسری ۲۰۹
۵-۲-۶ سودوکو ۲۱۰
۵-۳ جستجوی عقب‌گرد برای CSPها ۲۱۲
۵-۳-۱ تعیین ترتیب متغیرها و مقادیر ۲۱۴
۵-۳-۲ آمیختن جستجو و استنتاج ۲۱۶
۵-۳-۳ عقب‌گرد هوشمند: نگاه به عقب ۲۱۷
۵-۳-۴ یادگیری محدودیت ۲۱۹
۵-۴ جستجوی محلی برای CSP ۲۲۰
۵-۵ ساختار مسائل ۲۲۲
۵-۵-۱ شرطی‌سازی مجموعه برش ۲۲۵
۵-۵-۲ تجزیه درختی ۲۲۶
۵-۵-۳ تقارن مقدار ۲۲۸
خلاصه ۲۲۸

فصل ششم: جستجوی خصمانه و بازی‌ها ۲۳۱

۶-۱ نظریه بازی‌ها ۲۳۱
۶-۱-۱ بازی‌های دو نفره مجموع صفر ۲۳۲
۶-۲ تصمیمات بهینه در بازی‌ها ۲۳۴
۶-۲-۱ الگوریتم جستجوی مینیماکس ۲۳۶
۶-۲-۲ تصمیمات بهینه در بازی‌های چند نفره ۲۳۷
۶-۲-۳ هرس آلفا-بتا ۲۳۹
۶-۲-۴ ترتیب حرکت‌ها ۲۴۲
۶-۳ جستجوی درخت آلفا-بتای هیورستیک ۲۴۴

۶-۳-۱ توابع ارزیابی ۲۴۴
۶-۳-۲ پایان دادن به جستجو ۲۴۷
۶-۳-۳ هرس پیشرو ۲۴۹
۶-۳-۴ جستجو در مقابل مراجعه ۲۵۰
۶-۴ جستجوی درخت مونت کارلو ۲۵۱
۶-۵ بازی‌های تصادفی ۲۵۶
۶-۵-۱ توابع ارزیابی برای بازی‌هایی با عنصر شانس ۲۵۸
۶-۶ بازی‌های تا حدودی قابل‌مشاهده ۲۶۰
۶-۶-۱ کریگسپیل: شطرنج تا حدودی قابل‌مشاهده ۲۶۱
۶-۶-۲ بازی‌های کارتی ۲۶۴
۶-۷ محدودیت‌های الگوریتم‌های جستجوی بازی ۲۶۶
خلاصه ۲۶۸

فصل هفتم: عامل‌های منطقی ۲۷۱

۷-۱ عامل‌های دانش‌محور ۲۷۲
۷-۲ جهان وامپوس ۲۷۴
۷-۳ منطق ۲۷۹
۷-۴ منطق گزاره‌ای: منطق بسیار ساده ۲۸۳
۷-۴-۱ ساختار دستوری ۲۸۳
۷-۴-۲ معناشناسی ۲۸۵
۷-۴-۳ پایگاه دانش ساده ۲۸۷
۷-۴-۴ رویه استنتاج ساده ۲۸۸
۷-۵ اثبات قضیه گزاره‌ای ۲۹۰
۷-۵-۱ استنتاج و اثبات‌ها ۲۹۲
۷-۵-۲ اثبات با حل ۲۹۴
۷-۵-۳ بندهای HORN و بندهای متناهی ۳۰۰
۷-۵-۴ زنجیره‌سازی پیشرو و پسرو ۳۰۱
۷-۶ بررسی مدل گزاره‌ای مؤثر ۳۰۴
۷-۶-۱ الگوریتم عقب‌گرد کامل ۳۰۵
۷-۶-۲ الگوریتم‌های جستجوی محلی ۳۰۸
۷-۶-۳ چشم‌انداز مسائل تصادفی SAT ۳۰۹
۷-۷ عامل‌های مبتنی بر منطق گزاره‌ای ۳۱۱
۷-۷-۱ حالت فعلی جهان ۳۱۱
۷-۷-۲ عامل ترکیبی ۳۱۵
۷-۷-۳ تخمین حالت منطقی ۳۱۶
۷-۷-۴ ساخت طرح‌ها با استنتاج گزاره‌ای ۳۱۹
خلاصه ۳۲۲

فصل هشتم: منطق مرتبه اول ۳۲۵

۸-۱ تجدیدنظر در بازنمایی ۳۲۵
۸-۱-۱ زبان اندیشه ۳۲۶
۸-۱-۲ ترکیب بهترین زبان‌های رسمی و طبیعی ۳۲۹
۸-۲ ساختار دستوری و معناشناسی منطق مرتبه اول ۳۳۱
۸-۲-۱ مدل‌هایی برای منطق مرتبه اول ۳۳۲
۸-۲-۲ نمادها و تفسیرها ۳۳۴
۸-۲-۳ اصطلاحات ۳۳۶
۸-۲-۴ جملات اتمی ۳۳۷
۸-۲-۵ جملات پیچیده ۳۳۷
۸-۲-۶ سورها ۳۳۸
۸-۲-۷ برابری ۳۴۲
۸-۲-۸ معناشناسی پایگاه داده ۳۴۳
۸-۳ استفاده از منطق مرتبه اول ۳۴۵
۸-۳-۱ اظهارات و پرس‌وجوها ۳۴۵
۸-۳-۲ حوزه خویشاوندی ۳۴۶
۸-۳-۳ اعداد، مجموعه‌ها و لیست‌ها ۳۴۸
۸-۳-۴ جهان وامپوس ۳۵۱
۸-۴ مهندسی دانش در منطق مرتبه اول ۳۵۳
۸-۴-۱ فرایند مهندسی دانش ۳۵۳
۸-۴-۲ حوزه مدارهای الکترونیکی ۳۵۵
خلاصه ۳۶۰

فصل نهم: استنتاج در منطق مرتبه اول ۳۶۳

۹-۱ استنتاج گزاره‌ای در مقابل استنتاج مرتبه اول ۳۶۳
۹-۱-۱ کاهش به استنتاج گزاره‌ای ۳۶۵
۹-۲ یکسان‌سازی و استنتاج مرتبه اول ۳۶۶
۹-۲-۱ یکسان‌سازی ۳۶۸
۹-۲-۲ ذخیره‌سازی و بازیابی ۳۷۰
۹-۳ زنجیره‌سازی پیشرو ۳۷۲
۹-۳-۱ جملات قطعی مرتبه اول ۳۷۲
۹-۳-۲ الگوریتم زنجیره‌سازی پیشرو ساده ۳۷۳
۹-۳-۳ زنجیره‌سازی پیشرو کارآمد ۳۷۶
۹-۴ زنجیرهسازی پسرو ۳۸۰
۹-۴-۱ الگوریتم زنجیره‌سازی پسرو ۳۸۱
۹-۴-۲ برنامهنویسی منطقی ۳۸۲
۹-۴-۳ استنتاج افزونه و حلقه‌های بی‌نهایت ۳۸۴

۹-۴-۴ معناشناسی پایگاه داده PROLOG ۳۸۶
۹-۴-۵ برنامه‌نویسی منطقی محدودیت ۳۸۷
۹-۵ حل ۳۸۸
۹-۵-۱ شکل نرمال عطفی برای منطق مرتبه اول ۳۸۸
۹-۵-۲ قانون استنتاج حل ۳۹۰
۹-۵-۳ مثال‌هایی از اثبات ۳۹۱
۹-۵-۴ کامل بودن (تمامیت) حل ۳۹۴
۹-۵-۵ برابری ۳۹۸
۹-۵-۶ استراتژی‌های حل ۴۰۰
خلاصه ۴۰۲

فصل دهم: بازنمایی دانش ۴۰۵

۱۰-۱ مهندسی هستی‌شناسی ۴۰۵
۱۰-۲ رسته‌ها و اشیا ۴۰۸
۱۰-۲-۱ ترکیب فیزیکی ۴۱۱
۱۰-۲-۲ اندازه‌گیری‌ها ۴۱۲
۱۰-۲-۳ اشیا: چیزها و مواد ۴۱۵
۱۰-۳ رویدادها ۴۱۶
۱۰-۳-۱ زمان ۴۱۸
۱۰-۳-۲ روان‌ها و اشیا ۴۲۰
۱۰-۴ اشیای ذهنی و منطق موجهات ۴۲۱
۱۰-۴-۱ سایر منطق‌های موجهات ۴۲۴
۱۰-۵ سیستم‌های استدلال برای رسته‌ها ۴۲۵
۱۰-۵-۱ شبکه‌های معنایی ۴۲۵
۱۰-۵-۲ منطق‌های توصیفی ۴۲۹
۱۰-۶ استدلال با اطلاعات پیش‌فرض ۴۳۱
۱۰-۶-۱ محدودیت و منطق پیش‌فرض ۴۳۱
۱۰-۶-۲ سیستم‌های حفظ درستی ۴۳۴
خلاصه ۴۳۶

فصل یازدهم: برنامه‌ریزی خودکار ۴۳۹

۱۱-۱ تعریف برنامه‌ریزی کلاسیک ۴۳۹
۱۱-۱-۱ حوزه مثال: حمل‌ونقل محموله هوایی ۴۴۱
۱۱-۱-۲ حوزه مثال: مسئله لاستیک زاپاس ۴۴۲
۱۱-۱-۳ مثال حوزه: جهان بلوک‌ها ۴۴۳
۱۱-۲ الگوریتم‌های برنامه‌ریزی کلاسیک ۴۴۵

۱۱-۲-۱ جستجوی فضای حالت پیشرو برای برنامه‌ریزی ۴۴۶
۱۱-۲-۲ جستجوی پسرو برای برنامه‌ریزی ۴۴۷
۱۱-۲-۳ برنامه‌ریزی به‌عنوان صدق‌پذیری بولی ۴۴۸
۱۱-۲-۴ سایر رویکردهای برنامه‌ریزی کلاسیک ۴۴۹
۱۱-۳ هیورستیک برای برنامه‌ریزی ۴۵۰
۱۱-۳-۱ هرس مستقل از حوزه ۴۵۲
۱۱-۳-۲ انتزاع حالت در برنامه‌ریزی ۴۵۴
۱۱-۴ برنامه‌ریزی سلسله‌مراتبی ۴۵۵
۱۱-۴-۱ اعمال سطح بالا ۴۵۶
۱۱-۴-۲ جستجوی جواب‌های اولیه ۴۵۸
۱۱-۴-۳ جستجوی جواب‌های انتزاعی ۴۶۰
۱۱-۵ برنامه‌ریزی و عمل در حوزه‌های غیرقطعی ۴۶۶
۱۱-۵-۱ برنامه‌ریزی بدون حسگر ۴۶۹
۱۱-۵-۲ برنامه‌ریزی اقتضایی ۴۷۳
۱۱-۵-۳ برنامه‌ریزی آنلاین ۴۷۵
۱۱-۶ زمان، زمانبندی‌ها و منابع ۴۷۹
۱۱-۶-۱ بازنمایی محدودیت‌های زمانی و منابع ۴۸۰
۱۱-۶-۲ حل مسائل زمان‌بندی ۴۸۱
۱۱-۷ تحلیل رویکردهای برنامه‌ریزی ۴۸۵
خلاصه ۴۸۶

پیشگفتار

هوش مصنوعی (AI)[1] حوزه بزرگی است و این هم کتاب جامعی است. ما سعی کرده‌ایم کل این حوزه را پوشش دهیم که شامل منطق، احتمال و ریاضیات پیوسته؛ ادراک، استدلال، یادگیری و عمل؛ انصاف، اعتماد، صلاح اجتماعی و ایمنی و کاربردهایی است که از دستگاه‌های میکروالکترونیک تا ربات‌های کاوشگر سیاره‌ای و خدمات آنلاین با میلیاردها کاربر را شامل می‌شود.

عنوان فرعی این کتاب «رویکردی مدرن» است؛ منظور این است که به جای توضیح هر زیرحوزه هوش مصنوعی به سبک خاص خودش، تلاش کردیم تا تمام دانسته‌ها در این حوزه در چارچوب مشترکی ارائه شود و کارهای اولیه با استفاده از ایده‌ها و اصطلاحات رایج امروزی بازآفرینی شوند. به همین دلیل از کسانی که موضوع تخصص آن‌ها با توجه به این روش ارائه مطالب کم‌اهمیت جلوه داده شده است پوزش می‌طلبیم.

موارد جدید در این ویراست

این ویراست، تغییرات در هوش مصنوعی از آخرین ویراست در سال ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد:

- ✓ به دلیل افزایش دسترس‌پذیری داده‌ها، منابع رایانشی و الگوریتم‌های جدید، ما بیشتر بر یادگیری ماشین تمرکز داریم تا بر مهندسی دانش دست‌ساز.
- ✓ یادگیری ژرف، برنامه‌نویسی احتمالی و سیستم‌های چندعاملی، هر کدام در فصل جداگانه‌ای مورد بحث قرار گرفته‌اند.
- ✓ بحث شناخت زبان طبیعی، رباتیک و بینایی ماشین برای انعکاس تأثیر یادگیری ژرف تجدیدنظر شده‌اند.
- ✓ فصل رباتیک اکنون شامل ربات‌هایی است که با انسان‌ها و کاربرد یادگیری تقویتی در رباتیک تعامل دارند.
- ✓ پیش‌تر آرمان هوش مصنوعی را ایجاد سیستم‌هایی تعریف کردیم که سعی در بیشینه‌سازی سودمندی مورد انتظار دارند که در آن اطلاعات سودمندی خاص (هدف) توسط طراحان انسانی

1- Artificial Intelligence

سیستم ارائه می‌شود. اکنون دیگر فرض نمی‌کنیم که هدف ثابت است و سیستم هوش مصنوعی آن را نمی‌شناسد؛ در عوض، سیستم ممکن است در مورد اهداف واقعیِ انسان‌هایی که از جانب آن‌ها عمل می‌کند مطمئن نباشد. سیستم باید یاد بگیرد که چه چیزی را بیشینه کند و حتی زمانی که در مورد هدف قطعیتی وجود ندارد باید به‌طور مناسب عمل کند.

- ✓ بحث‌های بیشتری در مورد تأثیر هوش مصنوعی بر جامعه را افزایش می‌دهیم، از جمله معضلات حیاتی اخلاق، انصاف، اعتماد و ایمنی.
- ✓ تمرینات را از انتهای هر فصل به یک سایت آنلاین منتقل کرده‌ایم. این امر به ما اجازه می‌دهد که به‌طور مداوم تمرینات را اضافه و بهنگام‌رسانی کنیم و بهبود بخشیم تا نیازهای مدرسان را برآورده و پیشرفت‌ها در این زمینه و ابزارهای نرم‌افزاری مرتبط با هوش مصنوعی را منعکس کنیم.
- ✓ به‌طور کلی، در حدود ۲۵ درصد از مطالب این کتاب کاملاً جدید است. ۷۵ درصد باقیمانده تا حد زیادی بازنویسی شده است تا تصویر یکپارچه‌تری از این زمینه ارائه دهد. ۲۲ درصد از استنادات در این ویراست به آثار منتشرشده پس از سال ۲۰۱۰ برمی‌گردد.

نگاه کلی به کتاب

موضوع اصلی این کتاب، ایده **عامل هوشمند**[1] است. ما هوش مصنوعی را مطالعه عامل‌هایی تعریف می‌کنیم که ادراکات را از محیط دریافت می‌کنند و اعمالی را انجام می‌دهند. هر کدام از این عامل‌ها تابعی را پیاده‌سازی می‌کند که دنباله‌های ادراک را به اَعمال نگاشت می‌کند و ما راه‌های مختلفی را برای ارائه این توابع بررسی می‌کنیم، مانند عامل‌های واکنشی، برنامه‌ریزان بی‌درنگ، سیستم‌های نظریه تصمیم و سیستم‌های یادگیری ژرف. ما بر یادگیری هر دو به‌عنوان روش ساخت برای سیستم‌های با کفایت و به‌عنوان راهی برای گسترش دسترسی طراحان به محیط‌های ناشناخته، تأکید داریم. به علوم رباتیک و بینایی به‌عنوان مسائلی که به‌طور مستقل تعریف شده‌اند نگاه نمی‌کنیم بلکه به‌عنوان وسیله‌ای برای رسیدن به آرمان‌ها در نظر می‌گیریم. ما بر اهمیت محیط کار در تعیین طراحی عامل مناسب تأکید داریم.

هدف اصلی ما انتقال ایده‌هایی است که در هفتاد سال گذشته در پژوهش‌های مربوط به هوش مصنوعی و هم‌چنین در دو هزار سال گذشته در علوم مرتبط پدیدار شده‌اند. سعی کرده‌ایم با حفظ دقت، از رسمیت زیاد در ارائه این ایده‌ها پرهیز کنیم. فرمول‌های ریاضی و الگوریتم‌های شبه‌کد را برای عینیت بخشیدن به ایده‌های کلیدی ارائه داده‌ایم؛ مفاهیم و نمادهای ریاضی در پیوست «الف» توضیح داده شده‌اند و شبه‌کد در پیوست «ب» شرح داده شده است.

این کتاب در درجه اول برای استفاده در دوره کارشناسی و سپس دوره کارشناسی ارشد در نظر گرفته شده است. این کتاب دارای ۲۹ فصل است که هر فصل در حدود یک هفته تدریس دقت نیاز دارد، بنابراین آموزش کل

1- Intelligent Agent

کتاب به دو ترم پیاپی نیاز دارد. دوره یک ترمی می‌تواند از فصل‌های انتخاب‌شده متناسب با علایق مدرس و دانشجویان استفاده کند. می‌توان از کتاب در دوره تحصیلات تکمیلی نیز استفاده کرد (شاید با افزودن برخی منابع اولیه پیشنهادشده در یادداشت‌های کتاب‌شناسی) یا برای مطالعه شخصی یا به‌عنوان یک منبع.

تنها پیش‌نیاز، آشنایی با مفاهیم اولیه علوم کامپیوتر (الگوریتم‌ها، ساختمان داده‌ها و پیچیدگی الگوریتم‌ها) در سطح دانشجوی سال دوم است. حسابان دانشجوی سال اول و جبر خطی برای برخی موضوعات مفید هستند.

منابع آنلاین

منابع آنلاین از طریق pearsonglobaleditions.com در دسترس هستند. در آنجا این موارد را خواهید یافت:

- ✓ تمرین‌ها، پروژه‌های برنامه‌نویسی و پروژه‌های پژوهشی. این‌ها دیگر در پایان هر فصل نیستند؛ فقط آنلاین هستند. داخل کتاب، به یک تمرین آنلاین با نامی مانند «تمرین 6.NARY» اشاره می‌کنیم. دستورعمل‌های موجود در وب‌سایت به شما اجازه می‌دهند تمرینات را بر اساس نام یا موضوع پیدا کنید.
- ✓ پیاده‌سازی الگوریتم‌های کتاب در Python، Java و دیگر زبان‌های برنامه‌نویسی.
- ✓ مطالب تکمیلی و لینک‌ها برای دانشجویان و مدرسان.
- ✓ دستورعمل‌هایی درباره نحوه گزارش اشتباهات احتمالی در کتاب.

جلد کتاب

جلد کتاب موقعیت نهایی از بازی تعیین‌کننده بازی ۶ از مسابقه شطرنج سال ۱۹۹۷ را نشان می‌دهد که در آن برنامه Deep Blue توانست Garry Kasparov (بازیکن مهره سیاه) را شکست دهد تا این اولین بار باشد که کامپیوتر یک قهرمان جهان را در مسابقه شطرنج شکست می‌دهد. Kasparov در بالا نشان داده شده است. در سمت راست او یک موقعیت محوری از بازی دوم مسابقه تاریخی Go بین قهرمان سابق جهان Lee Sedol و برنامه DeepMind ALPHAGO وجود دارد. حرکت ۳۷ توسط ALPHAGO قرن‌ها قوانین عجیب بازی Go را نقض کرد و بلافاصله توسط کارشناسان انسانی به‌عنوان اشتباه شرم‌آور دیده شد اما مشخص شد که این یک حرکت برنده بوده است. در سمت چپ بالا، ربات انسان‌نمای Atlas است که توسط Boston Dynamics ساخته شده است. تصویری از خودروی خودران که محیط خود را حس می‌کند بین Ada Lovelace، اولین برنامه‌نویس کامپیوتر جهان و Alan Turing که کار اساسی او هوش مصنوعی را تعریف کرد، وجود دارد. در پایین صفحه شطرنج، ربات کاوشگر مریخ‌نورد و مجسمه ارسطو که پیشگام مطالعه منطق بود قرار دارد؛ الگوریتم برنامه‌نویسی او از De Motu Animalium در پشت نام نویسندگان ظاهر شده است. پشت صفحه شطرنج، مدل برنامه‌نویسی احتمالی است که سازمان منع آزمایش هسته‌ای سازمان ملل متحد از آن برای شناسایی انفجارهای هسته‌ای از سیگنال‌های زلزله استفاده می‌کند.

فصل ۱

مقدمه

در این فصل توضیح می‌دهیم که چرا هوش مصنوعی ارزش مطالعه را دارد و سعی می‌کنیم تصمیم بگیریم هوش مصنوعی دقیقاً چیست، قبل از اینکه شروع به این سفر کنید .

ما انسان‌ها خود را خردمند می‌دانیم زیرا **هوش**[1] ما برای ما بسیار مهم است. هزاران سال است سعی کرده‌ایم بفهمیم که چگونه فکر می‌کنیم و چگونه عمل می‌کنیم (چگونه مغز ما، به‌عنوان ماده‌ای مهم، می‌تواند جهان بسیار بزرگ‌تر و پیچیده‌تر از خودش را ادراک کند، بشناسد، پیش‌بینی کند و دستکاری کند). حوزه **هوش مصنوعی**[2] یا AI، هم به شناخت و هم ساختن موجودیت‌های هوشمند می‌پردازد- ماشین‌هایی که می‌توانند نحوه عمل مؤثر و ایمن در طیف گسترده‌ای از موقعیت‌های جدید را محاسبه کنند.

نظرسنجی‌ها مرتباً هوش مصنوعی را به‌عنوان یکی از جالب‌ترین حوزه‌هایی رتبه‌بندی می‌کنند که سریع‌ترین رشد را دارد و در حال حاضر بیش از یک تریلیون دلار در سال درآمد ایجاد می‌کند. کارشناس هوش مصنوعی Kai-Fu Lee پیش‌بینی می‌کند که تأثیر آن «بیش از هر چیزی در تاریخ بشر» خواهد بود. به‌علاوه، مرزهای فکری هوش مصنوعی کاملاً باز است. درحالی‌که دانشجوی علوم قدیمی‌تر، مثل فیزیک ممکن است احساس کند که بهترین ایده‌ها قبلاً توسط گالیله، نیوتن، ماری کوری، انیشتین و دیگران کشف شده‌اند، هوش مصنوعی هنوز فرصت‌های زیادی برای نوابغ تمام وقت دارد.

هوش مصنوعی در حال حاضر طیف گسترده‌ای از زیرحوزه‌ها را دربرمی‌گیرد از موضوعات عمومی (یادگیری، استدلال، ادراک و غیره) تا موضوعات خاص مانند بازی شطرنج، اثبات قضیه‌های ریاضی، نوشتن شعر، رانندگی با خودرو یا تشخیص بیماری‌ها. هوش مصنوعی با هر کار فکری مرتبط است؛ در واقع یک حوزه جهانی است.

1- Intelligence
2- Artificial Intelligence

۱-۱ هوش مصنوعی چیست؟

ما ادعا کردیم که هوش مصنوعی جالب است اما نگفتیم که چیست؟ از نظر تاریخی، پژوهشگران چند نگارش مختلف از هوش مصنوعی را دنبال کرده‌اند. برخی از آن‌ها هوش را از نظر وفاداری به عملکرد انسان تعریف کرده‌اند، درحالی‌که دیگران تعریف انتزاعی و رسمی از هوش را که **عقلانیت**[1] نامیده می‌شود، ترجیح می‌دهند- به زبان ساده، انجام «کار درست». خود موضوع عقلانیت نیز متفاوت است: برخی هوش را ویژگی فرایندهای فکری و استدلال درونی می‌دانند درحالی‌که دیگران بر رفتار هوشمندانه که ویژگی بیرونی است تمرکز می‌کنند.[2]

از این دو بُعد (انسانی در مقابل عقلانی[3] و فکر در مقابل رفتار) چهار ترکیب ممکن وجود دارد و هر چهار مورد، طرفداران و برنامه‌های پژوهشی وجود داشته است. روش‌های مورد استفاده لزوماً متفاوت هستند: پیگیری هوش انسان مانند، باید تا حدی علوم تجربی مرتبط با روان‌شناسی باشد که شامل مشاهدات و فرضیه‌ها در مورد رفتار واقعی انسان و فرایندهای فکری است؛ از سوی دیگر، رویکرد عقلانی شامل ترکیبی از ریاضیات و مهندسی است و به آمار، نظریه کنترل و اقتصاد مرتبط است. گروه‌های مختلف همدیگر را هم کوچک شمرده‌اند و هم به همدیگر کمک کرده‌اند. اکنون این چهار رویکرد را با جزئیات بیشتر بررسی می‌کنیم.

۱-۱-۱ عمل انسان‌گونه: رویکرد آزمون تورینگ

آزمون تورینگ[4] که توسط Alan Turing (۱۹۵۰) پیشنهاد شد، به‌عنوان آزمایش فکری طراحی شد که ابهام فلسفی این سؤال که «آیا ماشین می‌تواند فکر کند؟» را کنار می‌گذارد. کامپیوتر در صورتی قبول می‌شود که پرسشگر انسانی پس از مطرح کردن چند سؤال کتبی نتواند بگوید که پاسخ‌های کتبی از طرف یک فرد هستند یا کامپیوتر. فصل ۲۸ جزئیات آزمون را بحث می‌کند و این‌که کامپیوتر در صورت قبولی واقعاً هوشمند است یا خیر. فعلاً، متذکر می‌شویم که برنامه‌نویسی یک کامپیوتر برای قبولی در آزمون کاربردی دقیق، کار زیادی دارد. کامپیوتر به این قابلیت‌ها نیاز دارد:

- ✓ **پردازش زبان طبیعی**[5] برای برقراری ارتباط موفق به زبان انسانی.
- ✓ **بازنمایی دانش**[6] برای ذخیره آنچه می‌داند یا می‌شنود.

1- Rationality

۲- در انظار عمومی، گاهی بین اصطلاحات «هوش مصنوعی» و «یادگیری ماشین» سردرگمی وجود دارد. یادگیری ماشین زیرحوزه‌ای از هوش مصنوعی است که توانایی بهبود عملکرد را بر اساس تجربه مطالعه می‌کند. برخی سیستم‌های هوش مصنوعی از روش‌های یادگیری ماشین برای دستیابی به شایستگی استفاده می‌کنند، اما برخی از آن‌ها این کار را انجام نمی‌دهند.

۳- ما معتقد نیستیم که انسان‌ها «غیرعقلانی» به معنای «محروم از شفافیت ذهنی عادی» هستند. تنها قبول داریم که تصمیمات انسانی همیشه از نظر ریاضی کامل نیستند.

4- Turing Test
5- Natural Language Processing
6- Knowledge Representation