

هوش مصنوعی

(رهیافتی نوین)

(ویراست سوم)

تألیف: استوارت راسل - پیتروویگ
ترجمه: مهندس عین‌اله جعفرنژاد قمی



علوم رایانه

سرشناسه	: راسل، استوارت جاناثان ؛ Russel, Stuart Jonathan.
عنوان و نام پدیدآور	: هوش مصنوعی (رهیافتی نوین) / تألیف : استوارت راسل ، پیتر نورویگ ؛ ترجمه عین‌اله جعفرنژاد قمی .
وضعیت ویراست	: ویراست ۳ .
مشخصات نشر	: بابل : علوم رایانه ، ۱۳۸۹ .
مشخصات ظاهری	: ۵۴۴ ص . : مصور، جدول .
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۸۹۹۶-۹۹-۹
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Artificial Intelligence : a modern approach
یادداشت	: واژه‌نامه.
موضوع	: هوش مصنوعی
شناسه افزوده	: نورویگ، پیتر ، ۱۹۵۶ - م.
شناسه افزوده	: جعفرنژاد قمی، عین‌اله، ۱۳۳۹ - ، مترجم .
رده‌بندی کنگره	: ۵۳۳۵ / ۲۵۹ ۱۳۸۹
رده‌بندی دیوپی	: ۰۰۶ / ۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۱۰۷۴۰۷



www.olomrayaneh.net

تلفن : ۳۲۶۰۷۷۲ - ۱۱۱۱

علوم رایانه بابل، صندوق پستی ۸۹۱-۴۷۱۳۵

هوش مصنوعی (رهیافتی نوین) - ویراست سوم

تألیف : استوارت راسل و پیتر نورویگ

ترجمه : مهندس عین‌اله جعفرنژاد قمی

چاپ اول

پاییز ۸۹

شمارگان : ۲۰۰۰ نسخه

قیمت : ۱۳۰۰۰ تومان

چاپ و صحافی : فرنگار رنگ

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۸۹۹۶-۹۹-۹

نشانی ناشر: بابل، خیابان مدرس، جنب تأمین اجتماعی، مجتمع تجاری نیما، واحد ۵۴

حروفچینی و صفحه‌آرایی : علوم رایانه

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه

۱۳	۱-۱ هوش مصنوعی چیست ؟
۱۸	۱-۲ میانی هوش مصنوعی
۳۰	۱-۳ تاریخچه هوش مصنوعی
۴۴	۱-۴ شرایط فعلی AI
۴۶	تمرین ها

فصل دوم : عامل های هوشمند

۴۹	۲-۱ عامل ها و محیط ها
۵۲	۲-۲ رفتار خوب : مفهوم خردمندی یا عقلانیت (rationality)
۵۶	۲-۳ ماهیت محیط ها
۶۳	۲-۴ ساختار عامل ها (structure of agents)
۷۸	تمرین ها

فصل سوم : حل مسئله با جست و جو

۸۲	۳-۱ عامل های حل مسئله
۸۸	۳-۲ مسئله های نمونه
۹۵	۳-۳ جست و جو برای جواب ها (راه حل ها)
۱۰۳	۳-۴ استراتژی های جست و جوی نا آگاهانه
۱۱۶	۳-۵ جست و جوی آگاهانه (ابتکاری)
۱۳۰	۳-۶ توابع ابتکاری یا اکتشافی
۱۳۷	تمرین ها

فصل چهارم : فراتر از جست و جوی کلاسیک

۱۴۶	۴-۱ الگوریتم های جست و جوی محلی و مسئله های بهینه سازی
۱۵۷	۴-۲ جست و جوی محلی در فضا های پیوسته
۱۶۲	۴-۳ جست و جو با فعالیت های غیر قطعی
۱۶۸	۴-۴ جست و جو با پاره ای قابل مشاهده
۱۷۸	۴-۵ عامل های جست و جوی آنلاین و محیط های ناشناخته
۱۸۶	تمرین ها

فصل پنجم : جست و جوی خصمانه

۱۹۱	۵-۱ بازی ها
۱۹۳	۵-۲ تصمیم های بهینه در بازی ها
۱۹۸	۵-۳ هرس کردن آلفا - بتا
۲۰۲	۵-۴ تصمیم های بی درنگ ناقص
۲۱۰	۵-۵ بازی هایی با عنصر شانس
۲۱۴	۵-۶ بازی های "پارهای قابل مشاهده"
۲۲۰	۵-۷ برنامه های بازی مدرن
۲۲۴	۵-۸ روش های دیگر
۲۲۶	تمرین ها

فصل ششم : مسئله های ارضای محدودیت

۲۳۴	۶-۱ تعریف مسئله های ارضای محدودیت (CSP)
۲۴۱	۶-۲ انتشار محدودیت : استنتاج در CSP ها
۲۴۹	۶-۳ جست و جوی عقبگرد در CSP ها
۲۵۸	۶-۴ جست و جوی محلی در CSP ها
۲۶۰	۶-۵ ساختار مسئله ها
۲۶۵	تمرین ها

فصل هفتم : عامل های منطقی

۲۷۰	۷-۱ عامل های مبتنی بر دانش
۲۷۲	۷-۲ دنیای و ممیز
۲۷۶	۷-۳ منطق
۲۸۰	۷-۴ منطق گزاره ای : منطق بسیار ساده
۲۸۶	۷-۵ اثبات قضیه ی گزاره ای
۳۰۰	۷-۶ بازرسی مدل گزاره ای کارآمد
۳۰۶	۷-۷ عامل های مبتنی بر منطق گزاره ای
۳۱۸	تمرین ها

فصل هشتم : منطق مرتبه ی اول

۳۲۴	۸-۱ نگاهی دوباره به نمایش
۳۳۰	۸-۲ نحو و معنای منطق مرتبه ی اول
۳۴۲	۸-۳ استفاده از منطق مرتبه ی اول
۳۵۰	۸-۴ مهندسی دانش در منطق مرتبه ی اول
۳۵۷	تمرین ها

فصل نهم : استنتاج در منطق مرتبه ی اول

۳۶۵	۹-۱ استنتاج گزاره ای در مقایسه با استنتاج مرتبه اول
۳۶۹	۹-۲ یکسان سازی و ارتقا
۳۷۴	۹-۳ زنجیره ی پیشرو

۳۸۳.....	۹-۴ زنجیره‌ی عقبگرد.....
۳۹۲.....	۹-۵ تحلیل.....
۴۰۶.....	تمرین‌ها.....

فصل دهم: برنامه‌ریزی کلاسیک

۴۱۳.....	۱۰-۱ تعریف برنامه‌ریزی کلاسیک.....
۴۲۱.....	۱۰-۲ الگوریتم‌هایی برای برنامه‌ریزی به عنوان جست‌وجوی فضای حالت.....
۴۲۹.....	۱۰-۳ گراف‌های برنامه‌ریزی.....
۴۳۹.....	۱۰-۴ سایر روش‌های برنامه‌ریزی کلاسیک.....
۴۴۶.....	۱۰-۵ تجزیه و تحلیل روش‌های برنامه‌ریزی.....
۴۴۷.....	تمرین‌ها.....

فصل یازدهم: برنامه‌ریزی و عمل در دنیای واقعی

۴۵۲.....	۱۱-۱ زمان، زمان‌بندی و منابع (resources).....
۴۵۸.....	۱۱-۲ برنامه‌ریزی سلسله‌مراتبی (Hierarchical).....
۴۷۰.....	۱۱-۳ برنامه‌ریزی و اجرا در دامنه‌های غیرقطعی.....
۴۸۳.....	۱۱-۴ برنامه‌ریزی چندعاملی (multiagent).....
۴۸۹.....	تمرین‌ها.....

فصل دوازدهم: نمایش دانش

۴۹۲.....	۱۲-۱ مهندسی هستی‌شناسی.....
۴۹۵.....	۱۲-۲ طبقات و اشیا.....
۵۰۲.....	۱۲-۳ رویدادها.....
۵۰۸.....	۱۲-۴ رویدادهای ذهنی و اشیای ذهنی.....
۵۱۲.....	۱۲-۵ سیستم‌های استدلال برای طبقه‌ها.....
۵۱۷.....	۱۲-۶ استدلال با اطلاعات پیش‌فرض.....
۵۲۳.....	۱۲-۷ دنیای خرید اینترنتی.....
۵۲۹.....	تمرین‌ها.....

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

مقدمه‌ی نویسندگان

هوش مصنوعی (AI) حوزه‌ی وسیعی است، و این کتاب نیز کتاب جامعی است. سعی کردیم تمام حوزه‌ها را پوشش دهیم، که شامل منطق، احتمالات، و ریاضیات پیوسته، ادراک، استدلال، یادگیری، و فعالیت، و هر چیزی از دستگاه‌های ریز الکترونیکی تا روبات‌های کاوشگر سیاره‌ای است. این کتاب به این دلیل جامع است که جزئیات را مورد بررسی قرار می‌دهد.

عنوان فرعی این کتاب، "رهیافتی نوین" است. این عنوان به این موضوع اشاره می‌کند که به جای توضیح هر زیرحوزه‌ی هوش مصنوعی به سبک خاص خودش، سعی کردیم تا تمام دانسته‌ها در این حوزه، در یک چارچوب مشترک ارائه شود. به همین دلیل، از کسانی که موضوع تخصص آن‌ها با توجه به این روش ارائه مطالب کم اهمیت جلوه داده شده است، پوزش می‌طلبیم.

تغییرات در این ویرایش

این ویرایش، تغییرات AI را از آخرین ویرایش از سال ۲۰۰۳ شامل می‌شود. کاربردهای مهمی از فناوری AI وجود داشته است، مثل استقرار گسترده‌ی تشخیص عملی صدا، ترجمه‌ی ماشینی، وسایل خودمختار، و روبات‌های خانگی. تحولات الگوریتمی نیز صورت گرفته است، مثل حل بازی چکرز، و پیشرفت‌های تئوریک نیز حاصل شده است، مخصوصاً در حوزه‌هایی مثل استدلال منطقی، یادگیری ماشین، و بینایی کامپیوتر. از دیدگاه ما، نکته‌ی مهم، تکامل مداوم راجع به چگونگی تفکر درباره‌ی این حوزه، و چگونگی سازمان‌دهی کتاب است. تغییرات عمده به شرح زیر است:

- تأکید بیشتری بر روی محیط‌های پاره‌ای قابل مشاهده و غیرقطعی کردیم. مخصوصاً در تنظیمات غیراحتمالی جست‌وجو و برنامه‌ریزی، مفاهیم حالت باور (مجموعه‌ای از دنیاهای ممکن) و تقریب حالت (نگهداری حالت باور)، در این تنظیمات معرفی شدند؛ در ادامه‌ی کتاب، احتمالات را در نظر گرفتیم.
- علاوه بر بحث درباره‌ی انواع محیط‌ها و انواع عامل‌ها، انواع نمایش‌هایی را که عامل می‌تواند استفاده کند، با جزئیات بیشتری بحث می‌کنیم. بین نمایش‌های اتمیک (که در آن با هر حالت دنیا مثل یک جعبه‌ی سیاه رفتار می‌شود)، نمایش‌های تجزیه شده (که در آن هر حالت مجموعه‌ای از جفت‌های "مقدار / صفت" است، و نمایش‌های ساختاری (که در آن دنیا شامل اشیاء و روابط بین آن‌ها است)، تمایز قائل شدیم.
- برنامه‌ریزی را با جزئیات بیشتری درباره‌ی برنامه‌ریزی اقتضایی در محیط‌های پاره‌ای قابل مشاهده بحث کردیم و روش جدیدی را در برنامه‌ریزی سلسله‌مراتبی ارائه دادیم.
- مطالب جدیدی درباره‌ی مدل‌های گزاره‌ای مرتبه‌ی اول اضافه کردیم. از جمله مدل‌های دنیای باز برای مواردی که مطمئن نیستیم چه اشیایی وجود دارند.

- فصل مربوط به یادگیری ماشین را کاملاً بازنویسی کردیم، و الگوریتم‌های یادگیری مدرنی را ارائه دادیم.
- جست‌وجو در وب و استخراج اطلاعات را گسترش دادیم، و تکنیک‌های یادگیری از مجموعه‌ی بزرگی از داده‌ها را بررسی کردیم.
- ۲۰٪ مطالب این ویرایش، پس از سال ۲۰۰۰ منتشر شدند.
- تقریباً ۲۰٪ مطالب، بسیار جدید هستند و ۸۰٪ باقیمانده به کارهای قدیمی می‌پردازند ولی معمولاً بازنویسی شدند تا مطالب یکنواخت‌تر شوند.

مروری بر کتاب

موضوع اصلی این کتاب، عامل هوشمند است. AI را مطالعه‌ی عامل‌هایی می‌دانیم که ادراکات را از محیط می‌گیرند و فعالیت‌هایی را انجام می‌دهند. هر چنین عاملی، تابعی را پیاده‌سازی می‌کند که دنباله‌های ادراک را به فعالیت‌ها نگاشت می‌کند، و این توابع را به روش‌های مختلفی نمایش می‌دهیم، مثل عامل‌های واکنشی، برنامه‌ریزان بی‌درنگ، و سیستم‌های نظریه‌های تصمیم. نقش یادگیری را به عنوان گسترش دستیابی طراح به محیط‌های ناشناخته شرح می‌دهیم، و نشان می‌دهیم که در این نقش چگونه طراحی عامل را محدود می‌کنند و از نمایش صریح دانش و استدلال پشتیبانی می‌کنند.

به علم روبایک و بینایی به عنوان مسائلی که به طور مستقل تعریف می‌شوند، نگاه نمی‌کنیم، بلکه به عنوان وسیله‌ای برای رسیدن به هدف می‌نگریم. اهمیت محیط کار را در تعیین طراحی مناسب عامل، مورد تأکید قرار می‌دهیم.

هدف اصلی ما، انتقال ایده‌هایی است که در پنجاه سال گذشته در تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی و همچنین در دو هزار سال اخیر در علوم مرتبط مطرح شده است. سعی کردیم در ارائه این نظرات، با حفظ دقت، از رسمی شدن بیش از حد جلوگیری شود. الگوریتم‌های شبه کد را ارائه دادیم تا ایده‌های مهم با دقت مشخص شوند.

این کتاب عمدتاً برای استفاده در دوره‌های کارشناسی طراحی شده است. کتاب اصلی ۲۷ فصل دارد [من ۱۲ فصل از این کتاب را ترجمه کردم - م]، که مطالعه‌ی هر کدام یک هفته طول می‌کشد و در نتیجه، کل کتاب در دو ترم تدریس می‌شود [کتاب ترجمه شده در یک ترم تدریس می‌شود - م]. برنامه‌ی درسی برای تدریس این کتاب، در وب سایت کتاب با آدرس aima.cs.berkeley.edu دارد. تنها پیش‌نیاز آن این است که آشنایی مختصری با کامپیوتر داشته باشید (الگوریتم‌ها، ساختمان داده‌ها، و پیچیدگی‌ها). برای بعضی از موضوعات، آشنایی با ریاضیات و جبر مقدماتی ضروری است.

تمرین‌ها در آخر هر فصل آمده‌اند. تمرین‌هایی که نیاز به برنامه‌نویسی زیاد دارند با تصویر صفحه‌کلید مشخص شده‌اند. تمرین‌ها می‌توانند با کد موجود در سایت aima.cs.berkeley.edu بهتر حل شوند. بعضی از آن‌ها به حدی بزرگ هستند که به عنوان پروژه‌ی ترم محسوب می‌شوند. بعضی از تمرین‌ها به تحقیقات بیشتری در متون نیاز دارند و این‌ها با تصویر کتاب مشخص شده‌اند.

در سراسر کتاب، نکات مهم با تصویر "اشاره کردن" مشخص شده‌اند.

درباره‌ی وبسایت کتاب

وبسایت aima.cs.berkeley.edu شامل مطالب زیر است:

- پیاده‌سازی الگوریتم‌ها با چندین زبان برنامه‌سازی
- لیستی از ۱۰۰۰ دانشگاه که از کتاب استفاده می‌کنند، که اغلب آن‌ها پیوندهایی به مطالب درسی و برنامه‌ی درسی (سیلابس) دارند.
- لیست همراه با توضیحات با بیش از ۸۰۰ پیوند به سایت‌هایی درباره‌ی محتوای AI
- لیستی از مطالب مکمل برای هر فصل
- چگونگی برقراری ارتباط با گروه بحث درباره‌ی کتاب
- چگونگی ارتباط با مؤلفین برای پرسش‌ها و توضیحات
- اشاره به اشکالات احتمالی در کتاب
- اسلایدها و سایر مطالب برای اساتید

درباره‌ی جلد کتاب

جلد کتاب، موقعیت نهایی بازی ۶ مربوط به مسابقه‌ی سال ۱۹۷۷ بین قهرمان شطرنج کاسپاروف و برنامه‌ی DEEP BLUE را نشان می‌دهد. کاسپاروف که با مهره سیاه بازی می‌کند، مجبور شد از بازی انصراف دهد، و به این ترتیب، اولین بار بود که کامپیوتر در مسابقه‌ی شطرنج، قهرمان انسان را شکست داد. کاسپاروف در بالا نشان داده شده است. در سمت چپ او یک روبات شبیه انسان و در سمت راست او توماس بیز (۱۷۰۲ تا ۱۷۶۱) قرار دارد، که ایده‌های او راجع به احتمالات به عنوان معیاری از باور، زیربنای اغلب فناوری‌های هوش مصنوعی امروزی است. در زیر آن، روبات Mars Exploration Rover را می‌بینیم که در سال ۲۰۰۴ در مریخ نشست و در حال تحقیق درباره‌ی آن سیاره است. در سمت راست، آلن تورینگ (۱۹۵۴ - ۱۹۱۲) قرار دارد، که کار اصلی آن، حوزه‌های علوم کامپیوتر را به طور کلی، و هوش مصنوعی را به طور خاص تعریف کرد. در زیر، Shakey (۱۹۷۲ - ۱۹۶۶) وجود دارد، که اولین روباتی بود که ادراک، مدل‌سازی دنیا، برنامه‌ریزی، و یادگیری را ترکیب کرده و رهبر پروژه‌ی Shakey، چارلز روزن (۲۰۰۲ - ۱۹۱۷) بود. در پایین سمت راست،

آریستولا (322 B.C. - 384 B.C) قرار دارد، که پیشگام مطالعه‌ی مطلق بود؛ کار او تا قرن ۱۹، مدرن بود. در پایین سمت چپ، در پشت اسامی نویسندگان، یک الگوریتم برنامه‌ریزی مربوط به DeMotu Animalium به یونانی اصلی مشاهده می‌شود. پشت عنوان، بخشی از شبکه‌ی بیزی CPSC برای تشخیص پزشکی وجود دارد (Pradhan و همکاران، ۱۹۹۴). پشت صفحه‌ی شطرنج، بخشی از مدل منطق بیزی برای تشخیص انفجار هسته‌ای از سیگنال‌های زمین‌لرزه وجود دارد.

درباره نویسندگان

استوارت راسل در سال ۱۹۶۲ در پورتموت انگلستان به دنیا آمد. مدرک کارشناسی را با کسب بهترین رتبه در رشته فیزیک دانشگاه آکسفورد در سال ۱۹۸۲ و مدرک دکترا در رشته علوم کامپیوتر را از دانشگاه استنفورد در سال ۱۹۸۶ دریافت کرد. سپس عضو هیأت علمی دانشگاه کالیفرنیا در برکلی شد و اکنون در همان دانشگاه استاد رشته علوم کامپیوتر در مدیر مرکز سیستم‌های هوشمند و صاحب کرسی مهندسی Smith - Zadeh است. در سال ۱۹۹۰ جایزه ریاست جمهوری پژوهشگر جوان را از مؤسسه علوم ملی دریافت کرد و در سال ۱۹۹۵ برنده‌ی مشترک جایزه کامپیوتر و فکر شد. در سال ۱۹۹۶؛ در دانشگاه کالیفرنیا، به عنوان Miller professor شناخته شد و در سال ۲۰۰۰ به عنوان رییس دانشگاه منسوب شد. در سال ۱۹۹۸، Forsythe Memorial Lectures را در دانشگاه استنفورد برگزار کرد. او عضو انجمن هوش مصنوعی آمریکا و عضو سابق شورای اجرایی این انجمن است. بیش از ۱۰۰ مقاله در حوزه‌های مختلف هوش مصنوعی منتشر کرد. کتاب‌های دیگر او عبارتند از: "کاربرد دانش در قیاس و استنتاج"، و "کار درست را انجام بده؛ مطالعاتی در عقلانیت محدود".

پیتر نورویگ مدیر بخش پژوهش در شرکت گوگل است. او عضو انجمن هوش مصنوعی آمریکا و نیز عضو شورای اجرایی این انجمن است. پیش از این، مدیر بخش علوم محاسباتی در مرکز تحقیقات ایمس در ناسا بود و در آنجا تحقیقات و دستاوردهای ناسا در حوزه‌ی هوش مصنوعی و علم رباتیک را مدیریت می‌کرد. قبل از آن به عنوان دانشمند ارشد در شرکت جانگلی کار می‌کرد و در آنجا زمینه‌ی ساخت اولین سرویس استخراج اطلاعات از اینترنت را فراهم ساخت. کارشناسی ارشد او در ریاضیات کاربردی از دانشگاه براون و دکترا در رشته علوم کامپیوتر از دانشگاه کالیفرنیا در برکلی است. او جایزه‌ی Distinguished Alumni and Engineering Innovation را از برکلی و مدال Exceptional Achievement را از ناسا دریافت کرد. او استاد دانشگاه کالیفرنیا جنوبی و عضو هیأت علمی پژوهشی در برکلی بوده است. کتاب‌های دیگر او عبارتند از: مدل‌های برنامه‌نویسی در هوش مصنوعی: مطالعات موردی در لیسپ و verbmobil: "یک سیستم ترجمه برای گفتگوی رودرو" و "سیستم‌های کمکی هوشمند برای یونیکس".

بسمه تعالی

مقدمه‌ی مترجم

امروزه هوش مصنوعی کاربردهای متنوعی در حوزه‌های مختلف دارد. مترجم، کتاب‌های هوش مصنوعی زیادی را مورد بررسی قرار داده، کتاب حاضر را با مشورت اهل قلم و مدرسین مجرب، جهت ترجمه انتخاب نموده است. از نکات قابل توجه در ترجمه‌ی این کتاب، وجود واژه‌های جدیدی است که تبدیل آن‌ها به فارسی با دشواری‌های خاصی همراه بوده است. در بعضی موارد تبدیل آن‌ها به فارسی، منجر به آسیب رساندن به مفهوم واژه‌ها می‌شده است که به همین دلیل از ترجمه آن‌ها صرفنظر گردید و به صورت انگلیسی به کار گرفته شدند.

بعضی از واژه‌هایی که به طور یکنواخت در سراسر کتاب به آن‌ها مراجعه می‌شود، در زیر آمده‌اند و مرور آن‌ها در ابتدای مطالعه‌ی کتاب می‌تواند مفید واقع شود:

- **inference** : این واژه در کتاب به واژه‌ی "استنتاج" ترجمه شده است.
- **action** : این واژه برای انجام کاری که توسط عامل هوشمند صورت می‌گیرد، به کار برده می‌شود که در کتاب، "فعالیت" ترجمه شده است.
- **resolution** : این واژه، بیانگر روشی برای استنتاج است که به معنای "حل کردن" یا "رفع کردن" در کتاب به کار برده شد و آن را "تحلیل" ترجمه کردم.
- **entailment** : این واژه به معنای "ایجاب کردن" به کار گرفته شد و "ایجاب کردن" به معنای مستلزم چیزی بودن و لازم گردانیدن است.
- **implication** : این واژه به معنای "استلزام" به کار رفته است که استلزام به معنای لازم شمردن چیزی برای چیز دیگر است.
- **imply** : این واژه به معنای "دلالت کردن" به کار گرفته شده است.
- **heuristic** : این واژه به روش‌هایی اشاره دارد که با ابتکار و اکتشاف به دست می‌آیند و به معنای "ابتکاری" در کتاب به کار برده شده است.
- **literal** : به یک فرمول اتمیک یا تقیض آن اشاره دارد و در کتاب از واژه‌ی "لیترال" استفاده شده است.
- **Clause** : ترکیب فصلی لیترال‌ها است که در متن از واژه‌ی "کلاز" و "بند" استفاده شده است.
- **back propagation** : به معنای "انتشار خطا" است و روش متداولی در هوش مصنوعی است که به "شبکه‌های عصبی مصنوعی" آموزش می‌دهد چگونه کارها را انجام دهند.

- **ground** : واژه‌ای است که به وفور در متن استفاده شد و به معنای پایه (basic) است. مثل "حقیقت پایه‌ای"، که به معنای هر حقیقت بدون متغیر است، مثل P که یک حقیقت پایه‌ای است. ولی حقیقتی که حاوی متغیر باشد، مثل $P(x)$ حقیقت پایه‌ای نیست.
 - **breadth – first search** : روشی در جست‌وجو است که ابتدا سطوح گراف یا درخت را جست‌وجو می‌کند و به معنای "جست‌وجوی عرضی" به کار گرفته شده است. در متون دیگر با واژه‌های جست‌وجوی اول سطح یا جست‌وجوی اول عرض به کار برده شده است.
 - **depth – first search** : روشی در جست‌وجو است که ابتدا عمق‌های گراف یا درخت را جست‌وجو می‌کند و به معنای جست‌وجوی عمقی به کار گرفته شده است. در متون دیگر به معنای جست‌وجوی عمقی یا جست‌وجوی اول عمق به کار برده شده است.
- برای درک بهتر واژه‌های به کار برده شده در متن، اغلب به صورت پاورقی آمده‌اند و در پایان کتاب نیز وجود واژه‌نامه "انگلیسی به فارسی" می‌تواند کمک بزرگی محسوب شود.

عین‌اله جعفرنژاد قمی – پاییز ۸۹

jghomim@yahoo.com