هوش مصنوعی

در پژوهش‌های پزشکی و دندانپزشکی

(راهنمای کاربردی)

تالیف:

دکتر شهاب کاوسی‌نژاد

استادیار گروه ارتودنسی دانشکده دندانپزشکی شهید بهشتی

رتبه برتر بورد ارتودنسی ۱۴۰۱

دکتر شیوا کاوسی‌نژاد

استادیار گروه ترمیمی دانشکده دندانپزشکی اراک

ROYAN-PAZHOUH PUBLISHER

انتشارات رویان پژوه

فهرست

■ پیشگفتار ۱۳

■ فصل ۱: هوش مصنوعی چیست؟ ۱۵

□ تاریخچه‌ای کوتاه از گذشته تا آینده ۱۶

آیا ماشین‌ها می‌توانند فکر کنند؟ ۱۶

کنفرانسی که همه چیز را آغاز کرد ۱۷

موفقیت و شکست ۱۷

زمان، همه زخم‌ها را درمان می‌کند ۱۹

هوش مصنوعی همه جا هست ۱۹

آینده ۱۹

□ ماشین لرنینگ یا یادگیری ماشین ۲۰

یادگیری ماشینی تحت نظارت ۲۲

یادگیری ماشینی بدون نظارت ۲۲

یادگیری نیمه نظارتی ۲۳

برخی از الگوریتم‌های محبوب در یادگیری ماشین ۲۳

حوزه‌های کاربرد یادگیری ماشین ۲۳

□ یادگیری عمیق ۲۵

نحوه عملکرد شبکه عصبی مصنوعی چگونه است؟ ۲۹

□ پردازش زبان طبیعی یا NLP ۳۶

□ سایر شاخه‌های هوش مصنوعی ۳۹

سیستم خبره ۳۹

رباتیک ۴۰

منطق فازی ۴۱
□ کاربرد هوش مصنوعی در رشته‌های علوم پزشکی ۴۲
□ مقدمه‌ای بر کاربرد یادگیری عمیق در علوم پزشکی ۴۳
شبکه‌های عصبی کانولوشنال ۴۴
□ آینده هوش مصنوعی ۴۵
■ فصل ۲: فرآیند یادگیری ماشین ۴۷
□ بیان مساله ۵۰
□ جمع‌آوری داده ۵۱
□ بصری‌سازی و کاوش داده‌ها ۵۱
□ آماده‌سازی و مهندسی ویژگی داده ۵۳
□ انتخاب الگوریتم و روش یادگیری ۵۸
رگرسیون خطی ۶۰
رگرسیون لجستیک ۶۱
درخت تصمیم ۶۳
SVM (Support Vector Machine) ۷۲
Naive Bayes ۷۸
K-Nearest Neighbors ۷۸
جنگل تصادفی ۸۵
درخت‌های بسیار تصادفی ۹۰
الگوریتم‌های کاهش ابعاد ۹۳
Gradient Boost & Ada Boost ۹۶
سایر الگوریتم‌های ترکیب کننده (Ensemble methods) ۹۹
خوشه‌بندی سلسله مراتبی ۱۰۰
خوشه‌بندی K-means ۱۰۰
خوشه‌بندی مبتنی بر چگالی (Density-Based Methods) ۱۰۳
K نزدیک‌ترین همسایه ۱۰۴
تشخیص ناهنجاری ۱۰۴
شبکه‌های عصبی ۱۰۴

- آموزش الگوریتم ۱۰۸
- تست الگوریتم ۱۱۰
  - دقت (Accuracy) ۱۱۱
  - بازخوانی (Recall) ۱۱۱
  - صحت (Precision) ۱۱۱
  - F۱ Score ۱۱۲
  - ماتریکس در هم ریختگی ۱۱۲
  - شاخص جاکارد ۱۱۳
  - شاخص log-loss ۱۱۳
  - منحنی Calibration ۱۱۳
  - منحنی ROC ۱۱۴
  - سایر شاخص‌ها ۱۱۷
- ذخیره مدل و استقرار مدل در سامانه‌های کاربردی ۱۱۸
- جمع‌آوری بازخورد ۱۱۸
- تصحیح الگوریتم ۱۱۹
- پرسش و پاسخ ۱۱۹
  - تفاوت بین یادگیری با نظارت و بدون نظارت چیست؟ ۱۱۹
  - تکنیک‌های منظم‌سازی یا Regularization در یادگیری ماشین چیست؟ ۱۱۹
  - انتخاب ویژگی چیست و چرا اهمیت دارد؟ ۱۱۹
  - تفاوت بین Bagging و Boosting چیست؟ ۱۱۹
  - اعتبارسنجی متقاطع چیست و چه کاربردی دارد؟ ۱۲۰
  - تعادل سوگری-واریانس چیست؟ ۱۲۰
  - چگونه مقادیر از دست رفته یا missing را در دیتاست مدیریت کنیم ۱۲۱
  - بیش برازش و کم برازش چیست؟ ۱۲۱

فصل ۳: پروژه یادگیری ماشین: تشخیص بیماری قلبی ۱۲۳

- تعریف پروژه ۱۲۳
- دیتاست ۱۲۴
- مصورسازی داده‌ها ۱۲۶

- پیش پردازش داده‌ها ۱۳۱
- مدل‌سازی ۱۳۲
  - توضیح یک نکته ۱۳۵
- تست بهترین مدل ۱۳۷
- استقرار در سامانه نرم افزاری ۱۳۹
- پرسش و پاسخ ۱۴۰
  - یادگیری ماشین و انواع آن را به صورت خلاصه تعریف کنید؟ ۱۴۰
  - بیش برازش و کم برازش را توضیح دهید؟ ۱۴۰
  - چند مورد از الگوریتم‌های یادگیری ماشین را به صورت خلاصه توضیح دهید؟ ۱۴۰
  - چند مورد از شاخص‌های ارزیابی مدل را نام ببرید و به طور خلاصه توضیح دهید؟ ۱۴۱
  - مهندسی ویژگی شامل چند حالت است؟ توضیح دهید ۱۴۱
  - متدهای Ensemble را توضیح دهید؟ ۱۴۲

فصل ۴: فرآیند یادگیری عمیق ۱۴۳

- تعریف مساله و هدف پروژه ۱۴۵
- جمع‌آوری و برچسب‌گذاری داده‌ها ۱۴۵
  - مرحله برچسب‌گذاری داده‌ها را چگونه انجام دهیم؟ ۱۴۹
- پیش پردازش داده‌ها ۱۵۲
- طراحی و آموزش مدل یادگیری عمیق ۱۵۶
  - معماری مدل ۱۵۷
  - تنظیمات مدل ۱۷۴
  - دستورات Call back ۱۷۸
  - آموزش مدل ۱۷۹
- ارزیابی و بهبود عملکرد مدل ۱۸۰
- توصیف معماری و نتایج پروژه یادگیری عمیق در مقالات ۱۸۶
  - نمایش نتایج تست به صورت نقشه‌های Heatmap ۱۸۸
- استقرار مدل در محیط کاربردی و طراحی نرم افزار مبتنی بر آن برای استفاده کلینیکی ۱۸۹
- معرفی یک پروژه: تشخیص جنسیت با استفاده از تصویر چشم ۱۹۰
  - دیتاست ۱۹۰

پیش پردازش داده‌ها ۱۹۰
مدل‌سازی ۱۹۰
ارزیابی مدل ۱۹۱
نتیجه تست ۱۹۱
□ یک سوال اساسی! ۱۹۱
■ فصل ۵: پروژه یادگیری عمیق: سامانه تشخیص سرطان ریه با استفاده از CT ۱۹۳
دیتاست ۱۹۵
پیش پردازش داده‌ها ۱۹۵
مدل‌سازی ۱۹۷
تست مدل ۲۰۱
مدل کجای تصویر را نگاه می‌کند؟ ۲۰۳
استقرار در سامانه نرم افزاری ۲۰۳
□ خلاصه ۲۰۵
■ فصل ۶: پروژه یادگیری عمیق: سامانه تشخیص Covid-۱۹ با استفاده از Chest X-Ray ۲۰۷
دیتاست ۲۰۷
پیش پردازش داده‌ها ۲۰۹
مدل‌سازی ۲۱۱
آموزش مدل و اعتبارسنجی ۲۱۳
تست مدل ۲۱۴
استقرار در سامانه نرم افزاری ۲۱۶
■ فصل ۷: پروژه یادگیری عمیق: سامانه تشخیص بدخیمی ضایعات پوستی ۲۱۹
تعریف پروژه ۲۱۹
دیتاست ۲۲۰
پیش پردازش و نمایش داده‌ها ۲۲۱
مدل‌سازی و آموزش مدل ۲۲۴
تست و ارزیابی مدل ۲۲۶
شبکه CNN چگونه می‌بیند؟ ۲۲۷
نتیجه‌گیری ۲۳۲

■ فصل ۸: انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی..... ۲۳۳

- پرسپترون..... ۲۳۵
- Feed Forward (FF)..... ۲۳۸
- Radial Basis Network (RBN)..... ۲۳۹
- Deep Feed-forward (DFF)..... ۲۴۰
- Recurrent Neural Network (RNN)..... ۲۴۱
- Long / Short Term Memory (LSTM)..... ۲۴۳
- Gated Recurrent Unit (GRU)..... ۲۴۸
- Auto Encoder (AE)..... ۲۵۰
- Variational Autoencoder (VAE)..... ۲۵۴
- Denoising Autoencoder (DAE)..... ۲۶۱
- Sparse Autoencoder (SAE)..... ۲۶۷
- Markov Chain (MC)..... ۲۷۴
- Hopfield Network (HN)..... ۲۷۵
- Boltzmann Machine (BM) و Restricted Boltzmann Machine (RBM)..... ۲۷۸
- Deep Belief Network (DBN)..... ۲۸۵
- Deep Convolutional Network (DCN)..... ۲۸۶
- Deconvolutional Neural Networks (DN)..... ۲۸۶
- Deep Convolutional Inverse Graphics Network (DC-IGN)..... ۲۸۶
- Generative Adversarial Network (GAN)..... ۲۸۷
- Liquid State Machine (LSM)..... ۲۸۸
- Extreme Learning Machine (ELM)..... ۲۸۹
- Echo State Network (ESN)..... ۲۹۰
- Deep Residual Network (DRN)..... ۲۹۱
- Kohonen Networks (KN)..... ۲۹۱
- Neural Turing Machine (NTM)..... ۲۹۳

■ فصل ۹: برخی پژوهش‌های هوش مصنوعی در دندان پزشکی ۲۹۵

تشـــخیص و طبقه‌بندی خودکار ضایعات رادیولوســـنت در فک پایین در رادیوگرافی پانورامیک با اســـتفاده از تکنیک تشخیص اشیا یادگیری عمیق ۲۹۸

شبکه‌های عصبی کانولوشنال عمیق برای طبقه‌بندی کارسینوم سلول سنگفرشی زبان با استفاده از طیف‌سنجی رامان ۳۰۰

پیش‌بینی ضرورت جراحی ارتوگناتیک ناقرینگی اسکلتی با استفاده از سفالوگرام بر اساس یادگیری عمیق ۳۰۸

طبقه‌بندی خودکار اسکلتی در سفالومتری جانبی بر اساس هوش مصنوعی ۳۱۲

■ فصل ۱۰: برنامه‌نویسی پایتون ۳۱۷

کد نویسی را در کجا انجام دهیم؟ ۳۱۷

طراحی کد برای یادگیری ماشین: بارگذاری دیتاست و تعریف متغیرها ۳۱۹

طراحی کد برای یادگیری ماشین: کنترل نامتوازن بودن کلاس‌ها ۳۲۱

طراحی کد برای یادگیری ماشین: کنترل داده‌های غایب ۳۲۲

طراحی کد برای یادگیری ماشین: نرمال‌سازی ویژگی‌ها ۳۲۳

طراحی کد برای یادگیری ماشین: کمی کردن ویژگی‌های کیفی ۳۲۳

طراحی کد برای یادگیری ماشین: بصری‌سازی داده‌ها ۳۲۴

طراحی کد برای یادگیری ماشین: رگرسیون لجستیک ۳۲۸

طراحی کد برای یادگیری ماشین: درخت تصمیم ۳۳۰

طراحی کد برای یادگیری ماشین: پرسپترون چند لایه ۳۳۱

طراحی کد برای یادگیری ماشین: نحوه پیدا کردن بهترین پارامترهای مدل ۳۳۲

طراحی کد برای یادگیری ماشین: ترکیب چند مدل یادگیری ماشین ۳۳۳

طراحی کد برای یادگیری ماشین: ذخیره مدل و بارگذاری مدل برای پیش‌بینی ورودی جدید در سامانه نرم افزاری ۳۳۴

طراحی کد برای یادگیری عمیق و شبکه عصبی ۳۳۵

طراحی کد برای یادگیری عمیق: نحوه نوشتن یا کد نویسی یک مدل CNN ۳۴۱

طراحی کد برای یادگیری عمیق بر روی داده‌های تصویری ۳۴۴

طراحی کد برای انجام عملیات data augmentation در یادگیری عمیق ۳۵۵

طراحی کد برای استفاده از IoU برای ارزیابی مدل سگمنت کردن تصویر ۳۵۸

طراحی کد برای ارزیابی مدل یادگیری عمیق ۳۶۰

طراحی کد برای یادگیری عمیق: نمایش معماری مدل به صورت گرافیکی ۳۶۱

طراحی کد برای ادغام یادگیری عمیق و یادگیری ماشین ۳۶۲

طراحی کد برای یادگیری عمیق: مدل CNN برای دو ورودی و یک خروجی ۳۶۴
طراحی کد برای یادگیری عمیق: یادگیری انتقالی یا تنظیم دقیق؟ ۳۶۵
طراحی کد برای یادگیری عمیق: مدل CNN برای دیتاست چند برچسبی ۳۷۲
طراحی کد برای یادگیری عمیق و آخرین مفهوم این کتاب: کانولوشن! ۳۷۵
■ منابع ۳۸۵
■ واژه‌یاب ۳۹۱

پیشگفتار

امروزه هوش مصنوعی، بخش جدایی‌ناپذیری از زندگی را تشکیل می‌دهد. هدف اینجانب از نگارش این کتاب، آگاه کردن محققان علوم پزشکی به این مقوله کاربردی است. مطالب پراکنده بسیاری در زمینه هوش مصنوعی وجود دارد بنابراین تصمیم گرفتیم کتابی برای محققان بنویسیم که با اصطلاحات تخصصی و کاربردی و نقشه راه انجام یک پروژه یادگیری ماشین یا یادگیری عمیق، آشنا شوند. سوال اصلی این است که چرا باید در این زمینه، اطلاعات کسب کنیم؟ پاسخ به این سوال ساده است، چون آینده جهان به این سمت پیش می‌رود. هوش مصنوعی یک سلاح است و دیر یا زود باید خود را برای آن آماده کنیم. کشور ما نباید از این ماراتون که در جهان شروع شده است، عقب بیافتد. پژوهش‌های بی‌شماری را می‌توان در این زمینه در حیطه علم پزشکی و دندان پزشکی انجام داد و سیستم‌های کارآمدی را ساخت که به صورت نرم‌افزار، مشاور یک پزشک یا دندان پزشک یا متخصص این رشته‌ها باشد.

و اما درباره این کتاب، من سعی کرده‌ام به صورت خیلی ساده و به دور از محاسبات پیچیده ریاضی، صفر تا صد مسیر را برای پژوهش‌های علوم پزشکی و دندان پزشکی آموزش دهم. در ابتدا با کلیات و انواع هوش مصنوعی، کاملا آشنا می‌شوید، سپس وارد بحث‌های کاربردی (به دور از نکات ریاضی) و اصطلاحات و نقشه راه پروژه‌های یادگیری عمیق و یادگیری ماشین می‌شوید. در ادامه به بررسی برخی مقالات که در زمینه دندان پزشکی، پروژه‌های هوش مصنوعی را پیاده‌سازی کردند، می‌پردازیم و در پایان، کد نویسی با پایتون را به بحث می‌گذاریم. خیلی از مسائل حوزه هوش مصنوعی، برای پژوهش‌های دندان‌پزشکی کاربردی ندارند. بنابراین در این کتاب، حیطه یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، مخصوصا قسمت‌هایی که با کار پزشکان و دندان پزشکان و متخصصان این رشته مرتبط است، را نگاشته‌ام. مخاطبین این کتاب، دانشجویان یا دندان پزشکان (و پزشکان)، رزیدنت‌ها یا متخصصین علاقه‌مند به پژوهش‌های هوش مصنوعی هستند. این کتاب به شما، ایده‌های بکر و نو آورانه‌ای ارائه می‌دهد تا بتوانید با هر مرکز دانشگاهی در سراسر کشور، قرار داد ببندید و پروژه خود را شروع کنید. برای مطالعه این کتاب نیاز به آشنایی یادگیری عمیق و یادگیری ماشین ندارید. تنها چیزی که نیاز دارید، داشتن علاقه و اشتیاق فراوان به این حوزه است. در این کتاب نه تنها با مفهوم اصطلاحات این حوزه آشنا می‌شوید، بلکه یک دید کلی درمورد نحوه پیاده‌سازی یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای پروژه‌های خود را کسب می‌کنید. در حوزه یادگیری، آموزش از طریق مثال زدن، تاثیر

بهتری بر درک مخاطب می‌گذارد، بنابراین در فصل آخر کتاب، چند مثال برنامه‌نویسی یادگیری ماشین یا عمیق با پایتون، گنجانده شده است که می‌توانید از آن‌ها الگو برداری یا ایده برداری کنید و یا همزمان با فصول ۲ به بعد بخوانید و یاد بگیرید. در این کتاب، برخی از پروژه‌های اینجانب شامل یادگیری ماشین و یادگیری عمیق را مشاهده خواهید کرد و مراحل فنی آن را به زبانی ساده برای شما توضیح داده‌ام. برای مطالعه فصل آخر کتاب (برنامه‌نویسی)، باید آشنایی با برنامه‌نویسی به زبان پایتون را داشته باشید. بنابراین اگر می‌خواهید وارد این حوزه شوید، بهتر است برنامه‌نویسی آن را نیز یاد بگیرید.

درباره قسمت‌های کد نویسی باید اشاره کنم که در پایتون، علامت # به معنای یک نظر یا توضیح است. وقتی شما از این علامت در ابتدای یک جمله استفاده می‌کنید، پایتون، آن جمله را نادیده می‌گیرد و اجرا نمی‌کند. در کد نویسی‌های این کتاب، این عبارت‌ها به رنگ نارنجی مشخص شده‌اند و توضیحاتی درمورد کدهای زیر این عبارت، می‌دهد. برای مثال مورد زیر را نگاه کنید:

```
# Importing numpy library        =    توضیحات (اجرا نمیشود)
import numpy as np               =    دستور و کد (اجرا می شود)
```

چرا کد نویسی در پایتون مهم است؟ زیرا پایتون بهترین زبان برنامه‌نویسی برای الگوریتم‌های هوش مصنوعی است. بنابراین، اینجانب در این کتاب، هم فرآیندهای تئوری و مفاهیم هوش مصنوعی را بیان کرده‌ام (برای همه محققان این حوزه) و هم به طور خاص برای برنامه نویسان این حوزه و یا علاقمند به یادگیری برنامه‌نویسی هوش مصنوعی، نمونه‌های کدنویسی در پایتون را نوشته‌ام و آن‌ها را توضیح داده‌ام. در نتیجه، این کتاب دو هدف را دنبال می‌کند. هدف اول، یاد دادن مفاهیم و مباحث تئوری این حوزه به علاقمندان و محققان، و هدف دوم، یاد دادن کدنویسی پایتون برای برنامه نویسان مبتدی این حوزه. به صورت کلی می‌توانید این کتاب را شروع کنید یا به عنوان نقشه راهی برای پژوهش‌ها و جمع‌بندی برای دانسته‌هایتان در نظر بگیرید. به یاری خداوند، با این کتاب، در این حوزه می‌توانید توانمند شوید. در پایان از دکتر شیوا کاوسی نژاد، برای نگارش فصل اول این کتاب تشکر می‌کنم. خوشحال می‌شوم با نظرات و پیشنهادات سازنده خود، ما را در جهت هرچه بهتر کردن مطالب و فهم آن‌ها یاری رسانید.

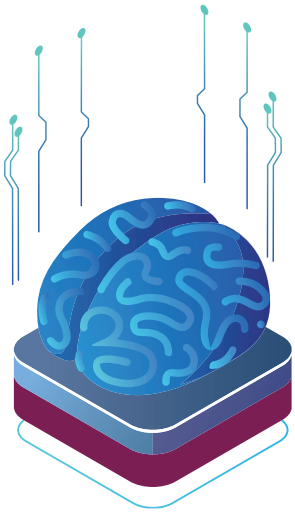
دکتر شهاب کاوسی نژاد

اردیبهشت ۱۴۰۲

وبسایت:

نرم افزار جامع ارتودنسی - Hexagon Imaging وبسایت دکتر شهاب کاوسی نژاد (kavousi-ortho.ir)

فصل ۱



هوش مصنوعی چیست؟

مولف: دکتر شیوا کاوسی نژاد

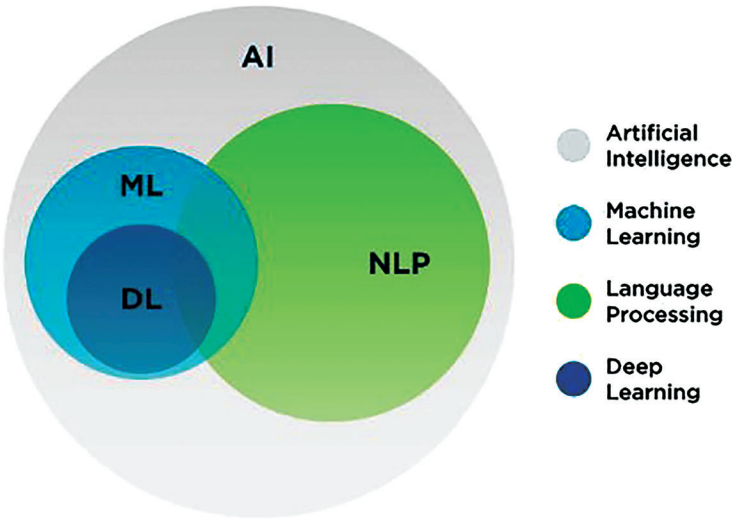
هوش مصنوعی (AI) توانایی یک کامپیوتر یا ربات کنترل شده توسط کامپیوتر است که بتواند وظایف مربوط به موجودات هوشمند را انجام دهد. انواع هوش مصنوعی را می‌توان بر اساس کاربرد یا قابلیت‌های آن‌ها طبقه‌بندی کرد. بر اساس کاربرد، چهار نوع هوش مصنوعی وجود دارد:

- ماشین‌های هوش مصنوعی واکنش‌گر (Reactive Machines AI) که تنها به وضعیت فعلی ورودی واکنش نشان می‌دهند و حافظه یا تجربه ندارند.
- هوش مصنوعی با حافظه محدود (Limited Memory AI) که قادر به استفاده از داده‌های گذشته برای تصمیم‌گیری در حال حاضر هستند، اما داده‌های گذشته را نگه‌نمی‌دارند.
- نظریه ذهن (Theory of Mind AI) که قادر به درک احساسات، عقاید، خواسته‌ها و انتظارات دیگران هستند و با آن‌ها تعامل دارند.
- خودآگاه (Self-Aware AI) که قادر به شناسایی خود، درک حالات خود، تغییر خود و تأثیر خود بر محیط هستند.

درحال حاضر، بیشتر پروژه‌های هوش مصنوعی، در دسته دوم قرار دارند. انواع هوش مصنوعی بر اساس قابلیت‌ها عبارتند از:

- "هوش مصنوعی محدود" (Narrow AI) که تنها قادر به انجام یک وظیفه خاص است.
- "هوش مصنوعی عمومی" (General AI) که قادر به انجام هر وظیفه‌ای است که یک انسان می‌تواند از پسش برآید.
- "ابَر هوش مصنوعی" (Super AI) که قادر به فراتر رفتن از تمام توانایی‌های یک انسان است.

به نظر می‌رسد که امروزه در سال ۲۰۲۳ روش "هوش مصنوعی محدود" انجام می‌شود. شکل ۱-۱، حوزه‌های هوش مصنوعی را نشان می‌دهد. که هریک را توضیح می‌دهیم.



« شکل ۱-۱

تاریخچه‌ای کوتاه از گذشته تا آینده

تاریخچه هوش مصنوعی بسیار جذاب و پر فراز و نشیب است. این شاخه علمی از دوران باستان با افسانه‌ها و داستان‌هایی در مورد موجودات مصنوعی دارای هوش یا آگاهی شکل گرفته است. اما پایه‌ریزی علمی آن در کنفرانس دارتموث در سال ۱۹۵۶ صورت گرفت. از آن زمان تا کنون، هوش مصنوعی با چالش‌ها، پیشرفت‌ها، خوش‌بینی‌ها و ناامیدی‌های بسیار روبرو شده است.

آیا ماشین‌ها می‌توانند فکر کنند؟

در نیمه اول قرن بیستم، داستان‌های علمی تخیلی، جهان را با مفهوم ربات‌های دارای هوش مصنوعی آشنا کرد. در دهه ۱۹۵۰، نسلی از دانشمندان، ریاضیدانان و فیلسوفانی داشتیم که مفهوم هوش مصنوعی (یا AI) از نظر فرهنگی در ذهنشان نقش بسته بود. یکی از این افراد آلن تورینگ بود، یک جوان انگلیسی که امکان ریاضی هوش مصنوعی را بررسی می‌کرد. تورینگ پیشنهاد کرد همانطور که انسان‌ها از اطلاعات موجود و همچنین عقل خود برای حل مشکلات و تصمیم‌گیری‌ها استفاده می‌کنند، چرا ماشین‌ها نتوانند همین کار را انجام دهند؟ این چارچوب منطقی در مقاله او در سال ۱۹۵۰ با عنوان ماشین‌های محاسباتی و هوش بود که در آن نحوه ساخت ماشین‌های هوشمند و چگونگی آزمایش هوش آنها را مورد بحث قرار داد. چه چیزی باعث شد که تورینگ نتواند در آن زمان، بر روی آن کار کند؟ اول اینکه کامپیوترها نیاز به