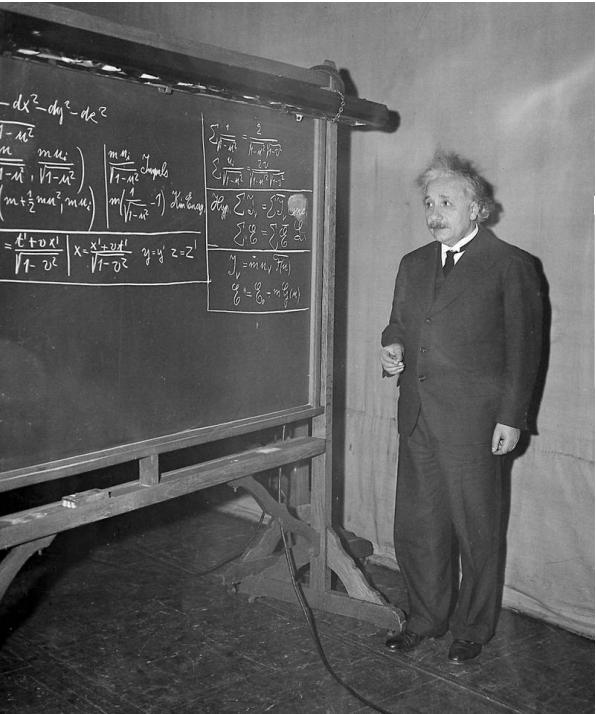


هوش مصنوعی: پیشان علم بنیادی

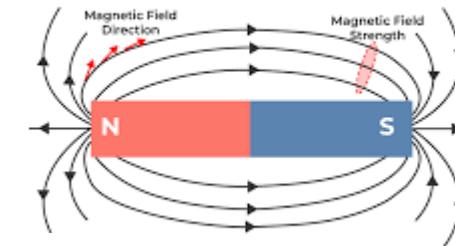
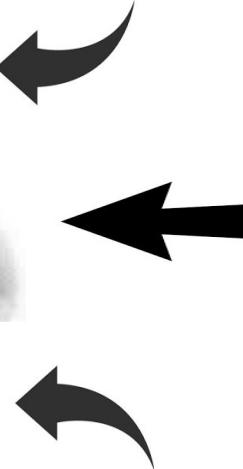
حامد بخشیان



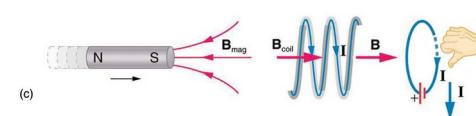
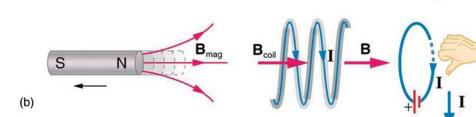
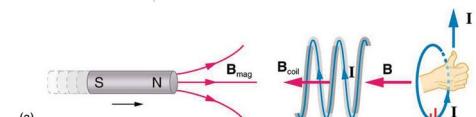
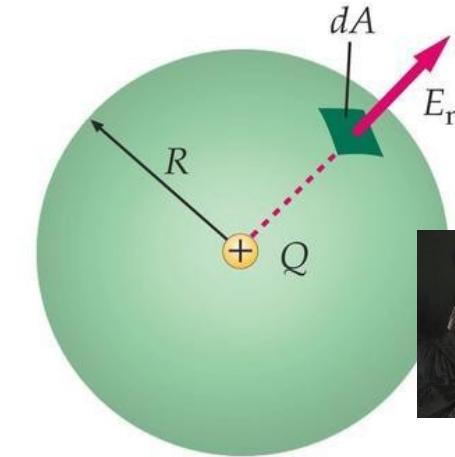
دانش بشر نسبت به طبیعت همواره از
تل斐ق انجام آزمایش‌های دقیق و
نظریه‌پردازی هوشمندانه پیشرفت کرده
است.



$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}\end{aligned}$$



$$E_n = \frac{kQ}{R^2}$$

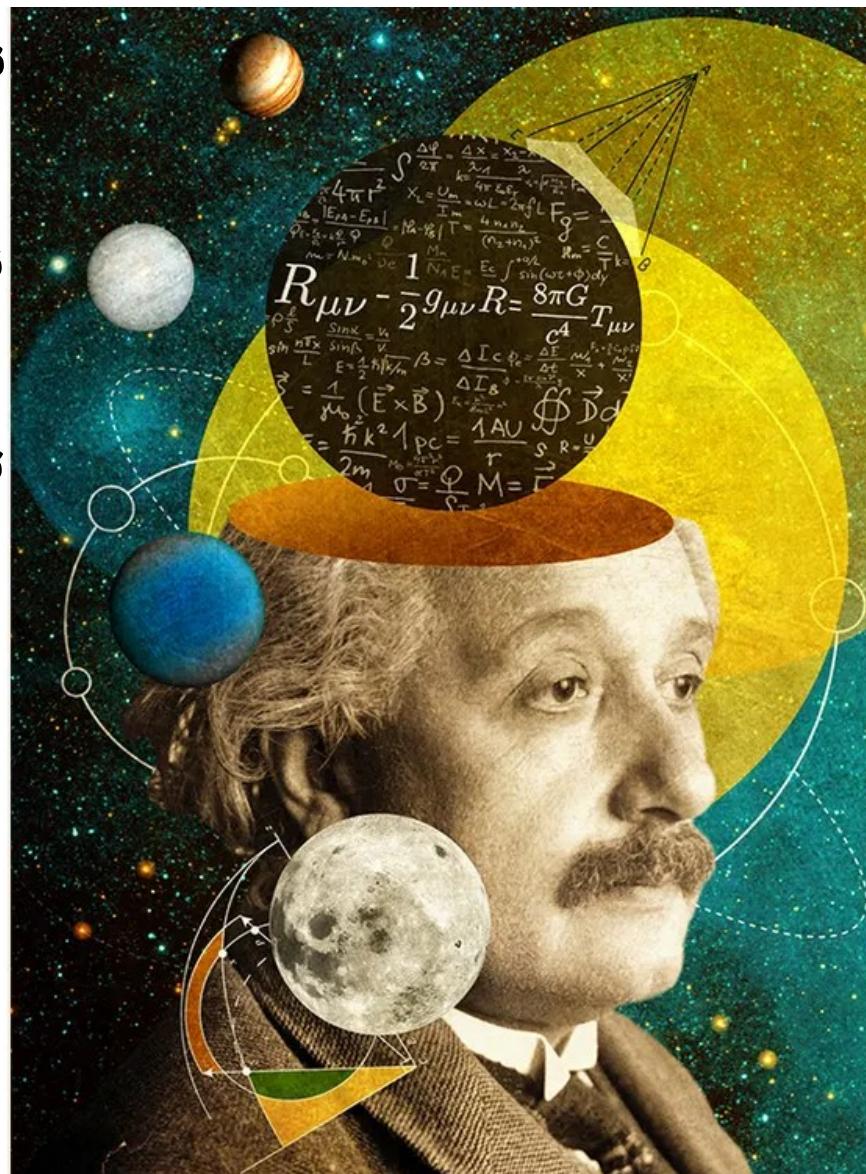
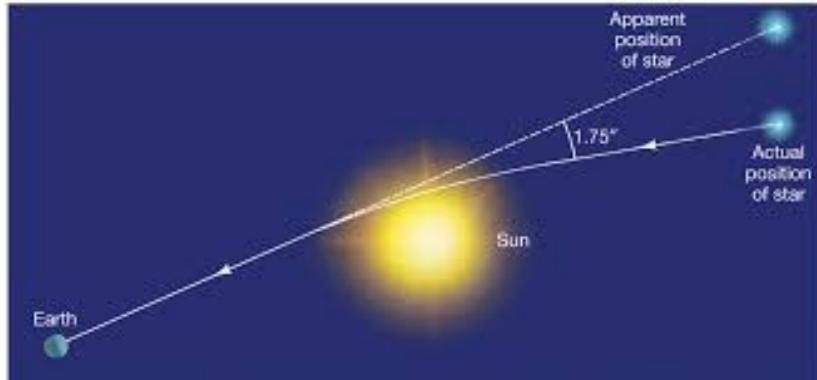


نظریه نسبیت خاص انیشتین

نظريه‌ي نسبيت عام

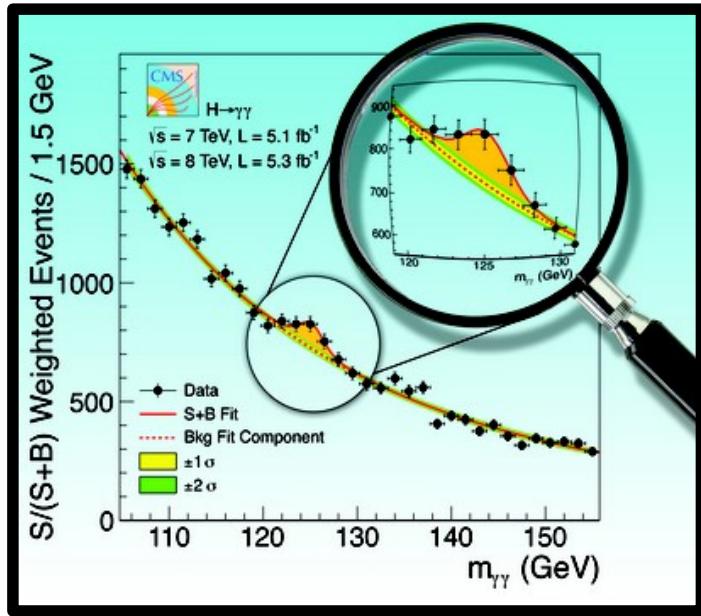
نظريه‌ي پردازی انيشتون، بدون بنيان تجربى محكم از ابتدا

تأييد تجربى خميده شدن مسیر نور در اثر گرانش پس از
گذشت چندين سال

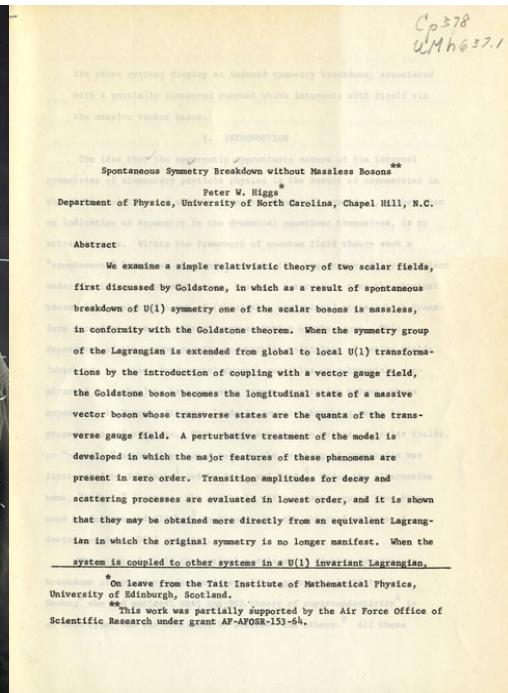
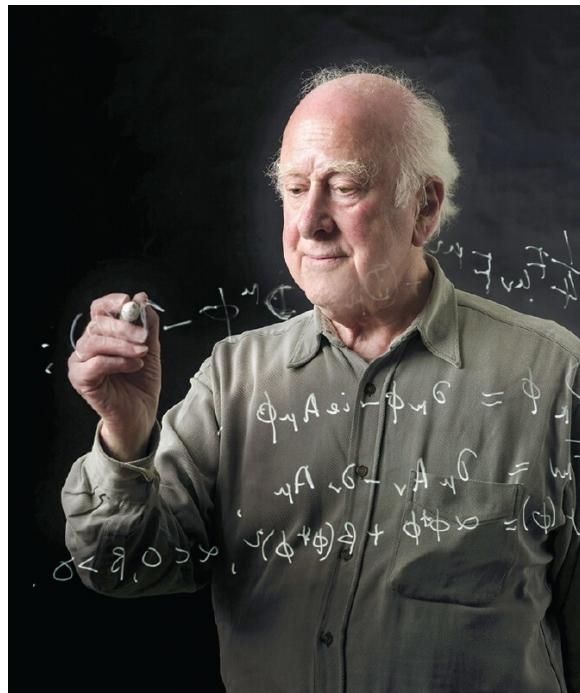


کشف این ذره در سال ۲۰۱۲ توسط آزمایشگاهی CMS و

ATLAS در سرن



پیش‌بینی وجود یک ذره (به نام هیگز بوزون) که مسئول جرم دار کردن بقیه‌ی ذرات است (دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی)



چگونه هوش مصنوعی مرزهای علوم بنیادی را گسترش می دهد

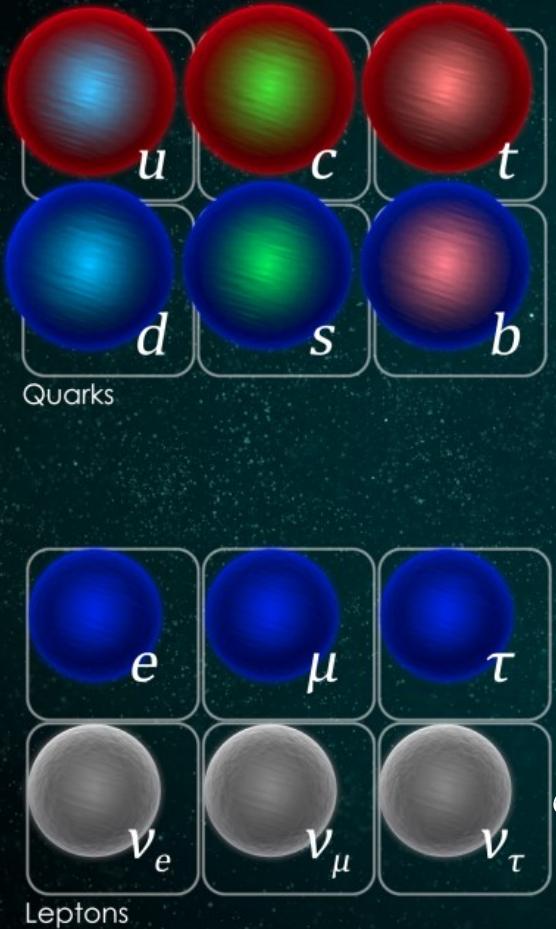
the human pursuit of knowledge in its purest form; the process by which we develop new theories and start to explain what we can't understand.

ذرات بنیادی - کیهانشناسی

مطالعه فیل دایناسورها

مدل استاندارد ذرات بنیادی:

تمام دانش ما نسبت به ذرات سازندهی عالم و برهمکنش‌های آنها



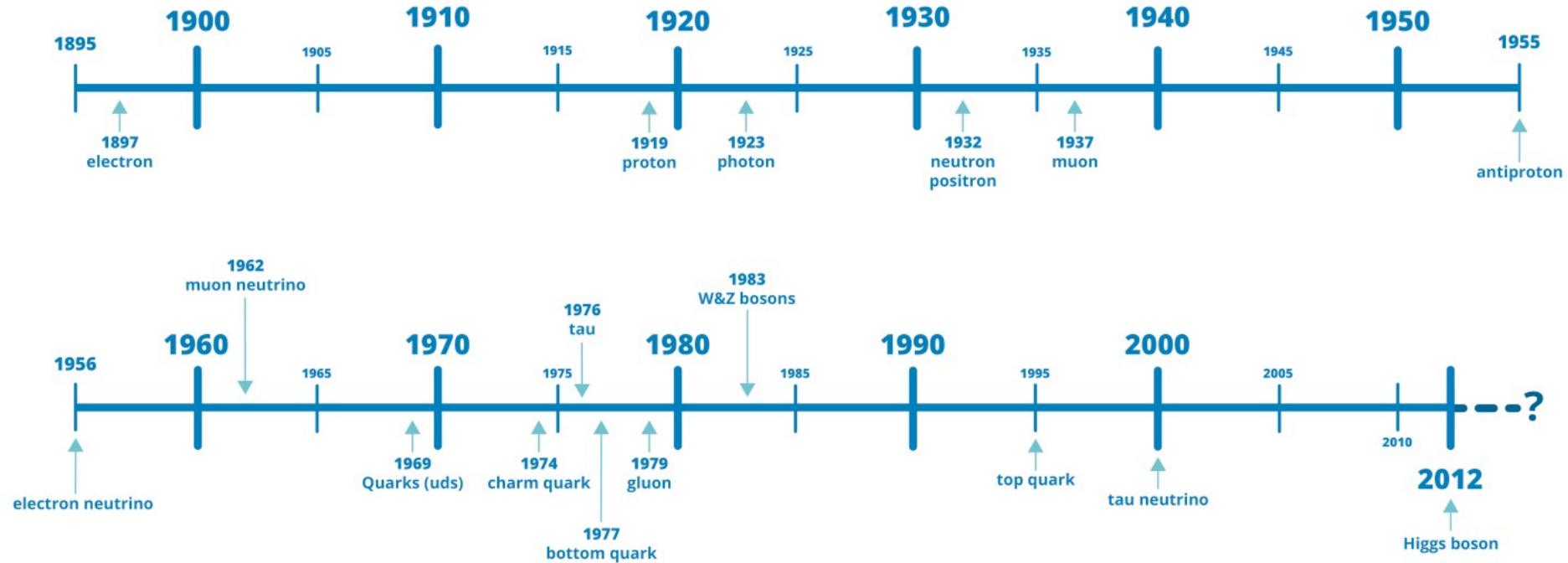
قدرت پیش‌بینی خیره‌کننده در توصیف آزمایش‌های بسیار دقیق
توانایی بسیار بالا در پیش‌بینی ذرات جدید



ACCELERATING SCIENCE

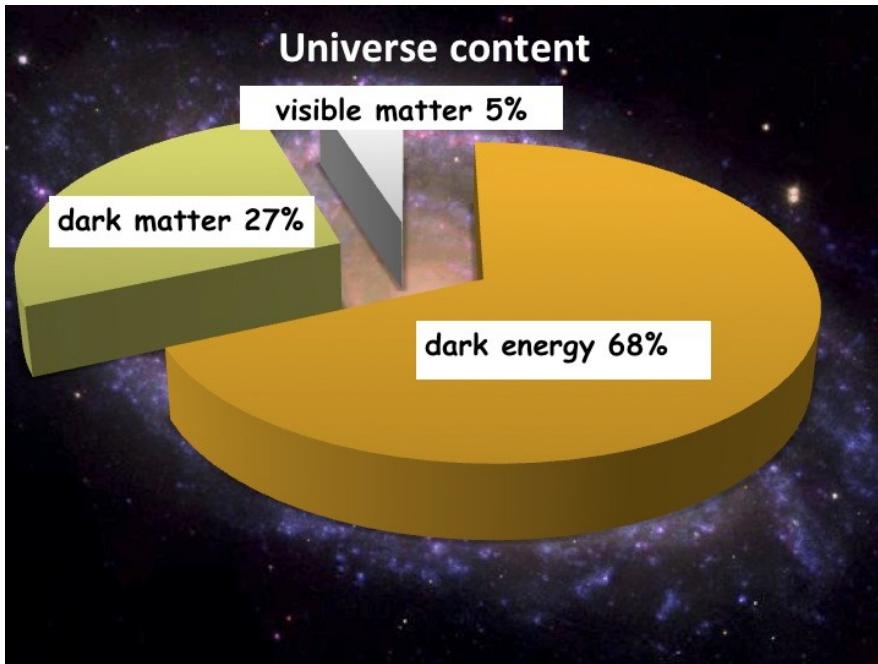


Key particle discoveries



مدل استاندارد دقیق است؛ اما

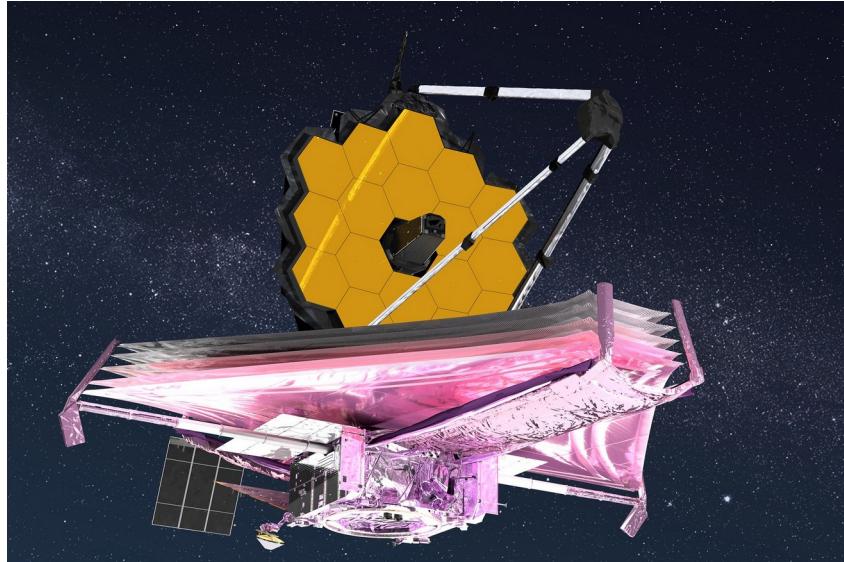
رازهای زیادی از طبیعت را هنوز نمی‌تواند توضیح دهد:



- عدم تقارن ماده و پادماده
- منشاء ماده‌ی تاریک
- نحوه اعمال نیروی «گرانش»
- •

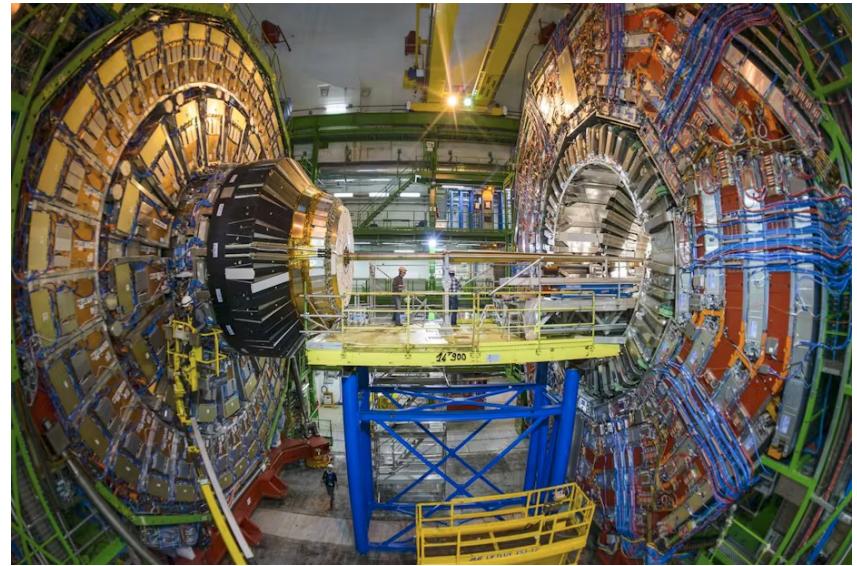
کلید پیش روی: آزمایش

کیهان‌شناسی



تلسکوپ‌های بزرگ (جیمزوب/ناسا)

ذرات بنیادی



برخورد دهنده‌های ذرات (سرن)

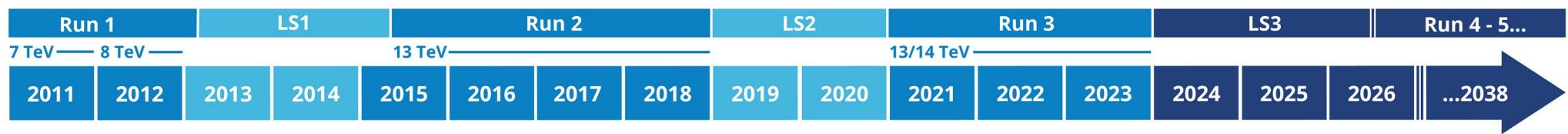
برخورد دهنده‌ی بزرگ هادرونی: LHC



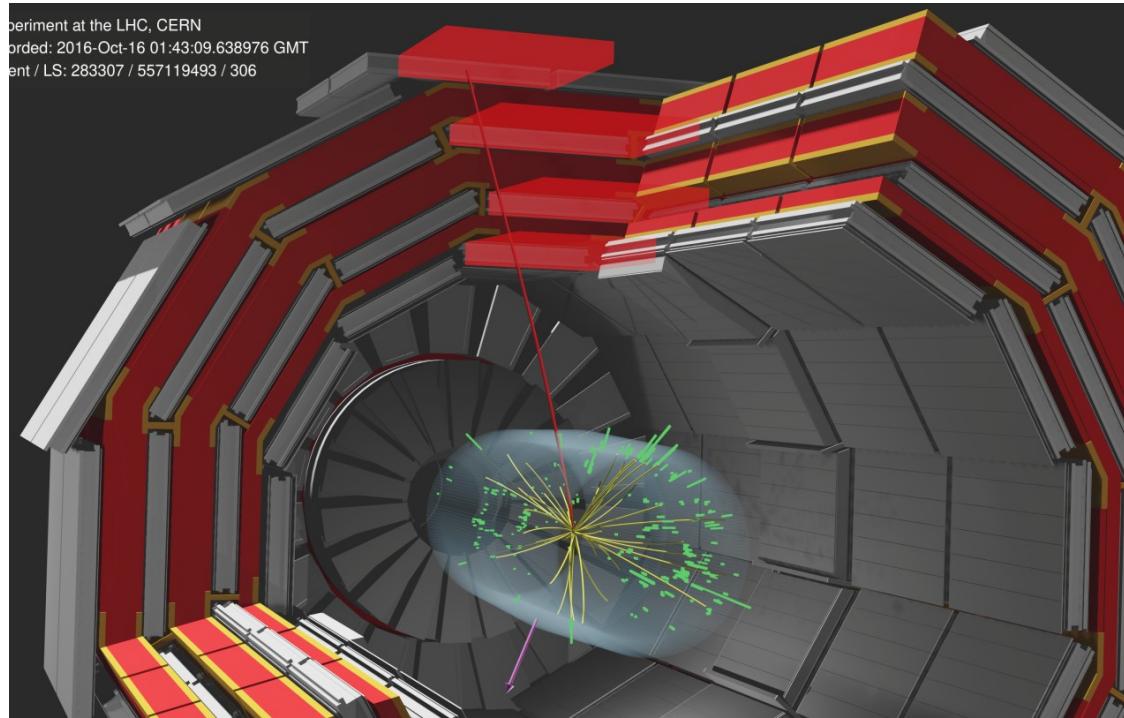
- تونلی به محیط ۲۷ کیلومتر و ۱۰۰ متر زیر زمین در مرز سوئیس و فرانسه
- شتاب دهنده و برخورد دهنده‌ی پروتون‌ها در انرژی بسیار بالا
- ۴ میلیون برخورد در هر ثانیه

Large Hadron Collider (LHC)

HL-LHC



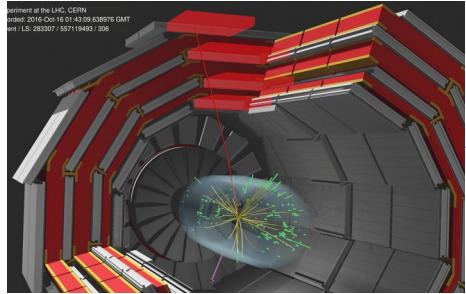
آشکارسازی برای ضبط نتایج برخورد پروتون‌ها : CMS



- استوانه‌ای با قطر ۱۴ متر و طول ۲۱ متر
- در اطراف محل برخورد پروتون‌ها
- تشکیل شده از لایه‌های مختلف برای تشخیص تمام ذرات تولید شده
- وزن : ۱۴ هزار تن
- میدان مغناطیسی : ۴ تсла
- توانایی گرفتن ۴۰ میلیون عکس در ثانیه
- ...

دانشگاه صنعتی اصفهان از سال ۱۳۹۸ عضو این آزمایش است

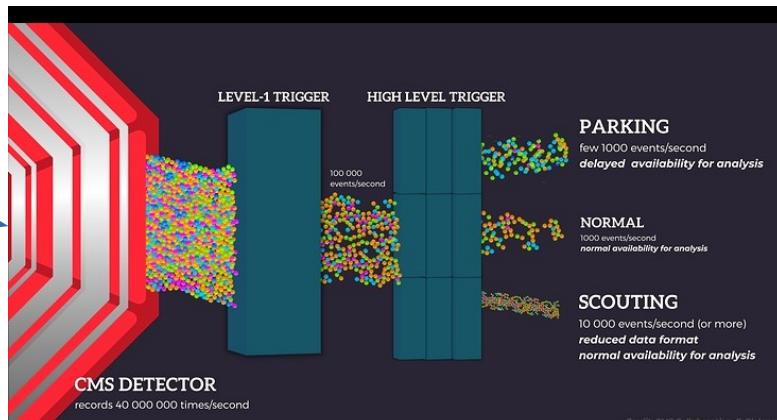
از داده‌های خام تا فیزیک



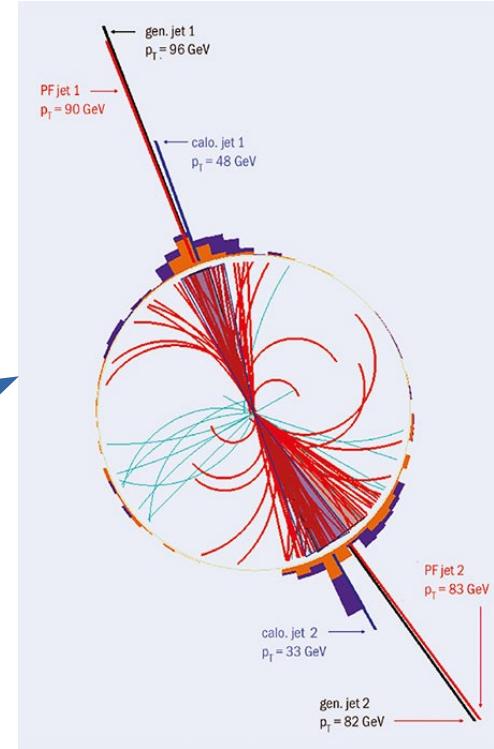
خروجی آزمایش: صفر و یک



تصمیم گیری آنلاین برای ذخیره‌ی داده‌ها

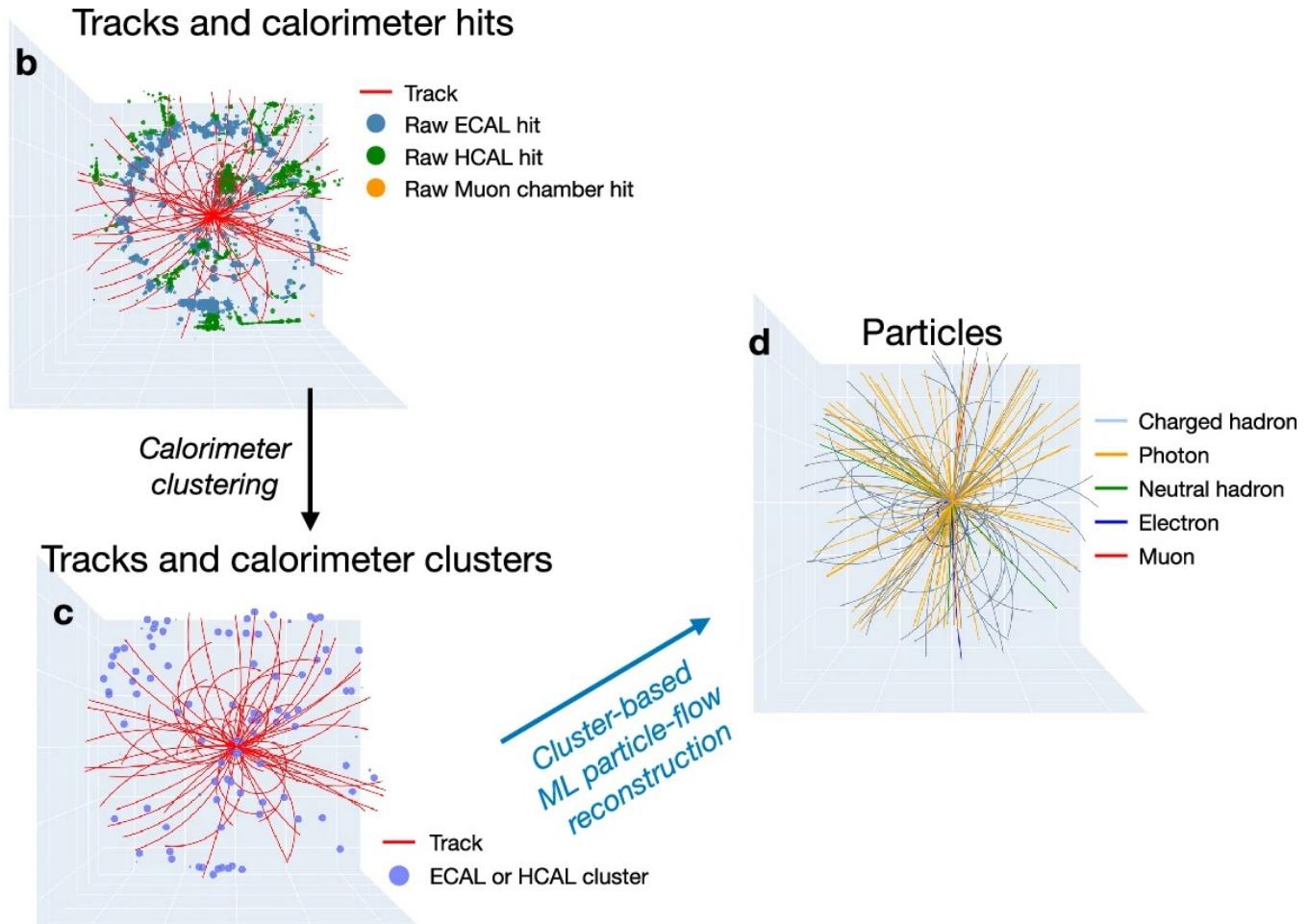
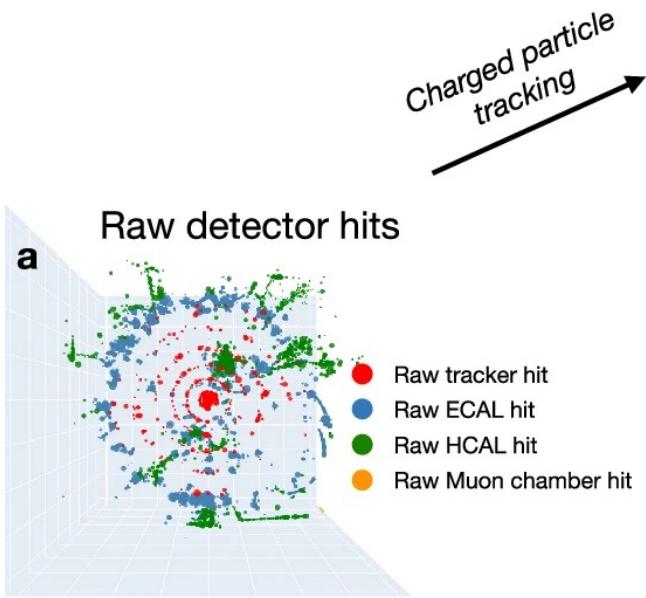


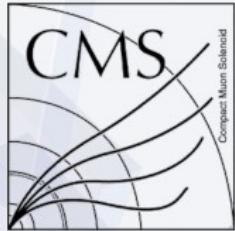
بازسازی حاصل برخورد
پروتون‌ها از صفر و یک‌ها



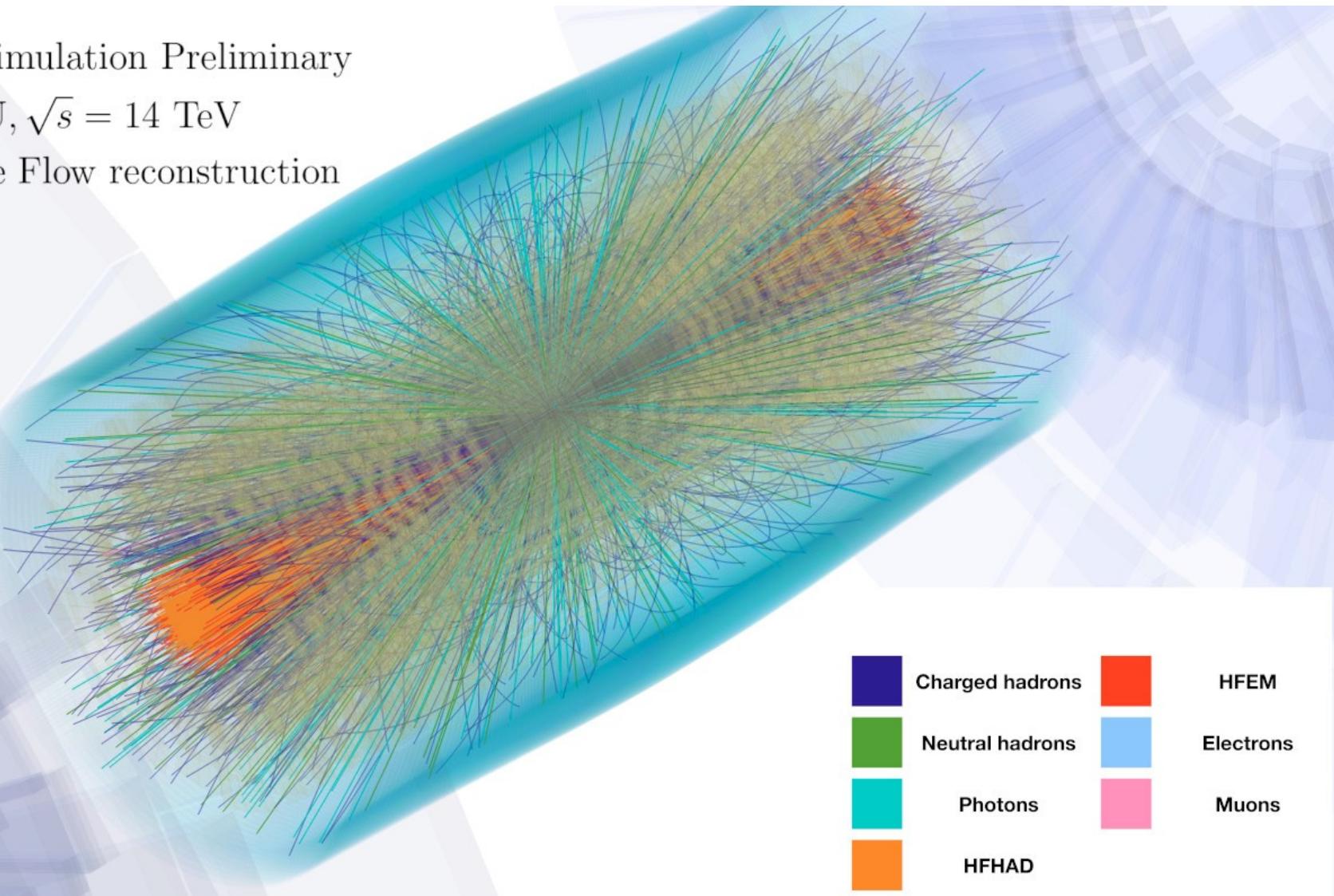
بازسازی رویداد:

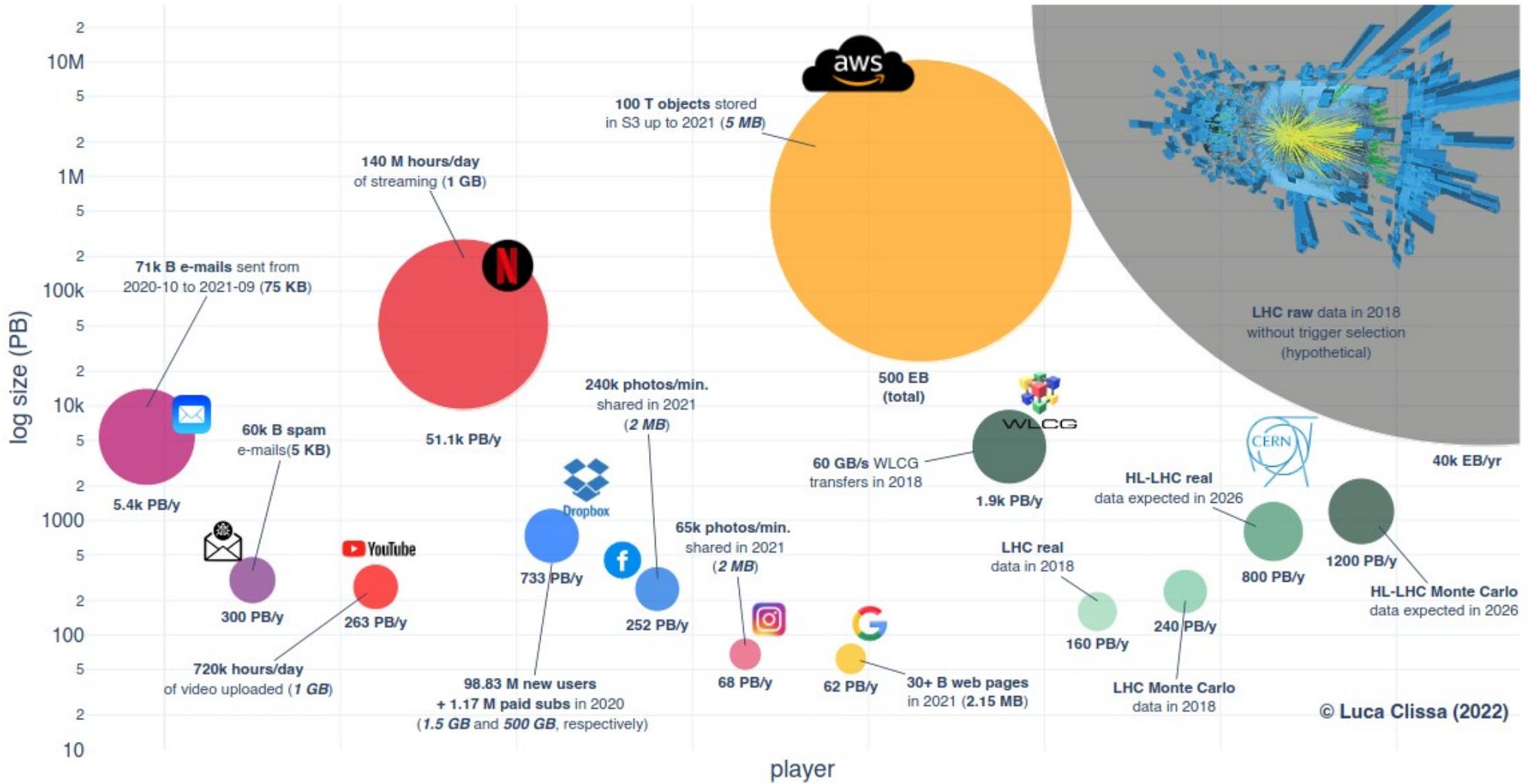
اتصال صفرویک ها برای پیدا کردن محصولات برخورد



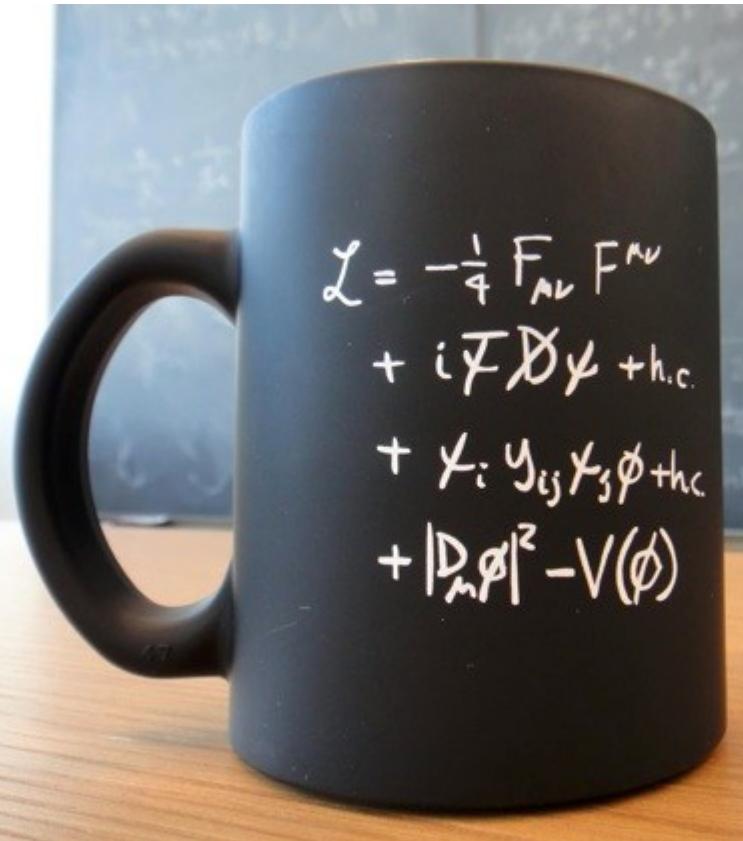


CMS Simulation Preliminary
 $t\bar{t} + PU$, $\sqrt{s} = 14$ TeV
Particle Flow reconstruction



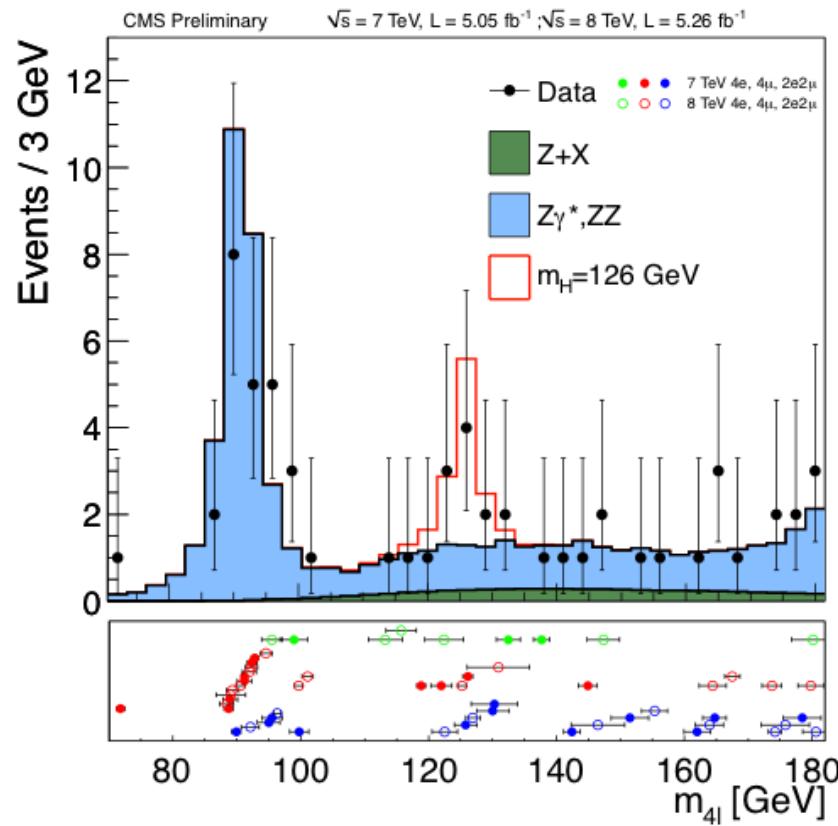
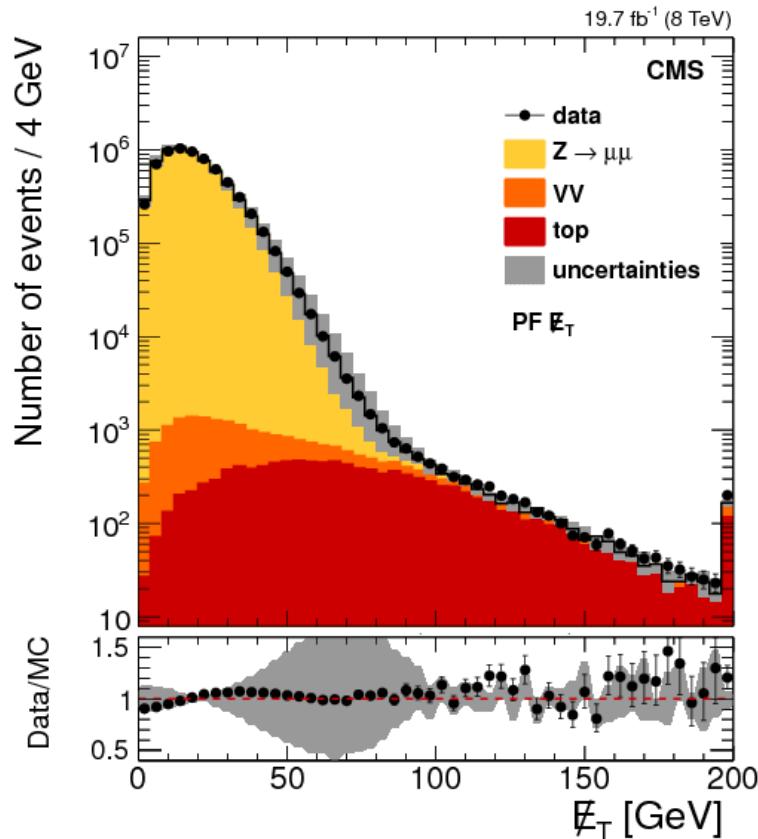


شبیه‌سازی: ابزار درک سریع داده‌ها



- رد یا قبول نظریه‌ها: مقایسه‌ی داده‌ها با نظریه
- شبیه‌سازی: تبدیل فرمول‌های ریاضی به چیزهای قابل مقایسه با داده
- تمام اتفاقاتی که در دنیای واقعی بر سر ذرات می‌اید را باید شبیه‌سازی کنیم

شبیه‌سازی: ابزار درک سریع داده‌ها

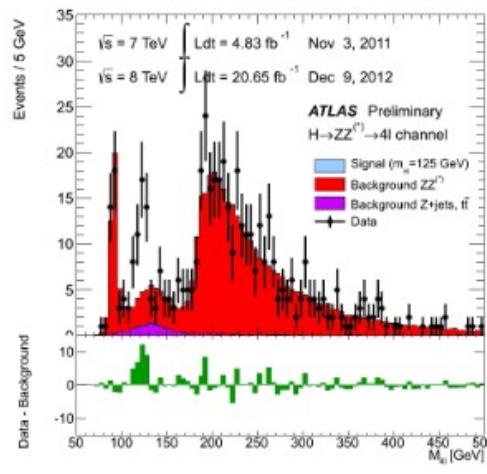
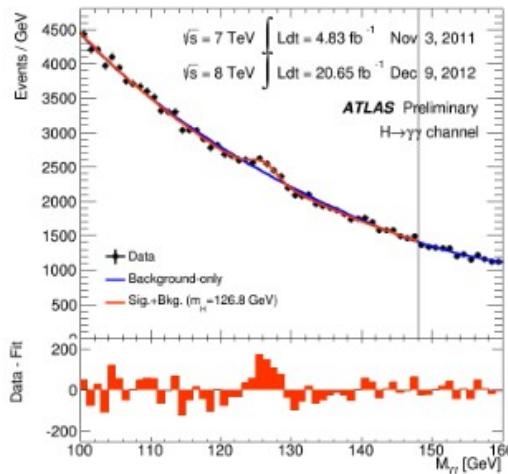


یادگیری ماشین و هوش مصنوعی



July 2012

نوبیل ۱۳



ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks

Alex Krizhevsky
University of Toronto
kriz@cs.utoronto.ca

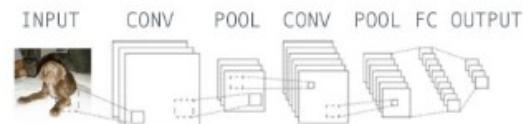
Ilya Sutskever
University of Toronto
ilya@cs.utoronto.ca

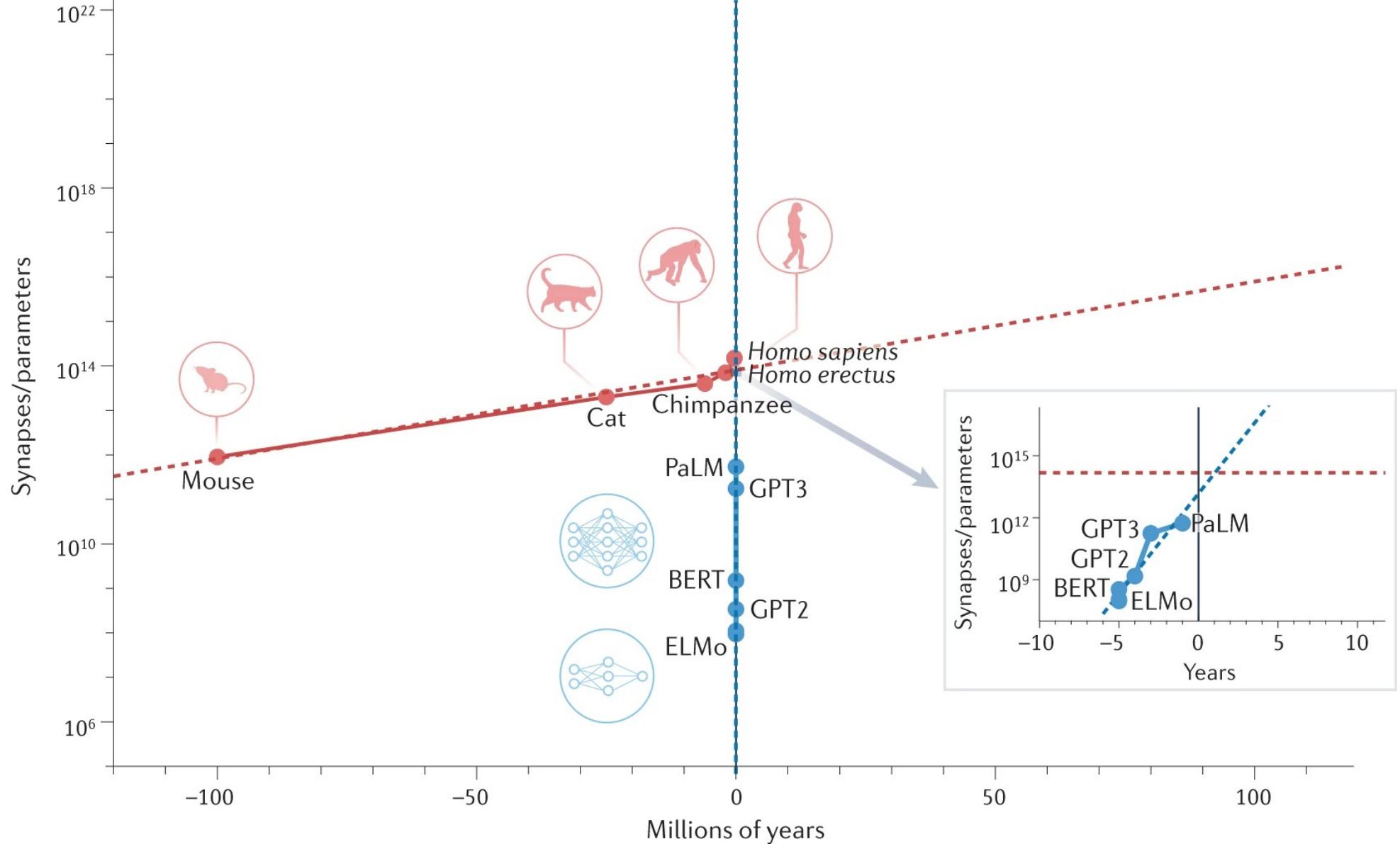
Geoffrey E. Hinton
University of Toronto
hinton@cs.utoronto.ca

نوبیل ۱۴

Abstract

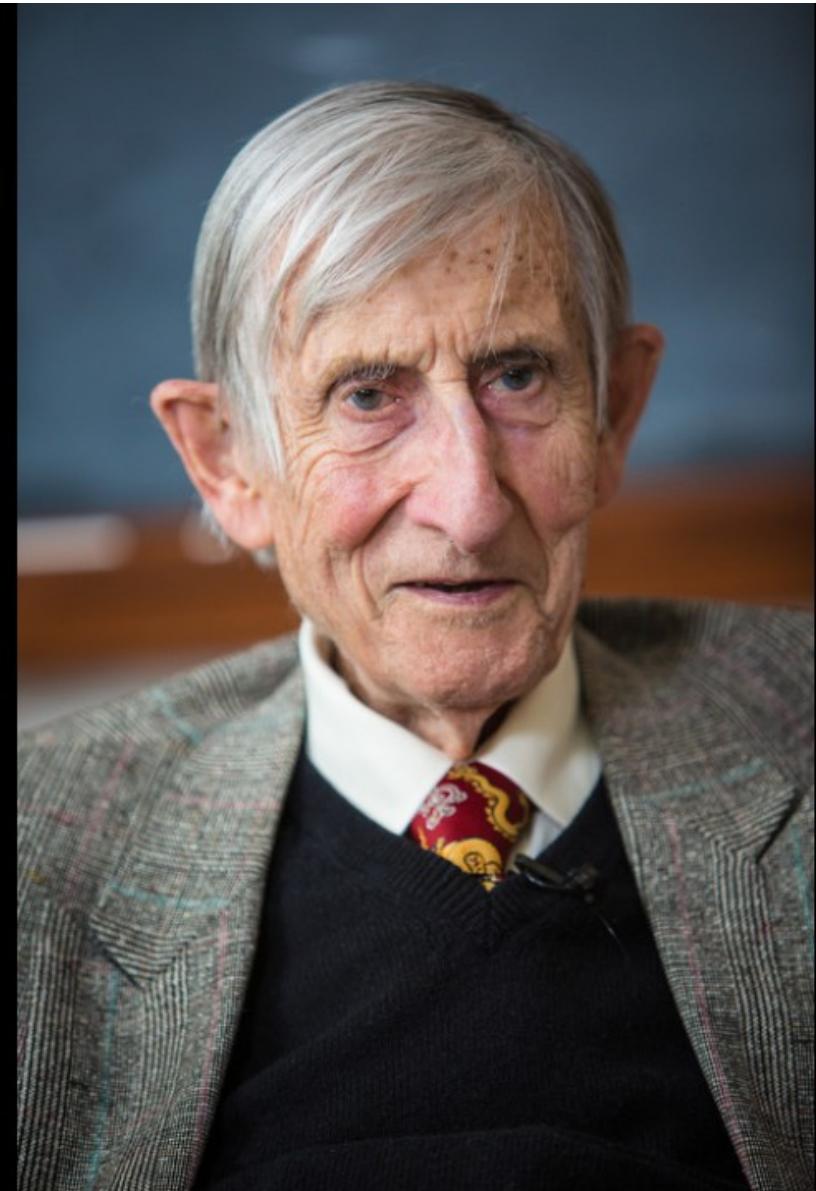
We trained a large, deep convolutional neural network to classify the 1.2 million high-resolution images in the ImageNet LSVRC-2010 contest into the 1000 different classes. On the test data, we achieved top-1 and top-5 error rates of 37.5% and 17.0% which is considerably better than the previous state-of-the-art. The neural network, which has 60 million parameters and 650,000 neurons, consists of five convolutional layers, some of which are followed by max-pooling layers, and three fully-connected layers with a final 1000-way softmax. To make training faster, we used non-saturating neurons and a very efficient GPU implementation of the convolution operation. To reduce overfitting in the fully-connected layers we employed a recently-developed regularization method called “dropout” that proved to be very effective. We also entered a variant of this model in the ILSVRC-2012 competition and achieved a winning top-5 test error rate of 15.3%, compared to 26.2% achieved by the second-best entry.



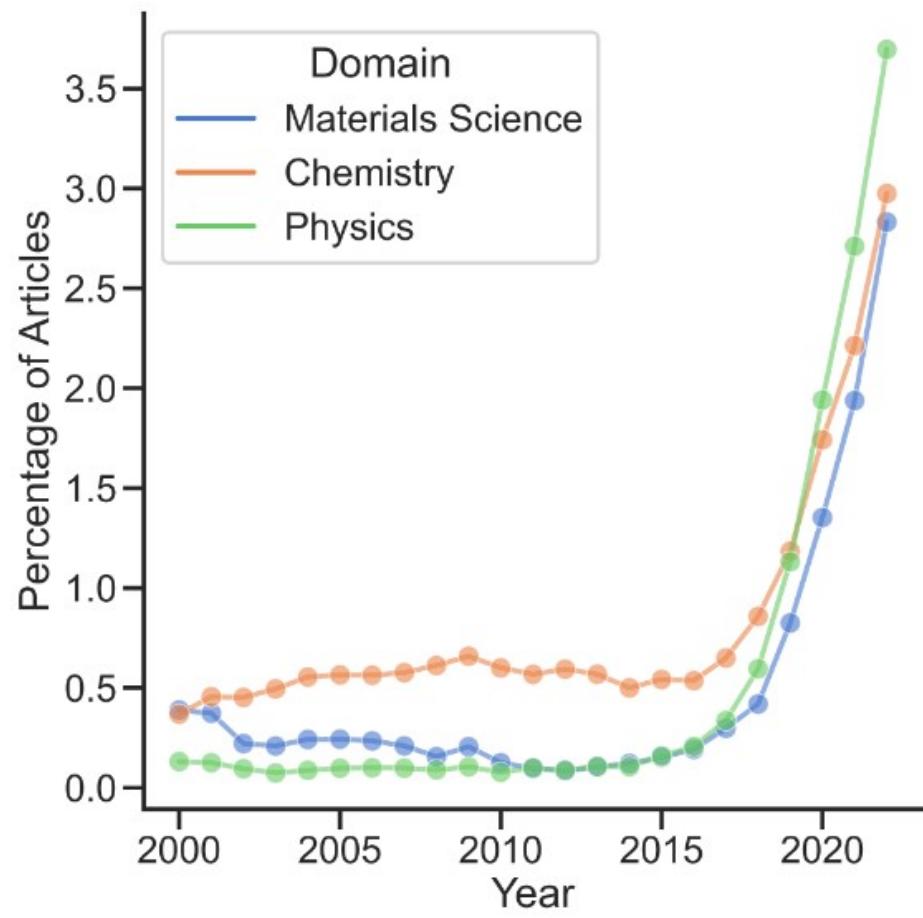
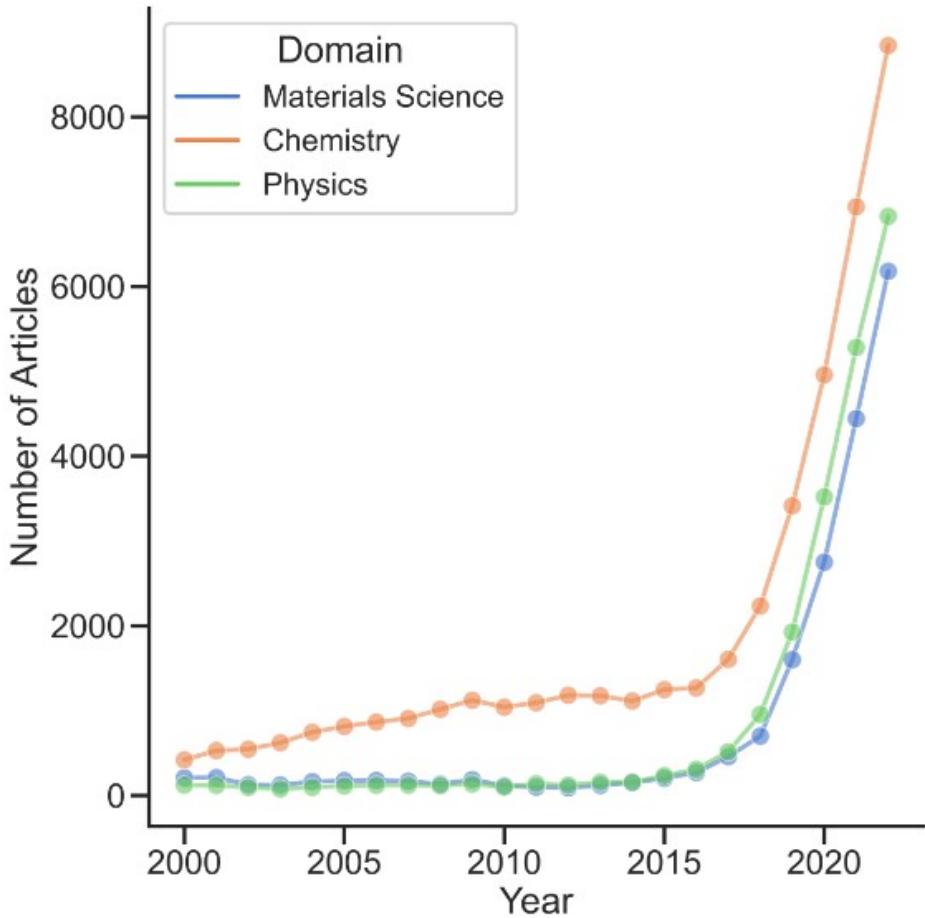


"New directions in science are launched by new tools much more often than by new concepts. The effect of a concept-driven revolution is to explain old things in new ways. The effect of a tool-driven revolution is to discover new things that have to be explained."

– FREEMAN DYSON



ML Publications in Science



سابقه‌ی یادگیری ماشین در فیزیک ذرات تجربی

The use of neural networks in $\gamma-\pi^0$ discrimination

Wayne S. Babbage and Lee F. Thompson

Department of Physics, University of Sheffield, Sheffield, S3 7RH, England, UK

Received 21 October 1992

Pattern recognition in high energy physics with artificial neural networks – JETNET 2.0

Leif Lönnblad, Carsten Peterson and Thorsteinn Rögnvaldsson

Department of Theoretical Physics, University of Lund, Sölvegatan 14 A, S-223 62 Lund, Sweden

Received 27 August 1991

Higgs search by neural networks at LHC

P. Chiappetta^a, P. Colangelo^b, P. De Felice^{b,c}, G. Nardulli^{b,c} and G. Pasquariello^d

^a *Centre de Physique Théorique, CNRS Luminy, Marseille, France*

^b *INFN, Sezione di Bari, Bari, Italy*

^c *Dipartimento di Fisica, Università di Bari, Bari, Italy*

^d *Istituto Elaborazione Segnale Immagini, CNR, Bari, Italy*

Received 10 December 1993

Editor: R. Gatto

JETNET 3.0 – A versatile artificial neural network package

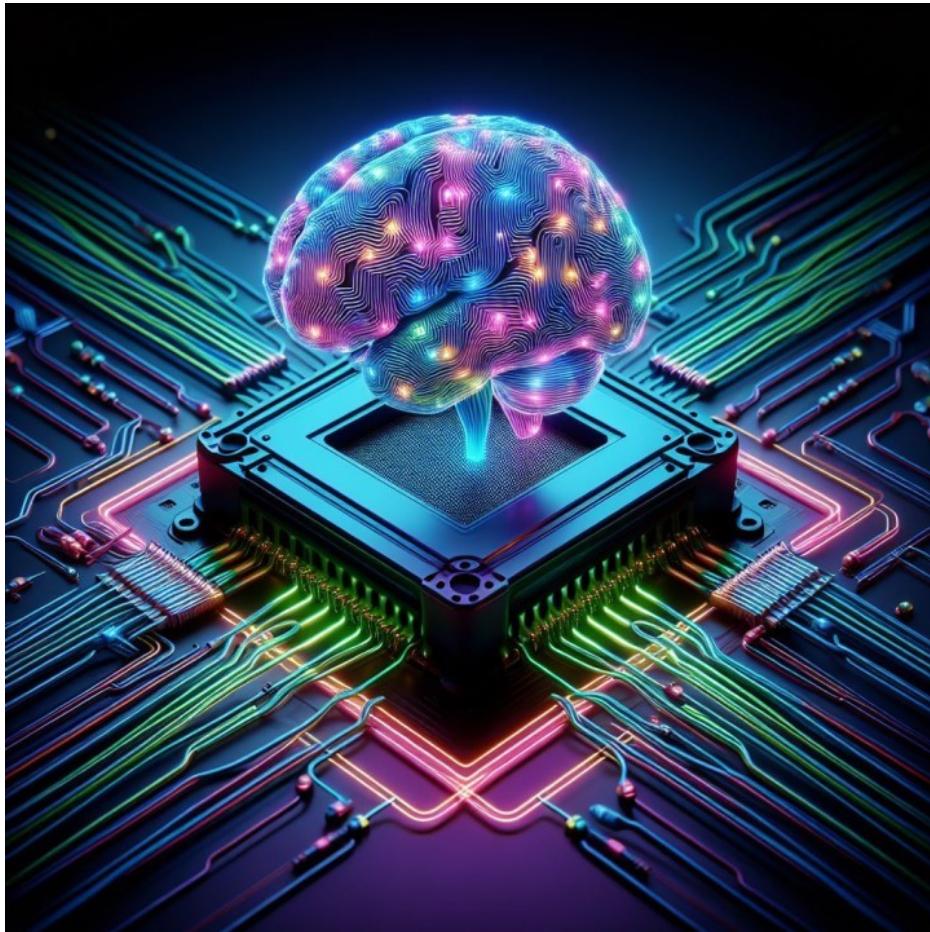
Carsten Peterson^a, Thorsteinn Rögnvaldsson^a, Leif Lönnblad^b

^a *Department of Theoretical Physics, University of Lund, Sölvegatan 14 A, S-223 62 Lund, Sweden*

^b *Theory Division, CERN, CH-1211 Geneva 23, Switzerland*

Received 17 January 1994

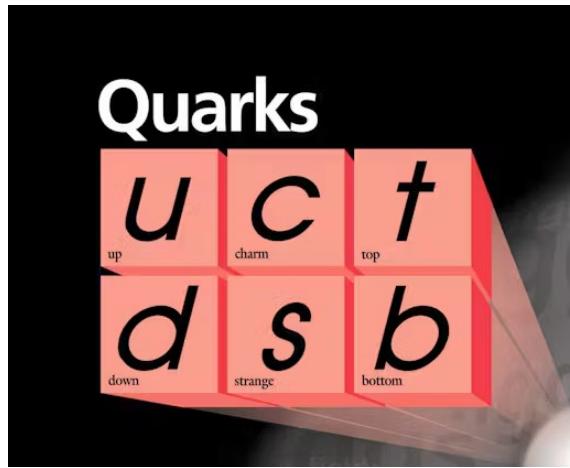
- چه انتظاراتی می‌توان از «هوش مصنوعی» در علوم بنیادی داشت



- سرعت و دقیق‌تر در محاسبات
- تحلیل داده‌های بیشتر
- شبیه‌سازی سریع‌تر و دقیق‌تر نظریه‌ها
- یافتن راه‌های جدید برای تعبیر نتایج
- تشخیص ناهمجارتی‌ها
- یادگیری مجدد قوانین

..... -

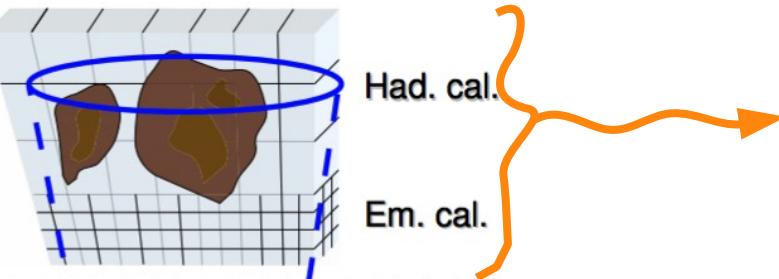
مثال ۱: تشخیص دقیق‌تر نوع کوارک



- کوارک‌ها سریعاً بعد از تولید تبدیل به تعداد زیادی ذرهی دیگر می‌شوند
- از کنار هم قرار دادن ذرات حاصل (جت)، به وجود یک کوارک پی می‌بریم
- صورت مسأله: هر جت حاصل از چه نوع کوارکی است؟

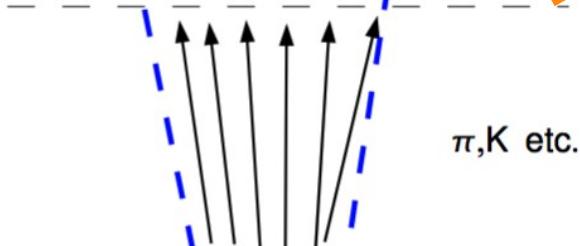
مثال ۱: تشخیص دقیق‌تر نوع کوارک

Calorimeter jet

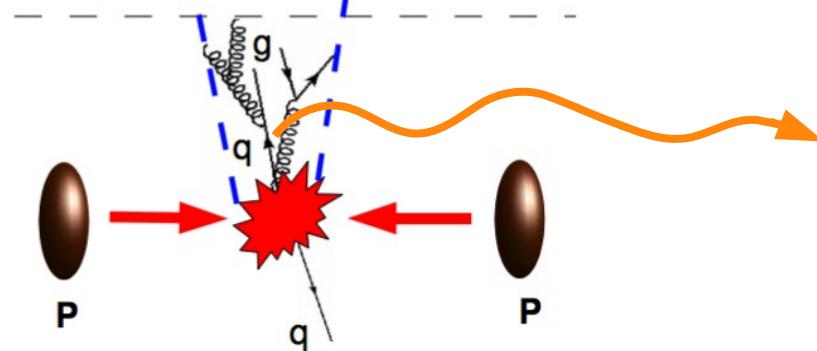


آنچه در آشکارساز می‌بینیم

Particle jet



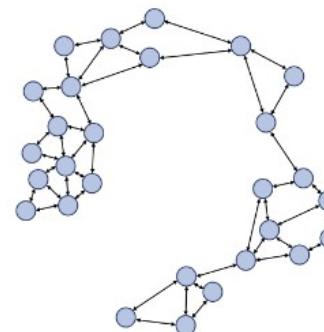
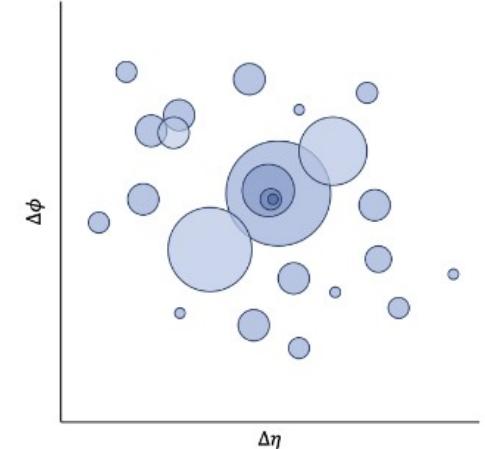
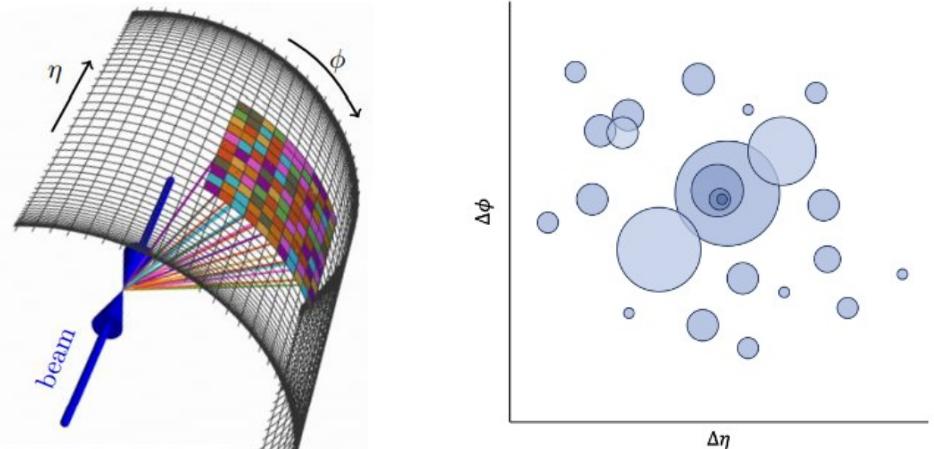
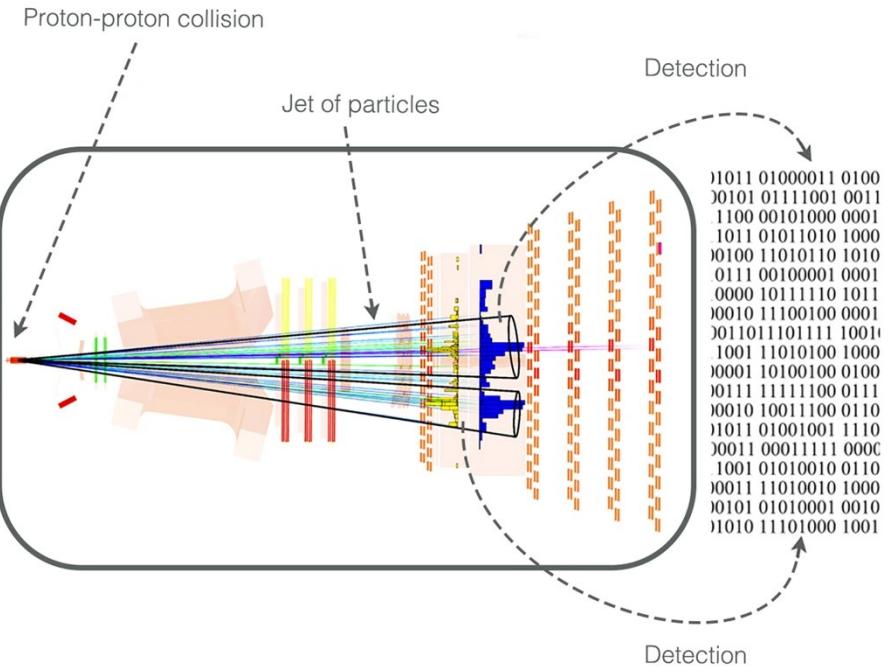
Parton jet



یادگیری ماشین

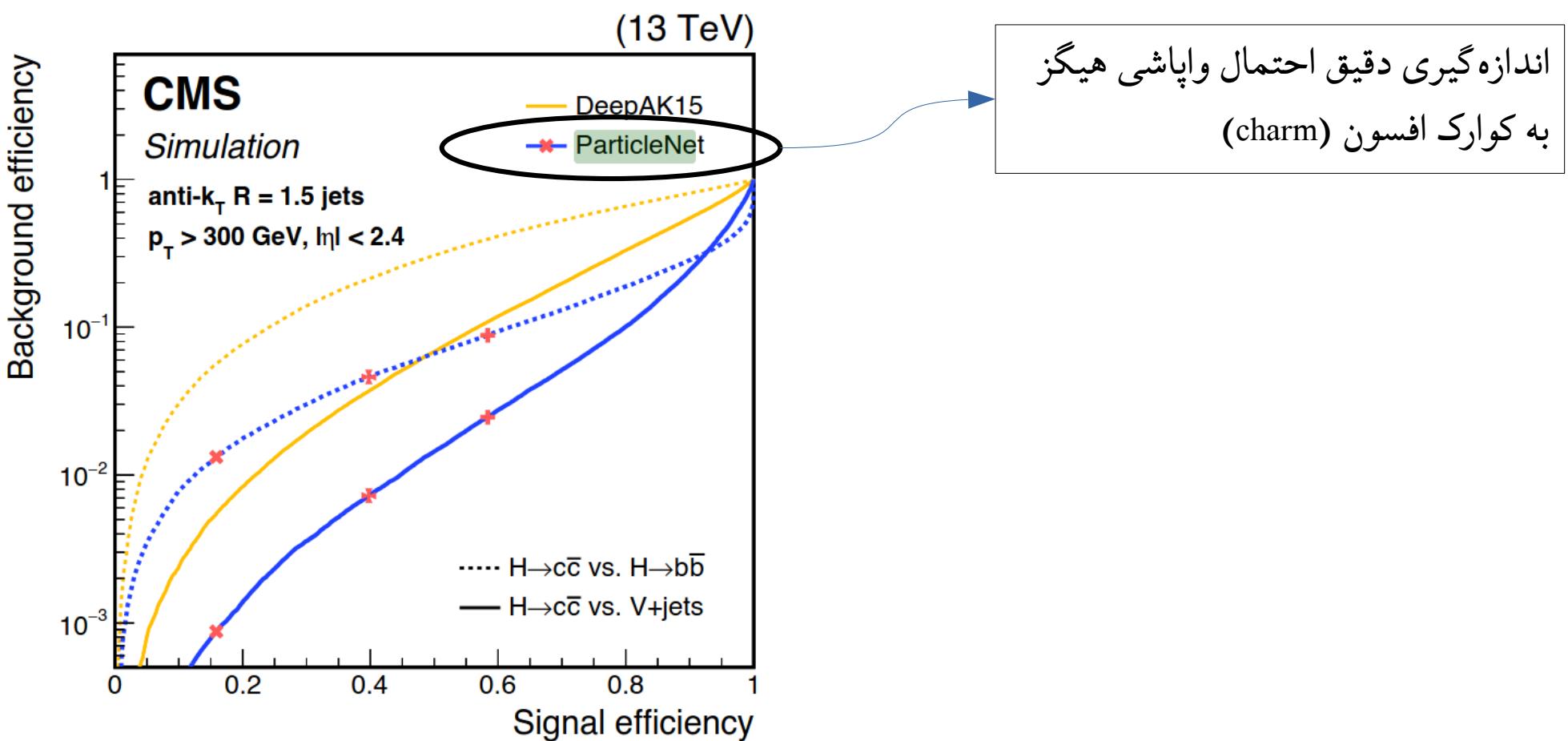
ذره‌ای که در ابتدا تولید شده

اطلاعات جت را چگونه به شبکه‌ی عصبی بدهیم؟



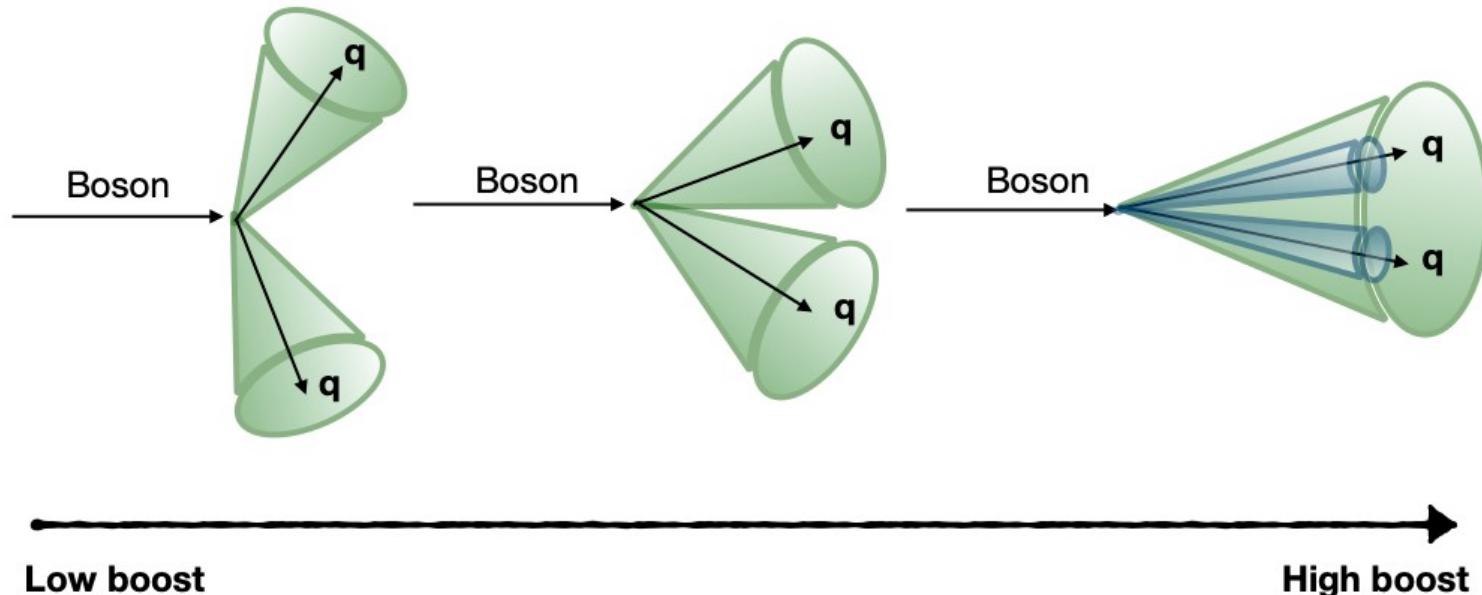
Graph-Based Representation

مثال ۱: نتایج



مثال ۲: جدا کردن ذرات خیلی نزدیک به هم

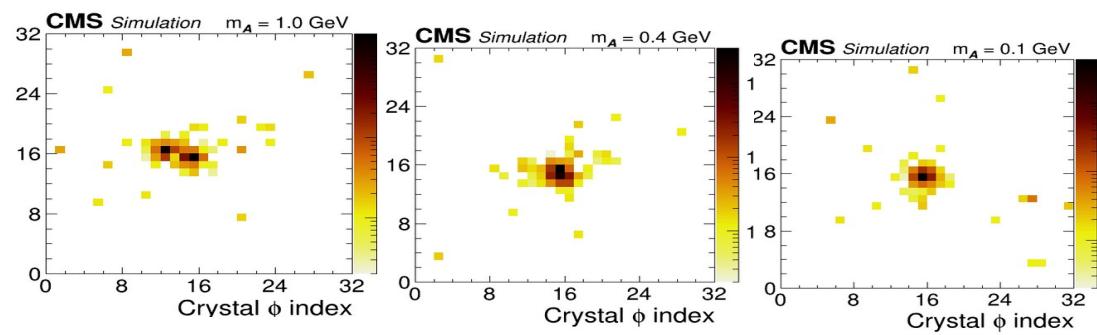
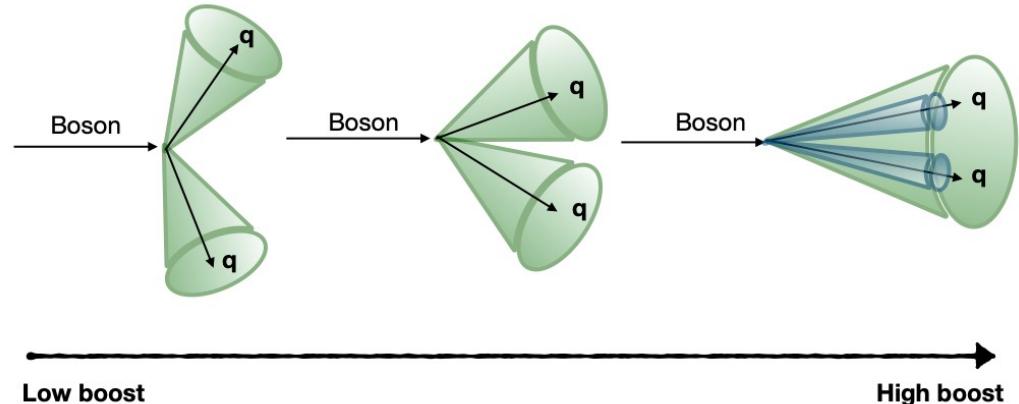
- و اپاشی ذره با تکانه‌ی بسیار بالا به دو ذره:



مثال ۲: جدا کردن ذرات خیلی نزدیک به هم

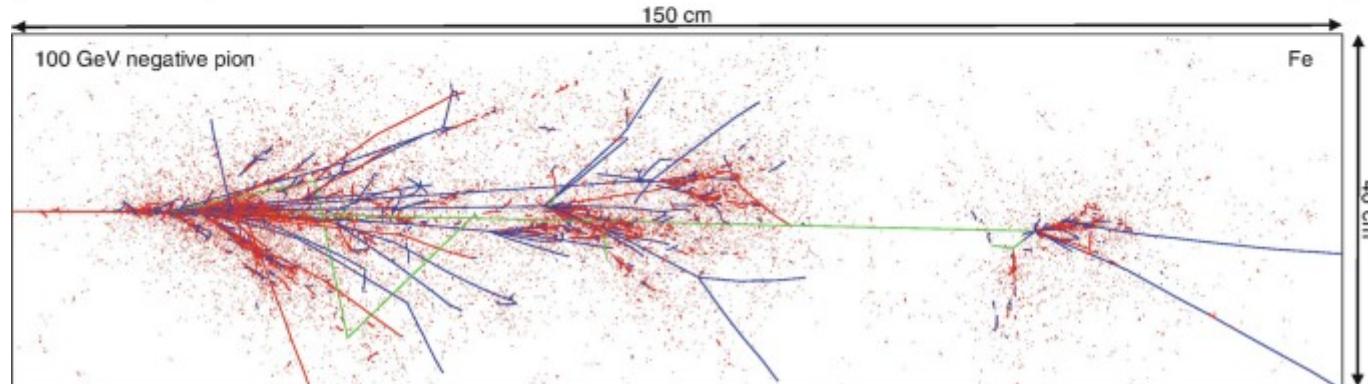
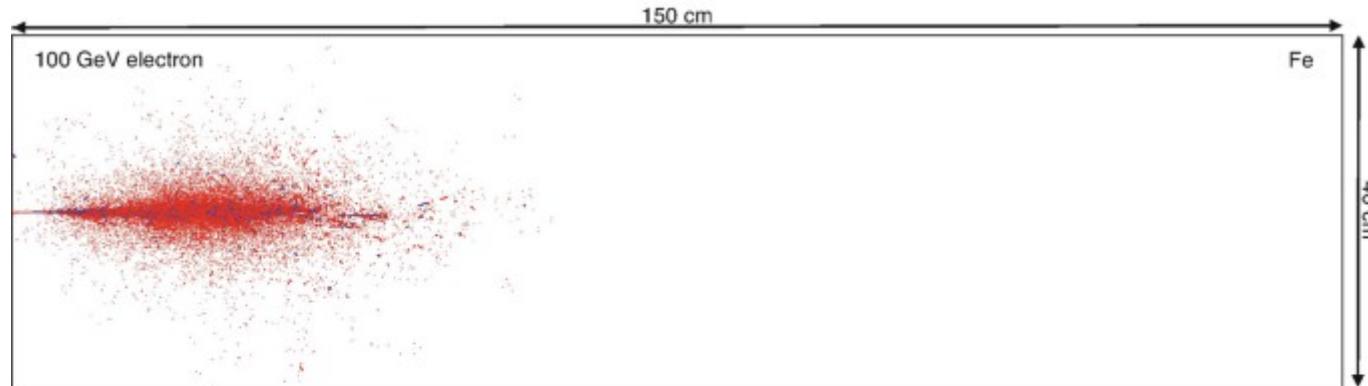


استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین
دقت اندازه‌گیری را به شدت افزایش
داده است



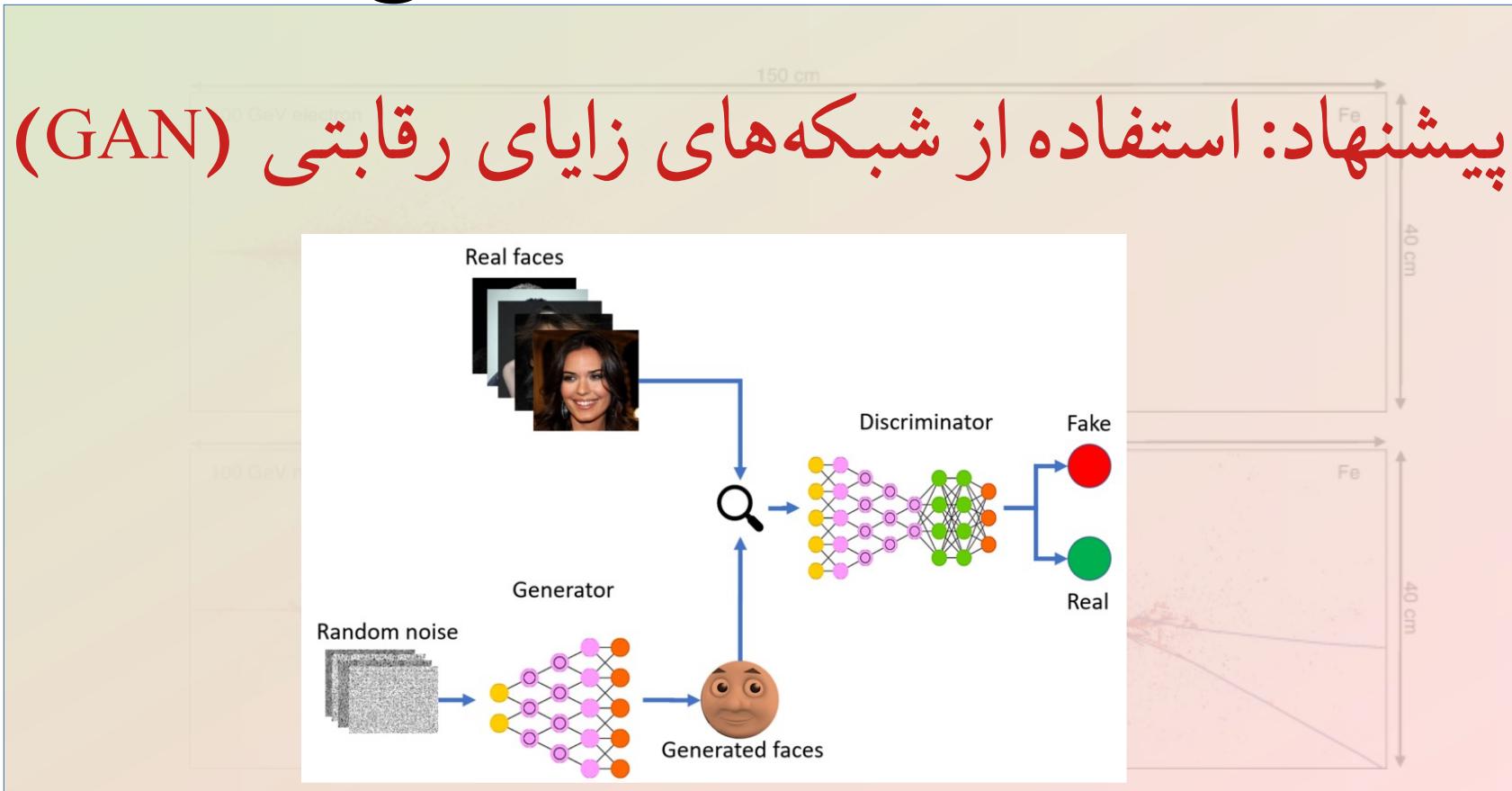
مثال ۳: شبیه سازی

- چالش: شبیه سازی اثر برخورد ذرات به گرماسنجد بسیار پرهزینه است

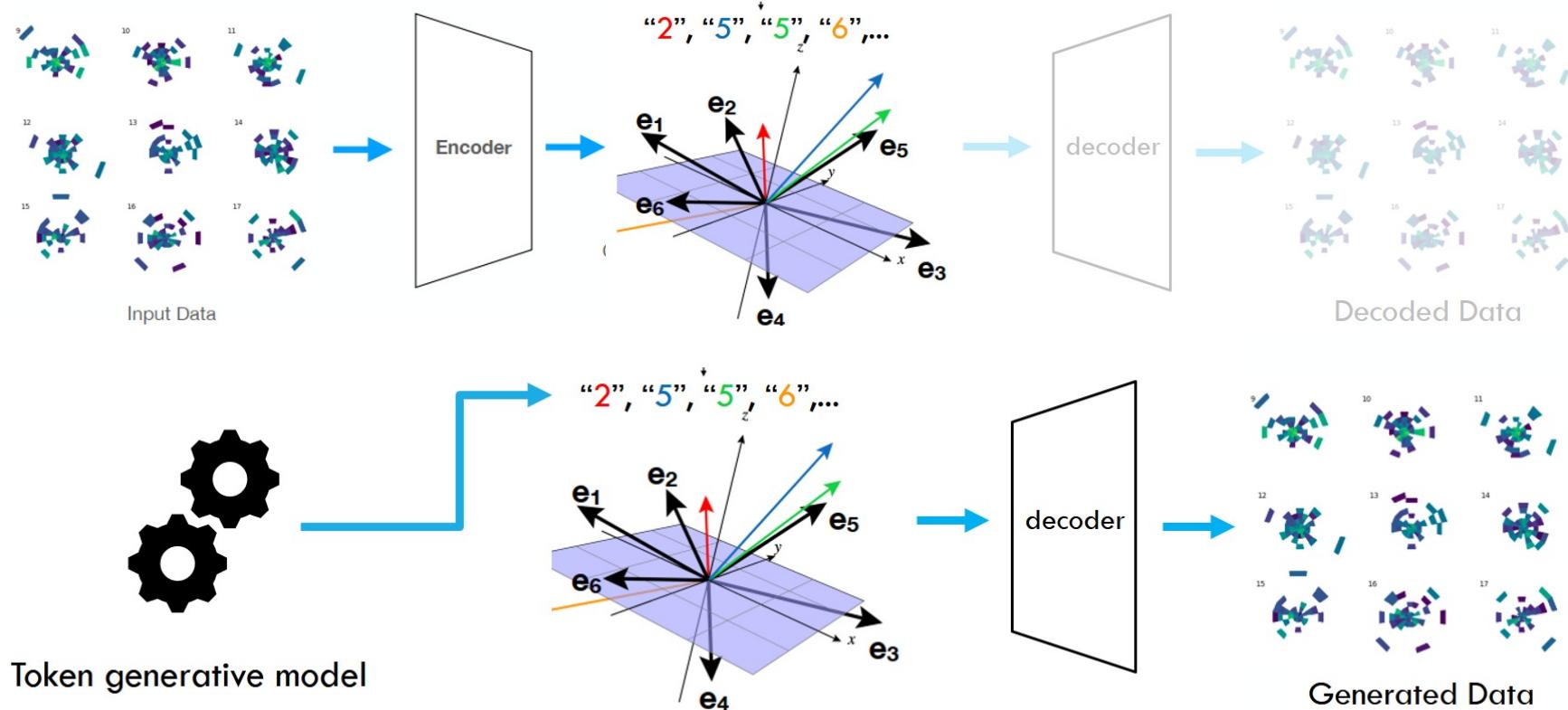


مثال ۳: شبیه سازی

- چالش: شبیه سازی اثر برخورد ذرات به گرماسنج بسیار پرهزینه است



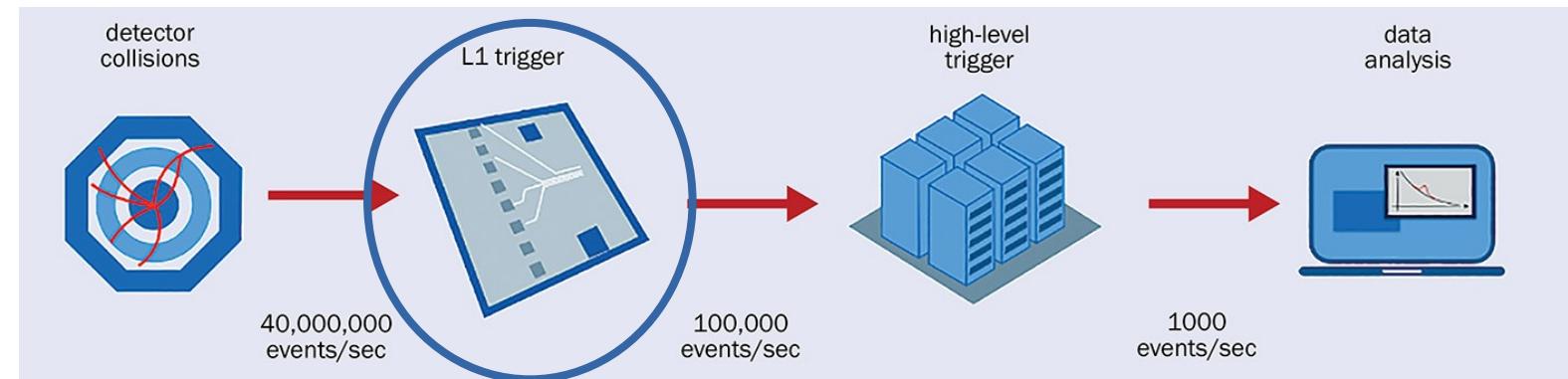
مثال ۳: شبیه سازی



علی‌رغم مطالعات بسیار زیاد در این زمینه، هنوز دقیق و بازده کافی به دست نیامده

مثال ۴: تشخیص نابهنجاری

- آیا هوش مصنوعی می‌تواند خودش داده‌های جالب و متفاوت را بیابد؟
- کاربرد پیشرفته: کشف فیزیک جدید 
- کاربرد (نسبتاً) ساده: کمک به نگهداری هوشمندانه‌ی داده‌ها



مثال ۵: کامپیوٹر نظریہ پرداز

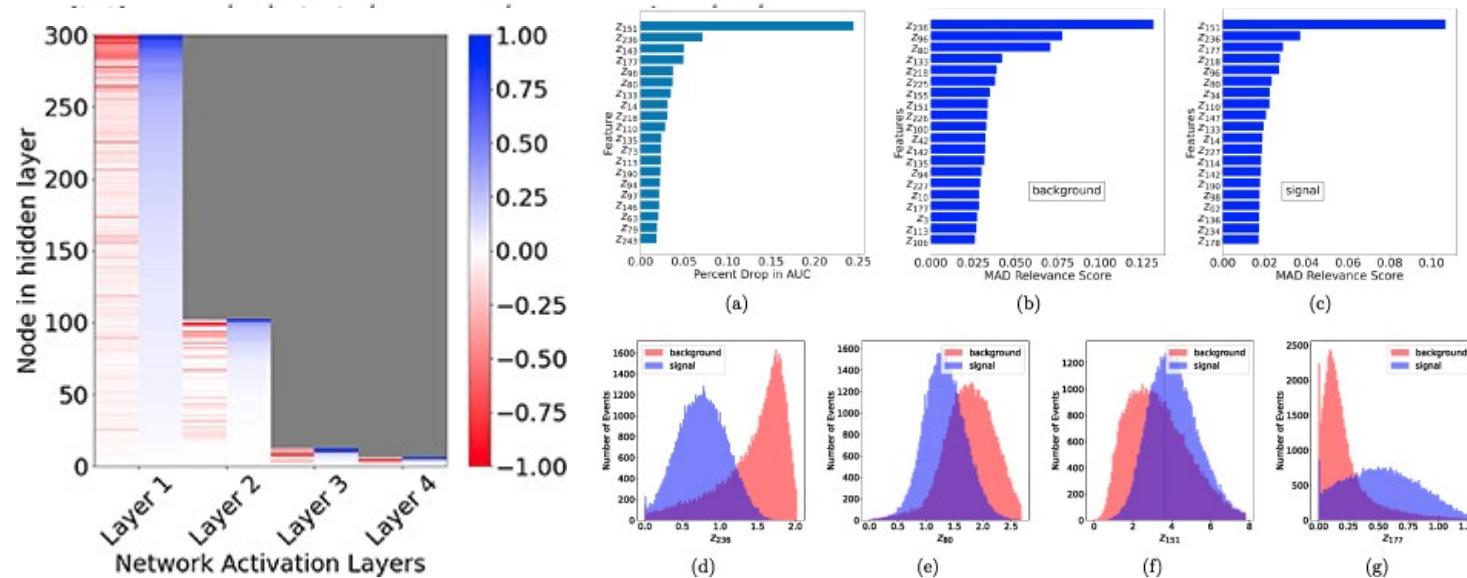
یادگیری فیزیک جدید از ماشین

A detailed study of interpretability of deep neural network based top taggers

Ayush Khot¹ , Mark S Neubauer¹  and Avik Roy^{2,1} 

Published 11 July 2023 • © 2023 The Author(s). Published by IOP Publishing Ltd

[Machine Learning: Science and Technology, Volume 4, Number 3](#)



جمع‌بندی

- هوش مصنوعی نقش غیر قابل اغماضی در پیشبرد علوم بنیادی در آینده (و حال) خواهد داشت
- نقش آن در تحلیل و درک ما از داده‌های آزمایش با چند مثال از فیزیک ذرات بنیادی آزمایشگاهی مرور شد
- سؤال باز: آیا ماشین می‌تواند نظم‌های موجود در طبیعت را درک و فرمول بندی کند؟