به نام خدا

دانشگاه تهران

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

**هوش مصنوعی**

# تمرین کامپیوتری سوم

| | |
|---|---|
| نام و نام خانوادگی | مهسا تاجیک |
| شماره دانشجویی | 810198126 |
| تاریخ ارسال گزارش | 29 اردیبهشت |

## فاز اول : پیش پردازش داده

برای پیش پردازش داده ها از کتابخانه هضم که مخصوص دادگان فارسی است استفاده کردم .در ابتدا تمام punctuation ها را از ستون description حذف کردم که شامل موارد زیر است:

```
Punctuations='''!"#$%&'()*+,./:;<=>?@[\]^_`{|}~؛،,»«<>1234567890!؟'''
```

سپس داده ها با تابع normalizer کتابخانه هضم نرمالیزه کردم و فاصله های اضافی را از آن حذف کردم.

**سوال 1)** stemming : یک تکنیک است که برای استخراج فرم پایه کلمات به حذف نشانه های جمع ، ضمایر و صفات تفضیلی وعالی را از کلمه میپردازد که در زبان فارسی شامل موارد زیر است:

['ا', 'أ', 'ها', 'ی', 'یی', 'ش', 'ت', 'م', 'تر', 'ترین', 'ان', 'ات']

موتورهای جستجو برای indexing کلمات از stemming استفاده می کنند . به همین دلیل است که یک موتور جستجو به جای ذخیره انواع مختلف کلمه ، می تواند فقط stem ها را ذخیره کند . به این ترتیب ، stemming سایز شاخص را کاهش می دهد و دقت بازیابی را افزایش می دهد.

It is just like cutting down the branches of a tree to its stems. For example, the stem of the words ***eating, eats, eaten*** is ***eat***.

Lemmatization: این تکنیک مشابه تکنیک قبلی است و خروجی ای که از آن میگیریم lemma نامیده می شود و در واقع ریشه ی یک کلمه را به ما می دهد.

- هدف هر دو این است که مشتقات یک کلمه را به اصل آن برگرداند تا سرچ کردن راحت تر انجام شود.

## فاز دوم : فرآیند مسئله

در این فاز می خواهیم با استفاده از naïve bayes و مدل bag of words ، کتاب هایی که موضوع آن ها نمی دانیم دسته بندی کنیم. برای اینکار باید تعداد هر کلمه را در هر دسته بندی از موضوعات پیدا کنیم. با کنار هم قرار دادن این ها یک ماتریس به ابعاد تعداد کل کلمات(فیچرها) و تعداد کل داکیومنت ها (تعداد سطر های دیتاست) خواهیم داشت. این شمارش را میتوانیم به صورت دستی انجام دهیم یا با استفاده از CountVectorizer در کتابخانه sklearn که کار توکنایز کردن جملات را هم انجام میدهد.

**سوال 2)**

Prior

در این مسئله احتمالات prior همان احتمال دیده شدن داکیومنت های یک کلاس خاص در کل داکیومنت هاست که در naïve bayes فرض بر این است که احتمال تمام کلاس ها با هم برابر است یعنی تعداد داده هایی که از هر کلاس داریم با هم برابر است و اینجا هم می توانیم با قطعه کد زیر این مسئله را بررسی کنیم. همانطور که میبینیم در کل 2550 داده ی ترین داریم و 6 کلاس داریم که سهم هر کلاس 425 داده است و در واقع احتمال هر کلاس حدودا 0.16 است. برای داده های تست هم این مسئله صدق میکند.

```
c1 = c2 = c3 = c4 = c5 = c6 = 0
for i in range(len(train_data)):
  if train_categories[i] == 'مدیریت و کسب و کار':
    c1+=1
  elif train_categories[i] == 'رمان':
    c2+=1
  elif train_categories[i] == 'کلیات اسلام':
    c3+=1
  elif train_categories[i] == 'داستان کودک و نوجوانان':
    c4+=1
  elif train_categories[i] == 'جامعه‌شناسی':
    c5+=1
  elif train_categories[i] == 'داستان کوتاه':
    c6+=1

pc1 = c1/len(train_data)
pc2 = c2/len(train_data)
pc3 = c3/len(train_data)
pc4 = c4/len(train_data)
pc5 = c5/len(train_data)
pc6 = c6/len(train_data)

print(pc1,pc2,pc3,pc4,pc5,pc6)
print(len(train_data))
```

```
0.16666666666666666 0.16666666666666666 0.16666666666666666 0.16666666666666666 0.16666666666666666 0.16666666666666666
2550
```

Evidence

احتمال دیده شدن یک کلمه یا فیچر در کل داکیومنتها و تمام کلاس هاست که در این مسئله نیاز به محاسبه ی مستقیم آن نیست.

## Likelihood

احتمال دیده شدن یک کلمه در داکیومنت های یک کلاس خاص. در واقع بعد از توکنایز کردن کلمات باید ببینیم هرکدام به تفکیک هر کلاس،در چند تا از داکیومنت ها آمده است.

## Posterior

احتمال اینست که یک داکیومنت به شرط دیده شدن فیچرهای تعریف شده ، به یک کلاس تعلق داشته باشد. که در naïve bayes با فرض استقلال ویژگی ها این احتمال برابر با ضرب احتمال های دیده شدن هر کلمه به تفکیک کلاس در احتمال آن کلاس است که مقدار هر کدام بیشتر بود ، داکیومنت به آن کلاس تعلق دارد.

**سوال3)** چون سری بر آستانش ز سر **صفا** نهادی / به **صفا** و مروه ای دل دگرت چه کار باشد

در مثال بالا معنی کلمه ی صفا در دو جمله متفاوت است که اگر از bigram استفاده کنیم، با در نظرگرفتن صفا و مروه با هم معنی کلمه مشخص میشود و متمایز از صفا در جمله اول خواهد بود.

**سوال4)** زمانیکه در بین کلمات به کلمه ی جدیدی برخورد می کنیم که قبلا دیده نشده یا فقط در یک دسته خاص دیده شود ، در این احتمال شرطی کلاس برای آن کلمه یا ویژگی صفر خواهد شد و در نتیجه احتمال posterior آن صفر خواهد شد و این اتفاق زمانی می افتد که مدل overfit شود یعنی مدل بیش از حد آموزش داده شده و به داده های آموزش چسبیده و قابلیت generalization ندارد.

**سوال5)** برای حل مشکل پیش آمده ، از روش additive smoothing میتوان استفاده کرد که در آن محاسبه احتمال لایکلیهود اندکی متفاوت میشود :

$$P(x_i \mid C_k) = \frac{(number\ of\ points\ such\ that\ x_i occurs\ and\ class\ label = C_k) + \alpha}{number\ of\ points\ where\ class\ label = C_k + \alpha k}$$

**Where α can be any real value > 0**
**k is the number of class labels.**

همانطور که میبینیم در صورت کسر مقدار آلفا جمع می شود و در مخرج alpha*k که k تعداد کلاس هاست که در مثال ما 6 تاست. و به این شکل از صفر شدن کسر بالا جلوگیری میشود. اگر مقدار الفا را یک قرار دهیم به آن laplace smoothing هم گفته میشود.

سوال6)

## فاز سوم : ارزیابی

**سوال7)** غالباً ، یک رابطه معکوس بین presicion , recall وجود دارد و مدلی خوب است که هر دوی این مقادیر تا حد تا قبولی بالا باشد که بستگی به مسئله دارد. به طور مثال، جراحی مغز نمونه ای روشن از این tradeoff را ارائه می دهد. یک جراح مغز را در نظر بگیرید که تومور سرطانی را از مغز بیمار خارج می کند. جراح باید تمام سلولهای تومور را از بین ببرد زیرا سلولهای سرطانی باقی مانده باعث بازسازی تومور می شوند. برعکس ، جراح نباید سلولهای سالم مغز را از بین ببرد ، زیرا این کار بیمار را دچار اختلال در عملکرد مغز می کند. جراح ممکن است در ناحیه ای از مغز که خارج می کند ، لیبرال تر باشد تا اطمینان حاصل کند که همه سلول های سرطانی را استخراج کرده است. این تصمیم باعث افزایش recall می شود اما presicion را کاهش می دهد. از طرف دیگر ، ممکن است جراح در قسمتی از مغز که برمی دارد محافظه کارتر باشد تا اطمینان حاصل کند که فقط سلول های سرطانی را استخراج می کند. این تصمیم presicion را افزایش می دهد اما recall را کاهش می دهد. به عبارت دیگر ، recall بیشتر احتمال از بین بردن سلولهای سالم را افزایش می دهد (نتیجه منفی) و احتمال حذف همه سلولهای سرطانی را افزایش می دهد (نتیجه مثبت).presicion بیشتر احتمال از بین بردن سلولهای سالم را کاهش می دهد (نتیجه مثبت) اما احتمال حذف همه سلولهای سرطانی را نیز کاهش می دهد (نتیجه منفی).

معمولا این دو معیار ارزیابی به تنهایی بیان نمی شوند و میتوان threshold های مختلفی در نظر گرفت و در آن ها مقادیر هر دو معیار را محاسبه کرد تا ببینیم برای آن مدل و مسئله کدامیک مناسبتر است.

**سوال 8)** معیار F1 ، میانگین هارمونیک دو معیار presicion و recall است که از این جهت اهمیت دارد که بجای اینکه خودمان را درگیر افزایش و تنظیم دو مقدار کنیم فقط سعی میکنیم مقدار این معیار را افزایش دهیم و کار با آن راحت تر است. این معیار ، زمانیکه presicion و recall مقادیر نزدیک بهم دارند ، تقریبا برابر میانگین آنهاست اما در حالت کلی ، مربع میانگین هندسی آنها تقسیم بر میانگین ریاضی آنهاست.

**سوال 9)** در این قسمت خواسته شده بود برای هر کلاس معیار F1 محاسبه شود که میتوانیم این مقادیر را به یک مقدار کاهش دهیم و تنها یک مقدار گزارش کنیم.

یکی از روش ها برای ادغام F1 ها macro-F1 است که از میانگین ریاضی بین مقادیر F1 برای کلاس های مختلف بدست می آید.

روش های macro-averaged-recall و macro-averaged-presicion به ترتیب بین مقادیر تمام recallها وpresicionها میانگین ریاضی می گیرند.

در روش های weighted-presicion, weighted-recall , weighted-F1 براساس تعداد سمپل هایی که از هر کلاس داریم مقادیر این معیار ها برای کلاس های مختلف را وزن دهی میکنیم و یک مینگین وزن دار خواهیم داشت.

روش اخر micro است که برابر است با همان accuracy :

***micro-F1 = micro-precision = micro-recall = accuracy***

**سوال 10)**

نتایج با استفاده از additive smoothing :

Accuracy برابر است با 82.6٪

```
correct = 0
for i in range(len(y_pred)):
  if(y_pred[i] == test_categories[i]):
    correct+=1
accuracy = correct/len(y_pred)
print(accuracy)
```

```
0.8266666666666667
```

```
Class1 presicion :  0.9253731343283582
Class2 presicion :  0.7530864197530864
Class3 presicion :  0.8732394366197183
Class4 presicion :  0.9375
Class5 presicion :  0.7528089887640449
Class6 presicion :  0.7692307692307693
Class1 Recall :  0.8266666666666667
Class2 Recall :  0.8133333333333334
Class3 Recall :  0.8266666666666667
Class4 Recall :  0.8
Class5 Recall :  0.8933333333333333
Class6 Recall :  0.8

Class1 F1 :  0.8732394366197183
Class2 F1 :  0.782051282051282
Class3 F1 :  0.8493150684931506
Class4 F1 :  0.8633093525179856
Class5 F1 :  0.8170731707317072
Class6 F1 :  0.7843137254901961
```

```
macro-f1 :  0.8282170059840066
```

نتایج بدون استفاده از additive smoothing :

Accuracy برابر است با 78.2٪

```python
correct = 0
for i in range(len(y_pred)):
  if(y_pred[i] == test_categories[i]):
    correct+=1
accuracy = correct/len(y_pred)
print(accuracy)
```

```
0.7822222222222223
```

```
Class1 presicion :  0.8955223880597015
Class2 presicion :  0.7073170731707317
Class3 presicion :  0.8208955223880597
Class4 presicion :  0.8676470588235294
Class5 presicion :  0.6956521739130435
Class6 presicion :  0.7567567567567568
Class1 Recall :  0.8
Class2 Recall :  0.7733333333333333
Class3 Recall :  0.7333333333333333
Class4 Recall :  0.7866666666666666
Class5 Recall :  0.8533333333333334
Class6 Recall :  0.7466666666666667

Class1 F1 :  0.8450704225352113
Class2 F1 :  0.7388535031847134
Class3 F1 :  0.7746478873239437
Class4 F1 :  0.8251748251748251
Class5 F1 :  0.7664670658682634
Class6 F1 :  0.7516778523489932

macro-f1 :  0.783648592739325
```

**سوال 11)** در استفاده از روش additive smoothing مقدار الفا را برابر با 1 قرار دادم و مقدار accuracy از 78.2% به 82.6% افزایش یافت و مقدار macro-f1 از 78.3% به 82.8% افزایش یافت.

**سوال 12)**

مشکلی که می تواند وجود داشته باشد اورلپ بین کتگوری هاست مثلا یک کتاب که در دسته ی داستان کوتاه قرار دارد یا در دسته داستان کودک و نوجوان ، ممکن است این دو، کلمات مشابه زیادی داشته باشند و یک داستان کوتاه کودک و نوجوان داشته باشیم.

مشکل دیگر حذف نکردن کلمات پرتکرار است.

5 کتاب که به اشتباه تشخیص داده شدند که کتگوری های واقعی و پیش بینی شده برای آن ها و توضیحات کتاب آورده شده است.

**('رمان', 'داستان کوتاه')**

رمان تاریخی «زندانی قلعه قهقهه» روایتگر سرگذشت قهرمانی‌های شاه «اسماعیل صفوی»، شاه ایران به سال‌های ۸۹۲-۹۳۰ ق. است. این داستان از جایی شروع می‌شود که «مرادبیگ»، نایب الحکومه قلعه قهقهه است. او که مردی تندخو است، زنی زیبا با نام «قمر سلطان» و دختری دل‌فریب به نام «گل حرم» دارد. در آن دوران مهم‌ترین زندانی قلعه شاه‌زاده «اسماعیل میرزا» فرزند شاه «تهماسب دوم» بود که تصمیم داشت با گل‌حرم ازدواج کند، اما شرایطی پیش آمد که عشق گل‌حرم را به کینه و دشمنی تبدیل کرد. تا این که اسماعیل میرزا به قزوین می‌رود و گل‌حرم از او بی‌اطلاع می‌ماند. پس از گذشت سال‌ها، گل‌حرم نیز به قزوین سفر می‌کند. در این سفر اتفاقات گوناگونی رخ می‌دهد که هریک تجربه‌ای تازه برای گل‌حرم محسوب می‌شود. گل‌حرم تصمیم دارد شاه‌زاده اسماعیل را بیابد. او شاهزاده را می‌بیند و علت رفتن او را می‌یابد. اما پس از آن رخدادهای گوناگون دل‌نگرانی‌های بسیاری را برای او فراهم می‌سازد. به راستی سرنوشت گل‌حرم چه خواهد شد؟!

**('داستان کوتاه', 'داستان کودک و نوجوان')**

«مطلقاً تقریباً» نوشته لیسا گراف(-۱۹۷۴) نویسنده آمریکایی کتاب‌های کودکان و نوجوانان است. این کتاب رمانی برای نوجوانان است و از این صحبت می‌کند که چگونه کشف کنی که هستی و چگونه کاری را که دوست داری انجام دهی.
آلبی هرگز زرنگ‌ترین شاگرد کلاس نبوده است. هرگز بلندترین نبوده، و هرگز در ورزش هم بهترین نبوده، بهترین هنرمند هم نبوده. در عوض، آلبی یه لیست بلندبالایی از چیزهایی که در آن‌ها خوب نیست دارد. اما آلبی با پرستار جدیدی آشنا می‌شود که به او کمک می‌کند بفهمد در چه چیزهایی خوب است و چطور می‌تواند به آن کارها مفتخر باشد.
در بخشی از کتاب می‌خوانیم:
فهمیدم چرا درن و بقیهٔ آن بچه بدجنس‌ها به آن دختره که آدامس خرسی داشت می‌گفتند ب ــ ب ــ ب ــ بتسی. چون که گاهی نمی‌تواند درست و حسابی کلمه‌ها را بگوید مخصوصاً اول کلمه‌ها را. مثلِ ب و ت یا ک. وقتی خانم رز سر کلاس به او گفت که چند خط از روی درسمان بلند بلند بخواند، متوجه این موضوع شدم. پسرها هرهر خندیدند و صورت دختره قرمز شد و صدایش آن‌قدر آهسته و آرام شد که شنیده نمی‌شد. تا اینکه بالاخره خانم رز گفت: «متشکرم بتسی، عالی بود».
بتسی زیاد حرف نمی‌زند.
از کالیستا دربارهٔ این موضوع سؤال کردم و کالیستا گفت که شاید بتسی لکنت زبان دارد که حرف زدن را برای آدم سخت می‌کند.
از بتسی خوشم می‌آمد. سرِ ناهار بدون اینکه حتی اسم آدامس بیاورم، به من آدامس خرسی می‌داد. ما حتی همدیگر را برای کار توی کتابخانه انتخاب کردیم و وقتی خانم رز دربارهٔ کارتِ اطلاعاتِ آنلاینِ هر کتاب توضیح داد و من گیج شدم، بتسی مسخره‌ام نکرد. فقط جای درستی را که باید کلیک می‌کردم، نشانم داد. برایم مهم نبود که بتسی زیاد حرف نمی‌زد. چون گاهی سخت است که آدم منظورش را بگوید و فکر کردم شاید بیشتر وقت‌ها به هر حال منظورش را می‌فهمم.

**('داستان کودک و نوجوانان', 'کلیات اسلام')**

»فاطمه علی است» نوشته علی قهرمانی کتابی درباره زندگی مشترک حضرت زهرا (س) و حضرت علی (ع) است. این اثر می‌تواند الگویی کامل برای زندگی مشترک تمامی زوج های جوان باشد. گذشت ایثار، همدلی و همراهی و عشق و مهرورزی درس‌هایی است که این داستان زندگی به ما می‌دهد:
اول ازدواجشان و آغاز راه زندگی مشترک بود. هر دو پیش رسول خدا (ص) آمدند. پیامبر (ص) معلم زندگی بهتر و تدبیر منزل انسان‌ها بود. نوبت که به کارهای خانه رسید، پیامبر (ص) پیشنهاد کرد: «کارهای‌خانه برای فاطمه (س) و کارهای بیرون از خانه برای‌علی (ع).«
لبخند بر لبان فاطمه (س) نشست و گفت: «خدامی‌داند که من چقدر از این تقسیم خوشحالم«!
کارهای خانه کم نبود؛ اما زهرا (س) خوشحال و راضی بود. می‌گفت: «از سعادتمندی زن این است که بی‌دلیل در گذر نگاه نامحرم‌ها نباشد.«
آرد کردن جو یا گندم تا پخت نان، طبخ و آماده کردن غذا همه بر دوش فاطمه (س) بود. کارهای مربوط به خانه یک طرف، رسیدگی به بچه‌ها و هم‌بازی شدن با آنها هم طرف دیگر.
علی (ع) آب خوردن تهیه می‌کرد، برای منزل هیزم می‌آورد، خریدهای خانه را انجام می‌داد و غیره؛ اما فقط کارهای بیرون منزل را انجام نمی‌داد. اگر فرصتی می‌یافت، خانه را جارو و به زهرایش در کارهای خانه کمک می‌کرد.
آن روز پیامبر (ص) مهمان خانه‌شان بود. مهمان زودتر از موعد رسید. دختر و دامادش را دید که با هم نشسته‌اند به پاک کردن عدس. با لبخندی که نشان از خرسندی و خوشحالی بود، گفت: «خدا به مردی که در کار خانه به همسرش کمک می‌کند به اندازهٔ موهای بدنش ثواب عبادت می‌دهد.«

**('جامعه‌شناسی, 'کلیات اسلام')**

کتاب «ادیان زنده جهان» اثر دین‌شناس فقید انگلیسی، رابرت. ا.هیوم یکی از منابع درسی و آکادمیک شناخته شده رشته‌های ادیان و عرفان و الهیات است. زمانی که این اثر برای اولین بار به بازار آمد، کتاب روزآمد دیگری در این زمینه در دسترس نبود؛ به همین دلیل این اثر خیلی زود جای خود را در میان استادان و دانشجویان رشته ادیان باز کرد.
هدف این اثر، بررسی دقیق منشاء متون مقدس، تحولات تاریخی و ارزش‌های اساسی ادیان جهان است. یازده دین در جهان وجود دارند که تنها دوتای آنها از مسیحیت جدیدترند. البته مذاهب جدید و نوظهوری هم در جهان فعال هستند که اکنون به صورت بین المللی درآمده‌اند و ادیانی هم از قدیم بوده‌اند که هیچ تاثیری در تمدن جهان نداشته‌اند. در این کتاب، تنها به یازده دینی پرداخته می‌شود که در طول تاریخ بشری به‌وجود آمده و پیوسته در طول اعصار، به حیات خود در سازمان مذهبی اجتماعی، هنر و ادبیات، و در قالب آداب دینی ادامه داده‌اند.
کتاب سیزده فصل دارد. دین هندو، دین جایینی، بودایی، سیک، کنفوسیوسی، تائویی، شینتو، یهودی، زرتشتی، اسلام و مسیحیت به ترتیب عناوین فصول دوم تا دوازدهم کتاب‌اند. از جمله مطالب مهمی که درباره این ادیان در کتاب مطرح شده است. جایگاهشان در میان ادیان دیگر، سرگذشت بنیان‌گذاران، کتب مقدس و اصول ادیان یادشده و نقاط ضعف و قوت آنها است.
فصل اول کتاب به مباحث نظری درباره دین می‌پردازد و فصل انتهایی نیز مقایسه‌ای اجمالی میان ادیان زنده جهان دارد و نکاتی کلی را درباره شباهت‌ها و تضادهای ادیان با یکدیگر، با تمرکز بر مسیحیت بیان می‌کند.

**('جامعه‌شناسی, 'مدیریت و کسب و کار')**

»معمای هابرماس» نوشته لاسه توماسن، استاد علوم سیاسی و روابط بین‌الملل دانشگاه اسکس است. این کتاب به بررسی آرا و اندیشه‌های یورگن هابرماس(-۱۹۲۹)، فیلسوف آلمانی در حوزه اقتصاد و سیاست می‌پردازد.
این کتاب درباره قانون و دموکراسی است و علی‌الخصوص به این موضوع می‌پردازد که چه عاملی به قانون مشروعیت می‌بخشد. به عبارت دیگر، دغدغه کتاب این سوال است که پیروی از قانون برای خود قانون است یا به سبب ترس از تلافی ناشی از قانون‌شکنی؟ این کتاب و این نقل قول، به مباحث طولانی‌مدت برابری و آزادی در

فلسفه و نظریه قانونی و سیاسی اشاره می‌کند: چه زمانی می‌توان گفت که شهروندان آزادند و با برابری از این آزادی لذت می‌برند؟ آزاد بودن به چه معناست؟ و...
این کتاب مهم‌ترین موضوعات مطرح‌شده در آثار هابرماس و نیز مهم‌ترین جنبه‌های آن موضوعات را در بر می‌گیرد. در فصل اول، دیدگاه هابرماس در برابر سایر نظریه‌پردازان انتقادی بررسی می‌شود. در فصل دوم، به معرفی نوشته‌های هابرماس در باب حوزه عمومی، علی‌الخصوص اثر تاثیرگذارش، «دگرگونی ساختاری حوزه عمومی» می‌پردازیم.
در فصل سوم بر نظریه کنش ارتباطی تمرکز شده است. در این فصل، ایده‌های اصلی این نظریه را توضیح می‌دهم و شرح می‌دهم که چگونه هابرماس به این اندیشه‌ها رسید .
هابرماس بر پایه نظریه عقلانیت ارتباطی، اخلاق گفتمان (یا تا حدودی نظریه گفتمانی اعتبار) را مطرح می‌کند. این موضوع را در فصل چهارم بررسی می‌کنم. در این فصل نظریه اعتبار هابرماس، از جمله اعتبار هنجارهای اجتماعی تبیین می‌شود .
فصل پنج بر این موضوع متمرکز است که قانون هنگامی مشروعیت می‌یابد که مخاطبان آن همان مولفانش باشند .
در فصل ششم به بررسی سه موضوعی می‌پردازیم که از اواسط دهه ۱۹۹۰ در مرکز توجه هابرماس بوده است. نخستین مسئله به دولت ملت مربوط می‌شود. موضوع دوم، نقش مذهب در جوامع معاصر است. نهایتا موضوع سوم به چالش‌های ناشی از تکنولوژی‌های جدید ژنتیکی برای فهم ما از انسان خودمختار می‌پردازد