

تمرین کامپیوتری دوم

ثمین مهدی زاده (۸۱۰۱۰۰۵۲۶)

در این تمرین پس از جمع آوری داده های مربوط به افراد جهت تشخیص جنسیت تلاش شده است تا تحلیل هایی جهت به دست آوردن عوامل موثر بر این انتخاب انجام شود. در ادامه هر کدام از مراحل طی شده توضیح داده می شود.

۱. تمیز کردن داده

از آن جایی که لزوما همه ی افراد به درستی آزمایش را انجام نداده اند و یا اطلاعات ذخیره شده دارای خطاهایی است لازم است تا قبل از انجام هر تحلیلی داده مورد نظر بررسی شود و اطلاعات نادرست از آن حذف شود. به این منظور و برای تمیز کردن داده اقدامات زیر انجام شده است:

(۱) حذف داده های null

یکی از ستون های موجود در داده (size) دارای تعداد زیادی داده ی خالی بود. از آن جا که این ستون در هیچ یک از مراحل بعدی مورد استفاده قرار نگرفته است این ستون از داده ها حذف شد.

sbj	4
stm	15
rt	12
key	15
pos	1770
uhnd	16
hndns	4
eye	5
sex	4
age	4
edu	7

شکل ۱: تعداد داده های خالی پس از حذف ستون size

مشاهده می شود که بیشترین ستون خالی مربوط به pos بوده است با حذف سطر هایی که مقدار این ستون برای آن ها خالی بوده تنها دو سطر دیگر دارای داده null هستند که با حذف آن ها نیز تمام داده های خالی موجود در دیتاست حذف می شود.

(۲) حذف outlier ها

با بررسی داده ها مشاهده شد که برای دو نمونه از افراد مقادیر مربوط به rt به صورت میلی ثانیه ذخیره شده است در حالی که برای سایر افراد این عدد به ثانیه ذخیره شده بود بنابراین در اولین گام تمام داده های مربوط به ستون rt را به صورت ثانیه ذخیره کرده و پس از آن داده های پرت به کمک روش IQR^1

¹ Inter-quartile range

حذف شدند. در صورتی که همچنان داده ای وجود داشت که زمان پاسخ آن بیشتر از دو ثانیه و یا کمتر از ۰.۱ ثانیه بود نیز از دیتاست خارج می شود. پس از طی این مراحل تمام داده های It به صورت میلی ثانیه ذخیره شدند.

(۳) اصلاح شناسه افراد
برای یکی از افراد داده مربوط به شناسه به صورت اعشاری ذخیره شده بود که تغییر داده شد.

(۴) اصلاح ستون `stm`
داده های مربوط به این ستون باید به فرم `[num].bmp` باشند اما برای تعدادی از سطر ها آدرس دایرکتوری نیز پیش از آن نوشته شده بود که حذف شد.

(۵) اصلاح ستون `pos`
مقادیر مجاز برای این ستون میان ۱ تا ۱۳ است اما برای تعدادی از افراد این مقدار میان ۰ تا ۱۲ گزارش شده بود که با افزودن یک واحد به تمام آنها اصلاح شد.

(۶) اصلاح ستون `uhnd`
برای برخی سطر ها داده های این ستون به درستی گزارش نشده بودند. برای مثال برای برخی افراد برای دست چپ مقدار `I` گزارش شده بود که مقدار درست تغییر داده شد.

پس از تمییز کردن داده تعداد داده ها از ۱۲۱۶۹۵ به ۱۱۰۲۹۲ رسید که یعنی تقریباً ۱۰ درصد از داده ها حذف شدند با این که مقدار معقول زیر ۲ درصد است اما چون در این دیتاست تعداد داده های خالی زیاد بود و مقادیر آن با توجه به ستون های دیگر قابل بازیابی نبود به ناچار این داده ها حذف شدند.

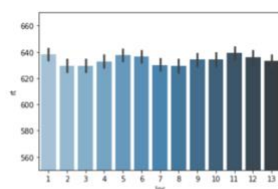
۲. جست و جو در داده ها

در این بخش تاثیر متغیر های مستقل موجود در مسئله بر روی متغیر های وابسته به کمک نمودار ها و تست های آماری انجام شد که در ادامه به تحلیل آن ها پرداخته می شود.
متغیر های مستقل بررسی شده در این بخش عبارت اند از:

`loc, ecc, vf, hndns, dhnd, sex, eye`

و متغیر های وابسته مربوط به زمان پاسخ و درصد جواب درست در هر یک از افراد است.
همچنین در تمام تست های آماری انجام شده مقدار آلفا برابر ۰.۵ در نظر گرفته شده است.

تاثیر متغیر ها بر روی زمان پاسخ

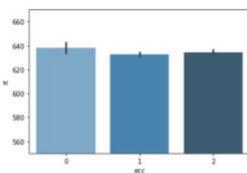


Dep. Variable:	rt	R-squared:	0.000
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.000
Method:	Least Squares	F-statistic:	2.110
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.0134
Time:	02:37:40	Log-Likelihood:	-7.5069e+05
No. Observations:	110292	AIC:	1.501e+06
Df Residuals:	110279	BIC:	1.502e+06
Df Model:	12		
Covariance Type:	nonrobust		

Intercept	637.9598	2.382	267.779	0.000	633.290	642.620
C(loc)[T.2]	-8.3970	3.355	-2.503	0.012	-14.973	-1.821
C(loc)[T.3]	-8.6423	3.362	-2.570	0.010	-15.233	-2.052
C(loc)[T.4]	-5.2427	3.377	-1.552	0.121	-11.862	1.377
C(loc)[T.5]	-0.4559	3.356	-0.136	0.892	-7.034	6.122
C(loc)[T.6]	-1.5295	3.368	-0.454	0.650	-8.131	5.072
C(loc)[T.7]	-7.7957	3.361	-2.319	0.020	-14.383	-1.208
C(loc)[T.8]	-8.5153	3.372	-2.525	0.012	-15.125	-1.986
C(loc)[T.9]	-3.9804	3.357	-1.164	0.244	-10.489	2.672
C(loc)[T.10]	-3.5525	3.361	-1.057	0.290	-10.139	3.034
C(loc)[T.11]	1.1046	3.355	0.329	0.742	-5.471	7.680
C(loc)[T.12]	-1.9597	3.362	-0.583	0.560	-8.549	4.630
C(loc)[T.13]	-4.5677	3.366	-1.357	0.175	-11.164	2.029

شکل ۲. تاثیر loc بر rt

نمودار کشیده شده تقریباً اختلاف زیادی را میان این گروه ها نشان نمی دهد اما از آن جا که آماره احتمال آماره F برای این نمودار کمتر از ۰.۰۵ بوده است می توان گفت حداقل دو گروه وجود دارد که اختلاف میانگین زمان پاسخ آن ها معنا دار هستند.



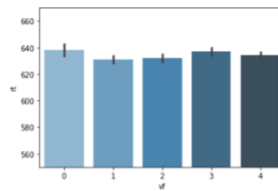
Dep. Variable:	rt	R-squared:	0.000
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.000
Method:	Least Squares	F-statistic:	2.470
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.0846
Time:	02:37:31	Log-Likelihood:	-7.5070e+05
No. Observations:	110292	AIC:	1.501e+06
Df Residuals:	110289	BIC:	1.501e+06
Df Model:	2		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	637.9598	2.383	267.767	0.000	633.290	642.630
C(ecc)[T.1]	-5.3473	2.572	-2.079	0.038	-10.389	-0.306
C(ecc)[T.2]	-3.5495	2.572	-1.380	0.168	-8.590	1.491

Omnibus:	1336.925	Durbin-Watson:	0.924
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	1388.001
Skew:	0.269	Prob(JB):	3.98e-302
Kurtosis:	3.112	Cond. No.	7.65

شکل ۳. تاثیر ecc بر rt

همان طور که از تصویر نیز مشخص است این سه گروه اختلاف معنا داری با یکدیگر ندارد که آماره F نیز به خوبی این موضوع را نشان می دهد.



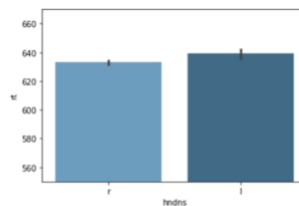
Dep. Variable:	rt	R-squared:	0.000
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.000
Method:	Least Squares	F-statistic:	3.766
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.00457
Time:	02:37:33	Log-Likelihood:	-7.5069e+05
No. Observations:	110292	AIC:	1.501e+06
Df Residuals:	110287	BIC:	1.501e+06
Df Model:	4		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	637.9598	2.382	267.777	0.000	633.290	642.629
C(vf) [T.1]	-7.1617	2.749	-2.605	0.009	-12.550	-1.774
C(vf) [T.2]	-5.9310	2.750	-2.157	0.031	-11.320	-0.542
C(vf) [T.3]	-0.9623	2.746	-0.350	0.726	-6.345	4.420
C(vf) [T.4]	-3.7685	2.749	-1.371	0.170	-9.156	1.619

Omnibus:	1338.100	Durbin-Watson:	0.924
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	1389.311
Skew:	0.269	Prob(JB):	2.06e-302
Kurtosis:	3.112	Cond. No.	9.16

شکل ۴. تاثیر vf بر rt

نمودار تفاوت زیادی را میان گروه های مختلف نشان نمی دهد با این حال چون احتمال آماره f از ۰.۰۵ کمتر است می توان گفت حداقل میان دو گروه وجود دارد اما چون اختلاف با آلفا خیلی کم است فرض صفر با قدرت زیادی رد نمی شود.



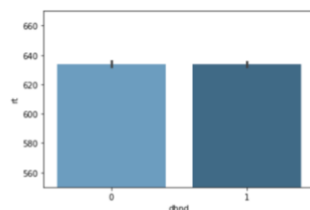
Dep. Variable:	rt	R-squared:	0.000
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.000
Method:	Least Squares	F-statistic:	9.580
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.00197
Time:	14:17:42	Log-Likelihood:	-7.5069e+05
No. Observations:	110292	AIC:	1.501e+06
Df Residuals:	110290	BIC:	1.501e+06
Df Model:	1		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	639.1178	1.824	350.340	0.000	635.542	642.693
hndns [T.r]	-6.0546	1.956	-3.095	0.002	-9.889	-2.221

Omnibus:	1359.836	Durbin-Watson:	0.924
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	1412.409
Skew:	0.272	Prob(JB):	1.99e-307
Kurtosis:	3.110	Cond. No.	5.37

شکل ۵. تاثیر $hndns$ بر rt

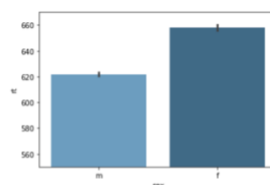
نمودار اختلاف اندکی میان دو دست را نشان می دهد اما تست آماری نشان می دهد که میان زمان پاسخ این دو گروه اختلاف معنا داری وجود داشته است. نکته ای که در این جا قابل توجه است این است که میانگین زمان پاسخ برای چپ دستان بیشتر راست دستان بوده است اما می دانیم که در بیشتر کارها چپ دست ها سریع ترند ممکن است این نتیجه به علت کم بودن تعداد نمونه های چپ دست نسبت به راست دست به وجود آمده باشد.



OLS Regression Results						
Dep. Variable:	rt		R-squared:		0.000	
Model:	OLS		Adj. R-squared:		-0.000	
Method:	Least Squares		F-statistic:		1.508e-05	
Date:	Sun, 27 Mar 2022		Prob (F-statistic):		0.997	
Time:	02:37:35		Log-Likelihood:		-7.5070e+05	
No. Observations:	110292		AIC:		1.501e+06	
Df Residuals:	110290		BIC:		1.501e+06	
Df Model:	1					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	633.8543	0.929	682.163	0.000	632.033	635.676
dhnd	-0.0051	1.317	-0.004	0.997	-2.586	2.576
Omnibus:	1335.995		Durbin-Watson:		0.924	
Prob(Omnibus):	0.000		Jarque-Bera (JB):		1387.020	
Skew:	0.269		Prob(JB):		6.49e-302	
Kurtosis:	3.112		Cond. No.		2.61	

شکل ۶: تاثیر $dhnd$ بر rt

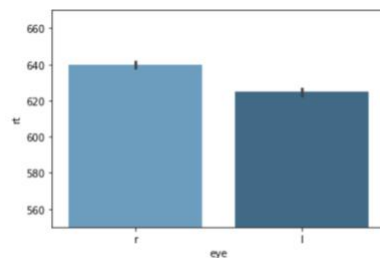
همان طور که از نمودار و نتایج آماری پیداست این که افراد با دست برتر خود پاسخ را داده اند یا نداده تاثیری بر زمان پاسخ آنها نداشته است.



OLS Regression Results						
Dep. Variable:	rt		R-squared:	0.006		
Model:	OLS		Adj. R-squared:	0.005		
Method:	Least Squares		F-statistic:	672.9		
Date:	Sun, 27 Mar 2022		Prob (F-statistic):	6.51e-148		
Time:	02:37:36		Log-Likelihood:	-7.5036e+05		
No. Observations:	110292		AIC:	1.501e+06		
Df Residuals:	110290		BIC:	1.501e+06		
Df Model:	1					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	657.9875	1.139	577.851	0.000	655.756	660.219
sex[T.m]	-36.1490	1.394	-25.940	0.000	-38.880	-33.418
Omnibus:	1499.768		Durbin-Watson:	0.929		
Prob(Omnibus):	0.000		Jarque-Bera (JB):	1563.372		
Skew:	0.286		Prob(JB):	0.00		
Kurtosis:	3.114		Cond. No.	3.23		

شکل ۷: تاثیر sex بر rt

نمودار اختلاف زیادی میان دو دسته را نشان می دهد و نتایج آماری نیز همسو با آن هستند یعنی به طور میانگین مدت زمان پاسخ برای زن ها از مرد ها بیشتر بوده است.

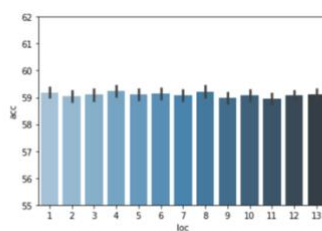


OLS Regression Results						
Dep. Variable:	rt		R-squared:	0.001		
Model:	OLS		Adj. R-squared:	0.001		
Method:	Least Squares		F-statistic:	128.1		
Date:	Sun, 27 Mar 2022		Prob (F-statistic):	1.11e-29		
Time:	02:37:38		Log-Likelihood:	-7.5063e+05		
No. Observations:	110292		AIC:	1.501e+06		
Df Residuals:	110290		BIC:	1.501e+06		
Df Model:	1					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	624.6710	1.045	598.038	0.000	622.624	626.718
eye[T.r]	15.2223	1.345	11.318	0.000	12.586	17.858
Omnibus:	1346.467		Durbin-Watson:		0.925	
Prob(Omnibus):	0.000		Jarque-Bera (JB):		1400.242	
Skew:	0.268		Prob(JB):		8.74e-305	
Kurtosis:	3.130		Cond. No.		2.94	

شکل ۸. تاثیر چشم بر rt

هم نمودار و هم تست آماری تفاوت معنا داری را برای دو گروه با چشم راست غالب و چشم چپ غالب نشان می دهد. می توان گفت افرادی که چشم چپ آن ها غالب بوده است زمان پاسخ کمتری داشته اند.

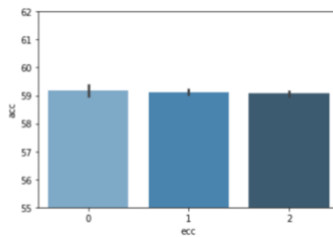
تاثیر متغیر ها بر روی درصد پاسخ صحیح



OLS Regression Results						
Dep. Variable:	acc	R-squared:	0.000			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	-0.000			
Method:	Least Squares	F-statistic:	0.7591			
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.694			
Time:	14:36:41	Log-Likelihood:	-3.9893e+05			
No. Observations:	110292	AIC:	7.979e+05			
Df Residuals:	110279	BIC:	7.980e+05			
Df Model:	12					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	59.1904	0.098	603.010	0.000	58.998	59.383
C[loc][T.2]	-0.1394	0.138	-1.008	0.313	-0.410	0.132
C[loc][T.3]	-0.0873	0.139	-0.630	0.529	-0.359	0.184
C[loc][T.4]	0.0544	0.139	0.391	0.696	-0.218	0.327
C[loc][T.5]	-0.0829	0.138	-0.600	0.549	-0.354	0.188
C[loc][T.6]	-0.0362	0.139	-0.261	0.794	-0.308	0.236
C[loc][T.7]	-0.1051	0.138	-0.759	0.448	-0.376	0.166
C[loc][T.8]	0.0305	0.139	0.219	0.826	-0.242	0.303
C[loc][T.9]	-0.2076	0.138	-1.501	0.133	-0.479	0.064
C[loc][T.10]	-0.1002	0.138	-0.723	0.469	-0.372	0.171
C[loc][T.11]	-0.2441	0.138	-1.766	0.077	-0.515	0.027
C[loc][T.12]	-0.1162	0.139	-0.839	0.402	-0.388	0.155
C[loc][T.13]	-0.0913	0.139	-0.659	0.510	-0.363	0.180

شکل ۹. تاثیر loc بر acc

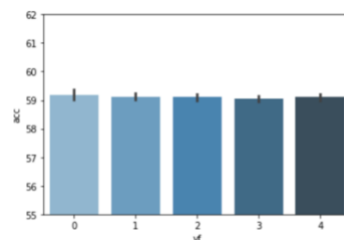
نمودار تقریباً برای همه گروه ها یکسان به نظر می رسد و نتایج تست آماری نیز تفاوت معناداری را میان گروه های مختلف نشان نمی دهد. (احتمال آماره ی f از ۰.۰۵ بیشتر است)



OLS Regression Results						
Dep. Variable:	acc		R-squared:	0.000		
Model:	OLS		Adj. R-squared:	-0.000		
Method:	Least Squares		F-statistic:	0.9093		
Date:	Sun, 27 Mar 2022		Prob (F-statistic):	0.403		
Time:	14:36:42		Log-Likelihood:	-3.9894e+05		
No. Observations:	110292		AIC:	7.979e+05		
Df Residuals:	110289		BIC:	7.979e+05		
Df Model:	2					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	59.1904	0.098	603.017	0.000	58.998	59.383
C(ecc) [T.1]	-0.0666	0.106	-0.628	0.530	-0.274	0.141
C(ecc) [T.2]	-0.1221	0.106	-1.152	0.249	-0.330	0.086

شکل ۱۰. تاثیر ecc بر acc

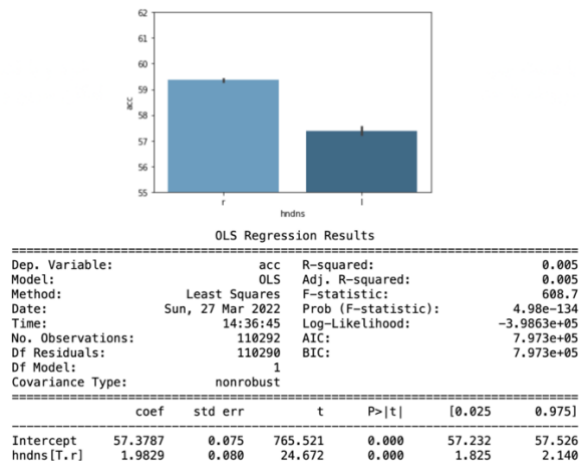
نمودار برای هر سه گروه تقریب یکسان است و نتایج آماری نیز تفاوت قابل توجهی میان این سه گروه را نشان نمی دهد.



OLS Regression Results						
Dep. Variable:	acc	R-squared:	0.000			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	-0.000			
Method:	Least Squares	F-statistic:	0.4729			
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.756			
Time:	14:36:44	Log-Likelihood:	-3.9894e+05			
No. Observations:	110292	AIC:	7.979e+05			
Df Residuals:	110287	BIC:	7.979e+05			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	59.1904	0.098	603.012	0.000	58.998	59.383
C(vf) [T.1]	-0.0673	0.113	-0.594	0.552	-0.289	0.155
C(vf) [T.2]	-0.0812	0.113	-0.717	0.474	-0.303	0.141
C(vf) [T.3]	-0.1425	0.113	-1.260	0.208	-0.364	0.079
C(vf) [T.4]	-0.0860	0.113	-0.759	0.448	-0.308	0.136

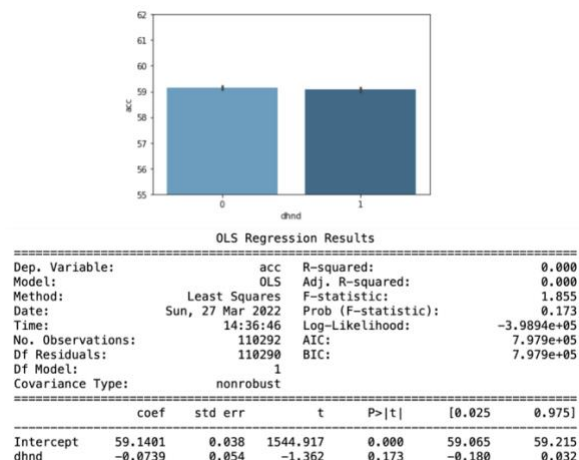
شکل ۱۱. تاثیر vf بر acc

همان طور که از نمودار نیز پیداست vf تاثیری بر روی acc نداشته و تقریباً برای تمام گروه ها یکسان است. نتایج تست آماری نیز این موضوع را تایید می کند.



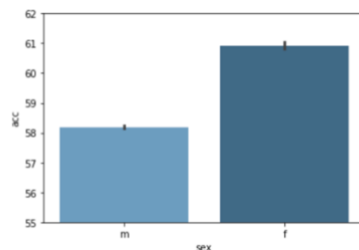
شکل ۱۲. تاثیر hndns بر acc

تصویر بالا بیانگر این مسئله است که چپ دست یا راست دست بودن افراد بر روی صحت پاسخ تاثیر گذار بوده است و راست دستان پاسخ های درست تری داده اند.



شکل ۱۳. تاثیر dhnd بر acc

در این جا نیز همانند قسمت قبل مشاهده می شود که این که افراد با دست غالب خود پاسخ را داده اند یا خیر تفاوتی بر صحت جواب نداشته است و برای هر دو گروه نتایج تقریباً یکسان است.

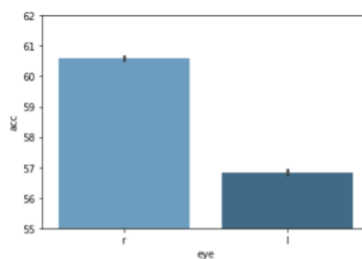


Dep. Variable:	acc	R-squared:	0.020
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.020
Method:	Least Squares	F-statistic:	2308.
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.00
Time:	14:36:47	Log-Likelihood:	-3.9780e+05
No. Observations:	110292	AIC:	7.956e+05
Df Residuals:	110290	BIC:	7.956e+05
Df Model:	1		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	60.9314	0.047	1308.389	0.000	60.840	61.023
sex[T.m]	-2.7381	0.057	-48.042	0.000	-2.850	-2.626

شکل ۱۴: تاثیر sex بر acc

نمودار و نتایج آماری همسو هستند و نتایج نشان می دهد که اگرچه مردان با سرعت بیشتری پاسخ داده اند اما زنان پاسخ های دقیق تری داشته اند.



Dep. Variable:	acc	R-squared:	0.042
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.042
Method:	Least Squares	F-statistic:	4782.
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.00
Time:	14:36:49	Log-Likelihood:	-3.9660e+05
No. Observations:	110292	AIC:	7.932e+05
Df Residuals:	110290	BIC:	7.932e+05
Df Model:	1		
Covariance Type:	nonrobust		

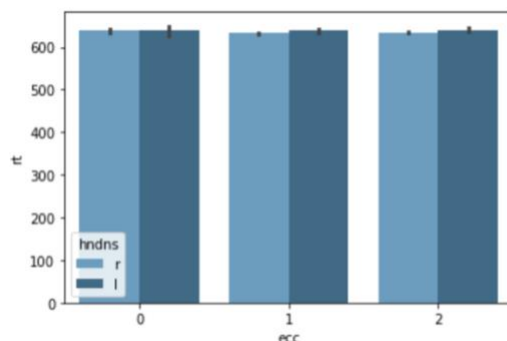
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	56.8396	0.042	1348.383	0.000	56.757	56.922
eye[T.r]	3.7534	0.054	69.150	0.000	3.647	3.860

شکل ۱۵: تاثیر eye بر acc

تصویر بالا نشان می دهد که چشم غالب نیز همانند دست غالب بر روی صحت جواب تاثیر داشته است و در این جا نیز افرادی که چشم غالب آن ها چپ بوده با این که زود تر پاسخ داده اند اما صحت جواب کمتری نسبت به گروه مقابل داشته اند.

بررسی تعاملات و interaction بین متغیر ها

در این بخش به کمک دو نمودار به بررسی تعاملات میان متغیر های مستقل و تاثیر آن ها بر روی متغیر های وابسته پرداخته می شود.



OLS Regression Results

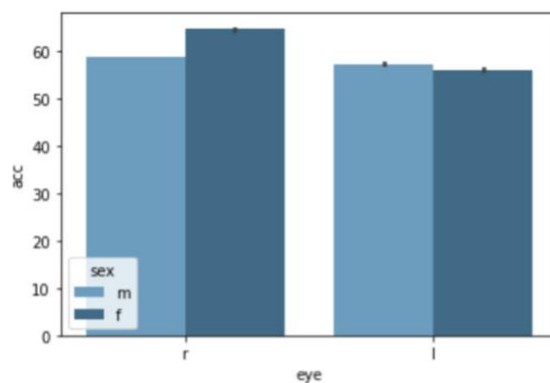
Dep. Variable:	rt	R-squared:	0.000
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.000
Method:	Least Squares	F-statistic:	3.017
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.0100
Time:	14:17:59	Log-Likelihood:	-7.5069e+05
No. Observations:	110292	AIC:	1.501e+06
Df Residuals:	110286	BIC:	1.501e+06
Df Model:	5		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	638.7861	6.578	97.114	0.000	625.894	651.678
C(ecc)[T.1]	-0.4650	7.104	-0.065	0.948	-14.389	13.459
C(ecc)[T.2]	1.1851	7.105	0.167	0.868	-12.741	15.111
hndns[T.r]	-0.9510	7.057	-0.135	0.893	-14.782	12.880
C(ecc)[T.1]:hndns[T.r]	-5.6135	7.621	-0.737	0.461	-20.551	9.324
C(ecc)[T.2]:hndns[T.r]	-5.4405	7.622	-0.714	0.475	-20.379	9.498

Omnibus:	1361.228	Durbin-Watson:	0.924
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	1413.891
Skew:	0.272	Prob(JB):	9.49e-308
Kurtosis:	3.110	Cond. No.	41.0

شکل ۱۶. تعامل hndns و ecc و تاثیر آن بر rt

با توجه به بالا بودن pvalue در تصویر بالا می توان گفت تعامل میان ecc و hndns معنا دار نبوده و این دو متغیر بر روی یکدیگر برای زمان پاسخ اتاثری نداشته اند.



OLS Regression Results

Dep. Variable:	acc	R-squared:	0.099
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.099
Method:	Least Squares	F-statistic:	4041.
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.00
Time:	14:18:02	Log-Likelihood:	-3.9319e+05
No. Observations:	110292	AIC:	7.864e+05
Df Residuals:	110288	BIC:	7.864e+05
Df Model:	3		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	56.0308	0.068	823.544	0.000	55.897	56.164
eye[T.r]	8.6121	0.090	95.486	0.000	8.435	8.789
sex[T.m]	1.2654	0.085	14.869	0.000	1.099	1.432
eye[T.r]:sex[T.m]	-7.1652	0.111	-64.477	0.000	-7.383	-6.947

Omnibus:	11840.483	Durbin-Watson:	0.001
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	16061.890
Skew:	0.927	Prob(JB):	0.00
Kurtosis:	3.246	Cond. No.	9.33

شکل ۱۷. تعامل *eye* و *sex* و تاثیر آن بر *acc*

نمودار و نتایج آماری هر دو نشان می دهد که ارتباط *eye* و *sex* معنا دار بوده است و بر روی *acc* تاثیر گذاشته و زنان با چشم راست به نسبت مردان با چشم چپ دقت بیشتری داشته اند.

۳. پیش بینی ویژگی های رفتاری

در این قسمت جهت پیش بینی مقادیر مربوط به سه متغیر وابسته rt, lrt, acc سه مدل انتخاب شدند. جهت انتخاب این مدل ها ابتدا تمام ویژگی ها درون مدل گذاشته شد و در نهایت با حذف ویژگی های بی تاثیر یک مدل تقریباً بهینه برای هر یک انتخاب شد.

برای جلوگیری از تکرار مراحل طی شده برای انتخاب بهترین مدل، روش کار برای تنها یک متغیر (acc) شرح داده می شود. برای سایر متغیر های وابسته نیز روش مشابهی انجام شده است.

در ابتدا متغیر های $categorical$ به صورت $one\ hot$ در آمد تا به کمک آن بتوان مدل رگرشن را پیاده سازی کرد. پس از آن تمام متغیر ها به عنوان ویژگی به مدل داده شدند. مدل اولیه $R-squared$ بسیار کمی داشت (0.064). با مراجعه به $pvalue$ های به دست آمده برای متغیر های vf, loc, ecc دیده می شد که این متغیر ها به نسبت سایر متغیر های وابسته مقادیر بسیار بالاتری برای $pvalue$ دارند و به همین جهت در گام های بعدی این متغیر ها از مدل حذف شدند. با حذف سه متغیر گفته شده و به کمک متغیر های $uhnd, eye, sex, hndns$ مدل آموزش دیده شده به $R-squared$ برابر با 0.91 رسید که مقدار مطلوبی است. همچنین در این گام مقدار $pvalue$ برای تمام متغیر ها به صفر رسید. اما از آن جایی که ممکن است متغیر ها با یکدیگر وابستگی داشته باشند و با حذف یکی از آن ها بتوان بدون از دست دادن دقت زیاد به مدل بهتری رسید در مرحله های بعد هر یک از این متغیر ها حذف شدند و مجدداً مدل ارزیابی شد. برای مثال با حذف $hndns$ از متغیر های موجود مقدار $R-squared$ از 0.91 به 0.8 رسید که نشان می دهد این متغیر برای یادگیری مدل بسیار مهم است در حالی که حذف برخی متغیر ها مانند $uhnd$ تاثیر زیادی نداشت و تنها مقدار $R-Squared$ را از 0.91 به 0.9 رساند که تغییر چشم گیری نیست. بنابراین مدل انتخاب شده برای پیش بینی acc مدلی بود که تنها از ویژگی های $eye, sex, hndns$ استفاده می کند.

تصاویر زیر نتایج بهترین مدل های انتخاب شده را برای سه متغیر وابسته نشان می دهد.

Dep. Variable:	acc	R-squared (uncentered):	0.903			
Model:	OLS	Adj. R-squared (uncentered):	0.903			
Method:	Least Squares	F-statistic:	3.441e+05			
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.00			
Time:	14:18:04	Log-Likelihood:	-4.7874e+05			
No. Observations:	110292	AIC:	9.575e+05			
Df Residuals:	110289	BIC:	9.575e+05			
Df Model:	3					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t P> t [0.025 0.975]			
hndns	41.8573	0.103	407.995	0.000	41.656	42.058
eye	9.3393	0.115	81.033	0.000	9.113	9.565
sex	18.7107	0.100	187.739	0.000	18.515	18.906
Omnibus:	7583.739	Durbin-Watson:	0.001			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	9272.658			
Skew:	0.710	Prob(JB):	0.00			
Kurtosis:	2.942	Cond. No.	3.23			

شکل ۱۸. مدل آموزش داده شده برای acc

Dep. Variable:	rt	R-squared (uncentered):	0.821
Model:	OLS	Adj. R-squared (uncentered):	0.821
Method:	Least Squares	F-statistic:	1.267e+05
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.00
Time:	14:18:05	Log-Likelihood:	-7.7933e+05
No. Observations:	110292	AIC:	1.559e+06
Df Residuals:	110288	BIC:	1.559e+06
Df Model:	4		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
sex	188.4172	1.552	121.432	0.000	185.376	191.458
eye	78.6212	1.761	44.658	0.000	75.171	82.072
hndns	420.6396	1.671	251.762	0.000	417.365	423.914
uhnd	92.3877	1.645	56.163	0.000	89.164	95.612
Omnibus:	465.109	Durbin-Watson:	0.550			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	470.659			
Skew:	0.159	Prob(JB):	6.27e-103			
Kurtosis:	2.965	Cond. No.	3.57			

شکل ۱۹. مدل آموزش داده شده برای rt

Dep. Variable:	lrt	R-squared (uncentered):	0.922
Model:	OLS	Adj. R-squared (uncentered):	0.922
Method:	Least Squares	F-statistic:	2.618e+05
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.00
Time:	14:18:05	Log-Likelihood:	-2.2025e+05
No. Observations:	110292	AIC:	4.405e+05
Df Residuals:	110287	BIC:	4.406e+05
Df Model:	5		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
uhnd	0.5121	0.016	32.282	0.000	0.481	0.543
dhnd	0.5442	0.016	34.309	0.000	0.513	0.575
eye	0.5853	0.011	52.865	0.000	0.564	0.607
hndns	4.1798	0.011	394.480	0.000	4.159	4.201
sex	2.1017	0.010	214.826	0.000	2.083	2.121
Omnibus:	9285.629	Durbin-Watson:	0.039			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	5870.283			
Skew:	0.441	Prob(JB):	0.00			
Kurtosis:	2.294	Cond. No.	5.94			

شکل ۲۰. مدل آموزش داده شده برای lrt

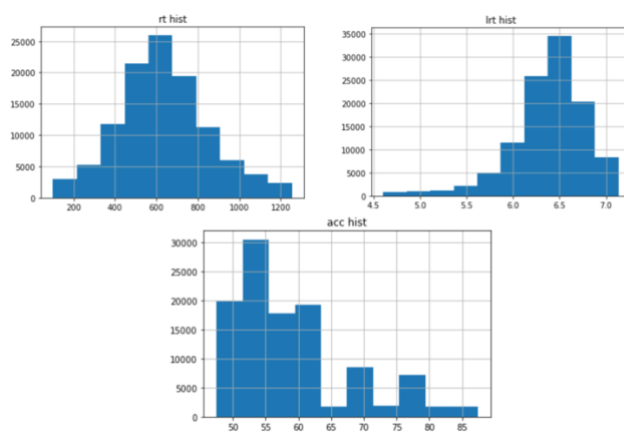
مشاهده می شود که هنگامی که به جای زمان پاسخ از لگاریتم آن استفاده می شود مدل به R-squared بهتری می رسد و مدل آموزش بهتری می بیند.

تحلیل نمودار ها



شکل ۲۱. ماتریس همبستگی میان متغیر ها

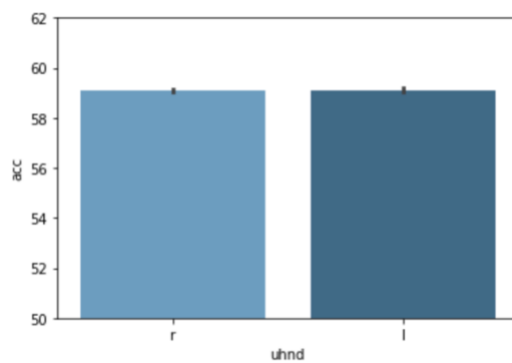
تصویر بالا نشان می دهد که متغیر هایی مانند جنسیت ،چشم غالب و دست غالب بر روی متغیر های وابسته تاثیر داشته اند که همان متغیر هایی هستند که مدل های ما از آن استفاده می کند. علاوه بر این متغیر ecc که گفته شده بود تاثیری روی آموزش مدل ندارد همبستگی نیز با متغیر های وابسته ندارد. تصویر بالا همچنین همبستگی میان دست غالب و دست استفاده شده را نشان می دهد اما از آن جا که در میان همه ترایال ها تعداد استفاده از دست راست و دست چپ برای افراد یکسان بوده به احتمال زیاد این همبستگی به دلیل نامتوازن بودن داده های موجود ایجاد شده است.



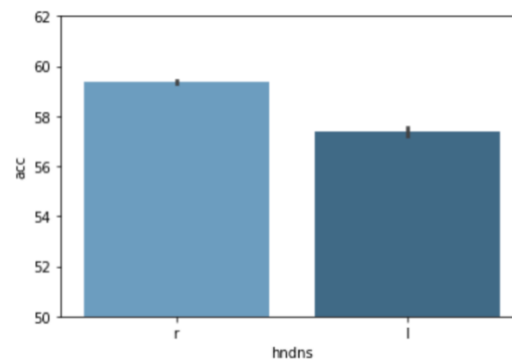
شکل ۲۲. هیستوگرام مربوط به متغیر های وابسته

تصویر بالا توزیع متغیرهای وابسته را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که تعداد زیادی از افراد با دقت نزدیک به ۵۵ درصد پاسخ داده‌اند. همچنین تفاوت دو توزیع rt و lrt نیز مشاهده می‌شود با اینکه انتظار میرفت نمودار rt چولگی داشته باشد و لگاریتم آن این چولگی را کم کند اما در این جا نتیجه برعکس مشاهده شد.

در قسمت آموزش مدل مشاهده شد که حذف ویژگی $hndns$ باعث می‌شود مقدار R -Squared برای مدل به صورت چشم‌گیری کاهش یابد در حالی که حذف $uhnd$ تاثیر چشم‌گیری روی آن نمی‌گذاشت. نمودارهای زیر به خوبی این موضوع را نشان می‌دهند و می‌توان دید مقدار acc در نمودار $uhnd$ برای هر دو گروه تقریباً یکسان است و به ما قدرت خوبی برای پیش‌بینی نمی‌دهند در حالی که این موضوع برای $hndns$ صادق نیست و می‌توان تفاوت میان دو گروه را به خوبی دید.



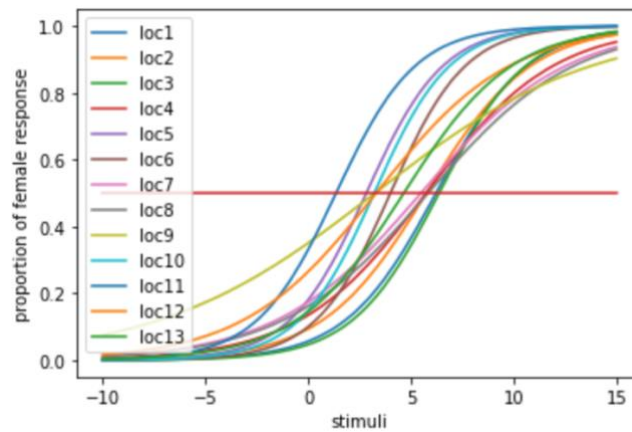
شکل ۲۳. باریلات مربوط به $uhnd$



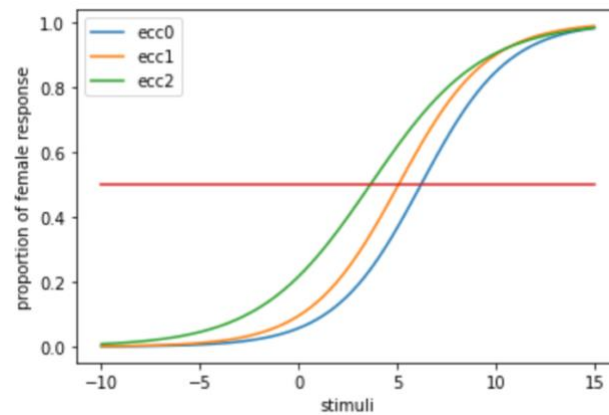
شکل ۲۴. باریلات مربوط به $hndns$

۴. نمودار های سایکومتريک^۲

هدف این بخش پیدا کردن pse برای هر فرد و انجام تست های آماری برای بررسی تفاوت آن در vf,ecc,loc های مختلف است. pse در واقع نقطه ای است که فرد با احتمال ۰.۵ محرک دیده شده را مرد یا زن انتخاب می کند. پس از به دست آوردن مقادیر مربوط به pse برای سه متغیر گفته شده و برای هر فرد، نمودار های مربوط به آن برای یک فرد کشیده شده است که مطابق تصاویر زیر است.

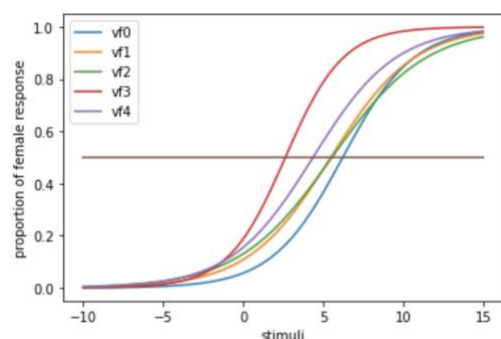


شکل ۲۵. نمودار pse مربوط به loc



شکل ۲۶. نمودار pse مربوط به ecc

^۲ Psychometric



شکل ۲۷. نمودار ecc مربوط به vf

همان طور که مشاهده می شود این نمودارها بسیار شبیه به نمودار های موجود در مقاله ی مرجع هستند. pse برای هر کدام از نمودار ها جایی است که خط قرمز منحنی را قطع کرده است.

در ادامه و به کمک دو تست آماری $ANOVA$ و $permutation$ تست به دو سوال پاسخ داده می شود:

(۱) آیا درون جامعه و میان افراد مختلف این تفاوت ها معنا دار است یا خیر

(۲) آیا درون هر فرد هر کدام از متغیر های گفته شده بر روی pse تاثیر گذارند یا خیر

بررسی تفاوت میان افراد جامعه

برای این که ببینم تفاوت pse در کل جامعه و برای متغیر های گفته شده معنا دار است یا خیر اطلاعات و pse مربوط به تمام افراد را جمع آوری کرده و بر روی آن تست $ANOVA$ انجام داده شد. نتایج برای هر کدام از متغیر های گفته شده به شرح زیر است:

• ecc

----- pse ~ ecc -----						
OLS Regression Results						
=====						
Dep. Variable:	pse	R-squared:	0.001			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	-0.009			
Method:	Least Squares	F-statistic:	0.1190			
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.888			
Time:	18:02:01	Log-Likelihood:	-484.67			
No. Observations:	195	AIC:	975.3			
Df Residuals:	192	BIC:	985.2			
Df Model:	2					
Covariance Type:	nonrobust					
=====						
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	6.3846	0.363	17.580	0.000	5.668	7.101
C(ecc) [T.ecc1]	0.2000	0.514	0.389	0.697	-0.813	1.213
C(ecc) [T.ecc2]	-0.0308	0.514	-0.060	0.952	-1.044	0.982
=====						
Omnibus:	30.229	Durbin-Watson:	1.672			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	24.809			
Skew:	-0.777	Prob(JB):	4.10e-06			
Kurtosis:	2.202	Cond. No.	3.73			

شکل ۲۸. تست $ANOVA$ برای بررسی ecc

همان طور که مشاهده می شود تاثیر ecc بر روی pse بر روی کل جامعه مشهود نیست(به دلیل بالا بودن احتمال آماره f) و میان گروه های مختلف تفاوت معنا داری وجود ندارد.

• loc

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	pse	R-squared:	0.022			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.008			
Method:	Least Squares	F-statistic:	1.575			
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.0933			
Time:	14:18:34	Log-Likelihood:	-2189.4			
No. Observations:	845	AIC:	4405.			
Df Residuals:	832	BIC:	4466.			
Df Model:	12					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	6.3846	0.404	15.820	0.000	5.592	7.177
C(loc) [T.loc10]	-1.6154	0.571	-2.830	0.005	-2.736	-0.495
C(loc) [T.loc11]	-1.0923	0.571	-1.914	0.056	-2.213	0.028
C(loc) [T.loc12]	-1.2154	0.571	-2.130	0.034	-2.336	-0.095
C(loc) [T.loc13]	-0.9538	0.571	-1.671	0.095	-2.074	0.166
C(loc) [T.loc2]	-0.3538	0.571	-0.620	0.535	-1.474	0.766
C(loc) [T.loc3]	-0.6154	0.571	-1.078	0.281	-1.736	0.505
C(loc) [T.loc4]	-0.9077	0.571	-1.590	0.112	-2.028	0.213
C(loc) [T.loc5]	-0.8462	0.571	-1.483	0.139	-1.966	0.274
C(loc) [T.loc6]	-1.7077	0.571	-2.992	0.003	-2.828	-0.587
C(loc) [T.loc7]	-0.5692	0.571	-0.997	0.319	-1.689	0.551
C(loc) [T.loc8]	-1.5385	0.571	-2.696	0.007	-2.659	-0.418
C(loc) [T.loc9]	-1.2769	0.571	-2.237	0.026	-2.397	-0.157
Omnibus:	24065.735	Durbin-Watson:	1.594			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	76.701			
Skew:	-0.260	Prob(JB):	2.21e-17			
Kurtosis:	1.619	Cond. No.	13.9			

شکل ۲۹. تست anova برای بررسی loc

نتایج این تست نیز همانند بخش قبلی تفاوت معنا داری میان مکان های مختلف را نشان نمی دهد به این معنی که میانگین مقادیر pse میان مکان های مختلف در کل افراد با یکدیگر متفاوت نبوده است.

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	pse	R-squared:	0.013			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.000			
Method:	Least Squares	F-statistic:	1.040			
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	0.387			
Time:	18:16:18	Log-Likelihood:	-820.54			
No. Observations:	325	AIC:	1651.			
Df Residuals:	320	BIC:	1670.			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	6.3846	0.378	16.904	0.000	5.642	7.128
C(vf) [T.vf1]	-0.0154	0.534	-0.029	0.977	-1.066	1.036
C(vf) [T.vf2]	-0.0615	0.534	-0.115	0.908	-1.112	0.989
C(vf) [T.vf3]	-0.6615	0.534	-1.238	0.216	-1.712	0.389
C(vf) [T.vf4]	-0.7846	0.534	-1.469	0.143	-1.836	0.266
Omnibus:	110.943	Durbin-Watson:	1.816			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	34.483			
Skew:	-0.584	Prob(JB):	3.25e-08			
Kurtosis:	1.913	Cond. No.	5.83			

شکل ۳۰. تست anova برای vf

مجددا مشاهده می شود که در این جا نیز میان گروه های مختلف تفاوت معنا داری نیست.

با مشاهده نتایج بالا می توان گفت که در سطح جامعه تفاوت pse معنا دار نیست و گروه های مختلف تفاوتی با یکدیگر ندارند.

بررسی تفاوت در هر فرد

برای بررسی این تفاوت از permutation تست استفاده شده است. به این صورت که برای هر فرد، جامعه آماری فرض صفر (یعنی جامعه ای که در آن تفاوت ها معنا دار نیستند) به کمک به هم زدن جواب ها به وجود آمده و سپس بررسی شده که مقدار مشاهده شده با چه احتمالی در این جامعه دیده می شود. در صورتی که این مقدار کوچک باشد به این معنی است که این مشاهده تصادفی نبوده و اختلاف آن معنا دار است. با انجام تست زیر برای دو نمونه از افراد نتایج زیر به دست آمد:

```
{'loc1': 0.43, {'loc1': 0.75,
'loc2': 0.0,  'loc2': 0.73,
'loc3': 0.76,  'loc3': 0.76,
'loc4': 0.0,   'loc4': 0.67,
'loc5': 0.48,  'loc5': 0.0,
'loc6': 0.0,   'loc6': 0.0,
'loc7': 0.45,  'loc7': 0.68,
'loc8': 0.43,  'loc8': 0.71,
'loc9': 0.0,   'loc9': 0.48,
'loc10': 0.0,  'loc10': 0.0,
'loc11': 0.77, 'loc11': 0.59,
'loc12': 0.35, 'loc12': 0.82,
'loc13': 0.0,  'loc13': 0.69,
'ecc0': 0.43,  'ecc0': 0.75,
'ecc1': 0.57,  'ecc1': 0.0,
'ecc2': 0.61,  'ecc2': 0.61,
'vf0': 0.43,   'vf0': 0.75,
'vf1': 0.45,   'vf1': 0.74,
'vf2': 0.0,    'vf2': 0.71,
'vf3': 0.57,   'vf3': 0.0,
'vf4': 0.74}  'vf4': 0.74}
```

شکل ۳۱. permutation تست بر روی دو نمونه از افراد

نتایج بالا نشان می دهد که در هر فرد میان برخی از متغیر ها اختلاف معنا داری وجود داشته داشت و برای مثال میان دو مکان برای یک فرد تفاوت وجود داشته است.

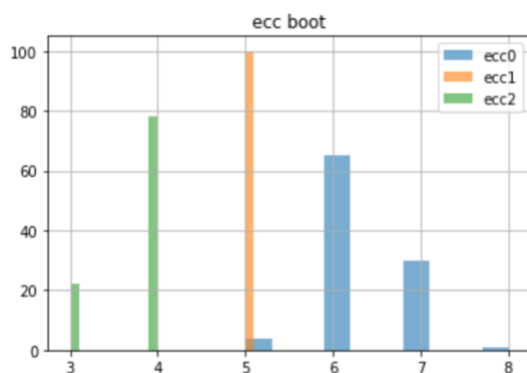
به طور کلی می توان گفت مقدار pse به ازای هر فرد (بر اساس متغیر های تعریف شده) متفاوت بوده است اما از آن جا که در کل جامعه این تفاوت دیده نمی شد می توان گفت این تفاوت بین افراد مختلف الگوی ثابتی نداشته است که بیان کننده همان نتایجی است که مقاله مرجع به دست آورده است.

استفاده از bootstrap

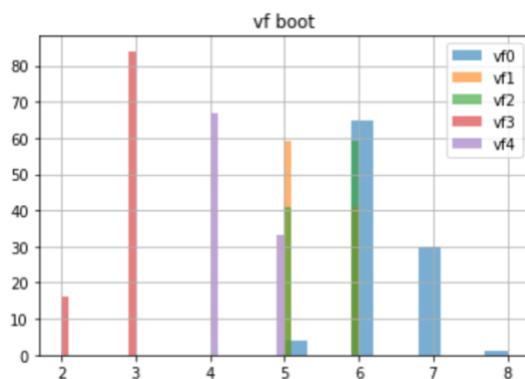
در بخش آخر این قسمت انحراف معیار pse برای هر کدام از پارامتر های گفته شده برای یک نمونه و به کمک bootstrap به دست آمد. در این روش هر بار از نمونه ی به دست آمده دیتاست جدیدی به کمک نمونه برداری با جاگذاری از جامعه اصلی به دست می آید و انحراف معیار میان جوامع مختلف گزارش می شود.

تصاویر زیر توزیع به دست آمده توسط این روش را برای یک فرد نشان می دهد:

*از آن جا که نمودار های مربوط به loc زیاد بودند در گزارش وارد نشده اند اما نمودار های مربوط به آن در کد موجود است.



شکل ۳۲. توزیع ecc برای یک نمونه



شکل ۳۳. توزیع vf برای یک نمونه

همان طور که نتایج قسمت قبل نیز نشان داده بود مشاهده می شود که pse مربوط به گروه های مختلف در هر کدام از این پارامتر ها تقریباً نزدیک به هم هستند و با گروه های مختلف اختلاف دارند. در ادامه و پس از به دست آوردن جامعه آماری انحراف معیار در پارامتر های مختلف برای یک فرد به صورت زیر به دست آمد:

loc1	0.529532
loc2	0.565953
loc3	0.529532
loc4	0.706678
loc5	0.402015
loc6	0.481894
loc7	0.640707
loc8	0.697108
loc9	0.974990
loc10	0.483673
loc11	0.521362
loc12	0.701729
loc13	0.655282
ecc0	0.529532
ecc1	0.100000
ecc2	0.422953
vf0	0.529532
vf1	0.496045
vf2	0.490207
vf3	0.435194
vf4	0.451261

شکل ۳۴: انحراف معیار پارامترهای مختلف در جامعه bootstrap

نکته ای که در این فرد قابل توجه بود این است که انحراف معیار pse در ecc1 بسیار کم بوده و pse های به دست آمده برای این ناحیه بسیار نزدیک به هم بوده اند.

۵. انحراف معیار PSE

در قسمت قبل مشاهده شد که تاثیر پارامترهای گفته شده بر روی pse کل جامعه مشهود نیست. به همین جهت در این قسمت با محاسبه انحراف معیار pse در مکان های مختلف به ازای vf و ecc های مختلف (که به عنوان index معرفی شده است) بار دیگر تست های آماری بر روی جامعه انجام شد و تاثیر گروه های مختلف بر آن بررسی شد.

• vf

index ~ vf						
OLS Regression Results						
Dep. Variable:	index	R-squared:	0.303			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.294			
Method:	Least Squares	F-statistic:	34.70			
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	4.56e-24			
Time:	14:19:27	Log-Likelihood:	-516.16			
No. Observations:	325	AIC:	1042.			
Df Residuals:	320	BIC:	1061.			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	-5.393e-16	0.148	-3.64e-15	1.000	-0.291	0.291
C(vf) [T.vf1]	1.7605	0.209	8.409	0.000	1.349	2.172
C(vf) [T.vf2]	2.0739	0.209	9.905	0.000	1.662	2.486
C(vf) [T.vf3]	1.5717	0.209	7.507	0.000	1.160	1.984
C(vf) [T.vf4]	2.1245	0.209	10.147	0.000	1.713	2.536
Omnibus:	27.624	Durbin-Watson:	1.674			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	10.548			
Skew:	0.167	Prob(JB):	0.00512			
Kurtosis:	2.183	Cond. No.	5.83			

شکل ۳۵. تست anova برای تاثیر vf بر index

نتایج بالا نشان می دهد که با در نظر گرفتن انحراف معیار مکان ها در میان vf های مختلف تفاوت معنا داری در جامعه به وجود آمده است و بنابراین می توان گفت index به ازای گروه های مختلف vf متفاوت است.

• ecc

----- index ~ ecc -----

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	index	R-squared:	0.624			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.620			
Method:	Least Squares	F-statistic:	159.5			
Date:	Sun, 27 Mar 2022	Prob (F-statistic):	1.54e-41			
Time:	14:19:27	Log-Likelihood:	-258.65			
No. Observations:	195	AIC:	523.3			
Df Residuals:	192	BIC:	533.1			
Df Model:	2					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	-7.087e-16	0.114	-6.22e-15	1.000	-0.225	0.225
C(ecc) [T.ecc1]	2.4486	0.161	15.194	0.000	2.131	2.766
C(ecc) [T.ecc2]	2.5346	0.161	15.728	0.000	2.217	2.852
Omnibus:	10.181	Durbin-Watson:	1.546			
Prob(Omnibus):	0.006	Jarque-Bera (JB):	10.429			
Skew:	-0.560	Prob(JB):	0.00544			
Kurtosis:	3.174	Cond. No.	3.73			

شکل ۳۶. تست anova برای تاثیر ecc بر index

مجددا مشاهده می شود که مقدار index در گروه های مختلف ecc با یکدیگر تفاوت دارد و این تفاوت در کل جامعه مشهود است.

فرضیه **neural undersampling and network sparsity** که در مقاله مرجع مطرح شده بیان می کند هنگامی که سائز محرک به نسبت محیط آزمایش شده کوچک باشد تنها تعداد کمی از سلول ها را فعال می کند و بنابراین بایاس زیادی میان ادراک افراد از محرک نشان داده شده وجود دارد و در مقابل هر چه سائز محرک بزرگ تر باشد سلول های بیشتری فعال شده و تفاوت میان ادراک انجام شده از محرک کمتر است طبق این فرضیه انتظار داریم که میان ecc های متفاوت از آنجا که سائز محرک متفاوت است مقادیر انحراف معیار برای آن ها متفاوت باشد بنابراین نتایج به دست آمده همسو با این فرضیه است.

۶. ارتباط بین زمان پاسخ و پیچیدگی محرک

در این بخش محرک پیچیده همان pse در نظر گرفته شده است که بسته به مکان می تواند متفاوت باشد. سوالی که قرار است در این بخش به آن پاسخ داده شود این است که آیا میانگین زمان پاسخ افراد به محرک های پیچیده بیشتر بوده است یا خیر.

برای انجام این تست دیتاست جدیدی به وجود آورده که هر سطر آن شامل شناسه فرد، نوع محرک نشان داده شده (با لیبیل های **hard** و **normal** که در صورتی که شماره محرک با pse برابر باشد **hard** و در غیر این صورت **normal** در نظر گرفته می شود) و زمان پاسخ است. برای تست فرضیه تنها کافی است به کمک **t-test** یک طرفه (برای بررسی بزرگتر بودن میانگین از تست یک طرفه استفاده می شود) میانگین دو گروه **normal** و **hard** را از نظر آماری مقایسه کنیم. نتیجه این مقایسه به صورت زیر است:

```
Ttest_indResult(statistic=3.9099701050479427, pvalue=4.6181360504379824e-05)
```

مشاهده می شود که مقدار **pvalue** در این تست بسیار کوچک است و بنابراین می توان گفت که هر چه محرک پیچیده تر باشد مدت زمان پاسخ فرد برای آن بیشتر است.

در صورت انجام این تست و تعیین محرک پیچیده بر اساس **vf** و یا **ecc** نیز مشاهده می شود که مقادیر **pvalue** بسیار کوچک است و باز هم می توان نتیجه بالا را گرفت.