

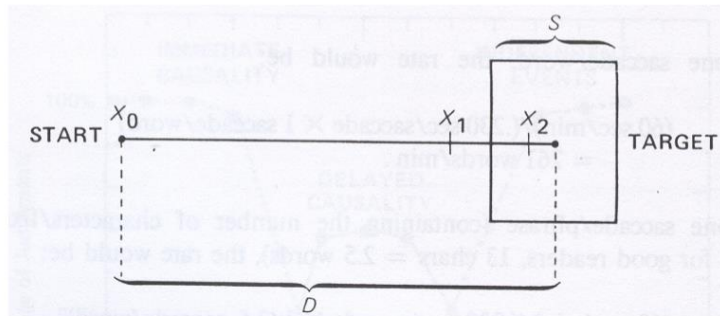
Fitts' Law 实验报告

范佳悦 2014011363 计 44

一、实验原理

Fitts' Law 是一个人机互动以及人体工程学中人类活动的模型，它预测了快速移动到目标区域所需的时间是目标区域的距离和目标区域的大小的函数。

$$T = a + b \log_2(D/S + 1)$$



T 是完成动作的平均时间。

D 是起始位置到目标中心的距离。

S 是目标区域在运动维向上的宽度。

从这个等式我们可以看出，小并且/或者远的目标，需要更长的时间才能得以准确到达。

二、实验设计

1、数据选取

在电脑实验中，我选取了 20,40,60 的大小和 240,360,480 的距离。相比默认数据，D/s 的取值要稍广一些。而在手机试验中，为了操作方便，我选用了原来的默认值

2、操作方式选取

我共采用了 3 种操作方式，分别是 PC 端的鼠标点击、PC 端的触摸板和手机端的手指触摸。三种方式在交互方式上有较大的差别，且对于被试者来讲熟练程度也有所不同。

其中触摸板测试均在一台笔记本上进行。

3、被试者选取

在我所采集的 8 个样本均对实验并不熟悉。其中有 6 个为计算机系学生，对电脑操作熟练。另外 2 名被试者对电脑操作和手机操作的熟练度要差一些。

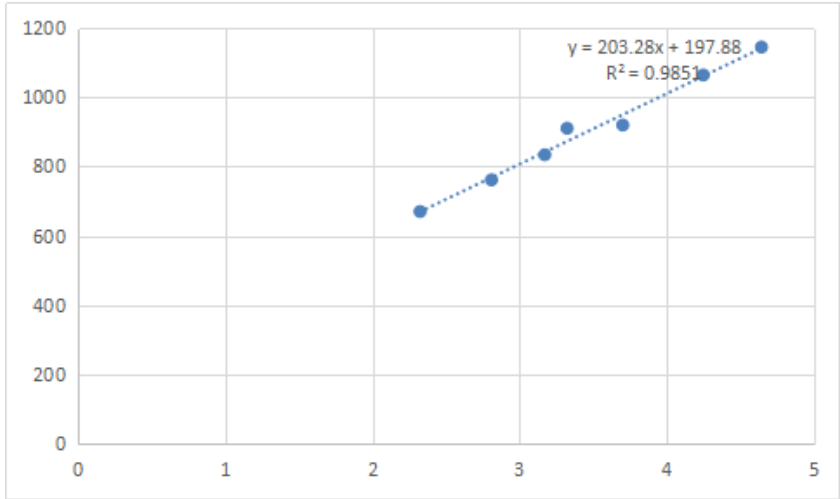
三、数据分析

1、整体分析，验证 fittslaw

通过 python 程序解析数据，剔除错误点击的数据，分别计算各种操作方式下每种 A/w 的平均时间，分操作方式进行拟合。

(1) 鼠标点击

D/S	$\log(D/S+1)$	Time (ms)
18	4.247927513	1064.595745
6	2.807354922	761.814433
12	3.700439718	920.173913
8	3.169925001	834.3125
4	2.321928095	670.4489796
24	4.64385619	1145.083333
9	3.321928095	910.7391304



错误率: 0.0327868852459

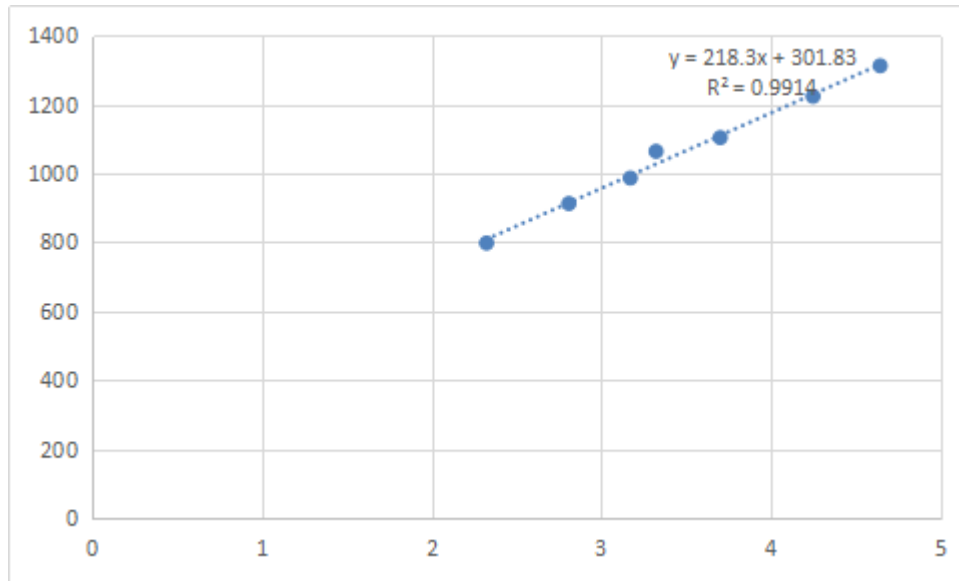
$a=197.88$

$b=203.28$

$R^2=0.9851$

(2)笔记本触摸板点击

D/S	$\log(D/S+1)$	Time (ms)
18	4.247927513	1223
6	2.807354922	912.5051546
12	3.700439718	1103.505263
8	3.169925001	986.2857143
4	2.321928095	797.8333333
24	4.64385619	1311.704545
9	3.321928095	1063.708333



错误率: 0.047817047817

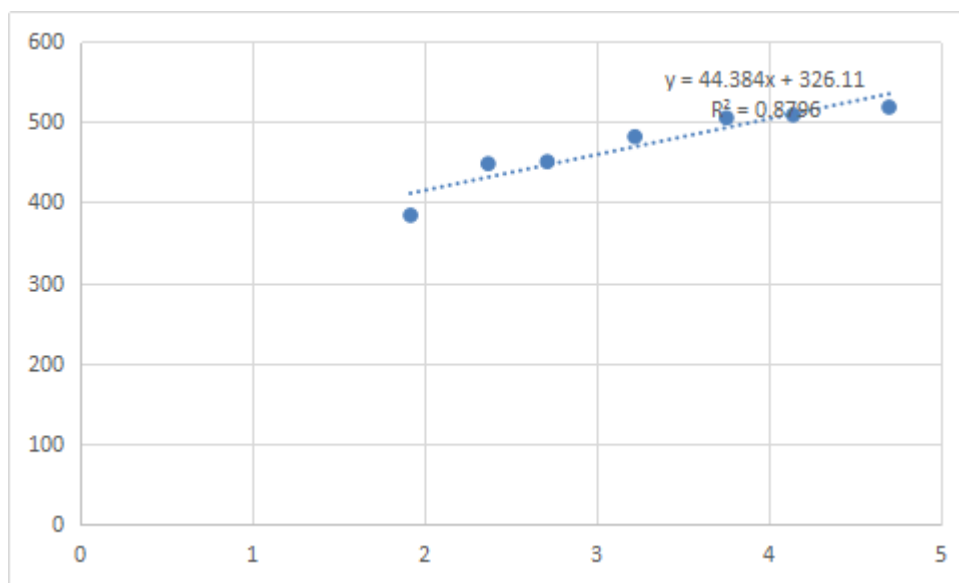
a=301.83

b=218.3

$R^2=0.9914$

(3) 手机屏幕触摸屏

D/S	$\log(D/S+1)$	Time (ms)
4.166666667	2.36923381	448.010989
25	4.700439718	518.2212885
2.777777778	1.91753784	383.9361702
12.5	3.754887502	504.9704918
5.555555556	2.712718048	450.5076923
16.66666667	4.142957954	508.5090909
8.333333333	3.222392421	481.4807692



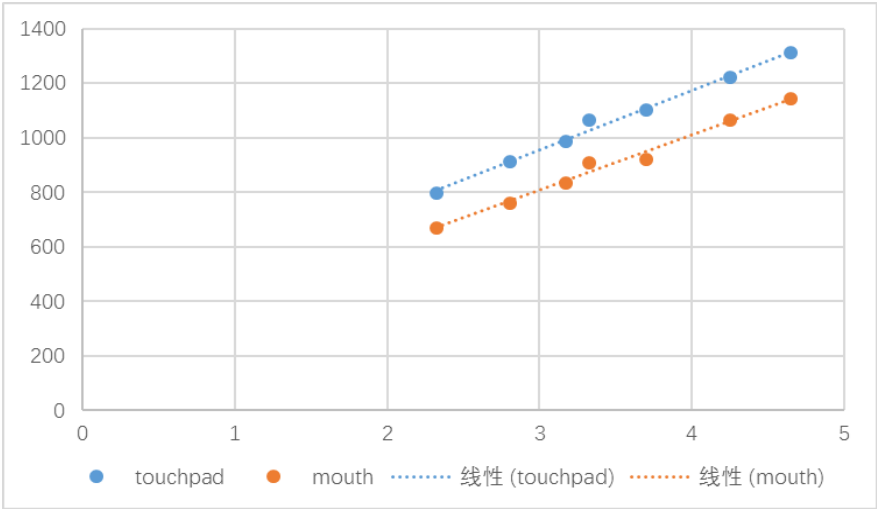
错误率: 0.46218487395

a=326.11
b=44.384
R^2=0.8796

2、比较不同操作方式

	PC Mouse	PC Touchpad	Mobile Finger
a	197.88	301.83	326.11
b	203.28	218.3	44.384
R^2	0.9851	0.9914	0.8796
错误率	0.0327868852459	0.047817047817	0.46218487395

对鼠标和触摸板进行方差分析 anova:



touchpad	mouse
1223	1064.596
912.5052	761.8144
1103.505	920.1739
986.2857	834.3125
797.8333	670.449
1311.705	1145.083
1063.708	910.7391

方差分析：单因素方差分析

SUMMARY				
组	观测数	求和	平均	方差
列 1	7	7398.542344	1056.935	31280.79
列 2	7	6307.168034	901.024	27296.06

方差分

析

差异源	SS	df	MS	F	P-value	F crit
组间	85078.42034	1	85078.42	2.904848	0.114044	4.747225
组内	351461.093	12	29288.42			
总计	436539.5134	13				

F 并不是很大，所以有一定的统计学意义，但不是很大。

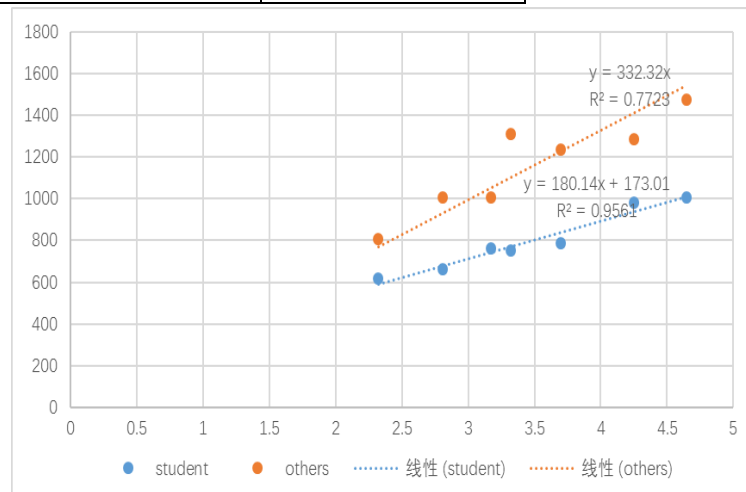
3、比较不同被试者

(1) Mouse

mouth	
student	others
980.6765	1284.077
663.4203	1004.286
789.1692	1235.556
762.4118	1008.929
615.2	808.5714
1008.5	1476.786
753.4545	1310

错误率

0.0361842105263	0.0243902439024
-----------------	-----------------



方差分析：单因素方差分析

SUMMARY

组	观测数	求和	平均	方差
列 1	7	5572.832	796.1189	22085.42
列 2	7	8128.204	1161.172	52419.81

方差分析

差异源	SS	df	MS	F	P-value	F crit
组间	466423.1	1	466423.1	12.52055	0.004083	4.747225
组内	447031.4	12	37252.61			
总计	913454.5	13				

F 高达 12.5，可见影响显著。

4、D/s 相同时结果的关系

D/s=6:

240/40

360/60

方差分析：单因素方差分析

SUMMARY

组	观测数	求和	平均	方差
列 1	49	38667	789.1224	56319.07
列 2	48	35229	733.9375	34763.21

方差分析

差异源	SS	df	MS	F	P-value	F crit
组间	73842.58	1	73842.58	1.617419	0.206557	3.941222
组内	4337186	95	45654.59			
总计	4411029	96				

D/s=12:

240/20

480/40

方差分析：单因素方差分析

SUMMARY

组	观测数	求和	平均	方差
列 1	46	40658	883.8696	58597.32
列 2	46	43998	956.4783	107003.6

方差分析

差异源	SS	df	MS	F	P-value	F crit
组间	121256.5	1	121256.5	1.464442	0.229393	3.946876
组内	7452043	90	82800.47			
总计	7573299	91				

两组方差分析 F 都接近 1，可见 D/s 相同的情况下不同的 D 和 S 间差异不大。

四、实验结论

1、实验结果基本与 *fitt's law* 结论相同，两次 PC 端的实验线性拟合较好， R^2 达到了 0.98 以上。

2、手机触摸屏数据斜率 b 很小，这是因为手机屏幕上两点之间距离较小，所以各种情况间距离变化较小。且因为触摸屏的操作是直接的交互，所点击的位置即是点所在的位置，相比鼠标和触摸板这些需要空间概念上迁移的设备，速度要更快一些。

3、手机触摸屏数据拟合较差，分析可知：

点击手机屏幕上的点的时候，手指除了水平距离上的移动还会有垂直距离上的移动，这一移动会对数据产生干扰。

而且根据错误率可知，手机数据的错误率要远高于两组 PC 上的数据，甚至将近 50%。这导致正确的点击很多有一定的侥幸成分，可信度降低。

高错误率可能是手指点击本身的不确定性和触摸面积大于目标点大小造成的。

由于手机数据外因影响大，错误率高，所以之后的分析不再分析手机数据。

4、触摸板数据拟合较好可能是由于在同一台电脑上进行试验，外因影响较小。而不同人的鼠标环境不同，导致外因影响数据。

5、触摸板数据 a 较大，可能是由于被试者对于触摸板的操作没有鼠标熟悉造成的。

6、被试者对于实验有很大的影响。

对手机电脑不熟悉的被试者操作时间长，斜率大，数据变化快。

且不十分吻合 *fitt's law*。这可能是因为鼠标和触摸板的操作对他们来讲不那么熟练，所以投入任务的精力占比较小，另一部分精力分散在操作上，且易受一些其他因素的干扰。

7、 D/s 相同的情况下，不同的 D 和 S 的选取对结果影响不大。进一步验证了 *fitt's law*。