



نام و نام خانوادگی: سجاد فولادی قلعه شماره ی دانشجویی: ۸۷۱۰۶۳۲۶ رشته: مهندسی کامپیوتر - سخت افزار
گروه: ۱۲ زیرگروه: C تاریخ انجام آزمایش: سه شنبه، ۲۳ مهر ۱۳۸۷ ساعت: ۱۰:۵۵
دستیار آموزشی: جناب آقای اسعدزاده

فهرست مطالب

۱	عنوان آزمایش	۲
۲	هدف	۲
۳	وسایل مورد نیاز	۲
۴	نظریه	۲
۵	روش انجام آزمایش	۳
۱-۵	قسمت اول: اندازه گیری چگالی به روش ارشمیدس	۳
۲-۵	قسمت دوم: اندازه گیری زمان عکس العمل شخص	۳
۶	تصاویر	۳
۷	جداول	۴
۸	خواسته های قسمت اول	۶
۹	خواسته های قسمت دوم	۷
۱۰	تمرین	۲۰
۱۱	تشکر	۲۲

◀ آزمایش شماره‌ی ۲

۱ عنوان آزمایش

اندازه‌گیری چگالی به روش ارشمیدس و اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل شخص

۲ هدف

«اندازه‌گیری چگالی و نیروی شناوری به روش اصل ارشمیدس به منظور آشنایی با رسم خط و تحلیل آن و محاسبه خطا» و «اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل شخص و آشنایی با اندازه‌گیری‌های اتفاقی»

۳ وسایل موردنیاز

• قسمت اول: اندازه‌گیری چگالی به روش ارشمیدس

(۱) دو نیروسنج با دامنه‌های ماکزیمم $1N$ و $2/5N$

(۲) ده عدد وزنه با جرم‌های مختلف

(۳) پایه و گیره برای آویزان کردن نیروسنج

(۴) بشر 500 میلی‌لیتری

(۵) جک اپتیکی برای بالا و پایین بردن بشر

• قسمت دوم: اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل شخص

(۱) دستگاه اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل شخص

۴ نظریه

بر اساس اصل ارشمیدس اگر جسمی کلاً یا قسمتی در سیالی غوطه‌ور شود، نیروی شناورکننده‌ی بالاسویی، برابر با وزن سیال جابه‌جا شده، به آن وارد می‌شود. این نیروی بالاسوی را می‌توان به آسانی توضیح داد، چون فشار در سیال با افزایش عمق افزایش می‌یابد، فشار بالاسویی که بر سطح پایینی جسم وارد می‌آید، کمتر از فشار پایین‌سویی است که بر سطح بالایی جسم وارد می‌شود؛ پس برآیند نیروی حاصل بالاسوی است. این نیروی بالاسوی نیروی شناوری است و مقدارش برابر با

$$F_B = \rho g V = W_L$$

می‌باشد که W_L وزن سیال جابه‌جا شده و V حجم آن است. (فرانک ج. بلت، فیزیک پایه، جلد ۲، ترجمه محمد خرمی، انتشارات فاطمی، صص ۳۳۳-۳۲۸)

۵ روش انجام آزمایش

۱-۵ قسمت اول: اندازه‌گیری چگالی به روش ارشمیدس

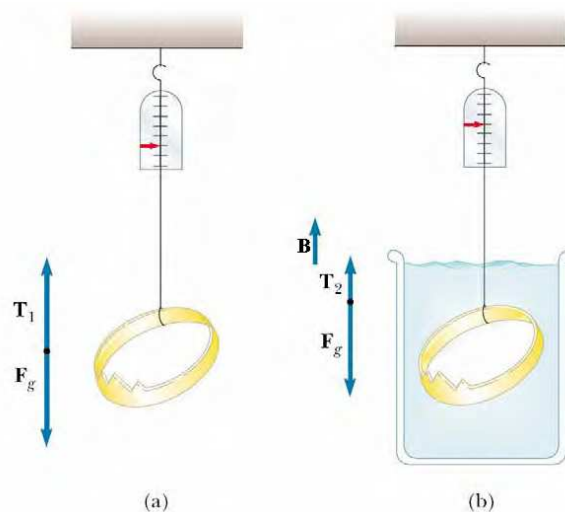
بشری که تا نیمه پر از آب شده است را روی جک، که در پایین‌ترین سطح خود قرار دارد، می‌گذاریم. سپس ارتفاع نیروسنج از پایه را طوری تنظیم می‌کنیم که وزنه‌ی آویزان بالای سطح آب قرار گیرد. در این حالت مقداری که نیروسنج نشان می‌دهد (T_1) را می‌خوانیم و یادداشت می‌کنیم. سپس جک را به آرامی بالا می‌بریم تا وزنه کاملاً در آب قرار گیرد. در این حالت نیز مقداری که نیروسنج نشان می‌دهد (T_2) را یادداشت می‌کنیم و این‌کار را برای هر ده وزنه انجام می‌دهیم. حاصل $F_B = T_2 - T_1$ برابر با نیروی شناوری خواهد بود و چگالی وزنه از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$M = \frac{\rho_{metal}}{\rho_{water}g} F_B$$

۲-۵ قسمت دوم: اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل شخص

ابتدا دستگاه را روشن می‌کنیم. سپس بر اساس راهنمایی که بر روی LCD دستگاه نشان داده می‌شود، دستگاه را در حالت شروع تصادفی قرار می‌دهیم. یکی از اعضای گروه دکمه‌ی **START** و دیگری با روشن شدن LEDها، کلید **STOP** را فشار می‌دهد. این آزمایش را ۶۰ بار برای دست راست و ۶۰ بار برای دست چپ انجام می‌دهیم و زمان‌ها را در جداول مربوطه وارد می‌کنیم. سپس دو عضو گروه جای خود را عوض کرده و آزمایش برای عضو دیگر گروه تکرار می‌شود.

۶ تصاویر



شکل ۱: آزمایش ۲ - قسمت اول: اندازه‌گیری چگالی فلز به کمک اصل ارشمیدس؛ منبع: فیزیک هالیدی



شکل ۲: آزمایش ۲ - قسمت دوم: اندازه گیری زمان عکس العمل شخص؛ دستگاه اندازه گیری سرعت عکس العمل

۷ جداول

جدول ۱: داده های به دست آمده از قسمت اول

n	نیروسنج $۱N$				نیروسنج $۲,۵N$				
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
M	$۲۱,۰g$	$۴۴,۱g$	$۶۲,۲g$	$۸۴,۳g$	$۱۰۱,۷g$	$۱۳۵,۳g$	$۱۶۴,۵g$	$۱۹۴,۴g$	$۲۲۳,۴g$
T_1	$۰,۲۰N$	$۰,۴۳N$	$۰,۶۲N$	$۰,۸۴N$	$۱,۰۵N$	$۱,۴۰N$	$۱,۷۰N$	$۲,۰۰N$	$۲,۳۰N$
T_2	$۰,۱۳N$	$۰,۲۹N$	$۰,۴۱N$	$۰,۵۵N$	$۰,۷۰N$	$۰,۹۰N$	$۱,۱۰N$	$۱,۳۰N$	$۱,۵۰N$
$F_B = \Delta T$	$۰,۰۷N$	$۰,۱۴N$	$۰,۲۱N$	$۰,۲۹N$	$۰,۳۵N$	$۰,۵۰N$	$۰,۶۰N$	$۰,۷۰N$	$۰,۸۰N$

جدول ۲: زمان های اندازه گیری شده ی نفر اول با دست راست

610	196	268	257	321	230	378	234	267	240
319	201	217	195	214	189	221	216	224	286
204	210	221	211	203	267	206	211	205	253
201	232	218	224	652	202	206	264	224	201
250	250	192	193	192	245	243	193	299	181
220	247	233	171	183	179	195	194	186	179

نام آزمایش گر داده های جدول: سجاد فولادی قلعه

جدول ۳: زمان‌های اندازه‌گیری شده‌ی نفر اول با دست چپ

263	296	249	213	232	425	221	250	234	357
220	217	200	228	242	249	226	217	211	198
369	200	216	217	214	199	269	212	298	190
171	226	197	181	193	204	194	210	193	196
198	208	213	214	286	195	241	741	223	184
266	797	284	200	214	207	229	230	217	239

نام آزمایش‌گر داده‌های جدول: سجاد فولادی قلعه

جدول ۴: زمان‌های اندازه‌گیری شده‌ی نفر دوم با دست راست

506	172	262	535	234	209	397	291	176	198
174	192	217	347	335	175	200	246	322	272
189	271	172	486	149	192	221	148	168	362
194	222	218	220	186	183	301	233	163	224
208	228	226	163	239	224	188	234	242	1554
208	304	191	537	285	176	207	191	314	205

نام آزمایش‌گر داده‌های جدول: سید محمد صدرالساداتی

جدول ۵: زمان‌های اندازه‌گیری شده‌ی نفر دوم با دست چپ

207	286	176	995	210	205	233	434	320	175
194	148	205	236	207	314	180	276	212	178
228	762	208	517	351	208	169	204	742	199
199	301	170	215	206	265	294	202	243	194
370	325	391	348	362	216	160	218	257	156
289	162	269	204	180	200	163	179	241	143

نام آزمایش‌گر داده‌های جدول: سید محمد صدرالساداتی

۸ خواسته‌های قسمت اول

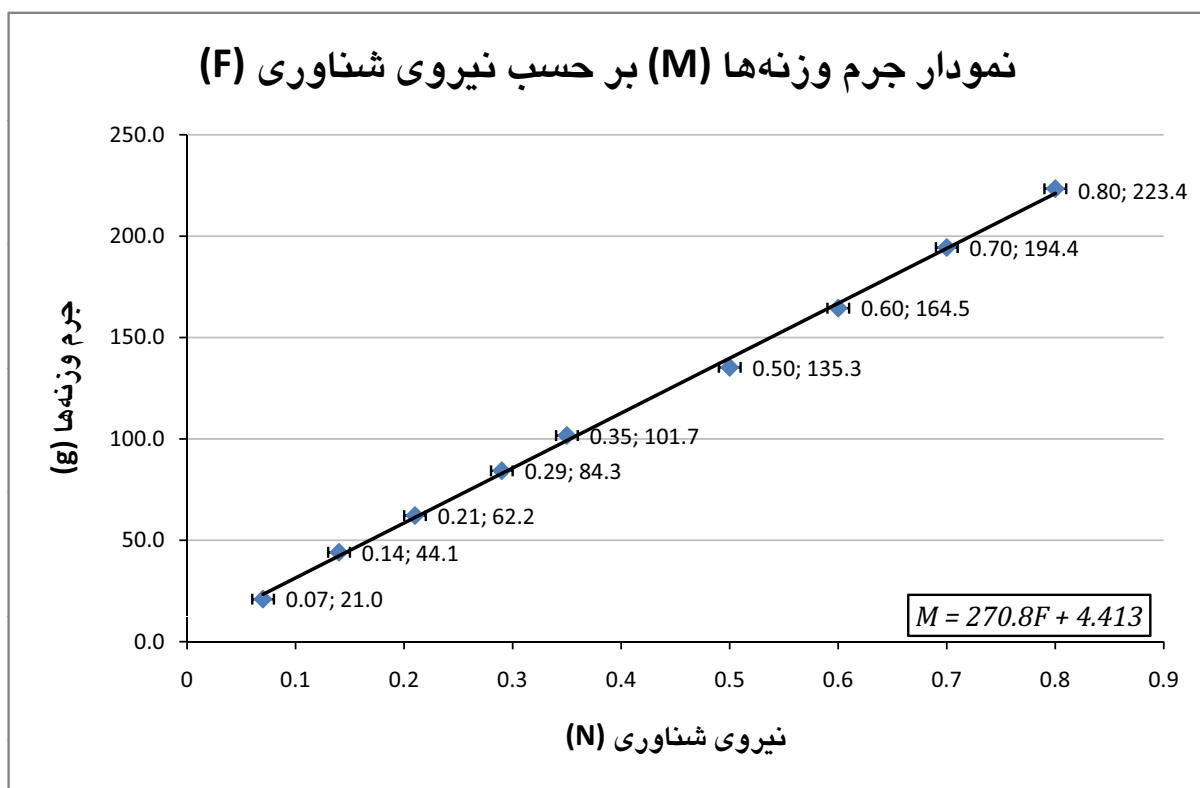
◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۱: رسم نمودار M بر حسب F و تعیین شیب و عرض از مبدأ روابط زیر برای محاسبه‌ی شیب (a) و عرض از مبدأ (b) در دسترسند.

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F}) M_i}{\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2} \quad (۱)$$

$$b = \bar{M} - a \bar{F} \quad (۲)$$

اکنون با استفاده از داده‌های جدول ۱ مقادیر مربوط به F و M مقادیر a و b به صورت زیر بدست می‌آیند:

$$a = ۲۷۰٫۸ \frac{g}{N}, b = ۴٫۴۱۳g \approx ۴٫۴g$$



شکل ۳: نمودار جرم وزنه‌ها (M) بر حسب نیروی شناوری (F)

◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۲: محاسبه چگالی فلز از روی شیب خط رابطه‌ی زیر را در قسمت‌های قبلی بدست آوردیم.

$$M = \frac{\rho_{metal}}{\rho_{water}g} F_B$$

بر اساس این رابطه و این واقعیت که شیب خط برابر با $\frac{\rho_{metal}}{\rho_{water}g}$ است، خواهیم داشت:

$$\frac{\rho_{metal}}{\rho_{water}g} = a = ۲۷۰٫۸ \frac{kg}{N} \Rightarrow \rho_{metal} = ۲۷۰٫۸ \times \rho_{water}g$$

اکنون اگر $\rho_{water} = ۱۰۰۳٫۵ \frac{kg}{m^3}$ و $g = ۹٫۷۸ \frac{m}{s^2}$ باشد، مقدار چگالی برابر خواهد بود با:

$$\rho_{metal} = 2657.69 \frac{kg}{m^3}$$

◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۳: ضریب رگرسیون نمودار و تفسیر آن
بر اساس روابط موجود مقدار R^2 ، که همان ضریب رگرسیون یا همبستگی است، برابر خواهد بود با:

$$R^2 = 0.99$$

تفسیر این عدد به این صورت خواهد بود که هر مقدار که R^2 به یک نزدیک‌تر باشد، روابط خطی‌تر خواهد بود و هر چه این عدد از یک دورتر باشد، روابط غیرخطی‌تر. با توجه به رابطه‌ی خطی بین F_B و M هر مقدار نزدیک‌تر بودن این عدد به ۱، نشانه دقت بالاتر در آزمایش خواهد بود.

◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۴: محاسبه خطا در اندازه‌گیری چگالی فلز به کمک شیب خط و خطای آن
با توجه به روابط موجود در محاسبه‌ی خطای شیب خط، برای این مقدار خطا داریم:

$$\Delta a = 3.6642 \approx 3.7 \frac{g}{N} = 0.0037 \frac{kg}{N}$$

همچنین رابطه‌ی زیر نیز موجود بود:

$$\rho_{metal} = a \rho_{water} g$$

مشخص است که این رابطه یک رابطه‌ی تک متغیره بین چگالی فلز و مقدار a است. بنابراین:

$$\Delta \rho_{metal} = \rho_{water} g \Delta a$$

پس خواهیم داشت:

$$\Delta \rho_{metal} = 36.31 \frac{kg}{N}$$

◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۵: محاسبه‌ی خطای عرض از مبدأ
با استفاده از روابط موجود، خطای عرض از مبدأ قابل محاسبه است و مقدار زیر برای آن بدست می‌آید:

$$\Delta b = 1.7338 \approx 1.7g$$

همچنین مقدار عرض از مبدأ حاصل از نمودار برابر با

$$b = 4.4g$$

می‌باشد پس در نهایت مقدار b به صورت $b = 4.4 \pm 1.7g$ می‌باشد.

۹ خواسته‌های قسمت دوم

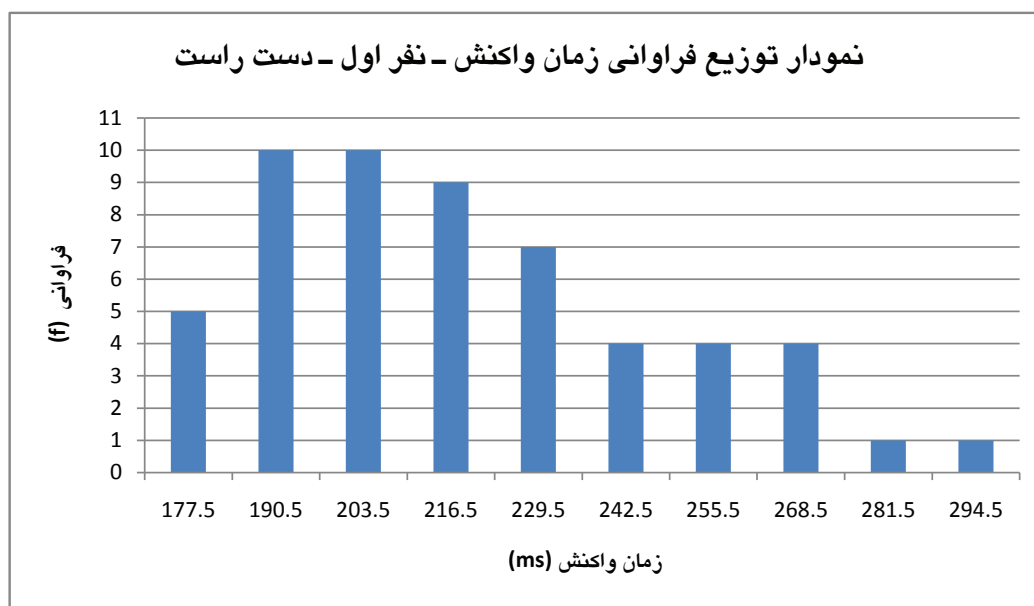
◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۱: رسم توزیع داده‌های بدست آمده

◀ نفر اول: سجاد فولادی قلعه - دست راست

داده‌های ۶۵۲، ۶۱۰، ۳۷۸، ۳۲۱ و ۳۱۹ حذف شدند و دامنه تغییرات $128 = 171 - 299 = R$ برای داده‌ها بدست آمد. با فرض ۱۰ طبقه برای داده‌ها طول هر طبقه برابر با $13 \approx C = \frac{128}{10}$ خواهد بود. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۶: جدول توزیع فراوانی برای دست راست نفر اول (H2)

دسته‌ها	مراکز دسته‌ها	f_i
۱۷۱-۱۸۴	۱۷۷٫۵	۵
۱۸۴-۱۹۷	۱۹۰٫۵	۱۰
۱۹۷-۲۱۰	۲۰۳٫۵	۱۰
۲۱۰-۲۲۳	۲۱۶٫۵۱	۹
۲۲۳-۲۳۶	۲۲۹٫۵	۷
۲۳۶-۲۴۹	۲۴۲٫۵	۴
۲۴۹-۲۶۲	۲۵۵٫۵	۴
۲۶۲-۲۷۵	۲۶۸٫۵	۴
۲۷۵-۲۸۸	۲۸۱٫۵	۱
۲۸۸-۳۰۱	۲۹۴٫۵	۱
Σf_i		۵۵

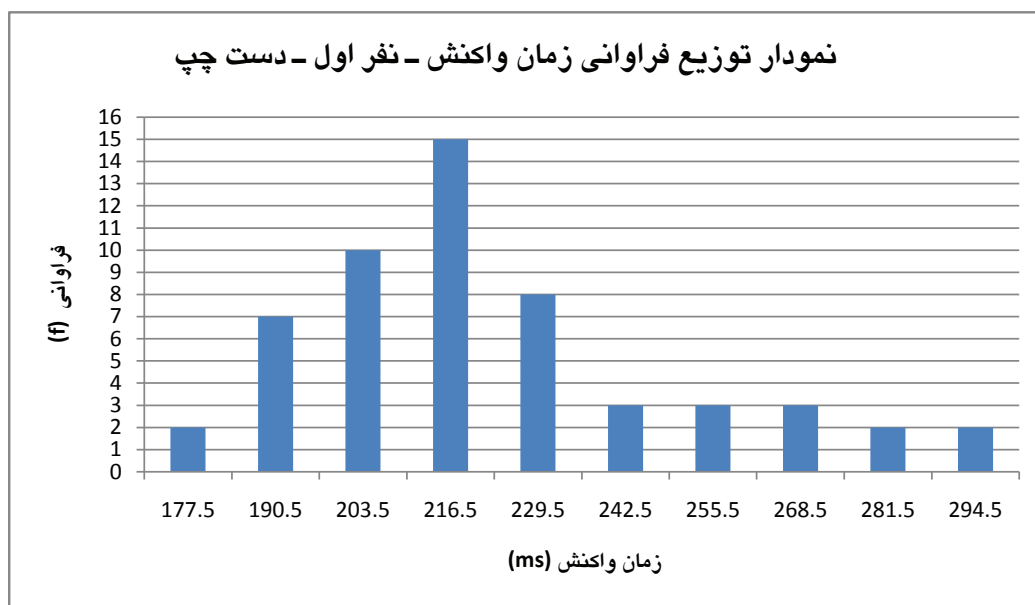


شکل ۴: نمودار توزیع فراوانی برای نفر اول - دست راست

۱. نفر اول: سجاد فولادی قلعه - دست چپ
 داده‌های ۷۹۷، ۷۴۱، ۴۲۵، ۳۶۹ و ۳۵۷ حذف شدند و دامنه تغییرات $R = ۲۹۸ - ۱۷۱ = ۱۲۷$ برای داده‌ها بدست آمد. با فرض ۱۰ طبقه برای داده‌ها طول هر طبقه برابر با $C = \frac{۱۲۷}{۱۰} \approx ۱۳$ خواهد بود. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۷: جدول توزیع فراوانی برای دست چپ نفر اول (H3)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۲	۱۷۷٫۵	۱۷۱-۱۸۴
۷	۱۹۰٫۵	۱۸۴-۱۹۷
۱۰	۲۰۳٫۵	۱۹۷-۲۱۰
۱۵	۲۱۶٫۵	۲۱۰-۲۲۳
۸	۲۲۹٫۵	۲۲۳-۲۳۶
۳	۲۴۲٫۵	۲۳۶-۲۴۹
۳	۲۵۵٫۵	۲۴۹-۲۶۲
۳	۲۶۸٫۵	۲۶۲-۲۷۵
۲	۲۸۱٫۵	۲۷۵-۲۸۸
۲	۲۹۴٫۵	۲۸۸-۳۰۱
Σf_i	۵۵	



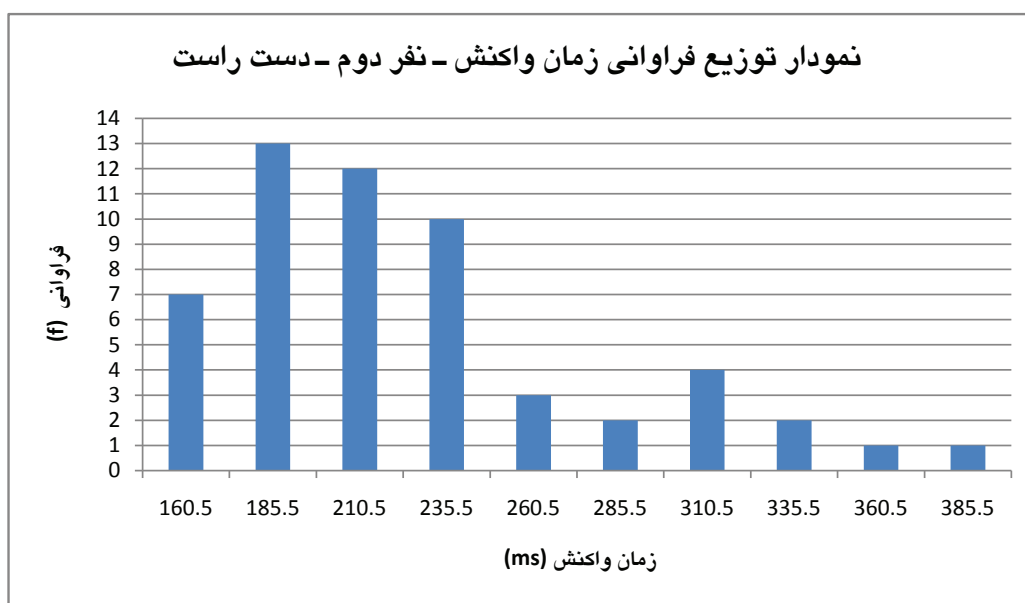
شکل ۵: نمودار توزیع فراوانی برای نفر اول - دست چپ

۴ نفر دوم: سید محمد صدرالساداتی - دست راست

داده‌های ۱۵۵۴، ۵۳۷، ۵۳۵، ۵۰۶ و ۴۸۶ حذف شدند و دامنه تغییرات $R = ۳۹۷ - ۱۴۸ = ۲۴۹$ برای داده‌ها بدست آمد. با فرض ۱۰ طبقه برای داده‌ها طول هر دسته برابر با $C = \frac{۲۴۹}{۱۰} \approx ۲۵$ خواهد بود. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۸: جدول توزیع فراوانی برای دست راست نفر دوم (H4)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۷	۱۶۰٫۵	۱۴۸-۱۷۳
۱۳	۱۸۵٫۵	۱۷۳-۱۹۸
۱۲	۲۱۰٫۵	۱۹۸-۲۲۳
۱۰	۲۳۵٫۵	۲۲۳-۲۴۸
۳	۲۶۰٫۵	۲۴۸-۲۷۳
۲	۲۸۵٫۵	۲۷۳-۲۹۸
۴	۳۱۰٫۵	۲۹۸-۳۲۳
۲	۳۳۵٫۵	۳۲۳-۳۴۸
۱	۳۶۰٫۵	۳۴۸-۳۷۳
۱	۳۸۵٫۵	۳۷۳-۳۹۸
Σf_i	۵۵	



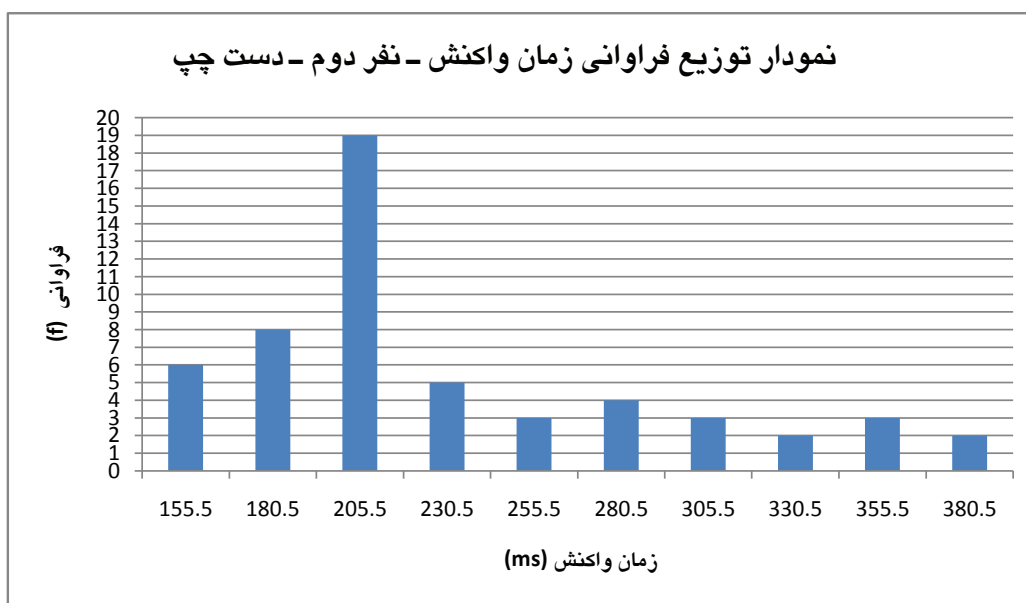
شکل ۶: نمودار توزیع فراوانی برای نفر دوم - دست راست

◀ نفر دوم: سید محمد صدرالساداتی - دست چپ

داده‌های ۹۹۵، ۷۶۲، ۷۴۲، ۵۱۷ و ۴۳۴ حذف شدند و دامنه تغییرات $R = ۳۹۱ - ۱۴۳ = ۲۴۸$ برای داده‌ها بدست آمد. با فرض ۱۰ طبقه برای داده‌ها طول هر دسته برابر با $C = \frac{۲۴۸}{۱۰} \approx ۲۵$ خواهد بود. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۹: جدول توزیع فراوانی برای دست چپ نفر دوم (H5)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۶	۱۵۵٫۵	۱۴۳-۱۶۸
۸	۱۸۰٫۵	۱۶۸-۱۹۳
۱۹	۲۰۵٫۵	۱۹۳-۲۱۸
۵	۲۳۰٫۵	۲۱۸-۲۴۳
۳	۲۵۵٫۵	۲۴۳-۲۶۸
۴	۲۸۰٫۵	۲۶۸-۲۹۳
۳	۳۰۵٫۵	۲۹۳-۳۱۸
۲	۳۳۰٫۵	۳۱۸-۳۴۳
۳	۳۵۵٫۵	۳۴۳-۳۶۸
۲	۳۸۰٫۵	۳۶۸-۳۹۳
Σf_i	۵۵	



شکل ۷: نمودار توزیع فراوانی برای نفر دوم - دست چپ

◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۲: محاسبه و تفسیر انحراف میانگین استاندارد و میانگین بر اساس روابط موجود برای انحراف معیار میانگین و استاندارد جدول زیر بدست می‌آید:

جدول ۱۰: مقادیر σ و σ_m برای جداول قسمت قبلی

مورد	σ	σ_m	\bar{x}
نفر اول - دست راست	$29ms$	$4ms$	$219ms$
نفر اول - دست چپ	$29ms$	$4ms$	$221ms$
نفر دوم - دست راست	$56ms$	$8ms$	$226ms$
نفر دوم - دست چپ	$61ms$	$8ms$	$230ms$

تفسیر انحراف معیار استاندارد: σ خطای تخمینی هر اندازه‌گیری را از مقدار واقعی در اختیار ما قرار می‌دهد. تفسیر انحراف معیار میانگین: این یک خطای تخمینی برای میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد.

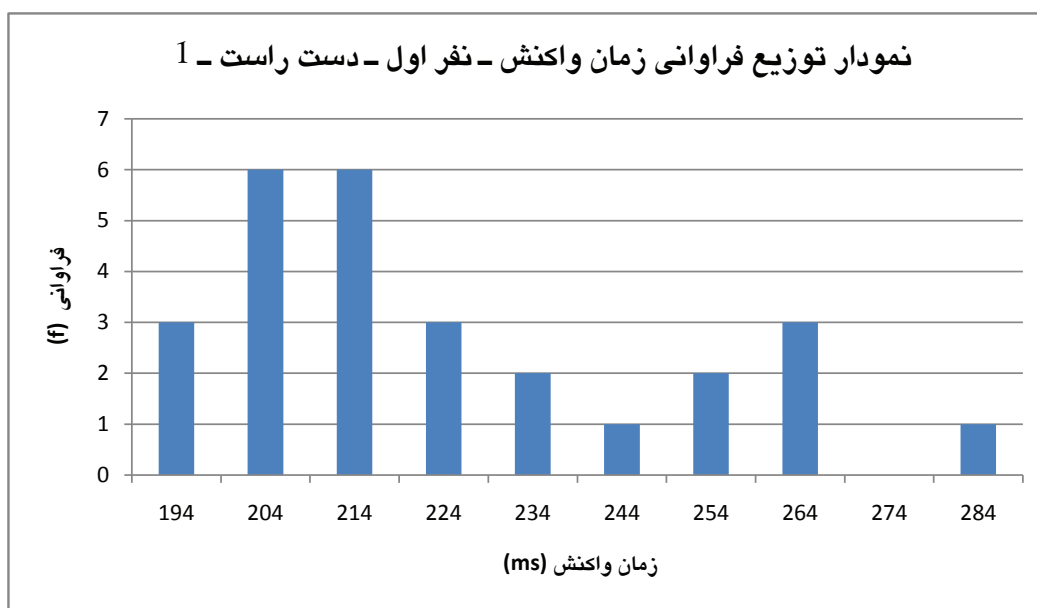
◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۳: تقسیم داده‌های جدول به دو قسمت مساوی و رسم توزیع فراوانی برای هر قسمت و مقایسه نتایج با قسمت «۲»

توجه: به دلیل اینکه تعداد داده‌های ما بعد از حذف داده‌های غیرمنطقی در همه‌ی جداول مقداری فرد بود، یکی از جداول در هر قسمت دارای ۲۷ و دیگری دارای ۲۸ داده است.

◀ نفر اول: سجاد فولادی قلعه - دست راست - قسمت اول
دامنه تغییرات داده‌ها در این قسمت $R = 286 - 189 = 97$ می‌باشد. با در نظر گرفتن ده دسته، طول هر دسته برابر است با $10 \approx \frac{97}{10} = C$. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۱۱: جدول توزیع فراوانی برای دست راست نفر اول - قسمت اول (H2-A1)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۳	۱۹۴	۱۸۹-۱۹۹
۶	۲۰۴	۱۹۹-۲۰۹
۶	۲۱۴	۲۰۹-۲۱۹
۳	۲۲۴	۲۱۹-۲۲۹
۲	۲۳۴	۲۲۹-۲۳۹
۱	۲۴۴	۲۳۹-۲۴۹
۲	۲۵۴	۲۴۹-۲۵۹
۳	۲۶۴	۲۵۹-۲۶۹
۰	۲۷۴	۲۶۹-۲۷۹
۱	۲۸۴	۲۷۹-۲۸۹
۲۷	Σf_i	



شکل ۸: نمودار توزیع فراوانی برای نفر اول - دست راست - قسمت اول

همچنین مقادیر σ و σ_m عبارتند از:

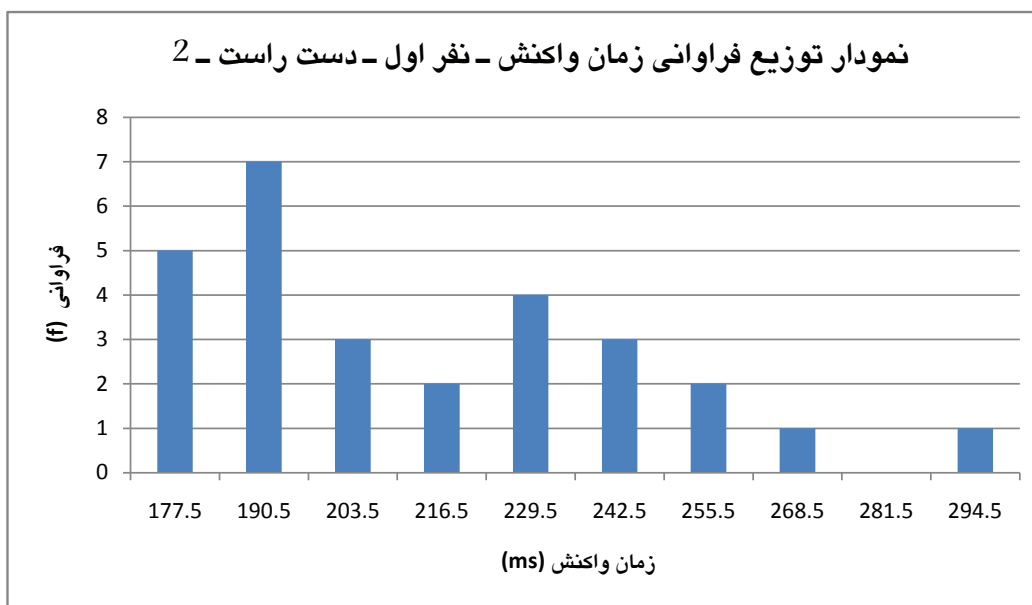
$$\sigma = 26ms, \sigma_m = 5ms$$

◀ نفر اول: سجاد فولادی قلعه - دست راست - قسمت دوم

دامنه تغییرات داده‌ها در این قسمت $R = 299 - 171 = 128$ می‌باشد. با در نظر گرفتن ده دسته، طول هر دسته برابر است با $C = \frac{128}{10} \approx 13$. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۱۲: جدول توزیع فراوانی برای دست راست نفر اول - قسمت دوم (H2-A2)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۵	۱۷۷٫۵	۱۷۱-۱۸۴
۷	۱۹۰٫۵	۱۸۴-۱۹۷
۳	۲۰۳٫۵	۱۹۷-۲۱۰
۲	۲۱۶٫۵	۲۱۰-۲۲۳
۴	۲۲۹٫۵	۲۲۳-۲۳۶
۳	۲۴۲٫۵	۲۳۶-۲۴۹
۲	۲۵۵٫۵	۲۴۹-۲۶۲
۱	۲۶۸٫۵	۲۶۲-۲۷۵
۰	۲۸۱٫۵	۲۷۵-۲۸۸
۱	۲۹۴٫۵	۲۸۸-۳۰۱
۲۸	Σf_i	



شکل ۹: نمودار توزیع فراوانی برای نفر اول - دست راست - قسمت دوم

همچنین مقادیر σ و σ_m عبارتند از:

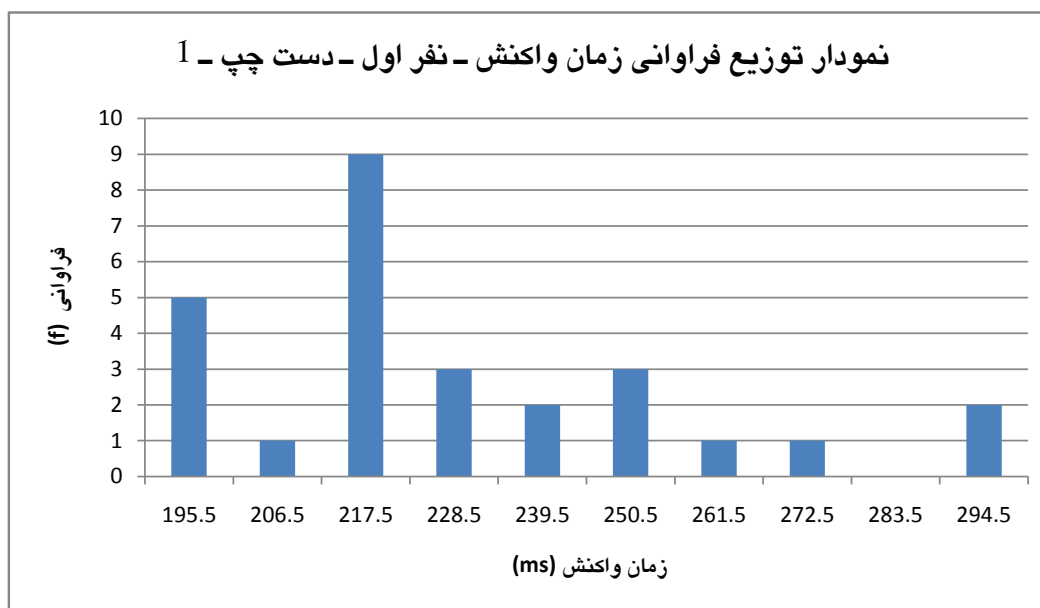
$$\sigma = 31ms, \sigma_m = 6ms$$

۷ نفر اول: سجاد فولادی قلعه - دست چپ - قسمت اول

دامنه تغییرات داده‌ها در این قسمت $R = 298 - 190 = 108$ می‌باشد. با در نظر گرفتن ده دسته، طول هر دسته برابر است با $C = \frac{108}{10} \approx 11$. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۱۳: جدول توزیع فراوانی برای دست چپ نفر اول - قسمت اول (H3-A1)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۵	۱۹۵٫۵	۱۹۰-۲۰۱
۱	۲۰۶٫۵	۲۰۱-۲۱۲
۹	۲۱۷٫۵	۲۱۲-۲۲۳
۳	۲۲۸٫۵	۲۲۳-۲۳۴
۲	۲۳۹٫۵	۲۳۴-۲۴۵
۳	۲۵۰٫۵	۲۴۵-۲۵۶
۱	۲۶۱٫۵	۲۵۶-۲۶۷
۱	۲۷۲٫۵	۲۶۷-۲۷۸
۰	۲۸۳٫۵	۲۷۸-۲۸۹
۲	۲۹۴٫۵	۲۸۹-۳۰۰
۲۷	Σf_i	



شکل ۱۰: نمودار توزیع فراوانی برای نفر اول - دست چپ - قسمت اول

همچنین مقادیر σ و σ_m عبارتند از:

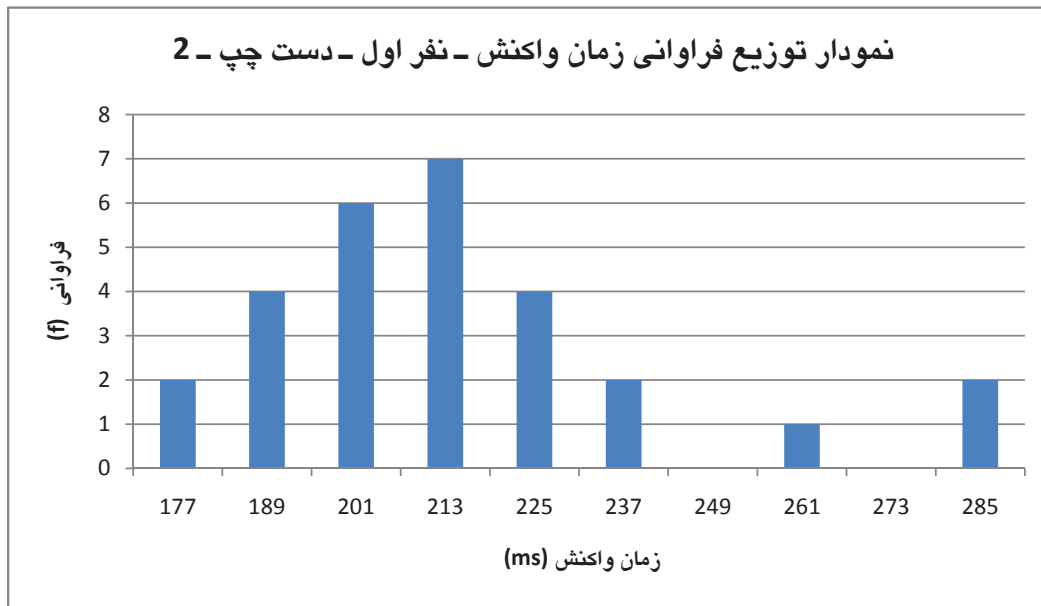
$$\sigma = 28ms, \sigma_m = 5ms$$

◀ نفر اول: سجاد فولادی قلعه - دست چپ - قسمت دوم

دامنه تغییرات داده‌ها در این قسمت $R = 286 - 171 = 115$ می‌باشد. با در نظر گرفتن ده دسته، طول هر دسته برابر است با $C = \frac{115}{10} \approx 12$. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۱۴: جدول توزیع فراوانی برای دست چپ نفر اول - قسمت دوم (H3-A2)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۲	۱۷۷	۱۷۱-۱۸۳
۴	۱۸۹	۱۸۳-۱۹۵
۶	۲۰۱	۱۹۵-۲۰۷
۷	۲۱۳	۲۰۷-۲۱۹
۴	۲۲۵	۲۱۹-۲۳۱
۲	۲۳۷	۲۳۱-۲۴۳
۰	۲۴۹	۲۴۳-۲۵۵
۱	۲۶۱	۲۵۵-۲۶۷
۰	۲۷۳	۲۶۷-۲۷۹
۲	۲۸۵	۲۷۹-۲۹۱
۲۸	Σf_i	



شکل ۱۱: نمودار توزیع فراوانی برای نفر اول - دست چپ - قسمت دوم

همچنین مقادیر σ و σ_m عبارتند از:

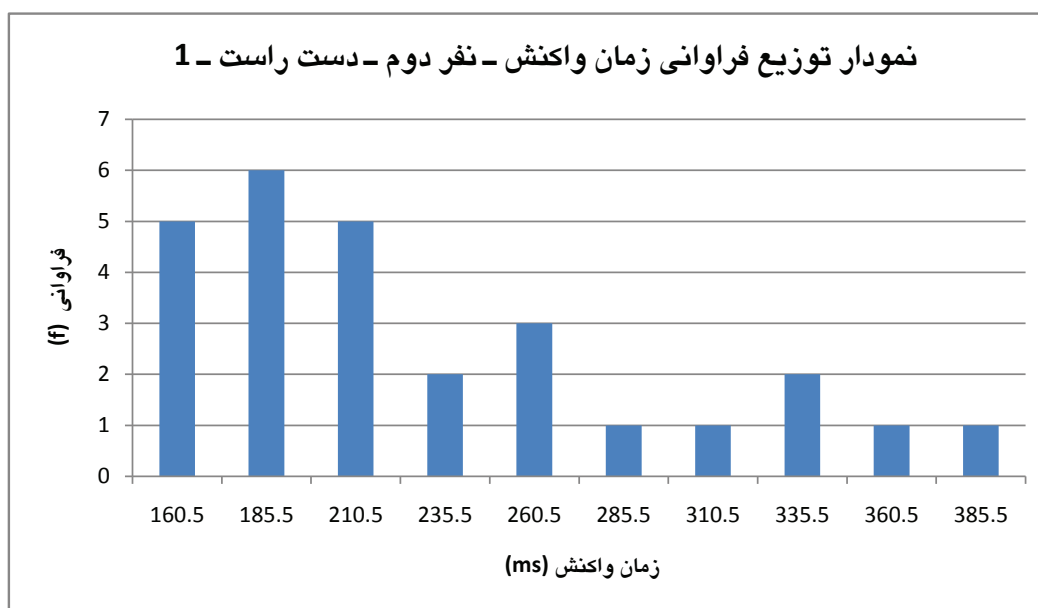
$$\sigma = 28ms, \sigma_m = 5ms$$

◀ نفر دوم: سید محمد صدرالساداتی - دست راست - قسمت اول

دامنه تغییرات داده‌ها در این قسمت $R = 397 - 148 = 249$ می‌باشد. با در نظر گرفتن ده دسته، طول هر دسته برابر است با $C = \frac{249}{10} \approx 25$. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۱۵: جدول توزیع فراوانی برای دست راست نفر دوم - قسمت اول (H4-A1)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۵	۱۶۰٫۵	۱۴۸-۱۷۳
۶	۱۸۵٫۵	۱۷۳-۱۹۸
۵	۲۱۰٫۵	۱۹۸-۲۲۳
۲	۲۳۵٫۵	۲۲۳-۲۴۸
۳	۲۶۰٫۵	۲۴۸-۲۷۳
۱	۲۸۵٫۵	۲۷۳-۲۹۸
۱	۳۱۰٫۵	۲۹۸-۳۲۳
۲	۳۳۵٫۵	۳۲۳-۳۴۸
۱	۳۶۰٫۵	۳۴۸-۳۷۳
۱	۳۸۵٫۵	۳۷۳-۳۹۸
۲۷	Σf_i	



شکل ۱۲: نمودار توزیع فراوانی برای نفر دوم - دست راست - قسمت اول

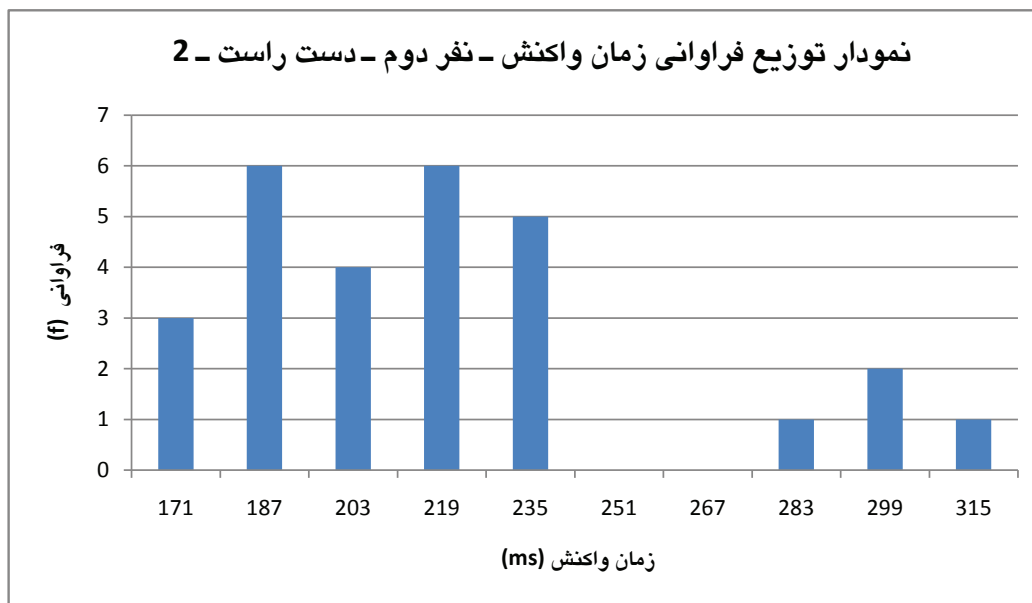
همچنین مقادیر σ و σ_m عبارتند از:

$$\sigma = 70ms, \sigma_m = 13ms$$

◀ نفر دوم: سید محمد صدرالساداتی - دست راست - قسمت دوم
دامنه تغییرات داده‌ها در این قسمت $R = 314 - 163 = 151$ می‌باشد. با در نظر گرفتن ده دسته، طول هر دسته برابر است با $C = \frac{151}{10} \approx 16$. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۱۶: جدول توزیع فراوانی برای دست راست نفر دوم - قسمت دوم (H4-A2)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۳	۱۷۱	۱۶۳-۱۷۹
۶	۱۸۷	۱۷۹-۱۹۵
۴	۲۰۳	۱۹۵-۲۱۱
۶	۲۱۹	۲۱۱-۲۲۷
۵	۲۳۵	۲۲۷-۲۴۳
۰	۲۵۱	۲۴۳-۲۵۹
۰	۲۶۷	۲۵۹-۲۷۵
۱	۲۸۳	۲۷۵-۲۹۱
۲	۲۹۹	۲۹۱-۳۰۷
۱	۳۱۵	۳۰۷-۳۲۳
۲۸	Σf_i	



شکل ۱۳: نمودار توزیع فراوانی برای نفر دوم - دست راست - قسمت دوم

همچنین مقادیر σ و σ_m عبارتند از:

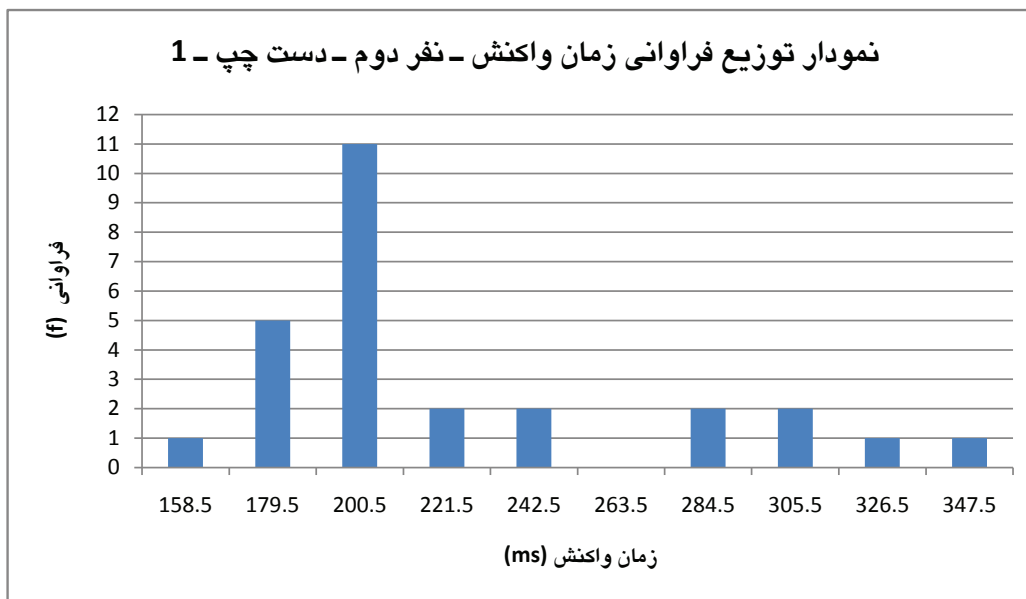
$$\sigma = 40ms, \sigma_m = 1ms$$

◀ نفر دوم: سید محمد صدرالساداتی - دست چپ - قسمت اول

دامنه تغییرات داده‌ها در این قسمت $R = 351 - 148 = 203$ می‌باشد. با در نظر گرفتن ده دسته، طول هر دسته برابر است با $C = \frac{203}{10} \approx 21$. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۱۷: جدول توزیع فراوانی برای دست چپ نفر دوم - قسمت اول (H5-A1)

حدود دسته‌ها	مراکز دسته‌ها	f_i
۱۴۸-۱۶۹	۱۵۸٫۵	۱
۱۶۹-۱۹۰	۱۷۹٫۵	۵
۱۹۰-۲۱۱	۲۰۰٫۵	۱۱
۲۱۱-۲۳۲	۲۲۱٫۵	۲
۲۳۲-۲۵۳	۲۴۲٫۵	۲
۲۵۳-۲۷۴	۲۶۳٫۵	۰
۲۷۴-۲۹۵	۲۸۴٫۵	۲
۲۹۵-۳۱۶	۳۰۵٫۵	۲
۳۱۶-۳۳۷	۳۲۶٫۵	۱
۳۳۷-۳۵۸	۳۴۷٫۵	۱
Σf_i		۲۷



شکل ۱۴: نمودار توزیع فراوانی برای نفر دوم - دست چپ - قسمت اول

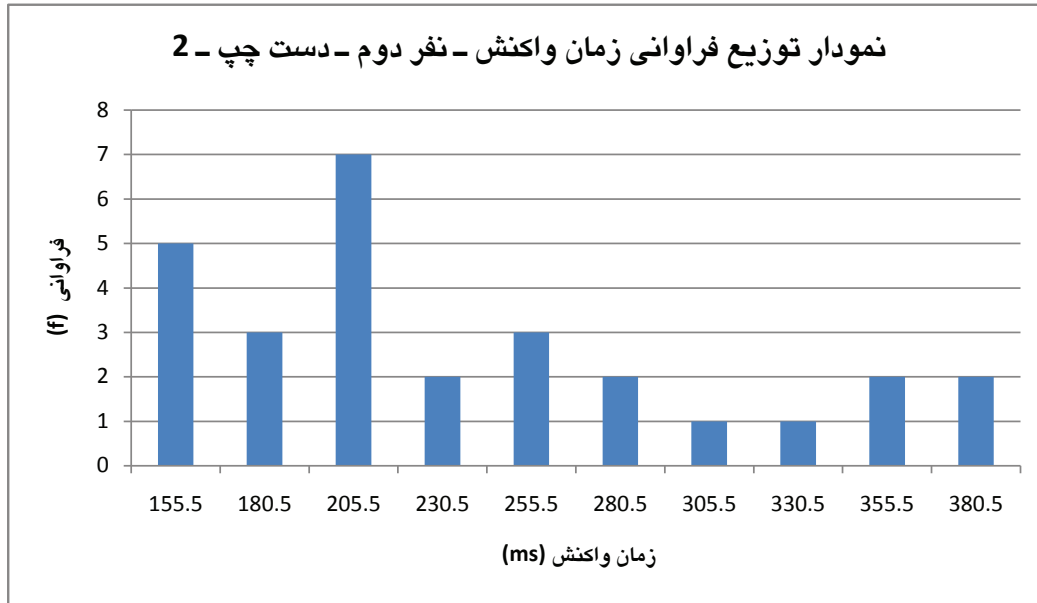
همچنین مقادیر σ و σ_m عبارتند از:

$$\sigma = 51ms, \sigma_m = 10ms$$

◀ نفر دوم: سید محمد صدرالساداتی - دست چپ - قسمت دوم
دامنه تغییرات داده‌ها در این قسمت $R = 391 - 143 = 248$ می‌باشد. با در نظر گرفتن ده دسته، طول هر دسته برابر است با $C = \frac{248}{10} \approx 25$. جدول توزیع فراوانی آن به صورت زیر است:

جدول ۱۸: جدول توزیع فراوانی برای دست چپ نفر دوم - قسمت دوم (H5-A2)

f_i	مراکز دسته‌ها	حدود دسته‌ها
۵	۱۵۵٫۵	۱۴۳-۱۶۸
۳	۱۸۰٫۵	۱۶۸-۱۹۳
۷	۲۰۵٫۵	۱۹۳-۲۱۸
۲	۲۳۰٫۵	۲۱۸-۲۴۳
۳	۲۵۵٫۵	۲۴۳-۲۶۸
۲	۲۸۰٫۵	۲۶۸-۲۹۳
۱	۳۰۵٫۵	۲۹۳-۳۱۸
۱	۳۳۰٫۵	۳۱۸-۳۴۳
۲	۳۵۵٫۵	۳۴۳-۳۶۸
۲	۳۸۰٫۵	۳۶۸-۳۹۳
۲۸	Σf_i	



شکل ۱۵: نمودار توزیع فراوانی برای نفر دوم - دست چپ - قسمت دوم

همچنین مقادیر σ و σ_m عبارتند از:

$$\sigma = 71ms, \sigma_m = 13ms$$

دلیل تفاوت: افزایش تعداد داده‌ها بر اساس قضیه‌ی حد مرکزی باعث می‌شود که دقت بیشتری در نتایج آماری مبتنی بر توزیع نرمال بدست آید. مشخصاً با کاهش تعداد داده‌ها این مسئله معکوس خواهد شد. در واقع، تفاوتی که میان انحراف معیار در این قسمت و قسمت پیشین دیده می‌شود در اثر کاهش تعداد داده‌ها ایجاد شده‌است.

◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۴: مقایسه رفتار آماری داده‌های دو دست

مطابق داده‌های جدول ۱۰ داده‌های دو دست یک آزمایش‌گر دارای انحراف معیار و میانگین بسیار نزدیک و حتی در مواردی نسبتاً مساوی هستند و از این دیدگاه آماری دو دست یک فرد رفتار مشابهی از خودشان نشان می‌دهند.

◀ خواسته‌ی شماره‌ی ۵: مقایسه رفتار آماری داده‌های دو آزمایشگر

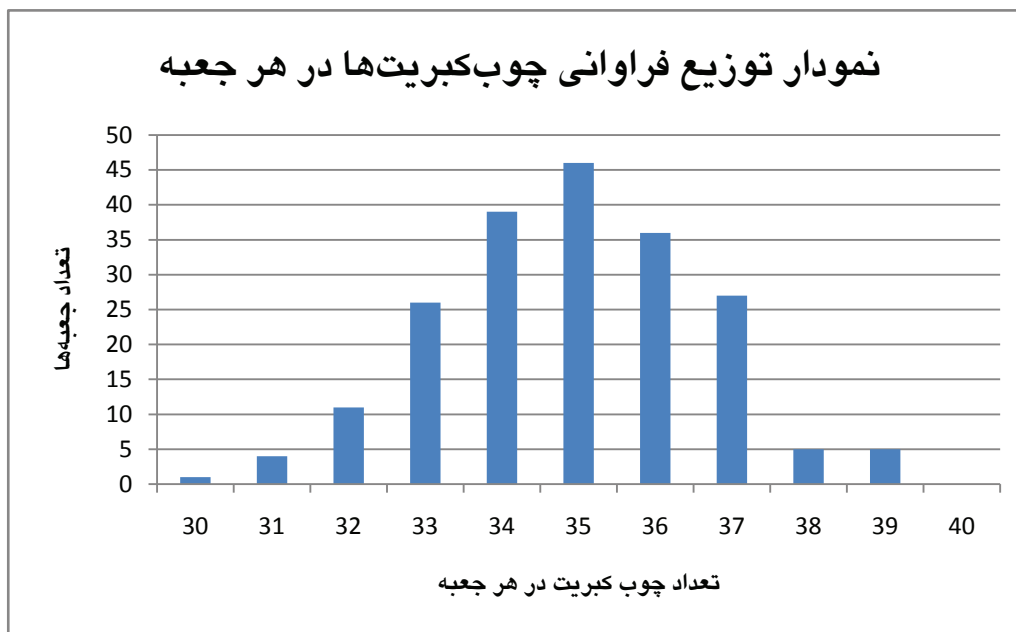
مطابق داده‌های جدول ۱۰ داده‌های مربوط به دو آزمایشگر گرچه دارای میانگین نزدیکی هستند، اما در انحراف معیار میانگین و استاندارد دارای تفاوت آشکاری می‌باشند و این نشانگر تفاوت رفتار آماری داده‌های دو آزمایشگر است.

۱۰ تمرین

◀ کارخانه‌ی کبریت‌سازی!

الف) نمودار توزیع چوب‌کبریت‌ها

نمودار توزیع چوب‌کبریت‌ها شبیه نمودار توزیع نرمال است.



شکل ۱۶: نمودار توزیع فراوانی چوب‌کبریت‌های موجود در هر جعبه

پ) محاسبه انحراف معیار استاندارد

بر اساس رابطه‌ی

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$

مقدار انحراف معیار استاندارد برابر است با:

$$\sigma = 2$$

ج) محاسبه انحراف معیار میانگین یا خطای استاندارد

می‌دانیم که

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

بنابراین مقدار انحراف معیار میانگین برابر است با

$$\sigma_m \approx 0.63$$

چون این مقدار از واحد اندازه‌گیری کمتر است، پس واحد اندازه‌گیری را به‌عنوان خطا گزارش می‌کنیم.

د) عددی که باید کارخانه روی جعبه کبریت بنویسد

بنابر رابطه‌ی میانگین، میانگین تعداد چوب‌کبریت‌ها برابر است با

$$\bar{x} = 35$$

و مقدار

$$35 \pm 1$$

باید روی جعبه‌ها درج گردد.

۵) محتمل‌ترین تعداد چوب‌کبریت‌ها در انتخاب تصادفی یک جعبه

در انتخاب تصادفی یک جعبه به احتمال حدود ۶۸٪ تعداد چوب‌کبریت‌ها عددی در بازه‌ی ۳۴ تا ۳۶ می‌باشد. اما در حالتی محتمل‌تر، به احتمال حدوداً ۹۵٪، این تعداد عددی در بازه‌ی ۳۳ تا ۳۷ خواهد بود.

۱۱ تشکر

در پایان از تمامی کسانی که ما را در انجام این آزمایش یاری کردند، به خصوص استاد گرامی آزمایشگاه فیزیک، جناب آقای اسعدزاده و دوستان اتاق ۴۷ خوابگاه شهید شوریده دانشگاه صنعتی شریف سپاسگزاری می‌نماییم. التماس $\int_a^b 2dx$.