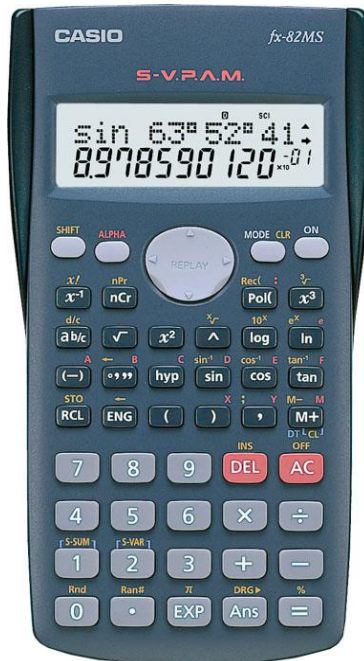


بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمه‌ای بر کار با ماشین حساب *fx-991ES PLUS* *fx-82MS*



نویسنده: محمد جواد عسگری

تابستان ۹۵

۳	مقدمه
۴	اقدامات اولیه
۴	شناسایی دکمه‌های اصلی
۴	پاک کردن حافظه و بازگردانی تمامی تنظیمات
۴	تنظیمات اصلی ماشین حساب
۵	تبدیل S-D
۵	آشنایی با MODE های محاسباتی
۶	محاسبات عمومی
۶	استفاده از حافظه ی محاسبات انجام شده ی قبلی
۶	حافظه‌های ماشین حساب
۷	تبدیل واحد زاویه
۷	محاسبه ی انتگرال
۷	محاسبه ی مشتق (دیفرانسیل گیری)
۷	CALC
۸	SOLVE
۸	محاسبات آماری
۱۱	فرمول های محاسبه ی شیب و عرض از مبدا به روش کمترین مربعات
۱۱	محاسبه ی رگرسیون
۱۱	محاسبات معادله ای (EQN)
۱۱	محاسبات ماتریسی (MATRIX)
۱۲	ایجاد جدول عددی برای یک عبارت ریاضی (TABLE)
۱۳	محاسبات بردار (VECTOR)
۱۳	ثوابت علمی (CONST)
۱۴	تبدیل های متریک (CONV)
۱۴	Fx-82MS
۱۵	محاسبات آماری انحراف معیار (SD)
۱۵	محاسبات رگرسیون (REG)
۱۶	سخن پایانی
۱۶	منابع و مآخذ

مقدمه

شاید این سؤال در ذهن شکل گیرد که باوجود نرم افزارهای پر قدرت محاسبات ریاضی و مهندسی آیا دیگر نیازی به استفاده از ماشین حساب وجود دارد؟

درست است که این گونه نرم افزارها بسیار پر قدرت تر و سریع تر از ماشین حساب ها اند ولی شاید استفاده از آنها در همه جا امکان پذیر نباشد. برای مثال در بسیاری از امتحانات و آزمون های دانش آموزی و دانشجویی مثل المپیادهای کشوری و... فقط امکان استفاده از ماشین حساب وجود دارد!^۱

از طرفی بسیاری از دانشجویان مهندسی مقطع کارشناسی در سال اول تحصیل در دروسی همچون آزمایشگاه فیزیک پایه ۱ و ۲ نیاز به استفاده از ماشین حساب دارند.

شاید ماشین حساب های **CASIO fx – 991ES PLUS** و **CASIO fx – 82MS** بیشترین استفاده را بین دانش آموزان و دانشجویان کارشناسی داشته باشد. به دلیل اینکه هم قابل برنامه نویسی نیستند (در بسیاری از آزمون ها ممنوعیت استفاده از ماشین حساب هایی با قابلیت برنامه نویسی وجود دارد) و هم بیشتر امکانات و توابع لازم را دارا می باشند.

در این درسنامه هدف اصلی، معرفی ماشین حساب **CASIO fx – 991ES PLUS** است ولی کمی هم در مورد ماشین حساب **CASIO fx – 82MS** و تفاوت آنها بحث شده.

و در انتها می بایست از تمامی دوستانی که در گردآوری این مجموعه همکاری کردند به خصوص جناب آقای آرمان وثیق زاده که زحمات فراوانی را برای ویراستاری این اثر متحمل شدند و جناب آقای میلاد مظفری برای تهیه عکس های این مجموعه، نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم.

^۱ در المپیادهای دانش آموزی کشوری، ممنوعیت استفاده از ماشین حساب برای بعضی از رشته ها وجود دارد.

برای بیان نظرات، انتقادات و پیشنهادات می توانید با ایمیل mjaasgari@gmail.com در ارتباط باشید.

CASIO fx – 991ES plus

اقدامات اولیه

شناسایی دکمه‌های اصلی

دکمه‌های اصلی ماشین حساب و دکمه‌هایی که حالت‌های دیگر کلیدها را مشخص می‌کنند عبارت‌اند از:

این دکمه برای روشن کردن ماشین حساب استفاده می‌شود. (سعی کنید هیچ‌گاه از این دکمه برای پاک کردن صفحه و حافظه‌ی ماشین حساب استفاده نکنید. همان‌طور که می‌بینید این دکمه از بقیه‌ی دکمه‌ها کمی داخل‌تر قرار گرفته است، تا اینکه سهواً دست شما روی آن نخورد!) **ON**

با زدن این دکمه، حالت دوم کلیدها فعال می‌شود که این حالت‌ها به رنگ زرد روی صفحه‌کلید **SHIFT** ماشین حساب آورده شده‌اند.

برای مثال در شکل روبرو \sin^{-1} یا \arcsin با زدن دکمه‌ی **SHIFT** فعال می‌شود.

با زدن این دکمه حالتی که فقط شامل تعدادی از حروف لاتین است فعال می‌شود که می‌توان از آن‌ها برای ذخیره کردن اعداد و یا استفاده کردن در وضعیت‌های CALC و SOLVE^۲ استفاده کرد. این حروف به رنگ قرمز روی صفحه‌کلید ماشین حساب قابل مشاهده‌اند. **ALPHA**

پاک کردن حافظه و بازگردانی تمامی تنظیمات

پاک کردن تمامی حافظه: **SHIFT** **9** (CLR) **2** (Memory) **=** (Yes)

بازگردانی تمامی تنظیمات به حالت اولیه: **SHIFT** **9** (CLR) **1** (Setup) **=** (Yes)

پاک کردن حافظه و بازگردانی تنظیمات: **SHIFT** **9** (CLR) **3** (All) **=** (Yes)

تنظیمات اصلی ماشین حساب

از طریق مسیر **SHIFT** **MODE** (SETUP) می‌توانید به قسمت تنظیمات ماشین حساب بروید.

این قسمت شامل دو صفحه می‌باشد که در زیر نشان داده شده و به کمک دکمه‌ی بزرگ جهت‌نمای مرکزی "REPLAY" **↶** **↷** می‌توانید بین این دو صفحه پیمایش کنید. گزینه‌های موجود در این قسمت در جدول ۱ آورده شده‌اند.

1:ab/c	2:10/c
3:CMPLX	4:STAT
5:Disp	6:CONT

شکل ۱: تنظیمات اصلی ماشین حساب (صفحه دوم)

1:MthIO	2:LineIO
3:Deg	4:Rad
5:Gra	6:Fix
7:Sci	8:Norm

شکل ۲: تنظیمات اصلی ماشین حساب (صفحه اول)

^۲ این وضعیت‌ها در ادامه توضیح داده می‌شوند.

صفحه	شماره‌ی گزینه	توضیحات
۱	۱-۲	این دو گزینه مربوط به شیوه‌ی نمایش و کاربری ماشین حساب به صورت خطی و طبیعی است؛ در قسمت LineIO تمامی محاسبات در یک خط نشان داده می‌شوند ولی در قسمت MthIO محاسبات به صورت طبیعی است. (نمایش خط کسری و رادیکال‌ها و ... به صورت نوشتاری!)
۱	۳-۵	این سه گزینه مربوط به تغییر واحد زاویه‌ی پیش فرض ماشین حساب است. $90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ radians} = 100 \text{ grads}$
۱	۶	این گزینه مربوط به تعداد ارقام بعد از ممیز است.
۱	۷	این گزینه مربوط به ارقام بامعنی نمایش داده شده است.
۱	۸	این گزینه مربوط به نمایش به شکل نمایی است. ^۳
۲	۱	این گزینه مربوط به نمایش کسر به صورت مخلوط است.
۲	۲	این گزینه مربوط به نمایش کسر به صورت دوجزئی است.
۲	۳	این گزینه مربوط به نمایش اعداد مختلط به صورت دکارتی یا قطبی است.
۲	۴	این گزینه مربوط به نمایش ستون تکرار FREQ در وضعیت آماری STAT است.
۲	۵	این گزینه مربوط به شیوه نمایش ممیز [نقطه یا کاما] است.
۲	۶	این گزینه مربوط به تغییر کنتراست (روشنایی) صفحه نمایش است.

تبدیل S-D



گاهی اوقات نیاز داریم که شکل نمایش داده‌ها را تغییر دهیم، برای مثال محاسبات دارای اعداد گنگ را به صورت اعشاری تبدیل کنیم. مثلاً اگر روی صفحه نمایش عددی گنگ به صورت رادیکالی وجود دارد و یا عددی به صورت کسر می‌باشد می‌توان این حالات را به عددی اعشاری تبدیل کرده. برای این منظور می‌توانیم از تبدیل S-D که با دکمه‌ی روبرو مشخص می‌شود استفاده کنیم.

آشنایی با MODE های محاسباتی

برای محاسبات مختلف، وضعیت‌های محاسباتی گوناگونی در این ماشین حساب وجود دارد که با دکمه‌ی **MODE** می‌توان به آن‌ها دسترسی داشت.

این هشت وضعیت محاسباتی عبارت‌اند از:

۱. محاسبات عمومی (COMP)
۲. محاسبات اعداد مختلط (CMPLX)
۳. محاسبات آماری و رگرسیون (STAT)

^۳ برای Norm1 بازه $10^{-2} < |x| < 10^{10}$ و برای Norm2 بازه $10^{-9} < |x| < 10^{10}$ را در نظر بگیرید، اگر عدد جواب در این بازه‌ها باشد آنگاه جواب به صورت غیر نمادار و در غیر این صورت جواب به صورت نمادار نمایش داده می‌شود.

1: COMP	2: CMPLX
3: STAT	4: BASE-N
5: EQN	6: MATRIX
7: TABLE	8: VECTOR

شکل ۳ وضعیت‌های محاسباتی

۴. محاسبات در مبنای (BASE-N)N
۵. محاسبات معادله‌ای (حل معادلات) (EQN)
۶. محاسبات ماتریسی (MATRIX)
۷. ایجاد جدول اعداد برای یک عبارت ریاضی (TABLE)
۸. محاسبات برداری (VECTOR)


در بخش‌های بعدی به معرفی این وضعیت‌ها پرداخته شده. (در این درس‌نامه موارد ۲ و ۴ بررسی نخواهد شد!)



MODE 1 (COMP)

محاسبات عمومی

این وضعیت همان وضعیت پایه‌ای هر ماشین حساب برای محاسبه با چهار عمل اصلی است؛ که از توضیح استفاده از اعمال اصلی می‌گذریم.

استفاده از حافظه‌ی محاسبات انجام‌شده قبلی

به کمک دکمه‌ی جهت بالا  می‌توانید به محاسبات مراحل قبلی بازگردید که هم عبارت و هم جواب آن‌ها نمایش داده می‌شود.

برای اصلاح عبارت واردشده، بعد از اینکه پاسخ نمایش داده شده، به کمک دکمه‌های جهت چپ  و راست  به عبارت قبلی دسترسی دارید و می‌توانید آن را ویرایش کنید.

تذکر: به یاد داشته باشید با فشردن کلید **ON** و یا تغییر وضعیت MODE و یا خاموش کردن ماشین حساب این حافظه پاک خواهند شد.

حافظه‌های ماشین حساب

حافظه‌ی پاسخ (ANS): این حافظه آخرین جواب را در خود ذخیره می‌کند و با تغییر در عبارات و یا فشردن کلید **AC** یا حتی خاموش کردن ماشین حساب، این حافظه پاک نخواهد شد.

حافظه‌ی مستقل (M): این حافظه، همان حافظه‌ای است که در تمامی ماشین حساب‌های ساده موجود است و می‌تواند جواب محاسبات را باهم جمع یا تفریق کند!

متغیرها (A, B, C, D, E, F, X, Y): متغیرها در واقع حافظه‌هایی‌اند که می‌توان نتیجه‌ی محاسبات و یا اعداد خاص را در آن‌ها نگهداری کرد.

SHIFT **RCL** (STO) **(-)** (A)

ذخیره‌سازی اعداد یا جواب محاسبات در متغیر دلخواه A:

ALPHA **(-)** (A) **×** 10 **=**

استفاده از متغیرها در محاسبات (متغیر دلخواه A):

RCL **(-)** (A)

نمایش مقدار موجود در متغیر (متغیر دلخواه A):

0 **SHIFT** **RCL** (STO) **(-)** (A)

پاک کردن متغیر (صفر قرار دادن آن) (متغیر دلخواه A):

تذکر: برای پاک کردن کل حافظه می‌توان از دستور موجود در قسمت «اقدامات اولیه» استفاده کرد.

تذکر: حافظه‌ی این متغیرها با فشردن کلید **AC** و یا تغییر وضعیت MODE ماشین حساب و یا خاموش کردن آن از بین نمی‌روند.

تبدیل واحد زاویه (DRG) (Ans) (SHIFT)

شما می‌توانید عددی را که بیانگر اندازه‌ی یک زاویه در واحدی دلخواه است را به واحد زاویه‌ی پیش‌فرض ماشین حساب تغییر دهید. (واحد زاویه‌ی پیش‌فرض همانی است که بالای صفحه‌نمایش وجود دارد و از قسمت SETUP جدول ۱ قابل تغییر است.)

برای مثال عدد 2π را وارد کنید، مسیر (DRG) (Ans) (SHIFT) را طی کنید، گزینه دوم (رادیان $^\circ$) را انتخاب کنید و کلید مساوی را فشار دهید حالا ماشین حساب عدد واردشده را رادیان فرض کرده و آن را به واحد زاویه‌ی پیش‌فرض که مثلاً درجه است تبدیل می‌کند (۳۶۰ درجه).

نکته: این کار باعث راحتی کار کردن با توابع مثلثاتی می‌شود. مثلاً واحد زاویه‌ی پیش‌فرض درجه است ولی درجایی از محاسبات با رادیان سروکار داریم پس طبق مسیر گفته‌شده علامت $^\circ$ را قرار می‌دهیم تا ماشین حساب بفهمد این عدد رادیان است.

محاسبه‌ی انتگرال

$$\int_a^b f(x) dx \equiv \int (f(x), a, b, tol) \leftarrow linear$$

محاسبه‌ی انتگرال فقط در وضعیت COMP صورت می‌گیرد.

در حالت خطی lineIO می‌توانید tolerance (tol) را مشخص کنید که به صورت پیش‌فرض 1×10^{-5} می‌باشد. هرچقدر این عدد کوچک‌تر باشد دقت محاسبه‌ی انتگرال بیشتر خواهد شد، ولی ممکن است محاسبه‌ی آن برای ماشین حساب ممکن نباشد و پیام Time Out نمایش داده شود.

چند نکته:

- برای محاسبه‌ی انتگرال زمان قابل توجهی نیاز است.
- فشردن کلید (AC) باعث توقف محاسبات می‌شود.
- در محاسبه‌ی انتگرال توابع مثلثاتی، واحد رادیان را به عنوان واحد پیش‌فرض ماشین حساب انتخاب کنید.

محاسبه‌ی مشتق (دیفرانسیل گیری) (d/dx) (SHIFT) (f(x))

این ماشین حساب می‌تواند مشتق توابع را در نقطه‌ای معلوم محاسبه کند. شما برای این کار نیاز دارید تابعی از متغیر x (بقیه‌ی متغیرها به صورت عدد ثابت تلقی می‌شوند) و نقطه‌ای را که قرار است شیب تابع در آن محاسبه شود به ماشین حساب بدهید و نتیجه را دریافت کنید.

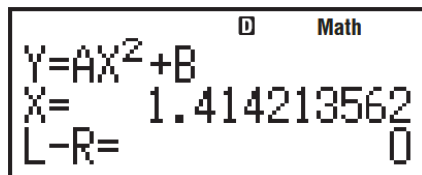
$$\frac{d}{dx} (f(x)) \big|_{x=a}$$

CALC

این حالت به شما امکان محاسبه‌ی یک فرمول یا عبارت را به ازای مقادیر مختلف می‌دهد، بدون نیاز به تغییر در فرمول یا عبارت. البته یکی از کاربردهای جانبی این حالت این است که در بعضی از فرمول‌ها یا عبارات شما نیاز دارید که چند بار عددی بزرگ و یا عددی با ارقام اعشاری زیاد را بکار ببرید (که کاری وقت گیر است!)؛ اینجاست که می‌توانید از متغیرها بجای اعداد استفاده کنید و در حالت CALC مقادیر این متغیرها را وارد کنید و یا از مقادیر موجود در متغیرها استفاده کنید. تذکر: ابتدا عبارت را با متغیرها وارد کنید بعد دکمه CALC را بزنید، آنگاه مقدار هر متغیر از شما پرسیده می‌شود.

SHIFT **CALC** (SOLVE)**SOLVE**

در این حالت ماشین حساب می تواند به روش نیوتن معادلات را به صورت تقریبی حل کند. (فقط در وضعیت COMP قابل استفاده است.)
برای مثال وقتی شما معادله ای به صورت $y = 2x^2 + 3x - 1$ را وارد می کنید، ماشین حساب با گرفتن مقدار x مقدار y را محاسبه می کند. ولی اگر y را در آخر عبارت وارد نکنیم، به صورت پیش فرض ماشین حساب با گرفتن مقدار y ، مقدار x را محاسبه می کند. (طریقه ی وارد کردن علامت مساوی **(=)** **ALPHA** **CALC**)



شکل ۴ صفحه پاسخ SOLVE

در صفحه ی پاسخ روبرو: ماشین حساب مقدار به دست آمده برای جواب را در دو طرف مساوی قرار داده و اگر طرف چپ با طرف راست اختلافی داشت در قسمت "L-R=" این اختلاف نمایش داده می شود.

در اکثر این مواقع ماشین حساب از شما می پرسد که آیا عملیات را ادامه دهد تا عدد دقیق تری بیاید یا نه؟
چند نکته:

- وقتی شما solve را انتخاب می کنید صفحه ماشین حساب خالی شده و فقط علامت های بالای صفحه مانند D, Math, باقی می ماند. (ماشین حساب در حال محاسبه است!)
- عملیات حل ممکن است حتی بیشتر از پنج دقیقه هم طول بکشد.
- چون حل به روش نیوتن می باشد، اگر یک معادله دارای چند جواب باشد فقط یک جواب برای آن پیدا می شود.
- در حالت SOLVE حتی ممکن است برای معادلات دارای جواب، جوابی پیدا نشود.

MODE **3** (STAT)**محاسبات آماری**

در وضعیت محاسبات آماری، موارد زیر مشاهده می شود.



شکل ۵ انواع محاسبات آماری

جدول ۲ توضیحات مربوط به انواع محاسبات آماری

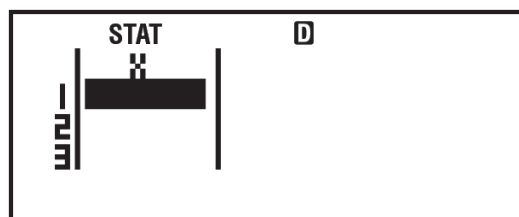
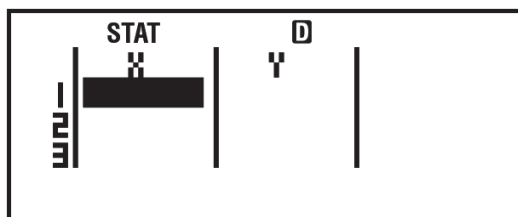
شماره ی گزینه	توضیحات
۱	یک متغیره: برای محاسباتی که فقط شامل یک متغیرند و محاسبه ی مجموع ها، واریانس و انحراف معیار این داده ها.
۲	رگرسیون (regression) خطی: برای محاسبات شامل دو متغیر و محاسبه ی مجموع ها، واریانس، انحراف معیار، رگرسیون، شیب و عرض از مبدأ بهترین خط گذرنده از داده ها. $y = A + Bx$ ^۴
۳	رگرسیون درجه ی دوم $y = A + Bx + Cx^2$
۴	رگرسیون لگاریتمی $y = A + B \ln x$

^۴ به این موضوع که شیب خط B است نه A دقت کنید (این نکته کوچک خیلی هارو به اشتباه انداخته!)

برای بیان نظرات، انتقادات و پیشنهادات می توانید با ایمیل mjaasgari@gmail.com در ارتباط باشید.

۵	رگرسیون نمایی (exponential) $y = Ae^{Bx}$
۶	رگرسیون نمایی (exponential) $y = AB^x$
۷	رگرسیون توانی (power) $y = Ax^B$
۸	رگرسیون معکوس (inverse) $y = A + B/x$

در وضعیت آماری گزینه‌های ۱ و ۲ بیشترین کاربرد را دارند و در اینجا فقط این دو توضیح داده شده‌اند. شما با انتخاب هر کدام از این دو گزینه وارد صفحه‌ی «ورود داده‌ها» (همانند شکل ۶) می‌شوید که با زدن دکمه مساوی می‌توانید داده‌ی بعدی را ثبت کنید و یا به کمک کلیدهای جهتی بین آن‌ها پیمایش کنید.



شکل ۶ صفحه‌ی ورود داده‌های تک متغیره و دومتغیره

تذکر: اگر ستون تکرار "FREQ" در صفحه‌ی ورود داده‌ها مشاهده می‌شود، می‌توانید آن را به کمک توضیحات جدول ۱ حذف کنید. تذکر: در هنگام ورود داده‌ها می‌توانید عبارتی که شامل عملگرها می‌باشد را نیز وارد کنید ولی فقط به شکل خطی (lineIO format). تذکر: در حالت یک متغیره می‌توانید ۸۰ ردیف و در حالت دومتغیره ۴۰ ردیف داده وارد کنید. بعد از وارد کردن داده‌ها کلید **AC** را بفشارید. (نگران پاک شدن داده‌ها نباشید!) از طریق مسیر **(STAT) [1] [SHIFT]** به صفحه‌ی محاسبات آماری بروید.

1:Type	2:Data
3:Edit	4:Sum
5:Var	6:MinMax
7:Reg	

1:Type	2:Data
3:Edit	4:Sum
5:Var	6:MinMax
7:Distr	

شکل ۷ صفحه‌ی محاسبات آماری تک متغیره و دومتغیره (ممکن است شکل ۷ را دقیقاً با این ۷ گزینه باهم مشاهده نکنید)

جدول ۳ توضیحات مربوط به صفحه‌ی محاسبات آماری

شماره‌ی گزینه	توضیحات
۱	شمارا به صفحه محاسبات آماری (شکل ۵) برمی‌گرداند. ^۵
۲	نمایش و ویرایش داده‌های وارد شده.
۳	اگر در قسمت نمایش و ویرایش داده‌ها (گزینه‌ی ۲) مسیر (STAT) [1] [SHIFT] را طی کنید، گزینه Edit برای حذف تمامی داده‌ها "Del-A" یا اضافه کردن یک ردیف "Ins" وجود دارد.

^۵در بعضی مواقع برای مثال شما از رگرسیون خطی استفاده می‌کنید ولی این رگرسیون خوب جواب نمی‌دهد یا به زبان نموداری خطی که از تمامی نقاط داده‌ها بگذرد به‌خوبی برازش (fit) نمی‌شود یا به زبان آماری ضریب رگرسیون داده‌ها از ۱ فاصله دارد. آنگاه نیاز می‌شود که بین رگرسیون‌های مختلف جابجا شویم تا بهترین نموداری که به داده‌ها برازش (fit) می‌شود را پیدا کنیم. به کمک این گزینه شما می‌توانید بین حالات مختلف رگرسیون جابجا شوید بدون اینکه داده‌ها پاک شوند.

تذکر: جابجا شدن بین حالات تک متغیره و دومتغیره باعث پاک شدن تمامی داده‌ها می‌شود.

برای بیان نظرات، انتقادات و پیشنهادات می‌توانید با ایمیل mjaasgari@gmail.com در ارتباط باشید.

۴	فهرست توابع جمع (سیگما) مانند $\sum x, \sum x^2, \sum xy$
۵	فهرست دستورات محاسبه‌ی واریانس مانند انحراف معیار، میانگین و ...
۶	فهرست دستورات یافتن مقادیر max و min داده‌های ورودی.
۷-تک متغیره Distr	فهرست دستورات محاسبه‌ی توزیع نرمال.
۷-دو متغیره Reg	فهرست دستورات محاسبه‌ی رگرسیون. ^۶

نکته: برای محاسبه انحراف معیار (انحراف استاندارد) در گزینه ۵ دو مورد σ_x, S_x وجود دارد که S_x مربوط به انحراف معیار نمونه (Sample Standard Deviation) و σ_x مربوط به انحراف معیار جامعه (Population Standard Deviation) می‌باشد. ولی همیشه منظور از انحراف معیار در محاسبات عادی S_x می‌باشد.

به دلیل اینکه این بخش از توضیحات بیشترین تکرار و کاربرد در وضعیت آماری را دارد یک مثال ساده در زیر آورده شده تا با روند کار آماری آشنا شوید.

مثال «یافتن ضریب کشسانی فنر»

فرض کنید فنری در اختیار داریم که ضریب کشسانی آن را نمی‌دانیم ولی با طراحی آزمایشی سعی می‌کنیم این ضریب را بیابیم. وزنه‌های 100, 200, 500, 1000 گرمی را به این فنر می‌آویزیم و مقدار جابجایی را با خط کش اندازه می‌گیریم. $g = 10 \frac{m}{s^2}$ فرض کنید جدول زیر از داده‌ها به دست آمده است.

جدول ۴ داده‌های مربوط به آزمایش مثال ۱

نیرو (N)	1	2	5	10
جابجایی (m)	0.003	0.009	0.033	0.065

معادله $F = k \cdot x$ که معادله فنر خطی است را می‌شناسیم. (F نیرو اعمالی به فنر-نیوتن، k ضریب کشسانی فنر، x جابجایی-متر) پس برای یافتن ضریب کشسانی فنر $k = \frac{F}{x}$ باید نمودار نیرو بر حسب جابجایی رسم شود، بهترین خط عبوری به داده‌ها برازش (fit) شود، آنگاه شیب این خط همان ضریب k است.

پس این داده‌ها را در ماشین حساب در بخش دو متغیره $y = A + Bx$ (جدول ۲ گزینه ۲) وارد می‌کنیم (در ستون X جابجایی و در ستون Y نیرو).

SHIFT 1 (STAT) 5 (Reg) 2

شیب بهترین خط گذرنده از نقاط (ضریب k) = 143.34

SHIFT 1 (STAT) 5 (Reg) 1

عرض از مبدأ بهترین خط گذرنده از نقاط = 0.56

$y = 0.56 + 143.34x$

معادله ی بهترین خط گذرنده از نقاط

SHIFT 1 (STAT) 5 (Reg) 3

ضریب رگرسیون داده‌ها = 0.998^۷

^۶ برای هر کدام از رگرسیون‌های مختلف مثل رگرسیون خطی و یا درجه‌ی دوم گزینه‌های مختلفی در این قسمت وجود دارد که حروف A, B, C همان ضرایب معادله‌ی $y = A + Bx$ برای رگرسیون خطی و $y = A + Bx + Cx^2$ برای رگرسیون درجه‌ی دوم و ۲ هم ضریب رگرسیون نام دارد. ^۷ چون ضریب رگرسیون بسیار به عدد ۱ نزدیک است، پس داده‌ها به خط برازش شده نزدیک‌اند (برازش به خوبی صورت گرفته است). برای بیان نظرات، انتقادات و پیشنهادات می‌توانید با ایمیل mjaasgari@gmail.com در ارتباط باشید.

فرمول‌های محاسبه‌ی شیب و عرض از مبدأ به روش کمترین مربعات

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}, A = \bar{y} - B\bar{x}$$

نکته: البته در دفترچه‌ی اصلی راهنمای ماشین‌حساب^۸ فرمول‌های محاسبه‌ی شیب و عرض از مبدأ به روش کمترین مربعات به صورت: $B = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$, $A = \frac{\sum y - B \cdot \sum x}{n}$ است که درواقع این دو فرمول یکی‌اند ولی به دو روش بیان شده‌اند و به راحتی و با نوشتن چند خط می‌توانیم آن‌ها را به یکدیگر تبدیل کنیم.

محاسبه‌ی رگرسیون

ما از آزمایش مقادیری برای x, y به دست آوردیم، سپس خطی بر داده‌ها برازش (fit) کردیم که مقدار y پیش‌بینی شده روی خط را به ما می‌دهد؛ رگرسیون معیاری برای نزدیک بودن این دو مقدار است.

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}$$

که اگر مقادیر y_i, Y_i برابر باشند مقدار r^2 برابر با یک خواهد شد که همان بهترین برازش است.^۹

محاسبات معادله‌ای (EQN)

از طریق مسیر **(EQN) [5] [MODE]** می‌توانید به وضعیت حل معادلات وارد شوید. ماشین‌حساب توانایی حل معادلات زیر را دارد.

جدول ۵ توضیحات مربوط به محاسبات معادله‌ای

گزینه	معادله	توضیحات
۱	$a_n X + b_n Y = c_n$	دو معادله دو مجهول
۲	$a_n X + b_n Y + c_n Z = d_n$	سه معادله سه مجهول
۳	$aX^2 + bX + c = 0$	معادله‌ی درجه ۲
۴	$aX^3 + bX^2 + cX + d = 0$	معادله‌ی درجه ۳

شما با انتخاب هر کدام از گزینه‌ها می‌توانید ضرایب متغیرهای X, Y, Z یعنی a, b, c, d را به ماشین‌حساب بدهید و با زدن دکمه مساوی جواب معادله را به دست آورید.

محاسبات ماتریسی (MATRIX)

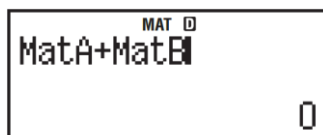
از طریق مسیر **(MATRIX) [6] [MODE]** می‌توانید به وضعیت محاسبات ماتریسی وارد شوید. ماشین‌حساب توانایی ذخیره‌سازی سه ماتریس $MatA, MatB, MatC$ را دارد. یکی را انتخاب کنید (برای مثال $MatA$). در صفحه‌ی بعد شما باید ابعاد ماتریس را انتخاب کنید (برای مثال 3×3). حال شما به صفحه ورود درایه‌های ماتریس وارد شده‌اید. پس از وارد کردن تمامی درایه‌ها کلید **[AC]** را فشار دهید، حالا به مسیر **(MATRIX) [4] [SHIFT]** بروید.

^۸ منبع شماره ۱.

^۹ اثبات فرمول‌ها در فصل ۴ منبع ۴ موجود است.

گزینه	توضیحات
1:Dim	می‌توانید یک ماتریس جدید تعریف کنید و یا ابعاد ماتریس‌های از قبل تعیین شده را تغییر دهید.
2:Data	می‌توانید درایه‌های وارد شده به ماتریس تعریف شده را مشاهده یا ویرایش کنید.
3:MatA	ماتریس A را روی صفحه، نمایش می‌دهد.*
4:MatB	ماتریس B را روی صفحه، نمایش می‌دهد.*
5:MatC	ماتریس C را روی صفحه، نمایش می‌دهد.*
6:MatAns	ماتریس پاسخ را روی صفحه، نمایش می‌دهد. ^{۱۰}
7:det	تابع دترمینان را روی صفحه، نمایش می‌دهد.
8:Trn	تابع ترانپوذه را روی صفحه، نمایش می‌دهد.

* برای انجام عملیات روی ماتریس‌های تعریف شده باید ماتریس از طریق سه گزینه‌ی ستاره‌دار بالا روی صفحه ظاهر شود و سپس روی آن‌ها عملیات انجام شود. همانند شکل ۸.



شکل ۸ نمونه‌ای از محاسبات ماتریسی

ایجاد جدول عددی برای یک تابع (TABLE)

از طریق مسیر (TABLE) **7** **MODE** می‌توانید به این قسمت وارد شوید. در اینجا به کمک یک مثال ساده از کتاب راهنمای ماشین حساب^{۱۱} این قسمت توضیح داده می‌شود.

$$f(x) = x^2 + 1$$

فرض کنید تابع ما به صورت: $f(x) = x^2 + \frac{1}{2}$ باشد. پس تابع را به این شکل وارد ماشین حساب می‌کنیم:

شکل ۹ چگونگی وارد کردن تابع نمونه

شکل ۱۰ نقطه‌ی شروع جدول

شکل ۱۱ نقطه‌ی پایان جدول

شکل ۱۲ گام جدول

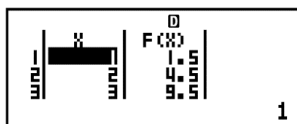
حال با زدن دکمه مساوی به صفحه بعد می‌رویم. در این صفحه باید نقطه شروع جدول را وارد کنیم که به طور پیش فرض عدد ۱ در نظر گرفته شده و با وارد کردن عددی دلخواه و زدن دکمه مساوی به صفحه بعد می‌روید.

در این صفحه باید نقطه‌ی پایان جدول را وارد کنیم که به طور پیش فرض عدد ۵ در نظر گرفته شده است.

در صفحه بعد باید گام جدول را وارد کنید یعنی مثلاً در فاصله‌ی بین ۱ تا ۵ چند تا چند تا بالا برود. گام نیز به طور پیش فرض عدد ۱ در نظر گرفته شده است.

^{۱۰} در واقع ماتریس پاسخ همانند حافظه Ans عمل می‌کند و آخرین مقدار جواب را در خود ذخیره می‌کند.

^{۱۱} منبع شماره ۱.



شکل ۱۳ نمونه‌ای از یک جدول کامل شده

با زدن مساوی وارد صفحه‌ی جدول خواهید شد. در شکل ۱۳ جدول نمونه مربوط به تابع

$$f(x) = x^2 + \frac{1}{2}$$

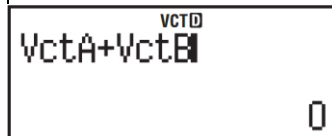
تذکر: نقطه‌ی ابتدایی، انتهایی و گام جدول باید به گونه‌ای انتخاب شود که تعداد ردیف‌های جدول بیشتر از ۳۰ نشود.

محاسبات بردار (VECTOR)

این بخش بسیار شبیه به قسمت ماتریس‌ها (MATRIX) است. از طریق مسیر **(MODE) [8] (VECTOR)** می‌توانید به قسمت بردارها وارد شوید. ماشین حساب توانایی ذخیره‌سازی سه بردار $VctA, VctB, VctC$ را دارد. یکی را انتخاب کنید (برای مثال $VctA$). در صفحه‌ی بعد شما باید انتخاب کنید که بردار سه‌بعدی است یا دوبعدی (برای مثال سه‌بعدی). حال باید سه مؤلفه‌ی بردار را وارد کنید. پس از وارد کردن تمامی مؤلفه‌ها کلید **[AC]** را فشار دهید، حالا به مسیر **(VECTOR) [5] [SHIFT]** بروید.

جدول ۷ توضیحات مربوط به محاسبات برداری

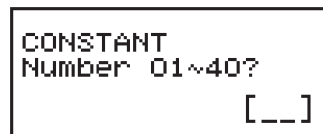
گزینه	توضیحات
1:Dim	می‌توانید یک بردار جدید تعریف کنید و یا ابعاد بردارهای از قبل تعیین شده را تغییر دهید.
2:Data	می‌توانید مؤلفه‌های وارد شده به بردار تعریف شده را مشاهده و ویرایش کنید.
3:VctA	برداری A را روی صفحه، نمایش می‌دهد.*
4:VctB	برداری B را روی صفحه، نمایش می‌دهد.*
5:VctC	برداری C را روی صفحه، نمایش می‌دهد.*
6:VctAns	برداری پاسخ را روی صفحه، نمایش می‌دهد. ^{۱۲}
7:Dot	دستور "۰" را روی صفحه، نمایش می‌دهد که ضرب نقطه‌ای دو بردار را امکان‌پذیر می‌کند. ^{۱۳}



شکل ۱۴ نمونه‌ای از محاسبات برداری

* برای انجام عملیات روی بردارهای تعریف شده باید بردار از طریق سه گزینه‌ی ستاره‌دار بالا روی صفحه ظاهر شود و سپس روی آن‌ها عملیات انجام شود. همانند شکل ۱۴.

ثوابت علمی (CONST)



شکل ۱۵ صفحه ثوابت علمی

این ماشین حساب ۴۰ ثابت علمی پرکاربرد را در خود ذخیره دارد. مسیر **(CONST) [7] [SHIFT]** شما را به این ثوابت می‌رساند. در صفحه ثوابت همانند شکل ۱۵ باید عددی بین ۱ تا ۴۰ را وارد کنید و دکمه مساوی را بزنید تا روی صفحه، نمایش داده شود (برای مشاهده مقدار عددی ثابت یک‌بار دیگر کلید مساوی را بفشارید).

^{۱۲} در واقع بردار پاسخ همانند حافظه Ans عمل می‌کند و آخرین مقدار جواب را در خود ذخیره می‌کند.

^{۱۳} علامت X هم به عنوان ضرب خارجی عمل می‌کند.

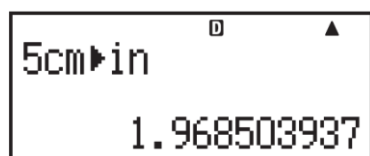
نماد و شماره‌ی این ثوابت پشت پوشش لاکی ماشین حساب چسبانده شده است.

01: (mp) proton mass	02: (mn) neutron mass	21: ($\mu\mu$) muon magnetic moment	22: (F) Faraday constant
03: (me) electron mass	04: ($m\mu$) muon mass	23: (e) elementary charge	24: (NA) Avogadro constant
05: (a_0) Bohr radius	06: (h) Planck constant	25: (k) Boltzmann constant	26: (V_m) molar volume of ideal gas
07: (μ_N) nuclear magneton	08: (μ_B) Bohr magneton	27: (R) molar gas constant	28: (C_0) speed of light in vacuum
09: (\hbar) Planck constant, rationalized	10: (α) fine-structure constant	29: (C_1) first radiation constant	30: (C_2) second radiation constant
11: (re) classical electron radius	12: (λ_c) Compton wavelength	31: (σ) Stefan-Boltzmann constant	32: (ϵ_0) electric constant
13: (γ_p) proton gyromagnetic ratio	14: (λ_{cp}) proton Compton wavelength	33: (μ_0) magnetic constant	34: (ϕ_0) magnetic flux quantum
15: (λ_{cn}) neutron Compton wavelength	16: (R_∞) Rydberg constant	35: (g) standard acceleration of gravity	36: (G_0) conductance quantum
17: (u) atomic mass constant	18: (μ_p) proton magnetic moment	37: (Z_0) characteristic impedance of vacuum	38: (t) Celsius temperature
19: (μ_e) electron magnetic moment	20: (μ_n) neutron magnetic moment	39: (G) Newtonian constant of gravitation	40: (atm) standard atmosphere

شکل ۱۶ ثوابت علمی

تبدیل‌های متریک (CONV)

این ماشین حساب می‌تواند اعداد را به واحدهای مختلف تبدیل کند برای این عملکرد می‌توانید از مسیر (CONV) 8 SHIFT اقدام کنید.



شکل ۱۷ نمونه‌ای از تبدیل‌های متریک

در صفحه‌ی تبدیل‌های متریک باید یک عدد بین ۱ تا ۴۰ وارد کنید. فهرست تبدیل‌ها پشت پوشش لاکی ماشین حساب چسبانده شده است. برای مثال به شکل ۱۷ توجه کنید.

Fx-82MS

همان‌طور که معلوم است، امکانات این مدل از مدل قبلی بسیار کمتر است.

این ماشین حساب فقط دارای وضعیت‌های زیر است:

جدول ۸ توضیحات مربوط به وضعیت‌های محاسباتی این ماشین حساب

توضیحات	وضعیت‌ها (مسیر دسترسی)
محاسبات عمومی	MODE 1 (COMP)
محاسبات انحراف معیار (انحراف استاندارد)	MODE 2 (SD)
محاسبات رگرسیون	MODE 3 (REG)

فشردن چندباره‌ی کلید MODE صفحات بعدی تنظیمات را نمایش می‌دهد:

صفحه‌ی تنظیمات (فشاردن کلید MODE)	توضیحات						
<table><tr><td>Deg</td><td>Rad</td><td>Gra</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	Deg	Rad	Gra	1	2	3	تنظیم واحد اندازه گیری زوایا
Deg	Rad	Gra					
1	2	3					
<table><tr><td>Fix</td><td>Sci</td><td>Norm</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>	Fix	Sci	Norm	1	2	3	تنظیمات مربوط به نحوه‌ی نمایش جواب (نماد علمی، ارقام بامعنی و ...).
Fix	Sci	Norm					
1	2	3					
<table><tr><td>Disp</td><td>◀CONT▶</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td></tr></table>	Disp	◀CONT▶	1	2	تنظیمات مربوط به صفحه‌نمایش (نحوه‌ی نمایش کسرها، شکل ممیز [نقطه یا کاما] و کنتراست صفحه)		
Disp	◀CONT▶						
1	2						

محاسبات آماری انحراف معیار (SD)

این بخش را می‌توانیم همان قسمت تک متغیره در ماشین حساب fx-991ES PLUS در وضعیت آماری در نظر بگیریم. شیوه‌ی وارد کردن اعداد به این صورت است که: عدد را وارد کرده و دکمه **M+** را می‌فشاریم، حال صفحه‌ای باز می‌شود که در آن تعداد داده‌های ورودی به صورت $n = 1$ نمایش داده می‌شود. حال می‌توانید داده‌ی بعدی را وارد کنید. نکته: اگر داده‌ای چند بار تکرار شده است می‌توانید از مسیر **(;) 9** **SHIFT** علامت ";" را وارد کنید و حال تعداد تکرار را به ماشین حساب بدهید و دکمه **M+** را بزنید. (مثلاً عدد ۱۵ سه بار تکرار شده 15;3)

حال از مسیر **(S-SUM) 1** **SHIFT** و **(S-VAR) 2** **SHIFT** می‌توانید به گزینه‌های مجموع و واریانس و ... برسید. (همانند ماشین حساب fx-991ES PLUS)

محاسبات رگرسیون (REG)

این بخش را می‌توانیم همان قسمت دو متغیره در ماشین حساب fx-991ES PLUS در وضعیت آماری در نظر بگیریم. که با وارد شدن به این قسمت ۶ گزینه (Lin, Log, Exp, ...) را مشاهده می‌کنید که شباهت زیادی به ماشین حساب دیگر دارد. برای وارد کردن دو متغیر باید اولی را وارد کنید سپس دکمه **9** را فشار داده آنگاه متغیر دوم را وارد کنید و سپس دکمه **M+** را بفشارید. نکته: برای وارد کردن تکرار هنوز هم همان روش بالا کارآمد است (15,15;3).

سخن پایانی

استادی داشتیم که همیشه به من می گفت: «ماشین حسابت از مسواک هم شخصی تر است!»

چند نکته درباره‌ی استفاده از ماشین حساب:

- همیشه قبل از شروع بکار با ماشین حساب، حافظه‌ی آن را چک کنید که خالی باشد و یا آن چیزی که موردنیازتان است در آن باشد.
 - قبل از شروع بکار همیشه واحد اندازه‌گیری زاویه را در آن چک کنید.
 - اگر محاسبات واقعاً مهمی دارید به حافظه‌ی ماشین حساب اکتفا نکنید و حتماً نتایج را درجایی یادداشت کنید.
 - سعی کنید از دکمه **ON** بجای دکمه **AC** استفاده نکنید.
- و در آخر: باید از ماشین حسابتان کار بکشید، باید با آن عجین شوید و آن قدر تمرین کنید تا در مواقع حساس به مشکل برخوردید.

منابع و مآخذ

۱. Fx-991ES PLUS User's Guide
<http://support.casio.com/en/manual/manualfile.php?cid=004009082>
۲. Fx-82MS User's Guide
۳. <http://support.casio.com/manualfile.php?rgn=5&cid=004001013>
۴. فیزیک عملی، ج.ل اسکواپرز، ترجمه محمدعلی شاهزمانیان، محمدحسن فیض، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول ۱۳۷۰
۵. دستور کار آزمایشگاه فیزیک پایه ۱، نیما تقوی نیا، داود عباس زاده، جزوه درسی آزمایشگاه فیزیک پایه ۱ دانشگاه صنعتی شریف. <http://physics.sharif.edu/~genphyslabs1/001.htm>