



هدف از این تمرین از طراحی یک واحد سخت‌افزاری برای محاسبه‌ی مدل رگرسیون خطی است. برای این منظور مجموعه‌ای از ورودی‌ها (X) و خروجی‌ها (Y) به شما داده شده و از شما خواسته شده است تا معادله‌ی خطی را پیدا کنید که بهترین برازش از مجموعه‌ی داده‌های ورودی/خروجی باشد. برای مثال ممکن است بخواهیم قیمت یک آپارتمان (Y) را بر حسب متراژ آن (X) با استفاده از یک معادله‌ی خطی، مشخص کنیم. معادله‌ی این خط را به صورت زیر نمایش می‌دهیم:

$$h(x) = \beta_0 + \beta_1 x$$

برای تعیین ضرایب رگرسیون خطی (β_0, β_1)، به میانگین حسابی تمامی داده‌های بردارهای ورودی \bar{x} و بردارهای خروجی (\bar{y}) نیازمندیم. پس از محاسبه‌ی این میانگین‌ها، مجموع فاصله‌ی هر کدام از متغیرها را از میانگین‌های به‌دست آمده محاسبه می‌کنیم. حاصل تقسیم فواصل بدست آمده مقدار شیب خط را معین می‌کند. با استفاده از مقدار شیب خط و بردار داده‌های موجود می‌توان عرض از مبدا خط برازش شده را بدست آورد.

شکل ۱ بلوک دیاگرام ماژول تعیین‌کننده‌ی ضرایب رگرسیون خطی را نمایش می‌دهد. این ماژول از سه زیر ماژول با نام‌های `Data_loader`، `Coefficient_calculator` و `Error_checker` ایجاد شده‌است. هدف از این تمرین آشنایی با زبان توصیف سخت‌افزار وریلاگ و آشنایی با طراحی ماژولار می‌باشد.

❖ **ماژول `Data_loader`:** این ماژول دارای دو خروجی بوده و وظیفه آن آماده‌سازی ورودی برای انجام محاسبات در ماژول -

های بعدی است. داده‌های خروجی به صورت زوج مرتب‌هایی از بردارهای X و Y برای پردازش در ماژول‌های بعدی است. برای پردازش و برازش خط مورد نظر در این تمرین دو فایل ضمیمه که حاوی بردارهای X و Y هستند، در اختیار شما قرار گرفته‌اند. هر کدام از المان‌های این بردارها، اعدادی با طول ۲۰ بیت بوده که متشکل از ۱۰ بیت صحیح و ۱۰ بیت اعشاری است. این ماژول در هر کلاک یک زوج داده را به عنوان ورودی در اختیار ماژول محاسبه‌کننده ضرایب و خطا قرار می‌دهد. دو سیگنال فعال‌ساز (En) برای دو فاز تعیین ضرایب و تعیین خطا در نظر گرفته شده‌است.

• **ماژول `Coefficient_calculator`:** این ماژول هسته اصلی این پیاده‌سازی است. در شکل ۱، رجیسترها و المان‌های موجود برای محاسبه رگرسیون خطی آمده است. پس از فعال‌شدن سیگنال En ، تمامی المان‌ها از ورودی این ماژول دریافت می‌شود تا ضرایب مورد نیاز برای برازش خط را محاسبه کند. محاسبه ضرایب، طی روابط زیر انجام می‌شود:

$$SS_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$SS_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n(\bar{x})^2$$

$$\beta_1 = \frac{SS_{xy}}{SS_{xx}}$$

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x}$$

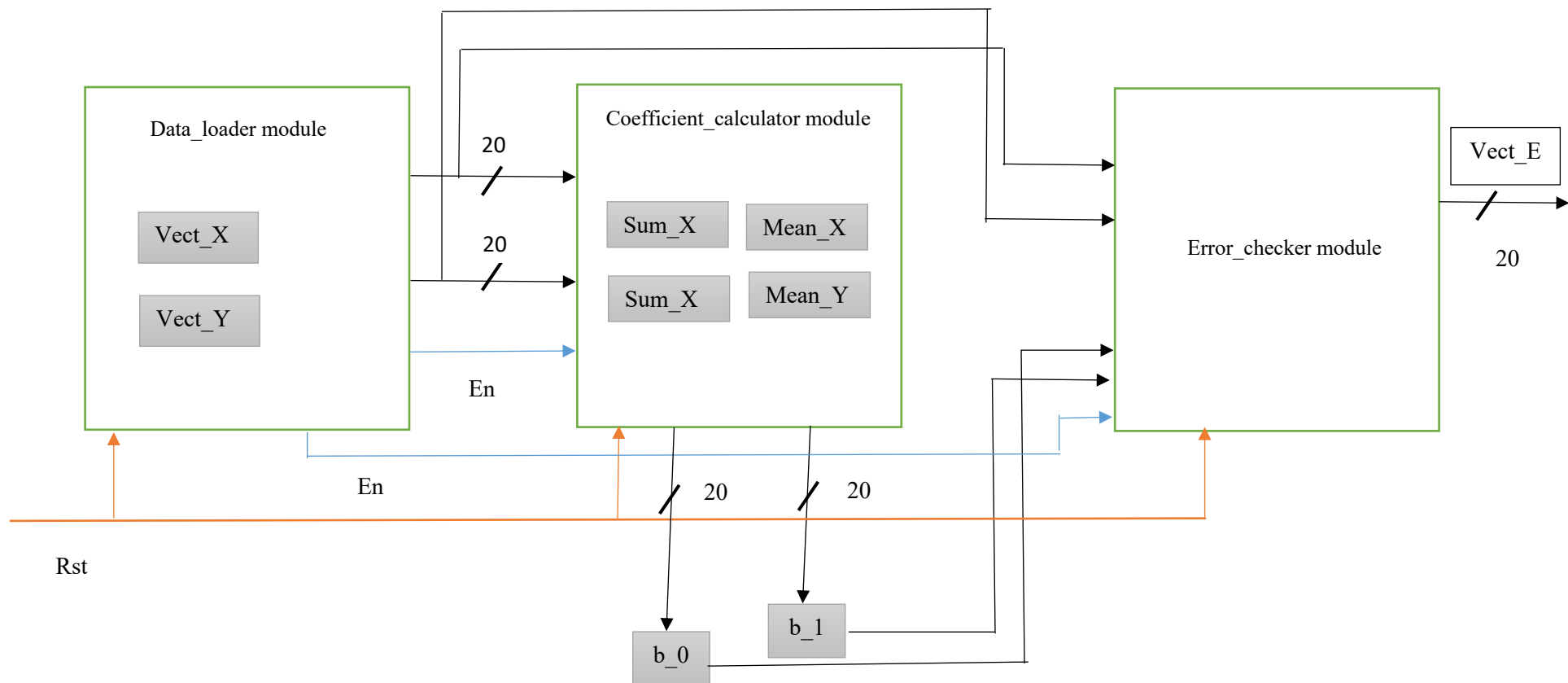
این ماژول پس از دریافت زوج داده، فرآیند محاسبه‌ی میانگین و متغیرهای میانی را آغاز می‌کند. این بدین معناست که در هر کلاک ضرایب خط برازش برای داده‌های دریافت شده تا کنون محاسبه می‌شود، اما ضرایب مورد نظر پس از دریافت آخرین داده حاصل می‌شود.

- ماژول Error_checker: پس از محاسبه ضرایب، این ماژول توسط ماژول Data_loader بوسیله سیگنال En فعال شده و وظیفه دارد تا خطا را برای هر کدام از زوج داده‌ها محاسبه کند. ورودی این ماژول، ضرائب رگرسیون خطی محاسبه شده توسط ماژول Coefficient_calculator و زوج داده‌های دریافتی از ماژول Data_loader می‌باشد. این ماژول در هر کلاک، خطای هر کدام از داده‌ها را محاسبه می‌کند و به خروجی ارسال می‌کند. فرمول زیر نشان‌دهنده محاسبات لازم برای محاسبه‌ی خطا است. در این رابطه میزان خطا بر اساس انحراف مقدار پیش‌بینی شده () از خروجی داده شده () به دست می‌آید.

$$\epsilon_i = y_i - h(x_i)$$

روش ارزیابی:

- ۲۵ نمره طراحی مسیر داده و واحد کنترل (در زمان تحویل حضوری به صورت کتبی تحویل داده شود)
- ۲۵ نمره روش کدینگ (مسیر داده به صورت ساختاری و واحد کنترل به روش هافمن)
- ۲۰ نمره برای صحت طراحی با داده‌های آزمون دانشجو
- ۳۰ نمره صحت طراحی با داده‌های آزمون توسط دستیاران آموزشی



شکل 1- بلوک دیاگرام ماژول تعیین کننده ضرایب رگرسیون خطی