

به نام خدا

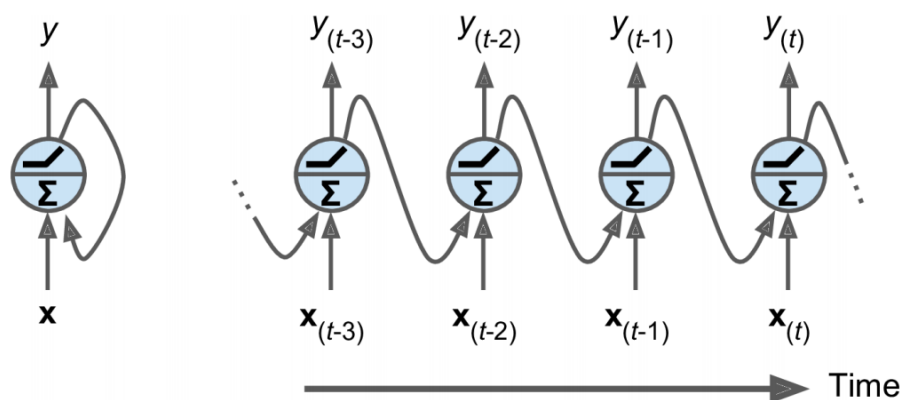
شبکه‌های عصبی بازگشتی

۱- پیش گزارش

- ۱- معماری‌های مختلف شبکه عصبی بازگشتی را بیان کنید.
- ۲- برای هر یک از این معماری‌ها یک مثال و کاربرد بیاورید.
- ۳- مهم‌ترین چالش‌ها در آموزش شبکه عصبی بازگشتی چه است و چگونه می‌توان آن را مدیریت کرد؟

۲- مقدمه

در این آزمایش ابتدا به مرور مفاهیم اولیه شبکه‌های عصبی بازگشتی (Recurrent Neural Network) و سپس به نحوه آموزش آن‌ها با استفاده از الگوریتم پس‌انتشار در زمان می‌پردازیم. در نهایت این شبکه‌ها را برای پیش‌بینی سری زمانی ولتاژهای دشارژ دیتاست سالخوردگی باتری لیتیوم یون ناسا، پیاده‌سازی می‌کنیم.



شکل ۱- شبکه عصبی بازگشتی باز شده در طول زمان

۲-۱- ساختار شبکه عصبی بازگشتی

یک شبکه عصبی بازگشتی بسیار شبیه به یک شبکه عصبی پیش‌خور (feedforward) به نظر می‌رسد، با این تفاوت که دارای اتصالات معکوس به عقب است. در هر مرحله زمانی t (که فریم نیز نامیده می‌شود)، یک شبکه بازگشتی ورودی‌های x_t و همچنین خروجی خود از مرحله زمانی قبل، y_{t-1} ، را دریافت می‌کند. به این حالت،

باز کردن شبکه در طول زمان گفته می‌شود. هر نورون بازگشتی دو دسته وزن دارد: یکی برای ورودی های x_t و دیگری برای خروجی های مرحله زمانی قبلی، y_{t-1} . خروجی این شبکه را در رابطه زیر مشاهده می‌نمایید.

$$y_t = \sigma(W_x^T x_t + W_y^T y_{t-1} + b)$$

برای آموزش یک RNN شبکه را در طول زمان باز می‌کنیم و سپس به سادگی از الگوریتم پس‌انتشار معمولی استفاده می‌کنیم. این استراتژی را پس‌انتشار در طول زمان (BPTT) می‌نامند.

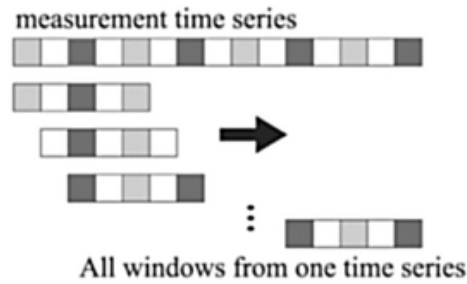
۳- شرح آزمایش

در این قسمت به پیاده سازی و آموزش یک شبکه عصبی بازگشتی روی مجموعه داده سالخوردگی باتری لیتیوم-یون می‌پردازیم. هدف از این آزمایش آموزش مدلی است که بتواند داده‌های سری زمانی ولتاژ برای هر چرخه شارژ-دشارژ را پیش‌بینی کند.

۳-۱- داده ورودی

داده استفاده شده در این آزمایش مجموعه داده سالخوردگی ناسا برای باتری لیتیوم یون است. مجموعه داده‌ای که در اختیار شما قرار گرفته است، شامل داده‌های دشارژ ۱۶۸ چرخه است که در آن هر چرخه اطلاعات مربوط به ولتاژ باتری ("voltage_battery")، جریان باتری ("current_battery")، دمای باتری ("temp_battery")، ولتاژ بار ("current_load")، جریان بار ("voltage_load")، زمان ("time") و ظرفیت باتری ("Capacity") را شامل می‌شود. به جز ظرفیت باتری، بقیه داده‌ها به صورت یک سری زمانی می‌باشند. مراحل انجام آزمایش برای پیش‌پردازش داده‌های ورودی به شرح زیر است:

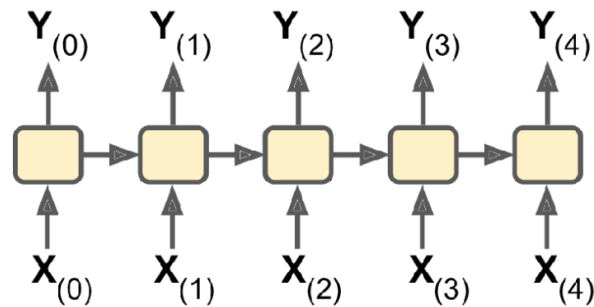
- ۱- ابتدا مجموعه داده را از گیت‌هاب درس، بارگذاری کنید. فرمت داده‌ها به صورت json است.
- ۲- در این مجموعه داده، داده‌های نمودارهای ولتاژ دشارژ بر حسب زمان را به عنوان داده‌های آموزش، تست و صحت‌سنجی، جدا کنید و آن را رسم نمایید.
- ۳- داده‌های آموزش، تست و صحت‌سنجی را از هم جدا کنید.
- ۴- برای هر سه داده آموزش، تست و صحت‌سنجی، مجموعه‌ای جدید تولید کنید که در آن به ازای هر سری زمانی ولتاژ باتری (ولتاژ باتری در هر چرخه)، با استفاده از پنجره‌زنی (شکل ۲) مجموعه‌ای از داده تولید کند. ورودی شبکه (X) داده پنجره‌زده شده و خروجی شبکه (Y)، شیفت یافته‌شده داده ورودی است. (در پنجره‌زنی از padding که پیش از این در CNN با آن آشنا شده‌اید استفاده کنید).



شکل ۲- پنجره‌زنی

۳-۲- آموزش مدل

با توجه به داده ورودی و خروجی، از یک شبکه عصبی بازگشتی sequence-to-sequence برای آموزش مدل استفاده کنید (شکل ۳). برای پیش‌بینی سری زمانی:



شکل ۳- معماری sequence-to-sequence

- ۱- با استفاده از دستور SimpleRNN در keras، مدل شبکه عصبی بازگشتی را تعریف کنید.
- ۲- مدل شبکه عصبی خود را با تعداد لایه‌ها و تعداد نورون‌های هر لایه به صورت دلخواه طراحی کنید.
- ۳- با توجه به استفاده از معماری sequence-to-sequence، لایه آخر (خروجی) را یک لایه Dense با تعداد نورون برابر با عرض پنجره، تعریف کنید.
- ۴- مدل را آموزش داده و خطای داده تست را معین کنید.
- ۵- برای تعدادی از داده‌های تست، نمودار تخمین‌زده شده و داده واقعی را رسم کرده و با هم مقایسه کنید.

۳-۳- بهبود مدل

به منظور بهبود مدل می‌توانید:

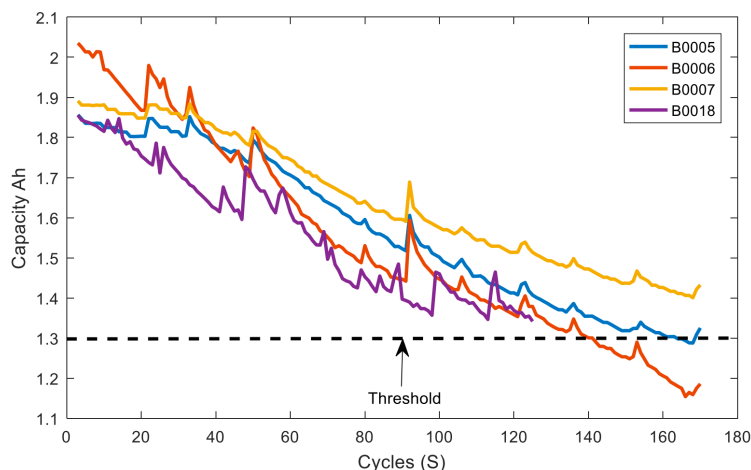
- به جای SimpleRNN از لایه LSTM با دستور LSTM در keras استفاده کنید.
- به جای SimpleRNN از لایه GRU با دستور GRU در keras استفاده کنید.
- به جای استفاده از لایه خروجی Dense، از لایه با دستور TimeDistributed در keras استفاده کنید.

برای هر یک از حالت‌های بالا، صحت مدل و زمان آموزش را با هم و با لایه RNN معمولی مقایسه کنید و در نهایت بهترین شبکه را مشخص کنید.

۴- تمرین

۴-۱- با تغییر عرض پنجره و شیفت بین داده ورودی و خروجی خطای پیش‌بینی سری زمانی ولتاژ را مشاهده و برای مقادیر مختلف آن را رسم کنید. بهترین مقدار برای عرض پنجره و شیفت چقدر است؟

۴-۲- یکی از کاربردهای اصلی مجموعه داده سالخوردگی ناسا در تخمین عمر مفید باقی‌مانده و پیش‌آگاهی است. در شکل ۴، نمودار تغییرات ظرفیت خازنی در هر چرخه را برای چهار مجموعه داده مشاهده می‌نماید. داده‌هایی که در اختیار شما قرار گرفته است از مجموعه B0005 برداشت شده است.



شکل ۴- نمودار تغییرات ظرفیت خازن در هر چرخه برای مجموعه داده ناسا

در این تمرین، شبکه‌ی عصبی بازگشتی‌ای را آموزش دهید که با دریافت رشته‌ای از سیگنال ولتاژ شارژ، ظرفیت باطری را مشخص کند و با کمک فرمول زیر، حالت سلامت باتری (SOH) را تخمین بزنید. برای این کاربرد چه معماری استفاده می‌شود؟

$$SOH = \frac{Ca}{Cr} \times 100$$

Ca ظرفیت فعلی باتری و Cr ظرفیت اولیه می‌باشند.

۴-۳- تمرین ۲-۴ را یک بار با استفاده از شبکه MLP تکرار کنید، رفتار این شبکه را در برخورد با داده‌های سری زمانی تحلیل و نتایج را با شبکه عصبی بازگشتی مقایسه نمایید.