**Задача прогнозирования (Trade)**

**Описание**

Задача о предсказании временного ряда заключается в построении следующего ценового бара, а именно в предсказании минимальной и максимальной цены. Такое предсказание даёт ценную информацию о диапазоне, в котором может двигаться впоследствии цена.

Вход сети – это бары заданного периода. Каждый бар имеет следующие характеристики:

* High price – Максимальная цена бара
* Low price – Минимальная цена бара
* Open price – Цена открытия бара
* Close price – Цена закрытия бара
* Volume – Торговый объём

Т.к. Open и Close следующего/предыдущего бара связаны, то цену открытия Open можно исключить из рассмотрения.

Для примера возьмём цены изменения валютной пары EUR/USD на периоде графика в 1 час. Для предсказания последующего бара будет использоваться 9 предыдущих. Для анализа данных будет использоваться разница значений между соседними барами (9 баров = 8 разниц). Поэтому предварительно будет делаться предобработка котировок для получения необходимых данных. Для тех значений, которые будут получаться на выходе нейросети в режиме функционирования, также будет проводиться постобработка.

Формула для предобработки следующая:

Где - это одна из следующих характеристик бара:

* High price
* Low price
* Close price
* Volume

Видим, что коэффициент складывается из разных параметров:

* *koefTg = 10000* - Количество пунктов в цене
* *koefPrice = 0.10* - Коэффициент преобразования цены
* *koefVolume = 0.10* - Коэффициент преобразования объёма.

Формула для постобработки значений цены/объёма соответственно такая:

Необходимо построить и обучить нейронную сеть для предсказания значений high или low следующего бара. На выходе сети получаем 1 значение , которое после постобработки преобразуется в максимальную/минимальную цену бара .

**Решение**

Условимся, что нейросеть, которую мы будем рассматривать в этом решении, будет предсказывать значение цены high. Значение цены low можете получить самостоятельно (изменив параметр shiftout = 1). Также обратите внимание, что данное решение нацелено на демонстрацию возможностей нейросетей в решении задач прогнозирования временных рядов, а не на реальное прогнозирование цены с целью совершения торговых операций.

Нейросеть будет состоять из 3 слоёв с разными функциями активации:

* 0 слой = 32 входа = (9 баров – 1) x 4 параметра
* 1 слой = 12 нейронов, функция активации гиперболический тангенс Tanh,
* 2 слой = 8 нейронов, функция активации гиперболический тангенс Tanh,
* 3 слой = 1 нейрон, функция активации арктангенс Arctg, .

Используемые функции активации такие:

* Гиперболический тангенс:
* Арктангенс:

На каждом этапе обучения используется 12 обучающих (соответствует 13 барам) и 3 тестовых (соответствует 4 барам) примеров. Всего будет пройдено 3 этапа обучения с шагом 12 (т.е. в нашем случае сеть обучается на каждые 12 часов). Для обучения нейросети использовались следующие параметры:

* Метод инициализации – Нгуен-Видроу (InitG)
* Вид целевой функции – Разность квадратов (MSE)
* Метод обучения – Метод обратного распространения ошибки
* Использование прироста/уменьшения скорости обучения (начальное значение = 0.07; прирост = 1.38; уменьшение = 0.7; увеличение = 1.05)
* Использование регуляризации (уровень = 0.00008)
* Использование инерции (уровень = 0.025)
* Количество эпох обучения = 15000
* Использование случайного перемешивания обучающих примеров
* Минимальная энергия обучения = 0.00005
* Минимальная энергия на тестовом множестве = 0.0005
* Каждый последующий этап нейросеть будет инициализирована заново (не будет дообучения).

Каждый этап сеть обучалась 15000 эпох (всего 3 x 15000 = 45000 эпох), общее время обучения составило 57 секунд. На выходе нейросети получаем значение в пределах . На последней итерации обучения была достигнута следующая энергия:

* Суммовая = 5.90424e-06
* Средняя = 0.000202489
* Максимальная = 0.00206823
* Регуляризация = 2.37587

После обучения на тренировочном множестве получаем следующую картину.

Итерация №1:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вход | | | | Выход | | | |
| High | Low | Close | Volume | Output high | Output low | Calc high | Calc low |
| 1.12834 | 1.12754 | 1.12827 | 3 039 | 1.12845 | 1.12681 | 1.12845 |  |
| 1.12845 | 1.12681 | 1.12715 | 5 623 | 1.12777 | 1.12687 | 1.12777 |  |
| 1.12777 | 1.12687 | 1.12719 | 7 293 | 1.12776 | 1.12630 | 1.12776 |  |
| 1.12776 | 1.12630 | 1.12695 | 6 212 | 1.12759 | 1.12678 | 1.12759 |  |
| 1.12759 | 1.12678 | 1.12710 | 5 425 | 1.12725 | 1.12607 | 1.12725 |  |
| 1.12725 | 1.12607 | 1.12614 | 6 957 | 1.12763 | 1.12593 | 1.12763 |  |
| 1.12763 | 1.12593 | 1.12606 | 8 037 | 1.12709 | 1.12332 | 1.12709 |  |
| 1.12709 | 1.12332 | 1.12332 | 13 660 | 1.12362 | 1.12028 | 1.12377 |  |
| 1.12362 | 1.12028 | 1.12052 | 13 287 | 1.12331 | 1.11980 | 1.12331 |  |
| 1.12331 | 1.11980 | 1.12122 | 16 756 | 1.12228 | 1.12045 | 1.12228 |  |
| 1.12228 | 1.12045 | 1.12130 | 10 018 | 1.12152 | 1.12024 | 1.12152 |  |
| 1.12152 | 1.12024 | 1.12144 | 5 087 | 1.12180 | 1.12100 | 1.12180 |  |
| 1.12180 | 1.12100 | 1.12124 | 4 227 |  |  |  |  |

Итерация №2:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вход | | | | Выход | | | |
| High | Low | Close | Volume | Output high | Output low | Calc high | Calc low |
| 1.12180 | 1.12100 | 1.12124 | 4 227 | 1.12304 | 1.12101 | 1.12304 |  |
| 1.12304 | 1.12101 | 1.12278 | 5 431 | 1.12285 | 1.12226 | 1.12285 |  |
| 1.12285 | 1.12226 | 1.12258 | 4 098 | 1.12348 | 1.12220 | 1.12348 |  |
| 1.12348 | 1.12220 | 1.12316 | 3 126 | 1.12365 | 1.12278 | 1.12365 |  |
| 1.12365 | 1.12278 | 1.12346 | 1 603 | 1.12380 | 1.12313 | 1.12380 |  |
| 1.12380 | 1.12313 | 1.12356 | 2 723 | 1.12401 | 1.12326 | 1.12401 |  |
| 1.12401 | 1.12326 | 1.12398 | 2 810 | 1.12487 | 1.12349 | 1.12487 |  |
| 1.12487 | 1.12349 | 1.12480 | 4 234 | 1.12500 | 1.12406 | 1.12500 |  |
| 1.12500 | 1.12406 | 1.12408 | 3 779 | 1.12421 | 1.12345 | 1.12421 |  |
| 1.12421 | 1.12345 | 1.12383 | 2 926 | 1.12437 | 1.12376 | 1.12437 |  |
| 1.12437 | 1.12376 | 1.12416 | 2 433 | 1.12458 | 1.12400 | 1.12458 |  |
| 1.12458 | 1.12400 | 1.12411 | 2 687 | 1.12435 | 1.12389 | 1.12435 |  |
| 1.12435 | 1.12389 | 1.12424 | 2 587 |  |  |  |  |

Итерация №3:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вход | | | | Выход | | | |
| High | Low | Close | Volume | Output high | Output low | Calc high | Calc low |
| 1.12435 | 1.12389 | 1.12424 | 2 587 | 1.12544 | 1.12420 | 1.12544 |  |
| 1.12544 | 1.12420 | 1.12482 | 5 691 | 1.12635 | 1.12445 | 1.12635 |  |
| 1.12635 | 1.12445 | 1.12490 | 8 720 | 1.12579 | 1.12354 | 1.12579 |  |
| 1.12579 | 1.12354 | 1.12389 | 8 178 | 1.12422 | 1.12136 | 1.12422 |  |
| 1.12422 | 1.12136 | 1.12225 | 8 672 | 1.12258 | 1.12099 | 1.12258 |  |
| 1.12258 | 1.12099 | 1.12204 | 7 536 | 1.12321 | 1.12176 | 1.12321 |  |
| 1.12321 | 1.12176 | 1.12292 | 8 187 | 1.12298 | 1.12140 | 1.12298 |  |
| 1.12298 | 1.12140 | 1.12247 | 9 867 | 1.12283 | 1.12129 | 1.12283 |  |
| 1.12283 | 1.12129 | 1.12235 | 9 452 | 1.12379 | 1.12142 | 1.12379 |  |
| 1.12379 | 1.12142 | 1.12153 | 11 103 | 1.12347 | 1.12133 | 1.12347 |  |
| 1.12347 | 1.12133 | 1.12285 | 10 036 | 1.12463 | 1.12272 | 1.12463 |  |
| 1.12463 | 1.12272 | 1.12350 | 8 926 | 1.12678 | 1.12178 | 1.12676 |  |
| 1.12678 | 1.12178 | 1.12526 | 15 564 |  |  |  |  |

Каждому этапу соответствует отдельная таблица. В таблицах представлена последовательность баров: предыдущий - следующий. В качестве входа взят последний входной бар (всего входных баров 9), а за ним (в качестве выходного) идёт бар, который мы предсказываем.

На тестовом множестве соответственно получаем такие таблицы.

Итерация №1:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вход | | | | Выход | | | |
| High | Low | Close | Volume | Output high | Output low | Calc high | Calc low |
| 1.12180 | 1.12100 | 1.12124 | 4 227 | 1.12304 | 1.12101 | 1.12213 |  |
| 1.12304 | 1.12101 | 1.12278 | 5 431 | 1.12285 | 1.12226 | 1.12350 |  |
| 1.12285 | 1.12226 | 1.12258 | 4 098 | 1.12348 | 1.12220 | 1.12288 |  |
| 1.12348 | 1.12220 | 1.12316 | 3 126 |  |  |  |  |

Итерация №2:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вход | | | | Выход | | | |
| High | Low | Close | Volume | Output high | Output low | Calc high | Calc low |
| 1.12435 | 1.12389 | 1.12424 | 2 587 | 1.12544 | 1.12420 | 1.12464 |  |
| 1.12544 | 1.12420 | 1.12482 | 5 691 | 1.12635 | 1.12445 | 1.12559 |  |
| 1.12635 | 1.12445 | 1.12490 | 8 720 | 1.12579 | 1.12354 | 1.12619 |  |
| 1.12579 | 1.12354 | 1.12389 | 8 178 |  |  |  |  |

Итерация №3:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вход | | | | Выход | | | |
| High | Low | Close | Volume | Output high | Output low | Calc high | Calc low |
| 1.12678 | 1.12178 | 1.12526 | 15 564 | 1.12556 | 1.12401 | 1.12736 |  |
| 1.12556 | 1.12401 | 1.12423 | 1.12556 | 1.12430 | 1.12283 | 1.12707 |  |
| 1.12430 | 1.12283 | 1.12335 | 1.12430 | 1.12353 | 1.12292 | 1.12404 |  |
| 1.12353 | 1.12292 | 1.12346 | 1.12353 |  |  |  |  |

После обучения нейросеть значительно снизила ошибку на обучающем множестве так, что предсказанные значения цены (high price) почти совпадают. Но на тестовом множестве примеров ошибка снизилась незначительно. Для лучших результатов необходимо больше обучающих примеров, а также больше входных и скрытых нейронов.