
Гибридный подход к анализу временных рядов

Коломиец Анастасия
МФТИ

Введение и актуальность

- Временные ряды применяются в энергетике, транспорте, экономике и т.д.
- Проблемы обучения при работе с временными рядами: шум, пропуски, высокая размерность
- Необходимость универсальных представлений для различных задач

-
- **Цель**
 - Создание универсального метода формирования представлений временных рядов для различных задач анализа данных с использованием гибридного подхода к функциям потерь в контрастивном обучении
 - **Ключевые направления**
 - Анализ временных рядов и их характеристик.
 - Комбинирование softloss и hardloss для преобразования временного ряда к векторному представлению для контрастивного обучения

Существующие методы

TS2Vec

- Преимущества: устойчивым на датасетах с высоким уровнем шума
- Недостатки: Игнорирует корреляцию между рядами

Soft_TS2Vec

- Преимущества: Учитывает сложные и длинные зависимости внутри рядов
- Недостатки: Склонность к переобучению, вычислительная сложность

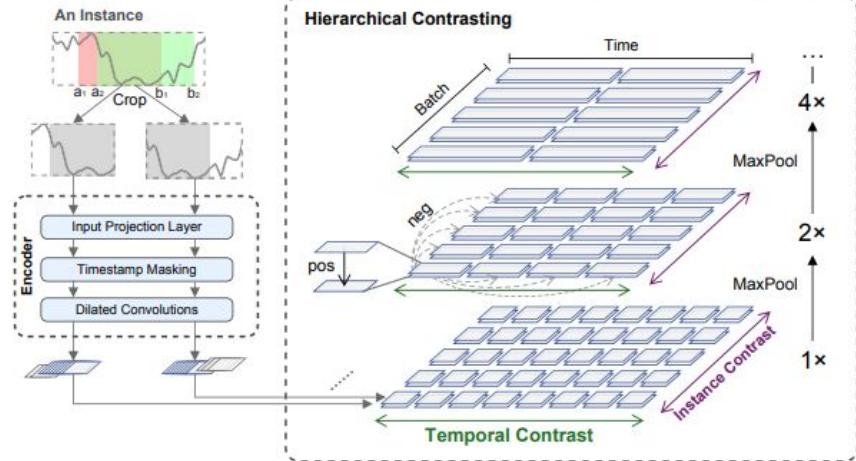
TS2VEC

Аугментация двух случайно обрезанных сегмента ряда

Dilated Convolutions для кодирования представления

Контрастивный лосс, использующий бинарное сходство:

- Instance-wise: сходство экземпляров
- Temporal: временное сходство



TS2VEC

Аугментация двух случайно обрезанных сегмента ряда

Dilated Convolutions для кодирования представления

Контрастивный лосс, использующий бинарное сходство:

- Instance-wise: сходство экземпляров
- Temporal: временное сходство

$$\ell_{temp}^{(i,t)} = -\log \frac{\exp(r_{i,t} \cdot r'_{i,t})}{\sum_{t' \in \Omega} \left(\exp(r_{i,t} \cdot r'_{i,t'}) + \mathbb{1}_{[t \neq t']} \exp(r_{i,t} \cdot r_{i,t'}) \right)}$$

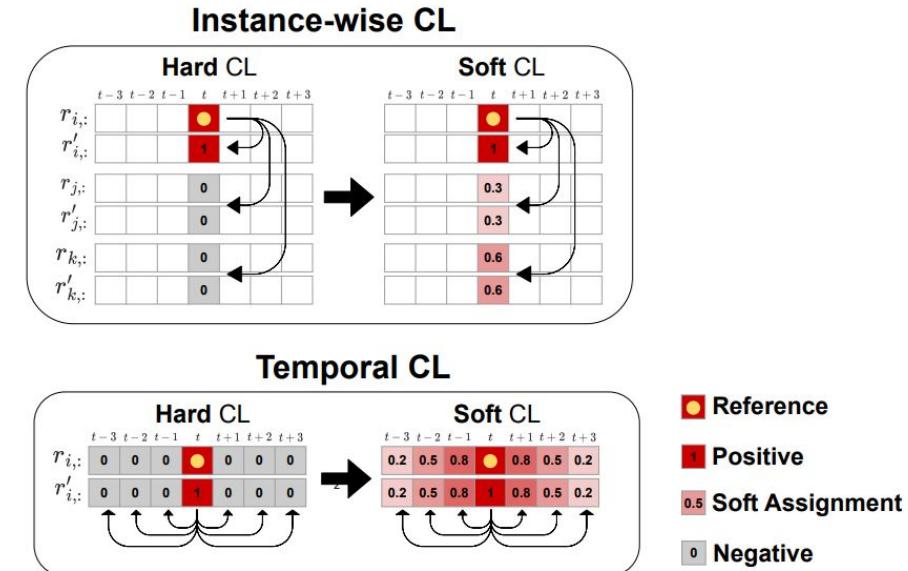
$$\ell_{inst}^{(i,t)} = -\log \frac{\exp(r_{i,t} \cdot r'_{i,t})}{\sum_{j=1}^B \left(\exp(r_{i,t} \cdot r'_{j,t}) + \mathbb{1}_{[i \neq j]} \exp(r_{i,t} \cdot r_{j,t}) \right)}$$

$$\mathcal{L}_{dual} = \frac{1}{NT} \sum_i \sum_t \left(\ell_{temp}^{(i,t)} + \ell_{inst}^{(i,t)} \right)$$

Soft TS2VEC

Модификация TS2Vec с мягкими метками на основе корреляции.

Корреляция: DTW или коэффициент Пирсона



Instance-wise CL : contrast multiple TS at a single timestamp

Temporal CL : contrast multiple timestamps within a single TS

Soft TS2VEC

Модификация TS2Vec с мягкими метками
на основе корреляции

Корреляция: DTW или коэффициент
Пирсона

$$w_I(i, i') = 2\alpha \cdot \sigma(-\tau_I \cdot D(x_i, x_{i'}))$$

$$p_I((i, i'), t) = \frac{\exp(r_{i,t} \circ r_{i',t})}{\sum_{j=1, j \neq i}^{2N} \exp(r_{i,t} \circ r_{j,t})}$$

$$\ell_I^{(i,t)} = -\log p_I((i, i+N), t) - \sum_{j=1, j \neq \{i, i+N\}}^{2N} w_I(i, j \bmod N) \cdot \log p_I((i, j), t)$$

$$w_T(t, t') = 2 \cdot \sigma(-\tau_T \cdot |t - t'|)$$

$$p_T(i, (t, t')) = \frac{\exp(r_{i,t} \circ r_{i,t'})}{\sum_{s=1, s \neq t}^{2T} \exp(r_{i,t} \circ r_{i,s})}$$

$$\ell_T^{(i,t)} = -\log p_T(i, (t, t+T)) - \sum_{s=1, s \neq \{t, t+T\}}^{2T} w_T(t, s \bmod T) \cdot \log p_T(i, (t, s))$$



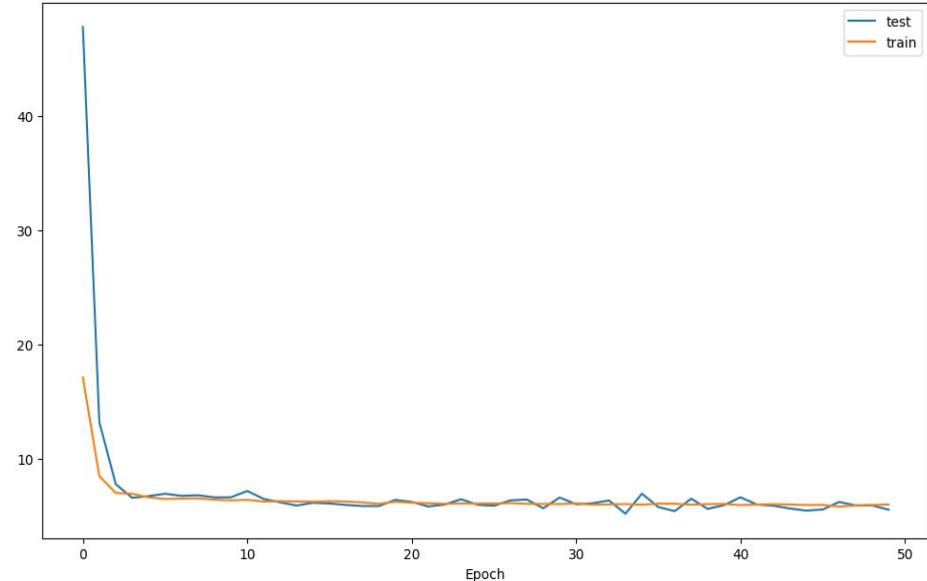
Гибридный метод

$$L_{\text{total_hybrid}} = \sum_{(i,j) \in \text{pairs}} \left[\mathbb{I}(\text{corr}(x_i, x_j) > \theta) \cdot \frac{L_{\text{soft}}(z_i, z_j)}{\alpha_{\text{soft}}} + \mathbb{I}(\text{corr}(x_i, x_j) \leq \theta) \cdot \frac{L_{\text{hard}}(z_i, z_j)}{\alpha_{\text{hard}}} \right]$$

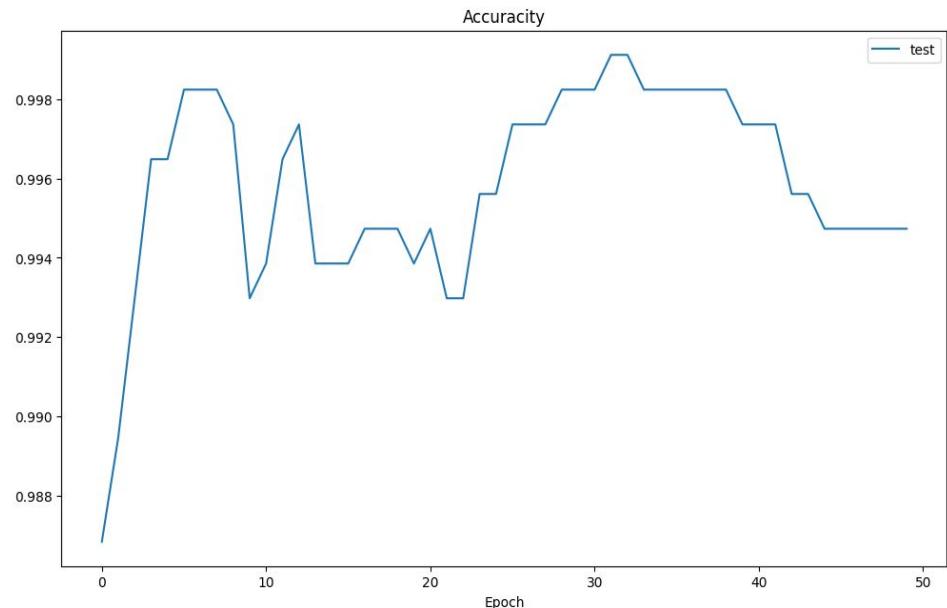
- θ — порог, задаваемый как гиперпараметр модели или на основе значения средней автокорреляции рядов
- $\alpha_{\text{soft}}, \alpha_{\text{hard}}$ — нормировочные коэффициенты (либо константы, либо адаптивные)

Результаты и эксперименты

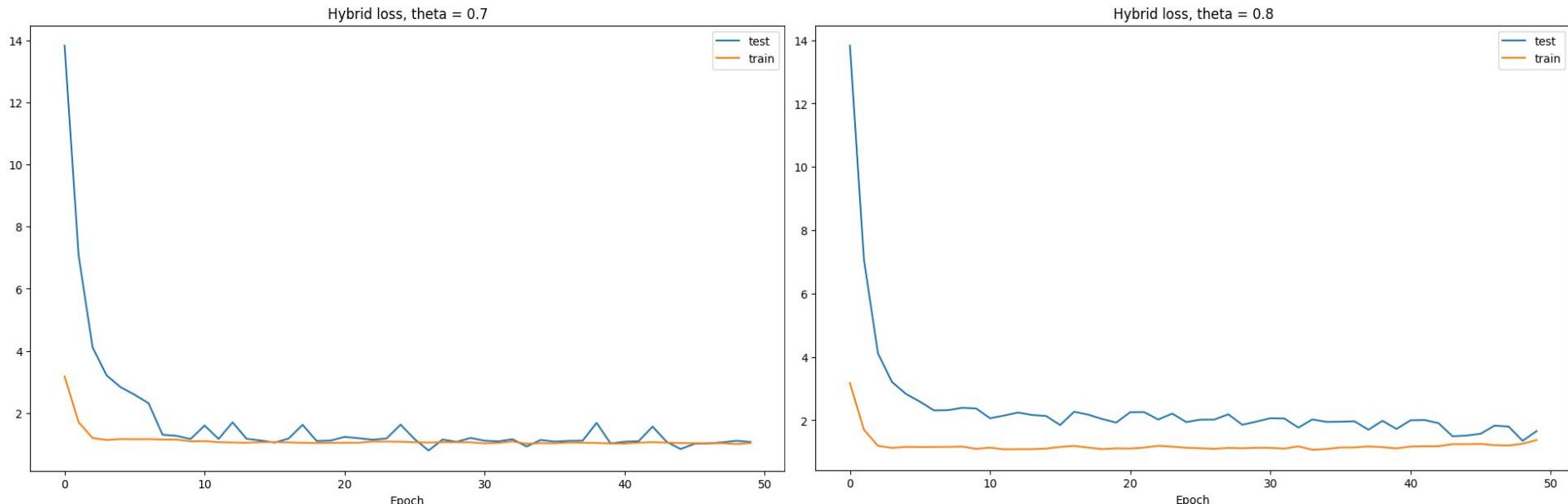
Soft loss



Accuracy



Результаты и эксперименты



Результаты и эксперименты

