

Approccio Extreme Learning Machine per Reti Neurali Tempo-Varianti

Stefano Squartini, Yibin Ye, Francesco Piazza

Dipartimento di Ingegneria Biomedica, Elettronica e delle Telecomunicazioni
Università Politecnica delle Marche
Via Breccie Bianche 1, 60131, Ancona, Italy

I circuiti neurali sono stati largamente studiati negli ultimi anni e applicate anche in molti campi del Digital Signal Processing (DSP). Una delle applicazioni per cui si è riscontrato un rilevante successo è quella dell'identificazione che consiste nel costruire un modello in grado di simulare un processo non lineare noto conoscendo solo i dati osservabili. Tipicamente si considera il modello da approssimare come stazionario ma in molte applicazioni tale assunzione non può essere fatta: questo è il motivo per il quale sono state sviluppate reti neurali adatte a tale scopo, reti che sono oggetto della presente memoria.

Un rilevante contributo per lo sviluppo in questo senso è stato fatto dal lavoro di Grenier [1], che ha proposto una struttura lineare parametrica tempo-variante per affrontare serie temporali non stazionarie. Sulla base di questo lavoro, sono stati effettuati studi per estendere i modelli di Grenier al caso non-lineare. Usando una comune architettura di rete neurale è stata aggiunta la struttura tempo-variante rendendo i pesi sinaptici non costanti attraverso una combinazione lineare di funzioni del tempo, dando così origine alle reti neurali tempo-varianti (Time Variant Neural Networks, TV-NN) [2]. Si è visto che tale approccio porta ad una maggiore capacità d'identificazione rispetto alle reti neurali con pesi sinaptici costanti.

Recentemente, nel campo delle reti neurali, è stato proposto un nuovo algoritmo d'apprendimento chiamato Extreme Learning Machine [3] la cui caratteristica principale è quella di scegliere i nodi d'ingresso in modo casuale e adattare solo i pesi d'uscita lasciando gli altri pesi invariati. Tale approccio porta a diversi vantaggi tra i quali una sostanziale riduzione del tempo impiegato per l'allenamento rispetto ai classici algoritmi basati sul gradiente. Questo algoritmo è stato applicato a reti neurali di tipo FeedForward (FF) ad un solo strato nascosto per l'identificazione di modelli stazionari. Visto il modo con cui è stata introdotta la tempo-varianza nella rete neurale, è chiaro che il numero di parametri da sintonizzare durante l'allenamento aumenta notevolmente rispetto al caso stazionario, portando ad un incremento del carico computazionale dell'algoritmo e quindi del tempo d'apprendimento. Questo è quello che ha fatto nascere l'idea di mettere insieme i vantaggi delle reti tempo varianti con quelli derivanti dall'ELM per cercare di superare alcune delle limitazioni che gli algoritmi esistenti fino ad ora presentano. Segue una breve presentazione degli algoritmi innovativi proposti.

– *Algoritmo ELM base per TV-NN* [4]. Questo rappresenta lo studio preliminare in cui l'approccio ELM è stato applicato per l'apprendimento delle TV-NN in sostituzione del solito algoritmo BackPropagation (BP), che presenta lunghi tempi di training. Da notare che questi tempi sono appesantiti dalla complessità delle reti stesse, maggiore rispetto alle comuni FFNN per effetto della tempo-varianza dei pesi. Sono stati proposti gli algoritmi nei casi di non-stazionarietà sinaptica in ingresso, uscita e ingresso/uscita e poi testati in task d'identificazione di sistemi tempo-varianti: l'analisi comparativa dei risultati ottenuti ha confermato l'efficacia dell'idea ottenendo una capacità di generalizzazione maggiore o uguale a quella del classico allenamento con BP e soprattutto ad un ridotto tempo di training.

– *Approccio evolutivo basato su ELM per il training di TV-NN* [5]. L’approccio ELM per TV-NN ha mostrato un notevole miglioramento in termini di “training time”, ma spesso viene richiesto un elevato numero di neuroni nello strato nascosto al fine di ottenere buone prestazioni nella fase di testing. In questo ulteriore lavoro è stato proposto un metodo di allenamento ibrido che utilizza un approccio evolutivo differenziale (per determinare i pesi di ingresso, solitamente scelti in modo casuale) ed un metodo di selezione di gruppo (per determinare il tipo di funzione base nello sviluppo tempo-variante dei pesi). I risultati sperimentali hanno permesso di concludere che è possibile migliorare le prestazioni di generalizzazione delle reti TVNN al costo di un tempo di training superiore, comunque decisamente inferiore di quello ottenibile con l’approccio BP.

– *Metodologia di allenamento incrementale basata su ELM per TV-NN* [6,7]. Nell’approccio ELM per comuni reti FF il numero dei nodi nascosti viene scelto manualmente a priori. Alcuni algoritmi sono stati proposti in letteratura per risolvere il problema in modo da scegliere un numero ottimo di neuroni durante la fase di adattamento. Questi metodi sono stati estesi al caso delle TV-NN dove il task è di particolare importanza per la maggiore complessità delle reti stesse. Tre differenti approcci sono stati studiati e implementati e la loro efficacia mostrata con un set attendibile di prove sperimentali. Questo lavoro ha valso un “Best Paper Award” alla conferenza ICIC2010.

Recentemente è stata anche proposta una tecnica di training incrementale che mantiene il numero di nodi nascosti fisso e varia invece il numero di funzione base che compongono i pesi tempi varianti. Anche in questo caso i risultati sperimentali si sono mostrati promettenti.

Bibliografia

- [1] Y. Grenier, “Time-dependent ARMA modeling of nonstationary signals”, IEEE Trans. on ASSP, vol. 31, n° 4, pp. 899-911, 1983.
- [2] Titti, A., Squartini, S., Piazza, F.: A new time-variant neural based approach for nonstationary and non-linear system identification. In: Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems ISCAS 2005. (May 23–26, 2005) 5134–5137.
- [3] Huang, G.B., Zhu, Q.Y., Siew, C.K.: Extreme learning machine: Theory and applications. Neurocomputing **70**(1-3) (2006) 489 – 501 Neural Networks – Selected Papers from the 7th Brazilian Symposium on Neural Networks (SBRN ’04), 7th Brazilian Symposium on Neural Networks.
- [4] Cingolani, C., Squartini, S., Piazza, F.: An extreme learning machine approach for training time variant neural networks. In: Proc. IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems APCCAS 2008. (November 2008) 384–387.
- [5] Ye, Y., Squartini, S., Piazza, F.: A group selection evolutionary extreme learning machine approach for time-variant neural networks. In: Proceeding of the 2011 conference on Neural Nets WIRN10: Proceedings of the 20th Italian Workshop on Neural Nets, IOS Press (2011) 22–33
- [6] Ye, Y., Squartini, S., Piazza, F.: Incremental-based extreme learning machine algorithms for time-variant neural networks. Advanced Intelligent Computing Theories and Applications (2010) 9–16.
- [7] Ye, Y., Squartini, S., Piazza, F.: Elm-based time-variant neural networks with incremental number of output basis functions. Advances in Neural Networks -ISNN2011 (2011).