

The logo for ENEA, featuring the word "ENEA" in a bold, white, sans-serif font. To the left of the text is a stylized graphic of a sun or starburst with rays emanating from it, set against a dark blue background.

AGENZIA NAZIONALE
PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA
E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

La predizione di flussi di traffico veicolare urbano tramite ensembling di reti neurali

Mauro Annunziato - ENEA

Fabrizio Bucci – Università “La Sapienza”

Claudia Meloni – ENEA

Stefano Pizzuti - ENEA

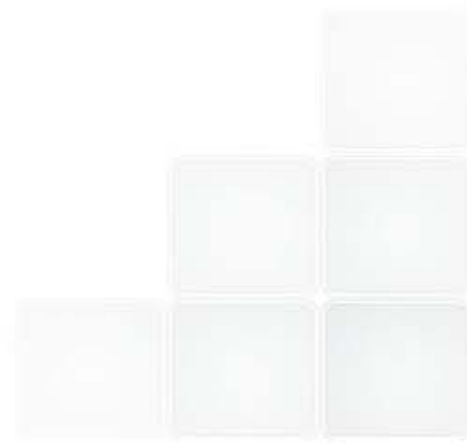
Workshop – AICA

Torino 15-17 Novembre 2011

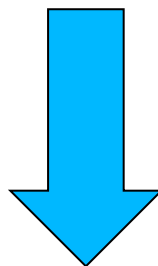
Sommario



- Introduzione
- Tecniche di modellazione
- Risultati sperimentali
- Conclusioni e sviluppi futuri



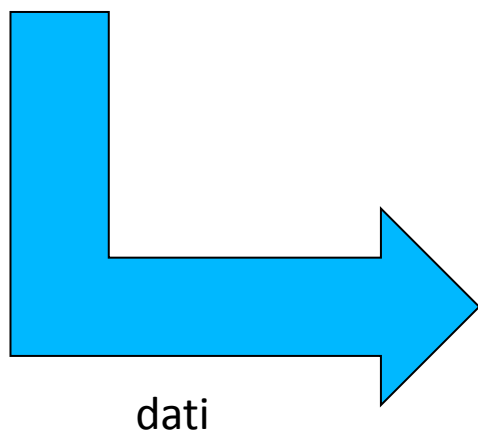
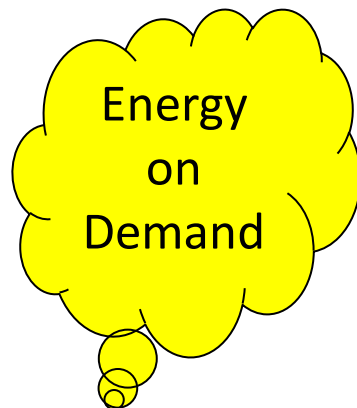
L'illuminazione pubblica stradale costituisce la maggior voce di costo (oltre il 50%) della bolletta elettrica dei comuni



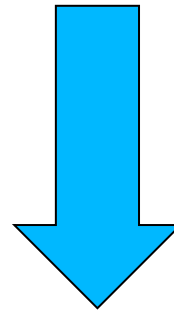
Richiesta di efficienza energetica



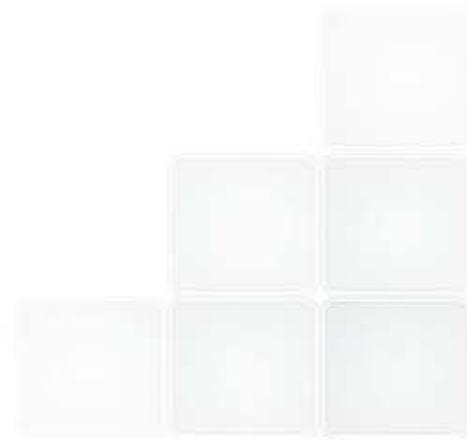
Smart Lighting Control



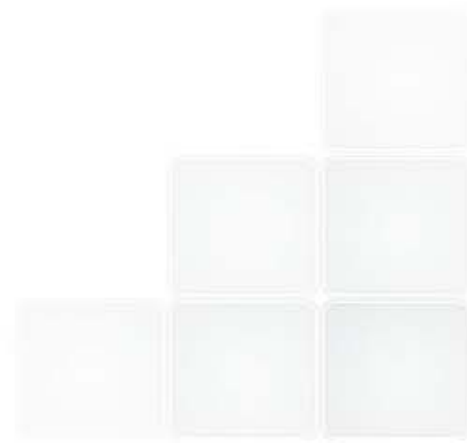
Energy on Demand



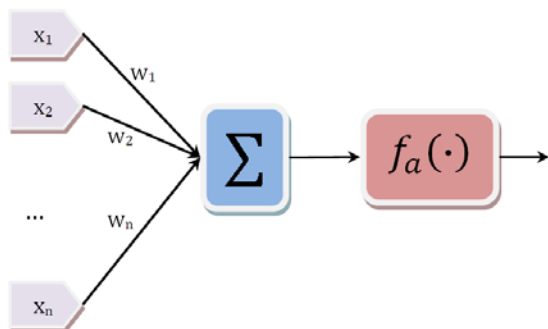
Modellazione accurata della domanda
(flussi di traffico veicolare)



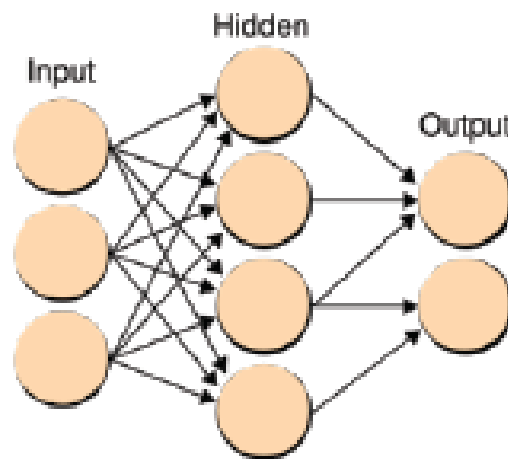
- Naive : $y_t = y_{t-s}$
- Modellazione statistica : profilo medio orario settimanale
- Reti neurali artificiali
- Ensembling



Reti neurali : modelli di calcolo che si ispirano al funzionamento del cervello per risolvere problemi di classificazione, modellazione e predizione di elevata complessità



Nodo



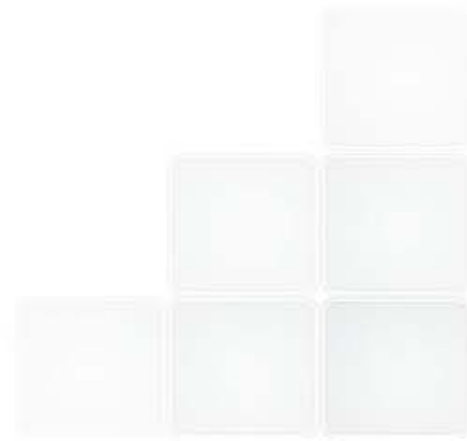
Rete (feed-forward)

Reti neurali

Determinazione parametri interni (pesi)

Minimizzare l'errore tra il dato reale e l'output
(addestramento tramite esempi)

Algoritmo Back-Propagation



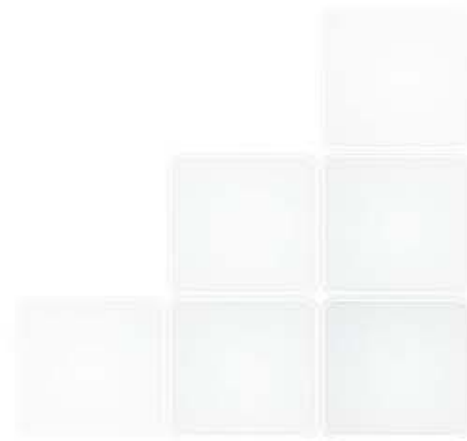
Ensembling



Invece di usare un solo esperto (il globalmente più bravo)
li uso tutti e compongo le loro opinioni

Ensembling

- Bagging : modelli addestrati su dati diversi
- AdaBoosting : pesature diverse di dati 'importanti'
- Interazione e cooperazione tra modelli
 - Votazione a maggioranza (classificazione)
 - Combinazione lineare (regressione)
 - BEM : media aritmetica delle uscite
 - GEM : media pesata
(problema : determinare i pesi ottimi)



Data set

Flussi veicolari (numero veicoli / ora) città di Terni

3 mesi

	Descrizione	Portata di servizio per corsia
Strada 1	Strada extraurbana secondaria	600
Strada 2	Strada urbana di scorrimento	950
Strada 3	Strada urbana interquartiere	800

Analisi preliminare

$$x_t = f(x_{t-1}, \dots, x_{t-N})$$

N (ore)	Errore training	Errore testing
3	4.64%	5.72%
5	3.81%	4.69%
8	3.12%	4.45%

Modello Neurale

8 input

1 output : predizione 1 ora avanti

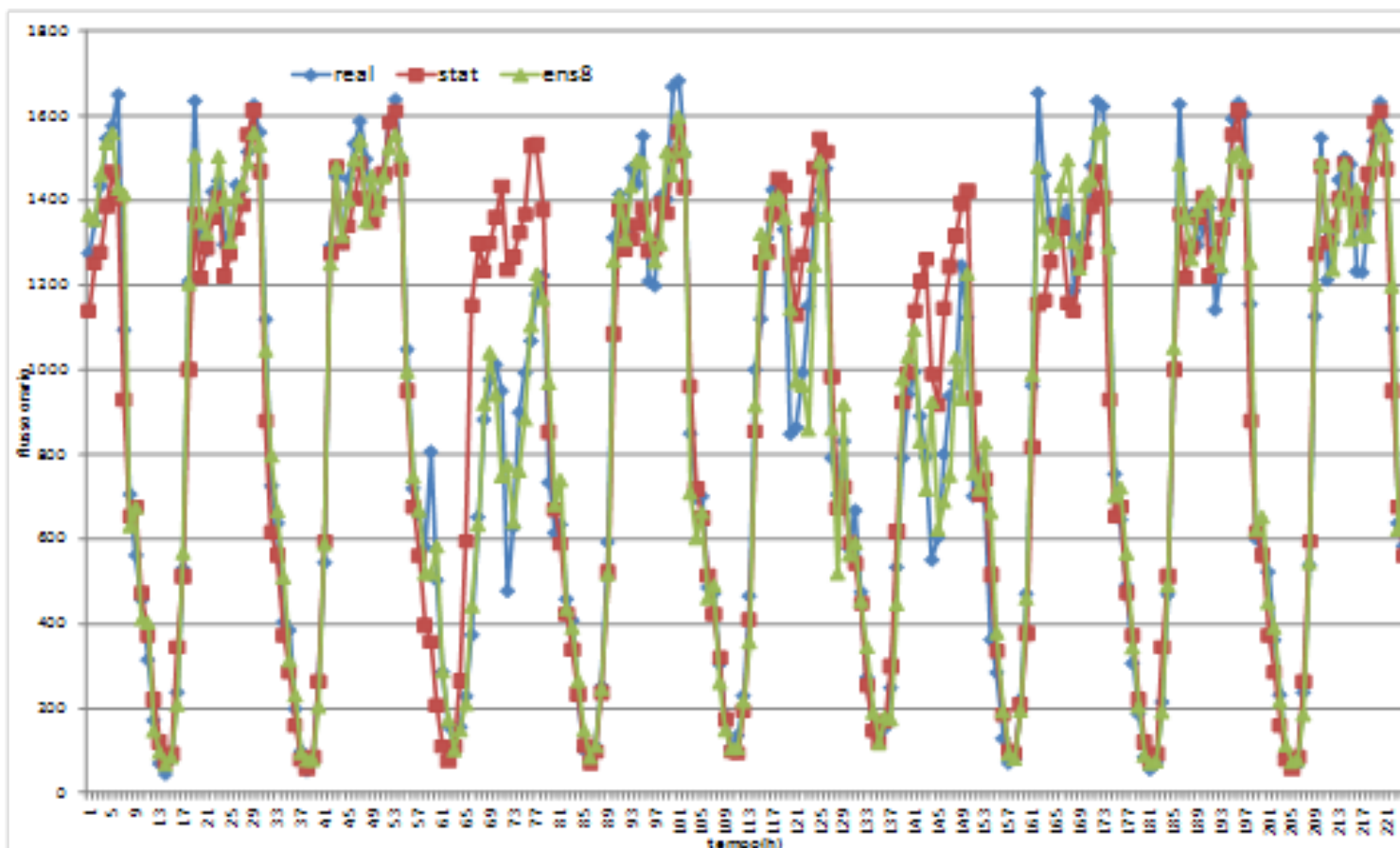
Funzioni di attivazione : sigmoide classico

Addestramento : Adaptive Back Propagation

Risultati

	Naive	Statistico	Reti neurali (10)	Ensembling (BEM)
Strada 1	8.92%	5.90%	3.74% $\pm 0.10\%$	3.29%
Strada 2	9.99%	7.14%	4.00% $\pm 0.10\%$	3.43%
Strada 3	7.66%	5.56%	3.48% $\pm 0.09\%$	3.02%
Media	8.86%	6.20%	3.74% $\pm 0.10\%$	3.25%

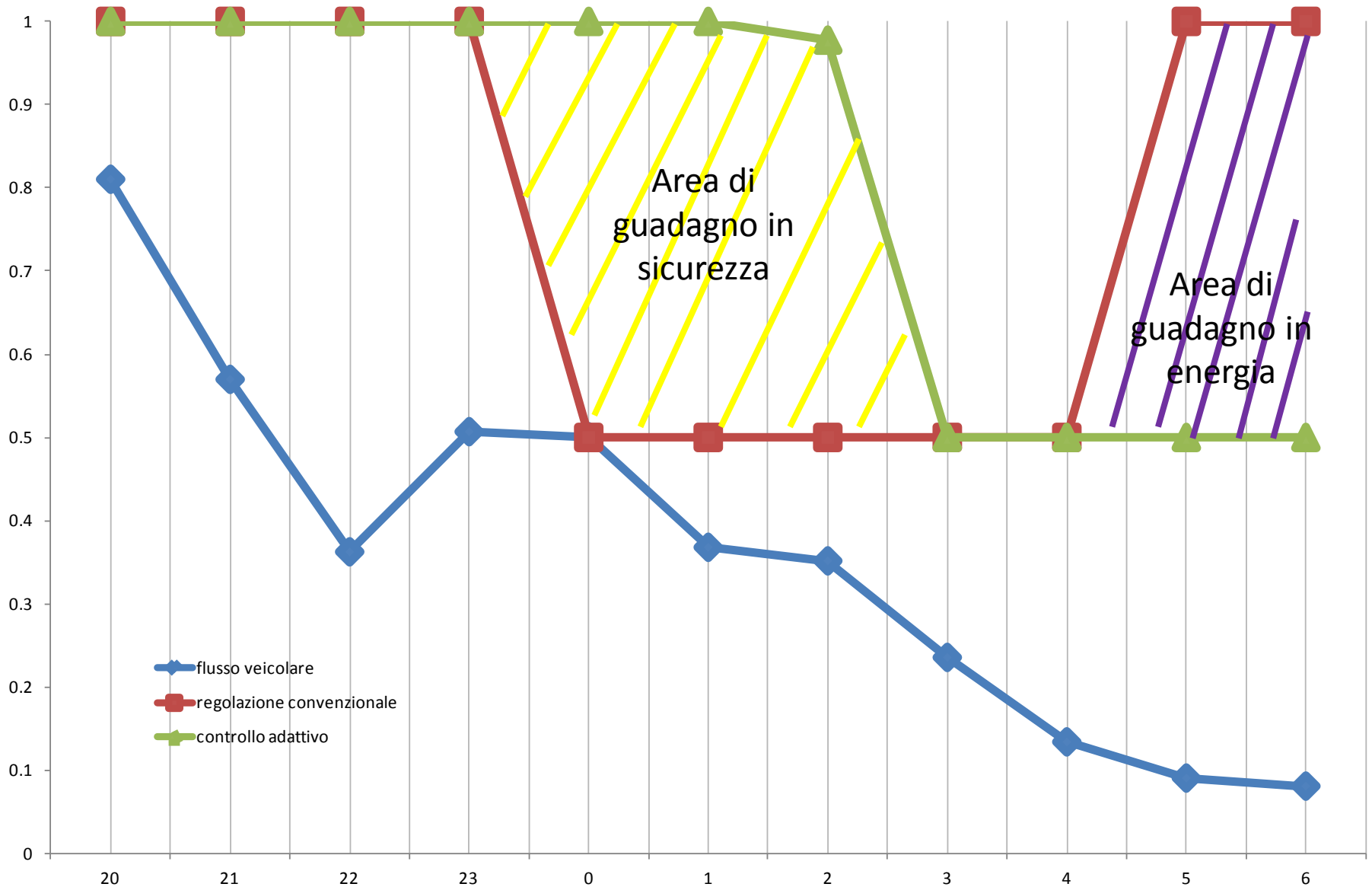
Risultati



Risultati

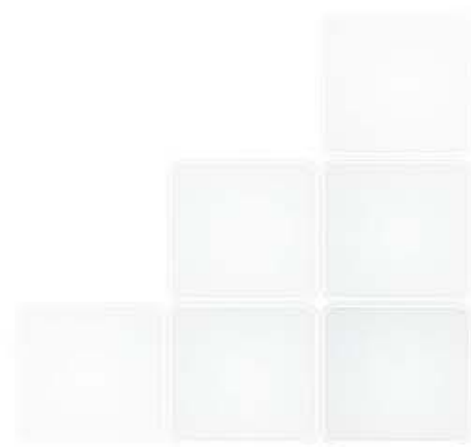
	Veicoli/ora (flusso medio)	Rischio regolazione convenzionale	Rischio controllo adattivo	Risparmio energetico reg. convenzionale	Risparmio energetico controllo adattivo
Strada 1	177	0%	1.5% (-7%)	25%	39%
Strada 2	212	0.2% (-11%)	1.6% (-6%)	25%	43%
Strada 3	495	9.3% (-12%)	0.9% (-6%)	25%	28%

Sperimentazione



- Approccio innovativo per la predizione oraria dei flussi di traffico veicolare
- Ensembling di reti neurali
- Sperimentazione su caso reale
- Errore 6.2% -> 3.2%
- Controllo adattivo (Energy on Demand) : guadagno in sicurezza ed efficienza energetica (fino al 43%)

- Applicazione a G.R.A. Roma
- Diverse tecniche di ensembling
- Ensembling tra modelli diversi
es. reti neurali – statistici
- Controllo adattivo : raffinamento



Fine



Grazie per l'attenzione

stefano.pizzuti@enea.it

