

Borse di studio GARR
Orio Carlini

PROGETTAZIONE E SVILUPPO DI UN SISTEMA PER L'OTTIMIZZAZIONE DELLA CURA DI PAZIENTI DIABETICI TRAMITE EMBEDDED ARTIFICIAL INTELLIGENCE E SERVIZI CLOUD

Sara Campanella

Università Politecnica delle Marche
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione



Obiettivo di ricerca

Progettazione di un sistema di embedded Artificial Intelligence per l'ottimizzazione e personalizzazione della terapia di pazienti diabetici in età pediatrica che utilizzano CGM e pompa insulinica.

! Necessario l'intervento del medico/paziente nel modificare la terapia.

! Algoritmi di intelligenza artificiale embedded capaci di personalizzare a pieno la terapia.

✗ **ARTIFICIAL PANCREAS**



👍 **HYBRID CLOSED-LOOP SYSTEM**



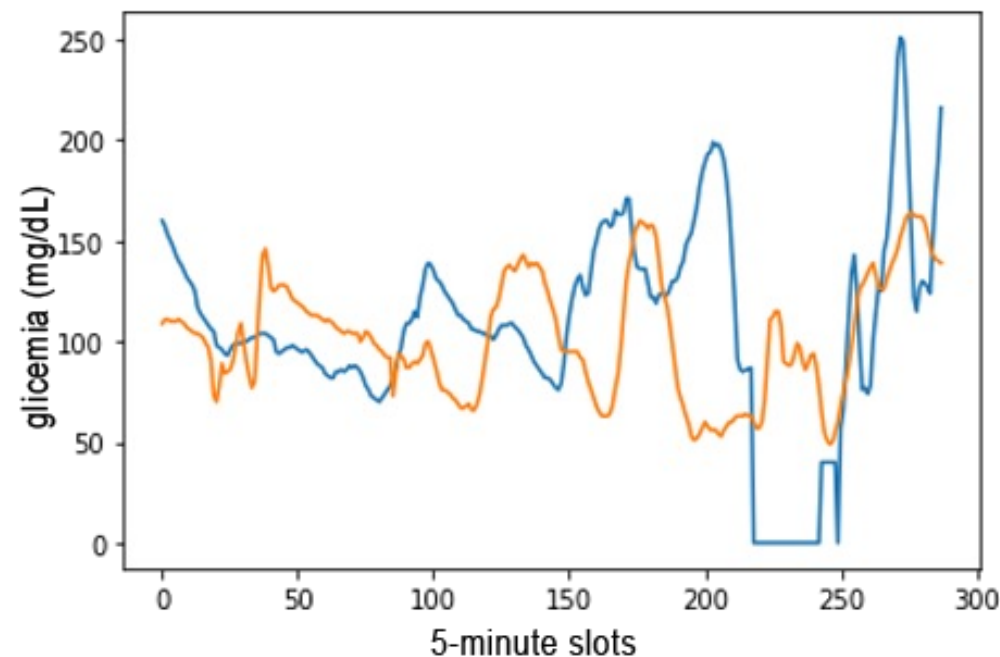
- 75 pazienti in età pediatrica forniti dall'Ospedale pediatrico «G. Salesi» di Ancona.
- valori glicemici misurati dal sensore DexCom G6®, sempre in mg/dL.
- consumo di insulina basale e di boli (espressi rispettivamente in U/h e U) e la quantità di carboidrati ingeriti (g).

Manipolazione dei dati

Problema → dati glicemici mancanti per ore, giorni o, addirittura, settimane.

Risoluzione → interpolazione dei dati mancanti:

- Se sopra al 10%, scartati.
- Se al di sotto del 10%, interpolazione lineare pesata.



Clustering

Il clustering è una tecnica di analisi dei dati che consiste nel raggruppare un insieme di dati in sottogruppi omogenei, noti come "cluster", sulla base della somiglianza tra di essi.

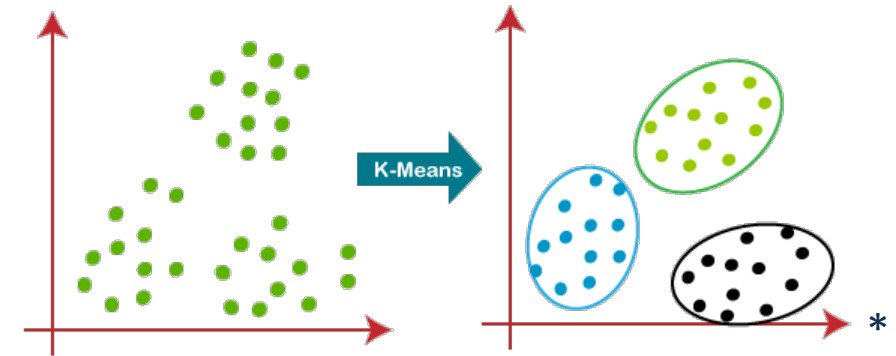
- le distanze interne (all'interno del cluster) dovrebbero essere piccole, ovvero gli elementi dei cluster sono vicini/simili tra loro.
- le distanze esterne (intra-cluster) dovrebbero essere grandi, vale a dire che gli elementi di diversi cluster sono diversi.

Soft Clustering:

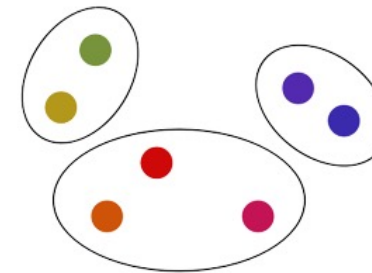
- I punti vengono assegnati sulla base della probabilità di appartenenza a più cluster, creando confini sfumati.

Hard Clustering:

- Ogni punto appartiene interamente a un solo cluster, risultando in una classificazione definitiva.

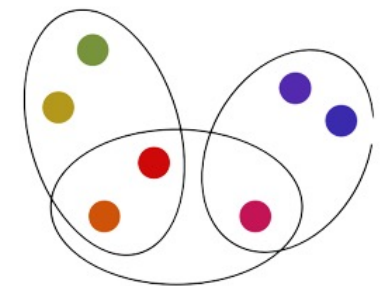


* urly.it/3xqdz



hard

** urly.it/3xqdw

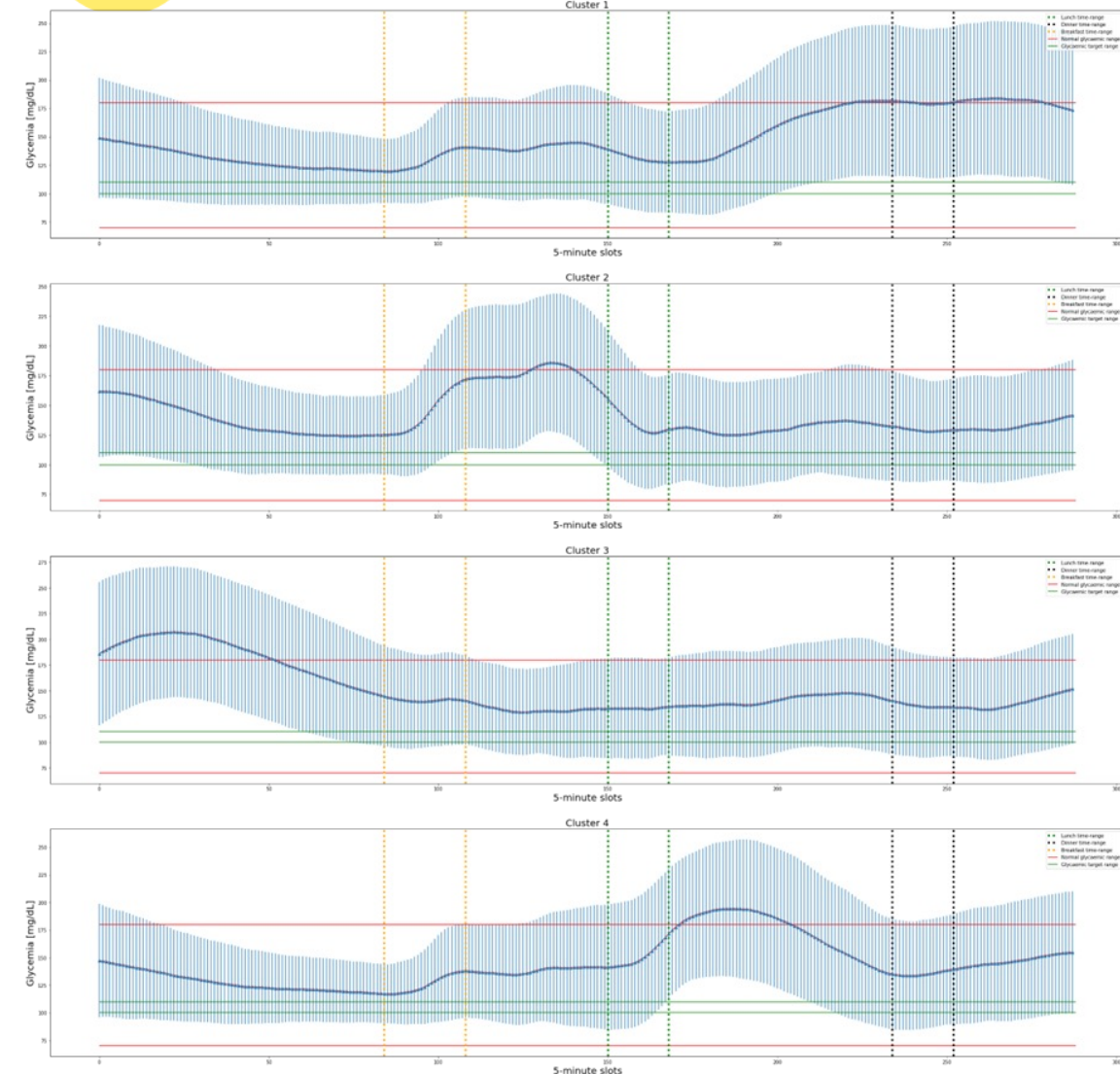


soft

**

→ **K-means & K-shape**

Clustering: K-shape



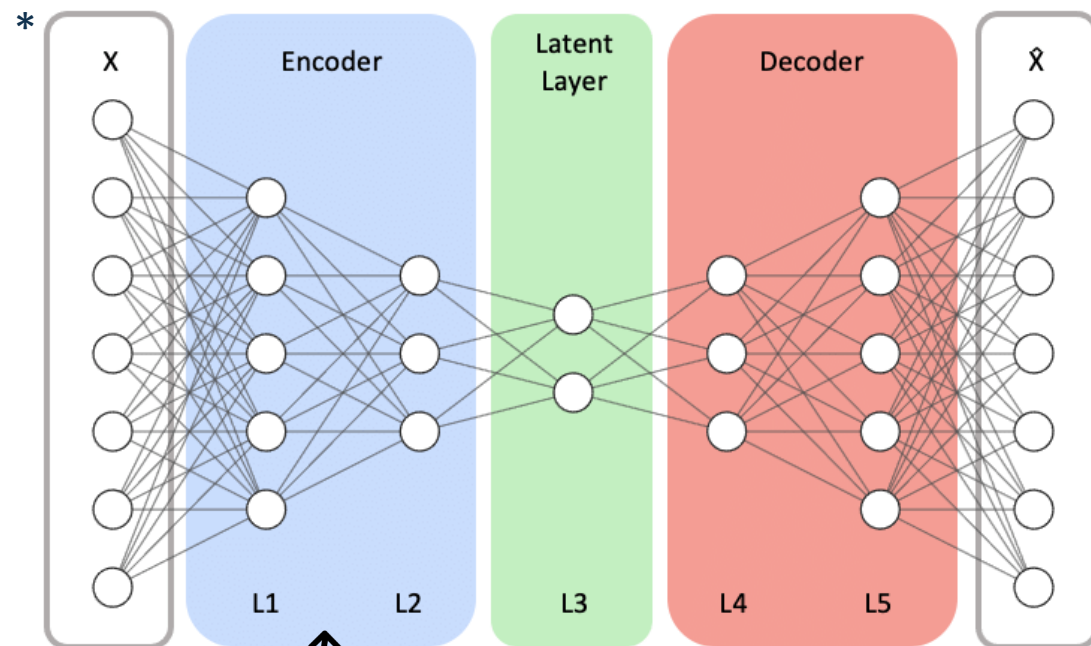
- Cluster 1:** Glucosio elevato sera, affetto da cambiamenti I:C pomeridiani, impatto sui livelli serali.
- Cluster 2:** Mattinata iperglicemica post-colazione, unico con variazioni multiple tra cui ISF e profili.
- Cluster 3:** Elevato glucosio notturno, influenzato da BR e attività non controllate.
- Cluster 4:** Elevato glucosio pomeridiano, sensibile a cambiamenti BR che influenza il controllo giornaliero.

Parametri Glucometrici

Metrics	Cluster 1				Cluster 2				Cluster 3				Cluster 4			
	Mean	SD	Max	Min	Mean	SD	Max	Min	Mean	SD	Max	Min	Mean	SD	Max	Min
CV [%]	33.28	4.13	38.03	23.52	32.52	2.93	38.20	25.99	34.72	2.19	38.12	30.44	32.57	4.77	40.33	22.78
TIR [%]	74.91	15.20	96.00	49.06	77.74	11.34	94.18	49.61	71.25	14.64	86.98	35.98	76.33	14.64	96.41	43.20
VLow [%]	0.37	0.21	1.27	0.00	0.44	0.31	1.24	0.00	0.39	0.28	1.39	0.00	0.34	0.21	1.02	0.00
Low [%]	1.64	0.83	4.64	0.57	2.13	1.43	5.66	0.26	2.09	1.30	4.48	0.13	1.79	0.92	3.85	0.08
High [%]	17.31	9.82	33.51	2.77	16.17	8.28	35.14	3.99	19.41	8.96	39.35	7.83	16.82	10.07	39.92	1.98
VHigh [%]	5.78	5.74	17.02	0.33	3.53	3.85	14.97	0.52	6.84	6.90	25.01	1.31	4.69	4.97	18.46	0.17
GRI	28.12	15.41	57.65	4.50	25.00	11.38	53.75	6.58	32.69	15.51	71.83	16.21	26.32	15.29	61.05	4.90
GMI [%]	6.84	0.53	7.72	6.18	6.69	0.42	7.76	6.29	6.93	0.51	8.27	6.40	6.76	0.50	7.96	6.11

AutoEncoder

Un AutoEncoder è un tipo di rete neurale artificiale utilizzata nell'apprendimento automatico.



L'**encoder** converte i dati in una rappresentazione compressa (codifica) chiamata "**bottleneck**" o "**latent space**".

Il **decoder** cerca di ricostruire i dati originali dalla codifica.

Utilizzi

Ricostruzione di immagini danneggiate o riduzione del rumore in immagini.

Compressione dei dati.

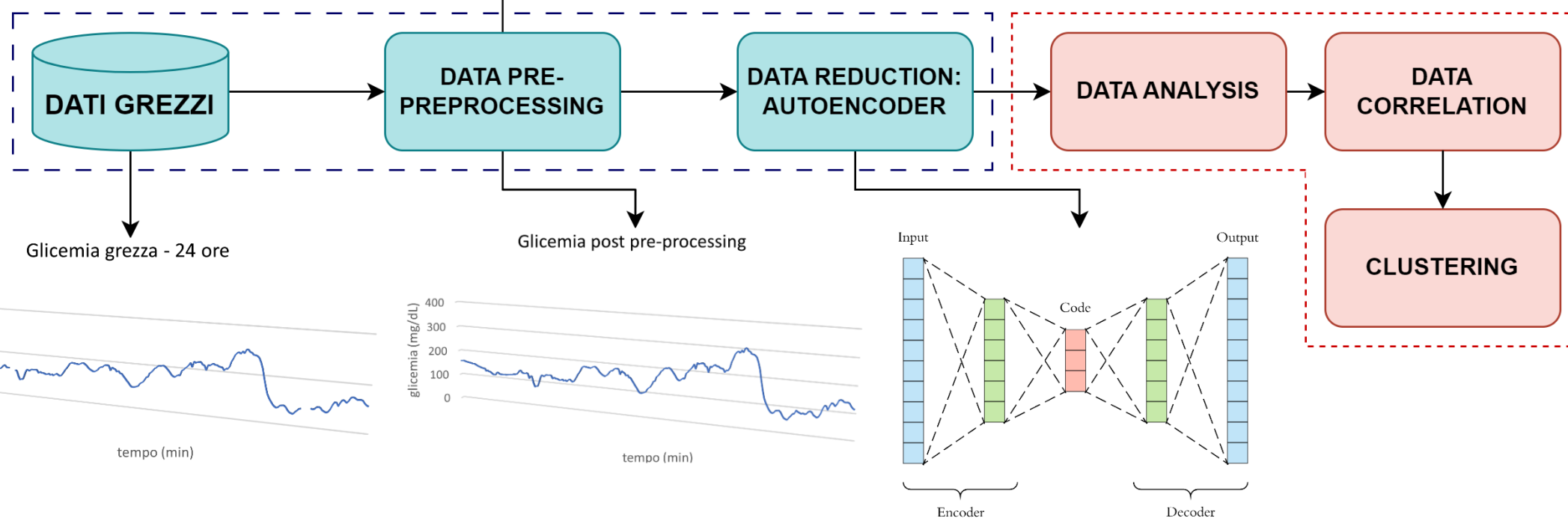
Riconoscimento di anomalie e rilevamento di frodi.

Estrazione delle caratteristiche in applicazioni di visione artificiale e elaborazione del linguaggio naturale.

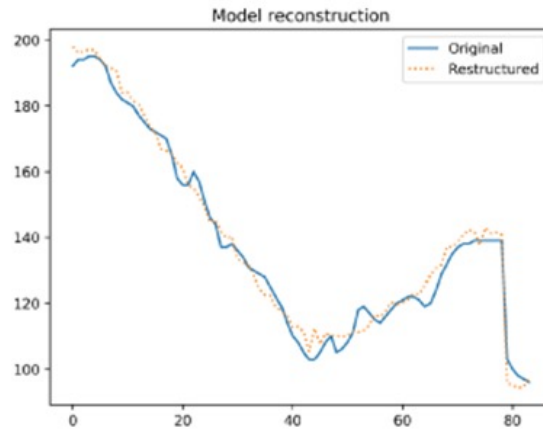
AutoEncoder per la data reduction

75 pazienti reclutati
dall'ospedale
"G.Salesi"

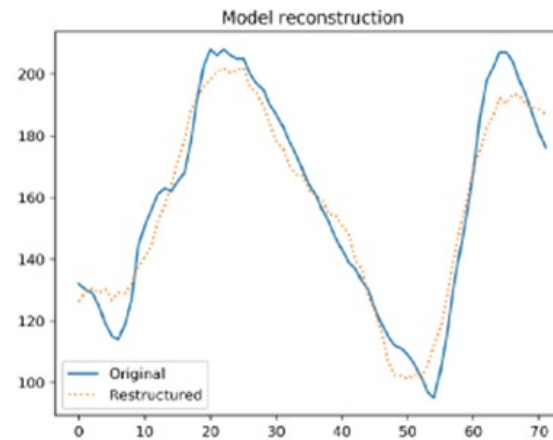
ID	Fase del giorno	Giorno	Valori Glicemicici
215487	Notte	1	[250,248,240...198]
215487	Mattina	1	[195,187,178...198]
215487	Pranzo	1	[150,158,154...160]
215487	Pomeriggio	1	[200,195,189...202]
215487	Cena	1	[150,158,154...160]
215487	Sera	1	[195,187,178...198]
215487	Notte	2	[250,248,240...198]
...	...	...	
215487	Sera	365	[200,195,189...202]
326598	Notte	1	[252,244,247...215]



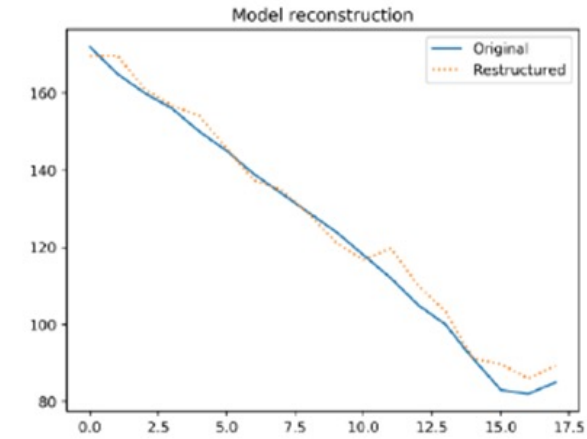
Risultati data reduction



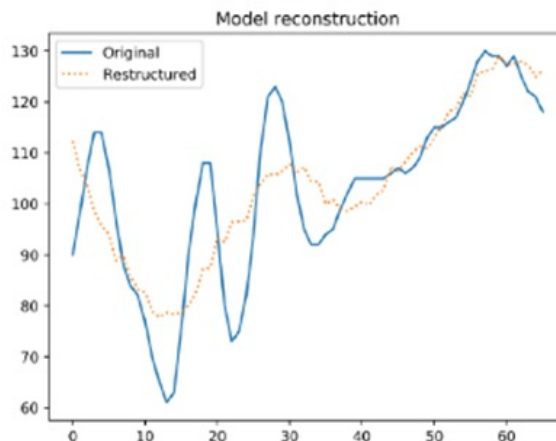
(a) Notte



(b) Mattina



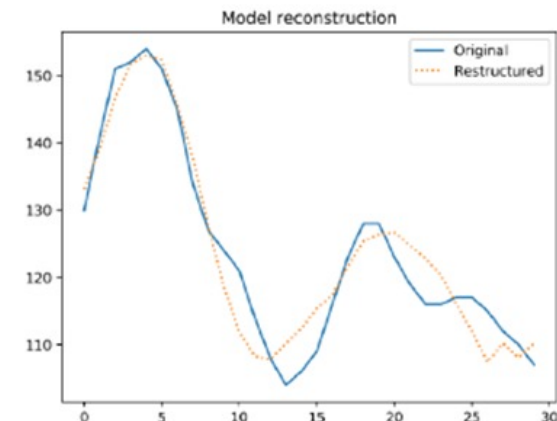
(c) Pranzo



(d) Pomeriggio



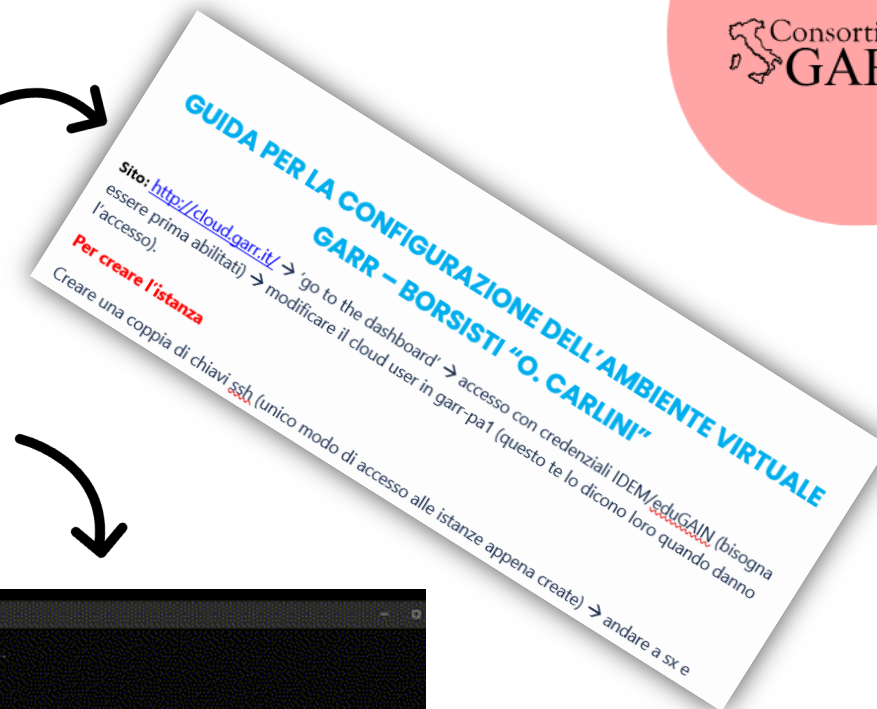
(e) Cena



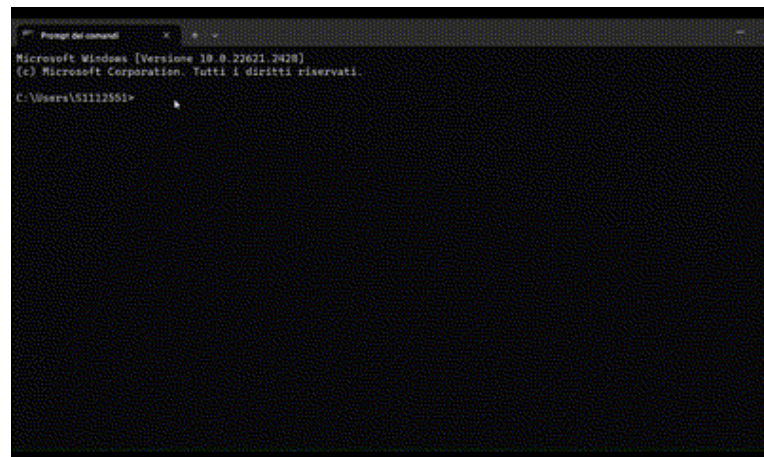
(f) Sera



- ✓ Stesura Guida per la configurazione dell'ambiente virtuale.
- ✓ Configurazione dell'ambiente di lavoro.
- ✓ Primi training delle reti sulla Virtual Machine a disposizione.



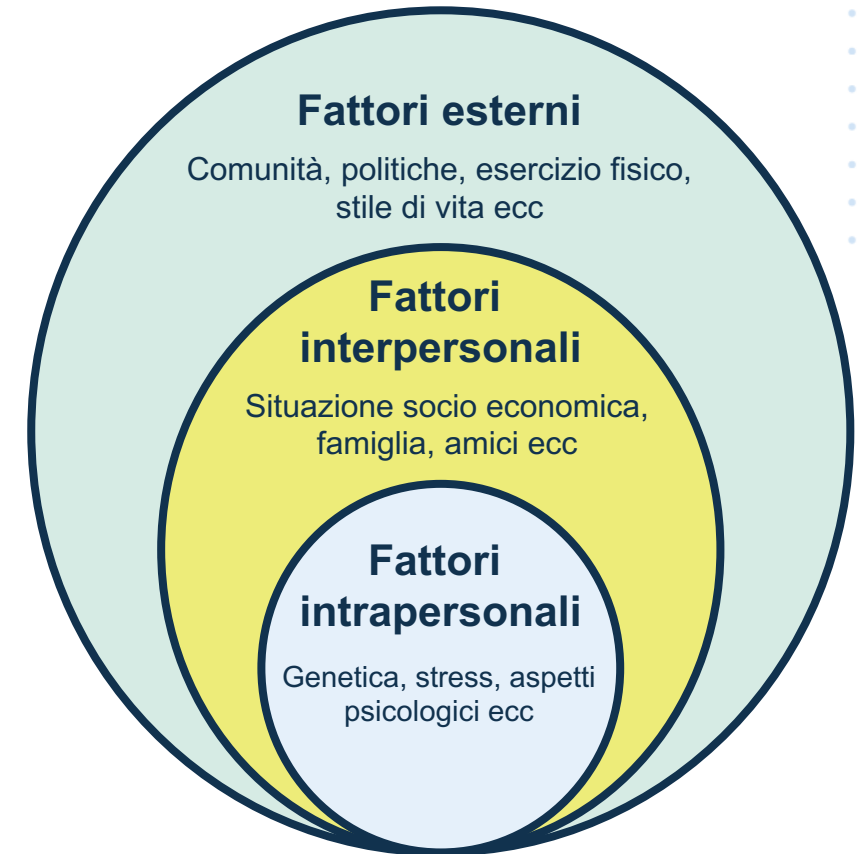
Cluster Ben del ICAR –CNR di Napoli



Connessione alla VM

Variabili esterne nella gestione del diabete

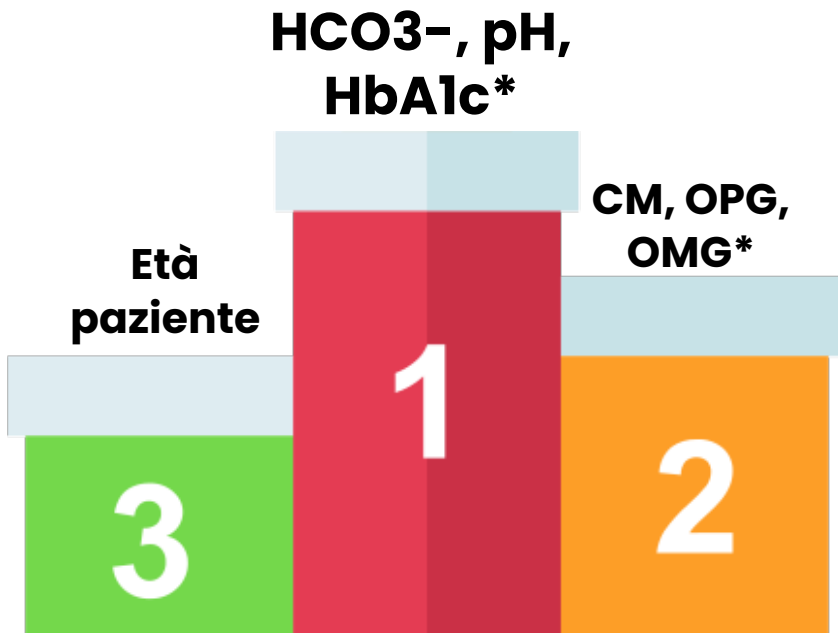
- **Fattori Socio-economici:** La disponibilità di risorse finanziarie, l'accesso alle cure mediche e l'istruzione dei genitori possono influenzare l'aderenza alla terapia. Limitazioni finanziarie o scarsa accessibilità ai servizi di salute possono ostacolare la gestione efficace del diabete.
- **Stress:** Lo stress può aumentare i livelli di glucosio nel sangue. Gli individui che affrontano situazioni stressanti possono sperimentare difficoltà nel seguire un regime terapeutico, poiché lo stress può interferire con la gestione del diabete.
- **Attività fisica:** attività complessa da gestire poiché richiede un'attenta pianificazione e monitoraggio costante dei livelli di glucosio nel sangue.



Fattori socio - economici

Problema da analizzare: Correlazione tra incremento numeri di boli automatici e situazione socio-economica.

Pochi dati a disposizione → Data Augmentation → SDV** → 
Modello di regressione → Random Forest → 



** Syntethic Data Vault

La creazione dei dati sintetici è realizzata da un sintetizzatore che, basandosi sui metadati, utilizza i dati reali per apprendere i pattern e, dopo l'addestramento, genera dati sintetici.

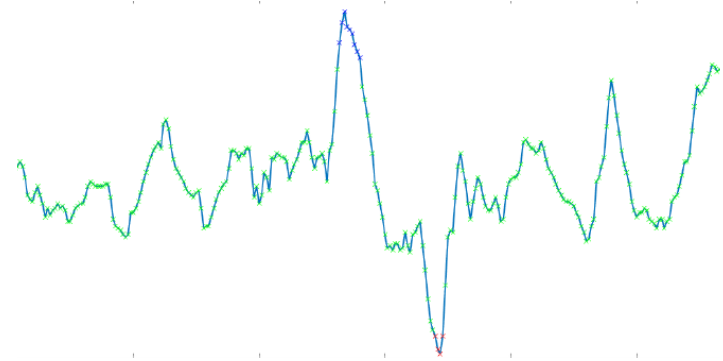
*Chetoacidosi, pH, emoglobina glicata, cittadinanza della madre, grande gruppo ISTAT del padre e madre.

Progetto per il secondo anno



1. Manipolazione dati e data reduction

- Protocollo definitivo per la manipolazione dei dati mancanti sia per i reali che sintetici
- Modello definitivo di AutoEncoder per la data reduction



2. Integrazione wearable devices

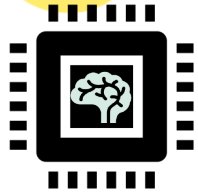


MAXREFDES103 Health Sensor Band

Rest 1 5 min	Task 1 5 min	Rest 2 5 min	Task 2 5 min	Rest 3 5 min	Task 3 5 min	Rest 4 5 min	Task 4 5 min	Rest 5 5 min
								

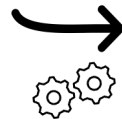
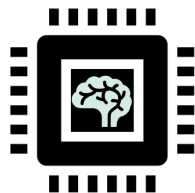
Protocollo customizzato

3. Sviluppo modello AI per profilazione

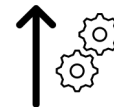


Sviluppo e testing di un algoritmo di AI che, prendendo in input, oltre alle variabili cliniche, anche quelle esterne, personalizzi la terapia, senza nessun input manuale.

4. Embedded AI system



Consumo di glucosio, possibile rischio di ipoglicemia



Il paziente sta svolgendo attività fisica



Ridurre quantità di dell'insulina basale!

Borse di studio GARR
Orio Carlini

Grazie per l'attenzione!

Sara Campanella – Univpm, DII

