



# Angiografia a fluorescenza con CI-G assistita da Intelligenza Artificiale

**Prof. Pasquale Arpaia**



P. Arpaia, U. Bracale, F. Corcione, S. Criscuolo, E. De Benedetto, V. Di Capua, F. Isgrò, R. Peltrini, R. Prevete, A. Sciuto

# «Dal Cern a Fuorigrotta ho fondato un'eccellenza A Napoli ora si può fare»

►La storia di Arpaia, prof a Ingegneria: ci sono le risorse per trattenere i migliori  
►«Non è più un sogno guidare i giovani a sviluppare sistemi per muovere gli arti»

Troisi con la critica feroce a un credo religioso popolare. «Nel 2014 tornavo a Napoli da Ginevra e dal CERN, dopo l'ubriacante felicità del post Higgs. L'ingegneria e la tecnologia del CERN avevano dato un contributo determinante al Nobel ma non ci pensai due volte a punta-re su Napoli. Per due anni ho

immaginato una nuova ricerca da impiantare a Napoli. Dovevo innovare».

#### DA GINEVRA A NAPOLI

Messa da parte dunque la strada della grande Fisica, abbandonata la ricerca cosmologica, dopo la Plenary Keynote alla conferenza mondiale più importan-

te nel settore Arpaia pensa che Napoli possa ospitare un progetto ambizioso e pionieristico facendo moltiplicare in pochi anni i mille euro l'anno di dotazione finanziaria che inizialmente gli erano state date per le sue ricerche. I bandi c'erano, le risorse anche bisognava solo darsi da fare per recu-

perarle. Con un tesista in Ingegneria elettronica Arpaia comincia dunque ad occuparsi pionieristicamente di interfacce tra cervello e computer: «Ci vedevamo alle 7,30 del mattino nel mio studio, prima delle lezioni - racconta - il primo pensiero era rivolto alla ricerca di fondi e finanziamenti, il secon-

t





# Interdepartmental **Research Center** on **Management** and **Innovation** in Healthcare

“open space” on technology research for health

- **33 Principal Investigators**
- **7 Meuro of Projects**





# Erudizione e Intelligenza



## ERUDIZIONE

**Complesso di cognizioni** acquisite in uno o più campi del sapere, **attraverso la ricerca ampia e minuta di dati e notizie, non sempre accompagnata da originalità di pensiero e finezza di gusto.**

## INTELLIGENZA

Complesso di facoltà psichiche e mentali che consentono all'uomo di **pensare, comprendere o spiegare i fatti o le azioni, elaborare modelli astratti della realtà, intendere e farsi intendere dagli altri, giudicare,** e lo rendono insieme capace di **adattarsi a situazioni nuove e di modificare la situazione stessa quando questa presenta ostacoli all'adattamento.**

# Indice

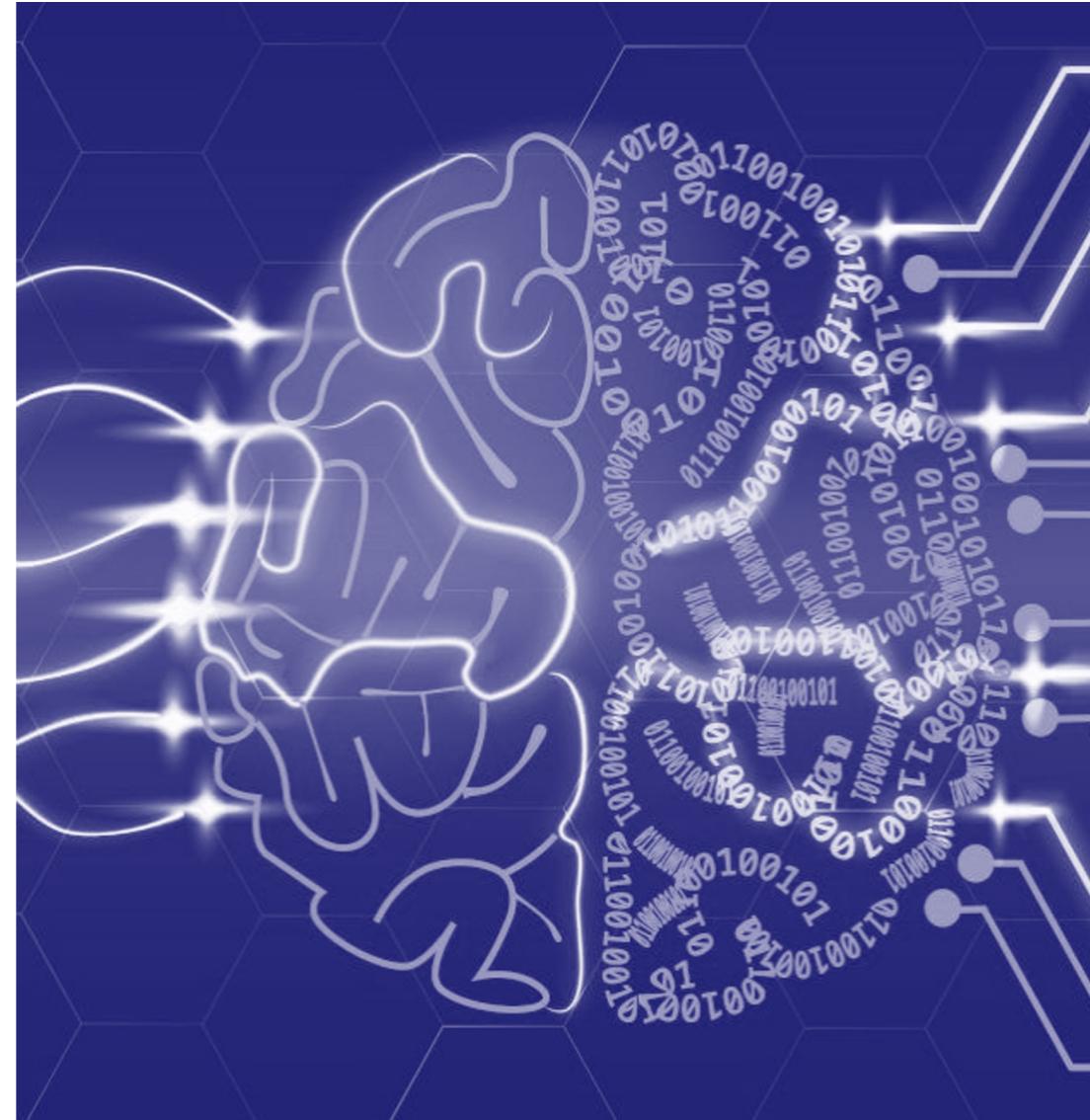
- » Applicazioni machine learning nella chirurgia laparoscopica intestinale
  - » #1: valutazione perfusione intestinale totale
  - » #2: valutazione cinetica perfusione intestinale
  - » #3: identificazione linea ottimale di resezione
  
- » Conclusioni

# Machine Learning (ML)

*«impara dagli esempi a migliorare le proprie prestazioni per la gestione di nuovi dati provenienti dalla stessa sorgente»  
(Mickey 91)*

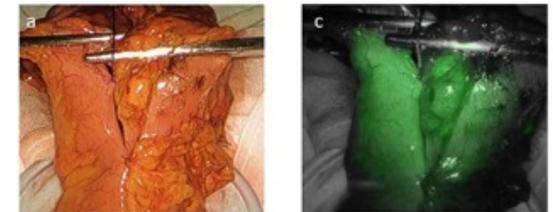
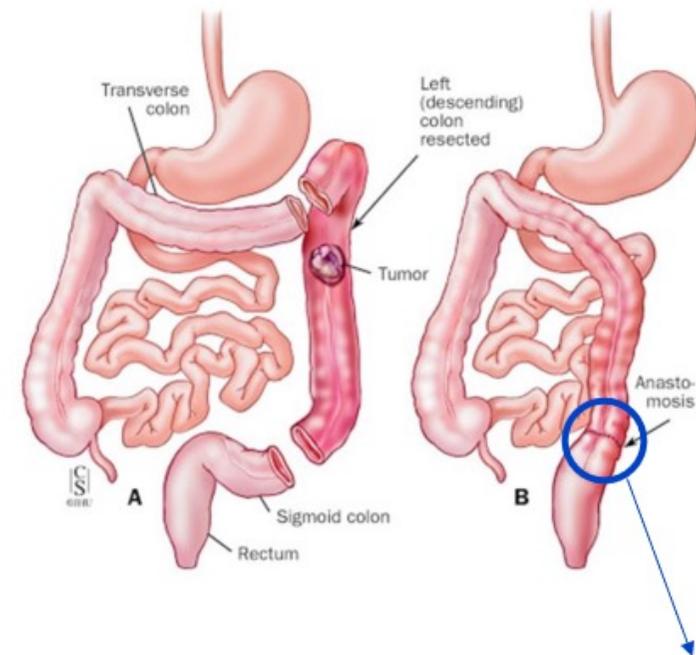
- **Training:** ML apprende dai dati a disposizione.
- **Generalizzazione,** analizza e predice nello stesso dominio applicativo.

**Non è intelligente ma erudito**



# Contesto applicativo

- Chirurgia laparoscopica intestinale:
  - *Colectomia*: rimozione parziale o totale del colon
  - *Anastomosi artificiale*: ripristino continuità intestinale
    - **perdita anastomotica**
- *Fluorescenza nel vicino infrarosso con il verde indocianina (ICG)*: per valutare la perfusione intestinale
  - **procedura non oggettiva**



Trastulli, S., et al. Indocyanine green fluorescence angiography versus standard intraoperative methods for prevention of anastomotic leak in colorectal surgery: meta-analysis. *British Journal of Surgery* (2021)  
Wada, T. et al. Icg fluorescence imaging for quantitative evaluation of colonic perfusion in laparoscopic colorectal surgery. *Surg. Endosc* (2017).

# #1: Valutazione della qualità della perfusione

**Supportare il chirurgo fornendo un metodo oggettivo per valutare la perfusione sanguigna attraverso tecniche di Machine Learning basate sull'analisi dell'ICG nella regione dell'anastomosi.**



**ridurre il rischio di perdita anastomotica**

# #1: Valutazione della qualità della perfusione

## Architettura del sistema

Gennaio 2022

nature

SCIENTIFIC  
REPORTS

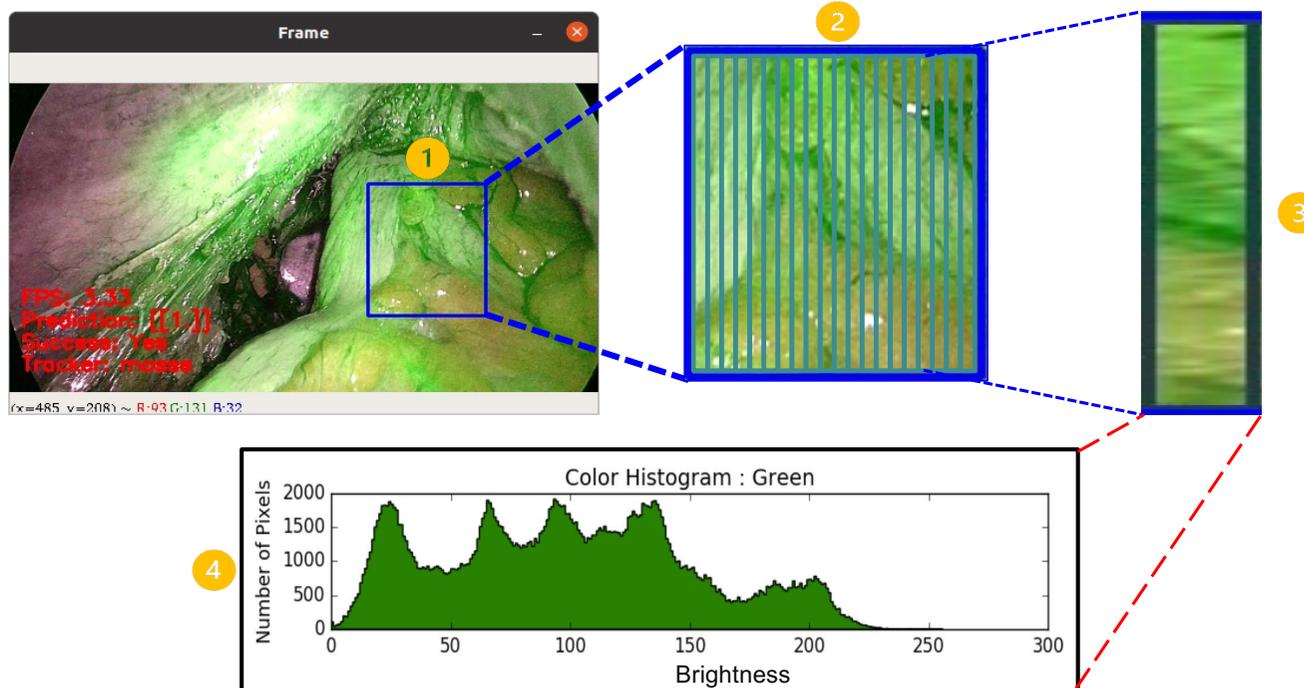


*Rete neurale Feed Forward per **classificare** la regione di interesse come adeguatamente o non adeguatamente vascolarizzata.*

Arpaia, P., Bracale, U., Corcione, F., De Benedetto, E., Di Bernardo, A., Di Capua, V., Duraccio, L., Peltrini, R., & Prevete, R. (2022). **Assessment of blood perfusion quality in laparoscopic colorectal surgery by means of Machine Learning.** *Nature Scientific Reports*, 12(1), 1-9.

# #1: Valutazione della qualità della perfusione

## Estrazione delle caratteristiche



Arpaia, P., Bracale, U., Corcione, F., De Benedetto, E., Di Bernardo, A., Di Capua, V., Duraccio, L., Peltrini, R., & Prevede, R. (2022). Assessment of blood perfusion quality in laparoscopic colorectal surgery by means of Machine Learning. *Nature Scientific Reports*, 12(1), 1-9.

# #1: Valutazione della qualità della perfusione

## Validazione sperimentale in sala operatoria

- » Interfacciamento con endoscopio (Olympus Visera Elite II)
- » Risposta in tempo reale

nature

SCIENTIFIC  
REPORTS

ok



Non  
ok



Arpaia, P., Bracale, U., Corcione, F., De Benedetto, E., Di Bernardo, A., Di Capua, V., Duraccio, L., Peltrini, R., & Prevede, R. (2022). **Assessment of blood perfusion quality in laparoscopic colorectal surgery by means of Machine Learning.** *Nature Scientific Reports*, 12(1), 1-9.

# #1: Valutazione della qualità della perfusione

## Problema

### Eccessiva sensibilità alle condizioni operative

- » Luminosità ambiente, distanza e angolo della camera endoscopica influenzano i parametri di intensità della fluorescenza del verde di indocianina.

## Soluzione

### Valutare l'intensità della fluorescenza del verde indocianina nel tempo

- » I parametri di afflusso risultano più stabili e più robusti alle variazioni ambientali

## #2: Introduzione dell'aspetto temporale

- » **Proposta:** analisi andamento temporale e diffusione dell'ICG
- » **Parametri di diffusione** (tempo-picco, pendenza):
  - » più robusti ai diversi fattori ambientali (luminosità, distanza telecamera)
  - » significativamente correlati alle perdite anastomotiche

### Strategia operativa

**Utilizzare i parametri di diffusione per addestrare un classificatore della qualità della vascolarizzazione.**

[4] Lütken, C. D., Achiam, M. P., Svendsen, M. B., Boni, L., & Nerup, N. (2020). Optimizing quantitative fluorescence angiography for visceral perfusion assessment. *Surgical Endoscopy*, 34(12), 5223-5233.

[5] Lütken, C. D., Achiam, M. P., Osterkamp, J., Svendsen, M. B., & Nerup, N. (2021). Quantification of fluorescence angiography: Toward a reliable intraoperative assessment of tissue perfusion-A narrative review. *Langenbeck's Archives of Surgery*, 406(2), 251-259.

# #2: Introduzione dell'aspetto temporale

## Nuova architettura



*Le curve intensità di fluorescenza – tempo sono elaborate attraverso algoritmo di machine learning non supervisionato (clustering) e vengono raggruppate secondo la loro somiglianza.*

# #3: Linea ottimale di resezione

**Supportare il chirurgo fornendo un metodo oggettivo per valutare la linea di taglio ottimale per la resezione mediante Machine Learning dell'ICG nella regione dell'anastomosi.**

# #3: Linea ottimale di resezione

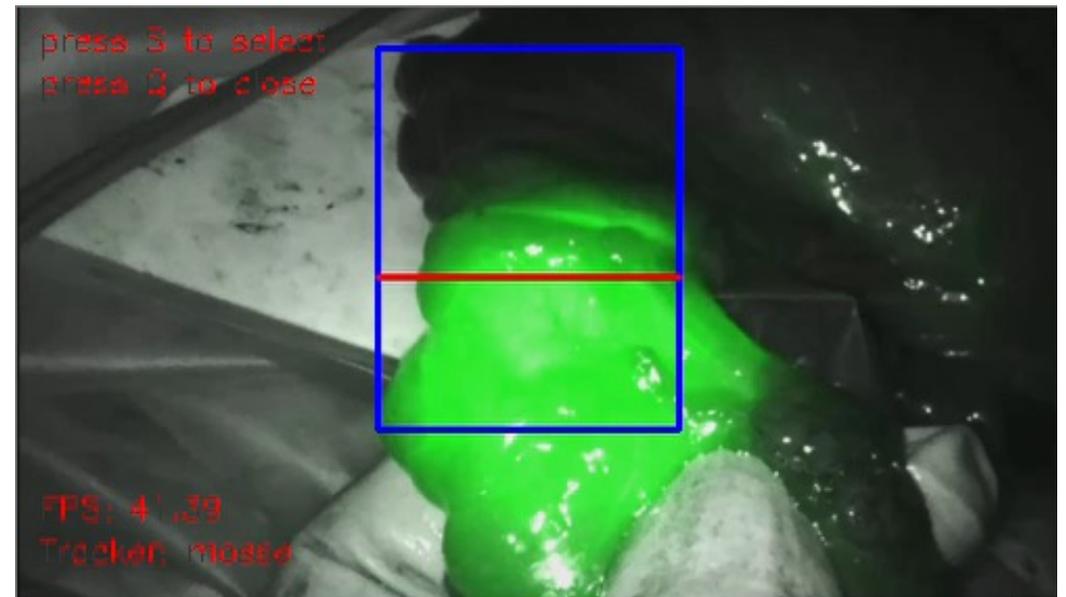


*Rete neurale Feed Forward per suggerire una linea ottimale di resezione classificando tra 20 zone alternative di taglio nella regione di interesse*

# #3: Linea ottimale di resezione

## Validazione sperimentale in sala operatoria

- » Interfacciamento in tempo reale con endoscopio (Olympus Visera Elite II)
- » Analisi e previsione in tempo reale
- » Supporto alla decisione del chirurgo, per la scelta della linea di resezione



# Conclusioni

- » Il machine learning: una soluzione per una valutazione oggettiva della fluorescenza rispetto all'esame visivo da parte del chirurgo (DSS)
- » Analisi automatica e in tempo reale
- » Importanti risvolti clinici:
  - » Prevenzione e riduzione del fenomeno delle perdite anastomotiche
  - » Riduzione rischi per paziente e costi per il sistema sanitario
- » Buoni risultati preliminari, necessario aumentare (e migliorare) dataset per migliorare affidabilità



# *Grazie per l'attenzione!*

[pasquale.arpaia@unina.it](mailto:pasquale.arpaia@unina.it)



# #1: Valutazione della qualità della perfusione

## Problema di Classificazione

Rete Neurale Feed Forward con uno strato nascosto

- funzione di attivazione SoftMax e due neuroni per lo strato di uscita
- regolazione degli iperparametri con convalida incrociata a 10 fold
- metriche utilizzate: accuratezza di classificazione e deviazione standard
- accuratezza media del 99,9 % e una ripetibilità dell'1,9 %.

[3] Arpaia, P., Bracale, U., Corcione, F., De Benedetto, E., Di Bernardo, A., Di Capua, V., Duraccio, L., Peltrini, R., & Prevete, R. (2022). **Assessment of blood perfusion quality in laparoscopic colorectal surgery by means of Machine Learning.** *Scientific Reports*, 12(1), 1-9.

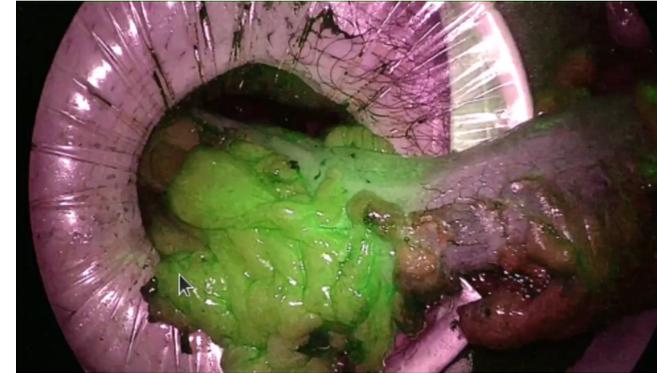
# #1: Valutazione della qualità della perfusione

## Dataset

- 11 video, raccolti ed etichettati dallo staff medico dell' UOC di Chirurgia Generale dell' Azienda Ospedaliera Universitaria Federico II durante la pratica clinica:
  - video, acquisiti direttamente dall'endoscopio durante l'intervento, sono relativi alle porzioni di intestino in cui veniva eseguita l'anastomosi
  - l'angiografia a fluorescenza è stata eseguita con un sistema laparoscopico (Olympus OTV-S300, Olympus Europe SE & Co. KG, Amburgo, Germania)

[3] Arpaia, P., Bracale, U., Corcione, F., De Benedetto, E., Di Bernardo, A., Di Capua, V., Duraccio, L., Peltrini, R., & Prevete, R. (2022). **Assessment of blood perfusion quality in laparoscopic colorectal surgery by means of Machine Learning.** *Scientific Reports*, 12(1), 1-9.

# #1: Valutazione della qualità della perfusione

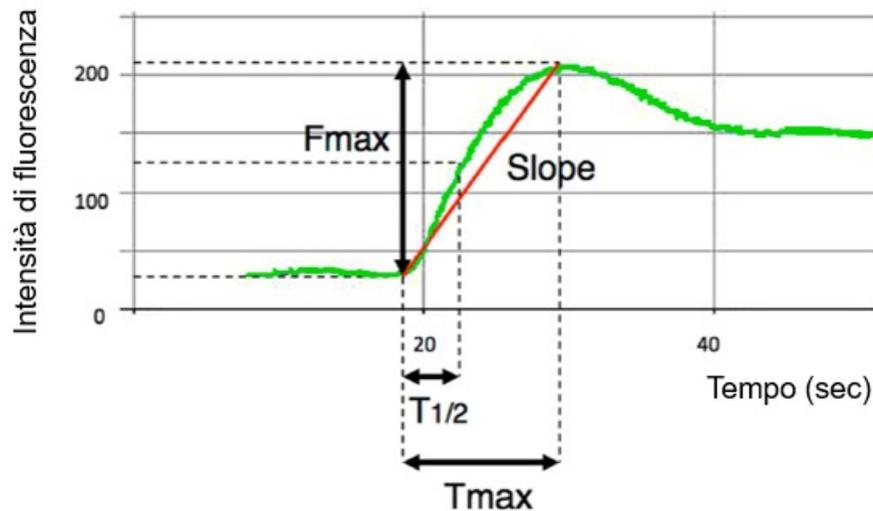


[3] Arpaia, P., Bracale, U., Corcione, F., De Benedetto, E., Di Bernardo, A., Di Capua, V., Duraccio, L., Peltrini, R., & Prevete, R. (2022). **Assessment of blood perfusion quality in laparoscopic colorectal surgery by means of Machine Learning.** *Scientific Reports*, 12(1), 1-9.

# #2: Introduzione dell'aspetto temporale

## Estrazione delle caratteristiche

- Curva intensità di fluorescenza dell'ICG – tempo



- » Fmax : intensità di fluorescenza massima
- » Tmax: intervallo temporale per raggiungere Fmax
- » Slope: pendenza della curva

[6] Diana, M. et al. Intraoperative fluorescence-based enhanced reality laparoscopic real-time imaging to assess bowel perfusion at the anastomotic site in an experimental model. J. Brit. Surg. 102, e169–e176 (2015).

# #3: Linea ottimale di resezione

## Problema di Classificazione

Rete Neurale Feed Forward con due strati nascosti

- funzione di attivazione SoftMax e venti neuroni per lo strato di uscita
- regolazione degli iperparametri con convalida incrociata a 10 fold
- metriche utilizzate: accuratezza di classificazione e deviazione standard
- accuratezza media del 82,74 % e una ripetibilità del 3,23 %.