



**UNIVERSITÀ di PERUGIA**  
**Dip. Scienze Agrarie , Alimentari ed Ambientali**



# **AGRICOLTURA DI PRECISIONE:**

# **COME CAMBIANO LE TECNOLOGIE AGRARIE?**

**Michela Farneselli**, Paolo Benincasa

UR Agronomia e coltivazioni erbacee, [michela.farneselli@unipg.it](mailto:michela.farneselli@unipg.it)



**Agraria Day – Perugia, 22 Ottobre 2016**

# DEFINIZIONE

«un sistema che fornisce gli strumenti per fare la **cosa giusta**, nel **posto giusto**, al **momento giusto**»

(Pierce e Novak , 1999)

cosa giusta  intervento agronomico



# COSA SIGNIFICA PRECISIONE IN AGRICOLTURA?

Significa sapere:

**QUANTO INPUT DARE** - Non di meno    pena cali di produzione  
- Non di più    pena - spreco economico  
- inquinamento

**QUANDO DARLO** - Sincronizzare    tempistica di distribuzione  
con fabbisogno coltura

**DOVE / COME DARLO** - Distribuzione mirata    solo dove serve

# ANDARE OLTRE LA MECCANIZZAZIONE

- AP si distingue dalle tradizionali innovazioni meccaniche per inglobare **forme di sostituzione dell'attività dell'uomo** che **NON** riguardano solo il **lavoro fisico**
- introduzione nelle pratiche di lavoro di forme di **monitoraggio** e **controllo** che alleggeriscono il lavoro mentale dell'operatore (intellettuale)

# LE TECNICHE di AP

- possono riguardare diversi aspetti dell'**automazione** e del **management** informatizzato del processo decisionale
  - hanno elevata modularità legata alla combinazione di diverse componenti hardware e software
1. agricoltura effettuata in modo preciso (precision agriculture)
  2. agricoltura in cui si seguono regole prescrittive (prescription agriculture)
  3. gestione sito specifica dell'agricoltura (site specific agricultural management)

# 1. **AGRICOLTURA** effettuata in **MODO PRECISO** (precision agriculture)

## **Tecniche di guida assistita o semiautomatica dei trattori**

- seguire traiettorie più precise in campo
- migliorano la capacità di lavoro delle macchine
- eliminano le sovrapposizioni che si verificano tra una passata e l'altra
- riducono stanchezza fisica e possibilità errore in task ripetitivi
- basate su sistemi informativi molto semplici
- non è richiesta molta abilità informatica all'operatore

## Sovrapposizioni complessive

Fonte: Tamagnone et Al.



Fonte: uniMi, materiale didattico TIE

## 2. AGRICOLTURA che segue REGOLE PRESCRITTIVE (prescription agriculture)

**Tecnologie automazione guida dei mezzi semoventi e regolazioni DPA (Distribuzione Proporzionale all'Avanzamento)**

- garantire costanza delle dosi
- modificare la larghezza di lavoro delle macchine distributrici per adeguarla a quella dei campi
- interrompere l'erogazione di sementi, concimi e fitofarmaci in testata per evitare sovrapposizioni
- regolare la distribuzione in base a rilievi diretti in campo in tempo reale del vigore vegetativo impiegando appositi sensori montati sulle macchine

### 3. GESTIONE SITO SPECIFICA dell'AGRICOLTURA (sito-specific agricultural management)

**Tecnologie software ed hardware per l'erogazione di sementi, concimi e fitofarmaci a dose variabile (VRT) in base alle specifiche esigenze di aree di lavoro su scala di sub-appezzamento**

- ✓ campi di dimensioni rilevanti con elevata variabilità appezzamento
- ✓ trattare in modo differenziato singole aree omogenee di terreno
- ✓ efficace e preventiva attività di management informatizzato eseguita da personale specializzato



Le recenti innovazioni tecnologiche portano ad un ampliamento delle opportunità di applicazione dell'AP:

«una gestione aziendale (agricola, forestale e zootecnica) basata sull'**osservazione**, la **misura** e la **risposta** dell'insieme di variabili quanti-qualitative che intervengono nell'ordinamento produttivo al fine di definire, dopo analisi dei dati sito-specifici, un **sistema di supporto decisionale**»

Obiettivo: **ottimizzare i rendimenti** nell'ottica di una **sostenibilità avanzata di tipo climatica ed ambientale, economica, produttiva e sociale**

# COME FUNZIONA L'AP

AP prevede quattro fasi attuative:

1) **monitoraggio** di dati (ambientali, produttivi, pedologici, meccanici, ecc.)

2) **elaborazione**

3) **analisi e valutazione**

4) **utilizzo**

- **gestione sostenibile delle risorse** (fertilizzanti e nutrienti, sementi, prodotti fitosanitari, carburanti, acqua, suolo, ecc.) **per mezzo del controllo delle macchine che le gestiscono**

- **tracciabilità dei processi e delle materie prime**

# APPLICAZIONI

I **sistemi colturali erbacei**, in particolare quelli basati su colture cerealicole, sono stati quelli in cui le tecnologie riconducibili all'AP si sono sviluppate per prime

- appezzamenti di dimensioni medio-grandi
- spesso scarsa efficienza della gestione agronomica uniforme nello spazio e nel tempo

Altre applicazioni

- **Sistemi colturali arborei**
- **Viticultura**
- **Selvicoltura**
- **Zootecnica**

# COMPONENTI TECNOLOGICHE

## Tecnologie elettroniche di base

- ✓ acquisizione del dato (monitoraggio)
- ✓ impiego dell'informazione nel contesto produttivo (controllo operativo)

## Tecnologie di posizionamento

- ✓ localizzare l'informazione all'interno di un sistema spaziale di riferimento

## Tecnologie informatiche hardware

- ✓ gestione fisica delle informazioni (visualizzazione, modifica e trasmissione dei dati)
- ✓ “calcolatori” e reti e sistemi di comunicazione

## Tecnologie informatiche software

- ✓ gestione delle informazioni (archiviazione e elaborazione) attraverso «programmi»
- ✓ interfacciare le funzionalità digitali dell'hardware con le forme di comunicazione proprie degli utenti “umani” finali

# SENSORISTICA

**Sensori:** dispositivi che rilevano i valori di una grandezza fisica (temperatura, pressione, umidità...), o i suoi cambiamenti, per trasmetterli direttamente ad un:

- sistema di regolazione e controllo
- sistema di regolazione e controllo e datalogger per la registrazione
- datalogger per la registrazione ai fini del successivo utilizzo in forme di management informatizzato

**NB: INTERPRETAZIONE e VALIDAZIONE/CALIBRAZIONE** con analisi laboratorio/strumentazioni tradizionali

# Applicazioni di misure e sensori per l'AP

## MONITORAGGIO AMBIENTALE:

- umidità suolo
- proprietà fisiche suolo
- configurazione superficiale
- contenuto s.o.

Tipologia misura:

- ottica
- dielettrica
- elettromagnetica
- meccanica
- elettromeccanica



# Applicazioni di misure e sensori per l'AP

## MONITORAGGIO CULTURALE

- presenza infestanti
- quantità biomassa / sviluppo fogliare
- vigore e/o stato fitopatologico
- flussi/umidità di granella
- contenuto proteico biomassa

### Tipologia misura:

- ottica
- acustica
- magnetica
- elettromagnetica
- dielettrica



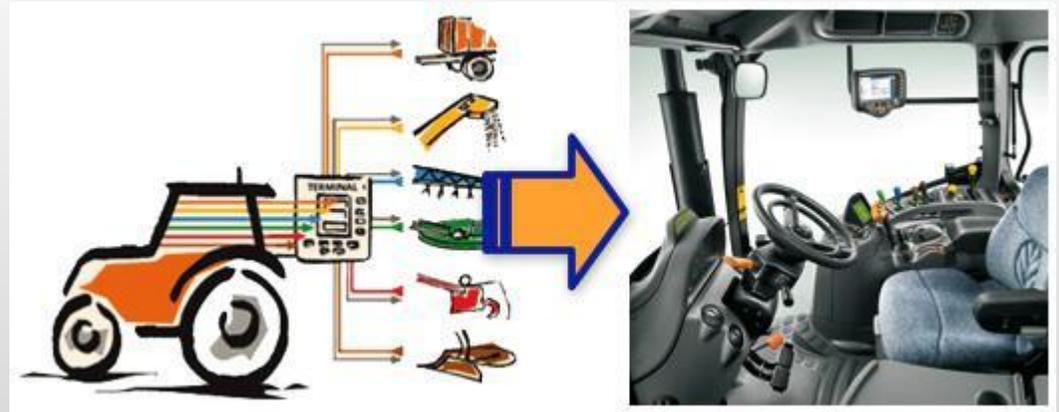
# Applicazioni di misure e sensori per l'AP

## MONITORAGGIO E CONTROLLO OPERATIVO

- trattore o semovente
- macchine agricole
- macchine distribuzione liquido
- macchine distribuzione solidi
- concentrazione soluti distribuiti

### Tipologia misura:

- magnetica
- elettromagnetica
- resistiva
- orologio
- dielettrica



# SENSORISTICA

## Sensori prossimali o terrestri (*proxymal sensing*)

- eseguono la misura a distanze minime (1-2 m) o tramite il contatto diretto con il suolo
- maggior precisione e un più semplice utilizzo
- portatili o montati su trattore

## Sensori aerei (*remote sensing*)

- ✓ **misure non distruttive** su ogni singola pianta e ripetute
- ✓ **non richiedono contatto col campione** esaminato
- ✓ basati **su fenomeni istantanei**, permettendo misure rapide ed idonee a essere effettuate anche da veicoli in movimento
- ✓ possono essere a luce passiva o a luce attiva
- ✓ misure puntuali degli indici vegetazionali

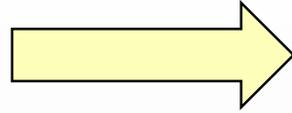
# Esempio: MAPPATURA RESE CEREALI

- ✓ Elevato grado maturità tecnologica
- ✓ Buona diffusione commerciale
- ✓ Per PESATURA della granella
- ✓ Per UMIDITA' del prodotto

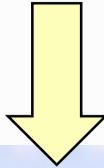


# SENSORI OTTICI PER TELERILEVAMENTO (remote sensing)

- da satellite

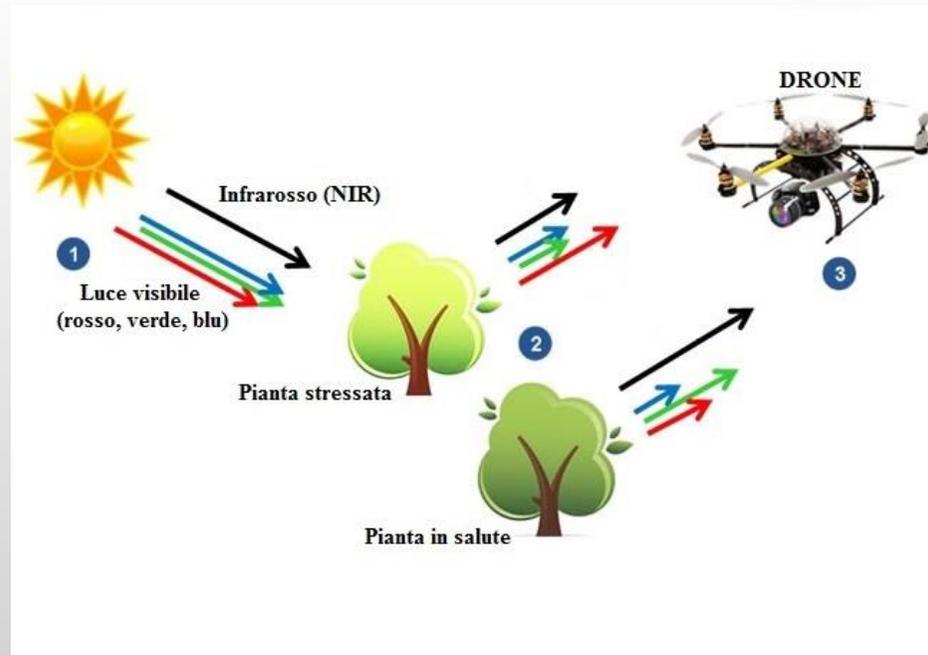


- da drone

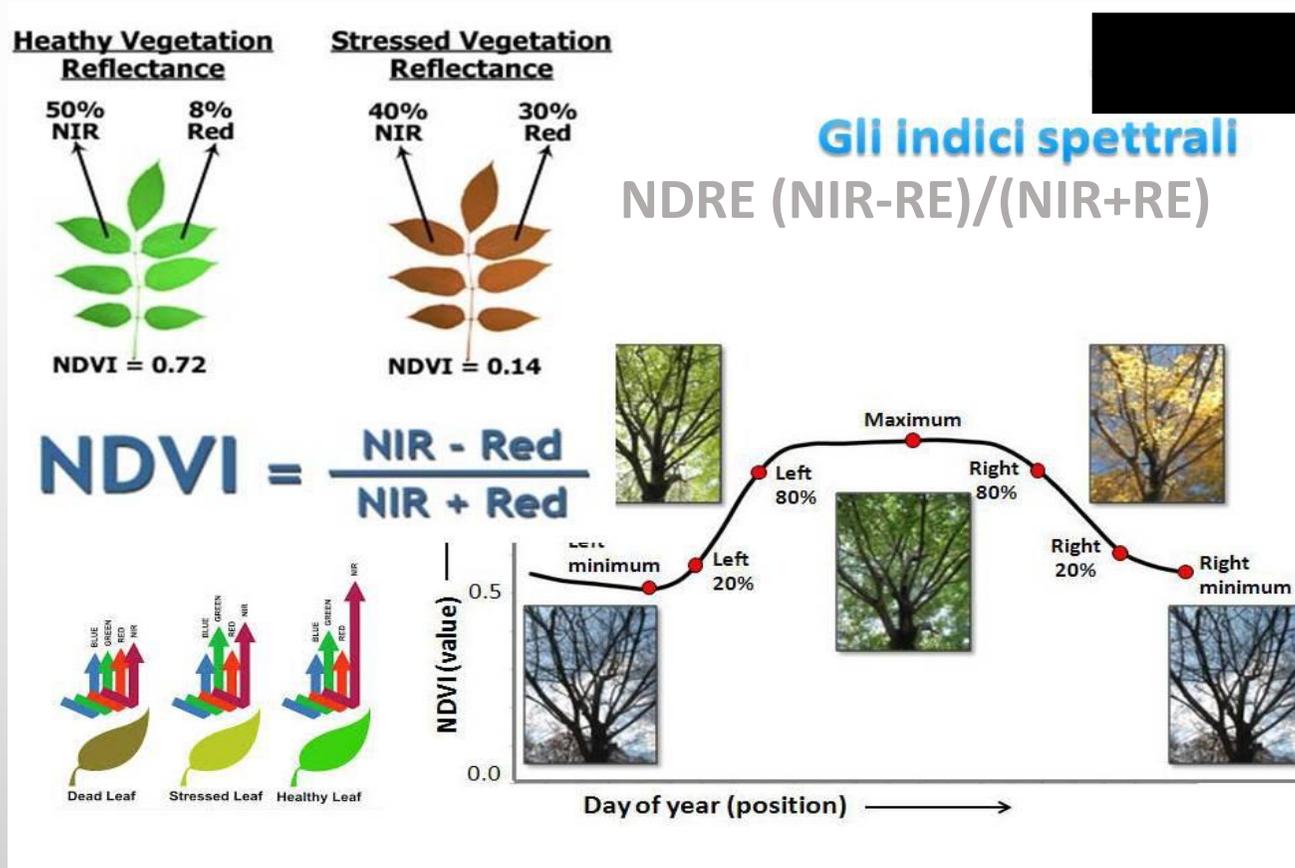


valutare otticamente lo stato fisiologico delle colture basandosi sulle modificazioni che la radiazione luminosa subisce incidendo sulla pianta e interagendo coi suoi tessuti

- ✓ scambi di energia tra vegetale sano e ambiente dipendono dallo stato fitosanitario delle sue cellule
- ✓ alterazione metabolica: sensibile diminuzione di riflettanza nell'infrarosso vicino accompagnata sia da un aumento del calore emesso, sia da un contestuale variazione di riflettanza nelle bande spettrali del verde e del rosso



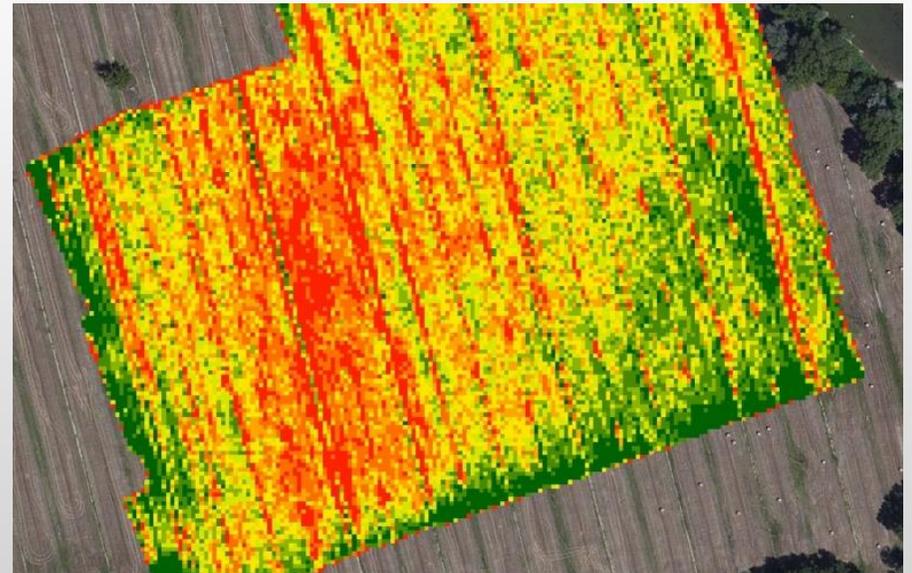
- proprietà utilizzabili per valutare lo stato fisiologico della vegetazione
- rilievi relativi solo ad alcune lunghezze d'onda
- calcolo **indici vegetazionali** (NDVI e NDRE) che tengono conto dei rapporti tra le diverse misure effettuate



# Mappe prescrittive

- ✓ dati acquisiti spazializzati in mappe tematiche (es mappa di vigore NDVI), suddividendo l'escursione di vigoria in classi
- ✓ per ciascuna classe di vigore, la coltura ha caratteristiche vegeto-produttive analoghe e simili fabbisogni nutrizionali
- ✓ associazione della dose commisurata alle esigenze di ciascuna classe
- ✓ tecnologie distribuzione a rateo variabile

**Mappa di vigoria (NDVI) su frumento  
(rilevamento da drone)**



# Attuatori

- ✓ qualunque dispositivo di un sistema di controllo che effettua una regolazione automatica
- ✓ dispositivi idraulici o elettromeccanici dotati della potenza meccanica necessaria per intervenire sull'apparato regolato, apportando le correzioni previste, all'interno di tempi prefissati (frazioni di secondo)
- ✓ comportamento è integralmente impostato dal microprocessore

## **ESEMPIO: tecnologie a dosaggio variabile (VRT, Variable Rate Technologies)**

sistemi a servizio delle operatrici adibite alla distribuzione dei fattori in grado di garantire un dosaggio costante, impostabile manualmente o elettronicamente, indipendentemente dalla velocità di avanzamento dei mezzi

# Costo ~

	<p>“Gratis”</p> <p>~0.01 €/ha*</p> <p>~0.3 €/ha*</p>	   <p>RAPIDEYE</p>  
	<p>~60 €/ha</p> <p>~70-120 €/ha</p>	 <p>S110 NIR</p>  <p>TETRACAM INC</p>  <p>MULTISPEC 4C</p>
	<p>~4-15 €/ha*</p>	 <p>N-Sensor</p>  <p>GreenSeeker</p>  <p>Crop Circle</p>  <p>CropSpec</p>

fonte: Linee Guida Per Lo Sviluppo dell'agricoltura Di Precisione In Italia, MIPAAF.

# Requisiti tipologia dati per AP a seconda dell'operazione agronomica

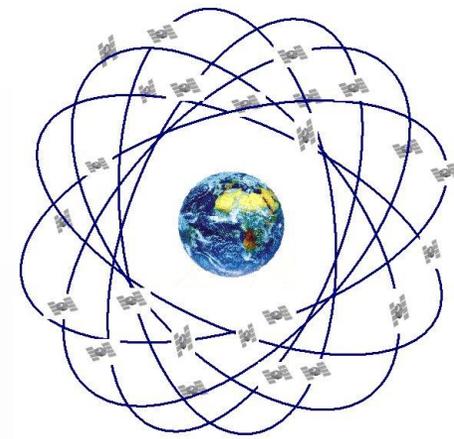
<b>Tecnica agronomica</b>	<b>Frequenza temporale richiesta, tempestività</b>	<b>Risoluzione spaziale richiesta</b>	<b>Risoluzione spettrale richiesta</b>
Fertilizzazione	Elevata, soprattutto per conc. azotata	Media (10-20 m in funzione dello spandiconcime)	Media-elevata
Trattamenti fitosanitari	Elevata	Elevata (cm)	Elevata
Diserbo	Elevata	Elevata (cm)	Elevata
Irrigazione	Elevata	Media (in funzione del metodo irriguo)	Media (IR termico)
Semina	Bassa	Media (in funzione della seminatrice)	Media-elevata
Lavorazioni	Bassa	Media (in funzione dell'attrezzatura)	Media-elevata

fonte: Linee Guida Per Lo Sviluppo dell'agricoltura Di Precisione In Italia, MIPAAF

# Stato dell'arte sensoristica

	 Non praticabile  sperimentale  operativa		
Tecnica agronomica	Satellite 	Drone 	Sensore prossimale 
Fertilizzazione	concim. azotata 	 	concim. azotata 
Trattamenti fitosanitari			
Diserbo	 	Pre-semina  Post-emergenza	✓ in pre-semina (su sodo) 
Irrigazione	 	???	
Semina		???	
Lavorazioni		???	

# Sensori di posizionamento satellitari



- ✓ la misura della posizione delle macchine in campo a mezzo di sistemi satellitari è quella che attualmente garantisce la miglior flessibilità d'uso a costi sostenibili
- ✓ spesso – erroneamente – si tende a far coincidere il concetto di posizionamento satellitare con il concetto stesso di agricoltura di precisione
- ✓ benché accurati, i diversi ricevitori GPS possono essere affetti da errori sensibili (2-10 m)

# Correzioni posizione GPS

**DGPS (correzione differenziale):** consente precisioni centimetriche anche su veicoli in movimento

Compara gli errori del ricevitore sul veicolo con quelli di un analogo ricevitore operante in postazione fissa di coordinate note

Può essere applicata:

- in *post-processing*: correzioni in tempi successivi ai rilievi
- in *real time*: correzioni applicate durante i rilievi (necessita di comunicazione tra ricevitori)

**RTK (Real Time Kinematic):** soluzione con migliori prestazioni su veicoli in movimento

- si conseguono accuratazze centimetriche
- maggiori costi (acquisto secondo ricevitore)
- utilizzato nella guida automatica dei trattori o delle macchine operatrici con individuazione automatica dei punti di rilascio a terra del prodotto

- ✓ reti locali, pubbliche o private in modulazione di frequenza (FM)
- ✓ internet impiegando la rete mobile (scarsa copertura in aree agricole)
- ✓ segnali di correzione trasmessi via satellite attraverso servizi pubblici (EGNOS) o privati (Racal, Omnistar, John Deere)

