

Le prospettive della digitalizzazione per lo sviluppo sostenibile del territorio rurale

Gianluca Brunori, Leonardo Casini, Alessandra Di Lauro, Francesco Di Iacovo, Pietro Piccarolo, Alberto Pardossi, Giovanni Rallo, Anna Vagnozzi, Marco Vieri

1. Introduzione

Con il presente documento il Comitato consultivo sulla digitalizzazione agricola dell'Accademia dei Georgofili intende proporre un quadro concettuale, alcuni elementi di evidenza empirica e le prime riflessioni sulle prospettive per la digitalizzazione in agricoltura e nelle aree rurali. I contenuti del documento sono orientati agli obiettivi delle politiche europee (Council of the European Union, 2020) e nazionali (Dipartimento per le Politiche Europee, 2021), i quali mostrano una forte attenzione nei confronti dei processi di trasformazione digitale: chiave della modernizzazione sostenibile dell'agricoltura e delle aree rurali.

1.1. Lo stato della digitalizzazione rurale in Italia

Come noto, l'Italia si posiziona agli ultimi posti in Europa per livello di digitalizzazione. Questa non incoraggiante posizione è legata soprattutto alla componente umana dell'indicatore usato nel report europeo sulla digitalizzazione (DESI, 2020), come illustrato nella figura 1.

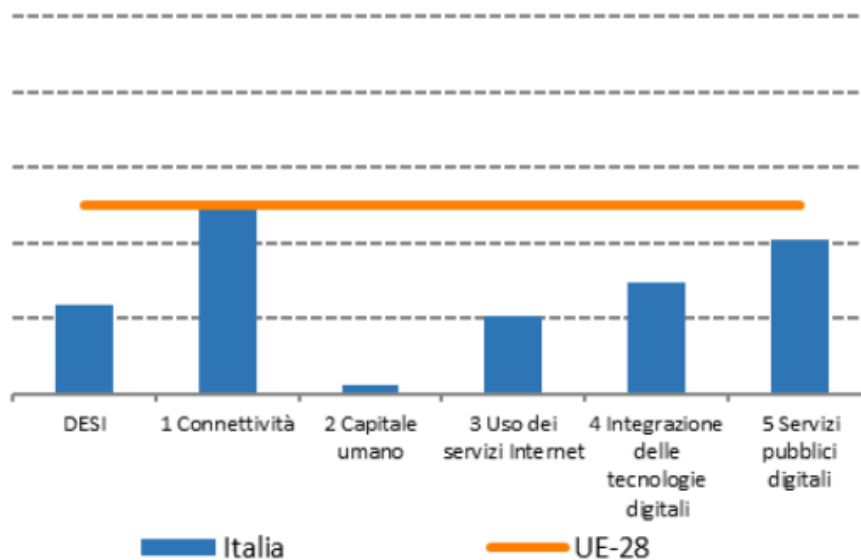


Figura 1 – Indicatori di digitalizzazione per l'Italia (Fonte: DESI 2020)

Inoltre, la carenza di dati sullo stato della digitalizzazione in aree rurali non consente una valutazione precisa del livello di divario-digitale (digital-divide) rispetto alle aree urbane in Italia. La figura 2a-c mostra, in accordo alla carta italiana delle zone rurali, come sia la copertura 4G, ovvero l'infrastruttura mobile che consente una velocità adeguata di connessione, sia le varie tecnologie di connessione fissa, coprono una porzione di territorio ancora limitata ai centri abitati, mentre ampie aree rurali non godono di alcuna copertura.



Figura 2 – Mappa della copertura 4G a) e fissa b) (Fonte: AGcom, www.maps.agcom.it) e delle aree rurali italiane (Fonte: Rete rurale nazionale, www.reterurale.it)

Nonostante l’alta offerta di soluzioni digitali da parte di imprese specializzate in IOT, in accordo all’ultima rilevazione ISTAT del 2016, solo un quinto delle aziende agricole italiane faceva uso di apparecchi elettronici e il controllo digitale della gestione o per la comunicazione e promozione era limitato al 5% del campione di indagine (Tab. 1).

Tabella 1 - Percentuale di aziende Agricole che utilizzano tecnologie digitali (Fonte: ISTAT SPA 2016, www.ISTAT.it)

Regione	Uso apparecchi elettronici (PC, Smartphone, tablet)	Uso connessioni internet	Uso software per controllo gestione	Uso web per comunicazione e promozione
Italia	19	18	5	5

Il Policy Brief del CREA in preparazione del Piano Strategico Nazionale per lo sviluppo rurale (Rete Nazionale Rurale, 2021) riporta, sulla base di un campione analizzato dall’osservatorio Smart-agrifood del Politecnico di Milano (www.osservatori.net), dati che mostrano l’incidenza delle principali tecnologie in ambito agricolo. Le macchine ‘intelligenti’ rappresentano il 39% delle tecnologie adottate, seguite dai software gestionali (20%) e dai macchinari connessi (14%).

I dati sopra riportati, ancora molto scarsi rispetto alle esigenze di un’analisi attenta di questi processi, mostrano un evidente ritardo del sistema italiano osservato in un contesto europeo. Considerando la sua importanza, la digitalizzazione deve diventare una priorità per tutto il sistema, essere perseguita attraverso uno sforzo eccezionale, mettendo in pratica politiche attive per rimediare ai fallimenti del mercato e al tempo stesso indirizzare il sistema su percorsi che leghino la digitalizzazione allo sviluppo sostenibile delle aree rurali.

Occorre superare l’attuale digital-divide che penalizza le aree rurali intervenendo sia nelle aree grigie e soprattutto nelle aree bianche¹, per le quali creare una connettività a banda larga o ultralarga è richiesto l’intervento economico dell’Ente pubblico, in quanto nessun operatore del settore è disponibile a intervenire. Vanno poi ridotti il numero e i tempi per l’autorizzazione di una infrastruttura a banda ultralarga nelle aree rurali.

1.2. La digitalizzazione nelle aree rurali e in agricoltura: le potenzialità

Le tecnologie digitali cambiano un grande numero di aspetti della vita quotidiana, dalla comunicazione alla mobilità, dallo shopping al tempo libero, dalla cura all’intrattenimento. Questi aspetti, che all’indomani della pandemia hanno accelerato la loro evoluzione, sono destinati a

¹ Secondo la Classificazione della Commissione Europea, le aree nere sono quelle in cui è prevista la presenza nei prossimi tre anni di almeno due reti a banda ultralarga di operatori diversi; le aree grigie sono quelle in cui la presenza nei prossimi tre anni di una sola rete a banda ultralarga; le aree bianche, quelle in cui non sono previsti investimenti privati per banda ultralarga nei prossimi tre anni

cambiare profondamente le modalità di lavoro, di residenza, di consumo. Per le aree rurali la digitalizzazione può essere lo strumento per il superamento dei limiti per lo sviluppo, dovuti principalmente a tre elementi fondamentali: grado di disagi fisici, sensibilità ambientale e svantaggi socio-economici (ENRD, enrd.ec.europa.eu). I servizi digitali – il telelavoro, la telemedicina, l'e-commerce, l'e-government – potrebbero consentire a molti di risiedere nelle aree rurali senza soffrirne i disagi limitanti dello sviluppo, e strategie di sviluppo imperniate sulla digitalizzazione potrebbero riequilibrare i rapporti città-campagna.

In agricoltura la digitalizzazione promette molti cambiamenti positivi. Prima di tutto consente un salto di qualità nell'accesso alle informazioni e nella comunicazione sociale. Per quello che riguarda gli aspetti produttivi, la digitalizzazione consente il miglioramento dell'efficienza, la riduzione del consumo di mezzi di produzione, la possibilità di prevenire le avversità biotiche e abiotiche alle colture, il potenziamento degli strumenti di analisi della qualità, la disintermediazione commerciale, la possibilità di curare l'immagine aziendale e sponsorizzare i relativi prodotti a costi limitati, la riduzione dei costi di transazione con le amministrazioni e con le altre imprese. L'automazione dei processi produttivi consente di liberare il lavoro fisico dalle operazioni più faticose e rischiose.

Nella zootecnia le applicazioni digitali consentono un monitoraggio in tempo reale delle condizioni di salute e di benessere degli animali, registrano i livelli di ingestione degli alimenti e la produzione di latte, consentono elevati livelli di automazione, permettono la sorveglianza negli spazi aperti, una migliore gestione epidemiologica della presenza degli animali sui territori e un più accurato controllo di aspetti legati alla tracciabilità e rintracciabilità delle produzioni, oltre che della programmazione delle attività di filiera sui territori e nei mercati.

Nelle colture in pieno campo sono da tempo disponibili sul mercato macchine 'intelligenti', che raccolgono una grande quantità di dati, consentono la comunicazione tra tutte le componenti di un sistema, compreso il software, e svolgono funzioni come la guida assistita e la concimazione a rateo variabile. Sono già sul mercato sistemi per la guida autonoma o per operazioni come il diserbo, e 'Internet delle cose' consentirà di integrare i dati raccolti da reti di sensori con software gestionali in grado di supportare le decisioni in ambito colturale. L'intelligenza artificiale consente il riconoscimento delle patologie vegetali e l'indicizzazione della qualità dei frutti attraverso analisi delle immagini multispettrali acquisite sul target investigato.

Nelle colture protette, dove la digitalizzazione si è affermata in modo precoce, il controllo dei processi produttivi riguarda soprattutto l'irrigazione, la concimazione (fertirrigazione e uso di concimi definiti specialty, ad es. concimi a rilascio controllato), la difesa antiparassitaria (monitoraggio dello stato di salute delle colture) e il controllo 'intelligente' delle condizioni ambientali in serra attraverso gli impianti di climatizzazione (riscaldamento, raffrescamento, ombreggiamento, concimazione carbonica ecc.).

In ambito irriguo, la digitalizzazione ha impattato notevolmente sui due principali protocolli di gestione irrigua applicabili sia alla scala locale (pianta, azienda) sia distribuita (azienda, comprensorio). Il primo protocollo di gestione utilizza strumenti digitali a base modellistica (gestione basata sulle previsioni), i quali risolvono il bilancio idrico di massa e/o di energia delle superfici vegetate e restituiscono informazioni concernenti le variabili irrigue. Il secondo protocollo di gestione utilizza strumenti digitali a base sensoristica (gestione basata sul controllo retroattivo), solitamente specializzati nel monitoraggio del contenuto idrico del suolo. L'implementazione dei suddetti protocolli, unitamente ad una automazione degli impianti irrigui, porta ad un notevole guadagno di efficienza nell'uso della risorsa idrica ed energetica aziendale e, inoltre, potrebbero potenzialmente annullare il numero di ore uomo da destinare alle manovre idrauliche.

In ambito rurale, le tecnologie digitali possono anche aiutare a prevedere, prevenire e mitigare i principali danni prodotti dalle calamità naturali e/o antropiche: alluvioni, inquinamento, siccità e incendi. Applicazioni di modelli previsionali del rischio o decisionali della pratica, unitamente ad una consapevolezza locale (sensori ambientali) e/o distribuita (mappe di prescrizione e/o da immagini telerilevate) dei domini delle forzanti, possono attualmente istruire gli operatori (inclusi anche dei robot) nella salvaguardia o nel ripristino ambientale del sito.

Le tecnologie digitali possono inoltre facilitare lo sviluppo del turismo attraverso la disintermediazione dell'offerta turistica, l'integrazione tra le imprese del territorio e la fornitura di informazioni e servizi innovativi funzionali per una fruizione sostenibile dei siti. Il sistema per la fruizione sostenibile del sito implementerà mappe interattive, strumenti di realtà aumentata e di realtà virtuale in modo da integrare la fruizione turistica arricchendo l'offerta, allungando i periodi di permanenza e migliorando l'accessibilità al prezzo dei servizi.

La Tabella 3 mostra alcune delle possibili applicazioni delle tecnologie digitali offerte in ambito agricolo e rurale.

Tabella 3 – Possibili applicazioni delle tecnologie digitali in ambito agricolo e rurale

Tecnologia digitale	Esempio in aree rurali	Esempio in agricoltura	Impatto in aree rurali	Impatto in agricoltura
Social media e social network e tecnologia basata sul web	Accesso ai servizi online e connessione con il mercato		Accesso all'informazione	
			Accesso dei consumatori agli esercizi commerciali	Accesso dei consumatori alle aziende agricole
			Accesso all'amministrazione; Socializzazione; telelavoro	Apprendimento peer-to-peer
Rilevamento locale e remoto	Capacità di monitoraggio avanzate in aree d'interesse e poco accessibili	Capacità di monitoraggio avanzate applicate alle colture e al bestiame	Informazione dettagliata nel tempo e nello spazio; Previsione più accurata e prescritta del sistema; Azioni calibrate e prescritte nello spazio e nel tempo	
Cloud/edge computing	Monitoraggio e gestione a controllo retroattivo di siti sensibili del territorio	Gestione esperta dei processi produttivi time-sensitive	Migliore supporto in tempo reale e riduzione della latenza decisionale agli scenari sensibili	Automazione dei processi produttivi a controllo retroattivo; Migliore supporto agli scenari sensibili in tempo reale grazie alla continuità del servizio
			Maggiore resilienza	
Analisi dei dati	Informazioni provenienti da dati raccolti per supportare il processo decisionale		Maggiore produttività; Riduzione delle perdite e ottimizzazione degli input; Miglioramento dei servizi e delle attività di monitoraggio e intervento	
	Modellazione multifunzionale del paesaggio	Modellazione integrata dei sistemi agrari		
Registro distribuito (in alcuni casi indicato anche come blockchain)	Tracciabilità e contratti intelligenti; Assicurazioni		Riduzione dei costi di transazione; Creazione di fiducia nella catena del valore	
Realtà aumentata / realtà virtuale (AR/VR)	Strumenti di istruzione, formazione e di supporto alle decisioni; Lettura del territorio; Strumenti di intrattenimento		Integrazione dell'informazione e attrazione turistica	Integrazione di informazioni nel processo decisionale; Migliore conoscenza dell'ecosistema

			aziendale e dei rischi aziendali
CAD e Stampa 3D	Progettazione e stampa di parti personalizzate e piccole attrezzature		Decentramento industriale Decentramento della tecnologia;
Intelligenza artificiale	Sistemi computazionali per il bigdata; Sistema di supporto alle decisioni; Simulazione di scenari di sviluppo		Comunicazione con la pubblica amministrazione; Sistemi di sorveglianza e di allarme con riferimento a siti sensibili Efficientamento delle risorse aziendali; Riduzione dei costi di produzione
	Sistemi intelligenti per la pianificazione	Sistemi di riconoscimento delle condizioni critiche della coltura	
Sistemi autonomi e robotica	Sistemi per il trasporto	Sistemi per la raccolta dei dati e l'esecuzione autonoma delle pratiche agricole; Potenziamento delle capacità fisiche degli operatori	Gestione dei rifiuti; Mobilità locale Migliore conoscenza dell'agroecosistema e degli animali allevati; Riduzione del costo del lavoro; Sostituzione di lavori sgradevoli/pericolosi, e possibilità di gestire processi in assenza di manodopera

1.3. La digitalizzazione nelle aree rurali e in agricoltura: le barriere

Di fronte alle potenzialità delle tecnologie digitali esistono evidenti barriere alla digitalizzazione. Queste barriere sono di tre tipi:

- i fattori che ne limitano l'accesso,
- la rispondenza delle tecnologie alle reali esigenze degli utenti,
- la limitata comunicazione tra tecnologie.

I fattori che limitano l'accesso degli utenti alle tecnologie digitali possono essere di natura fisica (la connettività), cognitiva (le competenze necessarie per accedervi) ed economica (il costo). In agricoltura e nelle aree rurali le tre dimensioni dell'accesso concorrono a mantenere e in qualche caso ad aumentare il digital-divide. Inoltre, considerando che i processi di innovazione tecnologica hanno una crescita esponenziale nel tempo (Kurzweil, 2012), è necessario considerare che la persistenza di questi fattori di disuguaglianza contribuiranno sempre in maggior misura all'aumento del divario digitale.

Per ciò che riguarda la progettazione delle tecnologie, bisogna distinguere tra le tecnologie che si adattano in modo consistente con le pratiche correntemente adottate e le tecnologie che richiedono un cambiamento di tali pratiche. Nel primo caso, in cui ad esempio l'innovazione è incorporata in un prodotto o servizio 'migliorato' rispetto a quello normalmente in uso, come nel caso delle macchine a guida satellitare, i benefici sono chiari così come è chiaro agli utenti il rapporto tra tali benefici e i costi. Il ricorso alla digitalizzazione è ricercato quando il valore aggiunto è evidente come nel caso della mitigazione dei rischi dovuti a patologie soprattutto nella filiera viticola dove centraline e DSS sono ormai una dotazione accreditata. Tuttavia, i sistemi sono spesso complicati e agli agricoltori non ne sfruttano completamente le possibilità. Ad esempio, i cosiddetti 'computer climatici' che ormai stanno alle serre come i navigatori alle automobili (cioè fanno parte della dotazione di base e non sono optional) sono spesso utilizzati nelle funzioni di base, cioè come una semplice centralina come quelle che utilizziamo in casa per regolare l'accensione dell'impianto di riscaldamento nelle 24 h. Nel secondo caso, invece, i benefici che le tecnologie digitali possono generare dipendono da un ripensamento dell'organizzazione aziendale, un ampliamento delle competenze, se non addirittura da un cambiamento del modello di business. In altre parole, l'adozione delle tecnologie digitali non si

riduce all'acquisto di alcuni strumenti, ma arriva alla fine di una vera e propria rivoluzione culturale nel modo di gestire un'azienda. Appare quindi opportuno analizzare la adeguatezza dell'innovazione al contesto ospite, che nel caso degli ecosistemi agricoli non può ridursi ad un semplice confronto economico centrato sulla riduzione dei costi, ma deve includere l'adeguamento a richieste di valore aggiunto intangibile (sostenibilità ambientale e sociale, salvaguardia e miglioramento delle acque, dell'aria e del suolo, sicurezza e benessere collettivo).

Il terzo fattore limitante è rappresentato dalla necessità di coordinare le tecnologie e le competenze necessarie al loro utilizzo. A questo si aggiunge il fatto che fra le molte proposte di innovazione, la maggior parte risultano non mature e non supportate da servizi e competenze ancillari quanto essenziali. Molte aziende lamentano la dipendenza dal fornitore: non è possibile rivolgersi ad altre aziende per risolvere problemi anche, all'apparenza, banali. In certi casi il fornitore italiano installa dispositivi di ditte straniere e quindi si origina una sorta di dipendenza multipla. Spesso, soprattutto per quanto riguarda il controllo dell'irrigazione e della fertirrigazione, si usano sistemi che sono poco più che prototipi, presentati come soluzioni tailor-made e sviluppati da piccole aziende (talvolta start-up). Sono dispositivi molto simili concettualmente ma si fa fatica a trovarne due uguali per le parti hardware e software; dopo qualche anno non si trovano più i pezzi di ricambio, aggiornamenti del firmware per l'interfacciamento o addirittura non c'è più l'azienda che ha installato il dispositivo.

Un grave problema a livello di operatività in campo e altre strutture produttive è la non normalizzazione e interconnettività dei sistemi e delle applicazioni, legata al fatto che viene usato software proprietario. Il problema deve essere affrontato con il criterio di uno sviluppo dell'innovazione che sia territoriale e che veda coinvolto tutto l'ecosistema legato all'impresa agraria: i costruttori fornitori di prodotti, i fornitori di servizi, le infrastrutture, i consulenti, il sistema educativo formativo per il capitale umano, la governance.

1.4. La digitalizzazione nelle aree rurali e in agricoltura: i rischi

Oltre alle potenzialità che l'applicazione delle tecnologie digitali offrono, è importante analizzarne i limiti e i possibili rischi, che possono essere distinti in rischi che possono avere risvolti tecnici, economici e sociali, legali. Tra i profili problematici che emergono più spesso si possono sottolineare quelli riguardanti:

- la vulnerabilità dei dati e dei sistemi informatici;
- la trasparenza e/o l'oscurità della tecnica, dei metodi e dei risultati;
- la maturità o meno degli strumenti disponibili sul mercato;
- la validazione delle tecniche e dei risultati;
- la democraticità degli strumenti e degli impieghi anche in termine di accesso e di condivisione delle impostazioni e dei risultati;
- la "maternità" e titolarità dei dati, l'autonomia da parte degli utenti nella gestione dei sistemi; la perdita e/o lo sviluppo di conoscenza, la decentralizzazione e/o l'accentramento delle conoscenze, l'accettabilità sociale delle tecniche.

È bene ricordare che molte delle soluzioni digitali ed oggi funzionali alla agricoltura sono state brevettate, ingegnerizzate e poi applicate in settori ben diversi dal settore primario. Pertanto, il mondo rurale e l'agricoltura devono essere in grado di saper armonizzare l'enorme flusso di soluzioni innovative digitali che molto spesso le industrie produttrici (comprese quelle militari e aerospaziali) restituiscono al pubblico dopo che queste siano diventate obsolete dal punto di vista funzionale e hanno perso i diritti di proprietà intellettuale. L'introduzione di tecnologie ad alto grado di innovazione in ambito rurale, molto spesso, ha bisogno di un lungo periodo di adattamento, al contrario di come accade invece in altri settori come quelli per la quale la soluzione innovativa è stata studiata. L'impossibilità di osservare un netto ritorno in termine di progresso è legata, oltre che alla complessità fisica del sistema rurale, anche dalla multifunzionalità dello stesso, la quale include contesti molto diversificati e che poco si adattano all'introduzione di soluzioni rigide.

2. La digitalizzazione come cambiamento sistemico: le condizioni per una transizione sostenibile

Gli effetti dell'adozione delle tecnologie digitali non dipendono solo da come sono progettate, ma anche da come si inseriscono nei sistemi sociali, economici ed ecologici. Le potenzialità delle tecnologie digitali stanno soprattutto nella possibilità di riorganizzare completamente i processi, e la riorganizzazione normalmente genera vincitori e sconfitti. È dunque necessaria una forte attenzione al modo come la trasformazione digitale viene incoraggiata, ed è necessario uno sforzo per prevederne gli effetti sistemici. Se l'esempio più conosciuto è quello della perdita di occupazione legata all'automazione – che diventa un problema quando la manodopera è abbondante e le alternative sono scarse – gli obiettivi di sostenibilità su cui le politiche europee sono impegnate impongono di fare attenzione al rapporto tra efficienza e pressione sulle risorse.

Esempio di una possibile tensione tra i due obiettivi è l'aumento dei consumi di acqua dei territori dove si è diffusa una particolare tecnica digitale che ha portato un guadagno di efficienza idrica delle singole aziende (Grafton et al., 2018). In assenza di sistemi di governance in grado di limitare il consumo di acqua a livello di bacino, un sostegno massiccio all'adozione di tecnologie finalizzate al miglioramento dell'efficienza potrebbe portare ad aumentare e/o intensificare (tramite l'introduzione di colture ad alta esigenza idrica) la superficie irrigata, generando consumi idrici uguali se non superiori a quelli relativi allo status quo ante. Analogamente, è stato osservato che in alcuni contesti la dose applicata di fertilizzante, dimensionata sulla base della sola informazione relativa alla mappa della produzione per pianta (molto spesso intesa analoga alla mappa del vigore), è aumentata poiché gli agricoltori aumentavano la somministrazione dei fertilizzanti nelle zone del campo meno produttive (Basso & Antle 2020). Questi esempi rendono evidente la necessità di programmare gli incentivi all'innovazione all'interno di un approccio sistemico che tenga conto degli effetti sui diversi livelli di scala spaziale.

La considerazione delle opportunità e dei rischi porta alla necessità di analizzare quali siano le condizioni che consentono alle tecnologie di generare valore sociale, e alla conseguente predisposizione di strumenti di intervento in grado di garantire queste condizioni.

2.1. La digitalizzazione a servizio dei bisogni del territorio

L'esempio del ruolo delle tecnologie digitali nella gestione delle risorse idriche mostra come le politiche di incentivazione delle tecnologie debbano essere coerenti con gli obiettivi più generali di sviluppo del territorio, nella consapevolezza che un più alto tasso di adozione delle tecnologie digitali non contribuisce automaticamente ad un miglioramento della performance territoriale. A questo proposito è da prevedere che le strategie di digitalizzazione siano basate su una pianificazione a più livelli che consenta a tutti gli attori interessati di esprimere la propria voce e che veda passaggi di stretta interazione tra la ricerca, gli utenti e i policy makers.

2.2. Politiche attive di inclusione digitale

L'adozione di alcune tecnologie digitali può allargare in modo permanente il divario tra imprese e creare pericolose concentrazioni economiche. Di fronte a questo rischio non è sufficiente affidarsi alle regole del mercato: bisogna mettere in atto politiche in grado di individuare le vulnerabilità e intervenire per favorire l'inclusione anche di quelle realtà agricole singolari su alcuni segmenti produttivi (per esempio tipicità locali) e/o assoggettate alla multifunzionalità del territorio di competenza.

2.3. Direzionalità dell'innovazione

Le tecnologie digitali incarnano pienamente quei fattori di 'distruzione creativa' di cui parlava Schumpeter (Knell, 2021). Per evitare tuttavia che la distruzione creativa si trasformi in 'creazione distruttiva' è necessario che lo sviluppo delle tecnologie sia orientato verso percorsi sostenibili. Le tecnologie digitali sono sufficientemente flessibili da adattarsi a diversi modelli di business e a diverse

finalità. Le soluzioni più efficaci possono essere ottenute attraverso un coinvolgimento degli utenti, come nel caso dei gruppi operativi multi-attore promossi dai piani di sviluppo rurale. La sinergia tra le competenze dei ricercatori, delle imprese per la fornitura di tecnologie e le esigenze agronomiche, di marketing, di rispetto dell'ambiente può orientare lo sviluppo verso percorsi sostenibili.

2.4. La creazione di ecosistemi digitali

Il punto di partenza di questa analisi potrebbe essere lo sviluppo di uno schema concettuale che tratteggia le caratteristiche di un 'ecosistema digitale' in cui gli attori per lo sviluppo agricolo/rurale interagiscono fra loro, scambiandosi informazioni per ampliare la loro conoscenza e le loro abilità, cercando così di giungere alla migliore soluzione operativa da impiantare.

Questo ecosistema digitale potrebbe essere schematizzato come una struttura piramidale di livelli controllati a cascata e al vertice delle quali si trova la *competenza di base*, la quale costituisce il livello di interfaccia con l'azienda/zona rurale in cui si vuole improntare la migliore soluzione digitale sostenibile. Questo livello di azione, incarnato in un decisore preferibilmente umano, viene istruito attraverso l'uso degli strumenti e del know-how che troviamo distribuiti a cascata nella piramide: interfacce di fruizione delle informazioni complesse adatte alle caratteristiche degli utenti (ad esempio gli smartphone sono più adatti agli operatori di campagna che i personal computer), servizi digitali, piattaforme per l'accesso ai servizi, competenze avanzate e specialistiche per la fornitura dei servizi, integratori di conoscenze e di tecnologie, sistemi applicativi appropriati alle esigenze del contesto, banche dati integrate, infrastrutture di connettività.

3. Proposte per una digitalizzazione per lo sviluppo sostenibile

Per mettere in pratica i principi sopra considerati vengono qui avanzate alcune proposte operative.

Rural proofing: declinare tutte le strategie per la digitalizzazione in relazione alle esigenze di sviluppo dei territori rurali. Questo può essere ottenuto attraverso l'impegno alla caratterizzazione rurale dei dati sulla digitalizzazione, l'identificazione di indicatori di performance a hoc e meccanismi adeguati di monitoraggio.

Sviluppo del capitale umano: Coordinamento tra istruzione secondaria, superiore e formazione professionale per lo sviluppo delle conoscenze di base e avanzate. Revisione dei curricula universitari per la formazione di tecnici con competenze avanzate.

Governance: Coordinamento strategico degli interventi di digitalizzazione. Partecipazione dei territori e degli utenti alla definizione delle strategie, focalizzazione sui bisogni e i problemi specifici, zonazione dei territori rurali secondo la logica della *land suitability/capability*, analisi di impatto.

Sostegno all'innovazione basata sui bisogni degli utenti: Rafforzamento dei modelli di innovazione interattiva, come i Gruppi Operativi e i Living Lab, e alla ricerca transdisciplinare.

Sviluppo di ecosistemi digitali: Individuazione e formazione di soggetti in grado di agire come integratori di conoscenze e tecnologie; incoraggiare la condivisione di dati e la comunicazione tra i sistemi applicativi; rafforzamento del sostegno ai gruppi operativi per l'innovazione e ad altre forme partecipative di diffusione della conoscenza; sostegno alla creazione di reti e consorzi per la condivisione dei dati e delle tecnologie digitali.

Promozione di sistemi di intermediazione: Supporto alla trasformazione digitale dei sistemi di assistenza tecnica in agricoltura; sostegno agli 'intermediari dell'innovazione digitale' tra ricerca e imprese; identificazione delle competenze minime necessarie agli 'intermediari dell'innovazione digitale' per sostenere la transizione digitale. Sostegno ad organismi – come i digital innovation hub rurali - in grado di monitorare lo stato dell'arte dell'offerta tecnologica, valutare le soluzioni digitali più performanti e relazionarle ai bisogni emergenti dei territori rurali.

Condizionalità negli aiuti agli investimenti: priorità alle aziende che sviluppino progetti per la gestione dei dati, ad esempio attraverso l'utilizzo di software gestionali e l'integrazione con macchine intelligenti e sensoristica. Audit ed Ecolabelling dell'azienda sull'uso sostenibile della tecnologia digitale.

Open source: forte priorità alle soluzioni aperte, in grado di consentire la diffusione e l'integrazione degli strumenti informatici.

Bibliografia essenziale

- Basso, B., & Antle, J. 2020. *Digital agriculture to design sustainable agricultural systems*. Nature Sustainability, 3(4), 254-256.
- Council of the European Union. 2020. *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the Digital Europe programme for the period 2021-2027 - Analysis of the final compromise text with a view to agreement*. No. prev. doc.: 11293/20.
- DESI. 2020. *Indice di digitalizzazione dell'economia e della società (DESI) - ITALIA*
- Dipartimento per le Politiche Europee. 2021. *Linee guida per la definizione del piano nazionale di ripresa e resilienza. #nextgenerationitalia*.
- Grafton By R. Q., J. Williams, C. J. Perry, F. Molle, C. Ringler, P. Steduto, B. Udall, S. A. Wheeler, Y. Wang, D. Garrick, R. G. Allen. 2018. *The paradox of irrigation efficiency. Higher efficiency rarely reduces water consumption*. SCIENCE. Vol. 361 Issue 6404.
- Knell, M. *The digital revolution and digitalized network society*. Rev Evol Polit Econ (2021).
- Kurzweil R. 2012. *Science versus philosophy in the singularity*. Journal of Consciousness Studies. Volume 19, Issue 7-8, 2012, Pages 45-53.
- Rete Nazionale Rurale – Mipaaf (2021) *L'Italia e la PAC post 2020 - Policy Brief*.