

Tecnologia, Lavoro e Produttività

Dalla rivoluzione industriale all'Industria 4.0

Giorgio Ricchiuti
www.grarchive.net

Corso di Politica Economica, UniFirenze

Struttura della lezione

1. Sulla Produttività

- ▶ Capitale e Lavoro

2. Tecnologia

- ▶ Le rivoluzioni tecnologiche
- ▶ Perché questa volta è diverso
- ▶ Industria 4.0

3. La Geografia del Lavoro

- ▶ Forze centripete vs. centrifughe
- ▶ Domanda, Innovazione e Produttività

4. Geoeconomia post-Covid

5. AI, Robotica e Mercato del Lavoro

- ▶ Dati e tendenze
- ▶ Effetti sull'occupazione
- ▶ Tre scenari

6. Spunti per una direzione









Perché Ambrogio?



Dal modello di Solow...

Dal modello di Solow alla crescita endogena, la crescita dipende da:

1. Lavoro (numero di lavoratori o ore lavorate)
2. Capitale (macchinari e impianti)
3. Qualità del lavoro (capitale umano, meglio: risorse umane)
4. Tecnologia (Innovazione tecnologica)

Progresso lineare vs. Rivoluzioni tecnologiche

- ▶ Progresso lineare vs. **Rivoluzioni tecnologiche**
- ▶ Abbiamo rivoluzioni quando i cambiamenti non riguardano solo un settore ma da questo si espandono a tutti gli altri, portando miglioramenti di efficienza ai vecchi settori e/o facendone nascere di nuovi
- ▶ Non solo cambiamenti tecnologici ma anche **stravolgimenti politico-sociali**

“100 carriages together cannot substitute a locomotive”

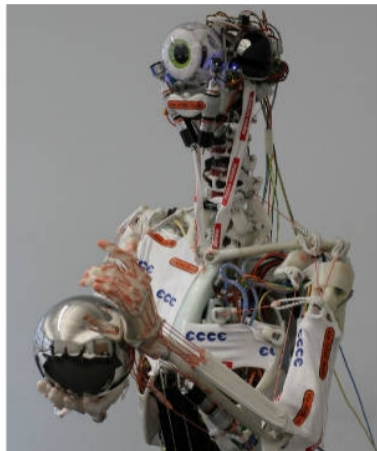
— J. Schumpeter



Le rivoluzioni tecnologiche

1. Meccanizzazione dell'Inghilterra di fine '700
2. Ferro, carbone e ferrovie dal 1820, con nascita della borghesia
3. Acciaio ed Elettricità che portano all'industrializzazione di Francia e Germania a fine '800
4. Catena di Montaggio e introduzione del petrolio, con emersione della leadership americana
5. Il primo microprocessore nel 1971 dà il via alla rivoluzione che stiamo vivendo
6. **Intelligenza Artificiale?**

Perché questa volta potrebbe essere diverso?



COURTESY PATRICK KNAB

Una breve storia dell'intelligenza artificiale

Le origini:

- ▶ **1950:** Turing, *Computing Machinery and Intelligence* — “Le macchine possono pensare?”
- ▶ **1956:** conferenza di Dartmouth — nasce il termine *artificial intelligence*
- ▶ **Anni '60–'70:** primi programmi di scacchi, sistemi esperti, ottimismo eccessivo
- ▶ **Anni '80:** primo *AI winter* — i finanziamenti si esauriscono, le promesse non si realizzano
- ▶ **Anni '90:** machine learning, reti neurali, Deep Blue batte Kasparov (1997)

La svolta:

- ▶ **2012:** AlexNet — il deep learning decolla grazie a GPU, big data e nuove architetture
- ▶ **2016:** AlphaGo batte il campione mondiale di Go — un gioco che si credeva irrisolvibile per le macchine
- ▶ **2017:** architettura *Transformer* — la base di tutti i grandi modelli linguistici
- ▶ **2022:** ChatGPT — l'AI diventa di massa
- ▶ **Oggi:** modelli multimodali, AI generativa, agenti autonomi

AI e robotica: una convergenza

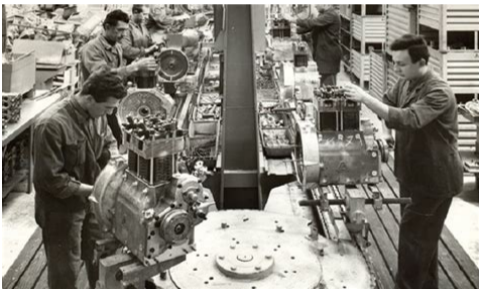
A lungo AI e robotica hanno camminato separatamente:

- ▶ I **robot** erano bravi a fare: precisi, veloci, instancabili. Ma ciechi — seguivano istruzioni rigide
- ▶ L'**AI** era brava a pensare: riconoscere, classificare, prevedere. Ma disincarnata — viveva nei server

La convergenza cambia tutto:

- ▶ Un robot con AI **vede** l'ambiente, **impara** dall'esperienza, **adatta** il comportamento in tempo reale
- ▶ Non serve più riprogrammarlo per ogni variazione: generalizza, come fa un essere umano
- ▶ I **modelli fondazionali** (GPT, Gemini) cominciano a essere integrati nei sistemi fisici: robot che capiscono istruzioni in linguaggio naturale
- ▶ **Figure, Tesla Optimus, Boston Dynamics**: i robot umanoidi non sono più fantascienza

Routines vs. Azioni prevedibili



Industria 4.0: perché è diverso

Le rivoluzioni precedenti sostituivano il lavoro **fisico e routinario**. L'Industria 4.0 comincia a sostituire anche il lavoro **cognitivo**.

Smart factory: interazioni tra mondo fisico e virtuale con capacità prossime a quelle umane — apprendimento, adattabilità, abilità previsive.

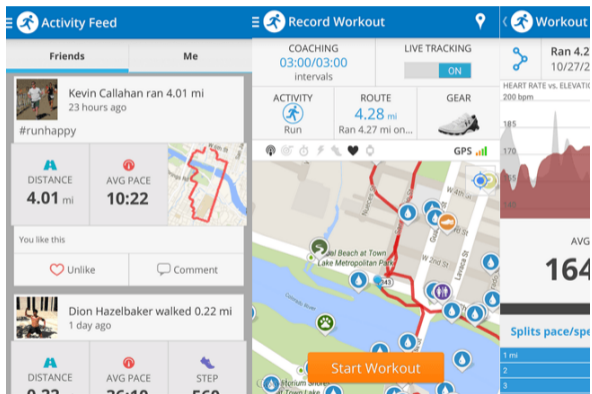
- ▶ Robot interconnessi e programmabili, stampanti 3D, big data
- ▶ Simulazione virtuale dei processi e integrazione in tempo reale con i fornitori
- ▶ Non cambia solo *cosa* si produce, ma *come* si lavora dentro l'impresa

La differenza non è la quantità di automazione ma la sua **qualità**: per la prima volta le macchine imparano, si adattano, decidono.

Rischi...



Rischi...



Due note

1. Avanzamento tecnologico come risposta alla globalizzazione

La concorrenza internazionale spinge le imprese a innovare per sopravvivere. La globalizzazione non è solo una minaccia per i lavoratori: è anche un motore dell'innovazione. Il protezionismo riduce questo incentivo.

2. La Legge di Verdoorn

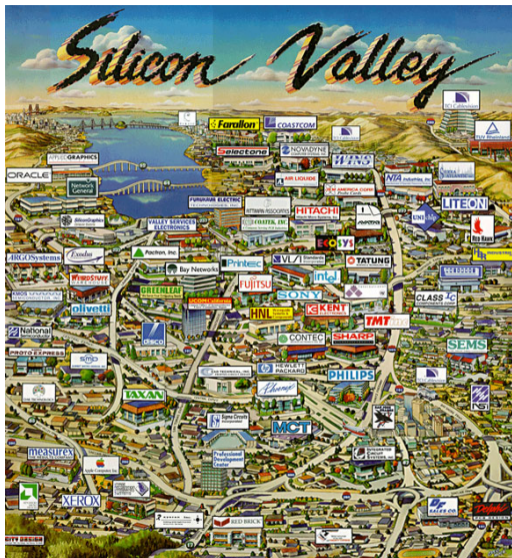
La produttività cresce quando cresce la produzione — non solo il contrario. Le politiche di domanda aggregata influenzano la produttività nel lungo periodo.

La Geografia della Produzione e del Lavoro



USA e Europa







La geografia si fa geopolitica

La geografia del lavoro non è solo una questione economica. Dopo il Covid e la guerra in Ucraina, è diventata una questione **strategica**.

- ▶ Silicon Valley e Detroit ci raccontano cosa succede quando la tecnologia si concentra e il manifatturiero si svuota
- ▶ Lo stesso schema si ripete oggi su scala globale: chi produce le tecnologie critiche determina le gerarchie economiche del futuro
- ▶ La pandemia ha reso visibile la fragilità delle catene del valore globali — e ha accelerato una riorganizzazione già in corso

Da *dove si produce* a *chi controlla la produzione*: questa è la transizione che stiamo vivendo.

Le nuove geografie del potere tecnologico

La geografia economica del XXI secolo non è fatta di risorse naturali e manodopera. È fatta di **tecnologie, dati e standard**.

- ▶ **Semiconduttori:** Taiwan produce il 90% dei chip avanzati mondiali. Una crisi nello Stretto di Taiwan è anche una crisi industriale globale. L'Europa ha risposto con il **Chips Act**
- ▶ **Terre rare:** la Cina controlla l'80% della raffinazione. Chi produce batterie, motori elettrici e turbine eoliche dipende interamente da questa catena
- ▶ **Cloud e AI:** AWS, Google, Microsoft. L'infrastruttura digitale mondiale è concentrata in tre aziende americane. L'Europa è **utente**, non produttore

Chi non è nella stanza dove si decidono gli standard, subisce le regole degli altri.

E l'Europa?

Il problema è chiaro:

- ▶ Dipendenza tecnologica strutturale da USA e Cina
- ▶ Nessuna grande piattaforma digitale europea
- ▶ Mercato dei capitali frammentato: le startup europee crescono e poi si quotano a Wall Street
- ▶ Costo dell'energia strutturalmente più alto che negli USA

Il Rapporto Draghi (2024)

750–800 miliardi di €/anno di investimenti aggiuntivi.

Poche missioni strategiche condivise: energia, semiconduttori, AI, difesa.

Debito comune europeo — strutturale, non temporaneo.

La diagnosi è fatta. Manca la volontà politica.

Il mondo dopo il Covid: geoeconomia e catene del valore

La pandemia e la guerra in Ucraina hanno accelerato una trasformazione già in corso:

- ▶ **Reshoring e near-shoring**: le imprese riportano la produzione vicino ai mercati di sbocco. La minimizzazione del costo cede il passo alla **resilienza**
- ▶ **Frammentazione delle catene del valore**: da catene globali efficienti a catene regionali più robuste. Il commercio si ri-organizza intorno a blocchi geopolitici
- ▶ **Tecnologia come leva geopolitica**: semiconduttori, AI, energia. Chi controlla le tecnologie critiche controlla le catene del valore del futuro
- ▶ **Il paradosso**: la stessa automazione che spinge il reshoring riduce il vantaggio comparato del basso costo del lavoro nei paesi emergenti

In questo contesto, investire in tecnologia e capitale umano non è solo una scelta economica: è una scelta **strategica**.

AI e robotica: qualche dato

La diffusione dei robot industriali (IFR, 2022):

- ▶ 553.000 nuove unità installate nel 2022 (+5%)
- ▶ Al 2025: oltre **5,4 milioni** di robot industriali installati nel mondo
- ▶ Il **73%** delle installazioni va all'Asia, di cui il 52% alla sola Cina
- ▶ Europa: 15% · Americhe: 10%
- ▶ Il 79% delle installazioni globali si concentra in **5 paesi**: Cina, Giappone, USA, Corea del Sud, Germania

I settori che adottano più robot: auto, elettronica, metallurgia. In crescita: agricoltura, logistica, sanità.

L'AI in produzione:

- ▶ Controllo qualità: difetti invisibili all'occhio umano
- ▶ Manutenzione predittiva: prevenire i guasti prima che avvengano
- ▶ Ottimizzazione della supply chain
- ▶ Personalizzazione di massa: prodotti su misura su larga scala

I robot collaborativi (**cobot**) lavorano fianco a fianco con gli operatori umani. Non sostituiscono: *umentano*. Ma fino a quando?

Effetti sul mercato del lavoro

Cosa sappiamo dall'evidenza empirica:

- ▶ **Acemoglu e Restrepo (2020)**: ogni robot installato per 1.000 lavoratori riduce l'occupazione dello 0,2% e i salari dello 0,42%
- ▶ L'effetto è più pronunciato nel manifatturiero e nelle mansioni **routinarie**
- ▶ **Acemoglu e Restrepo (2022)**: oltre il 50% del declino salariale USA degli ultimi 40 anni è ascrivibile all'automazione
- ▶ **Bessen**: l'automazione crea nuovi posti in settori più qualificati
- ▶ **Zierahn, Gregory e Arntz (UE)**: l'informatizzazione ha portato a un aumento della domanda di lavoro aggregata

Il quadro complessivo:

- ▶ Redistribuzione dei posti tra macchine e lavoratori
- ▶ Redistribuzione tra lavoratori qualificati e non qualificati
- ▶ Riallocazione geografica verso paesi con settore tecnologico più avanzato

Il nodo irrisolto

Sull'impatto dell'AI su occupazione e salari i dati sono ancora pochi. Non sappiamo ancora se prevarrà l'effetto *sostituzione* o l'effetto *creazione* di nuove tipologie di lavoro.

Tre scenari per il futuro

Da *Pensare la Macroeconomia*

Scenario 1

Il dominio delle macchine

L'AI consente alle macchine di sostituire quasi tutti i lavoratori. Un numero esiguo di super-specialisti produce tutto.

Senza lavoro, crolla la domanda. Soluzione keynesiana: riduzione dell'orario lavorativo per tutti.

Scenario 2

Liberi dal lavoro

Le macchine liberano l'uomo dai lavori pesanti e ripetitivi, come nelle rivoluzioni precedenti.

Nascono nuovi settori — ma non sappiamo ancora quali. Serve la riduzione dell'orario auspicata da Keynes e istituzioni che guidino il cambiamento.

Scenario 3

Concentrazione nelle megalopoli

I nuovi posti di lavoro si concentrano in poche grandi città tecnologiche.

Enorme divario tra megalopoli e resto del mondo. Scompare la distinzione tra paese sviluppato e paese in via di sviluppo: resta solo chi è dentro e chi è fuori dalle città del futuro.

Lavoratori o cittadini?

Di fronte a una trasformazione epocale del lavoro, la domanda non è *quali mestieri insegnare* — quei mestieri potrebbero non esistere tra vent'anni.

La domanda è: **quali persone vogliamo formare?**

- ▶ Capaci di **cambiare prospettiva** e adattarsi
- ▶ Con **pensiero critico** e approccio multidisciplinare
- ▶ In grado di **collaborare** con le macchine senza esserne sostituiti
- ▶ Pronti a essere **cittadini attivi**, non solo esecutori di compiti

La tecnologia è neutrale: può liberarci o asservirci. Dipende da che tipo di persone siamo.

Forse dobbiamo smettere di preparare lavoratori. . .



E dobbiamo essere pronti a formare cittadini

