

Melvin Kranzberg – Joseph Gies

Breve storia del lavoro

**L'organizzazione del lavoro umano
nel suo processo evolutivo**

A cura di Giuliano Canavese
e Umberto Livini

Arnoldo Mondadori Editore

le pesanti carcasse da un lavoratore all'altro, dei carrelli muniti di ganci, che scorrevano su rotaie poco sopra l'altezza di un uomo. Quando si pensò di collegare i carrelli con catene, così da formare una linea continua, e di collegare a un motore tale linea, per muovere le carcasse a un ritmo regolare, era nata la vera linea di assemblaggio, anche se in questo caso sarebbe meglio chiamarla una « linea di smontaggio ». Necessariamente ogni lavoratore si concentrava su di un solo compito ripetitivo, e i movimenti inutili sia degli uomini che dei materiali, furono in questo modo automaticamente limitati. Ora era la velocità del carrello, che poteva essere regolata a piacere, a determinare il ritmo di produzione, che subito aumentò decisamente. Nella sua autobiografia, Henry Ford attribuisce in modo esplicito l'origine della linea di assemblaggio semovente all'industria della conservazione della carne: « l'idea nella sua forma generale venne dal carrello aereo che gli inscatolatori di Chicago usavano per la confezione del manzo ». Così, quando Ford entrò sulla scena industriale, tutti gli elementi della tecnica della linea di assemblaggio erano presenti, ed egli non dovette inventare niente di realmente nuovo. Tuttavia, fu il genio di Ford (incoraggiato da alcuni intelligenti collaboratori, come Charles E. Sorensen e Clarence W. Avery) a sintetizzare tutti quegli elementi in una combinazione di straordinaria efficacia per la produzione di massa del bene strutturalmente più complesso mai costruito fino ad allora, e cioè l'automobile⁵. La linea di assemblaggio, perfezionata da Ford, cambiò il corso della storia, prima negli Stati Uniti, poi altrove.

Ford non fu il solo fabbricante a concepire l'automobile come un bene per il consumo di massa. Un altro che fece altrettanto – e non a caso anch'egli americano – fu Ransom E. Olds, la cui « Merry Oldsmobile » a un cilindro fu oggetto di un vigoroso tentativo di razionalizzare la produzione con una tecnica non molto dissimile dalla linea di assemblaggio⁶. Organizzando la forza-lavoro in gruppi e regolando il flusso dei materiali, Olds raggiunse una produzione di 5000 vetture all'anno nel 1904, una quantità che fu considerata eccezionale. Ma, indipendentemente dalle difficoltà inerenti alla produzione di massa di un prodotto meccanico molto complesso, Olds fu sconfitto da un'al-

tra difficoltà fondamentale, e cioè la qualità inadeguata del suo prodotto. Olds, come parecchi altri fabbricanti americani che si incamminarono sulla stessa strada, privilegiò eccessivamente la velocità di produzione (e di conseguenza il contenimento dei costi di produzione), non curando abbastanza la progettazione di un prodotto che avrebbe dovuto soddisfare le richieste del mercato.

Henry Ford ebbe una chiara consapevolezza di questo problema, e trovò ad esso una brillante soluzione. La sua Ford Modello T – l'immortale « Flivver » o « Tin Lizzie » – apparve nel 1908. I visitatori dei musei automobilistici si sono spesso sorpresi nello scoprire che il Modello T del 1908 non era, per gli standards del suo tempo, una vettura di piccole dimensioni. La sua caratteristica, piuttosto, era quella di essere meccanicamente semplice, una qualità che le consentì di soddisfare i due requisiti fondamentali per una diffusione di massa: la durata e l'economicità d'esercizio.

Il passo successivo fu quello di fissare un prezzo di vendita che fosse alla portata di un mercato di massa. Ford calcolò tale prezzo in 600 \$, e risultò che non si era sbagliato quando, nel 1912, la produzione del Modello T venduto a questa cifra non poté stare al passo con la domanda.

A questo punto il passo era stato fatto: il prodotto correttamente progettato era stato accettato dal mercato di massa. L'anno 1913 testimoniò il culmine degli sforzi prolungati di Ford. Il 1° maggio di quell'anno, Ford per la prima volta sperimentò una linea di assemblaggio semovente per produrre magneti (generatori). Il metodo tradizionale di fabbricare il magnete era quello di consegnare a ogni lavoratore un insieme di 29 parti; quando queste erano state completamente montate e formavano un magnete, il lavoratore veniva rifornito, o andava egli stesso a prendere altre 29 parti. « Un operaio che faceva il lavoro completo » notava Ford « poteva produrre da trentacinque a quaranta magneti in una giornata lavorativa di nove ore, pari a circa venti minuti per ogni assemblaggio. » Ford costituì una linea di 29 uomini, assegnando a ciascuno di loro una delle 29 operazioni. Ognuno aveva una certa quantità di esemplari della parte che doveva montare. Quando il prodotto in corso di assemblaggio, spinto a mano su rotaie, arrivava al posto di lavoro di un operaio, questi vi montava la sua parte e lo spingeva al successivo posto di lavoro. Questa primitiva linea di assemblaggio, che non sfruttava energia meccanica, ebbe come effetto immediato la riduzione del tempo di assemblaggio da venti a tredici minuti/uomo per magnete. Introducendo l'energia meccanica (e portando la linea a una altezza ottimale, una prima inter-

5 A. Nevins e F.E. Hill, *Ford, The Times, The Man, The Company*, Scribners, New York, 1954, vol. I; R. Burlingame, *Henry Ford: A Great Life in Brief* (1955); J.B. Rae, *American Automobile Manufacturers: The First Forty Years*, Chelton Company Book Division, Philadelphia, Pa., 1959.

6 G.A. Niemeyer, *The Automotive Career of Ransom E. Olds*, Michigan State University Bureau of Business and Economic Research, East Lansing, Mich., 1963.

sante modifica), il tempo fu ancora ridotto a cinque minuti/uomo.

Il successo conseguito nella produzione del magnete fu subito seguito dall'applicazione della linea semovente all'assemblaggio dei motori e delle trasmissioni. Il basamento, che in precedenza veniva fatto passare faticosamente, attraverso molte fasi, per le vasche di verniciatura e di là al montaggio del motore su di esso, fu ora messo su un nastro trasportatore che lo portava attraverso una vasca per la verniciatura e un forno per l'essiccamento verso la linea di assemblaggio. Presto furono installate linee di assemblaggio dello chassis, del cruscotto, e dell'assale anteriore. Nel vecchio sistema, dove tutte le parti componenti di ogni chassis erano assegnate ad un unico posto di lavoro, l'assemblaggio richiedeva dodici ore e mezza/uomo per vettura. Nell'agosto del 1913, Ford provò a far scorrere lo chassis tra gruppi di componenti raccolti ai lati, per una distanza di 250 piedi*, mentre sei assemblatori si spostavano assieme a esso. Questo metodo diminuì il tempo di lavoro della metà, riducendo l'assemblaggio totale a meno di sei ore/uomo. In seguito, l'energia motrice fu trasmessa mediante una catena, e gli assemblatori furono assegnati a posti di lavoro fissi mentre lo chassis si muoveva accanto a loro. Avvantaggiandosi dell'esperienza del magnete, Ford sistemò poi le parti e i posti di lavoro ad altezze tali da minimizzare la necessità di chinarsi e da facilitare la manipolazione. Alla fine dell'aprile del 1914, il tempo di assemblaggio fu ridotto a 93 minuti/uomo – l'ottava parte di quanto era prima necessario.

Il passo finale, logicamente conseguente, fu l'integrazione di tutta la produzione in una sola gigantesca linea di assemblaggio, in cui le parti elementari e i gruppi di parti assemblate scorrevano come affluenti di un fiume alla cui foce uscivano, in una interminabile successione, vetture Ford Modello T. « Ogni pezzo del prodotto nella fabbrica è in movimento » esultava Ford. « Può muoversi appeso a ganci o su catene aeree per andare all'assemblaggio nell'ordine esatto in cui le parti sono richieste; può viaggiare su una piattaforma mobile, o può spostarsi per forza di gravità, ma il fatto eccezionale è che non c'è sollevamento o trasporto di niente altro se non dei materiali. » Le auto uscivano dalla linea al fantastico ritmo di una ogni due minuti, un tempo che fu più tardi dimezzato. Nel 1914, fu prodotta complessivamente l'incredibile quantità di oltre 300 mila vetture Ford modello T, e nel 1915 più di 500 mila. Nel 1923 e nel 1924, la pro-

duzione annuale raggiunse quasi 2 milioni di unità, e il prezzo unitario cadde mentre crescevano le vendite. Un dato statistico che resta quasi incredibile negli annali dell'economia industriale è che, nel 1924, quando una vettura da turismo Modello T era venduta per 290 \$, più della metà di tutte le automobili sulle strade del mondo erano vetture Ford Modello T⁷.

Ford era riuscito a riunire le distinte caratteristiche del processo di produzione mediante linea di assemblaggio con un successo così strepitoso che, per stare al passo con la velocità di assemblaggio finale dello chassis, si dovettero adottare, negli altri settori dell'industria automobilistica, analoghe tecniche di linea di assemblaggio. Ad esempio, i fornitori di pezzi cominciarono a convertirsi alla linea di assemblaggio. Come nel caso del principio di intercambiabilità delle parti, la tecnica si diffuse rapidamente ad altre industrie che richiedevano un assemblaggio di parti per comporre un prodotto finito – refrigeratori, lavatrici, macchine da cucire. La produzione di massa di apparecchiature, come nel caso delle automobili, rese possibile prezzi più bassi ma non ridusse (necessariamente) la qualità, e ciò creò, per la prima volta, la possibilità di una produzione di massa in una società di consumo di massa.

La linea di assemblaggio aumentò l'importanza della divisione del lavoro, o meglio, dell'organizzazione dell'intero processo lavorativo. La linea di assemblaggio dello chassis di un'automobile illustra ciò che Karl Marx chiamò la divisione « eterogenea » del lavoro, dove parti aventi in sé un certo grado di compiutezza sono adattate ad altre parti aventi un'analoga caratteristica. La descrizione di Adam Smith di una fabbrica di spilli mostra quella che è stata chiamata la divisione « organica » del lavoro in cui cioè lo stesso oggetto è gradualmente trasformato attraverso una successione di diverse operazioni. Questa poteva anche essere realizzata con la linea di assemblaggio, come nel caso dell'assemblaggio del magnete di Ford. In entrambi i tipi di divisione del lavoro, le mansioni sono frantumate mediante divisioni ripetute quanto più minutamente possibile, fino al punto in cui la loro esecuzione non richiede praticamente nessuna capacità, o almeno fino al punto in cui l'abilità necessaria è rapidamente acquisita. Più semplice il compito, più facile è assumere un lavoratore capace di eseguirlo e minore l'addestramento di cui necessita, e questo abbassa il costo della forza-lavoro nello stesso tempo in cui aumenta il ritmo della produzione.

* Piede = misura di lunghezza pari a 0,23 m. [N.d.T.]

⁷ J.B. Rae, *art. cit.*, pp. 44-47.

Certamente, dal punto di vista del datore di lavoro, le conseguenze economiche della frantumazione del lavoro sembravano essere del tutto vantaggiose⁸. Comunque, per lungo tempo si sono levate voci di protesta contro un aspetto del nuovo sistema. Tra le prime e le più ascoltate ci furono quelle di Alexis de Tocqueville, di John Ruskin e di Karl Marx. L'osservatore politico francese, l'esteta vittoriano, e il teorico comunista erano in accordo sulle conseguenze morali che derivavano per il lavoratore dalla nuova definizione della sua funzione. « Quando è incessantemente ed esclusivamente impegnato nella fabbricazione di una sola cosa, egli alla fine fa il suo lavoro con singolare destrezza » scrisse de Tocqueville nella sua opera *La Democrazia in America* « ma allo stesso tempo egli perde la facoltà generale di applicare la sua intelligenza alla direzione del suo lavoro. Egli diviene ogni giorno più abile e meno attivo; così che si può dire di lui che nella misura in cui il lavoratore migliora, l'uomo si degrada⁹ ».

« Noi abbiamo molto studiato e perfezionato, da qualche tempo, la grande e civile scoperta della divisione del lavoro » scrisse Ruskin nella sua opera *The Stones of Venice*, « solo che diamo a essa un falso nome. Non è, in verità, il lavoro che è diviso, ma l'uomo: — diviso in semplici segmenti di uomo — rotto in piccoli frammenti e briciole di vita così che tutta la piccola parte di intelligenza che è lasciata in un uomo non è sufficiente a costruire uno spillo o un chiodo, ma si esaurisce nella costruzione della punta di uno spillo o della testa di un chiodo¹⁰ ». Marx, mentre riconosceva i vantaggi economici del sistema di fabbrica, sottolineava il danno fisico e morale che il lavoratore era costretto a subire, danno che egli attribuiva non alla tecnologia della produzione con macchine, ma alla sua forma organizzativa in condizioni economiche capitalistiche. In condizioni industriali capitalistiche, in cui cioè il lavoratore è impiegato da un datore di lavoro che è proprietario sia del posto di lavoro che dei mezzi di lavoro, secondo Marx, « il lavoro è esterno all'operaio, cioè non appartiene al suo essere, e quindi nel suo lavoro egli non si afferma, ma si nega, si sente non soddisfatto, ma infelice, non sviluppa una libera energia fisica e spirituale, ma sfinisce il suo corpo e distrugge il suo

spirito... Infine l'esteriorità del lavoro per l'operaio appare in ciò che il lavoro non è suo proprio, ma è di un altro. Non gli appartiene, ed egli nel lavoro non appartiene a se stesso, ma ad un altro¹¹ ». Avvicinandosi più tardi al problema da una prospettiva ancora diversa, l'economista americano Thorstein Veblen sottolineava come « l'istinto dell'efficienza », da lui considerato un tratto umano universale, fosse messo in pericolo dai metodi di produzione basati sulla linea di assemblaggio¹².

È interessante il fatto che perfino Adam Smith abbia ritenuto che la condizione del lavoratore industriale richiedesse una regolamentazione governativa di qualche tipo:

L'uniformità della sua vita statica corrompe naturalmente il coraggio del suo animo. Corrompe anche l'attività del suo corpo, e lo rende incapace di esercitare la sua forza con vigore e perseveranza in ogni altra occupazione all'infuori di quella cui è stato addestrato. Ora in ogni società progredita e civilizzata, è questo lo stato in cui inevitabilmente è ridotto il povero lavoratore, ossia la massa del popolo, a meno che il governo non si prenda la cura di impedirlo.

La linea di assemblaggio aumentò gli stress di cui già de Tocqueville, Ruskin, Marx, Veblen, e Smith si erano resi conto prima del suo avvento. Il suo ritmo era inesorabile, e imponeva la sua velocità al lavoratore. Dato il suo movimento continuo, ogni lavoratore della fabbrica era costretto a eseguire il suo compito specifico nel breve tempo assegnatogli prima che il pezzo su cui stava lavorando, fosse trasportato al successivo posto di lavoro. Alla noia dell'eseguire lo stesso piccolo compito, nello stesso modo, per tutto un lungo giorno, si aggiungeva la tensione nervosa che derivava dall'eseguirlo entro un tempo fissato arbitrariamente, un tempo fissato non dal lavoratore ma dalla direzione della fabbrica. Se voleva aumentare la produzione, per soddisfare a una domanda di mercato inaspettata, la direzione non faceva che aumentare il ritmo della linea.

Questa nuova, formidabile possibilità della direzione divenne il punto focale di aspre controversie tra i lavoratori della linea di assem-

⁸ G. Friedmann, *Le travail en milieux*, Gallimard, Paris, 1956. Tr. it., *Il lavoro in frammenti*, Edizioni di Comunità, Milano, 1960.

⁹ A. de Tocqueville, *Democracy in America*, G. Adlond, New York, 1839, vol. II, pp. 158 e sgg. Tr. it., *La Democrazia in America*, Cappelli, Bologna, 1932, vol. 2.

¹⁰ J. Ruskin, *The Nature of Gothic*, in *The Stones of Venice*, Allen & Unwin, London, 1925.

¹¹ T.E. Bortomore e M. Rubel (a cura di), *Karl Marx: Selected Writings in Sociology and Social Philosophy*, 1964.

¹² T. Veblen, *The Instinct of Workmanship and the State of Industrial Art*, Macmillan, New York, 1914.

blaggio e i datori di lavoro. Così, anche se ha rappresentato uno dei passi più importanti verso la razionalizzazione della produzione di beni con la tecnica più efficiente e più economica, la linea di assemblaggio ha sollevato tuttavia grossi problemi nelle relazioni sociali tra i datori di lavoro e la classe lavoratrice.

14

La nuova divisione del lavoro: la disciplina della macchina

Nella nostra fabbrica, alle 8 e 30, zia Arlie Mac Vane, un'intelligente, gentile, ma terribilmente rozzo esemplare dell'«Ould Sod», soleva fare la sua attesa comparsa nel cortile con due grandi canestri, riempiti di frittelle scelte, di bomboloni dolci, di pane allo zenzero, di torte, e di una varietà di gallette dolci e di focacce; e dal momento in cui apparivano i canestri di zia Arlie, fino a quando ogni uomo e ragazzo, capi e tutti gli altri della fabbrica non erano stati soddisfatti, sempre a un cent per ogni tipo di dolce, il commercio delle torte, delle focacce e delle gallette era quanto mai animato. Zia Arlie di solito faceva il giro della fabbrica e riforniva tutti in circa un'ora, attardandosi fino alle 9 e 30, e dandoci dai dieci ai quindici minuti di respiro per la colazione; nessuno aveva mai fretta all'ora di colazione.

Dopo di ciò, tutta questa animazione spariva, finché venivano interrotti da Johnnie Gogean, un inglese che vendeva dolciumi, che veniva sempre alle 10 e 30, con una cassetta appesa davanti, grande quanto un tavolo da cucina di media grandezza, coperta di tutte le specie di canditi, al prezzo di un cent al mazzetto. I capi, i ragazzi e gli uomini – tutti, in pratica – spendevano da 1 a 3 cents nelle dolci mercanzie di Johnnie, e altri dieci o quindici minuti passavano per consumarli. Johnnie, di solito, se ne andava con la cassetta svuotata verso le 11, quando cominciava un generale abbandono della fabbrica e un affollamento delle osterie da parte di chi voleva bere whisky; soltanto tra di noi, vi erano quattro o cinque uomini, e un apprendista più vecchio di me di quasi un anno, che solevano uscire dalla fabbrica regolarmente dieci volte al giorno, in media; due, che essendo troppo spilorci,

venne non dagli ingegneri industriali, ma dagli scienziati sociali, ed ebbe come risultato la fondazione di una nuova disciplina: la psicologia industriale.

L'effetto Hawthorne: Elton Mayo e la psicologia industriale

Nel 1924, le Officine Hawthorne, situate in un sobborgo di Chicago, furono teatro di una serie di esperimenti sull'ambiente di lavoro, i cui scopi iniziali erano piuttosto modesti. Le Officine Hawthorne erano lo stabilimento principale della Western Electric Company, ramo produttivo dell'organizzazione Bell Telephone, e impiegavano circa 30.000 lavoratori, tra uomini e donne, per produrre su larga scala apparecchi telefonici. La forza-lavoro utilizzata era composta di operai non specializzati o semi-specializzati e le caratteristiche più richieste erano rapidità e abilità manuale nell'eseguire un assemblaggio di componenti, semplice e ripetitivo. Causa dell'indagine fu l'osservazione di una tendenza all'affaticamento diffusa tra gli operai, nonostante che, per gli standards dell'epoca, essi fossero trattati molto bene, con una settimana lavorativa di 48 ore, buona paga, un piano pensionistico, e disponessero di impianti ricreativi. La Western Electric era considerata un datore di lavoro illuminato e l'ambiente dello stabilimento Hawthorne era ritenuto buono, in confronto agli altri.

Gli esperimenti si proponevano di identificare le condizioni favorevoli o ottimali per la produzione rispetto a una gamma di fattori relativi a tutte le componenti dell'ambiente di lavoro, quali la paga, l'orario, gli intervalli, i benefici supplementari come i pranzi caldi e le condizioni di illuminazione. Ai lavoratori era richiesta una partecipazione volontaria.

Lo studio fu condotto sotto la direzione di Elton Mayo, un ingegnere che aveva poco tempo prima studiato i problemi della fatica in una fabbrica di Philadelphia. Mayo e i suoi collaboratori cominciarono con esperimenti che utilizzavano la nuova tecnica del gruppo di controllo. Vennero formati due gruppi di operai che producevano,

nelle stesse condizioni di lavoro, lo stesso componente telefonico, e si spiegarono loro le finalità generali dell'esperimento. A un certo punto, l'illuminazione dell'ambiente di lavoro del gruppo sperimentale venne aumentata, mentre quella del gruppo di controllo restava invariata. Si ottenne il risultato atteso, e cioè un modesto incremento della produzione da parte del gruppo sperimentale, ma, tra la sorpresa dei ricercatori, anche il gruppo di controllo accrebbe la produzione e, praticamente, nella stessa misura.

Successivi esperimenti ebbero il solo effetto di approfondire il problema: la produzione continuava a crescere, sia che l'illuminazione venisse aumentata, sia che venisse diminuita. La produzione crebbe persino quando si disse agli operai che l'illuminazione sarebbe stata aumentata, mentre, in realtà, fu lasciata com'era, e per di più gli operai affermarono di preferire quell'illuminazione « aumentata ».

Mayo comprese che si era imbattuto in qualcosa di molto più importante di qualsiasi scoperta che potesse fare sull'illuminazione. Per fortuna, era il tipo di ricercatore onesto (e curioso) che non ignora o nasconde i risultati inattesi, ma ne fa oggetto di ricerca.

E così, egli persuase la direzione della Western Electric ad allargare le finalità dell'esperimento. Fu scelto un gruppo di ragazze che assemblavano dei relays telefonici e, per un breve periodo, senza che esse lo sapessero, fu registrato l'andamento della loro produzione; in tal modo, si accertò che, in condizioni « normali », esse producevano 2400 relays la settimana. A quel punto, si cominciò col pagare le operaie a cottimo, e la produzione di relays aumentò. Come passo successivo furono introdotti dei periodi di riposo e la produzione salì ancora. I periodi di riposo furono allungati, vennero forniti degli spuntini gratuiti e la giornata di lavoro fu accorciata di un'ora. La produzione crebbe ancora una volta. Ulteriori incrementi produttivi furono determinati da mutamenti nelle condizioni di illuminazione, di umidità relativa e di temperatura. Infine, tutte le condizioni di lavoro furono riportate ai valori che avevano all'inizio dell'esperimento, ma, invece di diminuire, la produzione raggiunse il livello record di 3000 relays la settimana.

Fin dall'inizio dell'esperimento, Mayo aveva fatto in modo che le operaie venissero consultate in merito ai mutamenti proposti e che fossero incoraggiate a fare delle osservazioni su di essi. Le operaie, inoltre, ebbero un potere di veto su ogni mutamento e furono invitate a lavorare a un ritmo naturale, senza cercare di strafare per compiacere gli sperimentatori. Infine, esse ebbero il permesso di eseguire i compiti lavorativi a modo loro, e cioè senza quella standardizzazione

dei movimenti che per lungo tempo era stata loro imposta dagli studi dei tempi e dei metodi degli ingegneri industriali. Un sorprendente risultato di questi cambiamenti fu la riduzione dell'assenteismo dell'80%, mentre i controlli medici mostravano che le donne erano in buona salute e non presentavano segni di quella fatica che aveva stimolato, all'inizio, gli studi.

Analizzando i resoconti sulle conversazioni tra i ricercatori che collaboravano con lui e le donne, Mayo scoprì, poco a poco, la spiegazione del fenomeno. Le operaie trovavano piacevole e interessante la partecipazione all'esperimento: piaceva loro scambiare idee con i ricercatori ed erano particolarmente gratificate dalla sensazione che gli esperimenti cui prendevano parte avrebbero portato a miglioramenti nelle condizioni di lavoro di tutti i lavoratori. Questi atteggiamenti positivi non derivavano tanto da miglioramenti nelle condizioni fisiche di lavoro, dovuti agli esperimenti, ma dagli esperimenti stessi. Infatti, chiedendo il loro aiuto e la loro cooperazione, i ricercatori avevano inconsapevolmente lanciato alle operaie un importante segnale, e cioè, che esse avevano un'importanza particolare e che le loro opinioni, così come il loro benessere fisico, erano oggetto d'interesse da parte dell'azienda. Questo incremento nelle prestazioni lavorative, determinato da un migliorato atteggiamento psicologico, divenne noto agli scienziati sociali come « effetto Hawthorne ».

Nello stesso periodo, gli esperimenti Hawthorne vennero molto allargati, diventando così la più importante serie di studi sistematici realizzata sino ad allora, non solo nella psicologia industriale, ma nell'intero campo della sociologia. Furono intervistati oltre 21.000 lavoratori e fu chiaramente stabilito che il semplice fatto di dare loro la possibilità di esprimere le proprie opinioni era già sufficiente a migliorarne l'atteggiamento verso il lavoro. Furono fatte, inoltre, molte altre scoperte. Si trovò, ad esempio, che la forza-lavoro, alla Hawthorne, era composta di una quantità di gruppi sociali informali. Essi costituivano una vera e propria sottocultura con propri valori che, cosa abbastanza ovvia, contrastavano spesso con gli obiettivi della direzione. Lo scienziato sociale Stuart Chase, riassumendo gli studi Hawthorne (che Mayo nel 1935 riassunse in *Management and the Worker*)¹, concludeva che « una fabbrica svolge due funzioni princi-

¹ Mayo pubblicò anche degli studi generali su quest'argomento: *The Human Problems of Industrial Civilization*, Macmillan, New York, 1933, e *The Social Problems of Industrial Civilization*, Division of Research, Graduate School of Business Ad., Harvard University, Boston, 1945. Tr. it., *La civiltà industriale. Problemi umani e sociopolitici di una civiltà industriale*, Utet, Torino, 1969.

che potrebbe, a sua volta, essere considerata come un settore moderno del taylorismo.

Via via che la produzione industriale è diventata più sofisticata, molti altri problemi sono sorti nel campo dell'ingegneria umana: per esempio, quello di progettare dei quadri di controllo tali che importanti strumenti possano essere tenuti sotto controllo mediante un monitor. La crescita di complessi sistemi di controllo nelle industrie automatizzate è, infatti, lo sviluppo più rilevante della moderna produzione industriale.

I perfezionamenti della produzione: la logica dell'automazione

18

Nel 1946, D.S. Harder, vice presidente della Ford Motor Company, stava studiando i progetti per una nuova fabbrica di motori, da costruirsi a Cleveland e per una fabbrica di presse da costruirsi a Buffalo. Egli disse ai suoi subordinati che voleva « una maggiore quantità di attrezzature per lo spostamento dei materiali da una macchina transfer ad un'altra. Dateci un po' più di quegli affari automatici... quell'"automazione" ». La parola riassumeva con precisione la nuova tendenza a utilizzare, all'interno della fabbrica, mezzi di trasporto capaci non soltanto di spostare un pezzo fuso da una macchina alla successiva, ma anche di orientarlo con precisione e di usarlo per alimentare la seconda macchina. Fin dall'inizio, questa parola fu popolare e immediatamente entrò a far parte, prima, del linguaggio americano, e poi di quello internazionale, sebbene venisse spesso usata in modo piuttosto scorretto.

Tuttavia, né i principi né la tecnologia dell'« automazione » erano nuovi nel 1946¹. Da decenni, infatti, erano disponibili sia macchine dotate di motore autonomo e capaci di fare lavori di precisione, sia attrezzature per lo spostamento dei materiali, sia sistemi di controllo, e cioè i tre elementi di base della nuova tecnologia.

La macchina transfer, che combina macchinari dotati di motore con attrezzature per muovere dei materiali, fece la sua prima, riconosciuta comparsa, nel 1888, nello stabilimento della Waltham Watch Company di Waltham nel Massachusetts. Questa macchina alimentava in se-

¹ Si veda J.R. Bright, *The Development of Automation*, in M. Kranzberg e C.W. Purcell, Jr. (a cura di), *op. cit.*, vol. II, cap. XLI.

quenza i differenti torni montati sulla stessa base. Negli anni attorno al 1920, la Morris Motor, in Gran Bretagna, e la Graham-Paige, negli Stati Uniti, facevano passare i blocchi motori delle automobili attravverso gigantesche macchine transfer con 50 o più stazioni di lavoro, azionate da motori elettrici. Nel 1946, le macchine transfer erano ampiamente utilizzate non solo nell'industria dell'automobile, ma anche nella lavorazione di apparecchiature, nella produzione di parti elettriche, e in numerose industrie metallurgiche. In esse i pezzi non soltanto venivano fatti passare da una macchina alla successiva, ma anche accuratamente disposti per le operazioni, senza alcun intervento umano. Ovviamente, la macchina transfer ha ridotto i costi derivanti dell'utilizzo della forza-lavoro e, cosa meno ovvia, ha migliorato la qualità dei prodotti, assicurandone l'uniformità.

I controlli automatici hanno un'origine ancora più antica di quella delle macchine transfer². La camma, componente meccanico fondamentale, noto agli antichi e applicato a dei meccanismi per la prima volta nel Medioevo, è una classica illustrazione del principio del controllo automatico. Per la sua forma di ruota ellittica che, girando, determina un movimento reciproco o di altro tipo, la camma regola automaticamente la posizione di una leva o di un altro elemento di una macchina. Durante il XIX secolo, i controlli mediante camme furono applicati a molte macchine utensili, per rendere automatiche le loro operazioni.

I controlli mediante camme sono, tuttavia, molto limitati per quanto riguarda l'entità del movimento, il numero dei mutamenti di direzione, la velocità, le dimensioni della camma e la sensibilità. Non si può arrivare a un controllo veramente automatico se la macchina non è sensibile alle variazioni e non adegua se stessa a condizioni varianti. Il processo mediante il quale si ottiene una tale risposta è noto come retroazione (*feedback*).

Nella storia recente, gli esempi di controllo mediante il feedback sono numerosi. Nel secolo XVII, furono sviluppati i forni termostatici, nei quali l'alimentazione di combustibile era regolata dalla temperatura. Nello stesso secolo, Denis Papin progettò una valvola di sicurezza per una macchina a vapore, e nel XVIII secolo James Watt realizzò con il regolatore centrifugo, che egli inventò per la sua macchina a vapore, un classico esempio di controllo mediante *feedback* meccanico. Il regolatore centrifugo, già in uso nei mulini, aveva dei

bracci con pesi, che si spostavano sempre più lontano rispetto ad un asse verticale rotante, proporzionalmente all'aumento della velocità. La sua funzione era quella di modificare la distanza tra le due macchine, per adeguarla ai mutamenti di velocità dell'asse. Watt introdusse una modifica fondamentale nell'azione del regolatore, utilizzando per aprire e chiudere una valvola a farfalla e per regolare in tal modo la velocità della macchina. Il regolatore riceveva informazioni sulla velocità della macchina dall'albero rotante e agiva sulla base di queste; in tal modo esso incorporava il principio del *feedback*, che trasforma una macchina meramente automatica in una macchina che si autoregola. Un'altra ingegnosa applicazione del principio del *feedback* fu realizzata dal discepolo scozzese di Watt, Andrew Meikle, il quale inventò la ruota a ventaglio per i mulini a vento: un piccolo mulino a vento, che, posto ad angolo retto rispetto alle vele del mulino principale, teneva quest'ultimo perpendicolare al vento, facendo ruotare su se stessa la torre.

Un'altra serie di passi importanti verso l'automazione furono quelli compiuti da un seguito di inventori francesi del XVIII secolo.

Cercando un metodo per programmare dei telai tessili, così da ottenere la produzione automatica di un tessuto, con un certo disegno, Basile Bouchon inventò un selettore automatico degli aghi, che veniva diretto mediante un foglio di carta perforata. Jacques de Vaucanson migliorò questo dispositivo e ne costruì un esemplare, scoperto alcuni anni più tardi in cattive condizioni da Joseph-Marie Jacquard, al Conservatorio parigino delle Arti e dei Mestieri. Jacquard perfezionò ulteriormente il congegno e ne fece un efficiente telaio, programmato in modo automatico mediante carte, le cui perforazioni controllavano gli aghi attraverso una serie di ordini « sì - no ».

Le carte perforate di Jacquard furono successivamente applicate, nella forma di nastro, alle pianole e nel 1897 alle composizioni tipografiche monolitico. Herman Hollerith utilizzò schede perforate per tabulare le informazioni del censimento americano del 1890 e, da ultimo, un progetto di ricerca dell'U.S. Air Force aprì la strada al controllo dei processi meccanici mediante nastro perforato, che si diffuse ampiamente negli anni Cinquanta. Il processo è noto come « controllo numerico », in quanto un sistema numerico, registrato magneticamente o mediante schede perforate, stabilisce le posizioni successive che gli utensili devono occupare, la loro velocità e i loro ritmi di carico. Il nastro può contenere una lunga serie di istruzioni per la macchina e controllarne le prestazioni in tutta una successione di operazioni. Questa e altre linee di sviluppo sono confluite nell'elaboratore elet-

² O. Mayr, *The Origins of Feedback Control*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1970.

tronico³, un cui remoto antenato è stato l'antico abaco, o tavola da calcolo, nel quale si indicavano delle quantità matematiche mediante la posizione di oggetti fisici – palline o perline –. L'inventore del logaritmo, lo scozzese John Napier gettò, nel XVII secolo, le basi dell'abaco con i suoi famosi « bastoncini o ossicini di Napier ». Questi consentivano di disporre di una tavola di moltiplicazione meccanica; infatti, collocando l'una accanto all'altra le opportune bacchette, su ciascuna delle quali è indicata l'appropriata colonna di numeri, si può costruire in modo meccanico una tavola di multipli. Avvalendosi dei principi logaritmici di Napier, Edmund Gunter creò il regolo calcolatore. Nello stesso secolo, Blaise Pascal, filosofo e matematico francese, inventò la prima macchina per addizionare meccanicamente, seguita, una generazione dopo, dalla prima macchina moltiplicatrice, costruita da Gottfried Wilhelm Leibniz, inventore, assieme a Isaac Newton, del calcolo differenziale. I calcolatori meccanici furono perfezionati e migliorati da una serie di inventori posteriori, il più insigne dei quali fu Charles Babbage, genio inglese del XIX secolo; la sua « macchina analitica » rispondeva a una concezione straordinariamente brillante e completamente sviluppata, equivalente quasi all'idea del primo elaboratore per il trattamento delle informazioni. Purtroppo, la macchina di Babbage non fu mai completata ed era così in anticipo sul suo tempo che venne completamente dimenticata sino agli anni Trenta, allorché Howard Aiken, un fisico e matematico americano, dopo aver speso quasi tre anni di lavoro su quel terreno di ricerca, riscoprì il lavoro di Babbage. Questi era stato ostacolato dal fatto di poter utilizzare per la sua macchina solo componenti meccanici, mentre Aiken per assemblare, nel 1944, il primo elaboratore entrato in funzione, poté impiegare dei componenti elettromeccanici. L'Harvard Mark I di Aiken fu seguito, dopo appena due anni, dall'ENIAC, un elaboratore interamente elettronico, costruito all'Università della Pennsylvania da J. Presper Eckert e da John W. Mauchly, per conto dell'esercito degli Stati Uniti. Questa si dimostrò la direzione più feconda, in particolare quando a rafforzarla giunse la dimostrazione di John Von Neumann. Secondo il matematico, infatti, queste macchine potevano ricevere istruzioni codificate nello stesso linguaggio dei dati per l'elaborazione dei quali esse erano state costruite, cosicché dati e istruzioni potevano essere correttamente mescolati. Questo principio rese possibile l'applicazione degli elaboratori ad attività sia industriali sia di altro genere

e questo fatto ebbe notevole importanza. Dal momento che agisce come una macchina in grado di svolgere un programma e, contemporaneamente, come un sistema di controllo basato sul *feedback*, un elaboratore, infatti, può dirigere sia un'unica macchina sia un intero complesso produttivo.

Nel 1958, le prime applicazioni di controllo mediante elaboratore erano in funzione in centrali elettriche e in raffinerie di petrolio, dove controllavano gli andamenti della produzione e registravano i dati. Nel 1959, il controllo mediante elaboratore fu applicato nella raffineria di Port Arthur della Texas Oil Company e nello stesso anno, in Gran Bretagna, fu aperto, da parte della Imperial Chemical Industries, il primo stabilimento chimico controllato da elaboratore.

Un sistema industriale completamente automatizzato comprende quattro elementi: una fonte di energia, sistemi sensibili alle variazioni nel processo produttivo e capaci di retroazioni, delle unità di programmazione e degli strumenti capaci di decidere. Nella sua forma più completa, esso si è dimostrato più adatto a talune industrie che ad altre e più applicabile alle produzioni a flusso continuo che alle produzioni a lotti. L'industria chimica ne è un esempio rilevante, grazie alla facilità con la quale i gas e i liquidi possono essere spostati tra i diversi luoghi di lavorazione e grazie altresì alla facilità con la quale si possono rilevare i valori delle variabili significative. In taluni stabilimenti chimici, un elaboratore tiene sotto controllo più di duemila dati, come la pressione, la temperatura, il ritmo di flusso, la viscosità e la composizione: se una di queste oltrepassa i valori normali, esso attiva un segnale luminoso o sonoro.

In altre industrie, l'automazione non è affatto così avanzata. Sebbene essa abbia fatto assai presto il suo ingresso nel settore metallurgico e per quanto le macchine utensili a controllo numerico producano ormai parti complesse di grosse dimensioni, ci sono ancora numerosi problemi da superare nella preparazione di efficaci nastri di controllo, nonostante lo sviluppo dei linguaggi degli elaboratori. A sua volta, la linea di assemblaggio automatizzata è ancora in uno stadio primitivo, per difficoltà di progettare macchine transfer abbastanza sensibili da disporre in modo soddisfacente i pezzi da imbullonare e da fissare. Perciò, nell'industria dell'automobile, sebbene la produzione del motore completo a partire dalla fusione grezza del blocco cilindri, per finire col motore finito, compresi i supporti e i perni, sia stata da gran tempo automatizzata, l'assemblaggio finale di un'auto deve ancora essere fatto da uomini che lavorano quasi nello stesso modo in cui li organizzò per primo Henry Ford.

³ Th. M. Smith, *Origins of the Computer*, in M. Kranzberg e C.W. Pursell, Jr. (a cura di), *op. cit.*, vol. II, cap. XX.

Nonostante queste difficoltà, l'influenza dell'automazione sulla produzione è stata notevole ⁴. Nell'industria chimica americana, per esempio, il quinquennio 1955-60 ha visto diminuire del 3% il numero degli addetti, mentre la produzione è aumentata del 27%. Nello stesso periodo, la capacità di produzione di acciaio è aumentata del 20% mentre il numero degli addetti è diminuito di 17.000; lo stesso si è verificato nell'industria alimentare americana, dove, con produzione in espansione, sono stati eliminati 28.000 posti di lavoro. L'influenza dell'automazione sull'efficienza produttiva è stata straordinaria anche nelle industrie in cui l'applicazione degli elaboratori ha potuto essere sinora solo parziale, e dove è ancora necessario un largo impiego di forza-lavoro. I cantieri giapponesi, con la loro rapida costruzione di superpetroliere da parecchie centinaia di migliaia di tonnellate, ne forniscono un esempio impressionante. Nei cantieri Nippon Kokan di Tsu, le lamiere di acciaio sono immesse in un processo produttivo, controllato dall'elaboratore, nel corso del quale esse sono diseguate, tagliate, modellate e saldate, in modo da formare i principali blocchi dello scafo. Gli enormi assemblaggi così realizzati sono in seguito sollevati da gru che stanno a cavallo degli scali di costruzione e saldati in uno scafo con un processo altamente automatizzato.

La disposizione dei cantieri a forma di T consente di varare da due punti le navi, in attesa delle successive finiture. Nei cantieri di Tsu, il costo della forza-lavoro incide sui costi complessivi solo per il 20% contro il 30% ed oltre dei cantieri americani ed europei.

Oltre al Giappone e all'Europa occidentale, anche la Russia sovietica ha perseguito un'attiva politica di massima automattizzazione, come è dimostrato dal rapido incremento del numero di lavoratori che i Sovietici classificano « intellettuali », in luogo di quelli « manuali ». Nel 1926, all'inizio dell'industrializzazione sovietica, meno di tre milioni di lavoratori erano così classificati; nel 1967 il loro numero superava i 27 milioni. Una delle conseguenze di questo fatto è stato il risorgere, in URSS, di studi di sociologia industriale, che erano stati lanciati come una versione socialista del taylorismo e poi abbandonati per circa 40 anni. Ora le autorità sovietiche hanno dovuto cominciare a tener conto di quegli effetti dell'automazione sul lavoro — sia esso industriale o meno — che si erano fatti sentire anche nei paesi occidentali.

Questi effetti sono stati rilevanti, vari e, spesso, inattesi. Nelle industrie in cui l'automazione è stata più completa, c'è stato un rilevante mutamento nei ruoli dei lavoratori. Nell'industria chimica essi si trovano ora a sorvegliare, di norma, un pannello di controllo, che serve a dirigere un sistema di produzione completamente integrato. È importante sottolineare che non è il lavoratore che controlla il volume dell'output o la qualità; la sua responsabilità si limita all'osservazione degli indicatori e delle spie, all'ascolto dei campanelli di allarme o alla lettura degli stampati, che gli dicono se gli elementi della produzione funzionano secondo il programma. L'elaboratore fa tutto il resto. Norbert Wiener sognava una fabbrica completamente automatizzata, nella quale non fosse necessario lavoro umano ⁵. Se si potesse raggiungere questo ideale, se la forza-lavoro umana potesse essere completamente eliminata, si otterrebbe un controllo di accuratezza e di qualità irraggiungibile con le sole capacità del lavoro umano. Ma quest'automazione totale non si è ancora dimostrata realizzabile.

A causa dei costi delle attrezzature altamente automatizzate e degli elaboratori e per il fatto che il cattivo funzionamento di un solo elemento di un sistema integrato può fermare tutta una linea, i pochi lavoratori di queste fabbriche vengono ad avere una responsabilità eccezionalmente grande. L'automazione può essere considerata, a questo punto, come il culmine delle secolari tendenze volte ad accrescere la meccanizzazione e ad incorporare l'abilità manuale del lavoratore nella macchina, con il risultato di ridurre costantemente la necessità di particolari capacità umane e di aumentare invece continuamente l'importanza delle responsabilità e del giudizio dell'uomo ⁶.

Nella fabbrica automatizzata, l'utensile non è più, da nessun punto di vista, un complemento dell'abilità del lavoratore, né il lavoratore è più un'estensione della macchina, come sembrava diventare nella produzione organizzata mediante linea di assemblaggio. La macchina è ora autonoma e svolge il suo compito secondo un programma precedentemente fissato e diretto dall'elaboratore. Per ricorrere nuovamente

⁵ N. Wiener, *The Human Use of Human Beings*, Houghton Mifflin, Boston, 1950. Tr. it., *Introduzione alla cibernetica*, Boringhieri, Torino, 1966; e, *Cybernetics*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1948. Tr. it., *La Cibernetica, controllo e comunicazione nell'uomo e nella macchina*, Il Saggiatore, Milano, 1968.

⁴ *Technology and the American Economy*, Rapporto della National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress, Government Printing Office, Washington, 1966, voll. 6.

⁶ Si veda J. Diebold, *Automation — The Advent of the Automatic Factory*, Van Nostrand, New York, 1952; J.T. Dunlop (a cura di), *Automation and Technological Change*, Prentice Hall, Englewood, Cliffs, N.J., 1962; e H.A. Simon, *The Shape of Automation*, Harper & Row, New York, 1965. Tr. it., *Direzione d'impresa e automazione*, Einaudi, Milano, 1968.

alla metafora, già usata per descrivere la linea di assemblaggio, nella quale la macchina era rappresentata come il padrone e l'operaio come lo schiavo, nella fabbrica automatizzata la macchina pare essere diventata lo schiavo e l'operaio non il suo padrone, ma il suo sorvegliante.

Oltre ad alterare il rapporto uomo-macchina, la fabbrica altamente automatizzata comporta la nascita di una serie di problemi concernenti l'organizzazione del lavoro completamente nuovi, e cioè quelli relativi al rapporto tra macchine. Questo problema ha due aspetti: da un lato, la coordinazione tra l'elaboratore, che esercita il controllo, e gli elementi operativi, che eseguono gli interventi di trasformazione sul prodotto in corso di lavorazione; dall'altro, la coordinazione tra gli elementi operativi stessi per i quali passa il prodotto. Per regolare l'interazione tra macchine, gli ingegneri hanno dovuto sviluppare nuovi principi e tecniche adeguate.

L'introduzione dell'elaboratore ha influenzato in modo profondo anche l'organizzazione del lavoro nel settore amministrativo del sistema produttivo⁷. Con un processo simile a quello che ha comportato la sostituzione dei meccanici specializzati con operatori semispecializzati, gli impiegati amministrativi e i contabili vengono sostituiti dagli addetti a macchine perforatrici e tabularici. Nel lavoro di ufficio si sta attuando una meccanizzazione del tutto analoga a quella della produzione; anzi, il flusso delle informazioni negli uffici è stato paragonato al flusso dei materiali nelle officine. Le informazioni, come i materiali, per poter essere reperite devono essere immagazzinate. La scrittura a macchina o la perforazione mutano la forma dell'informazione proprio come l'operazione della macchina muta la forma del pezzo, e il valore del prodotto finito è (probabilmente) aumentato dall'incremento delle informazioni in esso contenute. Infine, è necessario un controllo di qualità per assicurarsi che l'informazione sia chiara e corretta. Proprio come è avvenuto nei reparti di produzione per talune attività imposte dalla precedente struttura tecnica, i nuovi strumenti automatici per lavori di ufficio hanno eliminato molti lavori di elaborazione delle informazioni, quali la fatturazione mensile degli acquisti. Nella produzione industriale, l'automazione del lavoro impiegatizio è estremamente utile nel controllo degli inventari di materiali grezzi, di semilavorati e di prodotti finiti.

Un altro effetto delle caratteristiche del lavoro nelle industrie automatizzate, dove il lavoro manuale pesante è stato eliminato, è quello di consentire l'assunzione di lavoratrici, contribuendo così a raffor-

zare una tendenza che dal 1970 ha fatto sì che più di un terzo della forza-lavoro americana fosse composto di donne.

L'automazione ha investito anche molti settori non industriali. Nei trasporti, essa ha fatto la sua comparsa nella forma di sistemi per la prenotazione automatica dei biglietti, di piloti automatici per aeromobili e di simulatori automatici di volo per l'addestramento. Nel prossimo futuro, ci potrebbero essere sistemi automatici di decollo, di atterraggio e di controllo del traffico aereo. Il trasporto su terra è stato più lento ad adottare strumenti automatici, ma nel Nord America si sta sviluppando un sistema di veicoli da trasporto, che fanno uso di tali strumenti, in grado di spostarsi seguendo un tracciato prefissato. Il BART, nuovo sistema di trasporto per l'area della baia di S. Francisco, rappresenta un ambizioso sforzo pionieristico verso la realizzazione di sistemi di trasporto terrestre automatizzati. Le Ferrovie nazionali giapponesi ed altre società ferroviarie hanno introdotto, in grado notevole, controlli automatici nel funzionamento dei loro treni più recenti.

Le sperimentazioni fatte con autostrade automatiche, sebbene importanti, non hanno ancora portato a risultati economicamente soddisfacenti, anche se i convenzionali controlli del traffico sono sempre più automatizzati. Le banche, le vendite al minuto, le strutture sanitarie, le biblioteche e altre istituzioni e organizzazioni economiche stanno facendo dell'automazione un uso crescente, talora spettacolare. Un importante passo in avanti compiuto recentemente è il sistema di progettazione automatica; in esso un progettista abbozza dettagli sulla superficie di un tubo a raggi catodici, mediante una penna luminosa; la macchina li traduce in linee precise e quindi, mediante un elaboratore, li trasforma in istruzioni per una macchina disegnatrice o per una macchina utensile. Nella progettazione di circuiti elettronici, il sistema può essere programmato per accogliere la definizione della funzione desiderata e per scegliere di conseguenza i componenti necessari e i loro tracciati di collegamento.

Tutti questi progressi sono indicativi del ruolo estremamente importante che l'automazione è destinata a svolgere nell'immediato futuro e in quello più lontano⁸. La sua influenza sull'economia e sulla società degli Stati Uniti e di altre nazioni sviluppate è già stata enorme, anche se non nel senso un tempo previsto e temuto⁹.

⁸ W.W. Brickman e S. Lehrer (a cura di), *Automation, Education, and Human Values*, School & Society Books, New York, 1966.

⁹ Ch. E. Silberman e la redazione di «*Fortune*», *The Myths of Automation*, Harper & Row, New York, 1966.

⁷ I.R. Hoos, *Automation in the Office*, Public Affairs Press, Washington, 1961.