

Curriculum vitae di Alessandro Agnetis

November 6, 2023

Alessandro AGNETIS si è **laureato in Ingegneria Elettronica** presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" il **27/3/87**, con 110 e lode, discutendo la tesi "Equipartizione di grafi: algoritmi e applicazioni". Ha svolto il servizio militare presso l'Arma dei Carabinieri dal 2/5/87 al 1/5/88. Dal 2/5/88 al 2/5/89 è stato borsista presso il Consorzio Roma Ricerche; in tale periodo ha svolto un'indagine sulla domanda di servizi CAD nel contesto industriale romano. Ha conseguito il titolo di **Dottore di Ricerca in Ingegneria dei Sistemi** presso l'Università di Roma "La Sapienza" - IV ciclo, discutendo la tesi dal titolo "Modelli Combinatori nella Produzione Flessibile" [1] in data **10/7/92**. Dal **2/2/94** al **31/10/98** è stato **Ricercatore Universitario** nel raggruppamento disciplinare K04X - Automatica, presso il Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Dal **1/11/98** è **Professore Associato** nel raggruppamento A04B (Ricerca Operativa) presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, ove dal **1/10/2001** è **Professore Ordinario** nel settore scientifico MAT/09 (Ricerca Operativa).

1 RICERCA

L'attività di ricerca di Alessandro Agnetis è prevalentemente, ma non esclusivamente, articolata nelle seguenti due aree principali:

1. Gestione dei flussi materiali nei sistemi flessibili di lavorazione e assemblatura.
2. Modelli di allocazione e sequenziamento (scheduling)

Contributi sono stati dati anche in numerose altre aree, tra cui: modelli per la gestione dei carichi elettrici domestici, metodi decisionali nella gestione dei sistemi sanitari, modelli per l'integrazione tra produzione e trasporto.

1.1 GESTIONE DEI FLUSSI MATERIALI NEI SISTEMI FLESSIBILI DI LAVORAZIONE E ASSIEMATURA

Un inquadramento della modellistica combinatoria per sistemi flessibili è stato presentato in [89] e in [88], ove viene anche presentato un quadro riassuntivo di alcune applicazioni.

I modelli e le metodologie sviluppate per la gestione dei flussi nei sistemi flessibili di lavorazione e assemblatura possono suddividersi in tre classi, a seconda della struttura del sistema produttivo in considerazione: *i*) celle flessibili di lavorazione; *ii*) sistemi seriali o *pipeline*; *iii*) sistemi flessibili di lavorazione (FMS) e assemblatura (FAS) propriamente detti.

Nelle *celle flessibili di lavorazione* l'assegnazione di operazioni a macchine (routing) è tipicamente la stessa per ogni pezzo che entra nella cella e il numero di pezzi contemporaneamente presenti nel sistema (*grado di parallelismo*) è fissato ed è, in genere, abbastanza basso. Il problema consiste nell'assegnare le operazioni alle macchine (tipicamente, robot) e nel sincronizzarle opportunamente in modo da massimizzare la produttività della cella, considerando che le operazioni vanno eseguite in un ordine dato.

In [5] è presentato un modello combinatorio per un'architettura generale di cella, e viene analizzata la complessità del problema, al variare del numero r di robot, del grado di parallelismo s , nonché delle caratteristiche del process plan. Allorché $s = 2$, e ogni operazione richiede un utensile diverso, è possibile risolvere il problema di gestione dei flussi in modo esatto con un algoritmo polinomiale (per qualunque r fissato). Se $s \geq 3$, e diverse operazioni possono richiedere lo stesso utensile, si dimostra invece che il problema è NP-completo anche se $r = 2$. Se $s \geq 3, r \geq 3$, il problema è NP-completo anche se ogni operazione richiede un utensile diverso.

In [3, 106, 12, 21] sono analizzate varie applicazioni reali di celle flessibili, e sono proposti algoritmi esatti o euristici a seconda della complessità del modello. Uno studio accurato dell'uso di euristiche di tabu search, definendo in molti modi diversi il vicinato di una soluzione, è riportato in [20].

Sempre per le celle flessibili, in [11] viene affrontato il problema di determinare, data la sequenza di operazioni che ciascuna delle due macchine deve eseguire, quale insieme di h utensili è più conveniente duplicare nel magazzino centrale e, allo stesso tempo, come sincronizzare il movimento degli utensili al fine di minimizzare il tempo di completamento. Per h generico, viene mostrato che tale problema è in generale NP-completo, ma diventa polinomiale in alcuni casi particolari, come ad esempio quando ciascun utensile è richiesto una volta sola (ossia, per una sola operazione) da ciascun centro di lavorazione.

1.1.1 Linee di flusso

In [7, 19] viene affrontato il problema dell'assegnamento di operazioni a macchine nelle linee di flusso, con produzione omogenea. L'obiettivo di minimizzare il tempo di completamento di tutti i pezzi è risolto esattamente in tempo polinomiale, tramite modelli di programmazione dinamica. È anche analizzata la relazione esistente tra tale problema e il classico Assembly Line Balancing.

Per i sistemi seriali, due *case studies* sono stati realizzati. In [9, 18] sono presentati due case studies, il primo relativo all'assiatura di radiatori per automobili di media cilindrata, il secondo a un sottosistema dell'impianto FIAT di Cassino. Alcune nuove regole di dispatching (una delle quali è presentata in [107]) sono valutate sulla base di simulazioni dell'impianto, e messe a confronto con la gestione precedente, rivelando come passando da una logica sostanzialmente di tipo "push" a una di tipo "pull" si possono ottenere notevoli miglioramenti in termini di efficienza e produttività dell'impianto.

1.1.2 Sistemi Flessibili di Lavorazione (FMS) e Assiematura (FAS) propriamente detti

Nei *Sistemi Flessibili di Lavorazione o Assiematura* propriamente detti, i centri di lavorazione svolgono le proprie operazioni individualmente, condividendo solo il sistema di trasporto, e

pezzi anche dello stesso tipo possono seguire instradamenti diversi. In questo tipo di sistemi, il problema complessivo di gestione dei flussi è spesso decomposto in passi distinti, in genere indicati come *attrezzaggio* (tooling) e *instradamento* (routing). In [6] sono presentati due modelli lineari di costo su reti di flusso per l'attrezzaggio, avendo come obiettivi rispettivamente il bilanciamento dei carichi di lavoro alle macchine e la massimizzazione del numero di instradamenti resi possibili dall'attrezzaggio. Per l'instradamento di pezzi, in [2] vengono presentati approcci euristici al problema nel caso in cui la relazione di ordinamento tra le operazioni che ciascun pezzo deve subire è un albero. In [13] il modello precedente viene generalizzato, minimizzando il tempo complessivo impiegato dal sistema di trasporto per movimentare i pezzi.

1.2 PROBLEMI DI ALLOCAZIONE E SEQUENZIAMENTO (SCHEDULING)

1.2.1 No-wait Flow Shop

Nel problema no-wait flow shop, ogni pezzo deve essere lavorato da m macchine in serie, e può trascorrere nel sistema solo il tempo strettamente necessario alle lavorazioni sulle m macchine. Il problema consiste nel sequenziare i pezzi in modo da minimizzare il tempo di completamento. Questo problema è stato analizzato in [15] supponendo che gli n pezzi da lavorare non siano tutti diversi, ma appartengano a $s < n$ tipi distinti. Viene fornito un algoritmo approssimato basato sulla risoluzione di un problema di trasporti con s sorgenti e s destinazioni in cui, se tutti i tipi hanno cardinalità q , l'errore relativo è non superiore a $(m + 1)/2q$.

Nel caso $m = 2$, il problema di no-wait flow shop è notoriamente polinomiale. Tuttavia, in alcune applicazioni può capitare che non sia noto il valore esatto dei tempi di processamento, ma solo il loro ordinamento relativo. In questo caso è possibile dare un semplice ma efficace algoritmo approssimato, descritto in [103].

1.2.2 Flow shop con buffer limitato, 2 macchine

In [14, 22] viene affrontato il problema di sequenziare n lavori in un flow shop con 2 macchine seriali, con capacità c finita del buffer intermedio, con l'obiettivo di minimizzare il tempo di completamento. Il problema è stato affrontato nell'ambito della produzione *a lotti*, ossia allorché i pezzi da lavorare sono di $b < n$ tipi diversi, e i pezzi di ciascun tipo devono essere processati *consecutivamente* (requisito tipico di molti contesti produttivi). Si suppone che i lotti siano di dimensione almeno $c + 1$. In [14] viene mostrato che questo problema è NP-completo, ma che per ogni lotto esiste un valore minimo di cardinalità b_i^* , tale che, se ciascun lotto ha cardinalità superiore a b_i^* , è possibile dare un algoritmo polinomiale ($O(b \log b)$) per la soluzione esatta del problema. In [22] viene invece proposto e discusso un algoritmo esatto di enumerazione implicita che nella quasi totalità dei casi riesce a risolvere esattamente problemi con un numero di lotti non superiore a 30, o a trovare soluzioni sub-ottime, in tempo di calcolo ragionevole.

Questi risultati sono applicati a un flow shop automatizzato, in cui i pezzi da sequenziare vengono montati e smontati da pallet in una stazione di ingresso/uscita, e speciali dispositivi (*swapping devices*) consentono lo scambio tra il pezzo portato dal veicolo e quello che è stato

lavorato dalla macchina, che è priva di altri buffer [17]. Applicando i risultati in [14], è possibile caratterizzare una classe di istanze per cui il problema di sequenziamento con l'obiettivo di minimizzare il tempo di completamento dei pezzi è polinomiale.

In [104] viene affrontato il problema complessivo della *selezione dei tipi di pezzi* (*part type selection*) da processare in un certo arco di tempo e quello del sequenziamento dei pezzi. La fase di selezione dei tipi di pezzi avviene selezionando un insieme di coppie di part-type, da processare in intervalli temporali distinti, cercando di massimizzare la durata dell'intervallo di tempo in cui il sistema può funzionare al massimo teorico di utilizzazione, stante la capacità limitata del buffer. Tale problema è formulato come programmazione lineare. Successivamente, viene risolto in modo esatto il problema di determinare la sequenza ottimale di ingresso dei pezzi di ogni coppia, applicando una semplice regola.

1.2.3 Celle robotizzate

Infine, in [23, 27] viene affrontato lo studio dei problemi di scheduling nelle *celle robotizzate no-wait*, in cui le macchine sono disposte in serie e sono prive di buffer, e inoltre i pezzi non possono attendere sulle macchine dopo aver terminato la propria lavorazione. In [23] viene dimostrato che: (i) il problema di sequenziare n pezzi diversi con $m = 2$ può essere ricondotto a un problema classico di no-wait flow shop con 2 macchine, ed è quindi risolubile in tempo $O(n \log n)$; (ii) per $m = 3$ e pezzi tutti uguali, il sequenziamento ottimo periodico dei movimenti del robot può essere cercato tra i soli cicli semplici e doppi (durante l'esecuzione di ciascuno dei quali cioè vengono prodotti rispettivamente 1 e 2 pezzi.). In [27] viene invece analizzata la complessità del problema di sequenziare n pezzi diversi in una cella no-wait con $m = 3$, variando in ciascuno dei 6 modi possibili il sequenziamento dei movimenti del robot.

1.2.4 Singola macchina, arrivi dei job a cadenza costante

Dati n job vincolati a essere rilasciati a intervalli regolari, per essere lavorati da una macchina, il problema è quello di decidere il loro ordinamento in modo da minimizzare il loro tempo complessivo di attesa, pur mantenendo la macchina sempre occupata. In [16] viene dimostrata l'NP-completezza del problema, e viene presentato un algoritmo esatto di branch-and-bound con relativi risultati sperimentali.

1.2.5 Macchine parallele con vincoli di deadline

Dati n job ed m macchine in parallelo, occorre trovare, se esiste, un assegnamento di job a macchine che consente di terminare ogni job entro la propria deadline. I diversi valori delle durate dei job sono K . In [26] viene mostrato che il problema di determinare un assegnamento ammissibile per le deadline è NP-completo già per $K = 2$, e viene fornito un algoritmo di enumerazione che consente di risolvere in tempi contenuti un insieme di istanze reali.

1.2.6 Problemi con precedenze di tipo catena, job shop con risorse umane

Il problema è quello di eseguire catene di task su macchine parallele con l'obiettivo di minimizzare il makespan. In [48] è mostrato che questo problema è NP-completo nel caso di tre catene e due macchine, ma ammette uno schema di approssimazione completamente polinomiale. In [51] il modello è esteso a considerare tre job in un job shop con due operatori, e

algoritmi di programmazione dinamica e di branch and bound sono messi a confronto per la risoluzione esatta del problema. In [60] un caso reale relativo alla produzione pellettiera viene analizzato e viene proposto un modello generale per la soluzione di problemi di job shop in cui le operazioni richiedono anche l'impiego di risorse umane (limitate).

In [54] si analizzano problemi in cui i vincoli di precedenza formano due catene e ciascuna operazione è assegnata a una macchina ("macchine dedicate"), come in un classico job shop. Si discute la complessità del problema per diverse funzioni obiettivo dei tempi di completamento dei singoli task.

1.2.7 Sequenziamento di lavorazioni in un job shop con due soggetti concorrenti

In [24, 29] viene presentato uno scenario produttivo in cui due job devono essere eseguiti condividendo un insieme di risorse. Ciascun job è caratterizzato da una funzione obiettivo non regolare e quasi convessa del proprio tempo di completamento. In [24] viene discusso il problema di generare l'insieme di tutti gli schedule non dominati, mentre in [29] quello in cui si vuole minimizzare una combinazione lineare delle due funzioni obiettivo.

1.2.8 Coordinamento tra due stadi di una catena produttiva

In diversi reparti di una catena produttiva, diversi job richiedono diverse tipologie di set-up. In [30] è stato analizzato il problema di trovare una sequenza dei lotti comune ai due reparti in modo che il numero complessivo di set-up nei due reparti sia minimizzato. Si può vedere che il problema corrisponde a trovare l'hamiltonian completion number del line graph di un grafo bipartito. Il problema è dimostrato essere NP-completo, e viene proposto un approccio euristico molto efficiente. In [28] viene analizzato il caso particolare in cui il grafo bipartito che descrive forma e colore dei lotti è un albero, e viene fornito un algoritmo esatto di complessità lineare.

In [40] si analizza la complessità di un problema di coordinamento tra due stadi di una catena produttiva, in cui ciascuno dei due stadi ha una propria sequenza ideale di job, e le possibilità di riqsequenziamento tra uno stadio e l'altro sono limitate da un buffer. Gli obiettivi riguardano la minimizzazione dei costi di immagazzinamento e della distanza delle sequenze da quelle ideali (misurata come numero di scambi necessari per passare dall'una all'altra).

1.2.9 Job shop e flow shop con vincoli di precedenza start–start

In [77] vengono presentati alcuni algoritmi polinomiali per casi particolari di problemi di shop scheduling con vincoli di precedenza di tipo start–start, ossia, un'operazione di un job può iniziare quando l'operazione precedente è *iniziata*. Sono mostrati algoritmi polinomiali per il job shop con 2 job e 2 macchine, il flow shop con 2 macchine, e il flow shop con 2 job e m macchine.

1.2.10 Sequenziamento di part program con costi di set-up

In [33, 37] viene considerata un'architettura di cella flessibile in cui un processore può eseguire lavorazioni (part program) su un certo insieme di pezzi presenti nel sistema. Ogni operazione richiede un certo utensile, ciascun part program richiede una successione di utensili. Ogni volta che il processore deve cambiare utensile, si incorre in un set-up. Il problema è quello

di sequenziare i pezzi in modo che sia minimizzato il numero complessivo di set-up, tenendo conto che non più di k pezzi possono essere presenti allo stesso tempo nel sistema. In [33] si dimostra che per $k = 3$ il problema è NP-completo, e viene proposto uno schema enumerativo di tipo branch-and-price. Per lo stesso problema, in [37], è presentato invece un approccio euristico.

1.2.11 Scheduling multi-agente e competitivo

In [25] vengono proposti alcuni paradigmi realizzativi del concetto di agente autonomo in un sistema produttivo con un insieme di centri di lavorazione. Questi paradigmi si differenziano per i diversi livelli di complessità realizzativa e per l'entità dell'informazione scambiata tra gli agenti. Un insieme di esperimenti di simulazione effettuati consente di confrontare tra loro i paradigmi e di valutare il compromesso tra grado di autonomia e prestazioni del sistema in termini di rispetto delle date di consegna degli ordini.

Il caso specifico di un sistema in cui due agenti possono cooperare per svolgere i task è analizzato in [32], in cui il problema di selezionare i processi e sequenziarli è formulato e risolto per mezzo di modelli di teoria dei grafi.

In [35] si considerano problemi di scheduling caratterizzati da due soggetti (agenti) che devono accordarsi sull'utilizzo di una risorsa condivisa. Ciascun soggetto ha determinati job da eseguire, e una propria funzione obiettivo. Si analizza la complessità di molti problemi in cui le funzioni obiettivo dei due soggetti sono la somma dei tempi di completamento, il numero dei job in ritardo, il massimo di un indice regolare associato a ciascun job. Alcuni dei risultati sono estesi al caso di più agenti in [41]. In [90, 91] sono presentati i principali approcci modellistici ai problemi di scheduling multi-agente. In [93] è presentato un tutorial sui problemi di scheduling multiagente. In [46] sono riportati algoritmi esatti, basati sul rilassamento lagrangiano, per alcuni casi difficili in cui un agente vuole minimizzare la somma pesata dei tempi di completamento. In [45] il caso in cui entrambi gli agenti vogliono minimizzare la somma pesata dei tempi di completamento è affrontato con gli strumenti della teoria della negoziazione, e in particolare si studia come calcolare la soluzione di Nash. Il problema più generale di insiemi di negoziazione non convessi è ulteriormente affrontato in [53].

In [65] viene affrontato un problema di project scheduling multi-agente, in cui ciascun agente ha il controllo di un sottoinsieme di attività, ed esiste uno schema di compensi predefinito in funzione del makespan del progetto. Si studia la complessità del problema del determinare l'equilibrio di Nash cui corrisponde il minimo makespan, mentre in [78] viene presentato uno studio computazionale sul valore di *price of anarchy* e *price of stability* per un insieme di reti dalle caratteristiche realistiche. In [81] il problema è generalizzato considerando che nel progetto sono definiti *milestone* intermedi, ed è possibile remunerare/penalizzare gli agenti in relazione al rispetto o meno di tali milestone. È presentata una formulazione di PLI e un algoritmo risolutivo di lazy-constraint generation.

In [96] viene raccolta e sistematizzata gran parte della letteratura sui problemi di scheduling multi-agente, che negli ultimi dieci anni ha conosciuto uno sviluppo molto ampio. Vengono inoltre presentate numerose estensioni dei risultati a un contesto più generale in cui gli insiemi di job dei due agenti possono non essere disgiunti.

In [67] viene affrontata una situazione in cui due agenti (con varie funzioni obiettivo) sottomettono in un certo ordine i propri job a un coordinatore esterno, il quale di volta in volta alloca la risorsa a uno dei job sottomessi, secondo una regola che è conoscenza comune. Sono

considerati vari problemi, sia dal punto di vista del coordinatore (determinare l'insieme delle soluzioni Pareto ottime compatibili con la regola di priorità) sia da quello dei singoli agenti (come determinare una strategia minimax). Sono analizzati diversi problemi, e analizzata la loro complessità computazionale.

Applicando i classici concetti di equità (*fairness*) proporzionale e secondo Kalai-Smorodinsky, in [76] si studia il price of fairness in problemi di scheduling singola macchina in cui le funzioni obiettivo dei due agenti sono il massimo scostamento rispetto a una due date comune, e la somma dei tempi di completamento dei propri job.

1.2.12 Problemi con preemption generalizzata

In [43] viene studiato un problema di scheduling, che nasce nella verniciatura di mobili da cucina, in cui le attività possono essere interrotte, ma alla loro ripresa il processamento deve sottostare a determinate modalità: ad esempio, non possono essere nuovamente interrotte per un certo tempo minimo. Questa modalità generalizza il concetto di preemption. Per questa classe di problemi, di cui si dimostra la NP-completezza, viene proposto un approccio euristico generale e una formulazione di tipo time-indexed set-packing, in grado di fornire lower bound molto buoni sul valore della soluzione ottima. Il problema della generazione dei lower bound è affrontato in dettaglio in [49].

1.2.13 Batch selection

In [36] viene proposto un algoritmo esatto per il problema della selezione del batch. Dato un insieme di lavorazioni, ognuna delle quali richiede un certo insieme di utensili su un centro di lavorazione, il problema consiste nel determinare quali utensili vanno caricati in un magazzino a capacità limitata per massimizzare il profitto derivante dall'esecuzione delle lavorazioni.

1.2.14 Scheduling UMTS

In questo filone vengono studiati i problemi di schedulazione che nascono nell'ambito dello standard UMTS di comunicazione. Il problema riguarda l'allocazione temporale dei pacchetti informativi agli slot di un radio frame. In [34] è proposto un algoritmo esatto di programmazione dinamica, che risolve il problema in tempi compatibili con le applicazioni, quando sono presenti due classi di traffico. In [39, 47] è analizzato invece il problema di allocare pacchetti di diversi servizi agli slot di un radio frame, tenendo esplicitamente conto dei vincoli di qualità di servizio, che limitano l'insieme di slot in cui i pacchetti possono essere allocati (time windows). L'obiettivo in entrambi i casi è quello di minimizzare il peso complessivo dei pacchetti non schedulati in tempo. In [39] è presentato un algoritmo polinomiale per il caso di due soli servizi, e time windows generiche. In [47] si considera invece un numero qualsiasi di servizi, per ciascuno dei quali è specificata una deadline.

1.2.15 Bin packing high-multiplicity

In [38] viene considerato il problema di bin packing quando solo C tipi diversi di oggetti esistono. Per il caso $C = 2$ è proposto un algoritmo $O(\log D)$, dove D è la capacità di ciascun bin. Con la stessa complessità asintotica è fornito un algoritmo per il caso generale, che produce una soluzione superiore di al più $C - 2$ bin rispetto all'ottimo.

1.2.16 Sequenziamento di test e problemi con macchine soggette a rottura

In [44] si studia il problema di sequenziare n job su m macchine parallele, laddove un job è caratterizzato da una probabilità di successo p_i e un guadagno r_i . Se un job fallisce, blocca la macchina che lo stava eseguendo, e rende impossibile processare gli altri job in coda sulla stessa macchina sequenziati successivamente. L'obiettivo è di allocare i job alle macchine e sequenziarli in modo da massimizzare il guadagno atteso. Viene mostrato che il problema è NP-hard in senso forte anche per $m = 2$, e viene poi analizzata una semplice regola round robin, per mezzo di un upper bound di tipo high multiplicity. In [55] si analizza un algoritmo di tipo list scheduling per il caso $m = 2$, e si dimostra che fornisce un'approssimazione non superiore a 0.8535. In [80] questo risultato viene esteso al caso generale di m macchine, mostrando che list scheduling fornisce una approssimazione di circa 0.8531. In [69] si studia invece il caso in cui sono le m macchine a essere soggette a rottura: se il tempo tra due rotture è esponenzialmente distribuito, il problema può essere ricondotto al modello precedente. Si mostra che se la durata di ciascun job è superiore al mean time between failures, il problema è risolubile con una semplice regola greedy, mentre in caso contrario è NP-hard. In [83], si considera il problema in cui è possibile replicare i job su diverse macchine, e il guadagno è conseguito se almeno una copia di un job è portata a termine con successo. Si mostra che per $m = 2$ il problema è difficile, e sono discussi una formulazione di programmazione matematica, alcuni upper bound e un algoritmo metaeuristico. Per questo problema, e m generico, in [87] viene calcolato un upper bound e sono proposti alcuni algoritmi euristici, per i quali vengono dimostrati bound sull'approssimazione (pari a H_m/m , dove H_m è l' m -simo numero armonico, e a $1 - 1/e$).

Un problema correlato è il seguente: un sistema si compone di n componenti. Ciascun componente i ha una probabilità p_i di essere funzionante; il sistema è funzionante se tutti i suoi componenti lo sono. Considerando che testare il componente i ha un costo c_i , si vuole stabilire in che ordine testare i componenti in modo da minimizzare il valore atteso del costo. In [82] il problema viene affrontato nel caso in cui vi siano m risorse di test in parallelo, ogni test richiede un tempo unitario, e tutti i test vanno completati entro il tempo T . Il problema consiste nell'assegnare e sequenziare i test su ciascuna risorsa. Viene dimostrato che il problema è NP-completo per $m = 3$ o per $T = 2$, e sono proposti vari approcci risolutivi.

1.2.17 Sequenziamento in un *proportionate flow shop*

In [68] viene presentato un algoritmo per il seguente problema. È dato un flow shop *proportionate*, ossia in cui tutte le operazioni di uno stesso job hanno stessa durata. Tale durata però dipende, in modo generale, dal job e dalla sua posizione nello schedule. Viene fornito un algoritmo $O(n^4)$ per la soluzione di tale problema (la complessità dell'algoritmo più efficiente finora conosciuto era $O(n^5)$), e un algoritmo $O(n^5)$ per risolvere il problema più generale in cui alcuni job possono essere dati in outsourcing (*job rejection*) a un certo costo.

1.2.18 Scheduling in un terminale di crossdocking

In [85] viene studiata la complessità di un modello per il sequenziamento di camion in un terminale di crossdocking. Il problema è quello di decidere in che ordine i camion devono essere serviti ai gate di un terminale con l'obiettivo di minimizzare il tempo complessivamente

trascorso nel sistema dalle merci. Il problema è NP-completo per $m = 2$ gate, anche per tempi correlati al numero di pallet da caricare/scaricare, e per $m = 1$ e tempi di processamento generali.

1.2.19 Scheduling con vincolo no-idle

In [84] viene studiato un problema in cui n job devono essere sequenziati su una macchina. I job sono di due tipi; i job di tipo A devono essere processati solo dalla macchina M_1 , quelli di tipo B dalla macchina M_1 e successivamente dalla macchina M_2 . Il problema è quello di minimizzare la somma dei tempi di completamento dei job di tipo A con il vincolo che M_2 sia sempre in funzione (no-idle). Viene studiato un approccio basato sulla programmazione matematica e alcune euristiche, mostrando che per istanze fino a $n = 50$ si possono trovare soluzioni ottime o molto buone in tempi di calcolo molto contenuti.

1.3 CONTRIBUTI IN ALTRI FILONI DI RICERCA

1.3.1 Metodi quantitativi per il progetto dei sistemi flessibili di produzione

In [105] alcuni indici e alcuni modelli decisionali sono proposti per confrontare diverse configurazioni di un sistema produttivo in termini di efficienza, costo e flessibilità. I problemi presentati riguardano la determinazione della configurazione più conveniente a fronte di una data domanda e volendo mantenere un dato livello di flessibilità.

1.3.2 Metodi quantitativi nel controllo qualità

In [8] viene analizzato il problema della localizzazione di stazioni di ispezione in un sistema di lavorazione seriale. Il problema consiste nel decidere se localizzare o meno una stazione di ispezione a valle di ciascuna operazione, e nel determinare la modalità di lavorazione (riparazione o scarto del pezzo difettoso) di ogni stazione. Viene studiata la complessità di diverse formulazioni di questi problemi e sono forniti algoritmi risolutivi.

1.3.3 Problemi di localizzazione

Il problema di localizzare su una rete stradale un certo numero di stazioni di controllo al fine di massimizzare il numero di veicoli controllati o di minimizzare la probabilità di incidenti letali è studiato in [10], in cui vengono presentati e discussi alcuni algoritmi ϵ -approssimati.

In [31] viene affrontato il problema di definire p distretti su una rete al fine di dislocare una pattuglia di polizia in ciascun distretto. L'obiettivo è minimizzare il massimo diametro tra i distretti, tenendo conto del bilanciamento tra i distretti in termini di intensità di traffico. Sono proposti algoritmi polinomiali per $p = 2$ e $p = 3$, nel caso in cui la rete stradale sia un albero.

In [42] viene affrontato il problema di ricoprire un segmento per mezzo di radar aventi un costo fisso di installazione e un costo di esercizio quadratico rispetto al raggio coperto. Viene caratterizzata la complessità del problema (NP-completo) e fornito un algoritmo esatto molto efficiente, basato su rilassamenti lagrangiani. In [52], il modello è stato poi generalizzato a un'ampia classe di problemi di ottimizzazione, precisamente quei problemi in cui una domanda per una certa risorsa (unitaria) deve essere allocata a un certo numero di entità, e il costo di

ciascuna unità è pari a un costo fisso più un termine dato dalla frazione allocata x_i , moltiplicata per una funzione di latenza, crescente e semiconvessa in x_i . Si sfruttano alcune proprietà del duale lagrangiano del problema per risolvere in modo esatto problemi con svariate centinaia di entità, che non risultano risolvibili da programmi software commerciali.

1.3.4 Divulgazione

In [4] si è tentato di formalizzare il processo che sta alla base della formulazione di un problema, ovvero della sua espressione attraverso un modello decisionale. In [99] lo stesso argomento è esteso a considerare classi di modelli e paradigmi di rappresentazione. La modellistica per problemi decisionali è anche il tema di un articolo divulgativo sulla Ricerca Operativa scritto pensando alle applicazioni nelle piccole e medie imprese [100]. Inoltre, in [101] è presentato un breve survey divulgativo sull'evoluzione dei problemi decisionali nell'automazione industriale. In [102] sono presentate alcune considerazioni sull'introduzione di argomenti di ricerca operativa nella didattica della scuola superiore.

1.3.5 Benchmarking

In [92] è presentata la DEA come strumento per il benchmarking e la misurazione delle performance aziendali.

1.3.6 Call planning

In [50] è descritto un modello per la pianificazione delle attività degli informatori scientifici (call planning) di una casa farmaceutica. Tale modello programma le visite ai medici sulla base di una caratterizzazione dei medici stessi in termini di ricettività e mercato potenziale. Un approccio euristico viene poi applicato su un repertorio di dati reali, relativi ai medici di base italiani.

1.3.7 Espansione di capacità

In [72] viene considerato un gioco noncooperativo in cui i diversi agenti controllano vari archi di una rete, e vi è un costo di espansione e un compenso se il massimo flusso aumenta. Viene mostrato che trovare un equilibrio di Nash è un problema NP-completo, ma una opportuna formulazione primale-duale del problema consente di trovare tale equilibrio in un tempo ragionevole su istanze di dimensioni realistiche.

1.3.8 Applicazioni in ambito sanitario

Modelli e algoritmi per la pianificazione chirurgica. In [108] è presentato un modello di pianificazione settimanale delle sedute operatorie che, oltre a tenere conto dello stato delle liste di attesa, compila le sedute operatorie tenendo conto della disponibilità dei vari chirurghi. In [56] è trattato il problema della pianificazione delle sedute operatorie per un ospedale di medie dimensioni. In particolare, con riferimento a uno scenario di medio-lungo termine, è analizzato l'impatto della variabilità del master surgical schedule su alcuni indici di efficienza quali il rispetto delle due date e il grado di utilizzo delle sale operatorie. Le simulazioni evidenziano che anche un livello limitato di variabilità temporale nel MSS può consentire

notevoli miglioramenti rispetto al modello con MSS fisso. Una sintesi del lavoro con la discussione dell'applicazione in ambito lean è presentata in [64]. In [58] viene invece proposto un approccio euristico di decomposizione al problema integrato di determinare il MSS e lo SCAP. L'approccio determina prima il MSS, risolvendo un problema di costo su reti di flusso, e successivamente lo SCAP risolvendo un problema di programmazione intera di dimensioni ridotte. In [63] si studia invece un modello per integrare la programmazione chirurgica (SCAP) con la gestione dei posti letto, in un ospedale organizzato per intensità di cura.

Gestione dei flussi in ematologia. In [74] viene descritto un problema di appointment scheduling in un reparto di ematologia, illustrando i risultati ottenibili attraverso un modello di ottimizzazione combinatoria. Il problema è ripreso in [75], in cui viene discusso e dettagliato il processo di reingegnerizzazione e sono forniti i risultati dell'integrazione tra ottimizzazione e simulazione.

Il lean thinking in Sanità. In [94] sono descritte le problematiche organizzative della chirurgia e il contributo che può provenire dall'applicazione delle metodologie *lean*. Un manuale pratico alla preparazione di un modello A3 è presentato in [98]. In [97] si discute il ruolo dei modelli di ottimizzazione nell'ambito di applicazioni di tipo *lean* in sanità e più in generale nelle aziende di servizi. In [73] viene presentata l'applicazione del lean alla schedulazione delle sedute chemioterapiche.

Pianificazione dei trasporti sanitari ordinari. In [57] viene proposto e discusso un approccio alla pianificazione dei trasporti sanitari ordinari, basato sulla formulazione di un modello di pick-up and delivery e l'applicazione di un'euristica per la generazione di colonne.

1.3.9 Modelli per la gestione dell'energia elettrica

In [109, 110] sono presentati modelli relativi ai problemi decisionali di un *aggregatore* di energia elettrica. L'aggregatore è una figura intermedia tra i soggetti che vendono energia e gli utenti finali, e lo scopo è quello di sfruttare la flessibilità temporale offerta da un pool di utenti per effettuare vantaggiose operazioni di compravendita di energia.

In [59] viene invece modellato e risolto il problema di schedulare vari tipi di carichi elettrici (carichi differibili, carichi interrompibili e impianti di climatizzazione) in una utenza domestica, al fine di ottimizzare la combinazione di tre indici, relativi al costo economico, al comfort climatico, e all'utilizzo degli elettrodomestici nei tempi desiderati. Vengono confrontati un modello di programmazione lineare mista e un'euristica risolutiva, progettata per essere compatibile con gli standard realizzativi dei controllori domestici di energia ("Energy Box"). Una versione preliminare del lavoro era stata presentata in [111].

1.3.10 Integrazione tra produzione e trasporto

In [61] sono proposti modelli decisionali per l'integrazione di produzione e trasporto in un impianto produttivo a due stadi (inbound distribution). Le decisioni riguardano sostanzialmente il sequenziamento dei job e la formazione di batch per il trasporto, in un contesto in cui le specifiche sui tempi di consegna al secondo stadio sono legate al tempo di rilascio sul primo stadio. Si analizza la complessità dei vari problemi, per diverse caratteristiche del sistema di trasporto (diversi modi di trasporto e quantità di veicoli) e rapporto tra i due soggetti (sequenze di produzione decise dal produttore o concordate tra produttore e trasportatore). In [62] sono studiate diverse modalità con cui può essere regolato il rapporto tra i due soggetti

(produttore e trasportatore) dal punto di vista della tempistica delle consegne. I vari scenari sono confrontati per mezzo di esperimenti che permettono di quantificare i vantaggi relativi della cooperazione tra i due soggetti. In [66] sono presentati due algoritmi che migliorano significativamente quelli corrispondenti presentati in [61]. In [70] si discute una classe di problemi in cui, nella pianificazione integrata, si tiene conto dei costi di immagazzinamento dei prodotti finiti. Alcuni algoritmi polinomiali sono forniti per il caso in cui i job abbiano tempo di processamento unitario. In [71] viene analizzato un problema integrato di produzione e distribuzione, in cui la sequenza con cui i clienti sono visitati è fissata a priori. Sono forniti alcuni risultati di complessità ed analizzati alcuni casi particolari.

1.3.11 Localizzazione di droni

In [79] viene presentato un approccio di PLI per il problema di decidere dove localizzare le basi di lancio di un insieme di droni per la consegna di materiale deperibile. Il modello determina dove localizzare i droni, assegna le missioni ai droni stessi e ne determina un sequenziamento. Viene mostrato l'utilizzo del modello per supportare decisioni progettuali quali la dimensione e la tipologia della flotta, e il vantaggio derivante dalla possibilità di rilocare i droni nell'arco del periodo di operazione.

1.3.12 Last-mile delivery

In [86] si studia un problema di sequenziamento di task nell'ambito delle consegne a domicilio di pasti. In particolare, nell'arco di una corsa il corriere può consegnare uno o due pasti, rispettando alcune specifiche sulla puntualità di consegna. Si considera, a fronte di un insieme di richieste, il problema di massimizzare il numero di richieste da soddisfare. Si dimostra che il problema è NP-completo e viene fornito un algoritmo esatto che consente di risolvere istanze di dimensioni realistiche in un tempo di calcolo contenuto.

2 DIDATTICA

1994–1998 Esercitatore nel corso di *Automazione Industriale* presso la Facoltà di Ingegneria, Università di Roma "La Sapienza".

1998–2019 Titolare del corso di *Ricerca Operativa* per tutti i corsi di Laurea in Ingegneria, Università di Siena.

2009–oggi Titolare del corso di *Metodi di Ottimizzazione* per il corso di Laurea in Ingegneria Gestionale, Università di Siena.

2019–oggi Titolare del modulo di *Production Planning* per il corso di Laurea Magistrale in Engineering Management, Università di Siena.

2011–2019 Titolare del corso di *Network Optimization* per il corso di Laurea Magistrale in Computer and Automation Engineering, Università di Siena.

1992–2003 Titolare del corso di *Metodi Quantitativi nelle Decisioni Operative* presso il Master in Business Administration della LUISS Guido Carli.

2001–2010 Titolare del corso di *Modelli di ottimizzazione* presso il GINTS- Master in Gestione delle Istituzioni Finanziarie e Nuove Tecnologie - Università di Siena.

2002–2012 Titolare del corso di *Matematica e Modelli per le decisioni* presso il Master in Ingegneria dell'Impresa Università di Roma Tor Vergata.

2003–oggi Titolare del corso di *Strumenti Matematici per la Gestione* presso il Master in Ingegneria per le Pubbliche Amministrazioni Università di Roma Tor Vergata.

3 RESPONSABILITA' ORGANIZZATIVE

2005–2009 Direttore della Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Siena.

2003–2015 Presidente del Comitato per la Didattica del Corso di Laurea Specialistica (fino al 2008) e Magistrale (dal 2008 al 2015) in Ingegneria Gestionale dell'Università di Siena.

2014–oggi Direttore del Master di Secondo Livello in Lean Health Care Management, Università di Siena (giunto alla nona edizione).

2015–2021 Presidente della Commissione Paritetica Docenti Studenti del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche dell'Università di Siena

2021–2024 Presidente del Nucleo di Valutazione dell'Università di Siena.

4 ALTRE ATTIVITA'

1997–oggi Associate Editor di *IIE Transactions* (già *IIE Transactions*).

2003–oggi Area editor di *4OR*.

2008–oggi Associate Editor di *Journal of Scheduling*.

1999–2002 Responsabile dell'Unità Operativa di Siena per il Programma di Ricerca CNR 5% nel settore Metodi e Sistemi di Supporto alle Decisioni dal titolo "Modelli e algoritmi per la gestione ottimizzata delle risorse produttive nell'industria siderurgica".

1999–2002 Responsabile dell'Unità Operativa di Siena per il Programma di Ricerca Strategico CNR dal titolo "Sistemi Logistici Integrati: Progetto e Ottimizzazione delle Prestazioni" (coord. Prof. Walter Ukovich).

1999–2002 Responsabile dell'Unità Operativa di Siena per il Programma di Ricerca Strategico CNR dal titolo "La Gestione delle Emergenze nelle Organizzazioni Complesse" (coord. Prof. Domenico Campisi).

2000–2001 Responsabile dell'Unità Operativa di Siena per il Programma di Ricerca PRIN "Modelli e Algoritmi per la Pianificazione delle Operazioni nei Sistemi Distribuiti".

- 2001–2003** Responsabile dell’Unità Operativa di Siena per il Programma di Ricerca CNR/MIUR ”Simulazione e Ottimizzazione per Reti: Software e Applicazioni” (Coord. Prof. Giovanni Rinaldi), nell’ambito del progetto *Strumenti, Ambienti ed Applicazioni per la Società dell’Informazione*.
- 2002** Responsabile nazionale del Programma di Ricerca PRIN ”Modelli e Algoritmi per la Pianificazione delle Operazioni nei Sistemi Distribuiti”.
- 2002** Nel giugno 2002 ha organizzato a Siena la Scuola CIRO per giovani ricercatori, di cui ha curato la pubblicazione degli atti [95].
- 2003–2005** Responsabile del Programma di Ricerca PAR (Piano di Ricerca di Ateneo, Siena) ”Modelli e algoritmi per il coordinamento e la negoziazione nei sistemi logistici”
- 2005** Chairman del comitato organizzatore del convegno internazionale MAPSP (Models and Algorithms for Planning and Scheduling Problems), 6-10/6/2005.
- 2009** Co-chairman del comitato organizzatore delle XL Giornate di Lavoro AIRO, 8-11/9/2009.
- 2008–2010** Responsabile locale del Programma di Ricerca PRIN ”Strategie e Meccanismi di Coordinamento nei Sistemi Logistici Distribuiti”.
- 2010** Invited semiplenary speaker al 12th International Conference on Project Management and Scheduling (Tours, 26-28 aprile 2010) con un intervento dal titolo ”Combinatorial models for multi-agent scheduling problems”
- 2011–2013** Coordinatore del Programma di Ricerca PAR-FAS (Regione Toscana) ”Gestione delle risorse critiche in ambito ospedaliero (GERICO)”.
- 2012** Invited tutorial all’INFORMS 2012 Annual Meeting (Phoenix, 14-17 ottobre 2012) su ”Multi-Agent Scheduling Problems”
- 2021** Tutorial invitato alla 22ème Conference ROADEF de la Société Française de Recherche Opérationnelle et Aide à la Decision (Mulhouse, 26-30 aprile 2021) su ”Multiagent Scheduling Problems”
- 2022** Invited keynote speaker al 15o workshop on Models and Algorithms for Planning and Scheduling Problems (MAPSP), Oropa, 12-17 giugno 2022, “Scheduling machines subject to unrecoverable failures and other related stochastic sequencing problems”.

Svolge attività di *referee* per diverse riviste, tra cui *Operations Research*, *Management Science*, *European Journal of Operational Research*, *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, *Annals of Operations Research*, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, *Journal of Scheduling*.

Riferimenti

- [1] Agnetis, A., *Modelli combinatori nella produzione flessibile*, tesi presentata per il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria dei Sistemi, Roma, Febbraio 1992.
- [2] Agnetis, A., Arbib C., Lucertini M., Nicolò F., Part routing in Flexible Assembly Systems, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 1990, 6, (6), 697–705.
- [3] Agnetis, A., Lucertini M., Nicolò F., Modelling and Optimization of a Flexible Pipeline Assembly System, *Ricerca Operativa*, 1990, 54, 3–31.
- [4] Agnetis, A., Arbib C., Lucertini M., Nicoloso S., Formulazione di modelli per problemi di decisione, *Ricerca Operativa*, 1991, 57, 7–43.
- [5] Agnetis, A., Lucertini M., Nicolò F., Flow Management in Flexible Manufacturing Cells with Pipeline Operations, *Management Science*, 1993, 39, (3), 294–306.
- [6] Sodhi, M.S., Agnetis A., Askin R., Tool Addition Strategies in Flexible Manufacturing Systems, *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 1994, 6, 287–310.
- [7] Agnetis, A., Arbib C., Lucertini M., Nicolò F., Task Assignment and Sub-assembly Scheduling in Pipeline Assembly Systems, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 1995, 11, (1), 1–20.
- [8] Rebello, R., Agnetis A., Mirchandani P., Specialized Inspection Problems in Serial Production Systems, *European Journal of Operational Research*, 1995, 80, (2), 277–296.
- [9] Agnetis, A., Ciancimino, A., Lucertini, M., Pizzichella M., Balancing Flexible Lines for Car Components Assembly, *International Journal of Production Research*, 1995, 33, (2), 333–350.
- [10] Mirchandani, P. B., Rebello R., Agnetis A., The Inspection Station Location Problem in Hazardous Material Transportation: Some Heuristics and Bounds, *INFOR*, 1995, 33, (2), 100–113.
- [11] Agnetis, A., Oriolo, G., The Machine Duplication Problem in a Job Shop with Two Jobs, *International Transactions on Operational Research*, 1995, 2, (1), 45–60.
- [12] Agnetis, A., Dror, M., Vakharia, A., Rossi, F., Tool handling and scheduling in a two-machine flexible manufacturing cell, *IIE Transactions*, 1996, 28, 425–437.
- [13] Agnetis, A., Planning the Routing Mix in FASs to Minimize Total Transportation Time, *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 1996, 8, (2), 131–157.
- [14] Agnetis, A., Pacciarelli, D., Rossi, F., Batch Scheduling in a Two Machine Flow Shop with Limited Buffer, *Discrete Applied Mathematics*, 1997, 72, (3), 243–260.
- [15] Agnetis, A., No-wait Flow Shop Scheduling with Large Lot Sizes, *Annals of Operations Research*, 1997, 70, 415–438.

- [16] Agnetis, A., Macchiaroli, R., Pacciarelli, D., Rossi, F., Assigning Jobs to Time Frames on a Single Machine to Minimize Total Tardiness, *IIE Transactions*, 1997, 29, 965–976.
- [17] Agnetis, A., Pacciarelli, D., Rossi, F., Lot Scheduling in a Two Machine Cell with Swapping Devices, *IIE Transactions*, 1996, 28, 911–917.
- [18] Agnetis, A., Pacifici, A., Rossi F., Lucertini, M., Nicoletti, S., Nicolò, F., Oriolo, G., Pacciarelli, D., Pesaro, E., Scheduling Flexible Flow Lines In An Automobile Assembly Plant, *European Journal of Operational Research*, 1997, 97, (2), 348–362.
- [19] Agnetis, A., Arbib, C., Concurrent Operations Assignment and Sequencing for Particular Assembly Problems in Flow Lines, *Annals of Operations Research*, 1997, 69, 1–31.
- [20] Agnetis, A., Alfieri, A., Brandimarte, P., Prinsecchi, P., Joint job/tool scheduling in a flexible manufacturing cell with no on-board tool magazine, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 1997, 10, 61–68.
- [21] Agnetis, A., Macchiaroli, R., Modelling and Optimization of the Assembly Process in a Flexible Cell for Aircraft Panel Manufacturing, *International Journal of Production Research*, 1998, 36, 3, 815–836.
- [22] Agnetis, A., Rossi, F., Gristina, G., Exact algorithms for the batch sequencing problem in a two-machine flow shop with limited buffer *Naval Research Logistics*, 1998, 45, 141–164.
- [23] Agnetis, A., Scheduling no-wait robotic cells with two and three machines, *European Journal of Operational Research*, 2000, 123(2), 303–314.
- [24] Agnetis, A., Mirchandani, P.B., Pacciarelli, D., Pacifici, A., Nondominated schedules for a job-shop with two competing users, *Computational and Mathematical Organization Theory*, 2000, 6, (2), 191–217.
- [25] Adacher, L., Agnetis, A., Meloni, C., Autonomous agents architectures and algorithms in flexible manufacturing systems, *IIE Transactions*, 2000, 32(10), 941–951.
- [26] Agnetis, A., Smriglio, S., Optimal Assignment of High Multiplicity Flight Plans to Dispatchers, *Naval Research Logistics*, 2000, 47, (5), 359–376.
- [27] Agnetis, A., Pacciarelli, D., Part sequencing in three-machine no-wait robotic cells, *Operations Research Letters*, 2000, 27, 185–192.
- [28] Agnetis, A., Detti, P., Meloni, C., Pacciarelli, D., A linear algorithm for the edge hamiltonian completion number of a tree, *Information Processing Letters*, 2001, 79 (1), 17–24.
- [29] Agnetis, A., Mirchandani, P.B., Pacciarelli, D., Pacifici, A., Job Shop Scheduling with Two Jobs and Nonregular Objective Functions, *INFOR*, 2001, 39(3), 227–244.
- [30] Agnetis, A., Detti, P., Meloni, C., Pacciarelli, D., Set-up coordination between two stages of a supply chain, *Annals of Operations Research*, 2001, 107, 15–32.
- [31] Agnetis, A., Mirchandani, P.B., Pacifici, A., Partitioning of biweighted trees, *Naval Research Logistics*, 2002, 49 (2), 143–158.

- [32] Agnetis, A., Detti, P., Meloni, C., Process selection and sequencing in a two-agents production system, *4OR - Quarterly Journal of the Italian, French and Belgian Operations Research Societies*, 2003, 1(2), 103–119.
- [33] Agnetis, A., Alfieri, A., Nicosia, G., Part batching and scheduling in a flexible cell to minimize setup costs, *Journal of Scheduling*, 2003, 6(1), 87–108.
- [34] Agnetis, A., Brogi, G., Ciaschetti, G., Detti, P., Giambene, G., Optimal Packet Scheduling in UTRA-TDD, *IEEE Communication Letters*, 2003, 7(3), 112–114.
- [35] Agnetis, A., Mirchandani, P.B., Pacciarelli, D., Pacifici, A., Scheduling Problems with Two Competing Agents, *Operations Research*, 2004, 52(2), 229–242.
- [36] Agnetis, A., Rossi, F., Smriglio, S., An Implicit Enumeration Scheme for the Batch Selection Problem, *Networks*, 2004, 44(2), 151–159.
- [37] Agnetis, A., Alfieri, A., Nicosia, G., A heuristic approach to batching and scheduling a single machine to minimize setup costs, *Computers and Industrial Engineering*, 2004, 46, 793–802.
- [38] Filippi, C., Agnetis, A., An asymptotically exact algorithm for the high-multiplicity bin packing problem, *Mathematical Programming*, 2005, 104(1), 21–37.
- [39] Detti, P., Agnetis, A., Ciaschetti, G., Polynomial Algorithms for a Two-Class Multiprocessor Scheduling Problem in Mobile Telecommunications Systems, *Journal of Scheduling*, 2005, 8(3), 255–273.
- [40] Agnetis, A., Hall, N.G., Pacciarelli, D., Supply chain scheduling: sequence coordination, *Discrete Applied Mathematics*, 2006, 154, 2044–2063.
- [41] Agnetis, A., D. Pacciarelli, A. Pacifici, A., Multi-agent single machine scheduling, *Annals of Operations Research*, 2007, 150, 3–15.
- [42] Agnetis, A., Grande, E., Mirchandani, P.B., Pacifici, A., Covering a line segment with variable radius discs, *Computers and Operations Research*, 2009, 36(5), 1423–1436.
- [43] Agnetis, A., Alfieri, A., Nicosia, G., Single machine scheduling problems with generalized preemption, *INFORMS Journal on Computing*, 2009, 21(1), 1–12.
- [44] Agnetis, A., Detti, P., Pranzo, M., Sodhi, M.S., Sequencing Unreliable Jobs on Parallel Machines, *Journal of Scheduling*, 2009, 12, 45–54.
- [45] Agnetis, A., De Pascale, G., Pranzo, M., Computing the Nash Solution for Scheduling Bargaining Problems, *International Journal of Operational Research*, 2009, 6(1), 54–69.
- [46] Agnetis, A., De Pascale, G., Pacciarelli, D., A Lagrangian approach to single-machine scheduling problems with two competing agents, *Journal of Scheduling*, 2009, 12, 401–415.
- [47] Detti, P., Hurkens, C., Agnetis, A., Ciaschetti, G., Optimal Packet-to-Slot Assignment in Mobile Telecommunications, *Operations Research Letters*, 2009, 37, 261–264.

- [48] Agnetis, A., Flamini, M., Nicosia, G., Pacifici, A., Scheduling three chains on two parallel machines, *European Journal on Operational Research*, 2010, 202(3), 669–674.
- [49] Agnetis, A., Alfieri, A., Nicosia, G., Assessing the quality of heuristic solutions to parallel machines min-max scheduling problems, *International Journal of Production Economics*, 2009, 122, 755–762.
- [50] Agnetis, A., Messina, E., Pranzo, M., Call planning in European pharmaceutical sales force management, *IMA Journal of Management Mathematics*, 2010, 21(3), 267–280.
- [51] Agnetis, A., Flamini, M., Nicosia, G., Pacifici, A., A job-shop problem with one additional resource type, *Journal of Scheduling*, 2011, 14, 225–237.
- [52] Agnetis, A., Grande, E., Pacifici, A., Demand allocation with latency cost functions, *Mathematical Programming*, 2012, 132, 277–294.
- [53] Agnetis, A., Fragnelli, V., Some Non Standard Features of Bargaining Problems, *International Game Theory Review*, 2013, 15(2).
- [54] Agnetis, A., Kellerer, H., Nicosia, G., Pacifici, A., Parallel dedicated machines scheduling with chain precedence constraints, *European Journal of Operational Research*, 2012, 221, 296–305.
- [55] Agnetis, A., Detti, P., Pranzo, M., The list scheduling algorithm for scheduling unreliable jobs on two parallel machines, *Discrete Applied Mathematics*, 2014, 165, 2–11.
- [56] Agnetis, A., Coppi, A., Corsini, M., Dellino, G., Meloni, C., Pranzo, M., Long term evaluation of operating theater planning policies, *Operations Research in Health Care*, 2012, 1, 95–104.
- [57] Agnetis, A., Detti, P., De Pascale, G., Raffaelli, J., Chelli, P., Colombai, R., Marconcini, G., Porfido, E., Coppi, A., Applicazione di tecniche di operations management per minimizzare il costo di trasporto di pazienti, *Mecosan*, 2012, 21(84), 51–62.
- [58] Agnetis, A., Coppi, A., Corsini, M., Dellino, G., Meloni, C., Pranzo, M., A Decomposition Approach for the Combined Master Surgical Schedule and Surgical Case Assignment Problems, *Health Care Management Science*, 2014, 17, 49–59.
- [59] Agnetis, A., Detti, P., De Pascale, G., Vicino, A., Load Scheduling for Household Energy Consumption Optimization, *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2013, 4(4), 2364–2373.
- [60] Agnetis, A., Murgia, G., Sbrilli, S., A job shop scheduling problem with human operators in handicraft production, *International Journal of Production Research*, 2014, 52(13), 3820–3831.
- [61] Agnetis, A., Aloulou, M.A., Fu, L., Coordination of production and interstage batch delivery with outsourced distribution, *European Journal of Operational Research*, 2014, 238, 130–142.

- [62] Agnetis, A., Aloulou, M.A., Fu, L., Production and Interplant Batch Delivery Scheduling: Dominance and Cooperation, *International Journal of Production Economics*, 2016, 182, 38–49.
- [63] Agnetis, A., Coppi, A., Pranzo, M., Sbrilli, S., Planning elective surgeries with detailed bed leveling, sottoposto a *International Journal of Production Economics*.
- [64] Agnetis, A., Coppi, A., Corsini, M., Dellino, G., Meloni, C., Pranzo, M., Operations management e sanità: un sistema di supporto alle decisioni per la programmazione della chirurgia elettiva, *Mecosan*, 2014, 90, 55–69.
- [65] Agnetis, A., Briand, C., Billaut, J.-C., Šucha, P., Nash equilibria for the multi-agent project scheduling problem with controllable processing times, *Journal of Scheduling*, 2015, 18(1), 15–27.
- [66] Agnetis, A., Aloulou, M.A., Fu, L., Kovalyov, M., Two faster algorithms for coordination of production and batch delivery: a note, *European Journal of Operational Research*, 2015, 241, 927–930.
- [67] Agnetis, A., Nicosia, G., Pacifici, A., Pferschy, U., Scheduling Two Agent Task Chains with a Central Selection Mechanism, *Journal of Scheduling*, 2015, 18(3), 243–261.
- [68] Agnetis, A., Mosheiov, G., Scheduling with job-rejection and position-dependent processing times on proportionate flowshops, *Optimization Letters*, 2017, 11 (4), pp. 885–892.
- [69] Agnetis, A., Detti, P., Martineau, P., Scheduling nonpreemptive jobs on parallel machines subject to exponential unrecoverable interruptions, *Computers and Operations Research*, 2017, 79, 109–118.
- [70] Agnetis, A., Aloulou, M.A., Kovalyov, M., Integrated production scheduling and batch delivery with fixed departure times and inventory holding costs, *International Journal of Production Research*, 2017, 55, 6193–6206.
- [71] Cheref, A., Agnetis, A., Artigues, C., Billaut, J.-C., Complexity results for an integrated single machine scheduling and outbound delivery problem with fixed sequence, *Journal of Scheduling*, 2017, 20(6), 681–693.
- [72] Chaabane, N., Briand, C., Huguet, M.-J., Agnetis, A., Finding a Nash Equilibrium and an Optimal Sharing Policy for Multiagent Network Expansion Game, *Networks*, 2017, 69 (1), 94–109.
- [73] Fruscoloni, G., Agnetis, A., Bracci, L., Tordini, L., Il lean thinking per la programmazione delle sedute nel Centro Somministrazione chemioterapici dell’AOUS, *Mecosan*, 102, 105–128, 2017.
- [74] Agnetis, A., Bianciardi, C., Iasparra, N., Gestione dei flussi di pazienti in un reparto di ematologia: progetto e validazione, *Politiche Sanitarie*, 2017, 18(4), 186-195.
- [75] Agnetis, A., Bianciardi, C., Iasparra, N., Integrating Lean Thinking and Mathematical Optimization: A case study in appointment scheduling of hematological treatments, *Operations Research Perspectives*, 6, 2019, 100110, doi:10.1016/j.orp.2019.100110.

- [76] Agnetis, A., Chen, B., Nicosia, G., Pacifici, A., Price of fairness in two-agent single-machine scheduling problems, *European Journal of Operational Research*, 276, 79–87, 2019, doi:10.1016/j.ejor.2018.12.048
- [77] Agnetis, A., Rossi, F., Smriglio, S., Some results on shop scheduling with s-precedence constraints, *Algorithms*, 2019, 12(250), doi:10.3390/a12120250
- [78] Agnetis, A., Briand, C., Ngueveu, S.U., Šucha, P., Price of anarchy and price of stability in multi-agent project scheduling, *Annals of Operations Research*, 285, 97–119, 2020, doi:10.1007/s10479-019-03235-w.
- [79] Gentili, M., Mirchandani, P.B., Agnetis, A., Ghelichi, Z., Locating Platforms and Scheduling a Fleet of Drones for Emergency Delivery of Perishable Items, *Computers and Industrial Engineering*, 168, 108057, 2022, doi:10.1016/j.cie.2022.108057.
- [80] Agnetis, A., Lidbetter, T., List scheduling is 0.8531-approximate for scheduling unreliable jobs on m parallel machines, *Operations Research Letters*, 48, 405–409, 2020, doi:10.1016/j.orl.2020.05.006
- [81] Šucha, P., Agnetis, A., Šidlovsky, M., Briand, C., Nash equilibrium solutions in multi-agent project scheduling with milestones, *European Journal of Operational Research*, 294(1), 29–41, 2021, doi:10.1016/j.ejor.2021.01.023
- [82] Agnetis, A., Hermans, B., Leus, R., Rostami, S., Time-critical testing and search problems, *European Journal of Operational Research*, 296(2), 440–452, 2022, doi:10.1016/j.ejor.2021.03.038
- [83] Agnetis, A., Benini, M., Detti, P., Hermans, B., Pranzo, M., Replication and sequencing of unreliable jobs on parallel machines, *Computers and Operations Research*, 139, 105634, 2022, doi:10.1016/j.cor.2021.105634
- [84] Agnetis, A., Pranzo, M., Sequencing two classes of jobs on a machine with an external no-idle constraint, *International Journal of Production Research*, 61(7), 2178–2189, 2023, <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2065551>
- [85] Fabry, Q., Agnetis, A., Berghman, L., Briand, C., Complexity of flow time minimization in a crossdock truck scheduling problem with asymmetric handover relations, *Operations Research Letters*, 50(1), 50–56, 2022, doi:10.1016/j.orl.2021.12.004
- [86] Agnetis, A., Cosmi, M., Nicosia, G., Pacifici, A., Two is better than one? Order aggregation in a meal delivery scheduling problem, *Computers and Industrial Engineering*, 2023, 109514, doi: 10.1016/j.cie.2023.109514.
- [87] Agnetis, A., Benini, M., Detti, P., Hermans, B., Pranzo, M., Schewior, K., Approximation Algorithms and Heuristics for Sequencing Unreliable Jobs with Replication, sottoposto a *INFORMS Journal on Computing*.

Articoli su libri

- [88] Agnetis, A., Arbib C., Lucertini M., Combinatorial Models for Manufacturing: Optimizing Flow Management in Flexible Production Systems, in T.Ciriani, R.Leachman (eds.), *Optimization in industry*, Wiley & Sons, UK, 1992, 81–99.
- [89] Agnetis, A., C. Arbib, M. Lucertini, The Combinatorial Approach to Flow Management in FMS, in P. Brandimarte, A. Villa (eds.): *Optimization Models and Concepts in Production Management*, Gordon and Breach Science Publishers, Basel, 1995, 107–152.
- [90] Agnetis, A., Modelli di Scheduling Multi-Agente, in A. Agnetis, G. Di Pillo (eds.) *Modelli e Algoritmi per l'Ottimizzazione di Sistemi Complessi - Atti della Scuola CIRO 2002*, Pitagora Editrice, 2004, 1–30.
- [91] Agnetis, A., Pacciarelli, D., Pacifici, A., Combinatorial Models for Multi-Agent Scheduling Problems, in E.Levner (ed.): *Multiprocessor Scheduling: Theory and Applications*, I-Tech Education and Publishing, ISBN 978-3-902613-02-8, 21-64, 2007.
- [92] Agnetis, A., Detti, P., Giovannoni, E., Pranzo, M., La Data Envelopment Analysis per la misurazione delle performance aziendali, in Busco C., Giovannoni E., Riccaboni A. (eds.): *Il Controllo di Gestione - Metodi, strumenti ed esperienze - I fondamentali e le novità*, IPSOA, ISBN 978-88-217-2950-8, 2009.
- [93] Agnetis, A., Multiagent Scheduling Problems, in Mirchandani P.B., (ed.): *Tutorials in Operations Research, INFORMS 2012*, ISBN 978-0-9843378-3-5, 2012.
- [94] Agnetis, A., Sergi, A., Lean in Chirurgia: metodi di operations management per la pianificazione delle sale operatorie, in Bianciardi C., Bracci L., Burroni L., Guercini J. (eds.): *Lean thinking in Sanità: da scelta strategica a modello operativo*, Esculapio, 978-88-7488-815-3, 2014.

Libri

- [95] Agnetis, A., Di Pillo, G. (eds.) *Modelli e Algoritmi per l'Ottimizzazione di Sistemi Complessi - Atti della Scuola CIRO 2002*, Pitagora Editrice, 2004.
- [96] Agnetis, A., Billaut, J.C., Gawiejnowicz, S., Pacciarelli, D., Soukhal, A., *Multiagent Scheduling - Models and Algorithms*, Springer, ISBN 978-3-642-41879-2, 2014.
- [97] Agnetis, A., Bacci, A., Giovannoni, E., Riccaboni, A. (eds.), *Lean thinking nelle aziende di servizi*, IPSOA, ISBN 978-88-217-5274-2, 2015.
- [98] Agnetis, A., Guercini, J., Bianciardi, C., Mezzatesta, V., Marchi, F., Moi, S., Centauri, F., Olivieri, R., Serra, A., Colonna, C., *Lean thinking e A3 report: manuale operativo di project management in sanità*, EDRA, 2018.

Divulgazione e didattica

- [99] Agnetis, A., Arbib, C., Lucertini, M., Nicoloso, S., *Il processo decisionale*, La Nuova Italia Scientifica, Roma, 1992.

- [100] Agnetis, A., La Ricerca Operativa va in fabbrica, *Logistica Management*, 1998,(92), 65–72.
- [101] Agnetis, A., Un sogno di trasformazione, in Bertolini, M., Dedò, M., Di Sieno, S., Turrini, C. (eds.), *Con altri occhi - sguardi matematici e non sulla città*, Electa, 2005, ISBN 88-370-2434-7.
- [102] Agnetis, A., Righini, G., Trubian, M., La matematica della logistica: cicli euleriani, postini cinesi e commessi viaggiatori, *Quaderni GRIMeD*, n.7, pp.21–35.

Congressi

- [103] Agnetis, A., Lucertini, M., Nicolò F., Just-in-time Scheduling in a Pipeline Manufacturing System, *Proceedings of IFAC workshop Decisional Structures in Automated Manufacturing*, Torino, Settembre 1989, Pergamon Press, 81–87.
- [104] Agnetis, A., Arbib, C., Stecke, K.E., Optimal Two-machine Scheduling in a Flexible Flow System, *Proceedings of the 2nd International Conference on CIM*, Troy, NY, May 1990, IEEE Computer society press, 47–54.
- [105] Agnetis, A., Lucertini, M., Nicolò F., Flexibility/Cost Tradeoff in the Design of Production Systems: a Preliminary Approach, *Proceedings of the IFIP Conference "Modelling the Innovation"*, Roma, Marzo 1990, North-Holland, 247–257.
- [106] Agnetis, A., Lucertini M., Nicolò F., Tool Handling Synchronization in Flexible Manufacturing Cells, *Proceedings of the 1991 IEEE Conference on Robotics and Automation*, Sacramento, CA, Aprile 1991, 1789–1794.
- [107] Agnetis, A., Oriolo, G., Pacciarelli, D., Rossi, F., A Dynamic Lookahead Dispatching Rule in a Flexible Flow Line for Automobile Assembly, *Proceedings of the IFAC 1993 World Congress*, Sydney, Australia, July 1993, 493–496.
- [108] Coppi, A., Agnetis, A., Colombai, R., Corsini, M., Dellino, G., Detti, P., Meloni, C., Mezzenzana, M., Murgia, G., Porfido, E., Pranzo, M., Veneziani, A., Un modello di ottimizzazione per la programmazione degli interventi elettivi, poster al 37° congresso nazionale *ANMDO Gestire il futuro in sanità*, Bologna, giugno 2011.
- [109] Agnetis, A., Dellino, G., De Pascale, G., Innocenti, G., Pranzo, M., Vicino, A., Optimization models for consumer flexibility aggregation in smart grids: the ADDRESS approach, *Proc. of 2011 IEEE First International Workshop on Smart Grid Modeling and Simulation (SGMS)*, 96–101.
- [110] Koponen, P., Ikäheimo, J., Vicino, A., Agnetis, A., De Pascale, G., Carames, N.R., Jimeno, J., Toolbox for aggregator of flexible demand, *Proc. of 2nd IEEE ENERGYCON Conference & Exhibition, 2012 / Future Energy Grids and Systems Symp*, 623–628, DOI: 10.1109/EnergyCon.2012.6348227.

- [111] Agnetis, A., Dellino, G., Detti, P., Innocenti, G., De Pascale, G., Vicino, A., Appliance Operation Scheduling for Electricity Consumption Optimization, a *Decision and Control and European Control Conference (CDC-ECC), 2011 50th IEEE Conference on*, 5899 - 5904.