

SVILUPPO DI ALGORITMI DI OTTIMIZZAZIONE FINALIZZATI A DIMENSIONAMENTO E GESTIONE MULTICRITERIO DI SISTEMI INGEGNERISTICI

Di Silvestre Maria Luisa, Romano Pietro, Fabio Viola, Riva Sanseverino Eleonora, Zizzo Gaetano

Dipartimento di Energia, ingegneria dell'Informazione e modelli Matematici (DEIM),
Università di Palermo, Viale delle Scienze - Edificio 9, e-mail marialuisa.disilvestre@unipa.it

Parole chiave: *Ottimizzazione Evolutiva Multiobiettivo*

La ricerca condotta negli ultimi anni ha portato allo sviluppo di un nuovo algoritmo di ottimizzazione multiobiettivo *nature-inspired* (MO-GSO), attraverso l'estensione dell'uso di un efficiente ottimizzatore multimodale, quale il Glow-worm Swarms Optimization (GSO), alla ottimizzazione multiobiettivo (MO) caratterizzata dal concetto di Pareto dominanza [1], [2]. Come è noto, la soluzione usuale di un problema multiobiettivo è costituita da un rappresentativo set di soluzioni Pareto-ottime; in particolare, nel metodo messo a punto, viene usato uno tra i più popolari algoritmi evolutivi a posteriori, l'algoritmo NSGA-II, per ibridizzare il tradizionale metodo GSO a singolo obiettivo.

Nel GSO, uno sciame di agenti coerentemente caratterizzati da una associata quantità "l" la cui intensità esprime la bontà della posizione nello spazio degli obiettivi, viene disposto inizialmente in modo randomico nello spazio di lavoro. Ciascun agente interagisce localmente con gli agenti presenti in un suo opportuno intorno, dai quali viene attratto in base al valore corrente della quantità "l" ad essi associata. Esso sceglie in base a meccanismi probabilistici l'agente verso il quale muoversi, aggiornando così il proprio valore di "l". Tale meccanismo di interazione selettiva, basato solo su un dominio di decisione locale, abilita lo sciame a suddividersi in sottogruppi disgiunti che si muovono, individuandoli, verso punti di ottimo di una data funzione multimodale.

Nel contesto della ricerca, l'algoritmo GSO è usato come metodo di ottimizzazione multimodale su un set di soluzioni ordinate sulla base del criterio di non dominanza. L'idea è quella di sfruttare il potenziale di agenti in metodi euristici basati su popolazione, per migliorare la diversità in fronti di Pareto, le cui soluzioni presentano lo stesso rango e dunque risultano egualmente pesate. L'algoritmo, traendo ispirazione dall'apprendimento competitivo, riesce ad avere la capacità di catturare più *ottima*, e dunque più soluzioni di progetto per uno stesso problema.

Il metodo è stato investigato e confrontato con NSGA-II su funzioni matematiche test [3]. La Fig.1 ne mostra un esempio. Il metodo si presta per trattare problemi reali di gestione multicriterio, come quelli presentati dalle attuali reti di distribuzione (Smart Grids o Microgrids), resi oggi più complessi a causa della massiccia penetrazione di sorgenti di generazione distribuita (DERs), per lo più da fonte rinnovabile. Si tratta di piccole reti di potenza in cui i siti di generazione sono vicini a quelli dell'utente, e ove ICT supporta il coordinamento delle diverse risorse energetiche. In tale scenario, l'ottimizzazione della gestione è ottenuta minimizzando quantità correlate al dispacciamento delle risorse energetiche quali perdite di potenza in linea, costi operativi e talvolta anche emissioni di anidride carbonica.

Il problema ha dunque una natura multiobiettivo, e non può essere trattato con i classici metodi analitici. Dal punto di vista analitico, inoltre, il dispacciamento ottimo attraverso Unit-Commitment

è fortemente non lineare e richiede il soddisfacimento di alcuni vincoli (limitazioni sulla caduta di tensione, valori di corrente che non violino le portate dei conduttori, vincoli tecnici come rampe dei generatori o vincoli ambientali...). Per affrontare il problema della gestione, algoritmi evolutivi come il NSGA-II sono stati applicati con successo [4], anche unitamente a processi automatici di pianificazione [5] per tenere conto delle incertezze introdotte dalla variabilità del carico e dalle caratteristiche di aleatorietà di fonti energetiche come eolico e fotovoltaico.

La valutazione di ottime strategie di gestione delle risorse energetiche delle microgrids dovrebbe però essere correlata al suo appropriato dimensionamento. Per questo è richiesto l'uso di strumenti idonei per risolvere contemporaneamente problemi operativi legati alla gestione delle unità di generazione di energia e problemi di progetto. Annidando il tradizionale algoritmo di ottimizzazione multiobiettivo NSGA-II entro il GSO, la gestione multiobiettivo ottimizzata è esplicitamente considerata nella formulazione di progetto, consentendo di ottenere al tempo stesso un dimensionamento ottimo. Il metodo è basato su una architettura a doppio strato (vedi Fig.2), in cui il livello interno (sulla base dell'algoritmo NSGA-II) fornisce all'esterno una valutazione dell'esercizio multiobiettivo di ciascuna soluzione di progetto. Lo strato esterno, usando l'efficiente ottimizzatore multimodale GSO con metodologia basata su indicatore, riesce a catturare più *optima*, cioè più soluzioni progettuali di elevata qualità. La valutazione dell'indicatore di base esprime implicitamente la possibilità di esercire in differenti modi soluzioni tra loro egualmente ottime. In definitiva, lo strumento messo a punto consente la determinazione dei punti operativi delle risorse energetiche distribuite raggiungendo un ottimo tecnico-economico come compromesso tra minimi costi operativi e alta qualità del servizio.

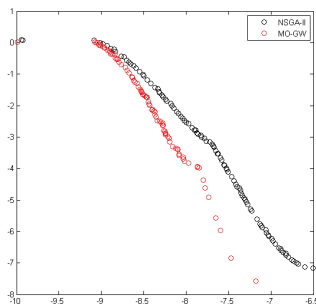


Fig. 1. NSGAII versus MO-GSO on KUR[3]

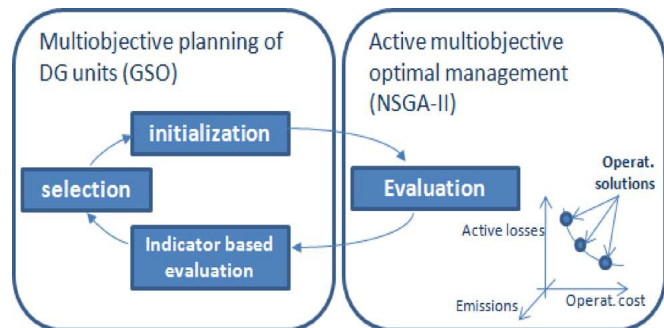


Fig. 2. Valutazione di una singola soluzione di progetto nell'approccio a doppio strato [1]

BIBLIOGRAFIA

- [1] M.L. Di Silvestre, E. Riva Sanseverino, G. Graditi, (2014), "A generalized framework for optimal sizing of distributed energy resources in micro-grids using an indicator-based swarm approach", *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10(1) pp. 152 - 162.
- [2] E. Riva Sanseverino, M.L. Di Silvestre, R. Gallea, (2013), "Pareto-optimal glowworm swarms optimization for smart grids management", *Lecture Notes in Computer Science* 7835 LNCS pp. 22-31.
- [3] E. Riva Sanseverino, M. L. Di Silvestre, R. Gallea, (2012), "Multi-modal search for multiobjective optimization: An application to optimal smart grids management", *MEDPOWER 2012*, pp.1-6.
- [4] M.L. Di Silvestre, G.. Graditi, M.G.. Ippolito, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, "Robust multi-objective optimal dispatch of distributed energy resources in micro-grids", (2011), *IEEE PES Trondheim PowerTech*.
- [5] E. Riva Sanseverino, M.L. Di Silvestre, M.G. Ippolito, A. De Paola, G. Lo Re, "An Execution, Monitoring And Replanning Approach For Optimal Energy Management In Microgrids", (2011) *Energy* 36(5) pp. 3429- 3436