

Lezioni su AMPL & CPLEX

Corso di Ricerca Operativa · Prof. Gianpaolo Oriolo

Gianmaria Leo

Università di Roma “Tor Vergata”

16 Gennaio 2015

- 1 Prefazione
- 2 Esempio: risolvere un LP con CPLEX Interactive Optimizer
- 3 CPLEX Interactive Optimizer

Che cos'è CPLEX?

- CPLEX è un solutore commerciale per problemi di programmazione matematica.
- CPLEX è ampiamente diffuso in ambito industriale e accademico: è riconosciuto come stato dell'arte per elevate prestazioni e stabilità.
- La sua fama risale alla fine degli anni '90: implementazione in C dell'algoritmo del simplesso che superava i problemi di instabilità numerica per istanze difficili.
- Principali caratteristiche di CPLEX:
 - uso "stand-alone" multi-platform
 - interfacce verso diffusi linguaggi di programmazione (C, C++, Java, Python, .NET)
 - integrazione con diffusi software di calcolo (MS Excel, MATLAB, ...)
 - accessibile da diffusi strumenti di modellazione (AMPL, GAMS, ...)

CPLEX implementa molteplici algoritmi di ottimizzazione per la risoluzione di diverse classi di problemi di programmazione matematica.

	LP	Network	QP	QCP	MIP
Dual Optimizer	yes		yes		
Primal Optimizer	yes		yes		
Barrier Optimizer	yes		yes	yes	
Mixed Integer Optimizer					yes
Network Optimizer	Note 1	yes	Note 1		
Note 1: The problem must contain an extractable network substructure.					

Componenti di CPLEX

CPLEX ha tre principali componenti per l'analisi e lo sviluppo.

- *Interactive Optimizer*: eseguibile per l'uso interattivo (linea di comando/maschera grafica).
 - Acquisizione di un problema e analisi delle soluzioni (da prompt/files).
 - Risoluzione e tuning dei parametri per varie funzionalità.
- *Concert Technology*: librerie C++, Java e .NET che incapsulano API per lo sviluppo di applicazioni integrate con i CPLEX optimizers.
- *CPLEX Callable Library*: libreria C per lo sviluppo di applicazioni scritte in C, Visual Basic e FORTRAN.
 - La Concert Technology si basa su Callable Library.
- Altri componenti:
 - *Python API*.
 - *CPLEX connectors for MATLAB*.
 - *CPLEX connectors for Microsoft Excel*.

- Informazioni:

- Materiale: è disponibile una versione trial di CPLEX per piattaforme Linux/Mac/Win in `ampl_ro_info_1415/cplex`.
- Installazione: eseguire l'installer per la piattaforma desiderata.
- Documentazione: disponibile in `<cplex_dir>/doc/html/en-US/documentation.html`.
- Nota: la versione trial è valida 90 giorni, ha piene funzionalità, ma con limitazione sul numero delle variabili.

- Obiettivi:

- Uso di CPLEX Interactive Optimizer.
- Sviluppo di un'applicazione integrata con CPLEX Callable Library/Concert Technology.

Esempio 1/2

- Si consideri il seguente problema di programmazione lineare:

$$\max x_1 + 2x_2 + 3x_3$$

s.t.

$$-x_1 + x_2 + x_3 \leq 20$$

$$x_1 - 3x_2 + x_3 \leq 30$$

$$0 \leq x_1 \leq 40$$

$$x_2 \geq 0$$

$$x_3 \geq 0$$

- L'Interactive Optimizer permette il calcolo di una soluzione ottima del problema in pochi passi.
- Il problema viene espresso in un formato del tutto analogo a quello matematico, osservando semplici regole di formattazione

- Avviare CPLEX Interactive Optimizer
- Definire il problema:
 - `enter <problem_name>` (▷ inizializzare un problema)
 - `maximize (minimize)` (▷ inserire funzione obiettivo)
 - `subject to` (▷ inserire vincoli)
 - `bounds` (▷ inserire bound sulle variabili)
 - `end` (▷ terminare l'acquisizione del problema)
- Risoluzione: `optimize`
(▷ avviare un opportuno algoritmo di risoluzione)
- Soluzioni: `display solution variables -`
(▷ visualizzare la soluzione ottima calcolata)

- I comandi:
 - L'Interactive Optimizer non distingue caratteri maiuscoli e minuscoli.
 - Non è necessario digitare i comandi per esteso: qualsiasi sottostringa associata al nome di un comando viene riconosciuta, purché non ambigua.
 - Lo stesso comportamento è previsto per le opzioni e le parole chiave.
- Le opzioni:
 - Per accedere a una determinata impostazione, potrebbe essere necessario digitare un comando seguito da una o più opzioni.
 - Per accedere alla lista di opzioni associate a un comando, basta digitare il nome del comando:
 - l'Interactive Optimizer risponde all'interrogazione con la lista delle opzioni disponibili e una breve descrizione per ogni opzione.
 - Le opzioni sono organizzate secondo una logica ad albero.

Interactive Optimizer: principali comandi 1/3

- `help`

- Ottenere informazioni sui comandi disponibili
- `help <command>`: ottenere informazioni su un determinato comando

- `enter`

- `enter <problem_name>` per inizializzare un problema
- `maximize/minimize/subject to/bounds/end` per acquisire un problema

- Modificare il problema

- `add`: aggiungere nuovi vincoli e bounds (terminare con `end`); l'opzione `file_name` permette l'aggiunta da un file.
- `change`, `delete`: dispone diverse opzioni per modificare/eliminare tutto ciò che riguarda il modello.

Interactive Optimizer: principali comandi 2/3

- optimize

- Risoluzione del problema: CPLEX avvia automaticamente uno o più optimizers a seconda delle caratteristiche del problema e dei threads disponibili.
- primopt: simplesso primale
- tranopt: simplesso duale
- mipopt: branch&cut (programmazione intera)
- populate: enumerazione di soluzioni per (programmazione intera)

- display

- La visualizzazione dispone di un'ampia varietà di opzioni per il report di informazioni di ogni livello. Seguono le principali opzioni:
 - problem: caratteristiche del problema
 - solution: info su soluzioni calcolate
 - sensitivity: analisi di sensitività
 - settings: valori parametri

Interactive Optimizer: principali comandi 3/3

- **read, write**

- Leggere/scrivere file in un determinato formato. Seguono i principali formati:
 - **lp**: (testo) dichiarazione di un problema
 - **mps**: (testo) standard obsoleto per rappresentare problemi di PL
 - **bas**: (binario) base iniziale del semplice
 - **mst**: (binario) stato iniziale dell'optimizer mipopt
 - **sol**: (xml) soluzioni calcolate

- **set**

- CPLEX offre molteplici parametri che permettono di impostare il funzionamento degli optimizers.
- Il tuning dei parametri di CPLEX ha effetto sulle prestazioni degli algoritmi e sulla stabilità numerica nel calcolo delle soluzioni.
- **set mip**: interviene sulle principali specifiche dell'optimizer mipopt, ad esempio:
 - **cuts** per impostare tipo e numero dei tagli generati
 - **strategy** per impostare la strategia di enumerazione del branch&bound
 - **tolerances** per impostare la tolleranza numerica (ammissibilità soluzioni intere e pruning)