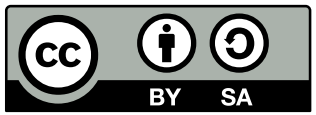
Modellierung und Optimierung mit OPL

7 OPL-Schnittstellen zu anderen Anwendungen

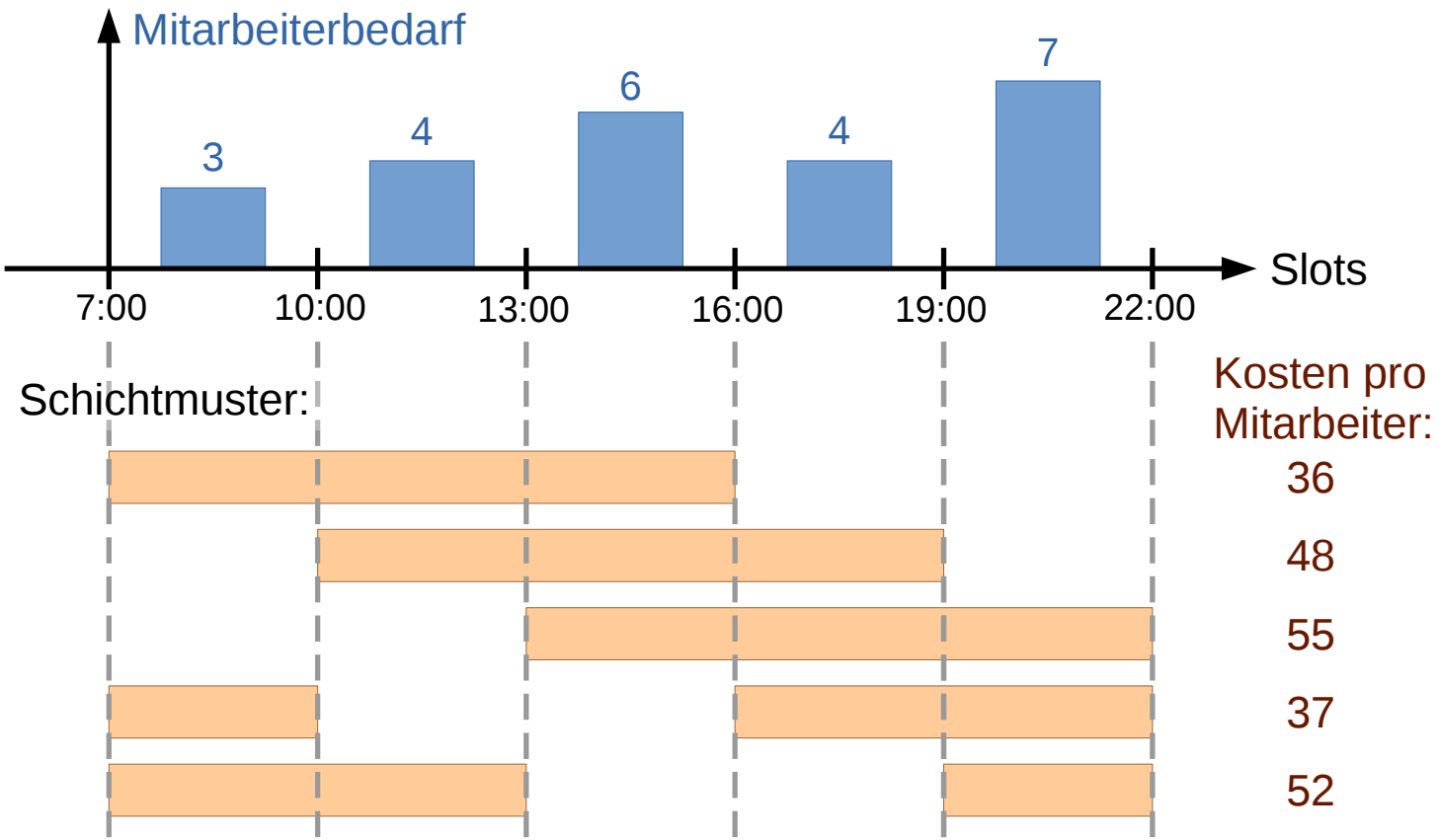
Andreas Popp



Inhalt

A. Popp

Beispiel: Vindoo Support



(vgl. Pinedo: Planning and Scheduling in Manufacturing and Services)

Modell: Cyclic-Staffing-Problem

Indexmengen:

T Menge der Zeitslots

S Menge der Schichtmuster

Parameter:

c_s Kosten für Schichtmuster $s \in S$

d_t Bedarf in Zeitslot $t \in T$

a_{ts} Verfügbarkeit der Mitarbeiter aus Schichtmuster $s \in S$ in Zeitslot $t \in T$

Entscheidungsvariablen:

x_s Eingesetzte Mitarbeiter in Schichtmuster $s \in S$

Modellbeschreibung:

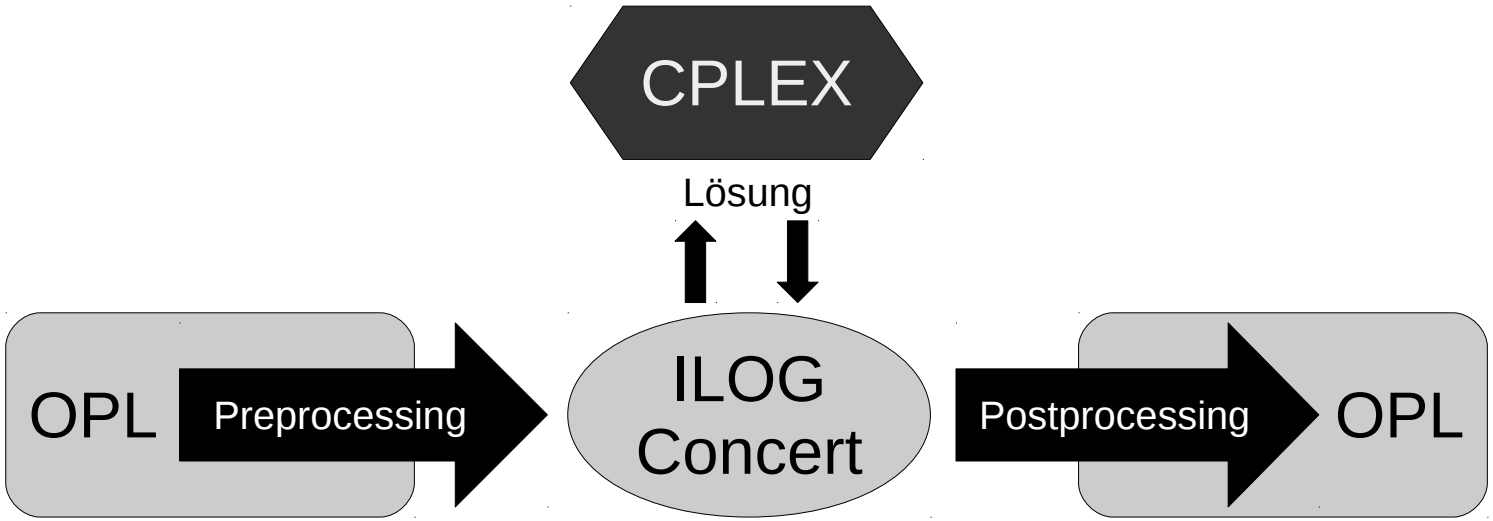
$$\min \quad \sum_{s \in S} c_s \cdot x_s$$

$$s.t. \quad \sum_{s \in S} a_{ts} \cdot x_s \geq d_t \qquad \forall t \in T \quad \text{(I)}$$

$$x_s \in \mathbb{Z}_0^+ \qquad \forall s \in S$$

7.1 Optimierungsablauf in OPL

Optimierungsablauf in OPL



7.2 Datenquellen

Aufbau einer `SheetConnection`

Der Objekt-Datentyp `SheetConnection` stellt Verbindungen zu Excel-Tabellen dar (nur unter MS Windows).

Erstellen einer `SheetConnection`

`SheetConnection` *Name*`("`*Pfad der Tabelle*`");`

Mögliche Datentypen für Einlesen und Schreiben

- nulldimensionale Datentypen, d.h. einfache Variablen. Auslesen einer einzelnen Zelle.
- eindimensionale Datentypen, d.h. Sets und einfache Arrays. Auslesen einer Zeile oder Spalte.
- zweidimensionale Datentypen, d.h. zweidimensionale Arrays. Auslesen einer Zellenmatrix.

Lesen und Schreiben mit absoluter Zelladressierung

Lesen mit absoluter Zelladressierung

Variablename `from SheetRead(`*SheetConnection-Name*`,`
"*Tabellenname*`!`*Startzelle*`:`*Endzelle*"`)`

Schreiben mit absoluter Zelladressierung

Variablename `to SheetWrite(`*SheetConnection-Name*`,`
"*Tabellenname*`!`*Startzelle*`:`*Endzelle*"`)`

In Beispiel „Vindoo Support“

Excel-Tabelle für Beispiel „Vindo Support“

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	t ↓ / s →	1	2	3	4	5	d	Obj
2	1	1	0	0	1	1	3	
3	2	1	1	0	0	1	4	
4	3	1	1	1	0	0	6	
5	4	0	1	1	1	0	4	
6	5	0	0	1	1	1	7	
7	c	36	48	55	37	52		
8	x							

Auszüge aus der Datendatei

```
// SheetConnection
SheetConnection sheet("CyclicStaffingProblem.xls");
```

```
// Indexmengen
T from SheetRead(sheet, "Data!B1:F1");
```

```
//Parameter
d from SheetRead(sheet, "Data!G2:G6");
```

```
//Entscheidungsvariablen
x to SheetWrite(sheet, "Data!B8:F8");
```

Lesen und Schreiben mit Namensbereichen

MS Excel ermöglicht es einzelnen Zellbereichen Namen zu geben.

Lesen mit Namensbereichen

Variablename `from SheetRead(`*SheetConnection-Name*`,` "*Bereichsname*"`)`

Schreiben mit Namensbereichen

Variablename `to SheetWrite(`*SheetConnection-Name*`,` "*Bereichsname*"`)`

In Beispiel „Vindoo Support“

Excel-Tabelle für Beispiel „Vindo Support“

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	t ↓ / s →	1	2	3	4	5	d	Obj
2	1	1	0	0	1	1	3	
3	2	1	1	0	0	1	4	
4	3	1	1	1	0	0	6	
5	4	0	1	1	1	0	4	
6	5	0	0	1	1	1	7	
7	c	36	48	55	37	52		
8	x							

Der gelbe Bereiche heiße „ParamA“

Auszüge aus der Datendatei

```
// SheetConnection
SheetConnection sheet("CyclicStaffingProblem.xls");
```

```
//Parameter
a from SheetRead(sheet, "ParamA");
```

Aufbau einer `DBConnection`

Der Objekt-Datentyp `DBConnection` stellt Verbindungen zu einer Datenbank dar.

Erstellen einer `DBConnection`

`DBConnection` *Name*`("`*Schnittstelle*`",`
`"`*Verbindungs-String*`");`

Unterstützte Datenbank-Schnittstellen

- DB2
- Oracle (Version 10 und 11)
- OLE DB (MS SQL Server)
- ODBC (u.a. für MS Access)

Beispiel-Datenbank: CyclicStaffingProblem

s	t	a
1	1	1
1	2	1
1	3	1
1	4	0
1	5	0
2	1	0
2	2	1
2	3	1
2	4	1
2	5	0
3	1	0
3	2	0
3	3	1
3	4	1
3	5	1
4	1	1
4	2	0
4	3	0
4	4	1
4	5	1
5	1	1
5	2	1
5	3	0
5	4	0
5	5	1

(a) Tabelle A

ind	d
1	2
2	4
3	6
4	4
5	7

(b) Tabelle T

ind	c	x
1	36	
2	48	
3	55	
4	37	
5	52	

(c) Tabelle S

Einlesen von Array-Daten

Die Beispiel-Datenbank `CyclicStaffingProblem` sei über eine ODBC-Schnittstelle verbunden. Der User „`user`“ mit dem Passwort „`password`“ hat die nötige Zugangsberechtigung.

Auszüge aus der Datendatei

```
// DBConnection
DBConnection
  db("odbc", "CyclicStaffingProblem/user/password");
```

```
// Indexmengen
T from DBRead (db, "SELECT ind from T");
```

```
// Parameter
c from DBRead(db, "SELECT ind,c from S");
a from DBRead(db, "SELECT t,s,a from A");
```

Einlesen und Schreiben von Tupel-Daten

Auszüge aus der Modelldatei

```
//Tuple
tuple shift{
  int ind;
  float c;
}
tuple result{<
  int x;
  int ind;
}
```

```
//Postprocessing
{result} r = {<x[s],s.ind>|s in S};
```

Auszüge aus der Datendatei

```
//Indexmengen
S from DBRead(db, "SELECT ind,c from S");
```

```
//Entscheidungsvariablen
r to DBUpdate(db, "UPDATE S SET x=? WHERE ind=?");
```

7.3 OPL in Programmabläufen

Beispiel: Cyclic-Staffing-Problem

Algorithmische Lösung für das Cyclic-Staffing-Problem

1. P_1 sei die LP-Relaxation des Cyclic-Staffing-Problems. Löse P_1, wenn Optimallösung ganzzahlig Ende, sonst weiter zu 2.
2. Füge P_1 die Nebenbedingung

$$\sum_{s \in S} x_s = \left\lfloor \sum_{s \in S} x_s^* \right\rfloor$$

   hinzu und erhalte P_2. Hat P_2 eine Lösung Ende, sonst weiter zu 3.
3. Füge P_1 die Nebenbedingung

$$\sum_{s \in S} x_s = \left\lceil \sum_{s \in S} x_s^* \right\rceil$$

   hinzu und erhalte P_3. Optimallösung von P_3 ist Optimallösung des Cyclic-Staffing-Problems.

Einbindung von OPL/CPLEX in Programmabläufen

Schnittstellen

- Kommandozeilenanwendung, insbesondere `oplrun`
- ILOG Concert-API
- CPLEX Callable Library
- CPLEX-Spezialschnittstellen
- ILOG Script

Einbindung von OPL/CPLEX in Programmabläufen

Schnittstellen

- Kommandozeilenanwendung, insbesondere `oplrun`
- ILOG Concert-API
- CPLEX Callable Library
- CPLEX-Spezialschnittstellen
- ILOG Script

Auswahl von Vorgängen für Anwendungsbeispiele

- automatisierte Erstellung und Lösung von Modellinstanzen
- Auslesen von Entscheidungsvariablen nach der Lösung
- Einspielen automatisch generierter Daten in eine Modellinstanz

Vorbereitungen im Beispiel des Cyclic-Staffing-Problems

Folgende Nebenbedingung werden hinzugefügt:

$$\sum_{s \in S} x_s \leq ub$$

$$\sum_{s \in S} x_s \geq lb$$

Haben beiden Schrankenparameter den gleichen Wert so erhält man effektiv:

$$\sum_{s \in S} x_s = ub = lb$$

Vor- und Nachteile der Kommandozeilenanwendung

Vorteile

- mit allen Programmiersprachen kombinierbar, die Kommandozeilenanwendungen ausführen können
- sehr vielseitig
- gut geeignet für akademische Forschung und kommerzielle Prototypen

Vor- und Nachteile der Kommandozeilenanwendung

Vorteile

- mit allen Programmiersprachen kombinierbar, die Kommandozeilenanwendungen ausführen können
- sehr vielseitig
- gut geeignet für akademische Forschung und kommerzielle Prototypen

Nachteile

- müssen entweder mit gegebenen Schnittstellen für Datenquellen kombiniert werden oder Datenein- und Ausgabe muss selbst programmiert werden
- empfindlich gegenüber Fehler in der Konfiguration der Plattform
- schlecht geeignet für Produktivsysteme

Beispiel: VBA

Quelltextausschnitt: Befehlsaufruf

```
'Löse P1
Shell ("oplrun " & modPath & " " & datPath)
```

Quelltextausschnitt: Workaround für leeren Lösungsraum

```
1 'Ergebnis ist nicht ganzzahlig,
2 'bereite Schritt 2 vor
3 dataSheet.Range("Obj").Value = "n"
```

Klassen-Pakete

ilog.concert	Klassen, die Schnittstellen zu ILOG Concert bereitstellen
ilog.cplex	Klassen, die Schnittstellen zu ILOG CPLEX bereitstellen
ilog.cp	Klassen, die Schnittstellen zu ILOG CP Optimizer bereitstellen
ilog.opl	Klassen, die Schnittstellen zu OPL bereitstellen

Wichtige Objekte

IloOplFactory die zentrale Klasse zur Konstruktion anderer OPL-Objekte

IloOplModelSource eine Modelldatei im Dateisystem

IloOplErrorHandler Pipeline zur Ausgabe von OPL-Fehlern und -Warnungen (Standard: System.out)

IloOplModelDefintion interne Repräsentation eines Modells

IloCplex repräsentiert eine Instanz des CPLEX-Solvers

IloOplModel eine Probleminstanz

IloOplDataSource Datenquelle für eine Modellinstanz

Modelle instanzieren und lösen

Beispiel: Cyclic-Staffing-Problem

```
IloOplFactory oplF = new IloOplFactory();

IloOplModelSource modelSource =
  oplF.createOplModelSource("CyclicStaffingProblem.mod");

IloOplErrorHandler err = oplF.createOplErrorHandler();
IloOplModelDefinition def = oplF.createOplModelDefinition(
  modelSource, oplF.createOplSettings(err));

IloCplex cplex = oplF.createCplex();

IloOplModel opl = oplF.createOplModel(def, cplex);

IloOplDataSource dataSource =
 oplF.createOplDataSource("CyclicStaffingProblem.dat");
opl.addDataSource(dataSource);

opl.generate();

opl.getCplex().solve();

opl.printSolution(System.out);
```

Zugriff auf Modellelemente

- Zugriff mittels Klasse `IloOplElement` und Methode `getElement(String s)`.
- Datentypenübersetzung mittels `as`-Methoden

OPL-Datentyp	Concert-Datentyp-Keyword	Java-Datentyp
`int`	`Int`	`int`
`float`	`Num`	`double`
`string`	`Symbol`	`String`
Set	`Set`	
Array	`Map`	
`tuple`	`Tuple`	
`range`	`Range`	
`dvar`	`Var`	
`dexpr`	`Expr`	

Eigene Datenquellen definieren

- abstrakte Klasse `IloCustomOplDataSource`
- Datenübergabe durch Funktion `customRead`

Beispiel: Cyclic-Staffing-Problem

```
@Override
public void customRead() {
  //Datahandler-Objekt initialisieren
  IloOplDataHandler handler = getDataHandler();

  //ub übergeben
  handler.startElement("ub");
  handler.addIntItem(this.ub);
  handler.endElement();

  //lb übergeben
  handler.startElement("lb");
  handler.addIntItem(this.lb);
  handler.endElement();
}
```

ILOG Script

- ILOG Script ist eine Erweiterung von JavaScript
- Basiert auf Concert
- Scripte werden direkt in die Modelldatei geschrieben
- execute-Blöcke können im Pre- und Postprocessing verwendet werden.
  - vereinfachte Syntax
  - OPL-Variablen können wie Scriptvariablen verwendet werden
- Der main-Block dient der Ablaufsteuerung. Hier können mehrere Instanzen konstruiert und gelöst werden.