

## Quantitative Methoden

### 3. Gurobi/Python-Aufgabe

**Abgabe:** 28.07.2017

#### Aufgabe 4 (Sudoku)

(20 Punkte)

Wir betrachten das Sudoku-Spiel aus der Übung, bei dem es  $9 \times 9$  Felder gibt, die mit  $(i, j)$  ( $i \in I, j \in I$  für  $I := \{1, 2, \dots, 9\}$ ) indiziert sind. Das Sudoku ist korrekt ausgefüllt, wenn in jedem der 81 Felder eine Zahl aus der Menge  $I$  steht, wobei

- in jeder Zeile,
- in jeder Spalte und
- in jedem der neun Teilquadrate (siehe Bild)

jede Zahl genau einmal stehen muss.

2	5			3		9		1
	1				4			
4		7				2		8
		5	2					
				9	8	1		
	4				3			
			3	6			7	2
	7							3
9		3				6		4

Ferner ist eine Menge  $G$  von Tripeln  $(i, j, k)$  gegeben, die bereits festlegen, dass im Feld  $(i, j)$  die Zahl  $k$  steht.

Gesucht ist nun eine Belegung der anderen Felder, sodass das Sudoku korrekt ausgefüllt ist, wobei auch festgestellt werden soll, dass keine solche Belegung existiert.

Modellieren Sie dieses Problem als IP (ganzzzahliges lineares Programm) und ergänzen Sie die Datei `sudokumodel.py` an den in der Datei vorgegebenen Stellen, d.h. ergänzen Sie gegebenenfalls Attribute für die vorgegebenen Entscheidungsvariablen (z.B. `lb`, `ub`, `obj`) und ergänzen Sie die fehlenden linearen Nebenbedingungen (Constraints). Die binäre Variable mit dem Namen  $x_{i-j-k}$  soll genau dann gleich 1 sein, wenn im Feld  $(i, j)$  die Zahl  $k$  steht. Sie können Ihr Modell testen, indem Sie den Code in `sudokudata1.py` bzw. `sudokudata2.py` ausführen (dort wird die von Ihnen ergänzte `solve()`-Methode aus `sudokumodel.py` aufgerufen).

Fügen Sie an den Stellen, an denen Sie `sudokumodel.py` ergänzen, Kommentare hinzu, was die entsprechenden Zeilen bedeuten. Das erhöht im Fall von falschen Bewertungen das

Verständnis Ihres Modells und erleichtert Ihnen bei komplizierteren Modellen, den Überblick zu behalten.

Bitte laden Sie die von Ihnen ergänzte Datei `sudokumodel.py` über das Abgabesystem

[https://orb.or.rwth-aachen.de/ss17\\_qm/](https://orb.or.rwth-aachen.de/ss17_qm/)

bis spätestens 28.07.2017 um 23:59 hoch. Sollten Sie noch keine Zugangsdaten per E-Mail erhalten haben, wenden Sie sich bitte an [walter@or.rwth-aachen.de](mailto:walter@or.rwth-aachen.de). Die Abgabe erfolgt einzeln, d.h. es gibt keine Gruppen. Nachdem Sie sich erstmals mit Ihrer E-Mail-Adresse und Ihrem Passwort (das Sie per E-Mail erhalten haben) im Abgabesystem einloggen, müssen Sie eine neue Gruppe, die nur aus Ihnen besteht, erstellen.

#### **Hinweise:**

- Die Dateien `sudokudata1.py` und `sudokudata2.py` sollen nicht von ihnen verändert werden. Sie nehmen nur Ergänzungen an der Datei `sudokumodel.py` vor und laden auch nur diese hoch.
- Die Dateien `sudokudata1.py` und `sudokudata2.py` müssen sich im gleichen Ordner wie die Datei `sudokumodel.py` befinden.
- Schreiben Sie das IP zunächst auf Papier. Wenn Sie von dessen Korrektheit überzeugt sind, fügen Sie nacheinander die Constraints hinzu, ergänzen gegebenenfalls die Attribute der Variablen (z.B. `lb`, `ub`, `obj`) und passen die Zielfunktion an.
- Orientieren Sie sich beim Hinzufügen der Constraints an den Beispielen aus den Veranstaltungen und Code von Aufgabe 0.
- Achten Sie darauf, dass Ihre Nebenbedingungen linear sind, d.h. insbesondere, dass keine Entscheidungsvariablen miteinander multipliziert werden. Modelle mit nichtlinearen Nebenbedingungen führen zu 0 Punkten.
- Achten Sie darauf, dass Sie keine Syntaxfehler einbauen und Ihr Code mit Python 2.7 läuft, da andernfalls mit 0 Punkten bewertet wird.
- Das Sudoku `sudokudata1.py` ist zulässig und `sudokudata2.py` ist unzulässig.
- Sie dürfen auch zusätzlich eigene Variablen hinzufügen. Die vorgegebenen Variablen müssen aber mitverwendet werden – Änderungen am Namen der Variablen sind nicht erlaubt und führen zu einer Bewertung mit 0 Punkten.
- Beachten Sie, dass es nicht nur darum geht, die gegebenen Instanzen auf Zulässigkeit zu prüfen, sondern das Problem korrekt zu modellieren.
- Korrekte Resultate den Testinstanzen führen nicht automatisch zur vollen Punktzahl.
- Zögern Sie nicht, Ihre Fragen im Forum oder an eine Suchmaschine im Netz zu stellen.