Kapitel 4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - kombinatorische Auktionen

Input: Eine Menge $M = \{1, 2, \ldots, m\}$ von Objekten (zB. Kontrakten), die versteigert werden.

Kapitel 4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - kombinatorische Auktionen

Input: Eine Menge $M = \{1, 2, \ldots, m\}$ von Objekten (zB. Kontrakten), die versteigert werden.

Eine Menge $B = \{B_1, \ldots, B_n\}$ von n Angeboten, wobei $\forall j \in \overline{1, n}$, $B_j := (S_j, p_j)$ mit $S_j \subseteq M$ eine Teilmenge von Objekten und p_j dem angebotenen Ankaufspreis.

Kapitel 4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - kombinatorische Auktionen

Input: Eine Menge $M = \{1, 2, \ldots, m\}$ von Objekten (zB. Kontrakten), die versteigert werden.

Eine Menge $B = \{B_1, \ldots, B_n\}$ von n Angeboten, wobei $\forall j \in \overline{1, n}$, $B_j := (S_j, p_j)$ mit $S_j \subseteq M$ eine Teilmenge von Objekten und p_j dem angebotenen Ankaufspreis.

Output: Eine Wahl von Angeboten seitens des Auktionärs, die seinen Umsatz maximiert.

Kapitel 4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - kombinatorische Auktionen

Input: Eine Menge $M = \{1, 2, \ldots, m\}$ von Objekten (zB. Kontrakten), die versteigert werden.

Eine Menge $B = \{B_1, \ldots, B_n\}$ von n Angeboten, wobei $\forall j \in \overline{1, n}$, $B_j := (S_j, p_j)$ mit $S_j \subseteq M$ eine Teilmenge von Objekten und p_j dem angebotenen Ankaufspreis.

Output: Eine Wahl von Angeboten seitens des Auktionärs, die seinen Umsatz maximiert.

Modell

Entscheidungsvariablen: $\forall j \in \overline{1, n}$, $x_j \in \{0, 1\}$ mit $x_j = 1$ dann und nur dann, wenn Angebot j angenommen wird. Sei $x := (x_j)_{j \in \overline{1,n}} \in \{0, 1\}^n$.

Kapitel 4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - kombinatorische Auktionen

Input: Eine Menge $M = \{1, 2, \ldots, m\}$ von Objekten (zB. Kontrakten), die versteigert werden.

Eine Menge $B = \{B_1, \ldots, B_n\}$ von n Angeboten, wobei $\forall j \in \overline{1, n}$, $B_j := (S_j, p_j)$ mit $S_j \subseteq M$ eine Teilmenge von Objekten und p_j dem angebotenen Ankaufspreis.

Output: Eine Wahl von Angeboten seitens des Auktionärs, die seinen Umsatz maximiert.

Modell

Entscheidungsvariablen: $\forall j \in \overline{1, n}$, $x_j \in \{0, 1\}$ mit $x_j = 1$ dann und nur dann, wenn Angebot j angenommen wird. Sei $x := (x_j)_{j \in \overline{1,n}} \in \{0, 1\}^n$.

$$\max \left\{ \sum_{j=1}^{n} x_j p_j : x \in \{0,1\}^n, \sum_{j:\ i \in S_j} x_j \leq 1, \forall i \in \overline{1, m} \right\}$$

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - kombinatorische Auktionen

Verallgemeinerung: Es können mehrere Exemplare, zB. u_i, pro Objekt $i \in \overline{1, m}$ vorhanden sein;

$B_j := (\lambda_1^{(j)}, \ldots, \lambda_m^{(j)}, p_j)$ mit Anzahl $\lambda_i^{(j)}$ von Exemplaren des i-ten Objekts in Angebot j

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - kombinatorische Auktionen

Verallgemeinerung: Es können mehrere Exemplare, zB. u_i, pro Objekt $i \in \overline{1,m}$ vorhanden sein;

$B_j := (\lambda_1^{(j)}, \ldots, \lambda_m^{(j)}, p_j)$ mit Anzahl $\lambda_i^{(j)}$ von Exemplaren des i-ten Objekts in Angebot j

Modell:

$$\max \left\{ \sum_{j=1}^{n} x_j p_j : x \in \{0,1\}^n , \sum_{j=1}^{n} \lambda_i^{(j)} x_j \le u_i \, , \forall i \in \overline{1,m} \right\}$$

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - das Schließfachproblem

Das Problem:

Eine Firma erhält Einzahlungen (Schecks, Überweisungen) aus n unterschiedlichen Regionen. Die Einzahlungen landen in Schließfächern und müssen dort behandelt werden bevor das Geld tatsächlich verfügbar wird. Es gibt m Standortkandidaten zur Errichtung von maximal q Schließfächern; das Betreiben eines Scließfachs in Standort j ist mit Fixkosten f_j verbunden, $j \in \overline{1, m}$.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - das Schließfachproblem

Das Problem:
Eine Firma erhält Einzahlungen (Schecks, Überweisungen) aus n unterschiedlichen Regionen. Die Einzahlungen landen in Schließfächern und müssen dort behandelt werden bevor das Geld tatsächlich verfügbar wird. Es gibt m Standortkandidaten zur Errichtung von maximal q Schließfächern; das Betreiben eines Scließfachs in Standort j ist mit Fixkosten f_j verbunden, $j \in \overline{1, m}$.
Jedes Schließfach kann Einzahlungen von unterschiedlichen Regionen bearbeiten und jede Region muss einem bearbeitenden Schließfach zugeordnet werden. Jede Paarung (Region i, Schließfach j) ist mit bekannten Kosten a_{ij} verbunden, $i \in \overline{1, n}$, $j \in \overline{1, m}$.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - das Schließfachproblem

Das Problem:
Eine Firma erhält Einzahlungen (Schecks, Überweisungen) aus n unterschiedlichen Regionen. Die Einzahlungen landen in Schließfächern und müssen dort behandelt werden bevor das Geld tatsächlich verfügbar wird. Es gibt m Standortkandidaten zur Errichtung von maximal q Schließfächern; das Betreiben eines Scließfachs in Standort j ist mit Fixkosten f_j verbunden, $j \in \overline{1, m}$.
Jedes Schließfach kann Einzahlungen von unterschiedlichen Regionen bearbeiten und jede Region muss einem bearbeitenden Schließfach zugeordnet werden. Jede Paarung (Region i, Schließfach j) ist mit bekannten Kosten a_{ij} verbunden, $i \in \overline{1, n}$, $j \in \overline{1, m}$.

Frage: Welche Schließfächer sollen errichtet werden, sodass die Behandlung aller Einzahlungen minimale Kosten verursacht.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - das Schließfachproblem

Das Problem:

Eine Firma erhält Einzahlungen (Schecks, Überweisungen) aus n unterschiedlichen Regionen. Die Einzahlungen landen in Schließfächern und müssen dort behandelt werden bevor das Geld tatsächlich verfügbar wird. Es gibt m Standortkandidaten zur Errichtung von maximal q Schließfächern; das Betreiben eines Scließfachs in Standort j ist mit Fixkosten f_j verbunden, $j \in \overline{1, m}$.

Jedes Schließfach kann Einzahlungen von unterschiedlichen Regionen bearbeiten und jede Region muss einem bearbeitenden Schließfach zugeordnet werden. Jede Paarung (Region i, Schließfach j) ist mit bekannten Kosten a_{ij} verbunden, $i \in \overline{1, n}$, $j \in \overline{1, m}$.

Frage: Welche Schließfächer sollen errichtet werden, sodass die Behandlung aller Einzahlungen minimale Kosten verursacht.

Modell:

Entscheidungsvariablen: $\forall j \in \overline{1, m}$, $y_j \in \{0, 1\}$ mit $y_j = 1$ dann und nur dann, wenn in Standort j ein Schließfach errichtet wird.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - das Schließfachproblem

Das Problem:
Eine Firma erhält Einzahlungen (Schecks, Überweisungen) aus n unterschiedlichen Regionen. Die Einzahlungen landen in Schließfächern und müssen dort behandelt werden bevor das Geld tatsächlich verfügbar wird. Es gibt m Standortkandidaten zur Errichtung von maximal q Schließfächern; das Betreiben eines Scließfachs in Standort j ist mit Fixkosten f_j verbunden, $j \in \overline{1, m}$.
Jedes Schließfach kann Einzahlungen von unterschiedlichen Regionen bearbeiten und jede Region muss einem bearbeitenden Schließfach zugeordnet werden. Jede Paarung (Region i, Schließfach j) ist mit bekannten Kosten a_{ij} verbunden, $i \in \overline{1, n}$, $j \in \overline{1, m}$.

Frage: Welche Schließfächer sollen errichtet werden, sodass die Behandlung aller Einzahlungen minimale Kosten verursacht.

Modell:
Entscheidungsvariablen: $\forall j \in \overline{1, m}$, $y_j \in \{0, 1\}$ mit $y_j = 1$ dann und nur dann, wenn in Standort j ein Schließfach errichtet wird.
$\forall i \in \overline{1, n}$, $\forall i \in \overline{1, m}$, $x_{i,j} \in \{0, 1\}$ mit $x_{i,j} = 1$ dann und nur dann, wenn Region i Standort j zugeordnet wird.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - das Schließfachproblem

min

$$\cancel{\max} \quad \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} a_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^{m} f_j y_j$$

u.d.Nb.

$$\sum_{j=1}^{m} y_j \leq q$$

$$x_{ij} \leq y_j, \;\; i \in \overline{1,n}, \, j \in \overline{1,m}$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1, \;\; i \in \overline{1,n}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \;\; i \in \overline{1,n}, \, j \in \overline{1,m}$$

$$y_j \in \{0,1\}, \;\; j \in \overline{1,m}$$

$(y_j = 0 \Rightarrow x_{ij} = 0)$

Standortprobleme } Location problem

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Aktives Portfoliomanagment: die Performance wird mit Hilfe technischer und fundamentaler Analyse bzw. mit Hilfe von Prognosemodellen erzeugt.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Aktives Portfoliomanagment: die Performance wird mit Hilfe technischer und fundamentaler Analyse bzw. mit Hilfe von Prognosemodellen erzeugt.

Passives Portfoliomanagment: funktioniert ohne Prognosen, Diversifizierung als Performance Quelle

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Aktives Portfoliomanagment: die Performance wird mit Hilfe technischer und fundamentaler Analyse bzw. mit Hilfe von Prognosemodellen erzeugt.

Passives Portfoliomanagment: funktioniert ohne Prognosen, Diversifizierung als Performance Quelle
Zwei Strategien des passiven Portfoliomanagment:
(a) „Buy-and-hold“ und **(b)** Indexing

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Aktives Portfoliomanagment: die Performance wird mit Hilfe technischer und fundamentaler Analyse bzw. mit Hilfe von Prognosemodellen erzeugt.

Passives Portfoliomanagment: funktioniert ohne Prognosen, Diversifizierung als Performance Quelle
Zwei Strategien des passiven Portfoliomanagment:
(a) „Buy-and-hold“ und **(b)** Indexing

Ziel in (b): Konstruktion eines Portfolios, dass die Entwicklung eines breiten Markts oder Maktsegments nachahmt, keine Versuche schlecht bepreiste Wertpapiere zu entdecken.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Aktives Portfoliomanagment: die Performance wird mit Hilfe technischer und fundamentaler Analyse bzw. mit Hilfe von Prognosemodellen erzeugt.

Passives Portfoliomanagment: funktioniert ohne Prognosen, Diversifizierung als Performance Quelle
Zwei Strategien des passiven Portfoliomanagment:
(a) „Buy-and-hold“ und **(b)** Indexing

Ziel in (b): Konstruktion eines Portfolios, dass die Entwicklung eines breiten Markts oder Maktsegments nachahmt, keine Versuche schlecht bepreiste Wertpapiere zu entdecken.
Beispiel: Index Fonds.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Aktives Portfoliomanagment: die Performance wird mit Hilfe technischer und fundamentaler Analyse bzw. mit Hilfe von Prognosemodellen erzeugt.

Passives Portfoliomanagment: funktioniert ohne Prognosen, Diversifizierung als Performance Quelle
Zwei Strategien des passiven Portfoliomanagment:
(a) „Buy-and-hold" und **(b)** Indexing

Ziel in (b): Konstruktion eines Portfolios, dass die Entwicklung eines breiten Markts oder Maktsegments nachahmt, keine Versuche schlecht bepreiste Wertpapiere zu entdecken.
Beispiel: Index Fonds.

Aus n Assets im Markt werden $q < n$ Assets gesucht; damit wird ein Portfolio abgebildet, dass das Verhalten des Markts so gut wie möglich nachahmt.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Aktives Portfoliomanagment: die Performance wird mit Hilfe technischer und fundamentaler Analyse bzw. mit Hilfe von Prognosemodellen erzeugt.

Passives Portfoliomanagment: funktioniert ohne Prognosen, Diversifizierung als Performance Quelle
Zwei Strategien des passiven Portfoliomanagment:
(a) „Buy-and-hold" und **(b)** Indexing

Ziel in (b): Konstruktion eines Portfolios, dass die Entwicklung eines breiten Markts oder Maktsegments nachahmt, keine Versuche schlecht bepreiste Wertpapiere zu entdecken.
Beispiel: Index Fonds.

Aus n Assets im Markt werden $q < n$ Assets gesucht; damit wird ein Portfolio abgebildet, dass das Verhalten des Markts so gut wie möglich nachahmt.

Für Index Fonds spricht:
die Markteffizienz, die empirische Performance, die Vermeidung von Trsnsaktionskosten ...

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Pure Indexing: Auswahl eines breiten Markt Index zB. S&P500; Ankauf aller Positionen mit dem gleichen Gewicht wie im Index.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Pure Indexing: Auswahl eines breiten Markt Index zB. S&P500; Ankauf aller Positionen mit dem gleichen Gewicht wie im Index.

Dieses Ansatz ist nicht praktisch: viele kleine Positionen lassen die Managementkosten sehr schnell in die Höhe steigen.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Pure Indexing: Auswahl eines breiten Markt Index zB. S&P500; Ankauf aller Positionen mit dem gleichen Gewicht wie im Index.

Dieses Ansatz ist nicht praktisch: viele kleine Positionen lassen die Managementkosten sehr schnell in die Höhe steigen.
Wünschenswert: eine geringe Anzahl q von Assets im Fonds mit $q \ll n$.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Pure Indexing: Auswahl eines breiten Markt Index zB. S&P500; Ankauf aller Positionen mit dem gleichen Gewicht wie im Index.

Dieses Ansatz ist nicht praktisch: viele kleine Positionen lassen die Managementkosten sehr schnell in die Höhe steigen.
Wünschenswert: eine geringe Anzahl q von Assets im Fonds mit $q \ll n$.

Input: Anzahl n der Assets am Markt, Anzahl q der im Fonds vertretenen Assets, ρ_{ij} Ähnlichkeitsmaß für die Assets i und j, $i, j \in \overline{1, n}$.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Pure Indexing: Auswahl eines breiten Markt Index zB. S&P500; Ankauf aller Positionen mit dem gleichen Gewicht wie im Index.

Dieses Ansatz ist nicht praktisch: viele kleine Positionen lassen die Managementkosten sehr schnell in die Höhe steigen.
Wünschenswert: eine geringe Anzahl q von Assets im Fonds mit $q \ll n$.

Input: Anzahl n der Assets am Markt, Anzahl q der im Fonds vertretenen Assets, ρ_{ij} Ähnlichkeitsmaß für die Assets i und j, $i, j \in \overline{1, n}$.
Output: Ein Portfolio mit möglichst großer Gesamtähnlichkeit zu den Assets am Markt.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Pure Indexing: Auswahl eines breiten Markt Index zB. S&P500; Ankauf aller Positionen mit dem gleichen Gewicht wie im Index.

Dieses Ansatz ist nicht praktisch: viele kleine Positionen lassen die Managementkosten sehr schnell in die Höhe steigen.
Wünschenswert: eine geringe Anzahl q von Assets im Fonds mit $q \ll n$.

Input: Anzahl n der Assets am Markt, Anzahl q der im Fonds vertretenen Assets, ρ_{ij} Ähnlichkeitsmaß für die Assets i und j, $i, j \in \overline{1, n}$.
Output: Ein Portfolio mit möglichst großer Gesamtähnlichkeit zu den Assets am Markt.

Modell:
Entscheidungsvariablen: $\forall j \in \overline{1, m}$, $y_j \in \{0, 1\}$ mit $y_j = 1$ dann und nur dann, wenn Asset j in Fonds vertreten ist.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

Pure Indexing: Auswahl eines breiten Markt Index zB. S&P500; Ankauf aller Positionen mit dem gleichen Gewicht wie im Index.

Dieses Ansatz ist nicht praktisch: viele kleine Positionen lassen die Managementkosten sehr schnell in die Höhe steigen.
Wünschenswert: eine geringe Anzahl q von Assets im Fonds mit $q \ll n$.

Input: Anzahl n der Assets am Markt, Anzahl q der im Fonds vertretenen Assets, ρ_{ij} Ähnlichkeitsmaß für die Assets i und j, $i, j \in \overline{1, n}$.
Output: Ein Portfolio mit möglichst großer Gesamtähnlichkeit zu den Assets am Markt.

Modell:
Entscheidungsvariablen: $\forall j \in \overline{1, m}$, $y_j \in \{0, 1\}$ mit $y_j = 1$ dann und nur dann, wenn Asset j in Fonds vertreten ist.
$\forall i, j \in \overline{1, n}$, , $x_{i,j} \in \{0, 1\}$ mit $x_{i,j} = 1$ dann und nur dann, wenn Asset i durch Asset j im Fonds vertreten wird.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

$$
\begin{aligned}
\max \quad & \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \rho_{ij} x_{ij} \\
u.d.Nb. \quad & \\
& \sum_{j=1}^{m} y_j \leq q \\
& x_{ij} \leq y_j, \;\; i, j \in \overline{1, n} \\
& \sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1, \;\; i \in \overline{1, n} \\
& x_{ij} \in \{0, 1\}, \;\; i, j \in \overline{1, n} \\
& y_j \in \{0, 1\}, \;\; j \in \overline{1, m}
\end{aligned}
$$

$y_j = 0$

$\Rightarrow x_{ij} = 0$

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - Konstruktion eines Index Fonds

$$
\begin{aligned}
\max \quad & \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \rho_{ij} x_{ij} \\
u.d.Nb. \quad & \\
& \sum_{j=1}^{m} y_j \leq q \\
& x_{ij} \leq y_j, \;\; i,j \in \overline{1,n} \\
& \sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1, \;\; i \in \overline{1,n} \\
& x_{ij} \in \{0,1\}, \;\; i,j \in \overline{1,n} \\
& y_j \in \{0,1\}, \;\; j \in \overline{1,m}
\end{aligned}
$$

Sei y^*, x^* eine Optimallösung des Problems.

$$\max \quad \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \rho_{ij} x_{ij}$$

$$u.d.Nb.$$

$$\sum_{j=1}^{m} y_j \leq q$$

$$x_{ij} \leq y_j, \;\; i,j \in \overline{1,n}$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1, \;\; i \in \overline{1,n}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \;\; i,j \in \overline{1,n}$$

$$y_j \in \{0,1\}, \;\; j \in \overline{1,m}$$

Sei y^*, x^* eine Optimallösung des Problems.

Die Gewichte der Assets im Fonds:

$foralli \in \overline{1,n}$, $w_j := \sum_{i=1}^{n} V_i x_{ij}^* / \sum_{i=1}^{n} V_i$, wobei V_i der Marktwert von Asset i ist.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - weitere Ganzzahlihkeitsrestriktionen

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - weitere Ganzzahlihkeitsrestriktionen

- Beschränkte Anzahl von Assets in einem Portofio
  (zB. höchstens k Assets in Portfolio bei einem Universum von n Assets)

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - weitere Ganzzahlihkeitsrestriktionen

- Beschränkte Anzahl von Assets in einem Portofio

  (zB. höchstens k Assets in Portfolio bei einem Universum von n Assets)

  Gewicht des i-ten Assets: $x_i \in \mathbb{R}$

  Präsenz des i-ten Assets: $y_i \in \{0, 1\}$

  For all $i \in \overline{1, n}$, $x_i \leq y_i$, $\sum_{i=1} y_i \leq k$.

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - weitere Ganzzahlihkeitsrestriktionen

- Beschränkte Anzahl von Assets in einem Portofio

  (zB. höchstens k Assets in Portfolio bei einem Universum von n Assets)

  Gewicht des i-ten Assets: $x_i \in \mathbb{R}$

  Präsenz des i-ten Assets: $y_i \in \{0, 1\}$

  For all $i \in \overline{1, n}$, $x_i \leq y_i$, $\sum_{i=1} y_i \leq k$.

- Untere und obere Schranken l_i bzw. u_i für das Gewicht des i-ten Assets

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - weitere Ganzzahlihkeitsrestriktionen

- Beschränkte Anzahl von Assets in einem Portofio

  (zB. höchstens k Assets in Portfolio bei einem Universum von n Assets)

  Gewicht des i-ten Assets: $x_i \in \mathbb{R}$

  Präsenz des i-ten Assets: $y_i \in \{0, 1\}$

  For all $i \in \overline{1, n}$, $x_i \leq y_i$, $\sum_{i=1} y_i \leq k$.

- Untere und obere Schranken l_i bzw. u_i für das Gewicht des i-ten Assets

  for all $i \in \overline{1, n}$, $l_i y_i \leq x_i \leq u_i y_i$.

$l_i \leq x_i \leq u_i$

$y_i \in \{0, 1\}$

$x_i \in \mathbb{R}_+$

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - weitere Ganzzahlihkeitsrestriktionen

- Beschränkte Anzahl von Assets in einem Portofio
  (zB. höchstens k Assets in Portfolio bei einem Universum von n Assets)

  Gewicht des i-ten Assets: $x_i \in \mathbb{R}$

  Präsenz des i-ten Assets: $y_i \in \{0, 1\}$

  For all $i \in \overline{1, n}$, $x_i \leq y_i$, $\sum_{i=1} y_i \leq k$.
- Untere und obere Schranken l_i bzw. u_i für das Gewicht des i-ten Assets

  for all $i \in \overline{1, n}$, $l_i y_i \leq x_i \leq u_i y_i$,.
- Logische Restriktionen bzw. Cluster-Bildung

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - weitere Ganzzahlihkeitsrestriktionen

- Beschränkte Anzahl von Assets in einem Portofio

  (zB. höchstens k Assets in Portfolio bei einem Universum von n Assets)

  Gewicht des i-ten Assets: $x_i \in \mathbb{R}$

  Präsenz des i-ten Assets: $y_i \in \{0, 1\}$

  For all $i \in \overline{1, n}$, $x_i \leq y_i$, $\sum_{i=1} y_i \leq k$.

- Untere und obere Schranken l_i bzw. u_i für das Gewicht des i-ten Assets

  for all $i \in \overline{1, n}$, $l_i y_i \leq x_i \leq u_i y_i$,.

- Logische Restriktionen bzw. Cluster-Bildung

  Wenn in Asset i investiert wird, muss auch (darf nicht) in Asset j investiert werden: $y_i \leq y_j$ $(y_i \leq 1 - y_j)$

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - weitere Ganzzahlihkeitsrestriktionen

- Beschränkte Anzahl von Assets in einem Portofio

  (zB. höchstens k Assets in Portfolio bei einem Universum von n Assets)

  Gewicht des i-ten Assets: $x_i \in \mathbb{R}$

  Präsenz des i-ten Assets: $y_i \in \{0, 1\}$

  For all $i \in \overline{1, n}$, $x_i \leq y_i$, $\sum_{i=1} y_i \leq k$.

- Untere und obere Schranken l_i bzw. u_i für das Gewicht des i-ten Assets

  for all $i \in \overline{1, n}$, $l_i y_i \leq x_i \leq u_i y_i$,.

- Logische Restriktionen bzw. Cluster-Bildung

  Wenn in Asset i investiert wird, muss auch (darf nicht) in Asset j investiert werden: $y_i \leq y_j$ ($y_i \leq 1 - y_j$)

  Es soll in genau ein Asset aus einer Menge I von Assets investiert werden: $\sum_{i \in I} y_i = 1$

4: Gemischtganzzahlige lineare Optimierungsmodelle (MILP) - weitere Ganzzahlihkeitsrestriktionen

- Beschränkte Anzahl von Assets in einem Portofio

  (zB. höchstens k Assets in Portfolio bei einem Universum von n Assets)

  Gewicht des i-ten Assets: $x_i \in \mathbb{R}$

  Präsenz des i-ten Assets: $y_i \in \{0, 1\}$

  For all $i \in \overline{1, n}$, $x_i \leq y_i$, $\sum_{i=1} y_i \leq k$.

- Untere und obere Schranken l_i bzw. u_i für das Gewicht des i-ten Assets

  for all $i \in \overline{1, n}$, $l_i y_i \leq x_i \leq u_i y_i$,.

- Logische Restriktionen bzw. Cluster-Bildung

  Wenn in Asset i investiert wird, muss auch (darf nicht) in Asset j investiert werden: $y_i \leq y_j$ ($y_i \leq 1 - y_j$)

  Es soll in genau ein Asset aus einer Menge I von Assets investiert werden: $\sum_{i \in I} y_i = 1$

  Wenn in Asset i investiert wird, dann muss es in mindestens einem der Assets j und k investiert werden: $y_i \leq y_j + y_k$