

Aufgabe Schichtplanung für 5 Arbeitstage und 1 Maschine

Sie sollen den Schichtplan für Ihre Produktionslinie erstellen.

Gegeben sind n Aufträge i mit Dauer D_i und Fertigstellungstermin T_i .

Gesucht ist eine Verteilung dieser Aufträge auf die 5 Schichten, so dass

- möglichst alle Aufträge in der Arbeitswoche erledigt werden und die Gesamtsumme der Verspätungen gegenüber dem Fertigstellungstermin möglichst klein ist
- unter der Nebenbedingung, dass jeder Auftrag innerhalb einer Schicht ausgeführt werden muss und die Schichtlänge nicht 8 Stunden überschreitet

A) Modellieren Sie dieses Planungsproblem

- (i) Genstring bzw. Repräsentation der Lösung und deren Dekodierung
- (ii) Zielfunktion (Strafkosten für Verspätungen und für unerledigte Aufträge)
- (iii) Zulässigkeit

B) Welche Mutationsoperatoren sind hier sinnvoll?

Lösung Binär

- (i) Binärkodierung mit $x_{it} = 1 \Leftrightarrow$ Auftrag i an Arbeitstag t
- (ii) Zielfunktion $f(x) = \lambda * \text{Verspätung}(x) + (1-\lambda) * \text{Unerledigt}(x)$
 $\text{Verspätung}(x) = \sum_i \sum_{t > T_i} x_{it} * \max\{t - T_i, 0\}$
 $\text{Unerledigt}(x) = \sum_i D_i * (1 - \sum_t x_{it})$
- (iii) Zulässigkeit
Kapazitätsgrenze für jede Schicht t : $\sum_i D_i * x_{it} \leq 8$
Kein Auftrag i mehrfach einplanen: $\sum_t x_{it} \leq 1$

Lösung Integer

- (i) Zuordnung von Auftrag i an Arbeitstag t :
 $x = t_1 \dots t_n \in \{1, \dots, 5\}^n$
mit Auftrag i an Arbeitstag t_i eingeplant
 $t_i = 0 \Leftrightarrow$ Auftrag i wurde nicht eingeplant
- (ii) Zielfunktion $f(x) = \lambda * \text{Verspätung}(x) + (1-\lambda) * \text{Unerledigt}(x)$
 $\text{Verspätung}(x) = \sum_i \max\{t_i - T_i, 0\}$
 $\text{Unerledigt}(x) = \sum_i D_i * (t_i = 0)$
- (iii) Zulässigkeit
Kapazitätsgrenze für jede Schicht t : $\sum_i D_i * (t_i = t) \leq 8$

Lösung Permutationskodierung

- (i) Modellierung als Permutationskodierung mit $s=5 + 1 = 6$ Schichten:

$$\pi_{11} \pi_{12} \dots \pi_{1n_1} \text{ O } \pi_{21} \pi_{22} \dots \pi_{2n_2} \text{ O } \dots \text{ O } \pi_{61} \pi_{62} \dots \pi_{6n_6}$$

mit π_{ij} = Auftrag bearbeitet an j-ter Stelle in Schicht i

und n_i = Anzahl der eingeplanten Aufträge in Schicht i

Aufträge in zusätzlicher 6. Schicht gelten als nicht eingeplant!!

„0“ ist Trennzeichen für die Schichteinteilung in der Permutationskodierung

- (ii) Zielfunktion $f(x) = \lambda * \text{Verspätung}(x) + (1-\lambda) * \text{Unerledigt}(x)$

$\text{Verspätung}(x) = \sum_i \sum_j \max\{i - T_{\pi_{ij}}, 0\}$ mit i = Fertigstellungszeit von Schicht i

$\text{Unerledigt}(\pi) = \sum_j D_{\pi_{6j}}$ (Dauer der Aufträge in Zusatzschicht 6)

- (iii) Zulässigkeit

Kapazitätsgrenze für jede Schicht i: $\sum_j D_{\pi_{ij}} \leq 8$

Reparatur für Zulässigkeit bei der Einplanung: Falls ein Hinzufügen eines Auftrages die 8 h Grenze übersteigt, wird dieser in der zusätzlichen „Überlaufschicht“ eingeplant.

Alternative: Bestrafen des Überschreitens der Kapazitätsgrenze = Überstunden in der Zielfunktion

- (i) Zielfunktion $f(x) = \lambda_1 * \text{Verspätung}(x) + \lambda_2 * \text{Unerledigt}(x) + \lambda_3 * \text{Überstunden}(x)$

$$\text{Überstunden}(x) = \sum_i \max((\sum_j D_{\pi_{ij}} - 8), 0)$$

B) siehe Implementierung Zeleny:

- insert (einen nicht eingeplanten Auftrag in eine Schicht einfügen)
- delete (einen eingeplanten Auftrag aus einer Schicht entfernen)
- swap (zwei Aufträge zwischen zwei Schichten vertauschen)

Überlegen Sie, wie diese Mutationsoperatoren jeweils auf den 3 Repräsentationen funktionieren!

Folgende Varianten lassen sich nicht auf dem Genotyp beschreiben, da die Kapazität im Phänotyp berücksichtigt wird (greedy-Verfahren zum Auffüllen entspricht decode beim Erzeugen des Phänotyps!!)

- bomb 1-3 (1-3 Schichten entleeren und mit einem greedy-Verfahren wieder auffüllen)
- delete (1 Auftrag aus einer Schicht entfernen und diese mit einem greedy-Verfahren wieder auffüllen)