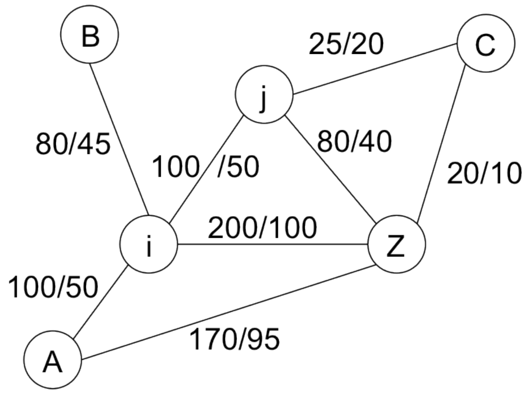
Aufgabe 1 – Elektromobilität als Suchproblem (30 Punkte)



Betrachten Sie den ungerichteten Graphen mit den Orten A,B,C,Z,i,j, wobei i und j Ladestationen (Tankstellen) sind. An den Kanten stehen 2 Werte: Zeit/Energie. Ein Ortswechsel von x nach y ist möglich, wenn eine Kante zwischen x und y existiert und das E-KFZ mindestens die hinter dem „/" angegebene Energieladung besitzt. Durch den Ortswechsel werden die angegebene Energie und Zeit verbraucht.
Ein E-KFZ mit einer Batteriekapazität von 100 kWH steht voll aufgeladen in A. Gesucht ist der schnellste Weg nach Z. In Z angekommen, muss das E-KFZ noch mit mindestens 50 kWH geladen sein.
An einer Tankstelle kann das E-KFZ auf 100% aufladen (muss aber nicht). Der Ladevorgang verbraucht 200 Minuten Zeit (unabhängig vom Ladezustand).

a) Formulieren die Aufgabe als Suchproblem.
Zustand ist Tupel (Ort, Ladezustand), Aktionen sind das Fahren, wobei als Aktionskosten die verbrauchte Zeit anfallen, und das Aufladen an Tankstellen, mit Aktionskosten von 200.

S0 = (A,100)
Sz = (Z, l) mit l≥50
Aktionen:
fahre(x) : (w,l) → (x,m), mit Kosten k
Kante zwischen w und x existiert,
Kante ist mit k/v beschriftet,
m=l-k und m≥0
aufladen : (x, l) → (x, 100), mit Kosten 200
x ∈ {i,j}

Häufige Fehler: Aktionskosten nicht benannt (als uninformiertes Suchproblem kann optimale Lösung nicht gefunden werden /-4); fixer Ladezustand von 50 in Zielzustand einkodiert; "minimale Zeit" in Zielzustand einkodiert (dies kann keine Zieltestfunktion verifizieren.)
Verbrauchte Zeit (-> Aktionskosten!) und besuchte Knoten (->Suchbaum!) gehören nicht in den Zustand (kein Abzug).
Die Aufgabenstellung erlaubt auch, das Problem ohne Aktionskosten darzustellen, denn es ist ja nicht nach dem schnellsten Weg nach Z gefragt.

b) Verzweigungsgrad = 5 (in i am größten).
Tiefe: Zahl der Orte x Zahl der Ladezustände (in 5er-Schritten) ist eine obere Abschätzung: 6 x 20=120. Nicht alle Orte können mit jedem Ladezustand erreicht werden, beispielsweise Z nur mit l≥50. Wenn man für jeden Ort nur zulässige Ladezustände zulässt, dann kommt man zu folgender Tabelle: A:≥50 (21 theoretisch mögliche Zustände), B=i:≥45 (20); j:≥25 (16); C=Z:≥20 (17). Die Summe wäre 21+2x20+16+2+17.

Häufige Fehler: Suchbaumtiefe pauschal mit Tiefe der optimalen Lösung gleichgesetzt; Zahl der Graphknoten (dabei wichtige Zustandsinformationen (Energiezustand und ggfs. Zeit, sofern im Zustand einkodiert) nicht beachtet).
Ein Verzweigungsgrad von 6 wäre ebenfalls noch eine richtige Antwort ohne Abzug.

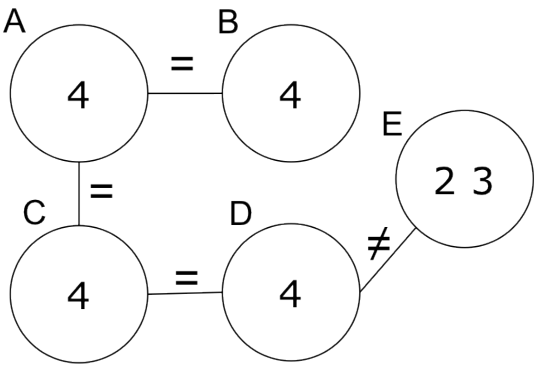
c) (3 Punkte)
Informiertes Suchproblem ohne Heuristik: Branch&Bound.

d) (10 Punkte)
Suchbaum:
A-100(0)
Ai-50(100), AZ-5(170)
AZ-5(170), AiB-5(180), Aij-0(200), Aii-100(300)
AiB-5(180), Aij-0(200), Aii-100(300)

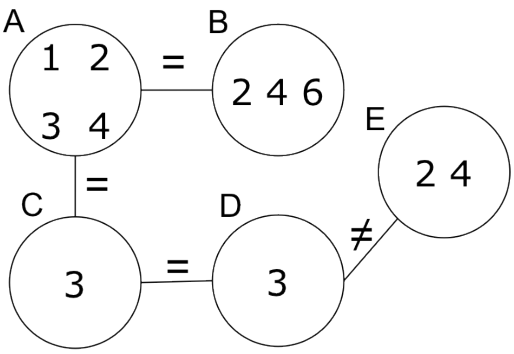
Aufgabe 2 – Constraints (15 Punkte)

Betrachten Sie folgendes Constraint Satisfaction Problem (CSP) mit 5 Variablen:
$A \in \{ 1,2,3,4 \}$; $B \in \{ 2,4,6 \}$; $C \in \{ 2,3,4 \}$; $D \in \{ 3,4,5 \}$; $E \in \{ 2,3,4 \}$
und 4 Constraints:
$A=B$; $A=C$; $C=D$; $D \neq E$.

a) 2-Konsistenz:



b) FC nach D=3:



Aufgabe 3 – Maschinelles Beweisen (40 Punkte)

Prädikantensymbole:
A(x): x ist Auszubildende; S(x): x ist Studentin; F(x): x ist ein Fahrrad; R(x): x ist ein Rennrad; B(x,y): x besitzt y; W(x): x ist wohlhabend; O(x,y): x ist am Ort y; E(x): x ist elektrisch.

(1) $\forall x\ S(x) \rightarrow A(x)$	KNF: $\{\neg S(x), A(x)\}$
(2) $\forall x \exists y\ S(x) \wedge F(y) \rightarrow B(x,y)$	KNF: $\{\neg S(x), \neg F(f(x)), B(x,f(x))\}$
(3) $\forall x,y\ B(x,y) \wedge R(y) \rightarrow W(x)$	KNF: $\{\neg R(y), \neg B(x,y), W(x)\}$
(4) S(Antonia) $\wedge$ O(Antonia, Berlin)	KNF: {S(Antonia)},{O(Antonia, Berlin)} (4a), (4b)
(5) $\exists x$ R(x) $\wedge$ B(Antonia, x)	KNF: {R(1)}, {B(Antonia,1)} (5a) und (5b)
(6) $\exists x$ F(x) $\wedge$ B(, x) $\wedge$ $\neg$R(x)	KNF: {F(2)}, {B(Petra, 2)}, {$\neg$R(2)}

(7) ∃x,y,a,b S(x) ∧ S(y) ∧ F(a) ∧F(b) ∧B(x,a) ∧B(y,b) ∧x≠y ∧ a≠b
KNF: {S(5)},{S(6)},{R(3)},{R(4)},
{B(5,3)},{B(6,4)}

(8) ∀xy S(x) ∧ O(x,Berlin) ∧ F(y) ∧ E(y) → ¬B(x,y)
KNF: {¬S(x), ¬F(y), ¬Q(x,Berlin),¬E(y), ¬B(x,y)}

(9) ∃x A(x) ∧ W(x) ∧ O(x,Berlin)
Anfrage negieren: ¬∃x (A(x) ∧ W(x) ∧ O(x,Berlin))
KNF: ∀x ¬(A(x) ∧ W(x) ∧ O(x,Berlin)) → {¬A(x), ¬W(x), ¬O(x,Berlin)}

Resolutionsbeweis (benutzt (1), (3), (4a), (4b), (5a), (5b) aus der Wissensbasis:

(11) {¬S(a), ¬W(a), ¬O(a,Berlin)} (9) ∧ (1) {x/a}
(12) {¬W(Antonia), ¬O(Antonia,Berlin)} (10) ∧ (4a) {a/Antonia}
(13) {¬W(Antonia)} (11) ∧ (4b) {}
(14) {¬R(b) ∨ ¬B(Antonia,b) } (12) ∧ (3) {x/Antonia, y/b}
(15) { ¬B(Antonia,1) } (13) ∧ (5a) {b/1}
(15) { } (14) ∧ (5b) {}

Aufgabe 4 – Planung (15 Punkte)

Betrachten Sie folgende Variante der Blockswelt: 3 Blöcke A, B und C sind auf dem Tisch T gestapelt. Gesucht ist ein Plan, sodass B direkt auf dem Tisch liegt. Dieses Problem wird in STRIPS folgendermaßen mit Anfangszustand S_0 und Ziel S_Z beschrieben:

$$S_0 = \{on(A,B), on(B,C), on(C,T), clear(A), clear(T)\}$$
$$S_Z = \{on(B,T)\}$$

Als einziger Operator (Aktionsschema) steht move/3 zur Verfügung, mit dem ein Block x von y nach z bewegt werden soll. Bemerkung: Dieser Operator enthält einen Fehler.

ACT move(x, y, z)
PRE on(x,y), clear(x), clear(z), x≠y, x≠z, y≠z
ADD on(x,z), clear(y), clear(T)
DEL clear(z), on(x,y)

a) Erklären Sie (gegebenenfalls an einem Beispiel), wo der Fehler im Operator move/3 liegt.

Problematisch wg. Clear/1 sowohl in ADD als auch in DEL. Falls ADD vor DEL verarbeitet würde, wäre clear(T) nach einmaligem move/3 nicht mehr im Zustand enthalten.

b) Variante mit demselben Aktionsschema aber anderem Zustand und Ziel. Notieren Sie die in S_1 anwendbaren Aktionen und bestimmen Sie ihre Eigenschaften hinsichtlich Relevanz und Konsistenz.

ACT move(x, y, z)
PRE on(x, y), clear(x), clear(z), x≠y, x≠z, y≠z
ADD on(x, z), clear(y), clear(T)
DEL clear(z), on(x, y)

$$S_1 = \{on(A,T), on(B,C), on(C,T), clear(A), clear(B), clear(T)\}$$
$$S_Z = \{on(A,T), on(B,T)\}$$

move(A, T, B) ist nicht relevant und nicht konsistent
move(B, C, A) ist nicht relevant und konsistent
move(B, C, T) ist relevant und konsistent