Grundbegriffe der Informatik

Tutorium 1 - 7. Sitzung

Dennis Felsing

dennis.felsing@student.kit.edu
http://www.stud.uni-karlsruhe.de/~ubcqr/2010w/tut_gbi/

2010-12-06

Karlsruhe Institute of Technology

Überblick

Huffman-Codierung

Definition

Sei A ein Alphabet und $w \in A^*$.
Eine **Huffman-Codierung** von w ist ein ε-freier Homomorphismus $h : A^* \to Z_2^*$.
Häufigere Symbole werden durch kürzere Wörter codiert, seltenere Symbole durch längere.

Welchen Nutzen hat das?

Huffman-Codierung

Definition

Sei A ein Alphabet und $w \in A^*$.
Eine **Huffman-Codierung** von w ist ein ε-freier Homomorphismus $h : A^* \to Z_2^*$.
Häufigere Symbole werden durch kürzere Wörter codiert, seltenere Symbole durch längere.

Welchen Nutzen hat das? Kompression.

Aufgaben

$A = \{\texttt{a}, \texttt{b}, \texttt{c}, \texttt{d}, \texttt{e}, \texttt{f}, \texttt{g}, \texttt{h}\}$

Jedes Zeichen kommt genau einmal vor

$w = \texttt{badcfehg}$

- Huffman-Code-Baum erstellen
- Wort codieren
- Wie lang ist die Codierung?

Aufgaben

$A = \{\mathtt{a}, \mathtt{b}, \mathtt{c}, \mathtt{d}, \mathtt{e}, \mathtt{f}, \mathtt{g}, \mathtt{h}\}$

a kommt einmal vor, b zweimal, c 4-mal, ...

$w_1 = \mathtt{abbccccd}^8\mathtt{e}^{16}\mathtt{f}^{32}\mathtt{g}^{64}\mathtt{h}^{128}$ $w_2 = \mathtt{badcfehg}$

- Huffman-Code-Baum für w_1 erstellen
- Wort w_1 codieren
- Wie lang ist die Codierung?

Aufgaben

$A = \{\mathtt{a}, \mathtt{b}, \mathtt{c}, \mathtt{d}, \mathtt{e}, \mathtt{f}, \mathtt{g}, \mathtt{h}\}$

a kommt einmal vor, b zweimal, c 4-mal, ...

$w_1 = \mathtt{abbccccd}^8\mathtt{e}^{16}\mathtt{f}^{32}\mathtt{g}^{64}\mathtt{h}^{128}$ $w_2 = \mathtt{badcfehg}$

- Huffman-Code-Baum für w_1 erstellen
- Wort w_1 codieren
- Wie lang ist die Codierung?
- Wort w_2 codieren

Aufgaben

$A = \{\mathtt{a}, \mathtt{b}, \mathtt{c}, \mathtt{d}, \mathtt{e}, \mathtt{f}, \mathtt{g}, \mathtt{h}\}$

a kommt einmal vor, b zweimal, c 4-mal, ...

$w_1 = \mathtt{abbccccd}^8\mathtt{e}^{16}\mathtt{f}^{32}\mathtt{g}^{64}\mathtt{h}^{128}$ $w_2 = \mathtt{badcfehg}$

- Huffman-Code-Baum für w_1 erstellen
- Wort w_1 codieren
- Wie lang ist die Codierung?
- Wort w_2 codieren
- Wie lang ist die Codierung für w_1 mit Huffman-Code aus erster Aufgabe?

Aufgaben

$A = \{\mathtt{a}, \mathtt{b}, \mathtt{c}, \mathtt{d}, \mathtt{e}, \mathtt{f}, \mathtt{g}, \mathtt{h}\}$

a kommt einmal vor, b zweimal, c 4-mal, ...

$w_1 = \mathtt{abbccccd}^8\mathtt{e}^{16}\mathtt{f}^{32}\mathtt{g}^{64}\mathtt{h}^{128}$ $w_2 = \mathtt{badcfehg}$

- Huffman-Code-Baum für w_1 erstellen
- Wort w_1 codieren
- Wie lang ist die Codierung?
- Wort w_2 codieren
- Wie lang ist die Codierung für w_1 mit Huffman-Code aus erster Aufgabe?

Man kann sich überlegen dass Huffman-Codes unter allen präfixfreien Codes zu den

Aufgaben

$A = \{\mathtt{a}, \mathtt{b}, \mathtt{c}, \mathtt{d}, \mathtt{e}, \mathtt{f}, \mathtt{g}, \mathtt{h}\}$

a kommt einmal vor, b zweimal, c 4-mal, ...

$w_1 = \mathtt{abbccccd}^8\mathtt{e}^{16}\mathtt{f}^{32}\mathtt{g}^{64}\mathtt{h}^{128}$ $w_2 = \mathtt{badcfehg}$

- Huffman-Code-Baum für w_1 erstellen
- Wort w_1 codieren
- Wie lang ist die Codierung?
- Wort w_2 codieren
- Wie lang ist die Codierung für w_1 mit Huffman-Code aus erster Aufgabe?

Man kann sich überlegen dass Huffman-Codes unter allen präfixfreien Codes zu den kürzesten Codierungen für das Wort, für das der Code konstruiert wurde, führt.

Blockcodierung

Definition

Verallgemeinerung von Huffman-Codierung:
Teilwörter fester Größe betrachten

Blockcodierung

Definition

Verallgemeinerung von Huffman-Codierung:
Teilwörter fester Größe betrachten

Beispiel

$w =$ aaaaaaaaaaddddddddddccccccccccbbbbbbbbbb
Wir betrachten Teilwörter der Länge 10. Wie lang ist die Huffman-Codierung von w?

Blockcodierung

Definition

Verallgemeinerung von Huffman-Codierung:
Teilwörter fester Größe betrachten

Beispiel

$w =$ aaaaaaaaaaddddddddddccccccccccbbbbbbbbbb
Wir betrachten Teilwörter der Länge 10. Wie lang ist die Huffman-Codierung von w? 8

Überblick

Gerichtete Graphen

Definitionen

Gerichteter Graph $G = (V, E)$ mit nichtleerer Knotenmenge V und Kantenmenge $E \subseteq V \times V$

Knoten $x \in V$

Kante $(x, y) \in E$
x und y sind **adjazent**

Schlinge $(x, x) \in E$

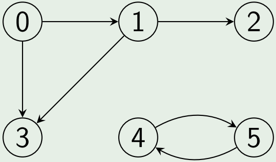
Beispiel

Formale Darstellung:

$$V = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$E = \{(0, 1), (0, 3), (1, 2), (1, 3), (4, 5), (5, 4)\}$$

Graphische Darstellung:



Beispiele Graphen und graphische Darstellung

Siehe Tafel.

Eigenschaften von Graphen

Welche Eigenschaften sollte ein Graph haben, der zur Darstellung dient von

- Straßen?

Eigenschaften von Graphen

Welche Eigenschaften sollte ein Graph haben, der zur Darstellung dient von

- Straßen? Von jedem Knoten kann man zu jedem anderen kommen.

Eigenschaften von Graphen

Welche Eigenschaften sollte ein Graph haben, der zur Darstellung dient von

- Straßen? Von jedem Knoten kann man zu jedem anderen kommen.
- Rechnern als Knoten und Kabeln als Kanten?

Eigenschaften von Graphen

Welche Eigenschaften sollte ein Graph haben, der zur Darstellung dient von

- Straßen? Von jedem Knoten kann man zu jedem anderen kommen.
- Rechnern als Knoten und Kabeln als Kanten? Von x nach y über möglichst wenige Kanten laufen und

Eigenschaften von Graphen

Welche Eigenschaften sollte ein Graph haben, der zur Darstellung dient von

- Straßen? Von jedem Knoten kann man zu jedem anderen kommen.
- Rechnern als Knoten und Kabeln als Kanten? Von x nach y über möglichst wenige Kanten laufen und von einer Hälfte in die andere möglichst viele Kanten.

Eigenschaften von Graphen

Wie viele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben?

Eigenschaften von Graphen

Wie viele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2

Eigenschaften von Graphen

Wie viele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
Wie viele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben, wenn er schlingenfrei ist?

Eigenschaften von Graphen

Wie viele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
Wie viele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben, wenn er schlingenfrei ist? $n^2 - n$

Teilgraphen

Definition

$G' = (V', E')$ ist ein **Teilgraph** von $G = (V, E)$, genau dann wenn

- $V' \subseteq V$ und
- $E' \subseteq E \cap (V' \times V')$

(notwendig und hinreichende Bedingung)

Was bedeutet das für E'?

Teilgraphen

Definition

$G' = (V', E')$ ist ein **Teilgraph** von $G = (V, E)$, genau dann wenn

- $V' \subseteq V$ und
- $E' \subseteq E \cap (V' \times V')$

(notwendig und hinreichende Bedingung)

Was bedeutet das für E'? Anfangs- und Endknoten in E' müssen auch in V' vorhanden sein.

Beispiel

Sei $G = (\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3), (3, 2), (3, 4), (3, 5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G?

Beispiel

Sei $G = (\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3), (3, 2), (3, 4), (3, 5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.

Beispiel

Sei $G = (\{0,1,2,3,4,5\}, \{(0,1),(0,2),(2,3),(3,2),(3,4),(3,5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2),(1,2)\})$?

Beispiel

Sei $G = (\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3), (3, 2), (3, 4), (3, 5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2), (1, 2)\})$? Nein.

Beispiel

Sei $G = (\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3), (3, 2), (3, 4), (3, 5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2), (1, 2)\})$? Nein.
- $(\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3)\})$?

Beispiel

Sei $G = (\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3), (3, 2), (3, 4), (3, 5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2), (1, 2)\})$? Nein.
- $(\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3)\})$? Nein.

Beispiel

Sei $G = (\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3), (3, 2), (3, 4), (3, 5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2), (1, 2)\})$? Nein.
- $(\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3)\})$? Nein.
- $G_1 = (\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2)\})$?

Beispiel

Sei $G = (\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3), (3, 2), (3, 4), (3, 5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2), (1, 2)\})$? Nein.
- $(\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2), (2, 3)\})$? Nein.
- $G_1 = (\{0, 1, 2\}, \{(0, 1), (0, 2)\})$? Ja.

Beispiel

Sei $G = (\{0,1,2,3,4,5\}, \{(0,1),(0,2),(2,3),(3,2),(3,4),(3,5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2),(1,2)\})$? Nein.
- $(\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2),(2,3)\})$? Nein.
- $G_1 = (\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2)\})$? Ja.
- $G_2 = (\{3,4,5\}, \{(3,4),(3,5)\})$?

Beispiel

Sei $G = (\{0,1,2,3,4,5\}, \{(0,1),(0,2),(2,3),(3,2),(3,4),(3,5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2),(1,2)\})$? Nein.
- $(\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2),(2,3)\})$? Nein.
- $G_1 = (\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2)\})$? Ja.
- $G_2 = (\{3,4,5\}, \{(3,4),(3,5)\})$? Ja.

Beispiel

Sei $G = (\{0,1,2,3,4,5\}, \{(0,1),(0,2),(2,3),(3,2),(3,4),(3,5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2),(1,2)\})$? Nein.
- $(\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2),(2,3)\})$? Nein.
- $G_1 = (\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2)\})$? Ja.
- $G_2 = (\{3,4,5\}, \{(3,4),(3,5)\})$? Ja.

Was fällt bei G_1 und G_2 auf?

Beispiel

Sei $G = (\{0,1,2,3,4,5\}, \{(0,1),(0,2),(2,3),(3,2),(3,4),(3,5)\})$.
Handelt es sich bei den folgenden Graphen um Teilgraphen von G?

- G? Ja.
- $(\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2),(1,2)\})$? Nein.
- $(\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2),(2,3)\})$? Nein.
- $G_1 = (\{0,1,2\}, \{(0,1),(0,2)\})$? Ja.
- $G_2 = (\{3,4,5\}, \{(3,4),(3,5)\})$? Ja.

Was fällt bei G_1 und G_2 auf? Sie sind formal verschiedene Teilgraphen, aber sehen gleich aus. (isomorphe Graphen)

Pfade

Definitionen

Pfad: $p = (v_0, v_1, ..., v_n)$ mit $\forall i \in \mathbb{G}_n : (v_i, v_{i+1}) \in E$
v_n ist von v_0 aus **erreichbar**.

Länge eines Pfades: Anzahl $|p| - 1$ der **Kanten**

Zyklus/geschlossener Pfad: $v_0 = v_n$

Einfacher Zyklus: Wiederholungsfreier Zyklus

streng zusammenhängend: $\forall x, y \in V$: Es gibt einen Pfad von x nach y.

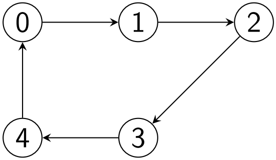
Bäume

Definition

Ein **Baum** ist ein Graph $G = (V, E)$ mit einer Wurzel $r \in V$, so dass es zu jedem Knoten $x \in V$ genau einen Pfad von r nach x gibt.

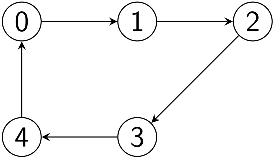
Potenzen

$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Potenzen

$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0,1), (1,2), (2,3), (3,4), (4,0)\}$)

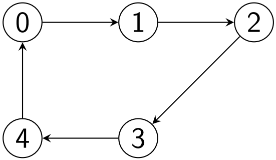


Wir betrachten E als Relation und berechnen

$E^2 =$

Potenzen

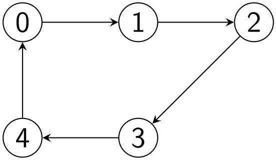
$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen $E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$

Potenzen

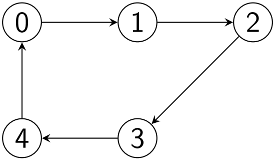
$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen
$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$
$(x, y) \in E^2 \Rightarrow$

Potenzen

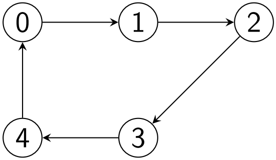
$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und
$E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen
$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$
$(x, y) \in E^2 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 2 von x nach y.

Potenzen

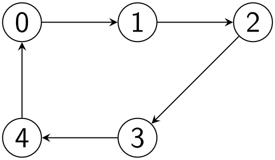
$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen
$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$
$(x, y) \in E^2 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 2 von x nach y.
$E^3 =$

Potenzen

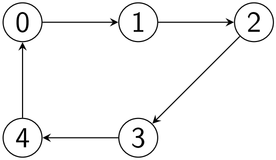
$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen
$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$
$(x, y) \in E^2 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 2 von x nach y.
$E^3 = \{(0, 3), (1, 4), (2, 0), (3, 1), (4, 2)\}$

Potenzen

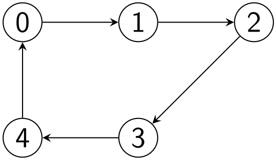
$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\}$)



Wir betrachten E als Relation und berechnen
$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$
$(x, y) \in E^2 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 2 von x nach y.
$E^3 = \{(0, 3), (1, 4), (2, 0), (3, 1), (4, 2)\}$
$(x, y) \in E^3 \Rightarrow$

Potenzen

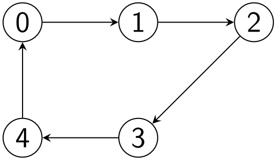
$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und
$E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen
$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$
$(x, y) \in E^2 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 2 von x nach y.
$E^3 = \{(0, 3), (1, 4), (2, 0), (3, 1), (4, 2)\}$
$(x, y) \in E^3 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 3 von x nach y.

Potenzen

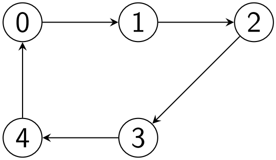
$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen
$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$
$(x, y) \in E^2 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 2 von x nach y.
$E^3 = \{(0, 3), (1, 4), (2, 0), (3, 1), (4, 2)\}$
$(x, y) \in E^3 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 3 von x nach y.
$E^* =$

Potenzen

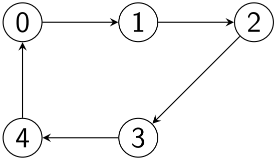
$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und
$E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen
$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$
$(x, y) \in E^2 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 2 von x nach y.
$E^3 = \{(0, 3), (1, 4), (2, 0), (3, 1), (4, 2)\}$
$(x, y) \in E^3 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 3 von x nach y.
$E^* = V \times V$

Potenzen

$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen

$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$

$(x, y) \in E^2 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 2 von x nach y.

$E^3 = \{(0, 3), (1, 4), (2, 0), (3, 1), (4, 2)\}$

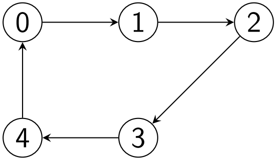
$(x, y) \in E^3 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 3 von x nach y.

$E^* = V \times V$

$(x, y) \in E^* \Rightarrow$

Potenzen

$G = (V, E)$, $V = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ und $E = \{(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 0)\})$



Wir betrachten E als Relation und berechnen
$E^2 = \{(0, 2), (1, 3), (2, 4), (3, 0), (4, 1)\}$
$(x, y) \in E^2 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 2 von x nach y.
$E^3 = \{(0, 3), (1, 4), (2, 0), (3, 1), (4, 2)\}$
$(x, y) \in E^3 \Rightarrow \exists$ Pfad der Länge 3 von x nach y.
$E^* = V \times V$
$(x, y) \in E^* \Rightarrow \exists$ Pfad von x nach y.

Ungerichtete Graphen

Definition

ungerichteter Graph $U = (V, E)$ mit nichtleerer Knotenmenge V und Kantenmenge $E \subseteq \{\{x, y\} \mid x \in V \wedge y \in V\}$

Ungerichtete Graphen

Definition

ungerichteter Graph $U = (V, E)$ mit nichtleerer Knotenmenge V und Kantenmenge $E \subseteq \{\{x, y\} \mid x \in V \wedge y \in V\}$

Wie unterscheidet sich das von gerichteten Graphen?

Ungerichtete Graphen

Definition

ungerichteter Graph $U = (V, E)$ mit nichtleerer Knotenmenge V und Kantenmenge $E \subseteq \{\{x, y\} \mid x \in V \land y \in V\}$

Wie unterscheidet sich das von gerichteten Graphen?

- Für $x \neq y$ ist $\{x, y\}$ eine zweielementige Menge ohne Festlegung der Reihenfolge.

Ungerichtete Graphen

Definition

ungerichteter Graph $U = (V, E)$ mit nichtleerer Knotenmenge V und Kantenmenge $E \subseteq \{\{x, y\} \mid x \in V \wedge y \in V\}$

Wie unterscheidet sich das von gerichteten Graphen?

- Für $x \neq y$ ist $\{x, y\}$ eine zweielementige Menge ohne Festlegung der Reihenfolge.
- Für $x = y$ ist $\{x, y\} = \{x\}$ eine elementige Menge.

Ungerichtete Graphen

- Wie viele Kanten kann ein ungerichteter Graph mit n Knoten maximal haben, wenn er schlingenfrei ist?

Ungerichtete Graphen

- Wie viele Kanten kann ein ungerichteter Graph mit n Knoten maximal haben, wenn er schlingenfrei ist? $n(n-1)/2$
- Und wenn er Schlingen haben darf?

Ungerichtete Graphen

- Wie viele Kanten kann ein ungerichteter Graph mit n Knoten maximal haben, wenn er schlingenfrei ist? $n(n-1)/2$
- Und wenn er Schlingen haben darf? $n(n+1)/2$

Ungerichtete Graphen

- Wie viele Kanten kann ein ungerichteter Graph mit n Knoten maximal haben, wenn er schlingenfrei ist? $n(n-1)/2$
- Und wenn er Schlingen haben darf? $n(n+1)/2$

Äquivalenzrelationen

Definitionen

Sei $R \subseteq M \times M$.

Reflexiv: $I_M \subseteq R$

Symmetrisch: $\forall x, y \in M : (x, y) \in R \Rightarrow (y, x) \in R$

Transitiv: $\forall x, y, z \in M : xRy \wedge yRz \Rightarrow xRz$

Äquivalenzrelation: reflexive, transitive und symmetrische Relation

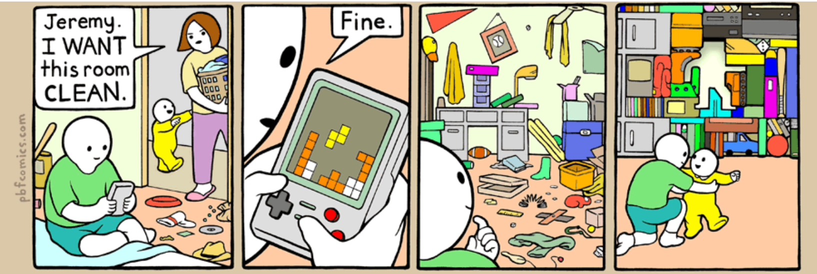
Übertragen auf Graphen:

Reflexiv: Schlingen an allen Knoten

Symmetrisch: Zu jedem Pfeil hin auch der zurück

Transitiv: Wenn ein Pfad von x nach y existiert, dann auch eine direkte Kante

Überblick


Jeremy. I WANT this room CLEAN.
Fine.
pbfcomics.com