

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

# Data Mining Tutorial

## Outlier Detection

Erich Schubert, Arthur Zimek

Ludwig-Maximilians-Universität München

2013-06-07 — KDD Übung

# Distanzbasierte Ausreißer

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Distanzbasierte Ausreißer:  
“Ausreißer sind weiter weg von den anderen Daten”

- ▶ Distanz zum nächsten Nachbarn



# Distanzbasierte Ausreißer

Data Mining  
Tutorial

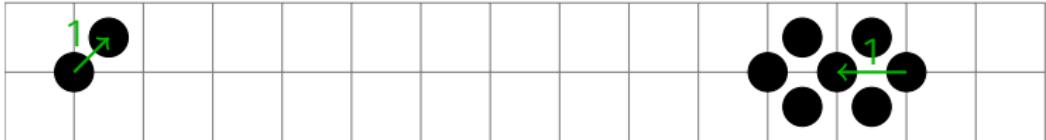
E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Distanzbasierte Ausreißer:  
“Ausreißer sind weiter weg von den anderen Daten”

- ▶ Distanz zum nächsten Nachbarn  
⇒ übersieht Ausreißer-Paare



# Distanzbasierte Ausreißer

Data Mining  
Tutorial

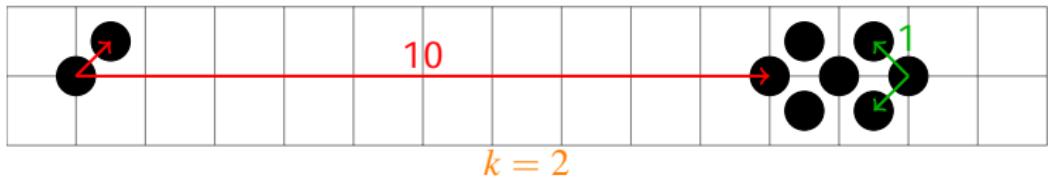
E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Distanzbasierte Ausreißer:  
“Ausreißer sind weiter weg von den anderen Daten”

- ▶ Distanz zum  $k$  nächsten Nachbarn



# Distanzbasierte Ausreißer

Data Mining  
Tutorial

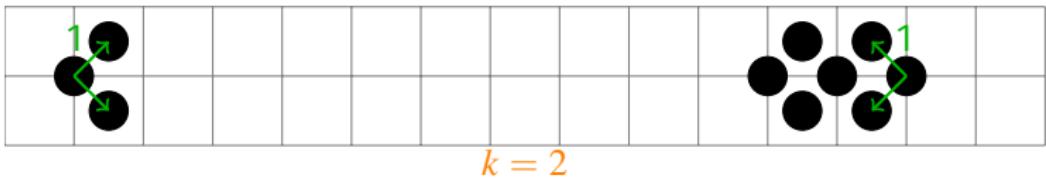
E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Distanzbasierte Ausreißer:  
“Ausreißer sind weiter weg von den anderen Daten”

- ▶ Distanz zum  $k$  nächsten Nachbarn



# Distanzbasierte Ausreißer

Data Mining  
Tutorial

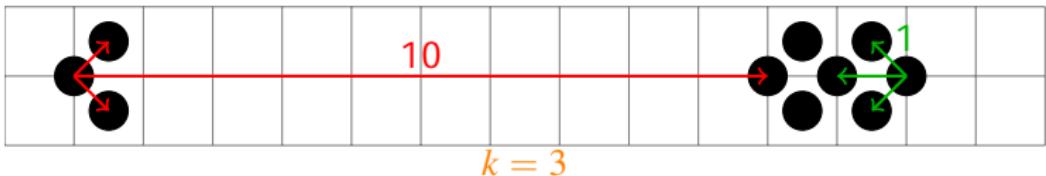
E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Distanzbasierte Ausreißer:  
“Ausreißer sind weiter weg von den anderen Daten”

- Distanz zum  $k$  nächsten Nachbarn  
 $\Rightarrow$  Micro-Cluster ( $|C| < k + 1$ ) werden Ausreißer



# Distanzbasierte Ausreißer

Data Mining  
Tutorial

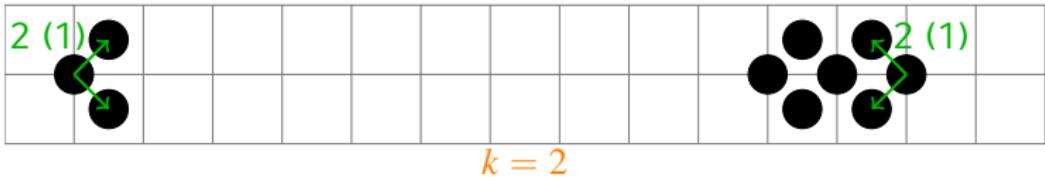
E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Distanzbasierte Ausreißer:  
“Ausreißer sind weiter weg von den anderen Daten”

- ▶ Summe der Distanzen zu den  $k$  nächsten Nachbarn  
Etwas robuster bzgl.  $k$  und Micro-Clustern



# Distanzbasierte Ausreißer

Data Mining  
Tutorial

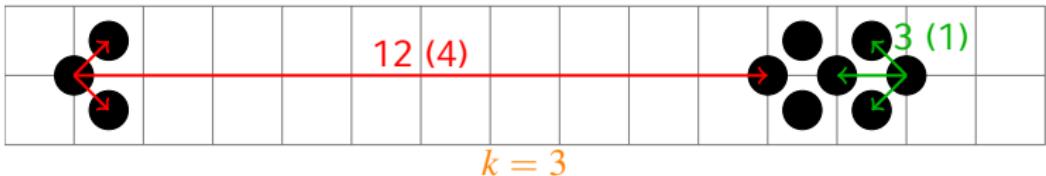
E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Distanzbasierte Ausreißer:  
“Ausreißer sind weiter weg von den anderen Daten”

- ▶ Summe der Distanzen zu den  $k$  nächsten Nachbarn



# Distanzbasierte Ausreißer

Data Mining  
Tutorial

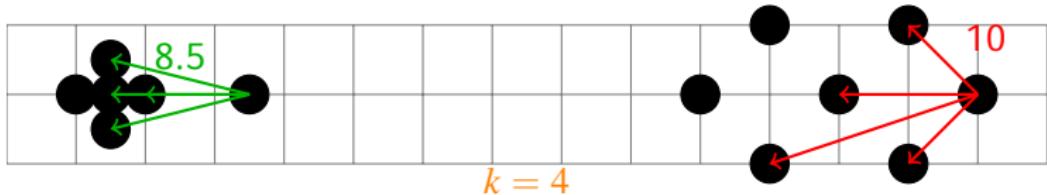
E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Distanzbasierte Ausreißer:  
“Ausreißer sind weiter weg von den anderen Daten”

- ▶ Summe der Distanzen zu den  $k$  nächsten Nachbarn  
⇒ Kann aber nicht gut mit unterschiedlichen Dichten umgehen!



# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Idee: Ein Ausreißer ist weniger dicht als seine Nachbarn

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Idee: Ein Ausreißer ist weniger dicht als seine Nachbarn  
Dichteschätzung basierend auf den Ideen der  
Clusteringalgorithmen OPTICS und DBSCAN:  
“Wann wäre ein Objekt  $p$  im  $\text{minPts}$ -Kern von  $o$ ?“

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Idee: Ein Ausreißer ist weniger dicht als seine Nachbarn  
Dichteschätzung basierend auf den Ideen der  
Clusteringalgorithmen OPTICS und DBSCAN:  
“Wann wäre ein Objekt  $p$  im  $\text{minPts}$ -Kern von  $o$ ?“

$$\text{reach-dist}_k(p, o) = \max\{\text{k-distance}(o), \text{dist}(o, p)\}$$

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Idee: Ein Ausreißer ist weniger dicht als seine Nachbarn  
Dichteschätzung basierend auf den Ideen der  
Clusteringalgorithmen OPTICS und DBSCAN:  
“Wann wäre ein Objekt  $p$  im  $\text{minPts}$ -Kern von  $o$ ?“

$$\text{reach-dist}_k(p, o) = \max \underbrace{\{k\text{-distance}(o), \text{dist}(o, p)\}}_{k\text{NN outlier!}}$$

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Idee: Ein Ausreißer ist weniger dicht als seine Nachbarn  
Dichteschätzung basierend auf den Ideen der  
Clusteringalgorithmen OPTICS und DBSCAN:  
“Wann wäre ein Objekt  $p$  im  $\text{minPts}$ -Kern von  $o$ ?“

$$\text{reach-dist}_k(p \leftarrow o) = \max\{\text{k-distance}(o), \text{dist}(o, p)\}$$

Vorsicht: diese “Distanz” ist nicht symmetrisch!  
Sie hängt von der Kerngröße des anderen Objekts  $o$  ab.  
Ich bevorzuge die Notation “ $p$  erreichbar von  $o$ “:

$$\text{reach-dist}_k(p \leftarrow o)$$

um das zu betonen.

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Idee: Ein Ausreißer ist weniger dicht als seine Nachbarn  
Dichteschätzung basierend auf den Ideen der  
Clusteringalgorithmen OPTICS und DBSCAN:  
“Wann wäre ein Objekt  $p$  im  $\text{minPts}$ -Kern von  $o$ ?“

$$\text{reach-dist}_k(p \leftarrow o) = \max\{\text{k-distance}(o), \text{dist}(o, p)\}$$

Lokale Erreichbarkeitsdichte

$$\text{lrd}_k(p) = 1 / \left( \frac{\sum_{o \in \mathcal{N}} \text{reach-dist}_k(p \leftarrow o)}{|\mathcal{N}|} \right)$$

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Idee: Ein Ausreißer ist weniger dicht als seine Nachbarn  
Dichteschätzung basierend auf den Ideen der  
Clusteringalgorithmen OPTICS und DBSCAN:  
“Wann wäre ein Objekt  $p$  im  $\text{minPts}$ -Kern von  $o$ ?“

$$\text{reach-dist}_k(p \leftarrow o) = \max\{\text{k-distance}(o), \text{dist}(o, p)\}$$

Lokale Erreichbarkeitsdichte

$$\text{lrd}_k(p) = 1 / \left( \frac{1}{|\mathcal{N}|} \sum_{o \in \mathcal{N}} \text{reach-dist}_k(p \leftarrow o) \right)$$

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Idee: Ein Ausreißer ist weniger dicht als seine Nachbarn  
Dichteschätzung basierend auf den Ideen der  
Clusteringalgorithmen OPTICS und DBSCAN:  
“Wann wäre ein Objekt  $p$  im  $\text{minPts}$ -Kern von  $o$ ?“

$$\text{reach-dist}_k(p \leftarrow o) = \max\{\text{k-distance}(o), \text{dist}(o, p)\}$$

Lokale Erreichbarkeitsdichte

$$\text{Ird}_k(p) = \underbrace{1}_{\text{Kehrwert}} \Bigg/ \underbrace{\left( \frac{1}{|\mathcal{N}|} \sum_{o \in \mathcal{N}} \underbrace{\text{reach-dist}_k(p \leftarrow o)}_{\text{Erreichbarkeit von den Nachbarn}} \right)}$$

Vorsicht: Division durch 0 (aber nicht bei Ausreißern!)

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

$$LOF(p) = \frac{\sum_{o \in \mathcal{N}} \text{lrd}_k(o)}{|\mathcal{N}|}$$

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

$$LOF(p) = \frac{1}{|\mathcal{N}|} \sum_{o \in \mathcal{N}} \frac{lrd_k(o)}{lrd_k(p)}$$

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

$$LOF(p) = \underbrace{\frac{1}{|\mathcal{N}|} \sum_{o \in \mathcal{N}}}_{\text{Mittlere}} \underbrace{\frac{lrd_k(o)}{lrd_k(p)}}_{\text{relative Dichte (der Nachbarn!)}}$$

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

$$LOF(p) = \underbrace{\frac{1}{|\mathcal{N}|} \sum_{o \in \mathcal{N}}}_{\text{Mittlere}} \underbrace{\frac{lrd_k(o)}{lrd_k(p)}}_{\text{relative Dichte (der Nachbarn!)}}$$

- $p$  gleich dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte = 1

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

$$LOF(p) = \underbrace{\frac{1}{|\mathcal{N}|} \sum_{o \in \mathcal{N}}}_{\text{Mittlere}} \underbrace{\frac{lrd_k(o)}{lrd_k(p)}}_{\text{relative Dichte (der Nachbarn!)}}$$

- ▶  $p$  gleich dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte = 1
- ▶  $p$  ähnlich dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte  $\approx 1$

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

$$LOF(p) = \underbrace{\frac{1}{|\mathcal{N}|} \sum_{o \in \mathcal{N}}}_{\text{Mittlere}} \underbrace{\frac{lrd_k(o)}{lrd_k(p)}}_{\text{relative Dichte (der Nachbarn!)}}$$

- ▶  $p$  gleich dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte = 1
- ▶  $p$  ähnlich dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte  $\approx 1$
- ▶  $p$  weniger dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte  $> 1$

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

$$LOF(p) = \underbrace{\frac{1}{|\mathcal{N}|} \sum_{o \in \mathcal{N}}}_{\text{Mittlere}} \underbrace{\frac{lrd_k(o)}{lrd_k(p)}}_{\text{relative Dichte (der Nachbarn!)}}$$

- ▶  $p$  gleich dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte = 1
- ▶  $p$  ähnlich dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte  $\approx 1$
- ▶  $p$  weniger dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte  $> 1$
- ▶  $LOF(p) \gg 1$  für Ausreißer!

# Local Outlier Factor

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

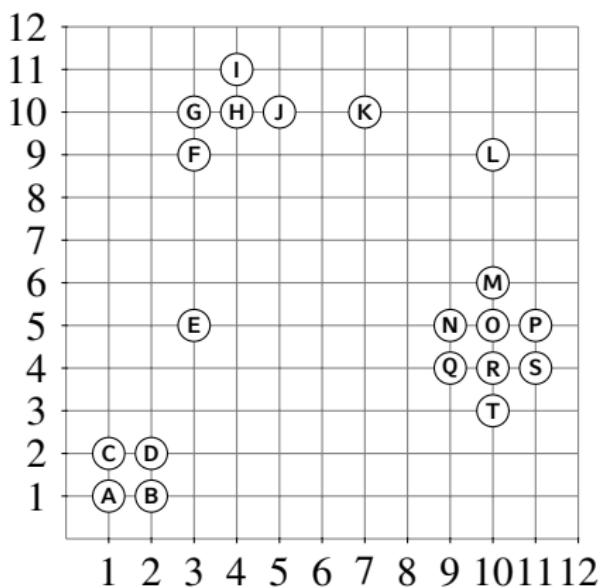
$$LOF(p) = \underbrace{\frac{1}{|\mathcal{N}|} \sum_{o \in \mathcal{N}}}_{\text{Mittlere}} \underbrace{\frac{lrd_k(o)}{lrd_k(p)}}_{\text{relative Dichte (der Nachbarn!)}}$$

- ▶  $p$  gleich dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte = 1
- ▶  $p$  ähnlich dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte  $\approx 1$
- ▶  $p$  weniger dicht  $\Leftrightarrow$  relative Dichte  $> 1$
- ▶  $LOF(p) \gg 1$  für Ausreißer!

**Hinweis:** Dichte im Sinne von OPTICS/DBSCAN!  
Die Erreichbarkeitsdistanz ( $lrd$ ) wird oft übersehen!

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

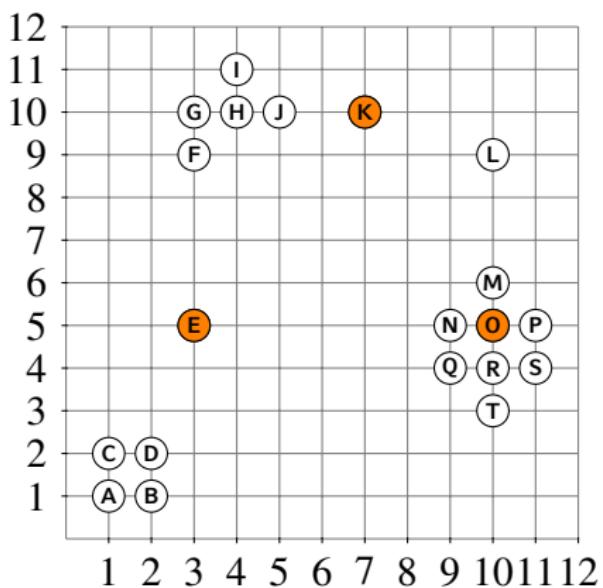
Aufgabe 6-1



	2NN	2d. 4NN	4d.
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			
J			
K			
L			
M			
N			
O			
P			
Q			
R			
S			
T			

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

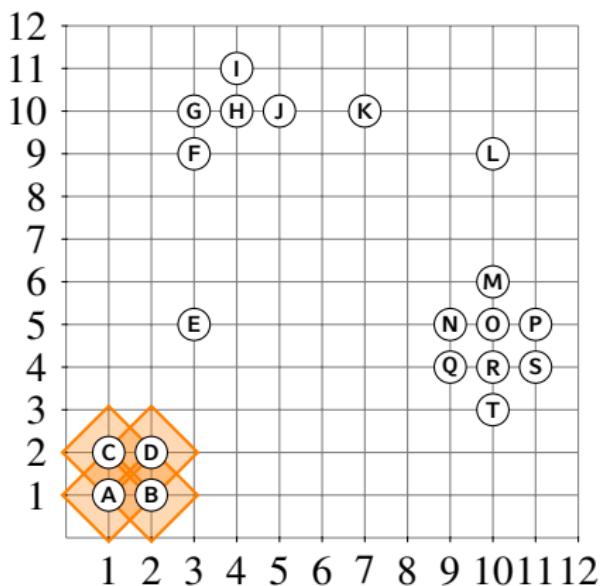
Aufgabe 6-1



	2NN	2d. 4NN	4d.
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			
J			
K			
L			
M			
N			
O			
P			
Q			
R			
S			
T			

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

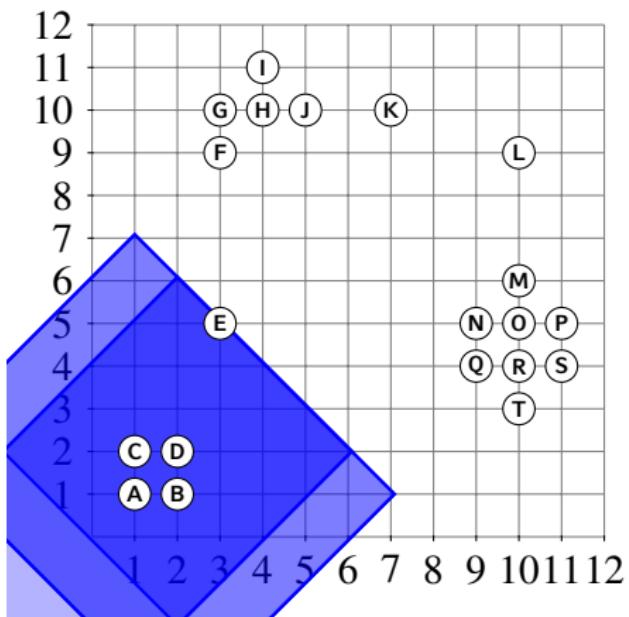
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C		1	
B	A D		1	
C	A D		1	
D	B C		1	
E				
F				
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

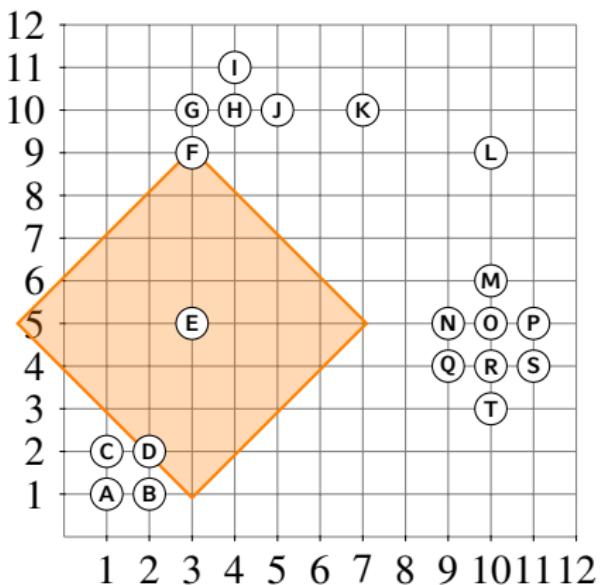
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E				
F				
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

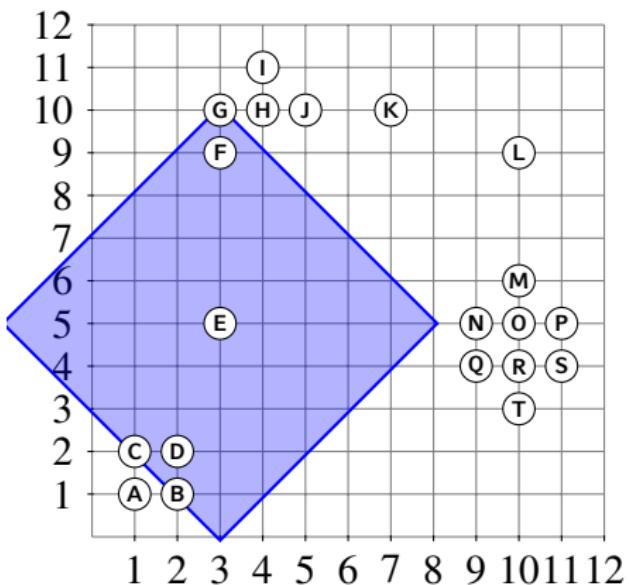
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4		
F				
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

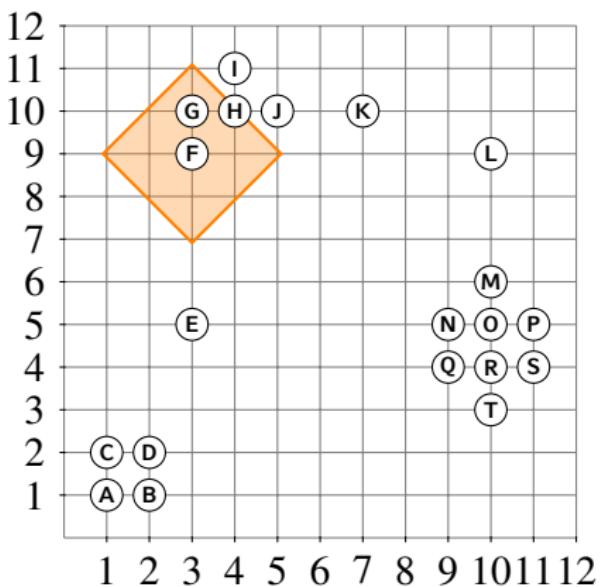
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F				
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

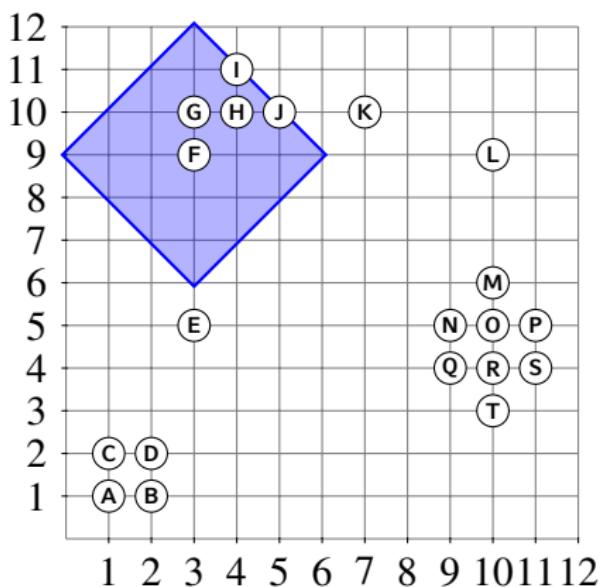
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2		
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

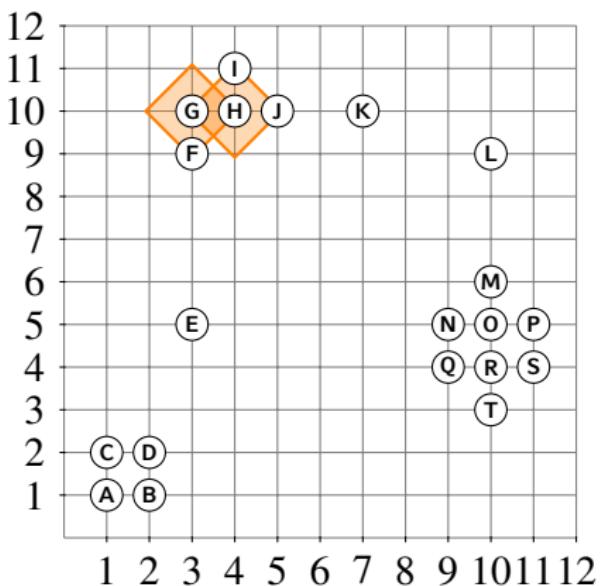
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

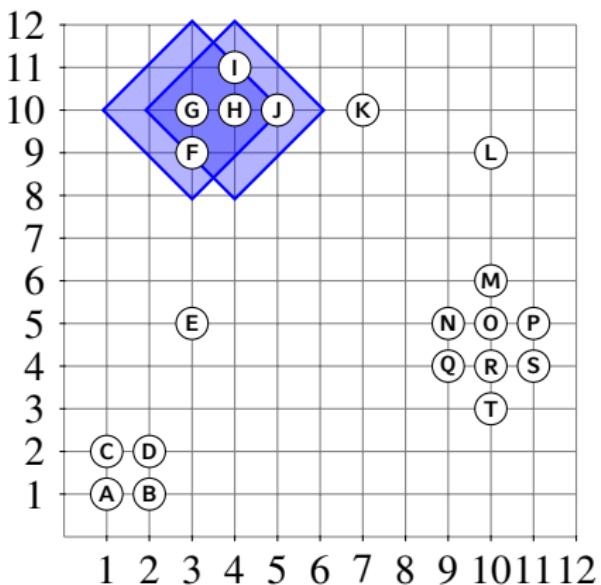
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1		
H	G I J	1		
I				
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

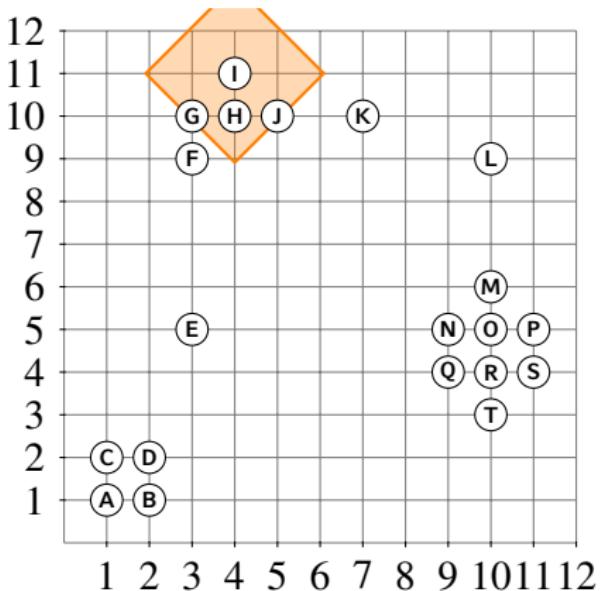
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I				
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

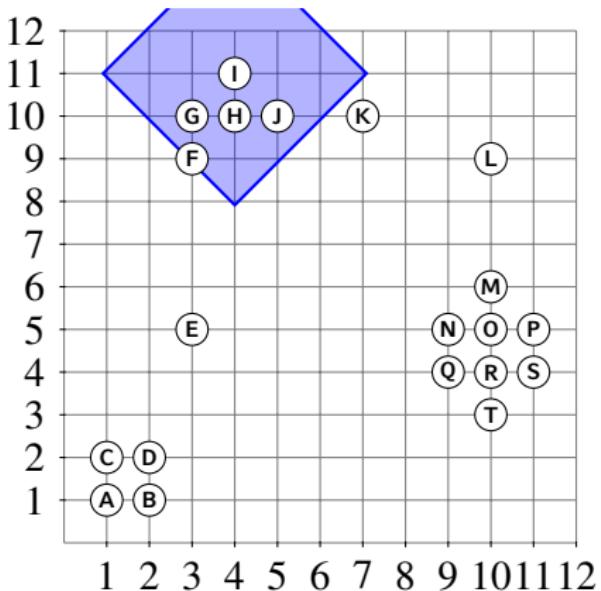
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2		
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

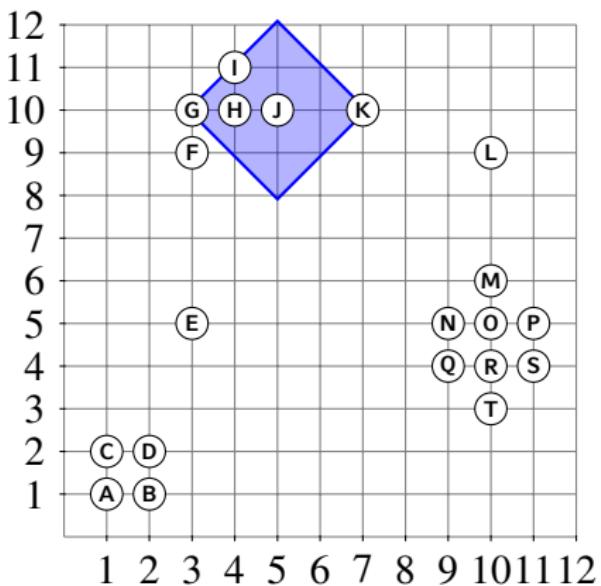
Aufgabe 6-1



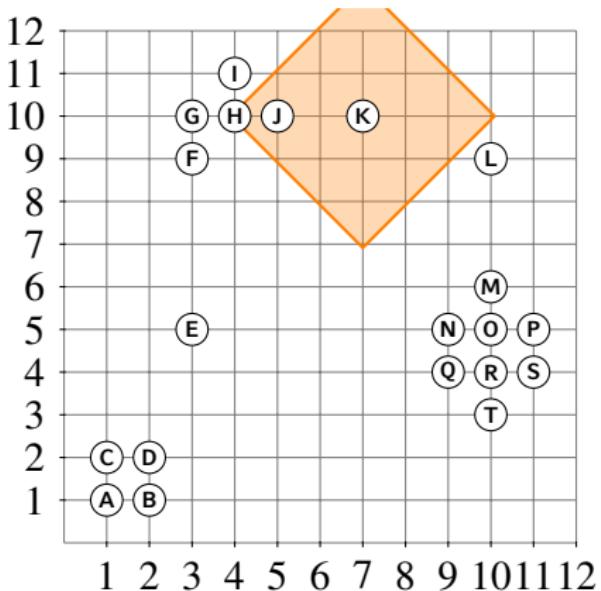
	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J				
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1



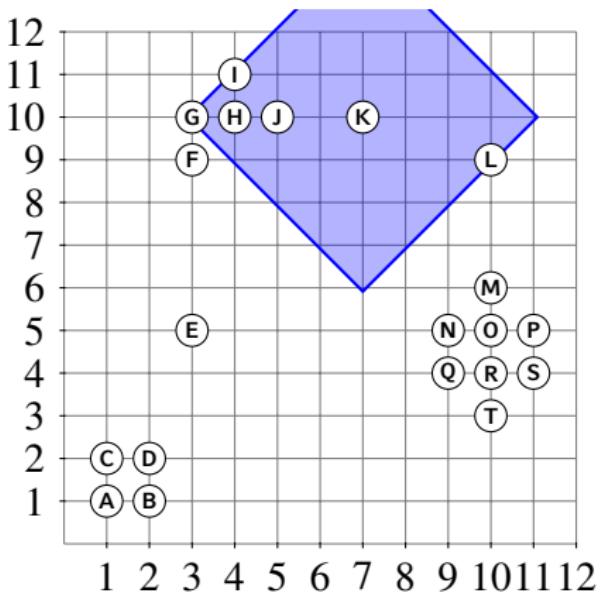
	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K				
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3		
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

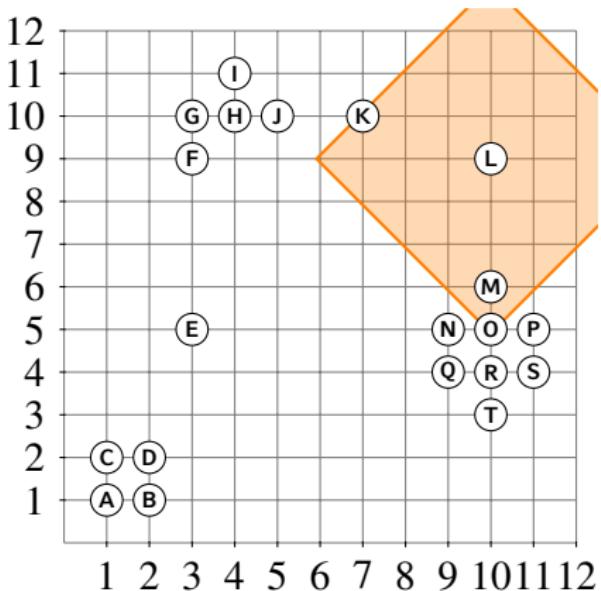
Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L				
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

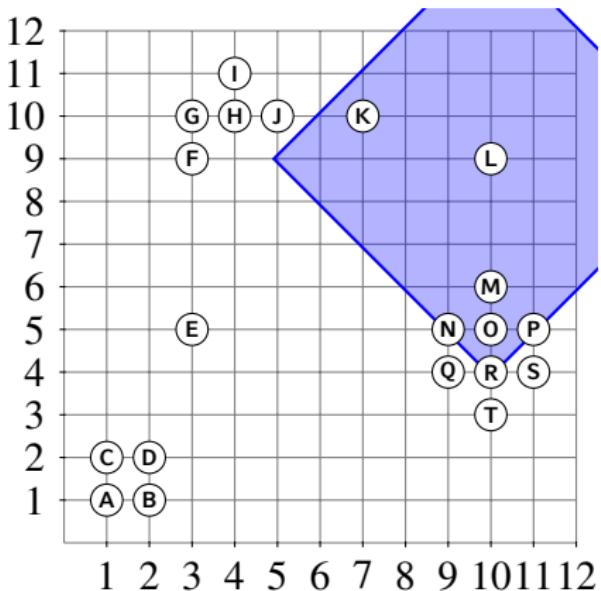


	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L	K M O	4		
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

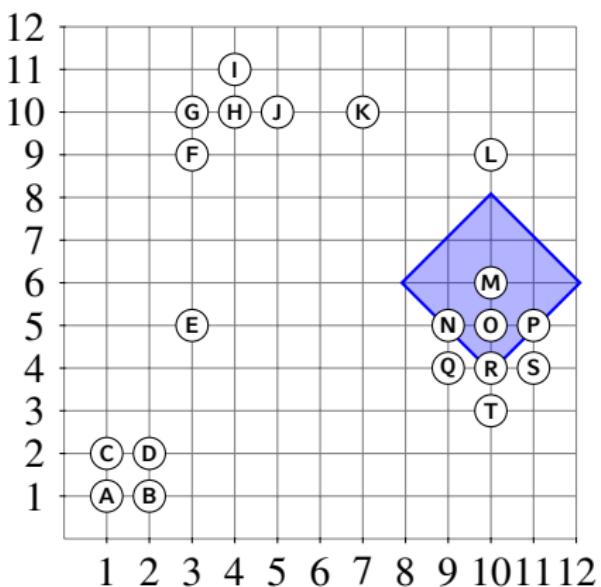


	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L	K M O	4	K M N O P R	5
M				
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

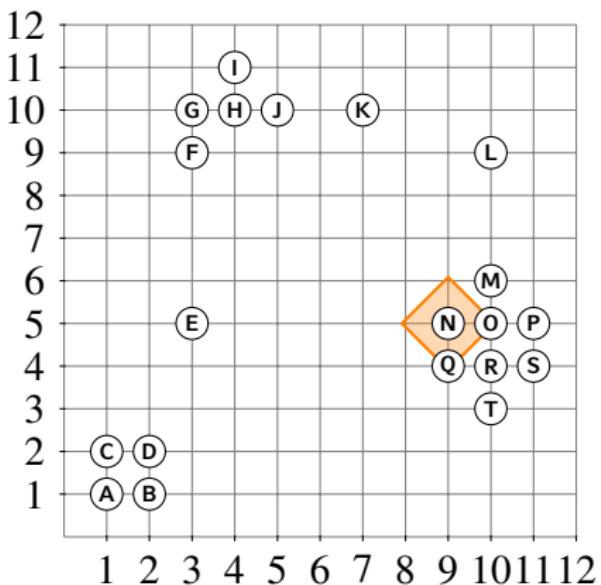


	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L	K M O	4	K M N O P R	5
M	N O P R	2	N O P R	2
N				
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

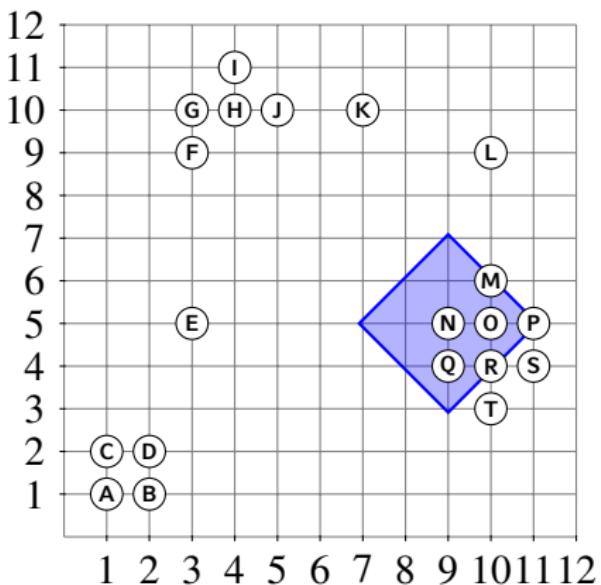


	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L	K M O	4	K M N O P R	5
M	N O P R	2	N O P R	2
N	O Q	1		
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

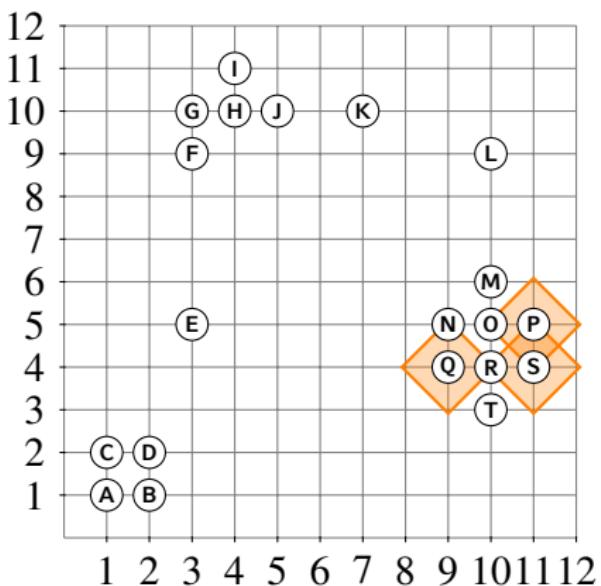


	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L	K M O	4	K M N O P R	5
M	N O P R	2	N O P R	2
N	O Q	1	M O P Q R	2
O				
P				
Q				
R				
S				
T				

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

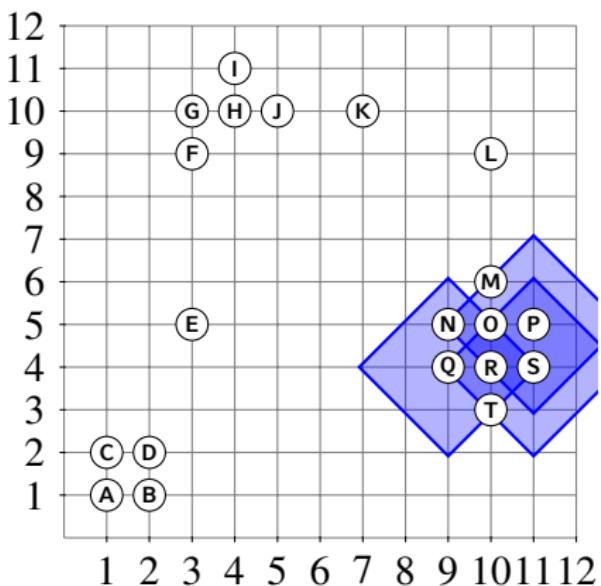


	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L	K M O	4	K M N O P R	5
M	N O P R	2	N O P R	2
N	O Q	1	M O P Q R	2
O				
P	O S	1		
Q	N R	1		
R				
S	P R	1		
T				

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

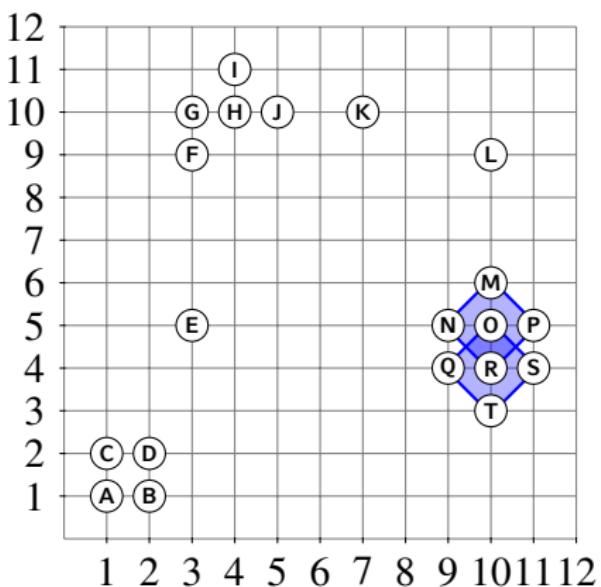


	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L	K M O	4	K M N O P R	5
M	N O P R	2	N O P R	2
N	O Q	1	M O P Q R	2
O				
P	O S	1	M N O R S	2
Q	N R	1	N O R S T	2
R				
S	P R	1	O P Q R T	2
T				

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

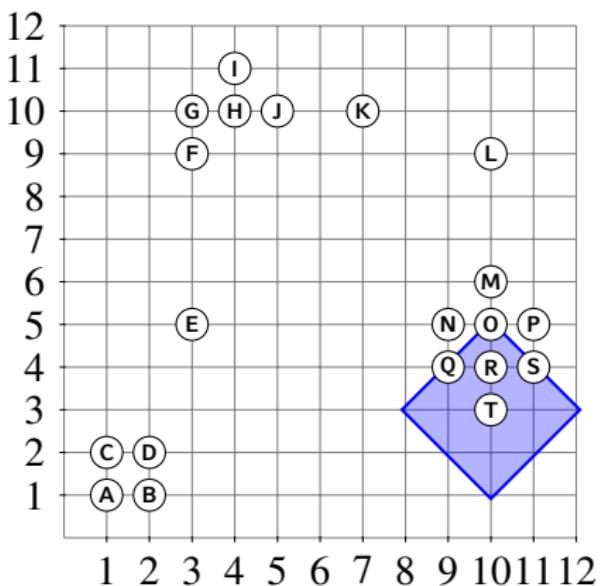


	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L	K M O	4	K M N O P R	5
M	N O P R	2	N O P R	2
N	O Q	1	M O P Q R	2
O	M N P R	1	M N P R	1
P	O S	1	M N O R S	2
Q	N R	1	N O R S T	2
R	O Q S T	1	O Q S T	1
S	P R	1	O P Q R T	2
T				

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1



	2NN	2d.	4NN	4d.
A	B C	1	B C D E	6
B	A D	1	A C D E	5
C	A D	1	A B D E	5
D	B C	1	A B C E	4
E	D F	4	B C D F G	5
F	G H	2	G H I J	3
G	F H	1	F H I J	2
H	G I J	1	F G I J	2
I	G H J	2	F G H J	3
J	G H I K	2	G H I K	2
K	H J	3	G H I J L	4
L	K M O	4	K M N O P R	5
M	N O P R	2	N O P R	2
N	O Q	1	M O P Q R	2
O	M N P R	1	M N P R	1
P	O S	1	M N O R S	2
Q	N R	1	N O R S T	2
R	O Q S T	1	O Q S T	1
S	P R	1	O P Q R T	2
T	O Q R S	2	O Q R S	2

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	-
C	A D	1	A B D E	5	-	-
D	B C	1	A B C E	4	-	-
E	D F	4	B C D F G	5	-	-
F	G H	2	G H I J	3	-	-
G	F H	1	F H I J	2	-	-
H	G I J	1	F G I J	2	-	-
I	G H J	2	F G H J	3	-	-
J	G H I K	2	G H I K	2	-	-
K	H J	3	G H I J L	4	-	-
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	-
M	N O P R	2	N O P R	2	-	-
N	O Q	1	M O P Q R	2	-	-
O	M N P R	1	M N P R	1	-	-
P	O S	1	M N O R S	2	-	-
Q	N R	1	N O R S T	2	-	-
R	O Q S T	1	O Q S T	1	-	-
S	P R	1	O P Q R T	2	-	-
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	-
C	A D	1	A B D E	5	-	-
D	B C	1	A B C E	4		
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4+4)$	
F	G H	2	G H I J	3		
G	F H	1	F H I J	2	-	
H	G I J	1	F G I J	2		
I	G H J	2	F G H J	3	-	
J	G H I K	2	G H I K	2		
K	H J	3	G H I J L	4		
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	
M	N O P R	2	N O P R	2		
N	O Q	1	M O P Q R	2		
O	M N P R	1	M N P R	1		
P	O S	1	M N O R S	2		
Q	N R	1	N O R S T	2	-	
R	O Q S T	1	O Q S T	1		
S	P R	1	O P Q R T	2	-	
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	-	-
C A D	1	A B D E	5	-	-	-
D B C	1	A B C E	4	-	-	-
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4+4)$	$5/(5+5+4+4+5)$	-
F G H	2	G H I J	3	-	-	-
G F H	1	F H I J	2	-	-	-
H G I J	1	F G I J	2	-	-	-
I G H J	2	F G H J	3	-	-	-
J G H I K	2	G H I K	2	-	-	-
K H J	3	G H I J L	4	-	-	-
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	-	-
C A D	1	A B D E	5	-	-	-
D B C	1	A B C E	4	$2/(1+1)$	-	-
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4+4)$	$5/(5+5+4+4+5)$	-
F G H	2	G H I J	3	-	-	-
G F H	1	F H I J	2	-	-	-
H G I J	1	F G I J	2	-	-	-
I G H J	2	F G H J	3	-	-	-
J G H I K	2	G H I K	2	-	-	-
K H J	3	G H I J L	4	-	-	-
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	-	-
C A D	1	A B D E	5	-	-	-
D B C	1	A B C E	4	$2/(1+1)$	$4/(6+5+5+5)$	$5/(5+5+4+4+5)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4+4)$		
F G H	2	G H I J	3			
G F H	1	F H I J	2	-		
H G I J	1	F G I J	2			
I G H J	2	F G H J	3	-		
J G H I K	2	G H I K	2			
K H J	3	G H I J L	4			
L K M O	4	K M N O P R	5	-		
M N O P R	2	N O P R	2			
N O Q	1	M O P Q R	2			
O M N P R	1	M N P R	1			
P O S	1	M N O R S	2			
Q N R	1	N O R S T	2	-		
R O Q S T	1	O Q S T	1			
S P R	1	O P Q R T	2	-		
T O Q R S	2	O Q R S	2	-		

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	-	-
C A D	1	A B D E	5	-	-	-
D B C	1	A B C E	4	$2/(1+1)$	$4/(6+5+5+5)$	$5/(5+5+4+4+5)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4+4)$		
F G H	2	G H I J	3	$2/(1+2)$		
G F H	1	F H I J	2	-		
H G I J	1	F G I J	2	-		
I G H J	2	F G H J	3	-		
J G H I K	2	G H I K	2	-		
K H J	3	G H I J L	4	-		
L K M O	4	K M N O P R	5	-		
M N O P R	2	N O P R	2	-		
N O Q	1	M O P Q R	2	-		
O M N P R	1	M N P R	1	-		
P O S	1	M N O R S	2	-		
Q N R	1	N O R S T	2	-		
R O Q S T	1	O Q S T	1	-		
S P R	1	O P Q R T	2	-		
T O Q R S	2	O Q R S	2	-		

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	-
C	A D	1	A B D E	5	-	-
D	B C	1	A B C E	4	$2/(1+1)$	$4/(6+5+5+5)$
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4+4)$	$5/(5+5+4+4+5)$
F	G H	2	G H I J	3	$2/(1+2)$	$4/(2+2+3+3)$
G	F H	1	F H I J	2	-	-
H	G I J	1	F G I J	2	-	-
I	G H J	2	F G H J	3	-	-
J	G H I K	2	G H I K	2	-	-
K	H J	3	G H I J L	4	-	-
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	-
M	N O P R	2	N O P R	2	-	-
N	O Q	1	M O P Q R	2	-	-
O	M N P R	1	M N P R	1	-	-
P	O S	1	M N O R S	2	-	-
Q	N R	1	N O R S T	2	-	-
R	O Q S T	1	O Q S T	1	-	-
S	P R	1	O P Q R T	2	-	-
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C	A D	1	A B D E	5	-	
D	B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$
F	G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
G	F H	1	F H I J	2	-	
H	G I J	1	F G I J	2		
I	G H J	2	F G H J	3	-	
J	G H I K	2	G H I K	2		
K	H J	3	G H I J L	4		
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	
M	N O P R	2	N O P R	2		
N	O Q	1	M O P Q R	2		
O	M N P R	1	M N P R	1		
P	O S	1	M N O R S	2		
Q	N R	1	N O R S T	2	-	
R	O Q S T	1	O Q S T	1		
S	P R	1	O P Q R T	2	-	
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C	A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D	B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$
F	G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
G	F H	1	F H I J	2	-	
H	G I J	1	F G I J	2		
I	G H J	2	F G H J	3	-	
J	G H I K	2	G H I K	2		
K	H J	3	G H I J L	4		
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	
M	N O P R	2	N O P R	2		
N	O Q	1	M O P Q R	2		
O	M N P R	1	M N P R	1		
P	O S	1	M N O R S	2		
Q	N R	1	N O R S T	2	-	
R	O Q S T	1	O Q S T	1		
S	P R	1	O P Q R T	2	-	
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	-	-
G F H	1	F H I J	2	-	-	-
H G I J	1	F G I J	2	-	-	-
I G H J	2	F G H J	3	-	-	-
J G H I K	2	G H I K	2	-	-	-
K H J	3	G H I J L	4	-	-	-
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	-	-
G F H	1	F H I J	2	-	-	-
H G I J	1	F G I J	2	-	-	-
I G H J	2	F G H J	3	-	-	-
J G H I K	2	G H I K	2	-	-	-
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	-	-
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 4 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	-	-
G F H	1	F H I J	2	-	-	-
H G I J	1	F G I J	2	-	-	-
I G H J	2	F G H J	3	-	-	-
J G H I K	2	G H I K	2	-	-	-
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5 + 5)$
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 4 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
G F H	1	F H I J	2	-	-	-
H G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	-	-
I G H J	2	F G H J	3	-	-	-
J G H I K	2	G H I K	2	-	-	-
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 4 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
G F H	1	F H I J	2	-	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
H G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
I G H J	2	F G H J	3	-	-	-
J G H I K	2	G H I K	2	-	-	-
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	-	-
G F H	1	F H I J	2	-	-	-
H G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	-	-
I G H J	2	F G H J	3	-	-	-
J G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	-	-
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 2)$
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$	$4/(2 + 2 + 3 + 2)$
G F H	1	F H I J	2	-	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
H G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
I G H J	2	F G H J	3	-	-	-
J G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	-	-
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	-	-
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
G F H	1	F H I J	2	-	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
H G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	-	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
I G H J	2	F G H J	3	-	-	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
J G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	-	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	-	-
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	-	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C	A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D	B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$
F	G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
G	F H	1	F H I J	2	-	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
H	G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
I	G H J	2	F G H J	3	-	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
J	G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
K	H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$
M	N O P R	2	N O P R	2		
N	O Q	1	M O P Q R	2		
O	M N P R	1	M N P R	1		
P	O S	1	M N O R S	2		
Q	N R	1	N O R S T	2	-	-
R	O Q S T	1	O Q S T	1	-	-
S	P R	1	O P Q R T	2	-	-
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
G F H	1	F H I J	2	-	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
H G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
I G H J	2	F G H J	3	-	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
J G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	-	-
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	-	-	-
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C	A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D	B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$
F	G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
G	F H	1	F H I J	2	-	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
H	G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
I	G H J	2	F G H J	3	-	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
J	G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
K	H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$
M	N O P R	2	N O P R	2		
N	O Q	1	M O P Q R	2		
O	M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
P	O S	1	M N O R S	2		
Q	N R	1	N O R S T	2	-	-
R	O Q S T	1	O Q S T	1		
S	P R	1	O P Q R T	2	-	-
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C	A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D	B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$
F	G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
G	F H	1	F H I J	2	-	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
H	G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
I	G H J	2	F G H J	3	-	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
J	G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
K	H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$
M	N O P R	2	N O P R	2	$4/(2 + 2 + 1 + 2)$	
N	O Q	1	M O P Q R	2		
O	M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
P	O S	1	M N O R S	2		
Q	N R	1	N O R S T	2	-	
R	O Q S T	1	O Q S T	1		
S	P R	1	O P Q R T	2	-	
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
G F H	1	F H I J	2	-	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$
H G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
I G H J	2	F G H J	3	-	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
J G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$
L K M O	4	K M N O P R	5	-	$4/(2 + 1 + 2 + 2)$	$4/(2 + 1 + 2 + 2)$
M N O P R	2	N O P R	2	$4/(2 + 2 + 1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
N O Q	1	M O P Q R	2	-	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
G F H	1	F H I J	2	-	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
H G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
I G H J	2	F G H J	3	-	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$
J G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$4/(2 + 1 + 2 + 2)$	$4/(2 + 1 + 2 + 2)$
L K M O	4	K M N O P R	5	-	-	-
M N O P R	2	N O P R	2	$4/(2 + 2 + 1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
N O Q	1	M O P Q R	2	$2/(1 + 1)$	-	-
O M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	-	-
P O S	1	M N O R S	2	-	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C	A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D	B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$
F	G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
G	F H	1	F H I J	2	-	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
H	G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
I	G H J	2	F G H J	3	-	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
J	G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
K	H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$
M	N O P R	2	N O P R	2	$4/(2 + 2 + 1 + 2)$	$4/(2 + 1 + 2 + 2)$
N	O Q	1	M O P Q R	2	$2/(1 + 1)$	$5/(2 + 1 + 2 + 2 + 2)$
O	M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
P	O S	1	M N O R S	2		
Q	N R	1	N O R S T	2	-	
R	O Q S T	1	O Q S T	1		
S	P R	1	O P Q R T	2	-	
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C	A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D	B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$
F	G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
G	F H	1	F H I J	2	-	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
H	G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
I	G H J	2	F G H J	3	-	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
J	G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
K	H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$
M	N O P R	2	N O P R	2	$4/(2 + 2 + 1 + 2)$	$4/(2 + 1 + 2 + 2)$
N	O Q	1	M O P Q R	2	$2/(1 + 1)$	$5/(2 + 1 + 2 + 2 + 2)$
O	M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
P	O S	1	M N O R S	2	$2/(1 + 1)$	-
Q	N R	1	N O R S T	2	-	-
R	O Q S T	1	O Q S T	1	-	-
S	P R	1	O P Q R T	2	-	-
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	-

## LOF und kNN

Data Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A   B C	1	B C D E	6	-	-	-
B   A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C   A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
D   B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
E   D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
F   G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
G   F H	1	F H I J	2	-	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$
H   G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
I   G H J	2	F G H J	3	-	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
J   G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$
K   H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(2 + 1 + 2 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
L   K M O	4	K M N O P R	5	-	$5/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$	$5/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$
M   N O P R	2	N O P R	2	$4/(2 + 2 + 1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
N   O Q	1	M O P Q R	2	$2/(1 + 1)$	$5/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$	$5/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$
O   M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	$5/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$
P   O S	1	M N O R S	2	$2/(1 + 1)$	-	-
Q   N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R   O Q S T	1	O Q S T	1	-	-	-
S   P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T   O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A B C	1	B C D E	6	-	-	-
B A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
F G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
G F H	1	F H I J	2	-	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
H G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
I G H J	2	F G H J	3	-	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 2 + 2)$
J G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
K H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$	$4/(2 + 1 + 2 + 2)$
L K M O	4	K M N O P R	5	-	$4/(2 + 1 + 2 + 2)$	$4/(2 + 2 + 2 + 2 + 1)$
M N O P R	2	N O P R	2	$4/(2 + 2 + 1 + 2)$	$5/(2 + 1 + 2 + 2 + 2)$	$5/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$
N O Q	1	M O P Q R	2	$2/(1 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
O M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	$5/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$	$5/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$
P O S	1	M N O R S	2	$2/(1 + 1)$	-	-
Q N R	1	N O R S T	2	-	-	-
R O Q S T	1	O Q S T	1	$4/(1 + 1 + 1 + 2)$	-	-
S P R	1	O P Q R T	2	-	-	-
T O Q R S	2	O Q R S	2	-	-	-

LOF und  $k$ NNData Mining  
TutorialE. Schubert,  
A. ZimekOutlier  
detection

Aufgabe 6-1

	2NN	2d.	4NN	4d.	$lrd_2$	$lrd_4$
A	B C	1	B C D E	6	-	-
B	A D	1	A C D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
C	A D	1	A B D E	5	-	$4/(6 + 5 + 4 + 5)$
D	B C	1	A B C E	4	$2/(1 + 1)$	$4/(6 + 5 + 5 + 5)$
E	D F	4	B C D F G	5	$2/(4 + 4)$	$5/(5 + 5 + 4 + 4 + 5)$
F	G H	2	G H I J	3	$2/(1 + 2)$	$4/(2 + 2 + 3 + 3)$
G	F H	1	F H I J	2	-	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
H	G I J	1	F G I J	2	$3/(1 + 2 + 2)$	$4/(3 + 2 + 3 + 2)$
I	G H J	2	F G H J	3	-	$4/(3 + 2 + 2 + 2)$
J	G H I K	2	G H I K	2	$4/(2 + 1 + 2 + 3)$	$4/(2 + 2 + 3 + 4)$
K	H J	3	G H I J L	4	$2/(2 + 3)$	$5/(4 + 3 + 4 + 2 + 5)$
L	K M O	4	K M N O P R	5	-	$6/(4 + 3 + 5 + 4 + 5 + 5)$
M	N O P R	2	N O P R	2	$4/(2 + 2 + 1 + 2)$	$4/(2 + 1 + 2 + 2)$
N	O Q	1	M O P Q R	2	$2/(1 + 1)$	$5/(2 + 1 + 2 + 2 + 2)$
O	M N P R	1	M N P R	1	$4/(2 + 1 + 1 + 1)$	$4/(2 + 2 + 2 + 1)$
P	O S	1	M N O R S	2	$2/(1 + 1)$	$5/(2 + 2 + 1 + 2 + 2)$
Q	N R	1	N O R S T	2	-	-
R	O Q S T	1	O Q S T	1	$4/(1 + 1 + 1 + 2)$	$4/(1 + 2 + 2 + 2)$
S	P R	1	O P Q R T	2	-	-
T	O Q R S	2	O Q R S	2	-	-

Finale LOF-Werte für  $k = 2$ :

$$LOF_2(E) := \frac{\frac{2}{2} + \frac{2}{3}}{2} / \frac{2}{8}$$
$$\approx 3.333$$

$$LOF_2(O) := \frac{\frac{4}{7} + \frac{2}{2} + \frac{2}{2} + \frac{4}{5}}{4} / \frac{4}{5}$$
$$\approx 1.054$$

$$LOF_2(K) := \frac{\frac{3}{5} + \frac{4}{9}}{2} / \frac{2}{5}$$
$$\approx 1.375$$

Finale LOF-Werte für  $k = 4$ :

$$LOF_4(E) := \frac{\frac{4}{20} + \frac{4}{20} + \frac{4}{21} + \frac{4}{10} + \frac{4}{10}}{5} / \frac{5}{23} \\ \approx 1.279$$

$$LOF_4(O) := \frac{\frac{4}{7} + \frac{5}{9} + \frac{5}{9} + \frac{4}{7}}{4} / \frac{4}{7} \\ \approx 0.986$$

$$LOF_4(K) := \frac{\frac{4}{10} + \frac{4}{10} + \frac{4}{9} + \frac{4}{11} + \frac{6}{26}}{5} / \frac{5}{18} \\ \approx 1.324$$

LOF und  $k$ NNFinale LOF-Werte für  $k = 4$ :

$$LOF_4(E) := \frac{\frac{4}{20} + \frac{4}{20} + \frac{4}{21} + \frac{4}{10} + \frac{4}{10}}{5} / \frac{5}{23} \\ \approx 1.279$$

$$LOF_4(O) := \frac{\frac{4}{7} + \frac{5}{9} + \frac{5}{9} + \frac{4}{7}}{4} / \frac{4}{7} \\ \approx 0.986$$

$$LOF_4(K) := \frac{\frac{4}{10} + \frac{4}{10} + \frac{4}{9} + \frac{4}{11} + \frac{6}{26}}{5} / \frac{5}{18} \\ \approx 1.324$$

 $|\mathcal{N}(o)|$  des betrachteten Objektes $|\mathcal{N}(p)|$  der NachbarnSumme der Erreichbarkeit von  $o / p$

# LOF and $k$ NN

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Sowohl LOF als auch  $k$ NN haben bei  $k = 4 = |\{A, B, C, D\}|$  das Problem, dass  $k + 1$  größer ist als der kleinste Cluster.

# LOF and $k$ NN

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Sowohl LOF als auch  $k$ NN haben bei  $k = 4 = |\{A, B, C, D\}|$  das Problem, dass  $k + 1$  größer ist als der kleinste Cluster.

Aber: für 4NN wird der Punkt A der größte Ausreißer.

# LOF and $k$ NN

Data Mining  
Tutorial

E. Schubert,  
A. Zimek

Outlier  
detection

Aufgabe 6-1

Sowohl LOF als auch  $k$ NN haben bei  $k = 4 = |\{A, B, C, D\}|$  das Problem, dass  $k + 1$  größer ist als der kleinste Cluster.

Aber: für 4NN wird der Punkt A der größte Ausreißer.

Bei LOF, wird lediglich  $E$  weniger deutlich, da sich die Dichten der Nachbarn  $B, C$  und  $D$  reduzieren.

Aber es hat immernoch einen der größten Werte, und  $A, B, C, D$  bleiben "Inlier"!

# LOF and $k$ NN

Sowohl LOF als auch  $k$ NN haben bei  $k = 4 = |\{A, B, C, D\}|$  das Problem, dass  $k + 1$  größer ist als der kleinste Cluster.

Aber: für 4NN wird der Punkt A der größte Ausreißer.

Bei LOF, wird lediglich  $E$  weniger deutlich, da sich die Dichten der Nachbarn  $B, C$  und  $D$  reduzieren.

Aber es hat immernoch einen der größten Werte, und  $A, B, C, D$  bleiben "Inlier"!

⇒ LOF bleibt auch bei ungünstigem  $k$  zuverlässiger.