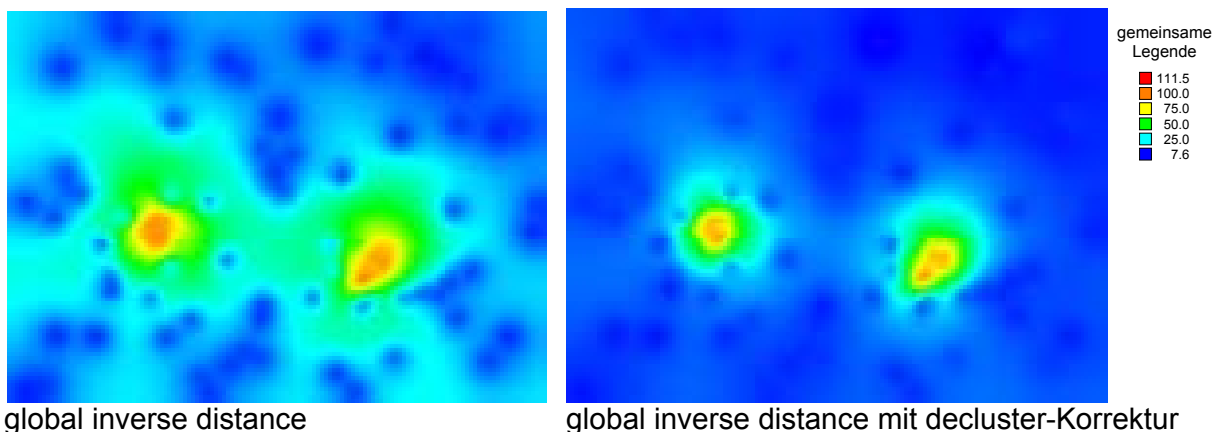


Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Förderkennzeichen (UFOPLAN) 200 42 265

Modifikation des inverse-distance-Algorithmus zum Vermeiden der Übergewichtung von Messstellen-Clustern DeCluster · 5. Teilbericht

Vergleich der Verfahren: "inverse distance" und "inverse distance mit decluster-Korrektur"



für
Umweltbundesamt II 6.4
Postfach 33 00 22
D-14191 Berlin
von
IVU Umwelt GmbH
Burgweg 10 · D-79350 Sexau
Telefon: 07641 53046
Telefax: 07641 53047
Dr.-Ing. Götz Wiegand
eMail: gw@ivu-umwelt.de
URL: <http://www.ivu-umwelt.de>
Juli 2002

Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	2
2	INTERPOLATIONSVERFAHREN	2
2.1	Beispielfall.....	2
2.2	Inverses Abstandgewichtungsverfahren (IDW)	3
2.3	DeCluster IDW (DC-IDW)	4
2.4	Vergleich der Verfahren	6
3	DLL-BESCHREIBUNG	7

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Anordnung der Messpunkte	2
Abbildung 2	Globales inverses Abstandgewichtungsverfahren	3
Abbildung 3	Skizze des IDW	4
Abbildung 4	Skizze des Decluster-IDW	4
Abbildung 5	Decluster-IDW-Verfahren	5

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Basisstatistiken der Beobachtungen der inversen Abstandsgewichtung ohne- und mit der DeCluster-Korrektur.....	6
-----------	---	---

1 Einführung

Ein sehr verbreitetes Verfahren zum Darstellen punktförmiger Informationen in der Fläche ist das inverse Abstandsgewichtungsverfahren. Dieses Interpolationsverfahren nutzt nur den Abstand zwischen den Stationen und den Interpolationspunkten zum Berechnen der Interpolationsgewichte.

Städtische Stationen liefern bei bestimmten Schadstoffen höhere Immissionen als etwa ländliche Stationen. Da die städtischen Stationen relativ häufig sind, bestimmen sie das Interpolationsbild über einen großen räumlichen Bereich. Oft wird darum die Konzentration ländlicher Bereiche in der Umgebung von großen Städten überschätzt.

Das inverse Abstandsgewichtungsverfahren (IDW) kann man durch Veränderung der Gewichte so modifizieren, dass es diese unerwünschte Eigenschaft nicht mehr hat. Das modifizierte Verfahren wird mit Decluster-inverses Abstandsgewichtungsverfahren (DC-IDW) bezeichnet.

2 Interpolationsverfahren

2.1 Beispielfall

Als Beispielfall wird ein Gebiet von 110 km · 80 km gewählt. In diesem Gebiet sind 80 zufällig gleichverteilte Messstellen, an denen eine Immission mit dem Mittelwert 10 und der Standardabweichung von 1 simuliert wird. Zusätzlich sind zwei "städtische" Agglomerationen mit jeweils 10 Messstellen, die um jeweils einen zufälligen Punkt mit der Standardabweichung von 2.5 km normalverteilt sind und an denen eine Immission mit dem Mittelwert von 100 und der Standardabweichung von 10 simuliert wird.

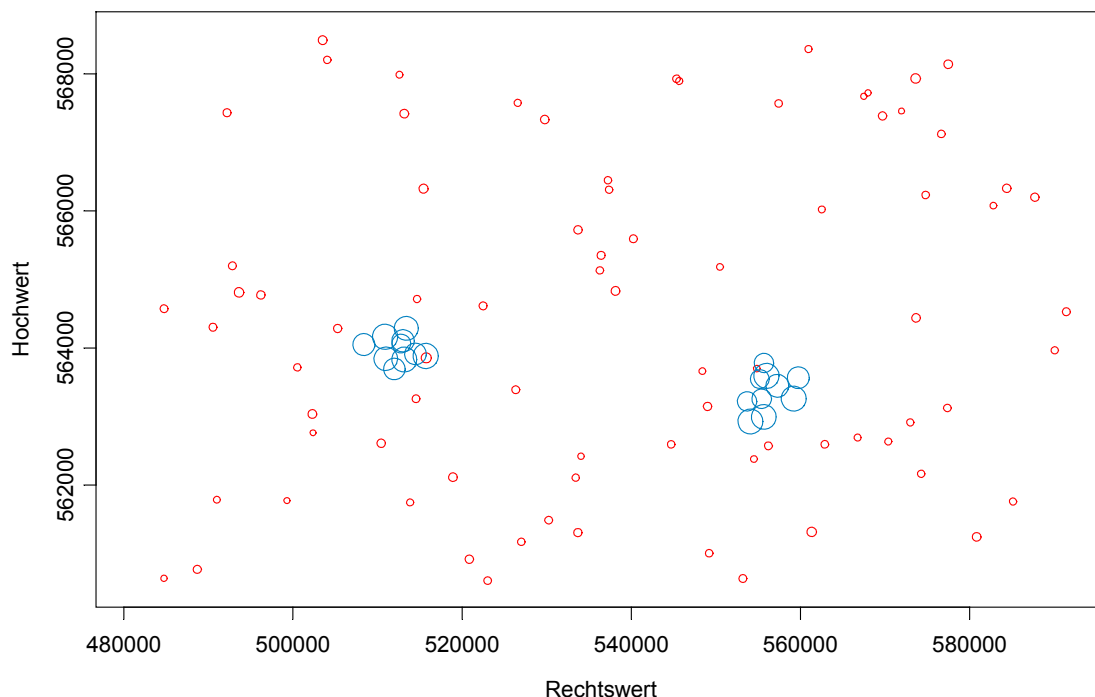


Abbildung 1 Anordnung der Messpunkte in der oben beschriebenen Beispielformation. Näheres siehe Text.

Die simulierten Immissionen liegen zwischen 7.66 und 111.46. Interpoliert wird auf ein 1 km-Gitter. Zusätzlich werden die Messstellen als Interpolationspunkte definiert, somit ist gewährleistet, dass die Interpolationsfelder den selben Bereich abdecken, wie die Messungen.

2.2 Inverses Abstandgewichtungsverfahren (IDW)

Das IDW-Verfahren ist auch unter dem Namen Shepard¹-Verfahren bekannt. Es gibt verschiedene Versionen des IDW-Verfahrens, so kann man die Gewichte mit unterschiedlichen Exponenten berechnen, man kann alle (global IDW) oder nur eine Auswahl (local IDW) von Messstellen berücksichtigen. Gemeinsam ist aber allen Shepard-Verfahren, die unerwünschte Eigenschaft der Übergewichtung von Messstellen-Clustern.

An dieser Stelle ist mit IDW das "globale quadratische IDW" gemeint.

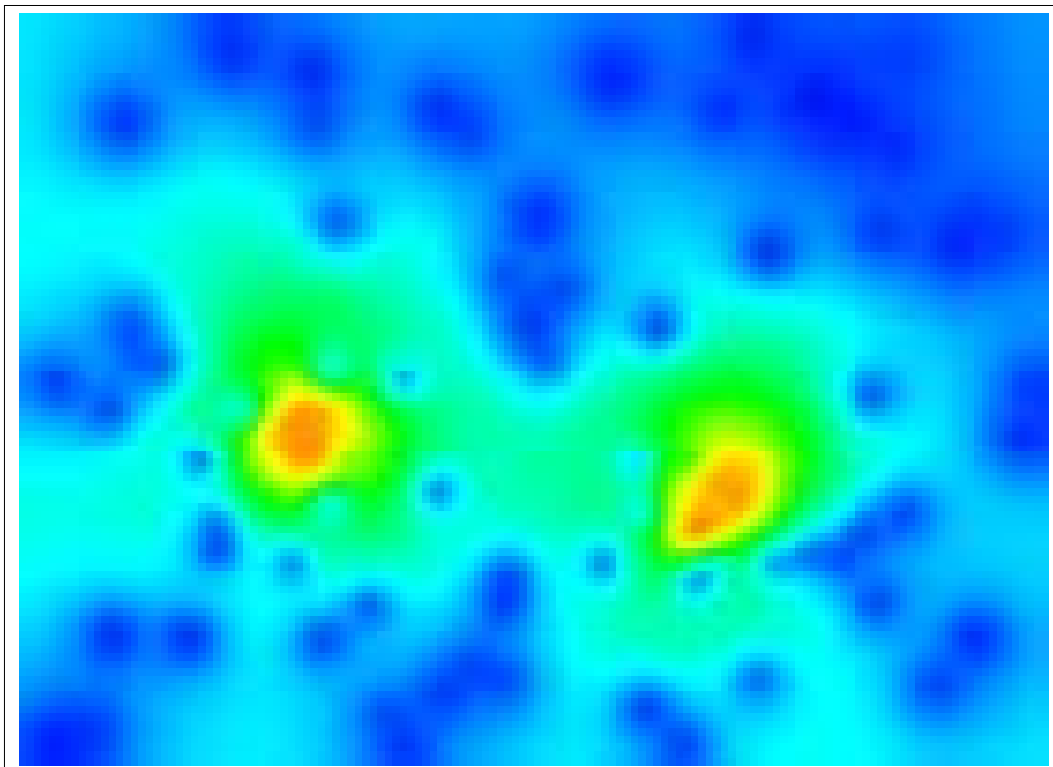








Abbildung 2 Globales inverses Abstandgewichtungsverfahren an der oben beschriebenen Beispielskonfiguration. Näheres siehe Text.

Legende	Man kann in der Abbildung 2 und der nebenstehenden Legende z.B. erkennen, dass sich der Bereich hoher Immissionen von dem westlichen "urbanen" Maximum in Richtung Nord-Nord-West - ein Gebiet weitgehend ohne Messstellen - über circa 9 km erstreckt.
 111.5	
 100.0	
 75.0	
 50.0	
 25.0	
 7.6	

¹ Shepard, D.: A two dimensional interpolation function for irregular spaced data
ACM National Conference 1958

$$C_i = \sum_{j=1}^n \text{idw}_{ij} \cdot c_j \quad \text{mit} \quad \text{idw}_{ij} = \frac{(d_{ij})^{-\text{exp}}}{\sum_{k=1}^n (d_{kj})^{-\text{exp}}}$$

Mit C_i = IDW interpolierte Konzentration an der Position i
 n = Anzahl der Messstellen
 idw_{ij} = inverse distance Gewicht an der Messstelle j für Interpolationsort i
 c_j = gemessene Konzentration an der Messstelle j
 exp = Exponent der Entfernung
 d_{ij} = Entfernung zwischen Messstelle j und Interpolationsort i

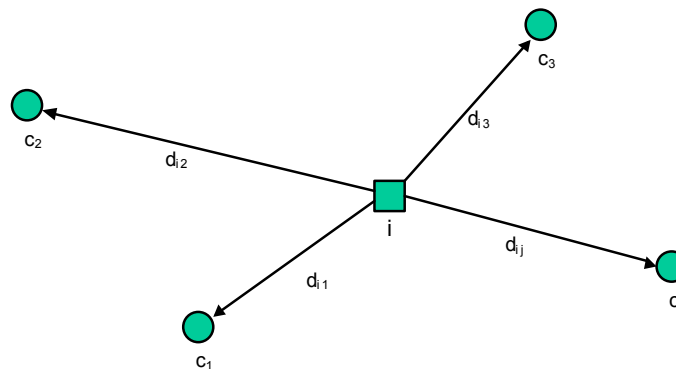


Abbildung 3 Skizze des IDW (Inverses Abstandsgewichtungsverfahren). Näheres siehe Text.

2.3 DeCluster IDW (DC-IDW)

Das Ziel des Decluster-Verfahrens² ist, die Gewichte zu reduzieren, wenn Stationen in Relation zu dem Interpolationspunkt in einem Cluster liegen.

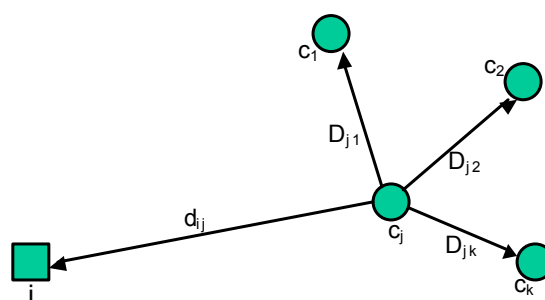


Abbildung 4 Skizze des Decluster-IDW. In die Berechnung der Cluster-Gewichte gehen nur diejenigen Messstellen ein, die weniger als den Abstand vom Interpolationsort i und der zu bearbeitenden Messstelle j entfernt liegen ($D_{jk} < d_{ij}$). Näheres siehe Text.

Der Interpolationspunkt sei i und die zu betrachtende Messstelle j . Das Interpolationsgewicht w_{ij} wird reduziert, wenn weitere Messstellen in der Umgebung der Messstelle j liegen. Die Umgebung wird definiert als Abstand der Punkte i und j , das heißt als Kreis um j mit dem Radius gleich der Strecke ij . Eine Skizze der Si-

² Falke, S., Husar, R.: Mapping Air Pollutant Concentrations from Point Monitoring Data, I: Declustering and Temporal Variance
 Center for Air Pollution Impact and Trend Analysis (CAPITA), Washington University in St. Louis
 Draft from <http://capita.wustl.edu/CAPITA/People/SFalke/home.html>

tuation ist in Abbildung 4 gegeben. Der Umfang der Reduktion ist in erster Näherung das Verhältnis der mittleren Distanz zwischen j und k: $\bar{d}_{j,k}$ und der Entfernung zwischen i und j: $d_{i,j}$.

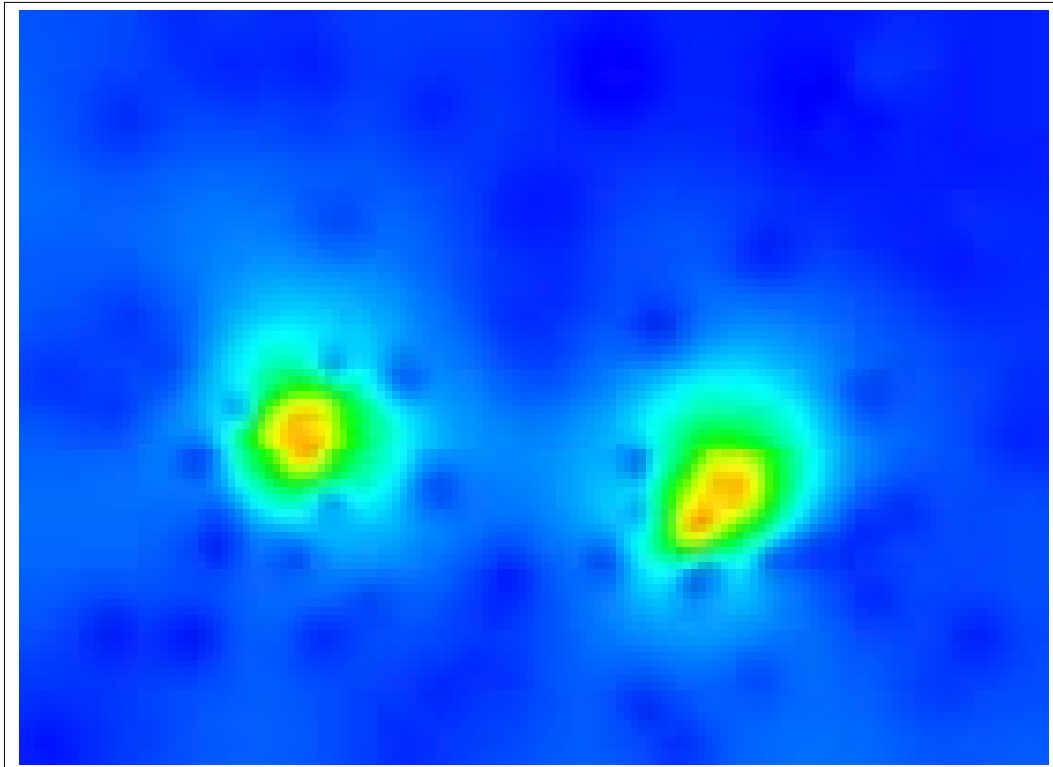


Abbildung 5 Decluster-IDW-Verfahren an der oben beschriebenen Beispielskonfiguration. Es gilt die gleiche Legende wie für Abbildung 2. Näheres siehe Text.

$$C_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot c_j \quad \text{mit} \quad w_{ij} = idw_{ij} \cdot cw_{ij} = \frac{(d_{ij})^{-\text{exp}}}{\sum_{k=1}^n (d_{kj})^{-\text{exp}}} \cdot \left(\frac{1}{m} + \frac{\sum_{k=1}^m D_{jk}}{m \cdot d_{ij}} \right)$$

- Mit
- C_i = DC-IDW interpolierte Konzentration an der Position i
 - n = Anzahl der Messstellen
 - w_{ij} = Gewicht an der Messstelle j für Interpolationsort i
 - c_j = gemessene Konzentration an der Messstelle j
 - idw_{ij} = inverse distance Gewicht an der Messstelle j für Interpolationsort i wie oben
 - cw_{ij} = Cluster-Gewicht an der Messstelle j für Interpolationsort i
 - m = Anzahl der Stationen, die innerhalb der Distanz des Interpolationsortes i und der Messstelle j liegen
 - d_{ij} = Entfernung zwischen Messstelle j und Interpolationsort i
 - D_{jk} = Entfernung zwischen Messstelle j und Messstelle k
 - exp = Exponent der Entfernung

Die Grenzfälle für das Cluster-Gewicht sind folgende:

- 1 Alle $(m-1)$ Messstellen liegen genau d_{ij} von der Messstelle j entfernt, das heißt sie liegen auf dem Kreis um j , auf dem auch der Interpolationspunkt liegt. In diesem Fall ist das Clustergewicht 1, die DC-IDW-Interpolation entspricht der IDW-Interpolation.
- 2 Alle $(m-1)$ Messstellen fallen mit der Messstelle j zusammen. In diesem Fall ist das Clustergewicht m^{-1} . Dies ist das minimale Clustergewicht.

2.4 Vergleich der Verfahren

Man erkennt in Abbildung 4 im Gegensatz zu Abbildung 3 den lokalen Einfluss der beiden Cluster.

Die Basisstatistiken der beiden Interpolationsverfahren und der zugrunde liegenden Messungen finden sich in Tabelle 1. Die Extremwerte sind bei allen Feldern identisch, lediglich Mittelwert und Standardabweichung unterscheiden sich.

In dem niedrigeren Mittelwert bei dem DeCluster-Verfahren erkennt man den lediglich lokalen Einfluss der beiden Cluster.

Tabelle 1 Basisstatistiken der Beobachtungen, der inversen Abstandsgewichtung ohne- und mit der DeCluster-Korrektur. In den Spalten ist die Art des Datensatzes, die Anzahl der Beobachtungen (n), das Minimum, Mittelwert, Standardabweichung (StdAbw) und Maximum eingetragen.

Art	n	Minimum	Mittelwert	StdAbw	Maximum
Messungen	100	7.66	27.84	36.15	111.46
Inverser Abstand	9284	7.66	23.87	13.68	111.46
DeCluster-Verfahren	9284	7.66	15.67	10.91	111.46



3 DLL-Beschreibung

Das Interface zu dem Decluster-Verfahren liegt als DLL vor.

Es handelt sich um eine real(8) function "DeCluInt", die in der DLL DeClusterInterpolation enthalten ist. Folgendes Interface beschreibt in Fortran (Compaq Visual Fortran 6.6.0) die Funktion DeCluInt:

```
INTERFACE
  real(8) function DeCluInt( Nr, xInter, yInter, nMess, xKoords, yKoords, Messung, ErrMsg )
  integer(4)      Nr          ! Index zur Auswahl des Verfahrens (1 oder 2)
  real(8)         xInter     ! x-Koordinate des Interpolationspunktes
  real(8)         yInter     ! y-Koordinate des Interpolationspunktes
  integer(4)      nMess      ! Anzahl der Messpunkte
  real(8)         xKoords(nMess) ! x-Koordinaten der Messpunkte (Vektor nMess lang)
  real(8)         yKoords(nMess) ! y-Koordinaten der Messpunkte (Vektor nMess lang)
  real(8)         Messung(nMess) ! Messwerte (Vektor nMess lang)
  character(*)    ErrMsg     ! eventuell Fehlermeldung
  !DEC$ ATTRIBUTES ALIAS:'_DeCluInt@36', DLLIMPORT::DeClusterInterpolation
  end function DeCluInt
END INTERFACE
```

Die Parameterliste enthält die 4-byte-Adressen der Konstanten bzw. Vektoren.

Input-Parameter:

Nr	Index zur Auswahl des Verfahrens (1 = inverse distance, 2 = 1 mit Decluster-Korrektur)
xInter	x-Koordinate des Interpolationspunktes
yInter	y-Koordinate des Interpolationspunktes
nMess	Anzahl der Messungen
xKoords	Vektor der x-Koordinaten der Messungen (Länge nMess)
yKoords	Vektor der y-Koordinaten der Messungen (Länge nMess)
Messung	Vektor der Messungen (Länge nMess)

Output-Parameter:

ErrMsg	Eventuell Fehlermeldung (nur blanks -> kein Fehler)
[Länge]	Länge des ErrMsg-Feldes (bei Fortran automatisch erzeugt)

Der Rückgabewert der Funktion ist der interpolierte Wert an dem Punkt (xInter,yInter) als real(8)-Variable.

Beim Aufruf von anderen Sprachen als Fortran muss die Länge des "ErrMsg"-Feldes explizit angegeben werden, bei Fortran wird die Länge des "ErrMsg"-Feldes als 9. Parameter automatisch erzeugt.