

Loglineare Anpassungsrechnungen für die Wanderungsströme im SIKURS-Programm

H. Tüllmann, W. Braunschöber 28.11.2019, update 01.02.2020

Am Beispiel einer Matrix mit 3 Spalten und 3 Zeilen wird die Berechnung zur Generierung einer möglichst ähnlichen Matrix mit denselben Zeilensummen und geänderten Spaltensummen zunächst numerisch dargestellt und anschließend der Bezug der Ausgangs- und der Ergebnismatrix zur Binnenwanderung aufgezeigt.

In dem Beispiel wird die Ausgangsverteilung in input.csv in 1 bis 16 Berechnungszyklen so modifiziert, dass die einzelnen Zeilensummen am Ende eines Zyklus erhalten bleiben und die einzelnen Spaltensummen den Zielvorgaben angenähert werden. Anpassungsrechnungen für jede Matrixspalte und den anschließenden Anpassungsrechnungen für jede Matrixzeile bilden einen Zyklus.

Ein Zyklus besteht aus folgenden zwei Schritten:

Im Schritt 1 wird jeder Wert einer Spalte mit einem Faktor multipliziert, der den Wert des Quotienten: $\text{Zielwert} / \text{Spaltensumme}$ hat. Damit ist die Summe der modifizierten Spaltenwerte gleich der Zielvorgabe der Spalte. Nach den Anpassungsrechnungen für jede Spalte werden die Zeilensummen der Spaltenzielwert konformen Matrix gebildet. Anschließend werden mit dem Quotienten aus der Zeilensumme der Ausgangsmatrix und der aktuellen Zeilensumme der Spaltenzielvorgabe konformen Matrix: $\text{Zeilensumme zum 1.1.} / \text{aktuelle Zeilensumme}$ die Zeilenwerte der Spaltenziel konformen Matrix multipliziert und somit die Zeilensummen der der Ausgangsmatrix wieder hergestellt. Am Ende eines Zyklus sind die ursprünglichen Zeilensummen unverändert erhalten aber die Distanzen der neuen Spaltensummen zu den Zielvorgaben sind verringert. Diese Zyklen werden so oft durchlaufen bis die Anpassungsfaktoren für die Spalten und für die Zeilen jeweils 1 bzw. nahezu 1 sind; d.h. die Spaltenzielvorgaben sind erreicht, die Zeilensummen haben den ursprünglichen Wert.

Das beschriebene Vorgehen interpretiert als Anpassung der Binnenwanderung an Zielvorgaben für den 31.12. für den Bevölkerungsbestand der Binnentypen (Tab1):

Zum 1.1. wohnen 12 Personen in TYP1 (D1); aus TYP1 wandert bis zum 31.12. eine Pers. in TYP2 (B1), drei Pers. wandern in TYP3 (C1), 8 Pers. verlassen nicht den TYP1 (A1); sie wandern nicht (Stayer) oder sie wandern innerhalb des TYP1. Zur selben Zeit ziehen aus TYP2 in TYP1 (A2) zwei Pers., aus TYP3 in TYP1 vier Pers. (A3), sodass am 31.12. in TYP1 auf Grund der Binnenwanderung $12 - 1 - 3 + 2 + 4 = 14$ (A5) Personen leben.

Ausgangsverteilung		nach TYP1	nach TYP2	nach TYP3	Zeilensumme = Personen zum 1.1.
		A	B	C	D
aus TYP1	1	8,00	1,00	3,00	12,00
aus TYP2	2	2,00	2,00	2,00	6,00
aus TYP3	3	4,00	10,00	20,00	34,00
Spaltensumme = Personen zum 31.12	4	14,00	13,00	25,00	52,00

Zielvorgabe für 31.12	5	40,00	6,00	6,00	52,00
-----------------------	---	-------	------	------	-------

Tab 1

Bei der Zielvorgabe für den Bevölkerungsbestand zum 31.12. für TYP1 von 40 (A5), für TYP2 von sechs (B5) und für TYP3 von sechs Pers. (C5) muss die Binnenwanderung so modifiziert werden, dass eine der Ausgangsmatrix möglichst ähnliche Binnenwanderung gefunden wird, die jedoch andere Spaltensummen hat. Die Zeilensummen müssen als Ausgangswerte erhalten bleiben. Das Ergebnis der Anpassungsrechnungen ist in der Tab 2 mit den Ergebniswerten des oben beschriebenen Iterationsverfahrens dargestellt.

zielkonforme Verteilung		nach TYP1	nach TYP2	nach TYP3	Zeilensumme = Personen zum 1.1.
		A	B	C	D
aus TYP1	1	11,654664	0,135660	0,209675	12,000000
aus TYP2	2	5,258107	0,489635	0,252258	6,000000
aus TYP3	3	23,087229	5,374705	5,538066	34,000000
Spaltensumme = Personen zum 31.12	4	40,000000	6,000000	6,000000	52,000000

Zielvorgabe für 31.12	5	40,00	6,00	6,00	52,00
-----------------------	---	-------	------	------	-------

Tab 2

Im stark gewachsenen TYP1 verbleiben mehr Personen in TYP1 (A1) als bei der Wanderung ohne Zielvorgaben und es wandern auch mehr aus TYP2 (A2) und TYP3 (A3) in TYP1. Im stark schrumpfenden TYP3 verbleiben erheblich weniger im TYP3 (C3) und es wandern auch erheblich weniger zu als bei der Wanderung ohne Zielvorgaben.

Das Iterationsverfahren liegt den Anpassungsrechnungen von SIKURS zu Grunde; es wird eingesetzt bei den Bausteinkombinationen I1P2, I1P1, N1-N4. Die Werte für Zielvorgaben der Spalten und für die Ausgangswerte der Zeilensummen werden bei den erwähnten Bausteinkombinationen unterschiedlich ermittelt, weil neben den primären Vorgaben der Eingabedateien je nach Bausteinkombination die Ergebnisse unterschiedlicher demografischer Prozesse berücksichtigt werden müssen.

1. Baustein I1/P2 Anpassung Binnenwanderungsmatrix an Zielvorgaben für die Binnenwanderungstypen. (primäre Vorgaben für Spaltenanpassung in ecktyp.csv)
2. Baustein I1/P1 Anpassung Binnenwanderungsmatrix an die auf Typen aggregierten Zielvorgaben für Gebiete. In einem zweiten Schritt werden pro Binnentyp die Umzüge im Binnentyp, die Binnenzuzüge aus anderen Binnentypen und die Außenzuzüge in den betreffenden Binnentyp an die Zielvorgaben für die Gebiete des Binnentyps angepasst. (primäre Vorgaben für Spaltenanpassung in eckgem.csv)
3. Baustein N1-4 Anpassung Außenzuzug und Außenwegzug. (primäre Vorgaben für Spaltenanpassung in saldvoll.csv)

Programm IPF.pl

Mit I1P1T1.ini kann das Beispiel mit SIKURS nachgerechnet werden.

Beispielrechnung mit
SIKURS-Hauptmaske/Extras/Eigene Scripts/Start/IPF.pl
und Eingabemaske (Verweise auf Prognoseprotokoll von I1P1T1 in Klammern):

2	Matrixformat
3	Maxmale Anzahl Iterationen
0	Abbruchschwelle
1e-015	Gleichheitstoleranz
4	Protokollumfang

OK Abbrechen ?

Eingabedatei input.csv (IPF dense input format):

```
8; 1; 3
2; 2; 2
4;10;20
40; 6; 6
40; 6; 6
```

Ausgabedatei output.csv (DR4FB):

```
11,6546644053059;0,135660247066548;0,209675347627525
5,25810680552287;0,489634737497742;0,252258456979391
23,0872287891712;5,37470501543571 ;5,53806619539308
```

Protokoll:

```
IPF - Iterative Proportional Fitting
Spaltenabgleich 1
22,8571428571429;0,461538461538462;0,72
5,71428571428571;0,923076923076923;0,48
11,4285714285714;4,61538461538462;4,8
Zeilenabgleich 1
11,4101813926273;0,230397893504974;0,359420713867759
4,81719367588933;0,778162055335968;0,404644268774704
18,6419232391396;7,52846900042176;7,82960776043863
  1 0,631168283424715
Spaltenabgleich 2
13,0890863268355;0,161928390924483;0,250943263454244
5,52600013156172;0,546908340098699;0,28251781109572
21,3849135416028;5,29116326897682;5,46653892545004
Zeilenabgleich 2
11,6330561938174;0,143915474614672;0,223028331567961
5,21695938466486;0,516322571389993;0,266718043945151
22,6206562149664;5,59691695979668;5,78242682523695
  2 0,11124001298952
Spaltenabgleich 3
11,7890632869829;0,138000872103606;0,213350292885366
5,28692231230863;0,495102874304328;0,255144144214565
22,9240144007085;5,36689625359207;5,53150556290007
Zeilenabgleich 3
```

```

11,6527125168134;0,136404771994774;0,210882711191838
5,25437206338946;0,492054650621963;0,253573285988576
23,0443763869156;5,39507501327866;5,56054859980575
  3 0,0115658697260556
Spaltenabgleich 4
11,6668699814548;0,135871827525625;0,210007518962551
5,26075586343539;0,490132153331488;0,25252092200768
23,0723741551099;5,37399601914289;5,53747155902977
Zeilenabgleich 4
11,6544877409368;0,135727624525959;0,209784634537292
5,25776862821133;0,489853839706814;0,252377532081857
23,0833443561345;5,37655118820522;5,54010445566028
  4 0,00106131640600193
Spaltenabgleich 5
11,6557696642566;0,135679398359343;0,209705414043361
5,25834695103126;0,48967978690825;0,252282227328996
23,0858833847121;5,37464081473241;5,53801235862764
Zeilenabgleich 5
11,6546484126262;0,135666346390145;0,20968524098365
5,25807619054425;0,48965457253217;0,252269236923576
23,0868770995336;5,37487216218179;5,53825073828463
  5 9,61971335005085e-005
...
...
Spaltenabgleich 15
11,654664405306;0,135660247066549;0,209675347627526
5,25810680552288;0,489634737497744;0,252258456979392
23,0872287891712;5,37470501543571;5,53806619539308
Zeilenabgleich 15
11,6546644053059;0,135660247066548;0,209675347627526
5,25810680552287;0,489634737497742;0,252258456979391
23,0872287891712;5,37470501543572;5,53806619539309
  15 3,5527136788005e-015
Spaltenabgleich 16
11,6546644053059;0,135660247066548;0,209675347627525
5,25810680552287;0,489634737497742;0,252258456979391
23,0872287891712;5,37470501543571;5,53806619539308
Zeilenabgleich 16
11,6546644053059;0,135660247066548;0,209675347627525
5,25810680552287;0,489634737497742;0,252258456979391
23,0872287891712;5,37470501543571;5,53806619539308
  16 4,44089209850063e-016
> C:/trunk/sikurs/source/IPF/doc/output.csv (3*3)
16 Iterationen, delta 4,44089e-016, 0,140214 s

```

Alternativ kann man die Eingabedatei in einem „sparse input format“ vorgeben:

```

#v;n;Wert
1;1; 8
1;2; 1
1;3; 3
2;1; 2
2;2; 2
2;3; 2
*;1;40
*;2; 6
*;3; 6

```

Ableitung IPF-Eingabedaten aus SIKURS-Prognose

Bei einer Prognose mit den Bausteinen I1 und P1 führt SIKURS obig beschriebene Anpassung durch. Definiert man bei der SIKURS-Prognose im Reiter Notiz:

```
!option($IPF 2)
```

so gibt das Programm die folgende Datei aus:

IPF2010.csv:

```
#Binnenwanderung DR4FB incl. Stayer BR3R
#TYBv;TYBn;BG;GG;AG;Anzahl
1;1;3;2;0;651,6
1;2;3;2;0;72,4
1;1;3;2;1;360
1;2;3;2;1;40
1;1;3;2;2;540
1;2;3;2;2;60
2;1;3;2;0;212
2;2;3;2;0;848
2;1;3;2;1;120
2;2;3;2;1;480
2;1;3;2;2;280
2;2;3;2;2;1120
#Zielwerte BR0A
*;1;2163,6;2163,6
*;2;2620,4;2620,4
```

die dann mit IPF an die Zielwerte angepasst werden kann

Programm scdfit

Weiterhin kann man das Programm „scdfit“ von „Urban Audit“ verwenden, mit:

```
# input.csv:
#!-c=3 -r=0
#v;n:Wert
1;1; 8
1;2; 1
1;3; 3
2;1; 2
2;2; 2
2;3; 2
*;1;40
*;2; 6
*;3; 6
```

und dem Aufruf:

```
scdfit.exe -i=input.csv -o=output.csv -n=16
```

Die Datei IPF2010.csv müsste man für scdfit wie folgt umformen:

```
#Binnenwanderung DR4FB incl. Stayer BR3R
#TYBv_BG_GG_AG;TYBn;Anzahl
1_3_2_0;1;651,6
1_3_2_0;2;72,4
1_3_2_1;1;360
1_3_2_1;2;40
1_3_2_2;1;540
```

```

1_3_2_2;2;60
2_3_2_0;1;212
2_3_2_0;2;848
2_3_2_1;1;120
2_3_2_1;2;480
2_3_2_2;1;280
2_3_2_2;2;120
#Zielwerte BR0A
*      ;1;2163,6
*      ;2;2620,4

```

ADETON

Ein Verfahren zur Hochrechnung von Tabellen unter unscharfen Restriktionen
Friedrich Graef, 8. April 2003

Im Subsystem HHPROG von SIKURS wird die „ADETON Table Ranking Procedure, ChiSquare 100% module“ von Prof. Friedrich Graef eingesetzt.

Mit SIKURS Hauptmaske/Einwohner/Prognose/Berechnen/Notiz
!option(\$ADTBW 1)

wird bei der SIKURS-Prognose bei Bausteinen I1/P1-2 die Anpassung der Binnenwanderung mit dem ADETON- statt IPF-Verfahren gerechnet.

Im Beispiel `baustein/I1P2T1` wird der Zielwert exakt erreicht, aber mit leicht unterschiedlichen auch negativen Binnenströmen, Rechenzeit steigt mit Matrixgröße stark an. Negative Binnenströme entstehen insbesondere häufig bei nullwertigen Ausgangszellen. Dies disqualifiziert ADETON für die Nutzung in der SIKURS Anpassungsrechnung, es sei denn man wollte diese als negative Binnenströme deuten und den gegenläufigen Strömen mit positivem Vorzeichen zuschlagen.

Mit Extras/Eigene Scripts/Start/adeton.pl kann man analog zum Programm IPF.pl eigene Eingabedaten mit dem ADETON Verfahren anpassen:

Eingabedatei input.csv:

```

8; 1; 3
2; 2; 2
4;10;20
40; 6; 6
40; 6; 6

```

Ausgabedatei output.csv:

```

14,9414835268449;0,441890771710967;-3,38337429855582
4,94751436190146;2,09592502361218;-1,04343938551364
12,7255863724232;17,5560192396116;3,71839438796512

```

wenn man die negativen Ströme der Gegenrichtung zuschlägt:

```

14,9414835268449;0,441890771710967;0
4,94751436190146;2,09592502361218;0
16,108960670979;18,5994586251252;3,71839438796512

```

Literatur:

https://en.wikipedia.org/wiki/Iterative_proportional_fitting
<https://u.demog.berkeley.edu/~eddieh/IPFDescription/AKDOLWDIPFTWOD.pdf>
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00330124.2015.1099449>