

A talajjellemzők és a terméshozam elemzése a precíziós növénytermesztésben

MIKÉNÉ HEGEDŰS FRIDERIKA

Nyugat-Magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A szántóföldön a terméshozam és a termesztési feltételek tér- és időbeli változékonyságot mutatnak. A precíziós mezőgazdaság számára fontosak azok az információk, melyek elemzik a talaj és a terméshozam térbeli változékonysága közti kapcsolatokat. A szántóföldi kísérletben öt év terméshozamait és a megfelelő helyi és talajtulajdonságokat tanulmányoztuk.

Meghatároztuk a hozamadatok és talajadatok térbeli változékonyságát és korrelációját, így pontosabbá tettük az adatok térbeli interpolációját. A pontatlan, bizonytalan és hiányzó adatok és ismeretek kezelésében, a folytonos tulajdonságok vizsgálatánál és a térbeli becslésnél a fuzzy halmazok alkalmazása jelentett továbblépést.

Kulcsszavak: precíziós mezőgazdaság, térbeli interpoláció, fuzzy logika.

BEVEZETÉS

A helyspecifikus és precíziós növénytermelés a táblán belül az adott helynek megfelelő, pontosan előírt technológiát és kezeléseket alkalmaz.

A talaj fizikai, kémiai és biológiai jellemzői, így a talaj termékenysége nem állandó, térben és időben is változik (Várallyay 1998).

Az adatelemzés és az ökológiai modellezés speciális módszerei használhatók a környezeti adatok heterogenitásának és bizonytalanságának kezelésére (Salski 2002).

A precíziós gazdálkodás első szakasza a talaj termékenységét meghatározó adatok összegyűjtése (Neményi *et al.* 2001).

Arslan és Colvin (2002) összefoglalták, milyen szempontokat kell figyelembe venni a hozamtérképek készítésénél. Blackmore *et al.* (2003) megvizsgálták hat év terméshozamának tér- és időbeli változékonyságát, és ezek kapcsolatát a talaj és növény paraméterekkel. Tamás *et al.* (2005) a hagyományos Pearson korreláció mintájára térbeli korrelációs eljárást fejlesztettek ki a talaj pH-jának és Cu-tartalmának térbeli becslésére.

Braimoh és *Stein* (2004) a fuzzy logikát és az interpolációs technikát kombinálták a talaj termőképességének vizsgálatánál, a kukorica termesztésénél kiválogatták a legfontosabb tényezőket.

A jelen kutatás célja a hozamtérképek bizonytalansági tényezőinek, hibáinak elemzése, kiszűrése, továbbá a vizsgált időszakban termesztett növények terméshozamának és a talajjellemzők heterogenitásának, térbeli szerkezetének meghatározása.

ANYAG ÉS MÓDSZER

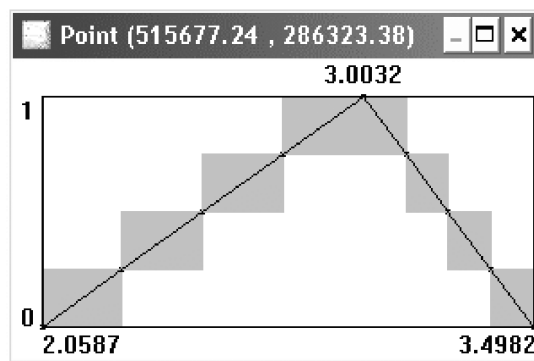
A szántóföldi adatgyűjtés a NYME–MTK tangazdaságához tartozó 15,3 ha területű 80/1. számú tábláján történt a 2001–2005. közötti időszakban. A kísérleti táblán a 2001., a 2002. és 2005. évben kukoricát, 2003-ban tavaszi árpát, 2004-ben őszi búzát termesztettek. A talajmintákat *helyspecifikus talajmintavétel*el, DGPS navigációval, 50x50 m rács mentén, 63 kezelési egységben gyűjtötték, melyek átlagosan 0,25 ha nagyságúak voltak (*Neményi et al.* 2003).

A vizsgált 5 évben összegyűjtött hozamadatokat és a mért talajadatokat a technikai előkészítés után mind *statisztikai*, mind *geostatisztikai* módszerekkel elemeztük. A térképek készítésénél alkalmazott interpolálásnál a térbeli struktúrát kísérleti variogrammal és függvénnyel jellemeztük.

A talajjellemzők folytonosságát, a térbeli változékonyság bizonytalanságát jobban leírhatjuk az ún. *mesterséges intelligencia* eszközeivel. Egyrészt a pontatlan (nem „éles”) adatokat ábrázoltuk és kezeltük, mint *fuzzy számokat*. Másrészt a határozatlan ismereteket dolgoztuk fel *fuzzy szabályok* formájában (*Botzheim és Kóczy* 2004).

1. ábra Háromszög alakú tagsági függvény (Humusztartalom: 3/0:2–3,5)

Figure 1. Triangle-shaped membership function (Topsoil: 3/0:2–3.5)



Az adatokat fuzzy számmal írtuk le, *háromszög* alakú tagsági függvényt alkalmaztunk (1. ábra). Ezek a tagsági függvények lehetővé teszik a talajtulajdonságok és hozamérték

folytonosságának, és az egyes értéktartományok átlapolásának kezelését. A mért (éles) adatokat beágyasztuk a fuzzy számok halmazába, a fuzzy számok speciális esetei, amelyek tagsági függvénye $\mu = 1$.

Fuzzy krigeléssel kiterjesztettük a hagyományos térbeli becslést.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A hozamadatok elemzésénél a szűrési feltételt a kvartilisek vizsgálatával állapítottuk meg, így sikerült kiszűrni a különböző hibákból eredő kiugró és extrém értékeket (1. táblázat).

1. táblázat A hozamadatok statisztikai jellemzői

Table 1. Statistical values of crop yields

(1) Crop yield, (2) Mean value, (3) Skewness, (4) Minimum, (5) Maximum, (6) Number of samples, (7) Coefficient of variation

	2001	2002	2003	2004	2005
	Hozam (t/ha) (1)				
Várható érték (2)	4,579	6,088	4,079	7,097	10,463
Ferdeség (3)	-0,10	-0,21	-0,38	-0,44	-0,32
Minimum (4)	0,1	0,2	1,9	3,42	6,6
Maximum (5)	9,8	12	6,2	10,44	14,1
Darabszám (6)	7297	6804	7253	13987	8013
CV (7)	42%	35%	18%	18%	12%

A kukorica esetében 3 év adatsorát tanulmányoztuk, így összehasonlításra, részletes vizsgálatra is alkalmas. A kukorica hozama különböző változékonyságú a vizsgált években: 2005-ben kis változékonyságú (12%), a 2002. év képviseli a közepes (35%), a 2001. évi termés a nagy változékonyságot (42%). Az árpa és az őszi búza esetében a változékonyság egyenlő (18%). A talajmintavétel értékelése során kapott fontosabb talajparaméterek mindkét évben hasonló változékonyságot mutattak. Alacsony a CV = 1–8% között a talaj pH és kötöttségénél, közepes CV < 30% az összes többi tulajdonságnál.

A vizsgált talajtulajdonságoknál a két év talajmintái között szignifikáns különbséget kaptunk, ami jelzi a változást. A N%, a P₂O₅ és K₂O értékei is szignifikánsan különböznek, mindegyik értéke csökkent. A mikroelemek a Na kivételével szignifikáns csökkenést mutatnak (Mg és Cu $p = 5\%$; Zn, Mn és Fe $p = 0,1\%$ szinten). További vizsgálatot igényelnek a talajtulajdonságokban bekövetkezett pozitív és negatív irányú változások.

A térbeli változások nyomon követésére a variogramok alkalmasak, az adatállományokban bekövetkezett változásokat, korrekciókat is jól tükrözik (2. táblázat).

Az illesztés jóságát a négyzetes hibaösszeg (SSE), vagy az Akaike információs kritérium (AIC) mutatók jelzik. Minél kisebb az értékük, annál jobb a függvény illeszkedése a kísérleti variogramhoz.

2. táblázat A hozam adatok variogram modelljei

Table 2. Variogram models of crop yields

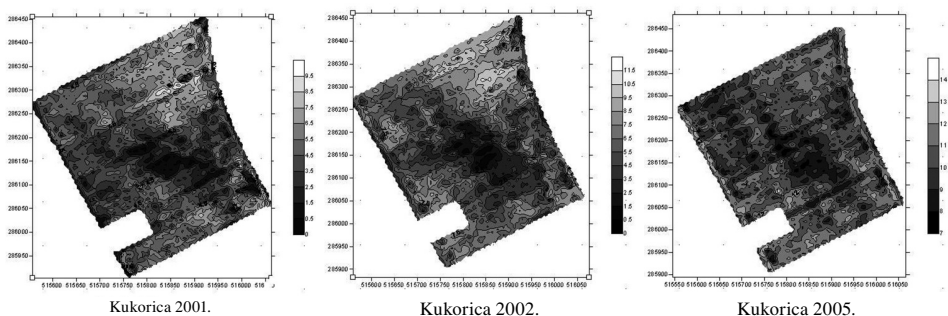
(1) Parameters, (2) Nugget effect, (3) Sill, (4) Range, (5) Root mean square error, (6) Akaike (AIC) statistic, (7) Nugget effect/Sill

Paraméterek (1) (8)	2001	2002	2003	2004	2005
Röghatás (2)	1,52	1,02	0,37	1,18	1,04
Küszöb (3)	4,39	5,90	0,57	1,64	1,75
Tartomány (4)	241	229	188	116	218
RMSE (5)	0,027	0,215	0,010	0,040	0,020
AIC (6)	-81,92	-26,51	-125,00	-61,39	-93,39
N/S (7)	0,35	0,17	0,65	0,72	0,59

A variogram paraméterek közül a táblázatban megadott röghatás/küszöb (*N/S*) hányados definiálja a kis tartományú változékonyságot. Az irodalomban elfogadott terminológia alapján (*Kravchenko* 2003) $N/S \geq 0,6$ megfelel a gyenge térbeli struktúrának, azaz az adatváltozékonyság 60%-a megmagyarázhatatlan, kis távolságú, véletlen ingadozású. A 2001. évben közepes erősségű $N/S \approx 0,3$, míg 2002-ben nagy erősségű térbeli struktúrát jelent $N/S \approx 0,1$.

2. ábra Hozamtérképek

Figure 2. Maps of crop yields



A megszerkesztett variogram modellek jól mutatják az évjáratok hatását, a tartományok változását. A kukorica terméshozama a három különböző évben más-más tartományban van, de a térbeli eloszlás heterogenitása hasonló képet mutat (2. ábra).

Megvizsgáltuk néhány állandó talajtulajdonság térbeli struktúráját, a hozamok, a talajtulajdonságok és a talajellenállás közti kapcsolatokat. A talajjellemzők térbeli struktúrájának hatástartománya nagyon hasonló az egyes tényezőknél.

Ha a talajmintavételnél a hozam adatok variogramjai szolgálnak alapul, akkor az átlagos variogramtartomány harmada és fele között van a javasolt minta intervalluma. Ez a vizsgált táblán 55–65 m mintatávolságot jelent.

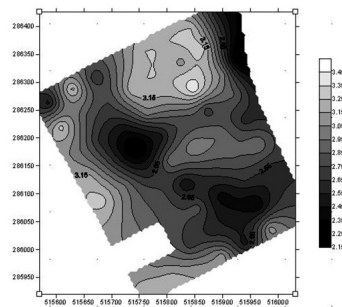
A pontatlan, bizonytalan, hiányzó adatok és ismeretek kezelésében, a folytonos tulajdonságok vizsgálatánál és a térbeli becslésnél a fuzzy halmazok alkalmazása jelentett továbblépést. Meghatároztuk a hozam és talajadatok fuzzy variogramjait, és ezek ismeretében elvégeztük a becslést. A fuzzy krigelés outputja a *becsült érték* a specifikált helyen. Ezt exportáltuk SURFER térképező programba, és elkészítettük a szokásos kontúrvonalas térképet (3. ábra).

A talajtulajdonságok térbeli szerkezetét az *éles mérési adatokkal megegyezően* írja le, így a módszer alkalmas a bizonytalan, „lágú” adatok kezelésére.

A fuzzy szám használatával csökkent a krigelési variancia és a fuziness megjelent az eredményben. Több változó együttes kezelésénél a jól definiált tagsági függvénnyel a közös skála használata lehetőséget nyújt a hatások és kölcsönhatások elemzésére.

3. ábra Humusztartalom térképe

Figure 3. Map of Topsoil



Analysis of soil properties and crop yields in precision agriculture

FRIDERIKA MIKE-HEGEDŰS

University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

Within a field, crop yield and the conditions of cultivation (e.g. soil fertility) vary in space and time. Precision agriculture necessitates information about the relationship between the spatial variability of soil properties and the spatial variability of crop yield. In our field experiment, we have analysed crop yield and site and soil properties based on data collected in a period of five years.

We identified the spatial variability and correlation of yield and soil properties, which enabled us to make the spatial interpolation of data more accurate. We employed fuzzy sets to manage imprecise, uncertain and missing data and information, analyse continuous soil properties and make spatial estimations.

Keywords: precision agriculture, spatial interpolation, fuzzy logic.

IRODALOM

- Arslan, S. – Colvin, T.* (2002): Grain yield mapping: yield sensing, yield reconstruction and error. *Precision Agriculture* **3**, 135–154.
- Blackmore, B. – Godwin, R. – S., F.* (2003): The analysis of spatial and temporal trends in. yield map data over six years, *Biosystems Engineering* **84**, 455–466.
- Braimoh, A. – Stein, A.* (2004): Land evaluation for maize on fuzzy set and interpolation. *Environmental Management* **33**, 2. 226–238.
- Botzheim, J. – Kóczy, L. T.* (2004): Model identification by bacterial optimization. In *Proc. of the 5th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence*, pages 91–102.
- Kravchenko, A.* (2003): Influence of Spatial Structure on Accuracy of Interpolation Methods *Soil Sci. Soc. Am. J.* **67**, 1564–1571.
- Neményi M. – Mesterházi P. Á. – Pecze Zs.* (2001): A precíziós helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. *Növénytermelés* **50**, 4.
- Neményi, M. – Mesterházi, P. Á. – Pecze, Zs. – Stepán, Zs.* (2003): The role of GIS and GPS in precision farming. *Computers and Electronics in Agriculture* **40**, 45–55.
- Salski, A.* (2002): Ecological Applications of Fuzzy Logic. In: *Recknagel, F.* (ed): *Ecological Informatics*. Springer.
- Tamás J. – Buzás I. – Nagy I.* (2005): A mintapontok folytonos GIS térbeli elemzése a cukorrépa termésének és minőségének vizsgálata során. *Agrártudományi Közlemények*, 2005/18.
- Várallyay, Gy.* (1998): Multifunctional soil management for sustainable development in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*, **47**, 7–22.

A szerző levélcíme – Address of the author:

MIKÉNÉ HEGEDŰS Friderika
Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Matematika–Fizika–Informatika Intézet
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
E-mail: mikehf@mtk.nyime.hu