Agrár-környezetvédelmi Modul
Talajvédelem-talajremediáció

KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI MÉRNÖKI MSc
TERMÉSZETVÉDELMI MÉRNÖKI MSc

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Térbeli adatok elemzése;interpoláció, krigelés, kokrigelés

55.lecke

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Interpoláció

- A mintákat jellemző paraméterek legtöbbször a területen elszórva és különböző gyakorisággal vett mintákból kerülnek meghatározásra.
- A pontszerű értékekből a teljes vizsgálati területet lefedő folyamatos adatfelszínt - leggyakrabban - valamilyen adatrácsot alakítunk ki *interpoláció* segítségével.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- Ennek megfelelően a térbeli interpoláció az az eljárás, amely a rendelkezésre álló megfigyelések által meghatározott térség mintavétellel nem rendelkező pontjaiban becslést ad a vizsgált tulajdonságok értékére, a megfigyelt pontok tulajdonságai és térbeli helyzete alapján.
- A térbeli interpoláció azon a feltevésen alapul, hogy a térben egymáshoz közel elhelyezkedő pontok értéke nagyobb valószínűséggel hasonló, mint az egymástól messze levő pontoké (Tobler törvénye).

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Interpoláció

- A zónák alkotása állandó paraméterekkel jellemezhető térrészek kijelölését jelenti.
- A zónák határvonalai többnyire valamilyen földtani, vízföldtani egység (jellemzően homogén képződmény, vetőkkel határolt terület, eltemetett folyómeder, stb.) valós vagy feltételezett határán futnak.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Interpoláció

- A zónák kialakítása során alapvetően két problémát kell megoldani: egyrészt az egyes zónák helyzetét, méretét és alakját kell meghatározni, azaz a teret fel kell osztani egy-egy paraméterrel jellemezhető térrészekre, másrészt becsülni kell az egyes zónákra jellemző értékeket.
- Az egyes zónákra jellemző értékek meghatározása történhet számtani átlagolással, területek szerint súlyozott átlagolással (Boldürev-eljárás), krigeléssel és azt követően egyenletes eloszlású pontokból történő átlagolással, valamint inverz számítási eljárásokkal.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Az interpolációs eljárások

- Az interpolációs eljárásokat legalább két fő csoportba sorolhatjuk. Amennyiben az interpoláció alapját képező adatpontokon képzett felület az eredeti értékeket hűen (eltérés nélkül) visszaadja, egzakt (exact) interpolátorokról beszélünk. Itt a felület áthalad mindazon pontokon, amelyek értéke ismert: ilyen a lokális hiba (a nugget értéke nulla) nélküli krigelés.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- A közelítő (approximative) interpolátorokat olyan esetekben alkalmazzák, amikor az adott felületi értékek bizonyos mértékben bizonytalanok. Itt azt a feltevést modellezzük, hogy gyors a térbeli változásuk, így lokális bizonytalanságot (hibát) eredményeznek a rögzített értékekben. Ilyen becslő eljárások: Pl. a Thiessen poligonok, többfokú polinom függvények, trendfelületek, lokális hibával modellezett krigelés.
- A simítás (Spline pontkiegyenlítés) csökkenti a hibák hatását az eredő felületre.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Az interpolációs eljárások

- A *távolsággal fordítottan arányos* (inverse distance to power) egy nagyon gyors, súlyozási módszer. A súlyérték hatása a vizsgálati távolsággal csökken. Ez azt jelenti, hogy, minden más tényező egyezése esetén, minél közelebb van egy adatpont a keresett ponthoz, annál nagyobb súllyal számít a Z érték meghatározásában.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Adott N adat érték: { Z1 ,Z2 , ... , ZN }

Az interpolált érték bármely rácspontnál (legyen Gj) kiszámítható, mint az adat pont értékek súlyozott átlaga:

Gj=

ahol Gj az interpolált rácspont érték a j pontnál

N az adatpontok száma minden rácspont interpolációjánál

Zj a Z érték az i-edik adatpontnál

wij a Gj számításakor az i-edik adatponthoz kapcsolódó súly

A wij súly 0 és 1,0 között változik, minden adatpontra melyet az interpoláció során számba veszünk. Azon adatpontok, melyekhez nagyobb súly tartozik, az 1,0-hez közelebb eső súlyfaktorhoz íródnak, míg azok, melyekhez kisebb súly tartozik, a 0-hoz közelebbi súlyfaktorhoz íródnak.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Az interpolációs eljárások

A rácsalapú módszerek közötti különbség a matematikai algoritmusban van, mellyel kiszámítjuk a súlyokat a rácspont interpoláció során. Minden módszer a meglévő adatok más és más ábrázolását eredményezi.A *távolsággal fordítottan arányos (IDW) összefüggés esetén a számítás alapja a következő:*

$$Z'_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Z_i}{h_{ij}^{\beta}}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{h_{ij}^{\beta}}}$$

ahol

$$h_{ij} = \sqrt{d_{ij}^2 + \delta^2}$$

hy: effektív vizsgálati távolság j rácspont és i szomszédpont között
Zj: j rácspont interpolált értéke
Zi: szomszédos pontok j rácspont i szomszédos pontja közti távolság
β: súlyérték
δ, *dy:* simító paraméterek

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Az interpolációs eljárások

Az előző összefüggésből belátható, hogyha a simító paraméter értéke 0, akkor egzakt interpolátorként alkalmazhatjuk az összefüggést. 0-1 között megadott érték esetén különböző mérvű simítást lehet elérni.

Az egzakt művelet esetén a kapott eredményben gyakran találkozunk "ökörszem" jelenséggel, azaz közel koncentrikus szintvonalakat kapunk a lokális jelleg erős figyelembe vétele miatt.

Simítással ezt a jelenséget mérsékelhetjük az alábbi összefüggés alapján.

$$Z=\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{Z_i}{(h_{ij}+\delta)^{\beta}}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{(h_{ij}+\delta)^{\beta}}}$$

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Krigelés (Kriging)

- A krigelést optimális interpolációként is szokta a szakirodalom emlegetni. Mára főleg a Matheron és társai nyomán, az eredeti egyszerű krigelésnek számos változata terjedt el, melyek közül alapvetőek a pont és a blokk krigelés.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- A pont krigelés esetén a térbeli becslés alapja a pont értéke a vizsgálati rácspontban, míg a blokk krigelés a vizsgálatba vont rács cellák méretét és alakját veszi figyelembe, ennek megfelelően a blokkon belül átlagol és nem vizsgálja a pontok értékeit. Így simító jellegű interpolátornak tekinthető.

- A krigelés a paramétereknek ismeretlen pontban, geostatisztikai alapokon nyugvó meghatározására alkalmas a környező mérési értékek alapján. A módszer alapvetően egy súlyozott átlagszámítás. Az alkalmazott átlagszámítási súlyokat, geostatisztikai alapokon variogram-függvények segítségével határozhatjuk meg (Steiner, 1990).

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- A krigelés a paramétereknek ismeretlen pontban, geostatisztikai alapokon nyugvó meghatározására alkalmas a környező mérési értékek alapján. A módszer alapvetően egy súlyozott átlagszámítás. Az alkalmazott átlagszámítási súlyokat, geostatisztikai alapokon variogram-függvények segítségével határozhatjuk meg (Steiner, 1990).
- A krigelés egzakt és simító interpolátorként is használható a felhasználó által meghatározott paraméterektől függően. Az anizotrópia nagyságát és irányát is figyelembe tudja venni. A módszer során a vizsgálati rácsponthoz mérve meghatározzuk azt a keresési kör alakú távolságot (anizotrópia esetén azt a meghatározott irányú ellipszist), amelyen belül a mintavételi pontok varianciájának figyelembe vételével osztjuk ki az interpolációs súlyokat, melyek összege 1.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Variogram

- A kísérleti félvariogramm (semivariogram) a mintavételi pontok térbeli varianciáját (heterogenitását), erősségét és távolságát határozza meg.
- A variogram modell matematikailag leírja az adatok térbeli szóródását.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- Az interpolációs súly, amit az adat ponthoz rendelünk a rácspont kiszámolása során, alapvetően függ a variogram modelltől.
- A variogram modellek több mint 500 féle kombinációja lehetséges. Részletes variogram vizsgálat olyan betekintést enged az adatokba, amely más módon nem lenne lehetséges és lehetőséget ad a variogram hatótávolságának (range) és az anizotrópia értékének meghatározására.
- Egy próba-variogram kiszámítása az egyetlen biztos módszer annak meghatározására, hogy melyik variogram-modell használható a legjobban. Ehhez valamennyi értéknek valamennyi értékkel képzett szórását kell képezni. N azaz n minta esetén *(n*(n-1))/2* mintapárt, ahol Z(xi) i pont attributív értéke és tőle adott h távolságban (képzetes rácstáv) lévő *Z(i+h)*

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- Tapasztalati tény, hogy a nem véletlenszerű mérési értékek egy bizonyos távolságon, az úgynevezett H hatástávolságon belül egymással korrelálnak. Ezért határozzuk meg az rendelkezésre álló adathalmazból a létrehozható összes pontpár esetére a hasonlóság mértékét leíró varianciáját, ami a mért értékkülönbségek négyzetösszegének a különbsége.
- A kapott varianciákat rendeljük hozzá a kiszemelt két pont távolságához.
- Így db

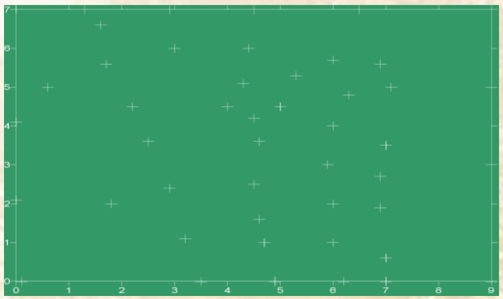
$$n = \frac{n_{adat}\left(n_{adat}+1\right)}{2}$$

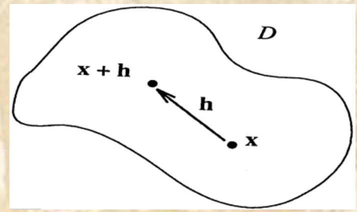
Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

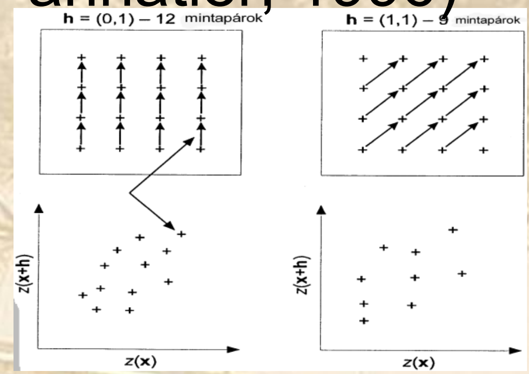
- távolsághoz rendelt variancia-értéket kapunk, ahol az adatok száma. Amennyiben a pontpárokat a köztes távolság szerint csoportokba soroljuk és a csoportokhoz hozzárendeljük az adekvát variancia-értékek átlagát egy tapasztalati variogramot kapunk.
- Erre a tapasztalati variogramra egy elméleti variogram-függvényt illesztünk. A súlyozott átlagszámítás súlyait pedig a variogramokból leolvasható, illetve számítható kovariancia értéke adja.
- A súlyozott átlagszámítás súlyait pedig a variogramokból leolvasható, illetve számítható kovariancia értéke adja.

$$COV\left[Z_{P_i}, Z_{P_{i+h}}\right] = C - \gamma(h)$$

Mintavételi stratégia kialakítása (Pannatier, 1996)



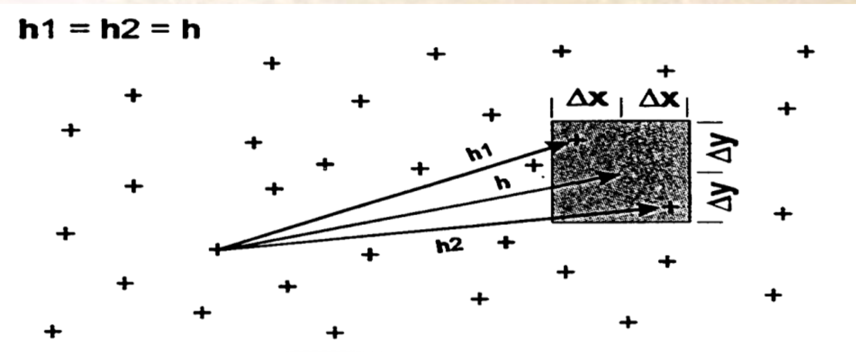




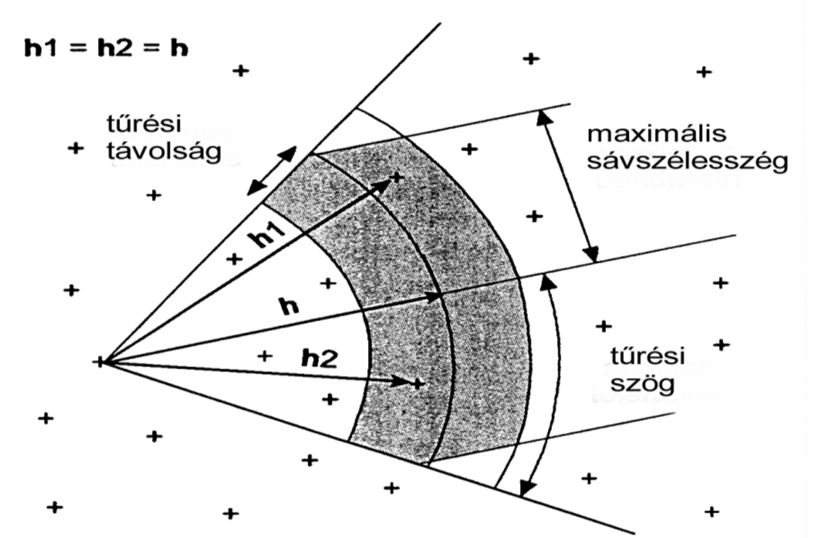
A mintavételi pontok között h távolságra szabályos rácshálót alakítunk ki. Az értékpárok számának térbeli eloszlását befolyásolja, hogy függőleges vagy átlós irányban alakítottuk ki a minta párokat. Látható, hogy a térben elszórt (random) jellegű talaj mintavételi pontok között, h távolságra fejlesztettünk ki egy virtuális hálót. A mintavételi pontok a legtöbb esetben nem esnek egybe ennek a rácsnak a pontjaival. A rácsháló sűrűségének (rácstávolság -lag értékek) megadása után az értékpárok képzésének irányát kell megadni. Általában ez mindenirányú (omnidirectional), azaz nincs egy speciális irányú természeti jelenség (anizotrópia), amely befolyásolná az egy-egy rácspont értékének kiszámításakor bevont mintaértékek számát és elhelyezkedését.

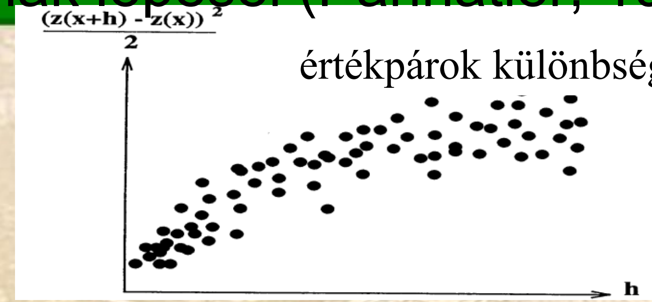
Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

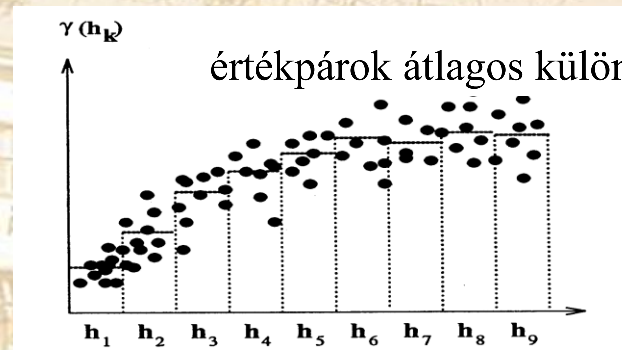
A kísérleti variogram kiszámításának lépései (Pannatier, 1996)

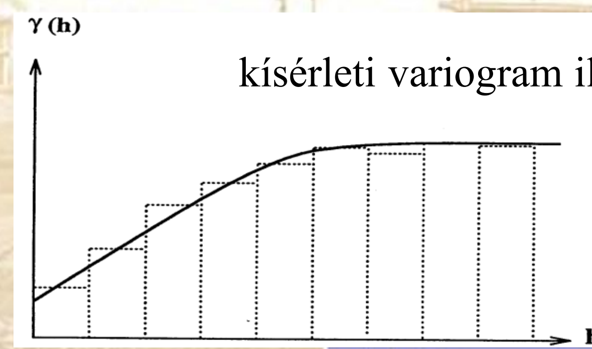


A távolsági vektor tűrési értéke







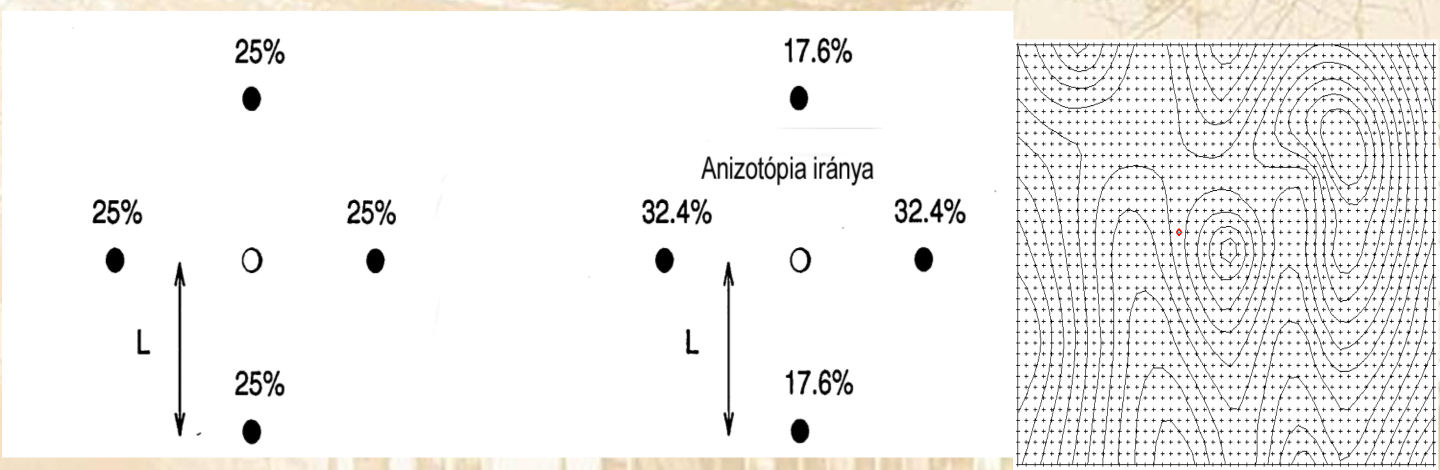


A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- A pontpárok félvariogram értékeire kisérleti variogramot esetenként a pontosabb illeszkedés érdekében, egymásba ágyazott (nested) variogram kombinációkat használunk. Általában a legkisebb négyzetes eltérési értékek alapján végzünk illesztést. Különösen fontos az y tengely körüli pontos illesztés.
- Amennyiben nem tudjuk az origóból indítani a függvényünket, a tengelymetszet értéke az un. röghatás (nugget effect), melyet mérési vagy lokális hibaként értelmezhetünk, relatív értéke (röghatás/küszöbérték) a hagyományos statisztikában a relatív szórással Cv analóg.
- Ahol a variancia eléri a küszöb értéket, ezt a távolságot tekinthetjük hatástávolságnak, azaz vizsgálati pontunknak nincs térbeli kapcsolata ennél távolabb eső pontokkal.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

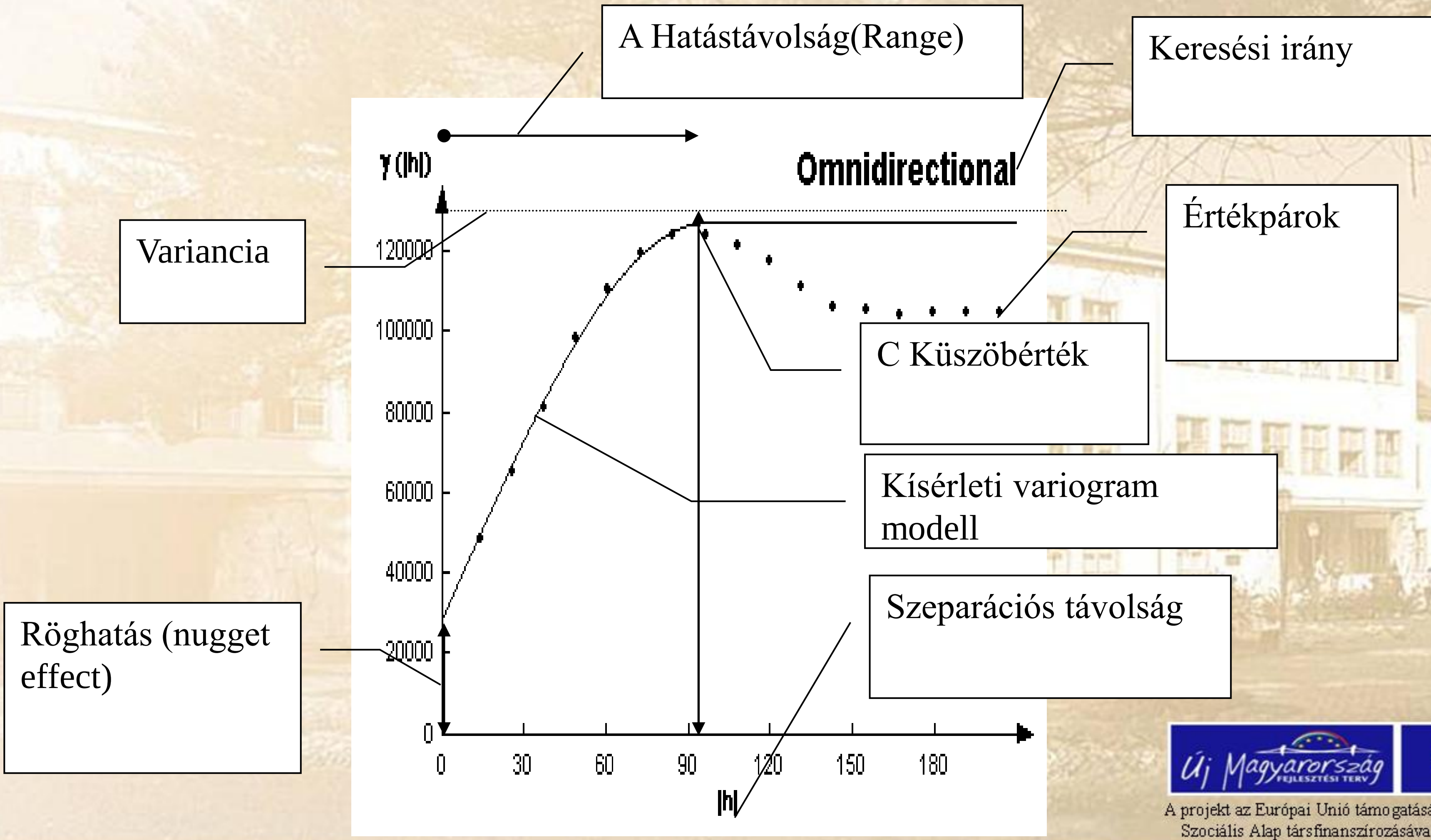
A képzetes rácstávolság és keresési irány megadása után először az értékpárok különbségeit képezzük, majd átlagoljuk a képzetes rácstávolságnyi intervallumokon belül. Az így képzett intervalum átlagokra illesztjük az általunk kiválasztott legjobban illeszkedő elméleti variogram függvényt. A variogram paraméterek alapján osztjuk szét a térbeli súlyokat és képezzük a vizsgálati területet lefedő rácshálót



A térbeli súlyok szétosztásának aránya izotróp és anizotróp mintavételi pontokra L rácstávolság esetén, valamint a vizsgálati területen kialakított rácsháló és izovonalak (Wackernagel, 1995)

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Kisérleti félvariogram felépítése (Wackernagel, 1995)



Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

A variogram hatástávolságát az határozza meg, hogy a variogram-összetevők milyen gyorsan változnak a növekvő elválasztó távolsággal. Izotróp halmaz esetén a távolság, h, a következő egyenlőséggel számolható:

$$h = \frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{A}$$

ahol

[Δx Δy]a távolságvektor (a térkép-koordinátákkal) és

A hatástávolság

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Anizotrópia esetén a relatív távolságok újraskálázását a variogram-egyenletben a következő mátrix-egyenlőséggel számoljuk ki:

$$h=\sqrt{\begin{bmatrix}\Delta x & \Delta y\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos\theta & -\sin\theta\\ \sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\left(\frac{1}{A}\right)^2 & 0\\ 0 & \left(\frac{\rho}{A}\right)^2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos\theta & \sin\theta\\ -\sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta x\\ \Delta y\end{bmatrix}}$$

ahol

[Δx Δy] a távolságvektor (a térkép-koordinátákkal) és

A az összetevő hossz paramétere

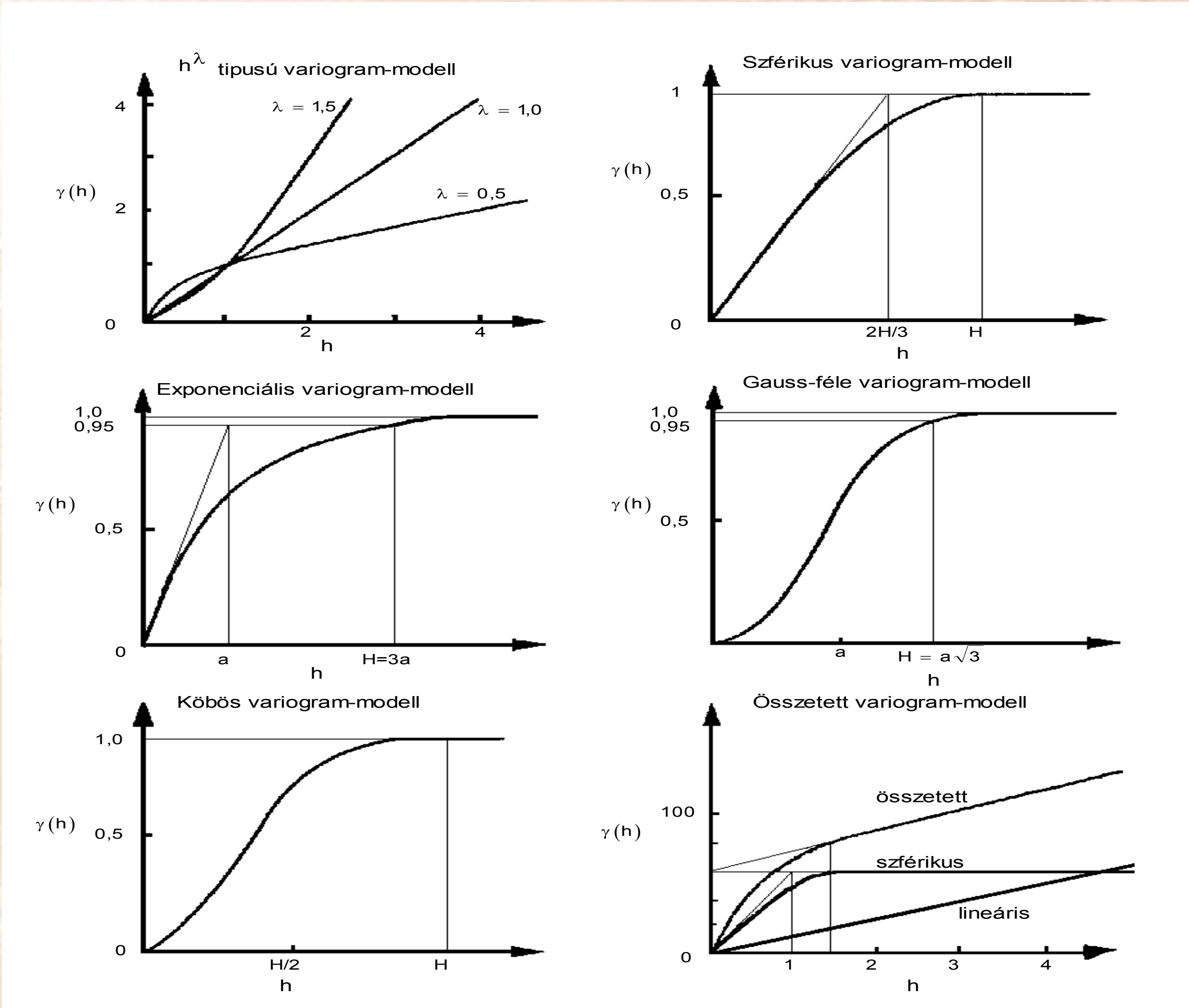
θ az anizotrópia szöge

ρ az anizotrópia arányszáma

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- A röghatás akkor használatos, ha az adatgyűjtés során hibalehetőségek vannak. Ha röghatás értéke (0 például lineáris variogram esetében) akkor az interpolátor egzakt módon viselkedik, értékének növekedésével a simító hatás jobban érvényesül. A röghatás két tényezőből tevődik össze:
- *Röghatás = Hiba Szórás + Lokális Szórás*

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Variogram-modell típusa	*Matematikai függvény*	*Feltétel*
Szférikus modell	$\gamma(h)=C\left(\frac{3h}{2H}-\frac{1h^3}{2H^3}\right)$ $\gamma(h)=C$	$0 \le h \le H$ $h > H$
Gauss-modell	$\gamma(h)=C\left[1-e^{-\left(\frac{h}{a}\right)^2}\right]$	
Exponenciális modell	$\gamma(h)=C\left[1-e^{-\frac{h}{a}}\right]$	
Köbös modell	$\gamma(h)=C\left[7\left(\frac{h}{H}\right)^2-8{,}75\left(\frac{h}{H}\right)^3+3{,}5\left(\frac{h}{H}\right)^5-0{,}75\left(\frac{h}{H}\right)^7\right]$ $\gamma(h)=C$	$0 \le h \le H$ $h > H$
Összetett modell: Lineáris és szférikus modell Kombinációja	$\gamma(h)=K_1h+C\left(\frac{3h}{2H_{szférikus}}-\frac{1h^3}{2H^3_{szférikus}}\right)$ $\gamma(h)=K_1h+C$	$0 \le h \le H_{szférikus}$ $h > H_{szférikus}$

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- A rácsháló kialakítása során a teljes felületet vettük figyelembe, ugyanakkor sok esetben vannak olyan térrészek egy adott táblán belül, amelyekre a körülötte levő mintavételi pontok nem értelmezhetőek pl. egy vízfelszín, útfelület, valamilyen kezelésben nem részesült terület. Ezeket a térbeli "hibákat, szakadásokat" általában külön ki kell takarni (blankolni) a képzett rácsértékekből. Ez már legtöbbször utólag célszoftverek segítségével lehet elvégezni.
- A hibaszórás a mérési hibák szórásának meghatározását teszi lehetővé. Ez az érték az adatmérés megismételhetőségének számszerűsítése.
- A lokális szórás a mérési pontokhoz viszonyított, kis rácstávolság szórásának meghatározását teszi lehetővé.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- A vizsgálati térben a mintavételi pontok térbeli elhelyezkedésének szintén meghatározó hatása lehet. Egyrészt az alkalmazható keresési irányra (teljes keresési irány - omnidirectional, vagy valamilyen keresési szektor megadásával) illetve az adatok egyenletesesességére.
- Ennek a mozgásnak jelentős hatása akkor van, ha az interpoláció nagy, hiányosan mintázott területeken (lyukakon - drift) keresztül történik az adatmintában, és ha az adatok határain túl extrapolálunk.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- Ha kétségek merülnek fel, ne használjuk drift opciót. A Lineáris Drift és a Négyzetes Drift az univerzális krigelés kivitelezéséhez használató. Ezek használata az adatok által meghatározott folyamatok pontos ismeretére kell, hogy épüljön.
- Ha az adatok egy lineáris irány körül változnak, akkor a lineáris drift a legmegfelelőbb. Ha a négyzetes irány körül szóródnak (például egy parabolaív), akkor a négyzetes drift a legjobb választás.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Kokrigelés

- A kokrigelés során korrelációt tételezünk fel a becslendő paraméter és egy másik, általában jobban ismert statisztikai jellemzőkkel rendelkező paraméter között. A két adatsor felhasználásával azokon a területeken, ahol a becslendő paraméter interpolálásához szükséges információ hiányzik, keresztkorrelációs számítás alapján a második adatsor segítségével történhet a keresett paraméter becslése. A módszert Aboufirassi és Marino (1984) alkalmazta először a hidrogeológiában. A vizsgált kaliforniai területen a transzmisszibilitás értékét becsülték ko-krigelés módszerével a transzmisszibilitás és az azzal korreláló tárolási tényező adatok alapján.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- Elsősorban a területi kutatás kezdeti fázisában, amikor még kevés adat áll rendelkezésre, elfogadható közelítés a feltételekhez kötött szimuláció, mellyel a potenciális terjedési irányok, a legkedvezőtlenebb esetek meghatározhatók és ennek alapján a további munkához szükséges hipotézis felállítható.
- Az ismeretesség magasabb fokán, a kutatás későbbi fázisában, tehát megfelelő számú és eloszlású adat esetén alkalmazható a krigelés, amelynek simító hatását az eredmények kiértékelésénél figyelembe kell venni.
- Ha a simító hatás okozta hiba nem megengedhető, javasolható az ismert pontokban az értékeket nem megváltoztató más elveken alapuló interpolációs eljárások(Steiner,1990) alkalmazása.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

- A földtani képződményekhez kapcsolódó modell-számítások egyik sajátsága, hogy a transzport-egyenletben szereplő paraméterek meghatározási pontossága nagyságrendekkel kisebb, mint például a gépészeti alkalmazások hasonló paraméterei. További problémát jelent a közeg inhomogenitása a korábban említett nem földtani jellegű számításokkal szemben. A paraméterek pontatlanságaiból eredő hibák vizsgálatánál célszerű különválasztani a felszín alatti vizek mozgását, valamint a szennyezőanyag terjedését befolyásoló tényezők hatását.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

ELŐADÁS ÖSSZEFOGLALÁSA

- A geostatisztikai módszerek alkalmazásának korlátait Pekdeger és Schafmeister-Spierling vizsgálta. Tapasztalataik (Pekdeger et al., 1989) szerint az alapvető statisztikai jellemzők: átlagérték, szórás, variancia a mintaszám csökkenésével jelentősen nem változik meg, ugyanakkor a variogramok jellemzői (maghatás, kovariancia) igen.
- Mivel az adatszám csökkenése a maghatás erős növekedéséhez és az anizotrópia csökkenéséhez vezetett, ezért az elméleti variogramok felhasználásával végzett krigelés során számottevő eltérések mutatkoztak, amely hibák a későbbi transzportszámítási eredményekbe átöröklődtek.
- A krigelési hiba (krigelés szórása) területi eloszlása az adatszám csökkenésével kevésbé egyenletes és egyre nagyobb, minek következtében a kisebb adathalmazból számított szivárgási tényező eloszlás fokozatosan elvesztette reprezentativitását.

Új Magyarország Fejlesztési Terv
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

ELŐADÁS Felhasznált forrásai

Szakirodalom:

Tamás J.: 2002. Talajremediáció. Debreceni Egyetem, Debrecen, 1-241.

Filep Gy., Kovács B., Lakatos J., Madarász T., Szabó I.: 2002. Szennyezett területek kármentesítése, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1-483.

Egyéb források:

Anton A., Dura Gy., Gruiz K., Horváth A., Kádár I., Kiss E., Nagy G., Simon L., Szabó P.: 1999. Talajszennyeződés, talajtisztítás, Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest, 1-219.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

Köszönöm a figyelmet!

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg