

Csipőszúnyog lárvá-tenyészőhelyek térképezése predikciós térinformatikai módszerekkel*

Szabó Szilárd¹, Kenyeres Zoltán², Bauer Norbert³ & Sáringer-Kenyeres Tamás⁴

¹ Debreceni Egyetem, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tsz., H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.,
e-mail: szszabo@delfin.unideb.hu

² Acrida Természetvédelmi Kutató BT, H-8300 Tapolca, Deák F. u. 7., e-mail: kenyeres.zol@gmail.com

³ H-2510 Dorog Attila u. 42., e-mail: bauernorbert@vnet.hu

⁴ Pannónia Központ Szakértői és Tanácsadói Koordinációs Kft., H-8360 Keszthely, Vák Bottyán u. 37.,
e-mail: tamas@saringer.hu

George Box: "All models are wrong, but some are useful."
(Minden modell rossz, de néhányuk használható.)

ABSTRACT

Mapping of the mosquito breeding sites using predictive geographic information methods. – Application of remote sensing and other GIS methods in the subject of mapping mosquito breeding sites has not been premised accordingly. Despite the facts that the duration of field surveys would be shortened and the effectiveness of action plans would be higher with the supportance of computer modelling techniques. This work aimed to evaluate the applicability of digital elevation models and aerial photographs in the prediction of mosquito breeding sites. Relief analysis was carried out seeking depressions based on elevation models created with TIN and kriging interpolation methods. Spectral analysis was performed on aerial photographs to identify the patches of higher water content or moisture. The results show that terrain analysis can not give acceptable results due to its resolution and accuracy. Spectral analysis of normal (visible range) photographs can be a useful tool in predicting of breeding sites. On grasslands the verification revealed 91% correct results.

1. BEVEZETÉS

A tenyészőhely-térképezések során a térinformatika prediktív lehetőségeit más kutatási területekhez képest jóval ritkábban veszik igénybe. Az utóbbi időben azonban a GIS technológia a csipőszúnyog-tenyészőhelyek térképezéséhez kapcsolódóan is előtérbe került. Publikáció azonban eddig viszonylag kevés született a témában (pl. SRIVASTAVA *et al.* 2001, 2003, HAUSBECK 2004, ZOU *et al.* 2006, SCHÄFER 2008). Ez részben annak köszönhető, hogy a csipőszúnyog-tenyészőhelyek becslése geoinformatikai módszerekkel rendkívül problematikus. A feladat nehézségét az adja, hogy kis területű élőhelyeket kell meghatározni, melyek sekély vízűek, ugyanakkor nem minden sekély vízű, lefolyástalan mélyedés funkcionál tenyészőhelyként. További nehézséget jelent, hogy számos humán szempontból fontos tenyészőhely-típus állapotát szélsőséges különbségek jellemzik (1. ábra).

* Megjelent: Szabó, Sz., Kenyeres, Z., Bauer, N., Gosztonyi, Gy. & Sáringer-Kenyeres, T. (2008): Mapping of mosquito (Culicidae) breeding sites using predictive geographic information methods. – Dissertation Comissions Of Cultural Landscape – Methods of Landscape Research 8: 255–270.

Kutatási célkitűzésünk egy olyan modell létrehozása volt, mely megbízható predikciókkal határozza meg a csípőszűnyog-tenyészőhelyek elhelyezkedését. E modell hiánya eddig alapkutatási és gyakorlati szempontból egyaránt jelentkezett.

Esettanulmányunk kutatási területe a változatos csípőszűnyog-tenyészőhelyekben kifejezetten gazdag Tisza-tó térségében (Kisköre, Tiszanána, Sarud, Újlőrincfalva, Poroszló, Borsodivánka, Négyes, Tiszavalk mentett oldali területei) került kijelölésre.

1. ábra. A tenyészőhelyek kiterjedése, jellege sokszor jelentős szélsőségeket mutat [Borsodivánka, Pap-földek, 2007.04.14 (balra) és 2007.07.23. (jobbra)]



Vizsgálatainkat két hipotézis mentén végeztük: (1) a távérzékelte adatok spektrális elemzésével azonosítani a tenyészőhelyeket, (2) megtalálni azokat a domborzati formákat, melyek tenyészőhelyként funkcionálnak.

2. MÓDSZEREK

Mintavételezés

A kutatási területen (Kisköre, Tiszanána, Sarud, Újlőrincfalva, Poroszló, Borsodivánka, Négyes, Tiszavalk közigazgatási területének mentett oldali területei) [$\sim 361,94 \text{ km}^2$] párhuzamosan végeztük a pontszerű felvételezést, ill. a modellezés tanulólöterületeinek kijelölését.

A mintavétel időpontjában rögzített adatok a következők voltak: földrajzi koordináta; a tenyészőhely vizének pH-értéke, hőmérséklete, mélysége, jellege (állandó vagy időszakos); a fedettség, ill. árnyékoltság mértéke; a tenyészőhelyen megnevezhető növénytársulás(ok); legjellemzőbb vízi, vízparti, mocsári, mocsárréti növényfajok; a hínárvegetációra vonatkozó jelenlét-hiány adat, ill. borításérték; a tenyészőhely víztérípus-besorolása; a tenyészőhely körüli élőhelytípus; a tenyészőhelyen fejlődő csípőszűnyog lárvagyüttes minőségi és mennyiségi viszonyai; lárvasűrűség a felvétel időpontjában.

A fenti módszerrel 2006 és 2008 között összesen 563 mintavételt végeztünk.

Alkalmazott digitális állományok

A távérzékelt adatforrások közül a FÖMI 2005-ös készítésű légifotóit használtuk. Ezek a célkitűzésben meghatározott vizsgálatokhoz jól alkalmazhatók voltak, mert (1) készítésük ideje időben nem esik távol a vizsgálati időszaktól; (2) csapadékos év tava-szát ábrázolják, ezért a tenyészőhelyek kiterjedésének egyfajta relatív-maximális kiterjedés melletti becslésére alkalmasak; (3) geometriai felbontásuk (0,5 m) az elérhető legjobb értéken van.

A mélyedések, mint domborzati formákkal kapcsolatos modellezéshez a FÖMI M=1:10.000 topográfiai térképek szintvonalalaiból készített vektoros fedvényeit alkalmaztuk.

Tanulóterületek meghatározása

A poligonok előállítására GPS-es felméréssel, EOVS vetület szerint történt, 1:10.000 méretarányú topográfiai térképek, színhelyes ortofotók, valamint az ArcGIS 9.1 (1999–2004) és az ArcPad 7.0 (2000–2005) szoftverek felhasználásával. Az ábrázolt tenyészőhelyek méretét a felvételezés során tapasztalt legnagyobb kiterjedés mellett ábrázoltuk (az egyes élőhely-foltok kiterjedése a vizsgálat időszakában is jelentős mértékben változott). A modellezés kiindulópontját jelentő alaptérképre 435 poligon került. Az ábrázolt foltokhoz hozzáfűztük a vonatkozó mintavételi adatokat.

Térinformatikai módszerek

A légifelvételek interpretációja során az IDRISI 15 Andes és SPRING szoftvereket használtuk.

A vizsgálatok során klaszteranalízist, isoclust (Iterative self-organising cluster) elemzést és képszegmentálást alkalmaztuk, mint nem irányított osztályba sorolási módszereket. Az irányított osztályba sorolások közül alkalmazott módszerek a következők voltak: minimális távolság, paralelopipedon módszer, maximum likelihood (SMITH *et al.* 2008).

Kiegészítő módszerként a spektrális tartományok kiemeléséhez STRETCH-módszerrel történő újraskálázást, a tenyészőhelyek ábrázolásához kézi fotointerpretációt alkalmaztunk.

A magasságmodelleket az IDRISI Andes segítségével állítottuk elő. A felszínelemzést az IDRISI Andes, a TAS és a SAGA szoftverekkel végeztük. Az IDRISI program segítségével leválogattuk a lapos felszíneket és a mélyedéseket.

3. EREDMÉNYEK

A célkitűzésben szereplő modell fejlesztési folyamata során bizonyos hipotéziseink megerősítést nyertek, másokat el kellett vetnünk. Alapvető és általános jelenség volt, hogy az eredmények regionális különbségeket mutatnak, így egyes területek jól osztályozhatók, míg a tenyészőhelyek bizonyos esetekben nehezen azonosíthatók voltak.

Spektrális elemzésen alapuló feldolgozás

Klaszteranalízis

Klaszteranalízis esetén a kapott eredmény attól függött, hogy milyen volt a vizsgált terület spektrális képe és attól, hogy tenyészőhelyek mennyire voltak egyöntetűek. A **4. ábrán** egy olyan részterületet mutatunk be, ahol a tenyészőhelyek megjelenése egyöntetű, így a kapott eredmény is a valóságot tükrözi. A becslés értékes, mivel a feltáró terepbejárások alkalmával a tenyészőhelyek kiterjedése jóval kisebb volt. Ez elsősorban annak volt köszönhető, hogy a felvételezés időszaka csapadékszegényebb évekre esett, a csapadékos éveket követően (2005 tavaszán) készült légifotón viszont részben a nedvességi viszonyok, részben pedig a növényzeti mintázatnak köszönhetően kirajzolódott a tenyészőhelyek egyfajta maximális mérete. Ez a részterület azon kedvező adottságainak köszönhető, hogy egy nagyrészt száraz, relatíve homogén, alacsony fűví legelőterületen a kis szintkülönbségek ellenére a jellemző vízborítás helyei (mivel ezek a vegetációs határként is markánsak) élesen mutatkoznak. A részterület esetében a klaszterezést az 1%-nál kisebb összfelületű pixelek elhagyásával és durva osztályozással elvégezve jobb eredményt kaptunk.

Azon részterületeken, ahol a tenyészőhelyek spektrálisan igen szórt területeken helyezkedtek el, a durva osztályozás sem hozott megfelelő eredményt.

A klaszterezés ezen eredményei előbbre vittek a modellalkotásban, de számos problémát vetettek fel, melyek elsősorban a spektrálisan szórt részterületek elemzésében, ill. a tenyészőhelynek predikált, valójában nem tenyészőhelyként funkcionáló foltok megjelenítésében jelentkeztek. E hibák csökkenthetők voltak az eredmények szűkítésével. Ennek során a becslést a gyepterületekre korlátoztuk, a csípőszűnyogok fejlődése szempontjából indifferens területeket [pl. szántóterületek és erősen antropogén területek (pl. települések beépített részei)] figyelmen kívül hagytuk.

Az ISOCLUST módszer eredménye nagymértékben hasonlított a fenti tapasztalatokhoz, de az iteratív megközelítés miatt különbözött is. A hagyományos klaszterezés két (durva és finom) megoldása közötti eredményt kaptunk. A durva megoldásnál részletgazdagabb, a finomnál pedig letisztultabb volt a kapott térkép.

Paralelopipedon módszer

E módszer vizsgálatánál szembesültünk azzal, hogy amennyiben a GPS-szel történő terepi adatgyűjtés csapadékhányos időszakban, nagyrészt száraz tenyészőhelyek mellett történik az nem megfelelő a tanulóterületek kijelöléséhez. A pontosítás érdekében a terepi felvételt magterületeknek tekintve, azokat a légifotók alapján korrigálva határoztuk meg a tanulóterületeket. Összevetve a kétféle módon meghatározott tanulóterületekre épülő elemzést megállapítható volt, hogy minden esetben, amikor a GPS-szel bemért (aktuális) tenyészőhelyeket kezeltük tanulóterületként, a besorolásból kimaradtak a legjobban kirajzolódó foltok. A légifotóról történt adatgyűjtés a legtöbb esetben javított a besoroláson.

Minimum distance módszer

A minimum distance módszer vizsgálatainkat megelőzően is közkedvelt térinformatikai módszer volt, gyorsasága és viszonylag pontos becslései miatt (RICHARDS & JIA 1999). A módszer a csípőszűnyog-tenyészőhelyek predikciós elemzése során is meggyőző eredményt hozott. Ez esetben is segített a légifotóról történő adatgyűjtés. A te-

repi felmérés tanulótérületként történő alkalmazása itt is csak a mintázatot adta vissza, míg a légifotóról történt adatgyűjtés a valós területeket jelenítette meg (**4. ábra**).

Maximum likelihood módszer

E módszer esetében az eredmények az előző két irányított osztályba sorolási módszerhez hasonlítottak. A GPS-es terepi felmérés alapján készült térkép a paralelopipedon módszerhez, a légifotóról történt adatgyűjtés alapján pedig a minimum distance módszerhez hasonló eredményt kaptunk.

Stretching

A hagyományos képfeldolgozás egyik alapvető eszköze a képi értékek nyújtása (SZABÓ 2006). Ennek alkalmazásával lehetőségünk volt a tenyészőhelyekre fókuszálva megjeleníteni a légifotót a spektrális tartomány célirányos szűkítésével (**5. ábra**). Ehhez előbb RGB csatornákra bontottuk a felvételt, majd kiemeltük azt a tartományt, ahol a legkontrasztosabb volt a tenyészőhelyek megjelenése.

Első lépésként a zöld csatorna célirányosan megváltoztatott értékeit klasztereztük. A kapott eredmény messze a legjobb volt a folyamat korábbi képeihez képest. Az igazán jól használható állományok vektorosak, melyek ráhelyezhetők a topográfiai térképre. Ehhez még mindig túlságosan zajos volt a kép, így egy 7×7 -es módusz szűrővel lecsökkentettük a képzajt (**6. ábra**). Ezt követően egy újraosztályozással kivettük a tenyészőhelyek kategóriáját, ami már vektorizálható volt (**7. ábra**).

Ez a módszer a kevésbé jól osztályozható területeken is jobb eredményt hozott a korábbiakhoz képest.

Mindközül ez utóbbi módszert találtuk a fejlesztési céloknak leginkább megfelelőnek, ez lett a feldolgozás alapja. A légifotókat RGB csatornákra bontottuk, ebből a leginformatívabb zöldet felhasználva a pixelértékeket nyújtottuk (stretch) és az így kapott, kontrasztfokozáson átesett állományt vetettük klaszteranalízis alá. A nyújtás igen hatékony eszköznek bizonyult, a vizsgálati terület legfontosabb, ábrázolható mérettartományba eső tenyészőhelyek megjelenítéséhez.

Képszegmentálás

A képszegmentálás a fentiekhez képest fordított eredményt hozott. A bemutatott tiszavalki területen nem hozott jobb eredményt, mint nyújtott pixelintenzitás-értékek klaszterezése, a spektrálisan szórt részterületek elemzésében viszont minden más módszerhez képest a legjobb megoldást adta: nem becsülte túl a felmért foltokat, emellett a legkisebb volt a képzaj, mely szűrő alkalmazásával tovább csökkenthető volt (**8. ábra**).

Vektorizálás

A raszteres formát (azaz esetünkben a predikciót) – lehetőleg automatizált módon – át kell alakítani vektoros formátumúvá, ugyanis az ellenőrzések során alkalmazható eszközökön (pl. PDA-k) a vektoros állományok használhatók optimálisan. A csípőszűnyeg-tenyészőhelyek térképi megjelenítése során jelenlegi ismereteink szerint a legbiztosabb eredményt a kézi interpretáció adja, mert csak így szűrhetők ki az automatizált módszerek hibái miatt keletkező bizonytalanságok.

Digitális magasságmodellen alapuló vizsgálat

A digitális magasságmodell készítése során első lépésként digitalizáltuk a magassági pontokat, ami részben enyhítette az adathiányt a szintvonalihiányos területeken. Az esetek nagy részében ez nem volt elegendő, így további adatpontokat vittünk be a szintvonaleértékekre és az eséstüskékre alapozva. Ugyanis ha csak a szintvonalakból nyert információkra hagyatkoznánk, akkor az eséstüskék által jelzett változások kimaradnak az interpretációból, ami különösen sík területen a domborzat leegyszerűsítését jelenti. Ezen információ digitálisan értékelhetővé tételéhez a szintvonalak fedvényéből pontfedvényt készítettünk és kiegészítettük a térképek magassági pontjaival. Kihagytuk viszont az olyan pontokat, amelyek antropogén eredetű objektumok magasságát adták meg – ezekkel a sok esetben lineáris megjelenés miatt hamis információt közlünk volna. Továbbá magassági pontokat adtunk meg olyan helyeken, ahol az eséstüskék mélyedéseket jeleztek (csak ott, ahol topográfiailag indokolt volt és csak 20–40 cmnyi mélységű pontokat vettünk fel, figyelembe véve, hogy az 50 cm-nél mélyebb különbségek már a térképen is megjelennek). Ezzel a módszerrel egy morfológiailag helyesebb domborzati képet kaptunk (**2. ábra**).

Munkánkban 5 és 10 méteres területi felbontású magasságmodellt használtunk. A TIN technikával előállított modellnél lehetséges volt az 5 méteres magasságmodell előállítás, a krigelés viszont csak a 10 méteres felbontás mellett volt megvalósítható. Ez azt jelenti, hogy a legkisebb térképezhető vízborításos felület 25, illetve 100 m² volt.

A digitális magasságmodell csípőszűnyog-tenyészőhelyek ábrázolására való alkalmazhatóságának vizsgálata során megállapítottuk, hogy az a célra csak jelentős korlátozásokkal alkalmazható, ill. alkalmatlan. Ennek okai a következők: (1) Jelenleg nincs Magyarországon olyan szintvonal adatbázis, aminek állományából generálni lehetne olyan pontosságú magasságmodellt, mely a csípőszűnyog-tenyészőhelyek ábrázolásához megfelelő részletességű. (2) A kiemelkedő jelentőségű csípőszűnyog-tenyészőhelyek általában kis reliefenergiájú területek, gyakran csak néhány deciméteres magasságkülönbségekkel, ehhez az 1:10.000 méretarányú topográfiai térképek digitalizált szintvonalainak felhasználása messze nem elegendő: az 1 méteres szintvonalközök középpontja $\pm 0,59$ m (WINKLER 2007), a szintvonal-adatbázisból készült 5 méteres felbontású, megvásárolható (HUNDEM-5) domborzatmodellé pedig $\pm 0,7$ – $1,5$ m (IVÁN 2007). (3) A csípőszűnyog-tenyészőhelyek ábrázolásához kb. 1 méteres területi felbontásra lenne szükség, ez viszont nem kivitelezhető csak igen kis területek esetében. (4) Megoldást jelenthet a lézeres pásztázással (LIDAR) készített nagyfelbontású magasságmodell is, mellyel kapcsolatban egyelőre csak néhány tesztrepülés eredménye áll rendelkezésre, valamint az ilyen állományok beszerzési ára is igen jelentős korlátként jelentkezik. (5) A mélyedések azonosítása csak az első lépés, mivel nem mindegyik kezelendő tenyészőhelyként. A csapadék mennyiségétől, a hőmérsékleti viszonyoktól, a párolgástól, valamint a mélyedés talajának vízvezető képességétől függően válhat belőlük a lárvák fejlődéséhez megfelelő feltételeket nyújtó élőhely. Mindezek fényében bizonyos részük sosem, más részük viszont rendszeresen funkcionálhat tenyészőhelyként.

2. ábra. Szintvonalak Tiszavalk területén és az általunk felvett további pontok



A krigeléssel készült magasságmodellel kapcsolatos eredmények

A módszer a kutatási területhez hasonló sík terület esetében nem megfelelő domborzatmodellt állít elő. A kis magasságkülönbségek az interpoláció simító hatására eltűnnek. A mélyedések keresésekor pixelnyi méretű mélyedések keletkeznek, melyeket inkább képzajként értelmezhetünk, mint mélyedésként (9. ábra).

TIN modellel kapcsolatos eredmények

Ez a módszer mintaterületünkön jó eredményt adott, de csak olyan domborzati elemeknél, melyek változása gyors (ezek többsége azonban nem kiemelkedő jelentőségű tényezőhely). A módszer nem simít, hanem szabálytalan háromszöghálójával szintvonalról szintvonalra (pontosabban ezek töréspontjaira építve) csak azokban a pontokban ad helyes eredményt, ahol van adat is (JORDÁN 2007a-b). Összegezve megállapítható, hogy a TIN módszerrel azok a nagyobb formák azonosíthatók, melyek nedvességtöbbletüknek köszönhetően közvetve spektrális elemzéssel is meghatározhatók.

A két domborzat-modellezési módszer (krigelés és TIN) közötti különbséget a 10. ábra mutatja (mintaterület Poroszló és Tiszánána határán). A krigelés, mint interpolációs eljárás simít, vagyis az eredménye is egy olyan modell, mely kevésbé követi a domborzat változását kis távolságon belül. A TIN jobb eredményt ad, ha van elegendő adat. A 10. ábrán az is látható, hogy a krigeléssel nyert depressziók nagyobb területűek, jobban túlbecsülik a potenciálisan elöntés alá kerülő területeket, mint a TIN modell. Az, hogy bizonyos területeken teljesen megegyezik a két módszer becslése annak a következménye, hogy az alapadatok teljesen megegyeztek, ahol az adatsűrűség is optimális volt, ott hasonló domborzati forma, ugyanolyan levezethető mélyedés lett az eredmény.

A prediktív modell eredményeinek tesztelése

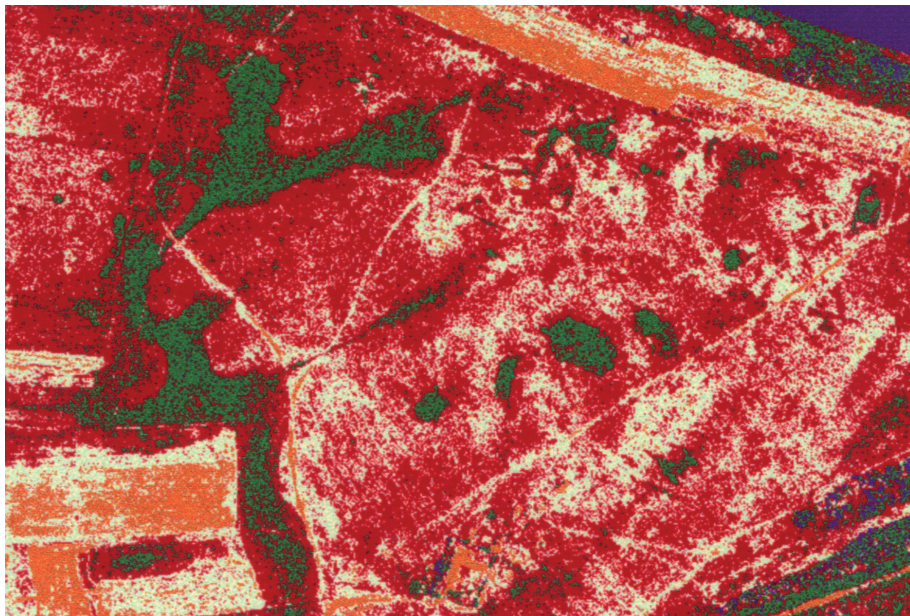
Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a magasságmodell nem volt alkalmazható a csípőszűnyog-tenyészőhelyek predikciós megjelenítéséhez, a színeképelemzés azonban jó eredményeket hozott. Ezen predikált foltok közül véletlenszerűen kiválasztottakat az alapfelvételezéssel azonos mintavételi módszert alkalmazva ellenőriztük. Már a modellezési folyamat során nyilvánvalóvá vált, hogy a legjobban működő módszer a vízállásos gyepterületek, mocsár típusú tenyészőhelyeinek, nagyobb kiterjedésű csapadékvizes pocsolyáinak ábrázolására alkalmas.

A modell által kijelölt foltokról 91 %-ban igazolást nyert, hogy valóban tenyészőhelyként működnek. A terepi ellenőrzés során feltártuk a hibaforrásokat, melyek a 9 %-nyi eltérést okozták: (1) A színeképelemzés – az RGB-állomány vonatkozó részének hasonló színbeli megjelenése miatt – facsoportok árnyékait a mocsár típusú állóvizekhez hasonlóan kezeli; (2) a néhány m²-es tenyészőhelyek vagy nem jelennek meg, vagy nem különböztethetők meg a zajtól.

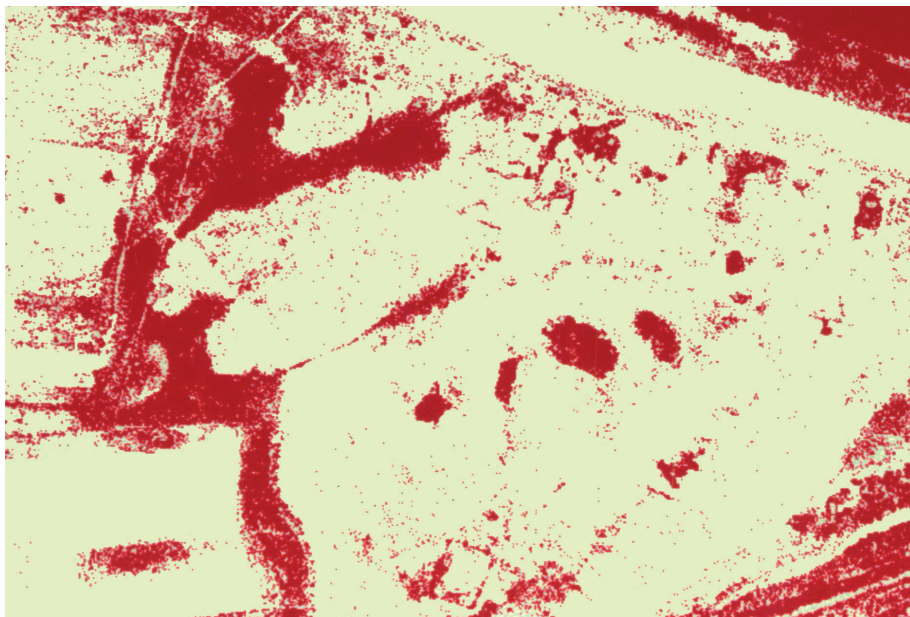
4. ÉRTÉKELES

Eredményeinket összegezve megállapítható, hogy a spektrális elemzés a csípőszűnyog-tenyészőhelyek predikciós térképezésében messze jobb eredményeket hozott a domborzat-modellezéssel szemben. Ezen belül a legjobb eredményt a gyepterületekre szűrt állomány, részletesen mintavételezett tanulóterületek kijelölésével (GPS-es bemérések és légifotóról történő adatgyűjtés együttes alkalmazása) elvégzett színeképelemzése hozta. A spektrális elemzés különféle módszereit a teljes vizsgálati területen tesztelve megállapítottuk, hogy egyetlen, automatikusan és általánosan felhasználható módszer nem nevezhető meg. Ennek oka, hogy a vizsgálati terület nagy kiterjedésű, egymástól szélsőséges mértékben eltérő jellegű részterületekkel. Homogén élőhelyszerkezetű területeken, ahol az egyes foltok jól elkülöníthetők egymástól, szinte minden módszer megfelelő eredményt ad. Ezek közül az irányított osztályba soroláshoz tartozó minimum distance módszer jó alkalmazhatóságát emeljük ki. A heterogén élőhelyszerkezetű területeken a legjobb eredmény úgy érhető el, ha előzetes vizsgálatok alapján a részterületekhez adekvát módszereket alkalmazunk. A prediktív módszer a nagyon kicsi (néhány m², vagy sávszerűen keskeny) tenyészőhelyeket nem jelzi, ill. a tenyészőhely-típusok közül a mocsár típusú vízállások, ill. csapadékvizes pocsolyák térképhelyes elhelyezkedésének meghatározására alkalmas, különösen gyepek dominálta területeken. Ugyanezen módszer a fenti típusba tartozó tenyészőhelyek vizsgálatára infraszínes, egyedi készítésű légifotó-sorozat használatával fás vegetációval fedett (pl. árterek, erdőterületek) élőhelyeken is alkalmazható.

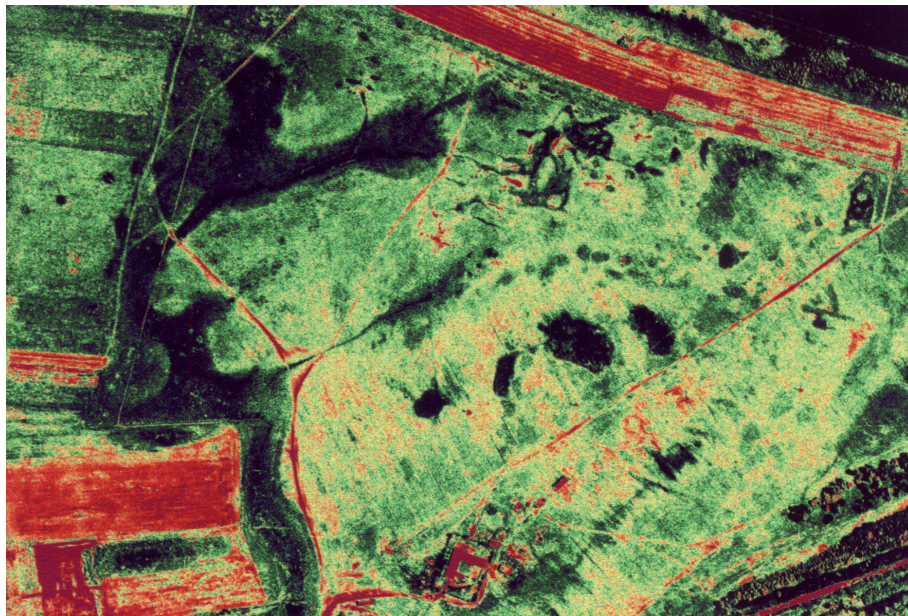
3. ábra. A tiszavalki mintaterület klaszter-analízise
(durva osztályozás, a predikált tenyészőhelyeket a zöld foltok jelzik)



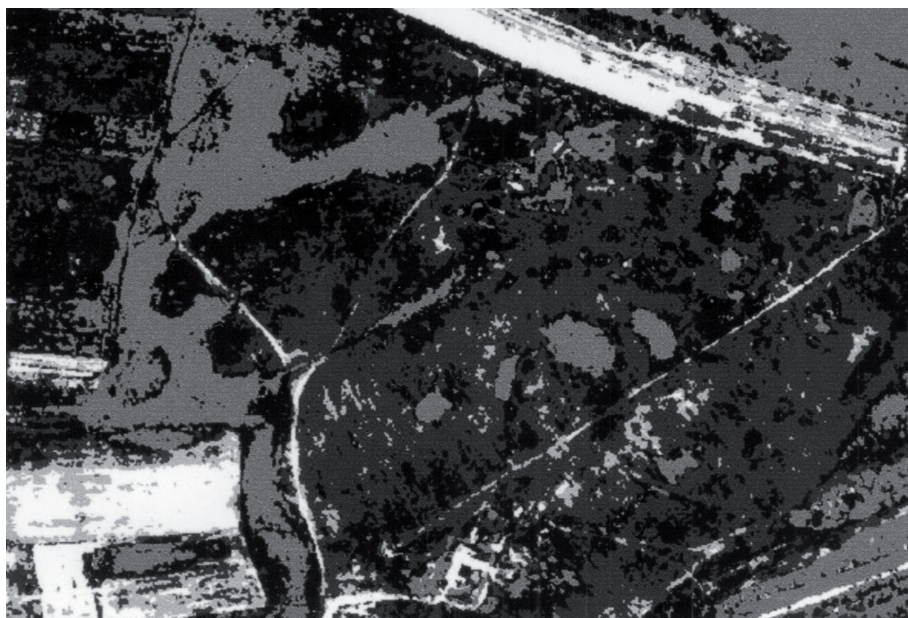
4. ábra. A tiszavalki mintaterület tenyészőhelyeinek elemzése minimum distance módszerrel,
a légifotó elemzése és a GPS-mérések alapján felvett tanulóterületek alapján
(a predikált tenyészőhelyeket a piros foltok jelzik)



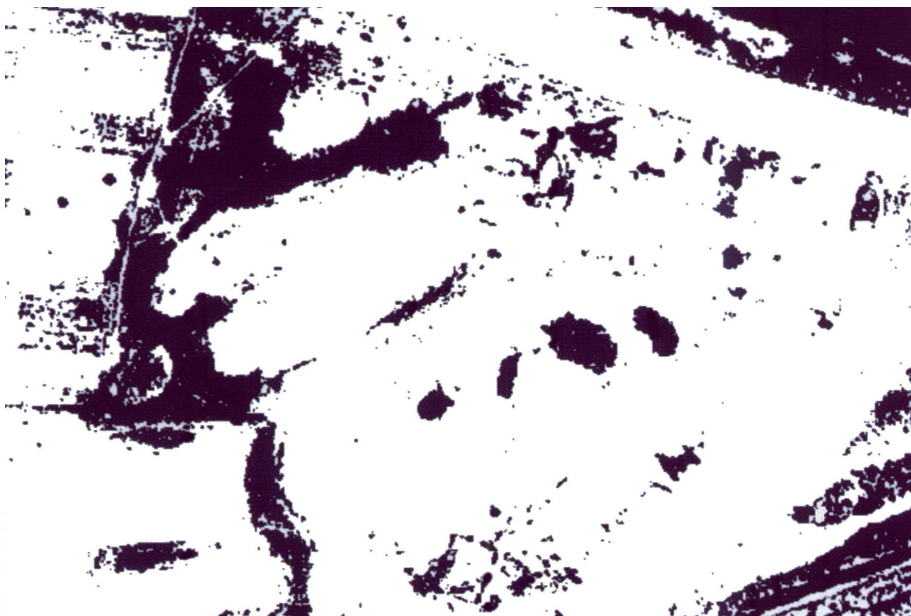
5. ábra. A tiszavalki mintaterület nyújtással (stretch) előállított képe



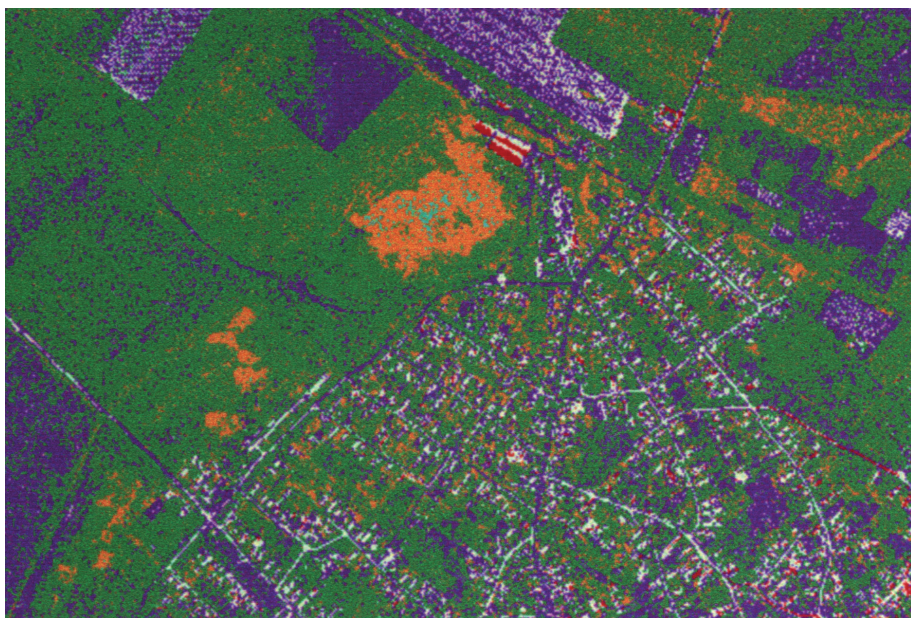
6. ábra. A tiszavalki mintaterület klaszterezett állományának szűrése (7×7 -es modusz szűrővel, a predikált tenyészőhelyeket a középszürke foltok jelzik)



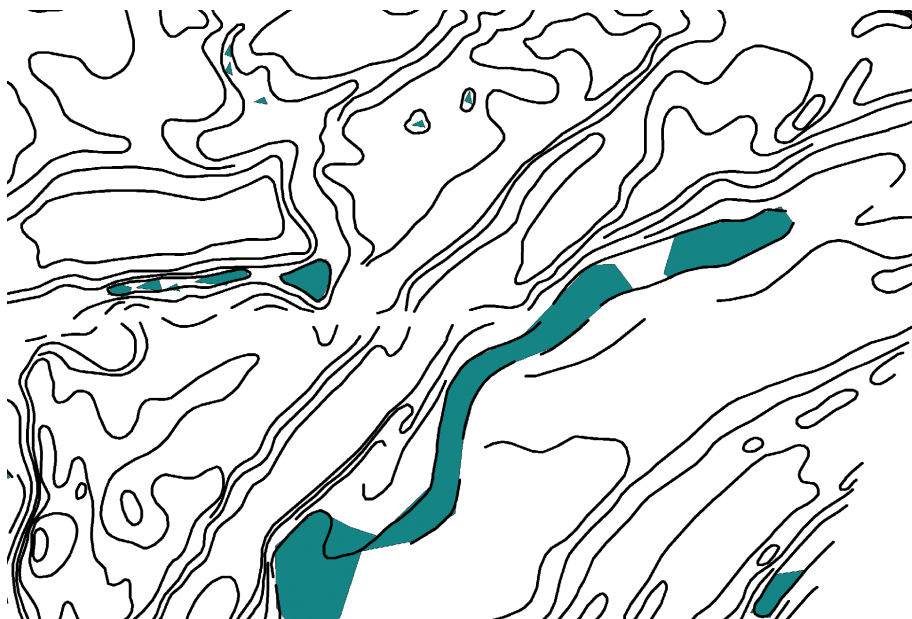
- 7. ábra.** A tiszavalki mintaterület szűrt állományából előállított boolean fedvény, ahol csak a predikció által tenyészőhelynek minősített foltok látszanak



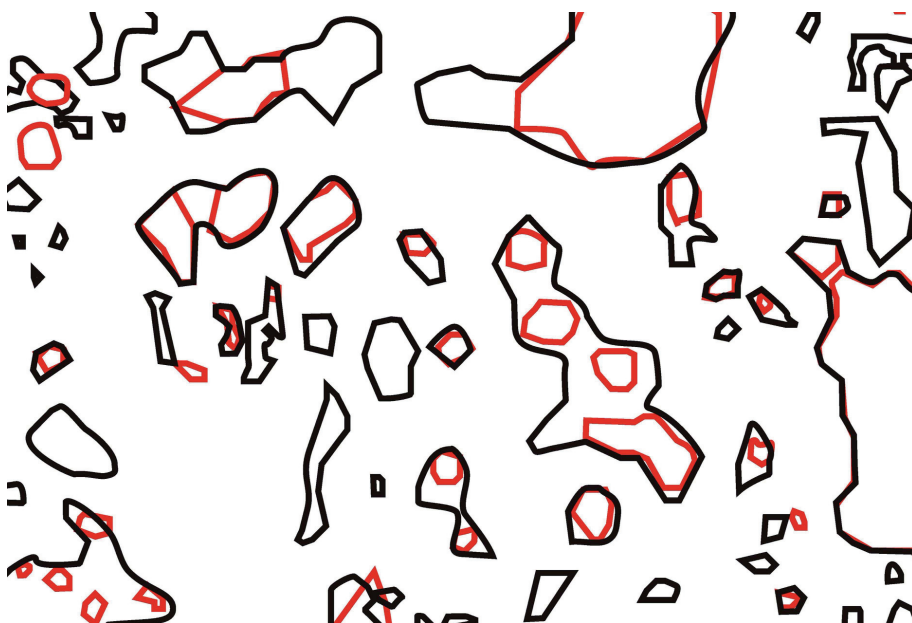
- 8. ábra.** A poroszlói mintaterület légifotójának szegmentálása (a predikált tenyészőhelyeket a narancssárga és világoszöld foltok jelzik)



9. ábra. Szintvonalábrázolás a depressziók megjelenítésével



10. ábra. Különböző módszerekkel készített domborzat-modellekből származtatott mélyedések (fekete: krigelés; piros: TIN)



Az RGB légifotó alapján készült modell 10 % alatti részesedést elérő tévedései infraszínes (IR) légifotó alkalmazásával nagyrészt megszüntethetők, így a pontosság a fás vegetációval nem fedett területeken is tovább növelhető. Az IR légi- és űrfelvételek alkalmazására – igaz kisebb léptékű vizsgálatokban – találhatunk példát a szakirodalomban: HAY *et al.* 1998, THOMAS & LINDSAY (2000) és LACAUX *et al.* (2007). A MADOP 2007 (Magyarország Digitális Ortofotó Programja) befejezése után hazánkban is elérhető az ország teljes területének IR légifotó állománya. Napjaink ígéretes technológiája a hiperspektrális távérzékelés, mely lehet légi lerepüléssel adatgyűjtés, vagy műholdas rögzítés eredménye (ez utóbbira lehet példa a MODIS műhold, mely naponta rögzít adatokat az egész Föld felszínéről 36 csatornán, a hozzáférés ingyenes, de a területi felbontása 250–1000 m, mely céljainknak egyáltalán nem felel meg). A hiperspektrális szenzorok optimális időpontban történő légi lerepüléssel alkalmazása viszont az eddigi alkalmazási területek és az eredmények (JUNG 2005, HARGITAI *et al.* 2006, NAGY *et al.* 2007, BURAI *et al.* 2008, 2010, MILICS *et al.* 2008) fényében új távlatokat nyithatnak a csípőszúnyog-tenyésztőhelyek térképezésében is. A fenti állományok szempontjainknak megfelelő predikcióra való alkalmasságát, ill. a ráfordítás/nyereség arányát azonban még meg kell vizsgálni.

A spektrális elemzés sikeres működésének gyakorlati jelentősége elsősorban a biológiai csípőszúnyog-gyérítések területkijelöléseinek objektívvá tételében, a kijelölések aktualizálásának gyorsabb kivitelezhetőségében jelentkezik. E módszer egyrészt a térképezési feladatokat gyorsítja, másrészt a kimeneti eredményeket pontosítja.

Köszönetnyilvánítás

Hálásan köszönjük Dr. Tóth Sándor és Prof. Sáringer Gyula Uraknak, hogy a téma alapját jelentő több évtizedes tapasztalataikkal segítették munkánkat. Köszönjük Fejes Péter Úrnak a támogató hozzáállását és a kutatás finanszírozásában nyújtott segítségét. A kutatás a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség támogatásával valósult meg (INNO_ÉMR_112_2006_I számú projekt).

IRODALOM

- ArcGIS 9.1 (1999–2004): ArcView GIS. [GIS software]. Version 9.1. – Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- ArcPad 7.0 (2000–2005): ArcPad. [GIS software]. Version 7.0. – Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- BURAI, P., LÉNÁRT, CS. & BÍRÓ, T. (2008): Spectral characterization and mapping of sugar beet disease. – *Cereal Res. Comm.* 36: 811–814.
- BURAI, P., LÖVEI, G.ZS., LÉNÁRT, CS., NAGY, I. & ENYEDI, P. (2010): Mapping aquatic vegetation of the Rakamaz-Tiszanagyfalui Nagy-Morotva using hyperspectral imagery. – *Acta Geographica Debrecina Landscape & Environment Series 4* (1): 1–10.
- HARGITAI H., KARDEVÁN P. & HORVÁTH F. (2006): Az első magyarországi képképző spektrométeres repülés és adatainak elemzése erdőtípusok elkülönítésére. – *Geodézia és Kartográfia* 58 (9): 21–34.
- HAUSBECK, J. (2004): Mosquito Larvae Monitoring Project 2003 – Madison Metropolitan Area. – Madison Department of Public Health, Madison

- HAY, S.I., SNOW, R.W. & ROGERS, D.J. (1998): From predicting mosquito habitat to malaria seasons using remotely sensed data: practice, problems and perspectives. – *Parasitol. Today* 14 (8): 306–313.
- IVÁN GY. (2007): Magyarország nagyfelbontású digitális domborzatmodellje. – In: TÓTH T., TÓTH G., NÉMETH T. & GAÁL Z. (szerk.): Földminőség, földértékelés és földhasználati információ, Keszthely, MTA TAKI, 193–200.
- JORDÁN, GY. (2007a): Digital terrain modelling in a GIS environment. – In: PECKHAM, R.J. & JORDAN, G. (eds.): *Digital Terrain Modelling. Development and Applications in a Policy Support Environment*, Series: *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 1–44.
- JORDÁN, GY. (2007b): Adaptive smoothing of valleys in DEMs using TIN interpolation from ridgeline elevations: an application to morphotectonic aspect analysis. – *Computers & Geosciences* 33: 573–585.
- JUNG A. (2005): Spektrális információk alkalmazása a városklíma-kutatásban. – Corvinus Egyetem, Budapest, PhD értekezés, pp. 131.
- LACAUX, J.P., TOURRE, Y.M., VIGNOLLES, C., NDIONE, J.A. & LAFAYE, M. (2007): Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. – *Remote Sens. Environ.* 106: 66–74.
- MILICS, G., BURAI, P. & LÉNÁRT, CS. (2008): Pre-harvest prediction of spring barley nitrogen content using hyperspectral imaging. – *Cereal Res. Comm.* 36: 1863–1866.
- NAGY, A., TAMÁS, J. & BURAI, P. (2007): Application of advanced technologies for the detection of pollution migration. – *Cereal Res. Comm.* 35: 805–808.
- RICHARDS, A.J. & JIA, X. (1999): *Remote Sensing Digital Image Analysis*. – Springer, London, pp. 439.
- SCHÄFER, M. (2008): Mapping potential mosquito breeding sites using satellite images. – Report on methodology tests, Uppsala University
- SMITH, DE M.J., GOODCHILD, M.F. & LONGLEY, P.A. (2008): *Geospatial Analysis - a comprehensive guide to principles, techniques and software tools*. – 2nd edition, online version: <http://www.spatialanalysisonline.com/output/>
- SRIVASTAVA, A., NAGPAL, B.N., SAXENA, R. & SUBBARAO, S.K. (2001): Predicted habitat modelling for forest malaria vector species *An. dirus* in India - A GIS based approach. – *Curr. Sci.* 80: 1129–1134.
- SRIVASTAVA, A., NAGPAL, B.N., SAXENA, R., EAPEN, A., RAVINDRAN, K.J., SUBBARAO, S.K., RAJAMANIKAM, C., PALANISAMY, M., KALRA, N.L. & APPAVOO, N.C. (2003): GIS based malaria information management system for urban malaria scheme in India. – *Comput Methods Programs Biomed.* 71: 63–75.
- SZABÓ G. (2006): Kartográfiai és térinformatikai módszerek pontosságának földrajzi szempontú vizsgálata. – Debreceni Egyetem, Debrecen, PhD értekezés, pp. 144.
- THOMAS, C.J. & LINDSAY, S.W. (2000): Local-scale variation in malaria infection amongst rural Gambian children estimated by satellite remote sensing. – *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 94: 159–163.
- ZOU, L., MILLER, S.N. & SCHMIDTMANN, E.T. (2006): Mosquito larval habitat mapping using remote sensing and GIS: Implications of coalbed methane development and the West Nile Virus. – *J. Med. Entomol.* 43(5): 1034–1041.
- WINKLER P. (2007): Magyarország digitális ortofotó programjai és az 1:10.000 országos vektoros adatbázis. – In: TÓTH T., TÓTH G., NÉMETH T. & GAÁL Z. (szerk.): Földminőség, földértékelés és földhasználati információ, Keszthely, MTA TAKI, 161–168.