

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

A geohazard térinformatikai elemzése a Fruška Gora hegységen

Mészáros Minucsér

Témavezető:

Dr. Mucsi László

egyetemi docens

Földtudományok Doktori Iskola

Szegedi Tudományegyetem

Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

2013

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

A geohazard térinformatikai elemzése a Fruška Gora hegységen

Mészáros Minucsér

Témavezető:

Dr. Mucsi László

egyetemi docens

Földtudományok Doktori Iskola

Szegedi Tudományegyetem

Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

2013

1 Bevezetés

A hegyvidékek, domboságok felszínét formáló geomorfológiai folyamatok és a velük összefüggő veszélyeztettség, vagyis a geohazard térképezésének és kutatásának jelentősége az utóbbi évtizedekben nagy mértékben megnőtt. A mind inkább fokozódó demográfiai folyamatok hatására, az elmúlt században új területek beépítésekor tervszerűtlen vagy költséges struktúrák épültek az addig elkerülendő és gyakran veszélyeztetett hegyi térségekben, ez által növelve a bennük rejlő sebezhetőséget és kockázatot, a fellépő károkat és áldozatok számát, és egyidejűleg fokozva a közrejátszó tényezők részletesebb ismeretének igényét is. Ugyanakkor a földtudományok új geoinformatikai, mérési és távérzékelési módszerek segítségével egyre sikeresebben szembesülnek e felszíni folyamatok kutatási problémáival és a károk megelőzésére, csökkentésére és elhárítására irányuló társadalmi követelmények teljesítésével. Elsősorban a veszélyek előrejelzését szolgáló matematikai alapú kvantitatív modellek, amelyek a Föld felszín digitális megjelenítésén, vagyis a digitális domborzatmodell alkalmazásán (DDM) alapulnak, forradalmasították a korszerű geomorfológiai vizsgálatokat, és a földtudományok egyik legdinamikusabb és legizgalmasabb ágává alakították át. A hagyományos módszerekkel folytatott vizsgálatokhoz viszonyítva, nagyobb területeket átfogó és viszonylag kisebb költségekkel járó kutatásokat tettek lehetővé, melyek kvantitatív eredményei célszerűbben felhasználhatók döntéshozás támogatást szolgáló rendszerek alapjául.

Szerbiában a szisztematikus geohazard kutatás, két évtizedes hanyatlás és stagnálás után, az új geoinformatikai módszerek alkalmazása révén fellendülésnek indult, de még mindig nagy kiterjedésű feltérképezendő területek várnak részletesebb kutatásokra. Habár a geohazard hagyományos kutatási módszerekkel jelentős területeken ki lett vizsgálva, az új geoinformatikai módszerek alkalmazása lehetőséget ad a károkat okozó természeti folyamatok részletesebb felbecsülésére és új ismeretek megszerzésére, amelyek a tervezésben és döntéshozatalban szükséges információkat nyújtanak a leginkább sebezhető helyek térbeli elhelyezkedéséről.

Ilyen térség a Fruška Gora hegység is, amely kitűnő példával szolgál a geohazardból adódó számos problémára, ahol az utak, vasutak, hidak, építmények mellett Szerbia első Nemzeti parkja és a hegységen található felbecsülhetetlen kulturális hagyaték értékei is veszélyeztetve vannak. A Fruška Gora nagy térbeli, topográfiai, geológiai, geomorfológiai

heterogenitása lévén, amely viszonylag kis területen összpontosul valóságos természeti „nyílt ég alatti laboratóriumnak” is tekinthető, ahol rendkívül kedvező viszonyok mellett alkalmazhatók a legújabb geoinformatikai módszerek, ami miatt a kutatásom területének választottam. A 979,6 km² terület közel 40 %-a valamilyen módon geohazard által érintett. Szeizmikus és lejtős tömegmozgások, intenzív erózió, villámárok úgyszintén veszélyeztetik a Fruška Gora Nemzeti Park védett természeti és kulturális értékeit a hegy középső térségében, 266.72 km² vagyis a terület 27 %-án (Dragicevic et al., 2013).

2 Célok

A Fruška Gora térinformatikai alapú geohazard kutatásában a legnagyobb akadály a szükséges forrásadatok teljessége és minősége. Elsősorban a folyamatos klimatológiai és hidrológiai megfigyelések hiányosságai miatt nem lehetséges átfogóbb kockázat elemzéseket végezni. Ez mellett nem állt rendelkezésemre a hegy geohazard katasztere, amely a legfontosabb és legalapvetőbb forrásadat bármilyen geohazard kutatásban. Emiatt a kutatásom első és legnehezebb feladata egy megfelelő részletességű geoadatbázis megalapozása volt, különösen a lejtős tömegmozgások katasztere, amely a digitális geomorfometriai elemzés alapját képezné. E mellett a célkitűzésem volt a Fruška Gorán található lejtős tömegmozgások új osztályozása is, amely átfogóbban és részletesebben fényt deríthetne a lejtők instabilitását befolyásoló tényezőkre. Mivel a Fruška Gora digitális domborzatmodellje (DDM) úgyszintén nem állt rendelkezésemre célul tűztem ki a DDM előállítását. A DDM szerkesztés folyamatában nyilvánvalóvá vált a részletes topográfiai adatok beszerzésének nehézsége. Ezért az eredeti cél mellett, a DDM előállítására rendelkezésre álló alternatív, nem szokványos adatforrások, mint az 1960-as évek végéről származó sztereo, nagy felbontású CORONA műholdas úrfelvételek geohazard kutatásokra való alkalmasságának kivizsgálását tűztem ki célul. A múltbeli tömegmozgásokat leíró adatforrások után kutatva felmerült a történelmi topográfiai térképek használhatóságának kérdése a csuszamlásos események rekonstrukciójában. A kutatásom elsőrendű célja a Fruška Gorán geohazard által érintett térségek azonosítása és feltérképezése volt új digitális geomorfometriai és geoinformatikai módszerekkel, a veszélyeztettség probléma új szemszögből való megközelítése és a felszint alakító folyamatok közötti új összefüggések felderítése, amelyek az eddigi hagyományos geomorfológiai kutatások során esetleg nem lettek teljesen felismerve. Szándékom volt a kutatások által kapott eredmények alkalmazhatóságának biztosítása is a döntéshozatal támogató, tervezési és

monitoring rendszerekben a részletesebb hazard és kockázat elemzésére a Fruška Gorán és más hasonló területeken is. A geohazard elemzés magában foglalta a Fruška Gora sekély és mély lejtős tömegmozgások hajlamosságának különálló feltérképezését. A tézis fontos célja volt a geoinformatikai elemzés alkalmazhatóságának vizsgálata is olyan hegyvidéki területen ahol nem áll rendelkezésre jó minőségű adatállomány, amit a kapott eredmények minőségének felméréseivel valósítottam meg.

3 Alkalmazott módszerek

3.1 Lejtős tömegmozgás azonosítás nagy felbontású légi felvételekről 3D GIS környezetben

A Fruška Gora lejtős tömegmozgásainak kataszterét a csuszamlások pontos helyének meghatározásával állítottam elő, több forrásból származó adatok alapján: (1) a Vajdasági tartomány geomorfológiai térképéről (1:200,000), (2) Szerbia geológiai térképéről (1:100 000), (3) utak, hidak, épületek, infrastruktúra karbantartás és építése során létrejött, nem publikált geotechnikai tanulmányok, (4) számos egyéb mérnökgeológiai dokumentum (1:500 – 1 :5000 térképekkel) és (5) saját terepi méréseim és megfigyeléseim alapján. A csuszamlás pontos helyét és határát, ArcGIS 3D környezetben, digitális domborzatmodellen megjelenített nagy felbontású légi felvételeken újraértelmeztem, figyelembe véve úgyszintén a domborzatmodellről nyert lejtés és felszín görbület adatokat, a geológiai térképet, ez által megfelelően egybeillesztve az eltérő méretarányú és részletességű adatokat, elkerülve a belőlük származó hibákat.

3.2 A Fruška Gora digitális felszínmodelljének előállítás

A Fruška Gora felszínének két digitális megjelenítését állítottam elő:

- Az 1:25000 topográfiai térképről származó digitalizált szintvonalak és magassági pontok alapján DDM-et állítottam elő az ArcGIS TopoToRaster funkcióval. Az összes rendelkezésre álló kivizsgált módszer közül, az ArcGIS 10.1 TopoRaster funkciójában alkalmazott ANUDEM 5.3 program nyújtotta a messzemenőleg legmegfelelőbb eredményeket, és a legrugalmasabb és alkalmazkodóképes eljárást a DDM generáláshoz. Különösen hasznosak voltak a részletes diagnosztikai jelentések, melyek nagy mértékben könnyítették a digitalizációból származó hibák felderítését és kijavítását.

- a Fruška Gora digitális felszínmodelljét (DSM) a nagy felbontású CORONA úrfelvételekről állítottam elő, ERDAS OrthoBase programban.
A felvételek abszolút tájékozása DGPS mérésekkel meghatározott 30 felszíni illesztőpont alapján történt, amelyek a felvételekről felismerhetők voltak a terepen, útkereszteződéseknél, patakokon és csatornákon átvezető hidak korlátjai mellett, emlékműveknél és más tájékozdási pontoknál. A DSM-et az ArcGIS using TopoToRaster funkcióval dolgoztam fel a felszín simítása és a további digitális felszín származékok számításának céljából (lejtő és felszín görbület).
- Egy 1941-ben lejátszódott csuszamlás térségére a Fruška Gora északkeleti lejtőin külön DDM-et állítottam elő 10 m felbontással Magyarország harmadik katonai felméréséből, 1881-ből származó 1 : 25,000 méretarányú térkép alapján, szintén az ArcGIS TopoToRaster funkcióval.

3.3 Lejtős tömegmozgás veszély felmérése a Fruška Gorán

A lejtős tömegmozgás veszélyét a Fruška Gorán két módszerrel elemeztem. A sekély földcsuszamlások feltérképezésére determinisztikus fizikai alapú SINMAP modellt használtam, amely a végtelen hosszú rézsú és az egyensúlyi hidrológiai modelleken alapul, ArcGIS 9.1 programcsomagban, 15 m cellaoldalú DDM-en számítva. A rézsú állékonyság számítás paramétereit (relatív nedvesség, a gyökérrendszer és a talaj egyesített kohéziós ereje, a talaj belső súrlódási szöge és a telített talaj sűrűsége) a különböző előzőleg említett geotechnikai tanulmányok alapján határoztam meg. Négy kalibrációs térséget határoztam meg a különböző talajtípusok és növénytakaró alapján, különböző számítási paraméterekkel (7. ábra)

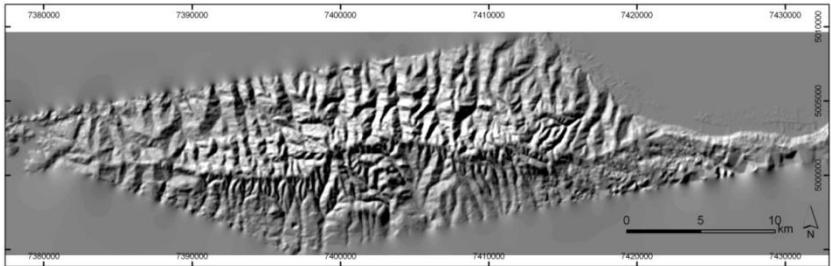
A mélyen fekvő lejtős tömegmozgás veszély felmérésére a valószínűségi hányados modellt használtam, amely Bayes feltételes valószínűség tételén alapul. A veszélyeztettséget tíz, a lejtős tömegmozgásokkal kapcsolatos, osztályokba csoportosított környezeti tényező alapján számoltam: tengerszint feletti magasság, lejtőszög, felszíni profil görbület, planáris görbület, összesített felszíni görbület és kitettség amelyek a DDM-ről származnak, a talaj nedvességi index, amely a SINMAP modell segítségével lett számítva, tematikus térképekről digitalizált geológiai és talajtani viszonyok, valamint a területhasználati adatkészlet a CORINE 2006 V16 javított változatáról. A veszélyeztettséget a lejtős tömegmozgás kataszterében megjelölt öt csuszamlás típusra külön számoltam, a különböző tényezők részletesebb kimutatásának céljából. Az így kapott öt térképet egyesítve ábrázoltam a mély lejtőtömegmozdulás veszély szintetikus térképén (8. ábra).

4 Eredmények

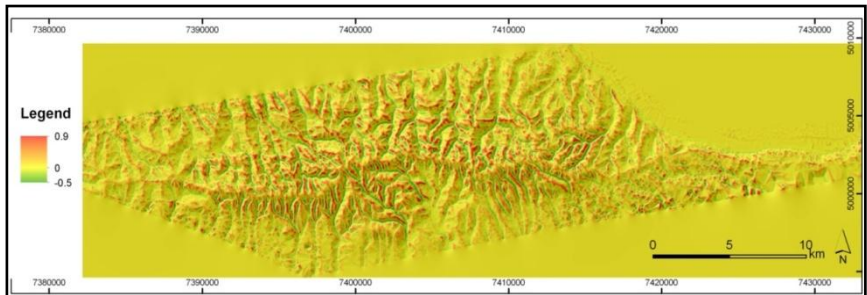
4.1 A Fruška Gora Digitális domborzatmodellje (DDM) és digitális felszínmodellje (DSM)

Előállítottam a Fruška Gora 15 m felbontású DDM-ét és a hegység középső részzeit lefedő 5 m cellaoldalú DSM-et a nagy felbontású (2 m) CORONA sztereo műholdas felvételekről (1. ábra). A CORONA műholdas felvételekről nyert DSM vertikális 10 és 25 m közötti pontosságával és 10 m horizontális pontosságával az elemzésem alapján hozzáférhető, a geomorfometriai kutatásokban jól alkalmazható és hasznos adatkészletnek bizonyult olyan térségekre, ahol nem áll rendelkezésre nagyobb pontosságú topográfiai adatforrás (3. ábra). Az SRTM DEM-el összehasonlítva sokkal magasabb minőségű származékok (lejtés és felszín görbület) nyerhetők a CORONA sztereopárokából előállított DSM-ről (

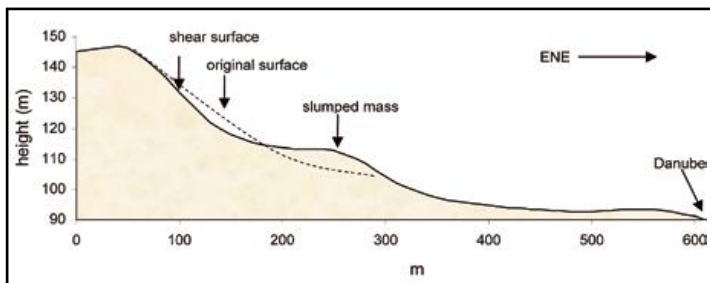
2. ábra).



1. ábra A nagy felbontású CORONA sztereo műholdas felvételekről generált Fruška Gora DSM árnyékolt domborzatterképe



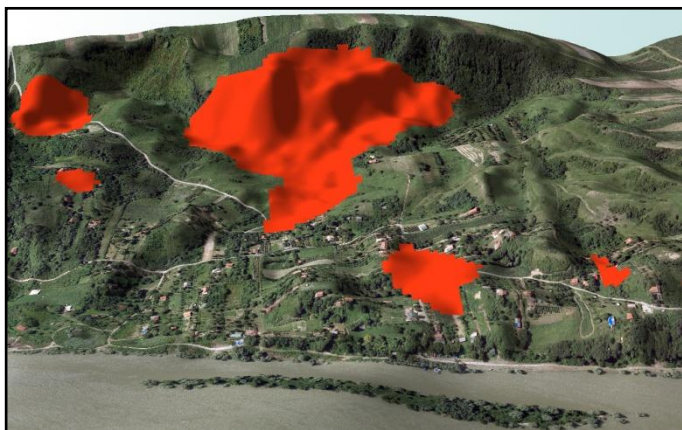
2. ábra A nagy felbontású CORONA sztereo műholdas felvételekről generált Fruška Gora DSM-ről nyert felszíni görbület ábrázolása



3. ábra Keresztmetszet a 2 m cellaoldalú CORONA DSM-ről egy csuszamlásos területen a Duna mentén (Mesaros et al., 2007)

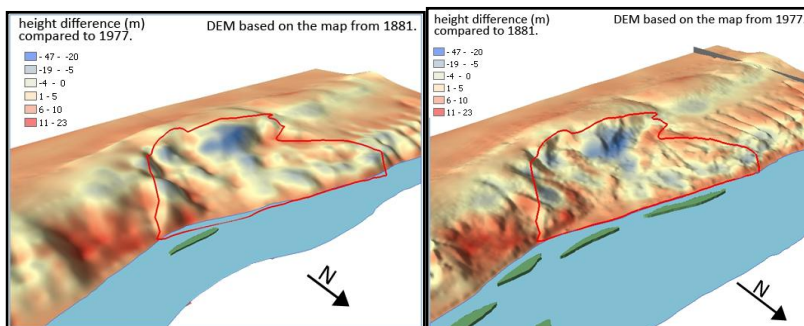
4.2 Egy múltbéli csuszamlást kiváltó terület rekonstrukciója történelmi topográfiai térképről

Egy 1941-es nagy földcsuszamlás területét azonosítottam (vörös színnel jelölve az 4. ábrán) a Magyarország harmadik katonai felméréséből, 1881-ből származó 1:25,000 méretarányú térképről generált 10 m cellaoldalú DDM segítségével. A módszer kisebb területek elemzésében is használhatónak bizonyult. A nagyobb területeken való alkalmazáshoz elsősorban a történelmi térképek pontosabb átfedését szükséges megoldani a manapság használatban lévő vetületrendszerekben.



4. ábra A vörös színnel jelölt helyek 47 és 20 m közötti magasságkülönbséget mutatnak a két DDM (1881 és 1977) között (a kép 4x vertikális nagyítással van ábrázolva)

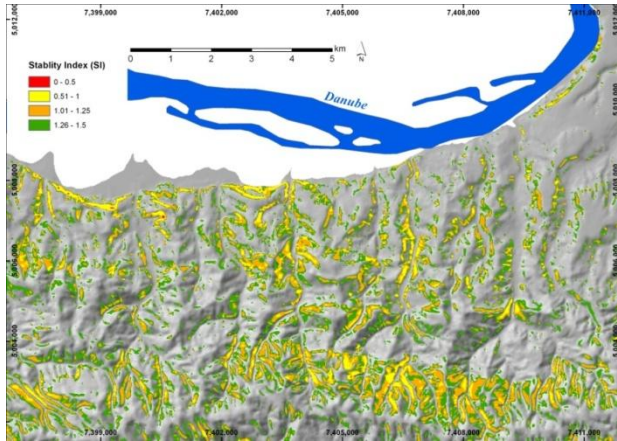
A csuszamlást kiváltó terület kiválóan azonosítható volt a két DEM (1881 és 1977) összehasonlító térképén (5. ábra). A jelentősebb szintkülönbségek nagyjából olyan helyeken mutatkoztak, ahol valódi felszíni változásokkal lehet megmagyarázni őket. A szintkülönbség osztályokban elszórt cellák számát mutató hisztogram arra utal, hogy az összesített térkép beillesztés pontossága elfogadható, a terület legnagyobb része nem mutat szintkülönbségeket.



5. ábra Magasság különbségek az 1881 (bal) és 1977 (jobb) digitális domborzatmodellek között (DEM), szembevetően kimutatva az átlagosnál jelentősen nagyobb szintkülönbséget (sötétkék) a csuszamlásos térség középső részén.

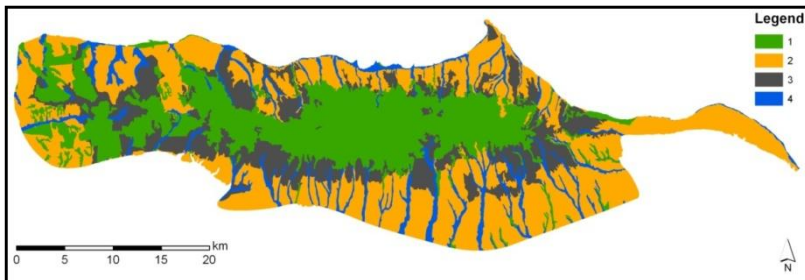
4.3 A sekély földcsuszamlások feltérképezésére SINMAP modellel

A sekély földcsuszamlások feltérképezésére determinisztikus fizikai alapú SINMAP modellt használtam, és a potenciálisan instabil lejtőket azonosítottam (6. ábra és 1. táblázat).



6. ábra a SINMAP modellben kapott stabilitás index térképének részlete

Jelmagyarázat: $SI > 1.5$ Stabil lejtő zóna; $1.5 > SI > 1.25$ Mérsékeltlen stabil zóna; $1.25 > SI > 1.0$ Feltételesen stabil zóna; $1.0 > SI > 0.5$ Alsó küszöbérték lejtő zóna; $0.5 > SI > 0.0$; Felső küszöbérték lejtő zóna; $0.0 > SI$ Feltétlenül instabil zóna



7. ábra A meghatározott SINMAP kalibrációs térségek különböző geotechnikai paraméterekkel 1- erdős terület, 2 – csernozjom, 3 – agyagos talajok, 4 - alluviális talajok

	kalibr. térseg	Stabilitási index osztály						össz.
		I	II	III	IV	V	VI	
Terület (km²)	1	261.8	24.1	11.9	1.6	0	0	299.4
az összterület %	1	87.4	8	4	0.5	0	0	100
Terület (km²)	2	376.1	15.9	9	2.7	0	0	403.8
az összterület %	2	93.1	3.9	2.2	0.7	0	0	100
Terület (km²)	3	170.9	7.3	2.9	0.7	0	0	181.8
az összterület %	3	94	4	1.6	0.4	0	0	100
Terület (km²)	4	72.7	5.8	3.7	1.6	0	0	83.8
az összterület %	4	86.7	6.9	4.4	1.9	0	0	100

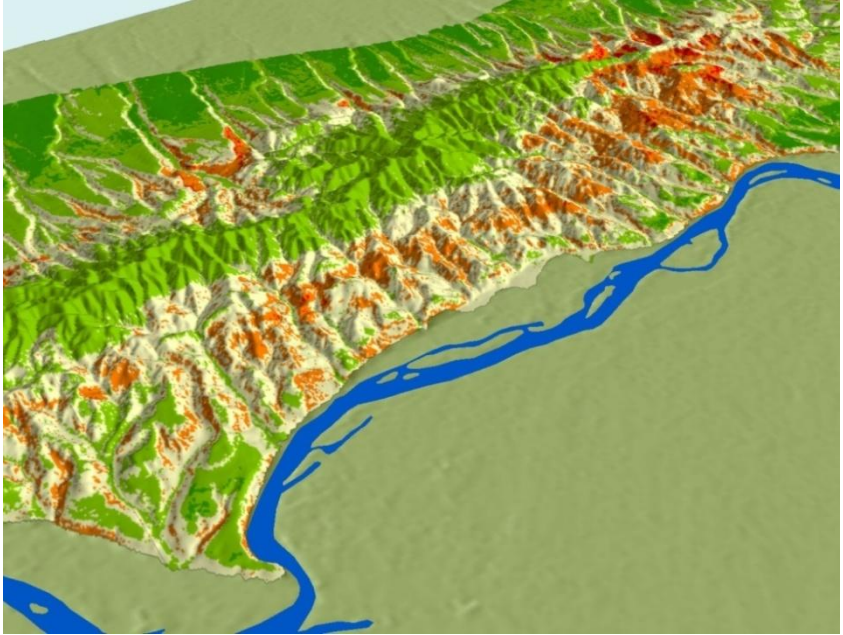
1. táblázat SINMAP statisztikai mutatók: I-Stabil; II- Mérsékeltlen stabil;
 III- Feltételesen stabil zóna; IV- Alsó küszöbérték lejtő zóna; V- Felső
 küszöbérték lejtő zóna; VI- Feltétlenül instabil zóna

4.4 A mélyen fekvő lejtős tömegmozgás veszély térképe a valószínűségi hányados modell alapján

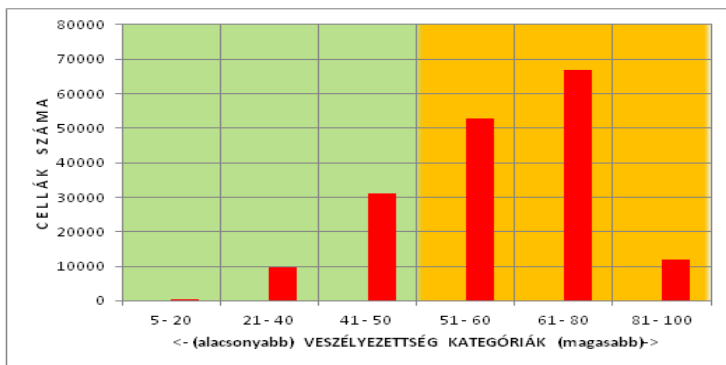
A mélyen fekvő lejtős tömegmozgás veszély térképét a statisztikai valószínűségi hányados modell alapján állítottam össze. A modell különösen hatékonynak bizonyult, mivel a szükséges számítások GIS programcsomag keretében is elvégezhető, külön statisztikai szoftver használata nélkül. A modell elfogadható pontossággal azonosította a lejtős tömegmozgások által érintett területeket, 76,3 % összesített összefüggést mutatva a tömegmozgások kataszterével (2. táblázat és 9. ábra). A földcsuszamlás kataszter felülvizsgálata további részletesebb terepmegfigyelések után ez az arány várhatóan növekedni fog. A modell alacsony Cohen κ index értéke (0,149) inkább az adatbázis hiányosságának, mint a modell pontatlanságának tanúsítható.

A hajlamossági valószínűségi hányadost minden tömegmozgás csoportban (kivéve az antropogén lejtőmozgásokat) kiszámítottam és az eredményeket összevontam a mélyen fekvő tömegmozgás veszélyt ábrázoló térképen.

A térképen tisztán kirajzolódik a hegységre jellemző természet földrajzi elemek zonális elhelyezkedése, a stabilabb központi, legmagasabb részekkel és az északi hegyoldal sokkal kifejezettebb tömegmozgás iránti hajlamosságával, amely a Duna döntő befolyását mutatja (8. ábra).



8. ábra 3D látkép északkeletről, a Duna menti övezettel (2.7 x vertikális nagyítás)
 jelmagyarázat: csuszamlás veszély: zöld – alacsony, sárga – mérsékelt, vörös - magas



9. ábra Az instabil övezetek eloszlása a veszélyeztettség kategóriákban

	Instabil (cella szám)	% helyes
Előrejelzés – 1 típus	37355	72.1
Kataszter - 1 típus	51777	
Előrejelzés – 2 típus	56786	75.5
Kataszter - 2 típus	75241	
Előrejelzés – 3 típus	14695	86.1
Kataszter - 3 típus	17060	
Előrejelzés – 4 típus	16015	81.6
Kataszter - 4 típus	19619	
Előrejelzés – 5 típus	6871	77.1
Kataszter - 5 típus	8909	
ÖSSZ INSTABIL– ELŐREJELZÉS	131722	76.3
ÖSSZ INSTABIL–KATASZTER	172606	

2. Táblázat A helyesen osztályozott cellák összesített száma különböző lejtős tömegmozgás típusokra

A veszély feltérképezése során olyan területeket azonosítottam, amelyeken részletesebb terepvizsgálatok szükségesek, elsősorban ott, ahol a tömegmozgás-adatbázisban instabil lejtők vannak megjelölve, viszont a modell a legalacsonyabb hajlamosságot mutatott. Ilyen eseteknél nagy valószínűséggel az adatbázisban tévesen meghatározott tömegmozgásról van szó. Olyan térségeknél ahol a modell legnagyobb fokú hajlamosságot jelzett, de a tömegmozgások adatbázisában nincs megfelelő terület, úgyszintén terepvizsgálatok indokoltak.

Az 1 típusú mélyen fekvő, összetett, “Duna” típusú tömegmozgás veszélye

E jellegzetes tömegmozgás típus a legspecifikusabb és legösszetettebb meghatározó tényezőivel élesen különbözik a Fruška Gorán található más instabil lejtőktől. A legjelentősebb korrelációt a magasság zóna, lejtőszög (10-25%) és felszín görbület (-1 és -0.25 között), planáris görbület (-0.3 és 0.2) és profil görbület (-0.75), valamint az északi kitétséggel mutatott. A geológiai képződmények közül a pliocén agyag, homok, szenes rétegek, iszapos üledékek és a Miocén konglomerátumokhoz kötődnek leginkább.

A 2 típusú konvergens, homorú völgyoldalakon található csuszamlás veszély

Leginkább a 150 és 300 méteres tengerszint feletti magasságra jellemző, erős korrelációval a -0.5 és - 0.25 közötti felszín görbülettel, keleti

kitettséggel, és részben telített víztároló rétegekkel. Geológiailag a felső Pontusi homokkövek, homok, márga és konglomerátumokkal mutat jelentősebb összefüggést.

A 3 típusú meredek, domború vagy egyenes lejtők csuszamlás veszélye

E csuszamlások főleg a 250 és 350 m magasság övezetben összpontosulnak. Tekintettel arra, hogy a hegy középső részén magasabban is található igen meredek oldalú völgyek, várható lenne az összefüggés nagyobb magasságokkal is, de itt a geológiai összetétel nem engedélyezi a mélyebb tömegmozgások kialakulását és csak kisebb méretű sekély csuszamlások jelentkeznek. A deluviális-proluviális üledékekkel együtt jelentkeznek leggyakrabban, és úgyszintén a művelt vagy részben művelt területekkel mutat jelentős összefüggést.

A 4 típus - patakok forrása feletti övezetben található lejtős tömegmozgás veszélye

Ez a csuszamlás típus leginkább a 250-350 méteres övezetben található. Mivel számos patak szinte közvetlenül a hegygerinc közelében ered, a magasabb lejtőkön is várható lenne a csuszamlások nagyobb száma, de az itt feltárt metamorf és vulkanikus kőzetekben nem jelentkeznek mélyebb lejtős mozgások. A jellegzetes lejtőszögek 15 és 35% között mozognak. A felső Pontusi homokkövek, homok és márga formációkban jelentkeznek a 4 típusú csuszamlások.

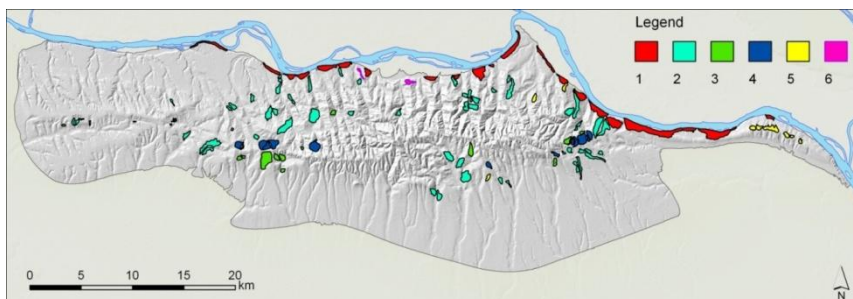
Az 5 típusú löszfalak alatt található csuszamlás veszélye

Csaknem kizárólag a szűk 200-250 m övezetben jelentkeznek, 15-35% lejtőszöggel és északi kitettséggel, az áttelepített lösz és deluviális-proluviális üledékekben. Nagyobb jellegzetes felszín görbületet mutatnak a többi típusú csuszamláshoz képest (0.2 - 0.5).

A javasolt tömegmozgás osztályozást és a modell megalapozottságát a kapott eredmények többnyire igazolták, mivel a hajlamossági index értékei az elvárható határértékeken belül változtak minden egyes csuszamlás csoportra vonatkozóan.

4.5 A Fruška Gora lejtős tömegmozgások katasztere

Előállítottam a Fruška Gora mélyen fekvő lejtős tömegmozgásainak a kataszterét, 122 csuszamlással, amelyek 40.6 km² területet foglalnak el (a 976 km² összterület 4.3 %-a) és 6 csoportba osztályoztam őket a relatív topográfiai és geomorfológiai helyzetük alapján (10. ábra).



10. ábra A Fruška Gora lejtős tömegmozgások katasztere. Jelmagyarázat: 1 – Mélyen fekvő, összetett „Duna” típusú tömegmozgások a Duna mentén, 2-Cuszamlások a homorú, konvergens völgyoldal lejtőkön, 3-cuszamlások a meredek, domború vagy egyenes lejtőkön 4-patakok forrása feletti övezetben található lejtős tömegmozgás, 5-5 típusú löszfalak alatt található csuszamlás veszélye, 6-Túlnyomóan antropogén befolyás által kiváltott csuszamlások.

5 Következtetések

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a viszonylag kevés rendelkezésre álló és közepes minőségű adatból a Fruška Gora mély tömegmozgások veszélye elfogadhatóan lett megjelenítve. A használt módszerek a jövőben nagyobb minőségű adatokkal is alkalmazhatók lesznek. A kapott eredmények és javasolt módszerek alkalmazva lesznek a Fruška Gora Nemzeti park és Szerbia Természetvédelmi intézet téradat infrastruktúrája keretében, elsősorban tervezés, károk enyhítése, megelőzése és további kutatások céljából.

A kapott eredmények a folyamatban lévő kutatásom részét képezik a Fruška Gora természeti tényezőiről. Az eredmények a továbbiakban a tömegmozgás veszély térkép alapján folytatott részletesebb terepi mérésekkel és megfigyelésekkel fognak bővülni. A geohazard adatbázis más elemzési módszerekkel lesz elemezve és a modellek tovább lesznek fejlesztve.

A kutatásomat a Szerbia Oktatási, tudományos és technológiai fejlesztés minisztériuma támogatja a „Biosensing technológiák és globális rendszerek a folyamatos kutatás és integrált környezeti menedzsment” nevű projekt keretében.

6 Új kutatási eredmények

- A Fruška Gorára vonatkozó geohazard hajlamosságot befolyásoló természeti tényezők térbeli adatbázisát állítottam össze;
- A Fruška Gora digitális domborzat modelljét (DDM) állítottam elő 15 m felbontással 1: 25000 topográfiai térképekről digitalizált szintvonalak és magassági pontok alapján;
- Nagy felbontású CORONA sztereo űrfelvételek alapján a Fruška Gora digitális felszínmodelljét állítottam elő;
- Bemutattam a CORONA űrfelvételekről generált DSM alkalmazhatóságát geomorfometriai elemzésekben, mint használható adatforrást a felszíni jellemzők felmérésére olyan nagyobb kiterjedésű térségekben, ahol nem állnak rendelkezésre részletesebb topográfiai adatok;
- Bemutattam Magyarország harmadik katonai felméréséből származó 1 : 25,000 méretarányú történelmi topográfiai térképek alkalmazhatóságát a múltbeli lejtős mozgások elemzésére kisebb térségeken, a csuszamlást kiváltó övezet rekonstrukciójával.
- Összeállítottam a Fruška Gora mély fekvésű lejtős tömegmozgások kataszterét, 122 azonosított csuszamlással 6 külön kategóriába osztályozva;
- Feltérképeztem a sekély csuszamlások veszélyét a Fruška Gora hegyen a SINMAP determinisztikus modell segítségével, és azonosítottam a sekély csuszamlások által leginkább veszélyeztetett térségeket;
- Előállítottam a Fruška Gora mélyen fekvő lejtős tömegmozgások kataszterét és azonosítottam az általuk leginkább veszélyeztetett térségeket;
- Hatékony és alkalmazható módszereket javasoltam a Fruška Gora és hozzá hasonló térségek geohazard kutatására, amelyek kevés rendelkezésre álló és közepes minőségű adatból is elfogadható eredményeket adhatnak;

Az értekezés témakörében megjelent közlemények jegyzéke

1. Dragičević S., **Mészáros M.**, Đurđić S., Pavić D., Novković I., Tošić R. (2013). Vulnerability of National Parks to Natural Hazards in the Serbian Danube Region, Polish Journal of Environmental Studies, Vol 22, No 4. (in press)
2. **Mészáros M.**, Szatmári J., Tobak Z., Mucsi L. (2008). Extraction of Digital Surface Models From CORONA Satellite Stereo Images, Journal of Environmental Geography, 2008, Vol. 1, No. 1-2, pp. 5- 10
3. **Mészáros M.**, Pavić D., Seferović S. (2007). Monitoring Mass Movements and Natural Hazard in The Northern Parts of Srem Loess Plateau in Serbia, Geographica Pannonica, Vol. 11, pp. 9-13, UDK: 05:91(497.1)=20, ISSN 0354-8724.
4. **Mészáros M.**, Szatmári J., Tobak Z., Mucsi L. (2006). Digitális domborzatmodellek előállítás és alkalmazása sztereo CORONA űrfelvételek alapján, Geodézia és Kartográfia, 2006, No. 3, pp. 30- 35, ISSN 0016-7118.
5. **Mesaroš M.**, Pavić D. (2006). Mogućnosti upotrebe GIS-a u geomorfološkim proučavanjima na primeru Fruške gore (Possibilities of GIS application in geomorphological research on the example of Fruška gora), Researches review of the Department of Geography, Tourism and Hotel management No 35., Faculty of Sciences and Mathematics, University of Novi Sad, pp. 238-245 (in Serbian)
6. **Mészáros M.**, Marković S. B., Mijović D., Jovanović M. (2005) Physical geographic characteristics and geo-heritage of Fruška gora mountain (Vojvodina, Serbia), Acta Geographica Szegediensis Tomus XXXVIII, pp. 148-157