



ПРИМЕНА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКИХ МЕТОДА У ИЗРАДИ КАРТЕ ХАЗАРДА ОД КЛИЗИШТА ЗА ПОДРУЧЈЕ ОПШТИНЕ КРУПАЊ

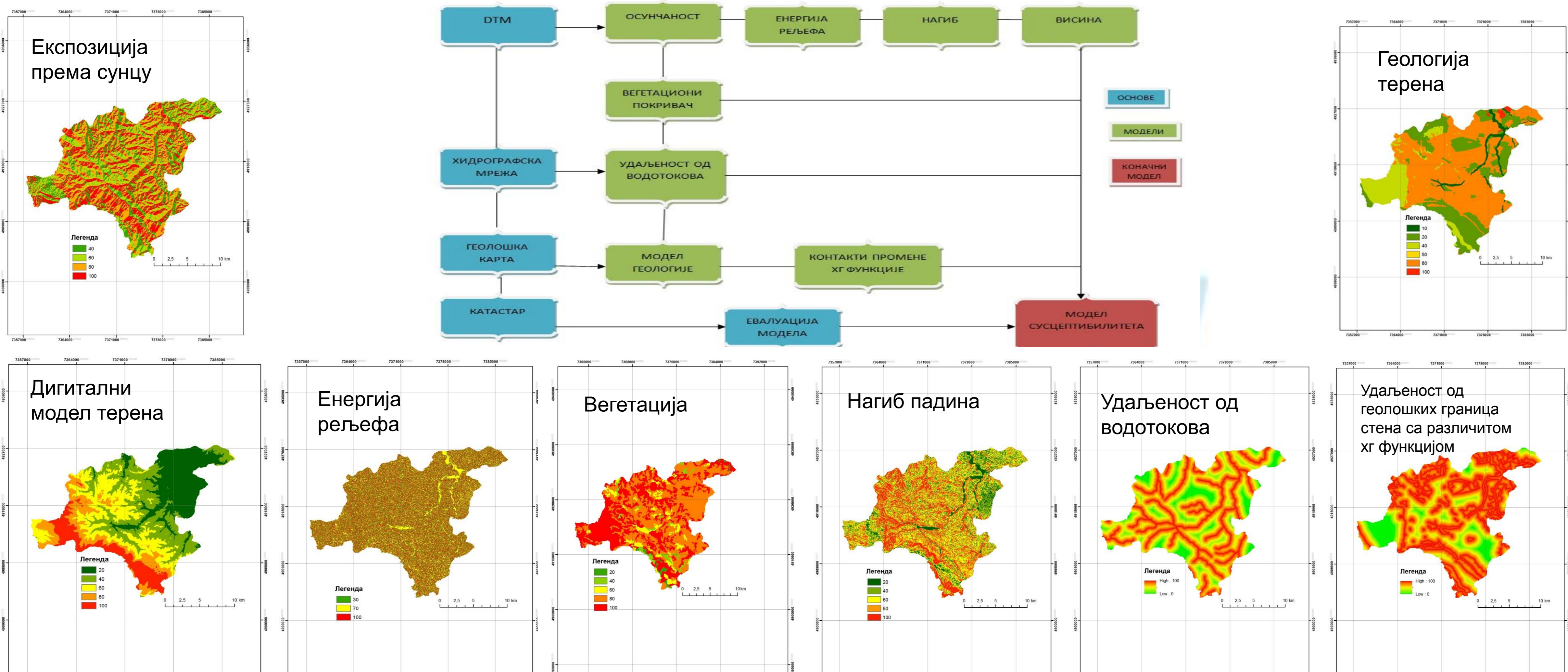
Јелка Крушић, Катарина Андрејев, Оливера Китановић, Никола Вуловић

УВОД

Карта хазарда је урађена коришћењем две методе *Conditional Probability (Likelihood Ratio и Weight of evidence)* и *ANP (Analytic Hierarchy Process)*. На тај начин је извршено својеврсно тестирање статистичких метода, с обзиром да је општина Крупањ највише настрадала општина од клизишта у периоду маја месеца прошле године. Имајући у виду велики број података, овакво тестирање се показало да је од великог значаја. Такође, вршено је тестирање у оквиру самих метода приликом додељивања параметара, односно кориговање у смислу поређења са постојећим регистрованим клизиштима, до добијања финалног модела подобности терена ка клижењу.

УЛАЗНИ ПОДАЦИ

Као фактори који утичу на развој процеса клижења, узети су: висина терена, енергија рељефа, осунчаност падина, нагиб терена, удаљеност од геолошких граница стена са различитом хидрогеолошком функцијом, удаљеност од локалних водотокова, вегетациони покривач и геологија терена. Затим је извршено вредновање удела сваког параметра на сам процес, а тиме и зонирање према склоности (подложности) терена ка клижењу.



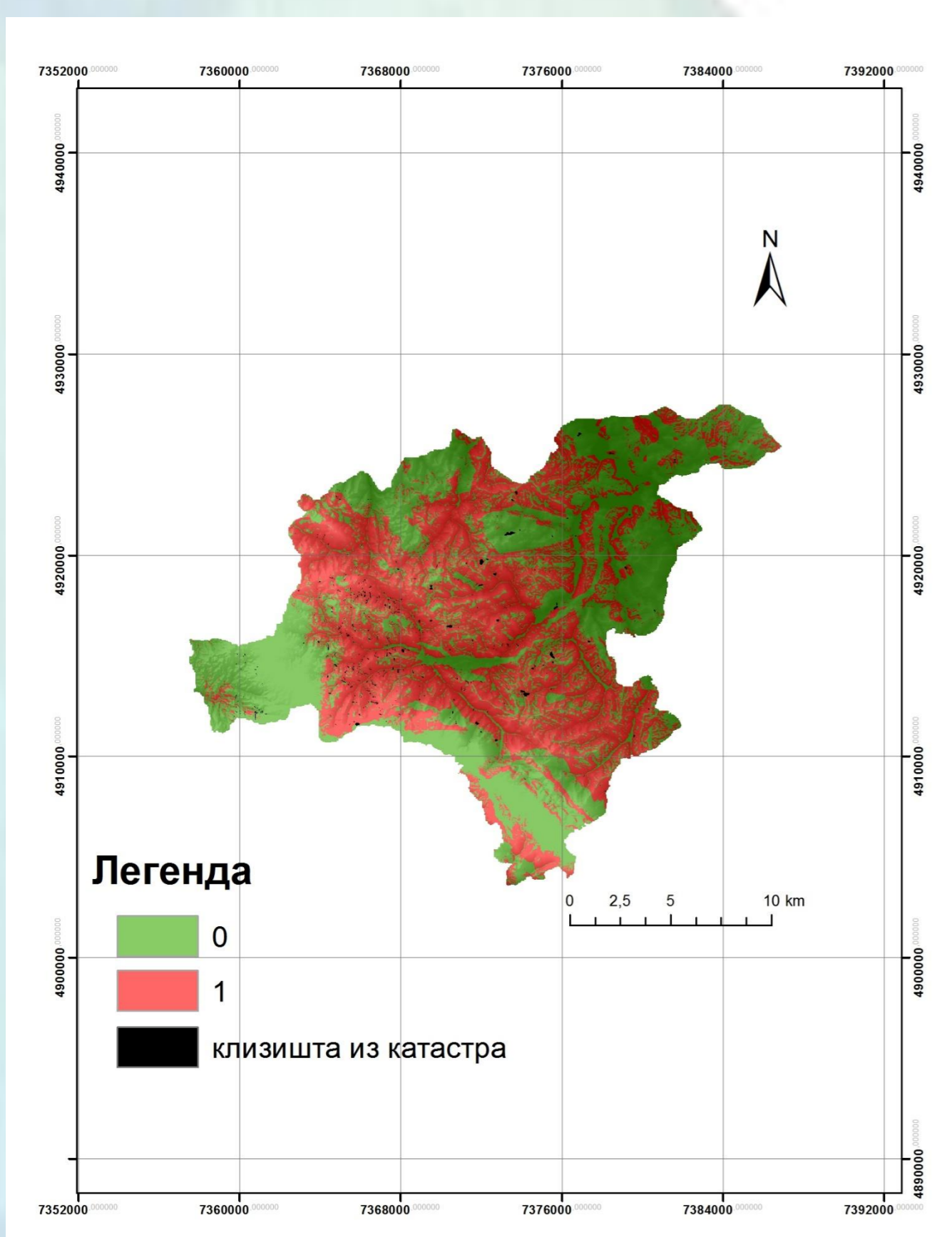
ANP метода је поступак којем неколико одабраних улазних параметара (*дигитални модел терена, експозиција према сунцу, енергија рељефа, нагиб падина, удаљеност од границе јединица са различитом хидрогеолошком функцијом, удаљеност од водотокова, вегетациони покривач и геологија терена*) дефинише коначни модел терена (склоност ка клижењу). Фактори који се узимају у обзир утичу на финални модел преко својих тежинских коефицијената (бодова), а да су претходно сви фактори нормализовани (доведени на исту скалу, у овом случају 0-100). Како се њихов утицај истовремено одређује, они захтевају на неки начин међусобно вредновање односно квантификовање сваког појединачног члана у односу на било који други.

Weight of evidence (WOE) је један од поступака у оквиру условне вероватноће (*CP*) који користи *Bayes-ов* модел вероватноће. То подразумева процену односа између просторне дистрибуције подручја која имају клизишта и просторног распрострањења анализираних параметара који доприносе склоности терена ка клижењу. Коначни модел подложности терена ка клижењу се заснива на рачунању позитивних *W+* и негативних *W-* тежинских фактора, тј. колики је тренутно, као и колики ће у будућности бити степен утицаја сваког улазног параметра на настанак процеса клижења на датом подручју. Карта односно модел склоности ка клижењу се добија применом *cross* табулације, тј. преклапањем катастра клизишта и класификованих улазних параметара.

Analytic hierarchy process

Conditional Probability (WOE)

Евалуација добијених модела



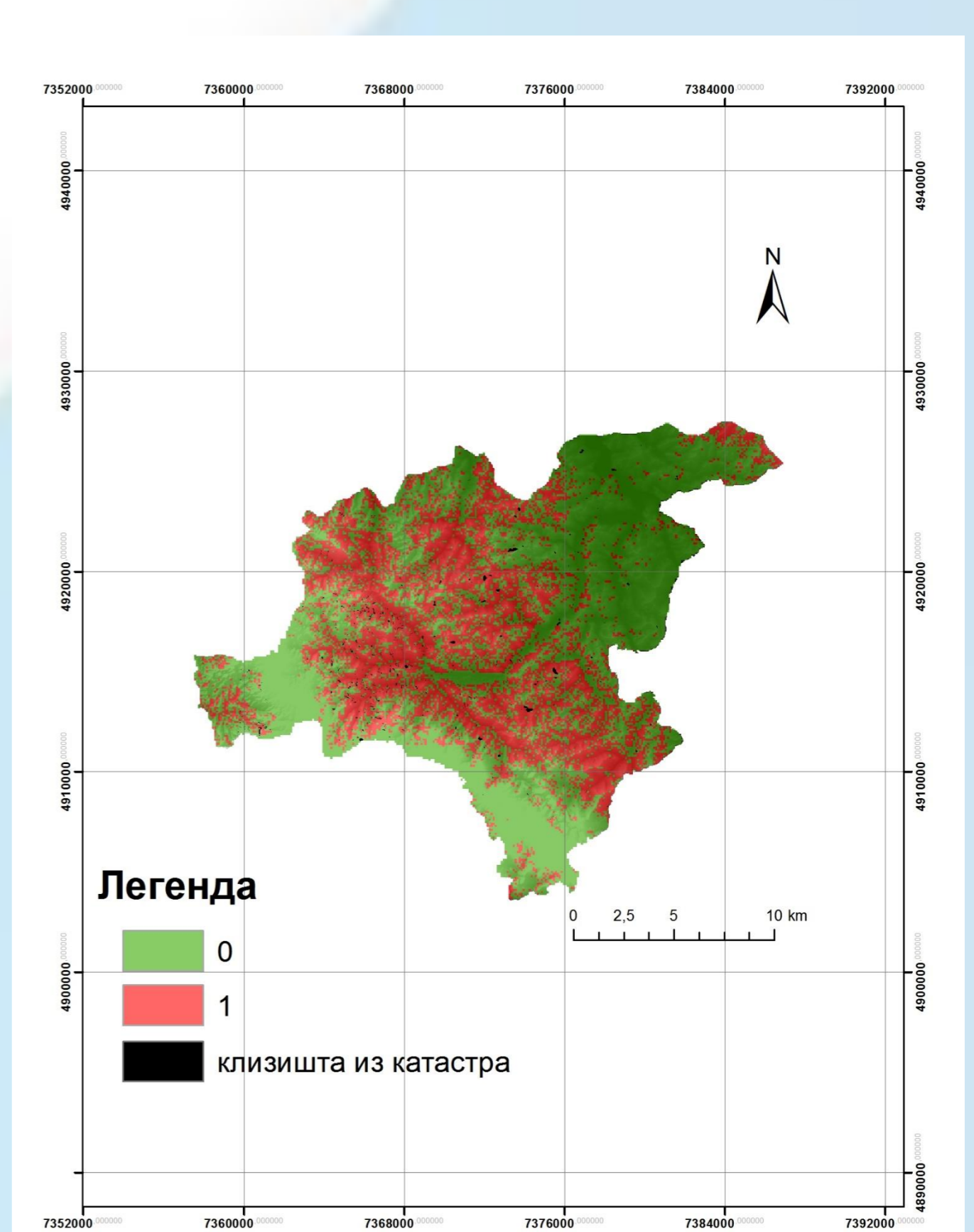
| | Катастар 0 | Катастар 1 | Катастар 0 | Катастар 1 |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| Модел 0 | 175901400 | 153803700 | 205687800 | 548100 |
| Модел 1 | 526500 | 1018800 | 121701600 | 996300 |

Применом матрица контингенције добијени су показатељи: стопе *TPR, SPC, FPR, FNR* и *ACC*. Најзначајнији показатељи тачности добијеног *ANP* модела, су вредности *FPR* и *FNR*

| | | ANP/CP |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>Sensitivity (Осетљивост)</i> | $TPR=TP/P=TP/(TP+FN)$ | 0,00658 / 0.645104895 |
| <i>Specificity (Специфичност)</i> | $SPC=TN/N=TN/(FP+TN)$ | 0,997016 / 0.628267 |
| <i>FPR (Стопа лажних позитива)</i> | $FPR=FP/N=FP/(FP+TN)$ | 0,002984 / 0.371733 |
| <i>FNR (Стопа лажних негатива)</i> | $FNR=FN/P =FN/(TP+FN)$ | 0,99342 / 0.354895 |
| <i>Accurasy (Тачност)</i> | $ACC=(TP+TN)/(P+N)$ | 0,534098 / 0.628346 |

Са подацима којима се располагало добијени су модели релативно задовољавајуће тачности. *Likelihood Ratio* метода се показала као непримењива на примеру ове територије. Релативно добри подаци добијени су применом *ANP* и *Weight of Evidence* метода, иако је њихова евалуација дала прилично другачије резултате.

Поузданост модела склоности терена ка клижењу ће се повећати самом допуном катастра која је у току. Примена две различите вишекритеријумске анализе, указала је на неопходност поседовања више података из катастра. Узимајући у обзир чињеницу да се *ANP* метода заснива на субјективности, док је *Weight of Evidence* статистичка метода, обе захтевају искуство и учешће већег броја стручњака за израду једне карте, како би се субјективност свела на минималну меру. С обзиром да су ово прве верзије модела склоности ка клижењу, добијени резултати су на задовољавајућем нивоу.



| ANP | геологија | хг границе | уд. од водотокова | од вегетација | енергија рељефа | висина | експозиција | % |
|-------------------------|-----------|------------|-------------------|---------------|-----------------|--------|-------------|------|
| геологија | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,22 | 0,31 | 0,27 | 0,24 | 0,21 |
| хг границе | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,29 | 0,25 | 0,23 | 0,20 | 0,18 |
| нагиб | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,29 | 0,25 | 0,23 | 0,20 | 0,18 |
| удаљеност од водотокова | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,09 | 0,14 | 0,13 |
| вегетација | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,09 | 0,10 | 0,13 |
| енергија рељефа | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,08 |
| висина | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| експозиција | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Сума | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |