

РЕЦЕНЗИЈА
НА ДОКТОРСКАТА ДИСЕРТАЦИЈА СО НАСЛОВ „ИНТЕГРИРАНА
МЕТОДОЛОГИЈА ЗА АНАЛИЗА НА ГЕОЛОШКИ СТРУКТУРИ
И ПРОЦЕСИ СО ПРИМЕНА НА СОВРЕМЕНИ ТЕХНОЛОГИИ“,
ИЗРАБОТЕНА ОД М-Р ИГОР ИВАНОВСКИ, ПРИЈАВЕНА НА ФАКУЛТЕТ
ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ
ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП

Со Одлука број 0206-174/2 од 20.2.2025 година, донесена на 90. седница на Наставно-научниот совет на докторски студии на кампус 2, на Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип, одржана на 18.2.2025 година, формирана е Комисија за оценка на докторската дисертација со наслов „Интегрирана методологија за анализа на геолошки структури и процеси со примена на современи технологии“, на англиски јазик „Integrated methodology for the analysis of geological structures and processes using contemporary technologies“, пријавена и изработена од кандидатот м-р Игор Ивановски, во состав:

- проф. д-р Ѓорѓи Димов, претседател;
- проф. д-р Гоше Петров - интерен ментор, член;
- проф. д-р Милорад Јовановски - екстерен ментор, член;
- проф. д-р Виолета Стојанова – член;
- проф. д-р Милош Марјановиќ - член.

Комисијата во наведениот состав, по прегледувањето на докторската дисертација, го поднесува следниов

ИЗВЕШТАЈ

Анализа на трудот

Докторската дисертација со наслов „Интегрирана методологија за анализа на геолошки структури и процеси со примена на современи технологии», на англиски јазик „Integrated methodology for the analysis of geological structures and processes using contemporary technologies», изработена од кандидатот м-р Игор Ивановски, претставува оригинален труд кој ги содржи сите потребни елементи предвидени со Законот за високо образование и Правилникот на Универзитетот „Гоце Делчев” во Штип, за изработка на докторската дисертација.

Во докторската дисертација низ еден современ пристап е извршена верификација на две различни методологии, низ примена од практиката: првата методологија се однесува на примена на современи технологии за собирање на податоци во структурната геологија, со употреба на паметниот телефон како алатка, а втората методологија се однесува на примена на современи технологии за детекција и мониторинг на одредени структурно-геолошки особености. И двете методологии се тесно поврзани со употребата на т.н. 3Д облаци од точки.

Докторската дисертација е изработена на 235 страници, содржи 143 слики и 20 табели. Истата содржи 10 поглавја: Вовед; Преглед на користени литературни извори од претходни истражувања; Дефинирање на темата, цели и задачи на истражувањето; Методи на истражувачката работа; Геолошки карактеристики на истражуваниот терен; Верификација на методологијата за

собирање на структурни податоци; Верификација на методологијата за детекција и мониторинг на структурно-геолошки особености; Дискусија; Заклучоци и препораки и Користена литература.

Во воведното поглавје се потенцира фактот дека развојот на науката претставува еден непрекинат процес во човештвото, каде што постепено актуелните современи пристапи стануваат општоприфатени, а со тек на време стануваат и традиционални, кога новите сознанија, методи и технологии стануваат современи. Овој процес е непрекинат и никогаш нема да престане. Структурната геологија има достигнато одредено ниво на развој, но и таа не е заобиколена од употребата на технолошките придобивки во делот на прибирање, анализа и обработка на податоци.

Во поглавјето во кое е опишана литературата која е користена при изработката на докторската дисертација е даден преглед на истата, во делот на: употребата на техниките на далечинско набљудување во структурната геологија; употребата на 3Д облаци од точки; употреба на LiDAR и SfM технологијата во структурната геологија; полуавтоматски и автоматски методи за препознавање на дисконтинуитети кај карпестите маси; како и употребата на LiDAR и SfM технологијата за мониторинг и детекција на структурно-геолошки особености.

Во поглавјето за дефинирање на темата, целите и задачите на истражувањето е објаснета актуелноста на темата, каде што е даден опис на принципите на работа во структурната геологија, како и примената на новите технологии во истата. Исто така е поставено прашањето дали во структурната геологија, технологијата може брзо, ефикасно и точно да одговори на одредени барања, односно по потреба соодветно да го замени геолошкиот компас, како и некои од принципите на собирање, анализа и презентација на геолошки и геотехнички податоци. Во докторскиот труд се обработени две методологии. Прикажани се основните принципи на првата методологија на работа, низ примена во практиката за собирање на структурни податоци. Притоа се поставени две основни цели за собирање на структурни податоци со употреба на 3DOT добиен со iPhone: докажување на употребливоста на нискобуџетната опција за мерење на елементи на пад со користење на паметен телефон и влијанието на различната геолошка градба врз квалитетот на добиените податоци. Прикажани се основните принципи на втората методологија на работа низ примена во практиката, која се однесува на детекција и мониторинг на структурно-геолошки особености, каде што е презентиран пример за детекција и мониторинг на карактеристики и промени на косини во карпа со употреба на 3D облак од точки, кој се добива со употреба на SfM технологијата. Оваа метода претставува најрана форма на постојано следење и откривање на можни свлечишта. И за двете методологии се потенцира начинот на собирање на податоци, каде што неинвазивните техники, кои вклучуваат далечинско снимање на брз, повторлив и непосредно проверлив начин, можат неколкукратно да го зголемат потенцијалот во структурната геологија. Овој начин на добивање на податоци дава можност, научниците и инженерите да го зголемат своето присуство на терен и во непристапни области, на еден почист, побезбеден и побрз начин.

Во поглавјето „Методи на истражувачката работа“ е даден детален опис на користените технологии при директни теренски активности, проследени со кабинетска работа. Опишани се традиционалните методи за анализа

на структурните карактеристики на карпите, која вклучува употреба на геолошки компас. Опишани се и современи методи за анализа на структурните карактеристики, која ги вклучува технологиите LiDAR и SfM. Од користениот хардвер се опишани: iPhone, дрон и ГПС уреди, а од користен софтвер: Pix4D, Cloudcompare, 3D scanner app, DSE и FACETS.

Во петтото поглавје се опишани геолошките карактеристики на локациите кои се предмет на истражување на оваа докторска дисертација. Тоа се: локалитетот Милутинци, локалитетот Фариш, локалитетот Серта, како и еден усек при изградба на експресен пат во североисточниот дел на Македонија. Овие локалитети се карактеризираат со различна геолошка генеза, како и различни структурни карактеристики, што дава разновидност при верификација на конкретните методологии.

Во поглавјето „Верификација на методологијата за собирање на структурни податоци“ во докторската дисертација е обработена првата методологија. Со употреба на паметен телефон, целта е да се обезбедат податоци за структурните карактеристики на истражуваната карпа. Ова е направено на три различни локации со различни структурни и геолошки карактеристики, низ еден процес, каде што на почетокот се користени сите достапни технологии, со цел верификација на добиените резултати, додека на крајот се добиени резултати со независна употреба на паметен телефон. Притоа се анализирани податоци со употреба на софтвер - рачно, со примена на виртуелен компас, како и со употреба на две полуавтоматски методи за извлекување на структурни податоци од 3Д облак од точки. Добиените резултати се анализирани со употреба на повеќе различни аналитички методи, кои укажуваат на високи совпаѓања помеѓу традиционалниот и современиот начин на собирање на структурни податоци. Исто така, направена е споредба меѓу резултатите од различните локации и од тоа се извлечени соодветни заклучоци, каде што генезата на истражуваниот изданок, како и присуството на други фактори, како вегетацијата, влијаат врз квалитетот на добиените податоци.

Во седмото поглавје од докторската дисертација е обработена втортата методологија. Со употреба на нискобуџетната, далечинска и прецизна SfM технологија се детектираат и следат одредени геолошки особености, во конкретниот случај свлечиште на косина кај усек на експресен пат. При оваа верификација се прикажани два пристапи: детекција и мониторинг на структурно-геолошки особености, како и дополнителни геометриски карактеристики за мониторинг и детекција. При оваа постапка е извршено снимање на една локална нестабилност на косина низ период од 5 месеци, при што се добиени четири снимки кои се споредувани меѓу себе, за да се утврдат основни информации за свлечиштето. Притоа се заклучува дека на конкретната локација свлечиштето почнало да се формира пред визуелната детекција на истото, што може да даде голем придонес во идни случаи, каде што со навремена реакција ќе се заштитат луѓето и машините кои работат во близина на таква појава. Исто така, се добива информација дека и по настанување на главното свлекување, сепак во тој дел локалната нестабилност продолжува, но со помал интензитет. Иако оваа локална нестабилност не е од поголеми размери и не дава некои брзи промени на терен, значењето е во тоа што регистрираните движења и разлики се со точност во сантиметри, што во геологијата е повеќе од доволно за следење на вакви геолошки појави. Искористувањето на геометриските

карактеристики извлечени од облаците од точки може да овозможи континуиран и сигурен мониторинг на усек или косина, помагајќи во раното откривање на какви било несакани проблеми.

Во осмото поглавје (Дискусија) се презентирани предностите и недостатоците на користените технологии. Исто така, направена е евалуација на двете користени методологии. При евалуацијата на првата методологија се дадени одредени заклучоци, кои се во насока на употребливоста на паметниот телефон како алатка која може да се користи во структурната геологија. Притоа, детално се опишани сите позитивни и негативни сознанија од употребата на хардверот и софтверот. При евалуација на втората методологија е заклучено дека придобивките се големи и со голема точност се добиваат бараните информации.

На крајот, во деветтото поглавје е даден генерален заклучок врз основа на заклучоците кои се презентирани во претходните поглавја. Заклучок е дека овие технологии даваат успешен придонес при нивната имплементација во структурната геологија, а за очекување е дека во блиска иднина ќе се подигне нивото на точност и на употребливост на овие технологии. Исто така, дадени се и препораки за идни чекори, создавање на поле за идни научни анализи и примена на оваа технологија.

Научен придонес

Спроведените истражувања во рамките на докторската дисертација имаат оригинален научен карактер и како такви имаат голем придонес за развој на научната мисла во доменот на геологијата, поконкретно во структурната геологија, инженерската геологија и геотехниката. Преку соодветна интерпретација на добиените резултати, м-р Игор Ивановски ја потврдува оригиналноста на истражувањето и потребата од почести вакви истражувања, во насока на подобрување на собирањето и анализата на различни геолошки податоци. Ова дава основа за создавање на полиња за идни научни анализи, имајќи предвид дека користените современи технологии се во фаза на развој и нивно секојдневно усовршување.

Апликативен придонес

Кандидатот м-р Игор Ивановски на конкретен начин ги претставува добиените резултати дефинирани во целите на докторската дисертација, што овозможува непосредно да се види апликативниот придонес од овие истражувања. За остварување на целта на докторската дисертација, неопходно е перманентно следење на достигнувањата во новите технологии, кои на непосреден начин ќе можат да се применат во геолошките истражувања. Апликативниот придонес за првата методологија се однесува на примената на паметниот телефон за потребите во структурната геологија. Уредот кој се користи за комуникација, фотографирање, пристап на социјалните мрежи, ориентација во простор и др. може да добие и уште една улога. Докажаниот апликативен придонес кај втората методологија треба да ги охрабри градежните и рударските компании да го имплементираат овој начин на детекција и мониторинг на нивните објекти. На крај може да се каже дека напредокот во користењето на софтвер и хардвер во сите сегменти на општественото живеење, полека и сигурно зазема свое место и во геологијата.

Начин на пишување и изнесување на материјата

Докторската дисертација изработена под менторство на проф. д-р Гоше Петров, редовен професор на Факултетот за природни и технички науки при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип, како интересен ментор, и проф. д-р Милорад Јовановски, редовен професор на Градежниот факултет при Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, како екстерен ментор, е напишана јасно, на научно и стручно ниво. Испитувањата и анализите се добро систематизирани, а добиените резултати се презентирани на јасен, концизен и разбирлив начин. Добиените заклучоци се конкретни и истите можат да бидат мотив за понатамошни истражувања.

Конзистентност на деловите во рамки на целината

Кандидатот м-р Игор Ивановски, преку добро дефинирани и меѓусебно поврзани и усогласени научни истражувања, кои се надоврзуваат едни на други, анализа на резултатите од истражувањата и давање на соодветни заклучоци и препораки за понатамошни истражувања, дефинира една целина која во потполност ги исполнува сите услови да биде прифатена како докторски труд.

Исполнетост на законските услови за одбрана на трудот

Кандидатот м-р Игор Ивановски пред одбраната на докторската дисертација ги има објавено следниве трудови, директно поврзани со проблематиката што е обработена во самиот докторски труд:

Ivanovski, I., Nedelkovska, N., Petrov, G., Jovanovski, M., & Nikolovski, T. (2023). COMPARISON BETWEEN TRADITIONAL AND CONTEMPORARY METHODS FOR DATA RECORDING IN STRUCTURAL GEOLOGY. *Geologica Macedonica*, 37(2), 119-133.

<https://doi.org/10.46763/GEOL23372119i>.

Ivanovski, I., Nedelkovska, N., Peševski, I., Petrov, G., Jovanovski, M., & Nikolovski, T. (2024). APPLICATION OF 3D POINT CLOUD DATA FOR CUT SLOPE MONITORING. *Geologica Macedonica*, 38(1), 15-30.

<https://doi.org/10.46763/GEOL24381015i>.

Ivanovski I, Nedelkovska N, Petrov G., Jovanovski M, Nikolovski T., Peshevski I, (2024). DETECTION AND MONITORING OF SLOPE MOVEMENT BY USING POINT CLOUD DERIVED FROM THE SfM TECHNIQUE. Proceedings of the 6th Regional Symposium on landslides in the Adriatic-Balkan Region, ReSyLAB2024, Belgrade, Serbia 15-18th May 2024, 127-132

<https://doi.org/10.18485/resylab.2024.6.ch16>.

Ivanovski I, Maksimov B., Petrov G., Dimov G., Jovanovski M., Nedelkovska N., (2024) USING THE iPhone AS A TOOL IN STRUCTURAL GEOLOGY. Proceedings of the 5th Congress of the Geologist of the Republic of North Macedonia, Ohrid 2024, 285-292.

ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Комисијата за оценка детално ја разгледа докторската дисертација со наслов „Интегрирана методологија за анализа на геолошки структури и процеси со примена на современи технологии“, на англиски „Integrated methodology for the analysis of geological structures and processes using contemporary technologies“,

од кандидатот м-р Игор Ивановски, и заклучува дека истата претставува оригинален, самостоен научен труд со систематски разработена проблематика и оригинални научни истражувања и резултати. Докторската дисертација врз основа на содржината, обемот и постигнатото ниво на квалитет на научна работа ги исполнува сите услови потребни за изработка на докторска дисертација.

Врз основа на претходно изнесеното, Комисијата има чест да му предложи на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип да ја прифати позитивната Рецензија на докторска дисертација со наслов „Интегрирана методологија за анализа на геолошки структури и процеси со примена на современи технологии“, на англиски „Integrated methodology for the analysis of geological structures and processes using contemporary technologies“, од кандидатот м-р Игор Ивановски и да одобри јавна одбрана на истата.

РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА

Проф. д-р Ѓорѓи Димов, претседател, Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип, с.р.

Проф. д-р Гоше Петров, член, интерен ментор, Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип, с.р.

Проф. д-р Милорад Јовановски, член, екстерен ментор, Градежен факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, с.р.

Проф. д-р Виолета Стојанова, член, Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип, с.р.

Проф. д-р Милош Марјановиќ, член, Рударско-геолошки факултет, Универзитет во Белград, с.р.