

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ БЕЗБЕДНОСТИ

ПРИМЕНА ГИС ТЕХНОЛОГИЈА У
УПРАВЉАЊУ РИЗИЦИМА ОД КАТАСТРОФА
ИЗАЗВАНИХ ПРИРОДНИМ ОПАСНОСТИМА

мастер рад

Ментор:
Доц. др Дејан Радовић

Студент:
Марина Ескић М11/20

Београд, 2022.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF SECURITY STUDIES

**APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES IN
THE MANAGEMENT OF DISASTER RISKS
CAUSED BY NATURAL HAZARDS**

master thesis

Mentor:
Doc. dr Dejan Radović

Student:
Marina Eskić M11/20

Belgrade, 2022.

ЗАХВАЛНИЦА

Посебну захвалност дугујем свом ментору, као и својој породици и пријатељима за неизмерну подршку током студирања.

САЖЕТАК

Географски информациони системи (ГИС) могу се описати као системски алати који служе за идентификовање, анализу, обраду, складиштење, мапирање и презентовање геопросторних података и информација путем дигиталних технологија. Заправо, ови системи омогућавају приказивање дигиталних модела георафских информација, којима се могу представити одређена подручја и простори на својеврсан и квалитетан начин. Стога, имају веома значајну улогу у испитивању и приказивању податка у различитим областима, као и у различитим секторима, те их користе државне институције, војска, владе, невладине организације, приватне компаније, научно-истраживачки институти и др. Примена ових система у управљању ризицима од природних катастрофа у савременом свету је веома значајна, с обзиром на чињеницу да су подаци које ови системи пружају релевантни, квалитетни и прецизни, те у складу са тим, могу се доносити и адекватне одлуке за спречавање, ублажавање и превентивно и тачно деловање на ризике. На основу свега наведеног, рад има за циљ да укаже на утицај и значај који ГИС алати имају у управљању ризицима од природних катастрофа.

Кључне речи: географски информациони системи, ГИС, геопросторни подаци, ризици од катастрофа, природне катастрофе, опасности, ризик, управљање ризицима

ABSTRACT

Geographic information systems (GIS) represent system tools that serve to identify, analyze, process, store, map and present geospatial data and information through digital technologies. In fact, these systems enable the display of digital models of geographic information, which can represent certain areas and spaces in a unique and high-quality way. Therefore, they play a very important role in examining and displaying data in different areas, as well as in different sectors, and are used by state institutions, the military, governments, non-governmental organizations, private companies, scientific research institutes, etc. The application of these systems in the management of risks from natural disasters in the modern world is very significant, given the fact that the data provided by these systems are relevant, high-quality and precise, and accordingly, adequate decisions can be made to prevent, mitigate and preventive and accurate action on risks. Based on all of the above, the paper aims to indicate the impact and importance that GIS tools have in managing the risks of natural disasters.

Keywords: geographic information systems, GIS, geospatial data, disaster risks, natural disasters, hazards, risk, risk management

БИОГРАФИЈА

Марина Ескић (рођ. Гајић) рођена је 24. јула 1996. године у Београду. Основну школу „Коста Ђукић“ и Гимназију завршила је у Младеновцу са одличним успехом. Године 2015. уписује Факултет безбедности Универзитета у Београду. Основне студије завршава у септембру 2020. године одбранивши дипломски рад на тему „Стратегија националне безбедности као општа безбедносна процена“. Октобра исте године уписује мастер академске студије на Факултету безбедности Универзитета у Београду, на смеру Управљање ризицима од елементарних и других непогода. Течно говори енглески језик.

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
1.1.Предмет истраживања	1
1.2.Циљеви истраживања	2
1.3.Истраживачка питања	3
1.4. Методолошки приступ.....	3
2. ТЕОРИЈСКО ОДРЕЂЕЊЕ ОПАСНОСТИ И КАТАСТРОФА	4
2.1.Појмовно одређење опасности.....	4
2.2. Појам и карактеристике катастрофе.....	6
3. КАРАКТЕРИСТИКЕ УПРАВЉАЊА РИЗИЦИМА ОД КАТАСТРОФА	11
3.1. Појам и врсте ризика од катастрофа.....	11
3.2. Појам и карактеристике управљања ризицима од катастрофа	14
3.3. Савремено управљање ризицима од катастрофа.....	16
4. ТЕОРИЈСКО ОДРЕЂЕЊЕ ГЕОГРАФСКИХ ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА.....	17
4.1. Појам и дефиниција ГИС-а	17
4.2. Историјски развој ГИС-а	20
4.3. Основне компоненте и намена ГИС-а	25
4.4. Типови података у оквиру ГИС-а	29
5. ГИС КАО АЛАТ У УПРАВЉАЊУ РИЗИЦИМА ОД КАТАСТРОФА ИЗАЗВАНИХ ПРИРОДНИМ ОПАСНОСТИМА	35
5.1. Примена ГИС-а у управљању ризицима и заштити од литосферских катастрофа ...	35
5.2. Примена ГИС-а у управљању ризицима и заштити од хидросферских катастрофа .	40
5.3. Примена ГИС-а у управљању ризицима и заштити од атмосферских катастрофа ...	45
5.4. Примена ГИС-а у управљању ризицима и заштити од биосферских катастрофа	47
6. БУДУЋИ РАЗВОЈ И ПОТЕНЦИЈАЛИ ГИС-А У УПРАВЉАЊУ РИЗИЦИМА ОД КАТАСТРОФА ИЗАЗВАНИХ ПРИРОДНИМ ОПАСНОСТИМА	50
ЗАКЉУЧАК.....	53
ЛИТЕРАТУРА.....	55

ПОПИС СКРАЋЕНИЦА

AI - Artificial Intelligence.

VR - Virtual Reality.

GIS - Geographic Information System.

GADS - Софтвер за анализу геоподатака и систем за приказ софтвера.

GUI - Graphical user interfaces.

EIS - Environmental Information System.

ЕС - Експертски системи.

ИТ - информационе технологије.

ИС - информациони системи.

KMS - Knowledge Management Systems.

LIS - Land Information System.

LRIS - Land and Resource Information System.

MIMO - Map In – Map Out.

UIS - Urban Information System.

CIS - Cadastral Information System.

CGIS - Canada Geographic Information System.

WHO - Светска здравствена организација.

CO₂ - Угљен диоксид.

ПОПИС СЛИКА И ГРАФИКОНА

Слика 1. Традиционални концепт управљања ризицима од катастрофа.

Слика 2. Осенчена мапа из 1832. која приказује смртне случајеве од колере на хиљаду становника за сваки од 48 округа у Паризу од Шарла Пикеа.

Слика 3. развој ГИС-а према Mc Laythlin и Coleman.

Слика 4. Компоненте географског информационог система (ГИС).

Слика 5. Основне хардварске компоненте ГИС-а.

Слика 6. Место и улога модула и софтверској структури ГИС-а.

Слика 7. Илустрација растерских података.

Слика 8. Векторски подаци.

Слика 9. Називи и описи као типови векторских података.

Слика 10. Пример примене дигиталног модела висине у ГИС-у.

Слика 11. Дигитални модел висина вулкана Етна и Везув.

Слика 12. Дигитални приказ векторских података вулкана Везув.

Слика 13. Мапа опасности вулкана Везув.

Слика 14. Мапа опасности од поплава.

Слика 15. Симулација максималне дубине поплава у општини.

Слика 16. Визуализација свих релеватних индикатора ризика од поплаве путем ГИС-а.

Слика 17. Коначна мапа ризика од поплава.

Слика 18. Тродимензионални приказ топографије и временских образаца.

Слика 19. Испитивање штета од торнада путем ГИС технологије.

Слика 20. Процена и управљање ризицима од шумских пожара применом ГИС технологије.

ПОПИС ТАБЕЛА

Табела 1. Класификација несрећа/катастрофа и магнитуде догађаја.

Табела 2. Врсте катастрофа које су од значаја за опстанак људског друштва.

Табела 3. Алфа-нумерички подаци у оквиру ГИС-а.

1. УВОД

1.1. Предмет истраживања

Сведоци смо да се свет у коме живимо у последње време суочава са разним климатским променама и природним катастрофама које их прате. Према Фрицовом мишљењу, катастрофе се могу описати као „догађаји, који се могу одредити у времену и простору, који утичу на друштвене јединице, које, заузврат, осмишљавају и имплементирају одговоре или мере за ублажавање тих утицаја“ (Fritz, 1961). Човечанство је свакодневно угрожено бројним природним опасностима, као што су поплаве, земљотреси, суше и друго. Управљање ризицима од катастрофа је процес који обухвата активности планирања и деловања. У фази планирања се израђују процене могуће опасности, капацитета и могућности како би се спречио настанак природне катастрофе и процењују се могућности за реаговања како би се што боље одговорило на последице које се не могу избећи. У фази деловања спроводе се мере и активности којима се отклањају последице и предузимају се кораци за повратак у редовно стање (Ogorec, 2010). Међународна стратегија за смањење ризика од катастрофа под природним опасностима подразумева „природне процесе или појаве које могу узроковати људске жртве, повреде или друге утицаје на здравље, материјалне штете, губитак егзистенције и услуга социјалне и економске поремећаје или оштећења животне средине“ (ISDR, 2009: 16). Природне катастрофе се могу описати као догађаји које не можемо спречити, али их употребом одређених алата можемо предвидети и управљати ризицима које оне изазивају. Кроз целу историју, људи су се суочавали са последицама природних катастрофа, међутим, савремено доба донело је бројне предности у виду технологија које могу бити од помоћи, а једна од таквих технологија управо је Географски информациони систем. ГИС је „рационално организован скуп рачунарског хардвера, софтвера, географских података и корисника, који је пројектован тако да омогућава ефикасно прикупљање, чување, сређивање, манипулисање, анализу и просторно приказивање географских и свих других информација које могу бити од интереса за корисника“ (Ђурђевић, 2000). У доступној литератури препозната је примена ГИС-а у управљању ризицима од катастрофа као што су земљотреси, клизишта, поплаве, суше, шумски пожари. У последње две деценије примена ГИС-а доживела је велики процват. Његова примена значајна је у бројним областима, међу којима је просторно планирање, екологија, заштита животне средине,

управљање инфраструктуром, шумарство, пољопривреда. Географски информациони систем представља поље којем научна и стручна јавност треба да поклони више пажње, како би се успешније одговорило на различите изазове који погађају друштво.

1.2. Циљеви истраживања

Истраживање представља покушај да се пружи одговор на питање, како и на који начин географски информациони системи могу пружити помоћ и адекватне информације у процесу управљања ризицима од природних катастрофа. Наиме, сврха рада је да укаже на потребе за имплементирањем ГИС-технологије у савремено функционисање организација, институција, влада, те како у државном, тако и у приватном сектору. Наиме, са развојем информационих технологија, јављају се и многобројне могућности ефикаснијег, квалитетнијег и континуиранијег управљања свим врстама ризика, а нарочито ризицима од природних катастрофа, као најзначајнијим опасностима које утичу на читав људски род и друштвену заједницу.

На основу дефинисаног предмета и циља рада можемо издвојити задатке рада:

- прикупљање релевантне литературе;
- преглед и избор радова из области географских информационих система и њихове примене у управљању ризицима;
- анализа одабраних радова, где је потребно уочити карактеристике и значај примене ГИС технологије;
- извођење закључака и препорука за даља истраживања.

Подаци анализирани за потребе овог рада, прикупљени су путем препоручене, стручне литературе, књига, чланака у часописима из области природних наука, чланака из зборника радова, интернета и интернетских извора, као што су електронски претраживачи Гоогле Академик и друге релевантне библиографске базе података као што су Кобсон и Research Gate, ПубМед, правни акти, докторски, магистарски и дипломски радови и друге литературе која је могла пружити одговор на задати проблем рада.

Истраживања која су коришћена у раду, одабрана су према предмету истраживања, наслову и кључним речима, те представљају релевантне изворе података за обраду теме.

1.3.Истраживачка питања

Истраживачка питања од којих се пошло приликом вршења теоријског истраживања у овом раду су:

- 1) Географски информациони системи доприносе ефикасном и квалитетном управљању ризицима од природних катастрофа.
- 2) Географски информациони системи заузимају високу примену у управљању ризицима од природних катастрофа.
- 3) Коришћењем географских информационих система у управљању ризицима од природних катастрофа допринело са смањењу штетних последица по друштвену заједницу.
- 4) Будућа примена географских информационих система биће заснована на развоју информационих технологија и њиховој примени у управљању релевантним информацијама у савременом друштву.

1.4. Методолошки приступ

Метод који је коришћен у овом раду је анализа садржаја, односно анализа релевантне домаће и стране литературе која се директно бави темом овог рада, али и анализа радова који су на индиректан начин повезани са темом овога рада, али доприносе потпунијем сагледавању проблематике теме. У раду ће бити представљен објективан и систематичан приказ сазнања, констатација и достигнућа која су у вези са предметом истраживања, а која се могу наћи у доступној грађи. Применом ове методе долазимо до одређеног сазнања о различитим теоријским појмовима и приступима у проучаваној области. Метод анализе садржаја у овом раду ће се користити за анализу материјала из различитих извора, као што су монографије, издања са научних конференција, интернет сајтови, новине, часописи и друга стручна литература. У раду ће бити коришћени подаци који су већ доступни. Представиће се различити ставови аутора који ће омогућити да се сагледа суштина проблема.

2. ТЕОРИЈСКО ОДРЕЂЕЊЕ ОПАСНОСТИ И КАТАСТРОФА

2.1. Појмовно одређење опасности

За разумевање појма опасности, неопходно је кренути од схватања појма ризика, који је данас пристуан у свим сферама људског друштва. Наиме, друштво је данас суочено са различитим еколошким и технолошким катастрофама, као и финансијским кризама, заразним болестима, миграцијама и расељавању, али и терористичким претњама, па су све ове потенцијалне опасности временом постале саставни део савременог живота. Штавише, ризик може послужити као заједнички концептуални оквир у савременој друштвеној пракси, с обзиром да се све чешће користи у сврху описивања и управљања различитим социјалним пробелима.

Уопштено говорећи, ризик можемо да дефинишемо као „неизвесност неких будућих догађаја, а у само објашњење ризика можемо сврстати све могуће негативне конотације које на основу прогноза могу да доведу до нежељене штете, односно до негативних губитака или опасности“ (Латковић, 2002: 465). Различите врсте ризика који су последица неизвесног окружења данас су постали саставни део друштвеног живота, без обзира на њихову величину или вероватноћу настанка и сви се суочавамо са њима.

Савремена литература, у научном и образовном окружењу које се бави безбедносним проблемима, углавном, слободно тумачи појам „опасности“ или „безбедности“, као и њима сличне термине, што представља велики проблем у разграничавању појмова и њихових зачења. Овај проблем, као и недостатак општеприхваћене науке која је заснована на терминологији, истовремено представља и препреке ефикасном развоју науке о безбедности уопште, као и постизању људске безбедности и безбедности човечанства. Истовремено, може се рећи да се оваквим приступом долази до погрешног решавања низа теоријских и практичних питања из области безбедности.

Као основни појам у области безбедности, неопходно је дефинисати појам „опасности“. Како наводе Белов и сарадници, „опасност се може дефинисати као негативан атрибут живе или неживе материје, који може проузроковати губитак саме материје: људи, животне средине и материјалних вредности“. Аутори сматрају да је опасност заједничка код свих система који имају енергетске, хемијске, биолошке, или друге компоненте које нису у потпуности компатибилне са људским животом (Belov et al., 2007: 12). Пратећи ову

дефиницију, неопходно је препознати опасност у сваком од ових наведених елемената, односно, препознати да се у сваком елементу природе скрива одређено негативно обележје.

Дакле, сваки материјални објекат у универзуму може бити потенцијално опасан. Осим материјалног, и друге, неопипљиве, компоненте људског друштва, такође, могу бити извори опасности. Из тог разлога, опасност се не може схватити као својство неког објекта или система, већ она произилази из саме њихове активности. Исто тако, треба приметити да се опасност као појам не мора везивати искључиво за људе, већ је можемо повезати и са разним техничким системима, животном средином итд.

Како наводи Јарошевска, „опасност се може представити као дејство концепта некомпатибилности и концепта штетних фактора за људска бића“ (Yaroshevskaya et al., 1997: 11-12). Дакле, при формулисању појма опасности, аутори полазе од њеног утицаја. Као резултат тога, концепт опасности се дефинише као „неповољан или некомпатибилан догађај који има утицаја на животне факторе човека“ (Yaroshevskaya et al., 1997: 11-12).

Надаље, треба напоменути и дефиницију опасности која исту представља као „латентну карактеристику система или његових компоненти, која има могућности да изазове негативне и неочекиване појаве које доводе до нарушавања безбедности, угрожавања стабилности и функционисања система и његовог окружења“ (Zaplatinsky, 2013: 120).

Приликом дефинисања појма опасности, битно је напоменути и формулацију по којој опасност није искључиво појава или ефекат неког догађаја, већ садржи и специфичне услове под којима она делује. Па тако се термин опасности може дефинисати као „централни концепт безбедности живота, који комбинује феномене, процесе, предмете, а који под одређеним околностима могу изазвати штету по здравље људи“ (Pistun, 2000: 5).

Још једна од дефиниција која се наводи у литератури представља опасност као „ситуацију која може изазвати догађаје или процеса који могу да заразе људе, проузрокују материјалну штету, униште животну средину“ (Karmazinov et al., 2001: 304). Ова дефиниција се значајно разликује од претходних, јер опасност не посматра ни као појаву, предмет ни процес, већ као ситуацију. Дакле, овде долази до преноса концепта опасности са материјалних објеката и система, у систем који обухвата поменуте компоненте, а који садржи и одређене активности. Као резултат тога, може се рећи да се термин опасност односи, не само на околности, већ и међусобну интеракцију објеката, поља, енергије и информација итд.

Ипак, као коначне компоненте опасности, могу се издвојити следеће: 1) претња - могућа опасност; 2) могућност настанка - средства, услове, околности које су неопходне да би се опасност десила; 3) услови - околности од којих опасност зависи; 4) предмет - нешто што постоји изван људске природе и независно од људске свести, тј. појаве спољашњег света; 5) процес - ток развоја неке појаве, очигледна промена стања; 6) феномен - испољавање или израз суштине; 7) ситуација - сажетак околности, положаја, стања (Ozhegova, Shvedova, 2001: 2).

На основу приказаних компоненти, може се одредити и коначна дефиниција опасности, која обухвата „могућност настанка околности под којима материја, поље, информација, енергија или збир њих могу да утичу на сложени систем, и то на начин да овај утицај доводи до негативних последица“ (Zaplatskiy, 2012: 275).

2.2. Појам и карактеристике катастрофе

Савремено друштво суочава се са великим бројем различитих катастрофа. Сама реч катастрофа потиче од грчке речи *катастрофо* која се може превести као окренути, обраћати или преврнути. Обично се употребљава за објашњење пропасти, слома или неке изненадне несреће која је изазвала веома озбиљне последице, како по људски живот, тако и у материјалном смислу (Кешетовић, Милашиновић, 2008: 43). Према другој литератури, сматра се да термин катастрофа потиче од француске речи *désastre* која је сачињена од две речи *dé* што значи лош и *astre* што значи звезда. Па према овом схватању, термин катастрофа може се представити као „лоша или зла звезда“. Термин се при томе може користити и за личне трагедије, које појединцу могу изазвати емоционалне и финансијске проблеме и патње (McFarlane, Norris, 2006: 4).

Катастрофа се може дефинисати као „страшна непогода или несрећа која доводи до губитка живота великог броја људи и узрокује велика материјална разарања“ (Милојевић и сар., 2015: 2). Међутим, треба напоменути да не постоји универзална дефиниција катастрофе, с обзиром на то да иста зависи од саме области и научне дисциплине у којој се користи. Понекад се, стога, као посебно обележје катастрофе може јавити елемент великих људских жртава, материјалних разарања или, пак, уништење животне средине, а који превазилазе могућности заједнице да их реши, што помаже разграничењу овог појма.

Дакле, катастрофе могу бити представљене као катастрофални догађаји који резултирају великим губицима у смислу живота људи, животиња и биљака, повреда и инвалидитета и материјалне штете, као и негативних последица на животну средину. Према појединим ауторима, „катастрофе се могу посматрати и као последица неадекватног управљања ризицима, при чему су ови ризици производ опасности и рањивости“ (Бешкер, 2006: 23).

Светска здравствена организација (WHO, енгл. World Health Organization) дефинише катастрофу као изненадни еколошки феномен, који је довољне величине да захтева спољну помоћ и на који заједница не може самостално да одговори. То је појава која омета нормалне услове живота изазивајући такав ниво патње који превазилази капацитет прилагођавања од стране погођене заједнице (WHO, 2002: 3).

Такође, „катастрофа се може дефинисати као сваки догађај, који се обично дешава изненада, а који узрокује штету, еколошки поремећај, губитак људских живота, погоршање здравља и здравствених услуга и који, при свему томе, премашује капацитет погођене заједнице у обиму довољном да захтева спољну помоћ“ (Landsman, 2003).

Класичну дефиницију катастрофе, пружио је Кварантели, који је издвојио „три кључна елемента у разумевању катастрофе, а то су: опис извора, физичко оштећење, друштвени поремећај и негативне евалуације“ (Quarantelli, 1988).

Дакле, према свему наведеном, може се закључити да су катастрофе догађаји у којима је значајан број људи изложен екстремним догађајима на које су рањиви, са резултирајућим повредама и губитком живота, често у комбинацији са оштећењем имовине и средстава за живот, таквог обима да погођена заједница не може самостално одговорити на њу. Катастрофе се дешавају у свим сферама људског живота, у различитим ситуацијама и у различитим деловима света, као и у различитом обиму.

Сам концепт катастрофа може се посматрати са четири гледишта, те се на основу тога и сами катастрофални догађаји могу класификовати. Па тако, Кешетовић и Милашиновић, наводе „следеће аспекте катастрофа (Кешетовић и Милашиновић, 2008: 44):

- 1) *према извору, односно пореклу* - природне или технолошке катастрофе,
- 2) *према последицама* - степен губитка и оштећења, интензитет и трајање катастрофе,
- 3) *према току* - интервенције различитих актера, капацитети за одговор, организације и заједнице,

4) *према степену ризика који катастрофа укључује.*“

Приметно је да се природа катастрофа временом мења, те је неопходно и само прилагођавање дефиниције катастрофе савременим схватањима и резонувањима исте у модерном друштву. Ова разматрања иду дубље, те покушавају да појасне субјективни осећај појединца у вези са одређеним догађајем који дефинишу као катастрофа. Наиме, теоретичари покушавају да пронађу начине да открију на које начине и под којим условима одређени проценат људи карактерише неки догађај или временски период као катастрофу, дакле, акценат се ставља на лични доживљај катастрофе од стране појединаца,.

Као заједничке карактеристике катастрофа могу се издвојити следеће: (Toth, 2001)

- 1) велики број жртава,
- 2) разарања и оштећења материјалних ресурса,
- 3) несразмера између потреба и могућности за отклањање и санирање последица,
- 4) појава разних психичких реакција које могу негативно утицати на активности заштите и спасавања,
- 5) хитност интервенција које се обављају по аутоматизму,
- 6) изазивање позитивних хуманих реакција у непогођеним и удаљеним подручјима у смислу пружања помоћи и солидарности.

Овде треба приметити да традиционално схватање катастрофе, које исту детерминише према одређеним квантитативним показатељима, као што је број умрлих, рањених и сл., не оставља довољно простора за адекватно извлачење закључака у смислу схватања концепта катастрофе у савременом друштву. Дакле, овде треба сам појам катастрофе прилагодити субјективном осећају који настаје услед губитка,

Како то наводе Кешетовић и Милашиновић, објективни апскет дефиниције катастрофе упућује на несумњиву и непроцењиву несрећу (земљотрес, цунами, поплаве, урагани итд.). Са друге стране, субјективни аспект треба да анализира све врсте колективног схватања катастрофе, те пружања значења неком конкретном догађају (Кешетовић и Милашиновић, 2008: 45).

Милојевић и сарадници наводе неколико значајних типова катастрофа, према јачини њихових последица а то су: удес, криза, ванредно стање или несрећа, пропаст или катастрофа и глобална катастрофа (Милојевић и др., 2015: 3).

Приказ ових несрећа и катастрофа, као и њихово дејство на људско друштво налазе се у табели 1.

Табела 1. Класификација несрећа/катастрофа и магнитуде догађаја.

Компаративни приказ магнитуде догађаја					
	<i>Удес</i>	<i>Криза</i>	<i>Ванредно стање/несрећа</i>	<i>Пропаст/катастрофа</i>	<i>Глобална катастрофа</i>
Повреде	мало	више	пуно	стотине/хиљаде	потпуне
Смрт	мало	више	пуно	стотине/хиљаде	потпуна/свеукупна
Штета	мала	средња	велика	општа	потпуна
Прекид	мали	средњи	велики	општи	потпуни
Географски утицај	локализован	растурени	растурен/дифузан	дифузан	свеопшти
Расположиви ресурси	обилни	довољни	ограничени	ретки	не постоје
Број збринутих	мало	више	стотине	стотине/хиљаде	нико
Време за опоравак	минути/сати/дани	дани/недеље	месеци/године	године/деценије	милиони/милијарде година/никад

Извор: Милојевић Ј., Алексић А., Стојановић С. (2015). Мониторинг глобалних катастрофа – интегрисани планетарни систем. У FQ – *Фестивал квалитета*, стр. 3.

На основу приказаног у табели, може се увидети колике су последице несрећа и катастрофа које се дешавају у савременом друштву. Наиме, катастрофе, како се може видети имају несагледиве последице како по људске животе, тако и по материјалне ресурсе и животну средину, а могућности за опоравак људске заједнице од истих су мале и дугорочне. С тим у вези, глобалне катастрофе представљају последњи стадијум настанка катастрофалних догађаја који резултирају потпуним уништењем људске заједнице и живог света на земљи, те у складу са тим, сматра се, да њихов опоравак није практично ни могућ.

На основу свега претходно наведеног, може се закључити да је неопходно јасно разумевање и схватање катастрофа, јер њихово дејство и последице имају директног утицаја на целокупну друштвену заједницу и људски род. Стога је неопходно одговорним радом управљати катастрофама у циљу смањења њиховог деловања.

У складу са тим могу се издвојити и опасности које настају услед деловања катастрофа, а које имају значајног негативног утицаја на људско друштво и целокупну глобалну заједницу и њен опстанак. Заступљеност катастрофа у савременом друштву превазилази границе могућих деловања друштвене заједнице, а исто тако, катастрофе настају и услед деловања различитих фактора, па је неопходно контролисати те факторе, колико је то могуће, те спречити узрочнике настанка катастрофалних догађаја у сврху омогућавања

опстанка друштвене заједнице. Према наведеном, у табели 2 приказане су врсте катастрофа према узроцима њиховог настанка, као и опасности које представљају по људско друштво.

Табела 2. Врсте катастрофа које су од значаја за опстанак људског друштва

Врста катастрофе	Потенцијалне последице	Могућност одговора	Ризик
Катастрофе које изазива човек	Пренасељеност, вода, енергија, храна, ваздух, руде, загађивање, клима, оружја, научни експеримент и др.	Одговор је могућ уз одговорно понашање појединаца, држава и целокупне људске заједнице.	Средњи до висок
Катастрофе које изазива Земља	Земљотреси, вулкани, слабење електромагнетног штита, промена магнетних полова, промена ротације планете, ледена доба и др.	У овом тренутку технолошког развоја могућ је само делимичан одговор, али са потпуно неизвесним исходом за опстанак.	Висок и веома висок
Катастрофе које изазива Сунчев систем	Промена путања планета, астероиди, комете, ерупције на Сунцу, промена ротације Сунца, промена опште активности Сунца и др.	У овом тренутку технолошког развоја људски род није у стању да одговори на катастрофу.	Веома висок
Катастрофе које долазе из Свемира	Нове и супернове, космичко зрачење, маглине, супериорне цивилизације, судари галаксија, црне рупе, лутајућа космичка тела, промена универзалних константи итд.	У овом тренутку технолошког развоја људски род није у стању да одговори на катастрофу.	Веома висок
Катастрофе за које се на зна одакле воде порекло	Непозната енергетска поља, дезинтеграција простор-времена, паралелни светови, дезинтеграција свемирске структуре, непознате катастрофе итд.	У овом тренутку технолошког развоја људски род није у стању да одговори на катастрофу.	Веома висок

Извор: Милојевић Ј., Алексић А., Стојановић С. (2015). Мониторинг глобалних катастрофа – интегрисани планетарни систем. У *FQ – Фестивал квалитета*, стр. 3.

На основу свега претходно наведеног, може се закључити да катастрофе имају неизмерне и велике последице по целокупан људски род, а да њихови узроци настанка нису увек видљиви, не могу се увек измерити, те се не могу предвидети, па се и на исте не може значајно утицати. Међутим, у складу са врстама катастрофа на које људски фактор

може да утиче, треба се предузимати адекватно управљање овим ризицима, те елиминисање могућих фактора настанка катастрофалних догађаја. У ту сврху, неопходно је квалитетно планирање и имплементирање стратегија које би допринеле смањењу и елиминисању потенцијалних угрожавајућих фактора и ризика за настанак катастрофа.

3. КАРАКТЕРИСТИКЕ УПРАВЉАЊА РИЗИЦИМА ОД КАТАСТРОФА

3.1. Појам и врсте ризика од катастрофа

Етимолошки ризик води порекло од шпанске речи *risco* и представљала је опасност која прети бродовима. Само значење речи ризик је управо и повезано са неизвесношћу и могућношћу да ће се неки нежељени догађај догодити и проузроковати одређену материјалну штету. Због могућности да се нежељени случај догоди настало је осигурање као заштита од ризика. Ризик је основни елеменат осигурања и основни елеменат уговора о осигурању. Нема осигурања ако нема ризика. „Под ризиком се подразумева могућност наступања економски штетног догађаја“ (Маровић, Владисављевић, 2000: 24).

У савременој економској литератури постоје бројне дефиниције ризика, али се најчешће користи дефиниција по којој је „ризик неизвесност у погледу остваривања неког будућег догађаја“ (Кочовић, Шулејић, 2006: 83). „Неизвесност представља одсуство убеђености, сигурности, односно одсуство стања извесности“ (Кочовић, Шулејић, 2006: 83).

Ризик (енгл.*risk*) се може поистоветити са стањем у којем постоји могућност наступања неког штетног догађаја. Под штетним догађајем се подразумева губитак или неочекивани трошак. Са теоријског аспекта, ризиком се сматра неизвесност у погледу исхода неког догађаја, у ситуацији када постоје две или више могућности. „При разјашњавању појма ризика треба јасно одвојити његово значење од појма неизвесности“ (Ђукић и сар., 2003: 85). „Неизвесност подразумева стање у будућности које одређују познати чиниоци, али се не зна њихов интензитет и њихово порекло“ (Ђукић и сар., 2003: 85).

Како наводи Бешкер, ризик „је резултат интеракције интензитета опасности, изложености, отпорности, вјеројатности и настанка угрожавања заједно с ризицима, од важности се

узима крајњи исход неког догађаја или ситуације који укључује елемент изложености том ризику, као и степен неизвесности“ (Бешкер, 2006: 4). Према Холтону, „ризик је изложеност претпоставци која укључује неизвесност“ (Holton, 2004: 21).

Када се ради о ризицима од катастрофа, треба имати на уму да је неопходно развити способности и могућности предвиђања ситуација у будућем периоду, у циљу смањења неизвесности и избегавања оних догађаја који могу довести до великих последица. С обзиром на то да сваки догађај може имати негативне, позитивне или неутралне последице, неопходно је исти адекватно преиспитати и анализирати у сврху сагледавања могућих исхода, њихове неизвесности и очекиваних последица. У условима динамичних промена у савременом друштву, неопходно је постојање система који ће бити у стању да предвиди опасности и штетне догађаје који са собом носе негативне последице по друштвену заједницу.

Ризик од катастрофе се односи на потенцијалне (не стварне и остварене) губитке услед катастрофе, који се огледају у животима људи, здравственом стању, губицима средстава за живот, имовини и услугама, што би могло да има дугорочне последице по неку одређену заједницу или друштво у целини. Дакле, „ризик од катастрофе је производ могуће штете проузроковане хазардом услед рањивости унутар заједнице“ (Von Kotze, 1999: 35).

Дакле, може се закључити да ризици од катастрофа постоје или се стварају унутар друштвених система. Стога, овде је веома битно размотрити и сам друштвени контекст у коме настаје ризик. Да би се одредио ризик од катастрофе, морају бити присутна три аспекта: опасност, рањивост на опасност и неки облик способности суочавања.

Опасност смо детаљније дефинисали у оквиру првог поглавља, али ћемо се подсетити да иста представља „опасну појаву, супстанцу, људску активност или стање које може проузроковати губитак живота, повреду или друге утицаје на здравље, оштећење имовине, губитак средстава за живот и услуга, друштвени и економски поремећаје или поремећаје животне средине“ (ISDR, 2009: 30). Код ризика од катастрофа, опасност може бити појединачна, узастопна или комбинована. Свака опасност овде има карактеристике као што су њена локација, интензитет, вероватноћа настанка и вероватноћа учесталости. Као типични примери опасности могу се навести суше или обилне падавине, фабрике хемијске производње у близини насељених места, лоше пољопривредне технике и сл., односно све оно што може довести до великих катастрофа.

Надаље, треба одредити и рањивост на опасност као један од аспеката ризика од катастрофе. „Рањивост се дефинише као карактеристике и околности заједнице, систем или средство које га чине подложним штетним ефектима опасности“ (ISDR, 2009: 24). То значи да „рањивост представља скуп преовлађујућих или последичних услова који произилазе из различитих физичких, друштвених, економских и фактора животне средине, ови услови утичу на повећање подложности заједница опасности“ (ISDR, 2009: 24).

„Способност суочавања са ризиком од катастрофе односи се на способност људи, организација и система, да применом расположивих вештина и ресурса, управљају и утичу на смањење ризика од катастрофа“ (ISDR, 2009: 31). Могућности суочавања, односно њени капацитет, доприносе смањењу ризика од катастрофа (ISDR, 2009: 31).

Опасности саме по себи не представљају катастрофу. Величина катастрофе се обично описује у смислу штетних ефеката које је опасност имала на животе људи, имовину и инфраструктуру, затим штету по животну средину и трошкове везане за опоравак и рехабилитацију након катастрофе. Другим речима, „ризик од катастрофа је, како смо претходно навели, производ три фактора: опасности, рањивости и способности суочавања“ (ISDR, 2009 :41). На основу тога, може се извести и математичка формула:

$$\text{Ризик од катастрофе (R)} = \frac{\text{Рањивост (V)} \times \text{Опасност (H)}}{\text{Способност суочавања (C)}}$$

или

$$\text{Ризик од катастрофе (R)} = f\left(H, \frac{V}{C}\right)$$

Према свему горе наведеном, може се закључити да је неопходно адекватно управљати ризицима од катастрофа. Да би се то постигло неопходно је, пре свега, вршити анализу ризика. Анализирати ризик, у основи значи покушати проценити обим и квалитет остварених резултата у будућности, при чему је у анализу укључена и вероватноћа да се те вредности остваре (Јаблановић, 1997: 246). Анализа ризика требало би да допринесе лакшем управљању ризицима од катастрофа, која подразумева комплексну комбинацију различитих процеса и активности, који ће довести до минимизације губитака који могу настати. Управљање ризиком обухвата велики број различитих активности, акција, поступака, мерење, процену, контролу, финансирање и друге аспекте у манипулисању ризицима, те добија битну улогу у условима сталних промена и турбулентног окружења у савременом друштву.

3.2. Појам и карактеристике управљања ризицима од катастрофа

„Процес управљања ризицима може се дефинисати као потреба да се управља несигурностима које би могле угрозити зацртан циљ“ (Perhot, 2011: 7). Неуправљање, односно некотрнота ризика, истовремено би довела до неиспуњења заданог циља (Perhot, 2011: 7). „Управљање ризиком (енг. *risk management*) представља процес мерења, процену ризика и развој стратегија и планова за његову контролу“ (Удовичић, Кадлец, 2013: 52). Традиционални концепт руковођења ризиком посвећен је на ризике који се односе на природне или правне узроке његовог настанка (елементарне непогоде, пожари, незгоде, правни поступци и др.) (Удовичић, Кадлец, 2013: 52).

Традиционални концепт управљања ризицима од катастрофа обухвата организовање и управљање ресурсима и задацима за решавање одрђених аспеката ванредних ситуација, при чему се посебно истиче приправност реаговања приликом настанка ризика, као и дефинисани кораци за опоравак од катастрофе. Као хитан случај наводи се стање које захтева хитан поступак, при чему ефикасна хитна акција може позитивно утицати на спречавање ескалације штетног догађаја у катастрофу. То подразумева израђивање планова, ангажовање ресурса, подршку владиних, невладиних, добровољних и приватних организација (ISDR, 2009: 32).

Приликом управљања ризиком, битно је напоменути и концепт смањења ризика од катастрофа, а који представља концепт и праксу која се врши кроз системске напоре да се обави анализа и управља факторима који утичу на настанак катастрофе, како би се смањила изложеност опасностима, умањила изложеност људи и имовине, управљало животном средином и побољшала спремност на решавање штетних ефеката. Дакле, овде је потребно извршити процену рањивости ризика, као и анализирају институционалне капацитете и оперативне способности (ISDR, 2009: 32).

Према свему наведеном, закључује се да је управљање ризиком од катастрофа системски процес који користи административне послове, организацију и оперативне поступке, као и доступност капацитета, у сврху спровођења планова, стратегија и суочавања са ризицима од катастрофа у сврху смањења негативних последица опасности и њихових могућности да прерасту у катастрофу. Стога, као циљеви управљања ризицима од катастрофа сматрају се потребе да се избегну, умање или елиминишу штетни ефекти опасности путем активности, превентивних мера и приправности (ISDR, 2009: 32).

Традиционални концепт управљања ризицима од катастрофа подразумевао је све активности, како и структурне и неструктурне мере које треба имплементирати у сврху избегавања, односно превенције ризика, или у сврху њиховог ограничавања, тј. ублажавања. Стога, „традиционално управљање ризицима од катастрофа може се представити као скуп политика и административних одлука, као и оперативних активности које се односе на различите фазе катастрофе на свим нивоима“ (UNDP, 1992: 21). На слици 1 приказане су фазе управљања ризицима од катастрофа путем традиционалног концепта.



Слика 1. Традиционални концепт управљања ризицима од катастрофа

Извор: Израда аутора према USAID, 2011, стр. 38.

Стога, Хубард дефинише управљање ризиком као „препознавање, процењивање и класификовање ризика према важности, након чега следи рационална и усклађена потрошња неопходних ресурса, у циљу минимизације, праћења и спровођења контроле на утицај и вероватноћу настанка ризичних догађаја“ (Hubbard, 2009: 23). Промене које све чешће настају у савременом окружењу, доводе до све веће динамике ризичних догађаја, па постаје све теже управљати њима. Време за доношење стратешких одлука постаје све краће, услед неопходности брзог и адекватног реаговања на појаву непожељних ситуација.

3.3. Савремено управљање ризицима од катастрофа

У савременим условима развоја и живота друштва, владе и невладине организације широм света, врше пројекте у контексту смањења ризика од катастрофа, као и креирање пројеката који имају за циљ да припреме програме за опоравак од катастрофа. Како би се то постигло, смањење катастрофа уграђено је у сваку фазу управљања пројектима, као и у идентификацију потреба, ресурса, дефинисању и планирању пројеката, развоју алтернативних поступака, решења, имплементирања и контроле и праћења.

Адекватно планирање смањења ризика од катастрофа представља кључан елемент у оквиру развојних пројеката, како би се смањили штетни догађаји и њихова ескалација до катастрофалних догађаја. Из тог разлога, од суштинског је значаја дугорочно планирање у које ће бити укључене све заинтересоване стране, влада, професионалци (инжењери, архитекте, геодети, урбанисти и пољопривредни саветодавци), законодавци, инспектори, грађевинари, одборници и на крају корисници (USAID, 2011: 44). Ово је нарочито важно са аспеката утицаја који катастрофе могу имати на друштвену заједницу, те временом ефекти катастрофа могу озбиљно да деградирају дугорочни потенцијал земље за одрживи развој и натерају владе да значајно модификују своје приоритете и програме економског развоја.

Упркос све већој свести о катастрофама и ризику у међународној заједници и препознавању важности развоја кохерентних планова за ризик од катастрофе и њихово смањивање, сам процес управљања ризицима често захтева велика улагања, како ресурса, тако и времена, а често долази и до појаве непосредних деструктивних догађаја великих размера, што доводи до дестимулисања влада и других организација да размишљају о развојном приступу.

Ипак, треба нагласити и чињеницу да катастрофе често могу допринети развоју политичке или економске атмосфере у сврху предузимања конкретних промена. На пример, после катастрофе може доћи до великих могућности за спровођење програма земљишне реформе, за промовисање економског оснаживања жена, за отварање нових радних места, за проширење и модернизовање економске заједнице и др. Колективна воља за акцију је предност која овде се треба искористити (USAID, 2011: 44).

Свака земља има суверену одговорност да заштити своје људе, инфраструктуру и економска и друштвена средства од катастрофа. Држава има одговорност да осигура

безбедност и добробит својих грађана, њихових средстава за живот и природних ресурса. Циљ програма смањења ризика од катастрофа је смањење тих ризика изградњом капацитета и повећањем отпорности угрожених заједница, дакле побољшањем њихове безбедности и благостања. Ово се може постићи повећањем посвећености владе у спровођењу политике смањења ризика од катастрофа. Ово подразумева централну одговорност и посвећеност државе у обезбеђивању одговарајућег и ефикасног институционалног оквира и капацитета за управљање ризицима од катастрофа (Wahle, Beatry, 1993: 23).

4. ТЕОРИЈСКО ОДРЕЂЕЊЕ ГЕОГРАФСКИХ ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА

4.1. Појам и дефиниција ГИС-а

Временом, информационе технологије (ИТ) постају једна врста револуције, које се из дана у дан мењају, усавршавају и доносе бројне нове могућности у савременом друштву. Помоћу њих могуће је располагати модерним алатима, путем којих се у потпуности може имати лак и ефикасан приступ свим потребним информацијама. Представљају уређаје и инфраструктуру која се користи у савременим организацијама за обављање пословних активности, софтверске пакете и програме, који су свакодневно у употреби за различите намене. Веома је битно да корисник информационих система (ИС) буде у стању да препозна могућности, предности и бенефите коришћења и имплементације ИТ, како би на адекватан начин истим могла управљати, користити их у сврху унапређења послова.

За један систем можемо да кажемо да представља скуп неколико компоненти, помоћу којих долази до обрађивања инпута (улаза), у циљу стварања одређених аутпута (излаза). Уз помоћ информационих система (ИС) долази до обрађивања улазних података, који могу представљати неке догађаје, чињенице или трансакције, где се процесом обраде ових података, добијају значајне и поуздане информације. Под информацијама можемо да схватимо „скуп релевантних података и обрађених одлука, које имају значајан допринос за кориснике тих информација, а највише у процесу доношења одлука“ (Lapiedra, Cerañana, 2012: 12).

„Информациони системи обављају одређене процесе, помоћу којих прикупљају, структурирају, обрађују и дистрибуирају релевантне податке који су неопходни за доношење одлука, управљање, спровођење контрола, постизање одређених вредности, имплементирање стратегије и друго“ (Andreu et al., 1991: 224). Станкић и Станкић, наводе да су основни елементи сваког информационог система: техничка опрема, програмска опрема, организациона подршка и кадровска подршка (Станкић, Станкић, 2008: 17).

Када је реч о географском информационом систему (ГИС, енгл. *Geographic Information System* – GIS), не постоји јединствена дефиниција овог система. Често се у литератури која појашњава термин ГИС-а, користе и неки синоними и други термини којима се објашњава исти појам. Па тако се често у литератури може наићи на појмове попут земљашни информациони систем (енгл. *Land Information System*– LIS), затим земљашни и ресурсни информациони систем (енгл. *Land and Resource Information System* – LRIS), урбани информациони систем (енгл. *Urban Information System* – UIS), надаље информаициони систем животне средине (енгл. *Environmental Information System*– EIS), или пак катастарски информациони систем (енгл. *Cadastral Information System* – CIS) (Taylor, 1991: 5).

За ГИС се често сматра да је једноставно речено, само конкретан и адекватан софтвер који се користи у анализи географских података. Други, пак, аутори, наводе да ГИС обухвата и хардверске компоненте, те њихову корист у систему, док поједини теоретичари наводе чињеницу да је он скуп свих компоненти од програмских решења и алата, па све до прцеса обједињавања и презентације података. Стога, једна од дефиниција ГИС-а, може га представити као „систем за прикупљање, складиштење, чување, контролу, интеграцију, манипулисање, анализу и презентовање података који се просторно везују за Земљу” (Стефановић и сар., 1989: 452). Ово подразумева и просторно засновану компјутерку базу података, као и адекватне софтвере.

Ипак, савремена литература наводи бројне дефиниције географских информационих система. Наиме, ове дефиниције одређена су према циљевима, функцијама и намени овог система. Прве дефиниције о ГИС-у полазиле су од информатичких модела, с обзиром на саму чињеницу да је ГИС заснован на информатичким системима. Па тако, Фишер наводи да је „географски информациони систем компјутерски систем који врши прикупљање, складиштење, анализу и приказивање просторних ентитета и њихових карактеристика, у сврху решавања истраживачких, пројектних и проблема управљања“ (Fisher, 1998: 322).

Постоји неколико дефиниција које појашњавају ГИС са аспекта његове карактеристике као средства, односно алата за рад. На пример, једна од дефиниција указује на то да је ГИС „скуп средстава за прикупљање, чување, обраду, претраживање, онда када је то потребно, трансформисање и приказивање просторних података из ставрног света” (Burrough et al, 1986: 21).

Затим, Одељење за животну средину, дефинисало је ГИС као “систем који врши прикупљање, меморисање, контролу, руковање, анализу и презентацију података који се просторно везују за Земљу” (Department of Environment, 1987), док својеврсну дефиницију ГИС-а, као алата за рад, даје и Паркер, који наводи да је то “информациона технологија која обавља меморисање, анализирање и приказивање просторних и непросторних података” (Parker, 1988: 1547).

Друга група дефиниција заснована је на чињеници да ГИС представља базу података, те се ту може издвојити представљање географског информационог система као “система база података у коме је већина података просторно индексирана, при чему се над њима управља помоћу низа активности у циљу пружања одговора на упите о просторним ентитетима који се налазе у бази” (Smith et al., 1987: 15).

Још једна из ове групе дефиниција јесте и она која појашњава ГИС као “низ поступака који се заснивају на мануленој или компјутерској обради, а примењују се за меморисање и манипулисање географским подацима” (Aronoff, 1989: 5).

Надаље, дефиниција засноване на критеријуму организације, посматрају ГИС са аспекта његове организоаности, те наводе да је то “скуп функција које стручњаци користе у сврху обезбеђивања могућности меморисања, претраге, манипулисања и презентовања географски лоцираних података” (Ozemoу et al., 1981: 93). Осим ове дефиниције, треба издвојити и ону која дефинише ГИС као “систем подршке при одлучивању који подразумева референтне податке о окружењу у циљу решавања конкретних проблема” (Cowen, 1990).

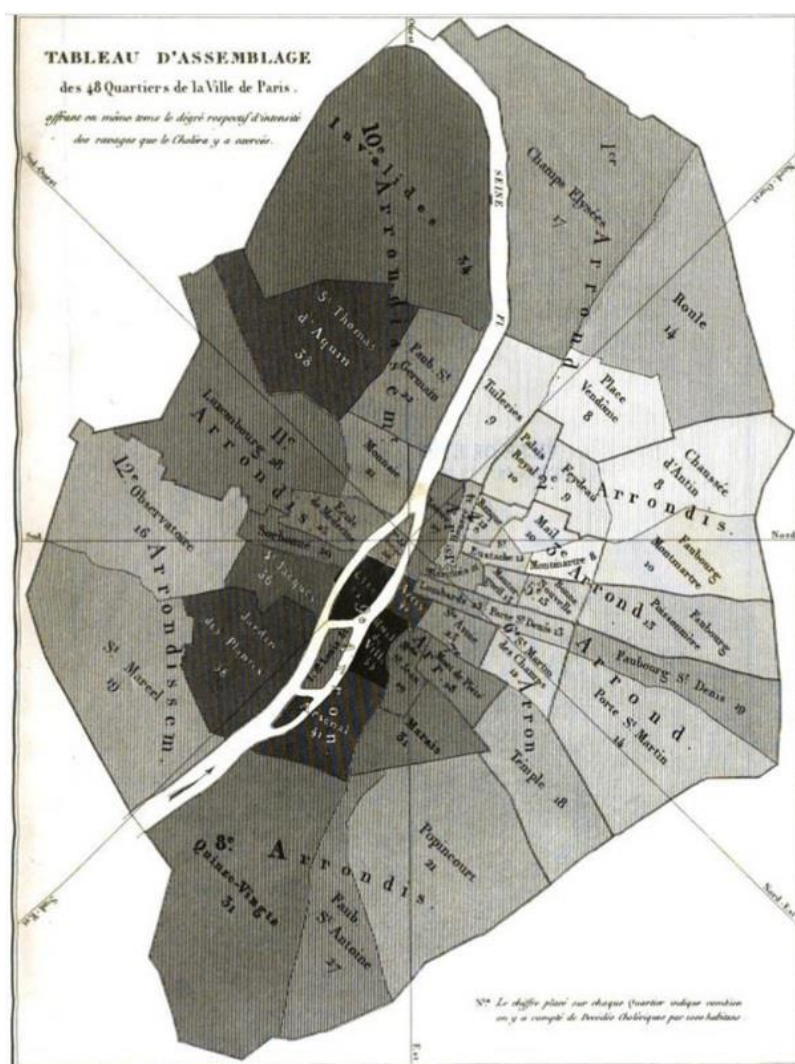
Међутим, као једну од најпотпунијих дефиниција географског информационог система, може се издвојити она коју дају Јовановић и коаутори, а која представља ГИС као „организован скуп рачунарског хардвера, софтвера, података, особља и мрежа ради ефикасног прикупљања, складиштења, ажурирања, руковања, анализе, моделовања, преноса и приказа свих облика просторних информација (Јовановић и сар., 2012: 11).

4.2. Историјски развој ГИС-а

Геоинформатика, као научна дисциплина у савременом друштву, настаје услед потреба у области географије и њених стручњака да се постигну одређена квалитетна достигнућа у области просторних наука, а која ће бити заснована на примени информационих технологија и информациона науке. У складу са тим развојем, географија развија и различите методолошке системе и моделе, путем којих се геопросторне појаве проучавају, моделују, анализирају и презентују. Стога, може се закључити да савремене потребе за проучавањем просторног система, доводе до интеграције ГИС-а као најефикаснијег система информисања о геопростору и свим појавама које у њему настају.

Сматра се да су ГИС системи првобитно били развијени на простору Сједињених Америчких држава, за потребе Владе, тачније Војска САД-а, у сврху обезбеђивања тачних позиција у различитим деловима света (Павковић, 2013: 43). Међутим, прва документована примена онога што би се могло класификовати као ГИС била је у Француској 1832. године. Француски географ, Шарл Пике, направио је приказ епидемиологије колере у Паризу на основу мапе тако што је представио 48 округа Париза са различитим полутонским градијентима боја, рану верзију топлотних карата. Мапа, објављена у извештају¹ вероватно је прва употреба просторне анализе у епидемиологији (слика 2).

¹Rapport sur la marche et les effets du choléra-morbus dans Paris.



Слика 2. Осенчена мапа из 1832. која приказује смртне случајеве од колере на хиљаду становника за сваки од 48 округа у Паризу од Шарла Пикеа.

Извор: Dempsey, C. (May 14, 2012). *History of GIS*, GIS Longue, доступно на <https://www.gislounge.com/history-of-gis/>, приступљено 06. 11. 2022. г.

Развој ГИС-а био је резултат неколико иницијатива предузетих услед потреба за решавањем и преиспитивањем специфичних проблема. Ово је резултирало укупном изградњом ГИС-а, а најзначајнији догађаји у том развоју уследили су након 1950-их година прошлог века.

Током 1950-их, Вилијам Гарисон, истакнути географ и аналитичар, радио је на Универзитету у Вашингтону и дошао на идеју да искористи статистику и рачунаре за

проучавање и боље идентификовање просторних проблема. Ова идеја је покренула тзв. квантитативну револуцију у географији. Његов ученик, Тоблер, осмислио је модел под називом *Map In – Map Out* (MIMO) 1959. године, који је требало да примени рачунаре на картографију. Овај модел био је основа за креирање ГИС-а, а садржао је све главне карактеристике данашњег ГИС софтвера (Ondusi, 2015: 2).

У периоду 1960-их године, развијен је први потпуно функционални ГИС заснован на векторима (*Canada Geographic Information System* - CGIS). Овај софтвер канадске владе допринео је низу иновација, укључујући хардвер за ласерско скенирање карата и софтвер за векторизацију добијених слика и ефикасно складиштење растрских слојева (Waters, 1998: 101). Током овог кључног периода, Харвардска лабораторија за компјутерску графику и просторну анализу, коју је 1965. године успоставио Хауард Фишер, поставила је темеље за многе касније развоје ГИС-а. Она је креирала основне алгоритме и произвела широко прихваћене пакете за компјутерско мапирање (Warntz, Waters, 1975: 479). Надаље, у години 1970., Биро за попис становништва САД-а направио је први геокодирани попис (Waters, 2017: 4).

Концептуални и софтверски развоји током овог периода одвијали су се унутар академске заједнице, владиних агенција и индустрије. На пример, алгоритми за решавање проблема алокације локација који су развијени средином 1960-их година, сада су били доступни као самостални програми, а интегрисали су се и у поједине софтверске системе као што је на пример GADS (анализа геоподатака и систем за приказ софтвера) (Waters, 1998: 101).

До раних 1980-их година, компанија *M&S Computing*, заједно са још неколико компанија појавила се као комерцијални добављачи ГИС софтвера. Ови софтвери комбиновали су карактеристике прве генерације софтвера за раздвајање и информације о просторним атрибутима, са приступом друге генерације софтвера за организовање података о атрибутима у базама података (Ondusi, 2015: 2).

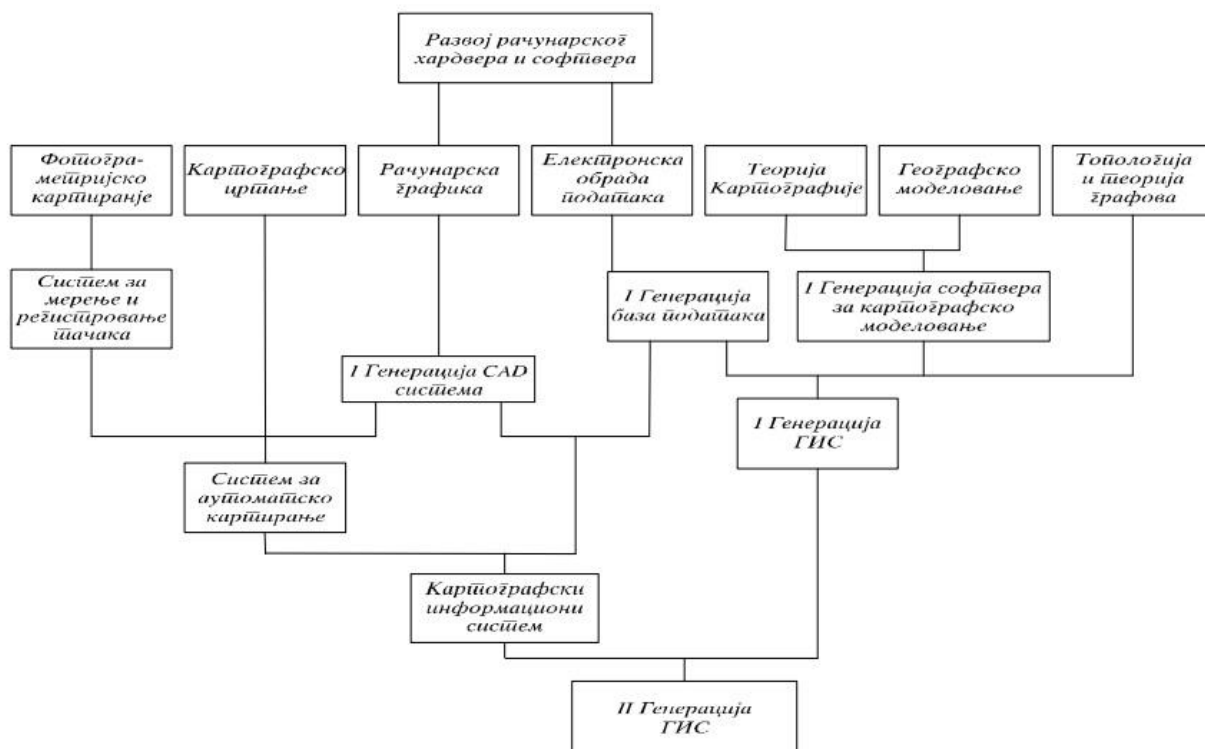
У фебруару 1987. године, Савет за економска и социјална истраживања Уједињеног Краљевства основао је четири регионалне истраживачке лабораторије: у Лондону, Единбургу, Кардифу и Њукаслу. Оне је требало да обављају следеће функције: управљање подацима (обезбеђивање архива просторних података), развој софтвера, просторну анализу, и истраживачку обуку заједно са професионалним усавршавањем (Waters, 2017: 6).

Долази до интензивне конкуренције међу компанијама у производњи ГИС-а. Ово је истовремено довело и до одржавања бројних коференција. На крају је само конкурентно окружење резултирало појавом неколиком доминантних компанија као продаваца географских информационих система. Током овог периода, продавци су се преселили са сложености интерфејса командне линије на графички кориснички интерфејс - ГКИ (енгл. *Graphical user interfaces* – GUI), још једном пратећи текући развој рачунарског хардвера и оперативних система и интерфејса. До краја 1990-их година, ГИС се користио у великом броју земаља (Waters, 2017: 6).

Средином 1990-их дошло је до великих промена у развоју академске дисциплине ГИС-а. Године 1992. Гудчајлд је објавио велики теоријски допринос наводећи чињеницу да „даљи развој ГИС технологија треба да буде усмерен на могућности њиховог доприноса географској науци“ (Goodchild, 1992: 31). У оквиру свог рада, аутор издваја аргументе у којима наводи да је рани развој ГИС-а био углавном заснован на технологији и њеном развоју. То је обухватало примену система у којима су се уносили географски подаци, а углавном су се примењивали за потребе влада, владиних агенција или компанија које се баве истраживањима и развојем. Како он наводи, треба се концентрисати на задатке који се односе на начин руковања и управљање, та коришћења тих података у географским информационим системима (Goodchild, 1992: 32). На основу његовог рада долази и до даљег развоја, те је прва новоразвијена серија ГИС-а била продукт двогодишњих конференција одржаних жироом света (Waters, 2017: 8).

Може се рећи да почетком 20. века долази до развоја фотоцинкографије, што је омогућило да се мапе поделе на слојеве (нпр. један слој за вегетацију, један слој за воду итд.). Ово је посебно било погодно приликом штампања контура. Употреба слојева много касније постаје једна од главних типичних карактеристика савременог ГИС-а (Ondusi, 2015: 4).

До краја 20. века брзи раст различитих система је консолидован и стандардизован на релативно малом броју платформи и корисници су почели да истражују преглед ГИС података преко Интернета који захтева формат података и стандарде преноса. У последње време долази до развоја отворених пакета који обављају различите операције, а могу бити и конкретизовани на одређене задатке. Долази до развоја бројних апликација за геопросторне податке и мапирање које су доступне путем Интернет мреже (Ondusi, 2015: 4). На слици 3 приказан је развој ГИС-а.



Слика 3. развој ГИС-а према Mc Laythlin и Coleman

Извор: Павковић П. (2013). *Систематизација мултидисциплинарног модела геопростора у војне сврхе*. Докторска дисертација. Београд: Универзитет одбране, Војна академија, стр. 45.

Масовно усвајање примене ГИС-а догодило се у периоду од 1990. до 2010. године, што је било олакшано напретком информационих технологија и компјутера, као и развојем све већег броја софтверских алата за ГИС, те дигитализацији података за мапирање. Овим напретком, заједно са лансирањем нових сателита за посматрање Земље и интеграцијом технологије даљинског откривања са ГИС-ом, развија се све више апликација (Павковић, 2013: 45).

Данас, географски информациони системи и просторна анализа примењују се у свим областима, па и у свакодневном животу. Типичан пример је Гуглов алат који омогућава претрагу локације, или сама локација мапа која се јавља као апликација за паметне телефонске уређаје. Осим тога, примена ГИС-а у свакодневном животу огледа се и у праћењу такси возила, праћењу пакета код курирских служби и сл. Сви ови примери користе просторне информације да би добили најбољи одговор или најновије податке.

Стотине хиљада организација у практично свим областима користе ГИС за прављење мапа које комуницирају, врше анализу, деле информације и решавају сложене проблеме широм света. Ово мења начин на који свет функционише. Предвиђа се да ће тржиште

географског информационог система достићи 9 милијарди долара до 2024. године (Global Market Insights, 2018).

4.3. Основне компоненте и намена ГИС-а

Информациони системи представљају динамичну категорију која је подложна различитим променама и захтевима, те као таква, подразумева њено континуирано развијање и унапређивање. Без обзира на разлике које се јављају међу информационим системима, сваки од њих садржи одређену структуру информација. „Савремени ИС разликују се од традиционалних, баш по томе што њихове информације нису усмерене само на прикупљање и обраду података, већ служе за доношење одлука“ (Плојовић, 2009: 27).

Када анализирамо географске информационе системе, долази се до закључка да садрже три основне компоненте, а то су: *рачунарски хардвер*, *софтверске алате* и одговарајући *организациони садржај*. Како би сам систем могао да несметано и ефикасно функционише, мора да постоји усклађеност између ових компоненти (Јовановић и сар., 2012: 15).



Слика 4. Компоненте географског информационог система (ГИС)

Извор: Јовановић В., Ђурђевић Б., Срдић З., Станковић У. (2012). *Географски информациони системи*. Београд: Универзитет Сингидунум, стр. 15.

Термин *хадвер* користи се за опште појашњење апарата који служе за извршавање активности израчунавања, обраду, складиштење и размену података. Све компоненте хадвера информационог система, можемо да дефинишемо у оквиру следеће четири групе: 1) улазни уређаји, 2) излазни уређаји, 3) процесори и 4) уређаји за секундарно складиштење података (De Jesus, 2007: 14). Као основне хадверске компоненте ГИС-а могу се издвојити: рачунар, меморијски уређаји, скенери, дигитајзери, штампачи и рачунарске мреже (слика 5).



Слика 5. Основне хадверске компоненте ГИС-а

Извор: Јовановић В., Ђурђевић Б., Срдић З., Станковић У. (2012). *Географски информациони системи*. Београд: Универзитет Сингидунум, стр. 16.

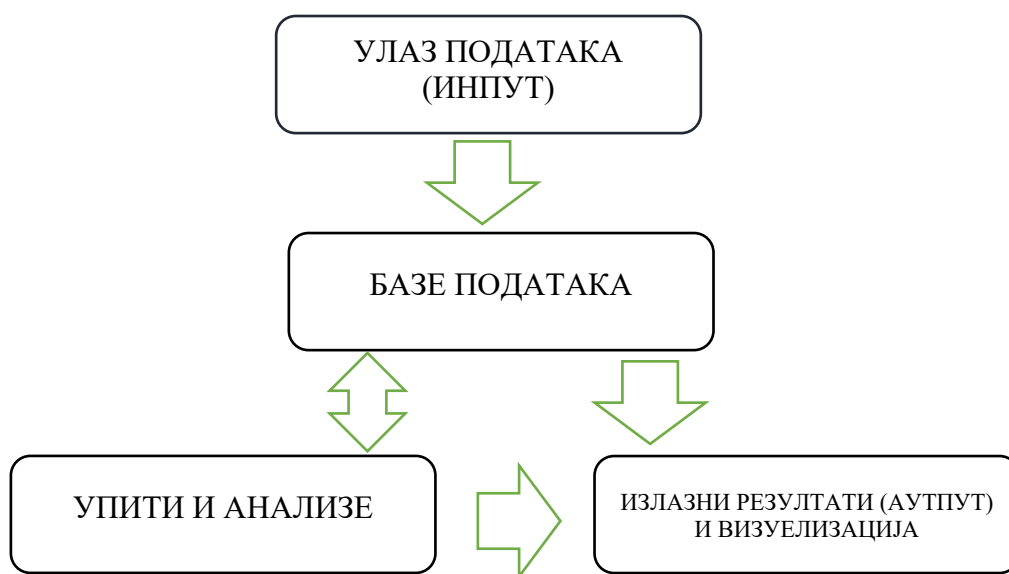
Рачунар представља основну компоненту, која је сачињена, пре свега од хард диска, који се користи за меморисање и складиштење података, док се додатна меморија може обезбедити путем мреже или CD/DVD ром меморије. Надаље, дигитајзери и скенери користе се у сврху конвертовања карата и докумената у дигитални облик, како би се њима могло управљати кроз рачунарске програме. Дигитајзери служе за снимање локација на карти путем координатног система, док се скенери примењују у циљу конвертовања аналогних докумената у дигиталне слике, цртеже, текстове и др. Дакле, скенер врши конверзију карата урађених на папиру, како би се исте могле директно користити за добијање векторских приказа применом ГИС-а (Јовановић и сар., 2012: 16).

Надаље, треба напоменути плотер и његову намену. Наиме, плотер представља уређај који је аутоматизовани технички цртач, а јавља се као излазна јединица при изради ГИС приказа на папиру. Дакле, плотер се користи за креирање цртежа и нацрта који су већих димензија и одличног квалитета. Штампачи се затим користе приликом електронског

преноса на папир услед одазива на електронске сигнале које им шае ГИС. На крају, треба напоменути и примену мреже које служе за одржавање комуникације између уређаја (Јовановић и сар., 2012: 16-17).

Сам по себи, хардвер представља само скуп различитих уређаја. Стога, хардвер нема скоро никакву функцију без постојања софтвера или програма. *Софтвер* представља заједнички назив за скуп инструкција уз помоћ којих се врши обављање активности у оквиру информационог система, док сам програм подразумева конкретан скуп инструкција које служе да се систему објасни на који начин треба да изврши неку функцију или процес, односно да реши неки проблем (De Jesus, 2007: 27).

Како се наводи и у основној дефиницији ГИС-а, он садржи посебне модуле при уносу података, као и за креирање и управљање базама података, те њихову анализу и презентовање. Из тог разлога, потребно је постојање софтверких алата који ће омогућити креирање ових модула. Улога модула у ГИС-у приказани су на слици 6.



Слика 6. Место и улога модула и софтверској структури ГИС-а.

Извор: Јовановић В., Ђурђев Б., Срдић З., Станков У. (2012). *Географски информациони системи*. Београд: Универзитет Сингидунум, стр. 17.

ГИС софтвери најчешће се могу поделити на следеће врсте: (Јовановић и сар., 2012: 18)

- 1) *Десктоп ГИС програми*. Представљају програме који се примењују за креирање, сређивање, управљање, анализу и презентовање географских

података. Најчешће се могу поделити на: програме за преглед, програме за уређивање и програме за анализу.

- 2) *Системи за управљање просторним базама података.* Примењују се у сврху складиштења података, али имају и могућност анализе и манипулисања тим подацима.
- 3) *Веб сервери за карте.* Примењују се у сврху дистрибуције крата на Интернет мрежи.
- 4) *Серверски ГИС програми.* У основу представљају исте функције као и десктоп програми, али између осталог, обезбеђују и приступ мрежи.
- 5) *Веб ГИС клијентски програми.* Примењују се код приказивања и приступања анализама и упутима серверског ГИС-а путем Интернета или интранета. Овде разликујемо Thin и Thick веб клијентске програме.
- 6) *ГИС библиотеке и додаци.* Представљају додатне функције, те се не сматрају основним делом ГИС система.
- 7) *Мобилни ГИС.* Обухватају ГИС софтвере који се могу примењивати на терену.

Надаље, као трећа компонента ГИС-а издваја се кадровска основа, организациони садржај или људски ресурси. Како би се сама ГИС технологија могла оптимално примењивати, потребно је адекватно познавати сам овај систем и поседовати квалитетно образовање из ових области. *Људски елемент* је најважнија компонента информационог система и људи који су потребни за вођење система и процедура које се придржавају како би се знање у огромним базама података и складиштима података могло претворити у учење које може протумачити шта се догодило у прошлости и усмеравање будућих акција (Watson, 2007: 18).

Осим неопходних знања, сам пројекат реализације ГИС-а подразумева и добру организованост тимова, функција, планова, активности, процеса, поступака, ресурса и др. ГИС пројекти могу бити реализовани на начин да само један корисник овог система обавља већи део послова, односно креира дизајн, спорвођење и анализу података, док са друге стране, постоје пројекти за које се ангажују и читави међународни системи и организације. Треба напоменути и чињеницу да приликом имплементирања ГИС технологије у организацију, долази до великих промена које захтевају и унутрашње редизајнирање, реструктурирање и увођење бројних промена у организацији (Јовановић и др., 2012: 21).

Основна претпоставка на којој се темељи увођење ГИС-а у предузеће, заснована је на употреби расположивих ресурса у организацији, коришћењу метода и техника, у циљу ефикасне реализације пројекта. Стога је задатак управљања пројектом да обезбеди ефикасно коришћење метода, средстава и поступака, као и материјалних, финансијских и људских ресурса у сврху реализовања пројекта. На основу претходно наведеног, а познавајући сложене карактеристике ГИС-а, долази се до закључка о томе да спровођење истог треба бити поверено стручном тиму, који ће на ефикасан и квалитетан начин, користити све расположиве факторе, у циљу координисања активностима које треба да допринесу стварању позитивних резултата и постизању циљева пројекта увођења ГИС-а у организацију. Осим тога, како наводе Ивковић и Поповић ово подразумева „одређене стандарде, који се јављају као серија међусобно везаних активности, акција и поступака у циљу реализације пројекта увођења једног система“ (Ивковић, Поповић, 2005: 57).

Имплементација географских информационих система представља дуготрајан и комплексан процес за који је потребно ангажовање стручњака из ових области. Обично организације нису у стању да стручне кадрове обезбеде унутар самих организација, па је неопходно ангажовање стручњака и консултаната који ће пратити пројекат увођења информационих система. „Имплементација подразумева процес којим се у организацију уводи софтверски систем, без обзира на то да ли се исти уводи у целокупно пословање или у поједине организационе области“ (Миловић, 2012: 529).

4.4. Типови података у оквиру ГИС-а

Као основне врсте географских података у оквиру ГИС-а могу се издвојити следеће:

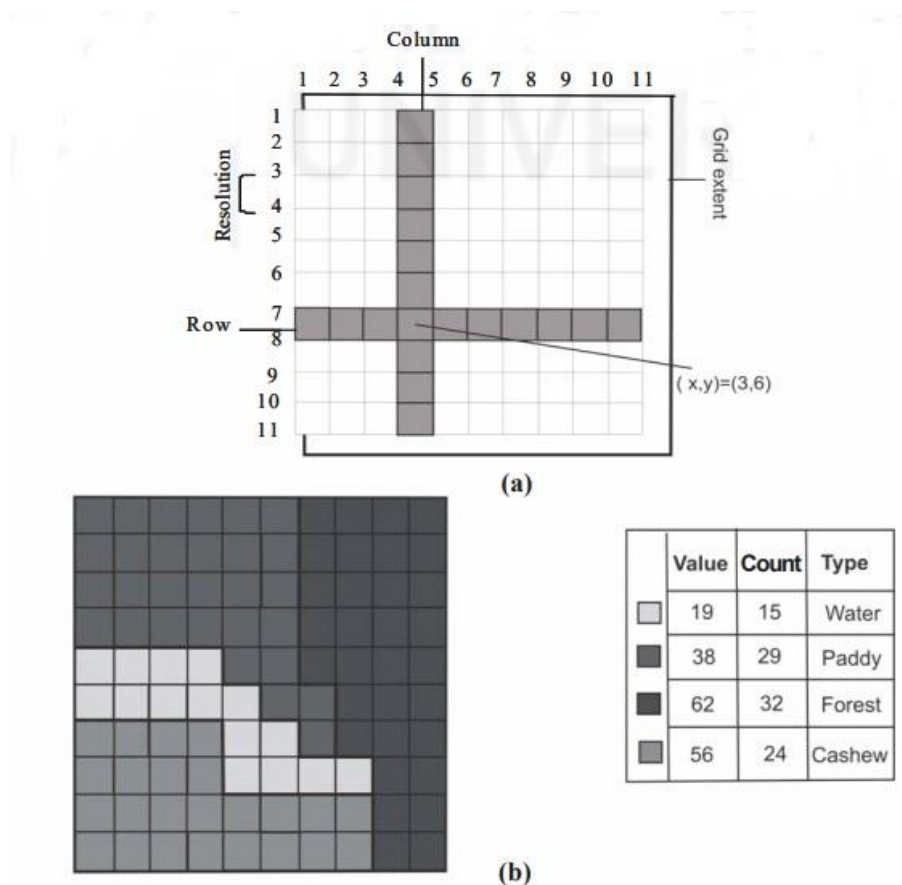
- 1) растерски подаци,
- 2) векторски подаци,
- 3) алфа-нумерички подаци и
- 4) дигитални модели.

Растерски подаци познати су и као подаци мреже, састоје се од пиксела, а сваки пиксел има одређену вредност. Растерски подаци се обично могу пронаћи на топографским картама, сателитским снимцима и ваздушним снимцима. Растерски подаци су од виталног значаја за метеорологију, управљање катастрофама и индустрије у којима је анализа

ризика од суштинског значаја. Сви растерски подаци могу се груписати у два типа: континуирани и дискретни (De Mers, 2008: 22).

У непрекидне, односно континуиране растерске податке спадају ћелије на мрежи које се постепено мењају. На пример: фотографија из ваздуха, надморска висина и температура. Континуиране растерске површине долазе из фиксне регистрационе тачке. На пример, у дигиталним моделима надморске висине, ниво мора се користи као тачка регистрације. Свака ћелија представља вредност која је изнад или испод нивоа мора (De Mers, 2008: 22).

Када се ради о дискретним растерским подацима, они имају одређену тему или класу, а сваки пиксел је додељен одређеној класи. За разлику од континуираних података, дискретни подаци могу узети само одређене вредности, а не вредности унутар опсега. На пример, у дискретној растерској карти земљишног покривача/коришћења, можете видети сваку тематску класу, где је дефинисано где она почиње и где се завршава (De Mers, 2008: 22).



Слика 7. Илустрација растерских података.

(a) матрица растерске мреже са локацијом њихове ћелије икоординате, и (б) растерска мрежа и њена табела атрибута

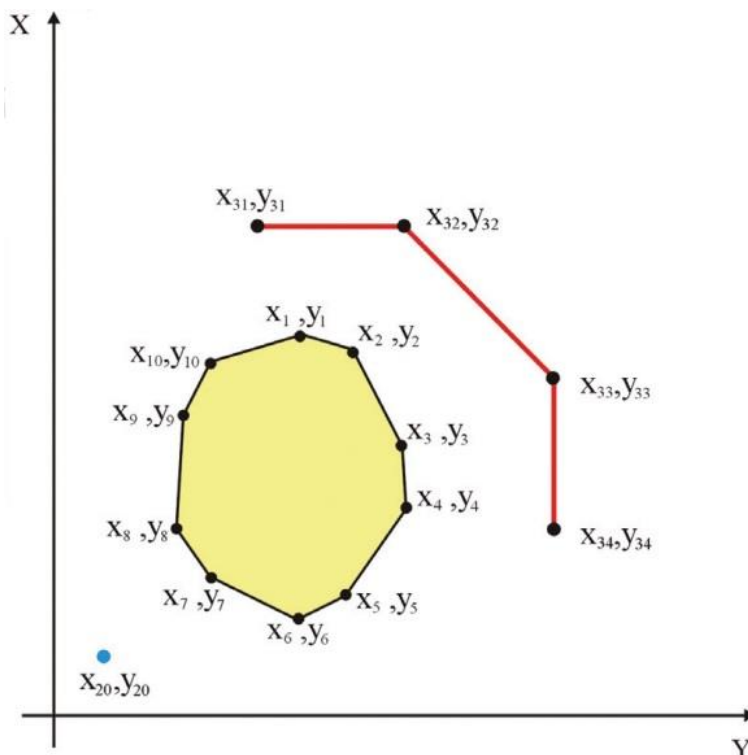
Као основне карактеристике растерске слике издвајају се: резолуција слике, димензија слике, број боја (дубина слике) и формат записа. Резолуција слике може се представити као величина која је изражена у пикселима. Што је величина пиксела мања, односно онда када је број пиксела по јединици мере већи, сматра се да је слика квалитетнија. Код растерских слика, исте се могу поделити на оне са мањом резолуцијом (до 300 dpi) и оне са већом резолуцијом (од 300 до 1000dpi) (Јовановић и сар., 2012: 34).

Када се ради о димензији растерске слике, она је дефинисана ширином и дужином слике, тачније, бројем колона и редова на слици. Након тога, број боја, односно дубина слике, веома је битна њена карактеристика. Дубина растерске слике најчешће може бити: 1-битна (црно-беле слике), 8-битна (слике са 256 боја) и 14-битна (слике са 1,67 милиона боја). Осим ових, у пракси су мање заступљене и 32-битне и 48-битне слике. Пошто су растерске слике заправо дигитални записи, садрже и сам формат слике као своју карактеристику. Најчешћи формати растерских слика су *bmp*, *tif*, *jpg*, *ps* и др. (Јовановић и сар., 2012: 35)

Осим ових карактеристика, битно је напоменути и то да код растерске слике сваки пиксел има своју одређену вредност атрибута. У складу са тим, атрибут пиксела може представљати интензитет рефлектоване боје, сигнала, висину или загађености земљишта. Према томе, растерске слике могу се поделити још и на геореферентне и негеореферентне слике. *Геореферентне* растерске слике осим класичних, садрже и карактеристику просторне дефинисаности (нпр. карте, сателитски снимци и сл.). *Негеореферентне* растерске слике представљају посебну врсту које су најчешће резултат процеса скенирања докумената или дигиталног снимања оптичким камерама (нпр. фотографије, скенирана документа, обрасци и сл.) (Јовановић и сар., 2012: 36 и 39).

Векторски модел података садржи дискретне карактеристике. Карактеристике могу бити дискретне локације или догађаји (тачке), линије или области (полигони). Овај модел користи геометријске објекте тачака, права и полигона. У векторском моделу, поента је фундаментални објекат. Тачка представља све што се може описати као дискретна x и y локација (нпр. болница, храм, бунар, итд.). Линија или полилинија (секвенца линије) настаје повезивањем низа тачака. Крајње тачке се обично називају чворовима, а међутачке се називају теменима. Ако знамо почетне и крајње координате чвора сваке линије или полилиније онда можемо да израчунамо дужину те линије или полилиније. Оне се користе

за представљање карактеристика које су линеарне у природи, нпр. поток, железница, пут, итд. Полигон је у овом моделу дефинисан затвореним скупом линија или полилинија. Подручја се често називају полигонима. Полигон може бити представљен низом чворова где је последњи чвор једнак првом чвору. За дефинисање се користе полигони или области идентификоване као затворени скуп линија, карактеристике као што су тип стене, коришћење земљишта, административне границе итд. (De Mers, 2008: 23).



Слика 8. Векторски подаци

Извор: Јовановић В., Ђурђевић Б., Срдић З., Станковић У. (2012). *Географски информациони системи*. Београд: Универзитет Сингидунум, стр. 40.

Као посебан тип векторских података издвајају се *називи* и *описи*. Ова врста података односи се на бројчану и словну ознаку која служи за изражавање одређених ентитета (нпр. назив, висина, ширина, врста пута и др.) (слика 8) (Јовановић и сар., 2012: 40).



Слика 9. Називи и описи као типови векторских података.

Извор: Јовановић В., Ђурђевић Б., Срдић З., Станков У. (2012). *Географски информациони системи*. Београд: Универзитет Сингидунум, стр. 41.

Алфа-нумерички подаци могу се представити као атрибутски подаци којима се изражавају одређене негеометријске карактеристике. Ови подаци представљају комбинацију слова и цифара (текст и бројеви). Део ових података може се приказати графички путем картографских симбола, док се други значајан део тих података врши путем алфа-нумеричких атрибута. Најчешће се јављају код статистичких годишњака, извештаја, табела, прегледа, описа и др. Код ГИС-а, ови подаци се најчешће приказују у табеларном облику, па се називају и табеларним подацима (табела 3) (Јовановић и др., 2012: 41).

Табела 3. Алфа-нумерички подаци у оквиру ГИС-а

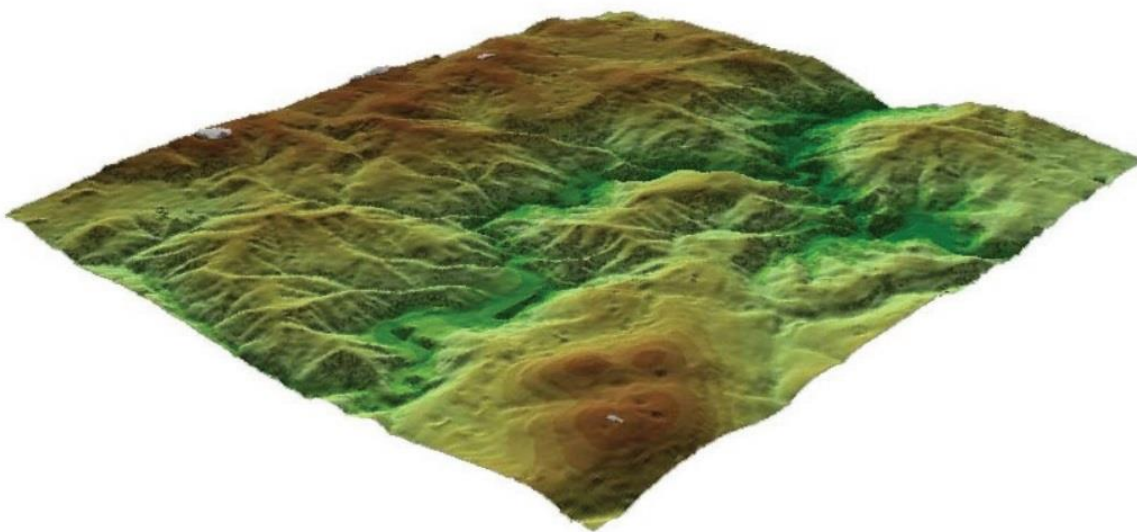
Бр. парцеле	Култура	Класа	Површина		Назив општине	Бр. становника	
12/1	њива	1	12000		Панчево	125261	
43/1	њива	1	3400		Суботица	150534	
43/2	њива	1	4500		Вождовац	161376	
98	њива			3	45000	Лозница	86875
99	воћњак			3	2000	Топола	27579
104	воћњак			2	90000		
105	њива			3	85000		

Извор: Јовановић В., Ђурђевић Б., Срдић З., Станков У. (2012). *Географски информациони системи*. Београд: Универзитет Сингидунум, стр. 41.

Дигитални модел висина најчешће служи за приказ рељефа. Рељеф је веома комплексна комбинација различитих елемената, те као такав много га је тешко представити релевантно путем различитих технологија. Међутим, применом дигиталног модела

висина, приказ рељефа постаје много разумљиви људској перцепцији, а истовремено доводи и до повећања визуелног ефекта (тродимензионални приказ).

Од самог настанка софтвера, па све до данас, континуирано се радило на проналажењу најбољих начина за приказивање тродимензионалних модела терена, оптичке видљивости, површина и запремина земљишта, ископина и др. У складу са тим, дигитални модел висина (ДМВ) организован је као скуп података које се односе на висину терена, при чему су ти подаци приказани у дигиталном облику (слика 10). ДМВ за сваку од тачака садржи конкретне податке о положају те тачке у простору, односно на терену, као и податке о висини те тачке. На тај начин, ДМВ креира слику према подацима о положају тачака и њиховим висинама (Јовановић и сар., 2012: 43). Пример дигиталног модела висине који се користи за приказивање података у географским информационим системима представљен је на слици 10.



Слика 10. Пример примене дигиталног модела висине у ГИС-у.

Извор: Јовановић В., Ђурђев Б., Срдић З., Станков У. (2012). *Географски информациони системи*. Београд: Универзитет Сингидунум, стр. 43.

На основу свега претходно приказаног закључује се да ГИС технологија користи различите врсте података за приказивање одређених резултата рада и представљање просторних ентитета и атрибута. База геоподатака је база података која се на неки начин односи на локације на Земљи. Заједно са овим подацима обично су подаци познати као

подаци о атрибутима. Подаци о атрибутима се генерално дефинишу као додатне информације, које се затим могу повезати са просторним подацима.

5. ГИС КАО АЛАТ У УПРАВЉАЊУ РИЗИЦИМА ОД КАТАСТРОФА ИЗАЗВАНИХ ПРИРОДНИМ ОПАСНОСТИМА

5.1. Примена ГИС-а у управљању ризицима и заштити од литосферских катастрофа

Географски информациони системи (ГИС) су почели да играју интегралну улогу у процени природних опасности и ризика. Код испитивања литосферских катастрофа, постоје бројне студије које објашњавају њихов начин примене за моделирање и мапирање просторног обима различитих врста опасности, као и за процену рањивости различитих субјеката и елемената услед утицаја тих опасности. Комбинација ових процена пружа могућности за испитивање и утврђивање укупног литосферског ризика од катастрофе. У сврху разумевања деловања ГИС-а приликом испитивања и управљања ризицима од литосферских катастрофа, у наставку ће бити описана његова примена и значај у управљању вулканским ризицима.

Вулканске катастрофе представљају велики проблем у многим земљама света, како развијеним, тако и неразвијеним и земаљама у развоју. Последњих година, пораст броја становника, као и ширење великог броја насеља и водоснабдевања (вода, гас итд.) довели су до повећања вулканских катастрофа. Из тог разлога, адекватно планирање и коришћење земљишта представља предуслов за минимизирање ризика од катастрофа, смањење губитака и настанак штете. Географски информациони системи, као технологија која је повезана са даљинским откривањем и системима упозорења, представљају један од најперспективнијих алата за подршку процесу доношења одлука приликом управљања ризицима од литосферских, у овом случају, вулканских катастрофа (Pareschi et al., 2000: 361).

Како смо у претходном поглављу објаснили, ГИС технологија представља компјутерски засноване системе који се користе за складиштење и манипулацију географским информацијама. Манипулисање подацима овде обухвата прекривање различитих мапа, идентификовање подручја, па све до употребе математичких модела за вршење одређених

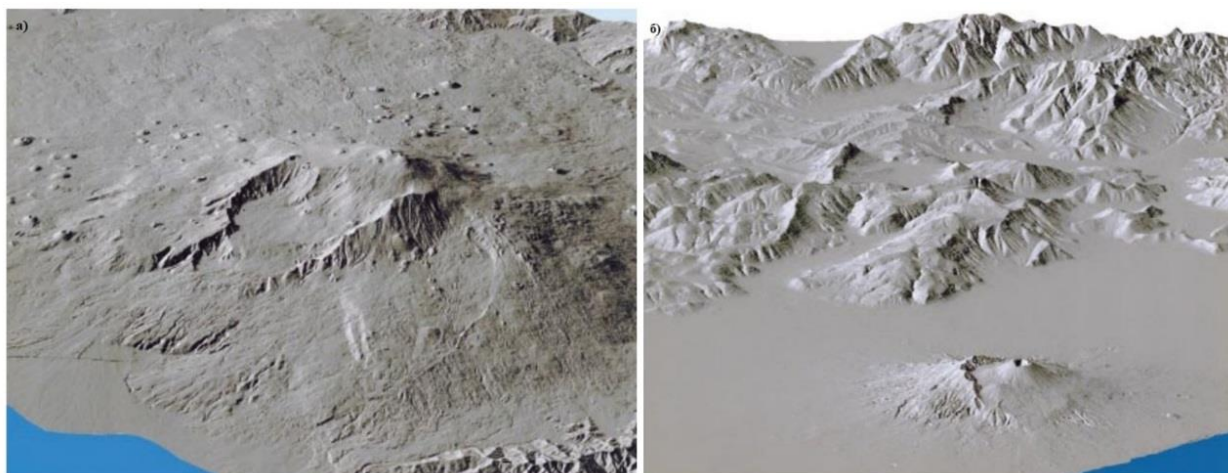
предвиђања и динамике природних појава. Стога, може се рећи да у ове сврхе, ГИС технологија може да врши адекватно планирање земљишта, као и управљање природним ресурсима. Као такав систем, „ГИС служи за доношење релевантних одлука и проучавање еколошких процеса“ (Burrough et al, 1986, стр. 194).

ГИС обухвата дигиталне моделе надморске висине, сателитске снимке, карте вулканске опасности и векторске податке о природним и вештачким карактеристикама (канални за снабдевање енергијом, стратешке зграде, путеви, железница, итд.). Природа и ниво детаља у две базе података су различити, на основу различитих очекиваних вулканских феномена.

У управљању ризицима од вулканских катастрофа, ГИС служи за: (Pareschi et al., 2000: 361)

- 1) за ублажавање вулканског ризика (процена опасности, вредности, рањивости и мапе ризика),
- 2) да обезбеди одговарајуће алате током предстојеће кризе и
- 3) да обезбеди основу за планове за ванредне ситуације.

У даљем тексту вршиће се анализа примене ГИС-а у управљању ризицима од катастрофа на примеру вулкана Етна и вулкана Везув. Врста података ГИС-а која се примењује у овим случајевима представља дигиталне моделе висина. Као што смо већ указали, ови модели представљају дигиталне вредности надморских висина. Ово је представљено тако да врхови представљају тачке надморских висина. На слици 11 приказани су ДМВ за вулкане Етна и Везув.

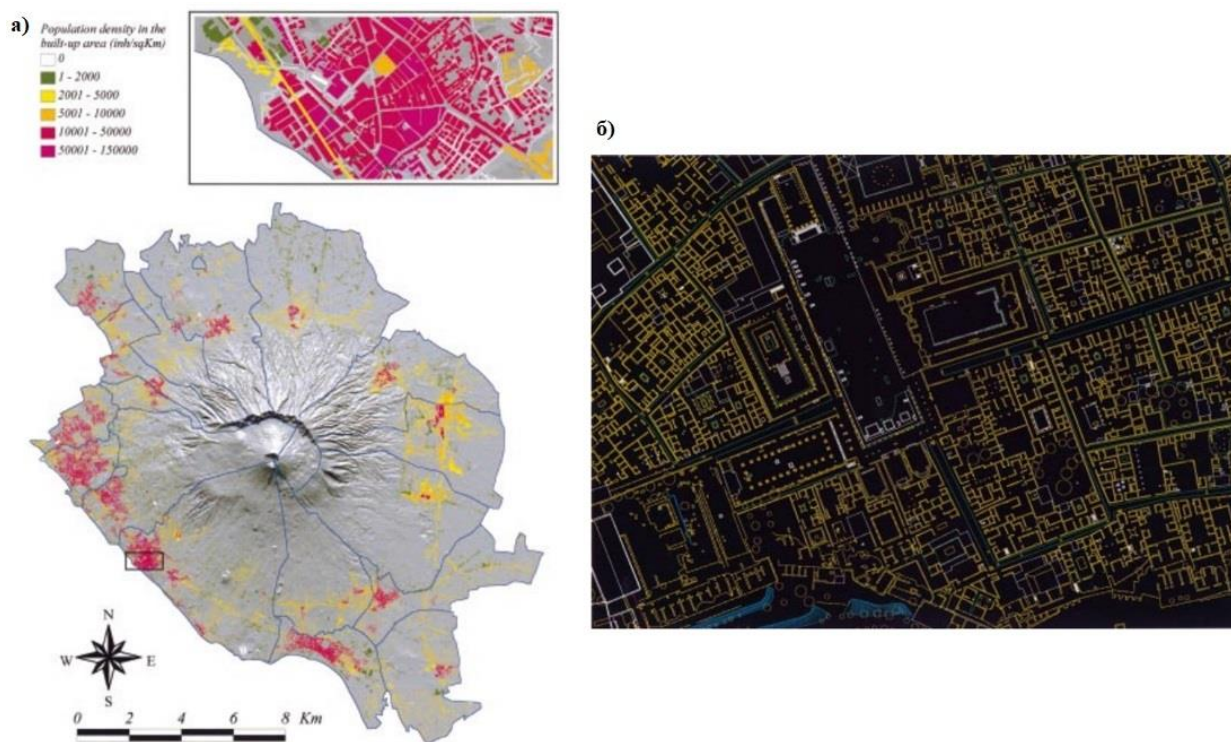


Слика 11. Дигитални модел висина вулкана Етна и Везув

а) Поглед и перспектива ДМВ вулкана Етна; б) Поглед и перспектива ДМВ вулкана Везув.
Извор: Pareschi I., Cavarra L., Favalli M., Giannini F., Meriggi A. (2000). GIS and Volcanic Risk Management. *Natural Hazards*, 21(2), стр. 361.

Код вулкана (истовремено и планине) Етна, дигитални модел висина доступан је у размерама 1:10000, док је ДМВ за вулкан Везув доступан у размерама 1:5000 око вулкана и 1:25000 у околном региону (Pareschi et al., 2000: 362). Као основни извори дигиталних слика за оба вулкана користе се Главни извори су LANDSAT TM (пиксел = 30 м), SPOT (пиксел = 10 м) и АИМА (резолуција пиксела = 1 м²) дигиталне слике. Потребно је да ове слике буду интегрисане у дигитални терен, како би се карта подударала. Сегментација и образац технике препознавања на подацима даљинске детекције могу се користити за прикупљање мерења карактеристика пејзажа (тип земљишта и границе, вегетација, насељена подручја итд.) (Pareschi et al., 2000: 366).

Надаље, ГИС технологија користи и векторске податке како би одредила природне и вештачке особине простора. Наиме, ове информације подразумевају положај и врсте природних и вештачких обележја. Подаци се одређују према геореферентним линијама и идентификују се према одређеном слоју. На основу тога, предмети који су слични и различити, могу се визуализирати, на начин да им се додаје и одузима различита типологија. Код вулкана Везув, векторски подаци који су обрачунати представљају следеће: висинске контуре, висинске тачке, хидрографија, зграде, путеви (пешачке стазе, путеви и аутопутеви), железнице, називи места, административне границе, главне животне линије итд. (слика 12). Надаље, могуће је приказати и подслојеве ових података. Па тако, зграде се, на пример, могу даље разликовати као: индустријске зграде, административне зграде, пластеници и надстрешнице, археолошки објекти и др. (слика 12) (Pareschi et al., 2000: 367-368).

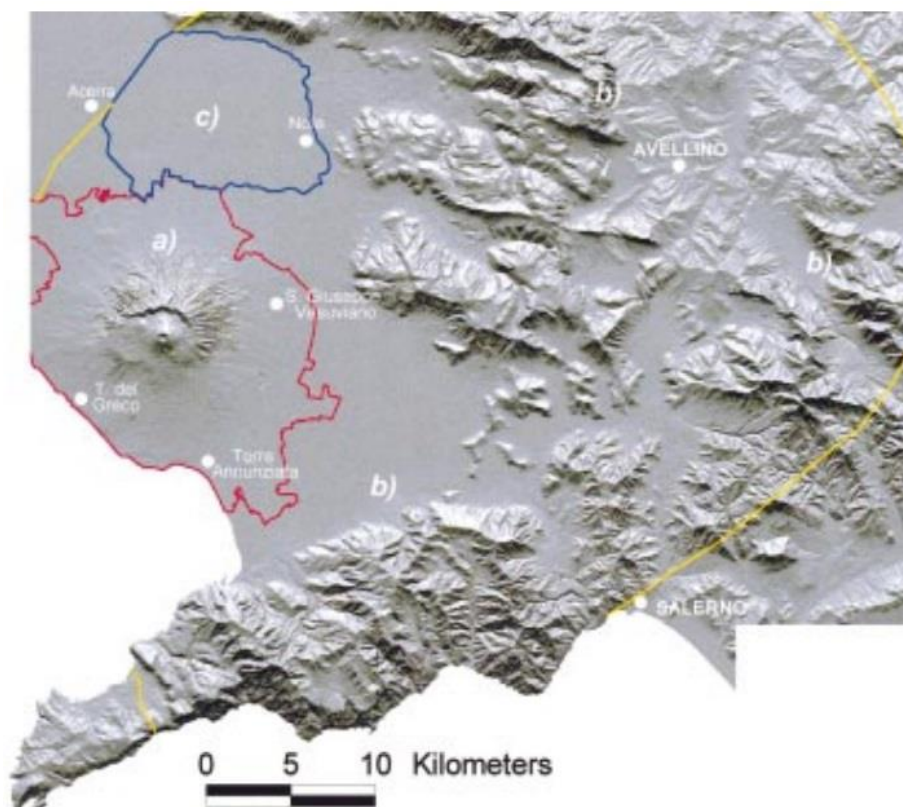


Слика 12. Дигитални приказ векторских података вулкана Везув

а) ДМВ конуса вулкана Везув: зграде су представљене различитим бојама према густини насељености, док плаве линије представљају административну границу градова око вулкана; б) слој ГИС-а који показује археолошке структуре.

Извор: Pareschi I., Cavarra L., Favalli M., Giannini F., Meriggi A. (2000). GIS and Volcanic Risk Management. *Natural Hazards*, 21(2), стр. 365.

Надаље, битно је напоменути и израду мапа опасности употребом ГИС-а. Наиме, одређивање опасности представља један од најбитнијих циљева примене ГИС технологије у управљању ризицима од вулканских, и других литосферских катастрофа. Данас се код креирања карти опасности, најчешће користи приступ идентификације области погођених прошлим ерупцијама. Ово полази од претпоставке да се ће се слични ризични догађаји који су се одиграли у прошлости, на сличан или исти начин настати у одређеним областима, и са интензитетом који је био и у прошлости. Што је дужи период доступних поузданих података, као и што је већа количина података, поузданија је процена степена опасности. На слици 13 приказана је мапа опасности вулкана Везув у коме се ерупција вулкана која се догодила 1631. године користила као максимално очекивана ерупција.



Слика 13. Мапа опасности вулкана Везув

Извор: Pareschi I., Cavarra L., Favalli M., Giannini F., Meriggi A. (2000). GIS and Volcanic Risk Management. *Natural Hazards*, 21(2), стр. 373.

Према приказаној мапи опасности сматра се да би ерупција Везува требало да буде слична приказаној на слици. Наиме, на слици се налазе три кључна региона код којих се очекује ерупција, према подацима из прошлости, а то су: а) подручје око Везува потенцијално изложено проксималним појавама, б) подручје које је потенцијално изложено услед падавина пепела и с) инвазија поплава, израчуната коришћењем ДМВ (Santacrose et al., 1994: 188).

Приликом управљања овим ризиком од катастрофа, ГИС стратегија може бити моћан инструмент. Она се може користити за: (Pareschi et al., 2000: 377-378)

- 1) састављање мапа ризика, проценом резултата нумеричких симулационих модела опасности; дистрибуцију производа прошлих ерупција; израчунавање карактеристика тла, карактеристика земљишта; добијању информација о вредностима и рањивости;
- 2) за суочавање са предстојећом или текућом ерупцијом уз процену алтернативних стратегија према претходним прецизним догађајима;

- 3) за минимизирање ризика применом информација о коришћењу земљишта и опасностима. Користи за одабир одговарајуће стратегије за смањење ризика;
- 4) за креирање планова евакуације, према информацијама о становништву, дијаграму пута, карте опасности итд.;
- 5) за вођење евиденције о зградама, економским ресурсима, људима и др., у случају потпуног уништења.

5.2. Примена ГИС-а у управљању ризицима и заштити од хидросферских катастрофа

Период 21. века доводи до све већег интересовања за управљање ризицима од хидросферских катастрофа. У анализи ризика од хидросферских катастрофа може помоћи дуга историја и догађаји из геолошке прошлости. Природне катастрофе се дешавају због померања или промена унутар неких Земљиних система. Па тако, систем хидросфере представља све воде на површини Земље (океани, језера, реке итд.), укључујући и воду изнад површине, као што је вода која се налази у облацима. У складу са тим, ГИС технологија треба да омогући ефикасно планирање и управљање ризицима од хидросферских катастрофа, применом анализе својих података. У даљем тексту, рад ће се фокусирати на појашњење овог алата путем приказа конкретног случаја примене ГИС технологија за управљање ризицима од поплава.

„Поплаве представљају природне катастрофе које су узроковане неуспешношћу природних стаза и дренажних система да задрже вишак воде у условима прекомерних падавина“ (Osei et al., 2021: 2). Овакво стање представља катастрофалну природну опасности која може довести до великих губитака, како у животима људи, тако и у имовини и инфраструктури, уништењу екосистема и др. Стога, ГИС технологија овде има значајну улогу у процени ризика од поплава, као и евалуацији тог процеса, кроз приказ просторних информација. Осим тога, његова примена може бити успешна и у проучавању међународних, регионалних и локалних ризика од поплава, као и за имплементирање планова за ублажавање тих ризика (Noamen et al., 2020: 141).

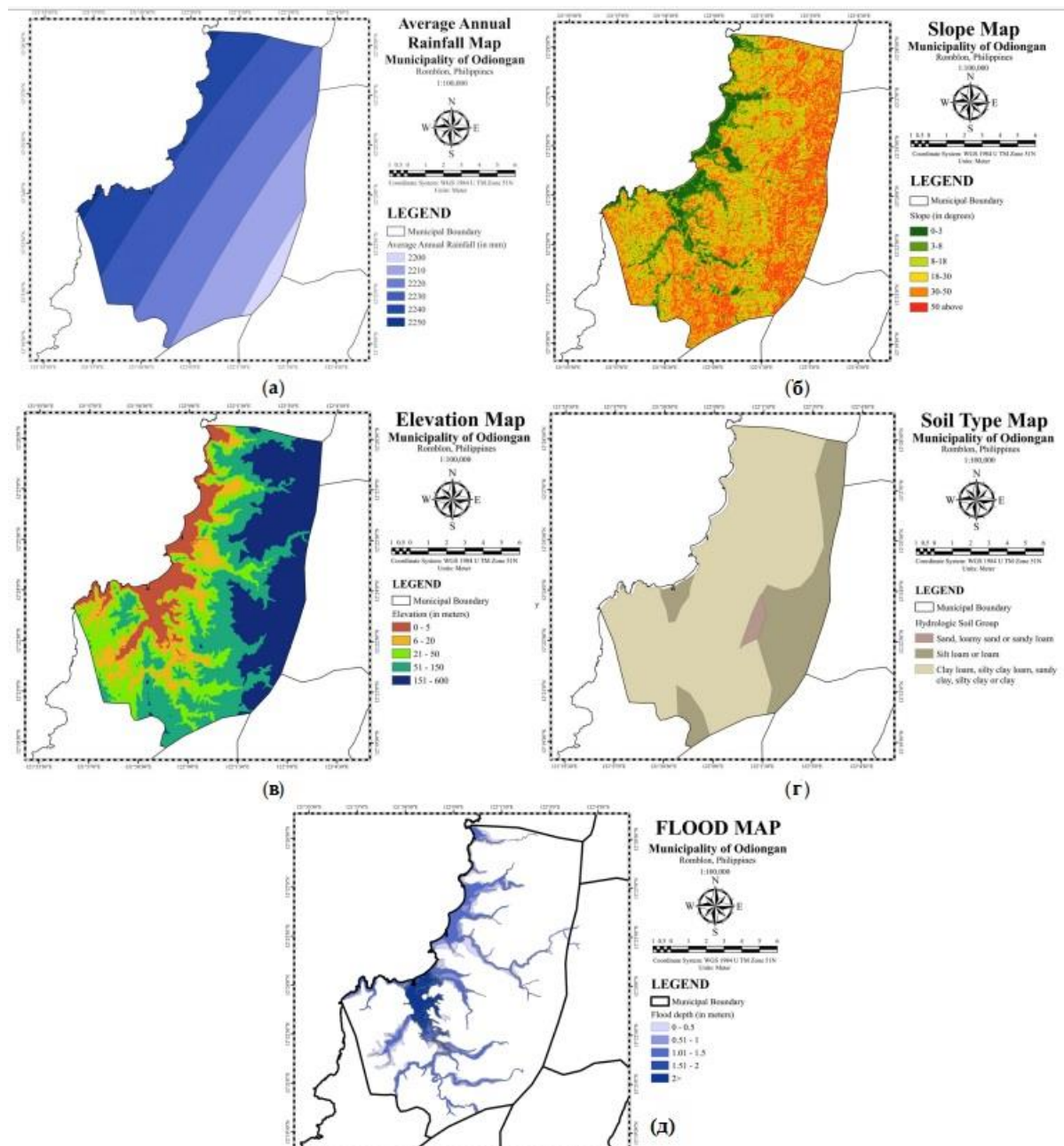
Приликом вршења процене ризика, пре свега је потребно идентификовати индикаторе поплава, како би се могла извршити сама процеса ризика. Неопходно је идентификовати

три категорија фактора: опасност, рањивост и изложеност ризику. Код параметара опасности разматрају се категорије као што су: просечна годишња количина падавина, нагиб терена, надморска висина, тип земљишта и дубина поплаве. Код рањивости потребно је размотрити: однос поплава, старост становништва, просечна примања, физичко здравље појединаца, употреба воде, спремност за ванредне ситуације, типови структура, удаљеност центра за евакуацију итд. Када се ради о изложености поплавама, идентификују се: густина насељености, број домаћинства, коришћење земљишта и др. (Gacu et al., 2022: 4).

Управљање поплавама се не може адекватно завршити без процене опасности од поплава. На слици 14 приказани су основни параметри опасности израчунати на примеру конкретне општине. Подаци показују да је забележено просечна годишња количина падавина од 2203,9 мм. На слици 3а налази се мапа опасности која је генерисана применом изохиеталног метода са просечном годишњом количином падавина у распону од 2200 до 2250 мм. Количина падавина се појачава од источног ка западном делу општине (Gacu et al., 2022: 9).

Надаље, на слици 3б налази се слој нагиба који је представљен кроз различите нијансе боја, где зелена боја означава најмању надморску висину. Истовремено, црвени део означава највећи нагиб. Већински део мапе показује већи нагиб у распону од 18 степени до 50 и више. Стамбени простори се налазе у равничарским пределима (зелени део) где се вода нагомилава током прекомерних падавина (Gacu et al., 2022: 9).

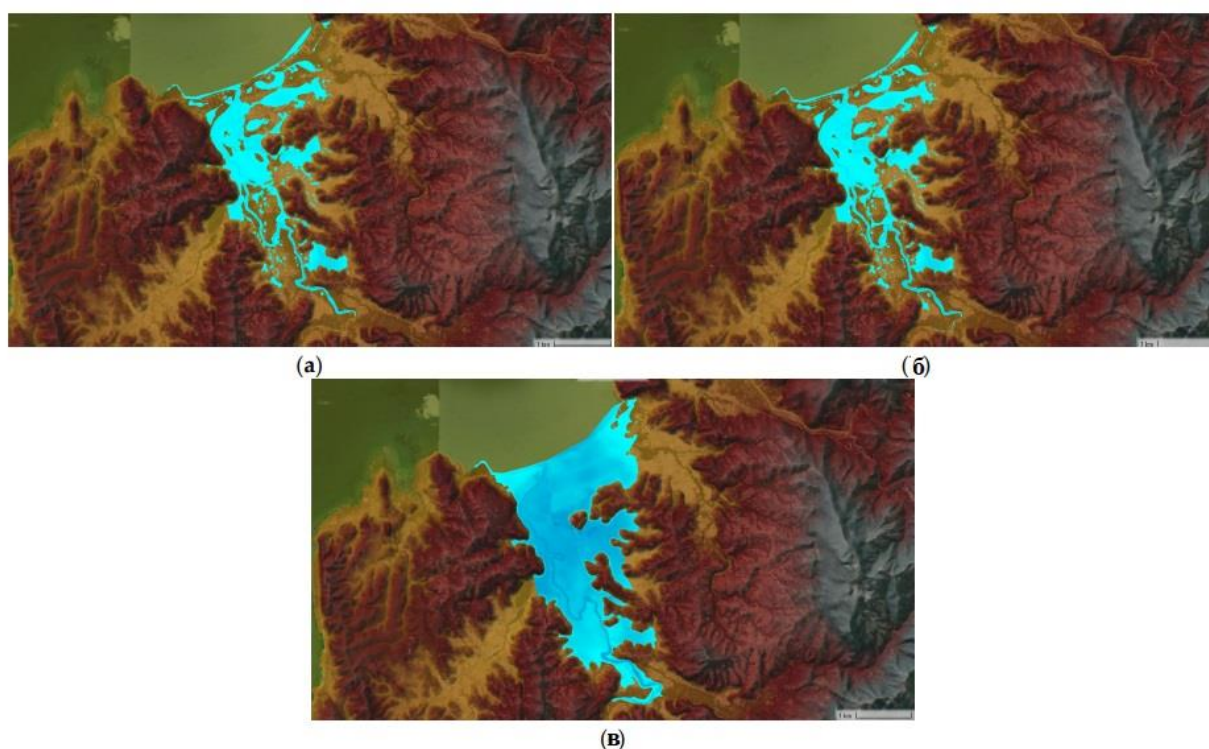
Слика 3в приказује мапу надморске висине локације применом дигиталног модела висине (ДМВ). Надморска висина је класификована у пет нивоа у распону од 0 до 600 м. Већи део карте опасности показује високу надморску висину од 21 до 600 м. Источни део општине где се налази стамбено-пословни простор, има најнижу висинску вредност, варира од 0 до 20 м. Ове надморске висине утичу на то колико брзо се оборинска вода може одводити у слив на основу падина (Gacu et al., 2022: 9). Надаље, на слици 3г представљена је сортирана мапа према хидролошкој групи земљишта, док последња слика 3д приказује мапу дубине поплава.



Слика 14. Мапа опасности од поплава

Извор: Gacu, J. G., Monjardin, C. E. F., Senoro, D. B., & Tan, F. J. (2022). Flood Risk Assessment Using GIS-Based Analytical Hierarchy Process in the Municipality of Odiongan, Romblon, Philippines. *Applied Sciences*, 12(19), стр 10.

На слици 15 налази се приказ дубине поплава обрачунат применом ГИС технологије. У најгорем случају, мапа показује око 5,87 м висине поплаве, при чему би период опоравка био сто година (слика 15).



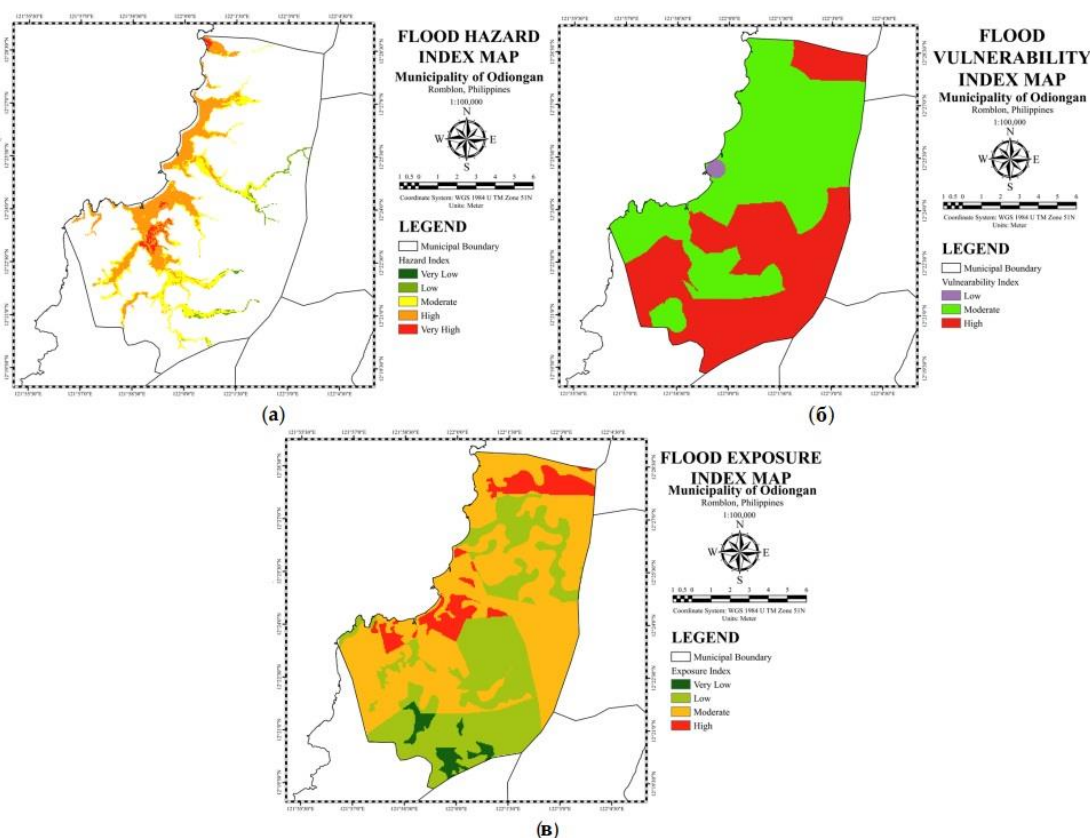
Слика 15. Симулација максималне дубине поплава у општини

Извор: Извор: Gacu, J. G., Monjardin, C. E. F., Senoro, D. B., & Tan, F. J. (2022). Flood Risk Assessment Using GIS-Based Analytical Hierarchy Process in the Municipality of Odiongan, Romblon, Philippines. *Applied Sciences*, 12(19), стр 12.

Како се наводи, модел дубине поплава има пет категорија: 1) 0–0,5 м (ниска); 2) 0,5–1 м (умерена); 3) 1,01–1,5 м (висока); 4) 1,51–2 м веома висока и 5) 2 м и више (изузетно висока). Мапе осетљивости на којима је обрачуната ниска осетљивост могу имати висину поплаве мању од 0,5 м и трајање поплаве мање од једног дана. То укључује ниска брда и благе падавине. Када је реч о умереној осетљивости, очекује се дубина поплава од 0,5 м до 1 м. Ови простори су склони распрострањености поплаве током дугих и обимних јаких падавина и екстремних временских услова. Надаље, у областима високе осетљивости, где је висина поплаве 1 метар или више, долази до поплавлјења подручја у року од неколико

сати након обилних падавина. Према приказаној карти дубине поплава на конкретном примеру, показало се да највећи део подручја има адекватан нагиб, где је изложеност поплавама највећа у низијским пределима (Gacu et al., 2022: 12).

Приликом управљања ризицима од поплава, а након процене свих битних параметара опасности, рањивости и изложености подручја, потребно је све резултате комбиновати и припремити визуализацију ових индикатора. На слици 16 приказана је мапа која врши обрачунавање и комбиновање свих релевантних параметара путем географског информационог система.

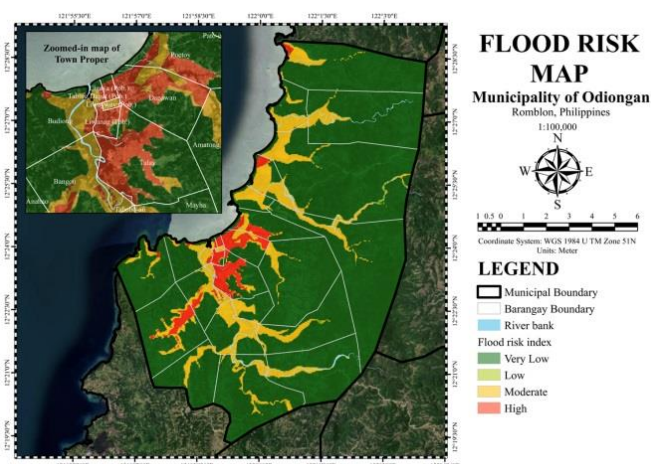


Слика 16. Визуализација свих релеватних индикатора ризика од поплаве путем ГИС-а

Извор: Gacu, J. G., Monjardin, C. E. F., Senoro, D. B., & Tan, F. J. (2022). Flood Risk Assessment Using GIS-Based Analytical Hierarchy Process in the Municipality of Odiongan, Romblon, Philippines. *Applied Sciences*, 12(19), стр 20.

Како се са слике 16 може видети, мапа индекса опасности од поплава која представља комбинацију пет кључних фактора може класификовати опасносту у пет нивоа: веома ниска (зелено), ниска (журо-зелено), умерена (журо), висока (наранџасто) и веома висока

(црвена) и покрива. На крају, у коначном, а комбинацијом ове три мапе, добија се крајња мапа опасности приказана на слици 17.



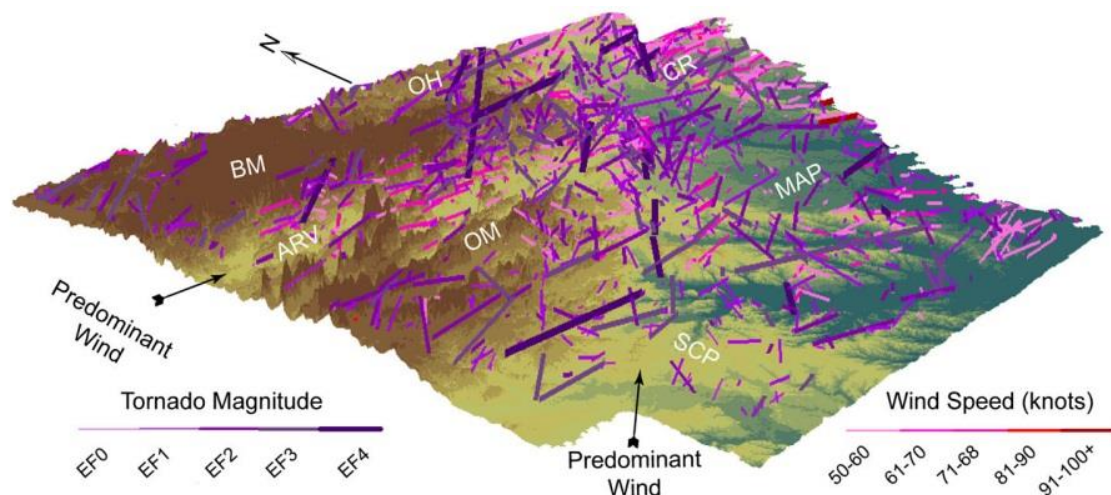
Слика 17. Коначна мапа ризика од поплава

Извор: Извор: Gacu, J. G., Monjardin, C. E. F., Senoro, D. B., & Tan, F. J. (2022). Flood Risk Assessment Using GIS-Based Analytical Hierarchy Process in the Municipality of Odiongan, Romblon, Philippines. *Applied Sciences*, 12(19), стр 22.

5.3. Примена ГИС-а у управљању ризицима и заштити од атмосферских катастрофа

Атмосферске опасности укључују ствари као што су недостатак кисеоника, прашина, хемијска испарења, испарења од заваривања, магле и олује које могу да ометају способност тела да транспортују и користе кисеоник, или које имају негативне токсиколошке ефекте на људско тело. Осим тога, атмосферске катастрофе проузрокују и настанак различитих негативних последица по имовину и инфраструктуру, као и екосистем Земље. У даљем тексту биће приказан пример примене ГИС технологије приликом процене и управљања ризицима код екстремних временских образаца.

Просторно-временска анализа екстремних временских образаца спроводе многе државе света, а иста је до појаве ГИС технологије била ограничена само на јачину олуја и појединачних догађаја, као и топографију. Међутим, ГИС алати омогућавају креирање тродимензионалног модела топографија и временских образаца који су везани за правце кретања ветра, те могу да објасне начине на који ови ветрови преовлађују, као и време опасности и концентрисане зоне (слика 18). (Rowden, Aly, 2018: 1).

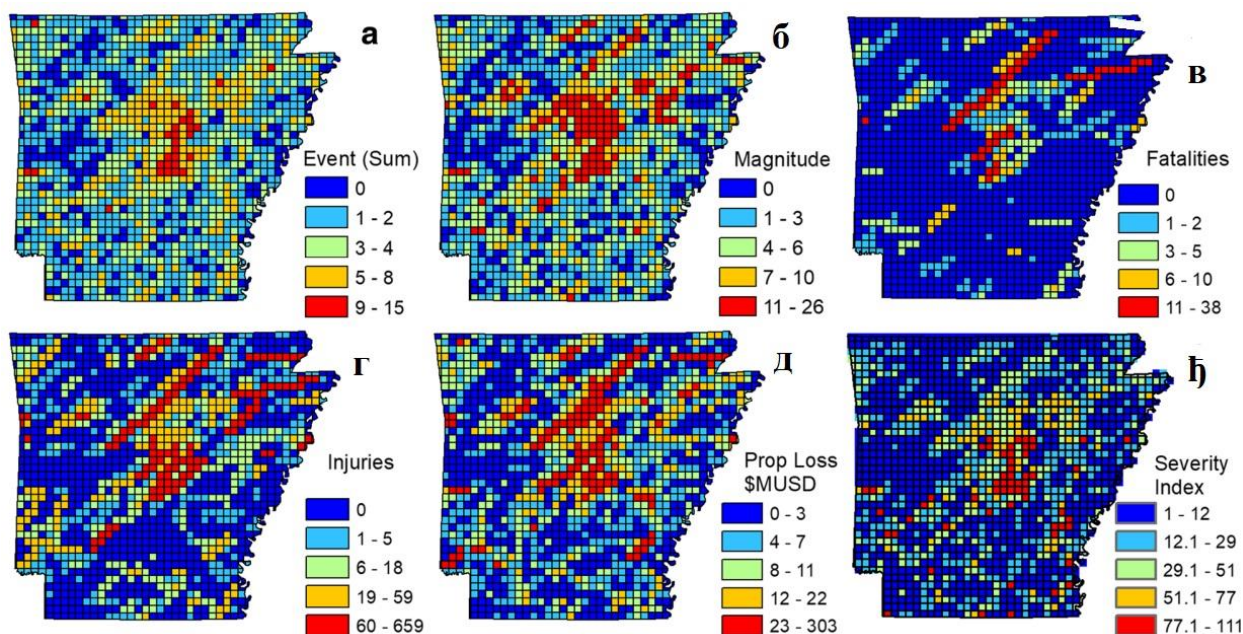


Слика 18. Тродимензионални приказ топографије и временских образаца

Извор: Rowden K. W., Aly M. H. (2018). GIS-based regression modeling of the extreme weather patterns in Arkansas, USA. *Geoenvironmental Disasters*, 5(6), стр. 2.

С обзиром на чињеницу да се тешке временске прилике не могу зауставити, неопходно је спроводити адекватно управљање, процену и контролисање услова на бази података који су доступни, а у сврху ублажавања ризика.

ГИС технологија може се користити за категоризацију и раздвајање јединствених атрибута и скупова података за велика подручја. Мрежна анализа омогућава висок ниво специфичности временских образаца. Овај процес обухвата многобројне поступке и активности. Торнада су далеко најразорнији и најсмртоноснији временски тип. На слици 19 приказани су геопросторни обрасци и осетљива подручја на која је усмерена тенденција торнада.



Слика 19. Испитивање штета од торнада путем ГИС технологије

а) збир свих догађаја (учесталост); б) збир магнитуда ЕФ торнада; в) фаталност (неке мреже показују 40 смртних случајева током периода истраживања од 60 година); г) повреде (многи подаци показују 650+ повреда током периода истраживања); д) материјална штета; ж) индекс озбиљности торнада
Извор: Rowden K. W., Aly M. H. (2018). GIS-based regression modeling of the extreme weather patterns in Arkansas, USA. *Geoenvironmental Disasters*, 5(6), стр. 9.

Тешки временски догађаји се понекад дешавају истовремено, што доводи до катастрофалних последица и поремећаја по подручје у коме настају. Одржива статистика која се добија путем ГИС технологија може помоћи у учвршћивању императивне потребе за склоништима од олуја, као и имплементацију прописа којих се треба придржавати у таквим екстремним временским условима. Боље разумевање тешких временских прилика и преференцијалне тенденције олуја које се могу обрачунати путем ГИС-а, представљају први корак ка ублажавању ризика и то путем минимизирања изложености и рањивости у свим регионима највеће озбиљности.

5.4. Примена ГИС-а у управљању ризицима и заштити од биосферских катастрофа

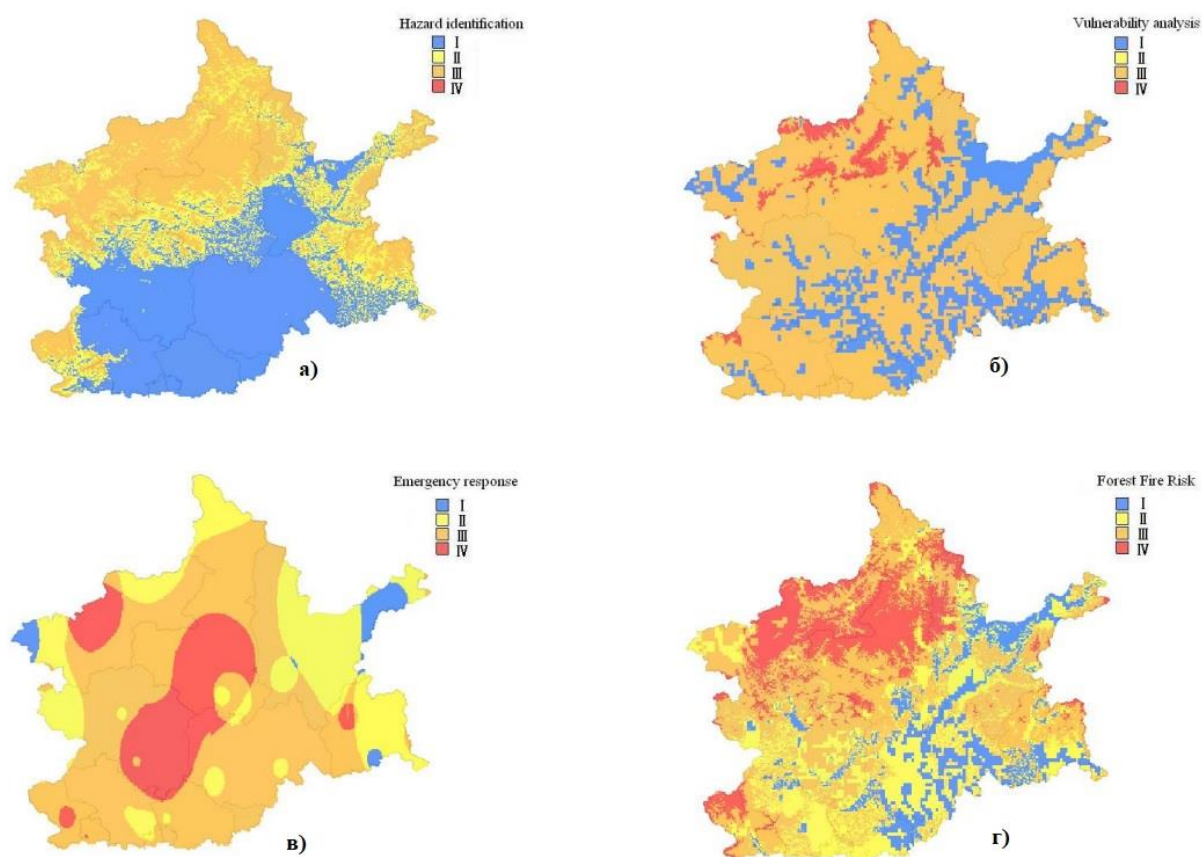
Примена ГИС технологија у процени и управљању биосферских ризика углавном се односи на оне ризике који могу својим деловањем да доведу до катастрофа екосистема и живог света на Земљи. Као најзначајнији ризици овде наводе се шумски пожари и

епидемије, пандемије, епизоотије и епифитозе, које могу допринети тешким негативним последицама по људски, биљни и животињски свет. У даљем тексту рада, фокус ће бити на појашњавању примене ГИС технологије код управљања ризицима од шумских пожара.

Шумски пожар је уобичајена катастрофа у стварном животу, која за последицу може имати велике губитке живота, имовине и екологије. Модел управљања ризицима путем ГИС технологије обухвата процену, идентификацију, класификују и мапирање подручја ризика од шумских пожара. Овај модел идентификује опасности, анализира рањивости и капацитете за суочавање са ризиком, односно за реаговање у ванредним ситуацијама. Кроз ГИС просторну аналитичку процедуру, ризик од шумских пожара може бити у распону од високог до ниског, према његовој осетљивости на ватру или способности изазивања пожара. „Сматра се да је мапирање ризика корисно за управљање шумским пожарима ради минимизирања опасности од истих“ (Kanga et al., 2014: 30).

Процес управљања ризицима код овог проблема обухвата неколико фаза. Пре свега, потребно је прикупити неопходне податке и информације из различитих извора који су нам доступни. Након тога, неопходно је да разврстамо и одаберемо опасности, рањивости и схватимо какве су потребе за хитним интервенцијама. Након тога следи да утврдимо оно што је главни циљ процене ризика, а то је процена потенцијала опасности од шумског пожара. У последњој фази врше се активности попут: прикупљање сателитских снимака и других података за процену ризика од шумски пожара, идентификација опасности, анализа рањивости и анализа капацитета за реаговање у ванредним ситуацијама, просторна анализа путем ГИС технологије и на крају, мапирање подручја ризика (Gai et al., 2011: 3).

Фактори ризика од шумских пожара укључују коришћење земљишта, надморску висину, нагиб терена, температуру, релативну влажност ваздуха и интензитет ветре. Ови фактори испитују се путем географског информационог система. Идентификовање опасности приказано је на слици 20а, а представља комбинацију седам ризика, тј. опасности од шумских пожара. Алгоритам система врши мапирање ових фактора, како би могао да специфицира ризик од шумских пожара у одређеном региону. Црвена област означава највиши ниво ризика, плава област показује најнижи ниво ризика. Надаље, на слици 20б приказана је комбинација густине насељености и вредност шумских ресурса. Показано је да северна област има већи степен рањивости, углавном због веће вредности шумских ресурса (Gai et al., 2011: 5).



Слика 20. процена и управљање ризицима од шумских пожара уоптребом ГИС технологије

Извор: Gacu, J. G., Monjardin, C. E. F., Senoro, D. B., & Tan, F. J. (2022). Flood Risk Assessment Using GIS-Based Analytical Hierarchy Process in the Municipality of Odiongan, Romblon, Philippines. *Applied Sciences*, 12(19), стр. 5.

У оквиру слике 20в приказани су капацитети одговора на ванредне ситуације. Наиме, ватрогасци и хеликоптерска вода могу имати значајног утицаја на одржавање шумског пожара у границама нормале. Овде је потребно одредити удаљеност, односно мери се праволинијско растојање од сваке ћелије пожара до најближег извора воде, а затим се класификују према удаљености. Мере се растојања ваздушном линијом у јединицама пројекције растера, као што су стопе или метри. Слика 20в представља комбиновану дистрибуцију шумске ватрогасне бригаде, осматрачница и хеликоптерских водених пунктова (Gai et al., 2011: 6).

На крају, на слици 20г, на основу приказаних података, обрачунат је и класификован ризик од шумских пожара у честири категорије (I-IV), путем ГИС софтвера. Самим тим обрачунате су тежине и нивои ових ризика, како би се формирала коначна карта опасности од шумских пожара. Ова растерска метода је боља од векторских података из разлога што врши ефективни прорачун у ГИС-у. Уносе се и анализирају неколико растерских варијабли из различитих извора. Дакле, овако приказана мапа, представља комбинацију мапе опасности, мапе рањивости и мапе капацитета за реаговање у ванредним ситуацијама. На тај начин интегрише се ризик од шумских пожара у целокупној области. Са слике 20г се јасно види да северни део региона има већи ризик од шумских пожара (црвена боја) (Gai et al., 2011: 6).

6. БУДУЋИ РАЗВОЈ И ПОТЕНЦИЈАЛИ ГИС-А У УПРАВЉАЊУ РИЗИЦИМА ОД КАТАСТРОФА ИЗАЗВАНИХ ПРИРОДНИМ ОПАСНОСТИМА

На основу обављене анализе у овом раду, може се закључити да је ГИС организован скуп рачунарског хардвера, софтвера, географских податка и особља, који су дизајнирани за ефикасно снимање, складиштење, ажурирање, манипулисање, анализу и приказивање свих облика географских референтних информација. Стога, ГИС представља кључну компоненту у креирању стратегије и процесом управљања ризицима од катастрофа.

Током последњих деценија, може се уочити да је дошло до значајног напретка у области праћења, откривања, анализе, прогнозирања и упозорења на опасности које се односе на природне ризике од катастрофа. Ово је довело до значајних смањења опасности по живот људи и друштвену заједницу. На пример, како наводи Голнараги, „током последњих 50 година, број природних катастрофа, као и економски губици од истих су се повећали, док је број пријављених изгубљених живота смањен чак десет пута“ (Golnaraghi, 2007: 11). Као разлог за ово могу се навести веће могућности континуираног праћења и откривања природних опасности путем информационих система, те систем раног упозорења.

Већина актуелних примена ГИС технологије широм света почиње са комерцијализацијом ГИС-а као алата. Међутим, са развојем самог модерног света, расте и број доступних података, сваким даном. Стога, организације и институције треба да приступе правим,

тачним и релевантним подацима у право време, како би могле да изврше анализу информација у циљу доношења конкретних одлука. Из тог разлога, сматра се да ће и у будућности расти потреба за новим изворима података, алатима, решењима и др. ГИС као модеран и ефикасан алат за обраду геопросторних података, треба се развијати у циљу проналажења нових начина за коришћење, обраду и анализу кључних информација које ће допринети квалитету доношења одлука.

Док размишљамо о употреби геопросторних података, као једна од најзначајнијих области овде јесте свакако визуелизација података. Било да се информације приказују у две или три димензије, геопросторни подаци су кључ за визуелизацију података, због чега ГИС постаје једна од најтраженијих и најприхватљивијих модерних алата за анализу геопросторних података. Геопросторни подаци су традиционално били ограничени на коришћење од стране војске, обавештајних агенција, поморске или ваздухопловне организације итд. Међутим, данас се употреба геопросторних информација проширила на скоро свако тржиште и институције широм света, са открићем да може да пружи нове нивое информација. Стога, геопросторни подаци у савременим условима постају саставни елемент деловања организација и институција.

Како бисмо могли да изведемо закључке и пружимо препоруке за даљи развој ГИС-а, неопходно је договорити на кључна питања: 1) *Какво је стање геопросторног рачунарства данас?*, 2) *Који су нерешени проблеми које ГИС тек треба да реши?*, 3) *Какво ће геопросторно рачунарство бити до 2050. године?*, 4) *Која питања ће тада бити од значаја?*.

Како наводи Ајома, “очекује се да ће тржиште глобалног географског информационог система (ГИС) достићи 11,2 милијарде долара до 2025. године” (Sang, Ayoma, 2018: 5). Све веће усвајање ГИС-а у развоју инфраструктуре, урбанистичком планирању и паметним градовима, заједно са повећањем услуга заснованих на локацији су неки од кључних покретача тржишта ГИС-а у будућности (Sang, Ayoma, 2018: 5).

Дакле, ГИС пружа помоћ његовим корисницима у повезивању података са географским локацијама и другим битним карактеристикама конкретног подручја. На основу тих података стиче се увид у тај простор. Анализа тржишта глобалног географског информационог система, показује да се очекује растућа интеграција ГИС-а са конвенционалним технологијама, како би се унапредила пословна интелигенција компанија. Штавише, интеграција ГИС-а са другим информационим системима и

технолошким уређајима обезбеђује тачност података корисницима, и то применом анализе геопросторних података. Стога, очекује се да ће тржиште ГИС-а у будућности расти и то захваљујући технолошком напретку и развојем апликација.

Надаље, битно је напоменути и значај ГИС технологија на развој вештачке интелигенције. Поред основних врста, организације често користе и специјализоване ИС, попут система за управљање знањем, вештачке интелигенције, експертних система и виртуелне реалности. Системи за управљање знањем (*Knowledge Management Systems* - KMS) представљају скуп процедура, база података, софтвера, људи и уређаја за креирање, чување, размену и употребу знања и искустава организације. У системима базираним на вештачкој интелигенцији (*Artificial Intelligence* - AI), рачунарски систем има карактеристике људског мозга и интелигенције (Stair et al., 2008: 18). Експертски системи (ЕС) повезују се са вештачком интелигенцијом, која представља такву информациону технологију, која има за циљ да мотивише рачунар да мисли, посматра, говори, слуша или осећа као човек (Симић, 2013: 77). То значи да компјутери, у појединим областима преузимају улогу експерата. Ови системи служе за складиштење и чување знања, за примену знања и могу се користити у скоро свим областима и научним дисциплинама. Стога, у оваквим врстама система, ГИС обезбеђује важан елемент података библиотекама садржаја и алгоритмима ових система. Иновације у области вештачке интелигенције нуде револуционарне начине за извођење тополошких анализа података, просторних анализа, откривање промена и избор обележја.

Геопросторни подаци су такође један од основних елемената развоја виртуелне реалности. Виртуелна реалност (*Virtual Reality* - VR) може се представити као симулација стварног или замишљеног окружења. Ово представља 3Д параметре, док корисник овог система, у потпуности улази у виртуелну стварност и исту доживљава вештачки (Stair et al., 2008: 19). Све је више у употреби геопросторних података за информисање о креирању политике. Просторни подаци који се односе на урбану социологију, демографију и статистику постају суштински елементи многих локалних одлука, процеса одлучивања државе и савезне владе.

Све претходно поменуто представља само део система развоја географских информационих система у будућности. Како сматра аутор рада, будуће тенденције развоја ГИС-а обухватиће многобројне активности истраживања и развоја које ће додатно проширити употребу геопросторних информација у савременом друштву.

ЗАКЉУЧАК

Географски информациони системи (ГИС) представљају информационе технологије које служе за анализу, складиштење, обраду, чување, мерење и приказивање геопросторних података. ГИС и просторна анализа су дуго уживали ипродуктиван однос током протеклих деценија. Са развојем примене ГИС-а, овај квалитетан алат постаје кључ за имплементацију метода просторне анализе, чинећи овде моделе доступнијим за већи број корисника, те пружање помоћи у доношењу ефикасних одлука и подршке за научна истраживања.

Специјализовани ГИС пакети усмерени посебно на просторну анализу, како смо показали у овом раду, имају значајну примену у управљању ризицима од природних катастрофа. Наиме, природне катастрофе представљају штетне догађаје који се дешавају у савременом друштву, а који доводе до великих штетних последица, како по друштвену заједницу и животе људи, тако и по саму имовину, инфраструктуру и екосистем. Стога, како је показано у овом истраживању, адекватно, континуирано и ефикасно управљање ризицима од катастрофа представља потребу у спечавању, елиминисању и суочавању са ризицима. У те сврхе, рад је показао примену ГИС технологије као алата за пружање помоћи при обради геопросторних података у процесу управљања ризицима. Како смо приказали, ГИС се може користити као ефикасно средство у процени, идентификацији и мапирању ризика од природних катастрофа, односно литосферских, хидросферских, атмосферских и биосферских ризика. Помоћу приказаних конкретних примера примене географских информационих система у управљању природним ризицима, доказали смо да је њихова примена ефикасна и да доприноси спречавању и ублажавању последица ризика, што је може видети и кроз приказане теоријске доказе о томе да су у последњих 50 година, људске жртве од катастрофалних ризика смањене за десет пута. У складу са тим, потврдили смо прву постављену хипотезу у овом раду: *Географски информациони системи доприносе ефикасном и квалитетном управљању ризицима од природних катастрофа.*

Анализом кроз овај рад, те конкретним студијама случаја коришћења ГИС технологија, допринело се разумевању значаја њихове примене и квалитета информација које пружају у процесу управљања ризицима. Кроз рад се може сагледати да је примена ГИС технологија у савременим условима и методама управљања ризицима високо заступљена, те да се геопросторно планирање и подаци углавном заснивају на њеној примени. Стога,

овакав приступ анализе процеса управљања ризицима код природних катастрофа пружио је одговор на друго и треће постављено истраживачко питање, односно претпоставке да: *Географски информациони системи заузимају високу примену у управљању ризицима од природних катастрофа и Коришћењем географских информационих система у управљању ризицима од природних катастрофа допринело са смањењу штетних последица по друштвену заједницу.*

Дакле, ГИС има потенцијала да буде моћно средство за подршку у процесу одлучивања и управљања ризицима од природних катастрофа. Препрека за коришћење ГИС-а код идентификације ризика од катастрофе може бити искључиво техничко питање, јер се показало да је примена ових технологија последњих деценија значајно напредовала, те да наставља да се развија. Земље са нижим и средњим приходима, као и подручја која су високоризична, те код којих је највећи део губитака од катастрофа, могле би имати велике користи од коришћења ових технологија. Међутим, како ово истраживање показује употреба ГИС-а захтева функционалне и техничке капацитете на индивидуалном и организационом нивоу као и да погодује окружењу за његову имплементацију. Теоријски налази ове студије показују да многи актери покушавају да подрже јачање капацитета ГИС технологија и њихове примене у савременом друштву, а нарочито кроз техничку обуку, обезбеђивање развоја система и апликација. Ово је битно са аспекта побољшање ГИС капацитета и могућности, те резултати показују да ће одрживост ГИС-а расти и у будућем периоду, кроз развој технолошких решења, информационих технологија, виртуелних система и система вештачке интелигенције. Стога, на овај начин рад је потврдио и последњу претпоставку: *Будућа примена географских информационих система биће заснована на развоју информационих технологија и њиховој примени у управљању релевантним информацијама у савременом друштву.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Andreu, R., Ricart, J. E., & Valor, J. (1991). The strategic dimension of transactional information systems: some organizational implications. *Information Systems Journal*, 1(4), 223-232.
2. Aronoff S. (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa: WDL pub.
3. Belov, S. V., Il'nitskaya, A. V., & Koziakov, A. F. (2007). *Life Safety*. Moscow: Vysshaya Shkola.
4. Бешкер М. (2006). *Извори угрожавања и процјена стања сигурности-ризика-угрожености*. Zagreb: Оскар.
5. Burrough, P. A., McDonnell, R. A., & Lloyd, C. D. (1986). *Principles of geographical information systems*. Oxford: Oxford university press.
6. Cooperative, G. I., & Collins, F. (1988). The unique qualities of a geographic information system: a commentary. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11), 1547-1549.
7. Cowen, D. J. (1990). GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?. In: *Introductory readings in geographic information systems* (70-80). Florida: CRC Press.
8. De Jesus E. (2007). Building PCs for the Enterprise, *Computerworld*, Maj.
9. De Mers, M. N. (2008). *Fundamentals of geographic information systems*. New York: John Wiley & Sons.
10. Dempsey, C. (May 14, 2012). *History of GIS*, GIS Longue, доступно на <https://www.gislounge.com/history-of-gis/>, приступљено 06. 11. 2022. г.
11. Department of the Environment. (1987). *Handling geographic information: report of the Committee of Enquiry chaired by Lord Chorley*. London: HMSO.
12. Ђукић Ђ., Бјелица В., Ристић Ж. (2003). *Банкарство*. Београд: Економски факултет.
13. Ђурђевић, Б., (2000): Методологија научног рада, Скрипта за студенте географије и туризма, Природно-математички факултет, Нови Сад.
14. Fisher P.F. (1998), Geographic Information Systems and Geographic Information Science: A Case of the Wrong Metaphor, In *Proceedings of the 8th International Symposium on Spatial Data Handling*. (321-330). Vancouver: Simon Fraser University.

15. Fritz, E. (1961). Disasters. In R.A. Nisbet (Ed.). *An introduction to the sociology of deviant behavior and social disorganization*, 651-694. New York: Harcourt, Brace & World.
16. Gacu, J. G., Monjardin, C. E. F., Senoro, D. B., & Tan, F. J. (2022). Flood Risk Assessment Using GIS-Based Analytical Hierarchy Process in the Municipality of Odiongan, Romblon, Philippines. *Applied Sciences*, 12(19), 1-31.
17. Gai, C., Weng, W., & Yuan, H. (2011). GIS-based forest fire risk assessment and mapping. In *2011 Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization* (1240-1244). Yunnan: IEEE.
18. Golnaraghi M. (2007). *Response to new requirements beyond WWW updates from DRR*, Geneve: World Meteorological Organization.
19. Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International journal of geographical information systems*, 6(1), 31-45.
20. Holton G. A. (2004). Defining Risk. *Financial Analyst Journal*, 60(6), 19-25.
21. Hubbard D. W. (2009). *The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It*. New York: John Wiley & Sons.
22. Insights, G. M. (2018). *Self-Checkout Kiosk Market Size, Industry Analysis Report, Regional Outlook, Application Development, Price Trend, Competitive Market Share & Forecast*. Cleveland: Global Marketing Insights.
23. ISDR, UN. (2009) *UNISDR terminology on disaster risk reduction*. Geneva
24. Ивковић Б., Поповић Ж. (2005). *Управање пројектима у грађевинарству*, Београд: ЦФП Апостроф.
25. Јаблановић В. (1997). *Примена портфолио модела ризик-принос у управљању предузећем: Управљање кључним аспектима трансформације предузећа*, рад у монографији, 245-250. Крагујевац: Економски факултет
26. Јовановић В., Ђурђевић Б., Срдић З., Станков У. (2012). *Географски информациони системи*. Београд: Универзитет Сингидунум.
27. Kanga S., Sharma L., Pandey P. C., Nathawat M S. (2014). GIS modeling approach for forest fire risk assessment and management. *International Journal of Advancement in Remote Sensing, GIS and Geography*, 2(1), 30-44.
28. Karmazinov F. V., Rusak O. N., Grebennikov S. F., Osevkov V. N. (2001). *Security life activity: Dictionary-reference book*, St. Petersburg: Publishing house „Lan“.
29. Кешетовић Ж., Милашиновић С. (2008). Кризни менаџмент и слични концепти – покушај разграничења. *Безбедност*, 2/2008, 37-58.
30. Кочовић Ј., Шулејић П. (2006). *Осигурање*. Београд: Економски факултет.

31. Landsman S. (2003). Introduction: After Disaster: The September 11th Compensation Fund and the Future of Civil Justice - Ninth Annual Clifford Symposium on Tort Law and Social Policy. *DePaul Law Review*, 53(2), 205-207.
32. Lapiedra, R., & Devece Carañana, C. A. (2012). *Introduction to management information systems*. Castello da la plana: Universitat Jaume I.
33. Латковић М. (2002). Управљање ризицима: идентификација, мјерење и контрола. *Финансијска теорија и пракса*, 26(2), 463-477.
34. Маровић Б., Владисављевић Ж. (2000). *Приручник за праксу у осигурању и реосигурању*. Нови Сад: ДДОР.
35. McFarlane, A. C., & Norris, F. H. (2006). Definitions and concepts in disaster research. *Methods for disaster mental health research*, 2006, 3-19.
36. Миловић Б. (2012). Комплексност имплементације концепта ЦРМ. *Инфотех-Јахорина*, 11, 528-532.
37. Милојевић Ј., Алексић А., Стојановић С. (2015). Мониторинг глобалних катастрофа – интегрисани планетарни систем. У *FQ – Фестивал квалитета*, L6, 1 – 10.
38. Noamen B., Taoufik H., Arfa S.B. (2020). Flood risk assessment and mapping using multi-criteria analysis (AHP) model and GIS: Case of the Jendouba Governorate—Northwestern Tunisia. *Int. J. Water Sci. Environ. Technol.*, 2, 139–149.
39. Norris, F. H. (2006). *Methods for disaster mental health research*. New York: Guilford Press.
40. Ogorec M. (2010), *Izazovi kriznog upravljanja*. Velika Gorica: Veleučilište u Velikoj Gorici.
41. Ondusi M. (2015). *History of development of GIS*. Nairobi: University Of Nairobi.
42. Osei, B. K., Ahenkorah, I., Ewusi, A., & Fiadonu, E. B. (2021). Assessment of flood prone zones in the Tarkwa mining area of Ghana using a GIS-based approach. *Environmental Challenges*, 3(100028), 1-12.
43. Ozemoy V. M., Smith D. R., Sicherman A. (1981). Evaluating computerized GIS using decision analysis, *Interfaces*, 11(5), 92-100.
44. Ozhegova S. I., Shvedova N.Y. (2001). *Explanatory dictionary of the Russian language*, Great Encyclopedia of Cyril and Methodius.
45. Pareschi I., Cavarra L., Favalli M., Giannini F., Meriggi A. (2000). GIS and Volcanic Risk Management. *Natural Hazards*, 21(2), 361–379.
46. Parker H. D. (1988). The Unique Qualities of a Geographic Information System: a Commentary, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 1574-1549.

47. Павковић П. (2013). *Систематизација мултидисциплинарног модела геопростора у војне сврхе*. Докторска дисертација. Београд: Универзитет одбране, Војна академија.
48. Perhot D. (2011). *Управљање ризицима методом аналитичко хијерархијског процеса*. Загреб: ФСБ
49. Pistun I.P. (2000). *Life safety: Training manual*. Amounts: University book publishing house.
50. Плојовић Ш. (2009), *Менаџмент информациони системи*. Нови Пазар: Интернационални Универзитет.
51. Quarantelli, E. L. (1988). *What is a Disaster?* London: Routledge.
52. Rowden K. W., Aly M. H. (2018). GIS-based regression modeling of the extreme weather patterns in Arkansas, USA. *Geoenvironmental Disasters*, 5(6), 1-15.
53. Sang D., Ayoma W. D. (2018). *The past, present and future of GIS*. Eldoret: University of Eldoret.
54. Santacroce R., Cioni R., Civetta L., Marianelli P., Metrich N., Sabrana A. (1994). How Vesuvius works. *Atti del Convegno dei Lincei, Large Explosive Eruptions*, 112, 185–196.
55. Schleicher, S., Kettner, C., Köppl, A., Anzinger, B., Cemper, B., Türk, A., & Karner, A. (2011). *Analysis of Options to Move Beyond 20 Percent Greenhouse Gas Emission Reductions. Policy Brief addressing the EC Communication on More Ambitious Greenhouse Gas Reductions*. Vien: WIFO Studies.
56. Секулић В. (1997). *Примена портфолио модела ризик-принос у управљању предузећем: Управљање кључним аспектима трансформације предузећа*, рад у монографији. Крагујевац: Економски факултет Крагујевац, 245-250.
57. Симић И. (2013). *Менаџмент*. Ниш: Економски факултет.
58. Smith, T. R., Menon, S., Star, J. L., & Estes, J. E. (1987). Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 1(1), 13-31.
59. Stefanović P., Drummond J., Muller J. D. (1989). ITC's Response to the Need for Training in CAL and GIS. In: *INCA International Seminar Proceedings*, India: Dehra Dun
60. Станкић Р., Станкић М. (2008). *Информатика у туризму*. Београд: Виша туристичка школа струковних студија.
61. Stair R., ReynoldsG., Chesney T. (2008). *Fundamentals of Business Information Systems*. Boston: Thomson learning.

62. Taylor, D. R. F. (1991). *Geographic Information Systems: The Microcomputer and Modern Cartography*. Oxford: Pergamon.
63. Toth, I. (2001). *Управљање заштитом и спасавањем у катастрофама, Мјере и средства за заштиту од тероризма – зборник радова*. Загреб: ИПРОЗ.
64. Удовичић А., Кадлец Ж. (2013), *Анализа ризика управљања предузећем, Практични менаџмент*, стручни часопис за теорију и праксу менаџмента 4(1), 50-60.
65. UNDP (United Nations Development Programme). 1992. Human Development Report 1992: Global Dimensions of Human Development. New York.
66. USAID (United States Agency for International Development). (2011). *Introduction to disaster risk reduction*. Potchefstroom: African Centre for Disaster Studies NWU Potchefstroom Campus.
67. Von Kotze A. (1999). *Risk, Sustainable Development and Disasters: Southern African perspectives*. Cape Town: Periperi Publications.
68. Wahle, T., & Beatty, G. (1993). Emergency management guide for business and industry. *Prepared for US Federal Emergency Management Agency (FEMA)*. Преузето 14. новембра 2022., са <https://www.fema.gov/pdf/library/bizindst.pdf> <http://www.fema.gov/fema/bizindex.html>.
69. Warntz W., Waters N. (1975). Network Representations of Critical Elements of Pressure Surfaces. *Geographical Review*, 65(4), 476-492.
70. Waters N.(1998), *Geographic Information Systems. Encyclopedia of Library and Information Science*, 63, 98–125.
71. Waters N. (2017), GIS: history. In: *The International Encyclopedia of Geography*. (1-14). New York: John Wiley & Sons.
72. Watson R. T. (2007). *Information systems*. Georgia: University of Georgia
73. WHO (2002), *Disasters & Emergencies*, Definitions, Geneva.
74. Yaroshevskaya V.M., Yaroshevskaya M.M., Moskalov I.V. (1997). *Life safety: Head helper*. New London: NMC.
75. Zaplatinsky V. M. (2012). Logical-determinant approaches to understanding the concept of “Security”. *Bulletin of Kamianets-Podilskyi National Ivan Ohienko University. Physical Education, Sport and Human Health*, 5, 90-98.
76. Zaplatinsky V. M. (2013). The new concept of the most general term danger. In: *International scientific conference, Security, extremism terrorism*. 267-291. Bratislava: Akadémia Policajného zboru.