

Primljen / Received: 21.11.2015.

Ispravljen / Corrected: 31.8.2017.

Prihvaćen / Accepted: 3.4.2018.

Dostupno online / Available online: 30.12.2018.

Primjena iOS/Android sustava u ocjenjivanju i praćenju građevinskog fonda izloženog utjecaju potresa

Autori:



Izv.prof.dr.sc. **Mehmet Fatih Işık**, dipl.ing.el.
Sveučilište Hitit, Turska
Tehnički fakultet
mehmetfatih@hitit.edu.tr



Izv.prof.dr.sc. **Ercan Işık**, dipl.ing.građ.
Sveučilište Bitlis Eren, Turska
Fakultet građevinarstva i arhitekture
eisik@beu.edu.tr



Mehmet Akif Bülbül, dipl.ing.građ.
Sveučilište Hitit, Turska
Strukovna škola tehničkih znanosti
makifbulbul@hitit.edu.tr

Stručni rad

Mehmet Fatih Işık, Ercan Işık, Mehmet Akif Bülbül

Primjena iOS/Android sustava u ocjenjivanju i praćenju građevinskog fonda izloženog utjecaju potresa

U radu se analizira mogućnost stvaranja "osobne iskaznice" za svaku novu i postojeću zgradu u urbanim područjima prenošenjem potrebnih podataka u elektronički format. Gradske vlasti, javne institucije, organizacije i vlasnici zgrada tako mogu dobiti parametarske podatke o zgradi koristeći pametne telefone ili tablete. Zahvaljujući QR aplikaciji, pristup građevinskom fondu koji je izložen seizmičkom utjecaju postao je izuzetno brz i lako dostupan putem pametnih telefona i tableta. S predloženim iOS/Android sustavom umnogome je smanjena potreba za administrativnim formalnostima za pristup informacijama i dokumentima neke građevine osjetljive na utjecaj potresa.

Ključne riječi:

seizmičnost, procjena gubitaka, IOS/Android, Quick Response (QR) kôd

Professional paper

Mehmet Fatih Işık, Ercan Işık, Mehmet Akif Bülbül

Application of iOS/Android based assessment and monitoring system for building inventory under seismic impact

The possibility of creating an "ID card" for each new and existing building in urban areas, based on transfer of necessary data into electronic format, is analysed in the paper. Local governments, public institutions, organizations, and building owners are thus able to obtain parametric information about the building using smart phones or tablets. Thanks to QR application, the access to building Inventory under seismic impact has become extremely fast and easily accessible via smart phones and tablets. The proposed IOS/Android system greatly reduces the need to go through administrative formalities to obtain information and documents relating to an earthquake-prone building.

Key words:

seismicity, loss estimation, IOS/Android, Quick Response (QR) code

Fachbericht

Mehmet Fatih Işık, Ercan Işık, Mehmet Akif Bülbül

Anwendung des iOS/Android Systems bei der Einschätzung und Überwachung des Baufonds, welcher der Auswirkung von Erdbeben ausgesetzt ist

Die Abhandlung analysiert die Möglichkeit, einen "Personalausweis" für jedes neue und bestehende Gebäude in städtischen Gebieten zu erstellen, indem man die erforderlichen Daten in elektronische Form überträgt. Die Stadtverwaltungen, öffentliche Institutionen, Organisationen und Gebäudeeigentümer können somit Parameterdaten über das Gebäude durch Nutzung von Smartphones oder Tablets erhalten. Dank der QR-Anwendung ist der Zugang zu dem seismischen Einflüssen ausgesetzten Baufonds durch Smartphones und Tablets. Das vorgeschlagene iOS/Android System hat die Notwendigkeit administrativer Formalitäten für den Zugang zu Informationen und Unterlagen eines Gebäudes, das für Erdbeben anfällig ist, erheblich verringert.

Schlüsselwörter:

Seismizität, Verlustschätzung, IOS/Android, Quick Response (OR) Code

1. Uvod

Nedavni razorni potresi i posljedični veliki gubitak ljudskih života i imovine doveli su do objavljivanja znatnog broja studija, istraživačkih radova i izvješća o mjerenjima. Negativna svojstva građevina smještenih u potresnim zonama povećavaju razinu rizika [1].

Potrebno je arhivirati (spremiti) podatke o zgradama koje su osjetljive na utjecaj potresa. Arhiviranje svojstava povezanih s takvim građevinama i pristup takvim informacijama važni su lokalnim vlastima, relevantnim javnim institucijama, organizacijama i vlasnicima zgrada. Iako su dostupni brojni podaci i dokumenti o tim zgradama, većinu je vrlo teško pribaviti jer se čuvaju u raznim ustanovama. Stoga relevantne javne ustanove i vlasnici zgrada smatraju prikladnim rješenjem da se te informacije čuvaju u zajedničkoj bazi podataka, pri čemu su brzo i lako dostupne. S obzirom na sadašnji razvoj informacijskih tehnologija, alati za pristup podacima kao što su QR kodovi sve se više i vrlo brzo uvode u mnogim sektorima. Ako se zgradama dodjeljuju QR kôdovi, mnogi relevantni podaci i parametri mogu se brzo i jednostavno preuzeti. Seizmički rizik za građevinski fond sve više zanima znanstvenu zajednicu i donositelje odluka, zbog sve veće urbanizacije i koncentracije stanovništva u seizmički aktivnim područjima, a time i područjima s velikom oštećenošću [2].

Važno je odrediti i analizirati povećanje stambenog fonda u gradovima, te utvrditi i upravljati svim informacijama vezanim uz zgrade / građevine u smislu prostornog planiranja i urbane regeneracije. Kako bismo se pravilno pripremili za mogući potres, važno je unaprijed procijeniti na koju će vrstu građevina i područja najviše utjecati potresno djelovanje i koje su moguće posljedice takvog utjecaja. Procjena gubitaka uslijed potresa česta je metoda za procjenu potresnog rizika i procjenu gubitaka ili šteta kao posljedica potresa. Ova analiza omogućuje utvrđivanje informacija vezanih uz potencijalne gubitke i štetu. Dostupnost tih informacija na elektroničkim medijima uvelike olakšava proces donošenja odluka.

Glede potencijalnih potresa važno je znati seizmičke performanse građevina u smislu umanjenja gubitka ljudskih života i imovine. Međutim, sâm broj građevina koje treba analizirati čini proces procjene neučinkovitim. Stoga se rješenje vidi u primjeni brze i točne metode za procjenu postojećeg građevinskog fonda [3].

U mnogim sektorima današnjeg tehnološki naprednog svijeta široko se primjenjuje postupak podatkovne matrice. U ovom istraživanju odabran je postupak podatkovne matrice za procjenu postojećeg građevinskog fonda u Turskoj. Parametarske informacije o građevini prenose se u elektroničku bazu podataka izradom podatkovne matrice postojeće zgrade. Za metode brzog pregleda o određivanju prioriteta potresnih rizika i za procjenu gubitaka uslijed potresa s ciljem utvrđivanja gubitaka života i imovine u budućem događaju potrebni su različiti parametri koji služe kao ulazni podaci (input). Parametarski podaci koji vrijede za svaku postojeću građevinu i nove zgrade prenose se na elektroničke medije i dostupni su odgovarajućim korisnicima.

Dinamički mrežni prostor (web) uobičen je u Php jeziku s QR kôdom za vođenje. Korištena je MYSQL baza podataka, koja omogućuje brzo i prikladno rukovanje podacima. Na poslužitelju se nalaze tablice koje pripadaju bazi podataka, te je oblikovana središnja baza podataka. Tablična područja su određena uzimajući u obzir broj, tekst, opciju ili ručni unos formata polja. Jedan od najznačajnijih problema u razvoju računalnih programa jest spriječiti korisnike da čine pogreške prilikom unosa podataka. Polja u kojima administrator može napraviti pogreške pri unosu podataka proširena su razvijenicim računalnim programom, pa je jedino moguće odabrati opciju. Administratorima se onemogućuje pogreška time što se podaci o lokaciji zgrade primaju s pametnih telefona, te im se potom dopušta izvedba neke radnje. Računalni program postavlja čvrstu podstrukturu koja sprječava neadekvatan unos ključnih podataka.

Oštećivanost se definira kao "stanje koje kombinira fizičke, ekonomske i okolišne čimbenike, što povećava osjetljivost sustava na opasnost". Potresna oštećivanost definirana je kao čimbenik rizika koji se može pojaviti u samom riziku ili grupi rizika ako se pojavi predviđena opasnost potresa. Procjena potresne osjetljivosti područja temeljni je koncept u istraživanju opasnosti i kritični je korak u planiranju, prevenciji i ublažavanju potresa. Procjena potresnog rizika područja je složen problem koji uključuje mnoge čimbenike kao što su gustoća naseljenosti, gospodarski razvoj, prosječna starost zgrada, prosječna visina zgrada, jačina potresa, kvaliteta građevnih materijala i sustavi osiguranja (spašavanja) [4-10].

U ovom istraživanju prednost se daje pametnim telefonima ili QR-u, što je popularna tehnologija kodiranja i jedan od najbržih načina dobivanja informacija pomoću učinkovite primjene suvremenih tehnologija za građevine u područjima sklonim potresima. Potresi uglavnom nanose štetu ljudima zbog njihovih negativnih učinaka, osobito na stambene zgrade. Od mogućih štetnih utjecaja, najveći je oštećenje građevina koje su izgrađene kao stambene zgrade. Ovim istraživanjem uspostavljena je iznimno brza i pouzdana računalna infrastruktura kako bi se napravila preliminarna procjena zgrada s potresnim rizikom i ti se podaci dostavili stanovnicima ili osobama koje namjeravaju kupiti kuću ili znanstvenicima u svrhu znanstvenog istraživanja ili, što je najvažnije, javnim vlastima.

U ovom istraživanju, svojstva tla, seizmička prošlost područja i podaci o građenju i demografiji preneseni su u bazu podataka i uzeti su u obzir pri izračunu potresne oštećivanosti. QR kôd je generiran na primjeru jedne tipične zgrade. Svi su podaci označeni kao ulazni parametri (input), što je omogućilo izračun učinaka potresa na zgradu. Ti se konkretni podaci zasebno unose pomoću administratorskog sučelja za svaku zgradu. Time je za svaku zgradu napravljena "osobna iskaznica". Svako ažuriranje sustava može se provesti paralelno s promjenama podataka o zgradi pomoću QR kôda. Tim sustavom će se na kraju uspostaviti baza podataka za praćenje zgrada i omogućavanje lakog pristupa informacijama o građevinskom fondu. Tako je omogućena uspostava odgovarajućeg sustava. Sustav je lako dostupan inteligentnim praćenjem, a podaci se stalno ažuriraju. Ovo

istraživanje omogućilo je prikupljanje podataka građevinskog fonda koji neće biti izgubljeni tijekom vremena. Velika prednost ovog istraživanja je što omogućuje ugrubo praćenje građevina. Omogućen je jednostavan pristup informacijama građevinskog fonda. U literaturi autori nisu pronašli nikakvo istraživanje o primjeni QR kôdova za zgrade.

Ovo istraživanje pruža informacije o procjeni potresnog rizika, potresnoj oštećivanosti, građevinskom fondu, radnom području, povijesti seizmičke aktivnosti, kao i izlistanje ulaznih podataka. Za odabrane zgrade uneseni su odgovarajući podaci. Podaci daju informacije o algoritmima računalnih sustava koji se generiraju kako bi se omogućio unos podataka o građevinama. Također se razmatra pitanje kako administrator i korisnici trebaju primjenjivati QR kôd. Iznimno je značajno dodatno koristiti i računalne i mrežne tehnologije u aktivnostima pohrane i u aktivnostima praćenja sustava. Jasno je i da to mogu pratiti znanstvene studije ili komercijalne aktivnosti za razvoj takvog računalnog sustava temeljenog na mreži (internetu). S tehnologijama koje se razvijaju prilično brzo očekuje se kako će pristup informacijama biti u skladu s tim. U istraživanju se razmatraju načini za pristup podacima, s naglaskom na pametnim telefonima, koji se smatraju značajnim proizvodom današnjih tehnoloških dostignuća. Uporaba pametnih telefona omogućava brz i pouzdan pristup informacijama. Sustav QR kôda dodan je istraživanju kako bi se omogućio brži i pouzdaniji pristup podacima. Na taj su način brzo i pouzdano prikupljene informacije o građevinama i prije (*ex ante*) i poslije (*ex post*) potresa, a korisnicima je omogućeno prikazivanje takvih informacija.

2. Procjena rizika

Procjena potresnog rizika smatra se mladom i razvijajućom novom disciplinom koja je uvedena kao logičan nastavak istraživanja potresne opasnosti koju su proveli Luis Esteva [11, 12] i Allin Cornell [13].

Kao što je navedeno u osnovnoj definiciji ove discipline koju je izradio EERI odbor za potresni rizik 1984. godine: "Potresni rizik predstavlja vjerojatnost da će ekonomske ili društvene posljedice potresa premašiti određenu vrijednost na određenom području tijekom određenog razdoblja ako je to područje izloženo potresnoj opasnosti" [14].

Stavovi u literaturi se znatno razlikuju u tome kad je i gdje je procjena potresnog rizika zapravo započela. Luis Esteva [11, 12] i Allin Cornell [13] prvi su pokrenuli pitanje procjene potresnog rizika 1968. godine. S druge strane, Whitman i sur. upućuju na neke prijašnje studije procjene gubitaka uslijed potresa, poput NOAA1 studije za San Francisco [15], nakon čega slijedi više od trideset drugih istraživanja o gubitku uslijed potresa za razna područja SAD-a [16]. Međutim, tim je studijama davno prethodila knjiga Johna Freemana "Štete uslijed potresa i osiguranje od rizika potresa" [17], koja je navela ono što se danas smatra procjenom gubitka uslijed potresa [18]. Nakon toga, procjena gubitaka uslijed potresa uglavnom se promatrala

u okviru sektora osiguranja, sve do objavljivanja Cornellovog rada 1968. [14].

3. Metode ocjenjivanja oštećivanosti na potres

Oštećivanost se može jednostavno definirati kao osjetljivost zbog izloženosti seizmičkoj opasnosti/opasnostima. Oštećivanost nekog elementa obično se izražava kao postotni gubitak (ili kao vrijednost između nula i jedan) za određenu razinu opasnosti [19]. U slučaju velikog broja elemenata, poput građevinskog fonda, oštećivanost se može definirati kao potencijalna šteta koja se odnosi na razred sličnih građevina izloženih potresnoj opasnosti.

Calvi i sur. [8] podijelili su metode procjene oštećivanosti u dvije glavne kategorije - empirijsku ili analitičku - obje se mogu koristiti u hibridnim metodama. Empirijske (ili opažanja ili kvalitativne) metode procjene temelje se na opažanjima šteta nastalih tijekom prošlih seizmičkih događaja. Glavne vrste empirijskih metoda su: matrice vjerojatnosti oštećenja (eng. *Damage Probability Matrices* - DPM), metoda indeksa oštećivanosti, kontinuirane krivulje oštećivanosti i metode vizualnog pregleda (*screening*).

Analitičke (ili kvantitativne) metode temelje se na odnosu između intenziteta potresa i očekivanih oštećenja, koje se dobivaju na osnovi modela sa stvarnim fizikalnim značajkama. Vrste analitičkih metoda su: analitički izvedene krivulje oštećivanosti i DPM, metode na osnovi mehanizma rušenja, metode temeljene na spektru otpornosti i metode potpuno utemeljene na pomaku. Možda je ključ brze procjene tih zgrada u hibridnom pristupu, pri čemu se kombiniraju eksperimentalne i analitičke metode kako bi se dobili kvantitativni i pouzdaniji rezultati za grupu zgrada [20].

Morić i sur. [21] predložili su relativno jednostavnu i brzu analizu potencijalne potresne oštećivanosti. Istraživanje započinje s detaljnom analizom koncepta na kojem se temelji seizmička analiza oštećivanosti konstrukcija, posebno pojam indeksa oštećenja (eng. *Damage Index* - DI), kao numerička vrijednost koja upućuje na razinu konstrukcijskih oštećenja. Smatraju da je analiza odgovora konstrukcije na potres pravilnih konstrukcija prihvatljiva ako se provodi kao pojednostavljena nelinearna dinamička analiza s vremenskim zapisom ubrzanja tla kao ulaznog opterećenja i SDOF model s poznatom težinom, elastičnom krutošću, prigušenjem, elastičnim posmičnim kapacitetom u razini temelja, i postelastičnom krutošću koji predstavlja konstrukciju. Prikazana je DI formula, gdje je DI definiran kao linearna kombinacija plastične deformacije, degradacije krutosti i rasipanje energije konstrukcije tijekom potresa. Rezultati ove metodologije prikazani su u mnogim drugim radovima [20, 22, 23].

4. Građevinski fond

Predviđanje i procjena osjetljivosti gradskog teritorija i građevina na potresno djelovanje vrlo je korisno nadležnim tijelima i upravi [24-28].

Baza podataka je sastavljena kao građevinski fond kategoriziran po tipologiji. To zahtijeva previše vremena i visokih troškova, ali je ipak kritično za mjerenje oštećenja nakon potresa [10, 29].

U projektu Global Earthquake Model (GEM), taksonomija zgrada je kreativna i međunarodno prihvaćena inicijativa, jer pruža učinkovitu komunikacijsku platformu među različitim međunarodnim stranama, koja uključuje stalnu identifikaciju i klasifikaciju za procjenu seizmičke opasnosti diljem svijeta [29, 30].

Oblici prikupljanja podataka, s primarnim značajkama građevina identificiranim GEM tipologijom, osmišljeni su i korišteni za bazu podataka kao sredstvo procjene posljedica katastrofa. To uključuje i ocjenjivanje 13 atributa koji mogu utjecati na seizmičko ponašanje: smjer, materijal posmično opiruće konstrukcije, tip konstrukcije, visina, datum izgradnje ili obnove, zaposjednutost, položaj zgrada unutar bloka, oblik zgrade, konstrukcijske nepravilnosti, vanjski zidovi, krov, pod i sustav temelja [10, 31-34].

4.1. Tipologije postojećih zgrada

Izrada baze podataka za rizične zgrade bila bi vrlo korisna u ocjeni potresnih oštećenja. U biti, funkcije vjerojatnosti oštećenja se moraju uzeti u obzir za klasifikaciju zgrade, zahtjeve podataka i osnovne podatkovne baze. Sustav klasifikacije koji je odabran za karakterizaciju zgrada prema stupnju oštećenja ili gubitka omogućio bi integriranu analizu potresnog rizika. Postoji niz parametara koji su učinkoviti u određivanju rizika od potresnih oštećenja za bilo koju građevinu [33-37].

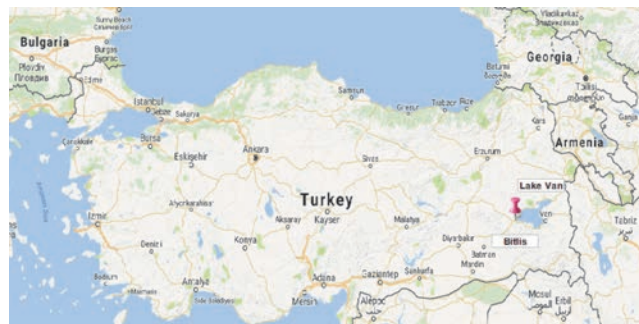
Tablica 1. Tipovi konstrukcijskih sustava korištenih u ovom istraživanju [38]

| Tip konstrukcijskih sustava | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Zidanje | |
| M1 | Lomljeni kamen |
| M2 | Sušena (nepečena) cigla |
| M3 | Drobljenac |
| M4 | Klesani kamen |
| M5 | Opeka |
| M6 | Opeka (AB pod) |
| Armirano žiđe | |
| M7 | Armirano žiđe |
| Armirani beton | |
| RC1 | AB okvirni sustav |
| RC2 | Sustav AB zidova |
| RC3 | Sustav AB okvir + AB zidovi |
| S | Čelik |
| W | Drvo |

U ovom se istraživanju unose podaci za potrebne parametre u svrhu izrade statistika i analize procjena gubitaka, kao i za one identificirane u GEM-u. Podaci o ozlijeđenima ili poginulima mogu se uvesti da se utvrdi gubitak ljudskih života. Osim toga, osoba koja vrednuje zgradu može dodati svoje komentare otvaranjem posebnog odjeljka pod nazivom "Ostale informacije" u donjem retku tablice za unos podataka. Svi ovi parametri navedeni su u tablici 2. U ovom istraživanju korišten je tip konstrukcijskog sustava naveden u European Building Typology (tablica 1.). Štoviše, u ovom istraživanju mogu se unijeti i podaci za građevinske štete koji se razlikuju od GEM-a. Razine navedene u Europskoj makroseizmičkoj ljestvici (European Macroseismic Scale - EMS-98) korištene su za unos razina građevinskih oštećenja. Ovaj postupak se nalazi među najraširenijim (makroseizmičkim) metodama opažajnih procjena oštećenja. EMS-98 ljestvica je matrica oštećenja koja uključuje vjerojatnost postizanja određenih razina oštećenja za one zgrade koje pripadaju određenoj klasi oštećivanosti kod različitih potresnih razina [38-42].

4.2. Područje istraživanja

Povijest pokrajine Bitlisa datira iz novog kamenog doba koje se obično opisuje kao neolitska era. Ova regija je svjedočila mnogim civilizacijama kao što su Hittiti, Asirci, Urartiani, Perzijanci, Makedonci (Aleksandar), Rimljani i Bizantini, Seldžuci, Ayyjididi, Khazem Shahovi, Mongoli, anatolski Seldžuci, Ilhanidi i Osmanlije. Stoga Bitlis ima bogatu povijesnu i kulturnu baštinu [43]. U ovom istraživanju odabrana je provincija Tatvan / Bitlis kao studija slučaja. Smatra se da je to jedna od važnih pokrajina u tom strateškom koridoru Turske (slika 1.). Tatvan je grad i okrug u turskoj provinciji Bitlis u regiji istočna Anatolija. Centar grada Tatvan smješten je na zapadnoj obali jezera Van. Tatvan, sa 100.000 stanovnika, najveća je općina Bitlisa i odabrana je za analizu u ovom istraživanju [44].



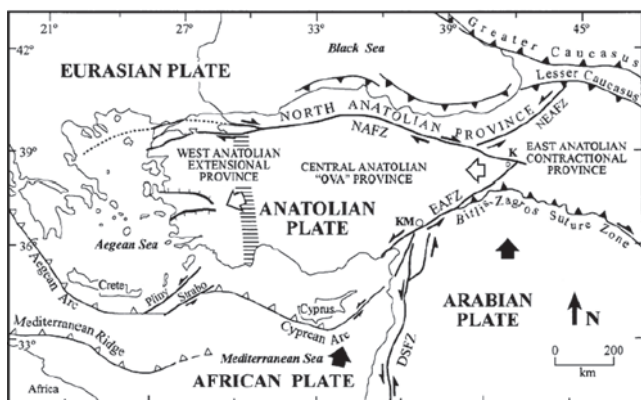
Slika 1. Položaj područja istraživanja [45]

4.2.1. Seizmičnost pokrajine Bitlisa

Istočna Anatolija je turska regija okarakterizirana koncentriranom seizmičkom aktivnošću. Opće tektonsko stanje istočne Anatolije uglavnom postoji zbog sudaranja arapske ploče, koja se kreće približno sjeverno, s anatolijskom pločom duž zone deformacije

poznate kao Bitlis zona smicanja. Kolizija slijedi istiskivanje anatolijske ploče prema zapadu uzduž dva duboka transformna rasjeda s različitim klizanjem, desnog sjevernoanatolijskog rasjeda i lijevog sjevernoanatolijskog rasjeda, koji se međusobno povezuju na Karliova trostrukom čvoru (KTJ) u Istočnoj Anatoliji (slika 2.) [46-51].

Pokrajina Bitlis nalazi se u bazenu jezera Van u istočnoj Anatoliji. Bazen jezera Van nalazi se u istočnoj Turskoj, regiji koja je s vremenom pretrpjela vrlo tešku tektonsku štetu. To je seizmički aktivna regija, kako pokazuju povijesni zapisi [52-56].

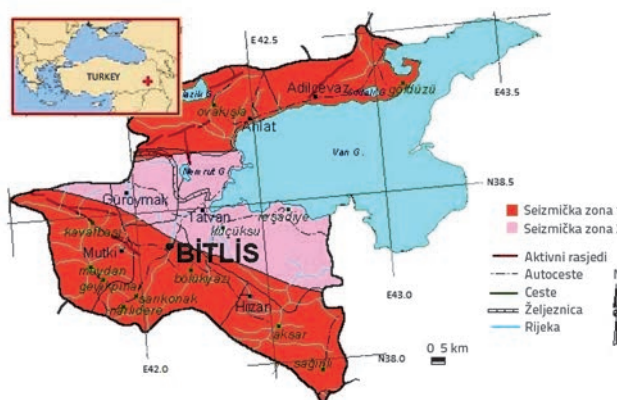


Slika 2. Tektonska karta Turske s glavnim strukturnim svojstvima [57]

Spojeni udarno klizni rasjedi, lijevi i desni, paralelni sa sjevernoanatolijskim i istočnoanatolijskim rasjednim zonama, dominantni su strukturni elementi područja. Neke od tih struktura uključuju: Agri rasjed, Bulanik rasjed, Çaldıran rasjed, Erceis rasjed, Horasan rasjed, Iğdır rasjed, Malazgirt rasjed, Süphan rasjed, zona Balıklıgölü rasjeda, Baskale rasjed, zona Çobandede, zona Dumlu rasjeda, zona Hasan

Timur rasjeda, Kavakbasi rasjed, zona Kagızman rasjeda, zona Doğubayazıt rasjeda, Karayazı rasjed, zona Tutak rasjeda, zona Yüksekova-Semdinli rasjeda i zona rasjeda u sjeveroistočnoj Anatoliji (slika 3.) [57, 58]. Rasjedi su seizmički aktivni i izvor mnogih potresa.

Bitlis se nalazi u bazenu jezera Van, gdje je rizik od seizmičkih (potresnih) aktivnosti visok [60]. Karta potresnih opasnosti u regiji prikazana je na slici 4. Na karti se može vidjeti da zgrada smještena unutar granica okruga Tatvan u pokrajini Bitlis pripada potresnoj zoni drugog stupnja. To je pokazatelj da je faktor potresnog rizika zgrade visok.



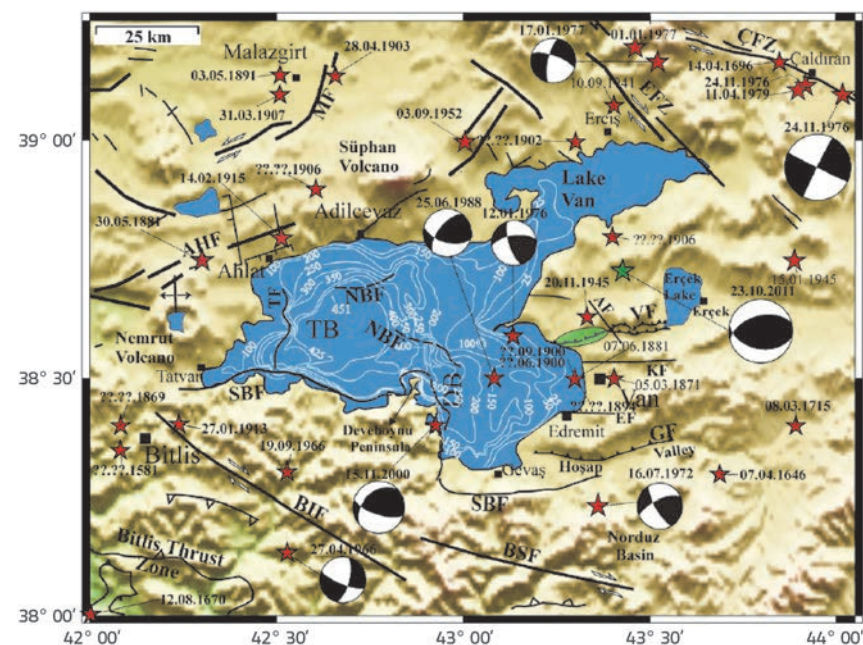
Slika 4. Karta seizmičkog rizika područja [61]

4.2.2. Svojstva ispitivane zgrade

U ovom istraživanju nekoliko je parametara zgrada preneseno u bazu podataka, što se smatra primjerenim. Navode se potrebna objašnjenja koristeći zgradu koja je odabrana kao

primjer. Podaci koji pripadaju drugim građevinama nalaze se na <http://www.smarthomescada.com> [62]. Zgrada uzeta kao primjer je armiranobetonska, smještena u pokrajini Bitlis, okrug Karataş, 366 četvornih metara, parcela br. 37, u aktivnom potresnom pojasu drugog stupnja. Fotografija zgrade prikazana je na slici 5.a. Geometrijski položaj zgrade prikazan je na slici 5.b. Ta geometrijska lokacija dobivena je korištenjem usluge podnošenja zahtjeva na web stranici Glavne uprave zemljišnih knjiga u Turskoj.

Prema tablici 2., administrator sustava koji će unijeti podatke u sustav može učitati podatke o zgradi zahvaljujući aplikaciji matrice podataka, ispunjavanjem potrebnih polja. Operacije podatkovne matrice detaljno su opisane u 5.2.



Slika 3. Značajne tektonske strukture bazena jezera Van [59]



Slika 5. a) Fotografija zgrade od armiranog betona; b) Položaj ispitivanja zgrade [63]

5. Metodologija

Od lokalnih se vlasti sve više traži da idu na izvor gospodarskog rasta i poboljšaju svoje javne usluge u gradskim i seoskim zajednicama. Istovremeno, uporaba informacijskih tehnologija postala je nužnom u upravljanju stambenim zgradama.

U Turskoj lokalne vlasti obavljaju arhiviranje (čuvanje) informacija o mjestima gdje živi veliki broj ljudi. Budući da nije uspostavljen valjan odnos između podataka prikupljenih od strane lokalnih vlasti, drugi korisnici, kojima su potrebne te informacije, suočavaju

Tablica 2. Svojstva istraženih zgrada

| | | | |
|--|---|---|----------------------------|
| Pokrajina | Bitlis | Vizualni izgled (kvaliteta) | Dobar |
| Grad | Tatvan | Vertikalna nepravilnost | Ne |
| Okrug | Karataş | Nepravilnost u ravnini/uvijanje | Ne |
| Ulica/Avenija | Mazi | Regulacija zgrade/sudaranje | Susjedna |
| Broj vrata na zgradi | 1 | Meka/slaba etaža | Da |
| Trg | 366 | Teški prepusti | Da |
| Parcela | 37 | Kratki stup | Ne |
| Geografska širina | 38,487251 | Učinak padine | Ne |
| Geografska dužina | 42,291970 | Vrsta konstrukcijskog sustava | RC1 |
| Površina [m²] | 406,28 | Broj katova | 7 |
| Noćna populacija | 50 | Vrsta tla | Z2 |
| Dnevna populacija | 20 | Osjetljivost područja | II |
| Svojstva | Prizemlje + međukat (mezanin) + 5 katova | Godina izgradnje | 2007. |
| Namjena zgrade | Poslovna + stambena | Broj ozlijeđenih | 0 |
| Sadašnje stanje (štete) | Nema | Broj poginulih | 0 |
| Površina stambenog dijela [m²] | 2.493,96 | Površina komercij.dijela [m²] | 350 |
| Požarne ljestve | Ne | Dizalo | (da, ne), da |
| Instalacije za prirodni plin | Ne | Sustav grijanja zgrade | Centralno grijanje |
| Prethodne katastrofe | 2011 Van potresi | Obnova / Popravak | Ne |
| Visina [m] | 21 | Oblik zgrade u tlocrtu | Pravokutni |
| Položaj zgrade u bloku | Ugao | Vanjski zidovi | Briket |
| Krov | Drvo + lim | Pod | AB |
| Sustav temelja | pločasti | Namjena | Komercijalna + stambena |
| Skupna građevina: podovi | Stepenasti podovi | Skupna građevina: izdizanje | Građevine različite visine |
| Nekonstrukcijski elementi | Ne | Broj neovisnih sekcija | 16 |
| Ostali podaci | Okrvna konstrukcija od armiranog betona sastoji se od podova, greda, stupova i temelja. Zgrada je 2011. pretrpjela potres, ali nisu registrirane štete. | | |

se s ozbiljnim izazovima pri pokušaju pristupa relevantnim podacima. Te poteškoće se očituju kad se pokuša pristupiti točnim informacijama o zgradama za masovno stanovanje, tj. velikog broja ljudi.

Kao rezultat razvoja računala, pametnih uređaja i internetskih tehnologija, lokalne su vlasti počele prikupljati i pohranjivati prostorne podatke putem računalnih medija i proizvoditi nove informacije kao rezultat analize.

U sustavima ocjenjivanja i nadzora građevina, želja za korištenjem informacijskih tehnologija svakodnevno raste. Stoga se uporaba mobilnih uređaja, kao što su pametni telefoni, tableti i ostali mali računalni sustavi, stalno povećava. Takvi uređaji su bežični, prenosivi i imaju memorije velikog kapaciteta. S obzirom na sveukupno širenje stambenog fonda, vrlo je bitno imati parametarske podatke o zgradama i osigurati jednostavan i brz pristup tim podacima. Detaljno ispitivanje građevina vrlo je zahtjevno u pogledu troškova i potreba za tehničkim osobljem. U tom smislu brze metode pregleda za određivanje prioriteta postojećih građevina mogu se naći u relevantnoj literaturi. Svrha brzih metoda pregleda je utvrđivanje prioriteta rizika za građevine i osiguranje donošenja pravilnih odluka. Pomoću tih metoda rezultat bodovanja svojstava zgrade izračunava se prikupljanjem parametara dobivenih ovom metodom, a bez ulaska u zgradu ili ulaskom u zgradu samo djelomično, a donošenje odluka o prioritetima rizika postiže se usporedbom. U djelokrugu zakona Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja Republike Turske, ocjenjivanja metode prvog stupnja, koja se fokusiraju na značajke građevine i opasnost od potresa, mogu se koristiti za otkrivanje regionalne distribucije zgrada koje bi mogle biti rizične i prioriteta u određenim područjima [64]. U metodi prvog stupnja koriste se sljedeći parametri:

- vrsta konstrukcijskog sustava
- broj katova
- sadašnje stanje i vizualni izgled
- meka/slaba etaža
- vertikalne nepravilnosti
- teški propusti
- nepravilnost u ravnini/uvijanje
- kratki stup
- građevinska regulacija / sudaranje
- učinak padine
- seizmičnost i vrsta tla.

U ovom istraživanju, u aplikaciji podatkovnih matrica, korišteni su svi parametri navedeni u zakonu koji se odnose na načela otkrivanja rizičnih zgrada i posebno armiranobetonskih zgrada iz 2013. godine Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja Republike Turske,.

U ovom istraživanju, u aplikaciji podatkovnih matrica, korišteni su i podaci potrebni za modele procjene gubitaka u izračunu gubitka života i imovine uzrokovanog potresom. Modeli procjene gubitaka opisani su kao najvažniji alati potrebni za smanjenje rizika. Ključne informacije o mogućim štetama i gubicima mogu se dobiti putem takvih modela procjene gubitaka.

Izradom analize oštećenja na temelju rizika o pitanjima kao što su upravljanje katastrofama, ublažavanje rizika, planiranje, pripravnost i odgovor, te moguća poboljšanja, modeli se mogu koristiti za smanjenje gubitaka života i imovine te za zaštitu ljudi i institucija od prirodnih katastrofa. Pomoću tih podataka prenesenih u aplikaciju podatkovne matrice, modele procjene gubitaka lako mogu koristiti urbane zajednice. Za analizu procjene gubitaka korišteni su sljedeći parametri:

- vrsta konstrukcijskog sustava
- broj katova
- potresni rizik područja i stanje lokalnog tla
- godina proizvodnje
- noćna/dnevna populacija.

5.1. Sustavi procjene i praćenja zgrada

Zbog svoje cijene i jednostavnosti, metoda procjene potresne oštećivosti velikih razmjera je popularna i koristi se kao sredstvo smanjenja osjetljivosti, a time i rizika [24, 65]. Osim toga, kako bi se spasili životi i resursi, potrebno je učinkovito sredstvo za izradu planova za nepredviđene poteškoće u području i programima održavanja stabilnosti za slučaj potresa [66]. Bez brze i precizne metode bilo bi neučinkovito pratiti i procijeniti rastući građevinski fond zbog nedostatka vremena i vještina [67]. Prema raspoloživoj literaturi, za procjenu i praćenje zgrada primjenjuje se nekoliko metoda, koje često uključuju kriterije zasnovane na nekim svojstvima građevine. Ipak, sustav QR kodova nije prikladan za njih. Neki od tih metoda ovdje se navede.

Sustav za brzo opažanje oštećivosti i procjenu rizika (eng. *Rapid Observation of Vulnerability and Estimation of Risk - ROVER*) prijenosni je računalni program za provođenje sigurnosnog pregleda zgrada prije i poslije potresa, koji je slobodan za korištenje bez naknade. Istraživači rizika, praktičari i vlasti mogu koristiti računalni program ROVER diljem svijeta. Web preglednik ROVER na pametnom telefonu, tabletu ili nekom drugom mobilnom uređaju omogućuje građevinskim stručnjacima poput inženjera, arhitekata itd., da dođu do regionalnih podataka o zgradama putem interneta pomoću bilo kojeg računala s Windowsom ili bez njega. Modul FEMA 154 ROVER koristi se za dobivanje podataka o potencijalnim štetama putem pregledom građevina prije potresa, a ATC-20 je koristan za određivanje zgrade koja je sigurna nakon potresa [68-72].

Aplikacija na kojoj se skupljaju, analiziraju i vizualiziraju podaci o potresu, tj. Isibat, ima značajku klijentova poslužitelja i koristi mobilni hardver ili računalni program kao što su Geoweb i mrežne tehnologije. iPhone aplikacija šalje signale na zaslonu, izborniku i kartu umreženim klijentima u području kako bi dobili podatke potrebne za procjenu seizmičke osjetljivosti ili mjerenja oštećenosti od potresa. Moguće je pretraživati i pregledavati podatke sadržane u bazi podataka. Aplikacija je razvijena u okviru projekta Urbasis² za prikupljanje podataka i procjenu rizika u gradskim zonama sklonima potresima. Upravljanje bazama podataka o građevinskom fondu koristan je doprinos procjeni rizika i gubitaka u određenom urbanom području [24].

Alat za mobilno bilježenje podataka o građevinskom fondu u pogledu potresa (eng. *Global Earthquake Model's Mobile Inventory Data Capture Tool - IDCT*) - android aplikacija koja se lako može učitati, podržava procjenu rizika potresnih oštećenja metodom prikupljanja podataka za zgrade. To uključuje daljinska ispitivanja, izravno promatranje na terenu i statistički izvedene sheme kartiranja. Predviđena sredstva su: optički satelitski ili antenski senzori koji pružaju podatke o otisku i visini zgrade. Stručnjaci koriste internet ili preglede "licem u lice" (na licu mjesta) za izradu informacija o sustavu, uključujući vrstu, godinu i životni ciklus građevine. Postoje neka svojstva na listovima za unos podataka kao što su: građevni materijal, lokacija - tip i uporaba (broj stanara), dob, visina, nepravilnosti u zgradi, konstrukcijski opirući sustav, duktilnost, stanje zgrada i opis mjesta, krovna i međukatna konstrukcija, materijali, oblik i tip, financijska izloženosti i popunjenost, oštećenja nakon potresa i slobodni tekstualnih komentari [37, 73].

Alat za brzu urbanu ocjenu (eng. *Urban Rapid Assessment Tool - Urban RAT*) prilično je inovativan i brže prikazuje zgrade pomoću integriranog sustava ArcGIS-Google-Android. Njegove dvije komponente su:

- Urban RAT Desktop, virtualni pregled na računalu i ArcGIS računalni program
- Urban RAT Mobile, digitalni ulični pregled i Google Android aplikacija.

Oni omogućuju brže i opsežnije prikupljanje podataka koristeći više inženjerskih parametara kao što su mjesto, godina gradnje, podne površine, popunjenost, kvaliteta gradnje, kvaliteta projekta, projektni kod, projektna redundancija, konstrukcijski zidovi, slabi stup, vertikalna i tlocrtna nepravilnost, prostor između susjednih zgrada itd. Pregled nogostupa može se obaviti pomoću Urban RAT mobilnog uređaja, posebno u slučajevima kad je Google Street View neučinkovit. Prikupljanje podataka postaje tako učinkovito da korisnici u kraćem vremenu mogu prikupiti više informacija o zgradama u odnosu na ručne metode [25, 74, 75].

Razvijen za globalnu bazu podataka o građevinskom fondu, World Enclosure Encyclopedia (WHE) Earthquake Engineering Research Institute (WHE) pruža široku javnu bazu podataka o građevinama i njihovim značajkama i obuhvaća više od 135 izvješća iz 40 zemalja podijeljenih prema vrsti, kao i podatke iz the Geological Survey's Prompt Assessment of Global Earthquake's Response (PAGER) (PAGER). WHE-PAGER poboljšava WHE na sljedeći način:

- dodavanje zone izvan gradskog područja
- objektivno mjerenje proširenja tipova građevina
- davanje informacija o prebivalištu
- izrada stručnih ili tehničkih procjena o ranjivosti
- korištenje analitičkih tehnika za ispitivanje ranjivosti u laboratorijima [29, 76-78].

Brza procjena rizika (eng. *Rapid Risk Evaluation - ER²*) alat je za procjenu rizika od potresa koji je još u fazi razvoja. On koristi

Shake Map i algoritme oštećivanosti. Jedna od dvije komponente računalnog programa je analiza rizika gotovo u stvarnom vremenu, koja pomaže saveznoj vladi povećati svoju sposobnost određivanja i izvještavanja o posljedičnim učincima velikih potresa i potiče upravljanje hitnim slučajevima i javnu sigurnost u gradskim zajednicama. Druga, nacionalna, opsežna mrežna baza podataka namijenjena je za uključivanje cjelokupnog građevinskog fonda i razvoj analiza scenarija za seizmičke rizike i štete uključujući sva naselja [25].

5.2. Aplikacija podatkovne matrice

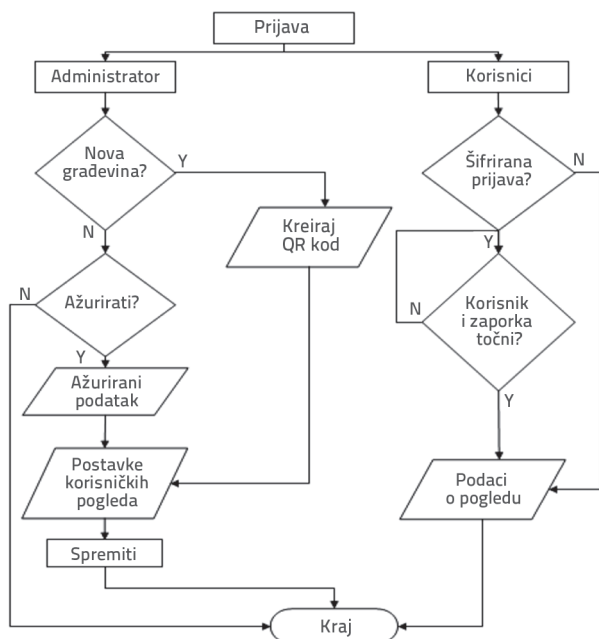
Aplikacija QR kôd čini osnovicu sustava procjene i praćenja zgrade, a može funkcionirati i na mobilnim uređajima na IOS / Android platformi. Aplikacija osigurava da se informacije koje pripadaju zgradi mogu pratiti, zamijeniti ili dodati na internetu zahvaljujući podatkovnoj matrici "zalijepljenoj" na zgradi putem mobilnog uređaja. Ukupni operativni algoritam aplikacije prikazan je na slici 6. Različiti algoritmi za sustav razvoja računalnog programa oblikovani su prema slici 6. Dva različita algoritma korištena su u računalnoj infrastrukturi. Onaj kojim se koristi administrator razlikuje se od onoga kojim se služe korisnici. Glavni razlog zašto su razvijena dva različita algoritma jest osigurati da korisnici samo mogu vidjeti podatke u bazi podataka, ali ne mogu mijenjati podatke. Međutim, korisnik koji se spoji na sustav administratora, može izmijeniti podatke o zgradi. Dakle, računalni program funkcionira različito, ovisno o tome koriste li ga korisnici ili administratori. Dijagram toka algoritama je prikazan na slici 7. Računalni program ima dva različita sučelja: administratorsko sučelje i korisničko sučelje.



Slika 6. Algoritam za korištenje podatkovne matrice

Nakon unosa korisničkog imena i zaporke, administrator sustava mora unijeti početne podatke o zgradi. Osim što je ovlašten za izradu podatkovne matrice zgrade, administrator ima ovlasti zamijeniti ili brisati već upisane podatke o zgradi. Administrator može prilagoditi i stil prikaza podataka koji korisnik može vidjeti. S tim u vezi, administrator može zadati enkripcijski (šifrirani) tekst koji korisnik mora unijeti kako bi vidio podatke vezane za zgradu. Administrator može također odabrati opciju potpune vidljivosti kad želi da i informacije o zgradi budu vidljive svim korisnicima. U algoritmu namijenjenom korisniku, potonji može pogledati podatkovnu matricu za zgradu putem pametnog telefona. Ako

nema šifriranja, korisnik može izravno vidjeti informacije. Ako je postavljena enkripcija/šifriranje, korisnik može vidjeti podatke o zgradi nakon unosa korisničkog imena i zaporkke. Ako se ne unesu početni podaci, korisniku nije dopušteno pregledavati podatke o zgradi.



Slika 7. Algoritam za računalni sustav

Podaci o zgradama mogu se pratiti i putem interneta. Korisničke skupine, koje imaju status administratora, mogu unijeti podatke o zgradi u sustav bez ulaska u zgradu. Budući da administrator oblikuje podatkovnu matricu za svaku zgradu, on ili ona ima ovlasti ažurirati podatke o zgradi pretraživanjem podatkovne matrice koje pripada zgradi koju želi vidjeti.

5.3. Primjer aplikacije

Primjeri aplikacija koje pripadaju razvijenom računalnom programu prikazane su i za administratora i za korisnika. Kako bi se omogućila upotreba QR koda pomoću pametnih telefona ili tableta temeljenih na platformi iOS / Android, od aplikacijskih centara može se besplatno preuzeti računalni program za čitanje podatkovnih matrica, ovisno o operativnom sustavu koji uređaj koristi.

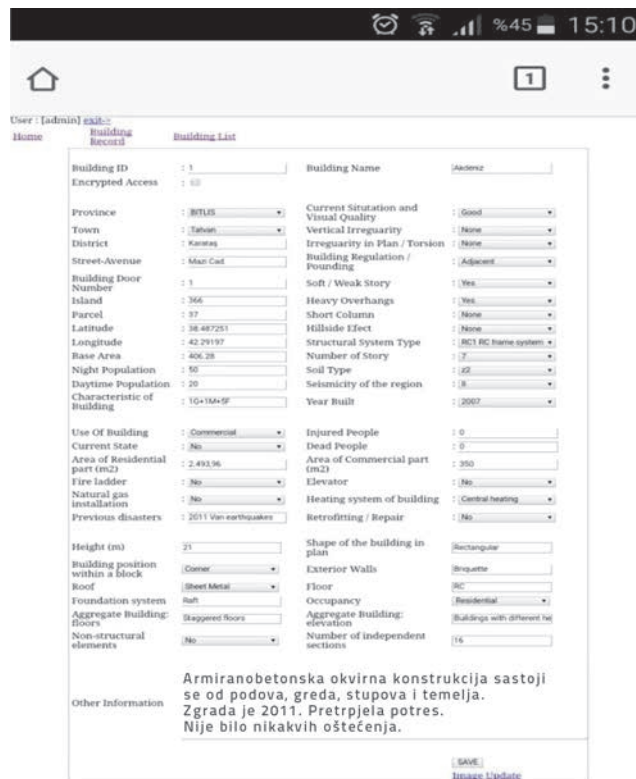


Slika 8. QR kôd za prijavu Slika 9. Zaslou za prijavu

Da bi se moglo pristupiti aplikacijskom sustavu, na zaslonu korisničkog unosa moraju se unijeti odgovarajući podaci kao što je prikazano na slici 9., nakon generiranja - putem pametnog telefona - QR koda za određenu zgradu, kao što je prikazano na slici 8. U ovom koraku prijavljena se osoba preusmjerava ovisno o tome je li korisnik ili administrator. Postupak varira ovisno o skupini (administratorskoj grupi ili korisničkoj grupi). Operacije administratora objašnjene su u poglavlju 5.3.1, a operacije povezane s korisnicima opisane su u poglavlju 5.3.2.

5.3.1. Administratorove radnje

Da bi se aktivirao računalni program za procjenu i nadzor, osoba koja ima status administratora mora oblikovati QR kôd koji pripada administratoru, kao što je prikazano na slici 8. Na zaslonu sučelja prikazanog na slici 9. korisnik može unijeti parametarske podatke koji pripadaju zgradi pomoću pametnog telefona ili tableta, pod uvjetom da unese ispravnu zaporku. Generirani ID broj je broj koji pripada zgradi a budući da postoji zasebni QR kôd za svaku zgradu, mora postojati i zasebni ID za svaku zgradu. Prema oblikovanom ID broju, administrator unosi podatke u za to predviđena polja prikazanim na slici 10.



Slika 10. Zaslou za unos podataka za ID = Zgrada br. 1

U poljima prikazanim na slici 10. korisnici moraju odabrati tipku za šifrirani pristup (eng. *Encrypted Access*) pod ID brojem kako bi zadali šifriranu ili nešifriranu prijavu na sustav. Ako je označeno ovo polje, korisnici moraju upotrijebiti zaporku prilikom prijave

u sustav. Korisnike također odabire administrator. Ti korisnici imaju pravo pristupa samo informacijama vezanim uz vlastitu zgradu.

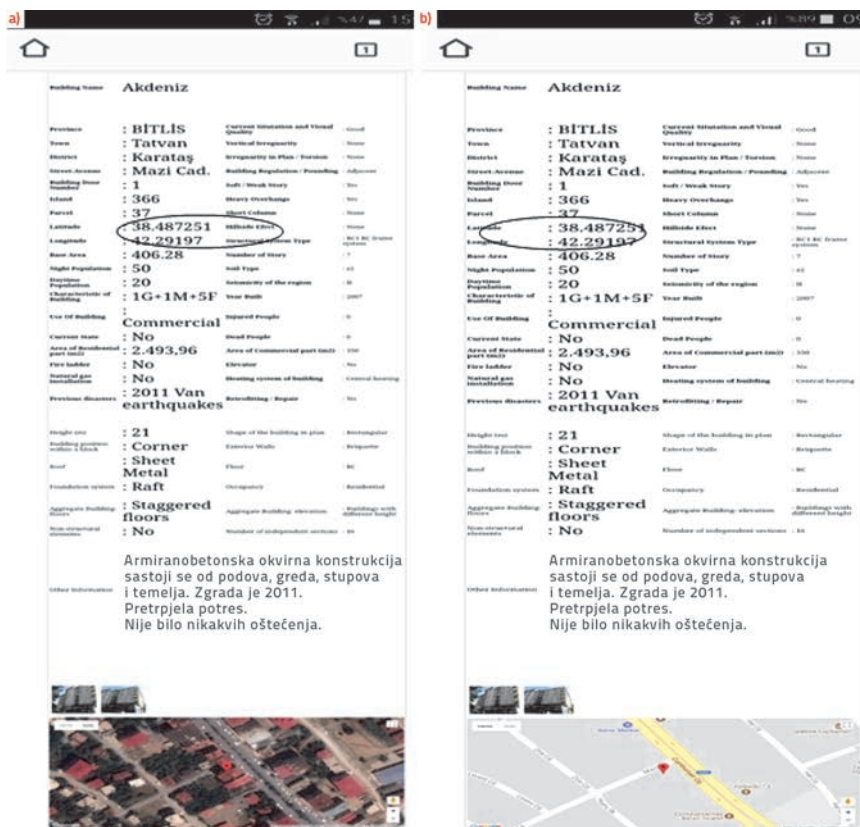
Primjerice, administrator je u bazu podataka unio podatke o zgradi označenoj kao ID = 1, kako je prikazano na slici 10. Iako u nekim poljima postoje ograničenja kako bi se spriječili pogrešni unosi, neka polja omogućuju odabir između dodatnih (opcijskih) unosa. Kad administrator namjerava rekonstruirati neke parametre zgrade ili kad želi izbrisati podatke o zgradi, može se prijaviti u računalni program tako što će prebaciti QR kôd za/na admin.

Administrator također može učitati slike zgrade koja je prethodno snimljena u polje Image Update /ažuriranje slike koja se nalazi na području prikazanom na slici 8., a također može prenijeti u bazu podataka bilo koju fotografiju snimljenu pametnim telefonom ili tabletom.

S obzirom na to da se podaci mogu istodobno unijeti za više od jedne zgrade u različitim regijama, administratorsku funkciju može dobiti čak i nekoliko osoba. Korisnici koji preuzmu poziciju administratora su korisničke skupine ovlaštene unijeti sve podatke u tablici 1, uključujući ID broj (prvi identifikacijski broj koji se može dati samo za jednu zgradu - računalni program daje signal upozorenja kad se pokušava pristup drugim zgradama), adresa, zemljopisna širina i dužina zgrada. Administrator također obavlja poslove kreiranja QR koda za zgradu i povezivanje ove oznake sa zgradom. Osim toga, administrator može pohraniti slike zgrade u bazu podataka. Zahvaljujući tim slikama, korisnici mogu lako otkriti pripada li generirani QR kôd stvarno određenoj zgradi. Općenito, administratori mogu obaviti sljedeće radnje:

- dodavanje podataka o zgradi
- uređivanje podataka o zgradi
- brisanje podataka o zgradi
- generiranje QR koda
- uređivanje QR koda
- brisanje QR koda
- uređivanje korisničkih prava.

Nadalje, ako administrator ubilježi koordinate zgrade u podatkovnu bazu, podaci o kartiranju i lokaciji, usluga tvrtke Google, mogu se automatski prikazati. Dakle lako se može pronaći avenija ili ulica gdje je transakcija napravljena. Omogućena je opcija Map / Karta ili Satellite/ Satelit za pozicioniranje slike i može se vidjeti adresa i točka pozicioniranja. Ovaj računalni



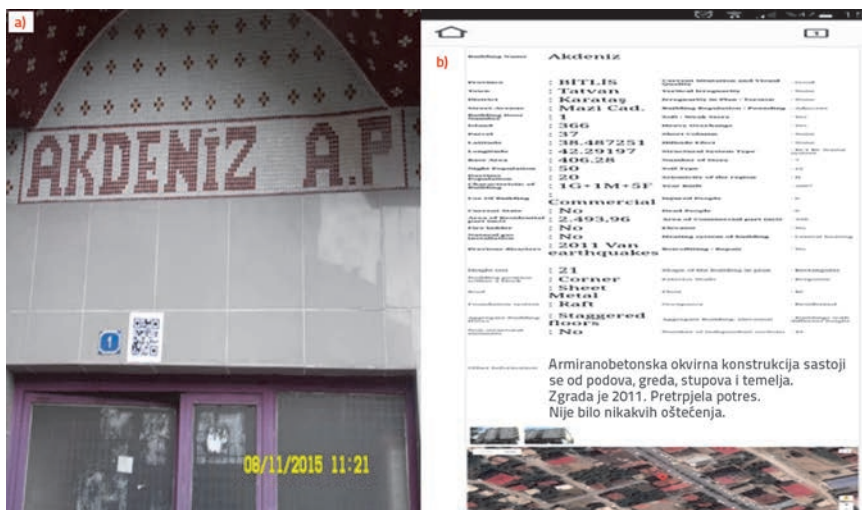
Slika 11. a) Satelitski prikaz; b) Prikaz na karti

program ima infrastrukturu koja može raditi i kroz GIS sustav. Kao što je prikazano na slici 11., informacije o lokaciji o stanu Akdeniz, primjerice, prikazane su kao crvena točka na temelju odgovarajućih podataka o zemljopisnoj širini i dužini. Korisnik na slici 11.a može vidjeti sliku zgrade s opcijom "Satellite", a na slici 11.b može pronaći informacije o aveniji i ulici u kojoj se zgrada nalazi.

5.3.2. Korisničke radnje

Drugi dio sustava praćenja i vrednovanja jest korisnik. Korisnike kreira administrator. Osim kreiranja korisnika za kućanstva (privatne korisnike), administrator može napraviti slično za javne ustanove i organizacije. Ako administrator tako želi, može dopustiti javnim ustanovama i organizacijama da mijenjaju sve ili neke od informacija.

Kako bi korisnici uključili prikaz parametara zgrade, najprije administrator mora identificirati korisnički status. U ovom istraživanju poželjan je bio šifrirani unos za prikaz korisnika. Ovisno o svakom ID broju, administrator kreira korisnike-privatne osobe koje pripadaju tom posebnom ID broju. Uzorak QR koda koji pripada Akdeniz apartmanu prikazan je na slici 12.a. Snimanjem QR koda koji je "zalijepljen" na zgradu, korisnik može pristupiti parametarskim informacijama koje pripadaju zgradi, uz prethodno unos korisničkog imena i lozinke. To je prikazano na slici 12.b.



Slika. 12 a) QR aplikacija; b) Zaslon za korisničko praćenje za Akdeniz stan, ID = 1

6. Zaključak

U okviru ovog istraživanja fond se armiranobetonskih građevina u urbanim sredinama prenosi na elektroničke medije, a za svaku zgradu izrađena je "osobna iskaznica" pomoću elektroničkih medija. Te osobne iskaznice ujedinjuju informacije koje dobivaju ili zahtijevaju od različitih institucija. Proces se provodi pomoću MYSQL baze podataka koja može raditi vrlo brzo putem interneta. Osobe koje žive u zgradama imaju pristup ažuriranim informacijama o tim zgradama.

U radu je prikazan postupak stvaranja elektroničke baze podataka za građevine od armiranog betona kao i osobnu iskaznicu za svaku postojeću i novoizgrađenu zgradu. Procjenjuje se da će dobiveni podaci na taj način smanjiti učinke mogućih potresnih oštećenja.

Sustavna procjena zgrada je važna u smislu određivanja oštećenja ili žrtava u slučaju potresa. Ovo istraživanje može koristiti kao potpora odlučivanju tijekom analize odnosa potresa zgrada. Podaci prikupljeni na terenu integrirani su u elektroničke medije, a dobivene informacije su podijeljene na brz, jednostavan i prikladan način.

Ovo istraživanje omogućit će razumijevanje o vrsti štete koja će se vjerojatno pojaviti u različitim vrstama zgrada. Osim

toga, dobit će se korisne informacije nakon potresa. Prijenos tih podataka u elektroničke medije omogućuje određivanje intenziteta potresa i broja zgrada koje su oštećene u različitim stupnjemima. Zbog toga je moguće lakše organizirati glavne aktivnosti koje se provode u takvim okolnostima.

Razredbom podataka o zgradama u ovim će se bazama realističnije utvrditi potresne zone, a aktivnosti upravljanja katastrofom bit će bolje organizirane. Ova razredba također može poslužiti kao osnovica za stvaranje resursa za napredna istraživanja o tim pitanjima. Identificiranjem značajki oštećenih zgrada i njihovih konstrukcijskih elemenata, opasnost od potresa može

se smanjiti uporabom tih informacija za planiranje i projektiranje novih građevina. To će pridonijeti razvoju postojećih propisa o seizmičkom projektiranju i izgradnji.

Ovo istraživanje omogućava javnim institucijama i organizacijama, koje se bave lokalnim upravama, da izravno pristupaju građevinskom fondu i podacima koji su dostupni u elektroničkom obliku. Elektronički sustavi nadzora u zgradama olakšat će praćenje zgrade. Pomoću podataka poslije potresa, određivanje oštećenja zgrada, njihova razredba i postupak odlučivanja o njihovoj uporabi, može se napraviti na kontrolirani način.

U uspostavljenom sustavu koji sadrži jednu bazu podataka, svi se podaci mogu preciznije i učinkovitije definirati, pohraniti, obrađivati i analizirati. Stoga se procesu odlučivanja i provedbe mogu uštedjeti vrijeme i novac, a može se izgraditi i odgovarajuća infrastruktura za planiranje resursa.

Proces upravljanja temeljen na infrastrukturi informacijske tehnologije za građevine, u skladu s metodom opisanom u ovom istraživanju, može se učinkovito koristiti za izradu strateških planova temeljenih na informacijama. Isto tako, moguće je dobiti podatke o građevinskom fondu bez obzira na mjesto. Istraživanje se lako može provesti uz podršku lokalne uprave. Ovo se istraživanje može proširiti dodavanjem novih modula, a njegovu održivost moguće je lako postići.

LITERATURA

- [1] Işık, E.: The Evaluation of Existing Buildings Bitlis Province Using a Visual Screening Method. Süleyman Demirel University, Journal of Natural and Applied Science, 17 (2013) 1, pp. 173-178
- [2] Işık, E., Kutanis M., Bal, İ.E.: Loss Estimation and seismic risk assessment in Eastern Turkey, GRAĐEVINAR, 69 (2017) 7, pp. 581-592, <https://doi.org/10.14256/GJE.1242.2015>
- [3] Işık, E.: The Evaluation of Existing Masonry Buildings Using a Visual Screening Method. Bitlis Eren University, Journal of Science, 2 (2013) 1, pp. 22-30.
- [4] Peng, Y.: Regional earthquake vulnerability assessment using a combination of MCDM methods. Annals of Operations Research, 234 (2015) 1, pp. 95-110.
- [5] Hancılar, U., Çaktı, E., Erdik, M., Franco, G.E., Deodatis, G.: Earthquake vulnerability of school buildings: Probabilistic structural fragility analyses. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 67 (2014), pp. 169-178, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2014.09.005>

- [6] Moradi, M., Delavar, M.R., Moshiri, B.: A GIS-based multi-criteria analysis model for earthquake vulnerability assessment using Choquet integral and game theory. *Natural Hazards*, 87 (2017) 3, pp. 1377-1398.
- [7] Crowley, H., Pinho, R., Bommer, J.J.: A probabilistic displacement-based vulnerability assessment procedure for earthquake loss estimation. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2 (2004) 2, pp. 173-219.
- [8] Calvi, G.M., Pinho, R., Magenes, G., Bommer, J.J., Restrepo-Vélez, L.F., Crowley, H.: Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. *ISET journal of Earthquake Technology*, 43 (2006) 3, pp. 75-104.
- [9] Duzgun, H.S.B., Yucemen, M.S., Kalaycioglu, H.S., Celik, K., Kemec, S., Ertugay, K., Deniz, A.: An integrated earthquake vulnerability assessment framework for urban areas. *Natural hazards*, 59 (2011) 2, pp. 917-947.
- [10] Hadzima-Nyarko, M., Pavić, G., Lešić, M.: Seismic vulnerability of old confined masonry buildings in Osijek, Croatia. *Earthquakes and Structures*, 11 (2016) 4, pp. 629-648.
- [11] Esteva, L.: Criterios para la construcción de espectros para diseño sísmico, *Proceedings of the XII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural y III Simposio Panamericano de Estructuras*, Caracas, 19 (1967). (Published later in *Boletín del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales*, Universidad Central de Venezuela, No. 19, 1967.)
- [12] Esteva, L.: Bases para la formulacion de decisiones de diseño sísmico, Ph.D. thesis and Report 182, Universidad Autonoma Nacional de México, August 1968.
- [13] Cornell, C.A.: Engineering seismic risk analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 58 (1968) 5, pp. 1583-1606.
- [14] Lang, D.: Earthquake Damage and Loss Assessment - Predicting the Unpredictable, PhD thesis, University of Bergen, Bergen, Norway, 2012.
- [15] Algermissen, S.T., Rinehart, W.A., Dewey, J., Steinbrugge, K.V., Degenkolb, H.J., Cluff, L.S., McClure, F.E., Gordon, R.F., Scott, S., Lagorio, H.J.: A study of earthquake losses in the San Francisco Bay Area: data and analysis, Washington, D.C.: Office of Emergency Preparedness and National Oceanic and Atmospheric Administration, 1972.
- [16] National Institute of Building Sciences: Assessment of state-of-the-art earthquake loss estimation methodologies, FEMA-249. Report prepared for the Federal Emergency, Management Agency, Washington, D.C., 1994.
- [17] Freeman, J.R.: Earthquake Damage and Earthquake Insurance: Studies of a rational basis for earthquake insurance, also studies of engineering data for earthquakeresisting construction, McGraw-Hill Book Co., New York, 1932.
- [18] Kircher, C.A., Reitherman, R.K., Whitman, R.V., Arnold, C.: Estimation of earthquake losses to buildings, *Earthquake Spectra*, 13 (1997) 4, pp. 703-720.
- [19] Coburn, A., Spence, R.: Earthquake Protection. Second Edition. John Wiley & Sons, Chichester, 2002, <https://doi.org/10.1002/0470855185>
- [20] Hadzima-Nyarko, M., Nyarko, E.K., Morić, D.: A neural network based modelling and sensitivity analysis of damage ratio coefficient, *Expert Systems with Applications*, 38 (2011) 10, pp. 13405-13413.
- [21] Morić, D., Hadzima, M., Ivanušić, D.: Seismic Damage Analysis of Reinforced Concrete Structure, *Technical Gazette*, 1 (2002) 2, pp. 13-26.
- [22] Hadzima-Nyarko, M., Morić, D., Španić, M.: Spectral functions of RC frames using a new formula for Damage Index, *Technical Gazette*, 21 (2014) 1, pp. 163-171.
- [23] Hadzima-Nyarko, M., Mišetić, V., Morić, D.: Seismic Vulnerability Assessment of an Old Historical Masonry Building in Osijek, Croatia, Using Damage Index, *Journal of Cultural Heritage*, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.05.012>
- [24] Davoine, P.A., Gensel, J., Gueguen, P., Poulenard, L.: Isibat: A Web and Wireless Application for Collecting Urban Data about Seismic Risk. In *International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems*, pp. 134-147, 2014, https://doi.org/10.1007/978-3-642-55334-9_9
- [25] Nastev, M., Nollet, M.J., Abo-El-Ezz, A., Smirnov, A., Ploeger, S.K., McGrath, H., Parent, M.: Use of knowledge to reduce vulnerability to seismic hazards. *Proceedings of the Tenth Pacific Conference on Earthquake Engineering Building an Earthquake-Resilient Pacific 6-8 November 2015, Sydney, Australia*
- [26] Walsh, K.Q., Jafarzadeh, R., Short, N.M., Ingham, J.M.: Seismic risk management of a large public facilities portfolio: a New Zealand case study. *Facilities*, 34 (2016) 13/14, pp. 809-827.
- [27] Nikoo, M., Hadzima-Nyarko, M., Khademi, F., Mohasseb, S.: Estimation of Fundamental Period of Reinforced Concrete Shear Wall Buildings using Self Organization Feature Map. *Structural engineering and mechanics*, 63 (2017) 2, pp. 237-249.
- [28] Celebi, M., Sanli, A., Sinclair, M., Gallant, S., Radulescu, D.: Real-time seismic monitoring needs of a building owner and the solution: a cooperative effort. *Earthquake Spectra*, 20 (2004) 2, pp. 333-346.
- [29] Jaiswal, K., Wald, D., Porter, K.: A global building inventory for earthquake loss estimation and risk management. *Earthquake Spectra*, 26 (2010) 3, pp. 731-748.
- [30] Allen, L., Brzev, S., Charleson, A., Scawthorn, C., Silva, V.: GEM Building Taxonomy-An Open Global Building Classification System. *New Zealand Society for Earthquake Engineering Technical Conference & AGM*, 2015.
- [31] Brzev, S., Scawthorn, C., Charleson, A.W., Allen, L., Greene, M., Jaiswal, K., Silva, V.: GEM Building Taxonomy (Version 2.0) (No. 2013-02). GEM Foundation, 2013.
- [32] <http://www.nexus.globalquakemodel.org/gem-building-taxonomy/overview>
- [33] Erdik, M., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M.B., Hancılar, U., Zülfiyar, C.: Rapid earthquake loss assessment after damaging earthquakes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 31 (2011) 2, pp. 247-266.
- [34] Crowley, H., Özcebe, S.: D7. 4 European Building Inventory Database. NERA Deliverable, 7 (2014).
- [35] Işık, E., Tozlu, Z.: Calculation of building performance score by using different variables. *BEU Journal of Science*, 4 (2015) 2, pp. 161-172.
- [36] Crowley, H., Pinho, R.: Global Earthquake Model: Community-Based Seismic Risk Assessment. In *Protection of Built Environment Against Earthquakes* (pp. 3-19). Springer Netherlands, 2011.
- [37] Rosser, J., Morley, J.G., Vicini, A.: User Guide: Android mobile tool for field data collection, GEM Technical Report 2014-03 V1.0.0 26pp., GEM Foundation, Pavia, Italy, 2014.

- [38] Erdik, M., Demircioğlu M.B., Şeşetyan, K.: Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulaması Kapsamında Ortak Hizmet Uygulaması Bileşen-1: Türkiye kapsamında kentsel dönüşüm için belediyeler bazında deprem riski önceliklendirmesinin yapılması, çalışmalarında kullanılan metodolojiler ve bilimsel yöntemlerin anlatıldığı ilgili döküman, kılavuz vb. dökümanların hazırlanması. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Mart 2013, İstanbul, 2013.
- [39] Grunthal, G.: European macroseismic scale 1998. Cahiers du centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15 (1998), pp. 1-99.
- [40] Okada, S., Takai, N.: Classifications of structural types and damage patterns of buildings for earthquake field investigation. In Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering (paper 0705), Auckland, 2000.
- [41] Bernardini, A., Giovinazzi, S., Lagomarsino, S., Parodi, S.: Vulnerabilità e previsione di danno a scala territoriale secondo una metodologia macrosismica coerente con la scala EMS-98, 2007.
- [42] Giovinazzi, S., Lagomarsino, S.: A macroseismic method for the vulnerability assessment of buildings, In 13th world conference on earthquake engineering, Vancouver, BC, Canada, pp. 1-6, 2004.
- [43] Işık, E.: Seismicity of Bitlis city. Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology, 29 (2016) 3, pp. 267-273.
- [44] Işık, E., Özlük, M.H.: The evaluation of urban buildings stocks in Tatvan district, IAAOJ, Scientific Science, 1 (2014) 2, pp. 8-21.
- [45] <http://www.harita.gen.tr/>
- [46] Şengör, A.M.C., Görür, N., Saroglu, F.: Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in: Strike-slip faulting and basin formation, edited by: Biddle, K. T. and Christie-Blick, N., Soc. Econ. Pa., 37 (1985), pp. 227-264, <https://doi.org/10.2110/pec.85.37.0227>
- [47] Barka, A., Kadinsky-Cade, K.: Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, Tectonics, 7 (1988), pp. 663-684, <https://doi.org/10.1029/TC007i003p00663>
- [48] McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkhan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Nadariya, M., Ouzouni, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M. N., Veis, G.: GPS constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus, J. Geophys. Res., 105 (2000), 5695-5719, <https://doi.org/10.1029/1999JB900351>
- [49] Reilinger, R., McClusky, S., Vernant P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., and Karam, G.: GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, J. Geophys. Res., 111, B05411, <https://doi.org/10.1029/2005JB004051>, 2006.
- [50] Utkucu, M.: Implications for the level change triggered moderate ($M \geq 4.0$) earthquakes in Lake Van Basin, Eastern Turkey, Journal of Seismology, 10 (2006), pp. 105-117, <https://doi.org/10.1007/s10950-005-9002-y>
- [51] Utkucu, M., Budakoğlu, E., Yalçın, H., Durmuş, H., Gülen, L., Işık, E.: Seismotectonic characteristics of the 23 October 2011 Van (Eastern Anatolia) earthquake ($M_w=7.1$). Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University, 35 (2014) 2, pp. 141-168.
- [52] Horasan, G., Boztepe-Güney, A.: Observation and analysis of low-frequency crustal earthquakes in Lake Van and its vicinity", Eastern Turkey Journal of Seismology, 11 (2007), pp. 1-13, <https://doi.org/10.1007/s10950-006-9022-2>
- [53] Toker, M., Krastel, S., Demirel-Schuetter, F., Demirbağ, E., Imren, C.: Volcano-seismicity of Lake Van (Eastern Turkey), a comparative analysis of seismic reflection and three component velocity seismogram data and new insights into volcanic lake seismicity, International Earthquake Symposium, Kocaeli, Turkey, 2007.
- [54] Işık, E., Kutanis, M., Bal, İ.E.: Displacement of the buildings according to site-specific earthquake spectra. Periodica Polytechnica. Civil Engineering, 60 (2016) 1, pp. 37.
- [55] Işık, E., Kutanis, M.: Determination of local site-specific spectra using probabilistic seismic hazard analysis for Bitlis Province, Turkey. Earth Sciences Research Journal, 19 (2015) 2, pp. 129.
- [56] Utkucu, M.: 23 October 2011 Van, Eastern Anatolia, earthquake (M_w 7.1) and seismotectonics of Lake Van area. Journal of seismology, 17 (2013) 2, pp. 783-805.
- [57] Bozkurt, E.: Neotectonics of Turkey - a Synthesis, Geodinamica Acta (Paris), 14 (2001), pp. 3-30
- [58] Işık, E., Aydın, M.C., Bakış, A., Özlük, M.H.: The faults near Bitlis and seismicity of the region, Bitlis Eren University, BEU Journal of Science, 1 (2012) 2, pp. 153-169
- [59] Utkucu, M., Durmuş, H., Yalçın, H., Budakoğlu, E., Işık, E.: Coulomb static stress changes before and after the 23 October 2011 Van, eastern Turkey, earthquake ($M_w = 7.1$): implications for the earthquake hazard mitigation, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13 (2013), pp. 1889-1902, <https://doi.org/10.5194/nhess-13-1889-2013>
- [60] Işık, E., Kutanis M.: Performance based assessment for existing residential buildings in Lake Van basin and seismicity of the region. Earthquake and structures. 9 (2015) 4, pp. 893-910.
- [61] Turkish Earthquake Code: Turkish earthquake code-specification for structures to be built in disaster areas, Turkey, 2007.
- [62] <http://www.smarthomescada.com>
- [63] <https://parselorgu.tkgm.gov.tr>
- [64] DRBB (Determination of Risk-Bearing Buildings): Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkında kanunun uygulama yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Turkey, 2013.
- [65] Chever, L.: Use of seismic assessment methods for planning vulnerability reduction of existing building stock, Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering-WCEE, Lisbon, Portugal, 2012.
- [66] Ahmed, M.M., Jahan, I., Alam, M.J.: Earthquake vulnerability assessment of existing buildings in Cox's-bazar using field survey & GIS, Int. J. Eng., 3 (2014) 8, pp. 1147-1156.
- [67] Işık, E.: Consistency of the rapid assessment method for reinforced concrete buildings. Earthquakes and Structures, 11 (2016) 5, pp. 873-885.
- [68] <http://www.nehrp.gov/pdf/SeismicWavesNov2014.pdf>
- [69] Porter, K.A.: Rapid observation of vulnerability and estimation of risk (rover): End-to-end seismic risk management software, Proc 9th US National/10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, 25-29 Jul 2010, Toronto Canada.
- [70] Porter, K., Hellman, S., Hortacsu, A.: FEMA ROVER Version 2 and ROVER ATC-20, Mobile Earthquake Safety Software. In Improving the Seismic Performance of Existing Buildings and Other Structures, pp. 787-796, 2015.

- [71] Porter, K., Hellman, S., McLane, T., Carlisle, C.: End-to-end seismic risk management software. In *Improving the Seismic Performance of Existing Buildings and Other Structures*, pp. 1247-1257, 2010.
- [72] Cimellaro, G.P., Scura, G., Renschler, C.S., Reinhorn, A. M., Kim, H.U.: Rapid building damage assessment system using mobile phone technology. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 13 (2014) 3, pp. 519-533.
- [73] <https://www.globalquakemodel.org/single-post/2017/04/21/Global-Earthquake-Model-%E2%80%93-Inventory-Data-Capture-Tools>
- [74] Ploeger, S.K., Sawada, M., Elsabbagh, A., Saatcioglu, M., Nastev, M., Rosetti, E.: Urban RAT: new tool for virtual and site-specific mobile rapid data collection for seismic risk assessment. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30 (2015) 2, 04015006
- [75] Sawada, M., Ploeger, K., Elsabbagh, A., Nastev, M., Saatcioglu, M., Rosetti, E.: Integrated desktop/mobile GIS application for building inventory. *Geological Survey of Canada, Open File, 7345*, 2014.
- [76] Porter, K.A., Jaiswal, K.S., Wald, D.J., Greene, M., Comartin, C.: WHE-PAGER Project: a new initiative in estimating global building inventory and its seismic vulnerability. In *Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering*, 2008.
- [77] Wald, D.J., Earle, P.S., Allen, T.I., Jaiswal, K., Porter, K., Hearne, M.: Development of the US Geological Survey's PAGER system (prompt assessment of global earthquakes for response). In *Proceedings of the 14th world conference on earthquake engineering*, 2008.
- [78] Jaiswal, K.S., Wald, D.J.: Developing a global building inventory for earthquake loss assessment and risk management. In *Proceedings of 14th World Conference on Earthquake Engineering*, 2008.