

Primljen / Received: 18.6.2020.

Ispravljen / Corrected: 15.2.2021.

Prihvaćen / Accepted: 25.2.2021.

Dostupno online / Available online: 10.5.2022.

Primjena DEMATEL pristupa za ocjenu potrebe sanacija i održavanja zgrada

Autori:



Mohammad Kheradranjbar, dipl.ing.građ.
Islamsko sveučilište Azad, Urmia, Iran
Građevinski fakultet, Ogranak u Urmiai
Kherad.ranjbar@kiaiu.ac.ir



Izv.prof.dr.sc. **Mirali Mohammadi**, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Urmiai, Urmia, Iran
Tehnički fakultet
Odjel za građevinarstvo
m.mohammadi@urmia.ac.ir
Autor za korespondenciju



Prof.dr.sc. **Shahin Rafiee**, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Teheranu, Karaj, Iran
Fakultet poljoprivrede i tehničkih znanosti
Visoka škola za poljoprivredu i prirodne resurse
shahinrafiee@ut.ac.ir

Prethodno priopćenje

Mohammad Kheradranjbar, Mirali Mohammadi, Shahin Rafiee

Primjena DEMATEL pristupa za ocjenu potrebe sanacija i održavanja zgrada

Radovi sanacija i održavanja smatraju se jednim od ključnih aktivnosti za funkcioniranje građevina. Faktori koji utječu na sanaciju i održavanje mogu uvelike povećati trajnost građevine, smanjiti troškove, poboljšati kvalitetu, povećati produktivnosti te posljedično znatno doprinijeti ispunjavanju kvantitativnih i kvalitativnih ciljeva građenja. Dakle, određivanje spomenutih faktora može u velikoj mjeri pomoći pri ocjenjivanju građevina. Pravilan odabir tih faktora bazira se na višekriterijskom donošenju odluka koje uključuje definiranje faktora značajnih za sanaciju i održavanja građevina te njihovu višekriterijsku analizu u svrhu ocjenjivanja građevina. U ovom se radu faktori koji utječu na ocjenjivanje građevina prema potrebama sanacije i održavanja određuju pomoću metode Delphi te na temelju odgovarajuće znanstvene literature. Hibridni pristup DANP (DEMATEL baziran na analitičkom mrežnom procesu) primjenjuje se za izračunavanje i ocjenjivanje svih izravnih i posrednih odnosa između dimenzija i komponenata. Prednost ovog pristupa leži u prikladnom razmatranju relativno složenih odnosa između faktora koji utječu na ponašanje građevina. U ovom se radu određuju osnovne karakteristike sustava za sanaciju i održavanje građevina, definiraju se korelacije i odnosi između kriterija sanacije i održavanja, te se zatim određuju prioriteti pojedinačnih kriterija.

Ključne riječi:

sanacija i održavanje, višekriterijsko donošenje odluka, analitički mrežni proces (ANP), laboratorij za donošenje i procjenu odluka (DEMATEL), hibridni pristup

Research Paper

Mohammad Kheradranjbar, Mirali Mohammadi, Shahin Rafiee

Building assessment for repair and maintenance by DEMATEL approach

The repair and maintenance activities are one of the basic concepts in buildings. The factors affecting repair and maintenance may significantly increase the life span of buildings, reduce costs, improve quality, increase productivity and consequently, fulfil the quantitative and qualitative goals of construction. Thus, determining the factors affecting this issue could be of great help in evaluating buildings. Proper selection of these factors is a multi-criteria decision-making problem involving definition of factors affecting the repair and maintenance of buildings, and their consideration as multiple criteria for the evaluation of buildings. In this paper, Delphi method and research literature are used to determine the factors affecting evaluation of buildings based on repair and maintenance. Also, the DANP (DEMATEL based on Network Analysis Process) hybrid approach is applied to calculate and evaluate all direct and indirect relationships between dimensions and components. The advantage of this approach lies in giving proper consideration to the relatively complex interdependencies of factors affecting performance. In this research work, an attempt is made to determine the basic characteristics of the repair and maintenance system in buildings, specify the correlation and relationship between the repair and maintenance criteria, and prioritize these criteria.

Key words:

repair and maintenance, multi-criteria decision making, network analysis process (ANP), decision making trial and evaluation laboratory (DEMATEL), hybrid approach

1. Uvod

Sanacija i održavanje dva su osnovna koncepta koji omogućuju optimalno funkcioniranje raznih komponenata građevine te smanjenje troškova. Sanacija i održavanje uključuju niz aktivnosti koje se provode u svrhu očuvanja komponenata, opreme, kapitala i sredstava za sprečavanje kvarova na opremi i zastoja u radu opreme [1]. Smatra se da je upravljanje održavanjem djelotvorno ako je uspostavljena povezanost između dugoročnog upravljanja podacima i upravljanja građevinom i kratkoročnih aktivnosti građenja kako bi se na minimum sveli troškovi građevine u njenom životnom vijeku zbog nedostatka radne snage na tržištu rada, te omogućilo korištenje modernih rješenja [2].

U današnje se vrijeme velika pažnja posvećuje razvoju strategija za unapređenje postupka sanacije i održavanja građevina, pri čemu se zanemaruje određivanje pokazatelja koji su nužni za provođenje tako značenjenih aktivnosti. U tom se segmentu predlažu nove strategije za kontrolu i sanaciju konstrukcijskih elemenata i sustava. Pregledom i analizom djelotvornih pokazatelja koji se odnose na sanaciju i održavanje mogu se smanjiti troškovi sanacije i održavanja građevina [3].

Kako je u ocjenu sanacije i održavanja građevina uključen velik broj pokazatelja, te kako su građevine prostori u kojim ljudi provode velik dio vremena, očito je da se ti pokazatelji trebaju na odgovarajući način definirati i rangirati. Stoga se u ovom radu usmjerava na definiranje i određivanje prioriteta osnovnih parametara za sanaciju i održavanje sustava u građevinama, na određivanje djelotvornosti i uzajamnih utjecaja relevantnih kriterija, te na uspostavljanje odnosa između pojedinačnih kriterija pomoću višekriterijske metode za donošenje odluka.

Cilj ovog istraživanja je određivanje i rangiranje osnovnih pokazatelja koji se odnose na sanaciju i održavanje građevina. Najprije su uspostavljeni odnosi između pojedinačnih kriterija te su njihovi utjecaji prikladno određeni primjenom metode DEMATEL. Nakon toga je primjenjena kombinacija metoda ANP i DEMATEL, poznata kao metoda DANP, kako bi se odredili stvarni ponderi relevantnih kriterija, međusobni utjecaji pojedinačnih kriterija te odnosi između pojedinačnih kriterija. Nakon toga su kratko opisane teoretske osnove ovog istraživanja i metode primjenjene u istraživanju, te je temeljni problem razmotren s praktičnog stajališta. Na kraju je izveden odgovarajući zaključak.

2. Pregled literature

2.1. Sanacija i održavanje

Održavanje građevina može se definirati kao trajna aktivnost koja se provodi tijekom životnog vijeka neke građevine. Općenito uzevši, održavanjem građevine sama građevina i svi njezini dijelovi dovode se do određene razine učinkovitosti. Odgovarajući sustav za donošenje odluka izuzetno je značajan za logično upravljanje i održavanje građevine [4]. Mnogi stručnjaci vjeruju da je u području sanacije i održavanja postignut veći

napredak nego što je to slučaj u području inženjerskih sustava. Taj napredak uključuje povećanje fizičkog kapitala, napredak u projektiranju i razvoju novih postupaka sanacije i održavanja, te pozitivne promjene u sferi upravljanja. Postupci sanacije i održavanja trebaju se uskladiti i s novim rastućim zahtjevima današnjeg civiliziranog svijeta [5]. Osnovni cilj sanacije i održavanja nekog sustava jest produživanje vijeka trajanja opreme uz najniže moguće troškove te uz maksimalni stupanj djelotvornosti, što se definira već na početku instaliranja opreme ali također i tijekom njenog trajanja [6]. Razumijevanje i pravilan odabir faktora koji utječu na sanaciju i održavanje građevina omogućuje djelotvorno funkcioniranje građevina i njihovih komponenata. Sanacija i održavanje uključuju niz aktivnosti koje dovode do stopostotno učinkovitog održavanja opreme [7]. Takva se očekivanja iskazuju zato što sudionici i građevinski inženjeri danas postaju sve više svjesni utjecaja sanacije i održavanja na okoliš i sigurnost te na kvalitetu proizvoda i udobnost, a sve više rastu i pritisci da se omogućiti veća dostupnost uz nižu cijenu. Ocjena djelotvornih pokazatelja za održavanje građevina omogućuje analizu iznosa utrošenih za određene potrebe, što opet omogućuje ostvarivanje sredstava dostatnih za održavanje konstrukcijske stabilnosti građevina i njihovih sustava, pa tako i za osiguravanje potrebne kvalitete stambenog prostora [8].

2.2. Kriteriji za ocjenjivanje

U svrhu poboljšanja kvalitete građevina do danas su izrađene brojne preporuke i propisi koji omogućuju prikladno projektiranje, građenje, sanaciju i održavanje građevina. Ti se dokumenti mogu upotrijebiti za ocjenjivanje kvalitete građevina na temelju raznih pokazatelja koji se koriste za uspoređivanje i rangiranje različitih mjera za sanaciju i održavanje građevina [9]. Mišljenja stručnjaka o tim kriterijima mogu se podijeliti u četiri osnovne skupine: trošak, dodana vrijednost, sigurnost i ponašanje [10]. Ovo istraživanje provedeno je u Iranu, a temelji se na građevinskim propisima, točkama 2, 12 i 22 državnih Propisa o građenju, normama ISO, britanskom Sustavu za ocjenjivanje sigurnosti i sanitarne ispravnosti stambenih jedinica, američkim normama za kvalitetu stambenih jedinica (eng. *Housing health and safety rating system* - HHSRS) te na objavljenim člancima i ekspertizama o sanaciji i održavanju zgrada. U ovom se radu razmatraju tehnički, društvenoekonomski, ekološki i pravni aspekti ove problematike. U analizi se primjenjuje metoda Delphi, a osam parametara se koriste kao pokazatelji za potrebe ocjenjivanja. Postignuti rezultati prikazani su u tablici 1.

2.3. Prethodna istraživanja

U svom su radu Moghadasi i dr. [11] pomoću pristupa upravljanja nekretninama razvili i odredili kriterije za definiranje učinkovitosti sustava za upravljanje aktivnostima održavanja. Nakon odabira kriterija, provedeno je istraživanje te je utvrđena visoka razina utjecaja i niski stupanj ovisnosti postupka

rušenja i standardizacije znanja o mehanizaciji, u usporedbi s ostalim varijablama koje se koriste u obrambenoj industriji. Primjenjujući višekriterijske postupke za donošenje odluka prema metodi DEMATEL te postupke neizravne neuronske mreže, Dabbagh i dr. [12] definirali su, rangirali i odredili utjecaj i interakciju faktora koji utječu na produktivnost ljudskih resursa u središnjem uredu kompanije za distribucije električne energije za područje istočnog Azerbajdžana. Rezultati su pokazali da je faktor zadovoljstva na radnom mjestu najznačajniji od svih faktora, te da se najmanje značenje pripisuje faktoru privrženosti poduzeću. Mishra i dr. [13] analizirali su problem modeliranja pouzdanosti u vremenu i planiranja preventivnog održavanja stambenih zgrada. Pritom je cilj bio smanjiti utjecaj šteta od prirodnih nepogoda primjenom gama-postupka za nasumično modeliranje oštećenja komponenata zgrada. Ganji i dr. [14] primijenili su metodu laboratorija za donošenje i procjenu odluka (DEMATEL) i analitički mrežni postupak (eng. *analytical network process* - ANP) u izradi karte infrastrukturnih odnosa (eng. *Infrastructure Relationship Map* - IRM) te za djelotvorno ponderiranje kriterija za vozila. Također su koristili i algoritam evidencijskog zaključivanja za određivanje sigurnosti prometovanja međugradskih autobusa te za rješavanje dilema u pogledu nepotpunog unošenja podataka. Rezultati su pokazali da je sustav kočenja najznačajniji kriterij za određivanje stupnja sigurnosti vozila. Primjenom postupka za višekriterijsku simulaciju i donošenje odluka, Khodayari i Abdollahzadeh [15] analizirali su pristup za određivanje odgovarajućih postupaka održavanja i sanacije više proizvoda u prehrambenom proizvodnom pogonu. Osnovni kriteriji za odabir postupka sanacije i održavanja bili su: dobit, produktivnost, dostupnost, uvjeti okoline, sigurnost i pouzdanost. Koristeći računalnu simulaciju i postupak višekriterijskog donošenja odluka, oni su definirali najbolji postupak za svaku proizvodnu liniju. Nzukam i dr. [16] smatraju da najveći dio troškova održavanja stambenih zgrada otpada na sustave za klimatizaciju. Oni su prikazali metodologiju za poboljšanje planova održavanja višekomponentnih sustava koja se bazira na preostalom trajanju. Abdollahzadeh i dr. [17] analizirali su kriterije i ulogu optimalnih strategija održavanja mostova pomoću neizravne metode AHP. Odredili su optimalne strategije sanacije i održavanja definiranjem i rangiranjem kriterija na bazi njihove učinkovitosti u postupcima sanacije i održavanja. Au-Yong i dr. [18] analizirali su karakteristike planiranih aktivnosti održavanja te su upozorili na važnost odgovarajućeg planiranja i provođenja postupaka sanacije i održavanja u smislu povećanja učinkovitosti tih postupaka. U postupku održavanja uglavnom se koristilo šest karakteristika planiranog održavanja kako bi se odredila učinkovitost održavanja i sanacije na bazi planiranja rezultata održavanja. Za te je potrebe provedena detaljna usporedba varijancije troškova održavanja i definirano je pet sljedećih karakteristika: umješnost i poznavanje posla, razina skladištenja rezervnih dijelova i opreme, kvaliteta rezervnih dijelova i opreme, dužina planiranog intervala održavanja te učestalost zastoja zbog kvarova, poslova održavanja i sanacije.

Yau [19] je ispitao relativnu važnost raznih kriterija za donošenje odluka u postupcima višegodišnjeg održavanja stambenih zgrada u Hong Kongu te je u tu svrhu definirao skup kriterija za donošenje odluka. Na kraju je pomoću neizravne sustava pomoći pri donošenju odluka odredio ponderu tih kriterija. Dobiveni rezultati pokazali su da na proces donošenja odluka bitno utječe cijena sanacije i održavanja zgrada. U svojoj studij pod naslovom "Određivanje najbolje strategije održavanja", Zaim i dr. [10] primijenili su dva postupka AHP i ANP u analizi najprodavanijih novina u Turskoj. Pritom su koristili četiri kriterija (dodana vrijednost, cijena, sigurnost i provedivost) i tri mrežne strategije: korektivnu, prognoznou i periodičku. U zaključku navode da je prognozna strategija održavanja najprikladnija za analizu novina. U studiji pod naslovom "Određivanje strategije održavanja", Foladgar i dr. [20] analizirali su pomoću neizravnih postupaka AHP i COPRAS strategije održavanja na bazi kriterija cijene, dostupnosti, rizika i dodane vrijednosti. Analizom su na temelju gornjih kriterija utvrdili da je programirana sanacija i održavanje najbolja od svih analiziranih strategija.

Na temelju opisanog pregleda istraživanja i studija raznih autora, može se ustvrditi da do sada nije provedena niti jedna studija o pokazateljima za analizu sanacije i održavanja građevina u kojoj bi se istovremeno primijenila metoda ponderiranja i postupak rangiranja. Osim toga, budući da je tek nedavno razvijena, metoda DEMATEL nije do sada primjenjena u ovom području. Kako bi se eliminirali postojeći nedostaci, u ovom se radu prikazuje nova integrirana metoda za određivanje pokazatelja za analizu sanacije i održavanja građevina.

Na temelju studija koje se spominju u prethodnim poglavljima, može se zaključiti da su se za određivanje kriterija sanacije i održavanje, te odgovarajućih strategija, u raznim područjima gospodarstva provodila istraživanja koja se temelje bilo na zasebnim ili kombiniranim višekriterijskim postupcima za donošenje odluka. Međutim, takve aktivnosti nisu naišle na odgovarajući odjek u području građevinarstva. Stoga u tom području postoji potreba za razvijanjem i korištenjem odgovarajućih modela. Kako bi se prebrodili ti nedostaci, u ovom se radu pomoću metode Delphi analiziraju djelotvorni kriteriji za sanaciju i održavanje građevina, a postupak DANP se koristi za određivanje odnosa između kriterija sanacije i održavanja, te za rangiranje tih kriterija u području građevinarstva.

3. Metode istraživanja

Primjenjuju se različite teorije kako bi se dobio odgovor na dva osnovna pitanja koja se odnose, prvo, na ključne pokazatelje za ocjenu sanacije i održavanja građevina i, drugo, na rangiranje tih pokazatelja, pri čemu je cilj definirati one parametre koji se mogu učinkovito koristiti u sanaciji i održavanju građevina. Ovo je istraživanje provedeno kako bi se dobili spomenuti odgovori te je provedena anketa u svrhu prikupljanja potrebnih podataka. U skladu s metodologijom za donošenje odluka te imajući na umu potrebu za angažmanom stručnjaka, odabrana su 24 ispitanika u okviru postupka Delphi kako bi pomogli u određivanju

parametara koji utječu na sanaciju i održavanje građevina. Radi se o priznatim stručnjacima s odgovarajućim znanjima u raznim područjima građevinarstva i poslovima održavanja, koji su potpuno upoznati s problematikom u području industrije građevinarstva, te koji posjeduju odgovarajuće istraživačko i radno iskustvo i izuzetno su stručni u navedenom području. Ti su stručnjaci zaposleni na sveučilištu u području građevinarstva i posjeduju odgovarajuće iskustvo u aktivnostima sanacije i održavanja. U okviru ovog istraživanja definirano je trinaest početnih kriterija. Ti su kriteriji određeni na temelju analize relevantne literature i odgovarajućih znanstvenih članaka, te nakon toga uzimajući u obzir mišljenja angažiranih stručnjaka. Na kraju je na temelju metode Delphi i na bazi mišljenja stručnjaka odabrano osam od spomenutih trinaest kriterija, te su oni usvojeni kao osnovni pokazatelji koji utječu na sanaciju i održavanje građevina (tablica 1.).

Tablica 1. Pokazatelji korišteni u ocjenjivanju

Red. br.	Kriterij
1	Sigurnost
2	Zdravlje
3	Udobnost
4	Pravilno korištenje
5	Ušteda energije
6	Okolina
7	Ekonomske uštede
8	Građanska prava

Kriteriji za sanaciju i održavanje odabrani su na temelju relevantnih postavki te na bazi istraživanja podataka prikazanih u literaturi. Prvi kriterij je sigurnost. Prema definiciji iz rječnika, pojam sigurnost označava i sigurnost i zdravlje, a u znanstvenom smislu taj pojam označava stupanj sigurnosti od bilo kakve opasnosti koja bi potencijalno mogla nanijeti štetu osoblju, opremi i građevinama, te koja bi mogla uništiti materijale ili smanjiti učinkovitost u izvršavanju unaprijed definiranog zadatka [21]. Sljedeći faktor je zdravlje, a može se definirati kao sposobnost udovoljavanja fizičkim i mentalnim potrebama stanovnika te kao sposobnost sprečavanja nesreća [22]. Udobnost je osjećaj ugone u smislu uživanja u povoljnoj okolini, temperaturi, bojama, ventilaciji, Sunčevom svjetlu itd. [23]. Sljedeći kriterij je pravilno korištenje. U ovom se radu pravilno korištenje smatra relativnim konceptom. Pravilno korištenje se u građevini može iskazati kroz kvalitetu i učinkovitost opreme u pružanju usluga i u omogućavanju maksimalnog korištenja opreme, resursa i sredstava [24]. Ušteda energije jest promjena u obrascu korištenja energije koja omogućuje optimalno korištenje energetskih resursa a da se pritom ne naruši ekonomsko blagostanje korisnika [25]. Sljedeći faktor je okolina, tj. dio planeta Zemlje u kojem postoji život. U ovom radu okolina stambene zgrade zapravo je prostor u kojem se nalaze sve komponente i u kojem žive ljudi, te u kojem se isprepleću ostali

prirodni, umjetni i društveni faktori te djeluju na životne procese u građevini [26]. Kada govorimo o ekonomskim uštedama, to su uštede koje se ostvaruju uslijed pronalaska inovativnih načina za bolje korištenje ograničenih resursa, uključujući i vrijeme, troškove itd. [27]. Građanska prava su prava koja se bezuvjetno priznaju kao prava svih članova ljudske zajednice. Građani imaju pravo uživati u sigurnom stambenom prostoru usklađenom s njihovim potrebama. U ovom se radu ta prava odnose na pravila i propise koje osobe koje borave u građevini moraju uzeti u obzir kako bi se omogućilo pravilno provođenje aktivnosti sanacije i održavanja [28]. Nakon prikupljanja podataka potrebnih za određivanje ukupnih odnosa (izravnih i posrednih) između dimenzija i komponenata, stručnjaci su proveli njihovo rangiranje, a pritom je primjenjena metoda DANP i matrica uspoređivanja parova.

Svrha ove studije je određivanje ključnih faktora koji utječu na sanaciju i održavanje građevina, zatim definiranje njihovih međuovisnosti te, konačno, rangiranje tih faktora.

Metodom DEMATEL razrađuju se mrežni odnosi isto kao i odnosi između pojedinačnih kriterija. Metoda DEMATEL korisno je sredstvo za analizu uzročno-posljedičnih veza i u tom smislu može prikazati kvalitativne kriterije te analizirati povezane strukturne modele. DEMATEL-om se može djelotvorno iscrtati struktura odnosa s jasno definiranim interakcijama između potkriterija svakog kriterija. Ta se metoda može primijeniti i za izradu uzročno-posljedičnih dijagrama, što omogućuje vizualno predočavanje uzročno-posljedičnih odnosa u podsustavima [29]. Sljedeći se koraci koriste u tradicionalnim i klasičnim metodama za izračunavanje hibridnog modela DEMATEL i ANP. Primjenom metode DEMATEL izračunava se matrica ukupne komunikacije, zatim se preuzima granična vrijednost te se na temelju granične vrijednosti i matrice ukupnih odnosa izvode odnosi između kriterija i potkriterija. Ti se odnosi zatim obrađuju u metodi APN, još jednom se provode usporedbe u parovima, te se izračunava ponder kriterija i potkriterija. Međutim, prema drugoj metodi, granična se vrijednost ne preuzima iz matrice ukupnih odnosa te se formira početna supermatrica s istim ukupnim djelotvornim brojevima, nakon čega se ponderira i postavlja na beskonačnu potenciju kako bi se izračunao konačan ponder za kriterije i potkriterije. Ova metoda je kombinacija metoda DEMATEL i ANP. Postupak se koristi zajedno s ANP-om u obliku postupka DANP u kojem se rezultati ANP dobivaju pomoću matrice ukupne korelacije T_c i T_d izračunane primjenom metode DEMATEL. Dakle, metoda DEMATEL se u postupku DANP služi za izradu modela strukture mreže za svaki kriterij te za poboljšanje normalizacijskog procesa provedenog pomoću metode ANP [30].

U novije se vrijeme kao pomoć u donošenju odluke o najpovoljnijem rješenju primjenjuju operativni analitički postupci kao što je alat za višekriterijsko odlučivanje (eng. Multi-Criteria Decision-Making Tool - MCDM) koji uključuje višeatributno odlučivanje (eng. *Multi-Attribute Decision-Making* - MADM) i višeciljno odlučivanje (eng. *Multi-Objective Decision-Making* - MODM). Prednost tog pristupa sastoji se u prihvaćanju kako računalnih rezultata tako i ljudskih preferencija. Sljedeći su

Tablica 2. Spektar rezultata prema metodi DEMATEL

Nikakva djelotvornost	Vrlo niska djelotvornost	Niska djelotvornost	Visoka djelotvornost	Vrlo visoka djelotvornost
0	1	2	3	4

koraci – bazirani na radu Fontela i Gabusa [31] – prikazani za metodu DEMATEL:

Prvi korak: Formiranje matrice izravnih odnosa. Tada se razmatraju uzajamni utjecaji kriterija. U ovom se radu kao broj stručnjaka koristi oznaka H, a za broj kriterija služi oznaka n. Svaki stručnjak treba odrediti neku razinu na temelju matrice $D = [d_{ij}^h]$ koja određuje utjecaje i na kriterij j. Te usporedbe parova kriterija izražene su pomoću vrijednosti d_{ij}^h . Spektar rezultata prikazan u tablici 2. koristi se za određivanje međusobnih utjecaja pojedinačnih kriterija.

$$D = \begin{bmatrix} d_c^{11} & \dots & d_c^{1j} & \dots & d_c^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_c^{i1} & \dots & d_c^{ij} & \dots & d_c^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_c^{n1} & \dots & d_c^{nj} & \dots & d_c^{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Drugi korak: Izračunavanje normalne matrice izravnih odnosa. Ta se vrijednost izračunava pomoću izraza (2):

$$N = VD; V = \min \left\{ \frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^n d_{ij}, 1 / \max_j \sum_{i=1}^n d_{ij}} \right\}, i, j \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

Treći korak: Izračunavanje normalne matrice izravnih odnosa T_c ; Ta se vrijednost izračunava pomoću izraza (3); treba napomenuti da oznaka I predstavlja jediničnu matricu.

$$T = N, N^2; N^3, \dots, N^h = N(I - N)^{-1}, \text{ kada je } h \rightarrow \infty \quad (3)$$

$$D \begin{matrix} c_{11} & \dots & c_{1m_1} & c_{j1} & \dots & c_{jm_j} & c_{n1} & \dots & c_{nm_n} \\ \vdots & & \vdots & & & \vdots & & & \vdots \\ c_{i1} & \dots & c_{im_1} & c_{ij} & \dots & c_{jm_j} & c_{in} & \dots & c_{im_n} \\ \vdots & & \vdots & & & \vdots & & & \vdots \\ c_{n1} & \dots & c_{nm_1} & c_{nj} & \dots & c_{jm_j} & c_{nn} & \dots & c_{nm_n} \\ \vdots & & \vdots & & & \vdots & & & \vdots \\ c_{nm_n} & \dots & c_{nm_m} & c_{nj} & \dots & c_{jm_j} & c_{nn} & \dots & c_{nm_n} \end{matrix} \begin{bmatrix} T_c^{11} & \dots & T_c^{1j} & \dots & T_c^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{i1} & \dots & T_c^{ij} & \dots & T_c^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{n1} & \dots & T_c^{nj} & \dots & T_c^{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Četvrti korak: Analiza rezultata i izrada uzročno-posljedičnih dijagrama za dimenzije i kriterije: U ovom se koraku redovi i stupci matrice ukupne korelacije zbrajaju zasebno u skladu s izrazom (5). Oznake r_i i c_j predstavljaju sume redova i tj. stupaca j.

$$T = [t_{ij}], i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

$$r = [r_i]_{n \times 1} = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} \quad C = [c_j]_{1 \times n} = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{1 \times n} \quad (5)$$

Indeks $r_i + c_j$ dobiva se zbrajanjem reda "i" i stupca "j", što predstavlja (i = j) značenje kriterija i. Isto tako, indeks $r_i - c_j$ predstavlja razliku između zbroja reda i i stupca j, što predstavlja uzrok ili posljedicu kriterija i. Općenito uzevši, ako je $r_i - c_j$ pozitivan (i = j), tada se kriterij i nalazi u uzročnom nizu kriterija; Ako je $r_i - c_j$ negativan (i = j), tada se kriterij i nalazi u posljedičnom nizu kriterija.

Peti korak: Normaliziranje matrice odnosa ukupnih dimenzija: T_D se dobiva iz srednje vrijednosti T_c^h . Za normaliziranje matrice T_D potrebno je zbrojiti svaki red, te svaki element podijeliti sa zbrojem odgovarajućih elemenata reda.

$$T_D = \begin{bmatrix} t_{11}^{D_{11}} & \dots & t_{1j}^{D_{1j}} & \dots & t_{1m}^{D_{1m}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{i1}^{D_{i1}} & \dots & t_{ij}^{D_{ij}} & \dots & t_{im}^{D_{im}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{m1}^{D_{m1}} & \dots & t_{mj}^{D_{mj}} & \dots & t_{mm}^{D_{mm}} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{matrix} d_1 \sum_{j=1}^m t_{1j}^{D_{1j}} \\ \vdots \\ d_i \sum_{j=1}^m t_{ij}^{D_{ij}} \\ \vdots \\ d_m \sum_{j=1}^m t_{mj}^{D_{mj}} \end{matrix}, d_i \sum_{j=1}^m t_{ij}^{D_{ij}}, i = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$T_D = \begin{bmatrix} t_{11}^{D_{11}} & \dots & t_{1j}^{D_{1j}} & \dots & t_{1m}^{D_{1m}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{i1}^{D_{i1}} & \dots & t_{ij}^{D_{ij}} & \dots & t_{im}^{D_{im}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{m1}^{D_{m1}} & \dots & t_{mj}^{D_{mj}} & \dots & t_{mm}^{D_{mm}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha_{11}} & \dots & t_D^{\alpha_{1j}} & \dots & t_D^{\alpha_{1m}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha_{i1}} & \dots & t_D^{\alpha_{ij}} & \dots & t_D^{\alpha_{im}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha_{m1}} & \dots & t_D^{\alpha_{mj}} & \dots & t_D^{\alpha_{mm}} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Šesti korak: Normaliziranje matrice odnosa ukupnih kriterija: Normalizacija vrijednosti T_c provodi se zbrajanjem stupnja uzroka i posljedica kriterija i varijabli kako bi se dobila vrijednost T_c^α izraz (8):

$$T_c^\alpha = \begin{matrix} c_{11} & \dots & c_{1m_1} & c_{j1} & \dots & c_{jm_j} & c_{n1} & \dots & c_{nm_n} \\ \vdots & & \vdots & & & \vdots & & & \vdots \\ D_1 & \dots & D_1 & \dots & D_j & \dots & D_n & \dots & D_n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{i1} & \dots & c_{im_1} & c_{ij} & \dots & c_{jm_j} & c_{in} & \dots & c_{im_n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{n1} & \dots & c_{nm_1} & c_{nj} & \dots & c_{jm_j} & c_{nn} & \dots & c_{nm_n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{nm_n} & \dots & c_{nm_m} & c_{nj} & \dots & c_{jm_j} & c_{nn} & \dots & c_{nm_n} \end{matrix} \begin{bmatrix} T_c^{\alpha_{11}} & \dots & T_c^{\alpha_{1j}} & \dots & T_c^{\alpha_{1n}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha_{i1}} & \dots & T_c^{\alpha_{ij}} & \dots & T_c^{\alpha_{in}} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{\alpha_{n1}} & \dots & T_c^{\alpha_{nj}} & \dots & T_c^{\alpha_{nn}} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Sedmi korak: Formiranje neponderirane supermatrice (W): Za ove se potrebe izračunava transponirana matrica normalnog ukupnog odnosa T_D^α te se dobiva matrica W, izraz (9):

$$W = (T_c^a)^T = D_i \begin{bmatrix} W^{11} & \dots & W^{1j} & \dots & W^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{j1} & \dots & W^{jj} & \dots & W^{jn} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{n1} & \dots & W^{ni} & \dots & W^{nn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Osmi korak: Formiranje ponderirane supermatrice. Transponirana matrica normalnog ukupnog odnosa T_D^a množi se s neponderiranom supermatricom, izraz (10):

$$W^a = T_D^a W = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha_{11}} \times W^{11} & \dots & t_D^{\alpha_{1j}} \times W^{1j} & \dots & t_D^{\alpha_{1n}} \times W^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha_{j1}} \times W^{j1} & \dots & t_D^{\alpha_{jj}} \times W^{jj} & \dots & t_D^{\alpha_{jn}} \times W^{jn} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha_{n1}} \times W^{n1} & \dots & t_D^{\alpha_{ni}} \times W^{ni} & \dots & t_D^{\alpha_{nn}} \times W^{nn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Deveti korak: Eksponenciranje ponderirane matrice, nakon čega slijedi ponderiranje i određivanje prioriteta. Ponderirana supermatrica diže se na potenciju k kako bi se provela konvergencija svih elemenata supermatrice ($\lim_{k \rightarrow \infty} (W^a)^k$). Zatim se na temelju ograničene supermatrice određuju ponderi kriterija i potkriterija, koji se nazivaju i ponderima ovisnosti ili DANP ponderima. Općenito uzevši, bez obzira na prednosti metode DEMATEL, ona, za razliku od metode ANP, ne omogućuje formiranje supermatrice. U sljedećem se koraku formira početna supermatrica na temelju rezultata dobivenih metodama DEMATEL i ANP. Do određene se mjere izračunava supermatrica, te se određuju ponderi faktora. Na kraju se dobivaju uzročni faktori i definiraju se prioriteta pojedinačnih faktora.

4. Rezultati i rasprava

Predmet i obuhvat (dimenzije) rada definirani su u početnom dijelu ovog istraživanja. U tom su smislu analizirani objavljeni radovi i faktori koji utječu na sanaciju i održavanje građevina. Na temelju definicije predmeta određene su potrebne specijalnosti,

te su odabrani sudionici u anketi primjenom postupka Delphi. Broj sudionika i njihova struka prikazani su u tablici 3. Nakon definiranja sudionika, provedena su tri kruga postupka Delphi. U svakom su krugu anketni upitnici slani i povratno primani elektroničkim putem. U prvom je krugu sudionicima poslan popis faktora koji utječu na sanaciju i održavanje, tj. faktora koji su definirani tijekom inicijalnog pregleda literature. Od sudionika se tražilo da navedu koji se faktori, po njihovu mišljenju, ne nalaze na tom popisu. U drugom su krugu sudionicima poslani faktori koji su predloženi u prvom krugu isto kao i faktori inicijalno definirani analizom literature. Od sudionika je zatraženo da odrede važnost tih faktora. U trećem su krugu prikupljena mišljenja sudionika o predloženim faktorima koji su prema rezultatima prvog i drugog kruga definirani kao srednje značenjeni, vrlo značenjeni te izuzetno značenjeni. Postupak Delphi dovršen je po završetku trećega kruga, tj. nakon postizanja potrebnog konsenzusa. U ovom je radu za određivanje stupnja podudarnosti mišljenja sudionika ankete primjenjen Kendallov koeficijent usklađenosti. Razlika između Kendallovih koeficijenata definiranih u dva konačna kruga iznosila je 0,022.

Ključni pokazatelji za ocjenjivanje građevina na temelju poslova održavanja određeni su pomoću metode Delphi. Značenje pojedinačnih kriterija definirano je pomoću Likertove ljestvice. U svakom su krugu za svaki faktor sudionici bili obaviješteni o prosječnim vrijednostima odgovora dobivenih u proteklom razdobljima te o prethodnim odgovorima svakog sudionika. U ovom je radu za određivanje konsenzusa sudionika korišten Kendallov koeficijent usklađenosti. Na temelju dobivenih rezultata, utvrđeno je da je u drugom krugu ankete Kendallov koeficijent usklađenosti iznosio (0,581) dok je Cronbachov koeficijent alfa iznosio (0,831). Na temelju prosječnih vrijednosti odgovora sudionika, iz istraživanja su isključeni pokazatelji za koje je u prethodnom krugu utvrđen nizak ili vrlo nizak utjecaj, te je od sudionika zatraženo da još jednom navedu redoslijed važnosti pokazatelja. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 4. Kendallov koeficijent usklađenosti mišljenja sudionika o osam faktora iznosio je (0,603), a Cronbachov koeficijent alfa iznosio je (0,707), što ne pokazuje bitan rast u dva uzastopna kruga, tj. pokazuje na konsenzus sudionika. Nominalnu vrijednost

Tablica 3. Broj sudionika ankete i njihove struke

Struke	Broj	Magistar znanosti	Doktor znanosti
Elektrotehnika	1	-	1
Mehanizacija i opremanje	1	-	1
Prometne znanosti	2	1	1
Građevinarstvo	10	4	6
Arhitektura	3	1	2
Ekologija	1	-	1
Sanacija i održavanje	2	1	1
Strojarstvo	1	-	1
Urbanizam	2	1	1
Geodezija	1	1	-

Tablica 4. Detaljan opis rezultata dobivenih u trećem krugu

Red. br.	Kriteriji	Odgovori	Srednja vrijednost	SD	Min	Max	Rangiranje prema srednjoj vrijednosti
1	Sigurnost	24	4,92	0,282	4	5	1
2	Zdravlje	24	4,08	0,282	4	5	2
3	Udobnost	24	4,00	0,417	3	5	4
4	Pravilno korištenje	24	4,04	0,359	3	5	3
5	Ekonomske uštede	24	3,17	0,381	3	4	7
6	Okolina	24	4,08	0,408	3	5	2
7	Ušteda energije	24	3,75	0,608	3	5	5
8	Građanska prava	24	3,71	0,464	3	4	6

Tablica 5. Matrica izravnih odnosa

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	0,0000	2,3043	2,7826	2,6957	2,9565	2,0000	2,8261	2,3478
C2	1,2609	0,0000	2,0435	2,0870	2,3043	1,8696	1,9130	1,9130
C3	1,6957	1,8261	0,0000	1,9565	2,3478	2,0000	2,2174	2,1739
C4	1,5217	1,9130	1,4783	0,0000	2,0870	1,9565	2,2174	1,8696
C5	1,4348	1,5652	1,7391	1,5652	0,0000	1,8261	1,6957	1,8261
C6	1,5652	1,8696	2,3043	2,1739	2,6087	0,0000	2,2174	2,2174
C7	1,5652	1,8696	1,9130	1,8696	2,1304	1,8696	0,0000	1,8261
C8	1,4348	1,5652	2,0435	1,9565	2,3043	2,1304	2,1739	0,0000

Tablica 6. Matrica izravnih i neizravnih odnosa (matrica T)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	0,3293	0,5085	0,5655	0,5616	0,6408	0,5183	0,5946	0,5459
C2	0,3181	0,3013	0,4311	0,4331	0,4950	0,4144	0,4459	0,4254
C3	0,3538	0,4127	0,3498	0,4479	0,5208	0,4400	0,4817	0,4577
C4	0,3253	0,3925	0,4000	0,3231	0,4784	0,4122	0,4535	0,4172
C5	0,2985	0,3490	0,3821	0,3738	0,3397	0,3772	0,3983	0,3856
C6	0,3594	0,4282	0,4785	0,4723	0,5495	0,3542	0,4974	0,4745
C7	0,3278	0,3910	0,4203	0,4181	0,4811	0,4088	0,3439	0,4160
C8	0,3311	0,3876	0,4377	0,4334	0,5023	0,4321	0,4645	0,3352

upitnika provjerili su profesori i stručnjaci. Nakon toga je pomoću postupka CVR izračunan indeks valjanosti sadržaja (CVI = 0,80), čime je potvrđena valjanost pitanja [32].

Važnost svakog kriterija odredili su stručnjaci na temelju usklađenosti predloženih pokazatelja, tj. faktora koji utječu na aktivnosti sanacije i održavanja građevina. U tom je smislu određena svrha biranja najzačinjenijeg indeksa. Kriteriji odabrani prema metodi Delphi grupirani su kako slijedi: sigurnost (C1), zdravlje (C2), udobnost (C3), pravilno korištenje (C4), ekonomske uštede (C5), okolina (C6), ušteda energije (C7) i građanska prava (C8). Nakon analize strukture odluka, metodom DEMATEL analizirani su i unutarnji odnosi. Metoda geometrijske sredine primjenjena je u postupcima ANP i DEMATEL za objedinjavanje mišljenja sudionika. Nakon objedinjavanja (agregiranja)

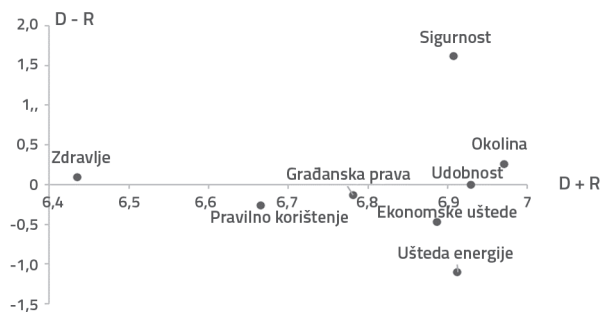
mišljenja, metodom DEMATEL dobiveni su i odgovarajući rezultati (vidi tablice 5. i 6.).

Pouzdanost je izračunana prema odnosu prikazanom u izrazu (11). Prema metodi DEMATEL, dobivena stopa upućuje na dobru pouzdanost mišljenja stručnjaka. U ovom je radu dobivena vrijednost od 0,04997, što je prihvatljivo jer je niža od 0,05.

$$\text{Incapability rate} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{|g_c^{ij\rho} - g_c^{ij(\rho-1)}|}{g_c^{ij\rho}} \cdot 100\% \quad (11)$$

Razmatrana je i granična srednja vrijednost svih brojeva dobivenih iz tablice matrice izravnih i posrednih odnosa. U ovom istraživanju, ta granična vrijednost iznosi (0,4256). Stoga se

moгу zanemariti djelomični odnosi (svi odnosi čija je vrijednost u matrici T niža od granične vrijednosti, tj. oni se svode na nulu, što znači da odnos nije uzročno-posljedičan. Nakon toga se izrađuje mreža pouzdanih odnosa (odnosa kod kojih su vrijednosti u matrici T veće od granične vrijednosti). Zatim se izrađuje uzročno-posljedični dijagram, u kojem je položaj svakog faktora određen točkom s koordinatama (D+R, D-R) unutar sustava. Uzročno-posljedični faktori i međusobni utjecaji pojedinačnih faktora prikazani su na slici 1.



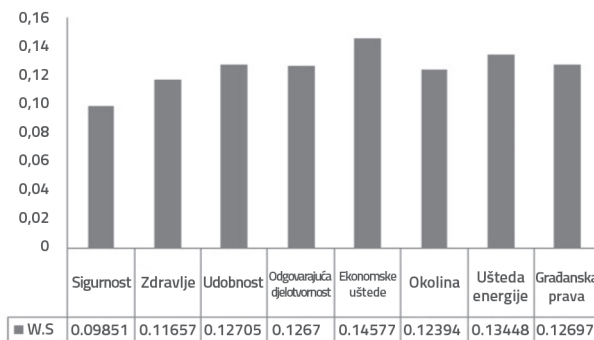
Slika 1. Uzročno-posljedični dijagram

Na horizontalnoj se osi (D+R) vidi utjecaj poželjnog faktora unutar sustava. Drugim riječima, viši faktor D+R znači da taj faktor ima veću interakciju s ostalim faktorima u sustavu: on stoga zauzima značenije mjesto u sustavu. Na vertikalnoj je osi (D-R) prikazan utjecaj svakog pojedinačnog faktora. Općenito uzevši, ako je D-R pozitivan, varijabla je uzročna varijabla, a ako je negativan, varijabla se smatra posljedičnom varijablom. Faktor sigurnosti ima najvišu vrijednost D, pa se stoga smatra najutjecajnijim faktorom. Kriterij ekonomskih ušteda također ima najvišu vrijednost R te se stoga smatra najdjelotvornijim faktorom. Kako faktor okoline ima najvišu vrijednost D+R, on je također u najvišem odnosu s ostalim faktorima u sustavu. Međutim, kako je vrijednost D-R za sigurnost, zdravlje i okolinu pozitivna, te se varijable smatraju posljedičnim. Pokazatelji udobnosti, pravilnog korištenja, ekonomskih ušteda, ušteda energije i građanskih prava smatraju se djelotvornim pokazateljima jer su im vrijednosti negativne. Ponderirana matrica razmatranih parametara prikazana je u tablici 7. Vrijednosti ponderirane matrice (tablica 7.) podignute su do konačnog pondera. U metodi DANP do konvergencije

Tablica 7. Ponderirana matrica

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	0,0772	0,0974	0,1021	0,1016	0,1028	0,0994	0,1022	0,0996
C2	0,1192	0,0923	0,1191	0,1226	0,1202	0,1185	0,1219	0,1166
C3	0,1326	0,1321	0,1010	0,1249	0,1316	0,1324	0,1311	0,1317
C4	0,1317	0,1327	0,1293	0,1009	0,1287	0,1307	0,1304	0,1304
C5	0,1503	0,1516	0,1503	0,1494	0,1170	0,1521	0,1500	0,1511
C6	0,1215	0,1269	0,1270	0,1287	0,1299	0,0980	0,1275	0,1300
C7	0,1394	0,1366	0,1391	0,1416	0,1371	0,1376	0,1072	0,1398
C8	0,1280	0,1303	0,1321	0,1303	0,1328	0,1313	0,1297	0,1008

supermatrice obično dolazi na potenciji 5 i 7. U ovom istraživanju, do konvergencije dolazi na petoj potenciji te se određuje ukupan ponder kriterija i njihovi prioriteti. Na kraju se rezultati prikazani na slici 2. rangiraju prema definiranim ponderima. Prema toj slici, ekonomske uštede su djelotvornije pa stoga imaju veći ponder, dok sigurnost – koja je djelotvornija – ima manji ponder.



Slika 2. Rangiranje pokazatelja

Kako je ovo istraživanje provedeno u području građevinarstva, kriteriji koji se odnose na sanaciju i održavanje građevina razlikuju se od kriterija koji se primjenjuju u drugim granama industrije. Sljedeći se kriteriji usvajaju u nekim drugim područjima kao kriteriji za sanaciju i održavanje: Zaim i dr. analizirali su dodanu vrijednost, trošak, sigurnost i provedivost. Fooladgar i dr. analizirali su trošak, pristup, rizik i dodanu vrijednost, dok su Khodayari i Abdollahzadeh [15] analizirali kriterije dobiti, produktivnosti, pristupačnosti, okoline, sigurnosti i pouzdanosti. Međutim, uz kriterije sigurnosti, korištenja, okoline i ekonomske uštede, koji se u ovom radu razmatraju umjesto kriterija troška i vremena, u ovom se istraživanju u području sanacije i održavanja građevina također uvode i dodani novi kriteriji kao što su zdravlje, udobnost, ušteda energije i građanska prava.

5. Zaključak

Osnovni je cilj ovog istraživanja određivanje karakteristika koje se odnose na sanaciju i održavanje građevina kako bi se u što većoj mjeri poboljšala njihova djelotvornost. Jedan od većih

problema s kojima se danas suočavaju upravitelji jest nedovoljno poznavanje pokazatelja koji utječu na aktivnosti održavanja u području građevinarstva. Odabir odgovarajućih kriterija za sanaciju i održavanje građevina strateško je pitanje odlučivanja o kojem ovisi djelotvornost mjera sanacije i održavanja građevina u tom području. U ovom se radu primjenjuje višekriterijski pristup za donošenje odluka pri rangiranju ključnih pokazatelja koji se odnose na sanaciju i održavanje građevina.

Rezultati postignuti u ovom istraživanju nakon analize mišljenja stručnjaka pokazuju da su sljedeći pokazatelji od ključnog značenja za ocjenjivanje građevina na temelju zahtjeva sanacije i održavanja: sigurnost, zdravlje, udobnost, pravilno korištenje, ekonomska ušteda, ušteda energije, okolina i građanska prava. Ti se kriteriji razlikuju od odgovarajućih kriterija koji se primjenjuju u drugim granama industrije. Nakon definiranja kriterija održavanja u građevinarstvu na temelju metode DANP, u ovom je radu utvrđeno da okolina ima najveći stupanj interakcije s ostalim komponentama. Sigurnost je najdjelotvorniji faktor,

a ekonomska ušteda najutjecajniji faktor. Najniža razina interakcije zabilježena je kod kriterija zdravlja. Kriteriji udobnosti, zdravlja, građanskih prava i uštede energije nisu razmatrani u prijašnjim istraživanjima i mogu se primijeniti kao novi kriteriji za određivanje politika za sanaciju i održavanje građevina. Djelotvornost definiranih kriterija za sanaciju i održavanja svakako će doprinijeti poboljšanju kvalitete i povećanju uporabnog vijeka građevina. Ovdje iskazane spoznaje mogu pomoći donositeljima odluka da razmotre prioritete održavanja u građevinarstvu s raznih gledišta. Određivanjem prioriteta pokazatelja i odnosa između pojedinačnih kriterija omogućuje se precizno određivanje potpokazatelja u sustavu sanacije i održavanja građevina, što posljedično dovodi do usvajanja odgovarajućih strategija.

U budućim istraživanjima predlaže se određivanje potpokazatelja u sustavu sanacije i održavanja te definiranje odgovarajućih strategija u ovom području na bazi spomenutih kriterija i potkriterija, a uz primjenu postupaka TOPSIS, VIKOR i drugih metoda za višekriterijsko donošenje odluka.

LITERATURA

- [1] Chan, F.K., Thong, J.Y.: Acceptance of agile methodologies: A critical review and conceptual framework, *Decision support systems*, 46 (2009) 4, pp.803-814, <https://doi.org/10.1016/j.dss.2008.11.009>.
- [2] Cerić, A., Završki, I., Vukomanović, M., Ivić, I., Nahod, M.M.: BIM implementation in building maintenance management, *Građevinar*, 71 (2019) 10, pp. 889-900, <https://doi.org/10.14256/JCE.2730.2019>.
- [3] Thoft-Christensen, P., Dalsgard Sorensen, J.: *Optimal Strategy for Inspection and Repair of Structural Systems*, Institutet for Bygningsteknik, Aalborg Universitetscenter, (1986). <https://doi.org/10.1080/02630258708970464>.
- [4] Cerić, A., Katavić, M.: Building maintenance management. *Građevinar*, 53 (2001) 2, pp. 83-89, <https://hrcak.srce.hr/12216>.
- [5] Nilipour Tabatabaei, A., Bagherzadeh Niri, M., Shabani Sichani, M.: Designing an applied model for balanced performance assessment of maintenance systems, 5th International Management Conference, Tehran, Ariana Research Group, 2007. https://www.civilica.com/Paper-IRIMC05-IRIMC05_044.html. [in Farsi]
- [6] Hosseini Firouz, M., Ghadimi, N.: Optimal preventive maintenance policy for electric power distribution systems based on the fuzzy AHP methods. *Complexity*, 21 (2016) 6, pp. 70-88. <https://doi.org/10.1002/cplx.21668>.
- [7] Aghaee, M., Afzali, S.: Applying a hybrid DEMATEL and ANP approach for suitable maintenance approach selection (case study: work vehicle industry), *Journal of Industrial Management Perspective*, 2 (2012) 2, pp. 89-107. [in Farsi]
- [8] Kim, S., Lee, S. Han Ahn, Y.: Evaluating housing maintenance costs with loss-distribution approach in South Korean Apartment Housing, *Journal of Management in Engineering*, 35 (2019) 2, p.04018062. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000672](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000672).
- [9] Wang, L., Chu, J., Wu, J.: Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process, *International journal of production economics*, 107 (2007) 1, pp. 151-163, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.08.005>.
- [10] Zaim, S., Turkyilmaz, A., Acar, M.F., Al-Turki, U., Demirel, O.F.: Maintenance strategy selection using AHP and ANP algorithms: a case study, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 18 (2012) 1, pp. 16-29. <https://doi.org/10.1108/13552511211226166>.
- [11] Moghadasi, M., Ahmadi, F., Moghadasi, M., Ghasemi, M.R.: Identification and prioritization of performance evaluation criteria of maintenance management system with physical asset management approach in defense industry, *Journal of Research in Defense Maintenance Engineering* 1 (2020) 2, pp. 26-41. <https://civilica.com/doc/997478>. [in Farsi]
- [12] Dabbagh, R., Raeisi, D., Ali Khanloui, S.: The effect and effectiveness of factors affecting human resource productivity by multi-criteria decision making methods (Case study: East Azarbaijan Power Distribution Company), *Iranian Journal of Electrical Quality and Productivity*, 9 (2020) 4, pp. 84-100. [in Farsi]
- [13] Mishra, S., Vanli, O.A., Kakareko, G., Jung, S.: Preventive maintenance of wood-framed buildings for hurricane preparedness, *Structural Safety*, 76 (2019), pp. 28-39. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2018.07.002>.
- [14] Ganji, S.S., Rassafi, A.A., Kordani, A.A.: Vehicle safety analysis based on a hybrid approach integrating DEMATEL, ANP and ER, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22 (2018) 11, pp. 4580-4592. <https://doi.org/10.1007/s12205-018-1720-0>.
- [15] Khodayari, M., Abdollahzadeh, S.: An approach to determine appropriate multi-product maintenance policies using multi-criteria simulation and decision making, *Industrial Management*, 10 (2018) 2, pp. 279-296. doi: 10.22059/ijm.2018.248555.1007365 [in Farsi].

- [16] Nzukam, C., Voisin, A., Levrat, E., Sauter, D., lung, B.: A dynamic maintenance decision approach based on maintenance action grouping for HVAC maintenance costs savings in Non-residential buildings, *IFAC-PapersOnLine*, 50 (2017) 1, pp. 13722-13727. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2551>.
- [17] Abdollahzadeh, G.R., Norouzi, H., Taheri Amiri, M.J., Haghghi, F.R.: Selecting optimal bridge maintenance strategy based on multi-criteria decision making algorithm and mathematical programming model (Case study: bridges in Mazandaran province), *Journal of Transportation Engineering*, 6 (2015) 3, pp. 463-478. [in Farsi]
- [18] Au-Yong, C.P., Shah Ali, A., Ahmad, F.: Office building maintenance: Cost prediction model, *Građevinar*, 65 (2013) 9, pp. 803-809. <https://doi.org/10.14256/JCE.677.2012>.
- [19] Yau, Y.: Multicriteria decision making for homeowners' participation in building maintenance, *Journal of urban planning and development*, 138 (2012) 2, pp. 110-120. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000108](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000108).
- [20] Fouladgar, M., Yazdani-Chamzini, A.R., Lashgari, A., Zavadskas, E.K., Turskis, Z.: Maintenance strategy selection using AHP and COPRAS under fuzzy environment, *International journal of strategic property management*, 16 (2012) 1, pp. 85-104. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2012.666657>.
- [21] Golabchi, M., Amiri, M.: *Project Safety Management: With the approach of construction projects*, publisher of Pars University of Architecture and Art, (2015), ISBN: 9786009482528. [in Farsi]
- [22] Hatami, H., Razavi, S.M., Eftekhari Ardebili, H., Majlessi, F.: *Comprehensive Public Health Book*, Tehran, Publisher of Arjmand Book, 3 (2019) 1. [in Farsi]
- [23] Monshizadeh, R., Hosseini, S., Shabani, S., Ojagh, A.: An investigation into thermal convenience and the impact of building height on urban microclimate: A case study of shahrdari street, Tehran, Iran. *Environmental based territorial planning (Amayesh)*, 6 (2013) 20, pp. 109-126. [in Farsi]
- [24] Bakhtiari, S., Dehghanizadeh, M., Hosseinipour, S.M.: Analysis of labor productivity and efficiency in cooperative sector: a case study of industrial cooperatives in Yazd province, quarterly, *Journal of Management and Development Process*, 27 (2014) 3, pp. 45-73. [in Farsi]
- [25] Naderian, M.A., Haji Mirzaei, S.M.A.: Pathology of saving programs in Iran, *energy economics*, No. 90&91 (2007), pp. 34-41. [in Farsi]
- [26] Sarmadi, M., Masoumifard, M.: A study on the role of ICT-based education in decreasing environmental challenges (with emphasis on urban environment), *Scientific Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 4 (2016) 2, pp. 38-50. [in Farsi]
- [27] Bagheri, F., Makarizadeh, V.: Analysis of building saving opportunities from economic and environmental perspectives, 7th National Conference on Energy (Energy Sustainability, Supply Security, Demand Management and Consumption Pattern Modification), Tehran, (2009), pp. 64-67. <https://civilica.com/doc/92171>. [in Farsi]
- [28] Kamyar, G.R.: *Building Rights*, Publisher of Majd Scientific and Cultural Assembly, (2020). [in Farsi]
- [29] Büyüközkan, G., Çifçi, G., Gülerüz, S.: Strategic analysis of healthcare service quality using fuzzy AHP methodology, *Expert Systems with Applications*, 38 (2011) 8, pp. 9407-9424. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.103>.
- [30] Yang, Y.P.O., Shieh, H.M., Leu, J. D., Tzeng, G.H.: A novel hybrid MCDM model combined with DEMATEL and ANP with applications. *International journal of operations research*, 5 (2008) 3, pp. 160-168.
- [31] Fontela, E., Gabus, A.: *The DEMATEL observer*, Battelle Institute, Geneva Research Center, (1976).
- [32] Lawshe, C.H.: A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28 (1975) 4, pp. 563-575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>.