

Određivanje prvenstva pri upravljanju rizicima građevinskih projekata

Anita Cerić, Tamara Marić

Ključne riječi

građevinski projekt, rizik, upravljanje rizikom, određivanje prvenstva, kvalitativni pristup, Analitički hijerarhijski pristup

Key words

construction project, risk, risk management, determination of priorities, qualitative approach, analytical hierarchy process

Mots clés

projet de construction, risque, gestion des risques, détermination des priorités, approche qualitative, processus de la hiérarchie analytique

Ключевые слова

строительный проект, риск, управление риском, определение приоритета, качественный подход, аналитический иерархический подход

Schlüsselworte

Bauprojekt, Risiko, Risikoleitung, Bestimmung der Priorität, qualitativer Zutritt, analytisch - hierarchischer Zutritt

A. Cerić, T. Marić

Pregledni rad

Određivanje prvenstva pri upravljanju rizicima građevinskih projekata

Polazi se od tvrdnje da se kvalitativni pristup određivanju popisa prvenstva u upravljanju rizicima primjenjuje kada nije na raspolaganju odgovarajuća baza podataka ili nema dovoljno pokazatelja za izračunavanje. Prikazane su najčešće rabljene tehnike za kvalitativnu analizu rizika. Usporedbom triju tehnika pokazano je da je Analitički hijerarhijski pristup (AHP) najpotpunija i najprilagodljivija tehnika za kvalitativni pristup upravljanju rizicima u građevinskim projektima.

A. Cerić, T. Marić

Subject review

Determining priorities for managing risk on construction projects

The paper starts with assertion that a quality-based approach should be applied to determine priority list for risk management in cases when an appropriate data base is not available, or when calculation parameters are not sufficient. Techniques most often used in the qualitative analysis of risk are presented. After comparison of three techniques, it has been established that the analytical hierarchy process (AHP) is the most complete and the most flexible technique for ensuring a qualitative approach to risk management on construction projects.

A. Cerić, T. Marić

Ouvrage de synthèse

Détermination des priorités dans la gestion des risques sur projets de construction

L'ouvrage commence par l'assertion qu'une approche qualitative devrait être utilisée dans la détermination d'une liste de priorité pour la gestion des risques dans les cas où la base de données n'est pas disponible, ou quand les paramètres de calcul ne sont pas suffisants. Les techniques le plus souvent utilisées dans l'analyse qualitative des risques sont présentées. Après comparaison de trois techniques, il a été établi que le processus de la hiérarchie analytique (AHP) est le plus complète et le plus flexible pour assurer une approche qualitative à la gestion du risque sur projets de construction.

A. Церич, Т. Марич

Обзорная работа

Определение приоритета при управлении рисками строительных проектов

Исходится из утверждения, что качественный подход к определению списка приоритетов при управлении рисками применяется в том случае, когда не имеется соответствующей базы данных, или в случае отсутствия достаточного числа показателей для расчета. Приведены техники, наиболее часто применяемые для качественного анализа риска. Путем сравнения трех техник показано, что аналитический иерархический подход (АЕП) - техника, наиболее полная и наиболее подходящая для качественного подхода к управлению рисками в строительных проектах.

A. Cerić, T. Marić

Übersichtsarbeit

Bestimmung der Priorität bei der Risikoleitung in Bauprojekten

Man geht von der Behauptung aus dass man einen qualitativen Zutritt zur Bestimmung der Prioritätsliste in der Risikoleitung anwendet wenn eine entsprechende Datenbasis nicht zur Verfügung steht oder man für die Errechnung nicht genügend Angaben hat. Dargestellt sind die häufigst angewendeten Verfahren für die qualitative Analyse des Risikos. Der Vergleich von drei Verfahren zeigte dass der analytisch - hierarchische Zutritt (AHZ) das vollkommenste und anpassungsfähigste Verfahren für die Risikoleitung in Bauprojekten ist.

Autori: Prof. dr. sc. **Anita Cerić**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zagreb, dr. sc. **Tamara Marić**, dipl. ing. građ., Agencija za promet i posredovanje nekretninama, Zagreb

1 Uvod

Upravljanje rizicima je kontinuirani proces i trebao bi obuhvatiti sve faze građevinskog projekta [1]. Projekti se sastoje od niza povezanih aktivnosti. Rizici i njihovi učinci trebali bi se promatrati na svim ključnim mjestima odlučivanja u projektu i putem svih sudionika uključenih u proces donošenja odluka [2]. Prepoznavanje uzroka koji mogu dovesti do štetnih učinaka za projekt, analiza mogućih štetnih posljedica i priprema odgovora na njih odvijaju se kontinuirano kroz cijeli životni vijek projekta. Najveća je odgovornost za prepoznavanje rizika, analizu i odgovor na njih na investitoru i njegovu timu koji upravlja projektom. Što se tiče provedbe projekta, tim koji upravlja projektom mora poduzeti akcije kojima se smanjuju ili eliminiraju učinci rizika odnosno nesigurnosti. Stoga je upravljanje rizicima sastavni dio upravljanja projektom i ne može se promatrati kao zasebna cjelina.

2 Faze provedbe građevinskih projekata

Podjela građevinskog projekta na faze nastala je kao težnja da se pronađe skup radnji koje je potrebno obaviti pri realizaciji bilo kojeg projekta. Svaki je projekt moguće podijeliti na diskretne faze od kojih svaka ima svoju svrhu, trajanje i djelokrug rada. Kraj svake faze predstavlja točku odlučivanja gdje se revidira dotadašnji progres i donose sve ključne odluke potrebne za nastavak projekta.

Prema [3] svaki projekt u svojoj evoluciji prolazi kroz slične faze. Faze mogu varirati u svojoj veličini i intenzitetu ovisno o projektu. Usporedbom 9 objavljenih planova realizacije projekata zaključeno je da projekt uvijek mora početi nekom vrstom definicije što se namjerava napraviti, nakon koje slijedi projektiranje. Nakon projektiranja slijedi proces ugovaranja, izvedba radova i kompletiranje odnosno završetak projekta.

3 Upravljanje rizicima u različitim fazama građevinskih projekata

Različite faze kroz koje prolazi projekt imaju svoje specifičnosti, međusobno se nadovezuju i zahtijevaju zaseban pristup upravljanju rizicima. Za svaku fazu provodi se predviđeni proces upravljanja rizicima. Na kraju svake faze ponovno se prepoznaju i analiziraju rizici za preostale faze i donosi se odluka o načinu upravljanja rizicima. Svaka faza sadrži nekoliko ključnih pretpostavki koje je potrebno zadovoljiti da bi se donijela odluka o nastavku projekta. Kako se projekt razvija dobivaju se informacije koje potvrđuju ili opovrgavaju početne pretpostavke. U slučaju opovrgavanja početnih pretpostavki moguća je pojava potpuno novih rizika kojima onda treba upravljati. Nesigurnosti, odnosno rizici najveći su u ranim fazama projekta. Kako se projekt razvi-

ja, tako je i sve manje nepoznanica. Veličina nesigurnosti obrnuto je proporcionalna razvoju projekta [4].

Građevinski projekt u svojoj evoluciji prolazi kroz više faza i u svakoj od njih moguće je identificirati veliki broj potencijalnih rizika, odnosno događaja čiji nepovoljni ishod može negativno utjecati na uspješnost provedbe projekta. Praktički svaka aktivnost koja se provodi na realizaciji projekta opterećena je mogućnošću da nešto krene u neželjenom pravcu. Bilo bi veoma teško napraviti opći popis svih rizika koji se pojavljuju u građevinskim projektima bez obzira na veličinu, tip, sadržaj, odnosno specifičnosti pojedinog projekta. Za kvantitativnu analizu velikog broja rizika nikada ne bi bilo dovoljno podataka, dok bi kvalitativna analiza velikog broja rizika bila dugotrajan proces podložan nekonzistentnim prosudbama zbog velikog broja odluka koje bi tim za upravljanje rizicima (engl. *risk management team*) morao donijeti.

Popis rizika koji se analiziraju u nekoj fazi građevinskog projekta nastaje tako što se popisu rizika koji su zajednički svim građevinskim projektima pridoda popis rizika vezanih za projekt. Ti se rizici utvrđuju nakon istraživanja potencijalnih izvora rizika vezanih za projekt, nepovoljnih događaja koji u sebi nose rizik te nepovoljnih učinaka koji će se dogoditi ako se ostvari neželjeni scenarij.

4 Ciklički proces upravljanja rizikom

Proces upravljanja rizikom uvijek započinje prepoznavanjem rizika. Prepoznavanje rizika može se smatrati najvažnijom fazom procesa upravljanja rizikom. Cilj je izrada popisa značajnih rizika za određeni projekt. Da bi se taj popis izradio moraju se prvo istražiti potencijalni izvori rizika, nepovoljni događaji koji u sebi nose rizik te nepovoljni učinci koji će se dogoditi ako se ostvari neželjeni scenarij. Na primjer, izvor rizika su vremenski uvjeti, događaj su iznimno loši vremenski uvjeti, a učinak je kašnjenje izvedbe radova zbog iznimno loših vremenskih uvjeta. Prepoznavanje rizika uvelike ovisi o iskustvu menadžera. Ako je menadžer imao dobra iskustva s određenim metodama i tehnikama prepoznavanja rizika tada će ih upotrijebiti i ubuduće, dok loše iskustvo vodi do izbjegavanja prethodno primijenjenih pristupa.

Na izrađenom popisu najvažnijih rizika potrebno je provesti kvalitativnu procjenu rizika. Ona se vodi u dokumentu koji se naziva registrom rizika. Prvi je korak u izradi registra rizika kratak opis svakoga pojedinog rizika. Opis mora biti jasan i nedvosmislen da bi se izbjegla pomiješanost s drugim rizicima. Pošto su opisani, rizike treba klasificirati u kategorije radi prepoznavanja izvora rizika. Kategorije trebaju obuhvatiti što veći broj izvora rizika.

Nakon što su definirani izvori, za svaki rizik potrebno je odrediti nepovoljni događaj koji će proizvesti taj rizik. Posebno to je važno zbog kasnijeg definiranja odgovora na rizik. Između rizika često postoji međusobna veza koju treba definirati, Na primjer, neki će se rizik pojaviti kao rezultat neke akcije koja je bila odgovor na neki drugi rizik. U ovoj fazi procesa upravljanja rizikom potrebno je alocirati odgovornu osobu ili tim za svaki prepoznati rizik.

Sada je moguće za svaki rizik odrediti vjerojatnost pojave rizika i njegov utjecaj na projekt, a samim tim i izloženost riziku kao umnožak vjerojatnosti i utjecaja rizika i napraviti popis s redoslijedom prvenstva upravljanja rizicima. Ovisno o prihvatljivosti rizika moguće je definirati strategiju odgovora na rizik.

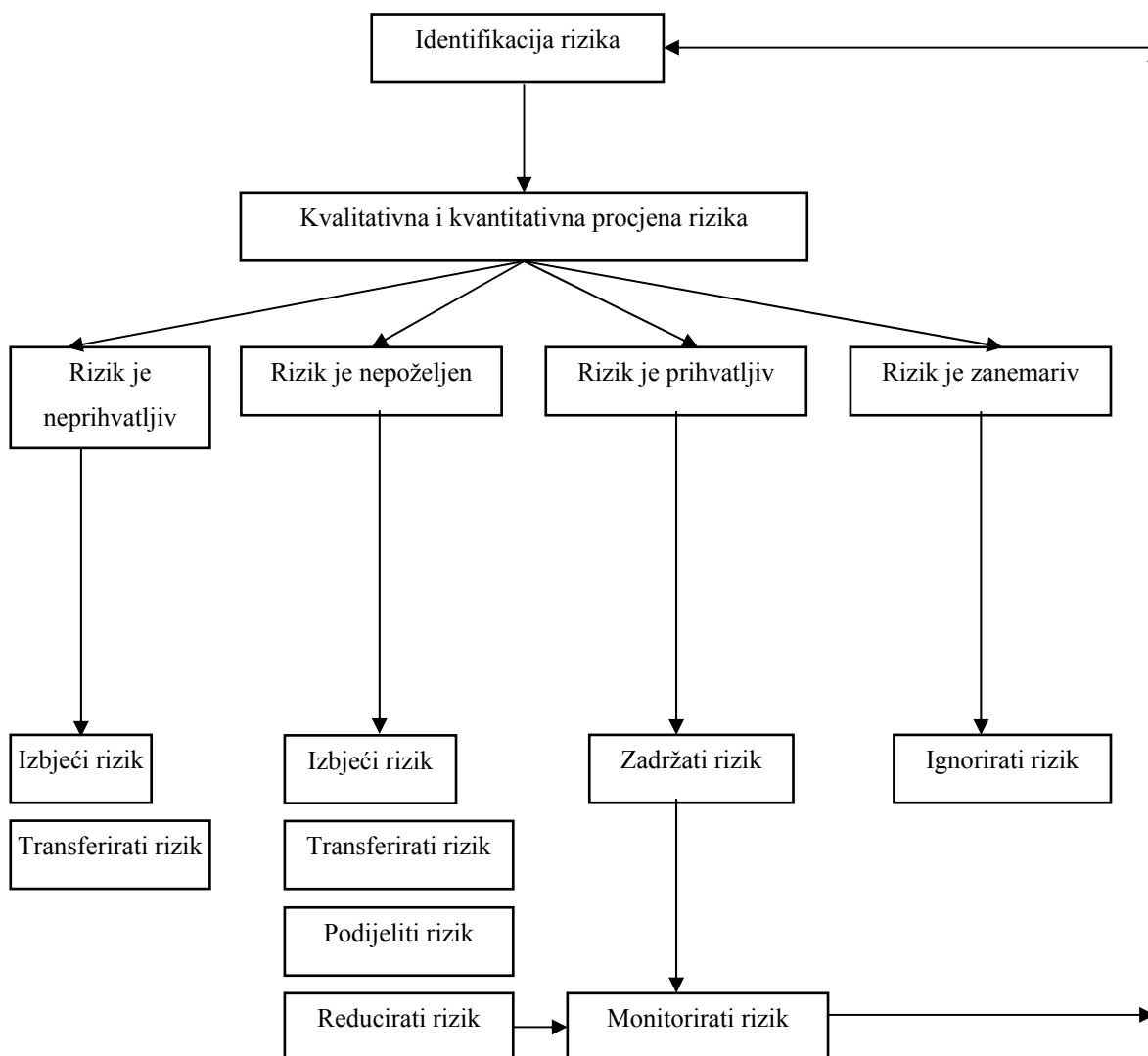
Nakon kvalitativne procjene rizika i poduzetih mjera odgovora na rizik promatra se rizik za vrijeme kojeg će

se vjerojatno ustanoviti da su se kao posljedica odgovora na rizik pojavili novi rizici. Kako nove rizike treba tretirati kao i prvotne, proces upravljanja rizicima postaje ciklički proces (slika1.) [5].

5 Kvalitativni pristup

Kvantitativni pristup izradi popisa s redoslijedom prvenstva podrazumijeva da se vjerojatnost pojave rizika i utjecaj rizika na projekt mogu nekom od poznatih kvantitativnih metoda analize rizika eksplicitno proračunati. Za to je potrebno raspolagati odgovarajućom bazom podataka koja bi poslužila za izradu razdiobe vjerojatnosti, odnosno omogućila izravno proračunavanje utjecaja na trajanje, troškove i kvalitetu.

Najčešći je slučaj u stvarnom životu taj da tim koji upravlja rizicima nema na raspolaganju odgovarajuću bazu



Slika 1 Shematski prikaz cikličkog procesa upravljanja rizicima

podataka o prije izvednim projektima na osnovi koje bi se izradila funkcija razdiobe vjerojatnosti i odredila vjerojatnost pojave rizika. Također na raspolaganju nisu ni svi potrebni pokazatelji za izravno proračunavanje posljedica, odnosno utjecaja rizika koje bi rizični događaj izazvao na trajanje, troškove i kvalitetu. U takvim je slučajevima nužno primijeniti neku od tehnika za kvalitativnu analizu rizika. Za određivanje popisa s redoslijedom prvenstva u upravljanju rizicima uspješno se, između ostalih, mogu primijeniti tri tehnike za kvalitativnu analizu rizika koje su u upravljanju rizicima već primjenjivali autori. Te su tehnike:

1. Višeatributna teorija vrijednosti
2. *Fuzzy analiza* (analiza neizrazitih skupova)
3. Analitički hijerarhijski proces.

U nastavku ćemo ukratko opisati i moguću uporabu navedenih tehnika te razloge zbog kojih je jedna od njih prikladnija za izradu popisa prvenstva u upravljanju rizicima od ostalih dviju.

5.1 Višeatributna teorija vrijednosti

Višeatributna teorija vrijednosti je dobro poznata tehnika za donošenje odluka [6], [7]. Primjenjuje se u slučajevima kada je potrebno izabrati najbolje rješenje, odnosno napraviti rang-listu između ponuđenih varijanti. Varijante se vrednuju u odnosu na jedan ili više zadanih kriterija radi proračuna ukupne funkcije vrijednosti za svaku varijantu. Prema vrijednosti ukupne funkcije vrijednosti izrađuje se rang-lista, odnosno odabire najbolja varijanta. Višeatributna se teorija vrijednosti upotrebljavala kao tehnika za kvalitativnu analizu rizika u mnogim istraživanjima [8], [9], [10], [11].

Vrijednost ukupne funkcije vrijednosti za svaku varijantu proračunava se u 4 koraka.

Prvi korak predstavlja definiranje jednog ili više kriterija, odnosno atributa u odnosu na koje će se vrednovati ponuđene varijante. Pri određivanju vjerojatnosti pojave rizika ne postavlja se ni jedan dodatni kriterij, odnosno vjerojatnost pojave rizika je cilj te ujedno i jedini kriterij u odnosu na kojeg treba vrednovati varijante. To je bitno pojednostavljenje jer se ovdje zapravo radi o jednokriterijalnoj analizi. Varijante su rizici pojedine faze građevinskog projekta. Pri određivanju utjecaja rizika na projekt postavljaju se tri kriterija odnosno atributa: trajanje, troškovi i kvaliteta. Alternative predstavljaju rizici pojedine faze građevinskog projekta.

Drugi korak predstavlja definiranje međusobnih težinskih odnosa između postavljenih kriterija. Za donositelja odluka nisu svi kriteriji jednako važni. Svakom kriteriju dodjeljuje se odgovarajući značaj odnosno težina vodeći

računa da suma svih težina bude jednaka 1. U ovom koraku varijante se ne uzimaju u obzir i nemaju nikakvog utjecaja na rezultat.

Treći korak predstavlja određivanje funkcije vrijednosti za svaki postavljeni kriterij. Prvo se donosi ocjena o vrijednosti svake varijante u odnosu na postavljene kriterije. Kvalitativne ocjene pretvaraju se u neku od statističkih funkcija distribucije i proračunaju se statistički parametri te distribucije kao što su srednja vrijednost, disperzija itd. Zatim se za svaki kriterij određuje funkcija vrijednosti upotrebom tzv. metodom ekvivalentne sigurnosti, nakon čega se te vrijednosti aproksimiraju eksponencijalnom, logaritamskom ili polinomijalnom funkcijom.

Četvrti korak predstavlja proračun ukupne funkcije vrijednosti za svaku varijantu tako da se zbroje umnošci težine svakog kriterija i vrijednosti odgovarajuće funkcije vrijednosti. Ovaj način određivanja ukupne funkcije vrijednosti jednostavnim zbrajanjem navedenih umnožaka moguć je uz pretpostavku međusobne neovisnosti postavljenih kriterija u odnosu na postavljeni cilj. Prema vrijednosti ukupne funkcije vrijednosti određuje se rang-lista varijanata.

5.2 Fuzzy analiza (analiza neizrazitih skupova)

U procesu donošenja odluka često se kao ulazni podaci rabe neke mjerene ili prognozirane vrijednosti. Da bi se dobila pouzdana procjena rezultata mjerenja ili prognoze, te vrijednosti mogu se izraziti u obliku *fuzzy* brojeva odnosno intervala sa kojima se dalje provodi analiza. Ta se analiza naziva *fuzzy analizom* [12], [13]. Ona se upotrebljavala kao tehnika za kvalitativnu analizu rizika u mnogim istraživanjima [14], [15], [16].

Da bi izbjegli pretpostavljanje razdiobe funkcija vrijednosti, Wong, Norman i Flanagan [16] inkorporirali su *fuzzy* brojeve u višeatributnu teoriju vrijednosti. Minimalna, najvjerojatnija i maksimalna vrijednost svake funkcije vrijednosti izražena je u obliku *fuzzy* brojeva, tako da se ukupna funkcija vrijednosti za svaki prepoznati rizik dobiva također u obliku *fuzzy* broja.

Popis prvenstva u upravljanju rizicima proračunava se u pet koraka.

Prvi, drugi i treći korak su praktički isti kao kod višeatributne teorije vrijednosti.

U četvrtom se koraku proračunava minimalna, najvjerojatnija te maksimalna vrijednost funkcija vrijednosti za svaku varijantu u odnosu na sve postavljene kriterije, nakon čega se te vrijednosti pretvaraju u odgovarajuće *fuzzy* brojeve.

U petom se koraku izračunava reprezentacija ukupne funkcije vrijednosti za svaku varijantu te se određenim

aritmetičkim operacijama na elementima *fuzzy* brojeva dobiva diskretna reprezentacija ukupne funkcije vrijednosti prema kojima se formira rang-lista varijanata.

Minimalnu, najvjerojatniju i maksimalnu vrijednost funkcije vrijednosti za svaki identificirani rizik pojedine faze građevinskog projekta treba pretvoriti u odgovarajuće *fuzzy* brojeve. Primjenjuje se tzv. *L-R* reprezentacija *fuzzy* brojeva [17].

5.3 Analitički hijerarhijski proces (AHP)

Analitički hijerarhijski proces (AHP) razvio je Thomas L. Saaty [18] kao pomoć menadžerima pri donošenju odluka. Inkorporirajući subjektivne procjene i objektivne činjenice u logičan hijerarhijski okvir, AHP omogućuje donositelju odluka intuitivni i zdravorazumski pristup da kvantificira važnost svakog elementa odluke procesom međusobnog uspoređivanja. Ovaj proces omogućuje donositeljima odluka da kompleksni problem svedu na hijerarhijsku formu koja ima više razina [19], [20]. AHP se upotrebljavao kao tehnika za kvalitativnu analizu rizika u mnogim istraživanjima [21], [22], [23], [24].

Popis redoslijeda prvenstva u upravljanju rizicima proračunava se u 5 koraka.

Prvi je korak u provedbi modela rastavljanje problema na jedan ili više kriterija u odnosu na koje će se vrednovati ponuđene varijante. To znači da treba definirati hijerarhijske razine: cilj, kriterije, potkriterije i varijante.

Drugi je korak formiranje usporedne matrice za sve hijerarhijske razine.

Treći je korak proračun regionalnih svojstvenih vektora i svojstvenih vrijednosti usporednih matrica za sve hijerarhijske razine. Za razinu kriterija regionalni svojstveni vektor težinski definira redoslijed važnosti pojedinih kriterija u postizanju cilja, dok za razinu kriterija regionalni svojstveni vektor definira redoslijed važnosti pojedinih varijanata u odnosu prema zadanom kriteriju.

Četvrti je korak proračun koeficijenta konzistencije za svaku usporednu matricu na svim razinama koji se određuje pomoću svojstvene vrijednosti usporedne matrice. Ako je koeficijent konzistencije veći od 0,10, donesene su nekonzistentne prosudbe u formiranju usporednih matrica na pojedinim hijerarhijskim razinama i te se matrice moraju ponovno odrediti. Ako je koeficijent konzistencije manji od 0,10 može se prijeći na slijedeći korak.

Peti je korak sintetiziranje rezultata proračuna na svim razinama te definiranje težina svake varijante u odnosu na postizanje cilja. Proračunava se globalni svojstveni vektor te globalni koeficijent konzistencije. Ako je globalni koeficijent konzistencije veći od 0,10 ponovno eg-

zistiraju nekonzistentne prosudbe pa se moraju redefiniirati usporedne matrice. Ako je koeficijent konzistencije manji od 0,10, završen je proces definiranja težinskih odnosa varijanata u odnosu prema postavljenom cilju.

6 Odabir tehnike za kvalitativni pristup

Za kvalitativnu analizu rizika moguće je upotrijebiti sve tri opisane tehnike. Sve se mogu programirati i uključiti u odgovarajući računalni program za podršku odlučivanju.

Višeatributna teorija vrijednosti najstarija je i svakako najraširenija tehnika za podršku odlučivanju. Da bi se donositelj odluke njome koristio mora imati određena znanja i iskustvo iz statistike i teorije vjerojatnosti, jer zahtijeva da se procijenjeni podaci zamijene odgovarajućom funkcijom razdiobe vjerojatnosti. Potrebno je određeno iskustvo u primjeni metode u analizi rizika da bi se procijenilo koju distribuciju odabrati i koliko će se njezinih statističkih parametara primijeniti u analizi. Međutim, proporcionalno broju statističkih parametara odabrane distribucije raste i potreban stupanj derivabilnosti funkcije vrijednosti (engl. *utility f.*) za svaki kriterij. Što je veći stupanj derivabilnosti, za kvalitetnu aproksimaciju funkcije vrijednosti potreban je veći broj njezinih diskretnih vrijednosti do kojih se dolazi nizom procjena donositelja odluka rabeći tzv. metodu ekvivalentne sigurnosti. S obzirom na to da se ova tehnika rabi kao kvalitativna tehnika i da su ulazni podaci procijenjene veličine, uvođenje većeg broja statističkih parametara zbog kojih je nužno donositi dodatne prosudbe prilično je upitno i zato je potrebno određeno iskustvo s primjenom ove tehnike.

Uvođenje *fuzzy* brojeva, odnosno *Fuzzy analize* u proračun ukupne funkcije vrijednosti predstavlja nadogradnju ili, bolje rečeno, modifikaciju višeatributne teorije vrijednosti. Izbjegava se pretpostavka o tipu i karakteru funkcije razdiobe vjerojatnosti ulaznih podataka koji ionako reprezentiraju procjenu vrijednosti kriterija odnosno varijanata. Sada se procijenjene vrijednosti zamjenjuju njihovom *fuzzy* reprezentacijom koja je jednoznačna i koja se sve više koristi da bi se dobila pouzdana procjena rezultata mjerenja ili prognoze. Na ovaj način izbjegava se i procjena broja statističkih parametara koji će se primjenjivati u analizi, a time i potreba za velikom derivabilnošću funkcije. Iako će konačni rezultati, odnosno popis redoslijeda prvenstva s obzirom na rizik (engl. *risk priority list*) biti dosta slični, jer se ipak u osnovi radi o istoj tehnici, za donositelja odluka takav je pristup jednostavniji, razumljiviji i brži. Ne traži dodatne pretpostavke i bolje je rješenje od višeatributne teorije vrijednosti.

Dok se vjerojatnost pojave rizika, odnosno utjecaj rizika na trajanje, troškove i kvalitetu u višeatributnoj teoriji vrijednosti i *Fuzzy analizi* određuju neovisno jedan od drugog, proračunavajući ukupnu funkciju vrijednosti, do liste prvenstva u upravljanju rizicima primjenom AHP-a dolazi se nizom njihovih međusobnih uspoređivanja. Kvalitativni se pristup primjenjuje onda kada se nema dovoljno podataka da bi se određene vrijednosti kvantificirale. Zbog toga je za donositelja odluka prirodni i intuitivni način da se te vrijednosti međusobno uspoređuju nego da im se pokušaju odrediti rubne vrijednosti, odnosno barem minimalna, najvjerojatnija i maksimalna vrijednost. Kod primjene AHP-a nije potrebno nikakvo znanje o statistici, funkcijama razdiobe vjerojatnosti ili o *fuzzy* brojevima i njihovu značenju. Treba samo konzistentno uspoređivati varijante u odnosu na kriterije i kriterije u odnosu na cilj.

Najvažniji razlog zbog kojeg AHP ima prednost u odnosu na ostale dvije tehnike jest činjenica da on jedini omogućuje, tj. dopušta promjenu ranga odnosno redoslijeda. Jedan od aksioma teorije vrijednosti kaže da dodavanje nove varijante u problem donošenja odluka nikako ne može promijeniti redoslijed starih varijanata, odnosno da nepovoljna varijanta ne može postati povoljna dodajući novu nepovoljnu [24]. Ako je, na primjer, vrijednost ukupne funkcije vrijednosti nove varijante manja od vrijednosti ukupne funkcije vrijednosti svih drugih varijanata, tada će nova varijanta doći na posljednje mjesto u listi i ni na koji način neće utjecati na poredak alternativa iznad nje. Isto vrijedi i za *Fuzzy analizu* jer i ona upotrebljava istu tehniku za određivanje popisa prvenstva. Ta je situacija u većini problema donošenja odluka logična, očekivana i poželjna. No postoje određene situacije, odnosno višekriterijalni problemi donošenja odluka kod kojih navedeni aksiom bitno ograničava sve teorije vrijednosti, odnosno ne dopušta da tehnika donošenja odluka rezultira očekivanim rezultatima. Luce i Raiffa [25] naveli su jedan takav primjer koji ograničava upotrebljivost teorija vrijednosti.

U restoranu nepoznatih kvaliteta, kada je čovjeku koji voli i može si priuštiti odrezak ponuđen jeftiniji pečeni losos ili skuplji odrezak on je naručio jeftinijeg lososa radije nego da riskira plaćanje dvostruko više cijene za odrezak upitne kvalitete. Potom su mu brzo rekli, uz ispriku, da restoran priprema pohane puževe i žablje krakove po cijeni usporedivoj s cijenom odreska. Čovjek se tiho stresao od pomisli da bi ih pojeo, ali je onda promijenio narudžbu s lososa na odrezak. Rezonirao je da je ovo restoran visoke kulinarske kvalitete i da će posluživati dobar odrezak. Dakle, prisutnost nepovoljne varijante (puževi i žablji krakovi koje ne podnosi) mogu

utjecati na promjenu ranga odnosno redoslijeda starih varijanata.

Iako su u stvarnom životu razlozi za odabir jela kod gosta u restoranu sasvim razumljivi, primjenom vrijednosnih tehnika, odrezak nikako ne bi mogao postati poželjnije rješenje od pečenog lososa zato što su se pojavili puževi i žablji krakovi koji su najnepoželjniji od svih jela. Međutim, primjenom AHP-a odrezak može preskočiti pečenog lososa na listi prvenstva. Neka su kriteriji za odabir jela zadovoljstvo hranom i rizik od posluživanja loše hrane. Pojava novog jela neće utjecati na hijerarhiju s obzirom na zadovoljstvo jer gost mrzi puževe i žablje krakove. Međutim, pojava novog jela bitno će utjecati na hijerarhiju s obzirom na rizik jer se pojavom novog jela kod gosta znatno smanjio rizik da restoran ne priprema dobar odrezak. Tako će s obzirom na rizik sada losos izgubiti prednost koju je imao u odnosu na odrezak. Kombiniranjem zadovoljstva i rizika odrezak će preteći lososa, a puževi i žablji krakovi ostati će na posljednjem mjestu. Na taj se način realizirala promjena ranga odnosno redoslijeda.

Prethodno opisana situacija u restoranu vrlo je slična onoj koja se događa pri formiranju liste prvenstva u upravljanju rizicima, gdje je promjena ranga očekivana pojava. U svakoj se fazi građevinskog projekta provodi ciklički proces upravljanja rizicima. Nakon što su za svaki identificirani ključni rizik određeni vjerojatnost i utjecaj rizika, a samim tim i izloženost riziku, formira se lista prioriteta upravljanja rizicima te ovisno o prihvatljivosti rizika definira strategija odgovora na rizik. Ako se kao posljedica odgovora na rizik pojave novi rizici započinje novi ciklus prepoznavanja, analize i odgovora na rizik. Pri određivanju utjecaja rizika novi rizik može imati vrlo veliki utjecaj na trajanje, a zanemariv je ili ima jednak utjecaj na troškove i kvalitetu u odnosu na prije identificirane rizike. Veliki utjecaj novog rizika na trajanje umanjit će relativnu vrijednost utjecaja na trajanje onih rizika kod kojih su do tada dominirali s obzirom na trajanje, pa se oni rizici koji su dominirali u odnosu prema troškovima ili kvaliteti mogu sada popeti na popisu rizika. Drugim riječima kada se pojavio rizik koji može bitno utjecati na produljenje gradnje, tada je produljenje gradnje kod prijašnjih rizika postalo manje utjecajno od troškova koje to produljenje može proizvesti pa je promjena ranga odnosno redoslijeda prirodna i očekivana.

Upotrebom višeatributne teorije vrijednosti ili *Fuzzy analizu* promjena ranga se ne može dogoditi.

Iz svega navedenog zaključujemo da je AHP najpogodnija tehnika za kvalitativni pristup određivanju prvenstva u upravljanju rizicima

7 Zaključak

Procesom vođeno upravljanje rizicima podrazumijeva provođenje cikličkog procesa u svim fazama kroz koje prolazi građevinski projekt. Unutar svakoga građevinskog projekta postoje ključni rizici neovisni o veličini, tipu, karakteru i namjeni projekta koji se realizira. Za svaki konkretni projekt predviđeno je prepoznavanje rizika specifičnih samo za taj projekt. Na prepoznatim se rizicima, ovisno o raspoloživim podacima, provodi kvantitativna ili kvalitativna analiza, određuje se vjerojatnost pojave rizika i utjecaj rizika na trajanje, troškove i kvalitetu te proračunava odgovarajuća izloženost riziku. Za svaki identificirani rizik, ovisno o njegovoj izloženosti, predviđa se odgovarajući odgovor na rizik. Ovisno o razvoju procesa unutar svake faze pojavljuju se novi rizični događaji i proces upravljanja rizicima počinje ispočetka.

Kvantitativni pristup izradi popisa prvenstva u upravljanju rizicima podrazumijeva da se vjerojatnost pojave rizika i utjecaj rizika mogu nekom od poznatih kvantitativnih metoda analize rizika eksplicitno proračunati. Za

to je potrebno raspolagati odgovarajućom bazom podataka koja bi poslužila za određivanje razdiobe vjerojatnosti, odnosno omogućila bi izravni proračun utjecaja rizika na trajanje, troškove i kvalitetu.

Kvalitativni pristup izradi popisa prvenstva u upravljanju rizicima primjenjuje se kada nije na raspolaganju odgovarajuća baza podataka o prije izvedenim projektima. Također na raspolaganju nisu ni svi potrebni pokazatelji za izravno proračunavanje posljedica, odnosno utjecaja koje bi rizični događaj izazvao na trajanje, troškove i kvalitetu.

Najčešće tehnike za kvalitativnu analizu rizika jesu: višeatributna teorija vrijednosti, *Fuzzy analiza* i analitički hijerarhijski proces. Sve se mogu programirati i mogu se uključiti u odgovarajući računalni program za podršku odlučivanju.

Podrobnija analiza svih triju tehnika pokazuje da je AHP najpotpunija i najprilagodljivija tehnika za primjenu kvalitativnog pristupa upravljanju rizicima u građevinskim projektima.

LITERATURA

- [1] Smith, N.J.: *Managing Risk in Construction Project*, Blackwell Science Ltd, 1999.
- [2] Marić, T.; Radujković M.; Cerić, A.: *Upravljanje troškovima, vremenom i kvalitetom*, *Građevinar* 59, (2007) 2, 485-493.
- [3] Hughes, W.: *Roles in construction projects: Analysis & Terminology*, A Research Report undertaken for the Joint Contracts Tribunal Limited, JCT, 2000.
- [4] Godfrey, P.S.; Sir Halcrow, W.; Partners Ltd.: *Control Of Risk - A Guide to the Systematic Management of Risk from Construction*, CIRIA, 1996.
- [5] Cerić, A.: *A framework for process-driven risk management in construction projects*, doktorski rad, School of Construction and Property Management University of Salford, Salford, UK, 2003.
- [6] Kenney, R.L.; Raiffa, H.: *Decisions with Multiple Objectives: Preference and Value Trade-offs*, John Wiley and Sons, New York, 1976.
- [7] Flanagan, R.; Norman, G.: *Risk Management and Construction*, Blackwell Science Ltd., 1993.
- [8] Kangari, R.; Boyer, L.T.: *Project selection under risk*, *Journal of the Construction Division, ASCE*, 107, 597-607, 1981.
- [9] Hwang, C.L.G.; Yoon, K.: *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin, 1981.
- [10] Ibbs, C.W.; Crandall, K.C.: *Construction risk multi-attribute approach*, *Journal of the Construction Division, ASCE*, 108, no. C02, 187-200, 1982.
- [11] Moselhi, O.; Deb, B.: *Project Selection Considering Risk*, *Construction Management and Economics*, 11, 45-52, 1993.
- [12] Dubois, D.; Prade, H.: *Fuzzy cardinality and the modelling of imprecise quantification*, *Fuzzy Sets and Systems*, 16, 199-230, 1985.
- [13] Klir, G.J.; Yuan, B.: *Fuzzy Sets and Fuzzy Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.
- [14] Ross, T.; Donald, S.: *A fuzzy multi-objective approach to risk management*, *Computing in Civil Engineering*, Vol. 2, ASCE, New York, 1400-1403, 1995.
- [15] Kangari, R.; Riggs, L.S.: *Portfolio management in construction*, *Construction Management and Economics*, Vol. 6, 161-169, 1988.
- [16] Tah, J.H.M.; Carr, V.: *A proposal for construction project risk assessment using fuzzy logic*, *Construction Management and Economics*, 18, 491-500, 2000.
- [17] Wong, E.T.T.; Norman, G.; Flanagan, R.: *A fuzzy stochastic technique for project selection*, *Construction Management and Economics*, 18, 407-414, 2000.
- [18] Saaty, T.L.: *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, NY, 1980.
- [19] Saaty, T.L.; Forman, E.: *The Hierarchon*, *RWS Publications*, Pittsburgh, PA, 15213. Vol. V, AHP Series, 1993.
- [20] Saaty, T.L.: *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, *RWS Publications*, Pittsburgh, PA 15213. Vol. VI, AHP Series, 1994.
- [21] Mustafa, M.A.; Al-Bahar, J.F.: *Project risk assessment using the Analytic Hierarchy Process*, *IEEE Transportation Engineering Management*, Vol. 38, No. 1, 46-52, 1991.
- [22] Dey, P.K.; Tabucanon, M.T.; Ogunlana S.O.: *Planning for project control through risk analysis: a petroleum pipeline-laying project*, *International Journal of Project Management*, 12, 23-33, 1994.
- [23] Dey, P.K.: *Process re-engineering for effective implementation of projects*, *International Journal of Project Management*, Vol. 17, No. 3, 147-159, 1999.
- [24] Dey, P.K.: *Decision support system for risk management: a case study*, *Management Decision*, 39/8, 634-649, 2001.
- [25] Luce, R.D.; Raiffa, H.: *Games and Decisions*, New York: Wiley, 1957.