

Prekoračenje ugovorenog roka građenja kao funkcija rizičnih faktora

Vahida Žujo, Diana Car-Pušić

Ključne riječi

rok građenja, model gradnje, nova gradnja, rekonstrukcija, rizični faktori, procjena vremena građenja

Key words

construction time, construction model, new construction, rehabilitation, risk factors, construction time estimation

Mots clés

temps de construction, modèle de construction, construction nouvelle, réhabilitation, facteurs de risque, estimation de temps de construction

Ключевые слова

срок строительства, модель строительства, новостройка, реконструкция, факторы риска, оценка времени строительства

Schlüsselworte

Baufrist, Baumodell, Neubau, Rekonstruktion, risische Faktoren, Abschätzung der Bauzeit

V. Žujo, D. Car-Pušić

Prethodno priopćenje

Prekoračenje ugovorenog roka građenja kao funkcija rizičnih faktora

U radu je prikazana analiza istraživanja prekoračenja ugovorenog roka građenja zavisno od rizičnih faktora. Osnovni cilj je utvrđivanje što realnijeg modela za brzu procjenu vremena građenja. Na osnovu podataka za ukupno 53 građevine visokogradnje izgrađene u području Federaciji Bosne i Hercegovine uspostavljeni su modeli za dvije skupine zgrada: nova gradnja i rekonstrukcija, koji su primjenjivi u uvjetima kada postoji realna procjena za pojavu i djelovanje rizičnih faktora.

V. Žujo, D. Car-Pušić

Preliminary note

Construction time overrun as a function of risk factors

The analysis of overrun of contract-based construction times, as triggered by risk factors, is presented in the paper. The principal objective is to determine a model, as realistic as possible, for rapid estimation of construction time. Based on data from the total of 53 building construction projects realized in the Federation of Bosnia & Herzegovina, appropriate models were established for two building types, i.e. new construction and rehabilitation of existing facilities. These models can be applied in situations where the occurrence and activation of risk factors can realistically be expected.

V. Žujo, D. Car-Pušić

Note préliminaire

Dépassement de temps de construction en fonction des facteurs de risque

L'analyse de dépassement de temps de construction défini dans le contrat est présentée dans l'ouvrage et cela en fonction des facteurs de risque. L'objectif principal est de déterminer le modèle, de manière la plus réaliste possible, pour une estimation rapide de temps de construction. En se basant sur les données obtenues sur 53 projets de bâtiment réalisés en Bosnie & Herzégovine, les modèles appropriés ont été établis pour deux types de constructions: constructions nouvelles et réaménagement des bâtiments existants. Ces modèles peuvent être appliqués dans les situations où l'apparition ou l'activation des facteurs de risque peut être anticipée d'une façon réaliste.

В. Жујо, Д. Цар-Пушић

Предварительное сообщение

Нарушение договорных сроков строительства в качестве функции факторов риска

В работе приведен анализ исследования нарушений договорных сроков строительства в зависимости от факторов риска. Основная цель – определение наиболее реальной модели для быстрой оценки времени строительства. На основе совокупных данных по 53 объектам высотного строительства, возведенным на территории Федерации Боснии и Герцеговины, установлены модели по двум группам зданий: новостройкам и реконструированным зданиям, с возможностью их применения в условиях при наличии реальной оценки появления и действия факторов риска.

V. Žujo, D. Car-Pušić

Vorherige Mitteilung

Überschreitung der abgemachten Baufrist als Funktion risischer Faktoren

Im Artikel ist die Analyse der Untersuchung der von risischen Faktoren abhängige Überschreitung der abgemachten Baufrist dargestellt. Das grundlegende Ziel ist die Festlegung eines möglichst realen Modells für die schnelle Abschätzung der Bauzeit. Auf Grund der Angaben für insgesamt 53 Hochbauwerke, erbaut im Gebiet der Federation Bosna und Herzegovina, bildete man Modelle für zwei Gruppen von Gebäuden: Neubau und Rekonstruktion, die in Verhältnissen anwendbar sind bei denen eine reale Abschätzung für die Erscheinung und Wirkung risischer Faktoren besteht.

Autori: Doc. dr. sc. **Vahida Žujo**, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Sjeverni logor bb; doc. dr. sc. **Diana Car-Pušić**, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Viktora Cara Emina 5

1 Uvod

Građevinarstvo je jedna od ključnih grana koja djeluje na investicijske aktivnosti. Sudionici građenja su u najvećoj mjeri usredotočeni na troškove građenja, ne pridajući pritom neopravdano dovoljnu pozornost vremenu građenja.

Paušalno određivanje vremenskih rokova u ranim fazama planiranja, ne vodeći računa o stvarnim potrebama i mogućnostima izvođača radova, uobičajena je praksa na području Federacije Bosne i Hercegovine. Detaljne tehnike planiranja, ako su uopće i prisutne, rade se uglavnom nakon uvođenja izvođača u posao, i to po scenariju „uklapanja“ u već određen rok građenja sadržan u ugovoru o građenju, gubeći na taj način svoju primarnu funkciju.

Pojedine zemlje u svijetu, poput Australije, Velike Britanije, Kine, Teksasa, Malezije, Hrvatske imaju svoje vlastite modele za brzu procjenu vremena građenja preporučljive u ranim fazama planiranja [1, 2, 3, 4, 5, 7], gdje je vrijeme građenja iskazano isključivo u funkciji cijene građenja. S obzirom na takvu funkcijsku zavisnost, ovi se modeli nazivaju *time-cost* modelima. Kako je za ovaj tip modela karakteristična potreba da se definiraju za konkretno područje primjene, oni su definirani i za određene grupe građevina i za područje Federacije Bosne i Hercegovine kao rezultat istraživanja provedenog na građevinama izgrađenim u razdoblju od 1995. do 2006. godine [3].

Za građevine visokogradnje, nove gradnje

$$T = 70 \times C^{0,52} \quad (1)$$

Za objekte visokogradnje, rekonstrukcije

$$T = 79 \times C^{0,41} \quad (2)$$

gdje je C cijena građenja izražena u 100.000 KM (KM je konvertibilna marka, valuta BiH, 1 KM = 0,51129 €).

U uvjetima očekivanih povećanih rizika, *time-cost* model nije dovoljan za realnu procjenu vremena. Osim cijene građenja, kao najutjecajnijeg faktora, prisutni su i drugi faktori - faktori rizika koji su predmet istraživanja prikazanog u ovom radu.

2 Istraživanje

Metodom anketiranja prikupljeni su podaci o uzrocima prekoračenja ugovorenog vremena građenja za zgrade s područja Federacije Bosne i Hercegovine izgrađene u razdoblju od 1995. do 2006. godine. Podaci se odnose na 29 zgrada iz područja nove gradnje i 24 rekonstruirane zgrade.

Tablica 1. Baza podataka za zgrade – nova gradnja

Objekt	Vrijeme građenja [dani]			Izvori rizika			
	Ugovoreno	Ostvareno	Razlika	Faktor	P _V [dani]	P _V [%]	P _V ¹ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	180	255	75	f	22	12,22	29,33
				e	23	12,78	30,67
				g	30	16,67	40,00
2	120	130	10	g	10	8,34	100,00
3	360	412	52	e	52	14,44	100,00
4	60	69	9	a	9	15,00	100,00
5	90	100	10	a	10	11,11	100,00
6	20	18	-2	h	-2	-10,00	100,00
7	60	68	8	g	8	13,33	100,00
8	510	510	0	-	0	0,00	0,00
9	30	30	0	-	0	0,00	0,00
10	150	150	0	-	0	0,00	0,00
11	180	180	0	-	0	0,00	0,00
12	60	60	0	-	0	0,00	0,00
13	90	120	30	e	15	16,67	50,00
				g	15	16,67	50,00
14	180	230	50	g	45	25,00	90,00
				e	5	2,78	10,00
15	165	201	36	h	25	15,15	69,44
				k	11	6,67	30,56
16	300	300	0	-	0	0,00	0,00
17	30	30	0	-	0	0,00	0,00
18	360	360	0	-	0	0,00	0,00
19	150	150	0	-	0	0,00	0,00
20	120	135	15	g	15	12,50	100,00
21	150	220	70	a	70	46,67	100,00
22	90	110	20	g	20	22,22	100,00
23	90	95	5	gg	5	5,56	100,00
24	210	223	13	a	13	6,19	100,00
25	320	380	60	gg	60	18,76	100,00
26	60	70	10	gg	10	16,67	100,00
27	120	132	12	gg	12	10,00	100,00
28	90	100	10	gg	10	11,11	100,00
29	60	65	5	g	5	8,33	100,00

Rizični faktori koji utječu na probijanje vremena građenja klasificirani su kao [2, 11, 12]:

- Pravni (lokalni propisi, suglasnosti i dozvole, izmjene zakona, norme)
- Politički (promjena politike, izbori, rat, postojeći sporazumi)
- Ekonomski (propisi, poskupljenja, tečaj valuta, uvjeti financiranja)
- Socijalni (obrazovanje, kultura, sezonski rad, štrajk, fluktuacija ljudi)
- Prirodni (klima, tlo, podzemne vode, prirodne nepogode)
- Ugovaranje (nerealno rok, nerealna cijena)
- Tehnička dokumentacija (kašnjenje, nepotpunost, netočnost, nova rješenja)
- Organizacija (loše rukovođenje, loša organizacija)
- Tehnologija (loša tehnička rješenja, zastarjela tehnologija)

- Resursi (nedostatak ljudi, nedostatak strojeva, kvarovi, kašnjenje materijala)
- Ljudski faktor (produktivnost, bolovanje, motivacija, pogreške i propusti).

U tablicama 1. i 2. prikazane su baze podataka za novo-gradnju i rekonstrukciju.

P_v - prekoračenje ugovorenog vremena po rizičnim faktorima

P_v^I - udio pojedinih rizičnih faktora u ukupnom prekoračenju vremena

Na slikama 1. i 2. grafički je prikazan udio pojedinih rizičnih faktora u odnosu na odstupanja od ugovorenog roka građenja.

Najjači po intenzitetu jest rizični faktor g – tehnička dokumentacija, koji kod zgrada – nova gradnja, sumarno iznosi 185,05 %, a kod zgrada rekonstrukcije 424,50 %. To je zapravo zbroj postotnih prekoračenja pojedinih ugovorenih rokova.

Tablica 2. Baza podataka za zgrade - rekonstrukcija

Objekt	Vrijeme građenja [dani]			Izvori rizika			
	Ugovoreno	Ostvareno	Razlika	Faktor	P_v [dani]	P_v [%]	P_v^I [%]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	540	600	60	e	48	8,89	80,00
				f	12	2,22	20,00
2	40	40	0	-	0	0,00	0,00
3	120	300	180	g	180	150,00	100,00
4	120	300	180	g	180	150,00	100,00
5	240	390	150	g	150	62,50	100,00
6	210	240	30	g	30	14,28	100,00
7	180	180	0	-	0	0,00	0,00
8	180	199	19	e	10	5,56	52,63
				g	9	5,00	47,37
9	120	120	0	-	0	0,00	0,00
10	165	212	47	g	47	28,48	100,00
11	180	220	40	f	20	14,24	50,00
				g	20	14,24	50,00
12	90	90	0	-	0	0,00	0,00
13	150	300	150	f	150	100,00	100,00
14	90	90	0	-	0	0,00	0,00
15	60	60	0	-	0	0,00	0,00
16	180	180	0	-	0	0,00	0,00
17	60	60	0	-	0	0,00	0,00
18	60	60	0	-	0	0,00	0,00
19	200	180	-20	h	-10	-5,00	50,00
				f	-10	-5,00	50,00
20	120	110	-10	h	-5	-4,17	50,00
				f	-5	-4,17	50,00
21	180	150	-30	h	-15	-8,33	50,00
				f	-15	-8,33	50,00
22	150	148	-2	h	-2	-1,33	100,00
23	150	150	0	-	0	0,00	0,00
24	120	120	0	-	0	0,00	0,00

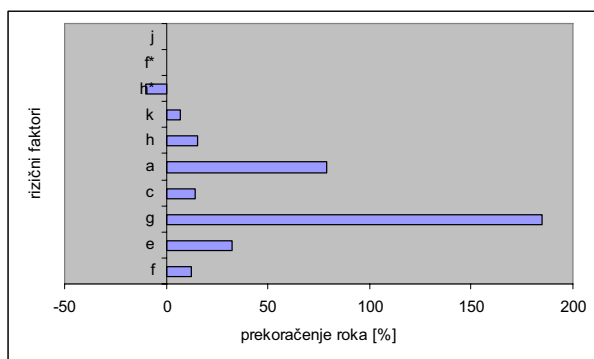
Najslabiji po intenzitetu kod zgrada – nova gradnja, jest rizični faktor k – ljudski faktor koji iznosi 6,67 %, dok je kod rekonstrukcija najslabiji rizični faktor e – prirodni faktor koji iznosi 14,45 %.

3 Osnovne postavke modela

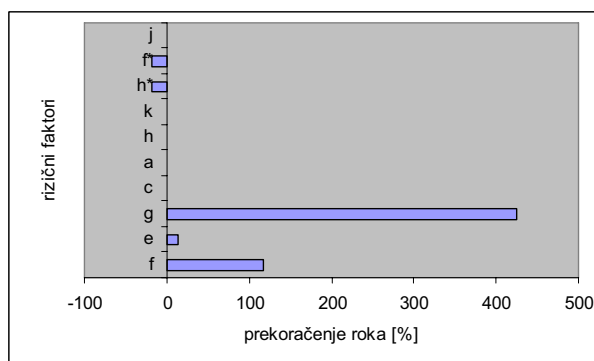
Polazeći od hipoteze da glavni rizični faktori kao što su tehnička dokumentacija, prirodni, pravni itd. imaju suštinski značaj, te da je moguće ukupno prekoračenje planiranog vremena iskazati u zavisnosti od tih faktora, pretpostavlja se da između izabranih varijabli postoji linearna zavisnost. Iz tog se razloga za procjenu rabi multivarijantna linearna regresija.

Multivarijantna regresijska analiza je matematički postupak otkrivanja združenog utjecaja

više nezavisnih varijabli na jednu zavisnu, pri čemu je broj mjerenja znatno veći od sudjelujućih varijabli [8]. Ova je metoda pogodna za proučavanje onih pojava za čiji se osnovni događaj može reći da je nastao „stjecajem okolnosti“. Te se okolnosti moraju opisati numerički vezano za odgovarajući događaj. U teorijskom smislu one se kvalificiraju kao nezavisne, utjecajne ili uzročne varijable, nasuprot zavisnima, podložnim ili posljedičnim varijablama koje odražavaju pojavu. Drugim riječima, ovladavanje procesom istraživanja multivarijantnom regresijom zapravo se svodi na strogu disciplinu u transformaciji izvornih podataka do proračuna regresijom i značajnog tumačenja rezultata tog proračuna.



Slika 1. Udio rizičnih faktora za zgrade - nova gradnja



Slika 2. Udio rizičnih faktora za zgrade - rekonstrukcija

U razmatranom problemu pretpostavlja se sljedeća regresijska jednadžba:

$$Y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (3)$$

$Y = \Delta T$ razlika između ostvarenog T_{OS} i ugovorenog T_{UG} vremena građenja (tj. prekoračenje roka) izražena u postocima u odnosu prema ugovorenom roku

a_0, a_1, \dots, a_n koeficijenti regresije

x_1, x_2, \dots, x_n rizični faktori koji utječu na promjenu ugovorenog vremena izraženi u postocima promjene vremena u odnosu prema ugovorenom roku

Krajnji su rezultat multivarijantne regresijske analize procijenjeni koeficijenti regresije (a_1, a_2, \dots, a_n) koji odražavaju pojedinačni utjecaj promjena svake od nezavisnih varijabli (x_1, x_2, \dots, x_n) na zavisnu (y), a ukupna regresijska jednadžba daje efekte združenoga, istodobnoga djelovanja svih nezavisnih varijabli na zavisnu.

4 Primjena multivarijantne linearne regresije na bazu podataka

Algoritam modela odvija se u sljedećim koracima:

- Formiranje osnovne - ulazne matrice regresije
- Računalni proračun matrice korelacije
- Eliminacija onih nezavisnih varijabli koje nedovoljno utječu na pojavu prekoračenja ugovorenog roka
- Formiranje nove – reducirane matrice regresije koju čine one nezavisne varijable čiji je utjecaj na pojavu znatan
- Računalni proračun koeficijenata korelacije, koeficijenata determinacije, korigiranih koeficijenata determinacije, standardne pogreške procjene, koeficijenata regresije za 95 %-tni interval povjerenja
- Crtanje dijagrama „procijenjene vrijednosti y – reziduali“ radi dodatne provjere rezultata. Rasute točke u dijagramu upozoravaju na slučajne pogreške
- Crtanje dijagrama „procijenjene vrijednosti y – ostvarene vrijednosti“ radi još jedne dodatne provjere rezultata.

Implementacijom navedenih koraka dobivaju se vrijednosti traženih koeficijenata regresije i usvaja se regresijska jednadžba.

U ovom je radu upotrijebljen računalni program SPSS9.

4.1 Matrice regresije i matrice korelacije

Iz baze podataka za zgrade – rekonstrukcija, u startu su izuzeta dvije građevine pod rednim brojevima 3 i 4 kod kojih je ugovoreni rok prekoračen 2,5 puta.

Nakon formiranja početnih matrica regresije, koje su u tablicama 3. i 4., računalnim proračunom matrica korelacije utvrđuje se koje nezavisne varijable imaju najveći utjecaj na zavisnu varijablu. To su one varijable čiji su koeficijenti korelacije R veći ili približno jednaki 0,50.

U skladu s tim:

- iz I. se skupine (zgrade – nova gradnja) odbacuju nezavisne varijable f, c, h i k ,
- iz II. se skupine (zgrade – rekonstrukcija) odbacuju nezavisne varijable e i h ,

Matrice korelacije prikazane su u tablicama 5. i 6.

Tablica 3. Osnovna matrica regresije za zgrade
– nova gradnja

y	f	e	g	c	h	k	a
41,67	12,22	12,78	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00
8,33	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00
14,44	0,00	0,00	0,00	14,44	0,00	0,00	0,00
15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00
-10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10	0,00	0,00
13,33	0,00	0,00	13,33	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
33,34	0,00	16,67	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00
27,78	0,00	2,78	24,9	0,00	0,00	0,00	0,00
21,82	0,00	0,00	0,00	0,00	15,15	6,67	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,5	0,00	0,00	12,5	0,00	0,00	0,00	0,00
46,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,67
22,22	0,00	0,00	22,22	0,00	0,00	0,00	0,00
5,56	0,00	0,00	5,56	0,00	0,00	0,00	0,00
6,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,19
18,76	0,00	0,00	18,76	0,00	0,00	0,00	0,00
16,67	0,00	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,11	0,00	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00
8,33	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablica 4. Osnovna matrica regresije za zgrade
– rekonstrukcija

y	e	f	g	h
11,11	8,89	2,22	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
62,50	0,00	0,00	62,50	0,00
14,28	0,00	0,00	14,28	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,56	5,56	0,00	5,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28,48	0,00	0,00	28,48	0,00
28,48	0,00	14,24	14,24	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100,00	0,00	100,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-10,00	0,00	-5,00	0,00	-5,00
-8,34	0,00	-4,17	0,00	-4,17
-16,66	0,00	-8,33	0,00	-8,33
-1,33	0,00	0,00	0,00	-1,33
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

U tablicama 3. i 4. su:

- y - zavisna regresijska varijabla koja predstavlja ukupno prekoracenje ugovorenog roka
e - nezavisna regresijska varijabla koja predstavlja postotak prekoracjenja ugovorenog roka zbog utjecaja rizičnog faktora – prirodni

Tablica 5.

		Y	F	E	G	C	H	K	A
Y	Pears. koef. korelacije	1,000	,436*	,555**	,548**	,042	,291	,149	,484**
	Signifikantnost	,	,018	,002	,002	,829	,126	,442	,008
	Broj opservacija	29	29	29	29	29	29	29	29
F	Pears. koef. korelacije	,436*	1,000	,584**	,244	-,036	-,010	-,036	-,057
	Signifikantnost	,018	,	,001	,203	,854	,959	,854	,769
	Broj opservacija	29	29	29	29	29	29	29	29
E	Pears. koef. korelacije	,555**	,584**	1,000	,406*	-,056	-,016	-,056	-,089
	Signifikantnost	,002	,001	,	,029	,774	,936	,774	,646
	Broj opservacija	29	29	29	29	29	29	29	29
G	Pears. koef. korelacije	,548**	,244	,406*	1,000	-,151	-,042	-,151	-,242
	Signifikantnost	,002	,203	,029	,	,434	,828	,434	,206
	Broj opservacija	29	29	29	29	29	29	29	29
C	Pears. koef. korelacije	,042	-,036	-,056	-,151	1,000	-,010	-,036	-,057
	Signifikantnost	,829	,854	,774	,434	,	,959	,854	,769
	Broj opservacija	29	29	29	29	29	29	29	29
H	Pears. koef. korelacije	,291	-,010	-,016	-,042	-,010	1,000	,841**	-,016
	Signifikantnost	,126	,959	,936	,828	,959	,	,000	,935
	Broj opservacija	29	29	29	29	29	29	29	29
K	Pears. koef. korelacije	,149	-,036	-,056	-,151	-,036	,841**	1,000	-,057
	Signifikantnost	,442	,854	,774	,434	,854	,000	,	,769
	Broj opservacija	29	29	29	29	29	29	29	29
A	Pears. koef. korelacije	,484**	-,057	-,089	-,242	-,057	-,016	-,057	1,000
	Signifikantnost	,008	,769	,646	,206	,769	,935	,769	,
	Broj opservacija	29	29	29	29	29	29	29	29

** na nivou signifikantnosti od 0,01
* na nivou signifikantnosti od 0,05

- g - nezavisna regresijska varijabla koja predstavlja postotak prekoračenja ugovorenog roka zbog utjecaja rizičnog faktora – tehnička dokumentacija
- a - nezavisna regresijska varijabla koja predstavlja postotak prekoračenja ugovorenog roka zbog utjecaja rizičnog faktora – pravni
- f - nezavisna regresijska varijabla koja predstavlja postotak prekoračenja ugovorenog roka zbog utjecaja rizičnog faktora – ugovaranje
- c - nezavisna regresijska varijabla koja predstavlja postotak prekoračenja ugovorenog roka zbog utjecaja rizičnog faktora – ekonomski
- h - nezavisna regresijska varijabla koja predstavlja postotak prekoračenja ugovorenog roka zbog utjecaja rizičnog faktora – organizacija
- k - nezavisna regresijska varijabla koja predstavlja postotak prekoračenja ugovorenog roka zbog utjecaja rizičnog faktora – ljudski faktor

- Nestandardizirani regresijski koeficijenti B sa svojim standardnim pogreškama procjene. U slučaju da se jedna nezavisna varijabla poveća za jedinicu, a sve ostale ostanu nepromijenjene, koeficijent B pokazuje kolika je očekivana prosječna promjena vrijednosti zavisne varijable.
- Standardizirani regresijski koeficijenti β su zapravo transformirani regresijski koeficijenti predstavljeni u standardiziranom obliku.
- Vrijednosti t testa s pripadajućom signifikantnošću
- Granice 95 % intervala povjerenja procjene nestandardiziranih koeficijenata regresije B (*lower Bound*, *upper Bound*).

Tablica 6. Matrica korelacije za zgrade – rekonstrukcija

		Y	E	F	G	H
Y	Pears. koef. korelacije	1,000	,011	,816**	,520*	,351
	Signifikantnost	,	,960	,000	,013	,110
	Broj opservacija	22	22	22	22	22
E	Pears. koef. korelacije	,011	1,000	-,045	-,081	,125
	Signifikantnost	,960	,	,841	,721	,579
	Broj opservacija	22	22	22	22	22
F	Pears. koef. korelacije	,816**	-,045	1,000	-,054	,200
	Signifikantnost	,000	,841	,	,812	,371
	Broj opservacija	22	22	22	22	22
G	Pears. koef. korelacije	,520*	-,081	-,054	1,000	,162
	Signifikantnost	,013	,721	,812	,	,472
	Broj opservacija	22	22	22	22	22
H	Pears. koef. korelacije	,351	,125	,200	,162	1,000
	Signifikantnost	,110	,579	,371	,472	,
	Broj opservacija	22	22	22	22	22

** na nivou signifikantnosti od 0,01

* na nivou signifikantnosti od 0,05

4.2 Glavni pokazatelji multivarijantne linearne regresije

Računalni proračuni parametara multivarijantne linearne regresije dani su u tablicama 7. i 8.

Reprezentativnost regresijskog modela iskazuje se koeficijentom determinacije R^2 čija se vrijednost kreće u intervalu od 0 do 1. Veća vrijednost pokazuje da je izabranim modelom protumačen veći dio varijacija zavisne varijable.

Reprezentativnost modela se, također, iskazuje s pomoću korigiranog koeficijenta determinacije AR^2 čija je vrijednost jednaka ili manja od vrijednosti koeficijenta determinacije.

Osim navedenih prezentirani su još neki elementarni pokazatelji multivarijantne linearne regresije kao što su:

4.3 Rezultati regresijske analize

Prema rezultatima prikazanim u tablicama 7. i 8. dobivaju se sljedeće regresijske jednačbe:

- zgrade - nova gradnja

$$y = 1,749 + 1,353e + 0,896g + 0,946a \quad (4)$$

$$R^2 = 0,832$$

$$R = 0,912$$

- zgrade – rekonstrukcija

$$y = -0,344 + 1,016f + 1,013g \quad (5)$$

$$R^2 = 0,984$$

$$R = 0,992$$

gdje su:

y - zavisna regresijska varijabla koja predstavlja postotak ukupnog prekoračenja ugovorenog roka

e, g, a, f - nezavisne regresijske varijable

R - koeficijent korelacije

R^2 - koeficijent determinacije

5 Analiza dobivenih rezultata

5.1 Zgrade – nova gradnja

$$y = 1,749 + 1,353e + 0,896g + 0,946a \quad (6)$$

Konstantni član u jednačbi ima vrijednost 1,749, što znači da bi prekoračenje ugovorenog roka iznosilo 1,749 % ako ne bi došlo do pojave rizičnih faktora. Također je moguće tumačenje da je ovaj član suvišan u modelu i da

Tablica 7. Rezultati regresije za zgrade – nova gradnja

Model	R	R ²	AR ²	Stand. greška procjene			
1	,912 ^a	,832	,812	5,7715			
a. Prediktori: (Slobodni član), A, E, G							
ANOVA^b							
Model	Suma kvadrata	Broj step. slobode	Varijansa	F	Sig.		
1	4121,201	3	1373,734	41,24	,000 ^a		
Residual	832,759	25	33,310	0			
Ukupno	4953,960	28					
a. Prediktori: (Slobodni član), A, E, G							
b. Zavisna varijabla: Y							
Koeficijenti^a							
Model	Nestandardizirani koeficijenti		Standardizirani koeficijenti	t	sig.	95 % interval pouzdanosti za B	
	B	Stand. greška				Beta	Donja granica
1 (slob.član)	1,749	1,478	,183	1,183	,248	-1,295	4,793
E	1,353	,311	,391	4,354	,000	,713	1,993
G	,896	,151	,547	5,937	,000	,585	1,207
A	,946	,123	,651	7,708	,000	,693	1,199
a. Zavisna varijabla: Y							

Tablica 8. Rezultati regresije za zgrade – rekonstrukcija

Model	R	R ²	AR ²	Stand. greška procjene			
1	,992 ^a	,985	,983	3,3993			
b. Prediktori: (Slobodni član), G, F							
ANOVA^b							
Model	Suma kvadrata	Broj step. slobode	Varijansa	F	Sig.		
2	14015,032	2	7077,516	606,451	,000 ^a		
Residual	219,544	19	11,555				
Ukupno	14234,577	21					
a. Prediktori: (Slobodni član), G, F							
b. Zavisna varijabla: Y							
Koeficijenti^a							
Model	Nestandardizirani koeficijenti		Standardizirani koeficijenti	t	sig.	95 % interval pouzdanosti za B	
	B	Stand. greška				Beta	Donja granica
2 (slob.član)	-,344	,798	-,431	-,431	,671	-2,015	1,327
F	1,016	,034	,846	29,651	,000	,944	1,087
G	1,013	,051	,566	19,840	,000	,906	1,120
a. Zavisna varijabla: Y							

je on u ovom obliku rezultat postojanja zgrada u analiziranom uzorku kod kojih nije došlo do prekoračenja ugovorenog roka (prisutno je čak njih 31 % od cijelog uzorka).

Regresijski koeficijent 1,353 koji stoji uz rizični faktor e (prirodni - klima) pokazuje da se prekoračenje ugovorenog roka prosječno povećava za 1,353 % ako se rizični faktor poveća za 1%, uz uvjet da nezavisne varijable g (tehnička dokumentacija) i a (pravni) ostanu nepromijenjene. Analogno je tumačenje za regresijski koeficijent 0,896 koji stoji uz rizični faktor g (tehnička dokumentacija) i regresijski koeficijent 0,946 koji stoji uz rizični faktor a (pravni).

Vrijednosti koeficijenta determinacije (0,832) i korigiranog koeficijenta determinacije (0,812) su bliske i njihove vrijednosti pokazuju visok postotak matematičkog

opisa prekoračenja ugovorenog vremena građenja s pomoću navedenih utjecajnih veličina.

5.2 Zgrade – rekonstrukcija

$$y = -0,344 + 1,016f + 1,013g \quad (7)$$

Konstantni član u jednadžbi ima vrijednost -0,344. To znači da kad ne bi bilo realne procjene za pojavom rizičnih faktora, ugovoreni bi se rok smanjio za 0,344 %.

Regresijski koeficijent 1,016 koji stoji uz rizični faktor f (ugovaranje) pokazuje da se prekoračenje ugovorenog roka prosječno povećava za 1,016 % ako se rizični faktor – ugovaranje poveća za 1 %, uz uvjet da nezavisna varijabla g (tehnička dokumentacija) ostane nepromijenjena.

Regresijski koeficijent 1,013 koji stoji uz rizični faktor g (tehnička dokumentacija) pokazuje da se prekoračenje ugovorenog roka prosječno povećava za 1,013 % ako se rizični faktor – tehnička dokumentacija poveća za 1 %, uz uvjet da nezavisna varijabla f (ugovaranje) ostane nepromijenjena.

Što se tiče vrijednosti test-veličina F i t, kao i vrijednosti empirijskih veličina signifikantnosti, te vrijednosti koeficijenta determinacije (0,985) i korigiranog

koeficijenta determinacije (0,983), vrijedi sve što je rečeno za zgrade – nova gradnja.

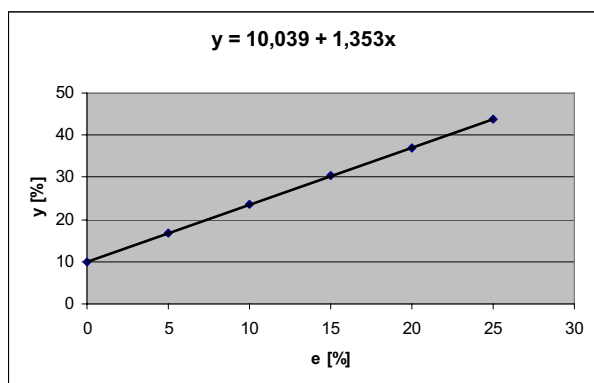
5.3 Pojedinačni utjecaji

U nastavku su prikazani pojedinačni utjecaji svih nezavisnih varijabli (utjecajnih veličina) sadržanih u prethodnim jednadžbama.

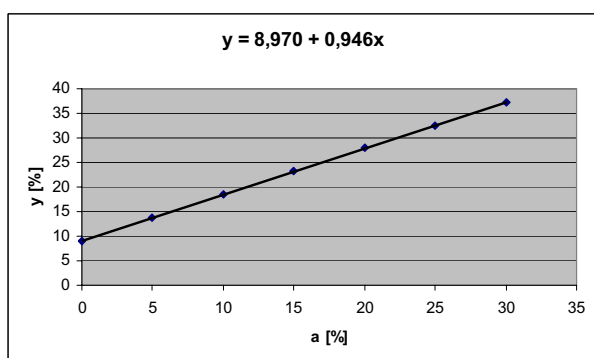
Utjecaj jedne nezavisne varijable, tj pojedinačni utjecaj, dobiva se ako se srednje vrijednosti preostalih nezavisnih varijabli pomnože s odgovarajućim koeficijentima iz jednadžbi i dodaju slobodnom članu.

Na slikama 3.-5. prikazani su dijagrami i jednadžbe utjecaja rizičnih faktora na prekoračenje ugovorenog vremena građenja za zgrade – nova gradnja, a na slikama 6. i 7. za zgrade – rekonstrukcija.

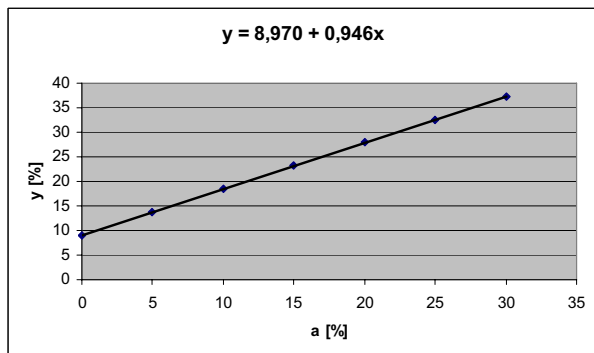
5.3.1 Zgrade – nova gradnja



Slika 3. Pojedinačni utjecaj rizičnog faktora e

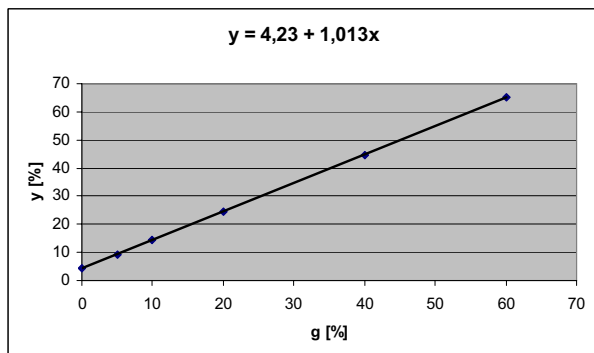


Slika 4. Pojedinačni utjecaj rizičnog faktora g

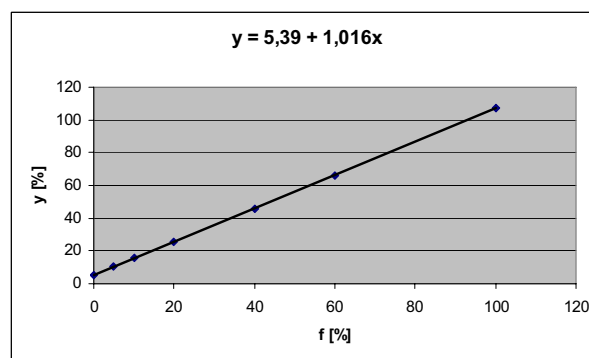


Slika 5. Pojedinačni utjecaj rizičnog faktora a

5.3.2 Zgrade – rekonstrukcija



Slika 6. pojedinačni utjecaj rizičnog faktora g



Slika 7. Pojedinačni utjecaj rizičnog faktora f

6 Primjena dobivenih rezultata u praksi

Primjenom predložene metodologije, potrebno je odrediti vrijeme građenja poslovno-stambene zgrade predračunska vrijednost koje je 1.100.000,00 KM (4.018.300,00 kn). Gradnja se planira početkom zimskog razdoblja. Očekuju se izmjene u tehničkoj dokumentaciji koje za sobom potencijalno povlače izdavanje dodatnih suglasnosti nadležnih službi.

Vrijeme građenja odredit će se kao suma vrijednosti *time-cost* modela [13, 14] i prekoračenja vremena građenja po modelu danom u ovome radu.

$$T_{UK} = T + \Delta T \text{ (dani)} \quad (8)$$

gdje je:

T_{UK} ukupno planirano vrijeme građenja

T planirano vrijeme građenja po *time-cost* modelu

ΔT prekoračenje planiranog vremena građenja zbog rizičnih faktora

a) procjena vremena po *time-cost* modelu

Primijenit ćemo jednadžbu $T = 70 \times C^{0,52}$ [7,14]. Prethodno je potrebno revalorizirati predračunsku vrijednost tako da je pomnožimo s indeksom rasta cijena za studeni 2007. u odnosu na svibanj 2007. Novčana jedinica (n.j.) jest 100.000 KM (365.300,00 kn).

$$C = 11,00 \times 1,021$$

$$C = 11,231 \text{ n.j.}$$

$$T = 70 \times 11,231^{0,52} \text{ (dani)}$$

$$T = 246 \text{ dana}$$

b) procjena prekoračenja planiranog vremena

S obzirom da postoji realna pretpostavka za pojavu rizičnih faktora i njihovo djelovanje na planirani rok građenja, stručna skupina inženjera sastavljena od iskusnih poznavalaca građevinske operative procjenjuje udio djelovanja rizičnih faktora:

- radovi počinju u studenom, tj. u vrijeme kada su vremenske prognoze nepovoljne pa se za faktor e pretpostavlja vrijednost $e = 10\%$
- očekuju se izmjene u tehničkoj dokumentaciji pa se za faktor g pretpostavlja vrijednost $g = 2\%$
- zbog mogućeg zastoja zbog kašnjenja suglasnosti i dozvola na izmjene u tehničkoj dokumentaciji, prognoza za faktor $a = 4\%$

Primijenit ćemo formulu

$$\Delta T = 1,749 + 1,353e + 0,896g + 0,946a.$$

$$\Delta T = 1,749 + 1,353 \times 10 + 0,896 \times 2 + 0,946 \times 4$$

$$\Delta T = 20,85\%$$

$$\Delta T = 51 \text{ dan}$$

Svakako ne treba zanemariti standardnu pogrešku modela čija je vrijednost relativno velika i iznosi 5,77, što znači da procijenjeno prekoračenje planiranog vremena pripada intervalu:

$$20,85 - 1,703 \times 5,77 < \Delta T < 20,85 + 1,703 \times 5,77$$

$$11\% < \Delta T < 31\%$$

$$27 < \Delta T < 76 \text{ dana}$$

Primjenom predložene metodologije, ukupno prosječno planirano vrijeme građenja, uzimajući u obzir djelovanje rizičnih faktora, jest:

$$273 < T_{UK} < 322 \text{ dana}$$

7 Zaključak

Prethodna analiza navodi na zaključak da na prekoračenje ugovorenog roka najviše utječu rizični faktori koji se odnose na nepotpunu i netočnu tehničku dokumentaciju, lošu klimu, dozvole i suglasnosti te nerealno određen ugovoreni rok.

LITERATURA

- [1] Bromilow, F. J.: *Contract time performance expectations and the reality*, Building Forum 1(3), (1969), pp.70-80
- [2] Car – Pušić, D.: *Metodologija planiranja održivog vremena građenja*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Zagreb 2004.
- [3] Chan, D. W. M.; Kumaraswamy, M. M.: *A study of the factors affecting construction duration in Hong Kong*. Construction management and Economics, 13(4), 1995, pp.319-333
- [4] Chan, A. P. C.: *Time – cost relationship of public sector projects in Malaysia*. International Journal of Project Management, 19, (1999). pp. 223-229
- [5] Choudhry, I.; Rajan, S. S.: *Time – cost relationship for residential construction in Texas*, Texas A&M University, College Station, „20“ International Conference on Information Technology For Construction” u Auckland-u, Novi Zeland, na University of Auckland
- [6] Johnson, A.; Bhattacharyya, G. K.: *Statistics: Principles and Methods*, University of Wisconsin at Madison, 2001.
- [7] Kaka, A., & Price, A. D. F.: *Realionship between value and duration of conctruction projects*. Construction Management and Economics, 9, 1991, pp.383-400
- [8] Kovačić, J., Z.: *Multivarijaciona analiza*, Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet 1994.
- [9] Marić, T.; Dukić, D.; Dukić, G.: *Matematički model odlučivanja kao podrška upravljanju troškovima*, vremenom i kvalitetom izgradnje primjenom regresijske analize, Hrvatske vode – časopis za vodno gospodarstvo br. 60.
- [10] Pauše, Ž.: *Uvod u matematičku statistiku*, Školska knjiga Zagreb, 1993.
- [11] Radujković, M.: *Upravljanje rizikom kod građevinskih projekata*, Građevinar 49 (1997) 5, 247-255.
- [12] Radujković, M.: *Analiza utjecajnih faktora pri optimalizaciji roka građenja*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 1993.
- [13] Žujo, V.: *Upravljanje građevinskim projektima kroz planiranje vremena građenja*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Mostar 2008.
- [14] Žujo, V.; Car-Pušić, D.: *Application of time-cost Model in Constrution Project Management*, 8th International Conference on Organization, Technology and Management in Construction, Umag, 2008.

Ako se usporede rezultati I. i II. skupine zgrada, sasvim je logična i prihvatljiva razlika. Na rekonstrukciju zgrada klima ne utječe bitno jer samo se manji radovi obavljaju pod otvorenim nebom, isto kao što se na novoj gradnji može puno točnije isplanirati ugovoreni rok nego na rekonstrukciji i sanaciji.

Kod svih istraženih grupa zgrada dobiveni su vrlo visoki koeficijenti korelacije i koeficijenti determinacije te značajna signifikantnost, što znači da je nedvosmisleno potvrđena hipoteza postavljena u programu istraživanja i da dobiveni rezultati imaju svoju vrijednost pri kvalitetnom donošenju odluka vezanih za izgradnju novih i rekonstrukciju postojećih zgrada.

Predloženi modeli pogodni su za brzu procjenu vremena građenja u uvjetima kada postoji realna procjena za negativan utjecaj rizičnih faktora na prekoračenje ugovorenog vremena građenja kao nadogradnja *time-cost* modela.

Svakako treba istaknuti važnost ekspertnog tima za procjenu pojave i intenziteta djelovanja rizičnih faktora. S tim u vezi posebno su istaknuti mogućnost i uvjeti stvaranja banki podataka, povijesnih i aktualnih, s posebnim osvrtom na slične i identične projekte.

U lokalnom okviru, prikazano istraživanje kao prvi obrađeni problem te vrste na tlu Bosne i Hercegovine daje inicijalnu osnovu za edukaciju inženjera iz područja organizacije građenja i planiranja, te mogućnosti daljeg istraživanja na principima višestruke linearne regresije gdje kriterijski prostor odlučivanja čine rizični faktori klasificirani na drukčiji način od predloženog. Također, otvorena je mogućnost istraživanja građevina klasificiranih prema tehničkim karakteristikama, načinu ustupanja radova, vrsti ugovora, intervalima ugovorene cijene, prema pozicijama pojedinih radova itd.